



ΛΥΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΑΞΙΩΜΑΤΙΚΩΝ
ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ-ΦΟΡΤΩΣΗ

Ιωάννου Εμ. Κολλινιάτη
ΠΛΟΙΑΡΧΟΥ (Μ)Π.Ν.
ΔΙΠΛ. ΝΑΥΠΗΓΟΥ (Μ.Ι.Τ.)



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό απευθύνεται στους σπουδαστές των Ανωτέρων Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού. Τη βάση για τη συγγραφή του αποτέλεσε η ύλη που καθορίζεται από το αναλυτικό πρόγραμμα του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας για την ειδικότητα των Πλοιάρχων.

Σκοπός του είναι, μαζί με το βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου, να καλύψει όλο το φάσμα των γνώσεων που αποτελούν την ουσιωδέστερη προϋπόθεση για σωστή και ασφαλή χρησιμοποίηση του πλοίου από τους χειριστές του.

Για πολλά χρόνια, δύσκολο ήταν να εξελιχθεί η Ναυπηγική από τέχνη σε επιστήμη, δεν υπήρχε διάστημα χωρίς να εμφανισθούν μικρά ή μεγάλα ναυτικά ατυχήματα, τα οποία μερικές φορές είχαν το μέγεθος συμφοράς. Κύρια αιτία των ατυχημάτων αυτών, πέρα από το συχνά αφιλόξενο θαλάσσιο περιβάλλον, ήταν η δύναμη ή η παραμέληση βασικών αρχών ως προς τη σωστή χρησιμοποίηση του πλοίου.

Με την εξέλιξη της Ναυπηγικής και με την πείρα που αποκτήθηκε στο μεταξύ από τα ναυτικά ατυχήματα, τα θέματα της ασφάλειας των πλοίων κατανοήθηκαν στο σύνολό τους πιο πολύ και οι σχετικές απαιτήσεις πήραν πια τη μορφή νομικών κειμένων και κανονισμών, στην τήρηση και εφαρμογή των οποίων η συμβολή του Πλοιάρχου είναι οπωσδήποτε πρωταρχικής σημασίας. Στόχος λοιπόν του βιβλίου αυτού είναι να βοηθήσει τους χειριστές των πλοίων να κατανοήσουν στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό τα ειδικά θέματα ως προς την ευστάθεια και τη φρτωση του πλοίου, με την ελπίδα η χρησιμοποίηση του Ελληνικού εμπορικού πλοίου να καταστεί δύσκολη ασφαλέστερη. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των ειδικών θεμάτων ευστάθειας και φορτώσεως του πλοίου, η κάλυψη τους από ένα σχολικό βιβλίο δεν μπορεί παρά να είναι σποιχεώδης. Παρόλα αυτά, με συνεχή αναφορά σε άλλες ειδικές εκδόσεις και κανονισμούς καταβλήθηκε προσπάθεια να παρέχεται η ευχέρεια στον αναγνώστη να επεκτείνει την εξοικείωσή του στα ειδικά προβλήματα που θα τον απασχολήσουν.

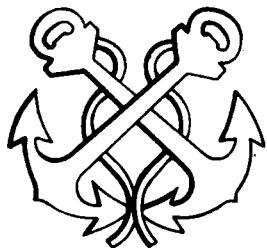
Στην ολοκληρωμένη, κατά το δυνατό, προσπάθεια παρουσιάσεως του θεωρητικού κυρίως μέρους του βιβλίου συνετέλεσε σημαντικά ο Καθηγητής της Θεωρίας Πλοίου του Ε.Μ.Π. κ. Θεόδωρος Λουκάκης και γι' αυτό τον ευχαριστώ θερμά.

Ο συγγραφέας



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΝ ΚΕΙΜΕΝΟΝ
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΧΟΛΩΝ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Ι Δ Ρ Υ Μ Α Ε Υ Γ Ε Ν Ι Δ Ο Υ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ – ΦΟΡΤΩΣΗ

ΙΩΑΝΝΟΥ ΕΜ. ΚΟΛΛΙΝΙΑΤΗ

ΠΛΟΙΑΡΧΟΥ (Μ) Π.Ν.
ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΥ ΝΑΥΠΗΓΟΥ (Μ.Ι.Τ.)

ΑΘΗΝΑ
2005



Α' ΕΚΔΟΣΗ 1983



ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρυματος Ευγενίδου», προείδε ενωρίτατα και σχημάτισε τη βαθιά πεποίθηση ότι αναγκαίο παράγοντα για την πρόοδο των έθνους αποτελεί η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας σε συνδυασμό προς την ηθική τους αγωγή.

Την πεποίθησή του αυτή την μετέτρεψε σε γενναία πράξη ευεργεσίας, όταν κληροδότησε σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, τον Φεβρουάριο του 1956 συνεστήθη το «Ιδρυμα Ευγενίδου», του οποίου την διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμον, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Από τη σπιγμή εκείνη άρχισαν πραγματοποιούμενοι οι σκοποί που οραματίσθηκε ο Ευγένιος Ευγενίδης και συγχρόνως η εκπλήρωση μιας από τις βασικότερες ανάγκες του εθνικού μας βίου. Το έργο του Ιδρύματος συνέχισε από το 1981 μέχρι το 2000 ο Νικόλαος Βερνίκος-Ευγενίδης· έκτοτε συνεχίζει αυτό ο κ. Λεωνίδας Δημητριάδης-Ευγενίδης.

Κατά την κλιμάκωση των σκοπών του, το Ίδρυμα προέταξε την έκδοση τεχνικών βιβλίων τόσο για λόγους θεωρητικούς όσο και πρακτικούς. Διεπιστώθη πράγματι ότι αποτελεί πρωταρχική ανάγκη ο εφοδιασμός των μαθητών με σειρές από βιβλία, τα οποία θα έθεταν ορθά θεμέλια στην παιδεία τους και θα αποτελούσαν συγχρόνως πολύτιμη βιβλιοθήκη για κάθε τεχνικό.

Ειδικότερα, όσον αφορά στα εκπαιδευτικά βιβλία των σπουδαστών των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού, το Ίδρυμα ανέλαβε τότε την έκδοσή τους σε πλήρη και στενή συνεργασία με τη Διεύθυνση Ναυτικής Εκπαίδευσεως του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, υπό την εποπτεία του οποίου υπάγονται οι Σχολές αυτές. Η ανάθεση στο Ίδρυμα έγινε με την υπ' αριθ. 61288/5031, της 9ης Αυγούστου 1966, απόφαση του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, οπότε και συνεχοτήθη και η αρμόδια Επιτροπή Εκδόσεων.

Αποτέλεσμα της συνεργασίας αυτής ήταν η έκδοση της Σειράς Βιβλιοθήκη του Ναυτικού, όπου εξεδόθησαν: α) Για τους μαθητές των Μέσων Ναυτικών Σχολών 30 τόμοι βιβλίων (1967 - 1979). β) Για τις ΑΔΣΕΝ (Ανώτερες Δημόσιες Σχολές Εμπορικού Ναυτικού) 54 τόμοι (1981 - 2001).

Κύριος σκοπός των εκδόσεων αυτών, των οποίων το περιεχόμενο είναι σύμφωνο με τα εκάστοτε ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα του YEN, ήταν η παροχή προς τους σπουδαστές των Ναυτικών Σχολών ΑΔΣΕΝ και Ναυτικών Λυκείων των αναγκαίων τότε εκπαιδευτικών κειμένων, τα οποία αντιστοιχούν προς τα μαθήματα που διδάσκονται στις Σχολές αυτές.

Επίσης ελήφθη ιδιαίτερη πρόνοια, ώστε τα βιβλία αυτά να είναι γενικότερα χορήσιμα για όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, που ασκούν το επάγγελμα ή εξελίσσονται στην ιεραρχία των κλάδου τους, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι επέρχεται μεταβολή στη στάθμη του περιεχομένου τους.



Με την υπ. αρ. 1168Β' /14.6.99 υπουργική απόφαση το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας ανέθεσε στο Ίδρυμα Ευγενίδου την συγγραφή και έκδοση των διδακτικών εγχειριδίων των Ναυτικών Ακαδημιών· ήδη η επιτροπή εκδόσεων του Ιδρύματος, στην οποία μετέχει, όπως πάντα, και ο διευθυντής Ναυτικής Εκπαίδευσεως του YEN, προεκήρυξε συμφώνως προς απόφαση του YEN την συγγραφή 15 βιβλίων προς κάλυψη επειγονούσων αναγκών των σπουδαστών βάσει των ισχύοντων αναλυτικών πραγματικάτων. Τα βιβλία αυτά έχουν συγγραφεί ήδη και ενοίσκονται στο στάδιο της εκδόσεως.

Οι συγγραφείς και η Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος εξακολουθούν να καταβάλλουν κάθε προσπάθεια, ώστε τα βιβλία να είναι επιστημονικώς άριστα αλλά και προσαρμοσμένα στις ανάγκες και τις δυνατότητες των σπουδαστών. Γι' αυτό έχουν προσεγμένη γλωσσική διατύπωση των κειμένων τους και η διαπραγμάτευση των θεμάτων είναι ανάλογη προς τη στάδιμη της εκπαίδευσεως, για την οποία προορίζονται.

Με την προσφορά στους καθηγητές, στους σπουδαστές της ναυτικής μας εκπαίδευσεως και σε όλους τους αξιωματικούς του E.N. των εκδόσεών του, το Ίδρυμα συμβάλλει στην πραγματοποίηση του σκοπού του ιδρυτή του Ευγενίου Ευγενίδου.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Α.Β.Σ. Πειραιώς, Πρόεδρος.
Ιωάννης Τεγόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ.

Ιωάννης Τζαβάρας, αντιναύαρχος Λ.Σ. (Ε.Α.).

Δ. Βασιλάκης, πλοίαρχος Λ.Σ., Διευθ. Ναυτ. Εκπ. Υ.Ε.Ν.

Σύμβουλος επί των εκδόσεων του Ιδρύματος **Κων. Μανάφης**, καθηγ. Φιλοσοφικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

Ειδικός Επιστημονικός Σύμβουλος για το βιβλίο Ευστάθεια-Φόρτωση, ο κ. **Θ. Λουκάκης**, Καθηγητής Ε.Μ.Π.



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ – ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

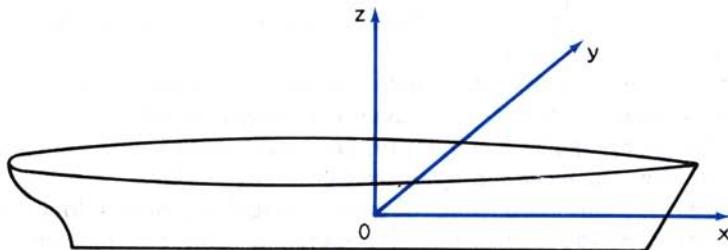
1.1 Γενικά.

Το σχήμα του πλοίου και ιδιαίτερα του τμήματός του που βρίσκεται μέσα στο νερό επηρεάζει σημαντικά πολλές από τις επιδόσεις και τα χαρακτηριστικά του. Από το σχήμα και τις διαστάσεις του πλοίου εξαρτώνται η ταχύτητά του και η ισχύς των μηχανών που χρειάζονται για να εξασφαλισθεί αυτή, η μεταφορική του ικανότητα, η ευστάθεια και η συμπεριφορά του σε θαλασσοταραχή, καθώς και άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά του.

Από τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη εξοικειώσεως με τον τρόπο περιγραφής της γεωμετρίας του πλοίου.

1.2 Άξονες και επίπεδα αναφοράς του πλοίου.

Για καλύτερη περιγραφή της γεωμετρίας του πλοίου θεωρούμε σταθερά προσαρμοσμένο πάνω σ' αυτό ένα σύστημα ορθογωνίων συντεταγμένων, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2α.



Σχ. 1.2α.

Σύστημα συντεταγμένων πλοίου.

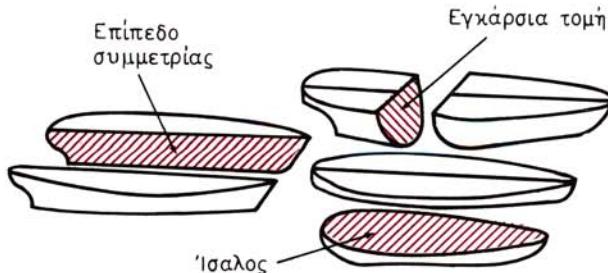
Οι διευθύνσεις που ορίζουν οι άξονες x , y και z χαρακτηρίζονται αντίστοιχα ως **διαμήκης** (longitudinal), **εγκάρσια** (transverse) και **κατακόρυφη** (vertical). Διαστάσεις, μήκη ή στοιχεία από τη μεταλλική κατασκευή του πλοίου χαρακτηρίζονται,

από άποψη προσανατολισμού, με τα παραπάνω επίθετα, π.χ. διαμήκης φρακτή ή κατακόρυφη απόσταση.

Με ανάλογες ονομασίες χαρακτηρίζονται και διάφορα επίπεδα παράλληλα προς εκείνα που ορίζουν ανά ζεύγη οι άξονες συντεταγμένων.

Έτσι:

- Επίπεδα παράλληλα προς εκείνο που ορίζουν οι άξονες x-z ονομάζονται **διαμήκη επίπεδα** (longitudinal planes). Το ίδιο το επίπεδο που ορίζουν οι άξονες x-z (για συμμετρικά πλοία) ονομάζεται **διάμηκες επίπεδο συμμετρίας του πλοίου** (longitudinal plane of symmetry).
- Επίπεδα παράλληλα προς εκείνο που ορίζουν οι άξονες z-y ονομάζονται **εγκάρσια επίπεδα** (transverse planes) ή **εγκάρσιες τομές**.
- Επίπεδα παράλληλα προς εκείνο που ορίζουν οι άξονες x-y ονομάζονται **οριζόντια επίπεδα** (horizontal planes) ή **Ισαλοί** (waterplanes) (σχ. 1.2β).



Σχ. 1.2β.
Χαρακτηριστικές τομές πλοίου.

Οι χαρακτηρισμοί **δεξιά** ή **αριστερά** (π.χ. δεξιά πλευρά, δεξιά μηχανή) δίνονται πάντοτε **σε συνδυασμό με παρατίρηση του πλοίου από την πρύμνη**.

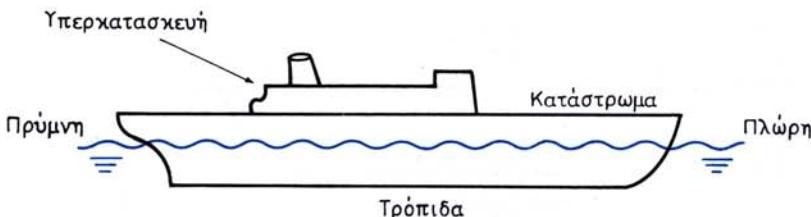
Ως προς τη θέση όπου είναι τοποθετημένη η αρχή των συντεταγμένων θα πρέπει να σημειώσουμε ότι:

- Εφόσον η δεξιά και αριστερή πλευρά του περιβλήματος του πλοίου είναι συμμετρικές, η αρχή του συστήματος συντεταγμένων τοποθετείται πάνω στο επίπεδο συμμετρίας.
- Κατά τη διαμήκη διεύθυνση η αρχή των συντεταγμένων είναι τοποθετημένη είτε στο **μέσο** του πλοίου είτε πάνω στην **πρυμναία κάθετο** (παράγρ. 1.5).
- Κατά την κατακόρυφη διεύθυνση η αρχή των συντεταγμένων συχνά τοποθετείται πάνω στην **Ισαλο σχεδιάσεως** (παράγρ. 1.5).

Για τη μελέτη ειδικών κεφαλαίων της συμπεριφοράς του πλοίου (όπως π.χ. κινήσεις πλοίου σε θαλασσοταραχή) μας εξυπηρετεί να τοποθετήσουμε την αρχή των συντεταγμένων πάνω από το **κέντρο βάρους του πλοίου**.

1.3 Απλοποιημένη μορφή πλοίου.

Στο σχήμα 1.3 φαίνεται η απλοποιημένη μορφή ενός πλοίου. Το **κυρίως σκάφος** (hull) είναι εκείνο που περικλείεται από το **περίβλημα** (shell) και από το ανώτερο



Σχ. 1.3.
Απλοποιημένη μορφή πλοίου.

συνεχές υδατοστεγανό κατάστρωμα που βρίσκεται έξω από το νερό, σε κανονική ισορροπία του πλοίου σε ήρεμο νερό. Μερικές φορές το κυρίως σκάφος αποδίδεται και με το όνομα **γάστρα**, αν και συχνά η λέξη γάστρα χρησιμοποιείται για να εκφράσει τον όγκο του μέρους του πλοίου που βρίσκεται μέσα στο νερό. Ένα πλοίο μπορεί να έχει και άλλα καταστρώματα (decks), καθώς επίσης και **υπερκατασκευές** (superstructures), δηλαδή χρήσιμους κλειστούς χώρους πάνω από το ανώτερο συνεχές υδατοστεγανό κατάστρωμα. **To περίβλημα του πλοίου**, που μπορεί να είναι μεταλλικό, ξύλινο ή πλαστικό, στηρίζεται, εσωτερικά, πάνω σε ένα σκελετό. Τα εγκάρσια πλευρικά στοιχεία του σκελετού του πλοίου ονομάζονται **νομείς κατασκευής** (transverse frames).

Η **τρόπιδα** (keel) είναι το κατώτερο διάμηκες κατασκευαστικό στοιχείο του πλοίου. Στα ξύλινα πλοία αποτελέται κυρίως από μια δοκό ενώ στα μεταλλικά είναι διαμορφωμένη από έλασμα αρκετού πάχους και λέγεται επίπεδη τρόπιδα (flat keel).

1.4 Επιφάνεια και διαστάσεις αναφοράς.

Η **επιφάνεια αναφοράς** (molded surface) ενός πλοίου μπορεί να είναι μια πραγματική ή μια ιδεατή επιφάνεια.

Στα συγκολλητά και καρφωτά μεταλλικά πλοία, ως επιφάνεια αναφοράς χρησιμοποιούμε εκείνη που ορίζεται από την εξωτερική όψη των νομέων κατασκευής. Επομένως τα ελάσματα του περιβλήματος, που είναι κατά κανόνα λεπτά, δεν περιλαμβάνονται στον όγκο που περικλείει η επιφάνεια αναφοράς.

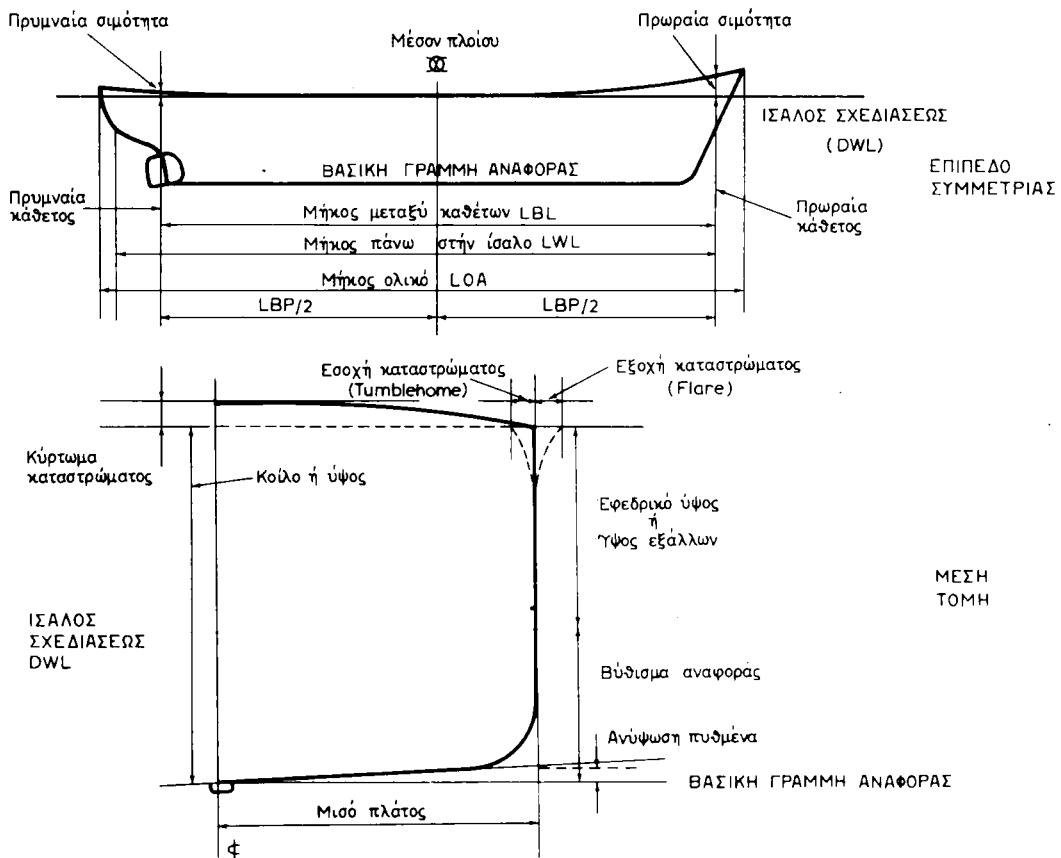
Αντίθετα, στα ξύλινα πλοία, ως επιφάνεια αναφοράς χρησιμοποιούμε εκείνη που ορίζεται από την εξωτερική πλευρά της ξύλινης επενδύσεως.

Οι **διαστάσεις αναφοράς** (molded dimensions) είναι εκείνες που ορίζονται πάνω στην επιφάνεια αναφοράς. Έτσι, όπως θα δούμε παρακάτω, έχομε **μήκος αναφοράς, πλάτος αναφοράς** κλπ.

1.5 Ορισμοί βασικών διαστάσεων πλοίου.

Στο πάνω μέρος του σχήματος 1.5 βλέπουμε τον τρόπο ορισμού των **βασικών διαμήκων διαστάσεων** του πλοίου. Το περίγραμμα παριστάνει το επίπεδο συμμετρίας της επιφάνειας αναφοράς ενός πλοίου. Στο σχήμα αυτό ορίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

Κάθετοι (perpendiculars). Κατακόρυφες γραμμές που φέρονται από συγκεκρι-



Σχ. 1.5.
Ονοματολογία και διαστάσεις πλοίου.

μένα σημεία της πλώρης και της πρύμνης. Ειδικότερα, η κάθετος που περνά από το σημείο τομής της πλώρης και της ισάλου σχεδιάσεως λέγεται **πρωραία κάθετος (forward perpendicular, FP)**. Η **πρυμναία κάθετος (aft perpendicular, AP)** περνά από το σημείο τομής της ισάλου σχεδιάσεως και της πρυμναίας όψεως του άξονα του πηδαλίου. Σε ειδικές περιπτώσεις, όπως στα πολεμικά πλοία, η πρυμναία κάθετος περνά από το σημείο τομής της ισάλου σχεδιάσεως του περιγράμματος της πρύμνης.

Ισαλος σχεδιάσεως (designed waterline, DWL). Η ίσαλος στην οποία, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που γίνονται κατά τη σχεδίαση του πλοίου, θα πλέει το έμφορτο πλοίο.

Μήκος μεταξύ καθέτων (length between perpendiculars, LBP). Η διαμήκης απόσταση μεταξύ πρωραίας και πρυμναίας καθέτου σε m ή ft.

Μήκος πάνω στην ίσαλο (length on the water line, LWL). Το μήκος πάνω στην ίσαλο σχεδιάσεως του πλοίου σε m ή ft.

Μήκος ολικό (length overall, LOA). Το μήκος μεταξύ των ακραίων σημείων ενός πλοίου σε m ή ft.

Μέσο του πλοίου. Το μέσο του μήκους μεταξύ καθέτων. Η εγκάρσια τομή που αντιστοιχεί στο μέσο του πλοίου λέγεται **μέση τομή (midship section)**. Το μέσο του

πλοίου συμβολίζεται με το σύμβολο **III**.

Βασικό επίπεδο αναφοράς. Επίπεδο αναφοράς για κατακόρυφες μετρήσεις, όπως π.χ. το βύθισμα, που στις περισσότερες περιπτώσεις εφάπτεται στην πάνω όψη του ελάσματος της επίπεδης τρόπιδας. Η ευθεία που προκύπτει από την προβολή του βασικού επιπέδου αναφοράς πάνω στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας ή πάνω σε ένα οποιοδήποτε εγκάρσιο επίπεδο ονομάζεται **βασική γραμμή αναφοράς (base line)**.

Σιμότητα καταστρώματος (sheer). Μέγεθος που χρησιμοποιείται για να δείξει την ανύψωση στο πρωράιο και πρυμναίο άκρο ενός καταστρώματος κατά τη διάμηκη διεύθυνση. Εκφράζεται ως **πρωραία** και **πρυμναία** και μετράται σε τη ή ft.

Στο κάτω μέρος του σχήματος 1.5, που παριστάνει τη μέση τομή της επιφάνειας αναφοράς ενός πλοίου, βλέπομε τον τρόπο ορισμού των παρακάτω **βασικών εγκάρσιων και κατακόρυφων διαστάσεων**.

Βύθισμα αναφοράς (moulded draft).

Βύθισμα γενικά είναι η απόσταση μεταξύ του βασικού επιπέδου αναφοράς και μιας ισάλου. **Βύθισμα αναφοράς** είναι εκείνο που αντιστοιχεί στην ίσαλο σχεδιάσεως.

Κοίλο ή ύψος (depth or height). Η απόσταση ανάμεσα στη βασική γραμμή και σε μια παράλληλη προς αυτήν η οποία περνά από την πλευρά του ανώτερου συνεχούς υδατοστεγανού καταστρώματος στη μέση τομή.

Κύρτωμα καταστρώματος (camber). Μέγεθος που χρησιμοποιείται για να δείξει την καμπυλότητα που παρουσιάζει ένα κατάστρωμα κατά το εγκάρσιο. Είναι 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.

Εφεδρικό ύψος ή ύψος εξάλων (freeboard). Η απόσταση μεταξύ της ισάλου και μιας γράμμης παράλληλης προς αυτήν, που φέρεται από την πλευρά του ανώτερου υδατοστεγανού καταστρώματος στη θέση της μέσης τομής.

Πλάτος (beam or breadth). Το μέγιστο πλάτος μετρούμενο κάθετα προς το επίπεδο συμμετρίας πάνω στην επιφάνεια αναφοράς. Εκφράζεται σε τη ή ft και εμφανίζεται συνήθως στη μέση τομή.

Στο σχήμα 1.5 βλέπομε επίσης την **ανύψωση του πυθμένα** (rice of floor) καθώς και τη διαμόρφωση της πλευράς του πλοίου με **εσοχή καταστρώματος (tumblehome)** ή **εξοχή καταστρώματος (flare)**. Τα περισσότερα πλοία έχουν διαμόρφωση πλευράς χωρίς εσοχή ή εξοχή καταστρώματος.

Το πλοίο του σχήματος 1.5 έχει το ίδιο βύθισμα σε όλο το μήκος. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι το πλοίο είναι **ισοβύθιστο**. Στην πράξη αυτό δεν συμβαίνει πάντοτε και γι' αυτό διακρίνομε **πρωραίο βύθισμα (forward draft)**, που μετράται πάνω στην πρωραία κάθετο και **πρυμναίο βύθισμα (after draft)**, που μετράται πάνω στην πρυμναία κάθετο. Το **μέσο βύθισμα (mean draft)**, μετράται στο μέσο του πλοίου και, για ένα πλοίο που δεν έχει υποστεί κάμψη, είναι **ίσο με το μισό του αθροίσματος πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος**.

Η διαφορά μεταξύ πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος λέγεται **διαφορά διαγωγής (trim)**. Όταν το πρυμναίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο, λέμε ότι έχομε **διαφορά διαγωγής προς πρύμνα (trim by stern)**. Στην αντίθετη περίπτωση έχομε **διαφορά διαγωγής προς πρώρα (trim by bow)**.

1.6 Βασική ονοματολογία.

Στην παράγραφο αυτή δίνονται αλφαριθμητικά όσα από τα στοιχεία της βασικής ονοματολογίας πλοίου δεν έχουν δοθεί στα προηγούμενα.

1) **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, τις μηχανές και στα μηχανήματα, αλλά **χωρίς** πλήρωμα, εφόδια, πετρέλαιο, λάδι λιπάνσεως, πόσιμο και τροφοδοτικό νερό και φορτίο. Εκφράζεται σε μετρικούς (MT) ή αγγλικούς τόννους (LT).

2) **Άφορτη ίσαλος (Light waterline, LWL).** Η ίσαλος στην οποία πλέει το άφορτο πλοίο.

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

4) **Βρεχόμενη επιφάνεια (Waterted surface).** Η επιφάνεια του τριγμάτος του πλοίου που βρίσκεται σε επαφή με το νερό (κατάσταση ηρεμίας). Εκφράζεται σε m^2 ή ft^2 και μεταβάλλεται όταν μεταβάλλονται τα βυθίσματα του πλοίου.

5) **Γραμμή φορτώσεως (Loadline).** Χαράζεται στις πλευρές του πλοίου και δείχνει το μέγιστο σημείο που επιτρέπεται να φθάσει η ίσαλος σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών.

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

7) **Δεξαμενές φορτίου (Cargo tanks).** Δεξαμενές για τη μεταφορά φορτίου σε δεξαμενόπλοια (πετρελαιοφόρα, υδροφόρες κλπ.).

8) **Δεξαμενές ζυγοσταθμίσεως (Ballast tanks).** Δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του μέσου βυθίσματος και της διαγωγής του πλοίου στις διάφορες καταστάσεις φορτώσεως. Για το σκοπό αυτό οι δεξαμενές αυτές άλλοτε γεμίζονται με θαλάσσιο νερό (υγρό έρμα) και άλλοτε είναι κενές.

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

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

11) **Εκτόπισμα άφορτο (Light ship displacement).** Το εκτόπισμα του άφορτου πλοίου.

12) **Εκτόπισμα έμφορτο (Full load displacement).** Το εκτόπισμα του πλοίου όταν πλέει στο μεγαλύτερο βύθισμα που επιτρέπεται.

13) **Ενδιαιτήματα (Living quarters).** Χώροι του πλοίου που προορίζονται για τη διαμονή του πληρώματος. Στα επιβατικά πλοία έχομε και ενδιαιτήματα επιβατών.

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

15) **Ηλεκτροστάσιο (Generator room).** Χώρος μέσα στον οποίο είναι εγκατεστημένες οι γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος. Μπορεί να είναι ανεξάρτητο διαμέρισμα, μερικές όμως φορές είναι και κοινό με το μηχανοστάσιο.

16) **Ισαλος ζώνη (Waterlinezone).** Μια περιοχή στο περίβλημα του πλοίου που εφεριλαμβάνεται περίπου μεταξύ των ισάλων που αντιστοιχούν στο άφορτο και το ηλίρροια (έμφορτο πλοίο).

17) **Καταμέτρηση του πλοίου (Admeasurment).** Μετρήσεις και υπολογισμοί

για την εύρεση της χωρητικότητας του πλοίου (βλ. παρακάτω αριθ. 37).

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

19) **Κέντρο δύκου ή κέντρο αντώσεως (Center of volume ή center of buoyancy).** Είναι το κέντρο όγκου των υφάλων του πλοίου. Λέγεται και κέντρο αντώσεως, γιατί εκεί επενεργεί η δύναμη της αντώσεως.

20) **Κλίμακες βυθισμάτων (Draft scales).** Είναι κλίμακες χαραγμένες στην πλώρη και την πρύμνη (μερικές φορές και στο μέσο του πλοίου), πάνω στις οποίες διαβάζομε τα βυθίσματα. Οι κλίμακες βυθισμάτων χαράσσονται άλλοτε πάνω στην πρωραία και πρυμναία κάθετο και άλλοτε κοντά σ' αυτές.

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

22) **Λεβητοστάσιο (Boiler room).** Χώρος του πλοίου στον οποίο είναι εγκατεστημένοι οι λέβητες.

23) **Μηχανοστάσιο (Engine room).** Χώρος μέσα στον οποίο είναι εγκατεστημένες οι πρωστήριες μηχανές του πλοίου.

24) **Όγκος εκτοπίσματος (Volume of displacement).** Ο δύκος των υφάλων του πλοίου.

25) **Παράλληλο μέσο τμήμα (Parallel middle body).** Τμήμα του πλοίου κοντά στο μέσο του, όπου η μορφή των εγκαρσίων τομών του παραμένει αμετάβλητη.

26) **Παραπέτω (Bulwark).** Παραπέτασμα πάνω στο ανώτερο κατάστρωμα, για να εμποδίζει την είσοδο νερού από τα κύματα.

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

28) **Ποδόστημα (Sternpost).** Είναι η ακροπρυμναία κατασκευή του πλοίου.

29) **Στείρα (Stem post).** Είναι η ακροπρωραία κατασκευή του πλοίου.

30) **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.

31) **Συντεταγμένες κέντρου βάρους (Coordinates of center of gravity).** Οι αποστάσεις του κέντρου βάρους του πλοίου από τους άξονες ενός συστήματος συντεταγμένων, σταθερά προσαρμοσμένου πάνω στο πλοίο.

32) **Συντεταγμένες κέντρου δύκου (Coordinates of center of buoyancy).** Οι αποστάσεις του κέντρου δύκου των υφάλων του πλοίου από τους άξονες ενός συστήματος συντεταγμένων, σταθερά προσαρμοσμένου πάνω στο πλοίο.

33) **Υπερκατασκευή (Superstructure).** Κάθε κατασκευή πάνω από το ανώτερο συνεχές υδατοστεγανό κατάστρωμα που εκτείνεται σε όλο το πλάτος του, αλλά όχι σε όλο το μήκος.

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

35) **Υφαλα (Underwaterbody).** Το μέρος του πλοίου που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού.

36) **Φρακτές (Bulkheads).** Διαφράγματα (μπουλμέδες) που χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό των διαμερισμάτων μεταξύ τους. Διακρίνονται σε στεγανές και

μη στεγανές.

37) **Χωρητικότητα πλοίου (Tonnage).** Αριθμός που εκφράζει το αποτέλεσμα της μετρήσεως του όγκου των στεγασμένων χώρων του πλοίου με βάση ειδικούς κανονισμούς. Εκφράζεται σε κόρους (1 κόρος είναι ίσος με $2,83 \text{ m}^3$) και διακρίνεται σε **ολική** και **καθαρή**.

1.7 Σχέδιο γραμμών (Lines plan).

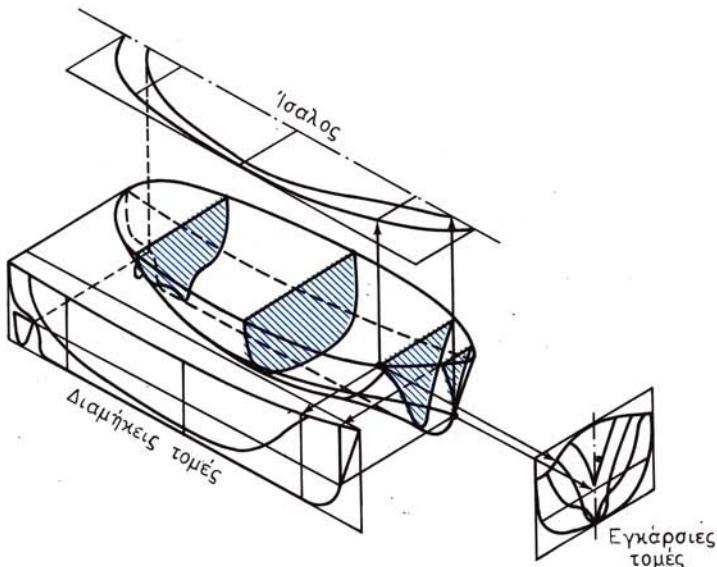
Το σχέδιο γραμμών περιγράφει με μεθόδους της παραστατικής γεωμετρίας τη μορφή της επιφάνειας αναφοράς κάθε πλοίου και αποτελεί τη βάση για την πραγματοποίηση των περισσότερων υπολογισμών και μελετών.

Όπως και στα μηχανολογικά σχέδια, η γραφική απεικόνιση του πλοίου γίνεται με διάφορες τομές στην πρόψη, πλάγια όψη και κάτοψη. Ειδικά όμως στο ναυπηγικό σχέδιο έχουν επικρατήσει οι παρακάτω ονομασίες:

- α) **Σχέδιο διαμήκων τομών** (sheer plan) που αντιστοιχεί στην πλάγια όψη.
- β) **Σχέδιο ισάλων** (half - breadth plan) που αντιστοιχεί στην κάτοψη.
- γ) **Σχέδιο εγκαρσίων τομών** (body plan) που αντιστοιχεί στην πρόψη.

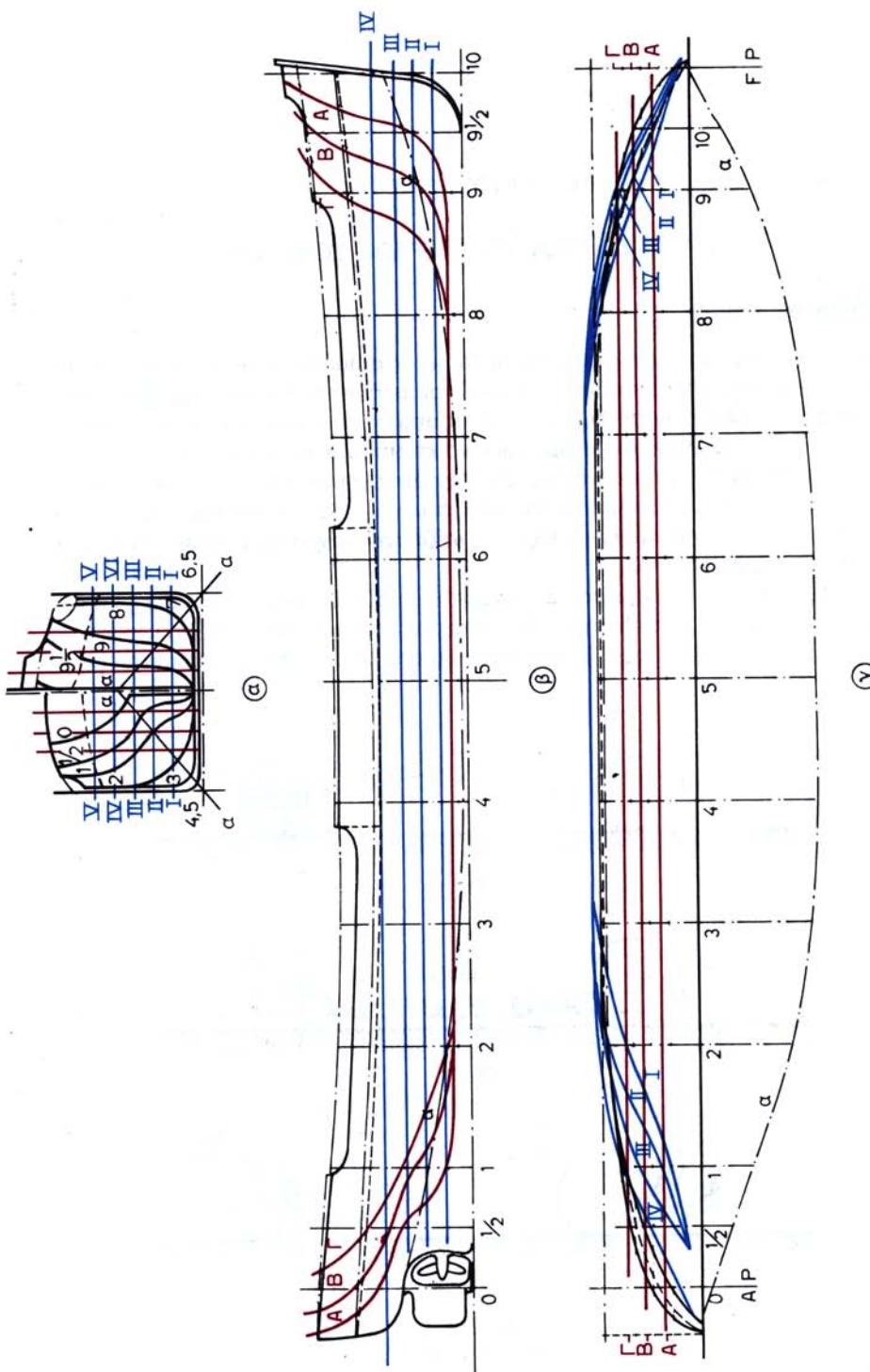
Για τη σχεδίαση του σχεδίου γραμμών, η επιφάνεια αναφοράς του πλοίου θεωρείται ότι τέμνεται από έναν αριθμό εγκαρσίων, διαμήκων και οριζοντίων επιπέδων που βρίσκονται μεταξύ τους σε ισαποστάσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.7α. Οι γραμμές που προκύπτουν από τις τομές της επιφάνειας αναφοράς με τα παραπάνω επίπεδα οδηγούν στη σχεδίαση των τριών όψεων του σχεδίου γραμμών.

Ένα πλήρες σχέδιο γραμμών ενός πλοίου φαίνεται στο σχήμα 1.7β. Οι διαμήκεις θέσεις των εγκαρσίων τομών ονομάζονται **σταθμοί** (stations). Στα άκρα του πλοίου, όπου οι αλλαγές του σχήματός του γίνονται πιο έντονες, χρησιμοποιούνται πρόσθετοι σταθμοί στο μισό της ισαποστάσεως ή και ακόμη πιο κοντά μεταξύ τους.



Σχ. 1.7α.

Παραστατική μέθοδος χαράξεως γραμμών.



Σχ. 1.7β.



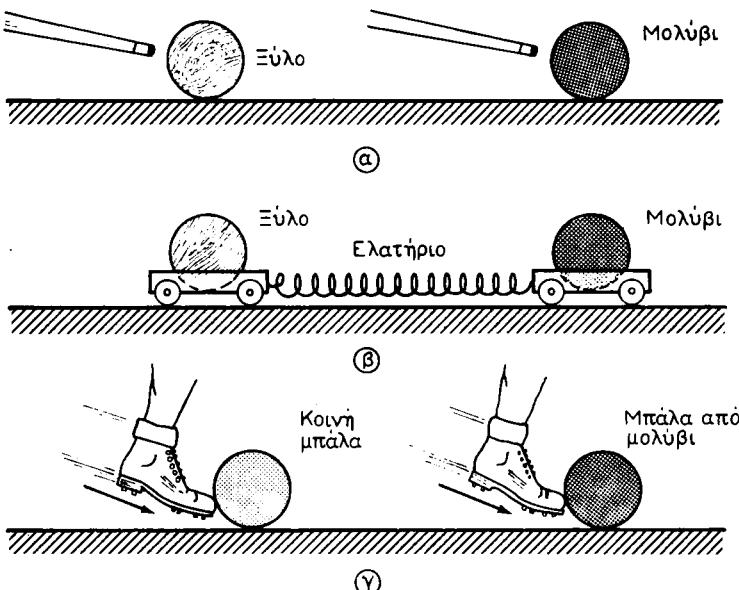
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

2.1 Μάζα και βάρος.

Για την κατανόηση της έννοιας της μάζας ενός σώματος, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μερικά απλά πειράματα. Στο (α) του σχήματος 2.1 βλέπομε δύο μπάλες μπιλιάρδου της ίδιας διαμέτρου, η μία από τις οποίες είναι κατασκευασμένη από ξύλο και η άλλη από μολύβι. Αν δοκιμάσουμε να κτυπήσουμε τις δύο μπάλες με την ίδια δύναμη, παρατηρούμε ότι εκείνη που είναι κατασκευασμένη από μολύβι και που έχει μεγαλύτερη μάζα παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερη **αδράνεια**. Μπορεί επομένως εύκολα να διαπιστώσει κανείς ότι **η μάζα ενός σώματος επηρεάζει πολύ σημαντικά την αδράνειά του**.

Στο πείραμα (β) του σχήματος 2.1 έχουμε πάλι δύο διαφορετικές μάζες, συνδεμένες μεταξύ τους με ένα ελατήριο. Αν τις απομακρύνουμε από τη θέση ισορροπίας και τις αφήσουμε ελεύθερες, η ξύλινη μάζα θα αποκτήσει πολύ μεγαλύτερη **επιτάχυνση**.



Σχ. 2.1.
Σύγκριση μαζών.

Ο συσχετισμός της μάζας και της επιταχύνσεως προκύπτει εύκολα από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, σύμφωνα με τον οποίο έχομε:

$$\text{Δύναμη} = (\text{Μάζα}) \times (\text{Επιτάχυνση}) \quad (1)$$

Από την παραπάνω σχέση βλέπομε ότι με επίδραση ίσων δυνάμεων, η επιτάχυνση είναι αντίστροφα ανάλογη προς τη μάζα.

Η παραπάνω πρόταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το πείραμα (β) του σχήματος 2.1 για να οδηγήσει στον ορισμό της μάζας ενός σώματος. Αν στη θέση της δεξιάς μπάλας χρησιμοποιήσουμε μια «τυποποιημένη μάζα» m_s , και κατά την πραγματοποίηση του πειράματος μετρήσουμε τις επιταχύνσεις a και a_s για την αριστερή και δεξιά μπάλα αντίστοιχα, θα έχομε για τη μάζα m της αριστερής μπάλας:

$$m = \left(\frac{a_s}{a} \right) m_s \quad (2)$$

Σαν τυποποιημένη μάζα χρησιμοποιείται το χιλιόγραμμο (kg) που είναι ίσο με τη μάζα ενός κυλίνδρου από πλατίνα και ιρίδιο, η οποία φυλάγεται στο Διεθνές Γραφείο Βαρών και Μετρήσεων (International Bureau of Weights and Measures στο Παρίσι).

Πιο απλά, από τη σχέση (1) μπορούμε να πούμε ότι μάζα ενός σώματος είναι το πηλίκο της δυνάμεως που επενεργεί πάνω σ' αυτό διά της επιταχύνσεως που δημιουργεί σ' αυτό.

Βάρος είναι η δύναμη που επενεργεί σ' ένα σώμα ως αποτέλεσμα της επιδράσεως του πεδίου βαρύτητας της γης.

Η εφαρμογή της σχέσεως (1) στην περίπτωση του πεδίου βαρύτητας της γης δίνει:

$$\text{Βάρος} = (\text{Μάζα}) \times (\text{Επιτάχυνση} \text{ βαρύτητας}) \quad (3)$$

Επειδή η επιτάχυνση της βαρύτητας μεταβάλλεται με το γεωγραφικό πλάτος και με το ύψος πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, το βάρος ενός σώματος δεν είναι σταθερό. Για τις πρακτικές εφαρμογές δημιουργούμε ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει σταθερή τιμή που είναι ίση με $9,81 \text{ m/sec}^2$ ή $32,2 \text{ ft/sec}^2$.

Με βάση την παραπάνω υπόθεση, η μάζα ενός σώματος είναι ανάλογη με το βάρος του. Έτσι δικαιολογείται η εύρεση της μάζας ενός σώματος με τον κοινό ζυγό (ζυγαριά), ο οποίος είναι ένα σύστημα που βασίζεται στην ισορροπία δυνάμεων (βαρών).

Το «κλώτσημα» μιας κοινής μπάλας και μιας μπάλας από μολύβι, όπως φαίνεται στο (γ) του σχήματος 2.1, μπορεί εύκολα να μας οδηγήσει στην υποκειμενική διαπίστωση της διαφοράς μάζας μεταξύ δύο σωμάτων.

Στο αγγλικό σύστημα μονάδων ως μονάδα μάζας χρησιμοποιείται η λίβρα (lb), που ορίζεται ίση με το $1/2,2046$ του kg.

Στην καθημερινή πρακτική και τους υπολογισμούς που σχετίζονται με το πλοίο χρησιμοποιούνται μονάδες του πρακτικού μετρικού συστήματος, του πρακτικού αγγλικού συστήματος ή του συστήματος SI. Οι πιο συνηθισμένες μονάδες βάρους στα παραπάνω συστήματα είναι:

Μετρικό τεχνικό σύστημα και σύστημα SI. Βασική μονάδα βάρους στο σύστημα SI είναι το N (Newton) και στο Μετρικό το kp (kilopond). Στους υπολογισμούς των πλοίων χρησιμοποιείται ο **μετρικός τόννος** (tf ή MT) που είναι ίσος με 1000 kp.

Αγγλικό τεχνικό σύστημα. Βασική μονάδα βάρους του συστήματος αυτού είναι η lbf (Λίβρα δυνάμεως). Στους πρακτικούς υπολογισμούς των πλοίων χρησιμοποιείται ο **αγγλικός τόννος (british long ton)** που είναι ίσος με 1016 kp ή 2240 lbf και συμβολίζεται με british tf ή LT.

Η σχέση μεταξύ μετρικού και αγγλικού τόννου είναι:

$$1 \text{ αγγλικός τόννος} = 1,016 \text{ μετρικοί τόννοι}$$

Για λόγους απλότητας, στην αγγλική πρακτική χρησιμοποιείται συχνά και η μονάδα **british short ton** που είναι ίση με 2000 lbf.

Περισσότερα στοιχεία για τις μετατροπές των μονάδων δίνονται στο Παράρτημα 1, στο τέλος του βιβλίου.

2.2 Πυκνότητα και ειδικό βάρος.

Μία ενδιαφέρουσα ιδιότητα της ύλης είναι η **πυκνότητα**.

Για τα **ρευστά (υγρά και αέρια)** και τα **στερεά ομοιογενή σώματα** η πυκνότητα ορίζεται ως η **μάζα της μονάδας του δύκου**.

Η πυκνότητα συμβολίζεται με ρ και εκφράζεται στο μετρικό σύστημα σε kg/m³ και στο αγγλικό σε lb/ft³.

To ειδικό βάρος ενός ρευστού ή ενός στερεού ομοιογενούς σώματος ορίζεται ως το βάρος της μονάδας του δύκου.

Το ειδικό βάρος συμβολίζεται με γ και εκφράζεται στο Διεθνές σύστημα μονάδων (σύστημα SI) σε **newton/m³** (που συμβολίζονται με N/m³).

Σημειώνεται ότι **to newton είναι η μονάδα δυνάμεως του συστήματος SI και ορίζεται ως η δύναμη που προκαλεί επτάχυνση ενός m/sec² σε μάζα ενός kg.**

Στο πρακτικό μετρικό σύστημα το ειδικό βάρος εκφράζεται σε kp/m³ και έχει αριθμητική τιμή ίση (εκφράζεται με τον ίδιο αριθμό) με την πυκνότητα σε kg/m³. Το ίδιο ισχύει και στο αγγλικό πρακτικό σύστημα, όπου το ειδικό βάρος σε lbf/ft³ έχει την ίδια αριθμητική τιμή με την πυκνότητα σε lb/ft³.

Σε εφαρμογές σε πλοία, για το ειδικό βάρος, συνηθέστερα χρησιμοποιούμε τις παρακάτω μονάδες:

- **Μετρικό τεχνικό σύστημα.** Ως μονάδα χρησιμοποιείται ο **μετρικός τόννος ανά κυβικό μέτρο**, που συμβολίζεται με (tf/m³) ή (MT/m³).
- **Αγγλικό τεχνικό σύστημα.** Εδώ χρησιμοποιείται ο **αγγλικός «long» τόννος ανά κυβικό πόδι**, που συμβολίζεται με (british tf/ft³) ή (LT/ft³).

Γενικά σε οποιοδήποτε σύστημα, αλλά πάντοτε με συνέπεια στις μονάδες, ισχύουν οι σχέσεις:

$$\text{Βάρος} = (\text{Όγκος}) \text{ (Ειδικό βάρος)} \quad (4)$$

$$\text{Μάζα} = (\text{Όγκος}) \text{ (Πυκνότητα)} \quad (5)$$

2.3 Συντελεστές στοιβασίας (stowage factor, SF).

Για τους διάφορους υπολογισμούς φορτώσεως στα πλοία χρησιμοποιούμε το **συντελεστή στοιβασίας**.

Για τα υγρά και τα ομοιογενή στερεά ο συντελεστής στοιβασίας είναι ίσος με το αντίστροφο του ειδικού βάρους.

Στα πλοία όμως φορτώνονται και διάφορα στερεά φορτία που δεν μπορούν να θεωρηθούν ως ομοιογενή. Όταν π.χ. έχομε ένα φορτίο άνθρακα, είναι προφανές ότι μέσα στη μάζα του φορτίου υπάρχουν κομμάτια από άνθρακα (που μόνα τους θα μπορούσαν να θεωρηθούν ομοιογενή), καθώς επίσης και διάκενα αέρα. Για τη μελέτη των συνθηκών φορτώσεως του πλοίου δεν μας ενδιαφέρει ο συντελεστής στοιβασίας του αμιγούς άνθρακα, αλλά ολόκληρου του φορτίου όπως είναι στην κατάσταση φορτώσεως (δηλαδή μαζί με τα διάκενα του αέρα).

Έτσι, μπορούμε γενικότερα να πούμε ότι **ο συντελεστής στοιβασίας ενός είδους φορτίου βρίσκεται, αν διαιρέσομε τον όγκο που καταλαμβάνει διά του βάρους του.**

Ο συντελεστής στοιβασίας εκφράζεται στο πρακτικό μετρικό σύστημα σε (m^3/MT) και στο αγγλικό πρακτικό σύστημα σε (ft^3/LT).

Αν συμβολίσουμε με SF (stowage factor) το συντελεστή στοιβασίας, έχομε:

$$\text{Βάρος φορτίου} = (\text{Όγκος φορτίου}) / SF \quad (6)$$

$$\text{Όγκος φορτίου} = (\text{Βάρος φορτίου}) \times SF \quad (7)$$

Η μετατροπή των συντελεστών στοιβασίας από το ένα σύστημα στο άλλο, η οποία συχνά χρειάζεται στην πράξη, μπορεί να γίνει από τη σχέση:

$$1 \left(\frac{m^3}{MT} \right) = 35,88 \left(\frac{ft^2}{LT} \right) \quad (8)$$

Στον πίνακα 2.3.1 δίνονται τιμές της πυκνότητας και του συντελεστή στοιβασίας για μερικές περιπτώσεις φορτίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.1.
Τιμές πυκνότητας και συντελεστή στοιβασίας

Φορτίο	Πυκνότητα ρ		Συντελεστής στοιβασίας SF	
	kg/m ³	lb/ft ³	m ³ /MT	ft ³ /LT
Γλυκό νερό	1000	62,4	1,0	35,9
Θαλάσσιο νερό (τυποποιημένη τιμή)	1025	64,0	0,975	35
Πετρέλαιο λεβήτων	947	59,1	1,05	37,8
Πετρέλαιο Diesel	841	52,5	1,19	42,6
Χάλυβας (συμπαγής)	7689	480,0	0,13	4,7
Αέρας	1,293	0,0807	774,775	27800

Παράδειγμα 1.

Μια δεξαμενή ενός πλοίου έχει όγκο $75 m^3$. Πόσο είναι το βάρος πετρελαίου Diesel που χωράει η δεξαμενή όταν είναι γεμάτη κατά 95%;

Ο συντελεστής στοιβασίας του φορτίου, από τον πίνακα 2.3.1, είναι ίσος με 1,19. Έτσι έχομε:

$$\text{Βάρος πετρελαίου} = (0,95) \times (75 \text{ m}^3) \times \left(\frac{1}{1,19} - \frac{\text{MT}}{\text{m}^3} \right) = 59,87 \text{ MT}$$

Παράδειγμα 2.

Ένα ορθογωνικό κύτος ενός πλοίου έχει μήκος 20 ft, πλάτος 10 ft και ύψος 12 ft. Το κύτος είναι πλήρες με σιδηρομετάλλευμα, το οποίο, στην κατάσταση φορτώσεως, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται κατ' όγκο από 80% συμπαγή χάλυβα και από 20% διάκενα αέρα. Πόσο είναι το βάρος του σιδηρομεταλλεύματος που υπάρχει στο κύτος;

Ένα ft^3 του φορτίου αποτελείται από 0,8 ft^3 χάλυβα και 0,2 ft^3 αέρα. Έτσι το βάρος ενός ft^3 του φορτίου είναι:

$$0,8 \text{ ft}^3 \times \frac{1}{4,7} \frac{\text{LT}}{\text{ft}^3} = 0,1702 \text{ LT}$$

Άρα ο συντελεστής στοιβασίας του φορτίου είναι:

$$\text{SF} = \frac{1 \text{ ft}^3}{0,1702 \text{ LT}} = 5,8754 \frac{\text{ft}^3}{\text{LT}}$$

και επομένως το βάρος του φορτίου θα είναι:

$$\text{Βάρος φορτίου} = (\text{Όγκος})/\text{SF} = (20 \times 10 \times 12) \left(\frac{1}{5,8754} \right) = 408,482 \text{ LT}$$

Παράδειγμα 3.

Μια δεξαμενή ενός πλοίου χωράει όταν είναι πλήρης 45 MT πετρέλαιο λεβήτων. Ποιος είναι ο όγκος της δεξαμενής σε ft^3 ;

Από τη σχέση (3) βρίσκομε ότι:

$$\text{Βάρος πετρελαίου σε αγγλικούς τόννους} = \frac{45}{1,016} = 44,29 \text{ LT}$$

Ο συντελεστής στοιβασίας του πετρελαίου λεβήτων, από τον πίνακα 2.3.1 είναι 37,8 ft^3/LT .

Επομένως, από τη σχέση (7) βρίσκομε ότι:

$$\text{Όγκος δεξαμενής} = (44,29 \text{ LT}) \times (37,8 \text{ ft}^3/\text{LT}) = 1674,16 \text{ ft}^3$$

2.4 Η πυκνότητα του νερού.

Οι υπολογισμοί για την εύρεση των υδροστατικών ιδιοτήτων του πλοίου, παρέχουν στοιχεία που το συνοδεύουν με τη μορφή διαγραμμάτων ή πινάκων και χρησιμοποιούνται, όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια, ως βάση για διάφορους άλλους υπολογισμούς που είναι απαραίτητοι στην εκμετάλλευσή του. Οι αρχικοί υπο-

λογισμοί των υδροστατικών ιδιοτήτων γίνονται για τυποποιημένες πυκνότητες και συγκεκριμένα για πύκνότητα ίση με 1000 kg/m^3 για το γλυκό νερό και 1025 kg/m^3 για το θαλάσσιο.

Στην πραγματικότητα η πυκνότητα του νερού μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι πιο σημαντικοί από τους οποίους είναι η θερμοκρασία του νερού και η αλατότητα. Στην περιοχή της Μεσογείου η πυκνότητα κυμαίνεται περίπου από 1007 έως 1035 kg/m^3 .

Όταν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια στους σχετικούς υπολογισμούς, όπως π.χ. κατά την πραγματοποίηση πειράματος ευστάθειας ή σε άλλες ειδικές περιπτώσεις που θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια, η μέτρηση της πυκνότητας είναι απαραίτητη και πραγματοποιείται με ειδικό όργανο, το **πυκνόμετρο**. Για τη σωστή μέτρηση της πυκνότητας συνηθίζεται να παίρνομε δείγματα από τρία βάθη και συγκεκριμένα ένα στην επιφάνεια, ένα στο μέσο του βυθίσματος του πλοίου και ένα στο βάθος περίπου της τρόπιδας. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένας ειδικός κάδος που βυθίζεται κενός και μπορεί να ανοιχτεί και να γεμίσει με νερό στο επιθυμητό βάθος.

Η μέτρηση γίνεται στο μέσο περίπου του πλοίου και ως πυκνότητα λαμβάνεται ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ – ΚΕΝΤΡΑ ΒΑΡΟΥΣ

3.1 Βασικοί ορισμοί.

Στατική είναι η μελέτη της ισορροπίας σωμάτων κάτω από την επίδραση δυνάμεων.

Ισορροπία. Ο όρος περιγράφει την κατάσταση ενός σώματος που δεν κινείται (ή κινείται με σταθερή ταχύτητα).

Δύναμη είναι το αίτιο μεταβολής της κινητικής καταστάσεως ενός σώματος. **Η δύναμη είναι ανυσματικό μέγεθος.**

Άνυσμα ή διάνυσμα ονομάζεται ένα προσανατολισμένο ευθύγραμμο τμήμα. Κάθε άνυσμα χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω στοιχεία:

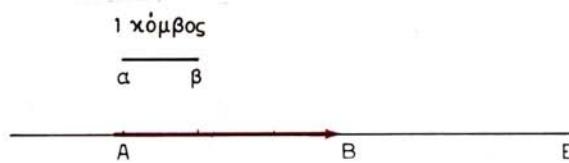
α) Αρχή και τέλος.

β) Διεύθυνση.

γ) Φορά, που ορίζεται από την αρχή προς το τέλος του διανύσματος.

δ) Μέτρο, που εκφράζει την αριθμητική τιμή του και τη μονάδα με την οποία μετρήθηκε.

Στο σχήμα 3.1 βλέπομε ένα διάνυσμα \vec{AB} (σύμβολο \vec{AB}) που παριστάνει την ταχύτητα ενός πλοίου. Έχει αρχή το A , τέλος το B , διεύθυνση την ευθεία E (που λέγεται **φορέας** του διανύσματος), φορά από το A προς το B και μέτρο τρεις κόμβους.



Σχ. 3.1.
Χαρακτηριστικά διανύσματος.

3.2 Αξιώματα της στατικής.

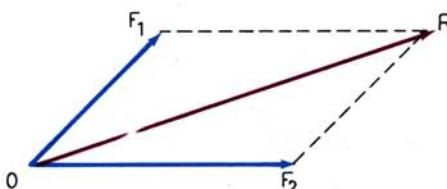
Για τη μελέτη των προβλημάτων της στατικής χρησιμοποιούνται τα παρακάτω πέντε αξιώματα:

1) **Η δράση κάθε δυνάμεως συνοδεύεται από μια ίση και αντίθετη αντίδραση.** Το αξίωμα αυτό είναι γνωστό και ως **τρίτος νόμος του Νεύτωνα**.

2) **Η κατάσταση ισορροπίας ενός σώματος δεν αλλάζει, όταν το σημείο επενέργειας μιας δυνάμεως που ενεργεί πάνω σ' αυτό μεταφερθεί οπουδήποτε πάνω στο**

φορέα της (όταν η διεύθυνση, φορά και μέγεθος της δυνάμεως παραμείνουν αμετάβλητα).

3) **Αν σε ένα σώμα επενεργούν δύο δυνάμεις με φορείς που τέμνονται, η κατάσταση ισορροπίας του σώματος δεν αλλάζει, αν οι δύο δυνάμεις αντικατασταθούν με μία άλλη που το διάνυσμά της είναι ίσο με τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που σχηματίζουν οι αρχικές δυνάμεις.** Το αξίωμα αυτό λέγεται **αρχή του παραλληλογράμμου των δυνάμεων**. Χρησιμοποιείται για την πρόσθεση δυνάμεων με φορείς που τέμνονται και η εφαρμογή του φαίνεται στο σχήμα 3.2.



Σχ. 3.2.
Αρχή του παραλληλογράμμου.

Οι δυνάμεις \vec{OF}_1 και \vec{OF}_2 που επενεργούν στο σώμα μπορούν να αντικατασταθούν χωρίς να μεταβληθεί η ισορροπία του σώματος από τη δύναμη \vec{OR} . Η \vec{OR} λέγεται **συνισταμένη** των \vec{OF}_1 και \vec{OF}_2 (που με τη σειρά τους λέγονται **συνιστώσες** της \vec{OR}).

4) **Ένα σώμα παραμένει σε ισορροπία, αν δεν επενεργούν πάνω σ' αυτό δυνάμεις.**

5) **Δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις που ενεργούν πάνω στον ίδιο φορέα αλληλοεξουδετερώνονται.**

3.3 Συνισταμένη παραλλήλων δυνάμεων.

Με το τρίτο αξίωμα της στατικής μπορούμε να βρούμε τη συνισταμένη δύο δυνάμεων που τέμνονται.

Για την εύρεση της συνισταμένης παραλλήλων μεταξύ τους δυνάμεων, αρκεί να μπορέσουμε να βρούμε το άθροισμα δύο παραλλήλων δυνάμεων. Διακρίνομε δύο περιπτώσεις.

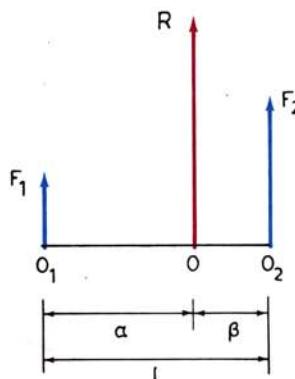
1) Ομόρροπες δυνάμεις (σχ. 3.3a).

Εύκολα αποδεικνύεται ότι η συνισταμένη των \vec{F}_1 και \vec{F}_2 είναι μια δύναμη (\vec{R}), παράλληλη προς αυτές, που έχει μέτρο ίσο με το άθροισμα των μέτρων των δύο αρχικών δυνάμεων.

Το σημείο εφαρμογής της \vec{OR} μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{F_2}{F_1} \quad (9)$$

Αν ℓ είναι η απόσταση μεταξύ των δυνάμεων, θα έχομε επίσης:



Σχ. 3.3α.

Συνισταμένη ομορρόπων παραλλήλων δυνάμεων.

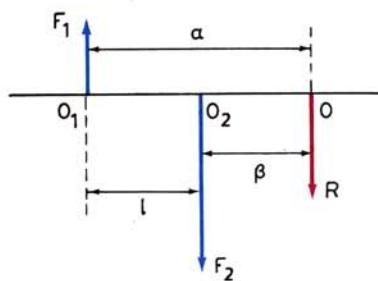
$$\frac{\alpha}{l} = \frac{F_2}{F_1 + F_2} = \frac{F_2}{R} \quad (10)$$

2) Αντίρροπες δυνάμεις (σχ. 3.3β).

Η συνισταμένη των \vec{F}_1 , και \vec{F}_2 σ' αυτή την περίπτωση είναι η δύναμη R που έχει μέτρο ίσο με τη διαφορά των μέτρων των αρχικών δυνάμεων. Το σημείο εφαρμογής της μπορεί να βρεθεί πάλι από τη σχέση (9) ή από τη σχέση:

$$\frac{\beta}{l} = \frac{F_1}{F_2 - F_1} = \frac{F_1}{R} \quad (11)$$

Το άθροισμα λοιπόν (ή η διαφορά) δύο δυνάμεων που βρίσκονται πάνω στον ίδιο φορέα έχει μέτρο ίσο με το άθροισμα (ή τη διαφορά) των μέτρων των δύο δυνάμεων και, φυσικά, είναι διάνυσμα που βρίσκεται πάνω στον ίδιο φορέα.



Σχ. 3.3β.

Συνισταμένη αντίρροπων παραλλήλων δυνάμεων.

3.4 Ανάλυση δυνάμεως σε συνιστώσες.

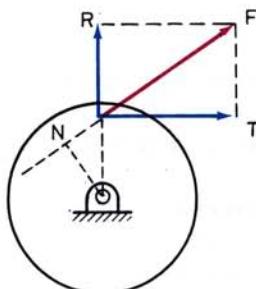
Συχνά σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. ανυψωτικά συστήματα πλοίου) χρειάζεται να αναλύσουμε μια δύναμη σε δύο άλλες με δεδομένες διευθύνσεις. Η ανάλυση αυτή μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση και πάλι της αρχής του παραλληλογράμμου

(σχ. 3.2). Η εύρεση του μέτρου των δύο συνιστωσών μπορεί να γίνει είτε γραφικά είτε αναλυτικά με τη βοήθεια γνωστών μεθόδων της τριγωνομετρίας.

3.5 Ροπή δυνάμεως ως προς άξονα.

Ο όρος **ροπή** χρησιμοποιείται στη Μηχανική για να δείξει τη **στρεπτική δράση** μιας δυνάμεως.

Στο σχήμα 3.5 έχουμε την περίπτωση ενός τροχού που μπορεί να στραφεί γύρω από έναν άξονα. Αν ο άξονας αυτός έχει σκουριάσει, είναι γνωστό ότι, για να επιτύχουμε τη στροφή του δίσκου θα πρέπει να εφαρμόσουμε στον τροχό μια δύναμη όσο το δυνατό περισσότερο εφαπτομενική. Στο ίδιο σχήμα βλέπουμε ότι, αν εφαρμόσουμε μια δύναμη F και την αναλύσουμε σε δύο συνιστώσες, μια ακτινική (R) και μια εφαπτομενική (T), η ακτινική δύναμη δεν έχει επίδραση στην προσπάθεια στροφής του δίσκου.



Σχ. 3.5.
Στροφή τροχού γύρω από άξονα.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να αντιληφθούμε τον παρακάτω ορισμό της ροπής.

Η ροπή μιας δυνάμεως F γύρω από έναν άξονα Ο είναι ίση με το γινόμενο του μέτρου της δυνάμεως επί την απόσταση ON του σημείουν από το φορέα της δυνάμεως. Η ροπή μετράται σε kp / m ή lbft / fft ή στο σύστημα SI σε N·m.

Επίσης από το σχήμα 3.5 συμπεραίνεται και η παρακάτω πρόταση, γνωστή ως **Θεώρημα του Varignon** (1687).

Η ροπή μιας δυνάμεως ως προς άξονα είναι ίση με το άθροισμα των ροπών των συνιστωσών της δυνάμεως ως προς τον ίδιο άξονα.

3.6 Ζεύγος δυνάμεων.

Δύο ίσες και αντίρροπες δυνάμεις που βρίσκονται πάνω στο ίδιο επίπεδο και που δεν ενεργούν πάνω στον ίδιο φορέα λέμε ότι σχηματίζουν ένα **ζεύγος δυνάμεων**.

Όπως προκύπτει από τη σχέση (11), δεν είναι δυνατή η αντικατάσταση του ζεύγους από μια δύναμη. Ένα ζεύγος παριστάνεται με ένα διάνυσμα κάθετο πάνω στο επίπεδο, το οποίο ορίζουν οι δυνάμεις που το δημιουργούν.

3.7 Ισορροπία δυνάμεων.

Όπως είδαμε στα προηγούμενα, το σύνολο των δυνάμεων που επενεργούν σε

ένα επίπεδο ενός σώματος μπορούν, στην πιο γενική περίπτωση, να αθροιστούν και να αντικατασταθούν από μια δύναμη και ένα ζεύγος. Η δύναμη τείνει να επιταχύνει το σώμα και το ζεύγος να του δώσει κυκλική επιτάχυνση.

Σε σχέση με τον όρο ισορροπία που έχομε ήδη χρησιμοποιήσει και που περιλαμβάνει τόσο την έννοια της ακινησίας όσο και της κινήσεως ενός σώματος με σταθερή ταχύτητα, θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο **στατική ισορροπία για ένα σώμα ακίνητο**.

Πρόταση.

Αν και μόνο αν δλες οι δυνάμεις και οι ροπές που ενεργούν σε ένα σώμα έχουν άθροισμα μηδέν, τότε το σώμα αυτό, που αρχικά βρισκόταν σε στατική ισορροπία, θα παραμείνει σε στατική ισορροπία.

Αν τώρα θεωρήσουμε μια γενικότερη περίπτωση ενός σώματος πάνω στο οποίο επενεργούν δυνάμεις με οποιουσδήποτε φορείς (όχι στο ίδιο επίπεδο), έχομε:

Πρόταση.

Ένα σώμα παραμένει σε στατική ισορροπία, αν οι συνιστώσες κατά τους τρεις άξονες ενός συστήματος συντεταγμένων δλων των δυνάμεων που επενεργούν πάνω σ' αυτό και τα ζεύγη με διανύσματα κατά μήκος κάθε άξονα συντεταγμένων έχουν μηδενική τιμή.

Σε ένα σύστημα ορθογωνίων συντεταγμένων, όπου με R_x , R_y , R_z παριστάνονται οι συνισταμένες των δυνάμεων κατά τους τρεις άξονες και με M_x , M_y , M_z οι ροπές που παριστάνονται με διανύσματα κατά τους τρεις άξονες, η παραπάνω πρόταση σημαίνει:

$$R_x = R_y = R_z = 0 \quad (12)$$

και

$$M_x = M_y = M_z = 0 \quad (13)$$

3.8 Εύρεση συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων.

Στο σχήμα 3.8 έχομε ένα σώμα στο οποίο επενεργεί μια σειρά από παράλληλες δυνάμεις F_1 , F_2 , F_3 ... F_n , με φορείς πάνω στο ίδιο επίπεδο. Τα σημεία εφαρμογής τους απέχουν αντίστοιχα αποστάσεις x_1 , x_2 , x_3 ... x_n από τον άξονα Oy.

Εφαρμογή της σχέσεως (12) δίνει:

$$R = F_1 + F_2 + \dots + F_n = \sum_i F_i \quad (14)$$

Παίρνοντας ροπές ως προς το σημείο O έχομε:

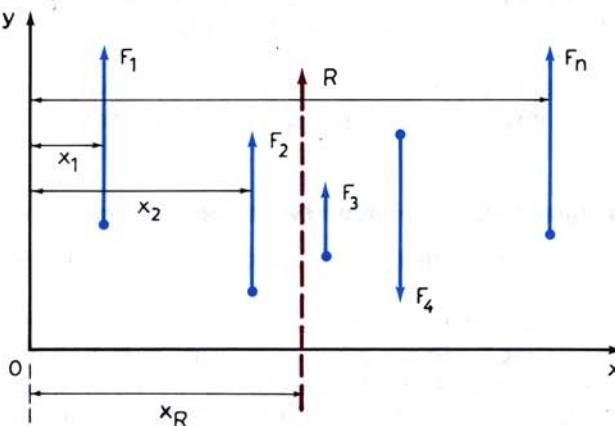
$$R \cdot x_R = F_1 x_1 + F_2 x_2 + \dots + F_n x_n = \sum_i F_i x_i \quad (15)$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (14) και (15) βρίσκομε:

$$x_R = \frac{\sum_i F_i x_i}{\sum_i F_i} = \frac{\text{Άθροισμα ροπών}}{\text{Άθροισμα δυνάμεων}} \quad (16)$$

Η σχέση (16) δείχνει ότι το σημείο εφαρμογής της συνισταμένης μπορεί να βρεθεί αν διαιρέσουμε το άθροισμα των ροπών των δυνάμεων ως προς το O με το άθροισμα των δυνάμεων. Τα αθροίσματα θα πρέπει να ληφθούν αλγεβρικά (π.χ.

Θετικές δυνάμεις προς τα κάτω και αρνητικές προς τα πάνω και θετικές ροπές κατά τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού και αρνητικές ανάποδα).



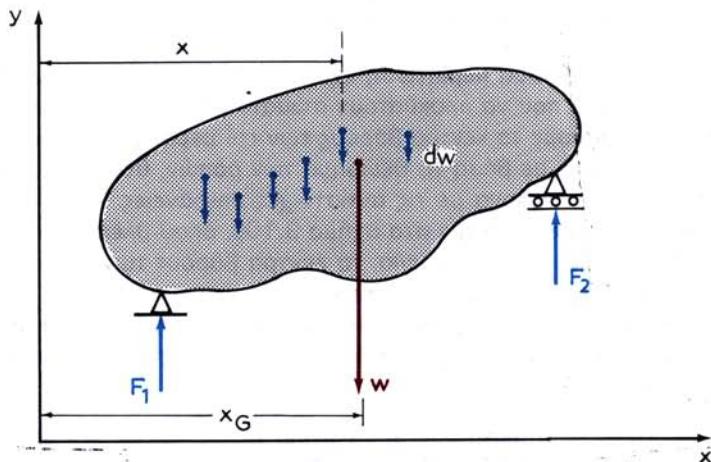
Σχ. 3.8.

Εύρεση συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων.

3.9 Κέντρο βάρους σώματος

Οι πιο συχνά εμφανιζόμενες παράλληλες δυνάμεις είναι αυτές που οφείλονται στη βαρύτητα και δρούν στα διάφορα τμήματα ενός σώματος.

Σε μια τέτοια περίπτωση μπορεί να θεωρήσουμε ότι το σώμα υποδιαιρείται σε στοιχειώδη τμήματα, καθένα από τα οποία έχει βάρος dW (σχ. 3.9). Οι δυνάμεις αυτές μπορεί να ισορροπηθούν από τις αντιδράσεις F_1 και F_2 που ασκούν τα υποστηρίγματα στο σώμα.



Σχ. 3.9.

Κέντρο βάρους στερεού σώματος.

Η συνισταμένη όλων των στοιχειωδών δυνάμεων βάρους είναι ίση με το βάρος του σώματος και **επενεργεί πάνω στο κέντρο βάρους του σώματος**. Η απόσταση

του κέντρου βάρους του σώματος από τον άξονα Ογ μπορεί να βρεθεί από τη σχέση (16).

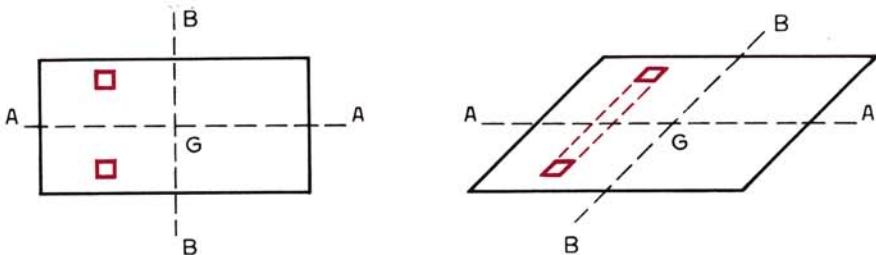
Την ίδια διαδικασία μπορούμε να εφαρμόσομε θεωρώντας ότι το σώμα έχει στραφεί κατά 90° και έτσι να βρούμε την απόσταση του κέντρου βάρους από τον άξονα Οχ.

Η επανάληψη της ίδιας διαδικασίας κατά τους τρεις άξονες δίνει τρεις αποστάσεις, x_G , y_G και z_G , που ορίζουν τις τρεις συντεταγμένες του κέντρου βάρους του σώματος.

3.10 Πρακτικοί τρόποι ευρέσεως του κέντρου βάρους επιπέδων σχημάτων.

Μια ειδική περίπτωση σχετικά απλών σωμάτων είναι τα επίπεδα σχήματα (π.χ. ελάσματα).

Για την εύρεση του κέντρου βάρους τέτοιων σωμάτων ελέγχομε κατ' αρχή αν υπάρχουν άξονες ορθής ή πλάγιας συμμετρίας, γιατί το κέντρο βάρους βρίσκεται πάνω σ' αυτούς. Αν υπάρχουν δύο τέτοιοι άξονες, η τομή τους μας δίνει τη θέση του κέντρου βάρους. Δυο τέτοια παραδείγματα βλέπομε στο σχήμα 3.10α.



Σχ. 3.10α.

Εύρεση κέντρου βάρους σε επίπεδα σώματα με συμμετρία.

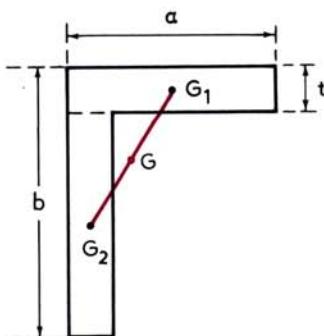
Μια άλλη ενδιαφέρουσα περίπτωση έχομε όταν ένα επίπεδο σώμα μπορεί να χωρισθεί κατά τρόπο που να προκύπτουν σώματα με άξονες συμμετρίας. Σ' αυτή την περίπτωση βρίσκομε τα κέντρα βάρους των επί μέρους τμημάτων και τα συνδυάζομε στη συνέχεια με βάση το θεώρημα των ροπών, θεωρώντας ότι τα βάρη των τμημάτων είναι ανάλογα με τις αντίστοιχες επιφάνειες.

Ένα τέτοιο παράδειγμα έχομε στο σχήμα 3.10β, όπου βλέπομε την υποδιαιρέση ενός σχήματος σε δύο ορθογώνια, τα κέντρα βάρους των οποίων βρίσκονται στην τομή των αντιστοίχων αξόνων συμμετρίας.

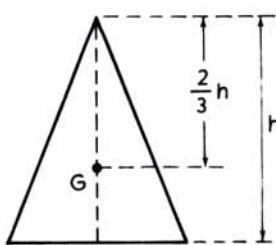
Η θέση του κέντρου βάρους πάνω στον άξονα G_1G_2 που συνδέει τα κέντρα βάρους των δύο ορθογωνίων μπορεί να βρεθεί με χρήση του θεωρήματος των ροπών από τη σχέση:

$$\frac{GG_2}{GG_1} = \frac{\text{Επιφάνεια ορθογωνίου 1}}{\text{Επιφάνεια ορθογωνίου 2}} = \frac{at}{(b-t)t} = \frac{a}{b-t}$$

Συχνά στη θεωρία πλοίου χρειάζεται η εύρεση του κέντρου βάρους τριγωνικών σχημάτων. Για το σκοπό αυτό είναι χρήσιμο να σημειώσουμε ότι το κέντρο βάρους ενός τριγώνου βρίσκεται πάνω στην τομή των υψών που τέμνονται στα 2/3 του

**Σχ. 3.10β.**

Εύρεση κέντρου βάρους με υποδιαιρεση σε δύο τμήματα.

**Σχ. 3.10γ.**

Εύρεση κέντρου βάρους ισοσκελούς τριγώνου.

μήκους τους από την αντίστοιχη κορυφή. Ένα τέτοιο παράδειγμα σε συνδυασμό με την ύπαρξη ενός άξονα συμμετρίας έχομε στην περίπτωση του σχήματος 3.10γ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

4.1 Εισαγωγή.

Όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, για τον υπολογισμό διαφόρων παραμέτρων που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του πλοίου χρειάζεται να γνωρίζομε διάφορες γεωμετρικές ποσότητες, οι οποίες σχετίζονται με αυτό (π.χ. την επιφάνεια και ροπή αδράνειας των ισάλων ή τον όγκο και τη θέση του κέντρου όγκου των υφάλων).

Τις παραπάνω ποσότητες σε κανονικά σχήματα, όπως το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, τα τρίγωνα ή το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε με μεθόδους της γεωμετρίας. Σχετικά εύκολα, επίσης, με μεθόδους όμως που ξεφεύγουν από τα όρια του βιβλίου αυτού, θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε ιδιότητες επιφανειών και όγκων που περικλείονται από γραμμές ή επιφάνειες, οι οποίες μπορούν να εκφρασθούν μαθηματικά, δηλαδή με μαθηματικές εξισώσεις.

Οι γραμμές που περιβάλλουν επιφάνειες ή όγκους του πλοίου που μας ενδιαφέρουν δεν ανήκουν γενικά στις παραπάνω περιπτώσεις. Για τον υπολογισμό λοιπόν των απαραιτήτων στοιχείων πρέπει να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι ενός κλάδου των μαθηματικών που είναι γνωστός ως **αριθμητική ολοκλήρωση**.

4.2 Ιδιότητες επίπεδης επιφάνειας.

Τα γεωμετρικά στοιχεία μιας επίπεδης επιφάνειας που μας ενδιαφέρουν στη μελέτη της στατικής του πλοίου είναι:

- Το εμβαδόν της επιφάνειας.
- Οι ροπές της επιφάνειας ως προς τους άξονες Οχ και Ογ ή τους παράλληλους προς αυτούς χ'χ'' και γ'γ'' (σχ. 4.2a).
- Οι δεύτερες ροπές της επιφάνειας (**ροπές αδράνειας**) ως προς τους άξονες Οχ και Ογ ή τους παράλληλους προς αυτούς χ'χ'' και γ'γ''.
- Οι συντεταγμένες του κέντρου της επιφάνειας.

Τη βάση για τους παραπέρα υπολογισμούς αποτελούν οι ιδιότητες του απλού ορθογώνιου παραλληλογράμμου που δίνονται από τους παρακάτω τύπους (σχ. 4.2a):

$$\text{Εμβαδόν επιφάνειας} = A = (\text{Μήκος}) \cdot (\text{Ύψος}) = b \cdot h \quad (17)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή επιφάνειας} \\ \text{ως προς τον άξονα OX} \end{array} \right\} = M_x = (\text{Επιφάνεια}) \cdot \frac{h}{2} = \frac{bh^2}{2} \quad (18)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή επιφάνειας} \\ \text{ως προς τον άξονα } Qy \end{array} \right\} = M_y = (\text{Επιφάνεια}) (a + \frac{b}{2}) = bh (a + \frac{b}{2}) \quad (19)$$

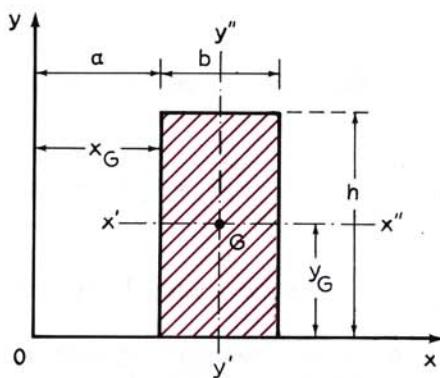
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Συντεταγμένες} \\ \text{κέντρου} \\ \text{επιφάνειας} \end{array} \right\} \quad x_G = \frac{M_y}{A} = \frac{bh(a + \frac{b}{2})}{2bh} = a + \frac{b}{2} \quad (20)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή αδράνειας} \\ \text{ως προς άξονα } Ox \end{array} \right\} = I_x = \frac{bh^3}{3} \quad (22)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή αδράνειας} \\ \text{ως προς άξονα } x'x'' \end{array} \right\} = I_{xx} = \frac{bh^3}{12} \quad (23)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή αδράνειας} \\ \text{ως προς άξονα } y'y'' \end{array} \right\} = I_{yy} = \frac{b^3 h}{12} \quad (24)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή αδράνειας} \\ \text{ως προς άξονα } Oy \end{array} \right\} = I_y = I_{yy} + Ax_G^2 \quad (25)$$

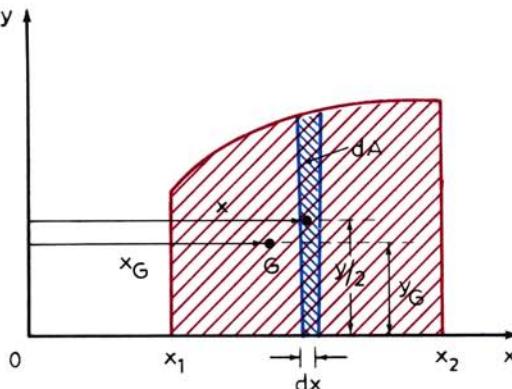


Σχ. 4.2α.

Εύρεση ιδιοτήτων ορθογώνιου παραλληλογράμμου.

Η τελευταία σχέση είναι γνωστή και ως **Θεώρημα του Steiner** και χρησιμοποιείται για την εύρεση της ροπής αδράνειας ως προς ένα άξονα, όταν γνωρίζομε την αντίστοιχη ροπή αδράνειας ως προς άξονα παράλληλο που περνά από το κέντρο βάρους της επιφάνειας ή και αντίστροφα. [Η σχέση (25) και το πρώτο σκέλος των (20) και (21) ισχύουν για κάθε μορφής επιφάνεια και όχι μόνο-για το ορθογώνιο].

Με βάση τις παραπάνω σχέσεις για το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο μπορούμε



Σχ. 4.2β.
Εύρεση ιδιοτήτων τυχαίας επιφάνειας.

να βρούμε τις αντίστοιχες ιδιότητες μιας επιφάνειας που ορίζεται από μία καμπύλη, τον άξονα Οχ και δύο κάθετες ευθείες πάνω σ' αυτόν στα σημεία x_1 και x_2 (σχ. 4.2β).

Έτσι, αν θεωρήσουμε το στοιχειώδες ορθογώνιο μέ τη μπλε διαγράμμιση που έχει ύψος y και βάση dx (στοιχειώδες μήκος), θα έχομε για τις ιδιότητες της στοιχειώδους επιφάνειας dA :

$$\text{Εμβαδόν} = dA = (y) dx \quad (26)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή επιφάνειας} \\ \text{ως προς Οχ} \end{array} \right\} = dM_x = dA \cdot \frac{y}{2} = ydx \cdot \frac{y}{2} = \left(-\frac{y^2}{2} \right) dx \quad (27)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή επιφάνειας} \\ \text{ως προς Ογ} \end{array} \right\} = dM_y = dA \cdot x = ydx \cdot x = (yx) dx \quad (28)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή αδράνειας} \\ \text{ως προς Οχ} \end{array} \right\} = dl_x = dx \cdot \frac{y^3}{3} = \left(-\frac{y^3}{3} \right) dx \quad (28)$$

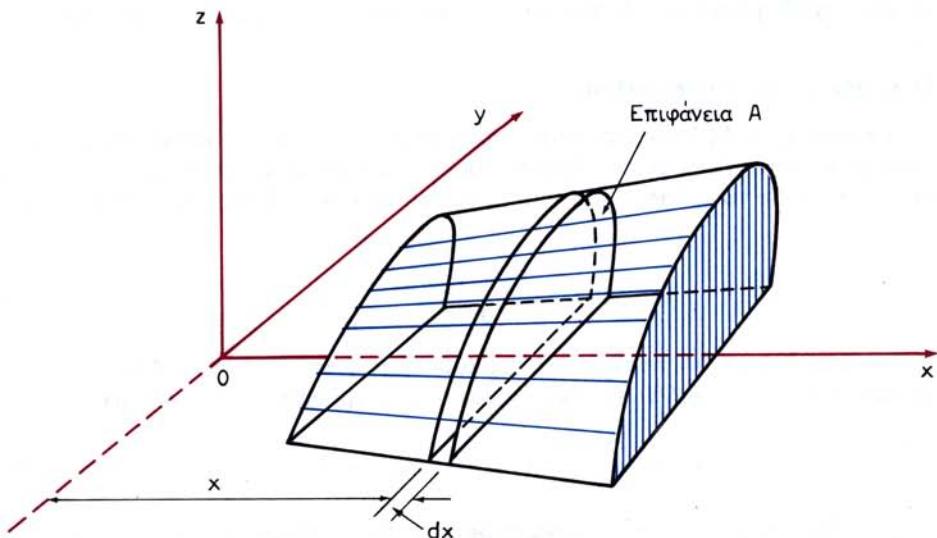
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή αδράνειας} \\ \text{ως προς Ογ} \end{array} \right\} = dl_y = (dA) x^2 = ydx \cdot x^2 = (yx^2) dx \quad (30)$$

Για την εύρεση των ιδιοτήτων ολόκληρης της επιφάνειας απαιτείται εφαρμογή μιας μαθηματικής διαδικασίας γνωστής με το όνομα **ολοκλήρωση**.

4.3 Ιδιότητες ακανόνιστου όγκου.

Στο σχήμα 4.3 βλέπομε έναν «ακανόνιστο» όγκο που προκύπτει από την τομή ενός ακανόνιστου σχήματος με το επίπεδο xOy και δύο επίπεδα παράλληλα προς το zOy .

Σε συνάρτηση με τη μελέτη της γεωμετρίας του πλοίου, μας ενδιαφέρει η εύρεση του όγκου και των συντεταγμένων του κέντρου όγκου του σχήματος που προκύπτει.



Σχ. 4.3.
Γεωμετρία ακανόνιστου όγκου.

Αν θεωρήσομε δύο τομές του σώματος με επίπεδα παράλληλα προς το zOy που βρίσκονται σε αποστάσεις x και $x + dx$ από αυτό και ονομάσομε A την επιφάνεια κάθε μιας τομής, θα έχομε για το στοιχειώδη όγκο που προκύπτει:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Στοιχειώδης} \\ \text{όγκος} \end{array} \right\} = dV = Adx \quad (31)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή όγκου ως} \\ \text{προς επίπεδο } zOy \end{array} \right\} = dM_{zy} = x dV = Ax dx \quad (32)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Απόσταση κέντρου} \\ \text{όγκου από } zOy \end{array} \right\} = X_V = \frac{M_{zy}}{V} \quad (33)$$

Για την εύρεση ολόκληρου του όγκου και της ροπής, θα πρέπει και πάλι να εφαρμόσομε τη διαδικασία της ολοκληρώσεως.

Για την εύρεση των αποστάσεων του κέντρου όγκου από τα άλλα δύο επίπεδα, θα πρέπει να θεωρήσομε τομές του σώματος παράλληλες προς αυτά και να εφαρμόσομε αντίστοιχες διαδικασίες.

4.4 Τύποι και μεθοδολογία ευρέσεως ιδιοτήτων ακανονίστων επιφανειών.

Η ακανόνιστη καμπύλη που ορίζει προς τα πάνω την επιφάνεια του σχήματος 4.2β εμποδίζει την εφαρμογή απλής ολοκληρώσεως στις σχέσεις (26) έως και (30). Έτσι, για την εύρεση των ιδιοτήτων μιας τέτοιας επιφάνειας χρησιμοποιούνται μέθοδοι της λεγόμενης **αριθμητικής ολοκληρώσεως**. Η ανάπτυξη αυτών των μεθόδων, που ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου, οδηγεί στους λεγόμενους

κανόνες **αριθμητικής ολοκληρώσεως**, μερικοί από τους οποίους δίνονται παρακάτω.

1) Κανόνας του τрапεζοειδούς.

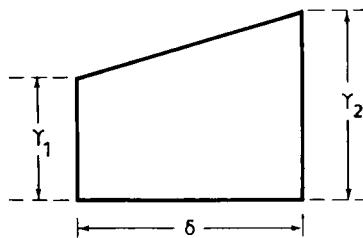
Ο κανόνας αυτός βασίζεται στην υποδιαίρεση του εμβαδού κάτω από μία καμπύλη με κάθετες ευθείες που βρίσκονται σε ισαποστάσεις μεταξύ τους. Έτσι, αν σημειώσουμε ότι το εμβαδόν του τрапεζίου του σχήματος 4.4α δίνεται από τη σχέση:

$$A = \delta \frac{Y_1 + Y_2}{2} \quad (34)$$

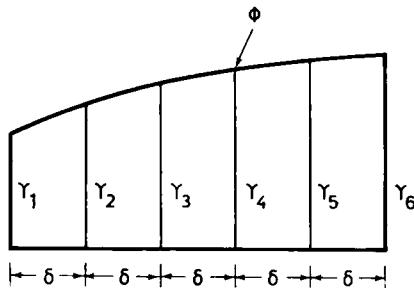
και αν θεωρήσουμε ότι τα τμήματα της καμπύλης φ του σχήματος 4.4β μετά την υποδιαίρεση είναι σχεδόν ευθείες, έχουμε για το εμβαδόν αυτού του σχήματος:

$$A = \delta \left(\frac{Y_1}{2} + Y_2 + Y_3 + Y_5 + \frac{Y_6}{2} \right) \quad (35)$$

Είναι φανερό ότι όσο πιο πολλές κάθετες ευθείες πάρομε τόσο πιο μικρό είναι το λάθος που γίνεται.



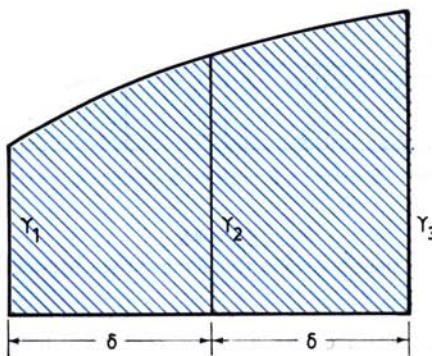
Σχ. 4.4α.
Εύρεση εμβαδού τрапεζίου.



Σχ. 4.4β.
Εύρεση εμβαδού με τη μέθοδο του τрапεζοειδούς.

2) Πρώτος κανόνας Simpson.

Στην πιο απλή μορφή του ο κανόνας αυτός απαιτεί υποδιαίρεση του εμβαδού σε



Σχ. 4.4γ.

Εύρεση εμβαδού με τον πρώτο κανόνα του Simpson για τρία σημεία.

δύο τμήματα με τη βοήθεια τριών καθέτων ευθειών που βρίσκονται μεταξύ τους σε ισαποστάσεις (σχ. 4.4γ).

Το εμβαδόν βρίσκεται από τη σχέση:

$$A = \frac{\delta}{3} (Y_1 + 4Y_2 + Y_3) \quad (36)$$

Αν τώρα με περισσότερες κάθετες ευθείες χωρίσομε το εμβαδόν σε περισσότερα από δύο τμήματα, εφαρμόσομε διαδοχικά τη σχέση (36) που είναι γνωστή ως **πρώτος κανόνας Simpson** και αθροίσομε τα αποτελέσματα, έχομε για το εμβαδόν του σχήματος 4.4δ:

$$A = \frac{\delta}{3} (Y_1 + 4Y_2 + 2Y_3 + 4Y_4 + 2Y_5 + 4Y_6 + Y_7) \quad (37)$$

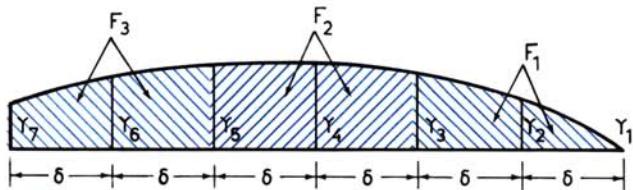
Γενικά μπορούμε να πούμε ότι για την εφαρμογή του πρώτου κανόνα του Simpson απαιτείται η ύπαρξη περιπτού αριθμού καθέτων ευθειών σε ισαποστάσεις. Για την εφαρμογή του κανόνα **πολλαπλασάζομε το πρώτο και τελευταίο ύψος με συντελεστή 1 και όλα τα ενδιάμεσα με τους συντελεστές 4 και 2 εναλλακτικά και διαδοχικά και αθροίζομε τα αποτελέσματα. Το άθροισμα πολλαπλασιαζόμενο επί το ένα τρίτο της σταθερής ισαποστάσεως δίνει το εμβαδόν.** Το τελευταίο ύψος, όπως είπαμε ήδη, δεν πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή 2 αλλά με το συντελεστή 1.

3) Δεύτερος κανόνας Simpson.

Ο κανόνας αυτός μπορεί να εφαρμοσθεί όταν έχομε σε ισαποστάσεις τέσσερα ύψη ή γενικά $3n + 1$ ύψη όπου το $n = 1, 2, 3$ κλπ.

Έτσι, όταν $n = 1$, δηλαδή όταν έχομε τέσσερα ύψη σε ισαποστάσεις, το εμβαδόν είναι:

$$A = \frac{3}{8} \delta (Y_1 + 3Y_2 + 3Y_3 + Y_4) \quad (38)$$



Σχ. 4.46.

Εύρεση εμβαδού με τον πρώτο κανόνα του Simpson για περισσότερα από τρία σημεία.

Στην περίπτωση του σχήματος 4.4δ έχουμε $n = 2$ (7 ύψη) και ο κανόνας έχει τη μορφή:

$$A = \frac{3}{8} \delta (Y_1 + 3Y_2 + 3Y_3 + 2Y_4 + 3Y_5 + 3Y_6 + Y_7) \quad (39)$$

Μπορούμε γενικά να πούμε ότι για την εφαρμογή του δεύτερου κανόνα του Simpson πολλαπλασιάζομε το πρώτο και τελευταίο ύψος με το συντελεστή 1 και όλα τα ενδιάμεσα με τους συντελεστές 3, 3, 2 εναλλακτικά και διαδοχικά και αθροίζομε τα αποτελέσματα. Το άθροισμα πολλαπλασιαζόμενο επί τα $3/8$ της σταθερής ισποστάσεως δίνει το εμβαδόν. Το τελευταίο ύψος, όπως είπαμε ήδη, δεν είναι πολλαπλασιασμένο επί 2 άλλα επί 1.

Αν παρατηρήσουμε τη σχέση (28) βλέπουμε ότι εφαρμόζοντας τις παραπάνω διαδικασίες βρίσκομε το εμβαδόν, δηλαδή το ολοκλήρωμα του ydx .

Έτσι και κατ' επέκταση, αν αντί για τα ύψη Y χρησιμοποιήσουμε τις ποσότητες $Y^2/2$ [σχέση (27)], μπορούμε να βρούμε τη ροπή της επιφάνειας ως προς τον άξονα O_x. Αντίστοιχα αν χρησιμοποιήσουμε την ποσότητα YX^2 [σχέση (32)] βρίσκομε τη ροπή αδράνειας της επιφάνειας ως προς τον άξονα O_y. Το ίδιο ισχύει για όλες τις περιπτώσεις των σχέσεων (26) έως και (30).

Με βάση λοιπόν το δεύτερο κανόνα του Simpson μπορούμε π.χ. να βρούμε τη ροπή της επιφάνειας του σχήματος 4.4δ ως προς O_y από τη σχέση:

$$M_y = \frac{3}{8} \delta [(X_1 Y_1) + 3(X_2 Y_2) + 3(X_3 Y_3) + 2(X_4 Y_4) + 3(X_5 Y_5) + \\ + 3(X_6 Y_6) + (X_7 Y_7)]$$

Τα X_1, X_2 κλπ. είναι οι κατά τον άξονα x συντεταγμένες των σημείων στα οποία αντιστοιχούν τα ύψη Y_1, Y_2 κλπ. αντίστοιχα.

4.5 Τύποι και μεθοδολογία ευρέσεως ιδιοτήτων ακανονίστων όγκων.

Οι κανόνες αριθμητικής ολοκληρώσεως της προηγούμενης παραγράφου μπορούν κατ' επέκταση να χρησιμοποιηθούν και για ολοκληρώσεις που δίνουν ιδιότητες του όγκου ακανονίστων σχημάτων [π.χ. των σχέσεων (31) και (32)]. Έτσι, αν στις θέσεις που έχουν μετρηθεί τα ύψη Y_1, Y_2 και Y_3 του σχήματος 4.4γ αντιστοιχούν οι επιφάνειες A_1, A_2 και A_3 , θα έχομε για τον όγκο σύμφωνα με τη σχέση (31):

$$\overline{V} = \frac{\delta}{3} [A_1 + 4A_2 + A_3]$$

και για τη ροπή του όγκου ως προς το επίπεδο zOy:

$$M_{zy} = \frac{\delta}{3} [A_1 X_1 + 4 A_2 X_2 + A_3 X_3]$$

Εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων για την εύρεση στοιχείων από τη γεωμετρία του πλοίου θα γίνει στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΕΥΡΕΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

5.1 Εισαγωγή.

Με βάση τους ορισμούς και τη μεθοδολογία της παραγράφου 4.5 η εύρεση στοιχείων της γεωμετρίας του πλοίου είναι σχετικά απλή. Οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν μπορούν να εφαρμοσθούν τόσο για ολόκληρο το πλοίο όσο και για συγκεκριμένους χώρους του όπως π.χ. για την εύρεση του όγκου και της θέσεως του κέντρου όγκου ενός κύτους.

Για την περίπτωση ολόκληρου του πλοίου, η αρχή του συστήματος συντεταγμένων θα θεωρηθεί ότι είναι τοποθετημένη πάνω στην πρυμναία κάθετο. Η επιλογή αυτή είναι και η πιο συνηθισμένη. Όπως είδαμε, στο σχέδιο γραμμών χρησιμοποιούνται τομές σε ισαποστάσεις, ενώ στα άκρα έχομε τομές και στο ήμισυ των ισαποστάσεων. Σ' αυτή την τελευταία περίπτωση, για την ευκολότερη εφαρμογή των κανόνων Simpson, χρησιμοποιείται στους τύπους μια σταθερή ισαπόσταση με κατάλληλη προσαρμογή για τα σημεία εκείνα όπου έχουν ληφθεί μετρήσεις των τιμών των συντελεστών στο ήμισυ της ισαποστάσεως. Τα παραπάνω θα δούμε στα παραδείγματα που θα δοθούν σε επόμενες παραγράφους.

5.2 Εύρεση ιδιοτήτων ισάλων πλοίου.

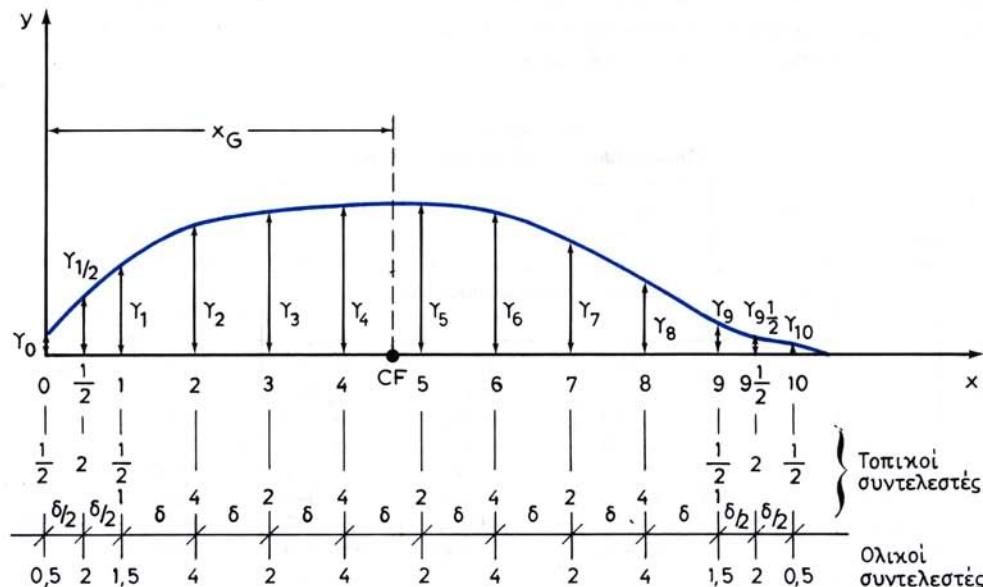
Οι ιδιότητες των ισάλων του πλοίου, οι οποίες, όπως θα φανεί και στα επόμενα, είναι χρήσιμες για διάφορους υπολογισμούς, είναι:

- Το εμβαδόν της ισάλου.
- Η θέση του κέντρου της ισάλου κατά τη διαμήκη έννοια.
- Οι ροπές αδράνειας της επιφάνειας της ισάλου ως προς διαμήκη και εγκάρσιο άξονα που περνούν από το κέντρο της.

Στο σχήμα 5.2 φαίνεται σκαριφηματικά η ίσαλος ενός πλοίου με στοιχεία σε ισαποστάσεις σε όλο το μήκος και στο ήμισυ των ισαποστάσεων στα άκρα.

Το σύστημα συντεταγμένων είναι τοποθετημένο στην πρυμναία κάθετο του πλοίου και οι τομές (και τα ημιπλάτη) είναι αριθμολογημένα από 0 έως 10. Στο κάτω μέρος του σχήματος φαίνονται οι «τοπικοί συντελεστές» Simpson, οι οποίοι στις άκρες, επειδή η ισαπόσταση είναι το μισό της κανονικής, έχουν τιμές ίσες με το μισό των κανονικών (αυτών δηλαδή που εμφανίζονται στον πρώτο κανόνα). Οι ολικοί συντελεστές προκύπτουν από την άθροιση των τοπικών σε κάθε τομή.

Οι σχετικοί υπολογισμοί διατάσσονται σε πίνακα. Για την εύρεση του αποτελέσματος των αντιστοίχων ολοκληρωμάτων είναι απαραίτητος ο υπολογισμός των



Σχ. 5.2.
Ίσαλος πλοίου.

παρακάτω συντελεστών, ο ορισμός των οποίων είναι προφανής αν λάβομε υπόψη μας τις αντίστοιχες σχέσεις και το γεγονός ότι οι πληροφορίες που ζητάμε αφορούν ολόκληρη και όχι τη μισή ίσαλο η οποία φαίνεται στο σχήμα 5.2. Οι συντελεστές αυτοί είναι:

	Σχέση από την οποία προκύπτει	Ποσότητα για ολοκλήρωση	Συντελεστής ολοκληρώματος
Εμβαδόν (A)	(26)	y	$S_1 = \frac{\delta}{3} \cdot 2 = \frac{2\delta}{3}$
Ροπή επιφάνειας (M_y) ως προς Ογ	(28)	yx	$S_2 = \frac{\delta}{3} \cdot \delta \cdot 2 = \frac{2\delta^2}{3}$
Ροπή αδράνειας επιφάνειας ως προς Οχ (I_x)	(29)	$\frac{y^3}{3}$	$S_3 = \frac{\delta}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 = \frac{2\delta}{9}$
Ροπή αδράνειας επιφάνειας ως προς Ογ (I_y)	(30)	yx^2	$S_4 = \frac{\delta}{3} \cdot \delta^2 \cdot 2 = \frac{2\delta^3}{3}$

Η εφαρμογή της μεθόδου για τον υπολογισμό των ιδιοτήτων των ισάλων φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα.

Παράδειγμα.

Να βρεθούν οι ιδιότητες της ισάλου ενός πλοίου (σχ. 5.2) που βρίσκεται 5 m

πάνω από την τρόπιδα. Η σταθερή διαμήκης ισαπόσταση ανάμεσα στις τομές είναι 10,4 m και τα ημιπλάτη σε κάθε τομή σε μ δίνονται στη στήλη 2 του πίνακα 5.2.1. Το μήκος του πλοίου μεταξύ καθέτων είναι 104 m ($10 \times 10,4 = 104$ m).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.1
Υπολογισμοί ιδιοτήτων ισάλου πλοίου

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8
ΤΟΜΗ	Ημιπλάτη Y	Συντελεστές Simpson	Γινόμενο για Επιφάνεια = $(2) \times (3)$	Γινόμενο για ροπή ως προς Oy = $(4) \times (1)$	$Y^3 = (2)^3$	Γινόμενο για ροπή $I_x = (3) \times (6)$	Γινόμενο για ροπή $I_y = (1) \times (5)$
0	1,531	0,5	0,765	0,000	3,588	1,794	0,000
$\frac{1}{2}$ (0,5)	3,871	2,0	7,742	3,871	58,005	116,010	1,935
1	5,705	1,5	8,557	8,557	185,680	278,520	8,557
2	8,073	4,0	32,292	64,584	526,144	2104,576	129,168
3	9,280	2,0	18,560	55,680	799,178	1598,356	167,040
4	9,804	4,0	39,216	156,864	942,345	3769,380	627,456
5	9,839	2,0	19,678	98,390	951,312	1902,624	491,95
6	9,475	4,0	37,900	227,400	850,624	3402,496	1364,40
7	7,583	2,0	15,166	106,162	436,036	872,072	743,134
8	4,613	4,0	18,452	147,616	98,163	392,652	1180,928
9	1,963	1,5	2,944	26,496	7,564	11,346	238,464
$\frac{9}{2}$ (9,5)	1,070	2,0	2,140	20,330	1,225	2,450	193,135
10	0,638	0,5	0,319	3,190	0,259	0,129	30,190
Άθροισμα			$\Sigma_1 = 203,731$	$\Sigma_2 = 919,14$		$\Sigma_3 = 14452,405$	$\Sigma_4 = 5176,357$

Με τα ημιπλάτη της ισάλου που δίνονται στη στήλη 2 του πίνακα 5.2.1 συμπληρώνομε τις υπόλοιπες στήλες του και βρίσκομε τα αθροίσματα Σ_1 , Σ_2 , Σ_3 και Σ_4 .

Στη συνέχεια υπολογίζομε τις τιμές των συντελεστών:

$$S_1 = \frac{2}{3} \delta = \frac{2}{3} (10,4) = 6,933$$

$$S_2 = \frac{2}{3} \delta^2 = \frac{2}{3} (10,4)^2 = 72,106$$

$$S_3 = \frac{2}{9} \delta = \frac{2}{9} (10,4) = 2,311$$

$$S_4 = \frac{2\delta^3}{3} = \frac{2}{3} (10,4)^3 = 749,91$$

Οι επιθυμητές ιδιότητες της ισάλου μπορούν στη συνέχεια να βρεθούν από τις σχέσεις:

$$\text{Εμβαδόν} = A = S_1 \cdot \Sigma_1 = 6,933 \times 203,731 = 1412,467 \text{ m}^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή επιφάνειας} \\ \text{ως προς Oy} \end{array} \right\} = M_y = S_2 \cdot \Sigma_2 = 72,106 \times 919,14 = 66275,5 \text{ m}^3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή αδράνειας} \\ \text{επιφάνειας ως} \\ \text{προς Οχ} \end{array} \right\} = I_x = S_3 \cdot \Sigma_3 = (2,311) (14452,405) = 33399 \text{ m}^4$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή αδράνειας} \\ \text{επιφάνειας ως} \\ \text{προς Ογ} \end{array} \right\} = I_y = S_4 \cdot \Sigma_4 = (749,91) (5176,357) = 3881802 \text{ m}^4$$

Η διαμήκης θέση του κέντρου της ισάλου μπορεί να βρεθεί από τη σχέση (20):

$$x_G = \frac{M_y}{A} = \frac{66275,5}{1412,467} = 46,92 \text{ m}$$

Λόγω της συμμετρίας της ισάλου, το y_G έχει την τιμή μηδέν.

Τέλος η ροπή αδράνειας της επιφάνειας της ισάλου ως προς εγκάρσιο άξονα που περνά από το κέντρο της μπορεί να βρεθεί από τη σχέση (25):

$$I_{yy} = I_y - A \cdot x_G^2 = 3881802 - (1412,467) (46,92)^2 = 772275 \text{ m}^4$$

Με το παραπάνω παράδειγμα γίνεται φανερό το πώς είναι δυνατό, όταν δοθούν τα ημιπλάτι της ισάλου ενός πλοίου, να βρούμε την επιφάνειά της, τις ροπές αδράνειας της γύρω από τους κεντροβαρικούς άξονές της και τη διαμήκη θέση του κέντρου της. Το κέντρο της επιφάνειας της ισάλου ενός πλοίου ονομάζεται **κέντρο πλευστότητας** και συμβολίζεται ως CF (center of flotation).

Στη μελέτη της γεωμετρίας του πλοίου οι παραπάνω υπολογισμοί επαναλαμβάνονται για διάφορες ισάλους.

5.3 Εύρεση ιδιοτήτων εγκαρσίων τομών του πλοίου.

Με ανάλογο τρόπο μπορούν να βρεθούν και οι ιδιότητες οποιασδήποτε εγκάρσιας τομής του πλοίου. Οι πληροφορίες που μας ενδιαφέρουν σ' αυτή την περίπτωση είναι το εμβαδόν και η κατακόρυφη θέση του κέντρου της.

Τέτοιοι υπολογισμοί στη μελέτη της γεωμετρίας του πλοίου γίνονται για διάφορες ισάλους σε κάθε σταθμό (station).

5.4 Εύρεση ιδιοτήτων δύκου της γάστρας με διαμήκη ολοκλήρωση.

Η επιφάνεια των εγκαρσίων τομών του πλοίου μπορεί να ολοκληρωθεί κατά μήκος του πλοίου και, με βάση τις σχέσεις (31), (32) και (33), να μας δώσει τον όγκο και τη διαμήκη θέση του κέντρου δύκου των υφάλων.

Οι συντελεστές της ολοκληρώσεως μπορούν να βρεθούν όπως και στην παράγραφο 5.2. Συγκεκριμένα θα έχομε:

Στοιχείο υπολογισμού	Σχέση από την οποία προκύπτει	Ποσότητα για ολοκλήρωση	Συντελεστές ολοκληρώσεως
Όγκος (\bar{V})	(31)	A	$S_5 = \frac{1}{3} \delta$
Ροπή δύκου ως προς zOy (M_{zy})	(32)	A · x	$S_6 = \frac{1}{3} \delta \cdot \delta = \frac{1}{3} \delta^2$

Η εφαρμογή της μεθόδου για το πλοίο του προηγούμενου παραδείγματος φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα:

Παράδειγμα.

Να βρεθεί ο όγκος και η διαμήκης θέση του κέντρου όγκου ενός πλοίου όταν πλέει σε βύθισμα 5 m. Η σταθερή ισαπόσταση των σταθμών είναι 10,4 m και οι επιφάνειές τους σε m^2 δίνονται στη στήλη 2 του πίνακα 5.4.1. Το μήκος του πλοίου μεταξύ καθέτων είναι 104 m.

Με τη βοήθεια των επιφανειών που δίνονται στη στήλη 2 του πίνακα 5.4.1 συμπληρώνομε τις υπόλοιπες στήλες και βρίσκομε τα αθροίσματα Σ_5 και Σ_6 . Στη συνέχεια υπολογίζομε τις τιμές των συντελεστών:

$$S_5 = \frac{1}{3} \delta = \frac{1}{3} (10,4) = 3,466$$

$$S_6 = \frac{1}{3} \delta^2 = \frac{1}{3} (10,4)^2 = 36,053$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.1
Υπολογισμοί ιδιοτήτων όγκου πλοίου

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5
ΤΟΜΗ	Επιφάνεια (A), m^2	Συντελεστές Simpson	Γινόμενα για όγκο = (2) \times (3)	Γινόμενα για ροπή M_{zy} = (1) \times (4)
0	1,979	0,5	0,989	0,000
$1/2$ (0,5)	11,948	2,0	23,896	11,948
1	26,925	115	40,387	40,438
2	53,847	4,0	215,388	430,776
3	73,820	2,0	147,640	442,920
4	87,142	4,0	348,568	1394,272
5	90,895	2,0	181,790	908,950
6	83,840	4,0	335,360	2012,160
7	59,099	2,0	118,198	827,386
8	30,485	4,0	121,940	975,520
9	11,829	1,5	17,744	159,691
$9\frac{1}{2}$ (9,5)	8,063	2,0	16,126	153,197
10	5,892	0,5	2,946	29,046
Αθροισμα			$\Sigma_5 = 1570,972$	$\Sigma_6 = 7386,718$

Οι ιδιότητες του όγκου μπορούν στη συνέχεια να βρεθούν από τις σχέσεις.

$$\text{Όγκος υφάλων} = \bar{V} = S_5 \cdot \Sigma_5 = (3,466) (1570,972) = 5445 \text{ } m^3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ροπή όγκου ως} \\ \text{προς zOy} \end{array} \right\} = M_{zy} = S_6 \cdot \Sigma_6 = (36,053) (7386,718) = 266313 \text{ } m^4$$

Η διαμήκης θέση του κέντρου όγκου $X_{\bar{V}}$ βρίσκεται από τη σχέση (33):

$$X_{\bar{V}} = \frac{266313}{5445} = 48,911 \text{ m}$$

Στη μελέτη της γεωμετρίας του πλοίου οι παραπάνω υπολογισμοί επαναλαμβάνονται για διάφορα βυθίσματα.

5.5 Εύρεση ιδιοτήτων όγκου με κατακόρυφη ολοκλήρωση.

Εναλλακτικά και ακολουθώντας αντίστοιχη διαδικασία είναι δυνατή η κατακόρυφη ολοκλήρωση των επιφανειών των ισάλων. Η ολοκλήρωση αυτή μας ξαναδίνει τον όγκο μέχρι κάποια ίσαλο (που μπορεί για έλεγχο της ακρίβειας να συγκριθεί με εκείνον που βρίσκεται από τη διαμήκη ολοκλήρωση για την ίδια ίσαλο) και την κατακόρυφη θέση του κέντρου όγκου των υφάλων του πλοίου.

5.6 Υδροστατικό διάγραμμα.

Κατά τη διάρκεια της ζωής ενός πλοίου η συνεχής μεταβολή του φορτίου του και μερικές φορές και του βάρους της σιδηροκατασκευής του έχουν ως αποτέλεσμα τη συνεχή μεταβολή των συνθηκών πλεύσεώς του (εκτόπισμα, βύθισμα και διαγωγή).

Οι υπολογισμοί των προηγουμένων παραγράφων αντικειμενικό σκοπό έχουν να παρέχουν τις ιδιότητες επιφανειών ή του όγκου των υφάλων ενός πλοίου, οι οποίες είναι απαραίτητες για την πραγματοποίηση υπολογισμών σχετικών με την πλευστότητα και την ευστάθειά του σε διάφορες καταστάσεις φορτώσεως.

Επειδή, όπως είδαμε, ο υπολογισμός των διαφόρων γεωμετρικών ιδιοτήτων των επιφανειών των ισάλων και του όγκου των υφάλων του πλοίου είναι αρκετά επίπονος, συνήθως γίνεται μία φορά και τα σχετικά αποτελέσματα υποτυπώνονται υπό μορφή μιας δέσμης από καμπύλες, η οποία λέγεται **υδροστατικό διάγραμμα (hydrostatic sheet)** ή **υδροστατικές καμπύλες (hydrostatic curves)**.

Ειδικότερα το υδροστατικό διάγραμμα μας δίνει ως συναρτήσεις του μέσου βυθίσματος ή του βυθίσματος στο κέντρο πλευστότητας δόλες τις γεωμετρικές ιδιότητες των επιφανειών των ισάλων και του όγκου των υφάλων του πλοίου που αναφέραμε στις προηγούμενες παραγράφους. Επιπλέον, το υδροστατικό διάγραμμα παρέχει και άλλες πληροφορίες χρήσιμες για το χειριστή του πλοίου, που μπορούν εύκολα να υπολογισθούν από τις γεωμετρικές ιδιότητες των επιφανειών των ισάλων και του όγκου των υφάλων του.

Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι πληροφορίες που περιέχει το υδροστατικό διάγραμμα και ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζονται.

1) Όγκος εκτοπίσματος – εκτόπισμα σε γλυκό νερό (Volume of displacement – Displacement in fresh water).

Προκύπτει με απ' ευθείας ολοκλήρωση, κατά μήκος, των επιφανειών των εγκαρσίων τομών (σταθμών) ή καθ' ύψος των επιφανειών των παρισάλων. Ένα παράδειγμα αποτελούν οι υπολογισμοί του πίνακα 5.4.1.

Ο όγκος του εκτοπίσματος συμβολίζεται με \bar{V} και το εκτόπισμα σε γλυκό νερό

με Δ_{fw} . Ο όγκος εκφράζεται στο μετρικό σύστημα σε m^3 και στο αγγλικό σε ft^3 . Το εκτόπισμα εκφράζεται στο μετρικό σύστημα σε μετρικούς τόννους (MT) και στο αγγλικό σε αγγλικούς long tons (LT). Γενικά ισχύουν οι σχέσεις:

$$\Delta_{fw} (\text{MT}) = \bar{V} (\text{m}^3) \quad (40)$$

$$\Delta_{fw} (\text{LT}) = \bar{V} (\text{ft}^3) / 36 \quad (41)$$

$$\Delta(\text{MT}) = \Delta(\text{LT}) \times 1,016$$

Διακρίνομε όγκο ή εκτόπισμα αναφοράς και όγκο ή εκτόπισμα ολικό που περιλαμβάνει και τον όγκο των ελασμάτων του περιβλήματος και των υπολοίπων προεξοχών.

2) Εκτόπισμα σε θάλασσα (*Displacement in salt water*).

Η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την περιοχή, τη θερμοκρασία, την αλατότητα και άλλα στοιχεία. Για τα πλοία επιφάνειας ο υπολογισμός του βάρους γίνεται σε μία μέση πυκνότητα που λαμβάνεται ίση με 1,025. Σε πλοία όπου ο υπολογισμός του βάρους πρέπει να είναι πολύ ακριβής (υποβρύχια ή πλοία επιφάνειας κατά τη διάρκεια του πειράματος ευστάθειας) λαμβάνεται υπόψη η ακριβής τιμή της πυκνότητας του θαλάσσιου νερού. Στο υδροστατικό διάγραμμα δίνεται το εκτόπισμα του πλοίου σε θάλασσα (Δ_{sw}) για μέση πυκνότητα ίση με 1,025.

Γενικά ισχύουν οι σχέσεις:

$$\Delta_{sw} (\text{MT}) = (1,025) \cdot \bar{V} (\text{m}^3) \quad (42)$$

και

$$\Delta_{sw} (\text{LT}) = \bar{V} (\text{ft}^3) / 35 \quad (43)$$

3) Διαμήκης θέση του κέντρου όγκου (*Longitudinal center of buoyancy, LCB*).

Είναι η διαμήκης απόσταση του κέντρου όγκου του πλοίου (κέντρο αντώσεως) από έναν άξονα αναφοράς και μετράται σε τη ή ft. Παλαιότερα ως άξονα αναφοράς χρησιμοποιούσαν το μέσο του πλοίου. Σήμερα έχει επικρατήσει η μέτρηση να γίνεται από την πρυμναία κάθετο. Η διαμήκης θέση του κέντρου όγκου βρίσκεται με ολοκλήρωση κατά μήκος των ροπών των εγκαρσίων τομών και διαιρεση του αποτελέσματος με τον όγκο (πίνακας 5.4.1).

4) Κατακόρυφη θέση του κέντρου όγκου (*Vertical center of buoyancy, VCB*).

Είναι η κατακόρυφη απόσταση του κέντρου όγκου του πλοίου πάνω από το βασικό επίπεδο αναφοράς και μετράται σε τη ή ft. Υπολογίζεται με ολοκλήρωση καθ' ύψος, των ροπών των επιφανειών των παρισάλων και διαιρεση του αποτελέσματος με τον όγκο. Συμβολίζεται και με KB.

5) Ιδιότητες ισάλου:

- Εμβαδόν επιφάνειας ισάλου σε m^2 ή ft^2 .
- Ροπή αδράνειας επιφάνειας ισάλου ως προς το διαμήκη άξονα συμμετρίας σε m^4 ή ft^4 .
- Ροπή αδράνειας ισάλου ως προς εγκάρσιο άξονα που περνά από το κέντρο πλευστότητας σε m^4 ή ft^4 .

- Διαμήκης Θέση κέντρου πλευστότητας (longitudinal center of flotation, LCF) από έναν άξονα αναφοράς (μέσο του πλοίου ή πρυμναία κάθετος) σε τη ή ft.
Η εύρεση όλων των παραπάνω στοιχείων φαίνεται στο παράδειγμα της παραγράφου 5.2.

6) Τόννοι ανά εκατοστό (Tons per cm, TPC), ή τόννοι ανά ίντσα (tons per inch, TPI) βυθίσεως.

Το μέγεθος αυτό δίνει την αύξηση του εκτοπίσματος του πλοίου σε θάλασσα (πυκνότητα 1,025) όταν αυτό βυθιστεί παράλληλα κατά ένα εκατοστό του μέτρου ή μία ίντσα αντίστοιχα (σε θάλασσα πυκνότητας 1,025).

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$TPC = \frac{A (m^2) \times 1,025}{100} \quad (\text{MT/cm}) \quad (44)$$

και

$$TPI = \frac{A (ft^2)}{22 \times 35} = \frac{A ft^2}{420} \quad (\text{LT/in}) \quad (45)$$

όπου A είναι η επιφάνεια της ισάλου.

7) Κατακόρυφη θέση εγκάρσιου μετακέντρου (KM_T).

Περιγράφεται δίνοντας την κατακόρυφη απόσταση του εγκάρσιου μετακέντρου πάνω από το βασικό επίπεδο αναφοράς. Εκφράζεται σε τη ή ft. (Ο ορισμός του εγκάρσιου μετακέντρου δίνεται σε επόμενο κεφάλαιο).

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$BM_T = \text{Εγκάρσια μετακεντρική ακτίνα} = \frac{I_{xx}}{V} \quad (46)$$

και

$$KM_T = KB + BM_T$$

8) Κατακόρυφη θέση διαμήκους μετακέντρου (KM_L).

Περιγράφεται δίνοντας την κατακόρυφη απόσταση του διαμήκους μετακέντρου πάνω από το βασικό επίπεδο αναφοράς. Εκφράζεται σε τη ή ft. (Ο ορισμός του διαμήκους μετακέντρου δίνεται σε επόμενο κεφάλαιο).

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$BM_L = \text{Διαμήκης μετακεντρική ακτίνα} = \frac{I_{yy}}{V} \quad (48)$$

και

$$KM_L = KB + BM_L \quad (49)$$

9) Ροπή μεταβολής διαγωγής κατά ένα cm ή μία ίντσα (moment to change trim 1 cm, MCT 1 cm) ή moment to change trim 1 inch (MCT 1 in).

Το μέγεθος αυτό δίνει τη ροπή που πρέπει να επενεργήσει στο πλοίο για να αλ-

λάζει η διαγωγή του κατά ένα cm ή μία ίντσα (σε θάλασσα πυκνότητας 1,025).

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$MCT1 \text{ cm} = \frac{\Delta_{sw} (\text{MT}) \times GM_L (\text{m})}{100 \cdot L (\text{m})} \left(\frac{\text{MT} - m}{\text{cm}} \right) \quad (50)$$

ή

$$MCT1 \text{ in} = \frac{\Delta_{sw} (\text{LT}) \times GM_L (\text{ft})}{12 \cdot L (\text{ft})} \left(\frac{\text{LT} - ft}{in} \right) \quad (51)$$

όπου: GM_L είναι η κατακόρυφη θέση του διαμήκους μετακέντρου πάνω από το κέντρο βάρους του πλοίου σε m ή ft και

L το μήκος του πλοίου μεταξύ καθέτων σε m ή ft.

Επειδή το GM_L δεν διαφέρει πολύ από το BM_L , οι παραπάνω σχέσεις μπορούν να πάρουν τη μορφή:

$$MCT1 \text{ cm} \simeq \frac{\Delta_{sw} (\text{MT}) \times BM_L (\text{m})}{100 \cdot L (\text{m})} \left(\frac{\text{MT} - m}{\text{cm}} \right) \quad (52)$$

και

$$MCT1 \text{ in} \simeq \frac{\Delta_{sw} (\text{LT}) \times BM_L (\text{ft})}{12 \cdot L (\text{ft})} \left(\frac{\text{LT} - m}{\text{cm}} \right) \quad (53)$$

10) Βρεχόμενη επιφάνεια του πλοίου (Wetted surface).

Παριστάνει το εμβαδό της βρεχόμενης επιφάνειας των υφάλων του πλοίου. Συμβολίζεται με S και μετράται σε m^2 ή ft^2 . Βρίσκεται με ολοκλήρωση.

11) Αδιάστατοι συντελεστές μορφής γάστρας και ισάλου (Form coefficients).

Περιγράφουν σε αδιάσταση μορφή τη γάστρα του πλοίου και των ισάλων του για σύγκριση με άλλα πλοία ή για άλλες χρήσεις. Αρκετά συχνή χρήση έχουν οι συντελεστές:

— Συντελεστής εκτοπίσματος ή γάστρας (Block coefficient).

$$C_b = \frac{V}{LBH} \quad (54)$$

— Πρισματικός συντελεστής (Prismatic coefficient).

$$C_p = \frac{V}{LA_x} \quad (55)$$

— Συντελεστής μέσης τομής (Midship section coefficient).

$$C_x = \frac{A_x}{BH} \quad (56)$$

— Συντελεστής ισάλου επιφάνειας (*Waterplane coefficient*).

$$C_w = \frac{A}{LB} \quad (57)$$

όπου: L το μήκος μεταξύ καθέτων του πλοίου (m ή ft),

B το πλάτος του πλοίου (m ή ft),

H το μέσο βύθισμα (m ή ft),

A_x η επιφάνεια της μέσης τομής (m^2 ή ft^2),

A η επιφάνεια της ισάλου (m^2 ή ft^2) και

V ο όγκος του εκτοπίσματος (m^3 ή ft^3).

Από τους ορισμούς των παραπάνω συντελεστών προκύπτει ότι ισχύει η σχέση:

$$C_p = C_b / C_x \quad (58)$$

Ένα τυπικό υδροστατικό διάγραμμα ενός πλοίου φαίνεται στο σχήμα 5.6.

Διευκρινίζεται ότι η μορφή και η ποικιλία των πληροφοριών που παρέχονται στα διάφορα υδροστατικά διαγράμματα ποικίλει.

Στο σχήμα αυτό η κατακόρυφη κλίμακα δίνει **το βύθισμα του πλοίου στο κέντρο πλευστότητας** και οι οριζόντιες κλίμακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάγνωση όλων των όλων χαρακτηριστικών που δίνονται από τις αντίστοιχες καμπύλες. Η κλίμακα που βρίσκεται στην άνω αριστερή πλευρά του σχεδίου χρησιμεύει για την ανάγνωση της καμπύλης που δίνει το C_b . Η διαμήκης θέση του κέντρου όγκου και του κέντρου πλευστότητας δίνονται σε σχέση (προς πρώτα ή πρύμνα) με το μέσο του πλοίου. Διευκρινίζεται ότι το **υδροστατικό διάγραμμα δίνει σωστές πληροφορίες μόνο για ισοβύθιστο πλοίο**.

Παράδειγμα 1.

Το πλοίο που έχει το υδροστατικό διάγραμμα του σχήματος 5.6 έχει μήκος μεταξύ καθέτων 134,62 m. Να βρεθούν τα υδροστατικά του στοιχεία όταν πλέει ισοβύθιστο σε βύθισμα 7 μέτρων. Η διαμήκης θέση του κέντρου όγκου και του κέντρου πλευστότητας να δοθούν σε σχέση με την πρυμναία κάθετο.

Η εύρεση των ζητουμένων στοιχείων γίνεται όπως δείχνει η δέσμη από συνέχεις κόκκινες γραμμές.

Έτσι μπορούμε από το διάγραμμα να πραγματοποιήσουμε τις παρακάτω αναγνώσεις:

- Όγκος εκτοπίσματος αναφοράς $12\ 400\ m^3$.
- Όγκος εκτοπίσματος ολικός $12\ 440\ m^3$.
- Κατακόρυφη θέση κέντρου όγκου = KB = 3,8 m.
- Κατακόρυφη θέση εγκάρσιου μετακέντρου = KM_T = 7,84 m.
- Τόννοι ανά εκατοστό παράλληλης βυθίσεως = TPC = 20,6 (MT).
- Ροπή μεταβολής διαγωγής κατά 1 cm = MCTI cm = 163 (MT – m).
- Επιφάνεια ισάλου = A = 2088 m^2 .
- Διαμήκης θέση κέντρου πλευστότητας = 1,54 m προς πρύμνα του μέσου.
- Διαμήκης θέση κέντρου όγκου 0,34 m προς πρώτα του μέσου.
- Συντελεστής $C_B = 0,705$.

Αν σημειώσουμε ότι το μέσο του πλοίου βρίσκεται $134,62/2$, δηλαδή 67,31 m

προς πρώτα της πρυμναίας καθέτου, έχουμε:

$$\text{LCF} = 67,31 - 1,59 = 65,72 \text{ (m)}$$

και

$$\text{LCB} = 67,31 + 0,32 = 67,63 \text{ m}$$

Το εκτόπισμα (ολικό) του πλοίου σε γλυκό νερό είναι 12 440 (MT) και το εκτόπισμα σε θάλασσα

$$\Delta_{sw} = 1,025 \times 12440 = 12751 \text{ (MT)}$$

Παράδειγμα 2.

Να βρεθούν τα υδροστατικά στοιχεία του ισοβύθιστου πλοίου με το υδροστατικό διάγραμμα του σχήματος 5.6, όταν το ολικό του εκτόπισμα είναι 14350 MT.

Ο ολικός όγκος του εκτοπίσματος είναι:

$$\bar{V} = \frac{\Delta}{1,025} = \frac{14350}{1,025} = 14000 \text{ (m}^3\text{)}$$

Η δέσμη των διακεκομένων καμπυλών στο σχήμα 5.6 δείχνει την εύρεση όλων των υπολοίπων στοιχείων.

Όπως φάνηκε από τα δύο προηγούμενα παραδείγματα, η ανάγνωση του υδροστατικού διαγράμματος, αν και γενικά απλή, μπορεί να παρουσιάσει κάποια δυσχέρεια για τον πλοιάρχο. Για το λόγο αυτό συνηθίζεται, εκτός από το υδροστατικό διάγραμμα, να υπάρχουν στα εμπορικά πλοία οι σχετικές πληροφορίες και με τη μορφή πίνακα.

Ο πίνακας 5.6.1 περιέχει τα υδροστατικά στοιχεία ενός φορτηγού πλοίου. Η χρήση του πίνακα είναι πολύ απλή, πρέπει δε να σημειωθεί ότι για ενδιάμεσες τιμές (που δεν υπάρχουν στον πίνακα) θα πρέπει να κάνουμε γραμμική παρεμβολή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.1
Υδροστατικά στοιχεία πλοίου A

Βύθισμα (m)	Εκτόπισμα σε θαλάσσιο νερό (MT)	TPC (MT/cm)	MCT1 cm (MT-m/cm)	LCB από πρυμναία κάθετο (m)	LCF από πρυμναία κάθετο (m)	KM _T (m)
13,00	61245	52,3	731,76	99,22	94,70	12,15
12,80	60198	52,2	725,76	99,30	94,74	12,10
12,60	59151	52,0	719,63	99,38	94,78	12,06
12,40	58104	51,8	713,37	99,46	94,83	12,03
12,20	57067	51,7	706,84	99,54	94,89	12,00
12,00	56038	51,5	700,31	99,63	94,96	11,97
11,80	55002	51,3	693,79	99,71	95,05	11,94
11,60	53979	51,1	687,28	99,80	95,15	11,92
11,40	52954	51,0	680,73	99,89	95,26	11,90
11,20	51933	50,8	674,53	99,98	95,38	11,88
11,00	50914	50,6	668,49	100,07	95,51	11,87
10,80	49912	50,5	662,58	100,17	95,65	11,86
10,60	48910	50,3	657,03	100,26	95,80	11,86
10,40	47908	50,1	651,36	100,35	95,95	11,87
10,20	46906	50,0	645,61	100,45	96,11	11,88

(συνεχίζεται)



ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.1
Υδροστατικά στοιχεία πλοίου Α

Βύθισμα (m)	Εκτόπισμα σε θαλάσσιο νερό (MT)	TPC (MT/cm)	MCT1 cm (MT-m/cm)	LCB από πρυμνάσια κάθετο (m)	LCF από πρυμνάσια κάθετο (m)	KM _T (m)
10,00	45905	49,8	639,84	100,54	96,28	11,90
9,80	44917	49,6	633,26	100,63	96,47	11,92
9,60	43931	49,5	626,58	100,72	96,67	11,95
9,40	42945	49,3	619,85	100,81	96,89	11,98
9,20	41960	49,1	613,31	100,90	97,13	12,02
9,00	40980	49,0	607,04	100,99	97,39	12,06
8,80	40002	48,8	601,63	101,07	97,68	12,11
8,60	39027	48,7	596,47	101,16	97,85	12,18
8,40	38053	48,6	591,56	101,24	98,03	12,25
8,20	37085	48,4	586,95	101,33	98,20	12,33
8,00	36116	48,3	582,66	101,41	98,36	12,41
7,80	35150	48,2	578,52	101,49	98,54	12,51
7,60	34185	48,1	574,58	101,57	98,71	12,62
7,40	33228	47,9	570,83	101,64	98,88	12,74
7,20	32262	47,8	567,17	101,72	99,05	12,88
7,00	31305	47,7	563,76	101,80	99,21	13,04
6,80	30348	47,6	560,31	101,88	99,38	13,20
6,60	29391	47,5	556,92	101,96	99,54	13,37
6,40	28432	47,4	553,58	102,04	99,71	13,57
6,20	27480	47,3	550,30	102,12	99,87	13,79
6,00	26535	47,2	547,06	102,20	100,03	14,04
5,80	25576	47,1	544,23	102,28	100,19	14,30
5,60	24628	47,0	541,10	102,35	100,36	14,59
5,40	23689	46,9	537,91	102,43	100,52	14,92
5,20	22755	46,8	534,68	102,51	100,69	15,28
5,00	21827	46,7	531,57	102,58	100,85	15,67
4,80	20892	46,6	528,42	102,66	101,01	16,11
4,60	19951	46,4	525,21	102,73	101,17	16,58
4,40	19023	46,3	521,96	102,81	101,32	17,11
4,20	18192	46,2	518,54	102,88	101,47	17,69
4,00	17204	46,1	514,99	102,95	10162	18,33
3,80	16268	45,9	511,23	103,03	101,77	19,06
3,60	15349	45,8	507,31	103,10	101,92	19,87
3,40	14457	45,6	502,97	103,17	102,06	20,78
3,20	13565	45,4	498,39	103,24	102,21	21,84
3,00	12664	45,3	493,53	103,30	102,35	23,04
2,80	11758	45,1	488,22	103,37	102,49	24,35
2,60	10851	44,9	482,61	103,43	102,63	35,85
2,40	9959	44,7	476,43	103,50	102,77	27,60
2,20	9084	44,4	469,77	103,56	102,91	29,73
2,00	8206	44,1	462,56	103,62	103,05	32,49

5.7 Υδροστατικά στοιχεία πλοίου με διαγωγή.

Τα συνηθισμένα υδροστατικά διαγράμματα των πλοίων είναι ακριβή **όταν το πλοίο είναι ισοβύθιστο**.

Όταν το πλοίο έχει διαγωγή τα υδροστατικά του στοιχεία έχουν διαφορά από εκείνα του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο μέσο βύθισμα. Ιδιαίτερα σοβαρό είναι το σφάλμα στη διαμήκη θέση του κέντρου όγκου και στο εκτόπισμα.

Σε επόμενο κεφάλαιο θα περιγραφεί η μέθοδος με την οποία πραγματοποιούμε τη σχετική διόρθωση. Για λόγους απλουστεύσεως σε σύγχρονα πλοία συνηθίζεται να υπάρχουν ειδικά νομογραφήματα, από τα οποία μπορεί να γίνει απ' ευθείας η ανάγνωση των βασικών πληροφοριών του υδροστατικού διαγράμματος, ακόμη και αν το πλοίο έχει διαφορά διαγωγής.

Ένα τέτοιο διάγραμμα φαίνεται στο σχήμα 5.7α (σελ. 40-41), το οποίο δίνει το LCB, τον όγκο του εκτοπίσματος και την κατακόρυφη θέση του εγκάρσιου μετακέντρου (KM_T).

Παράδειγμα.

Να βρεθούν ο όγκος \bar{V} , το LCB και το KM_T του πλοίου για το οποίο ισχύει το διάγραμμα του σχήματος 5.7α, όταν:

- Το πλοίο είναι ισοβύθιστο σε βύθισμα 7 m.
- Το πρωραίο βύθισμα είναι 6 και το πρυμναίο 8 m.
- Το πρωραίο βύθισμα είναι 8 και το πρυμναίο 6 m.

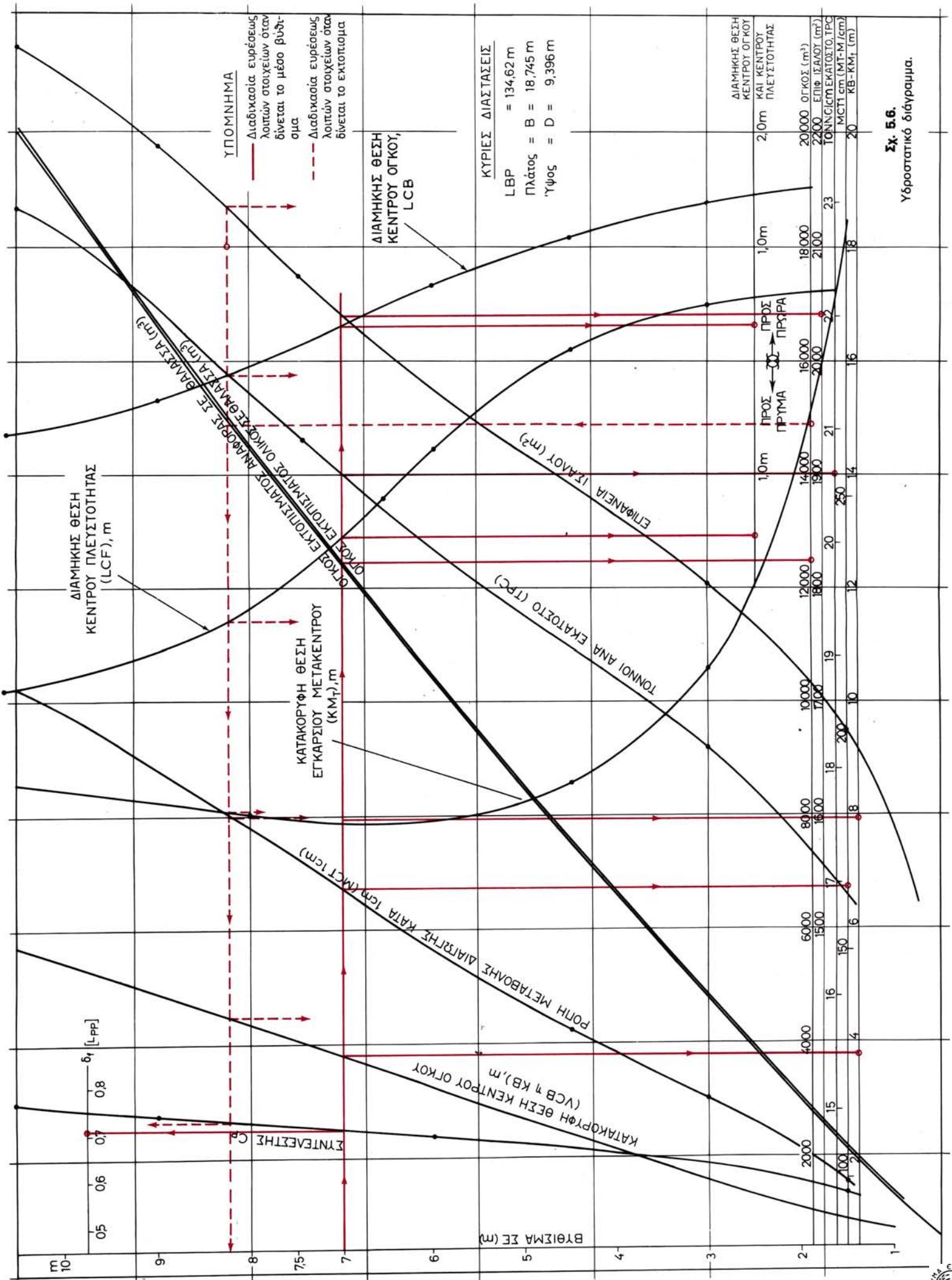
Όπως βλέπομε και στις τρεις περιπτώσεις, το μέσο βύθισμα είναι 7 m. Τα σημεία που αντιστοιχούν στις παραπάνω τρεις περιπτώσεις φαίνονται στο διάγραμμα του σχήματος 5.7α. Από την ανάγνωση των στοιχείων των τριών σημείων έχουμε:

Πρωραίο βύθισμα (m)	Πρυμναίο βύθισμα (m)	Μέσο βύθισμα (m)	Διαφορά διαγωγής (m)	\bar{V} (m^3)	LCB (m)	KM_T (m)
7	7	7	0	12440	0,4 (προς πρώρα)	7,81
6	8	7	2 (προς πρύμνα)	12500	2,25 (προς πρύμνα)	7,88
8	6	7	2 (προς πρώρα)	12400	2,90 (προς πρώρα)	7,75

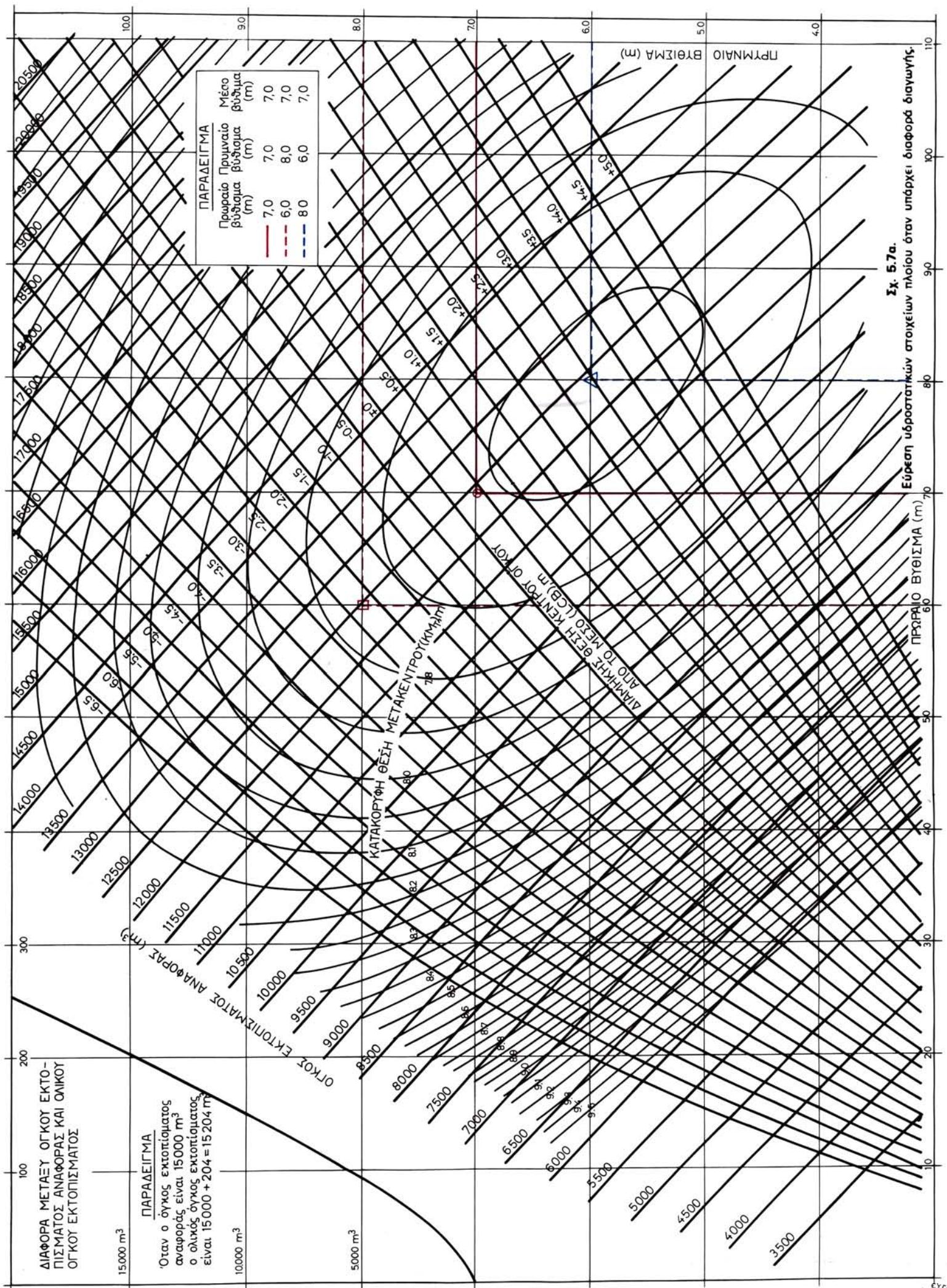
Από το παραπάνω παράδειγμα βλέπομε ότι, ενώ για το ισοβύθιστο πλοίο το κέντρο όγκου βρίσκεται 0,4 m προς πρώρα του μέσου, στις άλλες δύο περιπτώσεις βρίσκεται σε απόσταση 2,25 m προς πρύμνα και 2,90 m προς πρώρα του μέσου αντίστοιχα.

Ένας άλλος τρόπος να κατασκευασθεί ένα παρόμοιο διάγραμμα φαίνεται στο σχήμα 5.7β.

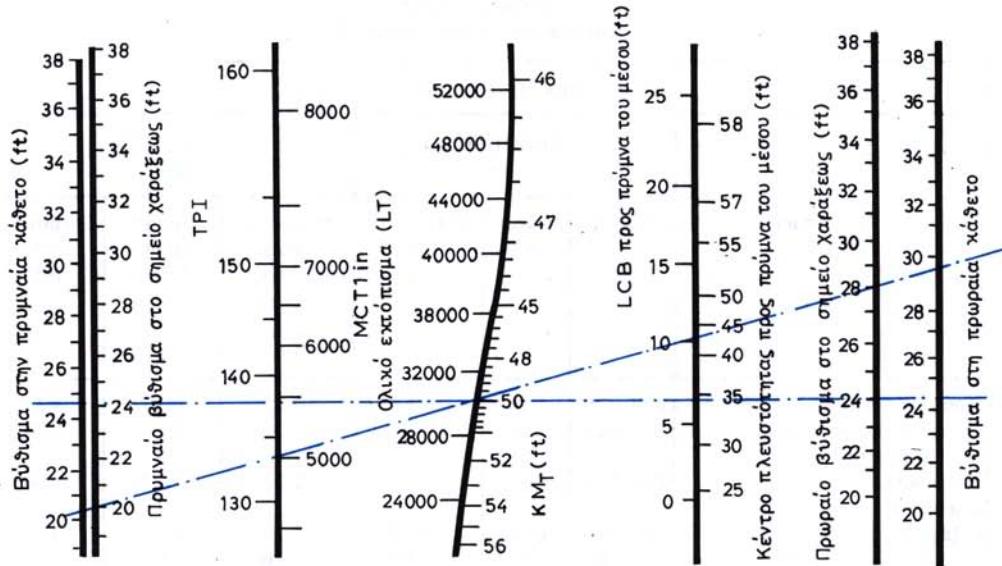
Στο σχήμα αυτό θα πρέπει να σημειώσουμε τη διαφορά μεταξύ των βυθισμάτων που είναι χαραγμένα πάνω στις αντίστοιχες κλίμακες του πλοίου (κλίμακες βυθισμάτων) και εκείνων στην πρυμναία και πρωραία κάθετο. Με τις δύο διακεκομμένες γραμμές παριστάνονται δύο καταστάσεις του πλοίου με το ίδιο βύθισμα στο κέντρο πλευστότητας, πράγμα που σημαίνει, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, ότι το εκτόπισμα είναι το ίδιο. Στη μία περίπτωση το πλοίο είναι ισοβύθιστο



Σχ. 5.6.
Υδροστατικό διάγραμμα.



και στην άλλη έχει διαφορά διαγωγής προς πρώτα. Στο σχήμα βλέπομε επίσης ότι για τις δύο αυτές καταστάσεις διαφέρουν μεταξύ τους όλα τα υπόλοιπα υδροστατικά στοιχεία.



Σχ. 5.7β.

Υδροστατικά στοιχεία πλοίου με διαφορά διαγωγής.

5.8 Γεωμετρικές ιδιότητες χώρων του πλοίου.

Σε επόμενο κεφάλαιο θα δούμε ότι στους υπολογισμούς φορτώσεως του πλοίου είναι συχνά απαραίτητο να γνωρίζομε τις γεωμετρικές ιδιότητες διαφόρων χώρων του πλοίου.

Για τις δεξαμενές του πλοίου είναι απαραίτητο να γνωρίζομε τη διαμήκη, κατακόρυφη και εγκάρσια θέση του κέντρου βάρους τους καθώς και τον δύκο και τη ροπή αδράνειας της ελεύθερης επιφάνειάς τους. Ανάλογες πληροφορίες μας χρειάζονται και για τα κύτη (αμπάρια).

Οι παραπάνω πληροφορίες μπορούν να βρεθούν με υπολογισμούς ανάλογους με εκείνους που γίνονται για ολόκληρο το πλοίο, όπως τους έχομε περιγράψει σε προηγούμενα κεφάλαια. Οι σχετικές πληροφορίες είναι συγκεντρωμένες υπό μορφή πινάκων ή καμπυλών στο **Έγχειριδιο ζυγίσεως και ευστάθειας (trim and stability manual)** του κάθε πλοίου και αποτελούν τα πιο βασικά στοιχεία για την πραγματοποίηση των υπολογισμών που σχετίζονται με τη φόρτωση.

Στον πίνακα 5.8.1 περιέχονται οι γεωμετρικές αυτές ιδιότητες για τις δεξαμενές ενός πλοίου (που θα ονομάζομε στα επόμενα πλοίο A). Ο πίνακας δίνει πληροφορίες για τις δεξαμενές όταν είναι γεμάτες σε ποσοστό 100% και 98%. Οι πληροφορίες που περιλαμβάνονται είναι η περιγραφή της δεξαμενής, ο δύκος και το βάρος του υγρού μέσα στη δεξαμενή, η κατακόρυφη και διαμήκης θέση του κέντρου βάρους και η ροπή αδράνειας της ελεύθερης επιφάνειας της δεξαμενής. Διευκρινίζεται ότι όταν μία δεξαμενή είναι γεμάτη δεν έχει ελεύθερη επιφάνεια και επομένως η ροπή αδράνειας της

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8.1
Στοιχεία δεξαμενών πλοίου Α

ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΛΕΒΗΤΩΝ						
Περιγραφή δεξαμενής	ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ 100%			ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ 98%		
	Νομείς	Όγκος (m³)	Βάρος (MT) για 1/SF 0,92 MT/m³	Κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους VCg (m)	Διαμήκης θέση κέντρου βάρους LCg (m)	Ελεύθερη επιφ. m⁴
Προς ΠΡ της Deep tank, P Προς ΠΡ της Deep tank, S No 1 D.B προς ΠΡ της Deep tank, P + S Πλευρικές (wing) δεξαμενές, P + S Δεξαμενή χρήσεως, P Δεξαμενή χρήσεως, P Κατακαθίσεως, P Διπύθμενου μηχανο- στασίου, P Διπύθμενου μηχανο- στασίου, S Υπερχειλίσεων (Κεντρική) ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΛΕΒΗΤΩΝ	214-220 214-220 202-214 39- 46 21- 23 19- 21 12- 19 29- 40 26- 39 15- 22	504 612 467 657 64 60 172 33 33 29	454 552 421 592 58 54 155 30 30 26	10,52 10,00 2,02 13,23 13,36 13,41 13,51 1,29 1,03 1,22	180,23 180,13 173,76 30,57 14,93 13,41 10,15 25,51 24,32 12,59	422 534 1250 720 20 18 38 30 29 28 116,99 3089
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ DIESEL						
Περιγραφή δεξαμενής	ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ 100%			ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ 98%		
	Νομείς	Όγκος (m³)	Βάρος (MT) για 1/SF 0,68 MT/m³	Κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους VCg (m)	Διαμήκης θέση κέντρου βάρους LCg (m)	Ελεύθερη επιφ. m⁴
Χρήσεως, S Αποθηκεύσεως πρωραία, S Αποθηκεύσεως πρυμναία, S ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ DIESEL	21-23 18-23 12-18	39 112 144	33 94 121 248	14,64 12,95 13,53 13,46	14,93 13,47 9,72 11,83	19 57 69 145

(συνεχίζεται)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8.1
Στοιχεία δεξαμενών πλοίου Α

ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΛΑΔΙΟΥ							
Περιγραφή δεξαμενής	Νομείς	Πληρότητα 100%			Πληρότητα 98%		
		Όγκος (m³)	Βάρος (MT) για 1/S.F 0,86 MT/m³	Κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους VCg (m)	Διαμήκης θέση κέντρου βάρους LCg (m)	Ελεύθερη επιφάνεια m⁴	
Ακάθαρτου λαδιού, P	34-35	800	3	3	14,94	24,47	8
Ακάθαρτου λαδιού, P	34-35	700	3	3	13,66	24,47	8
Αποθηκεύσεως, P	32½-34	2306	11	9	14,32	23,47	5
Αποθηκεύσεως, P	30-32½	3276	15	13	14,33	21,94	7
Αποθηκεύσεως, P	27½-30	3139	14	12	14,32	20,09	5
No 2 στροφαλοθάλαμου, S	34-36	3002	14	12	14,32	24,84	7
No 1 στροφαλοθάλαμου, S	32-34	2871	13	11	14,32	23,32	6
No 2 στροφαλοθάλαμου, P	28½-32	4886	22	19	14,32	21,15	9
No 1 στροφαλοθάλαμου, S	24-28½	4805	22	19	14,32	18,17	7
Υπερχειλίσεων (κεντρική)	26-35	2923	13	11	1,58	21,40	6
ΣΥΝΟΛΟ ΛΑΔΙΟΥ			130	112	13,07	21,61	68

Σημειώσεις:

P = Αριστερά.

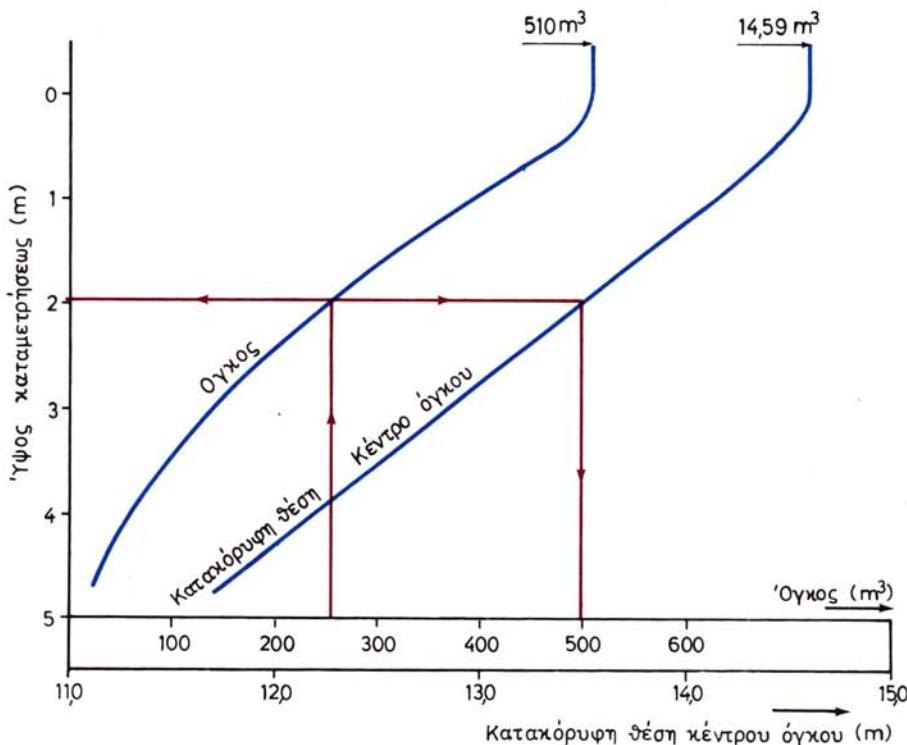
S = Δεξιά.

P + S = Αριστερά + Δεξιά (αθροιστικά).

Έχει μηδενική τιμή. Οι τιμές που βλέπομε στον πίνακα 5.8.1 είναι οι πιο δυσμενείς (οι μεγαλύτερες) που παρουσιάζονται κατά το γέμισμα (ή άδειασμα) της κάθε δεξαμενής.

Εκτός από τις γεωμετρικές ιδιότητες για τις τελείως (ή σχεδόν) γεμάτες δεξαμενές ή κύτη συχνά χρειάζεται να γνωρίζουμε τις αντίστοιχες πληροφορίες όταν οι δεξαμενές ή τα κύτη περιέχουν ομοιόμορφο υγρό ή φορτίο σε ενδιάμεση στάθμη. Για το λόγο αυτό οι απαραίτητες πληροφορίες δίνονται πάλι υπό μορφή πίνακα ή δέσμης από καμπύλες σε συνάρτηση με το **ύψος μετρήσεως**. Το ύψος μετρήσεως (ullage) είναι η απόσταση από κάποιο σημείο της οροφής της δεξαμενής ή του κύτους μέχρι την ανώτερη στάθμη του υγρού ή φορτίου αντίστοιχα. Η μέτρηση του ύψους μετρήσεως γίνεται από τα **καταμετρικά**, η ακριβής θέση των οποίων φαίνεται στα σχέδια του κάθε πλοίου.

Το σχήμα 5.8 δείχνει τη μεταβολή του όγκου και της κατακόρυφης θέσης του κέντρου όγκου μιας δεξαμενής ενός πλοίου στα διάφορα ύψη μετρήσεως.



Σχ. 5.8.

Όγκος και κατακόρυφη θέση κέντρου όγκου δεξαμενής (upper wing) πλοίου.

Παράδειγμα.

Η δεξαμενή στην οποία αντιστοιχεί το διάγραμμα του σχήματος 5.8 είναι γεμάτη με πετρέλαιο λεβήτων σε ποσοστό 50%. Να βρεθεί το βάρος του πετρελαίου, το ύψος μετρήσεως (ullage) και η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους.

Ο συνολικός όγκος της δεξαμενής, όπως φαίνεται στο διάγραμμα, είναι 510 m^3 . Έτσι, όταν η δεξαμενή είναι κατά 50% γεμάτη, ο όγκος του πετρελαίου είναι 255 m^3 . Ο συντελεστής στοιβασίας του πετρελαίου λεβήτων από τον πίνακα 2.3.1 είναι $1,05 \text{ m}^3/\text{MT}$.

Από τη σχέση (6) έχομε:

$$\text{Βάρος φορτίου} = \frac{255}{1,05} = 242,85 \text{ MT}$$

Η παραπέρα λύση του προβλήματος φαίνεται στο διάγραμμα με κόκκινες γραμμές. Έτσι βλέπομε ότι το ύψος μετρήσεως είναι $1,95 \text{ m}$ και η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους είναι $13,5 \text{ m}$ πάνω από την τρόπιδα.

5.9 Χωρητικότητα κυτών (cargo capacity).

Ο πραγματικά διαθέσιμος όγκος ενός κύτους για τη φόρτωση φορτίου εξαρτάται από τη μορφή του φορτίου.

Χύρος ΝΟΜΕΙΑ	Χωρητικότητα σε φορτίο χάδην (bulk cargo)	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ							
		ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³		
Κύτος Νο 1	192-214	131301	3718	9.47	169.41	122614	3472	124980	3539
Κύτος Νο 2	166-192	216834	6140	8.09	153.00	202673	5739	205922	5831
Κύτος Νο 3	142-166	245360	6948	8.18	132.19	229336	6494	232938	6596
Κύτος Νο 4	116-142	264297	7484	8.15	109.19	250631	7097	254551	7208
Κύτος Νο 5	94-116	220719	6250	8.05	87.31	206628	5851	209877	5943
Κύτος Νο 6	68- 94	263838	7471	8.15	65.31	250313	7088	254233	7199
Κύτος Νο 7	46- 68	211678	5994	8.23	43.49	201719	5712	204958	5804
		1554036	44005	8.26	104.52	1463914	41453	1487469	42120
Νο 2 άνω πλευρική (wing) δεξιμενή P+S									
Νο 3 άνω πλευρική (wing) δεξιμενή P+S									
Νο 4 άνω πλευρική (wing) δεξιμενή P+S									
Νο 5 άνω πλευρική (wing) δεξιμενή P+S									
Νο 6 άνω πλευρική (wing) δεξιμενή P+S									
Νο 7 άνω πλευρική (wing) δεξιμενή P+S									
		232194	6570	14.59	98.84				
		1786230	50575	9.08	103.78				

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9.2

Μεταφορική ικανότητα κυτών και άνω πλευρικών δεξαμενών (wing tanks) πλοίου A

ft ³ /LT	MT/m ³	Κύτη						
		No1 MT	No2 MT	No3 MT	No4 MT	No5 MT	No6 MT	No7 MT
1	35,901	133480	220432	249440	268683	224381	268216	215191
15	2,393	8897	14693	16627	17909	14956	17878	14344
16	2,244	8843	13778	15591	16794	14025	16764	13451
17	2,112	7852	12968	14674	15806	13200	15779	12659
18	1,994	7414	12243	13854	14923	12463	14897	11952
19	1,890	7027	11605	13132	14145	11813	14120	11329
20	1,795	6674	11021	12472	13434	11219	13410	10759
21	1,709	6354	10493	11874	12790	10681	12768	10244
22	1,632	6068	10020	11339	12214	10200	12193	9782
23	1,561	5804	9585	10846	11683	9756	11662	9357
24	1,496	5562	9185	10394	11196	9350	11177	8967
25	1,436	5339	8817	9977	10747	8975	10728	8607
26	1,381	5135	8479	9595	10335	8631	10317	8276
27	1,330	4945	8166	9241	9954	8313	9935	7972
28	1,282	4767	7871	8907	9594	8013	9578	7684
29	1,238	4603	7601	8602	9265	7736	9249	7421
30	1,197	4450	7350	8317	8958	7481	8943	7175
31	1,158	4305	7110	8046	8685	7238	8651	6941
32	1,122	4172	6889	7796	8397	7013	8382	6725
33	1,088	4045	6680	7559	8143	6800	8128	6521
34	1,058	3926	6484	7337	7903	6600	7888	6330
35	1,026	3815	6300	7129	7679	6413	7665	6150
36	0,997	3787	6122	6827	7462	6231	7449	5976
37	0,970	3606	5955	6740	7259	6063	7247	5814
38	0,945	3514	5802	6566	7072	5906	7060	5604
39	0,921	3424	5655	6399	6893	5756	6881	5520
40	0,898	3339	5514	6239	6721	5613	6709	5383
41	0,875	3257	5379	6085	6556	5475	6545	5251
42	0,855	3170	5250	5940	6399	5344	6388	5125
43	0,835	3109	5127	5802	6249	5218	6238	5005
44	0,816	3034	5010	5670	6107	5100	6095	4891
45	0,799	2957	4900	5545	5972	4986	6062	4783
46	0,780	2900	4789	5419	5838	4875	5827	4675
47	0,754	2841	4691	5306	5718	4775	5709	4579
48	0,748	2781	4593	5197	5598	4675	5588	4484
49	0,733	2725	4501	5093	5486	4581	5478	4394
50	0,718	2669	4409	4989	5374	4488	5364	4304
51	0,704	2617	4323	4891	5269	4400	5260	4220
52	0,690	2565	4237	4794	5164	4313	5155	4136
53	0,677	2517	4157	4704	5067	4231	5058	4056
54	0,665	2472	4083	4620	4977	4156	4968	3988
55	0,653	2428	4009	4537	4887	4081	4879	3914
56	0,641	2383	3936	4454	4797	4006	4789	3842
57	0,630	2342	3868	4377	4715	3938	4707	3725
58	0,619	2301	3601	4301	4633	3869	4625	3710
59	0,609	2264	3739	4231	4558	3806	4550	3550
60	0,596	2223	3672	4155	4475	3738	4468	3584
61	0,588	2186	3610	4085	4401	3675	4393	3524
62	0,579	2152	3555	4023	4333	3619	4326	3471
63	0,570	2119	3500	3960	4266	3563	4258	3417
64	0,561	2086	3445	3898	4199	3506	4191	3363
65	0,552	2052	3389	3835	4131	3450	4124	3309

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9.2

Μεταφορική ικανότητα κυτών και δάνω πλευρικών δεξαμενών (wing tanks) πλοίου Α

Σύνολο κυτών	'Άνω πλευρικές δεξαμενές (wing tanks)						Γενικό σύνολο
	No 2 MT	No 3 MT	No 4 MT	No 5 MT	No 6 MT	No 7 MT	
1579824	36600	40091	43432	36751	43432	35603	1815732
105304	2440	2673	2896	2451	2896	2373	121033
98746	2288	2505	2715	2297	2715	2225	113491
92938	2153	2358	2554	2152	2554	2094	106803
87746	2033	2227	2413	2042	2413	1978	100852
83171	1926	2110	2286	1934	2286	1874	95587
78989	1830	2005	2171	1838	2171	1780	90784
75204	1742	1909	2069	1751	2069	1696	86440
71816	1663	1822	1974	1670	1974	1618	82537
68693	1591	1743	1889	1598	1889	1548	78951
65831	1525	1670	1809	1531	1809	1483	75658
63190	1464	1603	1737	1470	1737	1424	72625
60770	1407	1542	1670	1413	1670	1370	69842
58527	1355	1485	1608	1361	1608	1319	67283
56414	1307	1432	1551	1313	1551	1271	64839
54479	1262	1383	1498	1267	1498	1227	62614
52674	1220	1336	1448	1225	1448	1187	60538
50957	1181	1293	1402	1186	1402	1148	58569
49374	1144	1253	1357	1148	1357	1113	56749
47875	1109	1215	1316	1114	1316	1078	55024
46469	1076	1179	1277	1081	1277	1047	53406
45151	1045	1145	1241	1050	1241	1017	51890
43874	1017	1114	1207	1021	1207	989	50429
42685	990	1085	1173	994	1173	962	49062
41584	963	1056	1143	967	1143	937	47793
40528	939	1028	1114	942	1114	912	46577
39518	915	1003	1085	918	1085	890	45416
38540	893	977	1060	895	1060	868	44303
37625	872	955	1035	875	1035	847	43244
36745	851	933	1010	854	1010	828	42231
35908	832	911	986	835	986	810	41268
35117	813	891	955	812	955	791	40359
34328	796	872	944	799	944	774	39452
33621	779	853	925	782	925	758	38643
32916	762	835	904	765	904	742	37828
32256	747	818	885	750	886	726	37069
31397	732	802	869	735	869	712	36316
30980	717	785	851	720	851	698	35603
30364	704	771	835	707	835	685	34901
29792	691	757	820	694	820	672	34246
29262	678	743	805	681	805	659	33633
28735	665	728	789	669	789	647	33022
28207	653	716	775	656	775	636	32418
27723	642	703	762	644	762	625	31861
27240	631	691	749	634	749	614	31308
26793	621	680	737	623	737	604	30800
26315	611	669	724	613	724	593	30249
25874	599	657	712	602	712	583	29739
25479	590	646	701	592	701	574	29283
25083	581	636	689	583	689	565	28826
24688	572	627	679	574	679	557	28376
24290	563	617	669	565	659	548	27921

Όταν το φορτίο φορτώνεται «χύδην» μέσα στο κύτος, μπορεί να καταλάβει σχεδόν όλο τον όγκο του κύτους. Αντίθετα, όταν το φορτίο αποτελείται από μεγάλα τεμάχια (μηχανήματα, κιβώτια κλπ.), οι νομείς που υπάρχουν μέσα στο κύτος εμποδίζουν να χρησιμοποιηθεί δόλος ο όγκος του κύτους. Έτσι διακρίνομε:

α) Χωρητικότητα σε φορτία χύδην (*Grain or bulk capacity*).

Είναι η χωρητικότητα του κύτους όταν οι διαστάσεις του μετρηθούν μέχρι το έλασμα, με μικρή διόρθωση για τον όγκο των ενισχύσεων που υπάρχουν μέσα στο κύτος.

β) Χωρητικότητα φορτίου σε πακέτα (*Bale capacity*).

Είναι η χωρητικότητα του κύτους όταν οι διαστάσεις του μετρηθούν στο εσωτερικό όλων των εσωτερικών προεξοχών (ενισχύσεων κλπ.) του κύτους.

Στον πίνακα 5.9.1 βλέπομε τις γεωμετρικές ιδιότητες των κυτών του πλοίου A. Για την ευκολότερη εύρεση του βάρους του φορτίου σε κάθε κύτος για διαφορετικούς συντελεστές στοιβασίας, συχνά περιέχεται στο εγχειρίδιο ζυγίσεως και ευστάθειας ένας πίνακας παρόμοιος με τον 5.9.2 που ισχύει για το πλοίο A. Έτσι, για το πλοίο τύπου A μπορούμε εύκολα από τον πίνακα 5.9.2 να δούμε ότι για συντελεστή στοιβασίας 39 cuft/tн, το κύτος No 2 χωράει 5655 tn, ενώ για συντελεστή στοιβασίας 1,158 tn/m³ το κύτος No 3 χωράει 8046 tn.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΣΕΩΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΠΛΟΙΟΥ

6.1 Γενικά.

Η γνώση του βάρους και της θέσεως του κέντρου βάρους ενός πλοίου σε κάθε κατάσταση φορτώσεως, αποτελούν απόλυτα απαραίτητη προϋπόθεση για τον πλοίαρχό του τόσο για την εξασφάλιση της ασφάλειας του πλοίου όσο και για την επιβεβαίωση της τηρήσεως κανονισμών που σχετίζονται με την εκμετάλλευσή του.

Στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία εκτιμήσεως του βάρους και της θέσεως του κέντρου βάρους του άφορτου πλοίου.

Για τις ανάγκες του παρόντος βιβλίου θεωρείται ότι το βάρος του πλοίου αποτελείται από εκείνο του άφορτου πλοίου και από εκείνο όλων των μεταβλητών φορτίων που μεταφέρονται σε κάθε κατάσταση φορτώσεως απ' αυτό.

Τα παραπάνω μεταβλητά βάρη συνηθίζεται να κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Βάρος πληρώματος και εφοδίων.
- Βάρος πετρελαίου λεβήτων.
- Βάρος πετρελαίου Diesel.
- Βάρος τροφοδοτικού νερού.
- Βάρος πόσιμου νερού.
- Βάρος λιπαντικού λαδιού.
- Βάρος υγρού έρματος.
- Βάρος μεταφερόμενου φορτίου.

6.2 Εύρεση βάρους και θέσεως κέντρου βάρους άφορτου πλοίου.

Η εύρεση του βάρους του άφορτου πλοίου και η θέση του κέντρου βάρους του πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, που είναι γνωστό με το όνομα *πείραμα ευστάθειας* (inclining experiment). Το πείραμα αυτό, που θα επεξηγηθεί σε επόμενο κεφάλαιο, εκτελείται μέσα στη θάλασσα μετά τη συμπλήρωση της κατασκευής του πλοίου και τα αποτελέσματά του ισχύουν, αν δεν πραγματοποιηθούν σοβαρές μετασκευές στο πλοίο, για όλη του τη ζωή.

Κατά το πείραμα ευστάθειας βρίσκομε το βάρος του άφορτου πλοίου που συμβολίζομε με Δ_0 (light ship weight) και τη θέση του κέντρου βάρους που συμβολίζομε με G_0 . Ειδικότερα η θέση του κέντρου βάρους περιγράφεται με τις συντεταγμένες:

LCG₀ (*Longitudinal center of gravity of light ship*), που, για τις ανάγκες αυτού του βιβλίου ορίζεται ως η απόσταση σε τη διεύθυνση του άξονα των x (σχ. 1.2a).

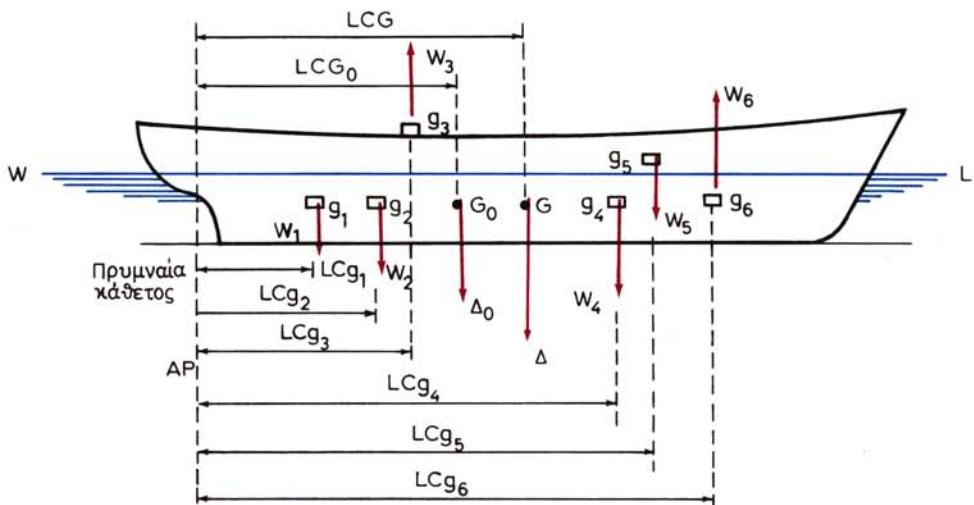
VCG₀ (*Vertical center of gravity of light ship*), που ορίζεται ως η απόσταση σε τη διεύθυνση του άξονα των z. Επειδή το σημείο τομής της βασικής γραμμής αναφοράς και του επιπέδου συμμετρίας συμβολίζεται με το γράμμα K, το VCG συχνά συμβολίζεται και με KG₀.

Γενικά το άφορτο πλοίο επιδιώκεται να έχει το κέντρο βάρους του πάνω στο επίπεδο συμμετρίας. Όταν αυτό δεν συμβαίνει, συμβολίζομε με **TCG₀** (*Transverse center of gravity of light ship*) την απόσταση σε τη διεύθυνση του άξονα των y.

6.3 Εύρεση βάρους και θέσεως κέντρου βάρους του πλοίου μετά από προσθαφαίρεση βαρών.

Στο σχήμα 6.3a έχομε ένα πλοίο με βάρος Δ_0 και κέντρο βάρους στη θέση G_0 που περιγράφεται με τη διαμήκη απόσταση LCG₀. Προσθέτομε στο πλοίο διάφορα βάρη (w_1, w_2, w_4 και w_5 με κέντρα βάρους που περιγράφονται με τις αποστάσεις LCg₁, LCg₂, LCg₄ και LCg₅ αντίστοιχα) και αφαιρούμε διάφορα άλλα (w_3 και w_6 με κέντρα βάρους που περιγράφονται με τις αποστάσεις LCg₃ και LCg₆ αντίστοιχα). Ζητάμε να βρούμε το βάρος του πλοίου Δ και τη διαμήκη θέση του κέντρου βάρους του (LCG) μετά από την παραπάνω προσθαφαίρεση βαρών.

Η εύρεση των παραπάνω στοιχείων μπορεί να γίνει πολύ εύκολα με χρησιμοποίηση των σχέσεων (14) και (16) του τρίτου κεφαλαίου, αν σημειώσουμε ότι για βάρη που προστίθενται έχομε φορά δυνάμεων προς τα κάτω και για βάρη που αφαιρούνται φορά δυνάμεων προς τα πάνω.



Σχ. 6.3a.
Προσθαφαίρεση βαρών (διαμήκης διεύθυνση).

Έτσι από τη σχέση (14):

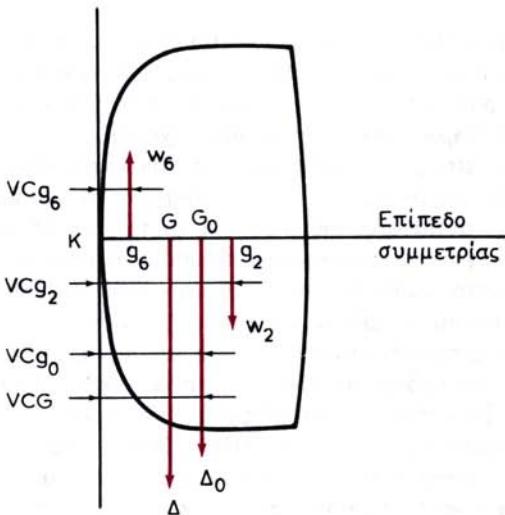
$$\Delta = \Delta_0 + w_1 + w_2 - w_3 - w_4 + w_5 - w_6 = \Delta_0 + \sum w_i \quad (59)$$

και από τη σχέση (16):

$$\text{LCG} = \frac{\Delta_0(\text{LCG}_0) + w_1(\text{LCg}_1) + w_2(\text{LCg}_2) - w_3(\text{LCg}_3) + w_4(\text{LCg}_4) + w_5(\text{LCg}_5) - w_6(\text{LCg}_6)}{\Delta_0 + \sum w_i}$$

$$= \frac{\Delta_0(\text{LCG}_0) + \sum w_i (\text{LCg}_i)}{\Delta_0 + \sum w_i} = \frac{\Delta_0(\text{LCG}_0) + \sum w_i (\text{LCg}_i)}{\Delta} \quad (60)$$

Στις παραπάνω σχέσεις το $\sum w_i$ παριστάνει το αλγεβρικό άθροισμα των βαρών που προσθαφαιρούνται και το $\sum w_i (\text{LCg}_i)$ το αλγεβρικό άθροισμα των αντιστοίχων ροπών.



Σχ. 6.3β.
Προσθαφαίρεση βαρών
(κατακόρυφη διεύθυνση).

Στο σχήμα 6.3β βλέπομε τα σημεία όπου προσθαφαιρούνται τα διάφορα βάρη κατά την έννοια του ύψους του πλοίου. Τα αντίστοιχα σημεία εκφράζονται με τις αποστάσεις VCg_1 , VCg_2 κλπ. Το σχήμα, για καλύτερη κατανόηση του θέματος, δείχνει το πλοίο να έχει στραφεί κατά γωνία 90° (με την πλευρά προς τα κάτω) και περιέχει για λόγους απλότητας ένα μέρος μόνο από τα βάρη που προσθαφαιρούνται.

Εφαρμογή της σχέσεως (16) σ' αυτή την περίπτωση δίνει:

$$\text{VCG} = \frac{\Delta_0(\text{VCG}_0) + w_1(\text{VCg}_1) + w_2(\text{VCg}_2) - w_3(\text{VCg}_3) + w_4(\text{VCg}_4) + w_5(\text{VCg}_5) - w_6(\text{VCg}_6)}{\Delta_0 + \sum w_i}$$

$$= \frac{\Delta_0(\text{VCG}_0) + \sum w_i (\text{VCg}_i)}{\Delta_0 + \sum w_i} = \frac{\Delta_0(\text{VCG}_0) + \sum w_i (\text{VCg}_i)}{\Delta} \quad (61)$$

Στη σχέση (61) το $\sum w_i (\text{VCg}_i)$ παριστάνει το αλγεβρικό άθροισμα των ροπών των δυνάμεων που προσθαφαιρούνται.

Τέλος, σε περίπτωση που τα προσθαφαιρούμενα βάρη δεν βρίσκονται πάνω στο επίπεδο συμμετρίας, θα πρέπει να εφαρμοσθεί μια αντίστοιχη διαδικασία, με προσοχή όμως στο ότι στο αλγεβρικό άθροισμα των ροπών το πρόσημο κάθε μιας από αυτές εξαρτάται από το αν το βάρος προστίθεται ή αφαιρείται και από το αν βρίσκεται προς τα δεξιά ή αριστερά του επιπέδου συμμετρίας.

Σ' αυτή την περίπτωση θα έχομε:

$$TCG = \frac{\Delta_0(TCG_0) + \sum_{i=1}^n (TCG_i)}{\Delta} \quad (62)$$

Η εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων στην πράξη θα φανεί στην επόμενη παράγραφο.

6.4 Εύρεση βάρους και θέσεως κέντρου βάρους πλοίου σε τυχούσα κατάσταση φορτώσεως του πλοίου.

Ο πλοίαρχος ενός πλοίου χρειάζεται να μπορεί να υπολογίσει το βάρος και τη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου του για κάθε φόρτωση. Η εργασία πρέπει να γίνεται λογιστικά πριν από τη φόρτωση. Την κατάσταση αυτή του πλοίου ονομάζομε **κατάσταση αναχωρήσεως (Departure)**. Επίσης συχνά χρειάζεται να μπορεί ο πλοίαρχος να εκτιμήσει τις αντίστοιχες πληροφορίες για την **κατάσταση αφίξεως (Arrival)** στο λιμάνι προορισμού και σε μερικές περιπτώσεις και σε μια **ενδιάμεση κατάσταση (Intermediate)** που αντιστοιχεί περίπου στο μέσο του ταξιδιού του.

Οι υπολογισμοί που γίνονται για την εύρεση των παραπάνω στοιχείων έχουν τη μορφή πίνακα και βασίζονται στην εφαρμογή των σχέσεων (59), (60) και (61). Σε σπάνιες περιπτώσεις χρειάζεται και η χρησιμοποίηση της σχέσεως (62).

Στον πίνακα 6.4.1 δίνεται μια τυπική καταγραφή των βαρών πετρελαίου λεβήτων, πετελαίου Diesel, λιπαντικού λαδιού και πόσημου νερού σε κάποια κατάσταση αναχωρήσεως του πλοίου A. Στον πίνακα καταγράφεται κατά σειρά η περιγραφή κάθε δεξαμενής, το περιεχόμενό της σε m^3 , το ειδικό βάρος του αντίστοιχου υγρού, το βάρος του υγρού, η απόσταση του κέντρου βάρους του από την πρυμναία κάθετο και η αντίστοιχη ροπή, η απόσταση του κέντρου βάρους από την τρόπιδα και η αντίστοιχη ροπή και η ροπή αδράνειας της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού, η χρήση της οποίας θα επεξηγηθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Στην κορυφή κάθε στήλης δίνονται πληροφορίες για την εύρεση του αντίστοιχου αριθμού από το συνδυασμό πληροφοριών που περιέχονται σε άλλες στήλες. Η ροπή 13157 tn - m της στήλης 6 π.χ. προκύπτει ως γινόμενο του βάρους (στήλη 4) επί το διαμήκη μοχλοβραχίονα (στήλη 5) και η ροπή 206 tn - m της στήλης 8 προκύπτει ως γινόμενο του βάρους (στήλη 4) επί τον κατακόρυφο μοχλοβραχίονα (στήλη 7). Αντίστοιχοι πίνακες θα πρέπει να καταρτισθούν από τον πλοίαρχο και για την ενδιάμεση κατάσταση, καθώς και για την κατάσταση αφίξεως του συγκεκριμένου ταξιδιού. Εννοείται ότι σε ένα άλλο ταξίδι με διαφορετική κατανομή υγρών στις δεξαμενές, οι παραπάνω πίνακες θα πρέπει να συμπληρωθούν από την αρχή.

Οι απαραίτητες πληροφορίες για τους όγκους, τα βάρη των υγρών και τα κέντρα βάρους των δεξαμενών έχουν ληφθεί για το πλοίο A από τον πίνακα 5.8.1. Σε ένα συγκεκριμένο πλοίο θα πρέπει να ληφθούν από το εγχειρίδιο ζυγίσεως και ευστάθειάς του.

Μία αντίστοιχη καταγραφή του φορτίου στα κύτη του πλοίου φαίνεται στον πί-

νακα 6.4.2. Η διαμόρφωση του πίνακα αυτού είναι ανάλογη με εκείνη του πίνακα 6.4.1 και οι σχετικές πληροφορίες έχουν ληφθεί για το πλοίο τύπου Α από τον πίνακα 5.9.1.

Στον πίνακα 6.4.3 βλέπομε πώς συνδυάζονται κατά τον ίδιο πάντα τρόπο οι πληροφορίες των προηγουμένων πινάκων για την εύρεση του βάρους και της θέσεως του κέντρου βάρους του πλοίου Α στη συγκεκριμένη κατάσταση φορτώσεως που εξετάζομε. Συγκεκριμένα στον πίνακα αυτό:

- Οι πληροφορίες για το φορτίο έχουν μεταφερθεί από τον πίνακα 6.4.2.
- Οι πληροφορίες για τις δεξαμενές έχουν μεταφερθεί από τον πίνακα 6.4.1.
- Οι πληροφορίες για τα βάρη του πληρώματος και των εφοδίων έχουν μεταφερθεί από έναν αντίστοιχο με τους παραπάνω πίνακα που περιέχεται στο εγχειρίδιο ζυγίσεως και ευστάθειας κάθε πλοίου.
- Τα στοιχεία για το άφορτο πλοίο έχουν βρεθεί από το πείραμα ευστάθειας και περιέχονται στο εγχειρίδιο ζυγίσεως και ευστάθειας κάθε πλοίου.

Η διαδικασία των παραπάνω υπολογισμών δεν είναι τίποτε άλλο από μια επαναλαμβανόμενη χρησιμοποίηση των σχέσεων (59), (60) και (61) και οδηγεί για το πλοίο Α στο συμπέρασμα ότι κατά τη συγκεκριμένη φόρτωση στην κατάσταση αναχωρήσεως:

- Το βάρος του πλοίου είναι $\Delta = 54988 \text{ MT}$.
- Η διαμήκηση θέση του κέντρου βάρους του πλοίου είναι $LCG = 98,59 \text{ προς πρώρα από την πρυμναία κάθετο}$.
- Η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου είναι $VCG = 9,79 \text{ m πάνω από το βασικό επίπεδο αναφοράς}$.

Οι πλοίαρχοι και υποπλοίαρχοι των εμπορικών πλοίων θα πρέπει να είναι απόλυτα εξοικειωμένοι με τις παραπάνω μεθόδους, γιατί τέτοιοι υπολογισμοί χρειάζεται να γίνονται από αυτούς πριν από κάθε ταξίδι.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.1
Κατεγραφή βαρών και ροπών για φορτα δεξαμενών (κατασταση αναχωρήσεως)

ΣΤΗΛΗ 1 Δεξαμενή	ΣΤΗΛΗ 2 Όγκος (m ³)	ΣΤΗΛΗ 3 1/S.F MT/m ³	ΣΤΗΛΗ 4 Βάρος =(2) × (3) MT	ΣΤΗΛΗ 5 Βραχίόνας από κάθετο ΠΜ (m)	ΣΤΗΛΗ 6 Διαμήκης ροπή =(4) × (5) (MT) – τ	ΣΤΗΛΗ 7 Βραχίόνας από τρόπιδα (m)	ΣΤΗΛΗ 8 Κατακόρυφη ροπή =(4) × (7) (MT) – τ	ΣΤΗΛΗ 9 Ελεύθερη επιφάνεια (m ⁴)
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΛΕΒΗΤΩΝ Προς ΠΡ της Deep tank, P Προς ΠΡ της Deep tank, S Νο 1 δεξαμενή D.B., P Νο 1 δεξαμενή D.B., S Πλευρική (Wing), P Πλευρική (Wing), S Χρήσεις, P Χρήσεις, S Καπακάθισεως, P Μηχανοστασίου D.B., P Μηχανοστασίου D.B., S Υπερχειλίσεων (κεντρική)	79 127 229 229 322 322 29 29 59 169 33 33	117 211 211 296 296 27 54 155 30 30	73 180,23 180,13 173,76 30,57 30,57 14,93 13,41 10,15 25,51 24,32	13157 21075 36663 36663 9049 9049 403 724 1573 765 729	2,82 3,00 2,02 13,23 13,23 11,68 13,41 13,51 1,29 1,03	206 351 426 426 3916 3916 315 724 2094 39 31	422 534 625 625 360 360 20 18 38 30 29	3061
ΣΥΝΟΛΟ ΠΤΕΡΕΛΑΙΟΥ ΛΕΒΗΤΩΝ	1631	0,92	1500	86,57	129850	8,30	12444	
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ DIESEL Χρήσεις, S Αποθήκευσεως ΠΡ, S Αποθήκευσεως ΠΜ, S	21 109 141	0,86	18 94 121	14,93 13,47 9,72	268 1266 1176	13,85 12,95 9,72	249 1217 1176	19 57 69
ΣΥΝΟΛΟ ΠΤΕΡΕΛΑΙΟΥ DIESEL	271	0,86	233	11,63	2710	11,34	2642	145

ΛΑΔΙ ΛΙΓΑΝΣΕΩΣ							
Ακόθαρτου λαδιού, P	3	3	3	24,47	73	14,94	45
Ακόθαρτου λαδιού, P	3	3	3	24,47	73	13,66	41
Αποθηκεύσεως, P	11	9	23,47	211	14,32	129	5
Αποθηκεύσεως, P	12	10	21,94	219	14,08	141	7
Αποθηκεύσεως, P	12	10	20,09	201	14,14	141	5
Νο 2 στροφαλοθαλάνιο, S	14	12	24,84	298	14,32	172	7
Νο 1 στροφαλοθαλάνιο, S	13	11	23,32	257	14,32	158	6
Νο 2 στροφαλοθαλάνιο, P	22	19	21,15	402	14,32	272	9
Νο 1 στροφαλοθαλάνιο, P	22	19	18,17	345	14,32	272	7
Υπέρχειλσεως (κεντρική)	9	8	21,40	171	1,45	12	6
ΣΥΝΟΛΟ ΛΑΔΙΟΥ	121	0,86	104	21,64	2250	13,30	1383
ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ							68
Πλίσεως πρωταία, P	77	77	3,66	282	14,98	1154	42
Πλίσεως πρωταία, S	77	77	3,66	282	14,98	1154	42
Πόσιμου πρωταία, P	27	27	3,35	91	14,84	401	1
Πόσιμου πρωταία, S	27	27	3,35	91	14,84	401	1
Τροφοδοστικού S	17	17	29,84	507	1,22	21	26
Τροφοδοστικού P	12	1,00	12	30,17	362	1,22	15
ΣΥΝΟΛΟ ΝΕΡΟΥ	237	1,00	237	6,81	1615	13,27	3146
ΥΠΟΜΝΗΜΑ							
P = Αριστερά							
S = Δεξιά							
ΠΡ = Πρωταία							
ΠΜ = πρυμναία							

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.2

Καταγραφή βαρών και ροπών για φορτία κινών

ΣΤΗΛΗ 1 Χάρος	ΣΤΗΛΗ 2 'Όγκος m³	ΣΤΗΛΗ 3 1/S.F MT/m³	ΣΤΗΛΗ 4 Βάρος = (2) × (3) (MT)	ΣΤΗΛΗ 5 Βραχίονας από πριγκίνα κάθετο (m)	ΣΤΗΛΗ 6 Διαμήκης ροπή = (4) × (5) (MT) – τ	ΣΤΗΛΗ 7 Βραχίονας από τρόποδα (m)	ΣΤΗΛΗ 8 Κατακόρυφη ροπή = (4) × (7) (MT) – τ
No 1 Κύτος	3715		2967	169,41	502639	9,47	28097
No 2 Κύτος	6140		4900	153,00	749700	8,09	39641
No 3 Κύτος	6948		5545	132,19	732994	8,18	45358
No 4 Κύτος	7484		5972	109,19	652083	8,15	48672
No 5 Κύτος	6250		4988	87,31	435502	8,06	40203
No 6 Κύτος	7471		5962	65,31	389378	8,15	48590
No 7 Κύτος	5994		4783	43,49	208013	8,23	39364
No 1 ίσνω πλευρική δεξαμενή P							
No 1 ίσνω πλευρική δεξαμενή S							
No 2 ίσνω πλευρική δεξαμενή P	510		407	152,98	62263	14,59	5938
No 2 ίσνω πλευρική δεξαμενή S	510		407	152,98	62263	14,59	5938
No 3 ίσνω πλευρική δεξαμενή P	558		445	131,98	58731	14,58	6488
No 3 ίσνω πλευρική δεξαμενή S	558		445	131,98	58731	14,58	6488
No 4 ίσνω πλευρική δεξαμενή P	605		483	109,12	52705	14,58	7042
No 4 ίσνω πλευρική δεξαμενή S	605		483	109,12	52705	14,58	7042
No 5 ίσνω πλευρική δεξαμενή P	511		408	87,17	35565	14,58	5949
No 5 ίσνω πλευρική δεξαμενή S	511		408	87,17	35565	14,58	5949
No 6 ίσνω πλευρική δεξαμενή P	605		483	67,66	32680	14,58	7042
No 6 ίσνω πλευρική δεξαμενή S	605		483	67,66	32680	14,58	7042
No 7 ίσνω πλευρική δεξαμενή P	496		396	43,40	17186	14,66	5774
No 7 ίσνω πλευρική δεξαμενή S	496		396	43,40	17186	14,66	5774
ΣΥΝΟΛΟ	50575	0,798	40361	103,78	4188569	9,08	366391

$$\left. \begin{array}{l} \text{Διαμήκης θέση κέντρου} \\ \text{βάρους συνολικού φορτίου} \end{array} \right\} = 4188569 / 40361 = 103,78 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Κατακόρυφη θέση κέντρου} \\ \text{βάρους συνολικού φορτίου} \end{array} \right\} = 366391 / 40361 = 9,08 \text{ m}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.3
Καταγραφή βαρών και ροπών για ολόκληρο το πλοίο.

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	1/S.F MT/m ³	Βάρος (MT)	Διαμήκης βραχίονας (m)	Διαμήκης ροπής (3) × (4) (MT) - m	Κατακό- ρυφος βραχίονας m	Κατακόρυ- φη ροπή (3) × (6) (MT) - m	Ελεύ- θερη επιφάνεια m ⁴
Φορτίο (πίνακας 6.4.2) Πετρέλαιο λεβήτων (πίνακας 6.4.1)	0,798	40361	103,78	4188569	9,08	3666391	
Πετρέλαιο Diesel (πίνακας 6.4.1)	0,920	150	12,29	1844	12,22	1833	7
Λάδι λιπανσεως (πίνακας 6.4.1)	0,860	50	11,58	579	12,08	604	8
Πόσιμο νερό (πίνακας 6.4.1) Υγρό έρμα	0,860	59	21,86	1290	12,25	723	6
	1,000	79	13,28	1049	8,96	708	13
		1,025					
ΠΛΗΡΩΜΑ και ΕΦΟΔΙΑ		101	72,65	7338	15,91	1607	
Deadweight Αφορτο πλοίο		40800	102,96	4200669	9,11	371866	
Σύνολο εκτοπίσματος		12432	87,57	1088670	12,08	150179	
Διαμήκης θέση κέντρου βάρους		53232	99,36	5289339	9,91	522045	36
Κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους							

6.5 Μη ομοιόμορφο φορτίο σε κύτος.

Στο παράδειγμα της προηγούμενης παραγράφου το φορτίο μέσα στα κύτη ήταν ομοιόμορφο «χύδην» και έτσι ήταν δυνατό να πάρομε εύκολα, από στοιχεία που υπάρχουν στο εγχειρίδιο ζυγίσεως και ευστάθειας κάθε πλοίου, τις σχετικές πληροφορίες (βάρη και κέντρα βάρους). Σε περιπτώσεις φορτώσεως μη ομοιόμορφου φορτίου στο κύτος ενός πλοίου η εύρεση των σχετικών στοιχείων απαιτεί πρόσθετους υπολογισμούς. Μια συνηθισμένη π.χ. τέτοια περίπτωση είναι η φόρτωση γενικού φορτίου.

Για την εύρεση του βάρους και του κέντρου βάρους του φορτίου σε μια τέτοια περίπτωση, **το φορτίο θα πρέπει να υποδιαιρεθεί σε ομοιόμορφες παρτίδες και να εκτιμηθεί το κέντρο βάρους κάθε μιας.** Στη συνέχεια εφαρμόζομε τα θεωρήματα των ροπών για την εύρεση των απαραίτητων πληροφοριών, όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα.

Το κύτος Νο 1 ενός πλοίου έχει μήκος 16 m, πλάτος 12 m και ύψος 6 m. Η πρυμναία φρακτή του κύτους απέχει 80 μέτρα από την πρυμναία κάθετο. Το κύτος περιέχει τριών ειδών φορτία, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.5a και ειδικότερα:

- Φορτίο Α με ειδικό βάρος $2,112 \text{ MT/m}^3$
- Φορτίο Β με ειδικό βάρος $0,835 \text{ MT/m}^3$
- Φορτίο Γ με ειδικό βάρος $0,57 \text{ MT/m}^3$

Θα έχομε λοιπόν:

Φορτίο Α.

$$u_1 = \text{Όγκος} = 16 \times 12 \times 4 = 768$$

$$w_1 = \text{Βάρος} = 768 \times 2,112 = 1622 \text{ MT}$$

$$LCg_1 = 80 + \frac{16}{2} = 88 \text{ m}$$

$$VCg_1 = \frac{4}{2} = 2 \text{ m}$$

Φορτίο Β.

$$u_2 = \text{Όγκος} = 10 \times 12 \times 2 = 240 \text{ m}^3$$

$$w_2 = \text{Βάρος} = 240 \times 0,835 = 200 \text{ MT}$$

$$LCg_2 = 80 + \frac{10}{2} = 85 \text{ m}$$

$$VCg_2 = \frac{2}{2} = 5 \text{ m}$$

Φορτίο Γ.

$$u_3 = \text{Όγκος} = 6 \times 12 \times 2 = 144 \text{ m}^3$$

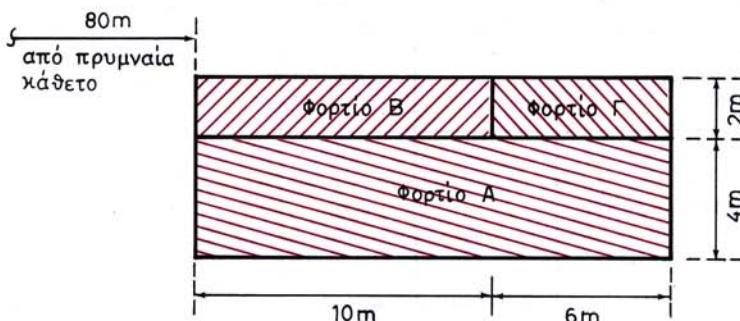
$$w_3 = \text{Βάρος} = 144 \times 0,57 = 82 \text{ MT}$$

$$LCg_3 = 80 + 10 + \frac{6}{2} = 93 \text{ m}$$

$$VCg_3 = 4 + \frac{2}{2} = 5 \text{ m}$$

Με τα στοιχεία αυτά καταρτίζομε τον παρακάτω πίνακα:

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6
Φορτίο	Βάρος (MT)	LCg (m)	Διαμήκης ροπή (MT - m) = (2) × (3)	VCg (m)	Κατακόρυφη ροπή (MT - m) = (2) × (5)
A	1622	88	142736	2	3244
B	200	85	17000	5	1000
Γ	82	53	7626	5	410
ΣΥΝΟΛΟ	1904		167362		4654



Σχ. 6.5.
Φορτίο σε παρτίδες (πλάγια όψη κύτους).

Για ολόκληρο το φορτίο του κύτους θα έχομε:

$$w = 1904 \text{ MT}$$

$$LCg = 167362/1904 = 87,90 \text{ m}$$

$$VCg = 4654/1904 = 2,44 \text{ m}$$

6.6 Επίδραση μεταφοράς φορτίου στη θέση του κέντρου βάρους.

Μεταφορές βαρών πραγματοποιούνται στα πλοία για λειτουργικούς λόγους, όπως π.χ. μεταφορά υγρών από δεξαμενή σε δεξαμενή ή φορτίου από ένα κύτος σε άλλο. Συχνά μεταφορά βαρών γίνεται για να αλλάξει η διαγωγή του πλοίου. **Κάθε μεταφορά βάρους συνεπάγεται μεταβολή της θέσεως του κέντρου βάρους του πλοίου.**

Για τη μελέτη της επιδράσεως της μετακινήσεως ενός βάρους στη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου μπορούμε να υποθέσουμε ότι **μια τυχούσα μετακίνηση ενός βάρους μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται με τρεις επί μέρους μετακινήσεις** κατά τη διεύθυνση των τριών αξόνων του σχήματος 1.2α.

Η επίδραση κάθε μιας από τις παραπάνω μετακινήσεις μπορεί στη συνέχεια να

εξετασθεί με βάση όσα έχουν ήδη λεχθεί για τις προσθαφαιρέσεις βαρών, αν υποθέσουμε ότι το βάρος αφαιρείται από την αρχική του και προστίθεται (το ίδιο βάρος) στη νέα του θέση.

Είναι αυτονόητο ότι μετακίνηση κατά το διαμήκη άξονα επηρεάζει μόνο τη διαμήκη, κατά τον κατακόρυφο άξονα μόνο την κατακόρυφη και κατά τον εγκάρσιο μόνο την εγκάρσια θέση του κέντρου βάρους του πλοίου.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια απλή μετακίνηση ενός βάρους w από μια αρχική θέση (LCg_1) σε μια νέα (LCg_2) από την πρύμνη προς την πλώρη κατά τη διεύθυνση του άξονα. Αν η αρχική θέση του κέντρου βάρους του πλοίου εκφράζεται με το μήκος LCG_1 , για να βρούμε τη νέα θέση του κέντρου βάρους του πλοίου LCG_2 , εργαζόμαστε όπως φαίνεται στον πίνακα 6.6.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.1

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4
Περιγραφή	Βάρος	Βραχίονας	$R_{op} = 2 \times 3$
Αρχική κατάσταση πλοίου	Δ	LCG_1	$\Delta(LCG_1)$
Αφαίρεση βάρους	$-w$	LCg_1	$-w(LCg_1)$
Πρόσθεση βάρους	$+w$	LCg_2	$+w(LCg_2)$
Νέα κατάσταση πλοίου	Δ		$\Delta(LCG_1) - w(LCg_1) + w(LCg_2)$

Οι πληροφορίες στις στήλες 2 και 4 για τη νέα κατάσταση του πλοίου βρίσκονται με άθροιση όλων των ποσοτήτων στις αντίστοιχες στήλες.

Η νέα διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του πλοίου θα είναι:

$$LCG_2 = \frac{\Delta(LCG_1) - w(LCg_1) + w(LCg_2)}{\Delta}$$

Από την παραπάνω σχέση έχουμε διαδοχικά:

$$LCG_2 = LCG_1 - \frac{w}{\Delta} (LCg_1 - LCg_2)$$

ή

$$LCG_1 - LCG_2 = \frac{w}{\Delta} (LCg_1 - LCg_2) = \frac{w}{\Delta} g_1 g_2 \quad (63)$$

όπου $g_1 g_2$ είναι η διαμήκης απόσταση μετακινήσεως του βάρους που μετακινήθηκε.

Γενικότερα, όταν έχουμε μετακινήσεις πολλών βαρών κατά τη διαμήκη έννοια, η σχέση (63) μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$LCG_2 - LCG_1 = \frac{\sum w_i (g_1 g_2)_i}{\Delta} \quad (64)$$

όπου $(g_1g_2)_1$ είναι η μετακίνηση του βάρους w_1 , $(g_1g_2)_2$ του w_2 και γενικά $(g_1g_2)_i$ του βάρους w_i .

Για τη μεταβολή της κατακόρυφης θέσεως του κέντρου βάρους θα έχομε:

$$VCG_2 - VCG_1 = \frac{\sum w_i (g_1g_2)_i}{\Delta} \quad (65)$$

όπου όμως τα g_1g_2 παριστούν τώρα κατακόρυφες μετακινήσεις.

Στην πράξη είναι πιο συνηθισμένο και πιο απλό να χρησιμοποιούμε τη διαδικασία του πίνακα 6.6.1, όπως θα φανεί και στο επόμενο παράδειγμα.

Παράδειγμα 1.

Το πλοίο Α βρίσκεται στην κατάσταση ζυγίσεως που περιγράφεται στο πίνακα 6.4.3. Πραγματοποιούνται οι παρακάτω μετακινήσεις βαρών:

- 60 tn πετρέλαιο λεβήτων μεταφέρονται από την αριστερή No 1 δεξαμενή χρήσεως στην αριστερή δεξαμενή διπύθμενου μηχανοστασίου.
- 500 tn φορτίου μεταφέρονται από το κύτος No 3 στο κύτος No 5.

Ζητείται η νέα διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του πλοίου στη νέα κατάσταση φορτώσεως.

Στην αρχική κατάσταση του πλοίου έχομε από τον πίνακα 6.4.3:

$$\Delta = 53232 \text{ MT}$$

$$LCG_1 = 99,36 \text{ m}$$

Τις διαμήκεις θέσεις κέντρου βάρους των μετακινουμένων βαρών παίρνομε για τις δεξαμενές από τον πίνακα 5.8.1 και για τα κύτη από τον πίνακα 5.9.1.

Στη συνέχεια καταρτίζομε τον πίνακα 6.6.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.2 **Παράδειγμα διαμήκους μεταφοράς βάρους**

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Βάρος (MT)	Βραχίονας (m)	Ροπή = (2) × (3) (MT) – m
Αρχική κατάσταση πλοίου	53232	99,36	5289339
Αφαίρεση πετρελαίου λεβήτων	– 60	173,76	– 10426
Πρόσθεση πετρελαίου λεβήτων	+ 60	25,51	+ 1530
Αφαίρεση φορτίου	– 500	132,19	– 66095
Πρόσθεση φορτίου	+ 500	87,31	+ 43655
Νέα κατάσταση πλοίου	53232		5258003

Η νέα διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του πλοίου θα είναι:

$$\text{LCG}_2 = 5258003/53232 = 98,77 \text{ m}$$

Παράδειγμα 2.

Το πλοίο Α βρίσκεται στην κατάσταση ζυγίσεως που περιγράφεται στον πίνακα 6.4.3. Πραγματοποιούνται οι παρακάτω μετακινήσεις βαρών:

— 300 τόννοι μεταφέρονται κατά απόσταση 10 μέτρων από πάνω προς τα κάτω.

— 100 τόννοι μεταφέρονται κατά απόσταση 5 μέτρων από κάτω προς τα πάνω.

Ζητείται η νέα κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου. Στο παράδειγμα αυτό, επειδή δεν δίνονται οι αρχικές και τελικές θέσεις των βαρών (αλλά μόνο οι μετακινήσεις), θα χρησιμοποιήσουμε τη σχέση (65). Αν θεωρήσουμε τις προς τα πάνω μετακινήσεις θετικές και τις προς τα κάτω αρνητικές, θα έχομε:

Bάρος	$(g_1 g_2)$
(KT)	(m)
300	— 10
100	+ 5

Εφαρμογή της σχέσεως (65) δίνει:

$$\begin{aligned} VCG_2 - VCG_1 &= \frac{\sum w_i (g_1 g_2)_i}{\Delta} = \frac{(300) \times (-10) + (100) \times (5)}{53232} = \\ &= \frac{-3000 + 500}{53232} = \frac{-2500}{53232} = -0,047 \end{aligned}$$

και, επειδή το VCG_1 , από τον πίνακα 6.4.3 είναι 9,81 m, θα έχομε:

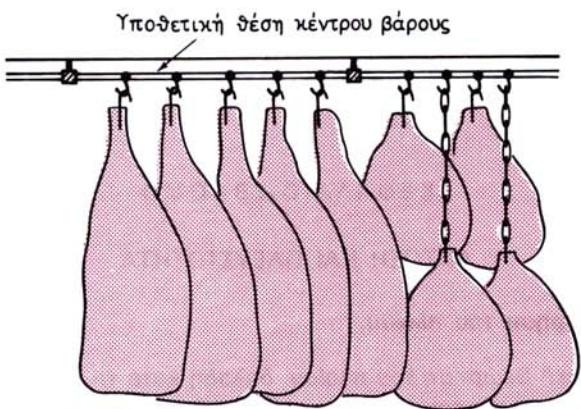
$$VCG_2 = VCG_1 - 0,047 = 9,81 - 0,047 = 9,763 \text{ m}$$

6.7 Αναρτημένα βάρη.

Το κέντρο βάρους αναρτημένων βαρών που μπορούν να αιωρηθούν γύρω από κάποιο σημείο, για τους υπολογισμούς στατικής του πλοίου δεν λαμβάνεται στην πραγματική του θέση, αλλά θεωρείται ότι βρίσκεται στο σημείο αναρτήσεως. Βασική προϋπόθεση για να ισχύουν τα παραπάνω είναι να μην εμποδίζεται η ελεύθερη αιώρηση του βάρους.

Ένα παράδειγμα αναρτημένου βάρους είναι οι βάρκες του πλοίου, όταν κρέμονται στα καπόνια του. Έτσι, όταν οι βάρκες μπορούν να αιωρηθούν, θεωρούμε ότι το κέντρο βάρους τους βρίσκεται στο σημείο από το οποίο είναι κρεμασμένες. Αντίθετα, όταν είναι στερεωμένες ώστε να εμποδίζεται η αιώρηση, πάρινομε για τους υπολογισμούς στατικής ως κέντρο βάρους το πραγματικό κέντρο βάρους τους.

Ένα άλλο παράδειγμα αναρτημένου φορτίου είναι το φορτίο κρέατος (σχ. 6.7).



Σχ. 6.7.
Αναρτημένο φορτίο κρέατος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΑΝΤΩΣΗ ΚΑΙ ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑ

7.1 Στατική θεώρηση του πλοίου.

Κατά τη στατική θεώρηση του πλοίου, δηλαδή κατά τη μελέτη της ισορροπίας του πάνω στην επιφάνεια του νερού όταν δεν υπάρχουν δυνάμεις μεταβαλλόμενες με το χρόνο, όπως είναι το κύμα ή ο άνεμος, επενεργούν πάνω σ' αυτό το βάρος του και οι δυνάμεις υδροστατικής προελεύσεως.

Η δύναμη που τείνει να μετακινήσει το πλοίο προς τα κάτω είναι η συνισταμένη του συνόλου των βαρών, μονίμων ή μεταβλητών, που συνθέτουν το πλοίο. Στο σύνολο των βαρών συμπεριλαμβάνεται και το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου. Το σημείο εφαρμογής της συνισταμένης δυνάμεως του βάρους έχομε ονομάσει **κέντρο βάρους** του πλοίου.

Τη δύναμη του βάρους θα πρέπει να ισορροπήσει η κατακόρυφη συνιστώσα του συνόλου των υδροστατικών πιέσεων που ενεργούν πάνω στα ύφαλα του πλοίου.

7.2 Άντωση – Αρχή του Αρχιμήδη.

Στο σχήμα 7.2 βλέπομε ένα σώμα με ένα τμήμα του βυθισμένο μέσα σε υγρό. Πάνω στα διάφορα στοιχεία (απειροστές επιφάνειες) του τμήματος του σώματος που βρέχεται από το υγρό (βρεχόμενη επιφάνεια) επενεργούν πιέσεις, το μέγεθος των οποίων είναι ανάλογο με την πυκνότητα του υγρού και με την κατακόρυφη απόσταση του στοιχείου από την επιφάνεια. Οι πιέσεις αυτές μπορούν να βρεθούν από τη σχέση:

$$P = \rho g H + P_{atm} = \gamma H + P_{atm} \quad (66)$$

όπου: P η πίεση που εφαρμόζεται πάνω σε ένα στοιχείο της επιφάνειας πάνω από την ατμοσφαιρική,

ρ η πυκνότητα του υγρού,

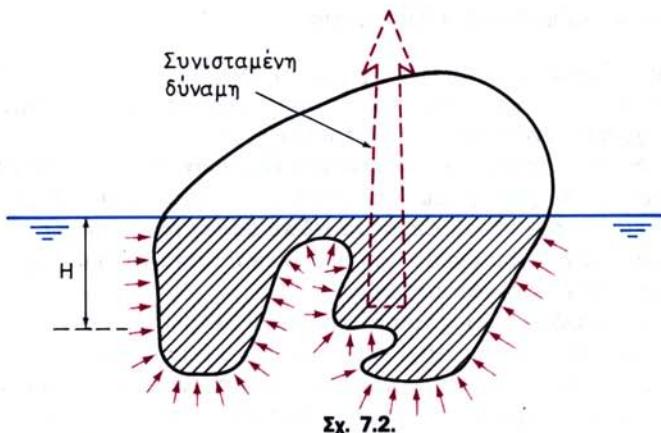
g η επιτάχυνση της βαρύτητας,

H η απόσταση του στοιχείου από την επιφάνεια,

γ το ειδικό βάρος του υγρού και

P_{atm} η ατμοσφαιρική πίεση.

Όπως εύκολα διαπιστώνεται από το σχήμα 7.2, οι οριζόντιες συνιστώσες των δυνάμεων που οφείλονται στις παραπάνω πιέσεις αλληλοεξουδετερώνονται, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο και με τις κατακόρυφες (εκτός από εκείνες που οφείλονται στην ατμοσφαιρική πίεση, οι οποίες είναι ίσες παντού). Η συνισταμένη όλων των παραπάνω κατακορύφων στοιχειωδών δυνάμεων ονομάζεται **άντωση** και είναι μία



Κατανομή υδροστατικών πίεσεων στο βυθισμένο μέρος ενός σώματος.

δύναμη που επενεργεί αντίθετα από το βάρος. Μεγαλύτερη βύθιση του σώματος μέσα στο νερό συνεπάγεται αύξηση της αντώσεως, γιατί και η βρεχόμενη επιφάνεια αυξάνεται και τα στοιχεία της μεταφέρονται σε μεγαλύτερο βάθος από την επιφάνεια.

Στην περίπτωση του πλοίου, αφού το βάρος του και η άντωση είναι οι μόνες δυνάμεις που ενεργούν πάνω σ' αυτό για την εξασφάλιση στατικής ισορροπίας, θα πρέπει:

- Το βάρος και η άντωση να έχουν το ίδιο μέγεθος, αλλά αντίθετη φορά.
- Οι φορείς, δηλαδή οι ευθείες, πάνω στις οποίες επενεργούν οι δύο δυνάμεις (βάρος και άντωση) να συμπίπτουν.

Από την τελευταία απαίτηση, επειδή οι δύο δυνάμεις είναι κατακόρυφες (άρα και παράλληλες) προκύπτει ότι **σε κάθε κατάσταση ισορροπίας τα σημεία εφαρμογής βάρους και αντώσεως θα πρέπει να βρίσκονται πάνω στην ίδια κατακόρυφη ευθεία**.

Όταν η πυκνότητα του νερού είναι σταθερή, αποδεικνύεται με ολοκλήρωση ότι για κάθε πλοίο που επιπλέει ή βρίσκεται σε στατική ισορροπία σε κατάδυση:

α) Η δύναμη της αντώσεως είναι ίση με το βάρος του νερού που έχει όγκο ίσο με εκείνο που καταλαμβάνουν τα ύφαλα του πλοίου [αρχή του Αρχιμήδη].

β) Το σημείο στο οποίο επενεργεί η δύναμη της αντώσεως [κέντρο αντώσεως] συμπίπτει με το γεωμετρικό κέντρο [κέντρο όγκου] των υφάλων.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

$$\left\{ \text{Βάρος} \right\}_{\text{πλοίου}} = \left\{ \text{Βάρος εκτοπιζό-} \right\}_{\text{μένου νερού}} = \text{Όγκος υφάλων} \times \text{Ειδικό βάρος νερού} \quad (67)$$

Η σχέση (67) χρησιμοποιείται για την εύρεση του βάρους του πλοίου, με υπολογισμό του όγκου των υφάλων του με τις μεθόδους που έχουν επεξηγηθεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Επειδή το βάρος του πλοίου είναι ίσο με το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού, ο όρος **εκτόπισμα** χρησιμοποιείται εναλλακτικά για το βάρος του πλοίου (έμφορτο εκτόπισμα, άφορτο εκτόπισμα). Επίσης με βάση τη σχέση (67) επεξηγούνται και οι σχέσεις (40), (41), (42) και (43) που είχαν δοθεί χωρίς εξήγηση στην παράγραφο 5.6.

7.3 Πλευστότητα – Εφεδρική πλευστότητα.

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι, για δεδομένο 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 ότι:

α) Το πλοίο θα πλεύσει στην επιφάνεια του νερού αν είναι δυνατό να εκτοπίσει βάρος υγρού ίσο με το βάρος του. Δηλαδή όταν το **μέσο ειδικό βάρος του** είναι μικρότερο από εκείνο του νερού. Ως **μέσο ειδικό βάρος του πλοίου** ορίζεται το πηλίκο του βάρους του διά του όγκου που περικλείεται από το περιβλημά του μέχρι το ανώτερο υδατοστεγανό κατάστρωμα.

β) Όταν το μέσο ειδικό βάρος του πλοίου είναι μεγαλύτερο από εκείνο του νερού, δεν είναι δυνατό να εκτοπισθεί νερό ίσο με το βάρος του πλοίου, ακόμη και αν η στάθμη του νερού καλύψει το ανώτερο υδατοστεγανό κατάστρωμα. Αυτό όμως θα έχει ως αποτέλεσμα εισροή νερού μέσα στο πλοίο (από διάφορα ανοίγματα) και επομένως επιπλέον αύξηση του μέσου ειδικού βάρους, που θα αναγκάσει το πλοίο να κινηθεί προς τον πυθμένα.

Λέμε ότι ένα πλοίο έχει **θετική πλευστότητα**, όταν πλέει πάνω στην επιφάνεια του νερού, **αρνητική** όταν βυθίζεται προς τον πυθμένα και **ουδέτερη** όταν αιωρείται μέσα στο νερό. **Τα πλοία επιφάνειας έχουν θετική πλευστότητα.** Τα υποβρύχια σε κατάδυση έχουν συνήθως ουδέτερη 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 θα βυθισθεί περισσότερο μέσα στο νερό. Αν τα έξαλα του πλοίου επιτρέψουν να πλεύσει σε μεγαλύτερο βύθισμα χωρίς να προκληθεί εισροή νερού στο εσωτερικό του από διάφορα ανοίγματα πάνω από το κατάστρωμα στεγανής υποδιαιρέσεως, το πλοίο δεν θα βυθισθεί τελείως.

Βλέπομε λοιπόν ότι ο στεγανός χώρος του πλοίου ανάμεσα στην ίσαλο που πλέει και σε εκείνη που θα δημιουργήσει εισροή νερού μέσα σ' αυτό από ανοίγματα που βρίσκονται πάνω από το ανώτερο υδατοστεγανό κατάστρωμα, 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 (reservne buoyancy)**.

7.4 Εύρεση εκτοπίσματος ισοβύθιστου πλοίου που δεν έχει υποστεί κάμψη.

Σε αρκετές περιπτώσεις τόσο στην ελληνική όσο και στη διεθνή ναυτική πρακτική ο όρος **εκτόπισμα** χρησιμοποιείται για το βάρος του εκτοπιζόμενου από το πλοίο νερού, το οποίο ζυγίζει, όπως φαίνεται και από τη σχέση (67), όσο και το πλοίο. Έτσι ο όρος «**εκτόπισμα**» θα χρησιμοποιείται σ' αυτό το βιβλίο ως ταυτόσημος του βάρους του πλοίου.

Τα εμπορικά πλοία, με ελάχιστες εξαιρέσεις (αλιευτικά ή ρυμουλκά), έχουν σχέδια γραμμών βασισμένα στη μη ύπαρξη διαγωγής. Στην περίπτωση αυτή οι υπολογισμοί της γεωμετρίας του πλοίου, οι οποίοι γίνονται όπως έχει ήδη επεξηγηθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, αντιστοιχούν σε ισάλους παράλληλες προς το επίπεδο αναφοράς, αντιστοιχούν δηλαδή σε ίσα για κάθε περίπτωση βυθίσματα του πλοίου στην πλώρη και την πρύμνη. **Όταν το πλοίο δεν έχει υποστεί κάμψη και είναι ισοβύθιστο, δύλα τα βυθίσματά του είναι μεταξύ τους ίσα.**

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι γ' αυτή την περίπτωση το μέσο βύθισμα του

πλοίου είναι αρκετό να περιγράψει τέλεια τη θέση ισορροπίας του πάνω στην επιφάνεια του νερού, γιατί όλα τα βυθίσματά του είναι ίσα με αυτό.

Εξάλλου, από τις επεξηγήσεις που έχουν μέχρι τώρα δοθεί για τον τρόπο υπολογισμού των στοιχείων της γεωμετρίας του πλοίου, προκύπτει ότι **τα στοιχεία του υδροστατικού διαγράμματος είναι σωστά μόνο για την περιπτώση που δεν υπάρχει διαγωγή και κάμψη του πλοίου.**

Σήμερα, με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχομε τη δυνατότητα να πραγματοποιούμε υπολογισμούς της γεωμετρίας του πλοίου και σε ισάλους που δεν είναι παράλληλες προς το επίπεδο αναφοράς.

Με τα αποτελέσματα των υπολογισμών αυτών είναι δυνατό να χαράσσονται νομογραφήματα όπως εκείνο του σχήματος 5.7a, από τα οποία μπορούν με ακρίβεια να ληφθούν στοιχεία ακόμα και στις περιπτώσεις όπου υπάρχει διαφορά διαγωγής, αλλά όχι κάμψη του πλοίου.

Επειδή όμως τέτοια νομογραφήματα είτε δεν υπάρχουν σε παλαιότερα πλοία είτε και όταν υπάρχουν είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν από τον πλοιάρχο, διευκρινίζεται ότι τα στοιχεία του υδροστατικού διαγράμματος (για το ισοβύθιστο πλοίο) μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις περιπτώσεις που έχομε διαφορά διαγωγής, με αρκετή για τις πρακτικές εφαρμογές ακρίβεια, **εκτός από το εκτόπισμα και τη διαμήκη θέση του κέντρου δύκου, όπου το σφάλμα που προκύπτει είναι σημαντικό.**

Το εκτόπισμα λοιπόν του ισοβύθιστου χωρίς κάμψη πλοίου μπορεί να βρεθεί με ακρίβεια από το υδροστατικό διάγραμμα, θα είναι όμως σωστό, μόνο αν η πυκνότητα του νερού είναι ίση με $1,025 \text{ MT/m}^3$.

Όταν η πυκνότητα του νερού έχει άλλη τιμή, το εκτόπισμα του πλοίου μπορεί να βρεθεί από τη σχέση (67).

Παράδειγμα.

Να βρεθεί το εκτόπισμα του ισοβύθιστου πλοίου για το οποίο ισχύει το υδροστατικό διάγραμμα του σχήματος 5.6 για πυκνότητα νερού $1,025$ και $1,015$, όταν το μέσο βύθισμά του είναι 7 m .

Όπως φαίνεται και στο παράδειγμα της παραγράφου 5.6, για μέσο βύθισμα 7 m , μπορούμε από το υδροστατικό διάγραμμα του σχήματος 5.6 να βρούμε τον όγκο του εκτοπίσματος, που είναι:

$$\bar{V} = 12440 \text{ m}^3$$

Έτσι, για ειδικό βάρος $1,025$ έχομε εκτόπισμα:

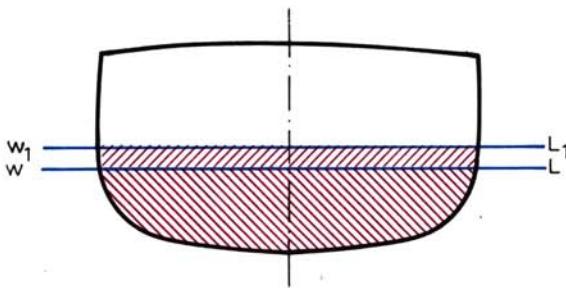
$$\Delta = (1,025) \times (12440) = 12751 \text{ MT}$$

και για ειδικό βάρος $1,015$:

$$\Delta = (1,015) \times (12440) = 12627 \text{ MT}$$

7.5 Τόννοι ανά cm ή ανά in βυθίσεως.

Ας υποθέσουμε ότι το πλοίο του σχήματος 7.5 πλέει αρχικά στην ίσαλο WL και ότι προσθήκη κάποιου βάρους σε κάποια θέση επιφέρει παράλληλη βύθισή του κατά 1 cm , η οποία το αναγκάζει να πλέει στην ίσαλο W, L₁.



Σχ. 7.5.
Εύρεση του TPC ή TPI.

Η παράλληλη βύθιση του πλοίου που προαναφέραμε προσθέτει στο βυθισμένο όγκο των υφάλων του πλοίου ένα τμήμα που έχει σχεδόν πρισματικό σχήμα, με επιφάνεια βάσεως την επιφάνεια της ισάλου και με ύψος 1 cm. Έτσι, αν θεωρήσουμε ότι οι επιφάνειες των ισάλων WL και W_1 , L_1 είναι ίσες μεταξύ τους με τιμή A (m^2), ο όγκος που βυθίζεται μέσα στο νερό είναι:

$$\text{Βυθιζόμενος Όγκος} = (1 \text{ cm}) \times \frac{1}{100} \times A (\text{m}^2)$$

Έτσι, για πυκνότητα νερού ίση με 1,025, η πρόσθετη άντωση που δημιουργεί η παραπάνω βύθιση είναι:

$$\text{Πρόσθετη Άντωση} = \frac{A (\text{m}^2) \times 1,025}{100}$$

Η παραπάνω πρόσθετη άντωση είναι ίση με το βάρος που προστέθηκε και δημιούργησε την παράλληλη βύθιση 1 cm (τόννοι ανά cm παράλληλης βυθίσεως, TPC). Έχομε λοιπόν:

$$\text{TPC} = \frac{A (\text{m}^2) \times 1,025}{100} \quad (\text{MT/cm}) \quad (68)$$

Αντίστοιχα στο αγγλικό σύστημα μονάδων θα έχομε:

$$\text{TPI} = \frac{A (\text{ft}^2)}{12 \times 35} = \frac{A (\text{ft}^2)}{420} \quad (\text{LT/in}) \quad (69)$$

Τα μεγέθη TPC και TPI όπως είδαμε στο πέμπτο κεφάλαιο, περιέχονται στο υδροστατικό διάγραμμα και στους υδροστατικούς πίνακες κάθε πλοίου και είναι πολύ χρήσιμα για την εκτέλεση διαφόρων υπολογισμών, όπως θα φανεί στα επόμενα κεφάλαια.

Παράδειγμα 1.

Το πλοίο με τα υδροστατικά στοιχεία του πίνακα 5.6.1 πλέει ισοβύθιστο σε βύθισμα 8 m. Πάνω στο κατάστρωμά του προστίθεται ένα βάρος 500 MT σε τέτοιο σημείο κατά το διάμηκες και εγκάρσιο, ώστε να προκαλεί παράλληλη βύθιση του πλοίου μόνο. Να βρεθεί το νέο βύθισμα.

Από τον πίνακα 5.6.1 για βύθισμα 8 m έχομε:

$$TPC = 48,3 \text{ MT/cm},$$

οπότε

$$\text{Παράλληλη Βύθιση} = \frac{500}{48,3} = 10,35 \text{ cm}$$

$$\text{Νέο Βύθισμα} = 8 + \frac{10,35}{100} = 8,103 \text{ m}$$

Παράδειγμα 2.

Μία ορθογωνική φορτηγίδα μήκους 100 ft και πλάτους 35 ft πλέει ισοβύθιστη σε μέσο βύθισμα 10 ft. Πόσο βάρος πρέπει να προστεθεί στη φορτηγίδα, για να βυθισθεί παράλληλα κατά 0,25 ft;

Η επιφάνεια της ισάλου είναι:

$$A (\text{ft}) = 100 \times 35 = 3500 \text{ ft}^2$$

Από τη σχέση (69):

$$TPI = \frac{A (\text{ft}^2)}{420} = \frac{3500}{420} = 8,33 \text{ (LT/in)}$$

Για να δημιουργηθεί παράλληλη βύθιση 0,25 ft (3''), θα πρέπει να προστεθεί βάρος:

$$w = (\text{παράλληλη βύθιση}) \times TPI = 3 \times 8,33 = 25 \text{ LT}$$

Η προσθήκη του βάρους, για να έχομε παράλληλη βύθιση, θα πρέπει να γίνει στο επίπεδο συμμετρίας και στο μέσο της φορτηγίδας.

Παράδειγμα 3.

Ένα πλοίο έχει μήκος 100 m, πλάτος 11 m και συντελεστή ισάλου επιφάνειας $C_w = 0,83$. Να βρεθεί το TPC.

Από τη (57) έχομε:

$$C_w = \frac{A}{LB} \quad \text{ή}$$

$$A = C_w LB = (0,83) \times (100) \times (11) = 913 \text{ m}^2$$

Από τη σχέση (68):

$$TPC = \frac{913 \times 1,025}{100} = 9,36 \text{ (MT/m)}$$

7.6 Η σημασία του κέντρου πλευστότητας.

Είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο πώς βρίσκεται το κέντρο πλευστότητας του πλοίου που συμπίπτει με το κέντρο της επιφάνειας κάθε ισάλου. Μάθαμε επίσης

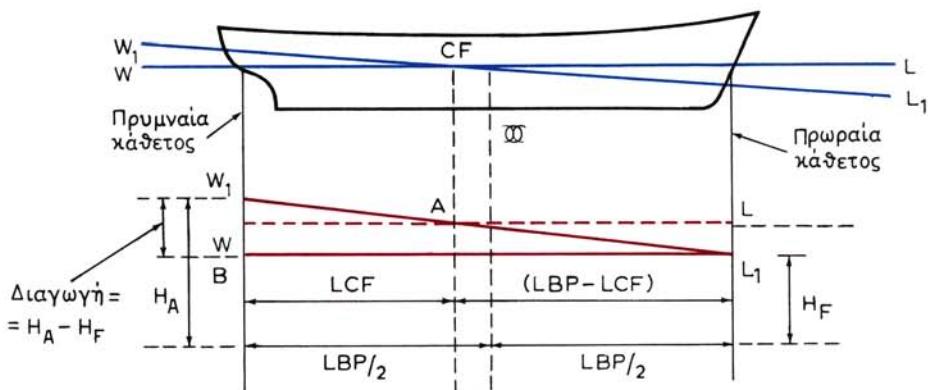
ότι η διαμήκης θέση του κέντρου πλευστότητας (LCF) είναι μια πληροφορία που περιέχεται στο υδροστατικό διάγραμμα ή στον υδροστατικό πίνακα.

Εύκολα αποδεικνύεται αλλά η απόδειξη βρίσκεται έχω από τα όρια αυτού του βιβλίου, ότι **το εκτόπισμα ενός πλοίου δεν μεταβάλλεται όταν αυτό αποκτήσει μικρή διαγωγή με περιστροφή γύρω από εγκάρσιο άξονα που περνά από το κέντρο πλευστότητας**.

Συνέπεια της παραπάνω προτάσεως είναι και ότι, **για πρακτικούς λόγους, τα υδροστατικά στοιχεία ενός πλοίου που έχει διαγωγή (εκτός από τη διαμήκη θέση του κέντρου όγκου) μπορούν να βρεθούν, με αρκετή για πρακτικούς υπολογισμούς ακρίβεια, από το υδροστατικό διάγραμμα, με βάση το βύθισμα που αντιστοιχεί στο κέντρο πλευστότητας του πλοίου.**

Η εύρεση του βυθίσματος στο κέντρο πλευστότητας, όταν είναι γνωστά τα βυθίσματα στην πρωραία και πρυμναία κάθετο και η διαμήκης θέση του κέντρου πλευστότητας, μπορεί εύκολα να πραγματοποιηθεί, με τη χρησιμοποίηση απλών γεωμετρικών σχέσεων από τις ιδιότητες των ομοίων τριγώνων.

Στο σχήμα 7.6 βλέπουμε την ίσαλο WL ενός ισοβύθιστου πλοίου και την ίσαλο W_1L_1 του ίδιου πλοίου όταν έχει διαφορά διαγωγής προς πρύμνα. Οι δύο ίσαλοι τέμνονται στο κέντρο πλευστότητας και επομένως τα εκτοπίσματα που αντιστοιχούν σ' αυτές είναι ίσα μεταξύ τους. Στο κάτω μέρος του σχήματος βλέπουμε πάλι τις ίσαλους WL και W_1L_1 , καθώς και το πρωραίο (H_F) και πρυμναίο (H_A) βύθισμα, τα οποία αντιστοιχούν στην ίσαλο W_1L_1 . Αν από το σημείο L₁ φέρομε μια οριζόντια ευθεία, το μήκος W₁ΒL₁, W₁WA και ALL₁ είναι όμοια μεταξύ τους.



Σχ. 7.6.
Εύρεση βυθισμάτων σε πλοίο με διαγωγή.

Από την ομοιότητα των τριγώνων W_1WA και W_1BL_1 , θα έχομε:

$$\frac{WW_1}{WB} = \frac{LCF}{LBP}$$

ή

$$\frac{WW_1}{\text{Διαγωγή}} = \frac{LCF}{LBP}$$

$$\text{WW}_1 = (\Delta \text{ιαγωγή}) \times \frac{\text{LCF}}{\text{LBP}} \quad (70)$$

Ανάλογα μπορούμε να βρούμε και ότι:

$$\text{LL}_1 = (\Delta \text{ιαγωγή}) \times \frac{\text{LBP} - \text{LCF}}{\text{LBP}} \quad (71)$$

Οι παραπάνω δύο σχέσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά δύο τρόπους:

1) Όταν δίνονται τα H_F και H_A .

Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να βρούμε το βύθισμα στο κέντρο πλευστότητας H_{CF} από τη σχέση:

$$H_{CF} = H_A - WW_1 \quad (72)$$

2) Όταν δίνονται το βύθισμα του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο εκτόπισμα, H_{CF} , και η διαφορά διαγωγής.

Στην περίπτωση αυτή το πρυμναίο βύθισμα μπορεί να βρεθεί από τη σχέση (72) και το πρωραίο από τη σχέση:

$$H_F = H_{CF} - LL_1 \quad (73)$$

Για σωστή χρησιμοποίηση των παραπάνω σχέσεων θεωρούμε τη διαφορά διαγωγής προς πρύμνα θετική και την προς πρώρα αρνητική.

Η εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων θα φανεί στα παρακάτω παραδείγματα, που αναφέρονται όλα στο πλοίο με τα υδροστατικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.6.1 το οποίο έχει μήκος μεταξύ καθέτων 192 m.

Παράδειγμα 1.

Να βρεθεί το εκτόπισμα του ισοβύθιστου πλοίου με μέσο βύθισμα 8 m.

Αφού το πλοίο είναι ισοβύθιστο, το μέσο βύθισμά του συμπίπτει με εκείνο στο κέντρο πλευστότητας. Ετσι, με απ' ευθείας ανάγνωση του πίνακα 5.6.1 για βύθισμα 8 m, βρίσκομε εκτόπισμα σε θάλασσα 36116 MT.

Παράδειγμα 2.

Να βρεθεί το εκτόπισμα του πλοίου, όταν το πρωραίο βύθισμα είναι 10 m και το πρυμναίο 6 m.

Το μέσο βύθισμα του πλοίου είναι:

$$H_m = \frac{H_A + H_F}{2} = \frac{6 + 10}{2} = 8 \text{ m}$$

Έχομε δηλαδή και πάλι το ίδιο μέσο βύθισμα, όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα.

Επίσης έχομε:

$$\Delta \text{ιαγωγή} = H_A - H_F = 6 - 10 = -4 \text{ m}$$

Από τον πίνακα 5.6.1, για μέσο βύθισμα 8 m, βρίσκομε με απευθείας ανάγνωση $\text{LCF} = 98,36 \text{ m}$.

Από τη σχέση (70):

$$WW_1 = (\Delta \text{ιαγωγή}) \times \frac{LCF}{LBP} = (-4) \times \frac{98,36}{192} = -2,05$$

Από τη σχέση (72):

$$H_{CF} = H_A - WW_1 = 6 - (-2,05) = 8,05 \text{ m}$$

Με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1 βρίσκομε το εκτόπισμα που αντιστοιχεί σε βύθισμα 8,05:

$$\begin{aligned} \Delta &= 36116 + \frac{0,05}{0,20} (37085 - 36116) = \\ &= 36116 + 0,25(969) = 36116 + 242 = 36358 \text{ MT} \end{aligned}$$

Το εκτόπισμα μπορεί επίσης να βρεθεί με χρησιμοποίηση του TPC (παράγρ. 5.6).

Από τον πίνακα 5.6.1, για μέσο βύθισμα 8 m, έχομε TPC = 48,3 MT/cm.

Εφόσον λοιπόν γνωρίζομε ότι το εκτόπισμα σε βύθισμα 8 m είναι 36116 MT, όταν το πλοίο βυθισθεί κατά 5 cm (για να φθάσει σε βύθισμα 8,05 m), το εκτόπισμα θα είναι:

$$\Delta = 36116 + 5 \times 48,3 = 36116 + 241,5 = 36357,5 \text{ MT}$$

Παράδειγμα 3.

Να βρεθεί το εκτόπισμα του πλοίου, όταν το πρωράϊο βύθισμα είναι 6 m και το πρυμναίο 10 m.

Το μέσο βύθισμα του πλοίου είναι πάλι 8 m.

Έχομε λοιπόν:

$$\Delta \text{ιαγωγή} = H_A - H_F = 10 - 6 = 4 \text{ m}$$

$$WW_1 = (\Delta \text{ιαγωγή}) \times \frac{LCF}{LCB} = 4 \times \frac{98,36}{192} = + 2,05$$

$$H_{CF} = H_A - WW_1 = 10 - 2,05 = 7,95 \text{ m}$$

Άρα το εκτόπισμα είναι:

$$\Delta = 36116 - 5 \times 48,3 = 36116 - 241,5 = 35874,5$$

Συνοψίζοντας, έχομε για τα τρία παραπάνω παραδείγματα:

$H_F(\text{m})$	$H_A(\text{m})$	$H_m(\text{m})$	$H_{CF}(\text{m})$	$\Delta(\text{MT})$
8	8	8	8	36116
10	6	8	8,05	36357,5
6	10	8	7,95	35874,5

Παράδειγμα 4.

Το πλοίο πλέει ισοβύθιστο σε μέσο βύθισμα 11 m. Μετακίνηση ενός βάρους από την πρύμνη προς την πλώρη του πλοίου δημιουργεί διαφορά διαγωγής 6 m προς πρώρα. Ζητείται το πρωράιο και πρυμναίο βύθισμα.

Εφόσον στο πλοίο δεν έχει προστεθεί (αλλά μόνο μετακινηθεί) βάρος, το εκτόπισμά του παραμένει σταθερό. Έχομε λοιπόν ένα τυπικό πρόβλημα όπως εκείνο του παραδείγματος 2.

Από τον πίνακα 5.6.1, για μέσο βύθισμα 11 m, έχομε LCG = 95,51 m.

Επειδή η διαγωγή είναι προς πρώρα, έχομε:

$$\Delta \text{diag} = -6 \text{ m}$$

Άρα από τη σχέση (70):

$$WW_1 = (-6) \frac{95,51}{192} = -2,984 \text{ m}$$

και από τη σχέση (71):

$$LL_1 = (-6) \times \frac{192 - 95,51}{192} = -3,016 \text{ m}$$

Από τη σχέση (72):

$$H_A = H_{CF} + WW_1 = 11 - 2,984 = 8,016 \text{ m}$$

και από τη σχέση (73):

$$H_F = H_{CF} - LL_1 = 11 - (-3,016) = 14,016 \text{ m}$$

Το μέσο βύθισμα του πλοίου με διαγωγή είναι:

$$H_m = \frac{H_A + H_F}{2} = \frac{8,016 + 14,016}{2} = 11,016 \text{ m}$$

7.7 Επίδραση της πυκνότητας του νερού στο μέσο βύθισμα.

Από τη σχέση (67) βλέπομε ότι, για σταθερό εκτόπισμα του πλοίου, ο όγκος των υφάλων του θα πρέπει να μεταβληθεί όταν μεταβάλλεται η πυκνότητα, έτσι ώστε το γινόμενο του όγκου των υφάλων επί το ειδικό βάρος να παραμένει σταθερό και ίσο με το εκτόπισμα.

Όταν λοιπόν ένα πλοίο μετακινηθεί σε κάποια περιοχή όπου το ειδικό βάρος του νερού που το περιβάλλει γίνει μικρότερο, ο όγκος των υφάλων του και επομένως και το μέσο του βύθισμα θα πρέπει να αυξηθεί. Το αντίθετο θα γίνει όταν το πλοίο μετακινηθεί σε περιοχή με νερό που έχει μεγαλύτερο ειδικό βάρος.

Ποσοτικά τέτοιες μεταβολές μπορούν εύκολα να υπολογισθούν με τη βοήθεια του μεγέθους «την ανά cm ή ανά in βυθίσεως», όπως θα φανεί στο επόμενο παράδειγμα.

Παράδειγμα.

Να βρεθεί η μεταβολή του μέσου βυθίσματος ενός ισοβύθιστου πλοίου, όταν μετακινηθεί από θαλάσσιο νερό σε γλυκό (π.χ σε ένα ποτάμι).

Αν παραστήσομε με γ_{sw} και γ_{fw} το ειδικό βάρος του θαλάσσιου και του γλυκού νερού αντίστοιχα, με A το εκτόπισμα και V τον αρχικό όγκο των υφάλων του πλοίου (στη θάλασσα), θα έχομε:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Απώλεια αντώσεως} \\ \text{λόγω μεταβολών} \\ \text{πυκνότητας} \end{array} \right\} = \bar{V} \gamma_{sw} - \bar{V} \gamma_{fw}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Κέρδος αντώσεως} \\ \text{λόγω παράλληλης} \\ \text{βυθίσεως} \end{array} \right\} = A \Delta H \gamma_{fw}$$

όπου ΔH είναι η παράλληλη βύθιση σε m και A η επιφάνεια της ισάλου σε m^2 .

Οι δύο παραπάνω ποσότητες θα πρέπει να είναι ίσες. Επομένως:

$$\bar{V} (\gamma_{sw} - \gamma_{fw}) = A \Delta H \gamma_{fw}$$

ή

$$\Delta H = \frac{\bar{V}}{A} \left(\frac{\gamma_{sw}}{\gamma_{fw}} - 1 \right) \quad (74)$$

Εφαρμογή.

Το πλοίο με τα υδροστατικά χαρακτηριστικά του πίνακα 5.6.1 πλέει αρχικά σε θάλασσα ισοβύθιστο σε βύθισμα 8 m. Να βρεθεί το βύθισμά του σε γλυκό νερό.

Σε μέσο βύθισμα 8 m, το εκτόπισμα (από τον πίνακα 5.6.1) είναι 36116 MT και το TPC = 48,3 MT/cm. Θα έχομε:

$$\bar{V} = \frac{36116}{1,025} = 35235 \text{ m}^3$$

Από τη σχέση (68):

$$A = \frac{100}{1,025} \times TPC = \frac{100}{1,025} \times (48,3) = 4712 \text{ m}^2$$

Από τη σχέση (74):

$$\Delta H = \frac{\bar{V}}{A} \left(\frac{\gamma_{sw}}{\gamma_{fw}} - 1 \right) = \frac{35235}{4712} \times \left(\frac{1,025}{1,0} - 1,0 \right) = \frac{35235}{4712} \times 0,025 = 0,187 \text{ m}$$

Επομένως το νέο μέσο βύθισμα θα είναι

$$H = 8 + 0,187 = 8,187 \text{ m}$$

Διευκρινίζεται ότι η μεταβολή της πυκνότητας δημιουργεί και μικρή διαφορά διαγωγής του πλοίου. Αυτή θα την εξετάσουμε στην παράγραφο 12.11.

7.8 Κλίμακα φορτώσεως (Deadweight scale).

Τα υδροστατικά στοιχεία του πλοίου, εκτός από το υδροστατικό διάγραμμα και τον πίνακα υδροστατικών στοιχείων, δίνονται και με τη μορφή της **κλίμακας φορτώσεως**.

Η κλίμακα φορτώσεως είναι μια γραφική απεικόνιση ορισμένων υδροστατικών στοιχείων του πλοίου, η χρήση της οποίας από τον πλοίαρχο είναι συχνή και σχετικά εύκολη. Κλίμακα φορτώσεως ενός πλοίου βλέπομε στο σχήμα 7.8. Οι πληροφορίες που δίνονται στο σχήμα αυτό είναι το ύψος εξάλων, το Deadweight σε θάλασσα και γλυκό νερό σε MT, το βύθισμα σε ft και m, το εκτόπισμα σε θάλασσα και γλυκό νερό σε MT, το TPC σε θάλασσα και γλυκό νερό και το MCT1

$$\text{cm σε } \left(\frac{\text{MT} - \text{m}}{\text{m}} \right).$$

Η ανάγνωση της κλίμακας φορτώσεως είναι πολύ εύκολη, όπως θα φανεί από το επόμενο παράδειγμα. Το σχέδιο δείχνει επίσης τις διάφορες γραμμές φορτώσεως.

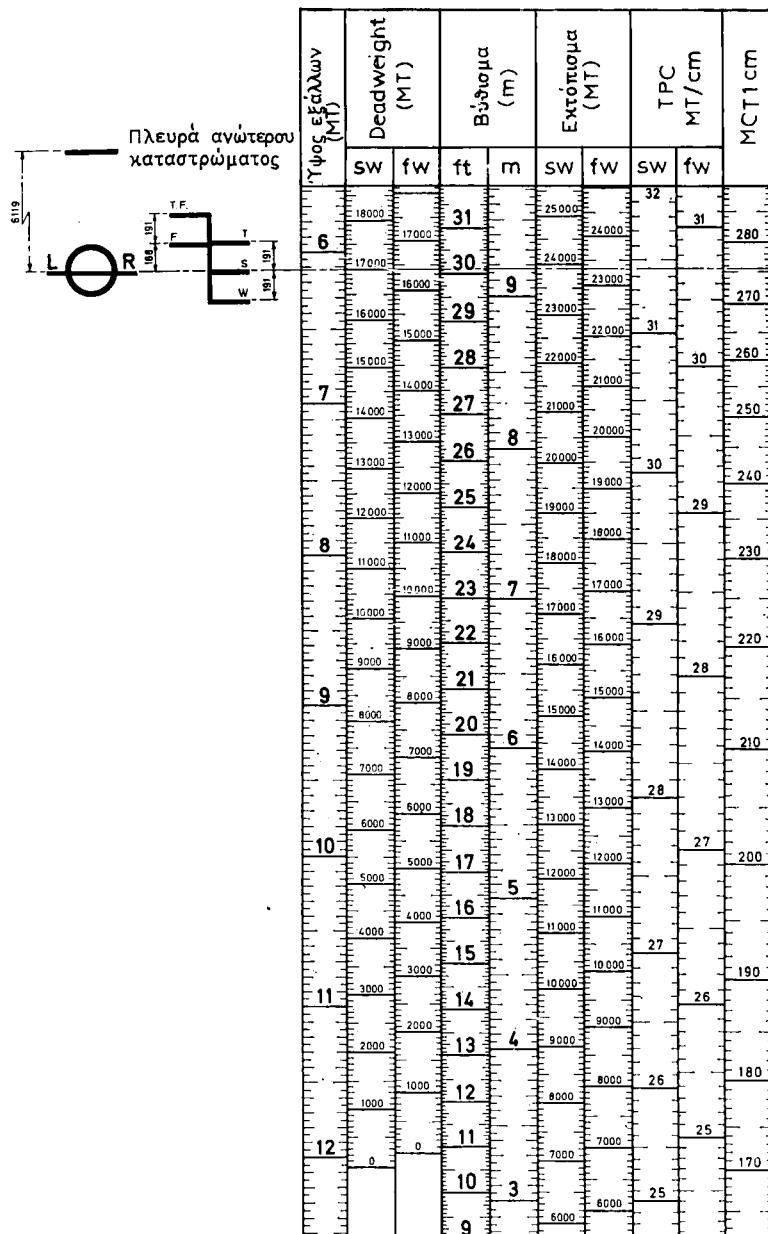
Για τον ορισμό του Deadweight και για επεξηγήσεις σχετικά με τις διάφορες γραμμές φορτώσεως, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Παράδειγμα.

Να βρεθούν τα υδροστατικά στοιχεία του πλοίου που έχει κλίμακα φορτώσεως αυτή του σχήματος 7.8, όταν το μέσο βύθισμά του είναι 7 m.

Τα ζητούμενα στοιχεία βρίσκονται, αν φέρομε μια οριζόντια ευθεία από το μέσο βύθισμα 7 m, όπως φαίνεται στο σχήμα και διαβάσομε σωστά τις αντίστοιχες κλίμακες. Θα έχομε λοιπόν:

Ύψος εξάλων	8,28m
Deadweight σε θάλασσα	10400 MT
Deadweight σε γλυκό νερό	10000 MT
Βύθισμα	23 ft
Εκτόπισμα σε θάλασσα	17320 MT
Εκτόπισμα σε γλυκό νερό	16880 MT
TPC σε θάλασσα	29,16 MT/cm
TPC σε γλυκό νερό	28,48 MT/cm
MCT1 cm	225 MT-m/cm



Σχ. 7.8.
Κλίμακα φορτώσεως πλοίου.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΜΙΚΡΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΚΛΙΣΕΩΣ

8.1 Γενικά. Σκοπός μελέτης της ευστάθειας.

Ένα πλοίο θεωρούμε ότι βρίσκεται σε **άθικτη κατάσταση (intact)**, όταν κανένα από τα στεγανά διαμερίσματά του δεν βρίσκεται σε επικοινωνία με το νερό που το περιβάλλει εξωτερικά. Αντίθετα, αν ένα ή περισσότερα διαμερίσματά του βρίσκονται σε επικοινωνία με τη θάλασσα (π.χ. στην περίπτωση ενός ρήγματος στα ύφαλά του), το πλοίο θεωρείται ότι βρίσκεται σε **κατάσταση βλάβης (damaged condition)**.

Η απώλεια ενός πλοίου, είτε αυτό βρίσκεται στην άθικτη κατάσταση είτε σε κατάσταση βλάβης και μαζί με αυτό η απώλεια ανθρωπίνων ζωών, είναι δυνατό να συμβεί κατά δύο τρόπους:

- Με βύθιση του πλοίου, οφειλόμενη σε ανεπάρκεια πλευστότητας.
- Με ανατροπή του πλοίου, οφειλόμενη σε έλλειψη εγκάρσιας ευστάθειας.

Ο δεύτερος τρόπος απώλειας είναι πολύ δυσμενέστερος από τον πρώτο γιατί η ανατροπή του πλοίου πραγματοποιείται σε πολύ σύντομο χρόνο, οπότε δεν παρέχεται καν η δυνατότητα να πάρει κανείς διορθωτικά μέτρα για να αποφύγει την ανατροπή, αλλά ούτε και να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες για τη διάσωση του πληρώματος και των επιβατών (κινητοποίηση, σωσίβια, καθέλκυση λέμβων κλπ.).

Από τα παραπάνω προκύπτει η σημασία που έχει για την ασφάλεια ενός πλοίου η ικανοποιητική του ευστάθεια, καθώς και οι λόγοι για τους οποίους οι φορείς που ασχολούνται με αυτό, κρατικοί και μη, έχουν θεσπίσει πολύ αυστηρές σχετικές απαιτήσεις.

Με τον όρο **ευστάθεια** εννοούμε γενικά την τάση που έχει ή όχι ένα πλοίο (ένα σώμα γενικότερα) να επανέλθει στην αρχική θέση ισορροπίας του, όταν παύσει να επιδρά πάνω σ' αυτό, μια διέγερση. Τέτοιες διεγέρσεις, για το πλοίο, μπορεί να οφείλονται σε δραστηριότητες που πραγματοποιούνται μέσα σ' αυτό το ίδιο, όπως π.χ. η μετακίνηση βαρών, ή και σε εξωτερικά αίτια, όπως είναι ο άνεμος. Την ευστάθεια του πλοίου διακρίνομε σε **εγκάρσια (transverse stability)**, όταν αφορά διεγέρσεις που τείνουν να δημιουργήσουν κλίσεις γύρω από τον άξονα x (σχ. 1.2a), και σε **διαμήκη (longitudinal stability)** όταν εξετάζονται κλίσεις γύρω από τον άξονα y.

Αναφορικά με την κατάσταση στην οποία θεωρείται ότι βρίσκεται το πλοίο, διατί εξετάζουμε την ευστάθειά του, διακρίνομε **εγκάρσια ευστάθεια στην άθικτη κατάσταση (intact stability)** ή **σε κατάσταση βλάβης (damaged stability)**.

Μια άλλη διάκριση της εγκάρσιας ευστάθειας προκύπτει από τη μεθοδολογία που εφαρμόζεται κατά τη μελέτη των σχετικών θεμάτων. Για μικρές γωνίες εγκάρσιας κλίσεως, όπως μπορούν για τα συνηθισμένα εμπορικά πλοία να θεωρηθούν οι γωνίες μέχρι 10° , είναι δυνατό να εφαρμοσθεί μια σχετικά απλοποιημένη μεθοδολογία. Έτσι διακρίνομε **ευστάθεια μικρών γωνιών εγκάρσιας κλίσεως** η οποία λέγεται και **αρχική ευστάθεια (initial stability)** και **ευστάθεια μεγάλων γωνιών (stability at large angles)**.

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με την εγκάρσια αρχική ευστάθεια του πλοίου στην άθικτη κατάσταση.

8.2 Ροπή υδροστατικής προελεύσεως. Η έννοια του εγκάρσιου μετακέντρου.

Από τα προηγούμενα έχομε ήδη αντιληφθεί ότι:

- Κατά τη στατική θεώρηση του πλοίου, οι δυνάμεις που ενεργούν πάνω σ' αυτό είναι το βάρος και η άντωση.
- Οι δύο αυτές δυνάμεις, όταν το πλοίο βρίσκεται σε κατακόρυφη θέση (με τον ιστό του κατακόρυφο), είναι ίσες και αντίθετες και δρουν πάνω στον ίδιο φορέα.
- Η δύναμη της αντώσεως είναι ανάλογη του όγκου του πλοίου που βρίσκεται μέσα στο νερό και το σημείο εφαρμογής της (κέντρο αντώσεως) συμπίπτει με το κέντρο όγκου του παραπάνω όγκου.

Αν τώρα δώσομε στο πλοίο μικρή εγκάρσια κλίση και το αφήσομε ελεύθερο (δηλαδή το αίτιο που δημιουργησε την κλίση σταματήσει να υπάρχει) εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι κατά τη χρονική στιγμή που αφήνομε το πλοίο ελεύθερο συμβαίνουν τα παρακάτω:

- Η δύναμη του βάρους παραμένει σταθερή, δηλαδή ίση με το εκτόπισμα του πλοίου Δ και κατακόρυφη (κάθετη πάνω στην κεκλιμένη ίσαλο). Το σημείο εφαρμογής της παραμένει πάντοτε το κέντρο βάρους G του πλοίου.
- Το ίδιο συμβαίνει και με τη δύναμη της αντώσεως, που εξακολουθεί να έχει τιμή Δ και να είναι κατακόρυφη.

Στο σχήμα 8.2a, βλέπομε ότι, ενώ ο συνολικά βυθισμένος μέσα στο νερό όγκος παραμένει σταθερός, η κατανομή του έχει αλλάξει. Συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι μια τριγωνική σφήνα από τα ύφαλα του πλοίου στην αριστερή πλευρά αποβιθίζεται και μια άλλη στη δεξιά πλευρά βυθίζεται μέσα στο νερό. Αποτέλεσμα είναι το κέντρο όγκου να μην βρίσκεται πια πάνω στο επίπεδο συμμετρίας, αλλά δεξιότερα (για κλίση του πλοίου προς τα δεξιά), και ψηλότερα, στη θέση B . Στην κατάσταση αυτή το πλοίο δεν βρίσκεται πια σε ισορροπία, αλλά κάτω από την επενέργεια ενός ζεύγους δυνάμεων (βάρος - άντωση) που τείνει να το περιστρέψει γύρω από τον άξονα x .

Σ' ένα πλοίο που έχει εγκάρσια κλίση, οι δυνάμεις βάρους και αντώσεως μπορεί να βρίσκονται σε μια από τις τρεις σχετικές θέσεις που φαίνονται στο σχήμα 8.2a.

Μπορεί να αποδειχθεί ότι, **για μικρές γωνίες κλίσεως, το σημείο όπου ο φορέας της αντώσεως τέμνει το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου είναι σταθερό**, δηλαδή ανεξάρτητο από το μέγεθος της μικρής γωνίας εγκάρσιας κλίσεως. Το σημείο αυτό ονομάζομε **εγκάρσιο μετάκεντρο** και το συμβολίζομε με M_T (*transverse metacenter*).

Όπως φαίνεται από το σχήμα 8.2a(a), η ροπή επαναφοράς μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$\text{Ροπή επαναφοράς} = \Delta \cdot GZ$$

(75)

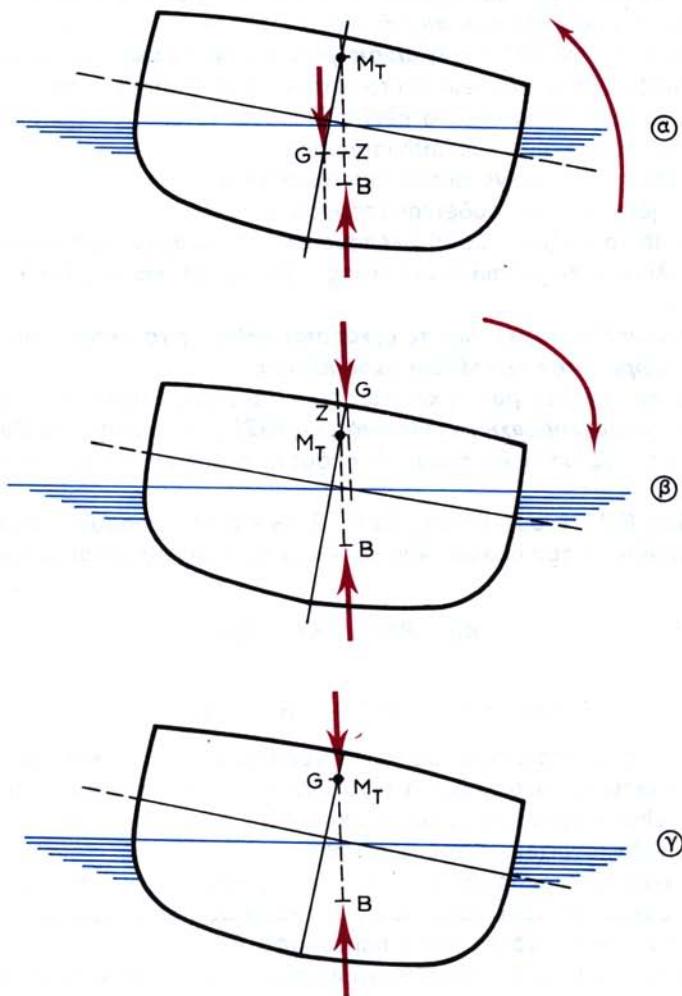


όπου: Δ το βάρος του πλοίου και
 GZ μήκος που φαίνεται στο σχήμα και λέγεται **μοχλοβραχίονας επαναφοράς**.

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

$$\text{Ροπή επαναφοράς} = \Delta \cdot GM_T \cdot \eta \mu \phi \quad (76)$$

όπου: ϕ η γωνία εγκάρσιας κλίσεως και
 GM_T η απόσταση μεταξύ των σημείων G και M_T .



Σχ. 8.2α.

Πιθανές καταστάσεις εγκάρσιας ευστάθειας.

α) Ευσταθής ισορροπία. β) Ασταθής ισορροπία. γ) Ουδέτερη ισορροπία.

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

α) Αν το μετάκεντρο βρίσκεται πάνω από το κέντρο βάρους, η ροπή που σχηματίζεται είναι **ροπή επαναφοράς**, δηλαδή έχουμε ευσταθή ισορροπία του πλοίου [σχ. 8.2α(α)].

β) Αν το μετάκεντρο βρίσκεται κάτω από το κέντρο βάρους, η ροπή που σχηματίζεται είναι **ροπή ανατροπής**, δηλαδή έχουμε **ασταθή ισορροπία** [σχ. 8.2α(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.

γ) Αν το μετάκεντρο συμπίπτει με το κέντρο βάρους του πλοίου, η ροπή είναι μηδενική και έχουμε **ουδέτερη ευστάθεια** [σχ. 8.2α(γ)].

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

- CM_T θετικό σημαίνει ευσταθή ισορροπία.
- GM_T αρνητικό σημαίνει ασταθή ισορροπία και
- GM_T μηδέν σημαίνει ουδέτερη ισορροπία.

Ακόμη, από το σχήμα 8.2α(α) βλέπομε ότι για ορισμένο εκτόπισμα και γωνία εγκάρσιας κλίσεως το μετακεντρικό ύψος χαρακτηρίζει και το μέγεθος της ροπής επαναφοράς.

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

Αντίθετα σε μεγάλες γωνίες κλίσεως το μετάκεντρο δεν είναι σταθερό σημείο και επομένως ο **μοχλοβραχίονας επαναφοράς (GZ)** δεν είναι ίσος με GM_T ημφ. Στις περιπτώσεις αυτές, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, ή ευστάθεια εξετάζεται διαφορετικά.

Στο σχήμα 8.2β έχουμε τα σημεία K, B, G και M_T τοποθετημένα πάνω στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου. Από τη γεωμετρία του σχήματος αυτού προκύπτει ότι:

$$KB + BM_T = KG + GM_T$$

ή

$$GM_T = KB + BM_T - KG = KM_T - KG \quad (75)$$

όπου: KB είναι η κατακόρυφη θέση του κέντρου δύκου του πλοίου, η οποία βρίσκεται με ολοκλήρωση (στοιχείο 4 της παραγράφου 5.6),

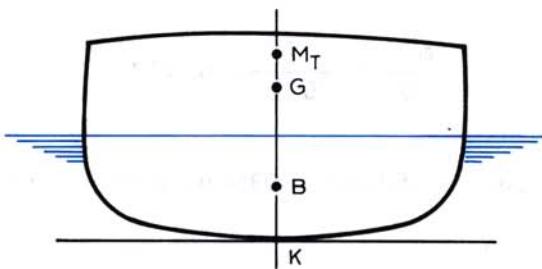
BM_T είναι η εγκάρσια μετακεντρική ακτίνα, η οποία βρίσκεται από τη σχέση (46) (στοιχείο 7 της παραγράφου 5.6) και

KG είναι η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου, η οποία βρίσκεται σε κάθε κατάσταση φορτώσεως του πλοίου με τη διαδικασία που περιγράφεται στην παράγραφο 6.4.

Στα περισσότερα υδροστατικά διαγράμματα, ή υδροστατικούς πίνακες, για λόγους ευκολίας, δίνεται συνήθως το άθροισμα $KB + BM_T = KM_T$.

Παράδειγμα 1.

Να βρεθεί το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος του πλοίου A, υδροστατικά στοιχεία



Σχ. 8.28.
Εύρεση μετακέντρου.

για το οποίο δίνονται στον πίνακα 5.6.1, για την κατάσταση φορτώσεως που περιγράφεται στον πίνακα 6.4.3.

Από τον πίνακα 6.4.3 έχουμε: $\Delta = 53232 \text{ MT}$ και $KG = 9,81 \text{ m}$

Με γραμμική παρεμβολή στα βυθίσματα του πίνακα 5.6.1, το αντίστοιχο μέσο βύθισμα (για το εκτόπισμα 53232 MT) είναι:

$$H_m = 11,40 + 0,20 \times \frac{53232 - 52954}{53979 - 52954} = 11,40 + 0,20 \times \frac{278}{1025} = \\ = 11,40 + 0,20 \times 0,271 = 11,40 + 0,0542 = 11,4542 \text{ m}$$

Με αντίστοιχη γραμμική παρεμβολή, το αντίστοιχο KM_T είναι:

$$KM_T = 11,90 + (11,92 - 11,90) \times \frac{53232 - 52954}{53979 - 52954} = \\ = 11,90 + 0,02 \times 0,271 = 11,905 \text{ m}$$

Από τη σχέση (75):

$$GM_T = KM_T - KG = 11,905 - 9,81 = 2,095 \text{ m}$$

Παράδειγμα 2.

Πόση είναι η ροπή επαναφοράς του παραπάνω πλοίου όταν έχει εγκάρσια κλίση 7° ;

Η ροπή επαναφοράς μπορεί να βρεθεί από τη σχέση (75), αν σημειώσουμε ότι $\eta\mu 7^\circ = 0,12187$.

$$\text{Ροπή επαναφοράς} = \Delta \cdot GM_T \cdot \eta\mu\phi = (53232)(2,095)(0,12187) = 13591 \text{ MT-m}$$

Σημείωση.

Για μικρές γωνίες κλίσεως, οι σχετικοί υπολογισμοί μπορούν να απλοποιηθούν, αν σημειώσουμε ότι:

$$\eta\mu\phi \approx \epsilon\phi \quad \phi \approx \phi \text{ ακτίνια} = \frac{\phi}{57,3}$$

Στο παραπάνω παράδειγμα θα είχαμε:

$$\eta\mu\phi \simeq \frac{\phi}{57,3} = \frac{7}{57,3} = 0,1221$$

και

$$\text{Ροπή επαναφοράς} = (53232) (2,095) (0,1221) = 13616 \text{ MT-m}$$

Παράδειγμα 3.

Ορθογωνική φορτηγίδα μήκους 100 ft, πλάτους 35 ft και ύψους 20 ft πλέει σε βύθισμα 10 ft. Πόσο πάνω από την τρόπιδα πρέπει να βρίσκεται το κέντρο βάρους της φορτηγίδας για να έχομε ουδέτερη ισορροπία;

Η ίσαλος επιφάνεια έχει μορφή ορθογώνιου παραλληλογράμμου μήκους 100 ft και πλάτους 35 ft.

Από τη σχέση (23):

$$I_{xx} = \frac{bh^3}{12} = \frac{100 \times 35^3}{12} = 357291,6 \text{ ft}^4$$

Από τη σχέση (46):

$$BM_T = \frac{I_{xx}}{V} = \frac{357291,6}{100 \times 35 \times 10} = \frac{357291,6}{35000} = 10,208 \text{ ft}$$

Επειδή τα ύφαλα έχουν πρισματικό ορθογωνικό σχήμα, το κέντρο δύκου θα βρίσκεται στο μισό του βυθίσματος. Επομένως:

$$KB = \frac{10}{2} = 5 \text{ ft}$$

$$KM_T = KB + BM_T = 5 + 10,208 = 15,208 \text{ ft}$$

Για ουδέτερη ευστάθεια $GM = 0 = KM_T - KG$

Επομένως:

$$KM_T - KG = 0$$

ή

$$KG = KM_T = 15,208 \text{ ft}$$

8.3 Αιτίες δημιουργίας εγκαρσίων κλίσεων. Σημασία του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους.

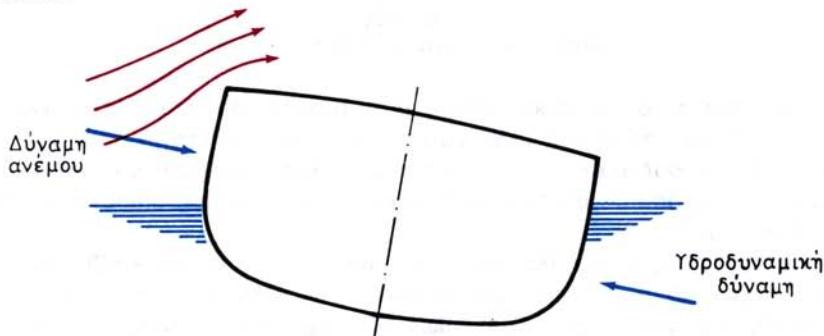
Όπως είδαμε στα προηγούμενα, η εγκάρσια κλίση ενός πλοίου δημιουργεί μια ροπή (επαναφοράς ή ανατροπής), το μέγεθος της οποίας για μικρές γωνίες εγκάρσιας κλίσεως είναι ανάλογο με το εκτόπισμα του πλοίου, με το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος και με το ημίτονο της γωνίας εγκάρσιας κλίσεως.

Αν εξετάσουμε ένα πλοίο σε περιβάλλον ήρεμου νερού (χωρίς κύματα), διαπιστώνομε ότι οι πιο συνηθισμένες αιτίες που μπορούν να δημιουργήσουν εγκάρσιες κλίσεις είναι:

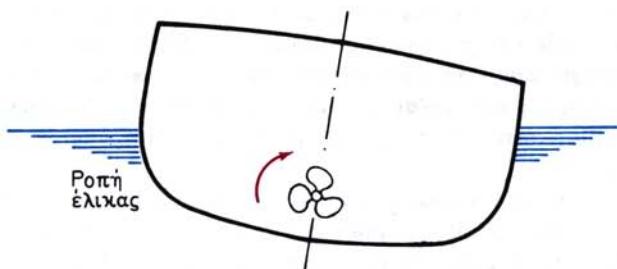
a) Η ασυμμετρία της κατανομής των βαρών σε σχέση με το επίπεδο συμμετρίας

του πλοίου. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι στην κατασκευή και χρησιμοποίηση του πλοίου καταβάλλεται προσπάθεια το κέντρο βάρους του να βρίσκεται πάνω στο επίπεδο συμμετρίας. Αυτό όμως δεν είναι πάντοτε δυνατό, γιατί, κατά τη χρησιμοποίηση του πλοίου, υπάρχουν πολλοί λόγοι που μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση του κέντρου βάρους του σε θέση εκτός του επιπέδου συμμετρίας, όπως π.χ. η κατανάλωση του πετρελαίου μιας δεξιάς ή αριστερής δεξαμενής ή η ανεξέλεγκτη μετακίνηση φορτίου (π.χ. επιβατών ή φορτίου σιτηρών).

β) Η επίδραση του ανέμου. Η επίδραση του ανέμου πάνω στα έξαλα του πλοίου είναι ένας άλλος λόγος δημιουργίας εγκάρσιας κλίσεως. Ο τρόπος δημιουργίας της σχετικής ροπής φαίνεται στο σχήμα 8.3α, για πνοή του ανέμου από την πλευρά του πλοίου.



Σχ. 8.3α.
Εγκάρσια κλίση λόγω επιδράσεως ανέμου.

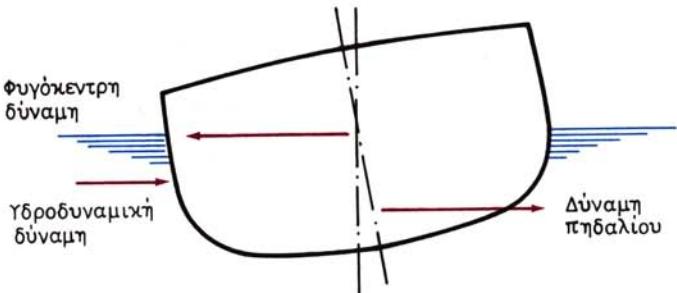


Σχ. 8.3β.
Εγκάρσια κλίση λόγω ροπής της έλικας.

γ) Η ροπή της έλικας στα μονέλικα πλοία, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.3β, η οποία μπορεί να δημιουργήσει κλίση γύρω στη 1° ή και μεγαλύτερη στα μικρότερα σκάφη.

δ) Η φυγόκεντρη δύναμη κατά τη στροφή του πλοίου, ο τρόπος δημιουργίας της οποίας φαίνεται στο σχήμα 8.3γ (βλ. λεπτομέρειες στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου). Στο σχήμα φαίνεται η περίπτωση ενός συνηθισμένου πλοίου, ενώ τα μικρά ταχύπλοα, επειδή η γάστρα τους έχει ειδικό σχήμα, παίρνουν αντίθετη κλίση (προς τα μέσα της στροφής).

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις εφαρμόζεται πάνω στο πλοίο μια ροπή Q. Το



Σχ. 8.3γ.

Εγκάρσια κλίση κατά τη στροφή του πλοίου.

πλοίο θα πάρει τέτοια εγκάρσια κλίση, ώστε η ροπή υδροστατικής προελεύσεως, όπως δίνεται από τη σχέση (76), να είναι ίση και αντίθετη με την Q .

Έτσι, για δεδομένο εκτόπισμα του πλοίου, η γωνία εγκάρσιας κλίσεως θα είναι τόσο μικρότερη όσο μεγαλύτερο είναι το μετακεντρικό ύψος, όπως προκύπτει από τη σχέση (76).

Με βάση τα παραπάνω, θα μπορούσε κανείς να πει ότι είναι επιθυμητό να έχομε όσο το δυνατό μεγαλύτερο μετακεντρικό ύψος, γιατί έτσι οι σχετικές εγκάρσιες κλίσεις θα ήταν μικρότερες. Αυτό δύναται να συμβαίνει, αν λάβομε υπόψη και τις εγκάρσιες ταλαντώσεις του πλοίου σε διατοιχισμό. Η συχνότητα του διατοιχισμού και οι δυναμικές καταπονήσεις που οφείλονται σ' αυτόν αυξάνονται όσο αυξάνεται το μετακεντρικό ύψος, με συνέπεια την επιδείνωση του επιπέδου ανέσεως του πλοίου και τη δημιουργία μεγάλων επιταχύνσεων.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό γιατί καταβάλλεται φροντίδα ώστε, με διάφορους σχεδιαστικούς και χειριστικούς τρόπους, να έχει το πλοίο μετακεντρικό ύψος λίγο μεγαλύτερο από όσο είναι απαραίτητο για την κάλυψη των απαιτήσεων ασφάλειας, όπως αυτές καθορίζονται από τους σχετικούς κανονισμούς.

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

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

Οι απαιτήσεις των κανονισμών για το μετακεντρικό ύψος που είναι απαραίτητο να υπάρχει σε κάθε περίπτωση, θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

8.4 Προσδιορισμός του μετακεντρικού ύψους.

Η γνώση του μετακεντρικού ύψους και των υπολοίπων στοιχείων ευστάθειας του πλοίου, όπως θα επεξηγηθούν αυτά σε επόμενα κεφάλαια, για κάθε κατάστα-

ση φορτώσεως, αποτελεί ουσιαστική αλλά και νομική υποχρέωση του πλοιάρχου. Με τη γνώση των σχετικών θεμάτων εξασφαλίζεται η απαραίτητη ασφάλεια του πλοίου και η ικανοποίηση των σχετικών κανονισμών, η οποία είναι και υποχρεωτική.

Από τη σχέση (75) διαπιστώνομε ότι η εύρεση του μετακεντρικού ύψους ανάγεται στην εύρεση του KM_T και του KG. Το KM_T βρίσκεται εύκολα από το υδροστατικό διάγραμμα ή από τον υδροστατικό πίνακα ενώ για το KG χρειάζεται μια σειρά από υπολογισμούς βαρών και ροπών δόμοιους με αυτούς των πινάκων 6.4.1, 6.4.2 και 6.4.3.

Όλα τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην κατάρτιση των παραπάνω πινάκων έχουν προκύψει από διάφορους υπολογισμούς γεωμετρίας, τα αποτελέσματα των οποίων είναι συγκεντρωμένα σε σχέδια ή πίνακες που υπάρχουν στο πλοίο.

Η εύρεση των ιδιοτήτων του άφορτου πλοίου (βάρος και θέση κέντρου βάρους), που είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό του μετακεντρικού ύψους του πλοίου σε κάθε κατάσταση φορτώσεως, επιτυγχάνεται με το **πείραμα ευστάθειας**.

8.5 Εύρεση στοιχείων άφορτου πλοίου. Το πείραμα ευστάθειας.

8.5.1 Μέθοδος ευρέσεως στοιχείων του άφορτου πλοίου.

Η εύρεση των στοιχείων του άφορτου πλοίου και συγκεκριμένα του βάρους και της θέσεως του κέντρου βάρους του, μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε **λογιστικά** είτε **πειραματικά**.

Για την εφαρμογή της πρώτης μεθόδου απαραίτητο είναι να καταγράψουμε κάθε ένα στοιχειώδες βάρος από εκείνα που συνθέτουν το άφορτο πλοίο, καθώς και τις αποστάσεις του κέντρου βάρους του από ένα σύστημα συντεταγμένων και να εφαρμόσουμε στη συνέχεια μια διαδικασία ανάλογη με εκείνη του πίνακα 6.4.1. Η μέθοδος αυτή έχει τα παρακάτω μειονεκτήματα:

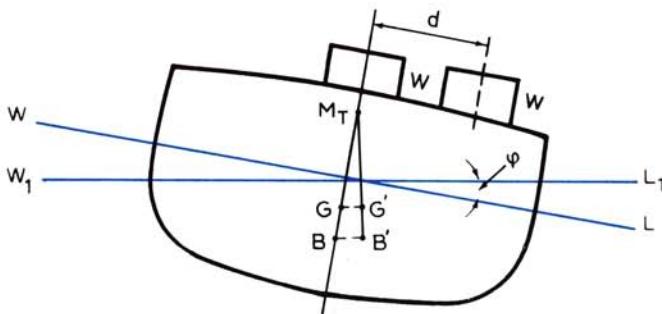
- Απαιτεί υποδιαίρεση της κατασκευής του πλοίου σε πολλά στοιχειώδη τμήματα, ώστε να είναι δυνατό να ληφθούν από τα σχέδια πληροφορίες ως προς το βάρος και τη θέση του κέντρου βάρους τους. Για το λόγο αυτό, το μέγεθος των υπολογισμών είναι τεράστιο.
- Η ακρίβεια της μεθόδου είναι περιορισμένη, είτε επειδή γίνονται διάφορες παραδοχές ως προς τα στοιχεία των επί μέρους βαρών που αποτελούν το άφορτο πλοίο, είτε γιατί πολλά τμήματα της κατασκευής πραγματοποιούνται στην πράξη κατά τρόπο διαφορετικό από εκείνο που φαίνεται στα σχέδια.

Για τους παραπάνω λόγους, ο λογιστικός τρόπος ευρέσεως του βάρους και του κέντρου βάρους του άφορτου πλοίου εφαρμόζεται μόνο στα πολεμικά πλοία, όπου τα σχετικά αποτελέσματα χρησιμοποιούνται μόνο για την πραγματοποίηση ορισμένων προσεγγιστικών προκαταρκτικών υπολογισμών.

Τόσο στα εμπορικά δσο και στα πολεμικά πλοία η εύρεση των στοιχείων του άφορτου πλοίου με ακρίβεια πραγματοποιείται με το **πείραμα ευστάθειας (inclining experiment)**.

8.5.2 Θεωρία του πειράματος ευστάθειας.

Ας θεωρήσουμε ότι το πλοίο του σχήματος 8.5a πλέει με τον ίστο κατακόρυφο



Σχ. 8.5α.

Διαδικασία πειράματος ευστάθειας.

στην ίσαλο WL όταν το βάρος w βρίσκεται στο έπιπεδο συμμετρίας του πλοίου. Αν στη συνέχεια μεταφέρομε το βάρος στη δεξιά πλευρά του καταστρώματος μετακινώντας το κατά απόσταση d , τότε:

- Το πλοίο θα πλεύσει στην ίσαλο W_1L_1 που σχηματίζει γωνία ϕ με την WL .
- Το κέντρο βάρους του πλοίου θα μετακινηθεί από τη θέση G στη θέση G' , όπου η GG' είναι παράλληλη στην ευθεία που συνδέει το κέντρο βάρους του w στην αρχική και τελική του θέση.
- Το κέντρο όγκου των υφάλων του πλοίου θα μετακινηθεί από τη θέση B στη θέση B' . Το B' βρίσκεται πάνω στην κατακόρυφο που περνά από το G' , αλλά η BB' δεν είναι παράλληλη προς την GG' .

Θα έχομε λοιπόν:

$$\text{Ροπή μετακινήσεως βάρους} = wd$$

$$\text{Ροπή βάρους πλοίου} = \Delta GG'$$

Στη θέση ισορροπίας οι δύο παραπάνω ροπές θα είναι ίσες. Επομένως:

$$\Delta GG' = wd$$

Αλλά από το τρίγωνο που σχηματίζεται έχομε ότι $GG' = GM_T$ εφ ϕ . Επομένως:

$$\Delta GM_T \text{ εφ } \phi = wd \quad \text{ή}$$

$$GM_T = \frac{wd}{\Delta \text{ εφφ}} \quad (76)$$

όπου: τα w και d είναι γνωστά,

το Δ μπορεί να βρεθεί από το υδροστατικό διάγραμμα με τα βυθίσματα και την πυκνότητα που έχει το νερό τη στιγμή της εκτελέσεως του πειράματος, η γωνία ϕ μπορεί να μετρηθεί.

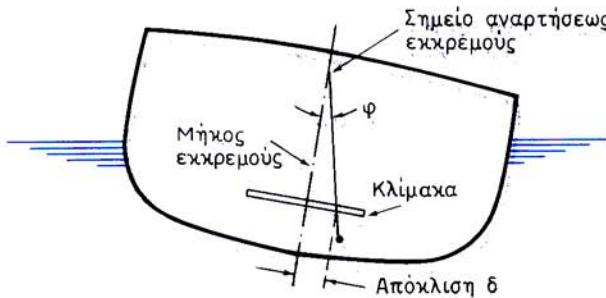
Έτσι, εφόσον όλα είναι γνωστά, είναι δυνατό από τη σχέση (76) να υπολογισθεί το μετακεντρικό ύψος στην κατάσταση του πειράματος. Στη συνέχεια, από τη σχέση (75) με το KM_T γνωστό από το υδροστατικό διάγραμμα, είναι δυνατή η εύρεση του KG του πλοίου στην κατάσταση του πειράματος.

Η παραπάνω διαδικασία είναι γνωστή ως **πείραμα ευστάθειας (inclining experiment)**.

ment και έχει σκοπό να μας δώσει την κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου.

Για τη μέτρηση της γωνίας φ μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα εκκρεμές με μήκος l . Αν δεν είναι η απόκλιση του εκκρεμούς, όπως τη μετράμε πάνω στην κλίμακα (σχ. 8.5β), από το ορθογώνιο τρίγωνο που σχηματίζεται θα έχουμε:

$$\epsilon\phi\phi = \frac{\delta}{l} \quad (77)$$



Σχ. 8.5β.
Μέτρηση γωνίας φ.

8.5.3 Προετοιμασία για την πραγματοποίηση του πειράματος ευστάθειας.

Όπως είδαμε στα προηγούμενα, η θεωρία του πειράματος είναι πολύ απλή. Το πείραμα μπορεί να ολοκληρωθεί σε σύντομο σχετικά χρόνο, αν γίνει σωστά όλη η απαραίτητη προετοιμασία.

Πρώτα απ' όλα, επειδή το εκτόπισμα θα βρεθεί από το υδροστατικό διάγραμμα με βάση τα βυθίσματα, είναι απαραίτητο να έχει επιβεβαιωθεί η ακρίβεια των βυθισμάτων, κατά τη διάρκεια του δεξαμενισμού του πλοίου (πριν από το πείραμα ευστάθειας) ή πριν από την καθέλκυση, αν πρόκειται για νέο πλοίο.

Επίσης καλό θα είναι, εφόσον είναι δυνατό, να υπάρχει και κλίμακα βυθισμάτων στο μέσο του πλοίου, ώστε να μπορεί να βρεθεί με ακρίβεια το εκτόπισμά του, αν το πλοίο έχει κάμψη σαν δοκός (hogging ή sagging). Η σχετική διαδικασία υπολογισμού του εκτοπίσματος με ακρίβεια σε μια τέτοια περίπτωση θα επεξηγηθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Όλα τα κινητά βάρη που βρίσκονται πάνω στο πλοίο θα πρέπει να αφαιρεθούν. Όσα από αυτά δεν είναι δυνατό να αφαιρεθούν, θα πρέπει, για λόγους μέλλοντικής αναφοράς στην κατάσταση του πλοίου, να καταγραφούν με λεπτομέρειες, για να περιληφθούν στη λεγόμενη **αναφορά πειράματος ευστάθειας (inclining experiment report)**.

Με σκοπό να καθορισθούν τα απαραίτητα για το πείραμα βάρη, θα πρέπει να γίνει μια πρώτη εκτίμηση του μετακεντρικού ύψους λογιστικά. Αν και υπάρχει διαδικασία πραγματοποίησεως πειράματος ευστάθειας σε πλοίο με αρνητικό μετακεντρικό ύψος, στην πράξη το πείραμα γίνεται πάντοτε με θετικό μετακεντρικό ύψος και μάλιστα μεγαλύτερο από 30 cm. Για την επιλογή των βαρών λαμβάνεται υπό-

ψη ότι τα αποτελέσματα του πειράματος είναι αρκετά ακριβή, όταν η γωνία εγκάρσιας κλίσεως είναι μεταξύ $1\frac{1}{2}$ έως 2° .

Για τη μέτρηση της γωνίας με ακρίβεια πρέπει να χρησιμοποιηθούν εκκρεμή με όσο το δυνατό μεγαλύτερο μήκος. Για το σκοπό αυτό η τοποθέτησή τους γίνεται κυρίως μέσα στα κύτη ή στο μηχανοστάσιο, όπου υπάρχει συνήθως η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν εκκρεμή με μεγάλο ύψος (μήκος). Επειδή τα εκκρεμή με μεγάλο μήκος παρουσιάζουν σοβαρή ταλάντωση, η οποία εμποδίζει την πραγματοποίηση της μετρήσεως, συνηθίζεται το άκρο τους να βυθίζεται μέσα σε ένα δοχείο με νερό ή λάδι.

Σε επόμενο κεφάλαιο θα δούμε ότι το μετακεντρικό ύψος του πλοίου επηρεάζεται πολύ σημαντικά από την ύπαρξη ελευθέρων επιφανειών υγρών μέσα στις δεξαμενές ή στα διαμερίσματα του πλοίου. Έτσι, για μεγαλύτερη ακρίβεια στο πείραμα, οι δεξαμενές του πλοίου θα πρέπει να είναι **είτε απολύτως κενές είτε απολύτως γεμάτες**.

Αν όμως αυτό δεν είναι δυνατό, τότε καλό θα είναι οι αντίστοιχες δεξαμενές να βρίσκονται στη μέση περίπου της μέγιστης στάθμης τους. Στην περίπτωση βέβαια αυτή οι επιδράσεις των δεξαμενών κατά το πείραμα θα πρέπει να υπολογισθούν λογιστικά. Επίσης δεν θα πρέπει να υπάρχουν καθόλου υγρά στις σεντίνες του πλοίου.

Κατά την έναρξη του πειράματος το πλοίο θα πρέπει να είναι απόλυτα κατακόρυφο και να έχει όσο το δυνατό μικρότερη διαγωγή. Θα πρέπει επίσης να εξασφαλισθεί ότι κατά την πραγματοποίηση των εγκαρσίων κλίσεων δεν δημιουργείται επαφή του πλοίου με το βυθό ή με το κρηπίδωμα, πράγμα που θα εμπόδιζε την απαραίτητη για την ακρίβεια του πειράματος ελεύθερη κίνησή του.

Τέλος, από τις πιο ουσιώδεις προετοιμασίες είναι η σωστή πληροφόρηση του πληρώματος του πλοίου ή των τεχνιτών του ναυπηγείου γύρω από τις λεπτομέρειες του πειράματος και τα καθήκοντά τους κατά τη διάρκειά του.

8.5.4 Εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας.

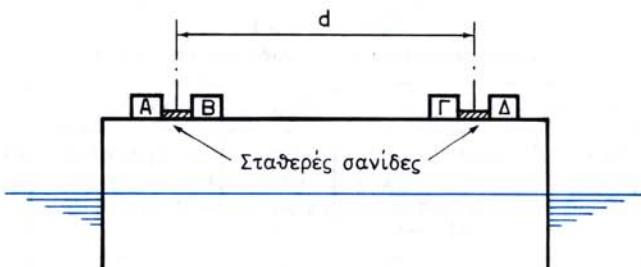
Η εκτέλεση του πειράματος πραγματοποιείται με το πλοίο να πλέει μέσα σε μόνιμη δεξαμενή ή σε μικρό προστατευμένο λιμενίσκο, ώστε να μην επηρεάζεται καθόλου από άνεμο, κύμα ή ρεύμα. Προετοιμάζονται δύο ή περισσότερα εκκρεμή και μετράται η θερμοκρασία και η πυκνότητα του νερού που περιβάλλει το πλοίο από δείγματα νερού που λαμβάνονται στην πλώρη, το μέσο και την πρύμη και σε διάφορα βάθη, όπως έχει ήδη επεξηγηθεί στην παράγραφο 2.3.

Όλο το προσωπικό που δεν είναι απαραίτητο για την εκτέλεση του πειράματος αποβιβάζεται από το πλοίο.

Αφού το προσωπικό που θα κάνει τις αναγνώσεις των εκκρεμών καταλάβει τη θέση του και αποκαταστήσει επικοινωνία (με τηλέφωνο) με τον επικεφαλής της εκτελέσεως του πειράματος, χαλαρώνονται οι κάβοι προσδέσεως του πλοίου και αρχίζουν οι μετακινήσεις των βαρών. Τα βάρη που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως ογκόλιθοι από σκυρόδεμα ή χυτοσιδηρά βάρη που έχουν προηγουμένως ζυγισθεί και υποδιαιρούνται σε τέσσερις ομάδες (Α,Β,Γ και Δ στο σχήμα 8.5γ).

Πραγματοποιούνται οι παρακάτω κινήσεις:

- Το βάρος Α φέρεται σε θέση πάνω από το Γ.
- Το βάρος Β φέρεται σε θέση πάνω από το Δ.



Σχ. 8.5γ.
Κινήσεις βαρών σε πείραμα ευστάθειας.

- Τα βάρη Α και Β επαναφέρονται στην αρχική τους θέση.
- Το βάρος Γ φέρεται σε θέση πάνω από το Α.
- Το βάρος Δ φέρεται σε θέση πάνω από το Β.
- Τα βάρη Γ και Δ επαναφέρονται στην αρχική τους θέση.

Συχνά τα βάρη λαμβάνονται ίσα μεταξύ τους. Σε κάθε θέση, το προσωπικό που βρίσκεται στα εκκρεμή μετρά τις αποκλίσεις οι οποίες, σε συσχετισμό με την αρχική ένδειξη (πριν δηλαδή πραγματοποιηθεί η πρώτη μετακίνηση), οδηγούν στην εύρεση της εφαπτομένης της γωνίας εγκάρσιας κλίσεως.

8.5.5 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος ευστάθειας.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος ευστάθειας γίνεται κατά διάφορους τρόπους, οι οποίοι ανάγονται στις γνώσεις του Ναυπηγού. Ένας από τους πιο συνηθισμένους τρόπους φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα.

Παράδειγμα.

Από τα βυθίσματα ενός πλοίου, στο οποίο πραγματοποιείται πείραμα ευστάθειας σύμφωνα με τη διαδικασία της παραγράφου 8.5.4, βρέθηκε ότι το εκτόπισμά του είναι 6000 MT και $KM_T = 8,32 \text{ m}$.

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 4 βάρη το καθένα από τα οποία ζύγιζε 10 MT . Η μετακίνηση κάθε βάρους ήταν ίση με 10 m . Με ένα εκκρεμές μήκους 7 m μετρήθηκαν αποκλίσεις $31, 63, 1, -30, -62$ και 0 cm . Να βρεθεί η κατακόρυφη θέση (KG) του πλοίου στην παραπάνω κατάσταση.

Με τα στοιχεία των μετρήσεων καταρτίζομε τον πίνακα 8.5.1.

8.5.6 Αναφορά πειράματος ευστάθειας (*Inclining experiment report*).

Τα στοιχεία του πλοίου κατά την πραγματοποίηση του πειράματος ευστάθειας και τα αντίστοιχα αποτελέσματα καταγράφονται στην **αναφορά του πειράματος ευστάθειας**, η οποία συνοπτικά περιλαμβάνει:

- Τα στοιχεία, τη θέση και τις αποκλίσεις των εκκρεμών.
- Τη θέση και τα βάρη που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα.
- Τα βυθίσματα του πλοίου με λεπτομέρειες και τη θερμοκρασία και πυκνότητα του νερού.
- Τα κινητά βάρη που υπήρχαν πάνω στο πλοίο και τις συντεταγμένες τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.5.1
Ανάλυση αποτελεσμάτων πειράματος ευστάθειας

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6
Κίνηση βαρών	Ροπή βάρους (MT-m)	Αλλαγή ροπής από προηγούμενη κατάσταση (MT - m)	Απόκλιση όπως μετρήθηκε (cm)	Αλλαγή αποκλίσεως από προηγούμενη κατάσταση cm	Αλλαγή αποκλίσεως ανά 100 (MT-m) αλλαγής ροπής
Από το Α στο Γ	100	100-0=100	31	31-0=31	31
Από το Β στο Δ	200	200-100=100	63	63-31=32	32
Επαναφορά Α,Β στην αρχική θέση	0	0-200=-200	1	1-63=-62	31
Από το Γ στο Α	-100	-100-0=-100	-30	-30-1=-31	31
Από το Δ στο Β	-200	-200-(-100)=-100	-62	-62-(-30)=-32	32
Επαναφορά Γ,Δ στην αρχική θέση	0	0-(-200)=200	0	0-(-62)=62	31
ΣΥΝΟΛΟ					188

Μέσος όρος αποκλίσεων $\delta = 188/6 = 31,33$ cm.

Από τη σχέση (77):

$$\epsilon_{\text{ΦΦ}} = \frac{\delta}{l} = \frac{31,33/100}{7} = 0,00447$$

Από τη σχέση (76):

$$GM_T = \frac{wd}{\Delta \epsilon_{\text{ΦΦ}}} = \frac{100}{(6000) \times (0,00447)} = 0,372 \text{ m}$$

Από τη σχέση (75):

$$KG = KM_T - GM_T = 8,32 - 0,372 = 7,928 \text{ m}$$

Διευκρινίζεται ότι όταν υπάρχουν περισσότερα από ένα εκκρεμή, στη στήλη 4 του πίνακα 8.5.1 γράφεται ο μέσος όρος των ενδείξεων τους σε κάθε κίνηση και εφαρμόζεται στη συνέχεια η ίδια διαδικασία.

- Τον υπολογισμό του εκτοπίσματος κατά το πείραμα και τους υπολογισμούς ευρέσεως του άφορτου εκτοπίσματος.
- Τον υπολογισμό της κατακόρυφης θέσεως του κέντρου βάρους του πλοίου.
- Την ποσότητα και το είδος των υγρών που περιέχει κάθε δεξαμενή.

Η αναφορά του πειράματος ευστάθειας είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία του πλοίου και πρέπει να φυλάσσεται για όλη τη ζωή του, γιατί αποτελεί βασικό στοιχείο για πάρα πολλούς υπολογισμούς που ανάγονται στη χρησιμοποίησή του. Στο πείραμα ευστάθειας των εμπορικών πλοίων παρευρίσκονται και εκπρόσωποι της Κρατικής Αρχής (για την Ελλάδα ΥΕΝ/ΕΕΠ) και του νηογνώμονα, οι οποίοι υπογράφουν την αναφορά του πειράματος καθιστώντας την έτσι αποδεκτή διεθνώς.

8.5.7 Συχνότητα πραγματοποίησεως του πειράματος.

Το πείραμα ευστάθειας πραγματοποιείται στο (σχεδόν) άφορτο πλοίο όταν ο εξοπλισμός του έχει συμπληρωθεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό, δηλαδή λίγο πριν από τις δοκιμές παραλαβής του. Κανονικά και εφόσον το πλοίο δεν μετασκευασθεί σε μεγάλη έκταση, δεν είναι απαραίτητη η επανάληψή του κατά τη διάρκεια της ζωής του πλοίου.

Η Κρατική Αρχή που ελέγχει το πλοίο αποφασίζει σε ποιές περιπτώσεις μετασκευής του είναι απαραίτητη η επανάληψη του πειράματος.

8.5.8 Πρόχειρο πείραμα ευστάθειας.

Σε περίπτωση που υπάρχει σοβαρή ανησυχία ως προς το μετακεντρικό ύψος ενός πλοίου σε κάποια κατάσταση φορτώσεως, ο Πλοίαρχος μπορεί να προβεί στην εκτέλεση ενός πρόχειρου πειράματος ευστάθειας.

Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να προσπαθήσει να φέρει το πλοίο σε κατάσταση που να προσεγγίζει όστο το δυνατό περισσότερο τις συνθήκες του κανονικού πειράματος όπως έχουν προαναφερθεί. Οι εγκάρσιες κλίσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με το να αφαιθεί να ακουμπήσει μια «σαμπανία» φορτίου με γνωστό βάρος στις πλευρές του καταστρώματος. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων θα πρέπει να γίνει με χρησιμοποίηση της θεωρίας του πειράματος που έχει προαναφερθεί. Ένα τέτοιο πείραμα αποσκοπεί μάλλον στην εύρεση του μετακεντρικού ύψους του πλοίου στην κατάσταση που βρίσκεται παρά στην εύρεση της κατακόρυφης θέσεως του κέντρου βάρους του για μελλοντική χρήση. Διευκρινίζεται πάντως ότι τέτοια πειράματα δεν γίνονται συχνά.

8.5.9 Πείραμα ευστάθειας με μηδενικό ή αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

Αν και υπάρχει τρόπος να γίνει πείραμα ευστάθειας και σ' αυτή την περίπτωση στην πράξη το αποφεύγομε γιατί είναι δύσκολο και τα αποτελέσματά του θεωρούνται αναξιόπιστα. Γενικά επιδιώκεται τα πειράματα ευστάθειας να γίνονται με σημαντικό θετικό μετακεντρικό ύψος.

Ένδειξη υπάρξεως αρνητικού μετακεντρικού ύψους, όπως θα εξηγήσουμε και στα επόμενα, είναι η τάση του πλοίου να παίρνει μικρή κλίση άλλοτε προς τα δεξιά και άλλοτε προς τα αριστερά, χωρίς να υπάρχει εξωτερική αιτία.

8.6 Προσδιορισμός μετακεντρικού ύψους από την περίοδο διατοιχισμού.

Στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου και ειδικότερα στο κεφάλαιο των κινήσεων του πλοίου δίνονται οι παρακάτω σχέσεις, οι οποίες συσχετίζουν την περίοδο διατοιχισμού του και το μετακεντρικό του ύψος:

$$T_{\phi} \simeq \frac{2 K_{xx}}{\sqrt{GM_T}} \quad (\text{Μετρικό σύστημα μονάδων}) \quad (78)$$

ή

$$T_{\phi} \simeq \frac{1,108 K_{xx}}{\sqrt{GM_T}} \quad (\text{Αγγλικό σύστημα μονάδων}) \quad (79)$$

όπου: T_{ϕ} είναι η περίοδος διατοιχισμού του πλοίου σε sec,
 GM_T το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος σε m ή ft και
 K_{xx} η ακτίνα αδράνειας της μάζας του πλοίου γύρω από διαμήκη άξονα που
 περνά από το κέντρο βάρους του πλοίου σε m ή ft.

Ένας απλός τρόπος να εκτιμήσει κανείς την τιμή της ακτίνας αδράνειας K_{xx} , ο ακριβής υπολογισμός της οποίας είναι αρκετά επίπονος, είναι με τη χρησιμοποίηση της προσεγγιστικής σχέσεως:

$$K_{xx} = CB \quad (80)$$

όπου: B το πλάτος του πλοίου σε m ή ft και

C σταθερός συντελεστής με τιμή:

για επιβατικά και φορτηγά : C = 0,42

για ρυμουλκά : C = 0,35

και για πολεμικά : C = 0,38 έως 0,40

Από τις παραπάνω σχέσεις βλέπομε ότι, αν γνωρίζουμε την περίοδο διατοιχισμού ενός πλοίου, εύκολα μπορούμε να προβούμε σε κάποια εκτίμηση του μετακεντρικού του ύψους. Η ιδέα αυτή έχει οδηγήσει στην εκτέλεση ενός πειράματος γνωστού με την ονομασία **Sallying experiment**. Στο πείραμα αυτό θέτομε το πλοίο τεχνητά σε ταλάντωση και μετράμε την περίοδο του διατοιχισμού του σε ήρεμο νερό. Σε μικρά πλοία η ταλάντωση μπορεί να δημιουργηθεί με τη μετακίνηση του πληρώματος από την μια πλευρά του καταστρώματος στην άλλη.

Στη συνέχεια το πλήρωμα έρχεται στο μέσο του καταστρώματος και με ένα χρονόμετρο μετράται ο χρόνος 2 ή 3 περιόδων, ώστε να μπορέσουμε να βρούμε το μέσο όρο της περιόδου. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε ταλάντωση στα πολεμικά πλοία. Στα εμπορικά η ταλάντωση δημιουργείται με άλλες μεθόδους, η πιο συνηθισμένη από τις οποίες είναι το απότομο μαϊνάρισμα μιας σχετικά μεγάλης παρτίδας φορτίου στο κρηπίδωμα. Για να έχει κάποια ακρίβεια το πείραμα, η πρόσδεση του πλοίου στην ξηρά θα πρέπει να είναι χαλαρή.

Η παραπάνω μέθοδος χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του μετακεντρικού ύψους πλοίων με φορτία στο κατάστρωμα, όπως π.χ. ξυλεία, σε αρκετά λιμάνια του Καναδά και της Βόρειας Ευρώπης.

Κάποια εκτίμηση της περιόδου του διατοιχισμού μπορεί επίσης να γίνει όταν το πλοίο ταξιδεύει είτε με τη βοήθεια των κινήσεων που πραγματοποιεί μόνο του λόγω μικρού κυματισμού είτε με στροφή του πηδαλίου πότε δεξιά και πότε αριστερά (zig-zag maneuver), όταν δεν υπάρχει κυματισμός. Τα πειράματα βέβαια αυτά δεν έχουν μεγάλη ακρίβεια ως προς τα αποτελέσματά τους.

Παράδειγμα.

Το πλοίο A πλέει σε βύθισμα 11 m. Το πλάτος του είναι 28,95 m. Σε τρεις με-

τρήσεις της περιόδου διατοιχισμού (χρόνος για μια πλήρη ταλάντωση από αριστερά δεξιά και πάλι αριστερά) μετρήθηκαν χρόνοι 15,8, 16,0 και 16,9 sec. Να εκτιμηθεί το μετακεντρικό ύψος του πλοίου στην κατάσταση του πειράματος.

Ο μέσος όρος της περιόδου διατοιχισμού είναι:

$$T_{\phi} = \frac{15,8 + 16,0 + 16,9}{3} = 16,23 \text{ sec}$$

Από τη σχέση (80):

$$K_{xx} = CB = (0,42) (28,95) = 12,159 \text{ m}$$

Από τη σχέση (78):

$$GM_T = 4 \frac{K_{xx}^2}{T_{\phi}^2} = 4 \frac{(12,159)^2}{(16,23)^2} = 2,245 \text{ m}$$

Η παραπάνω μέθοδος περιγράφεται με λεπτομέρειες σε κανονισμούς σχετικά με την ευστάθεια πλοίων με μήκος κάτω από 100 m, που εξέδωσε ο IMCO (International maritime organization) το 1968. Οι κανονισμοί περιέχουν και πιο ακριβείς για κάθε περίπτωση τιμές του συντελεστή C.

8.7 Διαγράμματα περιόδου διατοιχισμού - μετακεντρικό ύψους.

Σε μερικά σύγχρονα πλοία υπάρχουν διαγράμματα που συσχετίζουν το μετακεντρικό ύψος με την περίοδο διατοιχισμού και με το μέσο βύθισμα του πλοίου. Τα διαγράμματα αυτά προκύπτουν από λεπτομερείς υπολογισμούς της ροπής αδράνειας K_{xx} .

Η παρακάτω σχέση, που οφείλεται στον H. Kato (1956), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τέτοιων διαγραμμάτων για οποιοδήποτε πλοίο:

$$\left(\frac{K_{xx}}{B} \right)^2 \simeq F \cdot [C_B \cdot C_x + 1,10 \cdot C_x \cdot (1 - C_B) \cdot \left(\frac{D_1}{H} - 2,2 \right) + \frac{D_1^2}{B^2}] \quad (81)$$

όπου: C_B είναι ο συντελεστής γάστρας σε κάθε βύθισμα H,

C_x ο συντελεστής ισάλου επιφάνειας,

H το μέσο βύθισμα του πλοίου σε m ή ft,

$$D_1 = D + \frac{A}{L} \text{ σε m ή ft,}$$

A η εγκάρσια προβολή των υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων του πλοίου σε m^2 ή ft^2 ,

D το κοίλο του πλοίου σε m ή ft,

B το πλάτος του πλοίου σε m ή ft,

K_{xx} η ακτίνα αδράνειας της μάζας του πλοίου σε m ή ft και

F συντελεστής με τιμές:

0,125 για επιβατικά και φορτηγά και

0,133 για πετρελαιοφόρα.

Όπως θα δούμε στα επόμενα παράδειγμα, για τη χρησιμοποίηση της σχέσεως (81) χρειάζονται μόνο στοιχεία του πλοίου που υπάρχουν στο υδροστατικό του διάγραμμα.

Παράδειγμα 1.

Να καταρτισθεί διάγραμμα μέσου βυθίσματος - περιόδου διατοιχισμού - μετακεντρικού ύψους για το πλοίο A με χρησιμοποίηση των υδροστατικών στοιχείων του που περιέχονται στον πίνακα 5.6.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.7.1
Υπολογισμός ροπής αδράνειας K_{xx} για το πλοίο Α

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8	ΣΤΗΛΗ 9
Βύθισμα H (m)	Εκτόπισμα Δ (από πίνακα 5.6.1, MT)	Όγκος εκτοπί- σματος $V =$ (2)/1,025	$C_B = \frac{V}{LBH}$	TPC (από πίνακα 5.6.1)	$\frac{C_x =}{TPC \times 100}$ $\frac{}{1,025 LB}$	$(\frac{K_{xx}}{B})^2$ [από σχέση (81)]	$\frac{K_{xx}}{B} = \sqrt{7}$	$K_{xx} =$ $B \times (8)$ (m)
5,0	21827	21294	0,766	46,7	0,819	0,184	0,429	12,419
6,0	26535	25887	0,776	47,2	0,828	0,168	0,410	11,869
7,0	31305	30541	0,785	47,7	0,837	0,157	0,397	11,493
8,0	36116	35235	0,792	48,3	0,848	0,150	0,387	11,203
9,0	40980	39980	0,799	49,0	0,860	0,145	0,381	11,030
10,0	45905	44785	0,805	49,8	0,874	0,142	0,377	10,914
11,0	50914	49672	0,812	50,6	0,888	0,141	0,375	10,856
12,0	56038	54671	0,819	51,5	0,904	0,140	0,374	10,827
13,0	61245	59751	0,827	52,3	0,918	0,139	0,374	10,827

ΣΤΑΘΕΡΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ Α

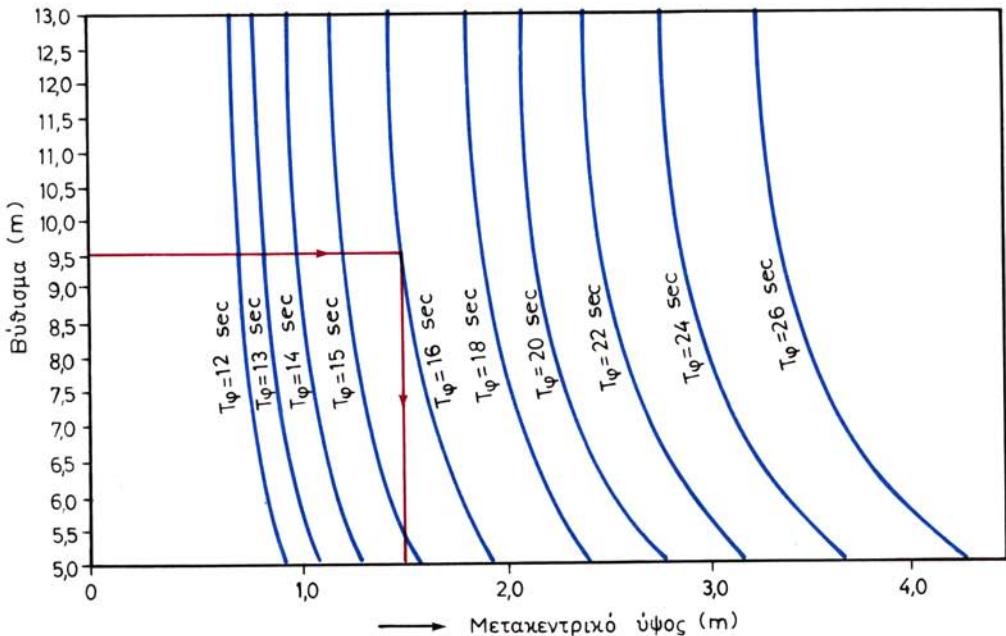
Μήκος μεταξύ καθέτων = L = 192 m

Πλάτος = B = 28,95 m

Κοίλο = D = 16,306

Προσβεβλημένη επιφάνεια υπερστεγασμάτων = A = 700 m²

$$D_1 = D + \frac{A}{L} = 16,306 + \frac{700}{192} = 19,951 \text{ m}$$



Σχ. 8.7.

Διάγραμμα μετακεντρικού ύψους - βυθίσματος - περιόδου διατοιχισμού του πλοίου Α.

Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πλοίου είναι:

- Μήκος μεταξύ καθέτων $L = 192 \text{ m}$
- Πλάτος $B = 28,95 \text{ m}$
- Κοίλο $D = 16,306 \text{ m}$
- Επιφάνεια εγκάρσιας προβολής υπερκατασκευής $A = 700 \text{ m}^2$

Η εφαρμογή της σχέσεως (81) για διάφορα βυθίσματα γίνεται στον πίνακα 8.7.1, στη στήλη 9 του οποίου δίνονται οι τιμές της ροπής αδράνειας K_{xx} . Στη συνέχεια για διάφορες αυθαίρετες τιμές της περιόδου διατοιχισμού, οι οποίες στο παράδειγμα κυμαίνονται από 26 έως 12 sec, υπολογίζομε από τη σχέση (78) το μετακεντρικό ύψος, όπως φαίνεται με λεπτομέρειες στον πίνακα 8.7.2.

Τα αποτέλεσματα έχουν χαραχθεί στο σχήμα 8.7, το οποίο αποτελεί και ένα παράδειγμα διαφράγματος περιόδου διατοιχισμού - μετακεντρικού ύψους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.7.2

Τιμές του μετακεντρικού ύψους για διάφορα βυθίσματα και περιόδους διατοιχισμού του πλοίου Α

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3 [από σχέση (78) για κάθε T_ϕ και K_{xx}]									
Βύθισμα H (m)	K_{xx} (από πίνακα 8.7.1)	Περίοδος διατοιχισμού, T_ϕ (sec)									
		26	24	22	20	18	16	15	14	13	12
5,0	12,419	0,912	1,071	1,274	1,542	1,904	2,377	2,741	3,147	3,649	4,283
6,0	11,869	0,833	0,977	1,163	1,408	1,739	2,200	2,503	2,873	3,332	3,911
7,0	11,493	0,781	0,917	1,093	1,321	1,631	2,064	2,348	2,695	3,126	3,669
8,0	11,203	0,742	0,871	1,037	1,255	1,549	1,961	2,231	2,561	2,970	3,486
9,0	11,030	0,719	0,844	1,004	1,216	1,502	1,900	2,161	2,481	2,878	3,377
10,0	10,914	0,704	0,827	0,984	1,191	1,471	1,861	2,117	2,430	2,818	3,308
11,0	10,856	0,697	0,818	0,973	1,178	1,455	1,841	2,094	2,404	2,788	3,272
12,0	10,827	0,693	0,814	0,968	1,172	1,447	1,831	2,083	2,391	2,774	3,255
13,0	10,827	0,693	0,814	0,968	1,172	1,447	1,831	2,083	2,391	2,774	3,255

Παράδειγμα 2.

Σε πείραμα «sallying» του πλοίου Α όταν πλέει με μέσο βύθισμα 9,5 m, μετρήθηκε περίοδος διατοιχισμού 16 sec. Να εκτιμηθεί το μετακεντρικό ύψος του πλοίου στην κατάσταση του πειράματος.

Η λύση του προβλήματος φαίνεται με κόκκινη γραμμή στο διάγραμμα του σχήματος 8.7. Από την ανάγνωση του διαγράμματος γίνεται φανερό ότι το μετακεντρικό ύψος είναι 1,5 m.

Με το παράδειγμα αυτό φαίνεται πόσο απλοποιείται η εκτίμηση του μετακεντρικού ύψους, όταν υπάρχει στο πλοίο το σχετικό διάγραμμα.

8.8 Επίδραση ελευθέρων επιφανειών υγρών.

8.8.1 Γενικά.

Όπως είναι γνωστό, για να καλυφθούν οι λειτουργικές απαιτήσεις κάθε πλοίου, είναι απαραίτητο να υπάρχουν σ' αυτό δεξαμενές για την αποθήκευση διαφόρων υγρών, όπως πόσιμο ή τροφοδοτικό νερό, πετρέλαιο λεβήτων ή Diesel, λάδι λιπάνσεως και υγρό έρμα. Στις διάφορες καταστάσεις φορτώσεως του πλοίου, άλλες από τις δεξαμενές αυτές είναι τελείως γεμάτες, άλλες τελείως κενές και μερικές είναι μισογεμάτες. Ο όρος **ελεύθερη επιφάνεια** (*free surface*) χρησιμοποιείται για την επιφάνεια του υγρού σε δεξαμενές που είναι γεμάτες μέχρι κάποια ενδιάμεση στάθμη.

Ο λόγος για τον οποίο παρακολουθούμε τις ελεύθερες επιφάνειες κάθε πλοίου είναι γιατί, όπως θα δούμε παρακάτω, αυτές επηρεάζουν σημαντικά την ευστάθειά του και κυρίως την εγκάρσια. Οι ελεύθερες επιφάνειες μπορούν επίσης να δημιουργήσουν και τοπικά προβλήματα αντοχής στη μεταλλική κατασκευή που αποτελεί τα όρια μιας δεξαμενής.

Ελεύθερες επιφάνειες δεν υπάρχουν μόνο μέσα στις δεξαμενές του πλοίου, αλλά και σε οποιοδήποτε χώρο μπορούν να συγκεντρωθούν ποσότητες υγρών, όπως π.χ. οι σεντίνες. Στην περίπτωση μάλιστα αυτή το πρόβλημα μπορεί να είναι ακόμα πιο σοβαρό, γιατί συχνά η προσοχή του πληρώματος ως προς το να αποφεύγεται η δημιουργία και ύπαρξη τέτοιων ελευθέρων επιφανειών στο πλοίο είναι πιο χαλαρή για τους παραπάνω χώρους από ό,τι για τις δεξαμενές.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε την επίδραση που έχουν οι ελεύθερες επιφάνειες στην εγκάρσια αρχική ευστάθεια του πλοίου και θα αναφέρομε ορισμένα στοιχεία σχετικά με την αντοχή της μεταλλικής κατασκευής, η οποία περιβάλλει δεξαμενές που περιέχουν υγρά με ελεύθερες επιφάνειες. Η επίδραση των ελευθέρων επιφανειών στη διαμήκη ευστάθεια του πλοίου είναι πολύ μικρή και γι' αυτό δεν εξετάζεται.

Σε επόμενο κεφάλαιο θα εξετασθεί η επίδραση που έχουν οι ελεύθερες επιφάνειες στην ευστάθεια μεγάλων γωνιών κλίσεως.

8.8.2 Επίδραση ελεύθερης επιφάνειας υγρών στην εγκάρσια ευστάθεια.

Το πλοίο του σχήματος 8.8α πλέει αρχικά στην ίσαλο WL και έχει μια δεξαμενή με ελεύθερη επιφάνεια w_l. Μικρή εγκάρσια κλίση του πλοίου δΦ αναγκάζει το πλοίο να πλεύσει στην ίσαλο W₁L₁, ενώ η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής παίρνει τη θέση w₁l₁. Στο σχήμα και στην ανάλυση που ακολουθεί, χρησιμοποιούμε τους παρακάτω συμβολισμούς:

B το κέντρο όγκου του πλοίου στην κατακόρυφη θέση,

G το κέντρο βάρους του πλοίου στην κατακόρυφη θέση,

M_T το εγκάρσιο μετάκεντρο του πλοίου,

G₁ η θέση του κέντρου όγκου του πλοίου όταν έχει κλίση δΦ,

g το κέντρο βάρους του υγρού της δεξαμενής όταν το πλοίο βρίσκεται σε κατακόρυφη θέση,

g₁ το κέντρο βάρους του υγρού της δεξαμενής όταν το πλοίο έχει εγκάρσια κλίση δΦ,

γ_t το ειδικό βάρος του υγρού που βρίσκεται μέσα στη δεξαμενή,

γ_w το ειδικό βάρος του νερού που περιβάλλει το πλοίο.

Η μετακίνηση της σφήνας του υγρού που αρχικά βρισκόταν στην αριστερή πλευρά της δεξαμενής προς τα δεξιά, λόγω της κλίσεως, έχει ως αποτέλεσμα να μεταφερθεί το κέντρο βάρους του υγρού από το g στο g₁. Η απόσταση d από το ορθογώνιο τρίγωνο που σχηματίζεται είναι ίση με g_{m₁} ημδΦ.

Σε αναλογία τώρα με ολόκληρο το πλοίο (στοιχείο 7 της παραγράφου 5.6), επειδή το g είναι και κέντρο βάρους αλλά και κέντρο όγκου του υγρού της δεξαμενής, θα έχουμε:

$$g_{m_1} = \frac{i}{u} \quad (82)$$

όπου: i είναι η ροπή αδράνειας της επιφάνειας του υγρού ως προς διαμήκη άξονα που περνάει από το κέντρο της (m^4 ή ft^4) και u ο όγκος του υγρού της δεξαμενής σε m^3 ή ft^3 .

Η παραπάνω συνιστώσα της μετακινήσεως του κέντρου βάρους της δεξαμενής δημιουργεί μια αντίστοιχη συνιστώσα μετακινήσεως του κέντρου βάρους του πλοίου, την GG_1 , που είναι παράλληλη προς την ίσαλο W, L_1 , και, με βάση το θεώρημα των ροπών, μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$\Delta \cdot GG_1 = w \cdot d \quad (83)$$

όπου w είναι το βάρος του υγρού μέσα στη δεξαμενή.

Αν λάβομε υπόψη ότι:

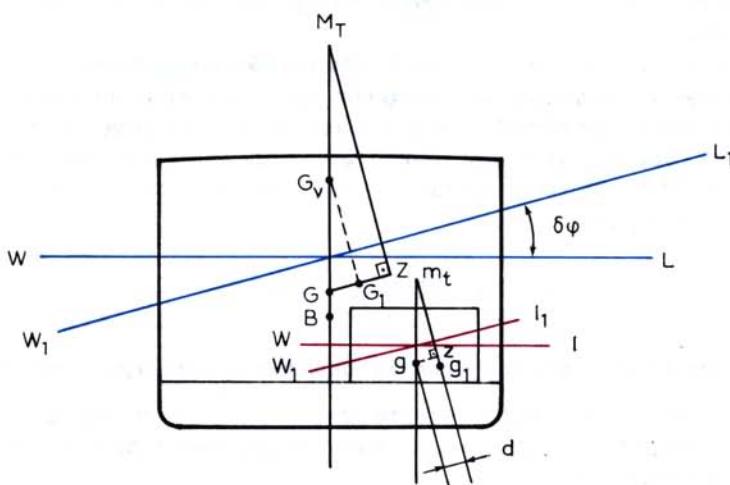
$$\Delta = \bar{V} \gamma_w, w = u \gamma_t, d = g_m t \text{ ημδφ} \text{ και } \gamma_m t = -\frac{i}{u}$$

έχουμε από τη σχέση (83):

$$\bar{V} \gamma_w GG_1 = u \gamma_t \frac{i}{u} \text{ ημδφ}$$

ή

$$GG_1 = \frac{\gamma_t}{\gamma_w} \cdot \frac{i}{\bar{V}} \text{ ημδφ} \quad (84)$$



Σχ. 8.8a.
Επίδραση ελεύθερης επιφάνειας.

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι **η μετακίνηση GG_1 , λόγω της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού στη δεξαμενή είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα του υγρού.**

Αν η δεξαμενή ήταν τελείως γεμάτη, η εγκάρσια κλίση του πλοίου δεν θα δημιουργούσε καμιά μεταβολή στη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου και επομένως ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς θα ήταν ίσος με GZ , που, για μικρές γωνίες κλίσεως, είναι επίσης ίσος με GM_T ήμδφ. Με την ύπαρξη όμως της ελεύθερης επιφάνειας, δημιουργείται μετακίνηση του κέντρου βάρους με συνιστώσα GG_1 , η οποία δίνεται από τη σχέση (84). Έτσι, σ' αυτή την περίπτωση, ο βραχίονας επαναφοράς είναι:

$$GG_1 = GZ - GG_1 = GZ - \frac{Y_t}{Y_w} \cdot \frac{i}{V} \text{ ήμδφ} \quad (85)$$

Από το σχήμα 8.8α φαίνεται ότι, αν το κέντρο βάρους του πλοίου βρισκόταν στο σημείο G_v και όχι στο G , θα είχαμε βραχίονα επαναφοράς ίσο με αυτόν που δίνει η σχέση (85).

Από το ορθογώνιο τρίγωνο GG_1, G_v, G έχουμε:

$$GG_v = \frac{GG_1}{\text{ημδφ}} = \frac{\frac{Y_t}{Y_w} \cdot \frac{i}{V} \text{ ήμδφ}}{\eta \text{ημδφ}} = \frac{Y_t}{Y_w} \cdot \frac{i}{V} \quad (86)$$

Αν περιορισθούμε στην εξέταση της αρχικής εγκάρσιας ευστάθειας, βλέπομε ότι **το αποτέλεσμα της ελεύθερης επιφάνειας μπορεί να ληφθεί υπόψη αν θεωρήσουμε ότι το κέντρο βάρους του πλοίου βρίσκεται κατακόρυφα στη θέση G_v , και επομένως το μετακεντρικό ύψος είναι $G_v M_T$ και όχι GM_T .**

Το μέγεθος $G_v M_T$ ονομάζομε **φαινομενικό μετακεντρικό ύψος (virtual metacentric height)**.

Πιο απλά, τα παραπάνω σημαίνουν ότι **κάθε ελεύθερη επιφάνεια δεξαμενής στο πλοίο συνεπάγεται μια φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους του, η οποία έχει ως επακόλουθο την ελάττωση του μετακεντρικού του ύψους του μοχλοβραχίονα επαναφοράς και της ροπής επαναφοράς, όταν υπάρχει εγκάρσια κλίση.**

Όταν στο πλοίο υπάρχουν περισσότερες από μια ελεύθερες επιφάνειες, η σχέση (86) παίρνει τη μορφή:

$$GG_v = \Sigma \frac{Y_t}{Y_w} \cdot \frac{i}{V} \quad (87)$$

8.8.3 Πρακτικοί τρόποι υπολογισμού της επιδράσεως ελεύθερης επιφάνειας.

Από τη σχέση (87) παρατηρούμε ότι το μόνο στοιχείο από τη γεωμετρία της δεξαμενής που επηρεάζει τους σχετικούς υπολογισμούς, είναι η ροπή αδράνειας της ελεύθερης επιφάνειάς της.

Όταν η επιφάνεια της δεξαμενής έχει ορθογωνικό σχήμα, η ροπή αδράνειας μπορεί να βρεθεί από τη σχέση (23). Όταν το σχήμα της δεξαμενής είναι περισσότερο πολύπλοκο, χρειάζονται υπολογισμοί που βασίζονται στους κανόνες προσεγγιστικής ολοκληρώσεως, όπως εκείνοι που έχουν ήδη επεξηγηθεί με λεπτομέρειες για το πλοίο ολόκληρο στο πέμπτο κεφάλαιο.

Για τους χειριστές των πλοίων, προκειμένου να αποφεύγονται οι σχετικοί υπολογισμοί, δίνονται στα σχέδια ή στο εγχειρίδιο ευστάθειας και ζυγίσεως οι ροπές

αδράνειας της επιφάνειας των δεξαμενών. Ένα παράδειγμα βλέπομε για το πλοίο Α στον πίνακα 5.8.1, όπου οι ροπές αδράνειας των δεξαμενών δίνονται σε m^4 .

Διευκρινίζεται εδώ ότι η ροπή αδράνειας μιας δεξαμενής σχήματος όχι ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου, μεταβάλλεται με τη στάθμη του υγρού μέσα στη δεξαμενή. Έτσι κανονικά χρειάζεται μια καμπύλη για κάθε δεξαμενή, που να δίνει τη σχετική μεταβολή. Τέοις καμπύλες υπάρχουν συχνά στα πλοία, αν και συνηθίζεται στους σχετικούς υπολογισμούς, για λόγους απλότητας, να χρησιμοποιούμε τη μέγιστη τιμή της ροπής αδράνειας, ανεξάρτητα από το πού βρίσκεται η στάθμη του υγρού μέσα στη δεξαμενή. Η υπόθεση αυτή είναι στην πραγματικότητα ανακριβής, οδηγεί όμως σε αποτελέσματα πιο ασφαλή για το πλοίο. Οι τιμές που δίνονται στον πίνακα 5.8.1 είναι οι μέγιστες για τις αντίστοιχες δεξαμενές.

Παράδειγμα 1.

Μια ορθογωνική φορτηγίδα μήκους 100 ft και πλάτους 35 ft πλέει σε βύθισμα 10 ft. Η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους της είναι 14' πάνω από την τρόπιδα. Να βρεθεί το μετακεντρικό ύψος της φορτηγίδας και το φαινομενικό μετακεντρικό ύψος, όταν υπάρχει σ' αυτήν μια δεξαμενή που περιέχει πετρέλαιο (ειδικό βάρος 0,84) με ελεύθερη επιφάνεια μήκους 20 ft και πλάτους 14 ft.

Ο όγκος του εκτοπίσματος είναι:

$$\bar{V} = L \cdot B \cdot H = 100 \times 35 \times 10 = 35000 \text{ ft}^3$$

Το εκτόπισμα:

$$\Delta = \frac{\bar{V}}{35} = \frac{35000}{35} = 1000 \text{ LT}$$

Η μετακεντρική ακτίνα:

$$BM_T = \frac{I_{xx}}{V} = \frac{\frac{100 \times 35^3}{12}}{35000} = 10,208 \text{ ft}$$

Επειδή η φορτηγίδα έχει ορθογωνικό σχήμα:

$$KB = \frac{H}{2} = \frac{10}{2} = 5$$

Από τη σχέση (75):

$$GM_T = KB + BM_T - KG = 5 + 10,208 - 14 = 1,208 \text{ ft}$$

Από τη σχέση (86):

$$GG_V = \frac{\gamma_t}{\gamma_w} \cdot \frac{i}{V} = \frac{0,84}{1,025} \times \frac{\frac{20 \times 14^3}{12}}{35000} = \frac{0,84}{1,025} \times \frac{4573}{35000} = 0,107 \text{ ft}$$

Το φαινομενικό μετακεντρικό ύψος θα είναι:

$$G_V M_T = KB + BM_T - (KG + GG_V) = 5 + 10,208 - (14 + 0,107) = 1,101 \text{ ft}$$

Παράδειγμα 2.

Το πλοίο Α στην κατάσταση ζυγίσεως του παραδείγματος 1 της παραγράφου 8.2 έχει τις παρακάτω δεξαμενές με ελεύθερες επιφάνειες:

- Νο 1 D.B προς πρώτα της Deep tank με πετρέλαιο λεβήτων (P + S).
- Πλευρικές δεξαμενές (wing tanks) με πετρέλαιο λεβήτων (P + S).
- Χρήσεως Diesel με πετρέλαιο Diesel.
- Υπερχειλίσεως λαδιού λιπάνσεως με λάδι λιπάνσεως.

Να βρεθεί το φαινομενικό μετακεντρικό ύψος του πλοίου.

Στο παράδειγμα 1 της παραγράφου 8.2 υπολογίσαμε το μετακεντρικό ύψος του πλοίου, που βρέθηκε να έχει τιμή 2,095 m. Η επίδραση των ελευθέρων επιφανειών μπορεί να εξετασθεί με διάταξη των υπολογισμών, όπως φαίνεται στον πίνακα 8.8.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.8.1.
Υπολογισμός ελεύθερης επιφάνειας

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5
ΔΕΞΑΜΕΝΗ	Είδος υγρού	Ειδικό βάρος υγρού	Ροπή αδρόνειας (από πίνακα 5.8.1) m ⁴	(3) × (4)
No 1 D.B προς πρώτα της Deep tank (P + S)	Πετρέλαιο λεβήτων	0,92	1250	1150
Πλευρικές δεξαμενές (wing tanks)	Πετρέλαιο λεβήτων	0,92	720	66,3
Δεξαμενή χρήσεως Diesel	Πετρέλαιο Diesel	0,86	19	16,4
Δεξαμενή υπερχειλίσεως λαδιού λιπάνσεως	Λάδι λιπάνσεως	0,86	6	5,2
			ΣΥΝΟΛΟ	1237,9

Από το παράδειγμα 1 της πραγράφου 8.2:

$$\overline{V} = \frac{\Delta}{1,025} = \frac{53232}{1,025} = 51933,6 \text{ m}^3$$

Από τη σχέση (87):

$$GG_v = \frac{1237,9}{51933,6} = 0,023$$

και επομένως:

$$G_v M_T = GM_T - GG_v = 2,095 - 0,023 = 2,072 \text{ m}$$

Μερικές φορές, σε παλιότερα πλοία, τα στοιχεία που χρειάζονται για τον υπολογισμό των ελευθέρων επιφανειών συμβαίνει να δίνονται σε ποικίλες μονάδες. Για παράδειγμα, σε πολλά παλιά πλοία οι τιμές για τις ελεύθερες επιφάνειες δίνονται σε L.T-τη ή M.T-τη και, μερικές φορές, για τα υγρά στις δεξαμενές, γνωρίζομε το συντελεστή στοιβασίας αντί για το ειδικό βάρος ή την πυκνότητα. **Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις η σχέση (87) θα πρέπει να χρησιμοποιείται με απόλυτη συνέπεια μονάδων**, όπως θα φανεί από το επόμενο παράδειγμα.

Παράδειγμα 3.

Το εκτόπισμα ενός πλοίου είναι 20000 LT και το μετακεντρικό του ύψος, όταν δεν υπάρχουν ελεύθερες επιφάνειες σε δεξαμενές του πλοίου, 1 ft. Λόγω καταναλώσεως, δημιουργείται ελεύθερη επιφάνεια 2500 LT - ft σε μια δεξαμενή πετρελαίου με συντελεστή στοιβασίας 37,8 ft³/LT. Ζητείται το φαινομενικό μετακεντρικό ύψος του πλοίου.

Εδώ βλέπομε ότι υπάρχει κάποια σύγχυση στις μονάδες.

Τη σωστή ροπή αδράνειας της δεξαμενής βρίσκομε ως εξής:

$$i = 2500 \text{ LT-ft} \times 35 \text{ ft}^3/\text{LT} = 87500 \text{ ft}^4$$

Σημειώνομε επίσης ότι:

$$\frac{\gamma_t}{\gamma_w} = \frac{\frac{1}{\gamma_w}}{\frac{1}{\gamma_t}} = \frac{(SF)_w}{(SF)_t}$$

όπου: $(SF)_w$, είναι ο συντελεστής στοιβασίας του νερού που περιβάλλει το πλοίο
και

$(SF)_t$ ο συντελεστής στοιβασίας του νερού μέσα στη δεξαμενή.

Επομένως:

$$\frac{\gamma_t}{\gamma_w} = \frac{(SF)_w}{(SF)_t} = \frac{35}{37,8} = 0,926$$

Ο όγκος του εκτοπίσματος είναι:

$$\bar{V} = 35 \times \Delta = (35) \times (20000) = 700000 \text{ ft}^3$$

Από τη σχέση (86):

$$GG_V = \frac{\gamma_t}{\gamma_w} \cdot \frac{i}{\bar{V}} = (0,926) \times \frac{87500}{700000} = 0,115 \text{ ft}$$

$$G_V M_T = GM_T - GG_V = 1 - 0,115 = 0,885 \text{ ft}$$

8.8.4 Προφυλάξεις και αντιμετώπιση του κινδύνου ελευθέρων επιφανειών.

Η ύπαρξη ελευθέρων επιφανειών, όπως διαπιστώσαμε στα προηγούμενα, έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του μετακεντρικού ύψους και γενικά την επιδείνωση της ευστάθειας του πλοίου.

Η δημιουργία πολλών ελευθέρων επιφανειών μπορεί ακόμη να καταστήσει και αρνητικό το μικρό αρχικά θετικό μετακεντρικό ύψος ενός πλοίου.

Από την άλλη όμως πλευρά, σε ένα «ζωντανό» πλοίο, η δημιουργία ελευθέρων επιφανειών είναι αναπόφευκτη. Από τις διάφορες δεξαμενές καταναλίσκονται προοδευτικά διάφορα υγρά, πράγμα που δημιουργεί ελεύθερες επιφάνειες, ενώ υγρά, για διάφορους λόγους, καταλήγουν στις σεντίνες του πλοίου (εξιδατώσεις μηχανημάτων, υπερχειλίσεις δεξαμενών κλπ.).

Από την αρχική ακόμη σχεδίαση του πλοίου, επδιώκεται η ελεύθερη επιφάνεια των δεξαμενών να είναι όσο το δυνατό μικρότερη. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος για το σκοπό αυτό είναι η υποδιαίρεση των δεξαμενών του με διαμήκεις στεγανές φρακτές, σε δεξιές και αριστερές ή σε δεξιές, αριστερές και μεσαίες ή και σε ακόμη περισσότερα τμήματα.

Οι σεντίνες του πλοίου διαχωρίζονται με διαμήκη ελάσματα μικρού ύψους, τα οποία, μαζί με τις έδρες των νομέων, δημιουργούν πολλούς χώρους με μικρή όμως αθροιστικά ελεύθερη επιφάνεια. Για να είναι δυνατή η απάντλησή τους, οι χώροι αυτοί (κούτσες) επικοινωνούν μεταξύ τους με πολύ μικρές οπές, που λέγονται *μαξοί*.

Για την ελαχιστοποίηση των ελευθέρων επιφανειών από τα νερά της βροχής ή του κύματος, διαμορφώνεται ένα σύστημα αποχετεύσεως, στα ανοιχτά καταστρώματα, που οδηγεί τα νερά πολύ γρήγορα στη θάλασσα. Το εσωτερικό σύστημα αποχετεύσεως οδηγεί τα νερά, που για οποιοδήποτε λόγο θα εμφανισθούν στα ενδιάμεσα καταστρώματα, είτε έξω από το πλοίο είτε στις σεντίνες, από όπου μπορούν να απαντληθούν με τις αντλίες του πλοίου.

Διευκρινίζεται ότι δλεις οι νομοθετήμενες απαιτήσεις ευστάθειας προϋποθέτουν ότι στους υπολογισμούς [για την απόδειξη της ικανοποίησεως των σχετικών κριτηρίων] λαμβάνονται υπόψη και οι επιδράσεις των ελευθέρων επιφανειών.

Οι χειριστές των πλοίων επίσης, θα πρέπει να παίρνουν όλα τα αναγκαία μέτρα, ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι επιδράσεις των ελευθέρων επιφανειών είναι οι ελάχιστες δυνατές. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει:

- Οι σεντίνες του πλοίου να παρακολουθούνται συνεχώς και να εξαντλούνται τα νερά, ώστε να είναι κατά το δυνατόν στεγνές.
- Η εξάντληση των δεξαμενών κάθε είδους να γίνεται προοδευτικά και πλήρως, δηλαδή πρώτα να εξαντλείται τελείως μια δεξαμενή νερού ή πετρελαίου και μετά να αρχίζει η εξάντληση της επόμενης.
- Όλα τα συστήματα αποχετεύσεως ανωτέρων καταστρωμάτων να είναι σε καλή κατάσταση, ώστε να είναι δυνατή η γρήγορη απομάκρυνση των υγρών είτε στη θάλασσα είτε στις σεντίνες, απ' όπου μπορούν να απαντληθούν.

Γενικότερα ο πλοιάρχος κάθε πλοίου θα πρέπει συνεχώς να είναι ενήμερος της καταστάσεως ευστάθειας του πλοίου του και να μην παραμελεί τον έλεγχο κανενός από τους παράγοντες που την επηρεάζουν. Ένας δε από τους παράγοντες αυτούς είναι οι ελεύθερες επιφάνειες.

Παράδειγμα.

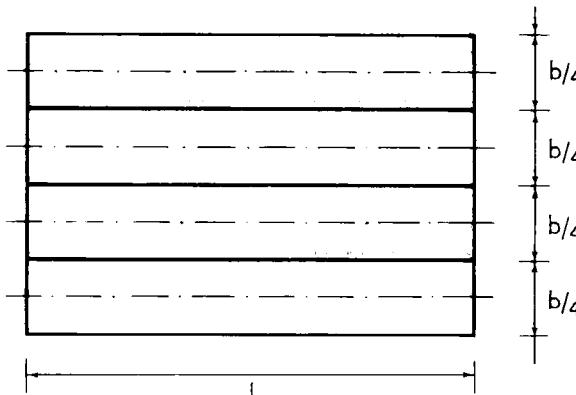
Μια δεξαμενή ενός πλοίου έχει μήκος *l* και πλάτος *b*. Πόσο μειώνεται η επίδραση της ελεύθερης επιφάνειας της δεξαμενής, αν αυτή χωρισθεί σε τέσσερα τμήματα με τρεις διαμήκεις φρακτές;

Όταν η δεξαμενή είναι ενιαία, η ροπή αδράνειάς της είναι:

$$i = \frac{b^3 l}{12}$$

Όταν η δεξαμενή υποδιαιρεθεί όπως φαίνεται στο σχήμα 8.8β και έχομε ελεύθερη επιφάνεια και στις τέσσερις δεξαμενές, η ροπή αδράνειας θα πρέπει να ληφθεί ως προς τους άξονες που φαίνονται στο σχήμα. Τώρα η ροπή αδράνειας θα είναι:

$$i = 4 \cdot \frac{\left(\frac{b}{4}\right)^3 l}{12} = \frac{b^3 l}{192} = \frac{1}{16} \cdot \frac{b^3 l}{12}$$



Σχ. 8.8β.

Υποδιαίρεση δεξαμενής για ελάττωση της ελεύθερης επιφάνειας της.

Βλέπομε λοιπόν ότι, στην περίπτωση διαμήκους υποδιαιρέσεως μιας δεξαμενής, η ροπή αδράνειας και επομένως η επίδραση της ελεύθερης επιφάνειας μειώνεται στο ένα δέκατο έκτο.

8.8.5 Νομογράφημα για τον υπολογισμό επιδράσεως ελευθέρων επιφανειών.

Όταν δεν υπάρχουν στοιχεία στο πλοίο, μια γρήγορη εκτίμηση της επιδράσεως της ελεύθερης επιφάνειας μιας δεξαμενής στο μετακεντρικό ύψος ενός πλοίου μπορεί να γίνει, αν θεωρήσουμε ότι η επιφάνεια της δεξαμενής είναι ορθογωνική.

Το νομογράφημα του σχήματος 8.8γ μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της φαινομενικής ανυψώσεως του κέντρου βάρους.

Το νομογράφημα αυτό ισχύει στο αγγλικό σύστημα μονάδων, αλλά είναι εύκολη η κατασκευή ομοίων νομογραφημάτων που να ισχύουν στο μετρικό σύστημα.

Παράδειγμα.

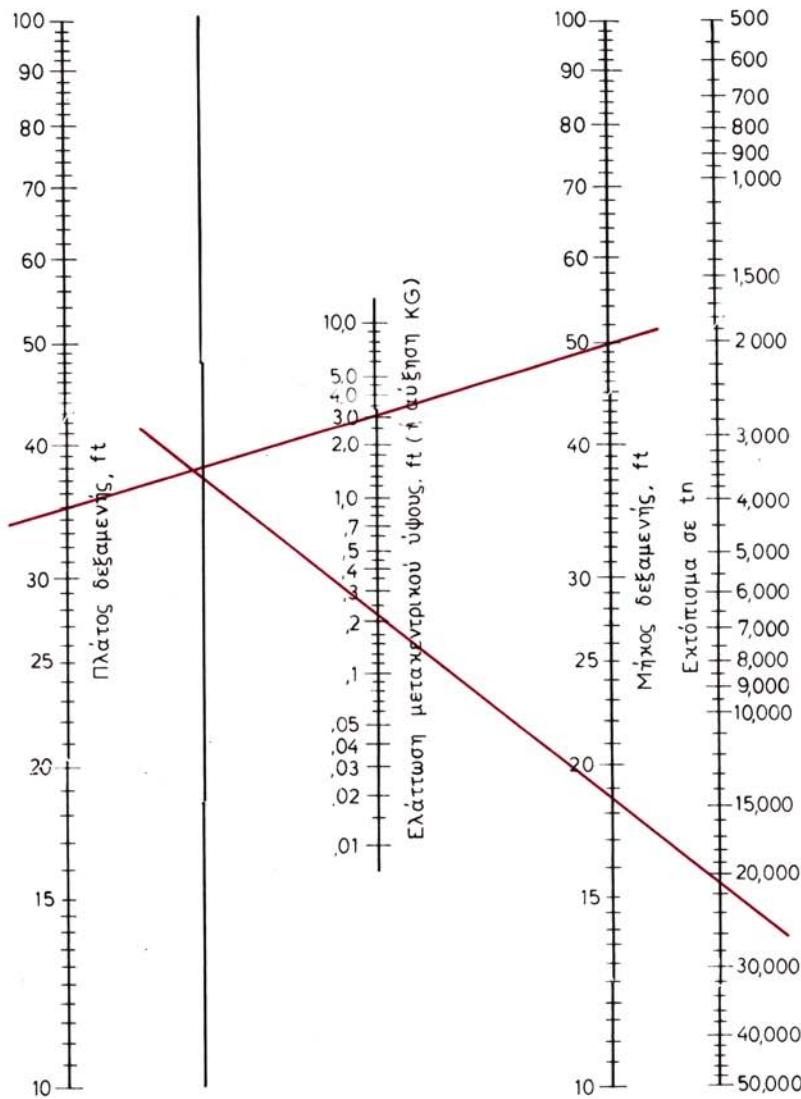
Ένα πλοίο έχει εκτόπισμα 20000 LT. Μια δεξαμενή του έχει μήκος 50 ft και πλάτος 35 ft και περέχει υγρό με ειδικό βάρος 0,8.

Στο σχήμα 8.8γ, συνδέομε με μια ευθεία στους αντίστοιχους άξονες τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές του πλάτους και του μήκους της δεξαμενής.

Το σημείο τομής της παραπάνω ευθείας με την ευθεία περιστροφής συνδέομε με το σημείο στην ευθεία του εκτοπίσματος, που αντιστοιχεί στους 20000 LT.

Στην ευθεία μειώσεως του GM_T διαβάζομε 0,25 ft, που είναι η μείωση στο GM_T , αν η δεξαμενή είχε θαλάσσιο νερό. Έτσι, για την περίπτωση του υγρού με ειδικό βάρος 0,8, θα έχουμε:

$$\text{Μείωση του } GM = \frac{0,8}{1,025} (0,25) = 0,195 \text{ ft}$$



Σημείωση

Το διάγραμμα ισχύει για δεξαμενή γεμάτη με νερό με ειδικό βάρος 1,025

Σχ. 8.8γ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΚΛΙΣΕΩΣ

9.1 Εισαγωγή.

Στα προηγούμενα εξετάσαμε την ευστάθεια του πλοίου σε μικρές γωνίες κλίσεως. Η σωστή όμως και ασφαλής χρησιμοποίηση του πλοίου προϋποθέτει και γνώση της συμπεριφοράς του, από άποψη ευστάθειας, και σε μεγάλες γωνίες κλίσεως. Φυσικά και σ' αυτή την περίπτωση, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της εγκάρσιας ευστάθειας, αφού οι γωνίες διαμήκους κλίσεως του πλοίου είναι γενικά μικρές.

Το πιο βασικό ενδεικτικό μέγεθος εγκάρσιας ευστάθειας ενός πλοίου είναι η **ροπή επαναφοράς**, δηλαδή η ροπή που αναπτύσσεται και τείνει να επαναφέρει το πλοίο στην αρχική του θέση, όταν, για κάποιο λόγο, δημιουργηθεί σ' αυτό κάποια εγκάρσια κλίση. Η ροπή αυτή, όπως έχομε ήδη εξηγήσει στα προηγούμενα, είναι ίση με το γινόμενο του εκτοπίσματος του πλοίου επί το μοχλοβραχίονα επαναφοράς. Επειδή το εκτόπισμα του πλοίου σε κάθε κατάσταση φορτώσεως είναι σταθερό, ο **μοχλοβραχίονας επαναφοράς είναι ένα μέγεθος ενδεικτικό του μεγέθους της ευστάθειας κάθε πλοίου σε κάθε κατάσταση φορτώσεως**.

Η υπόθεση ότι το εγκάρσιο μετάκεντρο είναι ένα σταθερό σημείο (σωστή για γωνίες εγκάρσιας κλίσεως μέχρι 10°), έχει ως επακόλουθο το ότι το μετάκεντρικό ύψος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα στοιχείο ενδεικτικό του μεγέθους της ευστάθειας. Έτσι, η αρχική ευστάθεια του πλοίου μπορεί να εξετασθεί σχετικά εύκολα. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση αυτή, είναι αρκετό, για τη μελέτη της ευστάθειας, να γνωρίζομε την κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους και του μετακέντρου του πλοίου. Τη θέση του μετακέντρου μπορούμε να βρούμε από το υδροστατικό διάγραμμα κάθε πλοίου.

Για μεγαλύτερες γωνίες, η υπόθεση ότι το μετάκεντρο είναι ένα σταθερό σημείο δεν είναι ακριβής. Έτσι, για τον υπολογισμό του μοχλοβραχίονα επαναφοράς, χρειάζεται να ακολουθήσουμε διαφορετική μεθοδολογία. Επομένως η ευστάθεια, όπως λέμε, μεγάλων γωνιών κλίσεως, εξετάζεται διαφορετικά από διάταξη στις μικρές γωνίες.

Διευκρινίζεται πάντως ότι είτε για μικρές γωνίες μιλάμε είτε για μεγάλες, στην πραγματικότητα εξετάζομε το ίδιο φυσικό φαινόμενο. **Οι μέθοδοι εξετάσεως που εφαρμόζομε για μεγάλες γωνίες κλίσεως, θεωρητικά δίνουν σωστά αποτελέσματα τόσο για μεγάλες διαστάσεις όσο και για μικρές γωνίες.** Αντίθετα, η μέθοδος που εφαρμόζεται για μικρές γωνίες είναι προσεγγιστική. Χρησιμοποιείται όμως, επειδή, σε σχέση με τη μέθοδο μεγάλων γωνιών, η εφαρμογή της είναι απλούστερη.

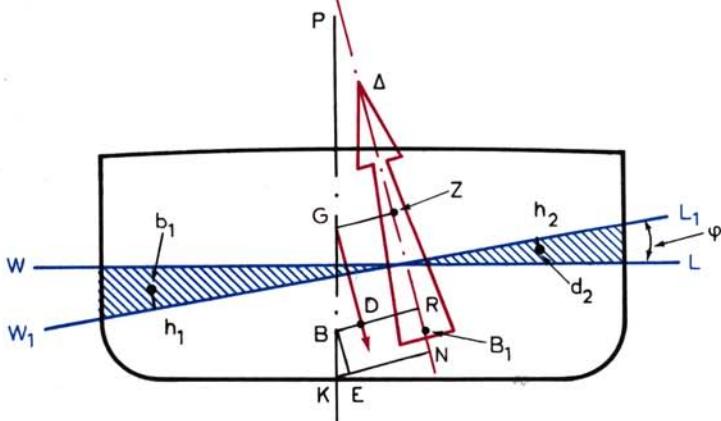
9.2 Μέδοθοι υπολογισμού των μοχλοβραχίονων επαναφοράς.

9.2.1 Μέθοδος Atwood.

Στο σχήμα 9.2α έχομε ένα πλοίο που αρχικά πλέει στην ίσαλο WL . Στην κατάσταση αυτή το κέντρο δύκου των υφάλων του πλοίου είναι στο σημείο B και το κέντρο βάρους του βρίσκεται στο σημείο G .

Για κάποιο λόγο το πλοίο παίρνει μια εγκάρσια κλίση, την οποία παριστάνομε με φ, και πλέει στη νέα ίσαλο W_1L_1 . Το κέντρο δύκου του πλοίου μετακινείται τώρα στο σημείο B_1 . Όπως και στην περίπτωση μικρών γωνιών κλίσεως, στο πλοίο επενεργούν:

- Η δύναμη του βάρους, ίση με το εκτόπισμα Δ , με διεύθυνση κάθετη στην W_1L_1 , και με φορέα που περνά από το κέντρο βάρους του πλοίου G .
- Η δύναμη της αντώσεως, ίση με Δ , με διεύθυνση πάλι κάθετη στην W_1L_1 , και με φορέα που περνά από τη νέα θέση του κέντρου δύκου B_1 .



Σχ. 9.2.
Εύρεση μοχλοβραχίονα επαναφοράς.

Η ροπή επαφοράς, όπως και για μικρές γωνίες κλίσεως, είναι ίση με $\Delta \cdot GZ$, όπου GZ είναι ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς.

Επειδή κανένας λόγος δεν υπάρχει να αλλάξει το εκτόπισμα όταν το πλοίο πλέει στην ίσαλο WL ή την W_1L_1 , οι δύο σφήνες δύκου που φαίνονται διαγραμμισμένες στο σχήμα είναι μεταξύ τους ίσες. Παριστάνομε με:

- δ την άντωση η οποία αντιστοιχεί στον δύκο της σφήνας που βυθίζεται ή αποβυθίζεται,
- b_1, b_2 τα κέντρα δύκου των δύο σφηνών,
- h_1, h_2 τα σημεία όπου τέμνουν την W_1L_1 δύο κάθετες πάνω σ' αυτήν, οι οποίες φέρονται από τα b_1 και b_2 .

BR την κάθετη από το B στο φορέα της αντώσεως του πλοίου, όταν έχει εγκάρσια κλίση ϕ . Από το θεώρημα των ροπών θα έχομε:

$$\Delta \cdot BR = \delta \cdot h_1 h_2$$

Επειδή:

$$GZ = BR - BD \quad \text{και}$$

$$BD = BG \cdot \eta \mu \phi$$

Θα είναι:

$$\Delta \cdot GZ = \Delta(BR - BD) = \Delta(BR - BG\eta\mu\phi) =$$

$$= \Delta \left(\frac{\delta \cdot h_1 h_2}{\Delta} - BG\eta\mu\phi \right)$$

$$\text{ή} \quad GZ = \frac{\delta \cdot h_1 h_2}{\Delta} - BG\eta\mu\phi \quad (88)$$

Η σχέση (88) είναι γνωστή ως **σχέση του Atwood** και επιτρέπει τον υπολογισμό των μοχλοβραχίνων επαναφοράς για κάθε εκτόπισμα και γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου.

Στα προηγούμενα έχει ήδη γίνει φανερό ότι το κέντρο βάρους του πλοίου είναι ένα σημείο που συνεχώς μεταβάλλεται. Για να γίνουν λοιπόν οι σχετικοί υπολογισμοί με βάση τη σχέση (88) θα πρέπει να υποθέσουμε κάποια θέση του κέντρου βάρους του πλοίου και να διορθώσουμε σε κάθε εφαρμογή τα αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου. Τα τελευταία χρόνια έχει επικρατήσει να λαμβάνεται ως υποθετική θέση του κέντρου βάρους το σημείο K στην τρόπιδα. Η υπόθεση αυτή βέβαια είναι τελείως ανακριβής, ως μέθοδος δύναται διευκολύνει αρκετά στις εφαρμογές και, μετά τη σχετική διόρθωση, τα αποτελέσματα είναι απόλυτα σωστά.

Με την παραπάνω υπόθεση ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς KN μπορεί, όπως προκύπτει από το σχήμα 9.2, να βρεθεί από τη σχέση:

$$KN = KE + EN = KE + BR = KB \eta\mu\phi + \frac{\delta \cdot h_1 h_2}{\Delta} \quad (89)$$

Η εύρεση του GZ για κάθε πραγματική θέση G του κέντρου βάρους μπορεί να επιτευχθεί με χρησιμοποίηση της σχέσεως:

$$GZ = KN - KG\eta\mu\phi \quad (90)$$

9.2.2 Μέθοδος *Scribanti*.

Σε ένα πλοίο που έχει κάθετες πλευρές σε κάποια περιοχή ισάλων σε όλο το μήκος του (wall sided ship) οι δυο τριγωνικές σφήνες που φαίνονται στο σχήμα 9.2 θα είναι μεταξύ τους ίσες, αν οι ίσαλοι WL και W₁L₁ τέμνονται πάνω στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, σε αντίθεση με ότι φαίνεται στο σχήμα, το οποίο βασίζεται σε ένα πλοίο με όχι κάθετες πλευρές.

Στην περίπτωση αυτή (του πλοίου δηλαδή με κάθετες πλευρές) αποδεικνύεται εύκολα, αλλά η απόδειξη βρίσκεται έξω από τα όρια του βιβλίου αυτού, ότι ισχύει ο παρακάτω τύπος, γνωστός ως *tύπος Scribanti*.

$$GZ = \eta\mu\phi [GM_T + \frac{BM_T}{2} \epsilon\phi^2\phi] \quad (91)$$

Το πλεονέκτημα του τύπου αυτού, σε σχέση με τον τύπο του Atwood, είναι ότι επιτρέπει τον υπολογισμό του GZ, αν είναι γνωστά το κέντρο βάρους και στοιχεία που υπάρχουν στο υδροστατικό διάγραμμα.

Ο παραπάνω τύπος έχει μεγάλη ανακρίβεια για μεγάλες γωνίες και μεγάλα ή μικρά βυθίσματα, όπου οι ίσαλοι με κλίση τέμνουν το κατάστρωμα ή τον πυθμένα του πλοίου.

9.2.3 Άλλες μέθοδοι υπολογισμού.

Εκτός από τις δυο μεθόδους που προαναφέρθηκαν, υπάρχουν και άλλες, η περιγραφή των οποίων ξεφεύγει από τα όρια του βιβλίου αυτού. Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες είναι η **μέθοδος του Prohaske** (Κοπεγχάγη 1961). Για τον υπολογισμό του μοχλοβραχίονα επαναφοράς με τη μέθοδο αυτή, χρησιμοποιείται η σχέση:

$$GZ = GM_T \eta\mu\phi + M_T P\eta\mu\phi \quad (92)$$

όπου: $M_T P$ είναι η απόσταση ανάμεσα στο εγκάσιο μετάκεντρο και στο σημείο P (σχ. 9.2), όπου ο φορέας της αντώσεως τέμνει το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου (το σημείο P είναι διαφορετικό από το M_T για μεγάλες γωνίες κλίσεως).

Το ενδιαφέρον στοιχείο της μεθόδου Prohaska είναι ότι επιτρέπει τον υπολογισμό του μεγέθους $M_T P$ όταν δεν υπάρχουν οι γραμμές του πλοίου, αλλά μόνο ορισμένα στοιχεία από τη γεωμετρία του. Έτσι η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παλιά πλοία που δεν έχουμε τις γραμμές τους. Πάντως θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος αυτή είναι προσεγγιστική και τα αποτελέσματά της δεν είναι αποδεκτά από όλους τους οργανισμούς ή τις αρχές που ασχολούνται με την ασφάλεια του πλοίου.

9.3 Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας.

Από τις μεθόδους ευρέσεως του μοχλοβραχίονα επαναφοράς διαπιστώνομε ότι γενικά:

$$GZ = f(\Delta, \phi, KG) \quad (93)$$

δηλαδή ότι **για κάθε πλοίο ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς είναι μια συνάρτηση του εκτοπίσματος, της γωνίας εγκάρσιας κλίσεως και της κατακόρυφης θέσεως του κέντρου βάρους.**

Η παραπάνω διαπίστωση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, αν υποθέσουμε κάποια κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους, είναι δυνατό να παραστήσουμε τη συνάρτηση (93) γραφικά.

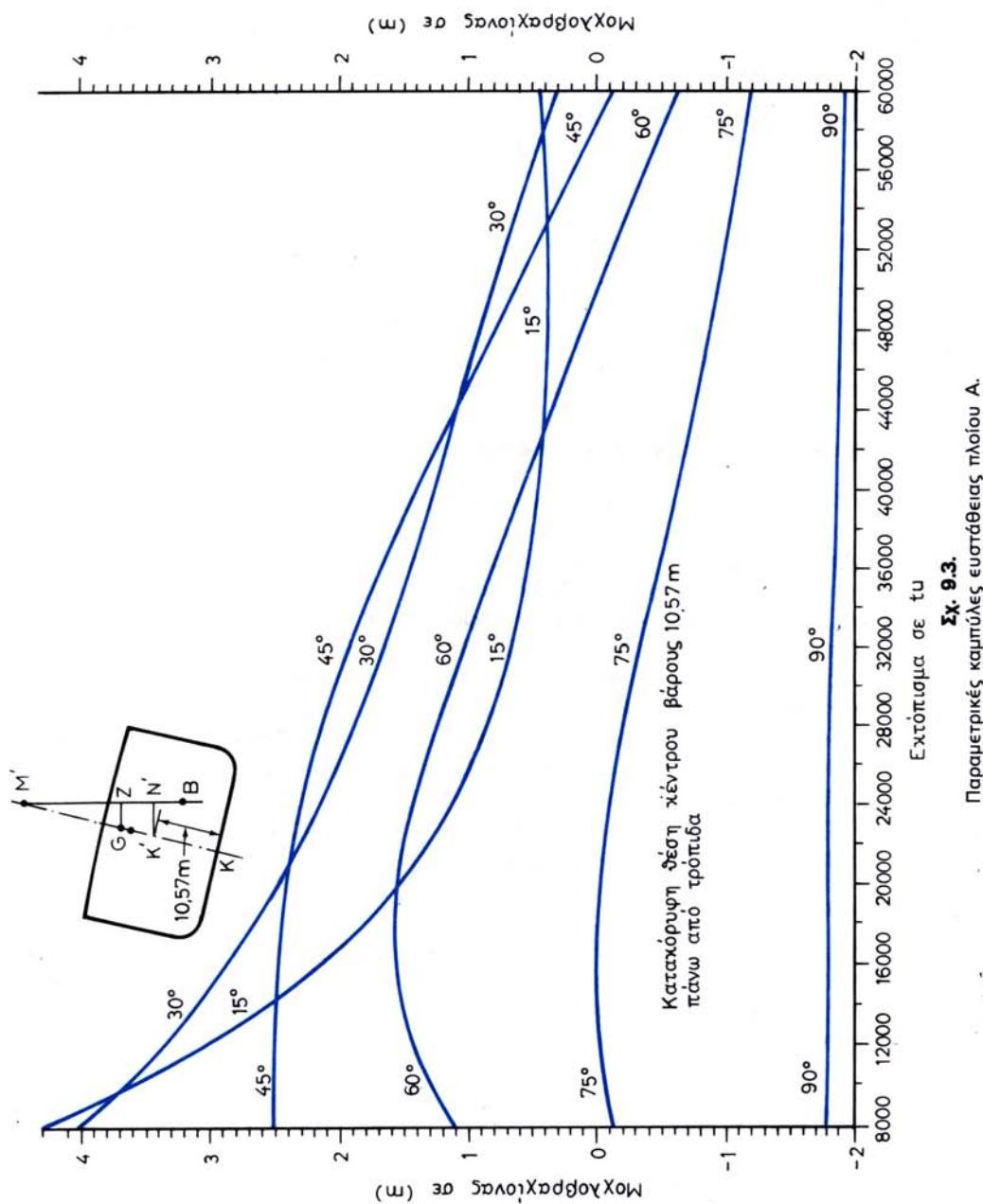
Το σχέδιο που παριστά τη μεταβολή του μοχλοβραχίονα επαναφοράς ενός πλοίου με το εκτόπισμα για διάφορες γωνίες εγκάρσιας κλίσεως και για κάποια υποθετική κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους, είναι γνωστό ως **σχέδιο παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας (cross curves of stability)**.

Η αξία του σχεδίου αυτού είναι μεγάλη, γιατί είναι δυνατό, όταν είναι γνωστό το εκτόπισμα και η γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου, να βρεθεί από αυτό ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς με απλή ανάγνωση. Το ότι το σχέδιο είναι βασισμένο σε κάποια υποθετική θέση του κέντρου βάρους δεν έχει μεγάλη σημασία, γιατί εύκολα, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, μπορεί να γίνει η απαραίτητη διόρθωση.

Η μέθοδος με την οποία βρίσκονται τα στοιχεία για τη χάραξη των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας δεν ενδιαφέρει τους χειριστές των πλοίων. Εκείνο που τους ενδιαφέρει άμεσα είναι ο τρόπος χρησιμοποίησεώς τους στους διάφορους υπολογισμούς ευστάθειας.

Ως υποθετικό κέντρο βάρους του πλοίου παίρνομε συνήθως την τρόπιδα. Στην περίπτωση αυτή οι παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας δίνουν τη μεταβολή του μήκους KN (σχήμα 9.2).

Στο σχήμα 9.3 βλέπομε τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας του πλοίου A. Οι καμπύλες δίνουν το μοχλοβραχίονα επαναφοράς $K'N'$, που αντιστοιχεί σε υποθετική θέση του κέντρου βάρους του πλοίου $10,67 \text{ m}$ πάνω από την τρόπιδα. Ο οριζόντιος άξονας δίνει τη μεταβολή του εκτοπίσματος και ο κατακόρυφος την τιμή του $K'N'$. Καμπύλες (για την περίπτωση του σχήματος 9.3) υπάρχουν για γωνίες εγκάρσιας κλίσεως $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ και 90° .

**Σχ. 9.3.**

Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας πλαισίου A.

Ο τρόπος χρησιμοποιήσεως των καμπυλών για συγκεκριμένη κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους θα επεξηγηθεί σε επόμενη παράγραφο.

9.4 Διεθνείς απαιτήσεις για τους υπολογισμούς των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας.

Ο τρόπος υπολογισμού και χαράξεως των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας του πλοίου μπορεί ιδιαίτερα να συντελέσει στην ακρίβεια δόλων των υπολογισμών που σχετίζονται μ' αυτές και που περιγράφονται σε επόμενο κεφάλαιο. Για το λόγο αυτό οι σχετικοί κανονισμοί καθορίζουν και τον τρόπο υπολογισμού και τις λεπτομέρειες χαράξεως των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας.

Συνοπτικά οι σχετικοί κανονισμοί καθορίζουν:

- Τον τρόπο με τον οποίο ορίζεται το υδατοστεγανό, για τον υπολογισμό των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας, περίβλημα του πλοίου (π.χ. ποιές υπερκατασκευές και υπερστεγάσματα πρέπει να περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς των μοχλοβραχιόνων επαναφοράς).
- Τη μεθοδολογία των σχετικών υπολογισμών (π.χ. η μέθοδος Prohaska που προαναφέρεται, είναι αποδεκτή μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις).
- Τις γνώσεις εγκάρσιας κλίσεως για τις οποίες είναι απαραίτητο να γίνουν οπωσδήποτε υπολογισμοί (π.χ. κατά τους κανονισμούς της SOLAS 1974 για τη φόρτωση σιτηρών, οι μοχλοβραχιόνες επαφοράς θα πρέπει να προκύπτουν από επαρκείς σε αριθμό παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας που να περιλαμβάνουν δύμας οπωσδήποτε καμπύλες για τις 12° και τις 40°).

9.5 Πίνακες μοχλοβραχιόνων επαναφοράς.

Για να είναι δυνατή η πιο εύκολη χρησιμοποίηση των στοιχείων ευστάθειας του πλοίου από τον πλοϊάρχο δόταν πρόκειται να πραγματοποιήσει μερικούς απλούς υπολογισμούς, συχνά τα στοιχεία των μοχλοβραχιόνων επαναφοράς δίνονται όχι μόνο με τη μορφή του σχήματος 9.3 αλλά και με τη μορφή πίνακα, που είναι γνωστός ως **πίνακας μοχλοβραχιόνων επαναφοράς**.

Για μια συγκεκριμένη κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου, μπορούμε να βρούμε από τον πίνακα το μοχλοβραχίονα επαναφοράς που αντιστοιχεί σε κάποιο εκτόπισμα (ή βύθισμα) και κάποια γωνία εγκάρσιας κλίσεως. Φυσικά, επειδή ο πίνακας (αντίθετα με τις καμπύλες) περιέχει πληροφορίες για ορισμένες μόνο τιμές του εκτοπίσματος, συχνά δημιουργείται η ανάγκη οι σχετικές πληροφορίες να βρεθούν με παρεμβολή.

Ο πίνακας 9.5.1 δίνει τους μοχλοβραχιόνες επαναφοράς του πλοίου A για θέση του κέντρου βάρους 10,67 m πάνω από την τρόπιδα.

Παράδειγμα.

Να βρεθεί ο βραχίονας GZ για το πλοίο A σε γωνία 60° , δόταν το εκτόπισμα είναι 45000 και το KG = 10,67 m.

Με παρεμβολή στα στοιχεία του πίνακα 9.5.1 ανάμεσα στα εκτοπίσματα 44000 και 48000 για τη γωνία 60° , έχουμε:

$$GZ = 0,33 + (0,10 - 0,33) \frac{45000 - 44000}{48000 - 44000} = 0,2725 \text{ m}$$

9.6 Καμπύλες ευστάθειας (stability curves).

Οι παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας, όπως προκύπτουν από τους υπολογισμούς και χαράσσονται στο σχετικό διάγραμμα (σχ. 9.3) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς μετατροπή για τη λύση συγκεκριμένων προβλημάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.5.1
Μοχλοβραχίονες επαναφοράς (KN) πλοίου Α

ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ (MT)	ΒΥΘΙΣΜΑ (m)	Μοχλοβραχίονας επαναφοράς (KN) σε τη για KG = 0 στις αντίστοιχες γωνίες						
		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
12.000	2,85	0,000	3,03	3,36	2,48	1,40	-0,04	-1,79
16.000	3,74	0,000	2,15	2,87	2,45	1,55	-0,02	-1,80
20.000	4,61	0,000	1,54	2,47	2,38	1,54	-0,05	-1,81
24.000	5,47	0,000	1,10	2,14	2,28	1,40	-0,11	-1,81
28.000	6,31	0,000	0,82	1,87	2,11	1,21	-0,22	-1,82
32.000	7,15	0,000	0,62	1,64	1,90	1,00	-0,36	-1,82
36.000	7,98	0,000	0,50	1,45	1,66	0,88	-0,49	-1,84
40.000	8,80	0,000	0,43	1,27	1,39	0,56	-0,63	-1,86
44.000	9,61	0,000	0,39	1,08	1,11	0,33	-0,75	-1,87
48.000	10,42	0,000	0,38	0,90	0,81	0,10	-0,88	-1,88
52.000	11,21	0,000	0,39	0,70	0,49	-0,14	-1,00	-1,90
56.000	11,99	0,000	0,40	0,50	0,18	-0,38	-1,10	-1,91

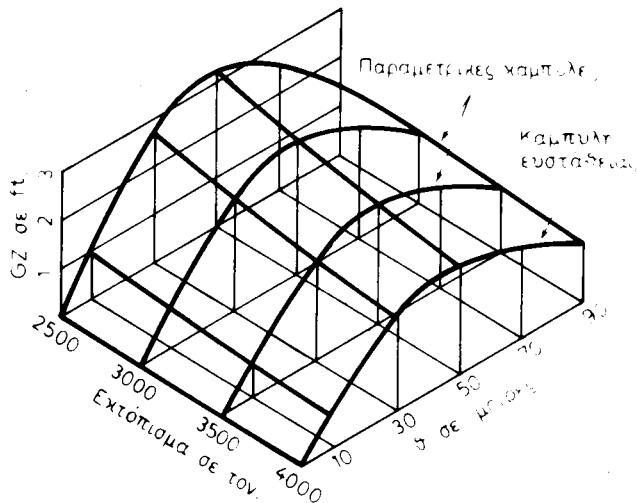
Στα συνηθισμένα προβλήματα ευστάθειας που αντιμετωπίζομε στην πράξη εξετάζεται η συμπεριφορά του πλοίου σε κάποια κατάσταση φορτώσεως, δηλαδή σε συγκεκριμένο εκτόπισμα και κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους.

Για τη μελέτη τέτοιων προβλημάτων χρειαζόμαστε μια καμπύλη που να δείχνει τη μεταβολή της ροπής επαναφοράς ή του μοχλοβραχίονα επαναφοράς σε συνάρτηση με τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου.

Μια καμπύλη ευστάθειας (stability curve) περιγράφει γραφικά τη μεταβολή του μοχλοβραχίονα επαναφοράς του πλοίου σε συνάρτηση με τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως για συγκεκριμένο εκτόπισμα και κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους.

Επειδή οι πιθανοί συνδυασμοί εκτοπίσματος και κατακόρυφης θέσεως του κέντρου βάρους κάθε πλοίου είναι άπειροι, δεν είναι δυνατό να χαραχθούν μια φορά όλες οι αντίστοιχες καμπύλες. Αντίθετα, με στοιχεία από τις παραμετρικές καμπύλες και με το εκτόπισμα του πλοίου και την κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του, μπορούμε κάθε φορά να χαράξουμε την αντίστοιχη καμπύλη ευστάθειας.

Ο συσχετισμός παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας και καμπυλών ευστάθειας φαίνεται στο σχήμα 9.6. Στο σχήμα αυτό με μπλε χρώμα παριστάνονται οι παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας και με κόκκινο οι καμπύλες ευστάθειας. Το σχήμα αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου.



Σχ. 9.6.
Συσχετισμός παραμετρικών και καμπυλών ευστάθειας.

9.7 Εύρεση στοιχείων της καμπύλης ευστάθειας από τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας.

Θα εξηγήσουμε εδώ πώς είναι δυνατό, για συγκεκριμένο εκτόπισμα και κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου, να βρούμε από τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας στοιχεία για τη χάραξη της αντίστοιχης καμπύλης ευστάθειας.

Στην περίπτωση που έχουμε παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας που αντιστοιχούν σε κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους του πλοίου ίδια με τη συγκεκριμένη που μας απασχολεί, η διαδικασία ευρέσεως των σχετικών στοιχείων είναι πολύ εύκολη. Στο διάγραμμα των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας θα πρέπει να φέρομε μία κατακόρυφη ευθεία στο σημείο που αντιστοιχεί στο εκτόπισμα του πλοίου και να διαβάσουμε στις καμπύλες κάθε γωνίας τον αντίστοιχο μοχλοβραχίονα επαναφοράς.

Αν το κέντρο βάρους του πλοίου διαφέρει από εκείνο για το οποίο έχουν χαραχθεί οι παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας, τα στοιχεία που θα διαβάσουμε απ' αυτές θα πρέπει να διορθωθούν με βάση μία σχέση αντίστοιχη με την (90) που έχει τη μορφή:

$$GZ = (GZ)_1 + (KG_1 - KG) \text{ ημφ} \quad (94)$$

όπου: GZ ο μοχλοβραχίονας που αντιστοιχεί στην πραγματική θέση του κέντρου βάρους του πλοίου,

KG η πραγματική κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους,

KG_1 η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου στο οποίο έχουν βασισθεί οι παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας,

$(GZ)_1$ ο μοχλοβραχίονας που αντιστοιχεί στο KG_1 , και

Φ η γωνία εγκάρσιας κλίσεως.

Αν πάλι οι παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας δίνουν τιμές του βραχίονα KN, τότε είναι απαραίτητη διόρθωση, όπως θα φανεί στο παρακάτω παράδειγμα, με χρησιμοποίηση της σχέσεως (90).

Παράδειγμα 1.

Να βρεθεί η καμπύλη στατικής ευστάθειας του πλοίου A, όταν το εκτόπισμα είναι 12432 (MT) και το μετακεντρικό ύψος 11,27 m.

Από τον πίνακα 5.6.1, με παρεμβολή στα εκτοπίσματα 11758 και 12664, έχουμε:

$$KM_T = 24,35 + (23,04 - 24,35) \times \frac{12432 - 11758}{12664 - 11758}$$

$$= 24,35 - (1,31) \times (0,744) = 23,37 \text{ m}$$

Επομένως:

$$KG = KM_T - GM_T = 23,37 - 11,27 = 12,1 \text{ m}$$

$$KG_1 - KG = 10,67 - 12,1 = - 1,43 \text{ m}$$

Στη συνέχεια φέρνομε μία κατακόρυφη στο σχήμα 9.3 σε σημείο που αντιστοιχεί στο εκτόπισμα 12432 (MT) και διαβάζουμε σε κάθε γωνία την τιμή του KN. Η παραπέρα διόρθωση φαίνεται με λεπτομέρειες στον πίνακα 9.7.1.

Με τα αποτέλεσματα της στήλης 5 του πίνακα 9.7.1 χαράσσεται στο σχήμα 9.7 η καμπύλη ευστάθειας, που αντιστοιχεί σε εκτόπισμα 12432 MT και $KG = 12,1 \text{ m}$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.7.1

**Υπολογισμός μοχλοβραχίονων ευστάθειας του πλοίου A
στην άφορτη κατάσταση**

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5
Γωνία φ (μοίρες)	(GZ), (m) (από σχήμα 9.3)	ημφ	(KG ₁ - KG) ημφ = -1,43 ημφ (m)	GZ = =(2) + (4) (m)
0	0,00	0,0000	0,000	0,000
15	2,98	0,2588	-0,370	2,610
30	3,27	0,5000	-0,715	2,555
45	2,47	0,7071	-1,011	1,459
60	1,43	0,8660	-1,238	0,192
75	-0,04	0,9659	-1,381	-1,421
90	-1,81	1,0000	-1,430	-3,240

Παράδειγμα 2.

Το πλοίο A σε κάποια έμφορτη κατάσταση έχει εκτόπισμα 54988 MT και κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους $KG = 9,85 \text{ m}$ πάνω από την τρόπιδα. Αν στη στήλη 2 του πίνακα 9.7.2 δίνονται οι μοχλοβραχίονες επαναφοράς KN του πλοίου A, να βρεθούν στοιχεία για τη χάραξη της καμπύλης ροπών επαναφοράς του πλοίου σε

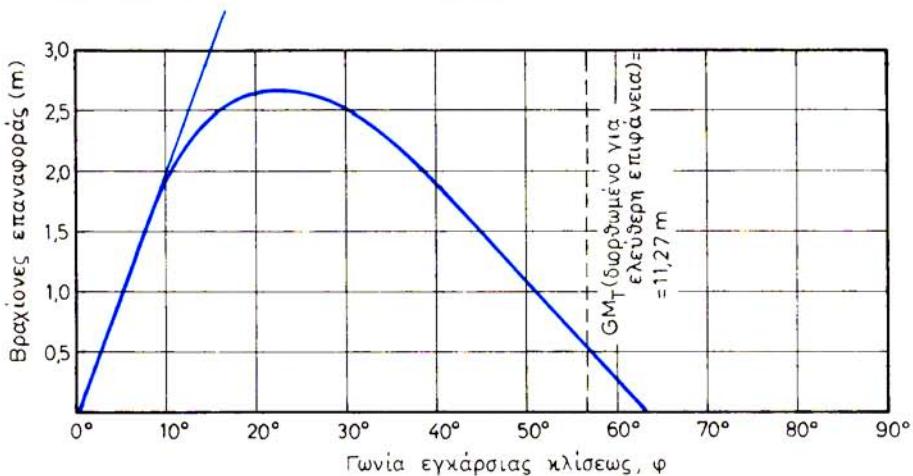
συνάρτηση με τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως.

Η λύση του προβλήματος βασίζεται σ' αυτή την περίπτωση στη χρησιμοποίηση της σχέσεως (90) και φαίνεται στον πίνακα 9.7.2. Οι ροπές που σημειώνονται με μαύρα όρθια είναι ροπές ανατροπής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.7.2

Υπολογισμός μοχλοβραχιόνων ευστάθειας και ροπών επαναφοράς του πλοίου A στην έμφορτη κατάσταση

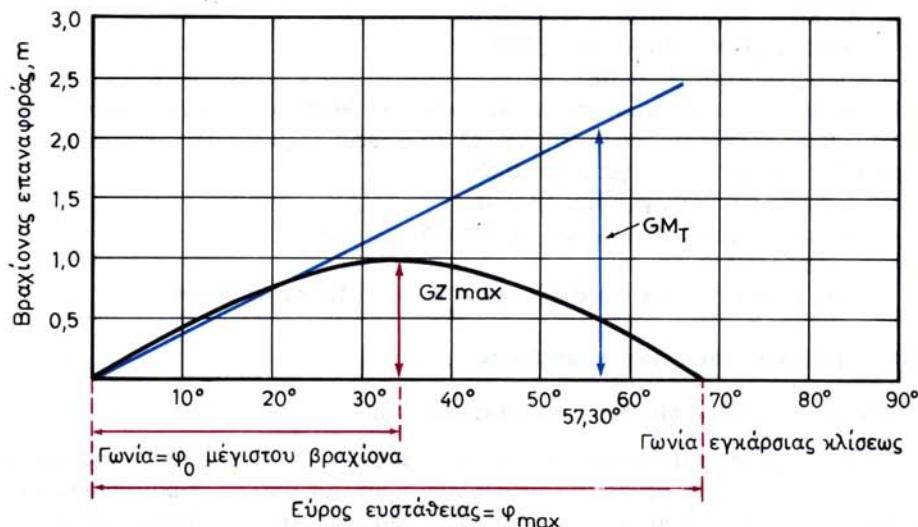
ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6
Γωνία φ (μοίρες)	KN (m)	ημΦ	KGημΦ = 9,85 ημΦ (m)	GZ = KN - KGημΦ = (2) - (4) (m)	Ροπή επαναφοράς = Δ × GZ = (54988) × (5) (MT - m)
0	0,000	0,000	0,00	0,000	0
15	3,161	0,2588	2,549	0,612	33652
30	5,885	0,5000	4,925	0,960	52788
45	7,804	0,7071	6,964	0,840	46189
60	8,930	0,8660	8,530	0,400	21995
75	9,236	0,9659	9,514	-0,278	-15286
90	8,770	1,000	9,850	-1,08	-59387



Σχ. 9.7.
Καμπύλη ευστάθειας πλοίου A.

9.8 Ιδιότητες της καμπύλης ευστάθειας.

Στο σχήμα 9.8 βλέπομε την καμπύλη ευστάθειας του πλοίου A για την κατάσταση του προηγούμενου παραδείγματος. Εκτός από τη γενική σημασία της καμπύλης που συσχετίζει το μοχλοβραχίονα επαναφοράς με τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως, τα παρακάτω ειδικά χαρακτηριστικά της έχουν ιδιαίτερη σημασία.



Σχ. 9.8.

Στοιχεία που χαρακτηρίζουν την καμπύλη ευστάθειας.

– Η εφαπτομένη της καμπύλης σε μηδενική γωνία.

Αν σχεδιάσομε την εφαπτομένη αυτή όπως φαίνεται στο σχήμα, το ύψος που μετράμε σε γωνία 57,3° (ίση με ένα ακτίνιο) είναι ίση με το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος GM_T του πλοίου. Η ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται για την καλύτερη σχεδίαση της καμπύλης ευστάθειας σε μικρές γωνίες κλίσεως. Συγκεκριμένα, γνωρίζοντας το GM_T πρώτα σχεδιάζομε την εφαπτομένη και μετά σχεδιάζομε την καμπύλη.

– Εύρος ευστάθειας (ϕ_{max}).

Είναι η γωνία μετά την οποία ο βραχίονας είναι αρνητικός, δηλαδή έχομε ροπή ανατροπής.

– Μέγιστος βραχίονας επαναφοράς (GZ_{max}).

Είναι ο βραχίονας επαναφοράς στο σημείο όπου η εφαπτομένη της καμπύλης ευστάθειας γίνεται οριζόντια.

– Γωνία μέγιστου βραχίονα (ϕ_0).

Είναι η γωνία που αντιστοιχεί στο μέγιστο βραχίονα επαναφοράς.

– Δυναμική ευστάθεια (*Dynamical stability*).

Είναι το εμβαδόν που περικλείεται από την καμπύλη ευστάθειας και τον οριζόντιο άξονα.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία παρουσιάζουν ενδιαφέρον, γιατί όλες οι απαιτήσεις ευστάθειας που επιβάλλονται από διάφορους κανονισμούς αναφέρονται σ' αυτά.

Για την περίπτωση του σχήματος 9.8 έχομε:

– Μετακεντρικό ύψος = 2,09 m.

- Μέγιστο μοχλοβραχίονα = 1,00 m.
- Γωνία μέγιστου βραχίονα = 33°.
- Εύρος ευστάθειας = 68°.

Εκτός από το εκτόπισμα και την κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου που επηρεάζουν πολύ σημαντικά τη μορφή της καμπύλης ευστάθειας, η μορφή της γενικά επηρεάζεται και από:

- Τη διαφορά διαγωγής του πλοίου.
- Τις γραμμές του πλοίου και τις διαστάσεις του.
- Το εφεδρικό ύψος.
- Τους χώρους που είναι στεγανοί πάνω από το κατάστρωμα.

9.9 Διορθώσεις καμπυλών ευστάθειας.

1) Γενικά. Καμπύλες ημιτόνου και συνημιτόνου.

Στα προηγούμενα και ιδιαίτερα στην παράγραφο 9.7, για την εύρεση της καμπύλης ευστάθειας ενός πλοίου με στοιχεία που παίρνομε από τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας, είδαμε ότι η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους επηρεάζει πολύ σημαντικά τους μοχλοβραχίονες επαναφοράς.

Γενικά η καμπύλη ευστάθειας ενός πλοίου που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο εκτόπισμα και σε συγκεκριμένη κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους θα μεταβληθεί όταν:

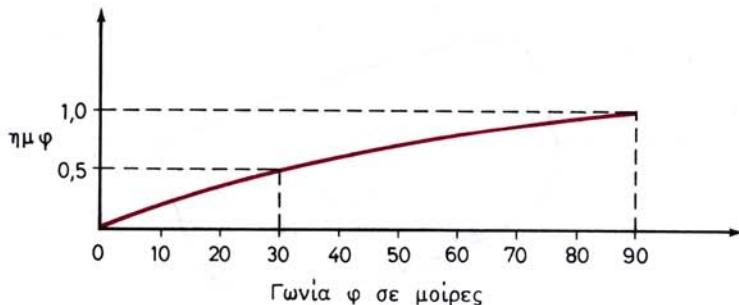
- Μετακινηθεί το κέντρο βάρους του πλοίου κατά την κατακόρυφη διεύθυνση.
- Μετακινηθεί το κέντρο βάρους εγκάρσια, δηλαδή σε θέση εκτός του επιπέδου συμμετρίας του πλοίου.
- Υπάρχουν σε δεξαμενές ή χώρους του πλοίου ελεύθερες επιφάνειες.
- Μεταβληθεί η διαγωγή του πλοίου (η επιρροή αυτή συχνά στους υπολογισμούς θεωρείται αμελητέα).

Επειδή, όπως θα δούμε παρακάτω, οι σχετικές διορθώσεις γίνονται με βάση διάφορες σχέσεις της τριγωνομετρίας, θα δοθούν εδώ μερικά στοιχεία για την ημιτονοειδή και συνημιτονοειδή καμπύλη.

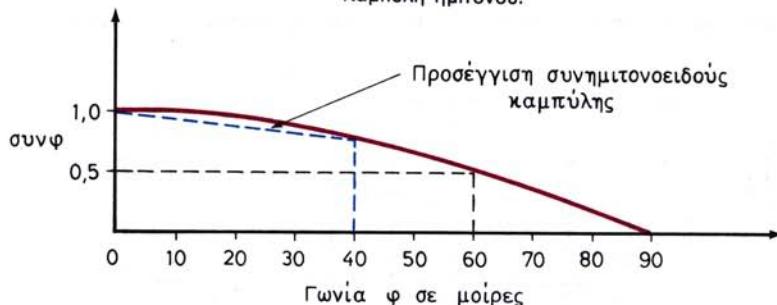
Στον πίνακα 9.9.1 δίνονται οι τιμές του ημιτόνου και συνημιτόνου που αντιστοιχούν σε μερικές γωνίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.9.1
Ημίτονα και συνημίτονα γωνιών

Γωνία	Ημίτονο	Συνημίτονο
0°	0,000	1,000
10	0,174	0,985
20	0,342	0,940
30	0,500	0,866
40	0,643	0,766
50	0,766	0,643
60	0,866	0,500
70	0,940	0,342
80	0,985	0,174
90	1,000	0,000



Σχ. 9.9α.
Καμπύλη ημιτόνου.



Σχ. 9.9β.
Καμπύλη συνημιτόνου.

Σε γραφική μορφή, τα στοιχεία του πίνακα 9.4.1 φαίνονται, για το ημίτονο, στο σχήμα 9.9α και για το συνημίτονο στο σχήμα 9.9β. Κάθε σχέση της μορφής Αημφή Ασυνφή έχει μία ανάλογη γραφική παράσταση.

Μερικές φορές, σε πρακτικούς υπολογισμούς ευστάθειας των πλοίων, οι κανονισμοί επιτρέπουν ένα τμήμα της καμπύλης του συνημιτόνου να αντικαθίσταται προσεγγιστικά με ένα τμήμα ευθείας. Αυτό γίνεται για λόγους απλουστεύσεως των σχετικών υπολογισμών. Για παράδειγμα, στους **υπολογισμούς φορτώσεως στηρών** που θα περιγράψουμε σε επόμενο κεφάλαιο, οι κανονισμοί επιτρέπουν να προσεγγίζουμε την καμπύλη του συνημιτόνου στην περιοχή από 0 έως 40° με ένα τμήμα ευθείας, όπως φαίνεται με μπλε γραμμή στο σχήμα 9.9β.

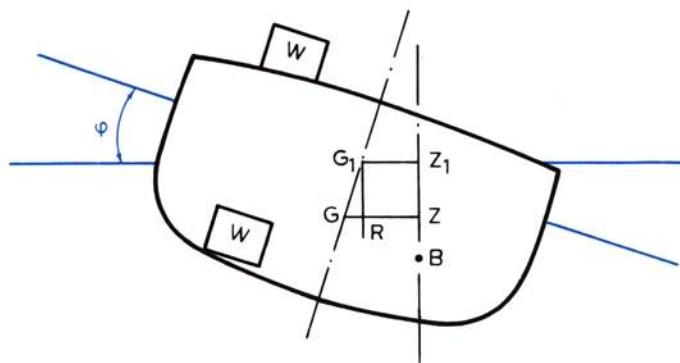
2) Διόρθωση καμπύλης ευστάθειας λόγω κατακρύφης μετακίνησεως του κέντρου βάρους του πλοίου.

Στο πλοίο του σχήματος 9.9γ το κέντρο βάρους βρίσκεται στη θέση G όταν το βάρος w βρίσκεται στην κάτω θέση. Μετακίνηση του βάρους w στην πάνω θέση δημιουργεί ανύψωση του κέντρου βάρους στη θέση G₁. Το μήκος GG₁ μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση (65).

Από το σχήμα 9.9γ εύκολα προκύπτει ότι ο νέος μοχλοβραχίονας επαναφοράς G₁Z₁ μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

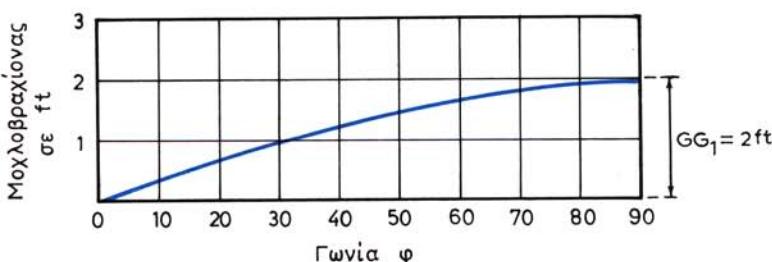
$$G_1Z_1 = GZ - GG_1 \eta_{μφ} \quad (95)$$

Στο σχήμα 9.9δ φαίνεται γραφικά η διόρθωση GG₁ημφ όταν η ανύψωση GG₁ είναι ίση με 2 ft.



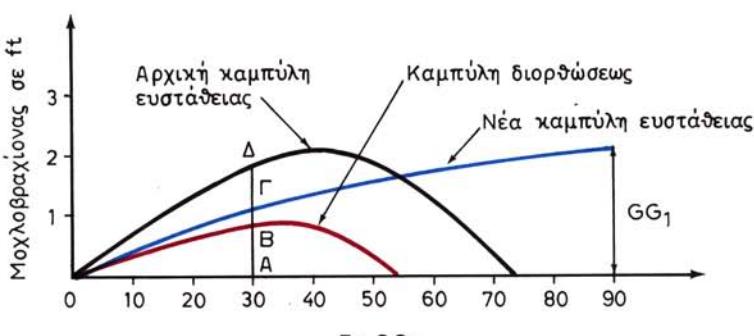
Σχ. 9.9γ.

Επίδραση κατακόρυφης μετακινήσεως βάρους στο μοχλοβραχίονα επαναφοράς.



Σχ. 9.9δ.

Μεταβολή μοχλοβραχίονα για κατακόρυφη μετακίνηση του κέντρου βάρους.



Σχ. 9.9ε.

Διόρθωση καμπύλης ευστάθειας λόγω κατακόρυφης μετακινήσεως κέντρου βάρους πλοίου.

Στο σχήμα 9.9ε βλέπουμε πώς συνδυάζεται η αρχική καμπύλη ευστάθειας με την καμπύλη διορθώσεως, ώστε να βρεθεί η νέα καμπύλη ευστάθειας. Συγκεκριμένα με μαύρο χρώμα φαίνεται η αρχική καμπύλη ευστάθειας και με μπλε η καμπύλη διορθώσεως που φαίνεται και στο σχήμα 9.9δ. Η τελική καμπύλη ευστάθειας (κόκκινη) προκύπτει με αφαίρεση σε κάθε γωνία των τεταγμένων της μπλε καμπύλης από τη μαύρη (AB = AD - AG σε κάθε γωνία).

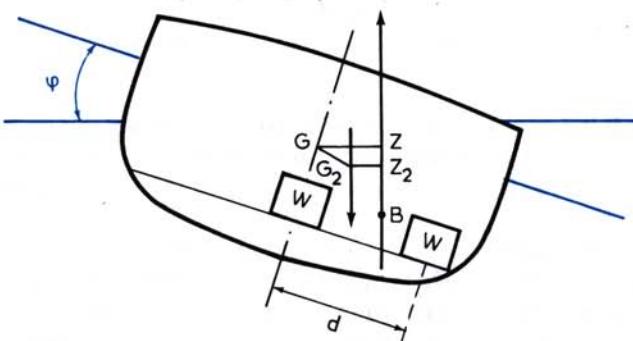
Αν το κέντρο βάρους είχε κινηθεί από πάνω προς τα κάτω, η διόρθωση θα ήταν

προσθετική, δηλαδή η νέα καμπύλη θα βρισκόταν ψηλότερα από την αρχική (αύξηση των μοχλοβραχίονων στις αντίστοιχες γωνίες. Η ίδια εργασία μπορεί να γίνει και με τη βοήθεια πίνακα, όπως ο 9.7.1.

3) Διόρθωση καμπύλης ευστάθειας λόγω εγκάρσιας μετακινήσεως του κέντρου βάρους του πλοίου.

Στο πλοίο του σχήματος 9.9στ έχομε αρχικά το βάρος w στο επίπεδο συμμετρίας, το οποίο μετακινούμε στη συνέχεια εγκάρσια στην πλευρά, δηλαδή κατά απόσταση d προς τα δεξιά του επιπέδου συμμετρίας. Αυτό δημιουργεί μία μετακίνηση του κέντρου βάρους του πλοίου από τη θέση G στη θέση G_2 , όπου:

$$GG_2 = \frac{wd}{\Delta}$$



Σχ. 9.9στ.

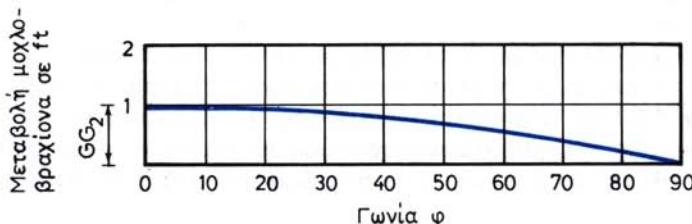
Επίδραση εγκάρσιας οριζόντιας μετακινήσεως βάρους στο μοχλοβραχίονα επαναφοράς.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από το σχήμα 9.9στ, θα έχομε:

$$G_2 Z_2 = GZ - GG_2 \text{ συνφ} \quad (96)$$

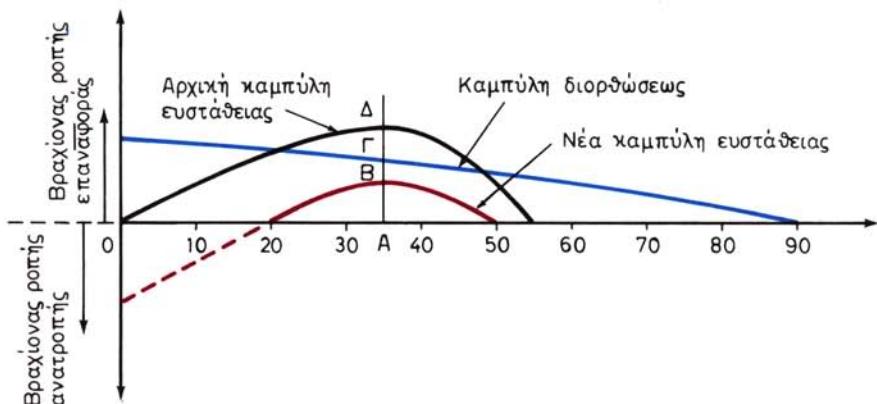
Το σχήμα 9.9ζ δίνει γραφικά τη διόρθωση GG_2 συνφ, όταν η εγκάρσια μετακίνηση του κέντρου βάρους του πλοίου GG_2 είναι ίση με 1 ft.

Στο σχήμα 9.9η φαίνεται πώς συνδυάζεται η αρχική καμπύλη ευστάθειας με την καμπύλη διορθώσεως, ώστε να βρεθεί η νέα καμπύλη ευστάθειας (με μαύρο χρώμα η αρχική καμπύλη ευστάθειας και με μπλε η καμπύλη διορθώσεως που φαίνεται



Σχ. 9.9ζ.

Μεταβολή μοχλοβραχίονα για εγκάρσια μετακίνηση του κέντρου βάρους.



Σχ. 9.9η.

Διόρθωση καμπύλης ευστάθειας λόγω εγκάρσιας μετακινήσεως κέντρου βάρους.

και στο σχήμα 9.9ζ). Η τελική καμπύλη ευστάθειας (κόκκινη) προκύπτει με αφαίρεση των τεταγμένων της μπλε καμπύλης από τη μαύρη ($AB = AD - AG$ σε κάθε γωνία) και σ' αυτή την περίπτωση η εργασία μπορεί να γίνει και με υπολογισμούς σε μορφή πίνακα.

Στο σχήμα 9.9η παρατηρούμε ότι η διόρθωση έχει σ' αυτή την περίπτωση ως αποτέλεσμα ένα κομμάτι της νέας καμπύλης να βρίσκεται κάτω από τον άξονα. Στο τμήμα αυτό της καμπύλης ο βραχίονας είναι αρνητικός. Έχουμε δηλαδή στην περιοχή αυτή ροπή ανατροπής. Έτσι, για την περίπτωση του σχήματος 9.9η, το πλοίο θα ισορροπήσει με γωνία εγκάρσιας κλίσεως 20° , δημοσιεύοντας την τελική καμπύλη τέμνει τον οριζόντιο άξονα.

4) Τυχαία μετακίνηση του κέντρου βάρους του πλοίου.

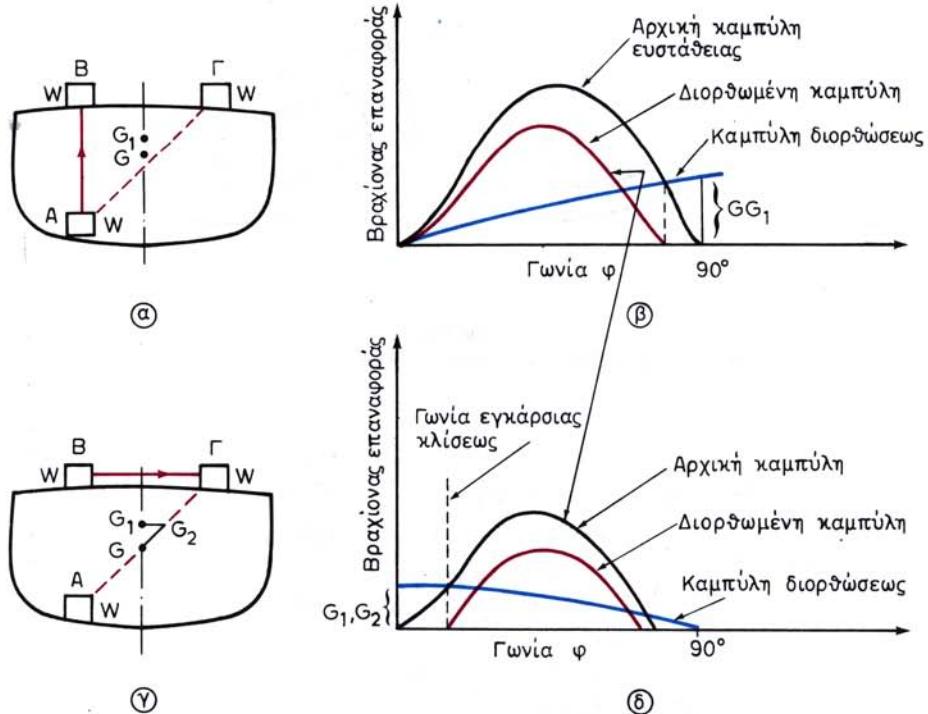
Στο σχήμα 9.9θ βλέπομε μία περίπτωση τυχαίας μετακινήσεως ενός βάρους w από τη θέση A στη θέση G . Η μετακίνηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται σε δύο φάσεις:

α) Στην αρχή μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το βάρος μετακινείται κατακόρυφα από το σημείο A στο σημείο B [σχ. 9.9θ (α)]. Αποτέλεσμα αυτής της κινήσεως είναι ότι το κέντρο βάρους του πλοίου μετακινείται από το σημείο G στο σημείο G_1 . Η σχετική διόρθωση της καμπύλης ευστάθειας γίνεται με βάση μία ημιτονοειδή διόρθωση, όπως έχουμε εξηγήσει στα προηγούμενα [σχ. 9.9θ (β)] και οδηγεί στην κόκκινη καμπύλη.

β) Στη συνέχεια θεωρούμε ότι το βάρος μετακινείται εγκάρσια από τη θέση B στη θέση G , με επακόλουθη τη μετακίνηση του κέντρου βάρους του πλοίου από το G_1 στο G_2 [σχ. 9.9θ (γ)]. Ξεκινώντας τώρα από την κόκκινη καμπύλη του σχήματος 9.9θ (β) σαν αρχική, κάνομε μία συνημιτονοειδή διόρθωση. Η τελική καμπύλη ευστάθειας του πλοίου φαίνεται με κόκκινο χρώμα στο σχήμα 9.9θ (δ).

5) Διόρθωση καμπύλης ευστάθειας λόγω ελεύθερης επιφάνειας.

Από τη σχέση (85) είναι φανερό ότι η διόρθωση της καμπύλης ευστάθειας λό-



Σχ. 9.90.

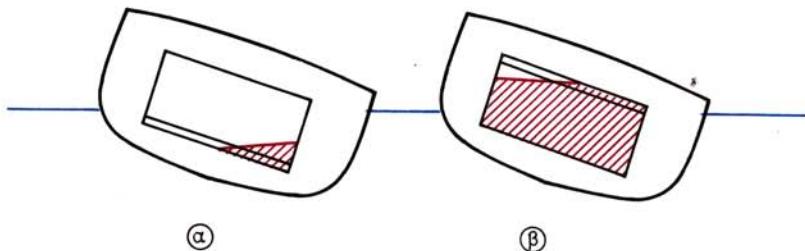
Διόρθωση καμπύλης ευστάθειας μετά από τυχαία μετακίνηση του κέντρου βάρους του πλοίου.
 α) Μεταφορά βάρους κατακόρυφα. β) Διόρθωση καμπύλης ευστάθειες λόγω κατακόρυφης μεταφοράς βάρους. γ) Εγκάρσια μετακίνηση βάρους. δ) Διόρθωση λόγω εγκάρσιας μετακινήσεως βάρους.

γω υπάρξεως ελεύθερης επιφάνειας σε δεξαμενές υγρών είναι μια ημιτονοειδής αφαιρετική ποσότητα. Έτσι η σχετική διόρθωση στην καμπύλη ευστάθειας μπορεί να γίνει ακριβώς όπως περιγράφηκε παραπάνω, στο εδάφιο 2 αυτής της παραγράφου.

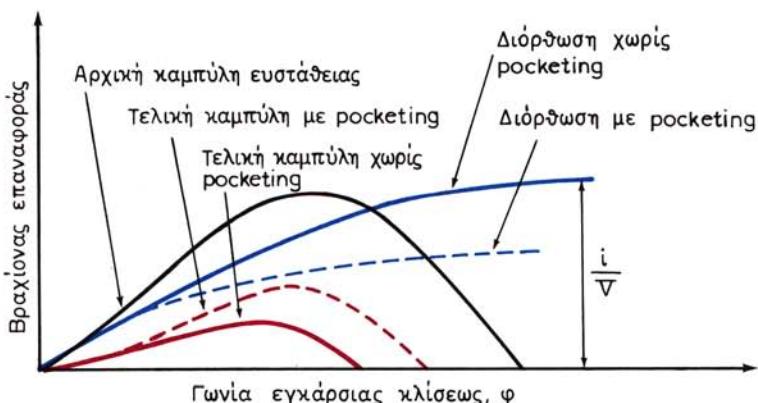
Πιο απλά, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το κέντρο βάρους του πλοίου βρίσκεται στη φαινομενική θέση που υπολογίζεται με βάση τη σχέση (86). Με τον τρόπο αυτό, εφαρμογή της διαδικασίας του εδαφίου 2 αυτής της παραγράφου, περιλαμβάνει και τη διόρθωση ελεύθερης επιφάνειας.

Η παραπάνω διόρθωση είναι θεωρητικά σωστή όταν η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού στη δεξαμενή δεν βρίσκεται πολύ χαμηλά ή πολύ ψηλά. Σε τέτοιες περιπτώσεις (χαμηλή ή ψηλή στάθμη) η ελεύθερη επιφάνεια παίρνει τις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα 9.91. Έτσι το μέγεθος της ελεύθερης επιφάνειας και επομένως και η φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους ελαττώνεται. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως *pocketing*.

Στο σχήμα 9.91α η μπλε συνεχής καμπύλη δίνει γραφικά τη διόρθωση λόγω ελεύθερης επιφάνειας όταν δεν υπάρχει pocketing (i/V ημφ). Λαμβάνοντας υπόψη και το φαινόμενο pocketing, η καμπύλη της διορθώσεως από κάποια γωνία και πέ-



Σχ. 9.9i.
Pocketing σε δεξαμενή. α) Χαμηλή στάθμη. β) Υψηλή στάθμη.



Σχ. 9.9ia.
Διόρθωση ελεύθερης επιφάνειας με και χωρίς pocketing.

ρα γίνεται πιο οριζόντια από την ημιτονοειδή, όπως φαίνεται με διακεκομμένη μπλε γραμμή στο σχήμα. Η τελική καμπύλη ευστάθειας φαίνεται με συνεχή κόκκινη γραμμή, όταν δεν λάβομε υπόψη το φαινόμενο pocketing και με διακεκομμένη στην αντίθετη περίπτωση.

Στην πράξη, επειδή οι σχετικοί υπολογισμοί είναι πολύπλοκοι, δεν λαμβάνεται υπόψη το φαινόμενο pocketing. Έτσι οι σχετικοί υπολογισμοί είναι ασφαλέστεροι για το πλοίο.

6) Ασύμμετρο διαμέρισμα με ελεύθερη επικοινωνία.

Όταν ένα ασύμμετρο διαμέρισμα του πλοίου κατά την εγκάρσια έννοια βρίσκεται σε ελεύθερη επικοινωνία με τη θάλασσα λόγω κάποιου ρήγματος γύρω στην ίσαλο, ποσότητα νερού εισέρχεται και εξέρχεται από το διαμέρισμα όταν το πλοίο παίρνει εγκάρσιες κλίσεις.

Αποδεικνύεται ότι η διόρθωση της καμπύλης ευστάθειας, σ' αυτή την περίπτωση, είναι ανάλογη με εκείνη που εφαρμόζεται όταν υπάρχουν ελεύθερες επιφάνειες. **Η μόνη διαφορά είναι ότι τώρα η ροπή αδράνειας της ελεύθερης επιφάνειας θα πρέπει να ληφθεί όχι γύρω από τον κεντροβαρικό άξονα της δεξαμενής (όπως**

γίνεται για τις ελεύθερες επιφάνειες αλλά γύρω από τον άξονα συμμετρίας του πλοίου. Αυτή η ροπή αδράνειας μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$i' = i + Ay^2 \quad (97)$$

όπου: i είναι η ροπή αδράνειας της δεξαμενής γύρω από το διαμήκη κεντροβαρικό της άξονα σε m^4 ή ft^4 ,

i' η ροπή αδράνειας της δεξαμενής γύρω από το διαμήκη άξονα συμμετρίας του πλοίου σε m^4 ή ft^4 ,

Α η επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής σε m^2 ή ft^2 και

γ η εγκάρσια απόσταση μεταξύ του διαμήκους κεντροβαρικού άξονα της δεξαμενής και του άξονα συμμετρίας του πλοίου σε m ή ft .

Παράδειγμα 1.

Το πλοίο Α βρίσκεται στην κατάσταση του παραδείγματος 1 της παραγράφου 9.7 ($\Delta = 12432$ MT, $KG = 12,1$ m, καμπύλη ευστάθειας όπως στο σχήμα 9.7).

Στην κατάσταση αυτή είναι κενές οι δεξαμενές:

- Πετρελαίου λεβήτων αριστερής πλευράς μεταξύ των νομέων 214 - 220 (Δεξαμενή Α).
- Πετρελαίου Diesel χρήσεως αριστερής πλευράς μεταξύ των νομέων 19-21 (Δεξαμενή Β).

Πραγματοποιούνται οι παρακάτω μεταγγίσεις πετρελαίου:

α) Το πετρέλαιο λεβήτων της δεξιάς δεξαμενής διπύθμενου μηχανοστασίου που βρίσκεται μεταξύ των νομέων 26-39 (Δεξαμενή Γ), η οποία είναι αρχικά γεμάτη, μεταφέρεται στη Δεξαμενή Α. Στη θέση αυτή το κέντρο βάρους του πετρελαίου βρίσκεται 9,0 m πάνω από την τρόπιδα και 5,0 m προς τα αριστερά του επιπέδου συμμετρίας του πλοίου. Το κέντρο δύκου της δεξαμενής Γ βρίσκεται 4,0 m προς τα δεξιά του επιπέδου συμμετρίας του πλοίου.

β) Το πετρέλαιο Diesel της δεξιάς δεξαμενής διπύθμενου μηχανοστασίου που βρίσκεται μεταξύ των νομέων 26 - 39 (Δεξαμενή Δ), η οποία είναι αρχικά γεμάτη, μεταφέρεται στη Δεξαμενή Β. Στη θέση αυτή το κέντρο βάρους του πετρελαίου βρίσκεται 10,5 m πάνω από την τρόπιδα και 5,3 m προς τα αριστερά του επιπέδου συμμετρίας του πλοίου. Το κέντρο δύκου της δεξαμενής Δ βρίσκεται 3,8 m προς τα δεξιά του επιπέδου συμμετρίας του πλοίου. Το πλοίο αρχικά δεν έχει εγκάρσια κλίση.

Ζητείται να βρεθεί η καμπύλη ευστάθειας του πλοίου στη νέα κατάσταση.

Με την παρατήρηση ότι δύο στοιχεία δεν δίνονται στην εκφώνηση του προβλήματος μπορούν να βρεθούν από τον πίνακα 5.8.1 (για το πλοίο Α), καταρτίζομε τον πίνακα 9.9.2. Από τη συμπλήρωση των στοιχείων του πίνακα που είναι σχετικά απλή και, όπως φαίνεται και στις αντίστοιχες σημειώσεις, διαπιστώνομε ότι:

- Το κέντρο βάρους μετακινείται προς τα πάνω (λόγω κατακόρυφης μεταφοράς βαρών) κατά $12,14 - 12,1 = 0,04$ m.
- Μετακινείται επίσης προς τα πάνω (λόγω ελεύθερης επιφάνειας) κατά 0,033 m.
- Τέλος μετακινείται εγκάρσια προς τα αριστερά κατά 0,043 m.

Οι παραπάνω μετακινήσεις φαίνονται στο σχήμα 9.9ιβ.

Στη συνέχεια, ξεκινώντας από τα στοιχεία της καμπύλης ευστάθειας του πίνακα

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.9.2
Εύρεση στοιχείων κέντρου βάρους του πλοίου.

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8	ΣΤΗΛΗ 9
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΒΑΡΟΣ (MT)	Κατακό- ρυφη θέση κέντρου βάρους (v.c.g) (m)	Εγκάρσια θέση κέντρου βάρους (t.c.g) (m) ⁽⁷⁾	Κατακό- ρυφη ροπή = (2) × (3)	Εγκάρσια ροπή = (2) × (4)	Ελεύθερη επιφάνεια (i)	$\frac{Y_t}{Y_w}$	$i \left(\frac{Y_t}{Y_w} \right)$ $= (8) \times (9)$ (m ⁴)
Πλοίο	12432 ⁽⁸⁾	12,1 ⁽⁸⁾	0,00 ⁽⁸⁾	150427	0	—	—	—
Δεξαμενή Α (AP)	+31,4 ⁽³⁾	9,0 ⁽⁶⁾	+5,0 ⁽⁸⁾	283	+157	422 ⁽⁵⁾	0,924 ⁽¹¹⁾	390
Δεξαμενή Β (AP)	+27,7 ⁽⁴⁾	10,5 ⁽⁶⁾	+5,3 ⁽⁶⁾	291	+147	18	0,820 ⁽¹²⁾	15
Δεξαμενή Γ (ΔΕ)	-31,4 ⁽¹⁾	1,03 ⁽⁵⁾	-4,0 ⁽⁸⁾	-32	+126	Δεξαμενή κενή	—	—
Δεξαμενή Δ (ΔΕ)	-27,7 ⁽²⁾	1,03 ⁽⁵⁾	-3,8 ⁽⁸⁾	-29	+105	Δεξαμενή κενή	—	—
ΣΥΝΟΛΟ	12432	12,14 ⁽⁹⁾	0,043 ⁽¹⁰⁾	150940	535			405

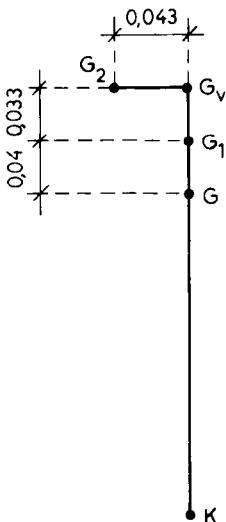
Σημειώσεις.

- (1) Ο όγκος της δεξαμενής από τον πίνακα 5.8.1 είναι 33 m³. Με συντελεστή στοιβασίας 1,05 m³/MT έχουμε $w = 33/1,05 = 31,43$ MT.
- (2) Ο όγκος της δεξαμενής από τον πίνακα 5.8.1 είναι 33 m³. Με συντελεστή στοιβασίας 1,19 m³/MT έχουμε $w = 33/1,19 = 27,73$.
- (3) Βάρος ίσο με εκείνο που μεταφέρεται από τη δεξαμενή Γ.
- (4) Βάρος ίσο με εκείνο που μεταφέρεται από τη δεξαμενή Δ.
- (5) Στοιχεία από πίνακα 5.8.1.
- (6) Στοιχεία από την εκφώνηση του προβλήματος.
- (7) Βραχίονες + προς τα αριστερά και - προς τα δεξιά.
- (8) Επειδή το πλοίο στην αρχική κατάσταση δεν έχει εγκάρσια κλίση.
- (9) $VCG_1 = 150940/12432 = 12,14$.
- (10) $TCG_1 = 535/12432 = 0,043$.
- (11) $(Y_t/Y_w) = 947/1025 = 0,924$.
- (12) $(Y_t/Y_w) = 841/1025 = 0,820$.

Φαινομενική ανύψωση κέντρου βάρους λόγω ελεύθερης επιφάνειας

$$\left\{ \frac{\sum (i \frac{Y_t}{Y_w})}{V} = \frac{405}{12432/1,025} = 0,033 \right.$$

9.7.1 συμπληρώνομε τον πίνακα 9.9.3. Με τα στοιχεία της στήλης 8 του πίνακα αυτού μπορούμε να χαράξομε τη νέα καμπύλη ευστάθειας του πλοίου, η οποία θα βρίσκεται σε όλες τις γωνίες χαμηλότερα από εκείνη του σχήματος 9.7.



Σχ. 9.9ιβ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.9.3**Διορθώσεις καμπύλης ευστάθειας**

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8
Γωνία φ (μοίρες)	ημφ ⁽¹⁾	συνφ ⁽¹⁾	GZ (από πίνακα 9.7.1) (m)	GG ₁ × ημφ = 0,04 × (2)	G ₁ G _v × ημφ = 0,033 × (2)	G _v G ₂ × συνφ = 0,043 × (3)	G ₂ Z ₂ = (4) - (5) - (6) - (7)
0	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,043	-0,043
15	0,258	0,966	2,610	0,010	0,008	0,041	2,551
30	0,500	0,866	2,555	0,020	0,017	0,037	2,481
45	0,707	0,707	1,459	0,028	0,023	0,030	1,378
60	0,866	0,500	0,192	0,035	0,028	0,021	0,108
75	0,966	0,258	-1,421	0,038	0,032	0,011	-1,502
90	1,000	0,000	-3,240	0,040	0,033	0,000	-3,313

Σημείωση.

(1) Από τριγωνομετρικούς πίνακες όπως ο πίνακας 9.9.1.

Παράδειγμα 2.

Το πλοίο Α πλέει έμφορτο στην κατάσταση του παραδείγματος 2 της παραγράφου 9.7 ($\Delta = 54988 \text{ tn}$, $KG = 9,85 \text{ m}$, καμπύλη ευστάθειας όπως φαίνεται στο σχήμα 9.8) με ένα ασύμμετρο διαμέρισμά του σε ελεύθερη επικοινωνία με τη θάλασσα. Το διαμέρισμα που επικοινωνεί με τη θάλασσα έχει:

- Ροπή αδράνειας ελεύθερης επιφάνειας 4000 m^4 .
- Ελεύθερη επιφάνεια 200 m^2 .
- Απόσταση διαμήκη άξονα ελεύθερης επιφάνειας από επίπεδο συμμετρίας πλοίου 7 m .

Ζητείται να βρεθεί η καμπύλη ευστάθειας του πλοίου στην παραπάνω κατάσταση.

Από τη σχέση (97) έχομε:

$$i' = i + Ay^2 = 4000 + (200) \times (7)^2 = 13800 \text{ m}^4$$

$$GG_v = \frac{\gamma_t}{\gamma_w} \times \frac{i'}{V} = \frac{1,025}{1,025} \times \frac{13800}{54988/1,025} = 0,257 \text{ m}$$

Στη συνέχεια συμπληρώνομε τον πίνακα 9.9.4, από τη στήλη 5 του οποίου μπορούμε να πάρομε στοιχεία για τη χάραξη της καμπύλης ευστάθειας του πλοίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.9.4

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5
Γωνία φ (μοίρες)	ημφ	GZ από πίνακα 9.7.2 (m)	$GG_v \times \text{ημφ} = 0,257 \times (2)$	$G_v Z_1 = (3) - (4)$
0	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,258	0,612	0,066	0,546
30	0,500	0,960	0,128	0,832
45	0,707	0,840	0,182	0,658
60	0,866	0,400	0,222	0,178
75	0,966	-0,278	0,248	-0,526
90	1,000	-1,080	0,257	-1,337

9.10 Συσχετισμός της αρχικής ευστάθειας με την ευστάθεια μεγάλων γωνιών κλίσεως.

Ορισμένα συμπεράσματα ως προς το συσχετισμό της αρχικής ευστάθειας με την ευστάθεια μεγάλων γωνιών κλίσεως μπορούν να προκύψουν από τη σχέση του Scribanti (σχέση 91) που, όπως είδαμε, έχει τη μορφή:

$$GZ = \eta \mu \phi [GM_T + \frac{BM_T}{2} \epsilon \phi^2 \phi]$$

Πρώτα από όλα στη σχέση αυτή αν θεωρήσουμε ότι για μικρές γωνίες κλίσεως η εφφ είναι ένας μικρός αριθμός, η $\epsilon \phi^2 \phi$ είναι πάρα πολύ μικρός και επομένως ο αντίστοιχος όρος στη σχέση Scribanti μπορεί να παραλειφθεί, οδηγώντας έτσι στη γνωστή σχέση που είδαμε ότι ισχύει στις μικρές γωνίες:

$$GZ \approx GM_T \eta \mu \phi$$

Από τη διερύνηση της σχέσεως (91) έχομε επίσης:

1) $A \nu GM_T > 0$.

Ο μοχλοβραχίονας GZ έχει την τιμή μηδέν, δηλαδή το πλοίο ισορροπεί όταν:

$$0 = \eta \mu \phi [GM_T + \frac{BM_T}{2} \epsilon \phi^2 \phi]$$

Η συνθήκη αυτή ικανοποιείται όταν:

$$\eta \mu \phi = 0 \quad \text{ή} \quad \phi = 0$$

ή όταν

$$\epsilon \phi \phi = \pm \sqrt{\frac{-2 |GM_T|}{BM_T}}$$

Επειδή δεν υπάρχει πραγματική τιμή της φ που να ικανοποιεί την τελευταία σχέση, είναι φανερό ότι **ένα πλοίο με θετικό μετακεντρικό ύψος ισορροπεί στην κατακόρυφη θέση ($\phi = 0$)**.

2) $Av GM_T = 0$.

Η σχέση (91) στη θέση ισορροπίας του πλοίου παίρνει τη μορφή:

$$0 = \frac{1}{2} BM_T \eta \mu \phi \epsilon \phi^2 \phi$$

που ικανοποιείται μόνο για $\phi = 0$.

Αυτό σημαίνει ότι **ένα πλοίο με μηδενικό μετακεντρικό ύψος ισορροπεί στην κατακόρυφη θέση και όταν απομακρυνθεί απ' αυτήν δημιουργείται ένας βραχίονας επαναφοράς που μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:**

$$GZ = \frac{1}{2} BM_T \eta \mu \phi \epsilon \phi^2 \phi$$

3) $Av GM_T < 0$.

Η σχέση (91) στη θέση ισορροπίας του πλοίου παίρνει τη μορφή:

$$0 = \eta \mu (-|GM_T| + \frac{1}{2} BM_T \epsilon \phi^2 \phi)$$

που ικανοποιείται όταν:

$$\eta \mu = 0 \quad \text{ή} \quad \phi = 0$$

και όταν

$$\epsilon \phi \phi = \pm \sqrt{\frac{2|GM_T|}{BM_T}} \quad (98)$$

Αλλά όταν $\phi = 0$, ο μοχλοβραχίονας είναι αρνητικός. Έχομε δηλαδή ροπή ανατροπής. **Έτσι η κατακόρυφη θέση για ένα πλοίο με αρνητικό μετακεντρικό ύψος είναι θέση ασταθούς ισορροπίας.**

Αντίθετα, σε μια γωνία που βρίσκεται από τη σχέση:

$$\phi = \pm \text{τοξ} \left\{ \epsilon \phi \sqrt{\frac{2|GM_T|}{BM_T}} \right\} \quad (99)$$

το πλοίο ισορροπεί και βρίσκεται σε ευσταθή ισορροπία. Η γωνία αυτή λέγεται γωνία κλίσεως λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους (angle of loll).

Έτσι βλέπουμε ότι ένα πλοίο με αρνητικό μετακεντρικό ύψος δεν ανατρέπεται αλλά ισορροπεί, χωρίς διάκριση, σε κάποια γωνία προς τα δεξιά ή αριστερά που βρίσκεται από τη σχέση (99).

Όταν ένα πλοίο έχει αρνητικό αρχικό μετακεντρικό ύψος ($GM_T)_0$, τότε το μετακεντρικό του ύψος GM_T , στη γωνία κλίσεως λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους (angle of loll) [σχέση (99)] μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$GM_T = 2(GM_T)_0 \sqrt{1 + \frac{2|GM_T|_0}{BM_T}} \quad (100)$$

όπου: GM_T το μετακεντρικό ύψος στη γωνία κλίσεως λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους και $|GM_T|_0$ η απόλυτη τιμή του αρχικού αρνητικού μετακεντρικού ύψους.

Παράδειγμα.

Η ροπή αδράνειας της επιφάνειας της ισάλου ενός πλοίου είναι 4500000 ft^4 . Το εκτόπισμα του

πλοίου είναι 8000 LT. Επίσης είναι: KB = 7 ft και KG = 21 ft.

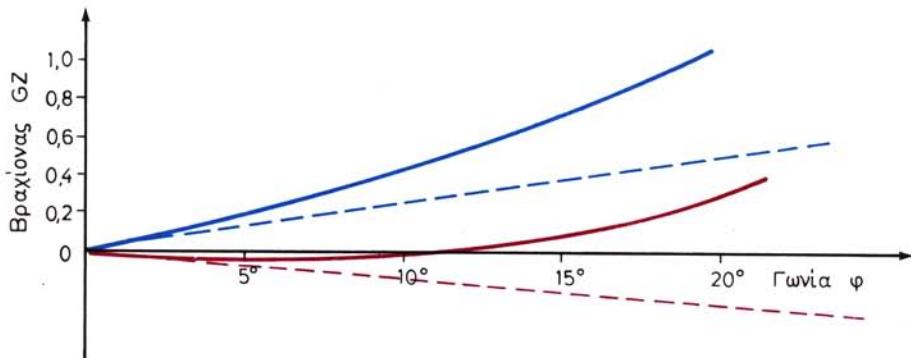
Θα έχομε:

$$BM_T = \frac{l}{V} = \frac{4500000}{(8000) \times (35)} = 16,08 \text{ ft}$$

Έτσι:

$$GM_T = KB + BM_T - KG = 7 + 16,08 - 21 = 2,08 \text{ ft}$$

Εφαρμογή της σχέσεως (91) σε γωνίες 0 έως 20° δίνει στοιχεία με τα οποία χαράσσομε τη μπλε καμπύλη του σχήματος 9.10.



Σχ. 9.10.

Αρχική και τελική καμπύλη ευστάθειας.

Αν για κάποιο λόγο ανυψωθεί το κέντρο βάρους, ώστε το πλοίο να αποκτήσει αρνητικό μετακεντρικό ύψος ίσο με 3'', θα έχομε από τη σχέση (98):

$$\epsilon\phi\phi = \sqrt{\frac{2|GM_T|}{BM_T}} = \sqrt{\frac{2 \times 3}{12 \times 16,08}} = \frac{1}{5,67}$$

και επομένως $\phi = 10^\circ$

Επειδή το GM_T ήταν αρχικά 2,08 ft και τελικά έγινε 0,25 ft (3 in), η ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου θα πρέπει να ήταν $2,08 - (-0,25) = 2,33$ ft. Επομένως στη νέα κατάσταση οι μοχλοβραχίονες επαναφοράς, με βάση τη σχέση $G_1Z_1 = GZ - GG_1$, ημφ, θα είναι:

Για $\phi = 0^\circ$ $G_1Z_1 = 0$

$$\phi = 5^\circ \quad G_1Z_1 = 0,188 - 2,33 \times 0,087 = -0,015 \text{ ft}$$

$$\phi = 10^\circ \quad G_1Z_1 = 0,405 - 2,33 \times 0,174 = 0 \text{ ft}$$

$$\phi = 15^\circ \quad G_1Z_1 = 0,688 - 2,33 \times 0,259 = 0,085 \text{ ft}$$

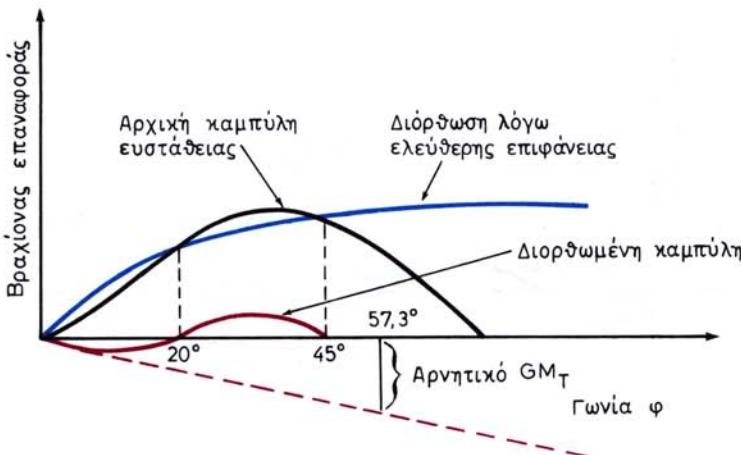
$$\phi = 20^\circ \quad G_1Z_1 = 1,078 - 2,33 \times 0,342 = 0,281 \text{ ft}$$

Τιμές για το GZ στις διάφορες γωνίες έχουν βρεθεί από τη σχέση (91). Με τις τιμές του G_1Z_1 , στις αντίστοιχες γωνίες μπορούμε να χαράξουμε στο σχήμα 9.10 την κόκκινη καμπύλη που τέμνει τον οριζόντιο άξονα σε γωνία ίση με 10° (γωνία εγκάρσιας κλίσεως λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους).

Η τομή της εφαπτομένης στην κόκκινη καμπύλη σε γωνία 0° με μια κάθετο σε γωνία $57,3^\circ$ θα μας δώσει το μετακεντρικό ύψος, το οποίο, όπως φαίνεται και από το σχήμα για την περίπτωση του δεύτερου μέρους αυτού του παραδείγματος, είναι αρνητικό.

9.11 Καμπύλη ευστάθειας πλοίου με αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

Στο σχήμα 9.11 φαίνεται η καμπύλη ευστάθειας ενός πλοίου. Αν στο πλοίο δημιουργηθεί μια με-



Σχ. 9.11.
Καμπύλη ευστάθειας πλοίου με αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

γάλη ελεύθερη επιφάνεια, η καμπύλη ευστάθειας θα πρέπει να διορθωθεί σύμφωνα με αυτά που αναφέραμε στο εδάφιο 5 της παραγράφου 9.9. Η σχετική διόρθωση φαίνεται επίσης στο σχήμα με μπλε χρώμα. Από την αφαίρεση των τεταγμένων της αρχικής καμπύλης και της καμπύλης διορθώσεως προκύπτει η διορθωμένη καμπύλη ευστάθειας που φαίνεται στο σχήμα με κόκκινο χρώμα.

Στη διορθωμένη καμπύλη ευστάθειας παρατηρούμε ότι:

- Το αρχικό της τμήμα έχει αρνητικούς βραχίονες επαναφοράς (ροπή ανατροπής).
- Το εύρος ευστάθειας είναι μικρότερο από δι, στην αρχική καμπύλη.
- Οι βραχίονες επαναφοράς και εκεί που είναι θετικοί έχουν πολύ μικρές τιμές.
- Θετικούς βραχίονες επαναφοράς έχουμε μόνο στην περιοχή 20° έως 45° . (Για την περίπτωση του σχήματος 9.11).

Στην περιοχή από 0 έως 20° έχουμε ασταθή ισορροπία, γιατί αύξηση της εγκάρσιας κλίσεως δεν δημιουργεί ροπή επαναφοράς.

Έτσι το πλοίο που έχει τη διορθωμένη καμπύλη ευστάθειας του σχήματος 9.11 δεν μπορεί σε ή-ρεμο νερό να ισορροπήσει στην κατακόρυφη θέση, αλλά ισορροπεί μόνο με εγκάρσιες κλίσεις 20° προς την αριστερή ή τη δεξιά πλευρά.

Ένα πλοίο που σε ήρεμο νερό ισορροπεί χωρίς διάκριση πότε προς την αριστερή και πότε προς τη δεξιά πλευρά χωρίς να υπάρχει καμάτερική απίλη γι' αυτό, έχει αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

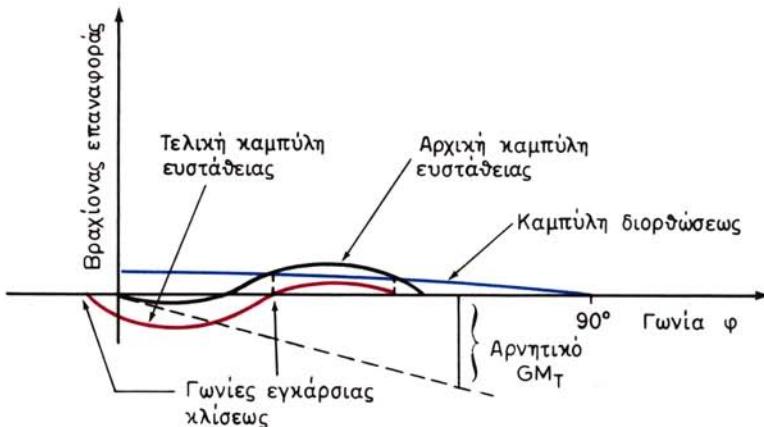
Σε θαλασσοταραχή, το πλοίο με την καμπύλη του σχήματος 9.11 θα διατοιχίζεται γύρω από τη γωνία των 20° .

Η ελεύθερη επιφάνεια δεν είναι ο μόνος λόγος που μπορεί να δημιουργήσει αρνητικό μετακεντρικό ύψος σ' ένα πλοίο. Άλλοι λόγοι είναι επίσης:

- Η προσθήκη βαρών με κέντρο βάρους ψηλότερα από το κέντρο βάρους του πλοίου.
- Η αφαίρεση βαρών με κέντρο βάρους χαμηλότερα από το κέντρο βάρους του πλοίου.
- Η μεταφορά βαρών από χαμηλά σημεία του πλοίου προς τα πάνω.
- Πολύ μικρό βύθισμα του πλοίου, που προκαλεί ελάττωση του CM_T .

9.12 Συνδυασμός αρνητικού μετακεντρικού ύψους και ασύμμετρης κατανομής βαρών.

Ας θεωρήσουμε ένα πλοίο που έχει αρνητικό μετακεντρικό ύψος και καμπύλη ευστάθειας, όπως φαίνεται με μαύρο χρώμα στο σχήμα 9.12. Αν στο πλοίο δημιουργηθεί ασύμμετρη (κατά το εγκάρσιο) κατανομή βαρών, σύμφωνα με αυτά που έχομε πει στο εδάφιο 3 της παραγράφου 9.9, θα πρέπει να γίνει στην καμπύλη διόρ-



Σχ. 9.12.

Καμπύλη ευστάθειας πλοίου με αρνητικό GM_T και ασύμμετρη κατανομή βαρών.

Θωσκη που φαίνεται με μπλε χρώμα. Από την αφαίρεση των τεταγμένων της καμπύλης διορθώσεως από την αρχική, προκύπτει η τελική καμπύλη ευστάθειας που φαίνεται με κόκκινο χρώμα στο σχήμα, όπου βλέπομε επίσης τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου.

Ένδειξη της υπάρξεως της καταστάσεως αυτής σ' ένα πλοίο είναι η ισορροπία του χωρίς διάκριση σε κάποια γωνία προς την μια πλευρά ή σε κάποια μικρότερη γωνία προς την αντίθετη πλευρά, χωρίς να υπάρχουν εξωτερικά αίτια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

10.1 Ορισμός. Πρακτική εξήγηση της έννοιας της δυναμικής ευστάθειας.

Στο σχήμα 10.1α φαίνεται η μεταβολή της ροπής επαναφοράς ενός πλοίου σε συνάρτηση με τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως ϕ . Η χάραξη αυτής της καμπύλης είναι πολύ εύκολη και προκύπτει από την καμπύλη μοχλοβραχιόνων επαναφοράς, αν:

- Πολλαπλασιάσουμε τους βραχίονες επαναφοράς με το εκτόπισμα του πλοίου.
- Μετατρέψουμε την κλίμακα των γωνιών από μοίρες σε ακτίνια.

Από γνωστούς ορισμούς της Μηχανικής κατά την περιστροφική κίνηση ενός σώματος, το έργο που παράγεται δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Έργο} = [\text{Ροπή}] \times [\text{Γωνία περιστροφής σε ακτίνια}] \quad (101)$$

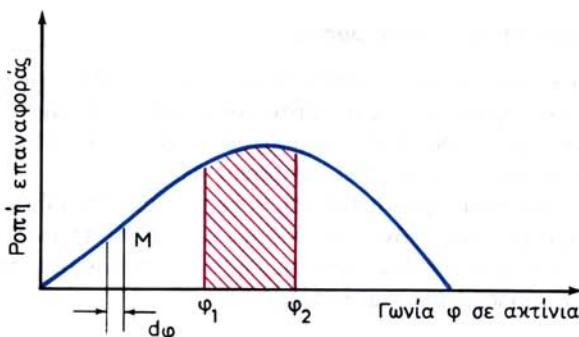
Έτσι, αν εξετάσουμε το στοιχειώδες έργο που παράγεται κατά μια μικρή περιστροφή του πλοίου κατά τη γωνία $d\phi$, διαπιστώνομε ότι είναι ίσο με:

$$dW = M d\phi \quad (102)$$

Το έργο που χρειάζεται να δαπανηθεί για να αυξηθεί η εγκάρσια κλίση του πλοίου από μια γωνία ϕ , σε κάποια άλλη ϕ_2 , βρίσκεται με ολοκλήρωση της σχέσεως (102):

$$\int_{\phi_1}^{\phi_2} dW = \int_{\phi_1}^{\phi_2} M d\phi \quad (103)$$

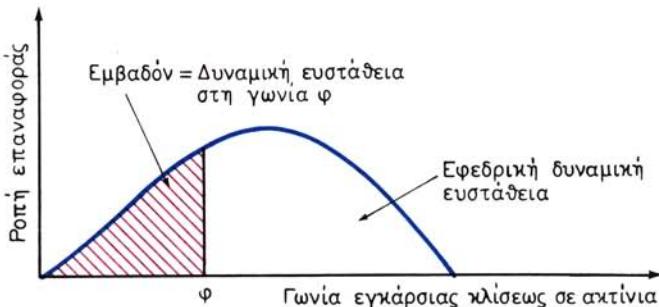
Συγκρίνοντας τη σχέση (102) με τη σχέση (26) διαπιστώνομε ότι το ολοκλήρωμα της σχέσεως (103) έχει αριθμητική τιμή ίση με το σκιασμένο εμβαδόν του σχήματος 10.1α.



Σχ. 10.1α.
Γενικός ορισμός δυναμικής ευστάθειας.

Ως δυναμική ευστάθεια του πλοίου στη γωνία φ ορίζομε το έργο που χρειάζεται να δαπανηθεί για τη μεταβολή της εγκάρσιας γωνίας κλίσεως του πλοίου από γωνία 0° σε γωνία ϕ .

Με τον παραπάνω ορισμό μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι η **δυναμική ευστάθεια ενός πλοίου σε κάποια γωνία φ είναι ίση με το εμβαδόν που περιέχεται μεταξύ της καμπύλης ευστάθειας, του οριζόντου άξονα και μιας ευθείας κάθετης στον οριζόντιο άξονα στη θέση της γωνίας φ.** (Διαγραμμισμένη επιφάνεια στο σχήμα 10.1β).



Σχ. 10.1β.
Ορισμός δυναμικής ευστάθειας.

Στο ίδιο σχήμα βλέπομε ότι η μη διαγραμμισμένη επιφάνεια ονομάζεται **εφεδρική δυναμική ευστάθεια**.

Η ολική δυναμική ευστάθεια είναι ολόκληρο το εμβαδόν που βρίσκεται κάτω από την καμπύλη ευστάθειας.

10.2 Γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου κάτω από την επίδραση εξωτερικής ροπής.

Η γωνία εγκάρσιας κλίσεως που παίρνει ένα πλοίο κάτω από την επίδραση μιας εξωτερικής εγκάρσιας ροπής εξαρτάται από τον τρόπο εφαρμογής της, δηλαδή, διπλάσιας λέμε, από το αν η ροπή εφαρμόζεται **στατικά** ή **δυναμικά**.

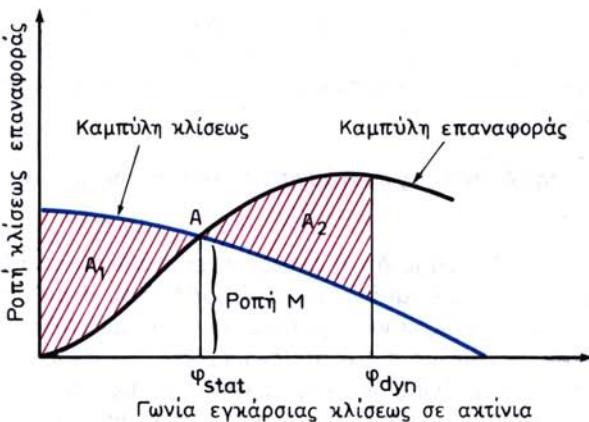
1) Στατική εφαρμογή εγκάρσιας ροπής.

Ας υποθέσουμε ότι ένα βάρος τοποθετείται με ένα γερανό της ξηράς στην πλευρά ενός πλοίου που αρχικά έπλεε σε κατακόρυφη θέση. Όπως είδαμε στο εδάφιο 2 της παραγράφου 9.9, η ροπή που δημιουργεί το βάρος αυτό περιγράφεται με μια συνημιτονοειδή καμπύλη (μπλέ του σχήματος 10.2).

Αν η κίνηση γίνει πολύ αργά (στατικά), τότε το πλοίο θα πάρει τέτοια εγκάρσια κλίση, ώστε η ροπή κλίσεως λόγω του βάρους και η ροπή επαναφοράς θα γίνουν ίσες. Αυτό συμβαίνει στο σημείο τομής των δύο καμπυλών (ροπής κλίσεως και ροπής επαναφοράς), δηλαδή στη γωνία Φ_{stat} .

Συμπέρασμα:

Όταν στο πλοίο εφαρμοσθεί κάποια εξωτερική ροπή στατικά, η εγκάρσια κλίση του είναι τέτοια, ώστε η ροπή επαναφοράς είναι ίση με τη ροπή κλίσεως.



Σχ. 10.2.

Γωνία εγκάρσιας κλίσεως με επίδραση στατικά ή δυναμικά εξωτερικής ροπής.

2) Δυναμική εφαρμογή εγκάρσιας ροπής.

Ας θεωρήσουμε τώρα ότι η τοποθέτηση του βάρους στην πλευρά του πλοίου γίνεται απότομα (δυναμικά). Το πλοίο, σ' αυτή την περίπτωση, θα αρχίσει να κλίνει με κάποια ταχύτητα. Μέχρι το σημείο Α (σχ. 10.2) η ροπή κλίσεως είναι μεγαλύτερη από τη ροπή επαναφοράς και αυτό τένει να αυξήσει τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως. Στο σημείο Α, παρά το ότι οι δύο ροπές είναι ίσες μεταξύ τους, το πλοίο έχει αποκτήσει κάποια περιστροφική ταχύτητα και επομένως έχει κάποια κινητική ενέργεια. Έτσι η εγκάρσια κλίση θα αυξηθεί και πέρα από τη γωνία Φ_{stat} μέχρι κάποια γωνία Φ_{dyn} , όπου, κάτω από την επήρεια της ροπής επαναφοράς που τώρα υπερτερεί από τη ροπή κλίσεως, θα επιβραδυνθεί και θα σταματήσει. Φυσικά, αφού στο σημείο αυτό υπερτερεί η ροπή επαναφοράς, το πλοίο θα αρχίσει να παίρνει αντίθετη κλίση και, κάτω από την επίδραση της αντιστάσεως του νερού στα ύφαλά του, μετά από μερικές ταλαντώσεις, θα σταματήσει τελικά στη γωνία Φ_{stat} .

Συμπέρασμα:

'Όταν στο πλοίο εφαρμοσθεί κάποια εξωτερική ροπή δυναμικά, η μέγιστη εγκάρσια κλίση του είναι μεγαλύτερη από εκείνη για την οποία η ροπή επαναφοράς και ροπή κλίσεως είναι μεταξύ τους ίσες.'

Εύκολα αποδεικνύεται, αλλά βρίσκεται έχω από τα δρια αυτού του βιβλίου ότι, για τη γωνία Φ_{dyn} , η δυναμική ευστάθεια είναι ίση με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη κλίσεως (μέχρι τη γωνία Φ_{dyn}), δηλαδή ότι $A_1 = A_2$ (σχ. 10.2).

10.3 Σημασία της δυναμικής ευστάθειας για την ασφάλεια του πλοίου.

Κατά τη χρησιμοποίηση του πλοίου, σπάνια οι ροπές που δημιουργούν εγκάρσιες κλίσεις εφαρμόζονται στατικά. Παραδείγματα περιπτώσεων που εφαρμόζονται στο πλοίο εγκάρσιες ροπές απότομα, είναι το κύμα, η απότομη πνοή του ανέμου ή η χρησιμοποίηση του πηδαλίου.

Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις, οι εγκάρσιες κλίσεις που δημιουργούνται είναι μεγαλύτερες από τη Φ_{stat} . Για το λόγο αυτό, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, οι κανονισμοί συχνά περιέχουν απαιτήσεις που αναφέρονται και στη δυναμική ευστάθεια του πλοίου.

10.4 Υπολογισμοί της δυναμικής ευστάθειας. Η έννοια του μετροακτινίου και της μετρομοίρας.

Στην παράγραφο 10.1 είδαμε ότι η δυναμική ευστάθεια του πλοίου σε κάθε γωνία εγκάρσιας κλίσεως ϕ , είναι ίση με το εμβαδόν που περιέχεται μεταξύ της καμπύλης ευστάθειας, του οριζόντιου άξονα και μιας ευθείας κάθετης στον οριζόντιο άξονα στη θέση της γωνίας ϕ (σκιασμένο τμήμα του σχήματος 10.1β).

Αν και η καμπύλη ευστάθειας δεν εκφράζεται συνήθως από μια μαθηματική σχέση που μπορεί εύκολα να ολοκληρωθεί, οι γνωστοί κανόνες αριθμητικής ολοκληρώσεως που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν για τους σχετικούς υπολογισμούς.

Το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη ροπής επαφοράς, όταν ο οριζόντιος άξονας εκφράζει τη γωνία σε ακτίνια, έχει διαστάσεις έργου ή ενέργειας. Συχνά όμως η σχετική επιφάνεια βρίσκεται και σε:

- Μετροακτίνια ($m\text{-rad}$), όταν ο κατακόρυφος άξονας παριστάνει βραχίονες επαναφοράς και ο οριζόντιος γωνίες εγκάρσιας κλίσεως σε ακτίνια (στο αγγλικό σύστημα $ft - rad$).
- Μετρομοίρες ($m - degrees$), όταν ο κατακόρυφος άξονας παριστάνει βραχίονες επαναφοράς και ο οριζόντιος γωνίες εγκάρσιας κλίσεως σε μοίρες (στο αγγλικό σύστημα $ft - degrees$).

Η μετατροπή των μετροακτινίων ή μετρομοιρών σε δυναμική ευστάθεια εκφρασμένη σε $MT - m$ είναι εύκολη από τις σχέσεις:

$$W = \Delta \times (\text{μετροακτίνια}) \quad (104)$$

$$W = \Delta \times (\text{μετρομοίρες}) \times \frac{1}{57,3} \quad (105)$$

όπου: W η δυναμική ευστάθεια σε $MT - m$ και

Δ το εκτόπισμα σε MT .

Συνήθως οι παραπάνω μετατροπές δεν είναι απαραίτητες, γιατί οι κανονισμοί προδιαγράφουν τις σχετικές απαιτήσεις απ' ευθείας σε μετροακτίνια ή μετρομοίρες.

Διευκρινίζεται ότι η δυναμική ευστάθεια, αν και εκφράζεται στις ίδιες μονάδες με τη ροπή, είναι ένα τελείως διαφορετικό φυσικό μέγεθος. Στο αγγλικό σύστημα μονάδων η δυναμική ευστάθεια εκφράζεται σε $LT - ft$ και οι αντίστοιχες μετατροπές μπορεί να γίνουν από τις σχέσεις:

$$W = \Delta \times (ft - rad) \quad (106)$$

$$W = \Delta \times (ft - degrees) \times \frac{1}{57,3} \quad (107)$$

όπου: W η δυναμική ευστάθεια σε LT - ft και
 Δ το εκτόπισμα σε LT.

Παράδειγμα.

Να βρεθεί η δυναμική ευστάθεια μέχρι γωνία 30° και η ολική δυναμική ευστάθεια του πλοίου που έχει την καμπύλη ευστάθειας του σχήματος 9.8 (Δ = 54988 MT).

Το τμήμα της καμπύλης από 0° - 30° μπορεί να ολοκληρωθεί με το δεύτερο κανόνα του Simpson και το τμήμα 30° - 70° με τον πρώτο. Έτσι έχομε:

Τμήμα 0° - 30°			Τμήμα 30° - 70°				
ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8
Γωνία σε μοίρες	GZ (από ανάγνωση καμπύλης)	Συντελεστές Simpson	(2) × (3)	Γωνία σε μοίρες	GZ (από ανάγνωση καμπύλης)	Συντελεστές Simpson	(6) × (7)
0	0,0	1	0,0	30	0,96	1	0,96
10	0,4	3	1,2	40	0,83	4	3,32
20	0,75	3	2,25	50	0,70	2	1,40
30	0,96	1	0,96	60	0,400	4	1,60
				70	0,00	1	0,00
ΣΥΝΟΛΟ			4,41	ΣΥΝΟΛΟ			7,28

$$(Μετρομοίρες 0^\circ-30^\circ) = \frac{3}{8} \times 10 (4,41) = 16,537 \text{ (m - degrees)}$$

και

$$(Μετρομοίρες 30^\circ-70^\circ) = \frac{1}{3} \times 10 (7,28) = 24,266 \text{ (m - degrees)}$$

Από τη σχέση (105):

$$W_{0^\circ-30^\circ} = 16,537 \times \frac{54988}{57,3} = 15869,7 \text{ (MT - m)}$$

και

$$W_{30^\circ-70^\circ} = 24,266 \times \frac{54988}{57,3} = 23286,9 \text{ (MT - m)}$$

$$W_{ολικό} = W_{0^\circ-30^\circ} + W_{30^\circ-70^\circ} = 15869,7 + 23286,9 = \\ = 39156,6 \text{ (MT - m)}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

11.1 Αιτίες και επιπτώσεις εγκαρσίων κλίσεων.

Από όσα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, οι εγκάρσιες κλίσεις ενός πλοίου μπορεί να οφείλονται σε:

- Εγκάρσιες ροπές.
- Αρνητικό μετακεντρικό ύψος.
- Συνδυασμό εγκαρσίων ροπών και αρνητικού μετακεντρικού ύψους.

Μικρές εγκάρσιες κλίσεις που οφείλονται σε εγκάρσιες ροπές παρουσιάζονται συχνά στα πλοία και δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία. Ο κυριότερος λόγος για την εμφάνιση τέτοιων κλίσεων είναι η αδυναμία να πραγματοποιηθεί απόλυτα συμμετρική φόρτωση του πλοίου, καθώς και η προοδευτική κατανάλωση υγρών από δεξιές ή αριστερές δεξαμενές. Ο πλοίαρχος όμως, γνωρίζοντας όλες τις αρχές που έχομε προαναφέρει, θα μπορέσει να αποφύγει τη δημιουργία εγκαρσίων κλίσεων ή και να τις εξουδετερώσει όταν εμφανισθούν.

Αντίθετα, εγκάρσιες κλίσεις που οφείλονται σε αρνητικό μετακεντρικό ύψος, πρέπει να αποφεύγονται.

Επίσης, εγκάρσιες κλίσεις που οφείλονται σε εγκάρσιες ροπές, δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα όρια που καθορίζονται από τους κανονισμούς που θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Γενικά οι εγκάρσιες κλίσεις, ακόμη και όταν βρίσκονται μέσα στα όρια των κανονισμών, πρέπει να αποφεύγονται γιατί:

- Μειώνουν γενικά το επίπεδο στατικής και δυναμικής ευστάθειας του πλοίου.
- Μειώνουν το επίπεδο ασφάλειας του πλοίου σε κυματισμό.
- Μειώνουν τις πιθανότητες διασώσεως του πλοίου, όταν λόγω θαλασσοταραχής μετακινηθεί το φορτίο, αυξάνοντας έτσι τις εγκάρσιες κλίσεις.
- Μειώνουν τις πιθανότητες διασώσεως του πλοίου σε περίπτωση που ένα ή περισσότερα στεγανά διαμερίσματά του επικοινωνήσουν με τη θάλασσα (λόγω κάποιας βλάβης).
- Δημιουργούν άσχημο συναίσθημα στους επιβάτες των επιβατικών πλοίων και δυσχεραίνουν γενικά τους χειρισμούς όλων των πλοίων.
- Αυξάνουν, όπως θα δούμε, το ναυτιλιακό βύθισμα του πλοίου.

11.2 Εγκάρσια κλίση λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους.

Η κατάσταση αυτή, όπως έχει ήδη επεξηγηθεί, διαπιστώνεται από την τάση του



πλοίου να παίρνει κλίση προς οποιαδήποτε πλευρά χωρίς διάκριση και χωρίς να επενεργεί καμία εξωτερική ροπή πάνω σ' αυτό.

Όπως ήδη έχομε εξηγήσει, η ύπαρξη αρνητικού μετακεντρικού ύψους σ' ένα πλοίο δεν σημαίνει ότι το πλοίο θα ανατραπεί, αλλά ότι το επίπεδο ευστάθειάς του είναι σχετικά ελαττωμένο.

Η τιμή του αρνητικού μετακεντρικού ύψους του πλοίου μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση (98), αν μπορέσει να γίνει μία καλή εκτίμηση της γωνίας εγκάρσιας κλίσεως (angle of loll). Η διόρθωση της καταστάσεως θα πρέπει να επιδιωχθεί με:

- Μεταφορές βαρών από ψηλά προς τα κάτω.
- Προσθήκη βαρών σε θέσεις κάτω από το κέντρο βάρους του πλοίου.
- Αφαίρεση βαρών από θέσεις πάνω από το κέντρο βάρους του πλοίου.
- Ελάττωση στο μέγιστο δυνατό των ελευθέρων επιφανειών.

Παράδειγμα.

Το πλοίο A, όταν έχει εκτόπισμα 53232 ΜΤ, ισορροπεί λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους σε γωνίες $7,5^\circ$ προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά. Στην κατάσταση αυτή, είναι $KM_T = 11,905$ και $BM_T = 4,5$ m. Πόσο βάρος πρέπει να μεταφερθεί από το κατάστρωμα προς τα κάτω σε απόσταση 10 m, για να γίνει το μετακεντρικό ύψος του πλοίου θετικό και ίσο με 0,05 m;

Από τη σχέση (98), για $\phi = 7,5^\circ$ ($\epsilon\phi = 0,13165$) και $BM_T = 4,5$ m, έχομε:

$$GM_T = - \frac{\epsilon\phi^2 \phi \times BM_T}{2} = - \frac{(0,13165)^2 \times (4,5)}{2} = -0,038 \text{ m}$$

Για να γίνει το μετακεντρικό ύψος του πλοίου θετικό και ίσο με 0,05 m, θα πρέπει το κέντρο βάρους του πλοίου να κατεβεί προς τα κάτω κατά $0,05 + 0,038 = 0,088$ m.

Έτσι, από τη σχέση (65) θα έχομε:

$$VCG_2 - VCG_1 = \frac{w \times g_1 g_2}{\Delta} = -0,088 \text{ m}$$

ή

$$w = \frac{(-0,088) \Delta}{g_1 g_2} = \frac{(-0,088) \times (53232)}{-10} = 468 \text{ MT}$$

11.3 Εγκάρσια κλίση λόγω εγκαρσίων ροπών.

Οι κυριότερες αιτίες που μπορούν να δημιουργήσουν στο πλοίο εγκάρσιες κλίσεις έχουν δοθεί στην παράγραφο 8.3 και είναι:

- Η ασυμμετρία βαρών.
- Η επίδραση του ανέμου στα έξαλα του πλοίου.
- Η ροπή της έλικας στα μονέλικα πλοία.
- Η φυγόκεντρη δύναμη κατά τη στροφή του πλοίου.

Παρακάτω θα δοθούν μερικά ποσοτικά στοιχεία πάνω στον υπολογισμό των σχετικών ροπών.

1) Ασυμμετρία βαρών.

Η επίδραση στην εγκάρσια θέση του κέντρου βάρους του πλοίου από προσθαφαιρέσεις βαρών που βρίσκονται σε διάφορες θέσεις δεξιά ή αριστερά του επιπέδου συμμετρίας, εξετάσθηκε ήδη στην παράγραφο 6.3 και ποσοτικά μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση (62). Η ίδια σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και για τη μεταφορά βαρών από το επίπεδο συμμετρίας προς την πλευρά του πλοίου, αν θεωρήσουμε ότι το βάρος αφαιρείται από το επίπεδο συμμετρίας (βραχίονας ίσος με μηδέν) και προστίθεται σε κάποια θέση στην πλευρά.

Η μεταβολή της παραπάνω ροπής με τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως, όπως είδαμε στο εδάφιο 3 της παραγράφου 9.9, περιγράφεται με μία συνημιτονοειδή καμπύλη.

2) Επίδραση του ανέμου στα έξαλα του πλοίου.

Ο μοχλοβραχίονας εγκάρσιας κλίσεως λόγω της επιδράσεως του ανέμου στα έξαλα του πλοίου, δίνεται από τη σχέση:

$$GZ_A = P \frac{A \cdot I \cdot \sin^2 \Phi_A}{\Delta} \quad (108)$$

όπου GZ_A είναι ο μοχλοβραχίονας εγκάρσιας κλίσεως λόγω του ανέμου σε m,

P η πίεση του ανέμου σε MT/m²,

A η προβολή της επιφάνειας των εξαλών πάνω στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου σε m² (σχ 11.3a),

I η κατακόρυφη απόσταση από το κέντρο επιφάνειας των εξαλών μέχρι ένα σημείο που βρίσκεται στο μέσο του βυθίσματος του πλοίου σε m (σχ 11.3a),

Δ το εκτόπισμα του πλοίου σε MT και

Φ_A η εγκάρσια κλίση του πλοίου λόγω του ανέμου.

Το P καθορίζεται από τους κανονισμούς.

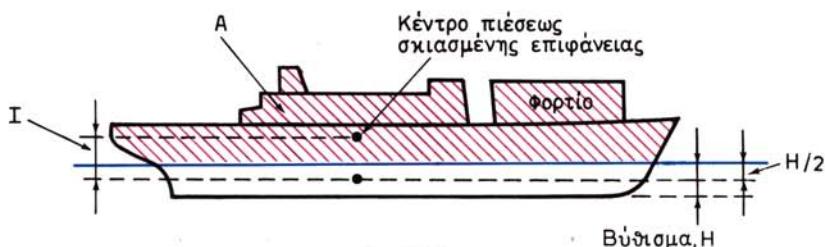
Στα επιβατικά πλοία π.χ.:

— Που εκτελούν μεγάλα διεθνή ταξίδια, $P = 0,100$ MT/m².

— Που εκτελούν μικρά τοπικά ή ταξίδια ακτοπλοΐας, $P = 0,070$ MT/m².

— Που εκτελούν ταξίδια περιορισμένης εκτάσεως, $P = 0,040$ MT/m².

Ο χαρακτηρισμός των πλοίων γίνεται από τους κανονισμούς, ανάλογα κυρίως με την απόσταση που απομακρύνονται από το πλησιέστερο λιμάνι.



Σχ. 11.3a.

Ορισμός παραμέτρων για τον υπολογισμό της ροπής ανέμου.

Ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις των κανονισμών, η πίεση P για διάφορες ταχύτητες ανέμου μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$P = \frac{V_A^2}{C}$$

όπου: P σε MT/m^2 ,

V_A η ταχύτητα ανέμου σε κόμβους και

$C = 51200$.

Παράδειγμα.

Για άνεμο με ταχύτητα 80 κόμβων έχομε:

$$P = \frac{60^2}{51200} = 0,0703 \text{ MT/m}^2$$

3) Ροπή της έλικας στα μονέλικα πλοία.

Η ροπή αυτή υπολογίζεται από τη μελέτη της έλικας, η οποία ξεφεύγει από τα δρια αυτού του βιβλίου. Η ροπή αυτή παραμένει σταθερή με τη μεταβολή της γωνίας εγκάρσιας κλίσεως.

4) Ροπή λόγω της φυγόκεντρης δυνάμεως κατά τη στροφή του πλοίου.

Ο υπολογισμός της ροπής αυτής εξηγείται στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου. Η μεταβολή της με τη γωνία εγκάρσιας κλίσεως ακολουθεί μία συνημιτονοειδή καμπύλη.

5) Εύρεση μικρών γωνιών εγκάρσιας κλίσεως με χρησιμοποίηση του μετακεντρικού ύψους.

Όταν η γωνία εγκάρσιας κλίσεως που θα δημιουργηθεί από μία εγκάρσια ροπή είναι μικρή, ο υπολογισμός της είναι δυνατός και εύκολος με τη χρησιμοποίηση της σχέσεως (76) για την εύρεση της ροπής επαναφοράς. Συγκεκριμένα, η γωνία εγκάρσιας κλίσεως μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$\text{Ροπή κλίσεως} = \Delta \cdot GM_T \text{ ημφ} \quad (109)$$

Παράδειγμα.

Ένα πλοίο έχει εκτόπισμα 5000 MT και μετακεντρικό ύψος 1 m. Κατά τη στροφή του πλοίου δημιουργείται ροπή ίση με 200 MT-m. Να βρεθεί η γωνία εγκάρσιας κλίσεως που δημιουργείται στο πλοίο ως συνέπεια της στροφής.

Στο παράδειγμα, η ροπή κλίσεως είναι ίση με 200 συνφ και έτσι από τη σχέση (109) έχομε:

$$200 \text{ συνφ} = \Delta GM_T \text{ ημφ} \quad \text{ή}$$

$$\epsilonφφ = \frac{200}{\Delta GM_T} = \frac{200}{(5000) \times (1)} = 0,04 \quad \text{και} \quad \phi = 2,3^\circ$$

6) Εύρεση μικρών ή μεγάλων γωνιών εγκάρσιας κλίσεως με χρησιμοποίηση της καμπύλης ευστάθειας.

Η γωνία εγκάρσιας κλίσεως που δημιουργείται ως αποτέλεσμα της επενέργειας πάνω στο πλοίο μιας οποιασδήποτε εγκάρσιας ροπής κλίσεως, μπορεί να βρεθεί με ακρίβεια από το σημείο τομής δύο καμπυλών και συγκεκριμένα, της καμπύλης μοχλοβραχιόνων επαναφοράς (καμπύλη ευστάθειας του πλοίου) και της καμπύλης μοχλοβραχιόνα κλίσεως, η οποία βρίσκεται αν διαιρέσουμε τη ροπή κλίσεως με το εκτόπισμα του πλοίου.

Η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως γραφικά και, όπως θα φανεί στα επόμενα παραδείγματα, είναι πολύ απλή.

Παράδειγμα 1.

Ένα επιβατικό πλοίο που εκτελεί μεγάλα διεθνή ταξίδια έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Εκτόπισμα 5000 MT.
- Επιφάνεια προβολής εξάλων $A = 2250 \text{ m}^2$.
- Κατακόρυφη απόσταση από κέντρο επιφάνειας εξάλων έως το μέσο του βυθίσματος $I = 15 \text{ m}$.
- Καμπύλη ευστάθειας, όπως φαίνεται στο σχήμα 11.3β.

Να βρεθεί η γωνία εγκάρσιας κλίσεως λόγω της πνοής ανέμου.

Για πλοία που εκτελούν μεγάλα διεθνή ταξίδια, $P = 0,100 \text{ MT/m}^3$ και από τη σχέση (108) έχουμε:

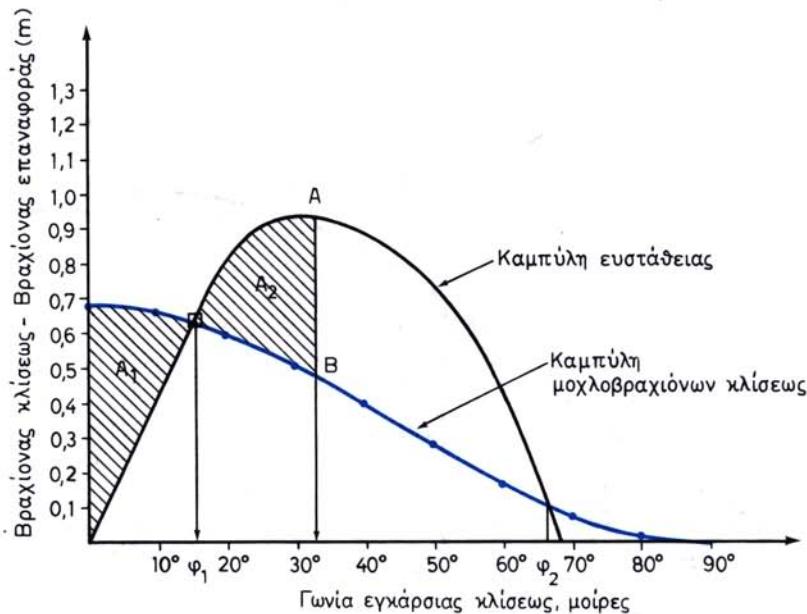
$$GZ_A = P \frac{A \cdot I \cdot \sin^2 \phi}{\Delta} = 0,100 \frac{(2250) \times (15) \sin^2 \phi}{5000} = 0,675 \sin^2 \phi$$

Καταρτίζομε στη συνέχεια τον πίνακα 11.3.1.

Οι συντεταγμένες που ορίζουν τα στοιχεία της στήλης 1 και της στήλης 4 χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση στο διάγραμμα του σχήματος 11.3β σημείων, από τα οποία περνά η μπλε καμπύλη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.3.1

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4
Γωνία Φ	συνφ	$\sin^2 \phi = (2)^2$	Βραχίονας κλίσεως $0,675 \times (3)$
0°	1,000	1,000	0,675
10°	0,985	0,970	0,654
20°	0,940	0,884	0,597
30°	0,866	0,750	0,506
40°	0,766	0,586	0,395
50°	0,643	0,413	0,278
60°	0,500	0,250	0,168
70°	0,342	0,117	0,079
80°	0,174	0,030	0,020
90°	0,000	0,000	0,000



Σχ. 11.3β.
Εύρεση γωνίας εγκάρσιας κλίσεως.

Η γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου βρίσκεται από την τομή της καμπύλης ευστάθειας και της καμπύλης μοχλοβραχιόνων κλίσεως και είναι $\phi_1 = 15,5^\circ$.

Στο σχήμα 11.3β βλέπομε ότι υπάρχει και άλλο ένα σημείο τομής, όπου $\phi_2 = 66,5^\circ$.

Από τις παραπάνω γωνίες, η ϕ_1 , είναι γωνία ευσταθούς ισορροπίας γιατί αύξηση της γωνίας εγκάρσιας κλίσεως δημιουργεί μεγαλύτερη ροπή επαναφοράς από τη ροπή κλίσεως. Το σημείο λοιπόν αυτό εξασφαλίζει **ευσταθή ισορροπία**. Το αντίθετο ισχύει για γωνίες μεγαλύτερες της ϕ_2 . Έτσι η ϕ_2 είναι γωνία **ασταθούς ισορροπίας**. Μετρώντας τετραγωνάκια (ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο ολοκληρώσεως), μπορούμε να φέρομε την ευθεία AB σε θέση όπου $A_1 = A_2$. Έτσι βλέπομε ότι η γωνία δυναμικής εγκάρσιας κλίσεως είναι 33° . Δηλαδή, αν ο άνεμος πνεύσει από-τομα, το πλοίο μπορεί να πάρει κλίση μέχρι 33° , ενώ τελικά θα ισορροπήσει (εφόσον ο άνεμος συνεχίσει να πνέει σταθερός σε γωνία $15,5^\circ$).

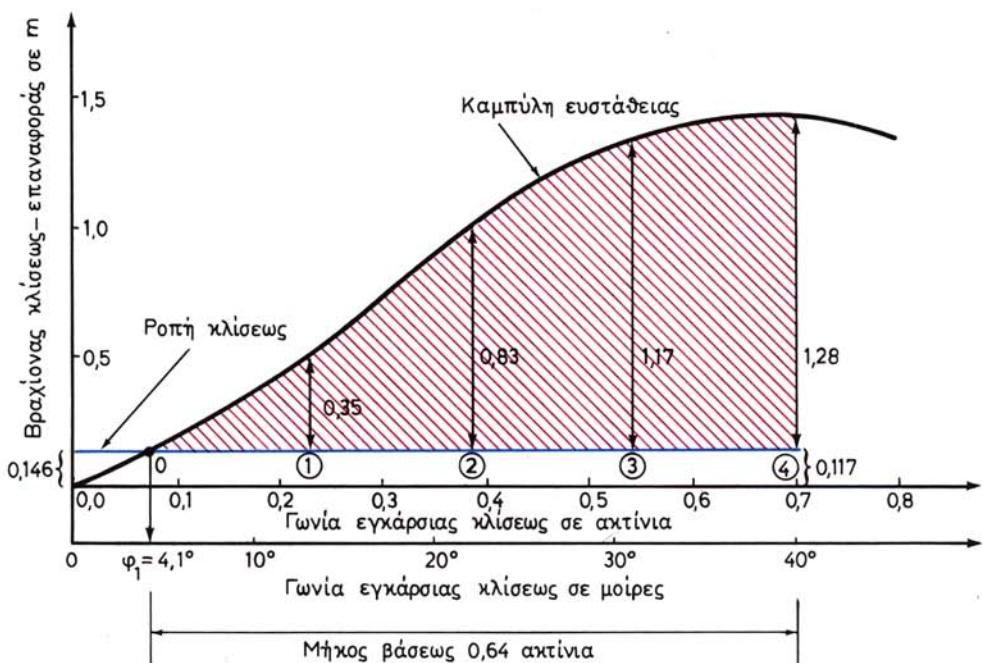
Παράδειγμα 2.

Το πλοίο A, σε κάποια κατάσταση φορτώσεως σιτηρών, έχει εκτόπισμα 47652 MT και μετακεντρικό ύψος, περιλαμβανόμενης και της διορθώσεως για ελεύθερες επιφάνειες, 1,91 m. Λόγω εγκάρσιας μετατοπίσεως του φορτίου σιτηρών σε θαλασσοταραχή, δημιουργείται στο πλοίο εγκάρσια ροπή ίση με 6957 MT-m. Να βρεθεί η γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου και η δυναμική ευστάθειά του μέχρι γωνία 40° .

Με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1, έχομε:

$$BM_T = 11,88 + \frac{11,87 - 11,88}{47908 - 46906} \times (47652 - 46906) = 11,872 \text{ m}$$

$$KG = KM_T - GM_T = 11,872 - 1,91 = 9,962$$



Σχ. 11.3γ.
Γωνία εγκάρσιας κλίσεως λόγω μετακινήσεως φορτίου σιτηρών.

Παίρνοντας στοιχεία για $\Delta = 47652$ από το σχήμα 9.3 που περιέχει τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας του πλοίου Α για $KG = 10,67$ και αφού κάνομε τη σχετική διόρθωση για τη νέα θέση του κέντρου βάρους ($KG = 9,962$), ακριβώς όπως στο δεύτερο παράδειγμα της παραγράφου 9.7, βρίσκομε στοιχεία για τη χάρη της καμπύλης ευστάθειας, όπως φαίνεται στο σχήμα 11.3γ.

Όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, η καμπύλη κλίσεως για τους υπολογισμούς σιτηρών παριστάνεται αντί με συνημιτονοειδή καμπύλη, με μία ευθεία για την οποία ισχύει η σχέση:

$$(\text{Βραχίονας κλίσεως στις } 40^\circ) = 0,8 \quad (\text{Βραχίονας κλίσεως στις } 0^\circ)$$

Ο βραχίονας κλίσεως σε 0° είναι ίσος με $6957/47652 = 0,146$ m. Έτσι ο βραχίονας κλίσεως σε γωνία 40° είναι ίσος με $0,8 \times 0,146 = 0,117$ m. Με τα στοιχεία αυτά χαράσσεται η μπλε αποχρώσεως ευθεία του σχήματος 11.3γ. Από την τομή της ευθείας που παριστάνει το βραχίονα κλίσεως και της καμπύλης ευστάθειας, βρίσκομε ότι η γωνία εγκάρσιας κλίσεως είναι $4,1^\circ$.

Η δυναμική ευστάθεια είναι η κόκκινη σκιασμένη επιφάνεια. Για τον υπολογισμό της, με βάση τον πρώτο κανόνα Simpson, μετράμε το μήκος της βάσεως που είναι ίσο με 0,64. Έτσι, για πέντε σταθμούς, η σταθερή ισαπόσταση είναι ίση με $0,64/4 = 0,16$ ακτίνια.

Οι αναγνώσεις των μοχλοβραχιόνων στους αντίστοιχους σταθμούς φαίνονται στο σχήμα 11.3γ. Έχομε λοιπόν:

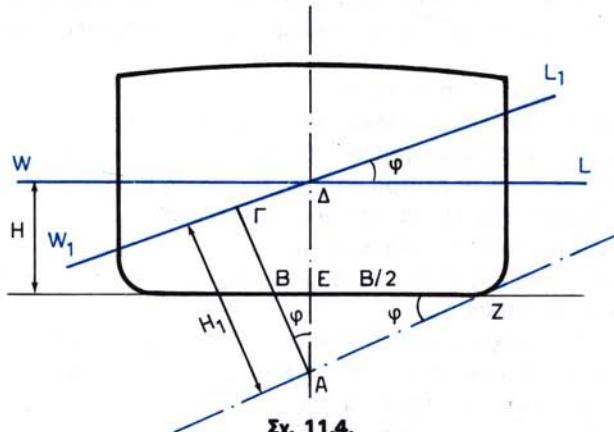
Σταθμός	Βραχίονας	Συντελεστής Simpson	Γινόμενο
0	0,00	1	0,00
1	0,35	4	1,40
2	0,83	2	1,66
3	1,17	4	4,68
4	1,28	1	1,28
Σύνολο			9,02

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Δυναμική} \\ \text{ευστάθεια} \\ \text{μέχρι τις} \\ 40^\circ \end{array} \right\} = \frac{0,16}{3} (9,02) = 0,481 \text{ (m-rad)}$$

Υπολογισμοί όπως ο παραπάνω είναι πολύ συνηθισμένοι στις φορτώσεις σιτηρών, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, και γι' αυτό οι πλοϊάρχοι των εμπορικών πλοίων πρέπει να είναι εξοικειωμένοι μ' αυτούς.

11.4 Αύξηση βυθίσματος με την εγκάρσια κλίση.

Στο σχήμα 11.4 βλέπομε τη μέση τομή ενός πλοίου που πλέει ισοβύθιστο αρχικά στην ίσαλο WL. Το βύθισμά του στη μέση τομή που μετράται κάθετα στην ίσαλο είναι H . Όταν το πλοίο αποκτήσει κάποια γωνία εγκάρσιας κλίσεως φ και πλεύσει στην ίσαλο W_1L_1 , όπως προκύπτει από το σχήμα 11.4, θα έχει βύθισμα (που μετράται πάντοτε κάθετα προς την ίσαλο) ίσο με H_1 .



Σχ. 11.4.
Αύξηση βυθίσματος με την εγκάρσια κλίση.

Για ένα πλοίο που έχει μέση τομή παρόδμοια με αυτή του σχήματος 11.4, η οποία είναι τυπική για φορτηγά πλοία, το μήκος EZ του τριγώνου EAZ είναι περίπου ίσο με $B/2$, όπου B είναι το πλάτος του πλοίου. Έτσι, από το παραπάνω τρίγωνο έχομε:

$$EA = EZ \cdot \epsilon\phi\phi = \frac{B}{2} \cdot \epsilon\phi\phi$$

Αλλά από το τρίγωνο ΑΓΔ έχομε:

$$H_1 = AG = AD \text{ συνφ} = (AE + ED) \cdot \text{συνφ}$$

Συνδυάζοντας τις παραπάνω δύο σχέσεις και σημειώνοντας ότι $\Delta E = H$, έχομε:

$$H_1 = \left(\frac{B}{2} \frac{\eta\mu\phi}{\text{συνφ}} + H \right) \text{συνφ} = \frac{B}{2} \eta\mu\phi + H\text{συνφ} \quad (110)$$

Εφαρμογή.

Ένα πλοίο με σχεδόν ορθογωνική μέση τομή πλέει σε βύθισμα 8 m ισοβύθιστο. Πόσο αυξάνεται το βύθισμα στο μέσο, όταν το πλοίο έχει εγκάρσια κλίση 10° ;

Από τη σχέση (110):

$$H_1 = \frac{B}{2} \eta\mu\phi + H\text{συνφ} = (10) \times (0,174) + (8) \times (0,985) = 9,62 \text{ m}$$

Αύξηση μέσου βυθίσματος = $9,62 - 8 = 1,62 \text{ m}$.

Η παραπάνω αύξηση του μέσου βυθίσματος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν ένα πλοίο πρόκειται να περάσει, με σημαντική εγκάρσια κλίση, από αβαθή περιοχή.

11.5 Πρακτικά στοιχεία σχετικά με τη διόρθωση εγκαρσίων κλίσεων.

Για την επιλογή των καταλλήλων μέτρων για τη διόρθωση εγκαρσίων κλίσεων, είναι απόλυτα απαραίτητη η αναγνώριση του αιτίου που τις έχει προκαλέσει. Αν εξαιρέσουμε τις κλίσεις που εμφανίζονται στη στροφή του πλοίου, όπως έχομε ήδη αναφέρει και σε προηγούμενες παραγράφους, οι εγκάρσιες κλίσεις μπορεί να οφείλονται:

- 1) Σε αρνητικό μετακεντρικό ύψος.
- 2) Σε επίδραση του ανέμου πάνω στα έξαλα του πλοίου.
- 3) Σε ασυμμετρία της κατανομής των βαρών του πλοίου κατά το εγκάρσιο, αποτέλεσμα της οποίας είναι το κέντρο βάρους του να μη βρίσκεται στο επίπεδο συμμετρίας ή στη δράση της έλικας (σε μονέλικα πλοία).
- 4) Σε συνδυασμό των παραπάνω αιτίων.

Για την αναγνώριση της αιτίας που δημιουργεί την εγκάρσια κλίση, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Όταν ένα πλοίο έχει αρνητικό μετακεντρικό ύψος, ισορροπεί χωρίς διάκριση και χωρίς να υπάρχει κανένα εξωτερικό αίτιο, με μικρή γωνία κλίσεως είτε προς τα αριστερά είτε προς τα δεξιά.
- Η επίδραση του ανέμου στη δημιουργία εγκάρσιας κλίσεως μπορεί να αναγνωρισθεί εύκολα, αν το πλοίο αλλάξει για λίγο πορεία κατά 180° , οπότε θα πρέπει και η εγκάρσια κλίση του να αντιστραφεί.
- Αν δεν υπάρχει αρνητικό μετακεντρικό ύψος και άνεμος, κάθε εγκάρσια κλίση θα πρέπει να αποδοθεί σε εκτροπή του κέντρου βάρους του πλοίου από το επίπεδο συμμετρίας.

1) Αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

Τα μέτρα για την εξουδετέρωση εγκάρσιας κλίσεως λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους έχουν αναφερθεί ήδη στη παράγραφο 11.2. Οι σχετικές μεταφορές ή προσθαφαιρέσεις βαρών στην πράξη αφορούν τα διάφορα υγρά (νερό, πετρέλαιο, υγρό έρμα) που μεταφέρει το πλοίο.

Πλοία που μεταφέρουν ευαίσθητα στην υγρασία φορτία στο κατάστρωμα (όπως η ξυλεία) μπορεί να αποκτήσουν αρνητικό μετακεντρικό ύψος όταν βραχεί το φορτίο.

2) Επίδραση ανέμου στα έξαλα του πλοίου.

Η γωνία εγκάρσιας κλίσεως μπορεί θεωρητικά να ελαττωθεί με:

- Αύξηση του μετακεντρικού ύψους του πλοίου.
- Μεταφορά προς ή προσθήκη βαρών στην προσήνεμη πλευρά.
- Μεταφορά ή αφαίρεση βαρών από την υπήνεμη πλευρά.

Η πρώτη μέθοδος που προϋποθέτει τη λήψη πρακτικών μέτρων, όπως εκείνα που αποβλέπουν στην εξουδετέρωση του αρνητικού μετακεντρικού ύψους (παράγραφος 11.2), είναι η καλύτερη, γιατί βοηθεί το πλοίο να πάρνει μικρότερες κλίσεις σε οποιαδήποτε περίπτωση επιδράσεως ανέμου και όχι μόνο εκείνου που πνέει τη συγκεκριμένη στιγμή.

Οι άλλες δύο μέθοδοι θα πρέπει να εφαρμόζονται με προσοχή και να λαμβάνεται υπόψη ότι:

- Μικρές γωνίες εγκάρσιας κλίσεως που οφείλονται στον άνεμο και δεν έχουν ενοχλητικά επακόλουθα στους χειρισμούς και τη συμπεριφορά του πλοίου δεν είναι απαραίτητο να εξουδετερώνονται.
- Πλήρης εξουδετέρωση της κλίσεως πιθανό να οδηγήσει σε σοβαρότερα προβλήματα, αν αλλάξει απότομα διεύθυνση ο άνεμος (αν πνεύσει από την αντίθετη πλευρά).

Για τους παραπάνω λόγους, θεωρείται σωστό να λαμβάνονται μέτρα που να ελαττώνουν σημαντικά, αλλά όχι να εξαφανίζουν την εγκάρσια κλίση λόγω του ανέμου.

3) Εκτροπή του κέντρου βάρους του πλοίου από το επίπεδο συμμετρίας.

Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να ληφθούν διορθωτικά μέτρα που να επαναφέρουν το κέντρο βάρους του πλοίου στο επίπεδο συμμετρίας, σύμφωνα με αυτά που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενες παραγράφους. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν:

- Την αφαίρεση βαρών από την πλευρά της κλίσεως.
- Τη μεταφορά βαρών από την πλευρά της κλίσεως προς την αντίθετη.
- Την προσθήκη βαρών στην αντίθετη από την πλευρά της κλίσεως.

Επίσης, κάθε μέτρο που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του μετακεντρικού ύψους συντελεί στην ελάττωση της εγκάρσιας κλίσεως (για την ίδια εγκάρσια ροπή).

Όλες οι παραπάνω κινήσεις στην πράξη γίνονται με μετακινήσεις ή προσθαφαιρέσεις υγρών στις δεξαμενές του πλοίου. Επειδή, στις πιο πολλές περιπτώσεις, κάθε μεταφορά βάρους επηρεάζει και την ευστάθεια, **θα πρέπει να προσέχομε ώστε**

κάθε προσπάθεια διορθώσεως εγκάρσιας κλίσεως να μην επφέρει ελάττωση της ευστάθειας του πλοίου. Πρακτικά, αυτό σημαίνει:

- Κάθε μεταφορά βάρους να γίνεται σε θέση με κέντρο βάρους στο ίδιο επίπεδο ή χαμηλότερα από το αρχικό κέντρο βάρους (του βάρους που μετακινείται).
- Κάθε προσθήκη βάρους να γίνεται σε θέση χαμηλότερη από το κέντρο βάρους του πλοίου.
- Κάθε αφαίρεση βάρους να γίνεται σε θέση ψηλότερα από το κέντρο βάρους του πλοίου.

Αν σε κάποια περίπτωση τα παραπάνω δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν, θα πρέπει ο πλοιάρχος με υπολογισμούς να επιβεβαιώνει ότι τα διορθωτικά μέτρα της εγκάρσιας κλίσεως δεν υποβαθμίζουν ανεπίτρεπτα την ευστάθεια του πλοίου.

4) Συνδυασμός αιτιών που δημιουργούν εγκάρσια κλίση.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην περίπτωση που σε ένα πλοίο υπάρχει αρνητικό μετακεντρικό ύψος και ταυτόχρονα κάποια άλλη αιτία δημιουργίας εγκάρσιας κλίσεως.

Μια τέτοια κατάσταση αναγνωρίζεται από:

- Την τάση του πλοίου να ισορροπεί χωρίς διάκριση σε μια γωνία προς τη μία πλευρά, δυσανάλογα μεγαλύτερη από αυτήν που θα προκαλούσε η εκτροπή του κέντρου βάρους από το επίπεδο συμμετρίας, είτε και σε άνισες γωνίες προς αντίθετες πλευρές (πχ. 3° προς τα αριστερά και 5° προς τα δεξιά).
- Την τάση του πλοίου να επανέρχεται αργά από κάποια εγκάρσια κλίση, π.χ. κατά τη στροφή. Να είναι δηλαδή το πλοίο, όπως λέμε, **οκνό**.

Σ' αυτές τις περιπτώσεις, λανθασμένα μέτρα εξουδετερώσεως της εγκάρσιας κλίσεως μπορεί να υποβαθμίσουν τόσο πολύ την ευστάθεια, ώστε να καταστήσουν πθανή ακόμη και την ανατροπή του πλοίου.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα διορθωτικά μέτρα θα πρέπει να ληφθούν μετά από λεπτομερειακή μελέτη της καταστάσεως και με βάση τις παρακάτω αρχές:

- **Κάθε μέτρο βελτιώσεως της εγκάρσιας κλίσεως θα πρέπει οπωσδήποτε να επλέγεται μόνο από εκείνα που ταυτόχρονα βελτιώνουν και την ευστάθεια.**
- **Εφόσον είναι δυνατό, πρώτα θα πρέπει να ληφθούν μέτρα να αποκτήσει το πλοίο θετική ευστάθεια και έπειτα να επδικωχθεί εξουδετέρωση της εγκάρσιας κλίσεως.**
- **Κανένα μέτρο βελτιώσεως της εγκάρσιας κλίσεως που υποβαθμίζει την ευστάθεια δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται.**
- **Η ανάγκη για την εξουδετέρωση των ελευθέρων επφανειών και για τη μη δημιουργία νέων είναι απόλυτα ουσιώδης.**

11.6 Πρακτικά στοιχεία σχετικά με την ευστάθεια. Ερματισμός.

Στα προηγούμενα εξετάσαμε το θεωρητικό μέρος της ευστάθειας των πλοίων. Σε επόμενο κεφάλαιο θα δοθούν στοιχεία που προδιαγράφονται από κανονισμούς, ανάλογα με τον προορισμό κάθε πλοίου και καθορίζουν κατά αντικειμενικό τρόπο το επίπεδο ευστάθειας που πρέπει να υπάρχει στις διάφορες καταστάσεις φορτώσεως.

Σπις αρμοδιότητες του πλοιάρχου κάθε εμπορικού πλοίου περιλαμβάνεται η

υποχρέωσή του να διατηρεί το απαραίτητο επίπεδο ευστάθειας του πλοίου του και να πάρνει τα απαραίτητα μέτρα διορθώσεως της ευστάθειας όποτε είναι απαραίτητο.

Για την εκπλήρωση της παραπάνω υποχρεώσεως ο πλοίαρχος είναι ανάγκη να είναι οπωσδήποτε εξοικειωμένος με τη θεωρία, που γνωρίσαμε ήδη στα προηγούμενα κεφάλαια, καθώς και με τα απαραίτητα για την εφαρμογή της ειδικά στοιχεία και χαρακτηριστικά του πλοίου του.

Ένα από τα βασικότερα μέσα για την εξασφάλιση του απαραίτητου επιπέδου ευστάθειας του πλοίου είναι ο **ερματισμός**, ο οποίος στην ουσία καλύπτει τη χρησιμοποίηση των δεξαμενών υγρού έρματος (Ballast) του πλοίου για το σκοπό αυτό ή για την αντιμετώπιση διαφόρων καταστάσεων που είναι δυνατό να παρουσιασθούν κατά τη χρησιμοποίηση του πλοίου.

Επειδή το βάρος που μεταφέρει κάθε πλοίο δεν είναι απεριόριστο, στην περίπτωση μεταφοράς φορτίων με μεγάλο ειδικό βάρος (οπότε τα κύτη του πλοίου δεν γεμίζουν τελείως και επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα επάρκειας χώρου για την παραλαβή φορτίου), κάθε προσθήκη υγρού έρματος στις δεξαμενές στην έμφορτη κατάσταση του πλοίου πραγματοποιείται σε βάρος του μεταφερόμενου φορτίου.

Για τους παραπάνω λόγους ο ερματισμός του πλοίου θα πρέπει να γίνεται μόνο όταν, με κατάλληλη διάταξη του φορτίου, δεν είναι δυνατή η εξασφάλιση του απαραίτητου επιπέδου ευστάθειάς του. Αντίθετα, όταν είναι απαραίτητος ο ερματισμός, δεν θα πρέπει αυτός να παραμελείται χάρη της μεταφοράς περισσότερου φορτίου. **Κάθε τέτοια αντιμετώπιση αυτών των θεμάτων από τον πλοίαρχο είναι επιπλάιη, επικίνδυνη και αντίθετη με τους κανονισμούς.**

11.7 Το καλοθάλασσο του πλοίου και η ευστάθεια.

Επειδή οι περισσότεροι κανονισμοί που σχετίζονται με την ασφάλεια του πλοίου αναφέρονται κυρίως στην ευστάθεια, στα προηγούμενα κεφάλαια δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην εγκάρσια ευστάθεια. Δεν πρέπει ωστόσο να θεωρηθεί ότι αυτή αποτελεί και το μοναδικό παράγοντα εκμεταλλεύσεως του πλοίου. Στην πράξη θα πρέπει πάντοτε να συγκεράσουμε κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο όλες τις απαιτήσεις που σχετίζονται με την ασφαλή, αλλά και ικανοποιητική εκμετάλλευσή του.

Ιδιαίτερα από το συσχετισμό του μετακεντρικού ύψους και της συχνότητας διατοιχισμού του πλοίου που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο και αναλύεται με λεπτομέρειες στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου προκύπτει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το μετακεντρικό ύψος τόσο μεγαλύτερη είναι και η συχνότητα διατοιχισμού του πλοίου.

Από την άλλη πλευρά, μεγάλη συχνότητα διατοιχισμού ενός πλοίου δημιουργεί σ' αυτό και στο φορτίο αυξημένες καταπονήσεις, επηρεάζει δυσμενώς το επίπεδο ανέσεως επιβατών και πληρώματος και γενικά υποβιβάζει σημαντικά έναν τομέα του που συλλογικά αποκαλούμε **καλοθάλασσο του πλοίου**. Για το λόγο αυτό το επίπεδο ευστάθειας κάθε πλοίου δεν θα πρέπει να είναι υπερβολικά υψηλό, αλλά τόσο ώστε να εξασφαλίζει την απαραίτητη ασφάλειά του, σύμφωνα με αυτά που καθορίζονται στους κανονισμούς. Σε μερικές περιπτώσεις, όπως είναι π.χ. η φόρτωση σιδηρομεταλλεύματος, το μετακεντρικό ύψος του πλοίου είναι τόσο μεγάλο, ώστε να δημιουργείται ανάγκη να λαμβάνονται μέτρα για τη μείωσή του και, παράλληλα, με ένα ικανοποιητικό επίπεδο ευστάθειας, να εξασφαλίζεται και γενικότερα η ικανοποιητική συμπεριφορά του πλοίου.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΙΑΓΩΓΗΣ – ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΔΙΑΓΩΓΗΣ

12.1 Εισαγωγή.

Στα προηγούμενα κεφάλαια εξετάσαμε την εγκάρσια ευστάθεια του πλοίου, με αντικειμενικό σκοπό την εξοικείωση με τη δημιουργία και εξουδετέρωση εγκαρσίων κλίσεων και με την εξασφάλιση στο μέγιστο δυνατό βαθμό ευσταθούς ισορροπίας. Είδαμε επίσης ότι ένα πλοίο μπορεί να έχει ή όχι ευσταθή εγκάρσια ισορροπία και εντοπίσαμε τα μέτρα που συντείνουν στην εξασφάλιση γενικά ενός ικανοποιητικού επιπέδου εγκάρσιας ευστάθειας.

Λόγω του διαμήκους σχήματος του πλοίου, όπως θα δούμε και σε επόμενη παράγραφο, είναι σε όλα τα πλοία **εξασφαλισμένη η ύπαρξη ευσταθούς διαμήκους ισορροπίας**. Έτσι, από αυτή ειδικά την άποψη, δεν θα ήταν απαραίτητη καθόλου η μελέτη της διαμήκους ευστάθειας του πλοίου.

Η διαμήκης όμως ισορροπία του πλοίου επηρεάζει τη διαγωγή του και αυτός είναι ο κυριότερος λόγος για τον οποίο τη μελετάμε.

12.2 Διαγωγή του πλοίου.

Τις εγκάρσιες κλίσεις του πλοίου, όπως είδαμε, εκφράζομε σε μοίρες. Κάτι τέτοιο δεν συνηθίζεται στις διαμήκεις κλίσεις, γιατί οι σχετικές γωνίες είναι συνήθως μικρές. Έτσι έχει επικρατήσει να εκφράζονται οι διαμήκεις κλίσεις κάθε πλοίου με τη διαφορά των βυθισμάτων του στην πρωραία και πρυμναία κάθετο. Τη διαφορά αυτή έχομε ονομάσει **διαγωγή** και ειδικότερα λέμε ότι ένα πλοίο έχει **πρυμναία διαγωγή** όταν το πρυμναίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο από το πρωραίο και **πρωραία διαγωγή** όταν το πρωραίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο από το πρυμναίο και πρυμναία κάθετο λέμε ότι είναι **ισοβύθιστο**.

Αν συμβολίσομε με:

Η_F το πρωραίο βύθισμα σε τη ή ft,

H_A το πρυμναίο βύθισμα σε τη ή ft,
 δH τη διαφορά διαγωγής σε τη ή ft,
 L το μήκος του πλοίου μεταξύ καθέτων σε τη ή ft και
 θ τη γωνία διαμήκους κλίσεως έχομε:

$$\text{Διαγωγή} = \delta H = H_A - H_F$$

και

$$\epsilon \phi \theta = \frac{\delta H}{L}$$

Με τον ορισμό που δόθηκε παραπάνω, **η διαγωγή προς πρύμνα έχει θετικό πρόσημο και η διαγωγή προς πώρα αρνητικό.**

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, αν ένα πλοίο έχει μήκος 100 m και βυθίσματα 8 m πρυμναίο και 5 m πρωραίο, θα είναι:

$$\epsilon \phi \theta = \frac{\delta H}{L} = \frac{8 - 5}{100} = \frac{3}{100} = 0,03$$

και επομένως $\theta \simeq 1,72^\circ$

Η διαγωγή του πλοίου επηρεάζει πολύ σημαντικά την ταχύτητα, την ευελιξία, τη συμπεριφορά σε κυματισμό, τη βύθιση της έλικας και του πηδαλίου του πλοίου καθώς και την ικανότητα να πλεύσει σε αβαθείς περιοχές.

Συχνά χρησιμοποιείται ο όρος **ναυτιλιακό βύθισμα** που είναι το βύθισμα της βαθύτερης προεξοχής του πλοίου, η οποία αποτελεί πραγματική ένδειξη της δυνατότητας του πλοίου να πλεύσει σε κάποια περιοχή με περιορισμό στο βύθισμα.

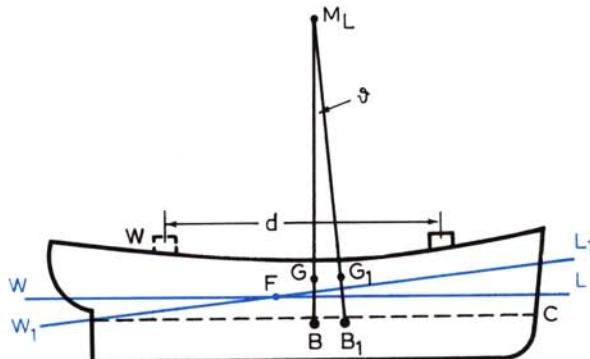
Αν εξετάσουμε ένα πλοίο που δεν έχει καμία προεξοχή κάτω από τη βασική γραμμή της τρόπιδας, διαπιστώνομε ότι το ναυτιλιακό βύθισμά του είναι ίσο με το μεγαλύτερο από τα βυθίσματα της τρόπιδας. Έτσι, αν ένα πλοίο πλέει σε βυθίσματα 8 m πρωραίο και 8 m πρυμναίο (μέσο βύθισμα 8 m), έχει και ναυτιλιακό βύθισμα 8 m. Αντίθετα, αν το πρυμναίο βύθισμα είναι 10 m και το πρωραίο 6 m (μέσο βύθισμα πάλι 8 m), το ναυτιλιακό του βύθισμα είναι τώρα 10 m.

Η μεταβολή της διαγωγής ενός πλοίου επηρεάζει και την κατακόρυφη θέση του κέντρου όγκου του πλοίου (KB), αλλά και τη μορφή της ισάλου επιφάνειάς του (BM_T). Είναι φανερό λοιπόν ότι, **όταν μεταβάλλεται η διαγωγή ενός πλοίου, ακόμη και αν το εκτόπισμα παραμένει σταθερό, μεταβάλλονται και οι ιδιότητες εγκάρσιας ευστάθειάς του** (μετακεντρικό ύψος, βραχίονες επαναφοράς). Παρόλα αυτά, για μικρή διαγωγή, η παραπάνω επίδραση στην εγκάρσια ευστάθεια δεν εξετάζεται.

12.3 Στοιχεία από τη διαμήκη ευστάθεια του πλοίου.

Στο σχήμα 12.3 βλέπομε ένα πλοίο που πλέει αρχικά στην ίσαλο WL. Αν μεταφέρομε ένα βάρος που βρίσκεται στο κατάστρωμα και πάνω στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου σε κάποια θέση της πλώρης και πάλι στο επίπεδο συμμετρίας η πλώρη του πλοίου θα βυθιστεί και η πρύμνη θα αποβυθιστεί, οπότε το πλοίο θα πλεύσει στην ίσαλο W₁L₁.

Εύκολα αποδεικνύεται αλλά βρίσκεται έως από τα όρια του βιβλίου αυτού ότι, για να παραμείνει το εκτόπισμα του πλοίου σταθερό (απαραίτητο μια και δεν προσθαφαιρέθηκε κανένα βάρος στο πλοίο), οι ίσαλοι WL ή W_L , θα πρέπει να τέμνονται κατά έναν εγκάρσιο άξονα που περνά από το κέντρο πλευστότητας. Υπενθυμίζεται ότι το κέντρο πλευστότητας που συμβολίζεται με F στο σχήμα 12.3 είναι το κέντρο της επιφάνειας της ίσαλου.



Σχ. 12.3.
Πλοίο με διαμήκη κλίση.

Για ισορροπία, όπως συμβαίνει και στη μελέτη της εγκάρσιας ευστάθειας, οι δυνάμεις βάρους και αντώσεως πρέπει να βρίσκονται πάνω στον ίδιο φορέα τόσο στην αρχική θέση όσο και στην τελική κατάσταση. Για μικρές γωνίες διαμήκους κλίσεως, οι φορείς της αντώσεως τέμνουν το φορέα της αντώσεως του ισοβύθιστου πλοίου σε ένα σταθερό σημείο, το M_L , που ονομάζομε **διάμηκες μετάκεντρο**.

Στο σχήμα 12.3 είναι:

- B η θέση του κέντρου δύκου όταν το πλοίο πλέει στην ίσαλο WL .
- G η θέση του κέντρου βάρους όταν το πλοίο πλέει στην ίσαλο WL .
- B_1 η θέση του κέντρου δύκου όταν το πλοίο πλέει στην ίσαλο W_L .
- G_1 η θέση του κέντρου βάρους όταν το πλοίο πλέει στην ίσαλο W_L .

Απαραίτητη συνθήκη για ισορροπία είναι ότι τα σημεία B και G καθώς και τα B_1 και G_1 , βρίσκονται πάνω στην ίδια κατακόρυφη ευθεία.

Σε πλήρη αναλογία με την περίπτωση της εγκάρσιας ευστάθειας, έχομε:

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

όπου I_{yy} είναι η ροπή αδράνειας της επιφάνειας της ίσαλου του πλοίου γύρω από εγκάρσιο άξονα που περνά από το κέντρο πλευστότητας.

Το διάμηκες μετακεντρικό ύψος μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$GM_L = KB + BM_L - KG = KM_L - KG \quad (111)$$

Η διαφορά $KB - KG$ είναι πολύ μικρή σε σχέση με το BM_L και επομένως, χωρίς μεγάλο λάθος, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι:

$$GM_L \approx BM_L \quad (112)$$

Επειδή η ροπή αδράνειας I_{yy} είναι πολύ μεγαλύτερη από τη ροπή I_x , **το διάμηκτος μετακεντρικό ύψος κάθε πλοίου είναι πολύ μεγαλύτερο από το εγκάρσιο.**

12.4 Ροπή μεταβολής διαγωγής κατά ένα cm ή μία in.

Ας υποθέσουμε ότι στο ισοβύθιστο αρχικά πλοίο του σχήματος 12.3 η μεταφορά ενός βάρους w κατά απόσταση d είχε ως αποτέλεσμα να αποκτήσει το πλοίο διαγωγή ενός cm.

Στη νέα θέση το πλοίο θα ισορροπήσει κάτω από την επίδραση της ροπής κλίσεως wd και της ροπής επαναφοράς. Σε αναλογία με την περίπτωση της εγκάρσιας κλίσεως (εδάφιο 5 παραγράφου 11.3), θα έχομε:

$$wd \text{ συνθ} = \Delta GM_L \text{ ημθ} \quad \text{ή} \quad wd = \Delta GM_L \epsilon \phi \theta$$

$$\text{αλλά} \quad \epsilon \phi \theta = \frac{\delta H}{L} = \frac{\frac{1}{100}}{\frac{L}{L}} = \frac{1}{100 L}$$

Επομένως:

$$wd = \frac{\Delta GM_L}{100 L}$$

Η παραπάνω ροπή λέγεται **ροπή μεταβολής διαγωγής κατά 1 cm** (moment to change trim 1 cm, MCT 1 cm) και, αν λάβομε υπόψη και τη σχέση (112), έχομε:

$$MCT 1 \text{ cm} \simeq \frac{\Delta BM_L}{100 L}$$

Στο αγγλικό σύστημα μονάδων η αντίστοιχη σχέση έχει τη μορφή:

$$MCT 1 \text{ in} = \frac{\Delta BM_L}{12 L}$$

Οι παραπάνω σχέσεις είναι ακριβώς ίδιες με αυτές που είχαν δοθεί χωρίς εξήγηση στις σχέσεις (50) και (51).

Το MCT 1 cm ή MCT 1 in χρησιμοποιούνται συχνά στους υπολογισμούς της διαγωγής του πλοίου και γι' αυτό περιέχονται στο υδροστατικό διάγραμμα και τους υδροστατικούς πίνακες (βλ. και πίνακα 5.6.1).

Από τις σχέσεις (50) και (51) προκύπτουν εύκολα και οι σχέσεις:

$$\text{Διαγωγή σε cm} = (\text{Διαμήκης ροπή}) / MCT1 \text{ cm} \quad (\text{σε MT - m}) \quad (113)$$

και

$$\text{Διαγωγή σε in} = (\text{Διαμήκης ροπή}) / MCT1 \text{ in} \quad (\text{σε LT - ft}) \quad (114)$$

Παράδειγμα.

Το πλοίο A πλέει αρχικά ισοβύθιστο σε βύθισμα 10,80 m. Ένα βάρος 500 MT

μεταφέρεται από πρύμνα προς πρώρα κατά απόσταση 100 m. Πόση διαγωγή θα δημιουργηθεί;

Σε συνέπεια με το συμβολισμό της παραγράφου 12.2 θα συμφωνήσουμε **ότι ροπής που προκαλούν διαγωγή προς πρύμνα είναι θετικές και προς πρώρα αρνητικές.**

Έτσι, για το παράδειγμα έχομε:

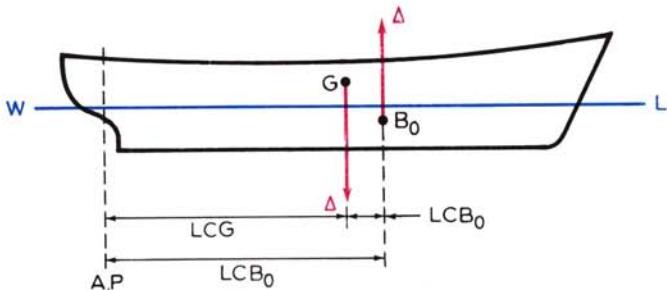
$$\text{Διαμήκης ροπή} = -500 \times 100 = -50000 \text{ MT-m}$$

Από τη σχέση (113) με MCT1 cm από τον πίνακα 5.6.1 ίσο με 639,84

$$\text{Διαγωγή} = -50000 / 639,84 = 78,14 \text{ cm}$$

12.5 Στοιχεία από τη διαμήκη ισορροπία του πλοίου.

Στο σχήμα 12.5 έχομε ένα πλοίο, το κέντρο βάρους του οποίου βρίσκεται στο σημείο G. Η ίσαλος του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο εκτόπισμα παριστάνεται με WL και το κέντρο όγκου του πλοίου που αντιστοιχεί σ' αυτήν βρίσκεται στο σημείο B_0 . Είναι προφανές ότι στην κατάσταση που βρίσκεται το πλοίο στο σχήμα μπορεί να ισορροπήσει μόνο με τη βοήθεια κάποιας εξωτερικής δυνάμεως. Αν η εξωτερική δύναμη πάψει να υπάρχει, βλέπομε, για την περίπτωση του σχήματος, ότι στο πλοίο επενεργεί μία ροπή που τείνει να του δημιουργήσει διαγωγή προς πρύμνα. Η δημιουργία της διαγωγής αυτής θα έχει ως αποτέλεσμα να βυθισθεί κάποιος όγκος του πλοίου στην πρύμνη μέσα στο νερό και να αποβυθισθεί κάποιος άλλος στην πλώρη, πράγμα που θα φέρει το κέντρο όγκου του πλοίου στην ίδια κατακόρυφη ευθεία με το κέντρο βάρους όπου και θα ισορροπήσει.



Σχ. 12.5.
Διαμήκης ισορροπία πλοίου.

Είναι λοιπόν φανερό ότι:

- Όταν το κέντρο βάρους είναι πιο πρύμνα από το κέντρο όγκου του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο εκτόπισμα, δημιουργείται διαφορά διαγωγής προς πρύμνα.
- Όταν το κέντρο βάρους είναι πιο πρώρα από το κέντρο όγκου του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο εκτόπισμα, δημιουργείται διαφορά διαγωγής προς πρώρα.

- Όταν το κέντρο βάρους συμπίπτει με το κέντρο δύκου του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο εκτόπισμα, το πλοίο θα παραμείνει ισοβύθιστο. Η ροπή που θα δημιουργήσει στο πλοίο τη διαφορά διαγωγής είναι ίση με $\Delta (LCB_0 - LCG)$. Έτσι από τη σχέση (113) (για το μετρικό σύστημα) προκύπτει:

$$\text{Διαγωγή σε cm} = \frac{\Delta (LCB_0 - LCG)}{MCT1 \text{ cm}} \quad (115)$$

Στο αγγλικό σύστημα, από τη σχέση (111):

$$\text{Διαγωγή σε in} = \frac{\Delta (LCB_0 - LCG)}{MCT1 \text{ in}} \quad (116)$$

Οι σχέσεις (115) και (116) μπορούν να χρησιμοποιηθούν (με συνέπεια στις μονάδες) για τον υπολογισμό της διαγωγής σε περιπτώσεις προσθαφαιρέσεως ή μεταφοράς βαρών.

1) Προσθαφαίρεση βάρους.

Σε περίπτωση προσθαφαιρέσεως βαρών, θα πρέπει να σημειώσουμε τα παρακάτω:

- Το εκτόπισμα θα πρέπει να βρεθεί από τη σχέση (59).
- Η θέση του κέντρου δύκου του ισοβύθιστου πλοίου θα βρεθεί με το εκτόπισμα από το υδροστατικό διάγραμμα ή τον υδροστατικό πίνακα (πίνακας 5.6.1) για το πλοίο A.
- Η θέση του κέντρου βάρους θα βρεθεί από τη σχέση (60).
- Η διαγωγή θα υπολογισθεί με βάση τις παραπάνω πληροφορίες από τις σχέσεις (115) ή (116).

2) Μετακινήσεις βαρών.

Σε περίπτωση μετακινήσεως βαρών, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι:

- Το εκτόπισμα του πλοίου είναι γνωστό.
- Η θέση του κέντρου δύκου του ισοβύθιστου πλοίου θα βρεθεί με το εκτόπισμα από το υδροστατικό διάγραμμα ή τους υδροστατικούς πίνακες.
- Η θέση του κέντρου βάρους θα βρεθεί από τη σχέση (64).
- Η διαγωγή θα υπολογισθεί με βάση τις παραπάνω πληροφορίες από τις σχέσεις (115) ή (116).

12.6 Εύρεση της θέσεως του κέντρου βάρους ενός πλοίου που έχει τυχαία διαγωγή.

Πριν δοθούν παραδείγματα για την κατανόηση των παραπάνω διαδικασιών ευρέσεως της διαγωγής ενός πλοίου σε οποιαδήποτε κατάσταση, είναι απαραίτητο να πούμε πώς βρίσκεται η διαμήκης θέση του κέντρου βάρους ενός πλοίου που πλέει σε τυχαία βυθίσματα.

Αν εξετάσουμε τις σχέσεις (115) και (116), θα δούμε ότι όταν το πρωραίο και πρυμναίο βύθισμα ενός πλοίου είναι γνωστά είναι επίσης γνωστά και:

- Η διαφορά διαγωγής.
- Η θέση του κέντρου πλευστότητας που αντιστοιχεί στο μέσο βύθισμα από το υδροστατικό διάγραμμα ή από τον υδροστατικό πίνακα.
- Το εκτόπισμα που αντιστοιχεί στο βύθισμα στο κέντρο πλευστότητας από το υδροστατικό διάγραμμα ή τον υδροστατικό πίνακα.
- Η διαμήκηση θέση του κέντρου δύκου του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο εκτόπισμα από το υδροστατικό διάγραμμα ή τον υδροστατικό πίνακα.

Με τα παραπάνω στοιχεία, μπορούμε από τις σχέσεις (115) ή (116) να υπολογίσουμε τη διαμήκηση θέση του κέντρου βάρους του πλοίου.

Παράδειγμα 1.

Το πλοίο Α πλέει σε βυθίσματα $H_F = 9,20 \text{ m}$ και $H_A = 7,6 \text{ m}$. Να βρεθεί η διαμήκηση θέση του κέντρου βάρους του πλοίου σ' αυτή την κατάσταση. Το μήκος του πλοίου είναι 192 m .

Το μέσο βύθισμα του πλοίου είναι:

$$H_m = \frac{H_F + H_A}{2} = \frac{9,20 + 7,60}{2} = 8,4 \text{ m}$$

Από τον πίνακα 5.6.1 έχουμε $LCF = 98,03$.

$$\text{Διαγωγή} = H_A - H_F = 7,6 - 9,2 = -1,6 \text{ m}$$

Από τη σχέση (70):

$$WW_1 = (\text{Διαγωγή}) \times \frac{LCF}{LBP} = (-1,6) \times \frac{98,03}{192} = -0,82 \text{ m}$$

Από τη σχέση (72) το βύθισμα του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο εκτόπισμα είναι:

$$H_{CF} = H_A - WW_1 = 7,6 - (-0,82) = 8,42 \text{ m}$$

Όλοι οι παραπέρα υπολογισμοί γίνονται με στοιχεία που βρίσκονται από τον πίνακα 5.6.1 με παρεμβολή στο παραπάνω μέσο βύθισμα ($8,42 \text{ m}$). Έτσι έχουμε:

$$\begin{aligned} \Delta &= 38053 + (39027 - 38053) \times \frac{(8,42 - 8,40)}{(8,60 - 8,40)} = \\ &= 38053 + 974 \times 0,1 = 38150,4 \text{ MT} \end{aligned}$$

$$MCT1 \text{ cm} = 591,56 + (596,47 - 591,56) \times 0,1 = 592,051 \text{ MT} - \text{m/cm}$$

$$LCF = 98,03 + (97,85 - 98,03) \times 0,1 = 98,012 \text{ m}$$

$$LCB_0 = 101,24 + (101,16 - 101,24) \times 0,1 = 101,232$$

Με τα παραπάνω στοιχεία έχουμε από τη σχέση (115):

$$LCG = LCB_0 - \frac{(\text{Διαγωγή σε cm}) \times MCT1 \text{ cm}}{\Delta} =$$

$$= 101,232 - \frac{(-1,6 \times 100) \times 592,051}{38150,4} = \\ = 101,232 + 2,483 = 103,715 \text{ m}$$

Παράδειγμα 2.

Στην παραπάνω κατάσταση πραγματοποιούνται στο πλοίο Α οι παρακάτω προσθαφαιρέσεις βαρών:

- Γεμίζεται το κύτος No 5 που είναι αρχικά άδειο με φορτίο με SF = 0,908 MT/m³.
- Γεμίζεται το κύτος No 6 που είναι αρχικά άδειο με φορτίο με SF = 1,158 MT/m³.
- Εκκενώνεται η No 1. DB δεξαμενή πετρελαίου που βρίσκεται γεμάτη σε ποσοστό 50% με πετρέλαιο με SF = 0,92 MT/m³.

Ζητείται το μέσο βύθισμα, η διαγωγή και τα βυθίσματα του πλοίου στην πρωραία και πρυμναία κάθετο.

Τα αρχικά στοιχεία του πλοίου είναι γνωστά από το προηγούμενο παράδειγμα.

Τα βάρη των φορτίων στα κύτη μπορούν να ληφθούν για το πλοίο Α από τον πίνακα 5.9.2, 5613 MT και 8651 MT για τα κύτη No 5 και 6 αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες διαμήκεις θέσεις του κέντρου βάρους του φορτίου από την πρυμναία κάθετο είναι 87,31 και 65,31 m αντίστοιχα.

Για τη δεξαμενή, οι σχετικές πληροφορίες πρέπει να ληφθούν από τον πίνακα 5.8.1. Έτσι θα έχουμε:

$$\text{Βάρος πετρελαίου} = 0,5 \times 0,92 \times 467 = 214,8 \text{ MT}$$

$$\text{Διαμήκης θέση κέντρου βάρους} = 173,76 \text{ m}$$

Με τα παραπάνω στοιχεία μπορούμε να καταρτίσουμε τον πίνακα 12.6.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.6.1

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3
Περιγραφή	Βάρος (MT)	Βραχίονας από πρυμναία κάθετο (m)	Rοπή = (2) × (3) (MT-m)
Αρχικό πλοίο	38150,4	103,715	3956769
Κύτος No 5	5613,0	87,31	490071
Κύτος No 6	8651,0	65,31	564997
DB No 1	— 214,8	173,76	— 37324
ΣΥΝΟΛΟ	52199,6		4974513

Έτσι μετά τη φόρτωση θα έχομε:

$$\text{Εκτόπισμα } \Delta_1 = 52199,6 \text{ MT}$$

και

$$\text{LCG}_1 = 4974513/52199,6 = 95,297 \text{ m}$$

Πάλι με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1 έχομε για το βύθισμα του ισοβύθιστου πλοίου που έχει το ίδιο εκτόπισμα:

$$\begin{aligned} H_{CF} &= 11,20 + (11,4 - 11,2) \times \frac{52199,6 - 51933}{52954 - 51933} = \\ &= 11,20 + 0,2 \times 0,261 = 11,252 \text{ m} \end{aligned}$$

Η ροπή μεταβολής διαγωγής κατά 1 cm είναι:

$$\text{MCT1cm} = 674,53 + (680,73 - 674,53) \times 0,261 = 676,15 \text{ MT} - \text{m/cm}$$

Η θέση του κέντρου δύκου του ισοβύθιστου πλοίου είναι:

$$\text{LCB}_0 = 99,98 + (99,89 - 99,98) \times 0,261 = 99,956$$

Η θέση του κέντρου πλευστότητας του ισοβύθιστου πλοίου είναι:

$$\text{LCF} = 95,38 + (95,26 - 95,38) \times 0,261 = 95,35 \text{ m}$$

Από τη σχέση (115) με τα παραπάνω στοιχεία έχομε:

$$\begin{aligned} \text{Διαγωγή σε cm} &= \frac{\Delta (\text{LCB}_0 - \text{LCG}_1)}{\text{MCT1cm}} = \frac{52199,6 \times (99,956 - 95,297)}{676,15} \\ &= \frac{52199,6 \times 4,659}{676,15} = 359,68 \text{ cm} \end{aligned}$$

ή $\delta H = 3,59 \text{ m}$ θετική, δηλαδή προς πρύμνα.

Από τη σχέση (70):

$$\text{WW}_1 = \text{Διαγωγή} \times \frac{\text{LCF}}{\text{LBP}} = 3,59 \times \frac{95,35}{192} = 1,782 \text{ m}$$

Από τη σχέση (72):

$$H_A = H_{CF} + \text{WW}_1 = 11,252 + 1,782 = 13,034 \text{ m}$$

Από τη σχέση (71):

$$\text{LL}_1 = (\text{Διαγωγή}) \times \frac{\text{LBP} - \text{LCF}}{\text{LBP}} = 3,59 \times \frac{192 - 95,35}{192} = 1,807 \text{ m}$$

και από τη σχέση (73):

$$H_F = H_{CF} - \text{LL}_1 = 11,252 - 1,807 = 9,445 \text{ m}$$

Το μέσο βύθισμα είναι:

$$H_m = (H_A + H_F)/2 = (13,034 + 9,445)/2 = 11,239 \text{ m}$$

Παράδειγμα 3.

Να βρεθούν τα βυθίσματα του πλοίου Α μετά τις μετακινήσεις βαρών που περιγράφονται στο πρώτο παράδειγμα της παραγράφου 6.6.

Η εύρεση της διαμήκους θέσεως του κέντρου βάρους του πλοίου μετά τις προσθαφαιρέσεις των βαρών φαίνεται στο πρώτο παράδειγμα της παραγράφου 6.6, όπου προκύπτει ότι $LCG_2 = 98,77$ m. Το εκτόπισμα είναι 53232 MT.

Κατά ανάλογο τρόπο με το προηγούμενο παράδειγμα αυτής της παραγράφου έχομε, με χρήση του πίνακα 5.6.1:

$$H_{CF} = 11,40 + (11,6 - 11,4) \times \frac{(53232 - 52954)}{(53979 - 52954)} =$$

$$= 11,40 + 0,2 \times 0,271 = 11,454 \text{ m}$$

$$MCT1 \text{ cm} = 680,73 + (687,28 - 680,73) \times 0,271 = 682,51 \text{ MT-m/cm}$$

$$LCB_0 = 99,89 + (99,80 - 99,89) \times 0,271 = 99,865 \text{ m}$$

$$LCF = 95,26 + (95,15 - 95,26) \times 0,271 = 95,23 \text{ m}$$

Από τη σχέση (115):

$$\text{Διαγωγή σε cm} = \frac{\Delta (LCB_0 - LCG_2)}{MCT1 \text{ cm}} = \frac{53232 \times (99,865 - 98,77)}{682,51} = \\ = 85,40 \text{ cm}$$

$$\text{ή } \delta H = 0,854 \text{ cm}$$

Από τη σχέση (70):

$$WW_1 = (\text{Διαγωγή}) \times \frac{LCF}{LBP} = 0,854 \times \frac{95,23}{192} = 0,423 \text{ m}$$

Από τη σχέση (72):

$$H_A = H_{CF} + WW_1 = 11,454 + 0,423 = 11,877 \text{ m}$$

Από τη σχέση (71):

$$LL_1 = (\text{Διαγωγή}) \times \frac{LBP - LCF}{LBP} = 0,854 \times \frac{192 - 95,23}{192} = 0,430 \text{ m}$$

και από τη σχέση (73):

$$H_F = H_{CF} - LL_1 = 11,454 - 0,430 = 11,023 \text{ m}$$

Το μέσο βύθισμα του πλοίου θα είναι:

$$H_m = (H_F + H_A) / 2 = (11,877 + 11,023) / 2 = 11,45 \text{ m}$$

12.7 Μεταβολή διαγωγής με εφαρμογή ροπής.

Στο τελευταίο παράδειγμα της προηγούμενης παραγράφου είδαμε πώς είναι δυ-

νατό να εξετάσομε τις επιπτώσεις στη διαγωγή ενός πλοίου σε περιπτώσεις μετακινήσεως βαρών, θεωρώντας ότι κάθε βάρος που μετακινείται αφαιρείται από κάποια θέση και προστίθεται σε κάποια άλλη.

Στην πράξη, το πρόβλημα της προσθαφαιρέσεως βαρών μπορεί να αντιμετωπισθεί και με έναν άλλο απλούστερο τρόπο. Αν ορίσομε ως **μεταβολή διαγωγής τη διαφορά μεταξύ τελικής και αρχικής διαγωγής του πλοίου**, η οποία προκύπτει κατά την εφαρμογή κάποιας διαμήκους ροπής, θα έχομε:

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = \text{Τελική διαγωγή} - \text{Αρχική διαγωγή} =$$

$$= \frac{\text{Διαμήκης ροπή από τη μετακίνηση βαρών σε MT-m ή LT-ft}}{\text{MCT1 cm ή MCT1 in}} \quad (117)$$

Από την παραπάνω σχέση μπορούμε να βρούμε τη μεταβολή διαγωγής και, επειδή γνωρίζουμε την αρχική, εύκολα μπορούμε να βρούμε και την τελική διαγωγή του πλοίου. **Στην εφαρμογή της σχέσεως (117) είναι απαραίτητη η συνέπεια στις μονάδες και στα πρόσημα.**

Παράδειγμα.

Να λυθεί το πρόβλημα του τελευταίου παραδείγματος της προηγούμενης παραγράφου με χρησιμοποίηση της σχέσεως (117).

Το πλοίο αρχικά βρίσκεται στην κατάσταση φορτώσεως του πίνακα 6.4.3, έχει δηλαδή $\Delta = 53232$ MT και $LCG = 99,36$ m.

Από τον πίνακα 5.6.1 έχομε με παρεμβολές:

$$LCB_0 = 99,865 \text{ και } MCT1 \text{ cm} = 682,51 \text{ MT-m}$$

Έτσι στην αρχική κατάσταση από τη σχέση (115):

$$\text{Αρχική διαγωγή} = \frac{\Delta (LCB_0 - LCG)}{MCT1 \text{ cm}} = \frac{53232 (99,865 - 99,36)}{682,51} = \\ = 39,387 \text{ cm}$$

Οι μετακινήσεις βαρών που γίνονται (όπως φαίνεται στο δεύτερο παράδειγμα της παραγράφου 6.6) είναι:

- 60 τόννοι πετρέλαιο από θέση με κέντρο βάρους 173,76 προς πρώρα της πρυμναίας καθέτου σε θέση με κέντρο βάρους 25,51 m.
- 500 τόννοι φορτίου από θέση με κέντρο βάρους 132,19 m σε θέση με κέντρο βάρους 87,31 m.

Οι μετακινήσεις αυτές δημιουργούν τις εξής ροπές:

$$60 (173,76 - 25,51) = + 8895 \text{ θετική γιατί δημιουργεί τάση στο πλοίο για διαγωγή προς πρύμνα}$$

$$500 (132,19 - 87,31) = +22440 \text{ θετική για τον ίδιο λόγο}$$

$$\Sigma \text{ΝΟΛΟ ΡΟΠΗΣ} = +31335$$

Από τη σχέση (117) έχομε:

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = \frac{\text{Διαμήκης ροπή}}{\text{MCT1 cm}} = \frac{31335}{682,51} = 45,91 \text{ cm}$$

Έτσι θα είναι:

$$\begin{aligned}\text{Τελική διαγωγή} &= \text{Αρχική διαγωγή} + \text{Μεταβολή διαγωγής} = \\ &= 39,38 + 45,91 = 85,29 \text{ cm}\end{aligned}$$

ή $\delta H = 0,853 \text{ m}$, δηλαδή πρακτικά ίσο με αυτό που βρέθηκε στο δεύτερο παράδειγμα της παραγράφου 12.5.

12.8 Προσθαφαιρέσεις μικρών βαρών.

Οι μέθοδοι που μέχρι τώρα έχουμε αναφέρει έχουν εφαρμογή χωρίς σημαντικό σφάλμα τόσο για προσθαφαιρέσεις μικρών όσο και μεγάλων βαρών.

Οι ιδέες της προηγούμενης παραγράφου οδηγούν στην παρακάτω μέθοδο που είναι σημαντικά απλούστερη, αλλά **μπορεί να εφαρμοσθεί χωρίς σοβαρό σφάλμα μόνο για μικρά σε σχέση με το εκτόπισμα βάρη.**

1) Προσθήκη βάρους.

Κάθε βάρος που προστίθεται θεωρείται ότι έχει κέντρο βάρους το κέντρο πλευστότητας. Αυτό δημιουργεί μία παράλληλη βύθιση του πλοίου (ίση αύξηση των βυθισμάτων) που μπορεί να υπολογισθεί με χρήση του TPC ή του TPI.

Στη συνέχεια το βάρος θεωρείται ότι μεταφέρεται στην πραγματική του θέση και η σχετική μεταβολή της διαγωγής υπολογίζεται από τη σχέση (117).

2) Αφαίρεση βάρους.

Το βάρος θεωρείται ότι μεταφέρεται από την πραγματική του θέση στο κέντρο πλευστότητας και η σχετική μεταβολή της διαγωγής υπολογίζεται από τη σχέση (117).

Στη συνέχεια το βάρος αφαιρείται από το κέντρο πλευστότητας και η παράλληλη αποβύθιση βρίσκεται με χρησιμοποίηση του TPC ή TPI.

Στην εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου:

Θεωρείται ότι κάθε βάρος που προστίθεται ή αφαιρείται από το κέντρο πλευστότητας δημιουργεί μόνο παράλληλη βύθιση ή αποβύθιση.

Η διαμήκης θέση του κέντρου πλευστότητας, η ροπή μεταβολής διαγωγής κατά 1 cm ή 1 in και οι τόννοι ανά cm ή ανά in βυθίσεως είναι σωστό να βρίσκονται από το υδροστατικό διάγραμμα ή τους υδροστατικούς πίνακες για το μέσο όρο του εκτοπίσματος πριν και μετά από την προσθαφαίρεση του βάρους. Αυτό δεν έχει πολύ μεγάλη σημασία για το σχεδόν έμφορτο πλοίο, όπου τα παραπάνω μεγέθη παραμένουν σχεδόν σταθερά για μικρές μεταβολές του βυθίσματος.

Παράδειγμα.

Το πλοίο Α πλέει ισοβύθιστο με εκτόπισμα 38150,4 MT. Στη συνέχεια προστί-

Θεται βάρος 5613 MT με διαμήκη θέση κέντρου βάρους 87,31 m πιο πρώτα από την πρυμναία κάθετο και αφαιρείται βάρος 214,8 MT με κέντρο βάρους 173,7 m πιο πρώτα από την πρυμναία κάθετο.

1) Αρχική κατάσταση πλοίου (κατάσταση 1).

Με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1, έχομε:

$$H_{CF_1} = H_{F_1} = H_{A_1} = 8,42 \text{ m}$$

$$LCF_1 = 98,012 \text{ m}$$

$$(MCT 1 \text{ cm})_1 = 592,051 \text{ MT - m}$$

$$(TPC)_1 = 48,6 + (48,7 - 48,6) \times \frac{(8,42 - 8,40)}{(8,60 - 8,4)} = 48,61 \text{ MT}$$

2) Προσθήκη βάρους 5613 MT (κατάσταση 2).

Εκτόπισμα $\Delta_2 = 38150,4 + 5613 = 43763,4 \text{ MT}$ με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1 με το εκτόπισμα έχομε:

$$LCF_2 = 96,89 + (96,67 - 96,89) \times \frac{(43763,4 - 42945)}{(43931 - 42945)} = \\ = 96,89 - 0,22 \times 0,83 = 96,707 \text{ m}$$

$$(MCT 1 \text{ cm})_2 = 619,85 + (626,58 - 619,85) \times 0,83 = 625,43 \text{ MT - m}$$

$$(TPC)_2 = 49,3 + (49,5 - 49,3) \times 0,83 = 49,466 \text{ MT}$$

Για την παραπάνω μεταβολή θεωρούμε ότι:

$$(LCF)_{1,2} = (98,012 + 96,707)/2 = 97,359 \text{ m}$$

$$(MCT 1 \text{ cm})_{1,2} = (592,051 + 625,43)/2 = 608,74 \text{ MT - m}$$

$$(TPC)_{1,2} = (48,61 + 49,466)/2 = 49,038 \text{ MT}$$

Προσθήκη βάρους στο LCF.

$$\text{Παράλληλη βύθιση} = \frac{5613}{49,038} = 114,46 \text{ cm}$$

Μετακίνηση βάρους στη θέση του.

$$\text{Διαμήκης ροπή} = 5613 (97,359 - 87,31) = +56405 \text{ MT - m}$$

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = \frac{56405}{608,74} = 92,65 \text{ cm}$$

Από τη σχέση (70):

$$WW_1 = 92,65 \times \frac{97,359}{192} = 46,98 \text{ cm}$$

Από τη σχέση (71):

$$LL_1 = 92,65 \times \frac{192 - 97,359}{192} = 45,67 \text{ cm}$$

Υπολογισμός βυθισμάτων.

	<u>Πρωραίο</u>	<u>Πρυμναίο</u>
Αρχικό βύθισμα	8,42	+ 8,42
Παράλληλη βύθιση	+ 1,15	+ 1,15
Μεταβολή διαγωγής	- 0,46	+ 0,47
 ΤΕΛΙΚΑ ΒΥΘΙΣΜΑΤΑ	 9,11 m	 10,04 m

3) Αφαίρεση βάρους 214,8 MT (κατάσταση 3).

Εκτόπισμα $\Delta_3 = 43763,4 - 214,8 = 43548,6 \text{ MT}$

Με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1 με το εκτόπισμα έχομε:

$$\begin{aligned} LCF_3 &= 96,89 + (96,67 - 96,89) \times \frac{(43548,6 - 42945)}{(43931 - 42945)} = \\ &= 96,89 - 0,22 \times 0,612 = 96,755 \text{ m} \end{aligned}$$

$$(MCT1 \text{ cm})_3 = 619,85 + (626,58 - 619,85) \times 0,612 = 623,97 \text{ MT - m}$$

$$(TPC)_3 = 49,3 + (49,5 - 49,3) \times 0,612 = 49,42 \text{ MT}$$

Για την παραπάνω μεταβολή θεωρούμε ότι:

$$(LCF)_{2-3} = (96,707 + 96,755) / 2 = 96,731 \text{ m}$$

$$(MCT1 \text{ cm})_{2-3} = (625,43 + 623,97) / 2 = 624,7 \text{ MT - m}$$

$$(TPC)_{2-3} = (49,46 + 49,42) / 2 = 49,44 \text{ MT}$$

Μετακίνηση βάρους από τη θέση του στο LCF.

Διαμήκης ροπή = $(173,7 - 96,731) \times 214,8 = +16533 \text{ MT - m}$

(Θετική γιατί τείνει να δημιουργήσει διαγωγή προς πρύμνα)

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = \frac{16533}{624,7} = 26,46 \text{ cm}$$

$$WW_1 = 26,46 \times \frac{96,731}{192} = 13,33 \text{ cm}$$

$$LL_1 = 26,46 \times \frac{192 - 96,731}{192} = 13,13 \text{ cm}$$

Αφαίρεση βάρους από το LCF.

$$\text{Παράλληλη αποβύθιση} = \frac{214,8}{49,44} = 4,34 \text{ cm}$$

<u>Βυθίσματα</u>	<u>Πρωραίο</u>	<u>Πρυμναίο</u>
Αρχικό βύθισμα	9,11	10,04
Παράλληλη αποβύθιση	- 0,043	- 0,043
Μεταβολή διαγωγής	- 0,131	+ 0,133
ΤΕΛΙΚΑ ΒΥΘΙΣΜΑΤΑ	8,936 m	10,13 m

Παράδειγμα.

Να λυθεί το προηγούμενο παράδειγμα με τη μέθοδο των μεγάλων βαρών (παράγραφος 12.5).

Για την εύρεση του βάρους και της διαμήκους θέσεως του κέντρου βάρους του πλοίου καταρτίζομε τον πίνακα 12.8.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.8.1

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4
Περιγραφή	Βάρος (MT)	Βραχίονας (m)	Ροπή = (2) x (3) (MT - m)
Αρχικό πλοίο Φορτίο Πετρέλαιο	38150,4 + 5613 - 214,8	101,232 ⁽¹⁾ 87,31 173,7	3862041 490071 - 37310
ΣΥΝΟΛΟ	43548,6		4314802

Σημείωση⁽¹⁾: Από τον πίνακα 5.6.1 με παρεμβολή για το εκτόπισμα.

$$\begin{aligned} \text{Στην τελική κατάσταση LCG} &= 4314802 / 43548,6 \\ &= 99,08 \text{ m} \end{aligned}$$

Με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1 για εκτόπισμα 43548,6 MT έχομε:

$$\begin{aligned} H_{CF} &= 9,40 + (9,60 - 9,40) \times \frac{43548,6 - 42945}{43931 - 42945} \\ &= 9,40 + 0,2 \times 0,612 = 9,522 \text{ m} \end{aligned}$$

Επίσης είναι:

$$LCF = 96,755 \text{ (m)}, MCT1 \text{ cm} = 623,97 \text{ (MT - m)} \text{ και } LCB_0 = 100,754 \text{ (m)}$$

Από τη σχέση (115):

$$\text{Διαγωγή σε cm} = \frac{\Delta (LCB_0 - LCG)}{MCT1 \text{ cm}} = \frac{43548,6 (100,754 - 99,08)}{623,97} = \\ = 116,83 \text{ cm}$$

$$WW_1 = 116,83 \times \frac{96,755}{192} = 58,875 \text{ cm}$$

και

$$LL_1 = 116,83 \times \frac{192 - 96,755}{192} = 57,954 \text{ cm}$$

Επομένως:

$$H_A = H_{CF} + WW_1 = 9,522 + 0,588 = 10,11 \text{ m}$$

$$H_F = H_{CF} - LL_1 = 9,522 - 0,579 = 8,943 \text{ m}$$

Σε σύγκριση με το προηγούμενο παράδειγμα, είναι φανερό ότι έχουμε πολύ μικρή διαφορά αποτελεσμάτων.

Η μέθοδος των μικρών βαρών είναι στην πραγματικότητα απλούστερη, μόνο διαφορά απότελεσμάτων των πιέσεων LCF, MCT1 cm και TPC ληφθούν χωρίς παρεμβολές (και όχι όπως χρησιμοποιήθηκε στο παράδειγμα αυτού του κεφαλαίου).

12.9 Τελείωμα φορτώσεως με επιθυμητή διαγωγή.

Ας φαντασθούμε ένα πλοίο που έχει παραλάβει όλα του τα εφόδια (καύσιμα, νερό, τρόφιμα κλπ.) για το ταξίδι και έχει φορτώσει όλο σχεδόν το φορτίο του σύμφωνα με τους σχετικούς υπολογισμούς φορτώσεως. Πλέον στην κατάσταση αυτή με κάποια διαγωγή (δH)₁, ενώ θα ήταν επιθυμητό να πλεύσει με κάποια άλλη διαγωγή (δH)₂. Αν θεωρήσομε ότι το φορτίο που υπολείπεται είναι, όπως προκύπτει από τη γραμμή φορτώσεως, ως τόννοι, με βάση αυτά που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 12.8 για μετακινήσεις μικρών βαρών, θα έχομε:

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = (\delta H)_2 - (\delta H)_1 = \frac{w [LCF - X]}{MCT1} \quad (118)$$

όπου: X η απόσταση από την πρυμναία κάθετο του σημείου στο οποίο πρέπει να τοποθετηθεί το βάρος για να δημιουργήσει την επιθυμητή μεταβολή διαγωγής.

Επιλέγομε στη συνέχεια δύο στόμια κυτών που:

- Αν είναι δυνατό έχουν κέντρα βάρους το ένα προς πρώρα και το άλλο προς πρύμνα του κέντρου πλευστότητας.
- Αν αυτό δεν είναι δυνατό, δοκιμάζομε με τα δύο πλησιέστερα προς το κέντρο πλευστότητας στόμια, τα οποία έχουν κέντρο βάρους προς πρώρα του κέντρου πλευστότητας, αν η επιθυμητή μεταβολή διαγωγής είναι αρνητική, και προς πρύμνα, αν συμβαίνει το αντίθετο.

Αν συμβολίσουμε με X_1 , X_2 τις γνωστές από τα σχέδια διαμήκεις αποστάσεις του κέντρου βάρους των στομίων από την πρυμναία κάθετο και με w_1 , w_2 τα αντίστοιχα βάρη του φορτίου που θα πρέπει να προστεθούν σ' αυτά, θα πρέπει για ισορροπία να έχομε:

$$w_1 + w_2 = w$$

και

$$w_1 X_1 + w_2 X_2 = wX$$

Η λύση του παραπάνω συστήματος δίνει:

$$w_1 = \frac{w(X_2 - X_1)}{X_2 - X_1} \quad (119)$$

και

$$w_2 = \frac{w(X - X_1)}{X_2 - X_1} \quad (120)$$

Διερεύνηση.

Με το X γνωστό από τη σχέση (118) και το w δοσμένο, υπολογίζομε τα w_1 , και w_2 από τις σχέσεις (119) και (120). Διακρίνομε δύο περιπτώσεις:

1) **Αν τα w_1 και w_2 είναι θετικά**, τα βάρη που θα πρέπει να προστεθούν στα κύτη με κέντρα βάρους X_1 , και X_2 πιο πρώτα από την πρυμναία κάθετο είναι w_1 , και w_2 αντίστοιχα.

2) **Αν ένα από τα w_1 , και w_2 είναι αρνητικό (π.χ. το w_1)**, τότε από τη θέση με κέντρο βάρους X_1 , θα πρέπει να αφαιρεθεί βάρος w_1 , και στη θέση με κέντρο βάρους X_2 πιο πρώτα από την πρυμναία κάθετο να προστεθεί βάρος w_2 .

Αν τα παραπάνω δεν μπορούν ή δεν είναι επιθυμητό να γίνουν στην πράξη (αν π.χ. δεν υπάρχει αρκετός χώρος στο αντίστοιχο στόμιο ή δεν είναι επιθυμητή η αφαίρεση φορτίου), θα πρέπει να επιδιωχθεί αντιμετώπιση του προβλήματος με συνδυασμό δύο άλλων κυτών.

Φυσικά το πρόβλημα μπορεί να λυθεί πάνω στις ίδιες αρχές και με συνδυασμό περισσοτέρων από δύο στομίων, αλλά στην περίπτωση αυτή η λύση είναι πιο δύσκολη.

Παράδειγμα.

Το πλοίο Α, σύμφωνα με τους κανονισμούς της γραμμής φορτώσεως, μπορεί να φορτωθεί μέχρι μέσο βύθισμα 12,06 m. Σε κάποια κατάσταση φορτώσεως τα βυθίσματα του πλοίου είναι $H_F = 11,82$ m και $H_A = 12,00$ m. Να εκτιμηθεί πόσο είναι το υπολειπόμενο φορτίο και σε ποιο ζευγάρι στομίων μπορεί να φορτωθεί, ώστε το πλοίο να αποπλεύσει ισοβύθιστο.

Από τον πίνακα 5.6.1 με το μέσο βύθισμα

$$H_m = \frac{11,82 + 12,00}{2} = 11,91 \text{ m}$$

βρίσκομε:

$$TPC = 51,3 + (51,5 - 51,3) \times \frac{(11,91 - 11,80)}{(12 - 11,80)}$$

$$= 51,3 + 0,2 \times 0,55 = 51,41 \text{ MT}$$

$$MCT1 \text{ cm} = 693,79 + (700,31 - 693,79) \times 0,55 = 697,376 \text{ (MT - m)/cm}$$

$$LCF = 95,05 + (94,69 - 95,05) \times 0,55 = 94,852 \text{ m}$$

$$\text{Υπολειπόμενο βύθισμα} = 12,06 - 11,91 = 0,15 \text{ m ή } 15 \text{ cm}$$

$$\text{Υπολειπόμενο φορτίο} = 15 \times TPC = 15 \times 51,41 = 771,15$$

$$(\delta H)_1 = H_A - H_F = 12,00 - 11,82 = 0,18 \text{ m ή } 18 \text{ cm}$$

$$\text{Επιθυμητή τελική διαγωγή} = (\delta H)_2 = 0$$

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = (\delta H)_2 - (\delta H)_1 = 0 - 18 = -18 \text{ cm}$$

Εδώ η επιθυμητή μεταβολή διαγωγής είναι προς πρώτα (αρνητική) και επομένως θα πρέπει να επιλέξουμε στόμια (τουλάχιστον ένα) με κέντρα βάρους προς πρώτα του κέντρου πλευστότητας, δηλαδή πιο πλώρα από 94,852 m από το κέντρο πλευστότητας.

Με βάση τα στοιχεία των κυτών (πίνακας 5.9.1) κατ' αρχή κατάλληλα (με κέντρα βάρους προς πρώτα και προς πρύμνα ενός σημείου που απέχει 94,852 m από την πρυμναία κάθετο) είναι τα κύτη No 3 και 4. Δοκιμάζομε όμως και μερικούς άλλους συνδυασμούς.

1) Κύτη 1,2.

Από τον πίνακα 5.9.1, έχουμε:

$$X_1 = 169,41 \quad \text{και} \quad X_2 = 153$$

Από τη σχέση (118):

$$-18 = \frac{771,15 (94,852 - X)}{697,376} \quad \text{και} \quad X = 111,13 \text{ m}$$

Από τη σχέση (119):

$$w_1 = \frac{w (X_2 - X)}{X_2 - X_1} = \frac{771,15 (153 - 111,13)}{153 - 169,41} = -1967,583 \text{ MT}$$

Από τη σχέση (120):

$$w_2 = \frac{w (X - X_1)}{X_2 - X_1} = \frac{771,15 (111,13 - 169,41)}{153 - 169,41} = 2738,733 \text{ MT}$$

2) Κύτη 2,3.

Τώρα $X_1 = 153$ και $X_2 = 132,19$

και

$$w_1 = \frac{771,15 (132,19 - 111,13)}{132,19 - 153} = -780,41$$

και

$$w_2 = \frac{771,15 (111,13 - 153)}{132,19 - 153} = 1551,56$$

3) Κύτη 3,4.

$$X_1 = 132,19 \text{ και } X_2 = 109,19$$

και

$$w_1 = \frac{771,15 (109,19 - 111,13)}{109,19 - 132,19} = 65,044 \text{ MT}$$

και

$$w_2 = \frac{771,15 (111,13 - 132,19)}{109,19 - 132,19} = 706,104 \text{ MT}$$

4) Κύτη 4,5.

$$X_1 = 109,19 \text{ και } X_2 = 87,31$$

και

$$w_1 = \frac{771,15 (87,31 - 111,13)}{87,31 - 109,19} = +839,524$$

και

$$w_2 = \frac{771,15 (111,13 - 109,19)}{87,31 - 109,19} = -68,374$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.9.1
Πιθανοί συνδυασμοί φορτώσεως

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
No 1	Εκφόρτωση 1967,6 τόννων από το No 1 και φόρτωση 2738,7 τόννων στο No 2
No 2	Εκφόρτωση 780,4 τόννων από το No 2 και φόρτωση 1551,5 τόννων στο No 3
No 3	Φόρτωση 65 τόννων στο No 3 και φόρτωση 706,1 τόννων στο No 4
No 4	Φόρτωση 839,5 τόννων στο No 4 και εκφόρτωση 68,4 τόννων από το No 5

Συνοψίζοντας, οι πιθανοί συνδυασμοί τελειώματος της φορτώσεως φαίνονται στον πίνακα 12.9.1, όπου βλέπομε ότι αν το κύτος No 4 έχει χώρο, ο συνδυασμός No 3 αποτελεί τον ευκολότερο τρόπο συμπληρώσεως της φορτώσεως, ώστε το πλοίο να μεταφέρει όλο το φορτίο του με την επιθυμητή διαγωγή (ισοβύθιστο).

12.10 Προϋπολογισμός βυθισμάτων κατάπλου.

Συχνά, για ναυτιλιακούς λόγους που σχετίζονται με την ιδιομορφία του κάθε λιμανιού, είναι απαραίτητο να προεκτιμήσουμε τα βυθίσματα με τα οποία θα καταπλεύσει το πλοίο.

Για τον προϋπολογισμό των βυθισμάτων του κατάπλου μπορούμε να ξεκινήσουμε είτε από την κατάσταση φορτώσεως κατά την αναχώρηση είτε από κάποια κατάσταση κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να γνωρίζουμε τα βυθίσματα του πλοίου στην αρχική κατάσταση, το περιεχόμενο σε τόννους κάθε δεξαμενής του πλοίου και την ποσότητα των εφοδίων του πλοίου, καθώς και την αντίστοιχη θέση του κέντρου βάρους τους.

Στη συνέχεια, με βασικό στοιχείο τις υπόλοιπες ώρες ταξιδιού, την ειδική κατανάλωση των μηχανών και ηλεκτρομηχανών σε λάδι και πετρέλαιο και τις ημερήσιες μέσες καταναλώσεις σε εφόδια και πόσιμο νερό, θα πρέπει να υπολογίσουμε τις συνολικές καταναλώσεις μέχρι τον κατάπλου σε εφόδια, πόσιμο και τροφοδοτικό νερό, πετρέλαιο και λάδι λιπάντσεως. Επίσης, ο πλοιάρχος θα πρέπει να αποφασίσει από ποιες δεξαμενές θα πάρει τα υγρά που θα χρειασθεί ώστε να πετύχει τις καλύτερες γενικά συνθήκες από πλευράς ασφάλειας και καταναλώσεως κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.

Με τα παραπάνω στοιχεία η εύρεση των βυθισμάτων του κατάπλου είναι μια απλή άσκηση αφαιρέσεως βαρών (των εφοδίων και υγρών που καταναλώθηκαν) από τις αντίστοιχες θέσεις.

12.11 Ρύθμιση βυθισμάτων κατάπλου.

Αν τα βυθίσματα από τον παραπάνω υπολογισμό δεν θεωρηθούν ικανοποιητικά, θα πρέπει να ληφθούν διορθωτικά μέτρα. Σημειώνεται εδώ ότι με τα διορθωτικά μέτρα είναι δυνατό να μεταβληθεί η διαγωγή ή να αυξηθούν τα βυθίσματα. Ελάττωση των βυθισμάτων είναι δυνατή μόνο στην περίπτωση που το πλοίο έχει ήδη στις δεξαμενές υγρού έρματός του νερό και το αδειάζει στη θάλασσα. Αυτό όμως είναι μια ασυνήθιστη κατάσταση στα έμφορτα φορτηγά πλοία, ενώ τη συναντούμε μερικές φορές στα επιβατικά πλοία. Έτσι, όταν γενικά μιλάμε για ρύθμιση βυθισμάτων κατάπλου, εννοούμε κυρίως τη μεταβολή της διαγωγής.

Η μεταβολή της διαγωγής είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με:

- Μεταφορά υγρών από δεξαμενή σε δεξαμενή.
- Πλήρωση με θάλασσα ορισμένων δεξαμενών υγρού έρματος.
- Εκκένωση στη θάλασσα ορισμένων δεξαμενών υγρού έρματος που περιέχουν θάλασσα.

Οι σχετικοί υπολογισμοί γίνονται με βάση αυτά που έχουν ήδη αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου για προσθαφαιρέσεις και μετα-

κινήσεις βαρών. Ειδικά, όταν πρόκειται να μεταβληθεί μόνο η διαγωγή με μεταφορά υγρών από κάποια δεξαμενή σε κάποια άλλη, οι σχετικοί υπολογισμοί, που βασίζονται κυρίως στη χρησιμοποίηση της σχέσεως (117), είναι πολύ απλοί.

Όταν ο πλοίαρχος προβαίνει σε μετακινήσεις ή προσθαφαιρέσεις βαρών, θα πρέπει να προσέχει τα παρακάτω σημεία:

- Οι μετακινήσεις υγρών θα πρέπει να γίνονται προσδευτικά, δηλαδή, αφού τελειώνει κάποια μετάγγιστη, τότε να αρχίζει η επόμενη, ώστε να μην αυξάνονται ανεπίτρεπτα οι ελεύθερες επιφάνειες.
- Οι μετακινήσεις υγρών δεν θα πρέπει να αυξάνουν σημαντικά το συνολικό μέγεθος των ελευθέρων επιφανειών στην τελική κατάσταση (σε βαθμό που να δημιουργούνται αμφιβολίες για την ευστάθεια του πλοίου).
- Οι μετακινήσεις υγρών δεν θα πρέπει να γίνονται όταν υπάρχουν συνθήκες έντονης θαλασσοταραχής.
- Δεν θα πρέπει να γίνονται μετακινήσεις υγρών που να δημιουργούν εγκάρσιες κλίσεις (από δεξαμενές της αριστερής πλευράς στη δεξιά ή και αντίθετα).
- Όταν γεμίζονται δεξαμενές έρματος, το μέσο βύθισμα του πλοίου δεν θα πρέπει να αυξάνεται πέρα από το επιτρεπόμενο από τους κανονισμούς γραμμής φορτώσεως.
- Οι μεταβολές της καταστάσεως φορτώσεως του πλοίου θα πρέπει να σταθμίζονται σε σχέση και με την αντοχή του.

12.12 Μεταβολή βυθίσματος μόνο στο ένα άκρο.

Μερικές φορές χρειάζεται να λάβομε μέτρα για να αλλάξει το βύθισμα μόνο στην πρωραία ή μόνο στην πρυμναία κάθετο του πλοίου. Μια τέτοια περίπτωση π.χ. έχομε, όταν ένα πλοίο πρόκειται να περάσει από κάποιο αβαθές σημείο και, ενώ το πρωραίο βύθισμά του είναι οριακά αποδεκτό, το πρυμναίο είναι αυξημένο πέρα από το ανεκτό δριό. Η μεταφορά βάρους τότε από πρύμνα προς πρώρα, ενώ θα βελτιώσει το πρυμναίο βύθισμα, θα επιδεινώσει το πρωραίο. Έτσι είναι επιθυμητό να ελαττώσουμε το πρυμναίο βύθισμα χωρίς να μεταβληθεί το πρωραίο.

Για το παράδειγμα αυτό έστω ότι H_F και H_D είναι το πρωραίο και πρυμναίο αρχικό βύθισμα και H'_D είναι το επιθυμητό τελικό βύθισμα θα έχουμε:

$$\text{Αρχικό μέσο βύθισμα} = H_m = \frac{H_A + H_F}{2}$$

$$\text{Τελικό μέσο βύθισμα} = H'_m = \frac{H'_A + H_F}{2}$$

$$\text{Αρχική διαγωγή } \Delta H = H_A - H_F$$

$$\text{Τελική διαγωγή } (\Delta H)' = H'_A - H_F$$

$$\text{Ελάττωση μέσου βυθίσματος} = H_m - H'_m = \frac{H_A - H'_A}{2}$$

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = (\Delta H)' - (\Delta H) = H'_A - H_A$$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το πρόβλημά μας είναι ισοδύναμο με την εύρε-

ση ενός βάρους που θα δημιουργήσει παράλληλη αποβύθιση ίση με $\frac{H_A - H'_A}{2}$ και μεταβολή διαγωγής ίση με $H'_A - H_A$. Η λύση του προβλήματος αυτού θα φανεί στο επόμενο παράδειγμα.

Παράδειγμα.

Το πλοίο A πλέει σε βύθισμα πρυμναίο 8,40 m και πρωραίο 7,60 m. Είναι επιθυμητό το πρυμναίο βύθισμα να ελαττωθεί κατά 0,30 m.

Θα έχομε:

$$\text{Αρχικό μέσο βύθισμα} = \frac{8,40 + 7,60}{2} = 8 \text{ m}$$

Από τον πίνακα 5.6.1 στο παραπάνω μέσο βύθισμα είναι:

MCT1 cm = 582,66 MT - m/cm

TPC = 48,3 MT

LCF = 98,36 m

Η επιθυμητή ελάττωση του μέσου βυθίσματος είναι:

$$H_m - H'_m = \frac{H_A - H'_A}{2} = \frac{8,40 - 8,10}{2} = 0,15 \text{ m}$$

Επομένως πρέπει να αφαιρεθεί βάρος

$$w = (0,15) \times (TPC) \times 100 = (0,15) \times (48,3) \times (100) = 724,5 \text{ MT}$$

Η επιθυμητή μεταβολή διαγωγής είναι:

$$(\delta H)' - (\delta H) = H'_A - H_A = 8,10 - 8,40 = - 0,30 \text{ m}$$

Από τη σχέση (117):

$$\begin{aligned} \text{Διαμήκης ροπή} &= (\text{Μεταβολή διαγωγής}) \times \text{MCT1 cm} = \\ &= (0,30) \times (100) \times (582,66) = - 17480 \text{ MT - m} \end{aligned}$$

Άρα το βάρος w πρέπει να αφαιρεθεί από κάποια θέση που βρίσκεται σε απόσταση $17480/724,5 = 24,126$ m προς πρύμνα του LCF ή σε κάποιο σημείο που βρίσκεται $98,36 - 24,126 = 74,234$ m πιο πρώτα από την πρυμναία κάθετο.

12.13 Επίδραση πυκνότητας στη διαγωγή.

Όπως έχομε διαπιστώσει στις προηγούμενες παραγράφους του κεφαλαίου αυτού, σε κάθε θέση ισορροπίας του πλοίου το κέντρο βάρους του και το κέντρο όγκου του, για ισορροπία, πρέπει να βρίσκονται πάνω στην ίδια κατακόρυφη ευθεία.

Ας υποθέσουμε ότι ένα πλοίο πλέει αρχικά σε κάποια ίσαλο WL με κέντρο όγκου που απέχει απόσταση LCB από την πρυμναία κάθετο. Το κέντρο βάρους του πλοίου, σ' αυτή την κατάσταση, βρίσκεται σε απόσταση LCG από την πρυμναία κάθετο και ισχύει η σχέση:

$$LCB = LCG$$

Στην κατάσταση αυτή, το πλοίο, κάτω από την επήρεια ροπής ίσης με $\Delta(LCB_0 - LCG)$, η οποία θα επενεργούσε σ' αυτό αν παρέμενε ισοβύθιστο, είχε ισορροπήσει με διαφορά διαγωγής δH (σχέση 115).

Αν τώρα το πλοίο πλεύσει σε νερό με διαφορετική πυκνότητα, σε κάποια άλλη ίσαλο (WL)', όπου αντιστοιχεί διαμήκης θέση κέντρου όγκου (LCB_0'), επειδή δεν υπάρχει κανένας λόγος να μεταβληθεί το LCG, η παραπάνω ροπή διαμήκους κλίσεως θα έχει την τιμή $\Delta[(LCB_0') - LCG]$.

Θα έχομε λοιπόν:

$$\text{Αρχική διαγωγή} = \delta H = \frac{\Delta(LCB_0 - LCG)}{MCT1 \text{ cm}}$$

$$\text{Τελική διαγωγή} = (\delta H)' = \frac{\Delta[(LCB_0') - LCG]}{(MCT1 \text{ cm})'}$$

ΚΑΙ

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = (\delta H)' - (\delta H) =$$

$$= \left\{ \Delta \frac{(LCB_0)' - LCG}{(MCT1 \text{ cm})'} - \frac{LCB_0 - LCG}{MCT1 \text{ cm}} \right\} \quad (121)$$

Η παραπάνω μεταβολή μπορεί να κατανεμηθεί σε μεταβολή στο πρωράιο και πρυμναίο βύθισμα γύρω από κέντρο πλευστότητας που αντιστοιχεί στην ίσαλο (WL)'.

Αν τα $MCT1 \text{ cm}$ και $(MCT1 \text{ cm})'$ δεν διαφέρουν πολύ, όπως συμβαίνει για μικρές μεταβολές πυκνότητας, η σχέση (121) μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$\text{Μεταβολή διαγωγής} = \Delta \left[\frac{(LCB_0)' - LCB}{MCT1 \text{ cm}} \right] \quad (122)$$

Στην περίπτωση αυτή, η μεταβολή διαγωγής μπορεί να κατανεμηθεί κατά το μισό στο πρωράιο και κατά το άλλο μισό στο πρυμναίο βύθισμα.

Παράδειγμα.

Το πλοίο A, στην τελική κατάσταση του δεύτερου παραδείγματος της παραγράφου 12.7, έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά όταν πλέει σε θαλάσσιο νερό με ειδικό βάρος 1,025: $H_F = 8,943 \text{ m}$, $H_A = 10,11 \text{ m}$, $\delta H = 10,11 - 8,943 = 1,167 \text{ m}$, $LCB_0 = 100,754 \text{ m}$, $LCG = 99,08 \text{ m}$; $TPC = 49,42 \text{ MT/cm}$, $MCT1 \text{ cm} = 623,97 \text{ (MT - m/cm)}$ και $\Delta = 43548,5 \text{ MT}$.

Να βρεθούν τα βυθίσματα του πλοίου όταν πλεύσει σε κάποιο ποτάμι με ειδικό βάρος νερού ίσο με τη μονάδα.

Από τη σχέση (68), στην αρχική κατάσταση του πλοίου, θα έχομε:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Επιφάνεια} \\ \text{ισάλου} \end{array} \right\} = A = \frac{TPC \times 100}{1,025} = \frac{49,42 \times 100}{1,025} = 4821,5 \text{ m}^2$$

Ο όγκος εκτοπίσματος του πλοίου θα είναι:

$$\overline{V} = \frac{\Delta}{1,025} = \frac{43548,5}{1,025} = 42486,3 \text{ m}^3$$

Η μεταβολή του μέσου βυθίσματος, όταν το πλοίο μπει στο ποτάμι (σχέση 74), θα είναι:

$$\begin{aligned} \text{Μεταβολή βυθίσματος} &= \frac{\overline{V}}{A} \left(\frac{\gamma_{sw}}{\gamma_{Fw}} - 1 \right) = \\ &= \frac{42486,3}{4821,5} \left(\frac{1,025}{1,000} - 1 \right) = 0,22 \text{ m} \end{aligned}$$

Το αρχικό μέσο βύθισμα είναι:

$$H_m = \frac{H_A + H_F}{2} = \frac{8,943 + 10,11}{2} = 9,526 \text{ m}$$

Nέα κατάσταση (γλυκό νερό).

$$(H_{CF})' = 9,526 + 0,22 = 9,746 \text{ m}$$

Με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1, με βάση το μέσο βύθισμα και λαμβάνοντας υπόψη ότι τα στοιχεία του πίνακα βασίζονται σε πυκνότητα θαλάσσιου νερού, θα έχουμε:

$$\begin{aligned} (MCT1cm)' &= \frac{1,000}{1,025} [626,58 + (633,26 - 626,58) \times \frac{9,746 - 9,6}{9,8 - 9,6}] = \\ &= \frac{1,000}{1,025} [626,58 + 6,68 \times 0,73] = 616,06 \text{ (MT - m)/cm} \end{aligned}$$

και

$$(LCF)' = 96,67 + (96,47 - 96,67) \times 0,73 = 96,53 \text{ m}$$

$$(LCB_0)' = 100,72 - (100,63 - 100,72) \times 0,73 = 100,65 \text{ m}$$

Από τη σχέση (121):

$$\begin{aligned} (\delta H)' - (\delta H) &= 43548,5 \times \left[\frac{100,65 - 99,08}{616,06} - \frac{100,754 - 99,08}{623,97} \right] \\ &= - 5,84 \text{ cm } \bar{\eta} - 0,058 \text{ m} \end{aligned}$$

$$(\delta H)' = \delta H - 0,058 = 1,167 - 0,058 = 1,109 \text{ m}$$

$$(WW_1)' = 1,109 \times \frac{96,53}{192} = 0,557 \text{ cm}$$

$$(LL_1)' = 1,109 \times \frac{192 - 96,53}{192} = 0,551 \text{ cm}$$

και

$$(H_F)' = (H_{CF})' - (LL_1)' = 9,746 - 0,551 = 9,195 \text{ m}$$

$$(H_A)' = (H_{CF})' + (WW_1)' = 9,746 + 0,557 = 10,303 \text{ m}$$

Προσεγγιστική μέθοδος.

Από τη σχέση (122):

$$\begin{aligned} \text{Μεταβολή διαγωγής} &= 43548,5 \left(\frac{100,65 - 100,754}{623,97} \right) = \\ &= -7,258 \text{ ή } -0,073 \text{ m} \end{aligned}$$

Δηλαδή το πρωράίο βύθισμα πρέπει να αυξηθεί κατά $0,073/2 = 0,036 \text{ m}$ και το πρυμναίο να ελαττωθεί αντίστοιχα: Άρα:

$$(H_F)' = 8,943 + 0,22 + 0,036 = 9,127 \text{ m}$$

και

$$(H_A)' = 10,11 + 0,22 - 0,036 = 10,294 \text{ m}$$

12.14 Πίνακες και διαγράμματα.

Όπως διαπιστώθηκε στα προηγούμενα, οι υπολογισμοί της διαγωγής του πλοίου, όταν προσθαφαιρούνται ή μεταφέρονται κατά τη διαμήκη έννοια διάφορα βάρη, είναι σχετικά απλοί, αλλά για την πραγματοποίησή τους χρειάζεται κάποιος χρόνος και πείρα.

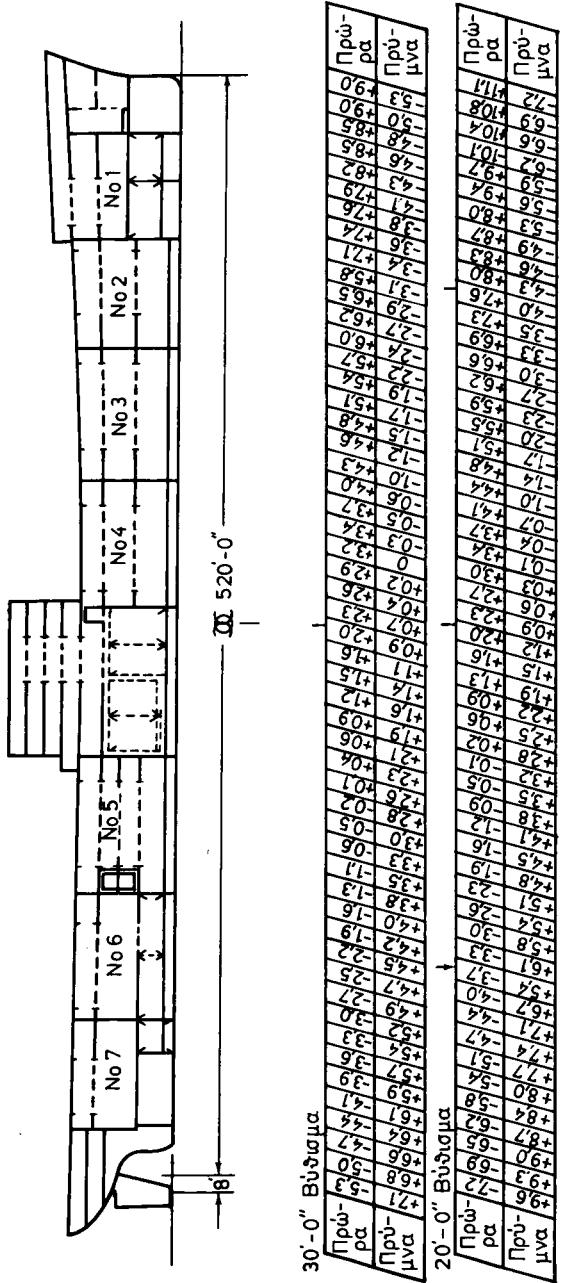
Αν φαντασθούμε ότι ένα συγκεκριμένο πλοίο πλέει ισοβύθιστο σε κάποιο βύθισμα, είναι δυνατό να γίνουν υπολογισμοί που δίνουν τη μεταβολή του πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος, όταν ένα σταθερό βάρος (συνήθως 100 tn) προστεθεί σε διάφορες θέσεις κατά μήκος του πλοίου. Την ίδια εργασία μπορούμε να επαναλάβουμε και σε διάφορα άλλα βυθίσματα.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών συγκεντρώνονται στον **πίνακα διαγωγής (trim table)**, ή έχουν τη μορφή δέσμης από καμπύλες (**διάγραμμα διαγωγής ή trim diagram**).

Ένας πίνακας διαγωγής φαίνεται στο σχήμα 12.14a και διάγραμμα διαγωγής για ένα άλλο πλοίο στο σχήμα 12.14β.

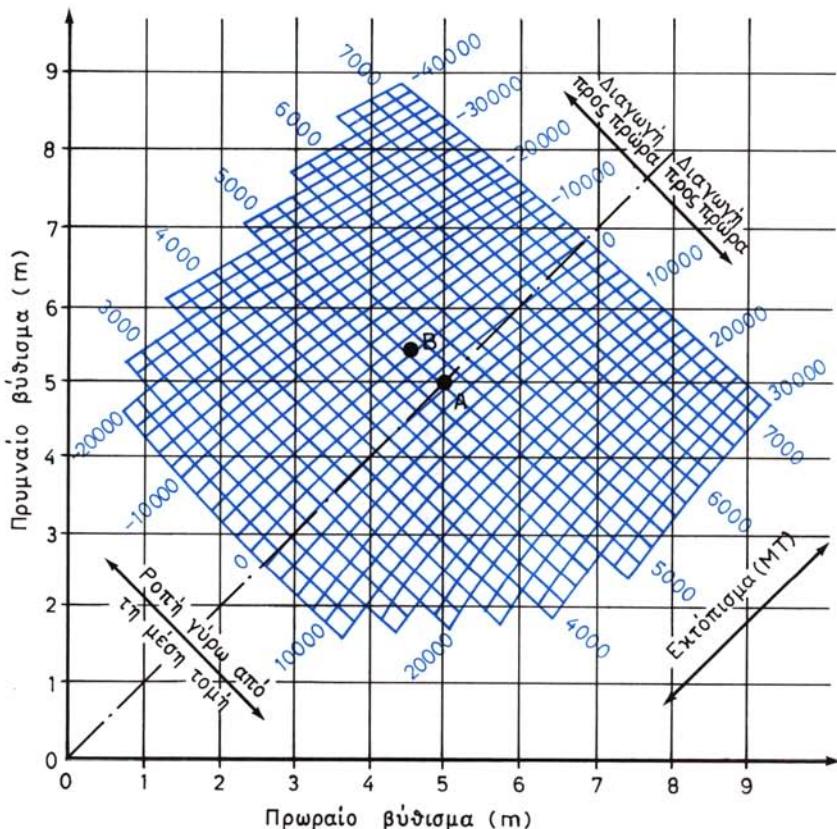
Ειδικά με τον πίνακα διαγωγής είναι πολύ εύκολο να βρούμε τις επιδράσεις από προσθαφαιρέσεις ή μετατοπίσεις βαρών, αν λάβουμε υπόψη ότι:

- Κάθε αφαίρεση βάρους σε κάποια θέση έχει στα βυθίσματα την αντίθετη επίδραση απ' ότι προσθήκη ίσου βάρους στην ίδια διαμήκη θέση.
- Το μέγεθος του βάρους που προσθέτομε ή αφαιρούμε δημιουργεί γραμμικά ανάλογες μεταβολές στα βυθίσματα. Δηλαδή προσθήκη βάρους 200 tn δημιουργεί διπλάσιες μεταβολές στα βυθίσματα από ό,τι προσθήκη βάρους 100 tn στην ίδια διαμήκη θέση.



Σειρά Βυθοματά

Πίνακας διαγωγής



Σχ. 12.14β.
Διάγραμμα διαγωγής.

- Κάθε μετατόπιση βάρους μπορεί να εξετασθεί σαν αφαίρεσή του από κάποια θέση και προσθήκη του σε κάποια άλλη θέση.

Παράδειγμα 1.

Το πλοίο στο οποίο αντιστοιχεί ο πίνακας του σχήματος 12.14α έχει βυθίσματα 19 FT 6 in πρωραίο και 20 ft 6 in πρυμναίο. Ποια θα είναι τα βυθίσματά του, αν αφαιρεθούν 200 tn φορτίο από το μέσο του κύτους No 6 και προστεθούν στο μέσο του κύτους No 2;

Οι σχετικές αναγνώσεις γίνονται όπως φαίνεται στο σχήμα. Έτσι έχουμε:

	<u>Πρωραίο</u>	<u>Πρυμναίο</u>
Αρχικό βύθισμα	19 ft 6 in	20 ft 6 in
Αφαίρεση $2 \times 100 =$	+ 7,4 in	- 12,8 in
= 200 tn από Νο 6		
Προσθήκη $2 \times 100 =$	+ 15,2 in	- 8,0 in
= 200 tn στο Νο 2		
Νέο βύθισμα	<hr/> 21 ft 4,6 in	<hr/> 18 ft 9,2 in

Παράδειγμα 2.

Το πλοίο στο οποίο αντιστοιχεί το διάγραμμα του σχήματος 12.14β πλέει ισοβύθιστο σε βύθισμα 5 m. Βάρος 50 tn που έχει αρχικά κέντρο βάρους 20 m προς πρώρα του μέσου μεταφέρεται σε κάποια νέα θέση που έχει κέντρο βάρους 60 m προς τα πρύμνα του μέσου. Ποια είναι τα νέα βυθίσματα του πλοίου;

Η αρχική κατάσταση του πλοίου που αντιστοιχεί σε πρωραίο και πρυμναίο βύθισμα 5 m παριστάνεται στο διάγραμμα με το σημείο A. Σ' αυτή την κατάσταση το πλοίο έχει εκτόπισμα 5000 tn.

Για τις ροπές του βάρους των 50 tn ως προς το μέσο το πλοίου έχουμε:

Αρχική ροπή = $-(50) \times (20) = -1000$ tn - m (προς πρώρα)

Τελική ροπή = $(50) \times (60) = 3000$ tn - m (προς πρύμνα)

Μεταβολή ροπής = Τελική ροπή - αρχική ροπή = $3000 - (-1000) = 4000$ tn - m (προς πρύμνα).

Η νέα κατάσταση του πλοίου (σημείο B) βρίσκεται από την τομή της καμπύλης εκτοπίσματος 5000 tn και της ροπής 4000 tn - m προς πρύμνα. Στο σημείο αυτό αντιστοιχεί πρωραίο βύθισμα 4,6 m και πρυμναίο 5,4 m.

12.15 Προέλευση πληροφοριών που χρειάζονται για την εύρεση της διαγωγής.

Συνοψίζοντας, βλέπομε ότι οι πληροφορίες που γενικά χρειάζονται για την εύρεση της διαγωγής του πλοίου είναι:

- Στοιχεία από το υδροστατικό διάγραμμα.
- Στοιχεία από τα ογκομετρικά διαγράμματα των δεξαμενών (δύκοι, βάρη, διαμήκεις θέσεις κέντρου βάρους).
- Στοιχεία από τα ογκομετρικά διαγράμματα των κυτών (δύκοι, βάρη, διαμήκεις θέσεις κέντρου βάρους).
- Το εκτόπισμα του άφορτου πλοίου και η διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του, για φορτώσεις, ο υπολογισμός των οποίων ξεκινά από το άφορτο πλοίο.
- Διαμήκεις θέσεις σημείων όπου προσθέτομε ή αφαιρούμε βάρη χώρων του πλοίου που δεν είναι δεξαμενές ή κύτη.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να αναζητηθούν στα σχέδια και τις μελέτες του πλοίου. Επίσης, τα περισσότερα από αυτά υπάρχουν συγκεντρωμένα:

- Στα εγχειρίδια ζυγίσεως και ευστάθειας που έχουν τα φορτηγά πλοία.
- Στα εγχειρίδια μεταφοράς σιτηρών που πρέπει να έχουν τα φορτηγά πλοία προσκειμένων να χρησιμφορτούν για μεταφορές σιτηρών.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΚΡΙΒΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ

13.1 Γενικά.

Στην παράγραφο 5.6 είχαμε δει ότι **το υδροστατικό διάγραμμα κάθε πλοίου δίνει διάφορες γεωμετρικές ιδιότητες του ισοβύθιστου πλοίου**. Ειδικά το εκτόπισμα δίνεται για θαλάσσιο νερό με ειδικό βάρος 1,025 και για γλυκό νερό με ειδικό βάρος ίσο με τη μονάδα.

Οι παρακάτω λόγοι επιβάλλουν στην πράξη την εφαρμογή ειδικής μεθοδολογίας για τον ακριβή υπολογισμό του εκτόπισματος.

α) **Τα βυθισμάτα δώλων των πλοίων δεν είναι πάντοτε χαραγμένα στην πρωραία και πυρμναία κάθετο.** Έτσι, επειδή το μέσο βύθισμα του πλοίου είναι ο μέσος όρος των βυθισμάτων στην πρωραία και πυρμναία κάθετο, χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί μια μέθοδος αναγωγής των βυθισμάτων από τη θέση που βρίσκονται οι κλίμακες βυθισμάτων στις καθέτους.

β) **Το πλοίο μπορεί, λόγω της φορτώσεώς του, να έχει κάμψη σαν δοκός.** Στην περίπτωση αυτή, το βύθισμά του στο μέσο δεν είναι ίσο με το ημιάθροισμα των βυθισμάτων στην πρωραία και πυρμναία κάθετο.

γ) **Το πλοίο μπορεί να έχει διαγωγή.** Σ' αυτή την περίπτωση τα στοιχεία του υδροστατικού διαγράμματος δεν μπορούν να εφαρμοσθούν χωρίς διόρθωση, γιατί το υδροστατικό διάγραμμα είναι βασισμένο στο ισοβύθιστο πλοίο.

δ) **Το ειδικό βάρος του νερού μεταβάλλεται** και σπάνια έχει ακριβώς την τιμή 1,025 για θαλάσσιο νερό και μονάδα για γλυκό.

Στις επόμενες παραγράφους θα αναπτυχθεί καθένα από τα παραπάνω σημεία και θα επεξηγηθεί ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να γίνουν οι σχετικές διορθώσεις για να βρεθεί με ακρίβεια το εκτόπισμα.

13.2 Αναγωγή βυθισμάτων στις καθέτους.

Στα προηγούμενα κεφάλαια, ο όρος βύθισμα χρησιμοποιήθηκε ως ταυτόσημος με τον όρο **βύθισμα αναφοράς (moulded draft)**. Τις περισσότερες φορές στα πλοία είναι χαραγμένο το **βύθισμα τρόπιδας (keel draft)**, το οποίο, σε αντιδιαστολή με το βύθισμα αναφοράς, μετράται από ένα επίπεδο που εφάπτεται στην κάτω πλευρά

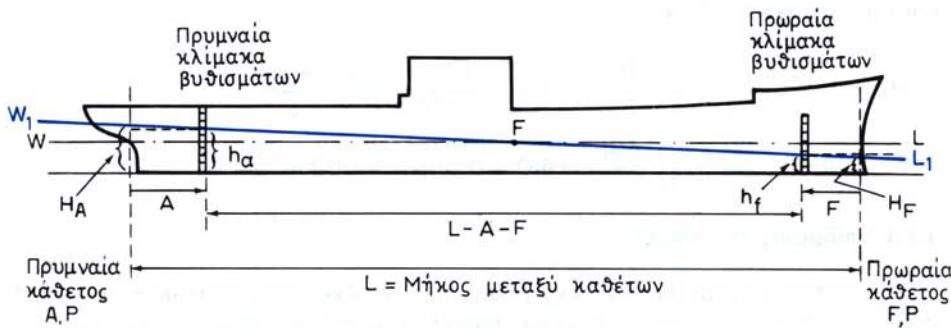


της επίπεδης τρόπιδας. Έτσι το βύθισμα τρόπιδας είναι μεγαλύτερο από το βύθισμα αναφοράς.

Τα υδροστατικά διαγράμματα των πλοίων βασίζονται άλλοτε στο βύθισμα αναφοράς και άλλοτε στο βύθισμα τρόπιδας. Έτσι στους σχετικούς υπολογισμούς θα πρέπει να χρησιμοποιούμε τα βυθίσματα του πλοίου και του υδροστατικού διαγράμματος με συνέπεια (βυθίσματα αναφοράς παντού ή βυθίσματα τρόπιδας παντού).

Οι κλίμακες βυθισμάτων είναι χαραγμένες στην πρωραία και πρυμναία κάθετο ή κοντά σ' αυτές και στις δύο πλευρές του πλοίου. Οι αριθμοί είναι ή μεταλλικοί στεραιωμένοι με βίδες πάνω στο πλοίο ή πονταρισμένοι και, στο αγγλικό σύστημα μονάδων, έχουν ύψος 6 in. Έτσι, αν π.χ. το νερό βρίσκεται στο μέσο του αριθμού 7, το βύθισμα του πλοίου είναι 7 ft και 3 in, ενώ, όταν εφάπτεται στο κάτω μέρος του 8, είναι 8 ft. Ανάλογη είναι η χάραξη και στο μετρικό σύστημα και συνήθως υπάρχουν ενδείξεις ανά 20 cm.

Ας θεωρήσομε τώρα ένα πλοίο που έχει διαγωγή και κλίμακες βυθισμάτων που δεν βρίσκονται πάνω στις καθέτους (σχήμα 13.2).



Σχ. 13.2.
Αναγωγή βυθισμάτων στις καθέτους.

Με τους ορισμούς που χρησιμοποιήσαμε μέχρι τώρα, το πλοίο του σχήματος έχει θετική διαφορά διαγωγής. Αν συμβολίσουμε με H_F , H_A τα βυθίσματα στην πρωραία και πρυμναία κάθετο και h_f και h_a τα βυθίσματα στις κλίμακες βυθισμάτων, από τα όμοια τρίγωνα που σχηματίζονται (βλ. και παράγραφο 7.6) θα έχομε:

$$H_A = h_a + \frac{A \times (h_a - h_f)}{L - A - F} \quad (123)$$

$$H_F = h_f - \frac{F \times (h_a - h_f)}{L - A - F} \quad (124)$$

όπου: A είναι η απόσταση μεταξύ της πρυμναίας κλίμακας βυθισμάτων και της πρυμναίας καθέτου, η οποία λαμβάνεται ως θετική όπως δείχνει το σχήμα και

F η απόσταση μεταξύ της πρωραίας κλίμακας βυθισμάτων και της πρωραίας καθέτου, η οποία λαμβάνεται ως θετική, όπως δείχνει το σχήμα.

Παράδειγμα.

Σε ένα πλοίο με μήκος μεταξύ καθέτων ίσο με 100 m, η πρυμναία κλίμακα βυθισμάτων βρίσκεται 3 m προς τα πρύμνα της πρυμναίας καθέτου και η πρωραία 2 m προς τα πρύμνα της πρωραίας καθέτου. Τα βυθίσματα που διαβάζομε στην πρωραία και πρυμναία κλίμακα βυθισμάτων είναι 4 m και 3,40 m αντίστοιχα. Να βρεθούν τα βυθίσματα στις καθέτους.

Στο παράδειγμα αυτό έχομε:

$$A = -3 \text{ m} \text{ (αντίθετα από το σχήμα 13.2)}$$

$$F = 2 \text{ m} \text{ (όπως στο σχήμα 13.2)}$$

Έτσι από τη σχέση (123):

$$\begin{aligned} H_A &= h_a + \frac{A \times (h_a - h_f)}{L - A - F} = 3,40 + \frac{(-3) \times (3,40 - 4)}{100 - (-3) - 2} = \\ &= 3,40 + \frac{(-3) \times (-0,40)}{101} = 3,40 + 0,012 = 3,412 \text{ m} \end{aligned}$$

και από τη σχέση (124):

$$\begin{aligned} H_F &= h_f - \frac{F \times (h_a - h_f)}{L - A - F} = 4,0 - \frac{(2) \times (3,40 - 4,0)}{100 - (-3) - 2} = \\ &= 4,0 - \frac{(2) \times (-0,40)}{101} = 4,0 + 0,008 = 4,008 \text{ m} \end{aligned}$$

13.3 Επίδραση της κάμψεως.

Στο σχήμα 13.3(a) βλέπομε ένα πλοίο που δεν έχει υποστεί κάμψη. Αν μετρήσουμε το βύθισμά του στο μέσο, όπως φαίνεται και από το σχήμα, το μέσο βύθισμά του H_m και το βύθισμά του στο μέσο H_{III} είναι μεταξύ τους ίσα. Σ' αυτή λοιπόν την περίπτωση

$$H_m = \frac{H_A + H_F}{2} = H_{\text{III}}$$

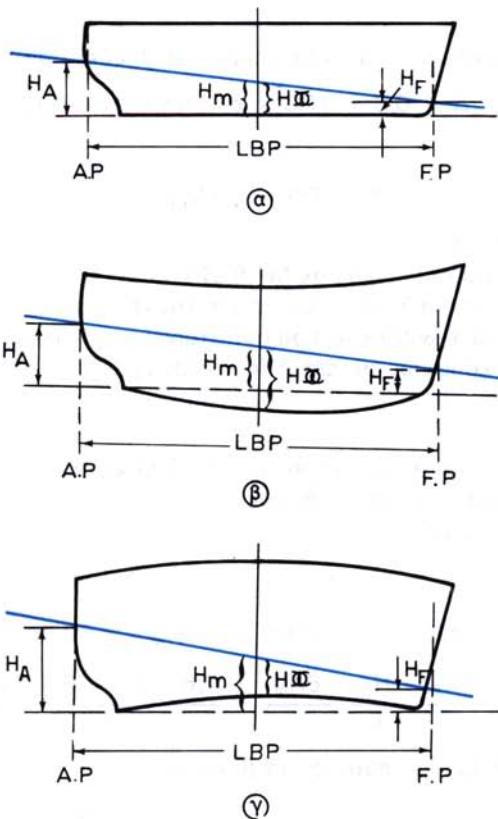
Στο σχήμα 13.3(b) φαίνεται ένα πλοίο στο οποίο, ως συνέπεια της φορτώσεως του, παρουσιάζει κάμψη της τρόπιδας προς τα κάτω (sagging). Στην περίπτωση αυτή θα είναι:

$$H_m = \frac{H_A + H_F}{2} < H_{\text{III}}$$

Τέλος το σχήμα 13.3(g) δείχνει ένα πλοίο με κάμψη της τρόπιδας προς τα πάνω (hogging). Τώρα έχομε:

$$H_m = \frac{H_A + H_F}{2} > H_{\text{III}}$$

Τη διαφορά $H_{\text{III}} - H_m = \delta$ ονομάζομε **βέλος κάμψεως του πλοίου** και αν είναι θετική έχομε **κατάσταση sagging**, ενώ όταν είναι αρνητική έχομε **κατάσταση hogging**.



Σχ. 13.3.

Επίδραση κάμψεως.

α) Πλοίο χωρίς κάμψη. β) Πλοίο με sagging. γ) Πλοίο με hogging.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι, για να μπορέσουμε να δούμε αν το πλοίο έχει βέλος κάμψεως, πρέπει να υπάρχει δυνατότητα μετρήσεως και του βυθίσματος στο μέσο του.

Από τα σχήματα 13.3(β) και 13.3(γ) εύκολα διαπιστώνεται ότι στις περιπτώσεις sagging και hogging η εύρεση του εκτοπίσματος από το υδροστατικό διάγραμμα ή τους υδροστατικούς πίνακες είτε με το H_m είτε με το H_F είναι λανθασμένη. Η σωστή εύρεση του εκτοπίσματος μπορεί να γίνει κατά δύο μεθόδους:

1η Μέθοδος.

Η εύρεση του εκτοπίσματος μπορεί να γίνει σωστά, αν στην ανάγνωση του εκτοπίσματος από το υδροστατικό διάγραμμα χρησιμοποιήσουμε το βύθισμα H_0 που βρίσκεται από τη σχέση:

$$H_0 = \frac{H_A + H_F + 6H_M}{8} \quad (125)$$

2η Μέθοδος.

Με τη μέθοδο αυτή το εκτόπισμα μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$\Delta_1 = \Delta + 0,8 \times \text{TPC} \times \delta \quad (\text{Μετρικό σύστημα}) \quad (126)$$

ή

$$\Delta_1 = \Delta + 0,8 \times \text{TPI} \times \delta \quad (\text{Αγγλικό σύστημα}) \quad (127)$$

Στις παραπάνω σχέσεις:

Δ είναι το εκτόπισμα του πλοίου σε MT ή LT που αντιστοιχεί στο βύθισμα H_m .

TPC είναι τόννοι ανά cm βυθίσεως που αντιστοιχεί στο βύθισμα H_m .

TPI είναι τόννοι ανά in βυθίσεως που αντιστοιχεί στο βύθισμα H_m και δ είναι το βέλος κάμψεως σε cm ή in αντίστοιχα.

Παράδειγμα.

Το πλοίο A πλέει σε βυθίσματα πρωραίο 7,60 m και πρυμναίο 8,0 m. Το βύθισμά του στο μέσο είναι 7,90 m. Να βρεθεί το εκτόπισμά του διορθωμένο για κάμψη, αλλά όχι για διαγωγή.

1η Μέθοδος.

Επειδή είναι $H_F = 7,60$ m, $H_A = 8,00$ m και $H_{\bar{F}} = 7,90$ θα έχομε:

$$H_o = \frac{H_A + H_F + 6H_{\bar{F}}}{8} = \frac{7,6 + 8,0 + 6 \times 7,9}{8} = 7,875 \text{ m}$$

Από τον πίνακα 5.6.1 με παρεμβολή βρίσκομε:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= 35150 + (36116 - 35150) \times \frac{7,875 - 7,80}{8,0 - 7,80} = \\ &= 35150 + 966 \times 0,375 = 35512 \text{ MT} \end{aligned}$$

2η Μέθοδος.

Το μέσο βύθισμα του πλοίου είναι:

$$H_m = \frac{H_A + H_F}{2} = \frac{7,60 + 8,0}{2} = 7,80 \text{ m}$$

Από τον πίνακα 5.6.1 για το παραπάνω μέσο βύθισμα είναι:

$$\Delta = 35150 \text{ MT} \text{ και } \text{TPC} = 48,2 \text{ MT/cm}$$


Επίσης είναι:

$$\delta = H_{\bar{F}} - H_m = 7,90 - 7,80 = 0,10 \text{ m ή } 10 \text{ cm}$$

Από τη σχέση (126):

$$\Delta_1 = \Delta + 0,8 \times \text{TPC} \times \delta = 35150 + (0,8) \times (48,2) \times (10) =$$

$$= 35150 + 385,6 = 35535,6 \text{ MT}$$



13.4 Διόρθωση λόγω διαγωγής.

Στα σύγχρονα πλοία υπάρχουν, τις περισσότερες φορές, διαγράμματα όπως αυτά των σχημάτων 5.6β ή 5.6γ ή 12.12β, τα οποία, όταν είναι χαραγμένα με κατάλληλες κλίμακες που επιτρέπουν ακριβή ανάγνωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άμεση εύρεση του σωστού εκτοπίσματος όταν το πλοίο έχει διαγωγή.

Αν στο πλοίο υπάρχει μόνο το κοινό υδροστατικό διάγραμμα ή ο υδροστατικός πίνακας, η εύρεση του εκτοπίσματος, όταν το πλοίο έχει διαγωγή, προϋποθέτει την εύρεση του βυθίσματος στο κέντρο πλευστότητας, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρησιμοποίηση των σχέσεων (70) και (72). Το εκτόπισμα μπορεί στη συνέχεια να βρεθεί από το υδροστατικό διάγραμμα, με βάση το βύθισμα στο κέντρο πλευστότητας του πλοίου.

Ένας άλλος τρόπος, πιο ακριβής, είναι να βρεθεί η διαφορά μεταξύ του μέσου βυθίσματος και του βυθίσματος του πλοίου στο κέντρο πλευστότητας και να γίνει διόρθωση για τη διαφορά τους κατά τα γνωστά, με τη χρησιμοποίηση του TPI ή TPC.

Συχνά τα υδροστατικά διαγράμματα έχουν χαραγμένη ειδική καμπύλη διορθώσεως (π.χ. μεταβολή εκτοπίσματος ανά cm πρυμναίας διαγωγής).

Παράδειγμα.

Το πλοίο Α πλέει σε βυθίσματα $H_A = 7,8$ m και $H_F = 8,2$ m. Να βρεθεί το εκτόπισμα του πλοίου σε θαλάσσιο νερό.

Το μέσο βύθισμα του πλοίου θα είναι:

$$H_m = \frac{H_A + H_F}{2} = \frac{7,8 + 8,2}{2} = 8 \text{ m}$$

Από τον πίνακα 5.6.1 για το παραπάνω μέσο βύθισμα έχουμε:

$$\text{TPC} = 48,3 \text{ MT/cm}, \quad \text{MCT1cm} = 582,66 \frac{\text{MT} - \text{m}}{\text{cm}} \text{ και } \text{LCF} = 98,36 \text{ m}$$

$$\Delta \text{ιαγωγή} = H_A - H_F = 7,8 - 8,2 = -0,4 \text{ m}$$

Από τη σχέση (70):

$$WW_1 = (\Delta \text{ιαγωγή}) \times \frac{\text{LCF}}{\text{LBP}} = (-0,4) \times \frac{98,36}{192} = -0,205 \text{ m}$$

Από τη σχέση (72):

$$H_{CF} = H_A - WW_1 = 7,8 - (-0,205) = 8,005 \text{ m}$$

1η Μέθοδος.

Με παρεμβολή στον πίνακα 5.6.1, με το βύθισμα 8,005 m βρίσκομε:

$$\begin{aligned} \Delta &= 36116 + (37085 - 36116) \times \frac{8,005 - 8,0}{8,2 - 8,0} = \\ &= 36116 + 969 \times 0,025 = 36116 + 24,2 = 36140,2 \text{ MT} \end{aligned}$$

2η Μέθοδος.

Το βύθισμα στο LCF είναι μεγαλύτερο από το μέσο βύθισμα κατά

$$\delta_1 = H_{CF} - H_m = 8,005 - 8,0 = 0,005 \text{ m ή } 0,5 \text{ cm}$$

Επομένως το εκτόπισμα μπορεί να βρεθεί, αν σε εκείνο που αντιστοιχεί στο μέσο βύθισμα των 8 m (36116) προστεθεί διόρθωση ίση με:

$$\delta_1 (\text{TPC}) = 0,5 \times 48,3 = 24,15 \text{ MT}$$

Επομένως:

$$\Delta = 36116 + 24,15 = 36140,15 \text{ MT}$$

13.5 Διόρθωση λόγω μεταβολής ειδικού βάρους.

Τα συνηθισμένα υδροστατικά διαγράμματα και οι υδροστατικοί πίνακες περιέχουν τιμές του εκτοπίσματος σε θαλάσσιο νερό ($1,025 \text{ MT/m}^3$ ή $35 \text{ ft}^3/\text{LT}$) και μερικές φορές και σε γλυκό νερό ($1,000 \text{ MT/m}^3$ ή $36 \text{ ft}^3/\text{LT}$). Όταν το ειδικό βάρος του νερού διαφέρει από τις παραπάνω τιμές, για τη σωστή εύρεση του εκτοπίσματος θα πρέπει να χρησιμοποιήσομε τις σχέσεις:

$$\Delta_{MT} = \gamma \cdot \bar{V} (\text{m}^3) \quad (\text{Μετρικό σύστημα}) \quad (128)$$

ή

$$\Delta_{LT} = \frac{\bar{V} (\text{ft}^3)}{SF} \quad (\text{Αγγλικό σύστημα}) \quad (129)$$

Στις σχέσεις αυτές το γ εκφράζεται σε MT/m^3 και το SF σε ft^3/LT .

Παράδειγμα 1.

Το πλοίο A στην κατάσταση του παραδείγματος της προηγούμενης παραγράφου πλέει σε νερό με ειδικό βάρος $1,015 \text{ MT/m}^3$. Πόσο είναι το εκτόπισμά του;

Στο προηγούμενο παράδειγμα το εκτόπισμα ήταν $36140,2 \text{ MT}$.

Από τη σχέση (42):

$$\bar{V} (\text{m}^3) = \frac{\Delta_{SW} (\text{MT})}{1,025} = \frac{36140,2}{1,025} = 35258,7 \text{ m}^3$$

Από τη σχέση (128):

$$\Delta = \gamma \cdot \bar{V} (\text{m}^3) = (1,015) \times (35258,7) = 35787,6 \text{ MT}$$

Παράδειγμα 2.

Ένα πλοίο σε γλυκό νερό έχει εκτόπισμα 5000 LT . Πόσο είναι το εκτόπισμα, όταν ο συντελεστής στοιβασίας του νερού είναι $35,5 \text{ ft}^3/\text{LT}$ και το πλοίο συνεχίσει να πλέει στα ίδια βυθίσματα;

Από τη σχέση (41):

$$\bar{V} (\text{ft}^3) = 36 \cdot \Delta_{FW} = (36) \times (5000) = 180000 \text{ ft}^3$$

Από τη σχέση (129):

$$\Delta = \frac{\bar{V} (\text{ft}^3)}{\text{SF}} = \frac{180000}{35,5} = 5070,4 \text{ LT}$$

13.6 Σύνοψη διορθώσεων στο εκτόπισμα.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι **οι σχετικές διορθώσεις στο εκτόπισμα (και όχι στο deadweight) είναι:**

1) Λόγω κάμψεως.

$$(\delta\Delta)_1 = 0,8 \times \text{TPC} \times \delta \text{ (Μετρικό σύστημα)} \quad (130)$$

ή

$$(\delta\Delta)_1 = 0,8 \times \text{TPI} \times \delta \text{ (Αγγλικό σύστημα)} \quad (131)$$

2) Λόγω διαγωγής.

$$(\delta\Delta)_2 = \delta_1 \text{ (cm)} \times \text{TPC} \text{ (Μετρικό σύστημα)} \quad (132)$$

ή

$$(\delta\Delta)_2 = \delta_1 \text{ (in)} \times \text{TPI} \text{ (Αγγλικό σύστημα)} \quad (133)$$

3) Λόγω μεταβολής ειδικού βάρους.

$$(\delta\Delta)_3 = \frac{\gamma - 1,025}{1,025} \times \Delta_{sw} \text{ (MT) (Μετρικό σύστημα)} \quad (134)$$

ή

$$(\delta\Delta)_3 = \frac{35 - \text{SF}}{\text{SF}} \times \Delta_{sw} \text{ (LT) (Αγγλικό σύστημα)} \quad (135)$$

Σ' όλες τις παραπάνω σχέσεις, όταν το αποτέλεσμα είναι θετικό, η διόρθωση είναι προσθετική και όταν είναι αρνητικό αφαιρετική.

13.7 Εκτίμηση φορτίου που έχει παραληφθεί στη φόρτωση.

Οι σχέσεις των προηγουμένων παραγράφων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση του βάρους του φορτίου που έχει παραληφθεί από το πλοίο κατά τη φόρτωσή του. Για να γίνει κάτι τέτοιο θα πρέπει, πριν και μετά τη φόρτωση, να μετρήσουμε:

- Τα βυθίσματα στη δεξιά και αριστερή πλευρά, στην πλώρη, την πρύμνη και το μέσο του πλοίου.
- Την πυκνότητα του νερού.

Η εφαρμογή της μεθόδου θα δειχθεί στο παρακάτω παράδειγμα.

Παράδειγμα.

Το πλοίο Α έχει τις κλίμακες βυθισμάτων του ως εξής:

- Την πρωραία 3 m πιο πρύμνα από την πρωραία κάθετο.
- Την πρυμναία 4 m πιο πρώρα από την πρυμναία κάθετο.
- Τη μεσαία στο μέσο του πλοίου.

Το μήκος του πλοίου ανάμεσα στις καθέτους είναι 192 m.

Έναρξη φορτώσεωςΔεξιάΑριστερά

Βυθίσματα πε τι	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Πλώρης} \\ \text{Μέσης} \\ \text{Πρύμνης} \end{array} \right.$	4,98 5,31 5,56	5,02 5,41 5,64
--------------------	--	----------------------	----------------------

Ειδικό βάρος νερού $\gamma = 1,020 \text{ MT/m}^3$

Βάρος πετρελαίου νερού και εφοδίων 800 MT

Τέλος φορτώσεωςΔεξιάΑριστερά

Βυθίσματο σε (m)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Πλώρης} \\ \text{Μέσης} \\ \text{Πρύμνης} \end{array} \right.$	8,30 8,56 9,10	8,32 8,64 9,18
---------------------	--	----------------------	----------------------

Ειδικό βάρος νερού $\gamma = 1,018 \text{ MT/m}^3$

Βάρος πετρελαίου νερού και εφοδίων 1830 MT

Να βρεθεί η ποσότητα φορτίου που παραλήφθηκε από το πλοίο στη φόρτωση.

Η λύση του προβλήματος φαίνεται στον πίνακα 13.7.1 και, με τις οδηγίες που δίνονται στη στήλη «τρόπος υπολογισμού», είναι σχετικά απλή. Κατά ανάλογο περίπου τρόπο συμπληρώνεται και το έντυπο του Βρετανικού *Draft survey του National cargo bureau*.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.7.1

Αριθμός γραμμής	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Τρόπος υπολογισμού	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΛΟΙΟΥ	
			Πριν από τη φόρτωση	Μετά τη φόρτωση
1	ΒΥΘΙΣΜΑΤΑ			
2	Πλώρης δεξιά	Δίνεται	4,98 m	8,30 m
3	Πλώρης αριστερά	Δίνεται	5,02 m	8,32 m
4	Μέσο βύθισμα πλώρης, h_f	(4) = [(2)+(3)]/2	5,00 m	8,31 m
5	Πρύμνης δεξιά	Δίνεται	5,56 m	9,10 m
6	Πρύμνης αριστερά	Δίνεται	5,64 m	9,18 m
7	Μέσο βύθισμα πρύμνης, h_a	(7) = [(5)+(6)]/2	5,60 m	9,14 m
8	Μέσης δεξιά	Δίνεται	5,31 m	8,56 m
9	Μέσης αριστερά	Δίνεται	5,41 m	8,64 m
10	Μέσο βύθισμα μέσης, H_m	(10) = [(8)+(9)]/2	5,36 m	8,60 m
ΒΥΘΙΣΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΚΑΘΕΤΟΥΣ				
11	Βύθισμα πρυμναίας καθέτου, H_A	Σχέση (123) ⁽¹⁾	5,613 m	9,118 m
12	Βύθισμα πρωραίας καθέτου, H_F	Σχέση (124) ⁽¹⁾	4,990 m	8,297 m
13	Μέσο βύθισμα, H_m	(13) = [(11)+(12)]/2	5,301 m	8,707 m
14	Εκτόπισμα σε βύθισμα H_m	Πίνακας 5.6.1 ⁽²⁾	23226,6 MT	39548,6 MT
15	TPC σε βύθισμα H_m	Πίνακας 5.6.1 ⁽²⁾	46,85 MT/cm	48,75 MT/cm
16	LCF σε βύθισμα H_m	Πίνακας 5.6.1 ⁽²⁾	100,61 m	97,76 m
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΛΟΓΩ ΚΑΜΨΕΩΣ				
17	Βέλος κάμψεως, $\delta = H_{\text{π}} - H_m$	(17) = (10) - (13)	5,9 cm	-10,7 cm
18	Διόρθωση εκτοπίσματος ($\delta\Delta$)	(18) = 0,8 × (15) × (17)	221,1 MT	-417,3 MT
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΛΟΓΩ ΔΙΑΓΩΓΗΣ				
19	Διαγωγή	(19) = (11) - (12)	0,623 m	0,821 m
20	$WW_1 = \text{Διαγωγή} \times LCF/LBP$	(20) = (19) × (16)/192	0,326 m	0,418 m

21	$H_{CF} = H_A - WW_1$	(21) = (11) - (20)	5,287 m	8,700 m
22	$\delta_1 = H_{CF} - H_m$	(22) = (21) - (13)	-0,014 m ή -1,4 cm	-0,007 m ή -0,7 cm
23	Διόρθωση εκτοπίσματος ($\delta\Delta$) ₂	(23) = (22) × (15)	-65,6 MT	-34,1
24	Διορθωμένο εκτόπισμα για κάμψη και διαγωνή ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ	(24) = (14) + (18) + (23)	23382,1	39097,2
25	Ειδικό βάρος νερού, γ	Δίνεται $\gamma = 1,025$	1,020	1,018
26	Συντελεστής διορθώσεως	(26) = $\frac{1,025}{1,025}$	-0,00487	-0,00683
27	Διόρθωση εκτοπίσματος ($\delta\Delta$) ₃	(27) = (24) × (26)	-113,8 MT	-267,0 MT
28	ΤΕΛΙΚΑ ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ	(28) = (24) + (27)	23268,3 MT	38830,2 MT
29	Πετρέλαιο, νερό και εφόδια	Δίνεται $\gamma = 800$	800 MT	1830 MT
30	Light ship + Φορτίο	(30) = (28) - (29)	22468,3	37000,2 MT
31	ΦΟΡΤΙΟ ΠΟΥ ΠΑΡΑΛΗΦΘΗΚΕ	(31) = (30) - 22468,3	-	14531,9 MT

Σημείωση 1. Από τη σχέση (123) με $A = + 4$ m και $F = 2$ m

Πριν από τη φόρτωση:

$$H_A = 5,60 + \frac{4 \times (5,60 - 5,00)}{192 - 4 - 3} = 5,60 + 0,013 = 5,613 \text{ m}$$

$$H_F = 5,00 - \frac{3 \times (5,60 - 5,00)}{192 - 4 - 3} = 4,90 \text{ m}$$

Μετά τη φόρτωση:

$$H_A = 9,14 + \frac{4 (9,14 - 8,31)}{192 - 4 - 3} = 9,14 + 0,018 = 9,118 \text{ m}$$

$$H_F = 8,31 - \frac{3 (9,14 - 8,31)}{192 - 4 - 3} = 8,31 - 0,013 = 8,297 \text{ m}$$

Σημείωση 2. Από τον πίνακα 5.6.1 με παρεμβολή για το αντίστοιχο μέσο βύθισμα.

Πριν από τη φόρτωση:

$$\Delta_{sw} = 22755 + (23689 - 22755) \times \frac{5,301 - 5,20}{5,40 - 5,20} = \\ = 22755 + 934 + 0,505 = 23226,6 \text{ MT}$$

$$TPC = 46,8 + (46,9 - 46,8) \times 0,505 = 46,8 + 0,05 = 46,85 \text{ MT/cm}$$

$$LCF = 100,69 + (100,52 - 100,69) \times 0,505 = 100,69 - 0,08 = 100,61 \text{ m}$$

Μετά τη φόρτωση:

$$\Delta_{sw} = 39027 + (40002 - 39027) \times \frac{8,707 - 8,6}{8,8 - 8,6} = \\ = 39027 + (975) \times 0,535 = 39548,6 \text{ MT}$$

$$TPC = 48,7 + (48,8 - 48,7) \times 0,535 = 48,75 \text{ MT/cm}$$

$$LCF = 97,85 + (97,68 - 97,85) \times 0,535 = 97,76 \text{ m}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

14.1 Γενικά.

Γνωρίζομε ήδη τους ορισμούς του έμφορτου και άφορτου εκτοπίσματος, καθώς και του deadweight. Επίσης μας είναι γνωστά στοιχεία από τη διάρθρωση και το περιεχόμενο της διεθνούς συμβάσεως για τη γραμμή φορτώσεως του 1966.

Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθούν περισσότερα στοιχεία προς εφαρμογή των κανονισμών της διεθνούς συμβάσεως για τη γραμμή φορτώσεως από τους χειριστές των πλοίων.

Κάθε πλοίο χρειάζεται να έχει ένα ελάχιστο **ύψος εξάλων (freeboard)** για τους παρακάτω λόγους:

— **Για την ίδια την ασφάλειά του.**

Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος εξάλων τόσο μεγαλύτερη είναι η εφεδρική πλευστότητα του πλοίου και επομένως τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα διασώσεως του σε περίπτωση βλάβης (ρήγματος) στο εξωτερικό του περίβλημα.

— **Για την ασφάλεια του πληρώματος.**

Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος εξάλων τόσο μεγαλύτερα περιθώρια ασφάλειας και ανέσεως εξασφαλίζονται στο πλήρωμα σε κατάσταση θαλασσοταραχής.

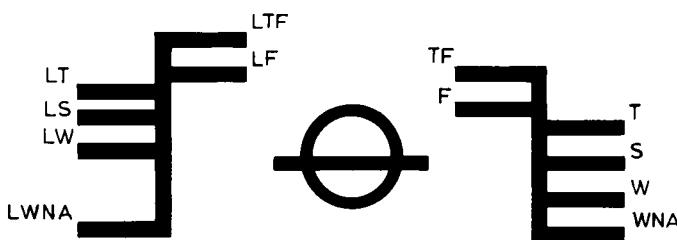
Το ύψος εξάλων που πρέπει να έχει κάθε πλοίο προκύπτει από την εφαρμογή των κανόνων της διεθνούς συμβάσεως για τη γραμμή φορτώσεως. Για τον έλεγχο της τηρήσεως των κανονισμών «περί γραμμής φορτώσεως» σε κάθε κατάσταση φορτώσεως, είναι υποχρεωτική η χάραξη σε κάθε πλευρά στο μέσο του πλοίου της **γραμμής του καταστρώματος (deck line)** και των γραμμών φορτώσεως (**load line marks**).

Η γραμμή του καταστρώματος είναι απαραίτητη ως σημείο αναφοράς για τη χάραξη των γραμμών φορτώσεως, οι οποίες με τη σειρά τους δείχνουν μέχρι ποιο σημείο επιτρέπεται να φθάνει η ίσαλος στις διάφορες συνθήκες πλου του καραβιού.

Πλήρης χάραξη των γραμμών φορτώσεως πλοίου φαίνεται στο σχήμα 14.1. Τα γράμματα που φαίνονται στο σχήμα και που είναι χαραγμένα και πάνω στο πλοίο σημαίνουν:

- **S - (Summer load line).** Γραμμή φορτώσεως θέρους.
- **W - (Winter load line).** Γραμμή φορτώσεως χειμώνα. Προκύπτει αν στο ύψος εξάλων προσθέσομε 1/48 του βυθίσματος θέρους.
- **WNA - (Winter North Atlantic).** Γραμμή φορτώσεως χειμώνα βόρειου

Γραμμή καταστρώματος



Σχ. 14.1.
Χάραξη γραμμής φορτώσεως.

Ατλαντικού. Βρίσκεται για πλοία με μήκος μέχρι 100 m, αν προσθέσουμε 50 mm στο ύψος εξάλων χειμώνα. Σε μεγαλύτερα πλοία οι γραμμές W και WNA συμπίπτουν.

- **T - (Tropical load line).** Τροπική γραμμή φορτώσεως που βρίσκεται αν από το ύψος εξάλων θέρους αφαιρέσουμε 1/48 του βυθίσματος θέρους.
- **F - (Fresh water load line).** Γραμμή φορτώσεως σε γλυκά νερά. Προκύπτει αν από το ύψος εξάλων αφαιρέσουμε μήκος ίσο με $\Delta/40$ T (σε cm) όπου:
 - Δ το εκτόπισμα σε την στο βύθισμα θέρους και
 - T οι tn/cm βυθίσματος στην ίσαλο θέρους (TPC).
- **TF - (Tropical fresh water).** Τροπική γραμμή φορτώσεως σε γλυκά ύδατα. Προκύπτει αν από το εφεδρικό ύψος, για γλυκά νερά, αφαιρέσουμε το 1/48 του βυθίσματος θέρους.

Στο αριστερό μέρος του σχήματος 14.1 βλέπουμε αντίστοιχες γραμμές, οι ονομασίες των οποίων αρχίζουν με το γράμμα L. Οι γραμμές αυτές ισχύουν στις περιπτώσεις φορτώσεως ξυλείας και η χάραξή τους προκύπτει από την εφαρμογή ειδικών κανονισμών που περιέχονται στη διεθνή σύμβαση για τη γραμμή φορτώσεως.

14.2 Εφαρμογή κανονισμών γραμμής φορτώσεως.

Για την επιλογή της γραμμής φορτώσεως μέχρι την οποία επιτρέπεται να φορτωθεί ένα πλοίο είναι απαραίτητο να ενταχθεί το ταξίδι του σε κάποια συγκεκριμένη γεωγραφική και εποχιακή ζώνη ή περιοχή.

Γενικά οι κανονισμοί προβλέπουν ότι:

Ως περιοχές θέρους μπορούν να θεωρηθούν εκείνες όπου, στατιστικά, δεν πνέουν άνεμοι εντάσεως πάνω από 8 Beaufort για περισσότερο από το 10% του χρόνου.

Ως τροπικές περιοχές θεωρούνται εκείνες όπου δεν πνέουν άνεμοι με ένταση 8 Beaufort και άνω για περισσότερο από 1% του χρόνου και με την προϋπόθεση ότι σε ένα τετράγωνο 5° της περιοχής δεν έχει παρουσιασθεί, οποιοδήποτε μήνα, πάνω από ένας τροπικός κυκλώνας μέσα σε δέκα χρόνια.

Γεωγραφικά και για να είναι σαφέστερη η εφαρμογή των κανονισμών διακρίνομε τις παρακάτω γεωγραφικές περιοχές και ζώνες:

- Βόρειες χειμερινές εποχιακές ζώνες και περιοχές.

- Νότια εποχιακή ζώνη χειμώνα.
- Τροπική ζώνη.

Με κάποια μικρή εξαίρεση δλες οι υπόλοιπες περιοχές θεωρούνται ως ζώνες Θέρους, μπορεί δηλαδή σ' αυτές το πλοίο να φορτωθεί μέχρι τη γραμμή S, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους.

Για παράδειγμα τα Βόρεια όρια της Νότιας εποχιακής ζώνης καθορίζονται από τους σχετικούς κανονισμούς ως εξής:

«Λοξόδρομία από την Ανατολική ακτή της Αμερικανικής ηπείρου στο ακρωτήριο Τρες - Πούντας μέχρι το σημείο με πλάτος 34° N και μήκος 50° Δ, από εκεί ο παράλληλος με πλάτος 34° N μέχρι μήκος 17° A, από εκεί λοξόδρομία μέχρι σημείο με πλάτος 34° N και μήκος 28° A ...μέχρι τη Δυτική Ακτή της Αμερικανικής ηπείρου».

Ανάλογα ορίζονται και οι βόρειες χειμερινές ζώνες και η τροπική ζώνη.

Σε κάθε μια από τις παραπάνω περιοχές οι κανονισμοί ορίζουν ποια εποχιακή περίοδος θεωρείται θέρος και ποια χειμώνας. Π.χ. στη Νότια εποχιακή ζώνη θεωρούμε ότι είναι:

- Χειμώνας από τις 16 Απριλίου μέχρι τις 15 Οκτωβρίου.
- Θέρος από τις 16 Οκτωβρίου μέχρι τις 15 Απριλίου.

Έτσι ένα πλοίο που ταξιδεύει στην παραπάνω περιοχή τον Ιανουάριο επιτρέπεται να φορτωθεί μέχρι την ίσαλο Θέρους (S), ενώ το Μάιο μέχρι την ίσαλο χειμώνα (W).

Στους κανονισμούς καθορίζονται επίσης τα γεωγραφικά όρια μέσα στα οποία έχει εφαρμογή η γραμμή φορτώσεως Βόρειου Ατλαντικού.

Φυσικά, για να βρούμε τι είδους περιοχές θα διασχίσει ένα πλοίο σε ένα μεγάλο ταξίδι, θα πρέπει να ανατρέξουμε στις λεπτομέρειες των κανονισμών της γραμμής φορτώσεως ή στον αντίστοιχο χάρτη που δείχνει τις εποχιακές και γεωγραφικές ζώνες και περιοχές (σχ. 14.2).

Διευκρινίζεται ότι **κάθε πλοίο δεν πρέπει να έχει ύψος εξάλων μικρότερο από εκείνο που καθορίζεται για κάθε περιοχή που θα διασχίσει κατά την αντίστοιχη χρονική περίοδο.** Η εφαρμογή της παραπάνω αρχής θα φανεί στο παρακάτω παράδειγμα.

Παράδειγμα.

Το πλοίο με την κλίμακα φορτώσεως που φαίνεται στο σχήμα 7.8α αναχωρεί από κάποιο λιμάνι της Νότιας Αμερικής με προορισμό την Αγγλία. Το ταξίδι πρόκειται να πραγματοποιηθεί με μέση ταχύτητα 16 κόμβων και με κατανάλωση πετρελαίου 32 τόννων την ημέρα. Οι άλλες καταναλώσεις έχει εκτιμηθεί ότι θα είναι:

- Πόσιμο νερό 6 τόννοι την ημέρα.
- Εφόδια 1,5 τόννοι την ημέρα.

Το ταξίδι περιλαμβάνει:

- 1100 μίλια στην τροπική ζώνη.
- 3200 μίλια στη ζώνη Θέρους.
- 2000 μίλια στην εποχιακή ζώνη.

Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι στο πλοίο απαιτείται να υπάρχουν:

- Επαρκείς ποσότητες πετρελαίου, νερού και εφοδίων για να μπορεί το πλοίο να διανύσει 1200 μίλια επιπλέον, μετά την άφιξη στο λιμάνι προορισμού (margin).

— Τριάντα τόννοι μόνιμου φορτίου.

Πόσο φορτίο μπορεί να φορτωθεί στο πλοίο στο λιμάνι αναχωρήσεως;

Κατά την αναχώρηση από το λιμάνι θα έχομε:

Συνολική απόσταση ταξιδιού = $1100 + 3200 + 2000 = 6300$ μίλια

Συνολική θεωρητική απόσταση

που πρέπει να καλύψει το πλοίο = $6300 + 1200 = 7500$ μίλια

$$\text{Συνολικός χρόνος ταξιδιού} = \frac{7500}{16 \times 24} = 19,53 \text{ ημέρες}$$

Ποσότητα πετρελαίου	$= 19,53 \times 32$	$= 624,95$	MT
Ποσότητα νερού	$= 19,53 \times 6$	$= 117,18$	MT
Ποσότητα εφοδίων	$= 19,53 \times 1,5$	$= 29,29$	MT

Μόνιμο φορτίο	Σύνολο	771,42	MT
---------------	---------------	---------------	-----------

Σύνολο πετρελαίου, νερού, εφοδίων και μόνιμου φορτίου	Σύνολο	30,00	MT
--	---------------	--------------	-----------

Από την κλίμακα φορτώσεως (σχήμα 7.8a):	801,42	MT
---	---------------	-----------

— Deadweight Θέρους = 17000 MT

— Βύθισμα Θέρους = 9,17 m

— Τροπικό βύθισμα = $9,17 + 0,191 = 9,361$ m

— TPC = 31,45 MT/cm

$$\begin{aligned} \text{— Deadweight tropical} &= 17000 + 19,1 \times 31,45 = \\ &= 17000 + 600 = 17600 \text{ MT} \end{aligned}$$

— Φορτίο = $17600 - 801 = 16799$ MT

Κατά την αναχώρηση από το όριο της τροπικής ζώνης θα έχομε:

Συνολική θεωρητική απόσταση που

πρέπει να μπορεί να καλύψει το πλοίο = $3200 + 2000 + 1200 = 6400$ μίλια

Συνολικός χρόνος ταξιδιού	$= \frac{6400}{16 \times 24} = 16,65$	ημέρες
---------------------------	---------------------------------------	---------------

Ποσότητα πετρελαίου	$= 16,65 \times 32 = 532,80$	MT
Ποσότητα νερού	$= 16,65 \times 6 = 99,90$	MT
Ποσότητα εφοδίων	$= 16,65 \times 1,5 = 24,98$	MT

Μόνιμο φορτίο	Σύνολο	657,68	MT
---------------	---------------	---------------	-----------

Σύνολο πετρελαίου, νερού, εφοδίων και μόνιμου βάρους	Σύνολο	30	MT
---	---------------	-----------	-----------

Όπως είδαμε παραπάνω, το Deadweight Θέρους είναι 17000 MT, επομένως το φορτίο πρέπει να είναι:

$$\text{Φορτίο} = 17000 - 688 = 16312 \text{ MT}$$

Κατά την αναχώρηση από το δριο της περιοχής Θέρους θα έχομε:

Συνολική θεωρητική
απόσταση που πρέπει
να μπορεί να καλύψει
το πλοίο

$$= 2000 + 1200 = 3200 \text{ μίλια}$$

Συνολικός χρόνος
ταξιδιού σε ημέρες

$$= \frac{3200}{16 \times 24} = 8,33 \text{ ημέρες}$$

Ποσότητα πετρελαίου

$$= 8,33 \times 32 = 266,56 \text{ MT}$$

Ποσότητα νερού

$$= 8,33 \times 6 = 49,98 \text{ MT}$$

Ποσότητα εφοδίων

$$= 8,33 \times 1,5 = 12,49 \text{ MT}$$

$$\text{Σύνολο} = 329,03 \text{ MT}$$

Μόνιμο φορτίο

$$30 \text{ MT}$$

Σύνολο πετρελαίου νερού εφοδίων
και μόνιμου βάρους

$$359 \text{ MT}$$

Από την κλίμακα φορτώσεως:

— Περιθώριο ύψους εξάλων χειμώνα 0,191 m

Και από την παράγραφο 14.1:

— Περιθώριο ύψους εξάλων Βόρειου Ατλαντικού 0,050 m

Σύνολο περιθωρίου ύψους

εξάλων χειμώνα και Βόρειου

Ατλαντικού = $0,191 + 0,050 = 0,241 \text{ m}$

Deadweight = $17000 - 24,1 \times 31,45 = 16249,3 \text{ MT}$

Φορτίο = $16249,3 - 359 = 15890,3 \text{ MT}$

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι εφόσον πουθενά δεν επιτρέπεται να παραβιάσθούν οι κανονισμοί της γραμμής φορτώσεως, το φορτίο που θα φορτωθεί στο λιμάνι αναχωρήσεως θα πρέπει να μην υπερβαίνει τους 15890,3 MT. Το φορτίο αυτό είναι το μικρότερο από όσα προκύπτουν κατά τις διάφορες φάσεις των υπολογισμών.

14.3 Υποχρεώσεις του πλοιάρχου ως προς την εφαρμογή της Συμβάσεως περί γραμμής φορτώσεως.

Όπως είδαμε στα προηγούμενα, ο πλοιάρχος κάθε φορτηγού πλοίου είναι υπεύθυνος να φροντίζει να είναι έτσι φορτωμένο το πλοίο, ώστε οι κανονισμοί της γραμμής φορτώσεως να τηρούνται σε όλη τη διάρκεια του ταξιδιού.

Ειδικότερες υποχρεώσεις προκύπτουν για τον πλοιάρχο από τον κανονισμό 10 της Συμβάσεως περί γραμμής φορτώσεως, σύμφωνα με τον οποίο:

- Στον πλοιάρχο κάθε φορτηγού πλοίου θα πρέπει να έχουν δοθεί αρκετά στοιχεία που να του επιτρέπουν να πραγματοποιεί τη φόρτωση και τον ερματισμό του πλοίου έτσι, ώστε να μη δημιουργούνται μη επιτρεπτές καταπονήσεις στην κατασκευή του.

- Επίσης θα πρέπει να έχουν δοθεί στον πλοίαρχο στοιχεία που να του παρέχουν οδηγίες ως προς την ευστάθεια του πλοίου στις διάφορες καταστάσεις φορτώσεως.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να είναι εγκεκριμένα από την «αρχή» (ΕΕΠ για την Ελλάδα).

Συνοψίζοντας, πρέπει να σημειωθεί ότι στις υποχρεώσεις του πλοιάρχου περιλαμβάνονται:

- Η υποχρέωση ενημερώσεώς του πάνω στις απαιτήσεις της Συμβάσεως «περί γραμμής φορτώσεως» που τον αφορούν.
 - Η εξασφάλιση ότι στο πλοίο υπάρχουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για τους σχετικούς υπολογισμούς.
 - Η εξασφάλιση ότι όλες οι απαιτήσεις των κανονισμών τηρούνται σε όλη τη διάρκεια του ταξιδιού.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

15.1 Γενικά.

Κάθε πλοίο πρέπει να έχει επαρκή ευστάθεια ώστε να μπορεί να πλέει με ασφάλεια σε όλες τις καταστάσεις φορτώσεώς του.

Λέμε ότι ένα πλοίο βρίσκεται σε **άθικτη κατάσταση** (intact condition), όταν κανένα από τα διαμερίσματά του δεν βρίσκεται σε ελεύθερη επικοινωνία με τη θάλασσα. Αντίθετα θεωρούμε ότι το πλοίο βρίσκεται σε **κατάσταση βλάβης** (damaged condition), αν ένα ή περισσότερα διαδοχικά στεγανά διαμερίσματά του βρίσκονται σε ελεύθερη επικοινωνία με τη θάλασσα. Για παράδειγμα, αν σε ένα πλοίο δημιουργηθεί ρήγμα του εξωτερικού του κελύφους πάνω σε μία εγκάρσια φρακτή, λέμε ότι έχει υποστεί βλάβη σε δύο στεγανά διαμερίσματα.

Τα πλοία γενικά κατασκευάζονται έτσι ώστε να μπορούν να διασωθούν ακόμα και με κάποιο μέγεθος βλάβης στη στεγανή τους υποδιαίρεση.

Αυτό ισχύει πολύ περισσότερο για τα επιβατικά πλοία και λιγότερο για τα φορτηγά.

Από τα παραπάνω εύκολα μπορεί να συμπεράνει κανείς ότι **για την ασφάλεια κάθε πλοίου είναι απαραίτητο:**

- α) **Το πλοίο να έχει την απαραίτητη ευστάθεια στην άθικτη κατάσταση.**
- β) **Το επίπεδο ευστάθειας στην άθικτη κατάσταση του πλοίου να είναι τέτοιο που να εξασφαλίζεται η ύπαρξη, σε κατάσταση βλάβης, ενός αποδεκτού ελάχιστου επιπέδου ευστάθειας.**
- γ) **Η διάταξη του πλοίου να είναι τέτοια ώστε τα αποτελέσματα από πιθανή σύγκρουση ή προσάραξη να μην επεκτείνονται πέρα από την περιοχή που θα υποστεί την άμεση ζημιά.** Για το λόγο αυτό δημιουργείται στα πλοία το πρωραίο στεγανό συγκρούσεως και ο χώρος του διπύθμενου και γενικά υποδιαιρείται το πλοίο με εγκάρσιες κυρίως στεγανές φρακτές σε αριθμό στεγανών διαμερισμάτων.

- δ) **Να υπάρχει στην άθικτη κατάσταση η απαραίτητη εφεδρική πλευστότητα, ώστε μετά από την επικοινωνία ενός αριθμού συνεχομένων στεγανών διαμερισμάτων του πλοίου με τη θάλασσα να μη δημιουργούνται συνθήκες που θα είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία συνθηκών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στη βύθισή του.**

Λόγω της σοβαρότητάς τους, όλα τα παραπάνω θέματα δεν αφήνονται στην κρίση του σχεδιαστή του πλοίου ή του πλοιοκτήτη. Αντίθετα διάφοροι εθνικοί ή διεθνείς κανονισμοί καθορίζουν ποσοτικά, ανάλογα με τον τύπο και προορισμό του κάθε πλοίου, τις αντίστοιχες απαιτήσεις.

Ο πλοίαρχος κάθε εμπορικού πλοίου είναι υπεύθυνος να χρησιμοποιεί τις δυνατότητες του πλοίου (δεξαμενές, κύτη, αριθμός επιβατών κλπ.) κατά τρόπο που να εξασφαλίζει τη συνεχή (σ' όλη τη διάρκεια κάθε ταξδιού) ικανοποίηση των σχετικών απαιτήσεων των κανονισμών.

15.2 Απαιτήσεις ευστάθειας φορτηγών πλοίων.

Οι νηογνώμονες και οι διάφορες εθνικές αρχές ελέγχου της ναυσιπλοΐας του κράτους του οποίου τη σημαία φέρει ένα πλοίο ή του λιμανιού στο οποίο φορτώνεται, καθορίζουν συχνά το απαραίτητο επίπεδο ευστάθειας στην άθικτη κατάσταση των φορτηγών πλοίων.

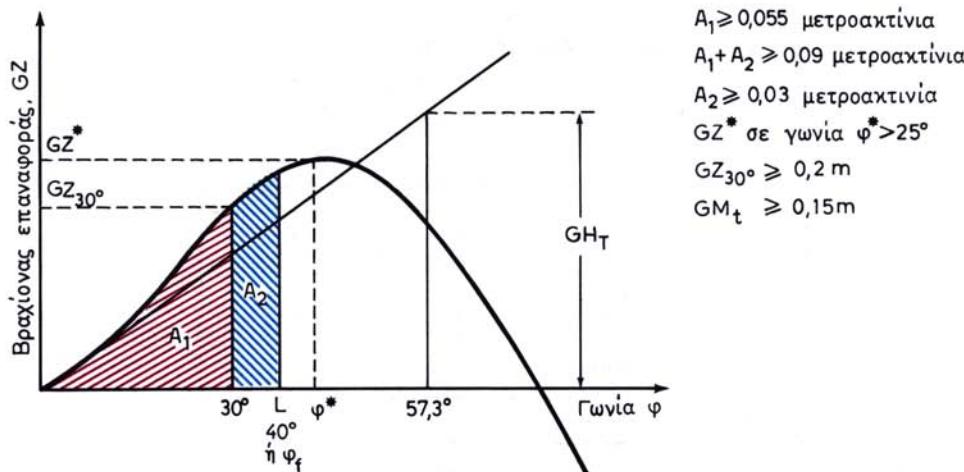
Παρακάτω δίνονται για παράδειγμα οι κανονισμοί που εκδόθηκαν το 1968 από τον IMO (International Maritime Organization) για επιβατικά και φορτηγά πλοία μήκους μέχρι 100 m:

α) Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη μοχλοβραχιόνων επαναφοράς (καμπύλη GZ) δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,055 μετροακτίνια μέχρι γωνία εγκάρσιας κλίσεως 30° και όχι μικρότερη από 0,09 μετροακτίνια μέχρι γωνία 40° ή ϕ_f (αν αυτή είναι μικρότερη από 40°), όπου ϕ_f είναι η γωνία εγκάρσιας κλίσεως πάνω από την οποία μεγάλα μη στεγανά ανοίγματα στη γάστρα ή στις υπερκατασκευές του πλοίου αρχίζουν να βυθίζονται στο νερό. Επιπλέον η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη μοχλοβραχιόνων επαναφοράς που βρίσκεται ανάμεσα στις γωνίες 30° και 40° (ή 30° και ϕ_f , αν η ϕ_f είναι μικρότερη από 40°) δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 0,03 μετροακτίνια.

β) Ο βραχίονας επαναφοράς GZ θα πρέπει να έχει τιμή όχι μικρότερη από 0,20 m σε κάποια γωνία εγκάρσιας κλίσεως μεγαλύτερη η ίση με 30° .

γ) Ο μέγιστος βραχίονας επαναφοράς είναι επιθυμητό να εμφανίζεται σε γωνία εγκάρσιας κλίσεως πάνω από 30° , αλλά πάντως όχι κάτω από 25° .

δ) Το αρχικό μετακεντρικό ύψος GM_T δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από 0,15 m.



Σχ. 15.2.

Απαιτήσεις ευστάθειας IMO για φορτηγά και επιβατικά πλοία.

Οι παραπάνω απαιτήσεις ισχύουν τόσο για φορτηγά όσο και για επιβατικά πλοία και φαίνονται γραφικά στο σχήμα 15.2.

Για ειδικούς τύπους φορτηγών πλοίων (π.χ. μεταφοράς σιτηρών, αλιευτικά) ισχύουν άλλες ειδικότερες απαιτήσεις. Οι σχετικοί κανονισμοί για μεταφορά σιτηρών θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους πλοιάρχους παρουσιάζει το παρακάτω απόσπασμα από τους κανονισμούς IMO.

«Η συμμόρφωση με τους κανονισμούς δεν εξασφαλίζει πλήρως τη μη ανατροπή του πλοίου και δεν απαλλάσσει τον πλοιάρχο από τις ευθύνες του. Οι πλοιάρχοι θα πρέπει να επιδεικνύουν προσοχή και ναυτικότητα (good seamanship) σε συσχετισμό με την εποχή του έτους, την πρόγνωση καιρού και τη ναυτιλιακή περιοχή και, με βάση τα παραπάνω, να επιλέγουν την απαραίτητη πορεία και ταχύτητα».

15.3 Απαιτήσεις στεγανής υποδιαιρέσεως φορτηγών πλοίων.

Οι επιπτώσεις από την εισροή νερού σε ένα από τα κύτη του φορτηγού πλοίου που ταξιδεύει φορτωμένο (εκτός από τη ζημιά στο φορτίο), γενικά δεν είναι πολύ σημαντικές, γιατί, λόγω της υπάρξεως του φορτίου, η ποσότητα του νερού που μπορεί να μπει στα κύτη είναι περιορισμένη. Όταν το πλοίο ταξιδεύει χωρίς φορτίο, η ποσότητα του νερού είναι βέβαια μεγάλη, αλλά το πλοίο έχει τότε μεγαλύτερη εφεδρική πλευστότητα. Σημαντικές επιπτώσεις μπορεί να έχει στην πλευστότητα και ευστάθεια η κατάκλυση χώρων κάτω από την ίσαλο που δεν έχουν φορτίο, όπως είναι π.χ. το μηχανοστάδιο.

Για τους παραπάνω λόγους, οι κανονισμοί για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα δεν έχουν ειδικές απαιτήσεις ως προς τη στεγανή υποδιαιρέση των φορτηγών πλοίων.

Αντίθετα, οι νηογνώμονες έχουν ορισμένες απαιτήσεις. Οι κανονισμοί του Lloyd's Register of Shipping π.χ. προβλέπουν:

- Την ύπαρξη εγκάρσιας στεγανής φρακτής προστασίας από σύγκρουση σε απόσταση από 5 ως 7,5% του μήκους του πλοίου προς την πρύμνη, από το σημείο όπου η ίσαλος τέμνει τη στείρα.
- Την ύπαρξη στεγανής εγκάρσιας φρακτής στην πρύμνη, που θα εξασφαλίζει το ότι το σύστημα στεγανότητας του ελικοφόρου άξονα μπορεί να κλεισθεί σε ένα στεγανό διαμέρισμα.
- Την ύπαρξη προσθέτων εγκαρσίων φρακτών σε λογικές αποστάσεις μεταξύ τους ώστε να συμπληρώνεται ο συνολικός αριθμός που δείχνει ο πίνακας 15.3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.3.1. Αριθμός φρακτών φορτηγών πλοίων.

Μήκος πλοίου σε τι		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
και πάνω		Καθορισμός κατά περίπτωση	

Ειδικές απαιτήσεις στεγανής υποδιαιρέσεως καθορίζονται επίσης από τους κανονισμούς της γραμμής φορτώσεως για το χαρακτηρισμό ενός φορτηγού πλοίου (όχι δεξαμενόπλοιου) μήκους πάνω από 150 m ως πλοίου τύπου A (ο χαρακτηρισμός επεξηγείται στη σύμβαση της γραμμής φορτώσεως και

επιτρέπει να έχει το πλοίο μικρότερο εφεδρικό ύψος). Σ' αυτή την περίπτωση το πλοίο θα πρέπει να μπορεί να υποστεί κατάκλυση ενός οποιουδήποτε κενού χώρου **χωρίς**:

- Η τελική ίσαλος, μετά την κατάκλυση, να καλύπτει οποιοδήποτε άνοιγμα που θα μπορούσε να προκαλέσει προσδευτική κατάκλυση.
- Η μέγιστη γωνία εγκάρσιας κλίσεως λόγω της κατακλύσεως να υπερβαίνει τις 15° .
- Το τελικό, μετά την κατάκλυση, μετακεντρικό ύψος να γίνεται αρνητικό.

15.4 Απαιτήσεις ευστάθειας των Ελληνικών επιβατικών πλοίων στην άθικτη κατάσταση.

Σύμφωνα με τους σχετικούς κανονισμούς, **ένα πλοίο χαρακτηρίζεται ως επιβατικό όταν μεταφέρει περισσότερους από δώδεκα επιβάτες**. Επιβάτες θεωρούνται όλοι οσοι επιβαίνουν στο πλοίο και δεν ανήκουν στο πλήρωμα ή δεν χρησιμοποιούνται για την κάλυψη διαφόρων αναγκών του. Επίσης δεν θεωρούνται επιβάτες τα νήπια ηλικίας κάτω του ενός έτους.

Οι απαιτήσεις ως προς την ευστάθεια των Ελληνικών επιβατικών πλοίων στην άθικτη κατάσταση περιέχονται στο διάταγμα 634/1968 «περί εγκρίσεως και θέσεως εις εφαρμογήν κανονισμού περί ευστάθειας επιβατηγών πλοίων». Για την εφαρμογή του διατάγματος αυτού τα ταξίδια που εκτελούνται πλοία χαρακτηρίζονται σε:

α) **Διεθνή**, από Ελληνικά λιμάνια σε ξένα ή αντίστροφα.

β) **Μικρά διεθνή**, όταν το πλοίο δεν απομακρύνεται περισσότερο από 200 μίλια από λιμάνια ή άλλα σημεία της ακτής, όπου θα ήταν δυνατό να αποβιβαστούν οι επιβάτες (Κατηγορία II).

γ) **Μεγάλα διεθνή**. Έτσι χαρακτηρίζονται τα διεθνή ταξίδια που δεν είναι μικρά (Κατηγορία I).

δ) **Περιορισμένης εκτάσεως**. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται σύντομα ταξίδια στον ίδιο ή συνεχόμενο όρμο, τα οποία εκτελούνται συνήθως κατά τη διάρκεια της ημέρας (κατηγορία IV).

ε) **Τοπικά**, όταν το πλοίο δεν απομακρύνεται από την ακτή πάνω από 3 μίλια και τα ταξίδια του πραγματοποιούνται ανάμεσα σε λιμάνια που δεν απέχουν μεταξύ τους πάνω από 6 μίλια (Κατηγορία V).

στ) **Ακτοπλοϊάς**. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα ταξίδια που δεν είναι διεθνή ούτε τοπικά ούτε περιορισμένης εκτάσεως (Κατηγορία III).

Με βάση τα ταξίδια που πραγματοποιεί κάθε επιβατικό πλοίο, κατατάσσεται σε μία από τις παραπάνω έξι κατηγορίες. Οι απαιτήσεις ως προς την ευστάθεια καθορίζονται ξεχωριστά για κάθε κατηγορία και καλύπτουν.

– Την ευστάθεια του πλοίου στην περίπτωση μετακινήσεως του συνόλου των επιβατών προς τη μία πλευρά του πλοίου στα ανώτερα καταστρώματα.

– Την ευστάθεια του πλοίου όταν αντιμετωπίζει την πνοή ισχυρού ανέμου.

Για τα πλοία κατηγορίας I (μεγάλα διεθνή ταξίδια) π.χ., οι κανονισμοί απαιτούν:

1) Η γωνία εγκάρσιας κλίσεως λόγω της μετακινήσεως όλων των επιβατών προς τη μία πλευρά του πλοίου στα ανώτερα καταστρώματα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 8° . Η ίδια γωνία δεν πρέπει να υπερβαίνει το μισό εκείνης που θα είχε σαν αποτέλεσμα να βυθισθεί μέσα στο νερό η ακμή του καταστρώματος στεγανής υποδιάρεσεως του πλοίου.

2) Για την περίπτωση πνοής ισχυρού ανέμου θα πρέπει:

– Ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς στο σημείο τομής C (σχ. 15.4) να μην είναι μικρότερος από 0,6 GZ_{max} , όπου GZ_{max} είναι ο μέγιστος μοχλοβραχίονας επαναφοράς.

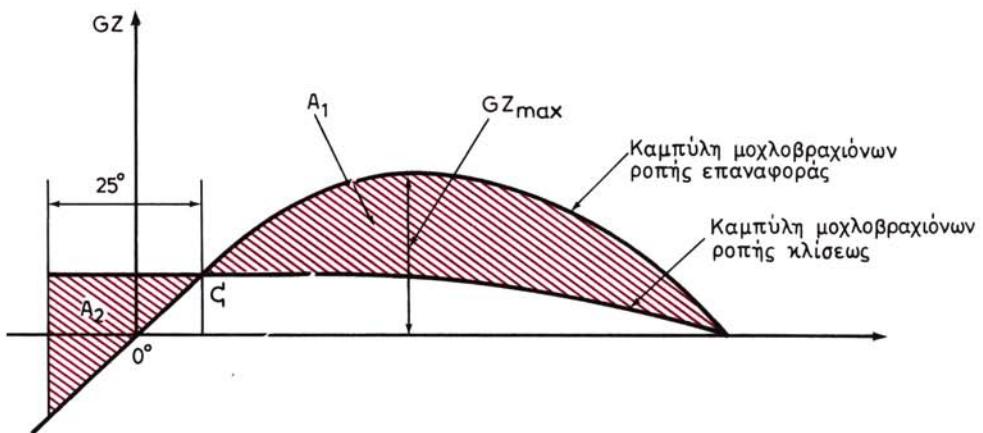
– Το εμβαδόν A1 να είναι μεγαλύτερο κατά 40% τουλάχιστον του εμβαδού A2 (σχήμα 15.4).

3) Η μορφή της καμπύλης ευστάθειας θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε ο μέγιστος μοχλοβραχίονας επαναφοράς να εμφανίζεται σε κάποια γωνία μεγαλύτερη από 30° και η γωνία μηδενισμού του μοχλοβραχίονα να μην είναι μικρότερη από 60° .

Οι υπολογισμοί για τη χάραξη της καμπύλης μοχλοβραχιόνων κλίσεως λόγω της πνοής του ανέμου θα πρέπει να γίνουν σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο εδάφιο 2 της παραγράφου 11.3.

Ανάλογες απαιτήσεις (λιγότερο αυστηρές) προβλέπονται και για τις άλλες κατηγορίες επιβατικών πλοίων. **Ιδιαίτερα η ικανοποίηση των απαιτήσεων σε περίπτωση μετακινήσεως επιβατών οδηγεί στον καθορισμό ενός μέγιστου αριθμού επιβατών που μπορεί να μεταφέρει κάθε επιβατικό πλοίο**.

Διευκρινίζεται όμως ότι ο μέγιστος αυτός αριθμός μπορεί να γίνει μικρότερος λόγω της ανάγκης ικανοποίησεως και άλλων κανονισμών (ευστάθεια και στεγανή υποδιάρεση σε κατάσταση βλάβης, επάρκεια ενδιαιτήσεων κλπ.).



Σχ. 15.4.
Απαιτήσεις ευστάθειας επιβατικών πλοίων κατηγορίας I.

Ο κανονισμός προβλέπει τις εξής σημαντικές υποχρεώσεις του πλοιάρχου:

- Ο πλοιάρχος θα πρέπει να παραλάβει από τον πλοιοκτήτη γραπτώς όλες τις σχετικές με τα παραπάνω θέματα πληροφορίες, περιλαμβανομένων και οδηγιών ερματισμού του πλοίου.
- Ο πλοιάρχος είναι υπεύθυνος για την τήρηση των σχετικών οδηγιών.
- Σε περίπτωση αποχωρήσεως, ο απερχόμενος πλοιάρχος θα πρέπει να παραδίδει στον αντικαταστάτη του με πρωτόκολλο τις σχετικές οδηγίες.

15.5 Απαιτήσεις στεγανής υποδιαιρέσεως και ευστάθειας επιβατικών πλοίων σε κατάσταση βλάβης.

Οι απαιτήσεις που αφορούν τη στεγανή υποδιαιρέση και την ευστάθεια των επιβατικών πλοίων καθορίζονται λεπτομερώς στη *Διεθνή Σύμβαση για την ασφάλεια της ανθρώπης ζωής στη θάλασσα (Solas 1974)*.

Συνοπτικά, οι απαιτήσεις αυτές περιλαμβάνουν:

- Τη δυνατότητα από κάθε επιβατικό πλοίο να υποστεί κατάκλυση ενός αριθμού συνεχομένων στεγανών διαμερισμάτων του, που καθορίζονται από τους κανονισμούς, χωρίς αυτό να έχει ως αποτέλεσμα την προοδευτική κατάκλυση και άλλων διαμερισμάτων, πράγμα που θα οδηγούσε στη βύθισή του.

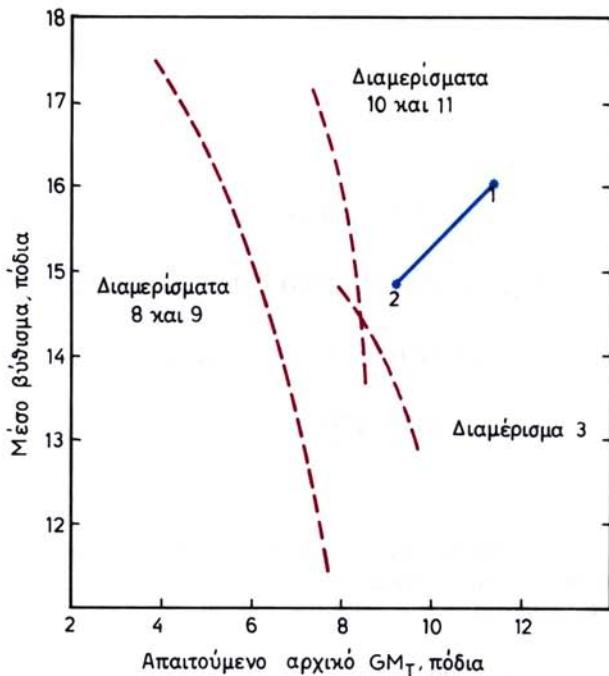
- Την ικανοποίηση, μετά την κατάκλυση των παραπάνω χώρων, των εξής απαιτήσεων ευστάθειας:

- Σε περίπτωση συμμετρικής κατακλύσεως, το μετακεντρικό ύψος που απομένει να μην είναι μικρότερο από 0,05 m.
- Σε περίπτωση ασύμμετρης κατακλύσεως, η εγκάρσια κλίση να μην υπερβαίνει τις 7° ή τη γωνία εκείνη που θα είχε σαν αποτέλεσμα τη βύθιση στο νερό της πλευράς του καταστρώματος στεγανής υποδιαιρέσεως.

Σύμφωνα με τα καθοριζόμενα από τους σχετικούς κανονισμούς, ο **πλοιάρχος κάθε επιβατικού πλοίου θα πρέπει:**

- Να γνωρίζει τις προϋποθέσεις και να εφαρμόζει ανελλιπώς τους αναγκαίους περιορισμούς για την ικανοποίηση, σε περίπτωση κατακλύσεως, των παραπάνω απαιτήσεων. Στους περιορισμούς αυτούς καθορίζονται λεπτομέρειες, όπως το μέγιστο και ελάχιστο βύθισμα του πλοίου, η θέση του κέντρου βάρους κατά την κατακόρυφο, ο τρόπος χρησιμοποιήσεως των δεξαμενών κ.ά.
- Να τηρεί με σχολαστικότητα όλα τα μέτρα που εξασφαλίζουν το ότι η στεγανή υποδιαιρέση του πλοίου βρίσκεται συνεχώς σε άριστη κατάσταση, έτσι ώστε οποιαδήποτε διαρροή σε κάποιο στεγανό διαμέρισμά του να μην επεκταθεί και πέρα από αυτό.

Οι απαιτήσεις αρχικού μετακεντρικού ύψους που εξασφαλίζουν την τήρηση των παραπάνω κανο-



Σχ. 15.5.

Απαιτήσεις μετακεντρικού ύψους για κάλυψη των απαιτήσεων ευστάθειας μετά από βλάβη. 1) Κατάσταση πλήρους φόρτου – αναχώρηση. 2) Κατάσταση πλήρους φόρτου – 10% κατανάλωση καυσίμου.

νισμών σε περίπτωση βλαβής περιέχονται **στη μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη του πλοίου.**

Τα αποτελέσματα, για να μπορούν να χρησιμοποιούνται εύκολα από τον πλοίαρχο, δίνονται σε ένα διάγραμμα συσχετισμού του απαιτούμενου αρχικού μετακεντρικού ύψους με το βύθισμα του πλοίου. Κάτι ανάλογο γίνεται και για την ευστάθεια στην άθικτη κατάσταση. Παράδειγμα ενός τέτοιου διαγράμματος φαίνεται στο σχήμα 15.5 που δείχνει τις απαιτήσεις σε μετακεντρικό ύψος για την ικανοποίηση των κανονισμών σε περίπτωση κατακλύσεως των διαμερισμάτων 8 και 9, 10 και 11 ή 3 ενός επιβατικού πλοίου. Τα σημεία 1 και 2 παριστάνουν δύο καταστάσεις φορτώσεως του πλοίου. Το γεγονός ότι τα σημεία αυτά βρίσκονται δεξιότερα από τις καμπύλες, δείχνει ότι οι σχετικές απαιτήσεις ικανοποιούνται.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΦΟΡΤΩΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

ΕΙΔΗ ΦΟΡΤΙΩΝ

16.1 Γενικά.

Τα φορτία ή εμπορεύματα που μεταφέρονται από τα πλοία, μπορούν γενικά να καταταγούν σε πέντε μεγάλες κατηγορίες:

- Στερεά φορτία «χύδην».
- Υγρά φορτία «χύδην».
- Φορτία σε εμπορευματοκιβώτια.
- Φορτία σε κατάσταση ψύξεως.
- Γενικά φορτία, όπως θεωρούνται όλα όσα δεν περιλαμβάνονται στις παραπάνω τέσσερις κατηγορίες.

Οι συνθήκες μεταφοράς κάθε είδους φορτίου είναι διαφορετικές για το καθένα και έτσι δεν είναι εφικτό να κατασκευασθούν πλοία που να καλύπτουν με την ίδια αποδοτικότητα τη μεταφορά όλων των ειδών φορτίου. Έτσι και παρά το χαρακτηρισμό μερικών πλοίων ως «πλοίων γενικής χρήσεως», στην πραγματικότητα κάθε πλοίο είναι κατάλληλο για τη μεταφορά ορισμένων μόνο κατηγοριών φορτίων.

Στις επόμενες παραγράφους δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις μεταφοράς κάθε ομάδας φορτίου, καθώς και στοιχεία από τα χαρακτηριστικά των πλοίων με τα οποία γίνεται η μεταφορά τους.

16.2 Στερεά φορτία «χύδην».

Στα φορτία αυτά περιλαμβάνονται οι βασικές πρώτες ύλες, όπως τα μεταλλεύματα, το κάρβουνο και τα σιτηρά. Οι μεταφορές αυτές έχουν ιδιαίτερα αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Η αξία των παραπάνω εμπορευμάτων ανά τόννο είναι χαμηλή και γι' αυτό το κόστος μεταφοράς συμβάλλει σημαντικά στη διαμόρφωση της τιμής τους και επιδιώκεται να είναι όσο το δυνατό πιο χαμηλό. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην κατασκευή ειδικών πλοίων με δυνατότητες αποδοτικής και οικονομικής **μεταφοράς στερεών φορτίων χύδην**.

Γενικά είναι μεγάλα πλοία με μεγάλα κύτη και στόμια που διευκολύνουν τη φόρτωση και εκφόρτωση. Βασική επιδίωξη στη σχεδίασή τους είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου παραμονής τους στο λιμάνι. Λόγω του ότι στα λιμάνια φορτώσεως τέ-

τοιων πρώτων υλών χρειάζονται συνήθως πολύ λίγα εμπορεύματα που πρέπει να εισαχθούν από άλλού, τα πλοία αυτής της κατηγορίας γενικά ταξιδεύουν για το μήσο περίπου της ζωής τους σε **κατάσταση ερματισμού**.

Παρακάτω δίνονται μερικά στοιχεία για τα πιο σημαντικότερα φορτία αυτής της κατηγορίας.

1) Σιδηρομετάλλευμα.

Το σιδηρομετάλλευμα είναι το σημαντικότερο φορτίο χύδην στις θαλάσσιες μεταφορές. Εξάγεται από λιμάνια της Αυστραλίας, της Δυτικής Αφρικής, της Νότιας Αμερικής και των Σκανδιναυικών χωρών στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, την Ευρώπη και την Ιαπωνία. Σε αποστάσεις δηλαδή της τάξεως γενικά των 5000 μιλών.

Το σιδηρομετάλλευμα μεταφέρεται είτε υπό μορφή ακατέργαστου πετρώματος είτε υπό μορφή εμπλουτισμένων σε μετάλλευμα σφαιριδίων. Ο συντελεστής στοιβασίας του, που εξαρτάται και από τον τόπο προελεύσεώς του, κυμαίνεται ανάμεσα στα 0,4 και 0,5 m^3/MT (14 - 18 ft^3/LT). Έτσι το σιδηρομετάλλευμα είναι ένα από τα πιο βαριά φορτία, κάτι που έχει σημαντική επίδραση στα χαρακτηριστικά των πλοίων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του.

Για την κάλυψη των αυξημένων τα τελευταία χρόνια αναγκών σε μεταφορές σιδηρομεταλλεύματος, έχουν δημιουργηθεί ειδικά σημεία φορτώσεως των πλοίων, όπου η φόρτωση μπορεί να πραγματοποιηθεί με μέσα της ξηράς (συνήθως κινούμενες ταινίες) με ρυθμό 6000 tn/h. Στα σημεία εκφορτώσεως χρησιμοποιούνται συνήθως αρπάγες, με δυνατότητα ανυψώσεως γύρω στους 20 τόνους και κύκλο λειτουργίας γύρω στα 40 sec, επιδόσεις που οδηγούν σε ρυθμό εκφορτώσεως της τάξεως των 2000 tn/h.

Λίγα μόνο πλοία ειδικά κατασκευασμένα και χρονοναυλωμένα στις μεγάλες εταιρίες χάλυβα διαθέτουν δικά τους μέσα φορτοεκφορτώσεως.

2) Κάρβουνο.

Οι μεταφορές κάρβουνου που απασχόλησαν για πολλούς αιώνες τη ναυτιλία έχουν περιορισθεί τα τελευταία χρόνια μόνο στην κάλυψη των αναγκών που δημιουργεί η παραγωγή και η κατεργασία του χάλυβα. Τα λιμάνια φορτώσεως βρίσκονται στην Ανατολική Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική και την Αυστραλία και τα λιμάνια εκφορτώσεως στη Δυτική Ευρώπη και την Ιαπωνία.

Ο συντελεστής στοιβασίας του κάρβουνου κυμαίνεται από 1,2 ως 1,4 m^3/MT (43 - 50 ft^3/LT). Η φόρτωση και εκφόρτωσή του γίνεται συνήθως όπως και του σιδηρομεταλλεύματος με ταινίες ή αρπάγες. Για τη μεταφορά του χρησιμοποιούνται πλοία μεγέθους πάνω από 40000 τόνους deadweight.

Η πρόσφατη ενεργειακή κρίση συνέβαλε στη δημιουργία νέου ενδιαφέροντος γύρω από τα πλοία μεταφοράς κάρβουνου.

3) Σιτηρά.

Ο όρος **σιτηρά** αναφέρεται στο σιτάρι, το καλαμπόκι, τη βρώμη, τη σίκαλη, το κριθάρι, το ρύζι, τα ρεβύθια και τους σπόρους. Οι ετήσιες ανάγκες για μεταφορά σιτηρών διεθνώς μεταβάλλονται σημαντικά από χρόνο σε χρόνο, γιατί εξαρτώνται από την απόδοση της τοπικής καλιέργειας του κάθε είδους. Τα κυριότερα λιμάνια

εξαγωγής σιτηρών βρίσκονται στις Ηνωμένες Πολιτείες (Great Lakes) και τον Καναδά, την Αυστραλία και τη Νότια Αμερική. Λιμάνια όπου γίνονται εισαγωγές σιτηρών βρίσκονται εποχιακά σε όλα τα άλλα μέρη του κόσμου.

Ο συντελεστής στοιβασίας των σιτηρών κυμαίνεται ανάμεσα στα 1,2 ως 2,0 m^3/MT (43 - 72 ft^3/LT). Επειδή τα φορτία σιτηρών έχουν **μικρή γωνία αναπαύσεως** (βλ. παράγραφο 26.2), η φόρτωσή τους στα κύτη των πλοίων επιτρέπει τη μετακίνησή τους σε καταστάσεις θαλασσοταραχής κάτι που μπορεί να αποβεί πολύ επικίνδυνο για την ασφάλεια του πλοίου, πράγμα που οδήγησε στη θέσπιση διεθνών κανονισμών για τη μεταφορά των σιτηρών από τα πλοία.

Τα φορτία σιτηρών είναι δυνατό να υποστούν εύκολα ζημιές στη θάλασσα σε περιπτώσεις που θα εισέλθει νερό στα κύτη από τα ανοίγματά τους ή που θα δημιουργηθούν μέσα σ' αυτά συμπυκνώσεις υδρατμών.

Παραδοσιακά, στη μεταφορά σιτηρών χρησιμοποιούνται τα **ελεύθερα φορτηγά (tramps)**. Στις μεταφορές σιτηρών χρησιμοποιούνται ειδικά διασκευασμένα για μεταφορά σιτηρών πλοία, καθώς επίσης και κοινά με πάνω από ένα κατάστρωμα (multi deckers) πλοία γενικού φορτίου κάθε μεγέθους.

Η φόρτωση των σιτηρών πραγματοποιείται συνήθως με κινούμενες ταινίες, ενώ στην εκφόρτωση χρησιμοποιούνται συστήματα με αέρα (pneumatic) ή αρπάγες του πλοίου ή της ξηράς.

4) Βωξίτης και φωσφάτο.

Ο βωξίτης είναι πρώτη ύλη για την κατασκευή του αλουμινίου και εξάγεται κυρίως από λιμάνια των Δυτικών Ινδιών και της Αυστραλίας στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ευρώπη και την Ιαπωνία. Τα πετρώματα φωσφάτου χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα και εξάγονται κυρίως από το Μαρόκο στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ιαπωνία και την Αυστραλία. Ο βωξίτης και το φωσφάτο έχουν συντελεστή στοιβασίας από 0,7 ως 1,1 m^3/MT (25 - 40 ft^3/LT) και μεταφέρονται κυρίως από μεσαίου μεγέθους πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην (bulk carriers) ή και από πλοία γενικού φορτίου.

5) Δασικά προϊόντα.

Ο όρος **δασικά προϊόντα** αναφέρεται σε κορμούς δένδρων, κομμένη ξυλεία και βιομηχανοποιημένα προϊόντα, όπως ξυλοπολτός και χαρτί. Το μεγαλύτερο ποσοστό στις μεταφορές δασικών προϊόντων καλύπτει η μαλακή ξυλεία. Λιμάνια εξαγωγής δασικών προϊόντων βρίσκονται κυρίως στη Βόρεια Αμερική, τις Σκανδιναυικές χώρες και τη Ρωσία, από αυτά δε εφοδιάζεται η Ευρώπη και η Ιαπωνία.

Παλαιότερα, στις μεταφορές δασικών προϊόντων εχρησιμοποιούντο μικρά φορτηγά, σήμερα όμως χρησιμοποιούνται πλοία με deadweight μέχρι και 50000 MT. Ο συντελεστής στοιβασίας των δασικών προϊόντων κυμαίνεται από 1,5 m^3/MT (54 ft^3/LT) για κομμένη ξυλεία σε πακέτα μέχρι 3,0 m^3/MT (110 ft^3/LT) για κορμούς.

Οι κανονισμοί επιτρέπουν να έχουν τα πλοία μικρότερο ύψος εξάλων όταν είναι φορτωμένα σωστά με ξυλεία στα κύτη τους ή στο κατάστρωμα.

6) Προϊόντα χάλυβα.

Ο όρος αναφέρεται σε ελάσματα, σιδηρόβεργες και μορφοδοκούς. Τα προϊόντα

χάλυβα μεταφέρονται με πλοία γενικού φορτίου, bulk carriers και Ro - Ro από την Ιαπωνία στην Ευρώπη. Οι συντελεστές στοιβασίας των προϊόντων χάλυβα κυμαίνονται από 0,3 ως 0,6 m³/MT (10 - 20 ft³/LT) και έτσι μπορούν και μεταφέρονται χωρίς προβλήματα στα βαθύτερα κύτη των πλοίων μεταφοράς στερεών φορτίων χύδην.

Επειδή η σκουριά στα προϊόντα αυτά αποτελεί ελάττωμα, είναι ουσιώδες κατά τις μεταφορές τους τα ανοίγματα των κυτών να είναι στεγανά και να μη δημιουργούνται συμπυκνώσεις υδρατμών μέσα στα κύτη.

7) Άλλα στερεά φορτία χύδην.

Υπάρχουν και άλλα στερεά φορτία χύδην που μεταφέρονται είτε από τα κλασικά φορτηγά είτε από τα bulk carriers. Τέτοια φορτία είναι τα μη σιδηρούχα μεταλλεύματα, τα παλιοσίδερα, το αλάτι, η σόδα και ο γύψος.

16.3 Υγρά φορτία χύδην.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται κυρίως τα πλοία μεταφοράς αργού πετρελαίου (crude oil) και εκείνα μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου (product carriers). Οι μεταφορές υγρών φορτίων υπερβαίνουν το σύνολο των μεταφορών όλων των άλλων προϊόντων, γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα την κατασκευή πλοίων με deadweight μέχρι 550000 MT.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και ειδικά πλοία για μεταφορές υγροποιημένων αερίων και χημικών σε υγρή μορφή. Τα πλοία αυτά, γνωστά ως LNG και LPG, έχουν ειδική μορφή, λόγω των συχνά επικινδύνων ιδιοτήτων των υγρών που υεταφέρουν.

16.4 Φορτία σε εμπορευματοκιβώτια.

Τα προβλήματα των γενικών φορτίων, όπως θα επεξηγηθούν σε επόμενη παράγραφο, οδήγησαν στην ανάγκη χρησιμοποίησεως των εμπορευματοκιβωτίων (containers). Τα εμπορευματοκιβώτια είναι ποικίλων διαστάσεων, το πιο σύνθετος όμως είναι εκείνο των 20 x 8 x 8 ft (6,06 x 2,44 x 2,44 m). Μέσα σ' αυτά μπορεί να τοποθετηθεί για μεταφορά ποικιλία εμπορευμάτων στο λιμάνι εξαγωγής. Τα εμπορευματοκιβώτια μπορούν στη συνέχεια να μεταφερθούν, μέσα στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου συστήματος μεταφοράς, είτε στην ξηρά είτε στη θάλασσα με μεγάλη ταχύτητα και αποδοτικότητα.

Άλλη, παρεμφερής μορφή μεταφοράς γενικού φορτίου, είναι μέσα σε ορθογωνικά ξύλινα πλαίσια (pallets) σε ποικιλία διαστάσεων. Τέτοια φορτία είναι δυνατό να μεταφερθούν από οποιοδήποτε πλοίο γενικού φορτίου με καταστρώματα που έχουν αρκετή αντοχή, για να μπορούν να κινούνται πάνω σ' αυτά περονοφόρα οχήματα.

Στην ίδια γενική κατηγορία μεταφορών θα πρέπει να θεωρήσομε ότι ανήκουν και:

- **Οι μεταφορές με πλοία Roll - on Roll off, γνωστά σαν Ro - Ro,** όπου το γενικό φορτίο είναι φορτωμένο σε φορτηγά αυτοκίνητα, τα οποία μεταφέρονται από το πλοίο.
- **Οι μεταφορές σε φορτηγίδες,** όπου το γενικό φορτίο είναι φορτωμένο με τον κλασικό τρόπο σε τυποποιημένες φορτηγίδες, οι οποίες μεταφέρονται από το πλοίο.

16.5 Φορτία σε κατάσταση ψύξεως.

Στην κατηγορία τέτοιων φορτίων περιλαμβάνονται το κρέας, τα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα ψάρια και τα νωπά φρούτα.

Τα πλοία που χρησιμοποιούνται στις αντίστοιχες μεταφορές έχουν deadweight της τάξεως των 5000 MT, με κύτη εξοπλισμένα με ειδικά συστήματα ψύξεως και εξαερισμού.

16.6 Κλασικό γενικό φορτίο.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα βιομηχανικά, τα ημικατεργασμένα κ.ά. προϊόντα που δεν μεταφέρονται σε εμπορευματοκιβώτια ή σε φορτηγά αυτοκίνητα και φορτηγίδες. Τα φορτία αυτά, σε σύγκριση με τα φορτία χύδην, έχουν υψηλή αξία ανά τόννο και γι' αυτό οι σχετικές μεταφορές καλύπτουν και το μεγαλύτερο μέρος από την πλευρά οικονομικού ενδιαφέροντος.

Τα πλοία που συνήθως χρησιμοποιούνται σ' αυτές τις μεταφορές χαρακτηρίζονται ως **φορτηγά γραμμής (liners)**, υπό την έννοια ότι το πλοίο μεταφέρει σε τακτικά συνήθως δρομολόγια εμπορεύματα για λογαριασμό διαφόρων φορτωτών.

Τα πλοία γενικού φορτίου είναι συνήθως, με τα σημερινά μέτρα, μικρά πλοία που σπάνια μεταφέρουν φορτία πάνω από 1500 MT. Η ποικιλία των φορτίων και οι δυσχέρειες φορτοεκφορτώσεως αναγκάζουν τα πλοία γενικού φορτίου να περνούν το 50% του χρόνου εκμεταλλεύσεώς τους στα λιμάνια.

Το κλασικό γενικό φορτίο παρουσιάζει τεράστια ποικιλία. Άλλα εμπορεύματα είναι ογκώδη ή βαριά, άλλα είναι τοξικά και άλλα αναδίδουν μυρωδιές που επηρεάζουν τα υπόλοιπα εμπορεύματα. Έτσι, σε συσχετισμό και με τα λιμάνια φορτοεκφορτώσεως, οι δυσχέρειες κατανομής του φορτίου στο πλοίο είναι σημαντικές. Ο πίνακας 16.6.1 είναι ενδεικτικός της ποικιλίας του κλασικού γενικού φορτίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 16.6.1
Παραδείγματα γενικού φορτίου

Εμπόρευμα	Συσκευασία	Ειδικά χαρακτηριστικά
Βιομηχανικά προϊόντα	Χωρίς ιδιαίτερη συσκευασία ή σε ξύλινα πλαίσια	Βαριά, ογκώδη παθαίνουν εύκολα ζημιές
Χημικά	Σάκοι ή βαρέλια	Τοξικά και επικίνδυνα
Τρόφιμα	Κιβώτια	Μπορούν εύκολα να υποστούν αλλοιώσεις. Πρέπει να διατηροούνται ξηρά
Ποτά	Κιβώτια	Κλέβονται εύκολα
Φρούτα	Κιβώτια	Απαιτούν ψύξη και είναι ευαίσθητα σε μυρωδιές
Βαμβάκι	Μπάλες	Επικίνδυνα για αυτανάφλεξη

Λόγω της ποικιλίας του γενικού φορτίου, δεν είναι εύκολο να γίνει λόγος για συντελεστές στοιβασίας, οι οποίοι κυμαίνονται από $0,3 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($11 \text{ ft}^3/\text{LT}$), για χελώνες μεταλλεύματος, μέχρι $6 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($210 \text{ ft}^3/\text{LT}$), για ελαφρό φορτίο σε κιβώτια. Ένας τυπικός συντελεστής στοιβασίας του φορτίου ενός πλοίου φορτωμένου με γενικό φορτίο μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 2 και $2,5 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($70 - 90 \text{ ft}^3/\text{LT}$).

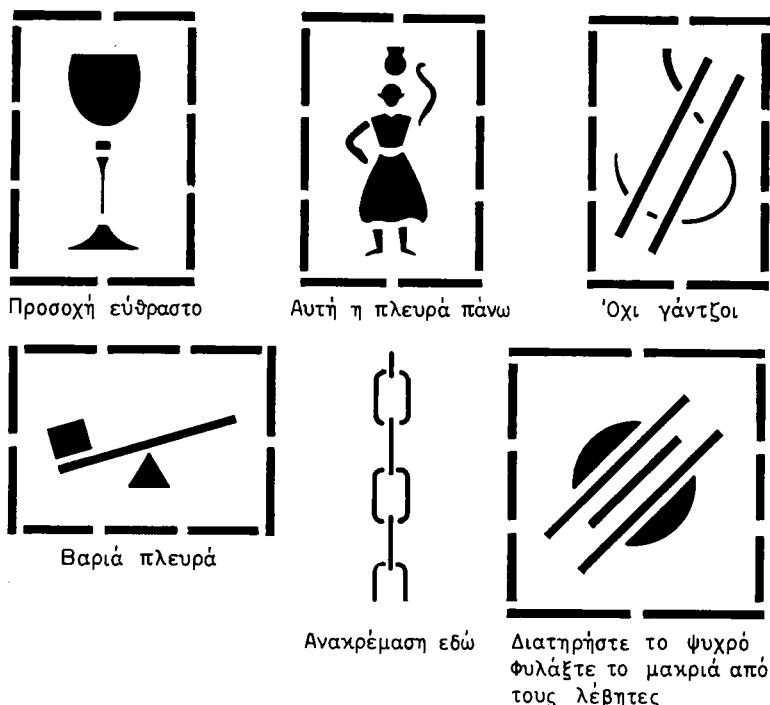
Τα πλοία γενικού φορτίου εξυπηρετούνται κυρίως με δικά τους μέσα φορτοεκφορτώσεως (γερανούς ή φορτωτήρες).

16.7 Σήμανση φορτίων.

Λόγω της ιδιομορφίας και της ποικιλίας του γενικού φορτίου και για να αποφεύγεται η δημιουργία σ' αυτό ζημιών, είναι απαραίτητη η σήμανση πάνω στα αντίστοιχα κιβώτια οδηγιών που αφορούν τη φόρτωση, αποθήκευση και ανακρέμασή τους. Η σήμανση αυτή μπορεί να δίνεται με τυποποιημένες εικόνες, με λόγια ή και με συνδυασμό των δύο.

Στο σχήμα 16.7 βλέπομε τη σήμανση με εικόνες, όπως προδιαγράφεται από το British Standards Institution.

Επίσης οι κανονισμοί απαιτούν ειδική σήμανση των επικινδύνων φορτίων. Σχετικές λεπτομέρειες θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο.



Σχ. 16.7.

Σήμανση φορτίων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του British Standards Institution.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΕΩΣ

17.1 Γενικά.

Τα τελευταία χρόνια καταβάλλεται συνεχής προσπάθεια βελτιώσεως των μέσων φορτώσεως και εκφορτώσεως των πλοίων, με αντικειμενικό σκοπό τη μείωση του χρόνου παραμονής τους στο λιμάνι. Έρευνες που έγιναν στις Ηνωμένες Πολιτείες απέδειξαν ότι το 47% του κόστους μεταφοράς των γενικών φορτίων αφορά έξοδα φορτώσεως και εκφορτώσεως στο πλοίο. Προφανώς λοιπόν είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθούν όσο το δυνατό καλύτερες μέθοδοι στον τομέα αυτό. Για το κλασικό πλοίο γενικού φορτίου ισχύουν οι πιο πολύπλοκες διαδικασίες φορτώσεως - εκφορτώσεως. Εκτός από το πρόβλημα της μεταφοράς από την ξηρά στο πλοίο και αντίστροφα μιας μεγάλης ποικιλίας εμπορευμάτων σε διαστάσεις, βάρος και χαρακτηριστικά, υπάρχει και το πρόβλημα τακτοποίησεως του φορτίου μέσα στα κύτη του πλοίου. Η τελευταία αυτή εργασία πρέπει να εκτελεσθεί από ομάδες εργατών, πράγμα που επιβαρύνει πολύ το κόστος και αυξάνει σημαντικά το χρόνο φορτοεκφορτώσεως.

Η χρησιμοποίηση των εμπορευματοκιβωτίων, καθώς και του αντίστοιχου τύπου φορτηγού πλοίου, όπου, με την τυποποίηση (unitization) έχουν επιτευχθεί πολύ ικανοποιητικοί χρόνοι φορτώσεως - εκφορτώσεως, υπήρξε το αποτέλεσμα της όλης προσπάθειας αντιμετωπίσεως των παραπάνω προβλημάτων.

17.2 Συστήματα φορτώσεως – εκφορτώσεως πλοίων γενικού φορτίου.

Η διαδικασία της φορτώσεως ή εκφορτώσεως ενός πλοίου γενικού φορτίου μπορεί, λογικά, να υποδιαιρεθεί στις παρακάτω φάσεις:

- Αποθήκευση στις εγκαταστάσεις του λιμανιού.
- Μεταφορά από τις αποθήκες στο σημείο φορτώσεως των ανυψωτικών μέσων του πλοίου ή αντίστροφα.
- Μεταφορά από το κρηπίδωμα στο κύτος του πλοίου ή αντίστροφα.
- Διευθέτηση του φορτίου μέσα στο κύτος.

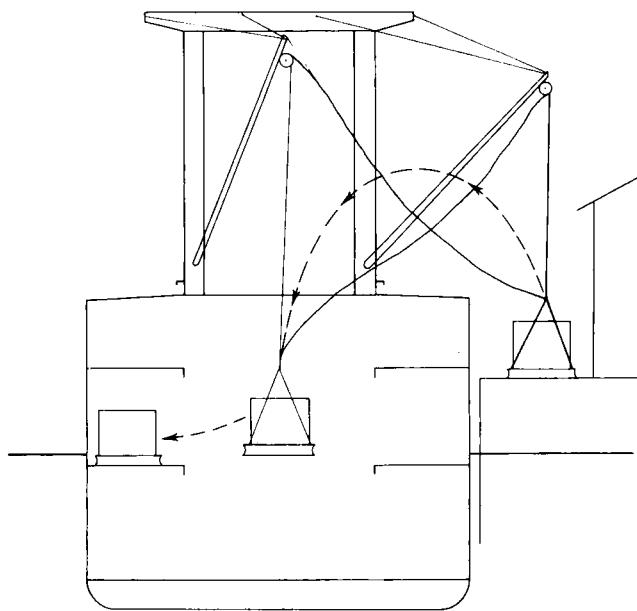
Στις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις το φορτίο φθάνει στο λιμάνι με τα διάφορα μέσα μεταφοράς ξηράς (σιδηροδρομικώς ή με φορτηγά αυτοκίνητα) ή θάλασσας (φορτηγίδες). Στη συνέχεια ομαδοποιείται το φορτίο σε **παλλέτες (pallets)** με κάποια τυποποιημένη μορφή ή δίχτυα (nets) και, με τη βοήθεια περονοφόρων κυρίως οχημάτων, οδηγείται στις περιοχές του κρηπιδώματος που μπορούν να εξυπηρετηθούν από τα ανυψωτικά μέσα του πλοίου. Τοποθετείται ύστερα γύρω από τις παλλέτες ή τα δίκτυα **σαρπάνια (slings)**, με τη βοήθεια των οποίων ανυψώνονται τα

βάρη από τα ανυψωτικά μέσα του πλοίου και μεταφερονται στο κέντρο (κάτω από το άνοιγμα) του κύτους που καλύπτει περίπου το 1/3 της επιφάνειάς του.

Εκεί, ομάδες εργατών αφαιρούν τα εμπορεύματα από τις παλλέτες ή τα δίκτυα και τα τακτοποιούν με τα χέρια ή εφόσον είναι δυνατό, με τη βοήθεια περονοφόρων οχημάτων μέσα στο κύτος, αρχίζοντας από τις φρακτές και τα τοιχώματα του πλοίου. Έτσι τα 2/3 του χώρου κάθε κύτους φορτώνονται με τη βοήθεια ομάδων εργατών. Μερικές φορές και ανάλογα με το είδος του φορτίου και την ιδιομορφία του κύτους, χρησιμοποιούνται και τα μέσα ανυψώσεως του πλοίου στην τακτοποίηση του φορτίου.

Η αντίθετη διαδικασία ακολουθείται στην εκφόρτωση.

Το σχήμα 17.2α δείχνει διαγραμματικά τις φάσεις της φορτώσεως και διευθέτησης ενός φορτίου μέσα στο κύτος.



Σχ. 17.2α.
Φόρτωση και διευθέτηση φορτίων στο κύτος.

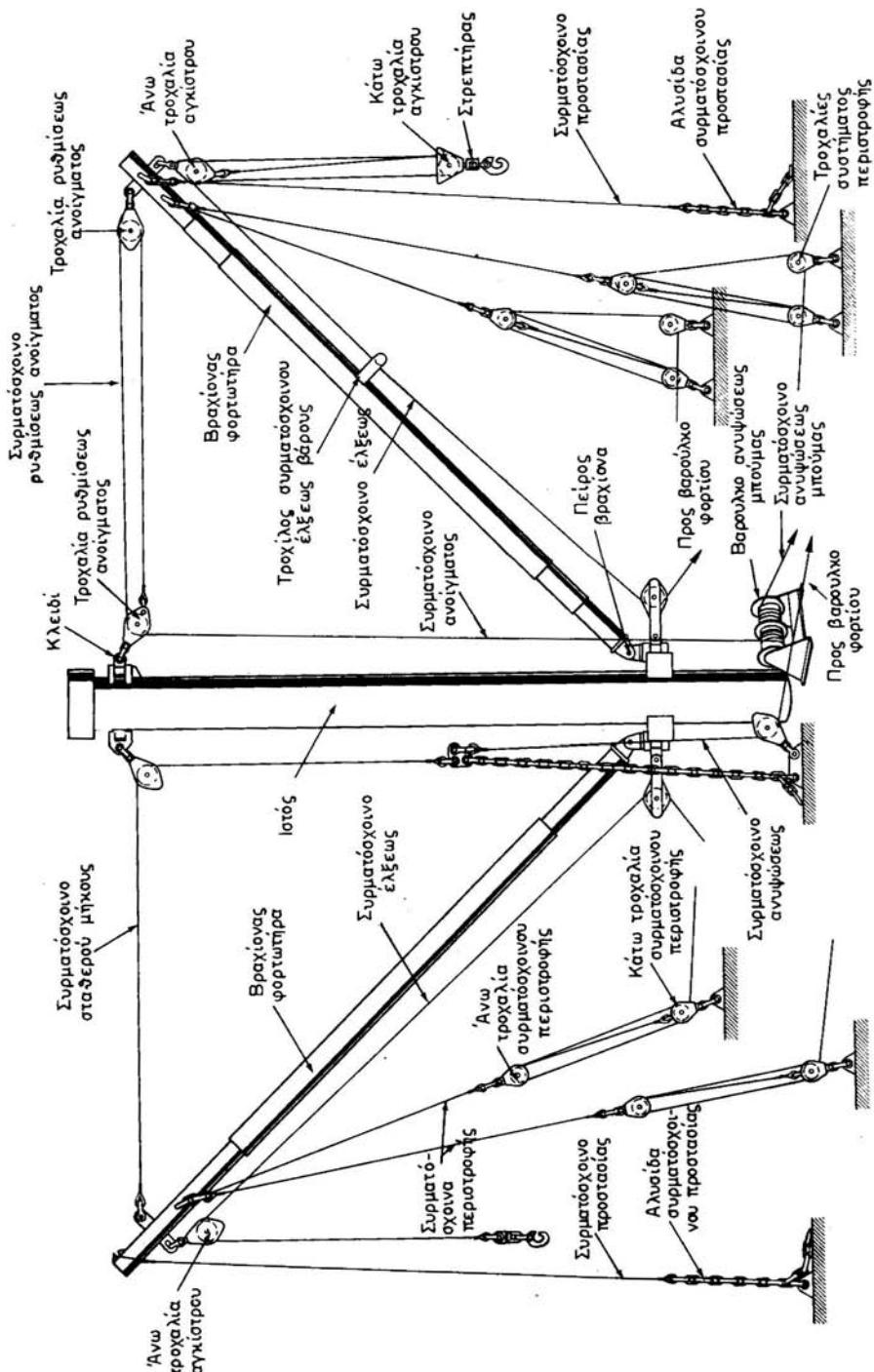
1) Φορτωτήρες πλοίου. Γενικά.

Οι φορτωτήρες των φορτηγών πλοίων στη σημερινή μορφή τους αποτελούν εξέλιξη των αντιστοίχων συστημάτων φορτώσεως - εκφορτώσεως των παλαιών ιστιοφόρων. Οι βασικές δραστηριότητες κάθε φορτωτήρα είναι:

- Ανύψωση βραχίονα (topping).
- Περιστροφή βραχίονα (swinging ή slewing).
- Ανύψωση βάρους (hoisting).

Η περιστροφή του βραχίονα πραγματοποιείται γύρω από έναν κατακόρυφο πείρο και η ανύψωση του γύρω από έναν οριζόντιο.

Στο σχήμα 17.2β βλέπουμε δύο τυπικές διατάξεις εξοπλισμού φορτωτήρων για



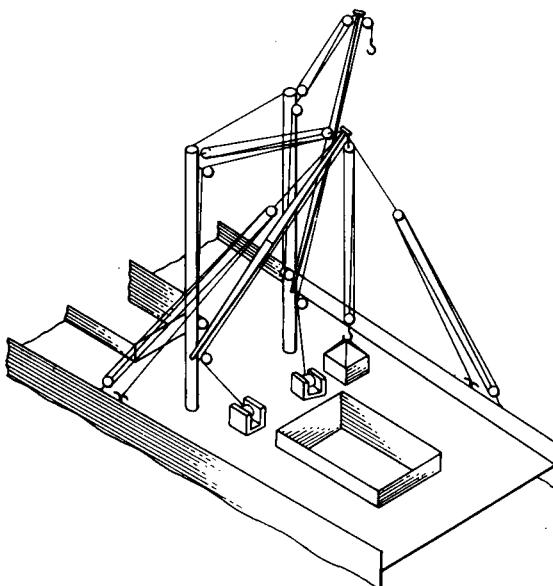
Σχ. 17.2β.
Τυπικός εξισηματόφορτηρα για ανύψωση ελαφρών βαρών.

ανύψωση μικρού βάρους. Στο ίδιο σχήμα φαίνεται και η ονοματολογία των διαφόρων στοιχείων του εξοπλισμού των φορτωτήρων.

Οι φορτωτήρες των πλοίων μπορούν γενικά να χρησιμοποιηθούν μόνοι τους ή κατά ζεύγη και να εξοπλισθούν με διάφορες διατάξεις συρματοσχοίνων και τροχαλιών, ώστε να καλύψουν κάποια συγκεκριμένη ανάγκη. Στο αριστερό μέρος του σχήματος βλέπομε τυπικό εξοπλισμό φορτωτήρα στη φάση της ανυψώσεως βάρους (hoisting) και στο δεξιό έναν άλλο εξοπλισμό στη φάση της ανυψώσεως του βραχίονα.

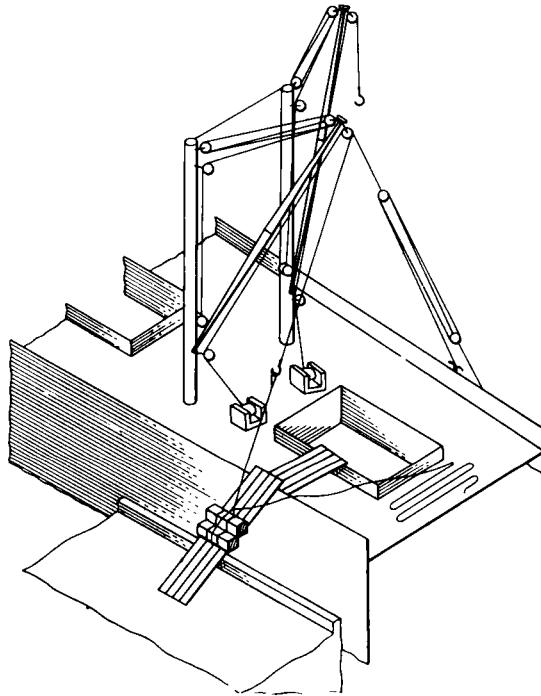
2) Περιστρεφόμενος φορτωτήρας (*swinging boom*).

Στο σχήμα 17.2γ βλέπομε σε απλές γραμμές έναν τρόπο χρησιμοποιήσεως ενός φορτωτήρα, ο οποίος είναι γνωστός ως **περιστρεφόμενος φορτωτήρας**. Στη διάταξη αυτή είναι δυνατή η περιστροφή και η ανύψωση του φορτωτήρα καθώς και η ανύψωση φορτίου. Στο σχήμα είναι εξοπλισμένος μόνο ο δεξιός φορτωτήρας του πλοίου. Δύο συστήματα τροχαλιών που καταλήγουν στο παραπέτο του καταστρώματος επιτρέπουν την περιστροφή του βραχίονα. Στη διάταξη του σχήματος τα συστήματα τροχαλιών πλευρικής μετατοπίσεως καταλήγουν στην κορυφή του βραχίονα. Εναλλακτικά είναι δυνατό η πλευρική μετακίνηση του φορτίου να γίνεται με πρόσδεση σχοινιών πάνω στο φορτίο. Στην περίπτωση αυτή τα σχοινιά μπορούν να ελεγχθούν με μικρή προσπάθεια με τα χέρια και η εκφόρτωση μπορεί να γίνει σε δύο φάσεις. Στην αρχή το φορτίο ανυψώνεται και, μαϊνάροντας με τη βοήθεια των παραπάνω σχοινιών με τα χέρια, ακουμπά στην πλευρά του καταστρώματος χωρίς περιστροφή του βραχίονα. Στη συνέχεια περιστρέφεται και χαμηλώνει ο βραχίονας και ξανασηκώνεται το φορτίο έτσι ώστε όταν αφεθεί να ξαναπέσει να ακουμπήσει στο κρηπίδωμα.



Σχ. 17.2γ.
Διάταξη περιστρεφόμενου φορτωτήρα.

Παρόμοια διάταξη φαίνεται στο σχήμα 17.2δ. Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται για να ξεφορτώνονται μπάλες από μπαμπάκι από μία μόνο ομάδα εργατών. Η μεταφορά κάθε μπάλας στην ξηρά γίνεται με τη βοήθεια του κεκλιμένου επιπέδου που φαίνεται στο σχήμα.



Σχ. 17.2δ.

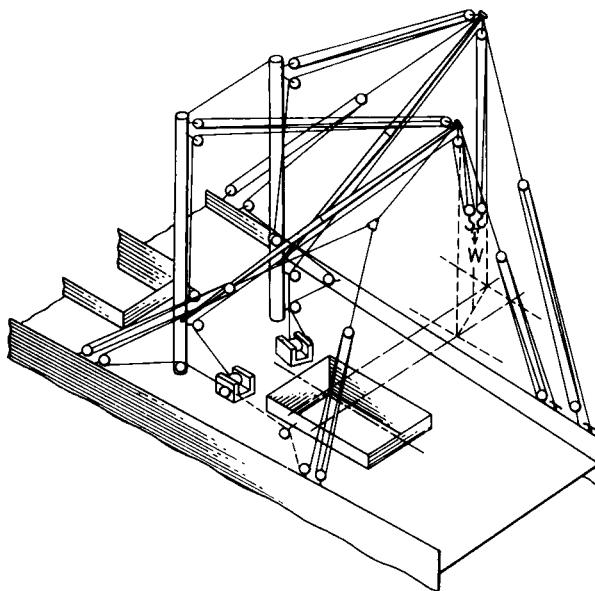
Διάταξη φορτωτήρα για εκφόρτωση δεμάτων βαμβακιού.

3) Χρησιμοποίηση ζεύγους φορτωτήρων για ανύψωση μεγάλου βάρους (*Doubled up swinging booms*).

Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται για την ανύψωση μεγάλου βάρους χωρίς να χρειάζεται να εξοπλισθούν ειδικά οι φορτωτήρες για το σκοπό αυτό. Μία τέτοια διάταξη βλέπομε στο σχήμα 17.2ε, όπου τα άγκιστρα των δύο φορτωτήρων συνδέονται πάνω στο φορτίο απ' ευθείας ή με τη βοήθεια μιας ράβδου. Αν οι διαστάσεις των φορτωτήρων σε συνδυασμό με το πλάτος του πλοίου επιτρέπουν, η όλη διαδικασία μπορεί να συντελεσθεί σε μία φάση. Διαφορετικά, είναι πιθανό να χρειαστεί να ακουμπήσει το φορτίο στο κατάστρωμα και να μεταβληθεί η κατακόρυφη ανύψωση των βραχιόνων.

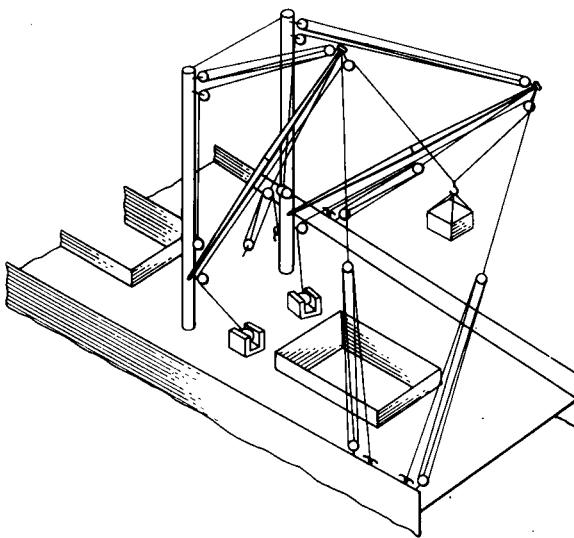
4) Διάταξη *Burtoning* ή *union purchase*.

Με τον όρο *burtoning* ή *union purchase* εννοούμε τη συνδυασμένη χρησιμοποίηση ζεύγους φορτωτήρων για την ανύψωση βάρους από ένα άγκιστρο. Αν και υπάρχει μεγάλη ποικιλία συνδεσμολογίας τέτοιων διατάξεων, η βασική διαδικασία είναι ίδια σ' όλες τις περιπτώσεις και φαίνεται στο σχήμα 17.2στ.



Σχ. 17.2ε.

Ζεύγος περιστρεφομένων φορτωτήρων για ανύψωση μενάλου βάροις



Σχ. 17.2στ.
Διάταξη Burtoning.

Αρχικά η κορυφή του βραχίονα του ενός φορτωτήρα τοποθετείται πάνω από το άνοιγμα και του άλλου πάνω από το κρηπίδωμα. Το φορτίο ανυψώνεται μέχρι κάποιο ύψος πάνω από το άνοιγμα με τη βοήθεια του φορτωτήρα που βρίσκεται πάνω από αυτό. Στη συνέχεια με έλξη από τον άλλο φορτωτήρα και χαλάρωση από τον πρώτο οδηγείται το φορτίο πάνω από το κρηπίδωμα. Τέλος με χαλάρωση και των δύο φορτωτήρων το φορτίο προσγειώνεται στην ξηρά.

Διευκρινίζεται ότι κατά τη διάρκεια της κινήσεως του φορτίου οι βραχίονες ούτε περιστρέφονται ούτε ανυψώνονται πράγμα που αποτελεί και το βασικό πλεονέκτημα αυτής της διατάξεως από άποψη ταχύτητας φορτοεκφορτώσεως. Οι χειρισμοί των **εργατών (winches)** μπορούν να γίνονται από ένα άτομο, χωρίς να δημιουργείται κανένα πρόβλημα.

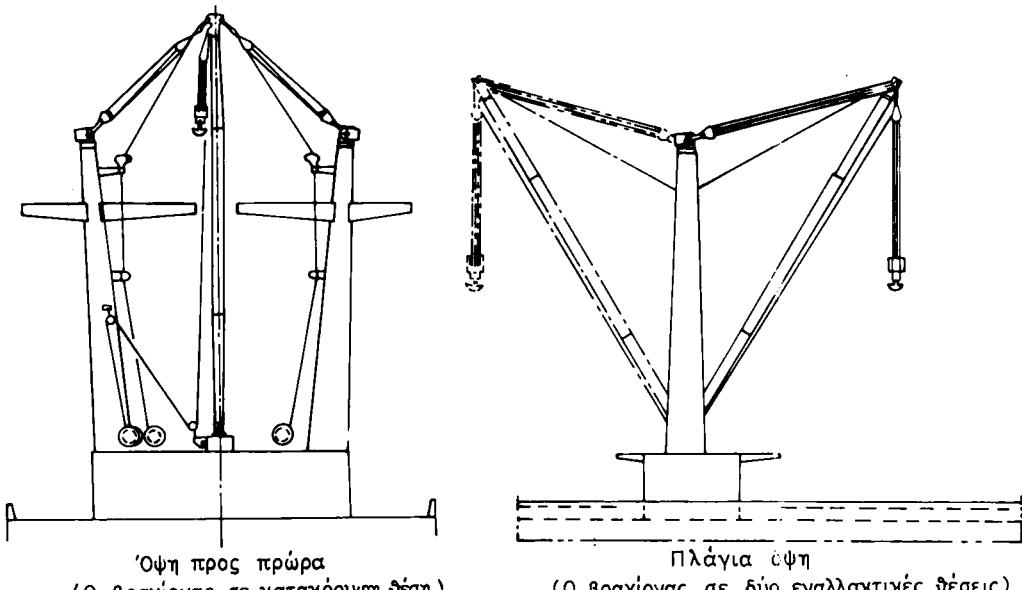
Βασικό μειονέκτημα του συστήματος αυτού είναι η μικρή ανυψωτική του ικανότητα. Με δύο φορτωτήρες π.χ., ο καθένας από τους οποίους μπορεί να σηκώσει μόνος του 5 τόννους, μπορούμε με τη διάταξη burtoning να σηκώσουμε βάρος μόνο 1,5 τόννου. Αυτό οφείλεται στην κατανομή των δυνάμεων στους βραχίονες και τα συρματόσχοινα.

Έτσι, ενώ η διάταξη burtoning είναι ιδεώδης για φορτοεκφόρτωση μικρών βαρών με μεγάλη ταχύτητα, λόγω του παραπάνω μειονεκτήματος, είναι εντελώς ακατάλληλη για ανύψωση μεγάλων βαρών, όπως είναι τα εμπορευματοκιβώτια.

Στη φόρτωση των πλοίων γενικού φορτίου τόσο για τις αναγκαίες μετακινήσεις του φορτίου στην ξηρά όσο και μέσα στο κύτος ιδιαίτερα σημαντική είναι η συμβολή των **περονοφόρων οχημάτων (fork lifts)**.

5) Φορτωτήρες για ανύψωση μεγάλων βαρών (*heavy lift derricks*).

Τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί πολύ οι ανάγκες για φορτοεκφόρτωση μεγάλων μη διαιρετών βαρών. Για την κάλυψη των αναγκών αυτών έχουν κατασκευασθεί ειδικά συστήματα. Ένα από τα πιο συνηθισμένα είναι ο φορτωτήρας Stuelcken που φαίνεται στο σχήμα 17.2ζ.



Σχ. 17.2ζ.
Φορτωτήρας Stülcken.

Το σύστημα αποτελείται από ένα βαρύ σωληνωτό βραχίονα και δύο ιστούς στην πλευρά του πλοίου. Ο βραχίονας, όταν δεν χρησιμοποιείται, στερεώνεται κατακόρυφα ανάμεσα στους ιστούς. Με τη βοήθεια καταλλήλων **εργατών (winches)** εί-

vai δυνατή η ανύψωση βαρών μέχρι και 1000 τόννων. Ο εξαρτισμός του συστήματος είναι τέτοιος, ώστε παρέχει τη δυνατότητα εξυπηρετήσεως των κυτών που βρίσκονται αμέσως τόσο πρόποδα όσο και προς πρύμνα του φορτωτήρα.

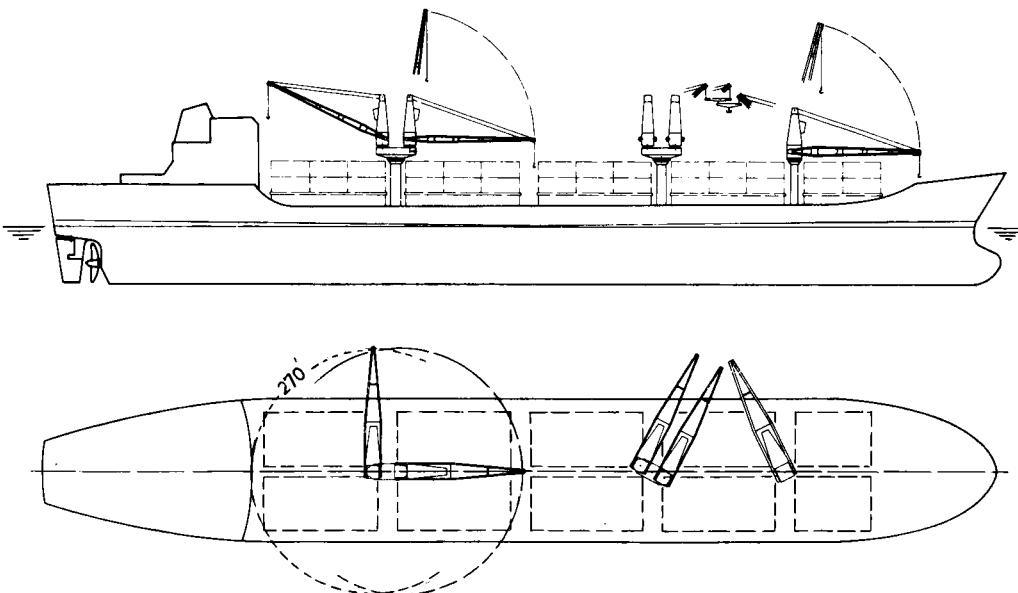
6) Γερανοί.

Λόγω της αυξήσεως της χρησιμοποιήσεως πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκίβωτων τα τελευταία χρόνια, αυξήθηκε και ο αριθμός των πλοίων που είναι εξοπλισμένα με γερανούς αντί για φορτωτήρες.

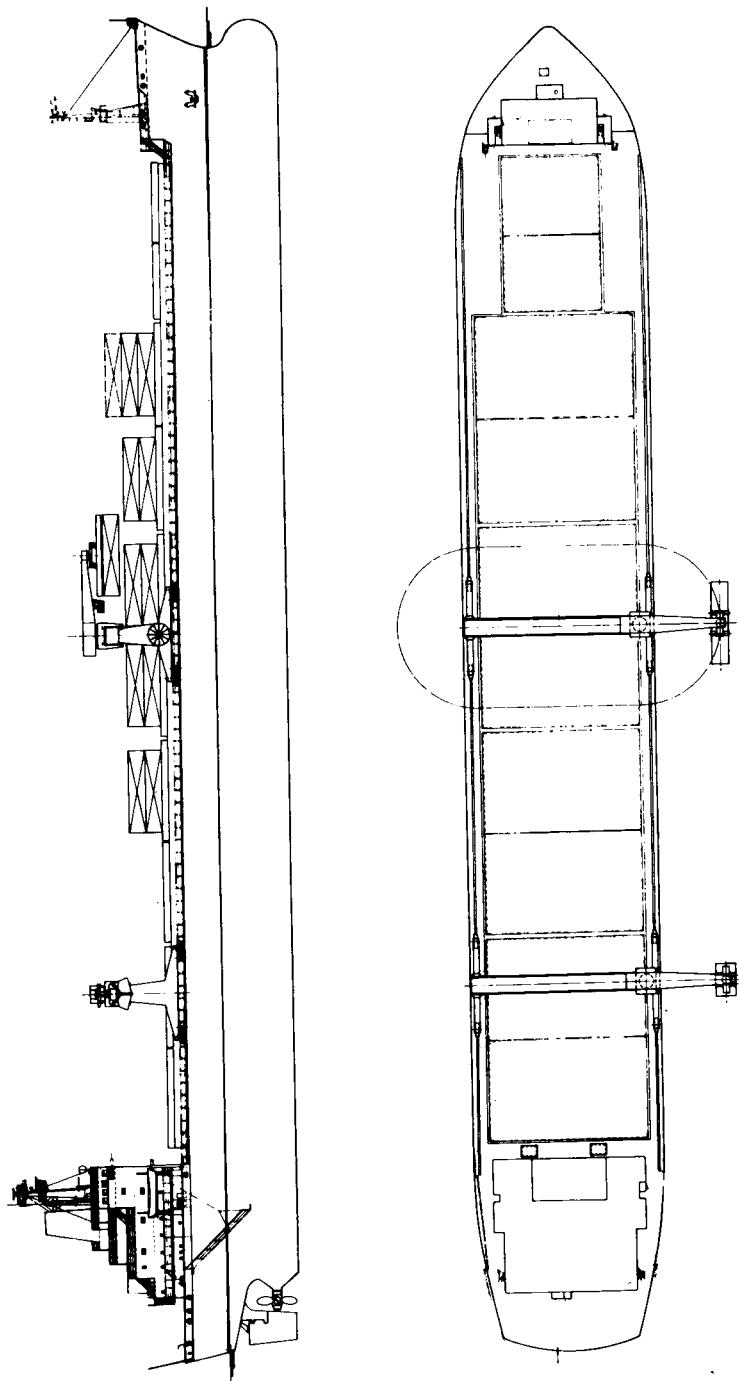
Η χρησιμοποίηση γερανών παρουσιάζει, συγκριτικά με τους φορτωτήρες, τα εξής πλεονεκτήματα:

- Με τη χρησιμοποίηση γερανών αποφεύγεται ο εξοπλισμός του πλοίου με βαρούλκα, ιστούς και εξαρτισμό συρματοσχοίνων.
- Οι γερανοί μπαίνουν εύκολα σε λειτουργία και επαναφέρονται εύκολα στη θέση στερεώσεώς τους για το ταξίδι, πράγμα που συντομεύει το χρόνο παραμονής στο λιμάνι.
- Το φορτίο του γερανού περιορίζεται αυτόμata στο μέγιστο επιτρεπόμενο για τη σχεδίασή του και έτσι οι πιθανότητες ατυχήματος είναι περιορισμένες.
- Με τους γερανούς είναι πολύ πιο εύκολη η ακριβής προσέγγιση του αγκίστρου στη θέση ανυψώσεως του φορτίου.
- Όλοι οι χειρισμοί του γερανού πραγματοποιούνται από έναν πεπειραμένο χειριστή από το θαλαμίσκο του.

Στο σχήμα 17.2η βλέπομε τη διάταξη περιστρεφομένων γερανών (revolving cargo cranes) ενός σύγχρονου πλοίου. Εκτός από τη δυνατότητα περιστροφής κάθε γερανού, το πρυμναίο και μεσαίο ζεύγος είναι εγκατεστημένα πάνω σε πεοι-



Σχ. 17.2η.
Διάταξη περιστρεφομένων γερανών.



Σχ. 17.26.
Διάταξη κυλιομένων γερανογεφυρών.

στρεφόμενες γύρω από τον άξονά τους βάσεις. Αυτό δίνει μεγάλη ευελιξία στο πλοίο, γιατί είναι δυνατό για την εξυπηρέτηση ενός κύτους να χρησιμοποιηθούν δύο γερανοί, όπως π.χ. στην περίπτωση ανυψώσεως ενός μεγάλου εμπορευματοκιβωτίου.

Στο σχήμα 17.2θ βλέπομε τη διάταξη, εγκάρσια και κατά το διάμηκες κυλιομένων γερανογεφυρών τύπου Γ (c-type gantry cranes). Κάθε μία από τις γερανογέφυρες αυτές μπορεί, σε κάθε διαμήκη θέση, να εξυπηρετήσει τα κύτη που βρίσκονται αμέσως προς πλάρα ή προς πρύμνα τους. Είναι ούμως επίσης δυνατό δύο γερανογέφυρες να χρησιμοποιηθούν μαζί για την ανύψωση ενός μεγάλου βάρους αποθηκευμένου σε κύτος που βρίσκεται ανάμεσά τους.

Οι γερανογέφυρες του σχήματος 17.2θ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για φορτοεκφόρτωση εμπορευματοκιβωτίων των 20 ft ή, κατά ζεύγη, για ανύψωση εμπορευματοκιβωτίων των 40 ft.

7) Στοιχεία από τον εξοπλισμό των φορτωτήρων και γερανών.

Λεπτομερή στοιχεία ως προς τον κινητό ναυτιλιακό εξοπλισμό των φορτωτήρων και γερανών, όπως π.χ. συρματόσχοινα τροχαλίες, κλειδιά και σαμπάνια, παρέχουν τα ειδικά βιβλία Ναυτικής Τέχνης.

Παρακάτω δίνονται μερικά βασικά στοιχεία για συστήματα απλών τροχαλιών.
Έστω:

W το βάρος που ανυψώνεται σε tn,

t₁ η ένταση της ακραίας διαδρομής του συρματόσχοινου σε tn,

P η δύναμη έλξεως σε tn και

e ο βαθμός αποδόσεως του συστήματος.

Για ανύψωση, κράτημα ή υποβιβασμό του βάρους με ένα σύστημα τροχαλιών όπως φαίνεται στο σχήμα 17.2ι (a), ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

<u>Ανύψωση</u>	<u>Κράτημα</u>	<u>Υποβιβασμός</u>
$t_1 = W \left[\frac{f - 1}{f^n - 1} \right]$	$t_1 = W \left[\frac{1}{n} \right]$	$t_1 = W \left[\frac{(f-1)f^{n-1}}{f^n - 1} \right]$
$P = f^n t_1$	$P = t_1$	$P = \frac{t_1}{f^n}$
(136)		
$\frac{P}{W} = \left[\frac{f^n (f - 1)}{f^n - 1} \right]$	$\frac{P}{W} = \frac{1}{n}$	$\frac{P}{W} = \frac{f - 1}{f(f^n - 1)}$
$e = \frac{W}{nP}$	$e = \frac{W}{nP}$	$e = \frac{W}{nP}$

Στις παραπάνω σχέσεις:

n είναι ο αριθμός των τροχαλιών του άνω και κάτω συστήματος, ο οποίος έχει για την περίπτωση του σχήματος 17.2ι (a) την τιμή 4.

$$f = 1 + \frac{a}{100}$$

όπου α είναι το ποσοστό απωλειών σε κάθε τροχαλία.

Για τροχαλίες με κοινούς τριβείς, το ποσοστό απωλειών θεωρείται ίσο με 4% και για τροχαλίες με σφαιροτριβείς ίσο με 2%.

Για τη διάταξη του σχήματος 17.2ι (β) οι αντίστοιχες σχέσεις είναι:

$$\begin{array}{l} \text{Ανύψωση} \\ t_1 = W \left[\frac{f - 1}{f^{n+1} - 1} \right] \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Κράτημα} \\ t_1 = W \left[\frac{1}{n + 1} \right] \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Υποβιβασμός} \\ t_1 = W \left[\frac{f^n (f - 1)}{f^{n+1} - 1} \right] \end{array}$$

$$P = f^n t_1 \quad P = t_1 \quad P = \frac{t_1}{f^n}$$

(137)

$$\frac{P}{W} = \left[\frac{f^n (f - 1)}{f^{n+1} - 1} \right] \quad \frac{P}{W} = \frac{1}{n + 1} \quad \frac{P}{W} = \frac{f - 1}{f^{n+1} - 1}$$

$$e = \frac{W}{(n + 1) P} \quad e = \frac{W}{(n + 1) P} \quad e = \frac{W}{(n + 1) P}$$

Παράδειγμα.

Ένα σύστημα μιας τετραπλής πάνω και μιας τριπλής κάτω τροχαλίας όμοιο με εκείνο του σχήματος 17.2ι (β) χρησιμοποιείται για την ανύψωση βάρους 5 tn. Οι τροχαλίες έχουν άξονες που στρέφουν σε σφαιροτριβείς.

Με βάση τους παραπάνω τύπους, θα έχομε:

$$n = 4 + 3 = 7$$

$$f = 1 + \frac{1}{100} (2) = 1,02$$

Από τις σχέσεις της (137) έχομε:

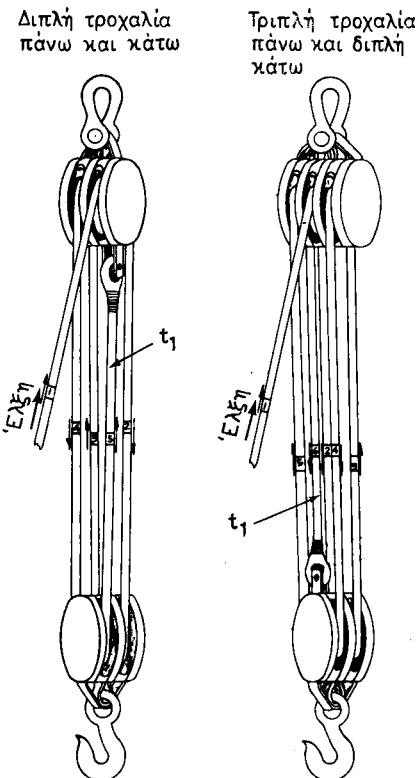
$$t_1 = W \left[\frac{f - 1}{f^{n+1} - 1} \right] = 5 \left[\frac{1,02 - 1}{1,02^8 - 1} \right] = 0,582 \text{ tn}$$

$$P = f^n t_1 = 1,02^7 \times 0,582 = 0,668 \text{ tn}$$

$$\frac{P}{W} = \left[\frac{f^n (f - 1)}{f^{n+1} - 1} \right] = \frac{1,02^7 (1,02 - 1)}{1,02^8 - 1} = \frac{0,0229}{0,171} = 0,134$$

$$e = \frac{W}{(n + 1) P} = \frac{5}{(8) \times (0,668)} = \frac{5}{5,344} = 0,935 \text{ ή } 93,5\%$$

Προκύπτει λοιπόν από τα παραπάνω ότι η έλξη του συρματόσχοινου από το βαρούλκο θα πρέπει να είναι ίση με 0,668 tn. Με την ίδια δύναμη θα πρέπει να ελεγχθεί και η αντοχή του συρματόσχοινου.



Σχ. 17.2ι.
Διάταξη τυπικών συστημάτων τροχαλιών.

17.3 Φόρτωση και εκφόρτωση πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, οι χειρισμοί φορτώσεως - εκφορτώσεως των εμπορευματοκιβωτίων στα αντίστοιχα πλοία είναι δύσκολο να πραγματοποιηθούν με συνηθισμένους φορτωτήρες, επειδή τα εμπορευματοκιβώτια έχουν μεγάλο βάρος και για τη φορτοεκφόρτωσή τους χρειάζονται χειρισμοί ακριβείας.

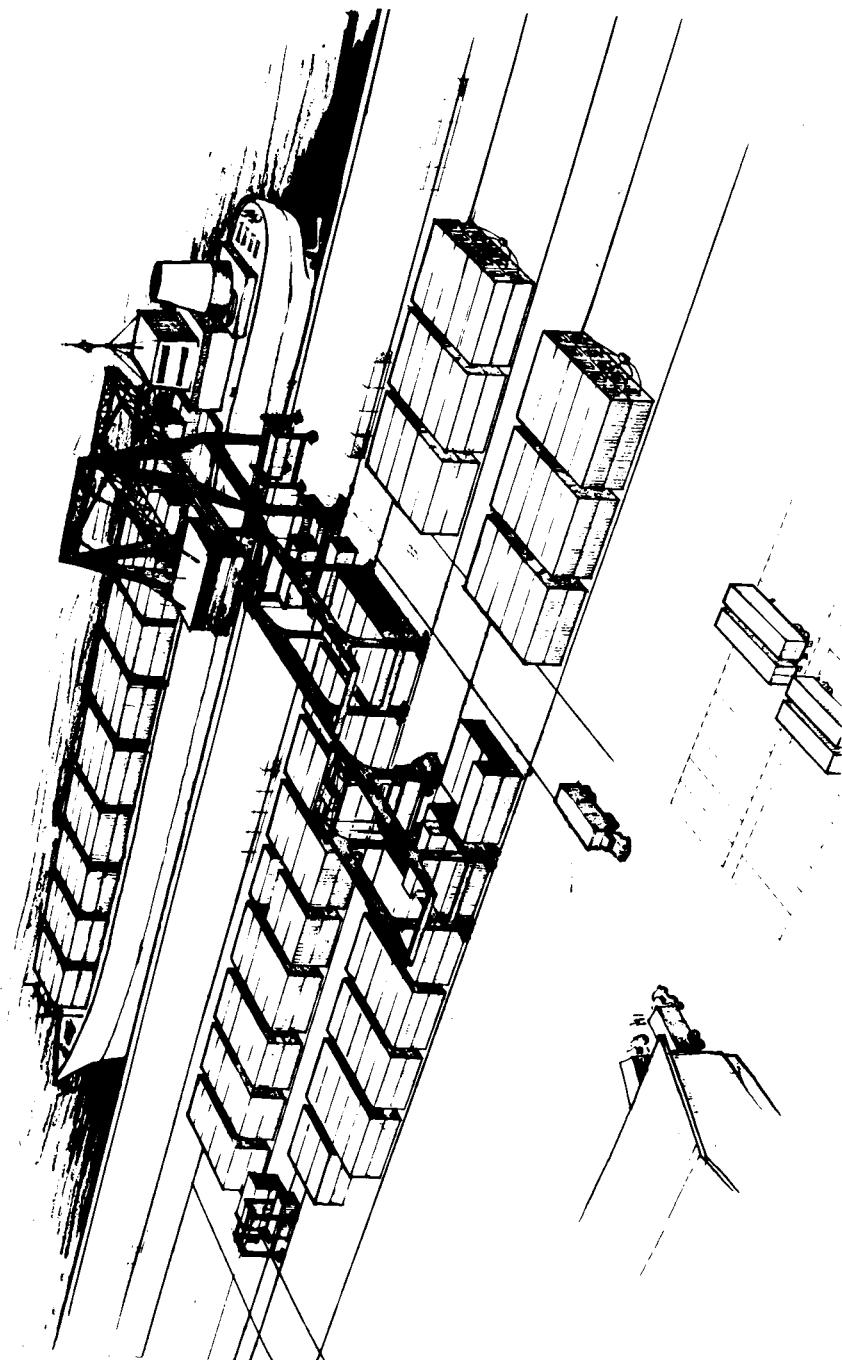
Έτσι στη φόρτωση των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με δικά τους μέσα χρησιμοποιούνται συνήθως γερανοί ή γερανογέφυρες, όπως φαίνεται στα σχήματα 17.2η και 17.2θ.

Στα σύγχρονα συστήματα μεταφορών με εμπορευματοκιβώτια, το πλοίο δεν είναι παρά ένα στοιχείο μόνο του όλου συστήματος.

Στα συστήματα αυτά είναι πολύ συνηθισμένη η χρησιμοποίηση για τη φόρτωση ή εκφόρτωση του πλοίου γερανών ή γερανογεφυρών ξηράς. Στο σχήμα 17.3 βλέπομε μία τυπική διάταξη ενός σύγχρονου σταθμού φορτοεκφορτώσεως εμπορευματοκιβωτίων.

17.4 Φόρτωση και εκφόρτωση πλοίων μεταφοράς στερεού φορτίου χύδην.

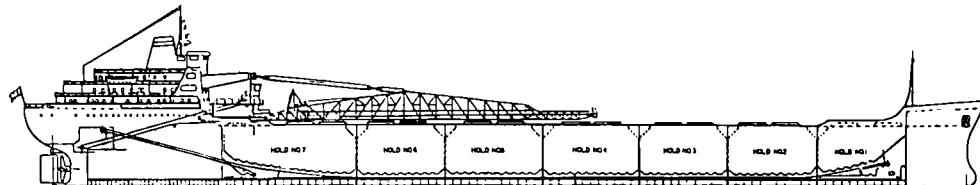
Στα παλαιότερα πλοία μεταφοράς στερεού φορτίου χύδην υπήρχαν σχεδόν πάντοτε εγκατεστημένα μέσα φορτοεκφορτώσεως.



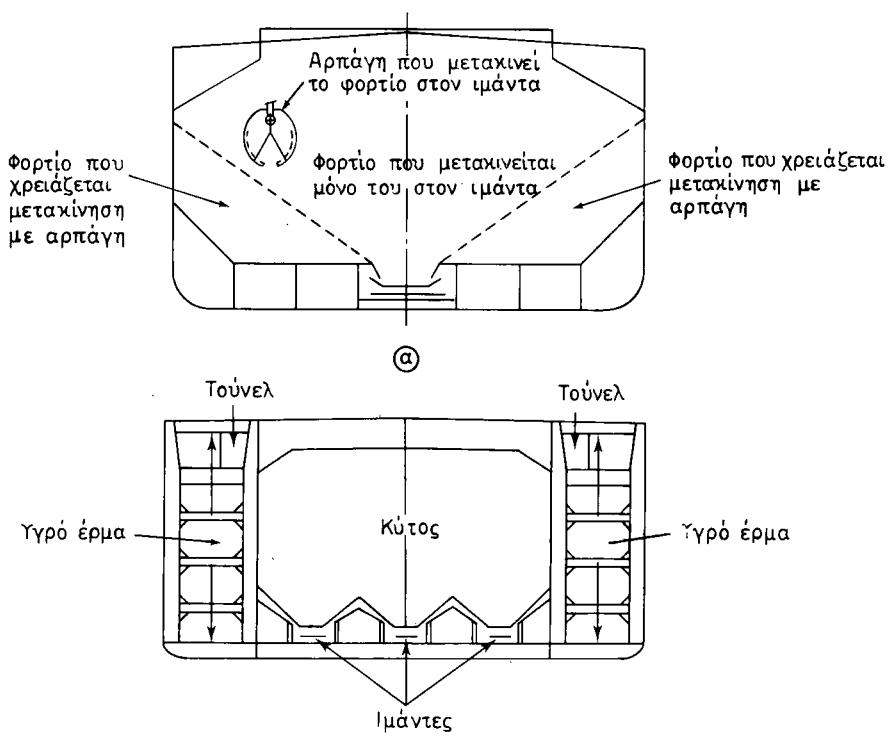
Σχ. 17.3.
Τυπική διάταξη σύγχρονου σταθμού φορτοεκφόρτωσεως εμποροκιβωτίων.

Σήμερα, τα μεγάλα bulk-carriers χρησιμοποιούνται συνήθως χρονοναυλωμένα για μεταφορές μεταξύ λιμανιών που σχεδόν πάντοτε διαθέτουν σύγχρονα και εξειδικευμένα μέσα φορτοεκφορτώσεως. Για το λόγο αυτό τα πλοία αυτά συνήθως δεν έχουν δικά τους μέσα φορτοεκφορτώσεως.

Αντίθετα, τα μεσαίου και μικρού μεγέθους πλοία έχουν συχνά δικά τους ανυψωτικά μέσα, πράγμα που τους παρέχει αρκετή ευελιξία σε ορισμένα λιμάνια. Οι περιστρεφόμενοι γερανοί με αρπάγες (φούχτες) αποτελούν το πιο συνηθισμένο μέσο εκφορτώσεως των πλοίων μεταφοράς φορτίων χύδην. Σε πιο σύγχρονα **αυτοεκφορτωνόμενα bulk carriers (self unloaders)** χρησιμοποιούνται ατέρμονες ιμάντες, όπως φαίνεται στο σχήμα 17.4a. Με τη βοήθεια ενός περιστρεφόμενου γερανού μπορεί να επιλεγεί το σημείο απορρίψεως του φορτίου στην ξηρά.



Σχ. 17.4a.
Διάταξη αυτοεκφορτωνόμενου bulkcarrier.



Σχ. 17.4b.
Εγκάρσιες τομές πλοίων με ιμάντες στο κύτος.

Στο σχήμα 17.4β βλέπομε δύο εναλλακτικούς τρόπους διατάξεως των ιμάντων μέσα στο κύτος.

Στα μέσα φορτώσεως των πλοίων από την ξηρά και ιδιαίτερα σ' αυτά που χρησιμοποιούνται για βαριά φορτία χύδην περιλαμβάνονται:

- Οι αρπάγες.
- Οι κεκλιμένοι αγωγοί βαρύτητας.
- Οι ατέρμονες ιμάντες.
- Οι ιμάντες σε συνδυασμό με τηλεσκοπικούς βραχίονες, με τους οποίους είναι εύκολη η προσέγγιση όλων των ανοιγμάτων των κυτών του πλοίου.

Ανάλογη και μεγαλύτερη ποικιλία υπάρχει και στα αντίστοιχα συστήματα εκφορτώσεως των bulk carriers από την ξηρά. Ενδεικτικά αναφέρονται εδώ οι περιστρεφόμενοι κάδοι και τα συστήματα αναρροφήσεως του φορτίου. Σε μερικά λιμάνια, για την εκφόρτωση φορτίων χύδην με μεγάλο ειδικό βάρος, γίνεται ανάμιξη του φορτίου με νερό (με προβολή νερού) και αναρρόφηση του μίγματος (slurrie) με ειδικές αντλίες.

Μεγάλη ποικιλία συστημάτων φορτώσεως - εκφορτώσεως χρησιμοποιείται επίσης για τα δασικά προϊόντα, τους ρόλους χαρτιού και τις λαμαρίνες. Ειδικά για την ανύψωση ελασμάτων χάλυβα, χρησιμοποιούνται συχνά **μεγάλοι ηλεκτρομαγνήτες**.

Οι λεπτομέρειες όλων των παραπάνω συστημάτων που συνήθως δεν αφορούν το πλοίο, αλλά τις εγκαταστάσεις ξηράς, ξεφεύγουν από τα όρια του βιβλίου αυτού.

17.5 Συστήματα αναρτήσεως γενικού φορτίου.

Για τη σύνδεση ανάμεσα στο γάντζο του φορτωτήρα ή γερανού και το φορτίο χρησιμοποιούνται τα συστήματα αναρτήσεως. Λόγω της πολυμορφίας του γενικού φορτίου, τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ποικιλία. Μερικά τέτοια συστήματα είναι:

α) Σαμπάνια από σχοινί.

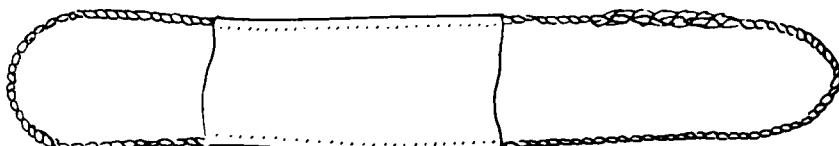
Κατασκευάζονται με σύνδεση των δύο άκρων σχοινιού 3 ή $3\frac{1}{2}$ in και μήκους 10 ως 12 m, όπως φαίνεται στο σχήμα 17.5a.



Σχ. 17.5α.
Σαμπάνι από σχοινί.

β) Σαμπάνι από σχοινί και καραβόπανο.

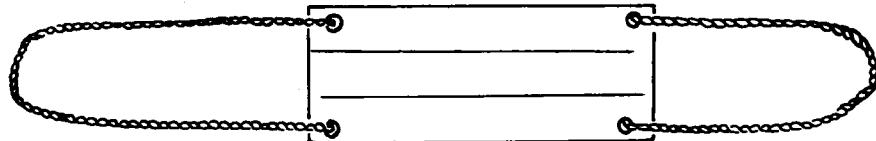
Για την κατασκευή του ράβεται ένα κομμάτι καραβόπανο, όπως φαίνεται στο σχήμα 17.5β. Χρησιμοποιείται για τη φόρτωση σιτηρών, καφέ ή άλλων παρομοίων φορτίων σε σάκους.



Σχ. 17.5β.
Σαμπάνι από σχοινί και καραβόπανο.

γ) Σαμπάνι από σχοινί και ξύλο.

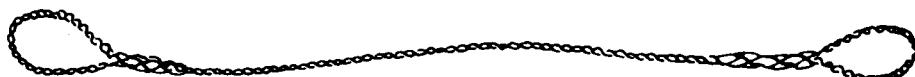
Όπως και το προηγούμενο, αλλά με ξύλο αντί για καραβόπανο (σχ. 17.5γ). Χρησιμοποιείται για φόρτωση σάκων τσιμέντου.



Σχ. 17.5γ.
Σαμπάνι από σχοινί και ξύλο.

δ) Σαμπάνι με θηλιές.

Κατασκευάζεται, όπως φαίνεται στο σχήμα 17.5δ, από συρματόχοινο 2 ή $2\frac{1}{2}$ in ή από σχοινί 3 ή 4 in. Έχει μήκος γύρω στα 6 m και χρησιμοποιείται για φόρτωση ξυλείας ή πακεταρισμένου φορτίου.



Σχ. 17.5δ.
Σαμπάνι με θηλιές.

ε) Αλυσίδα με κρίκο και γάντζο.

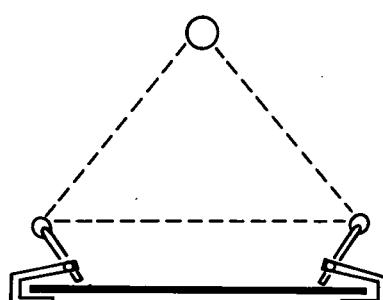
Κατασκευάζεται όπως φαίνεται στο σχήμα 17.5ε. Χρησιμοποιείται για φόρτωση βαριών σιδερένιων ή χαλυβδίνων φορτίων.



Σχ. 17.5ε.
Αλυσίδες με κρίκο και γάντζο.

στ) Αρπάγες για ελάσματα.

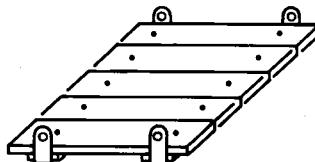
Είναι κατασκευασμένες όπως φαίνεται στο σχήμα 17.5στ. Με την ανύψωση, οι αρπάγες σφίγγουν το έλασμα.



Σχ. 17.5στ.
Αρπάγες για ελάσματα.

ζ) Δίσκοι.

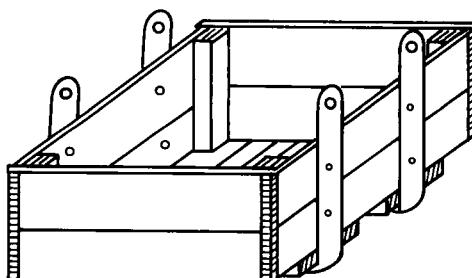
Κατασκευασμένοι όπως φαίνεται στο σχήμα 17.5ζ. Χρησιμοποιούνται για φόρτωση χαρτοκιβωτίων ή κυλινδρικών δοχείων.



Σχ. 17.5ζ.
Δίσκος.

η) Κιβώτια.

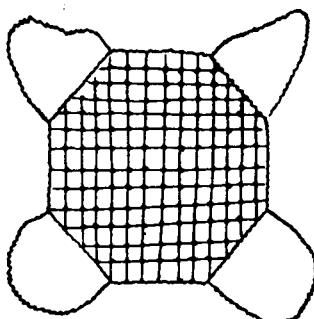
Όμοια με τους δίσκους αλλά με τοιχώματα (σχ. 17.5η). Χρησιμοποιούνται για τη φόρτωση εκρηκτικών υλών.



Σχ. 17.5η.
Κιβώτιο.

θ) Σαμπάνι με δίχτυ.

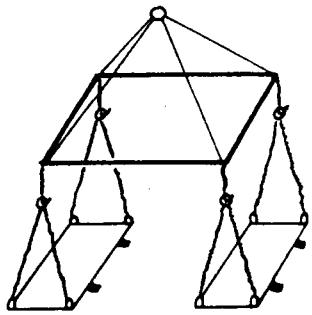
Όπως φαίνεται στο σχήμα 17.5θ. Χρησιμοποιείται για τη φόρτωση μικρών πακέτων.



Σχ. 17.5θ.
Σαμπάνι με δίκτυ.

ι) Σαμπάνι για αυτοκίνητα.

Τέτοια συστήματα κατασκευάζονται σε διάφορες παραλλαγές, ανάλογα με την περίπτωση. Μια παραλλαγή φαίνεται στο σχήμα 17.5ι.



Σχ. 17.5ι.
Σαμπάνι για φόρτωση αυτοκινήτων.

1.7.6 Προβλήματα κατά τη φόρτωση - εκφόρτωση μεγάλων βαρών.

Η φόρτωση ή εκφόρτωση μεγάλων βαρών (βαριά εμπορευματοκιβώτια, μηχανήματα, βαγόνια κλπ.) παρουσιάζει μερικές ιδιομορφίες που, αν δεν αντιμετωπισθούν με προσοχή, μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρά ατυχήματα. Μερικές αιτίες ατυχημάτων είναι:

1) Άρτηση.

Σε αρκετές περιπτώσεις φορτώσεως φορτίων μεγάλου βάρους, όπως βαγόνια, βαριά αγροτικά μηχανήματα ή μικρά σκάφη (ρυμουλκά φορτηγίδες), οι φορτωτές διαθέτουν και τα απαραίτητα σαμπάνια και υποδεικνύουν τα σημεία αρτήσεως. Οι οδηγίες των φορτωτών σ' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει για λόγους ασφάλειας να ακολουθούνται με προσοχή.

Όταν τα σαμπάνια τα διαθέτει το πλοίο, είναι απαραίτητο πρώτα απ' όλα να εξασφαλίζεται η καταλληλότητά τους σε σχέση με το βάρος που πρόκειται να ανυψωθεί.

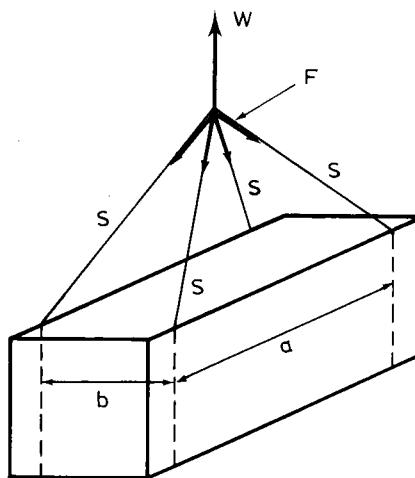
Ο υπολογισμός των δυνάμεων εφελκυσμού στα σαμπάνια μπορεί να γίνει σχετικά εύκολα, με τις αρχές της Μηχανικής (ανάλυση δυνάμεως σε συνιστώσες). Μία αρκετά συνηθισμένη στη φόρτωση εμπορευματοκιβώτιών άρτηση είναι αυτή του σχήματος 17.6α, όπου αν είναι:

- α η απόσταση των σημείων αρτήσεως κατά μήκος του εμπορευματοκιβωτίου σε m ,
 - β η απόσταση των σημείων αρτήσεως κατά το πλάτος του εμπορευματοκιβωτίου σε m ,
 - S το μήκος κάθε σαμπανιού σε m και
 - W το βάρος του φορτίου σε tn ,
- η δύναμη εφελκυσμού κάθε σαμπανιού σε tn , μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$F = \frac{W}{4 \sqrt{\left(1 - \frac{a^2}{4S^2}\right) \times \left(1 - \frac{b^2}{4S^2}\right)}} \quad (138)$$

Εφαρμογή.

Έστω $a = 10\ m$, $b = 2,5\ m$ και $W = 20\ tn$



Σχ. 17.6α.

Ανύψωση μεγάλου φορτίου με τέσσερα σαμπάνια.

Με σαμπάνια μήκους 7 m θα έχομε:

$$F = \frac{20}{4 \sqrt{\left(1 - \frac{10^2}{4 \times 7^2}\right) \times \left(1 - \frac{2,5^2}{4 \times 7^2}\right)}} =$$

$$= \frac{20}{4 \sqrt{(1 - 0,51) \times (1 - 0,0318)}} = \frac{20}{4 \sqrt{0,474}} = 7,26 \text{ tn}$$

Αν τα σαμπάνια έχουν μήκος 8 m,

$$F = \frac{20}{4 \sqrt{\left(1 - \frac{10^2}{4 \times 8^2}\right) \times \left(1 - \frac{2,5^2}{4 \times 8^2}\right)}} =$$

$$= \frac{20}{4 \sqrt{(1 - 0,39) \times (1 - 0,0244)}} = \frac{20}{4 \sqrt{0,595}} = 6,48 \text{ tn}$$

Από το παραπάνω παράδειγμα διαπιστώνομε ότι **όσο αυξάνομε το μήκος των σαμπανιών τόσο μικραίνουν οι δυνάμεις που τα εφελκύουν**. Αύξηση όμως του μήκους των σαμπανιών δημιουργεί προβλήματα σε σχέση με το ύψος που μπορεί να ανυψωθεί το φορτίο.

Άλλα **πρακτικά σημεία** που θα πρέπει να προσέξουμε σχετικά με τα σαμπάνια είναι:

- Όταν χρησιμοποιούνται σαμπάνια από αλυσίδες, δεν θα πρέπει να αρχίζει η ανύψωση χωρίς να έχουν τακτοποιηθεί τελείως οι κρίκοι, ώστε να μην υπάρξει καμιά περίπτωση τινάγματος του φορτίου.

- Κανένα συρματόσχοινο δεν πρέπει να τρίβεται πάνω σε κοφτερές επιφάνειες.
- Τα συρματόσχοινα των σαμπανιών θα πρέπει να είναι μονοκόμματα και σε άριστη κατάσταση.
- Μηχανήματα μέσα σε πλαίσια θα πρέπει να σαμπανιάρονται έτσι που να μην είναι δυνατή η μετακίνηση (όταν το φορτίο είναι ανυψωμένο) του μηχανήματος μέσα στο πλαίσιο.
- Προκειμένου για φορτία μεγάλων διαστάσεων, θα πρέπει το φορτίο να αναρτηθεί από χαλύβδινες ράβδους κατάλληλης αντοχής, πάνω στις οποίες καταλήγουν τα σαμπάνια. Έτσι αποφεύγεται επαφή λόγω της κλίσεως των σαμπανιών με το φορτίο.

2) Εξοπλισμός και επάρκεια φορτωτήρα.

Σε πολύ λίγες περιπτώσεις χρειάζεται σήμερα το πλήρωμα του πλοίου να εξοπλίσει κοινούς φορτωτήρες για την ανύψωση βάρους πάνω από 10 tn. Η φόρτωση τέτοιων φορτίων πραγματοποιείται με τους ειδικούς φορτωτήρες μεγάλων βαρών (heavy lifts), με γερανογέφυρες, με πλωτούς γερανούς ή με μέσα της ξηράς.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να εξοπλισθεί ένας κοινός φορτωτήρας για ανύψωση μεγάλου βάρους. Ένας από τους πιο συνηθισμένους φαίνεται στο σχήμα 17.6β, όπου (σε σύγκριση με το σχήμα 17.2β) παρατηρούμε κυρίως τη διαφορετική διαδρομή που ακολουθεί το συρματόσχοινο ανυψώσεως του φορτίου.

Σύμφωνα με τους αγγλικούς κανονισμούς (Factory Act Dock Regulation), όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στους φορτωτήρες και γερανούς θα πρέπει να έχουν ελεγχθεί και να έχουν σφραγίδα του μέγιστου επιτρεπόμενου φορτίου τους (Safe working load SWL) ως εξής:

- Άλυσίδες, δακτύλιοι, άγκιστρα και κλειδιά δοκιμάζονται σε δύναμη ίση με το διπλάσιο του SWL.
- Απλές τροχαλίες δοκιμάζονται σε δύναμη ίση με το τετραπλάσιο του SWL.
- Πολλαπλές τροχαλίες για βάρος μέχρι 20 tn δοκιμάζονται σε δύναμη τουλάχιστον διπλάσια του SWL.
- Πολλαπλές τροχαλίες για βάρη από 20 ως 40 tn δοκιμάζονται σε δύναμη 20 tn μεγαλύτερη από το SWL.
- Πολλαπλές τροχαλίες για βάρη πάνω από 40 tn δοκιμάζονται σε δύναμη ίση με 1,5 φορές το SWL.

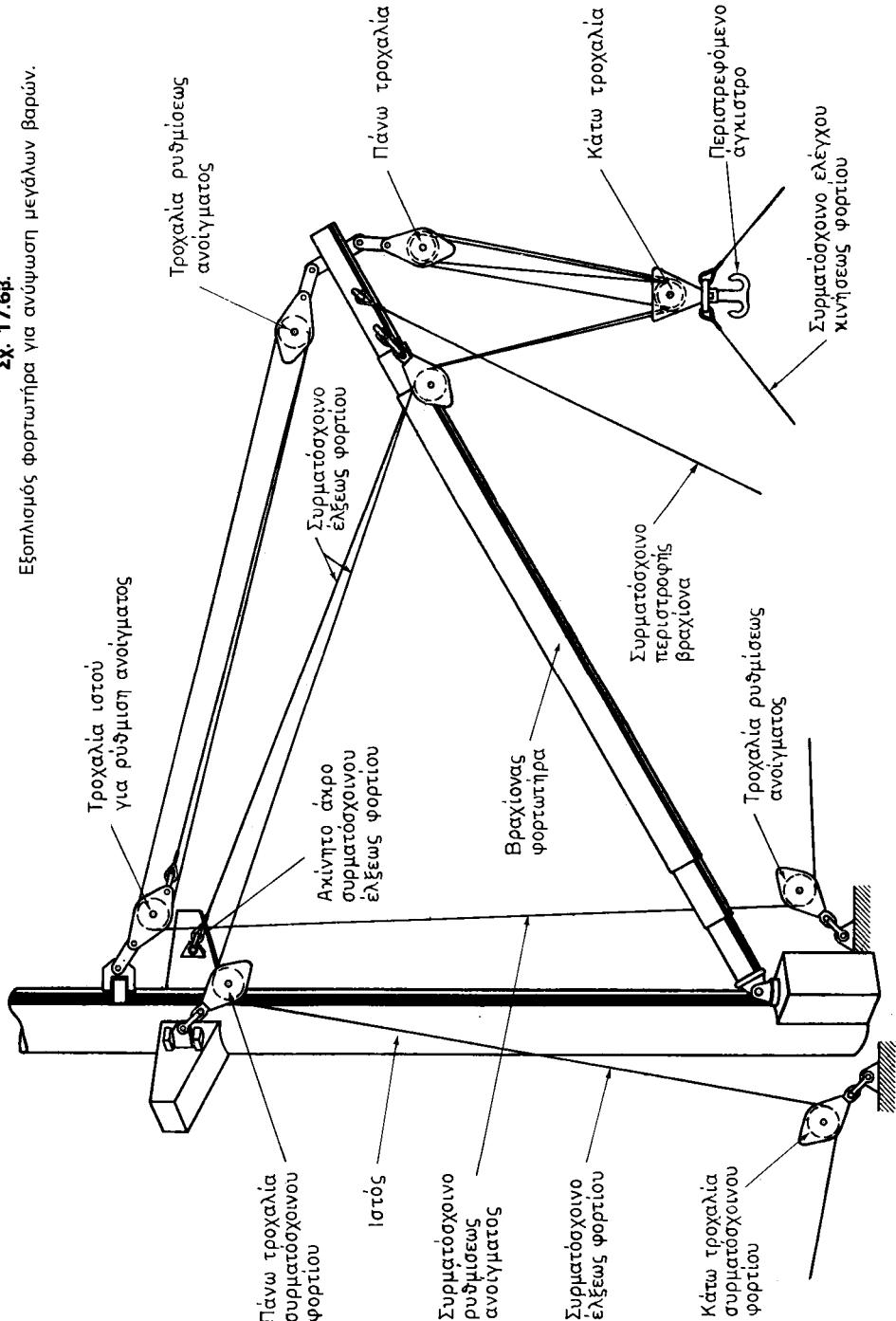
Ολόκληρος ο γερανός ή ο φορτωτήρας με τον εξοπλισμό του θα πρέπει να δοκιμασθεί ως εξής:

<u>SWL</u>	<u>Δύναμη δοκιμής</u>
------------	-----------------------

ως 20 tn	25% πάνω από το SWL
20 ως 50 tn	5 tn πάνω από το SWL

Σημειώνεται εδώ ότι το βάρος του φορτίου που είναι επιθυμητό να ανυψωθεί θα πρέπει να αυξηθεί με εκείνο όλων των στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν για την ανύψωση του (σαμπάνια, ράβδοι κλπ.) και να επιβεβαιωθεί ότι το άθροισμα είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο για το φορτωτήρα.

Σχ. 17.6β. Εξοπλισμός φορτωτήρα για ανύψωση μεγάλων βαρών.



3) Ευστάθεια πλοίου.

Η ανάρτηση ενός μεγάλου βάρους από κάποιο σημείο που βρίσκεται ψηλά μπορεί να δημιουργήσει σοβαρή υποβάθμιση στην ευστάθεια του πλοίου. Επιπλέον η ανύψωση ή ο υποβιβασμός του φορτίου από την πλευρά του πλοίου δημιουργεί εγκάρσια ροπή, τέτοια που μπορεί να προκαλέσει σοβαρή εγκάρσια κλίση του. Για την ποσοτική μελέτη των επιπτώσεων, θα πρέπει να σημειωθούν τα εξής:

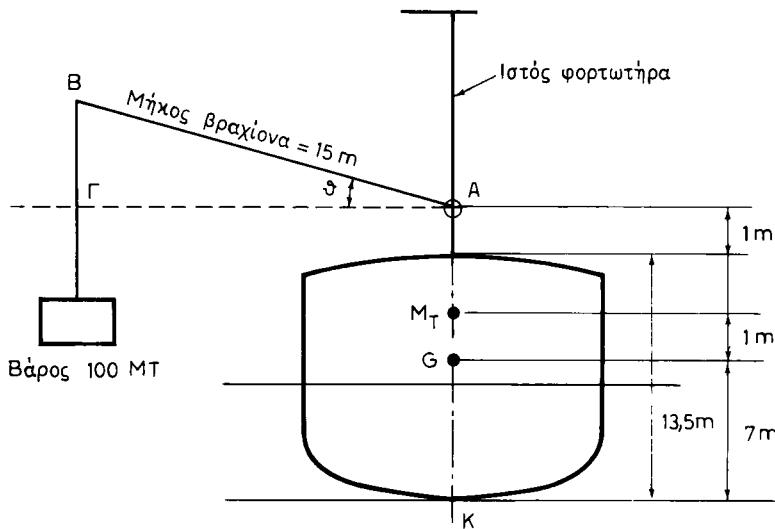
α) Δεδομένου ότι το κέντρο βάρους του φορτίου που ανυψώνεται θεωρείται ότι βρίσκεται στο σημείο αναρτήσεώς του, που είναι η κορυφή του βραχίονα του φορτωτήρα, η επίδραση στην ευστάθεια είναι μέγιστη, όταν ο βραχίονας βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο.

β) Αντίθετα, η εγκάρσια ροπή είναι μέγιστη όταν ο βραχίονας έχει το μεγαλύτερο δυνατό άνοιγμα, δηλαδή βρίσκεται στο χαμηλότερο δυνατό σημείο.

Ο συσχετισμός των δύο παραπάνω παραγόντων θα φανεί στο ακόλουθο παράδειγμα.

Παράδειγμα.

Σε κάποια κατάσταση φορτώσεως, ένα πλοίο έχει εκτόπισμα 10000 ΜΤ και μετακεντρικό ύψος 1 m. Η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου βρίσκεται 7 m πάνω από την τρόπιδα και το κατάστρωμά του 13,5 m πάνω από αυτή. Πρόκειται να ανυψωθεί από το πλοίο μια φορτηγίδα βάρους 100 ΜΤ, όπως φαίνεται στο σχήμα 17.6γ.



Σχ. 17.6γ.
Ανύψωση βάρους από την πλευρά.

Η ανύψωση του βάρους αρχίζει με το βραχίονα οριζόντιο και συνεχίζεται μέχρις ότου η γωνία θ γίνει ίση με 50° . Στη συνέχεια ο βραχίονας στρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα και η φορτηγίδα οδηγείται πάνω από το κατάστρωμα του πλοίου.

Να υπολογισθεί το μετακεντρικό ύψος και η εγκάρσια κλίση του πλοίου κατά τη διάρκεια της παραπάνω κινήσεως.

Για τον υπολογισμό της τιμής του GM_T ατις διάφορες θέσεις φορτώσεως, υποθέτουμε ότι το KM_T του πλοίου παραμένει το ίδιο (στους 10000 και 10100 MT) και ότι έχει την τιμή $KM_T = GM_T + KG = 1 + 7 = 8$ m. Καταρτίζομε λοιπόν τον πίνακα 17.6.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.6.1
Εύρεση GM_T στις διάφορες φάσεις της φορτώσεως

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5
Γωνία θ	Ύψος σημείου B από τρόπιδα = 14,5 + 15 ημθ	Ροπή βάρους = 100 × (2)	Ολική ροπή = 10000 × (7) + (3)	$KG = (4)/10100$	$GM_T = KM_T - (5) = (8) - (5)$
0°	14,50	1450	71450	7,004	0,996
10°	17,10	1710	71710	7,030	0,970
20°	19,63	1963	71963	7,055	0,945
30°	22,00	2200	72200	7,078	0,922
40°	24,14	2414	72414	7,099	0,901
50°	26,00	2600	72600	7,117	0,883

Ακολουθεί ο υπολογισμός της εγκάρσιας κλίσεως, όπως φαίνεται στον πίνακα 17.6.2 με τη χρησιμοποίηση της σχέσεως (76) η οποία για τις ανάγκες της εφαρμογής αυτής μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$\epsilon\phi \cdot \phi = \frac{wd}{\Delta \cdot GM_T}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.6.2
Εύρεση εγκάρσιας κλίσεως στις διάφορες φάσεις της φορτώσεως

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΔGM_T	Εφ φ	φ
Γωνία θ	$d = 15 \text{ συνθ}$	$wd = 100 \times (2)$	$= 10100 \times (GM_T)$ (από πίνακα 17.6.2)	$= (3)/(4)$	
0°	15,00	1500	10159	0,147	8° 22''
10°	14,77	1477	9894	0,149	8° 29'
20°	14,09	1409	9639	0,146	8° 21'
30°	12,99	1299	9404	0,138	7° 52'
40°	11,49	1149	9190	0,125	7° 10°
50°	9,64	964	9007	0,107	6° 7'

Από το παραπάνω παράδειγμα φαίνεται ότι η μέγιστη εγκάρσια γωνία δημιουργείται όταν ο βραχίονας του γερανού έχει κλίση 10° με το οριζόντιο. Αυτό βέβαια συμβαίνει ειδικά για τα δεδομένα του προβλήματος και όχι γενικά. Αντίθετα, το μετακεντρικό ύψος (ανεξάρτητα από τα δεδομένα κάθε προβλήματος) ελαττώνεται όσο αυξάνεται η γωνία του βραχίονα με το οριζόντιο.

Από την άποψη της ευστάθειας, όταν το πλοίο πρόκειται να ανυψώσει μεγάλα βάρη από την πλευρά, γενικά επιδιώκομε να έχει όσο το δυνατό μεγαλύτερο μετακεντρικό ύψος, πράγμα που επιτυγχάνεται με ερματισμό των διπυθμένων και εξαφάνιση των ελευθέρων επιφανειών. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται στο ελάχιστο η εγκάρσια κλίση του πλοίου κατά την ανύψωση του βάρους.

Από την άποψη πλευστότητας και βυθισμάτων, θα πρέπει να έχει εξασφαλισθεί ότι με τη φόρτωση δεν θα καθίσει το πλοίο σε κάποια έξαρση του βυθού κοντά στο κρηπίδωμα. Μια τέτοια κατάσταση δημιουργείται συνήθως από την εγκάρσια κλίση που παίρνει το πλοίο έστω και αν είναι συμμετρικά φορτωμένο.

Τέλος διευκρινίζεται ότι σε περίπτωση φορτώσεως πολλών μεγάλων βαρών στο κατάστρωμα, θα πρέπει να ελέγχεται η κατάσταση ευστάθειας του πλοίου μετά τη φόρτωση με σχετικούς υπολογισμούς.

4) Αντοχή καταστρωμάτων.

Όταν πάνω στην οραφή του διπύθμενου φορτώνονται μεγάλα βάρη, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι αυτά στηρίζονται πάνω σε ισχυρά στοιχεία της κατασκευής, όπως είναι οι εγκάρσιοι νομείς. Έτσι αποφεύγεται η καταπόνηση των ελασμάτων του καταστρώματος του διπύθμενου. Όταν κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα **λίκνο** σχετικά απαραμόρφωτο με διαστάσεις μεγαλύτερες από το φορτίο. Το λίκνο ακουμπά πάνω στα ανθεκτικά στοιχεία της κατασκευής και το φορτίο πάνω σ' αυτό.

Ανάλογη προσοχή πρέπει επίσης να δίνεται και στη φόρτωση μεγάλων βαρών πάνω στο κατάστρωμα, το οποίο ίσως σε ορισμένες περιπτώσεις χρειασθεί να υποστηλωθεί.

Στις περιπτώσεις φορτώσεως οχημάτων θα πρέπει να ελέγχεται ότι τα φορτία ανά τροχό δεν υπερβαίνουν τα αντίστοιχα επιτρεπόμενα (truck wheel loads). Τα επιτρεπόμενα φορτία για τα πλοία Ro - Ro φαίνονται στα σχέδιά τους.

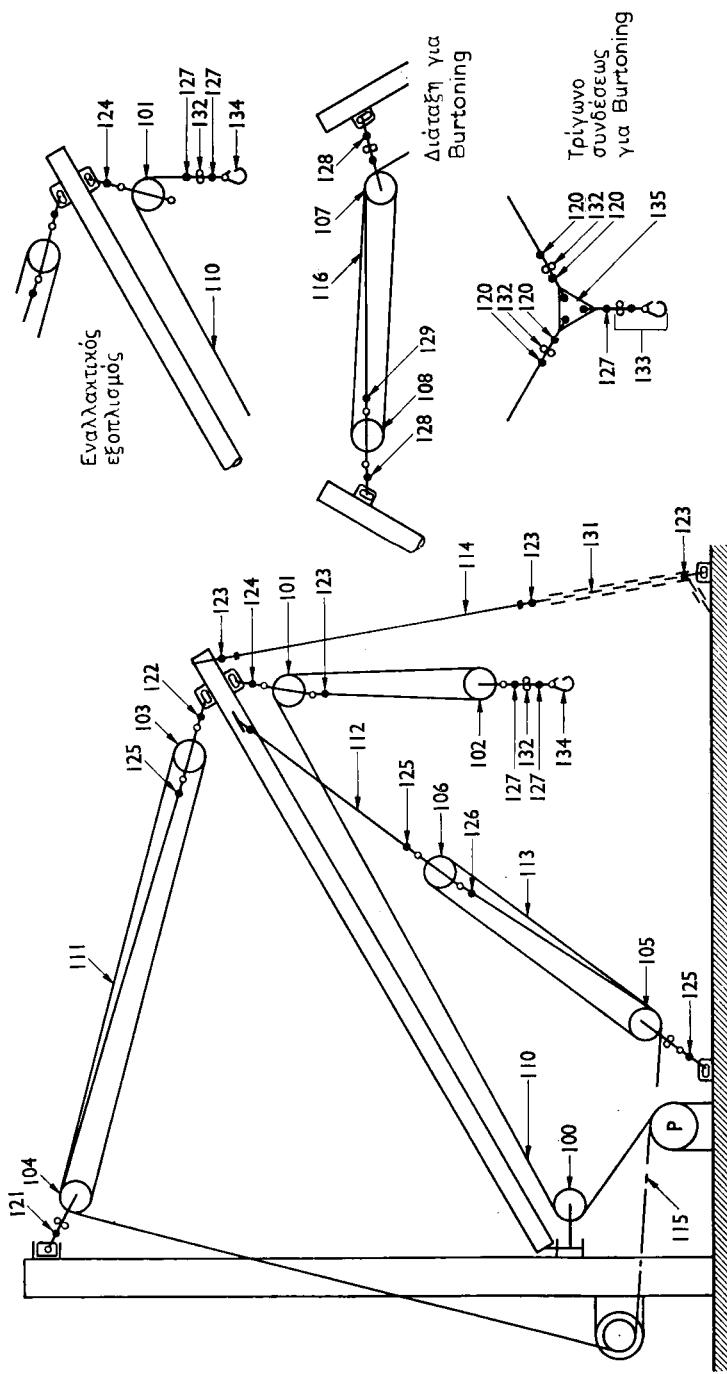
Πέρα από την τοπική καταπόνηση της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου θα πρέπει να ελέγχεται και η αντοχή του ως δοκού σε κάθε κατάσταση φορτώσεως.

5) Έχμαση μεγάλων βαρών.

Η πιθανότητα μετακινήσεως των μεγάλων βαρών σε περίπτωση θαλασσοταραχής επιβάλλει την κατάλληλη έχμασή τους. Ιδιαίτερα κρίσιμο παρουσιάζεται το πρόβλημα όταν μεγάλα βάρη είναι φορτωμένα το ένα πάνω στο άλλο. Τυπικές λεπτομέρειες σχετικές με την έχμαση (lashing) περιέχονται στο κεφάλαιο για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

17.7 Βιβλία και πιστοποιητικά ανυψωτικών μέσων του πλοίου.

Οι περισσότεροι νηογνώμονες συνιστούν, και είναι αρκετά συνηθισμένο στα νέα πλοία, να υπάρχουν **εγχειρίδια ανυψωτικών μέσων**. Τα βιβλία αυτά χρησιμοποιούνται για να επιβεβαιώνεται ότι κάθε εξάρτημα των ανυψωτικών μέσων έχει τη σωστή αντοχή, καθώς επίσης και για την παραγγελία ανταλλακτικών.



Σχ. 17.7.
Αριθμούντη στοιχείων φορτωτήρων 3 και 4.

Τα βιβλία αυτά γενικά περιέχουν τις παρακάτω πληροφορίες:

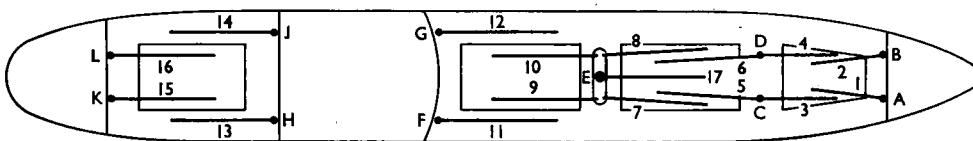
- Συνοπτική περιγραφή των δυνατοτήτων των ανυψωτικών μέσων του πλοίου.
- Διαγραμματική διάταξη κάθε φορτωτήρα, με λεπτομέρειες σχετικά με τον τρόπο εξοπλισμού του.
- Πίνακα συστημάτων τροχαλιών.
- Πίνακα κλειδιών.
- Πίνακα συρματοσχοίνων.
- Πίνακα λοιπών εξαρτημάτων.

Στο σχήμα 17.7 και στους πίνακες 17.7.1 ως 17.7.5 βλέπουμε την τυπική μορφή που έχουν τα παραπάνω στοιχεία.

Οι κανονισμοί των νηογνωμόνων απαιτούν την πραγματοποίηση των παρακάτω επιθεωρήσεων στα ανυψωτικά μέσα κάθε πλοίου και στον εξοπλισμό τους:

- Αρχική επιθεώρηση - δοκιμή των ανυψωτικών μέσων και του κινητού εξοπλισμού τους.
- Ετήσια επιθεώρηση.
- Επιθεώρηση κάθε τριετία.

Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω επιθεωρήσεων εκδίδονται αντίστοιχα πιστοποιητικά. Εκτός από την κατάσταση του ανυψωτικού εξοπλισμού, τα πιστοποιητικά περιέχουν και πληροφορίες σχετικά με τις δυνάμεις στις οποίες έχει δοκιμασθεί κάθε εξάρτημα.



ΠΙΝΑΚΑΣ 17.7.1
Χαρακτηριστικά ιστών και βραχίονων

Ιστός	Υψος ιστού από τον πείρο του βραχίονα	Υπαρξη εντάτηρων	Με ποιους βραχίονες χρησιμοποιείται ο ιστός	Μέγιστο SWL	επιτρεπόμενο Χωρίς τροχαλία φορτίου	Φορτίο (SWL) Σε διάταξη Bur toning	Μήκος βραχίονα	
A και B C και D	25'0" 37'0"	OXI OXI	1 και 42 3 και 4 5 και 6	5 10 10	3 5 5	tn 2½ 2½	40'6" 43'3" 55'0"	
E	46'0"	NAI	7 και 8 9 και 10 17	10 10 60	5 5 —	2½ 2½ —	60'0" 55'0" 60'0"	
F και G H και J	36'0" 30'0"	OXI OXI	11 και 12 12 και 14	15 7	5 3	2½ 2	50'0" 50'0"	Εντατήρες απαραίτητοι για φορτία δάνω των 60 tn
K και I	30'0"	OXI	15 και 16	5	—	1½	55'0"	

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.7.2.**Πίνακας στοιχείων τροχαλιών φορτωτήρων 3 και 4 (πίνακα 17.7.1)**

Αριθμός αναγνωρίσεως	Αριθμός απαραιτήτων τεμαχίων	SWL(tn)	SWL πιστοποιητικού	Φορτίο δοκιμής tn	Υλικό και διασπάσεις σύμρατος ή σχοινιού	Αριθμός τροχαλιών	Διάμετρος τροχαλιών	Υλικό τροχαλιών	Τύπος τροχαλιών
100	2	4,90	5,00	20,00	3½" συρματόσχ.	1	16"	χάλυβας	με τριβέα
101	2	7,69	7,75	31,00	3½" συρματόσχ.	1	16"	»	»
102	2	5,00	5,00	20,00	3½" συρματόσχ.	1	16"	»	»
103	2	5,45	5,50	22,00	2¾" συρματόσχ.	1	14"	»	»
104	2	12,80	12,80	25,60	2¾" συρματόσχ.	2	14"	»	»
105	4	5,00	5,00	10,00	3¾" συρματόσχ.	3	6"	»	κοινού
106	4	3,75	4,00	8,00	3½" συρματόσχ.	2	6"	»	τύπου
107	1	1,00	1,00	2,00	2½" συρματόσχ.	2	6"	»	»
108	5	0,50	0,50	2,00	2½" μανίλα	1	6"	»	»

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.7.3**Πίνακας στοιχείων κλειδιών φορτωτήρων 3 και 4 (πίνακα 17.7.1)**

Αριθμός αναγνωρίσεως	Αριθμός απαραιτήτων τεμαχίων για δύο φορτωτήρες	SWL, (tn)	SWL πιστοποιητικού	Φορτίο δοκιμής tn
120	4	2,65	3,00	6,00
121	2	12,80	13,50	27,00
122	2	10,90	11,00	22,00
123	8	5,70	5,75	11,50
124	2	15,38	15,50	31,00
125	14	3,75-4,20	4,25	8,50
126	2	0,75	0,85	1,70
127	4	10,00	10,00	20,00
128	2	1,00	1,00	2,00
129	1	0,35	0,40	0,30

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.7.4**Πίνακες στοιχείων συρματοσχοινών και σχοινιών φορτωτήρων 3 και 4 (πίνακα 17.7.2)**

Αριθμός αναγνωρίσεως	Αριθμός απαραιτήτων τεμαχίων για δύο φορτωτήρες	Ελάχιστο SWL, tn	SWL πιστοποιητικού	Φορτίο θραύσεως, tn	Υλικό κατασκευής	Περίμετρος	Τύπος	Απαραίτητο μήκος
110	2	5,65	5,90	29,4	85/95 συρματ.	3¼"	6 x 27	230'
111	2	4,00	4,22	21,1	85/95 συρματ.	2¾"	6 x 24	150'
112	4	3,75	3,82	19,1	85/95 συρματ.	2½"	6 x 19	20'
113	4	0,75	0,75	6,0	μανίλα	3½"	—	200'
114	2	5,70	5,76	28,8	95/102 συρματ.	3"	6 x 19	30'
115	2	4,00	4,22	21,1	85/95 συρματ.	2¾"	6 x 24	60'
116	1	0,35	0,39	3,1	μανίλα	2½"		280'

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.7.5**Υπόλοιπα εξαρτήματα φορτωτήρων 3 και 4 (πίνακα 17.7.2)**

Αριθμός αναγνωρίσεως	Περιγραφή	Απαραίτητος αριθμός τεμαχίων για δύο φορτωτήρες	Ελάχιστο SWL, tn	SWL πιστοποιητικού	Φορτίο δοκιμής, tn
131	Προστατευτικό αλυσίδας Στρεπτήρας	2	5,70	6,25	12,5
132	αγκίστρου	2	10,00	10,00	20,0
133	Άγκιστρο	1	2,50	3,00	6,0
134	Άγκιστρο	2	10,00	10,00	20,0
135	Τριγωνικό πλαίσιο	1	2,65	5,00	10,0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΟΟ

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΟ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΠΛΟΙΟΥ

18.1 Γενικά.

Όπως θα εξηγηθεί παρακάτω, ο όγκος και το βάρος του φορτίου που μπορεί να φορτωθεί σε ένα πλοίο εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του πλοίου, του φορτίου και του συγκεκριμένου ταξιδιού. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται χωριστά αλλά και σε συνδυασμό μεταξύ τους οι παραπάνω παράγοντες.

18.2 Χαρακτηριστικά πλοίου που σχετίζονται με την ποσότητα του φορτίου.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις δυνατότητες μεταφοράς κάθε πλοίου είναι:

- Το deadweight.
- Η σχέση βυθίσματος - εκτοπίσματος και λοιπών γεωμετρικών χαρακτηριστικών που επηρεάζουν την αρχική ευστάθεια.
- Τα χαρακτηριστικά ευστάθειας του πλοίου σε μεγάλες γωνίες εγκάρσιας κλίσεως.
- Ο όγκος, οι διαστάσεις των κυτών και οι διαστάσεις των ανοιγμάτων τους, καθώς και η κατασκευαστική γενικά διαμόρφωσή τους.
- Η σχετική θέση και το σχετικό μέγεθος των κυτών.
- Η διαμήκης και κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του άφορτου πλοίου.
- Οι χωρητικότητες και η θέση του κέντρου βάρους κατά τη διαμήκη, εγκάρσια και κατακόρυφη διεύθυνση των δεξαμενών του πλοίου.
- Τα χαρακτηριστικά του πλοίου σε σχέση με της απαιτήσεις της συμβάσεως «περί γραμμής φορτώσεως».
- Τα χαρακτηριστικά των ιδίων μέσων φορτοεκφορτώσεως του πλοίου (ανυψωτικές δυνατότητες και γεωμετρικά χαρακτηριστικά).
- Οι καταναλώσεις του πλοίου σε πετρέλαιο, λάδι λιπάνσεως, πόσιμο και τροφοδοτικό νερό και εφόδια.

Τα παραπάνω στοιχεία περιέχονται σε διάφορα σχέδια, μελέτες ή βιβλία του πλοίου. Μερικά όμως από αυτά, για την ευχερέστερη χρήση τους από τον πλοίαρχο βρίσκονται συγκεντρωμένα σε ειδικά σχέδια ή εγχειρίδια, όπως θα εξηγηθεί στις επόμενες παραγράφους.

18.3 Σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου (Capacity plan).

Η μορφή του σχεδίου δυνατοτήτων ποικίλλει από πλοίο σε πλοίο, οι πληροφορίες όμως που περιλαμβάνονται σ' αυτό είναι βασικά οι ίδιες.

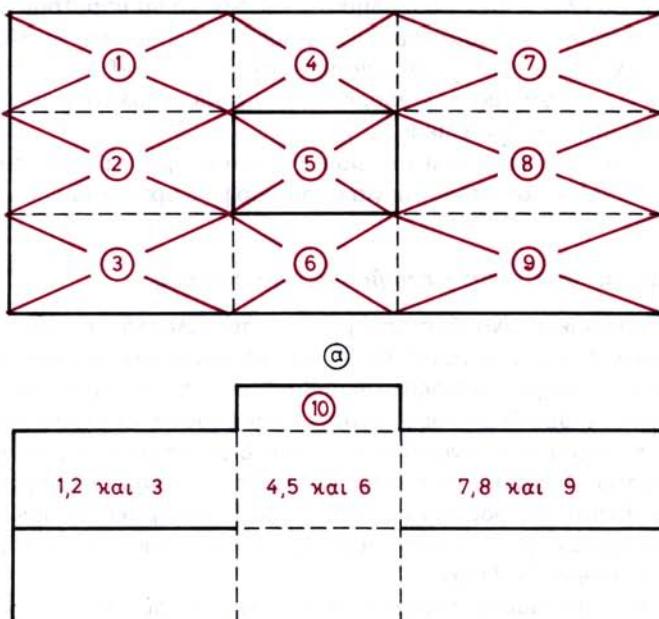
Το τυπικό σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου συνοπτικά περιέχει:

- Κλίμακα φορτώσεως, της οποίας η χρησιμοποίηση έχει επεξηγηθεί ήδη στην παράγραφο 7.8.
- Σχέδιο πλάγιας όψεως με λεπτομέρειες από τη γενική διάταξη του πλοίου και των ανυψωτικών του μέσων.
- Κατόψεις με λεπτομέρειες γενικής διατάξεως.
- Πίνακα κυρίων διαστάσεων του πλοίου.
- Κύρια χαρακτηριστικά της μηχανής.
- Χωρητικότητες δεξαμενών υγρού έρματος, πόσιμου νερού, πετρελαίου λεβήτων και Diesel.
- Χωρητικότητες κυτών.

Σε πολλές περιπτώσεις τα σχέδια δυνατοτήτων πλοίων έχουν ακόμη περισσότερες πληροφορίες, όπως π.χ. τα κέντρα βάρους των δεξαμενών και των κυτών. Διευκρινίζεται πάντως ότι το σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου περιέχει βασικά χαρακτηριστικά και όχι λεπτομέρειες.

18.4 Σχέδια χωρητικότητας κυτών.

Λεπτομερέστερα στοιχεία από όσα περιλαμβάνει το σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου για τα κύτη, περιέχονται σε σχέδια και πίνακες όπως ο πίνακας 5.9.1. Στα πλοία με περισσότερα από ένα καταστρώματα (multi deckers) υπάρχουν συνήθως σχέδια χωρητικότητας κάθε κύτους κατά τμήματα. Στα σχέδια αυτά (hold subdivision plans), ο χώρος κάθε κύτους ανάμεσα σε δύο διαδοχικά καταστρώματα υποδιαιρείται σε περιοχές, για κάθε μία από τις οποίες δίνεται η χωρητικότητα και τα αντίστοιχα κέντρα όγκου. Στο σχήμα 18.4 βλέπομε την υποδιαίρεση του πάνω μέ-



Σχ. 18.4.

Υποδιαίρεση κύτους σε περιοχές. α) Κάτωψη tween deck. β) Πλάγια όψη.

ρους ενός κύτους (tween deck) σε δέκα περιοχές. Σχέδια χωρητικότητας κύτους κατά τμήματα υπάρχουν πολλές φορές και στα πλοία ενός καταστρώματος, όπως τα bulk carriers. Τα παραπάνω σχέδια διευκολύνουν πολύ στους υπολογισμούς φορτώσεως γενικού φορτίου (βλ. και παράγραφο 6.5).

18.5 Ποσότητα φορτίου που μπορεί να φορτωθεί σε ένα πλοίο.

1) Γενικά.

Για την τελειότερη εκμετάλλευση του πλοίου και με την προϋπόθεση ότι υπάρχει αρκετή προσφορά φορτίου, επιδιώκεται το πλοίο να μεταφέρει όσο το δυνατό περισσότερο φορτίο. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι κάθε φορά τα πλοία αποπλέουν από το λιμάνι φορτώσεως με πλήρες φορτίο (μειωμένη προσφορά φορτίου ή ανάγκη φορτώσεως του πλοίου και σε επόμενα λιμάνια). Η ποσότητα φορτίου που μπορεί και επιτρέπεται να μεταφέρει κάθε πλοίο εξαρτάται από:

- Την ικανότητά του να μεταφέρει βάρος.
- Την επάρκεια του όγκου των κυτών.
- Παράγοντες ασφάλειας, όπως είναι η ευστάθεια, η αντοχή, η επάρκεια καυσίμων και εφοδίων για το ταξίδι και η συμπεριφορά του πλοίου σε περίπτωση θαλασσοταραχής.

Ως γενική αρχή, μπορεί να λεχθεί ότι επιδιώκεται το πλοίο να αποπλέει με το μεγαλύτερο βύθισμα που επιτρέπεται από τους κανονισμούς της γραμμής φορτώσεως και με τα κύτη του πλήρη. Όπως όμως θα δούμε παρακάτω, η ταυτόχρονη ικανοποίηση των δύο αυτών απαιτήσεων δεν είναι πάντοτε δυνατή.

Αν τα κύτη του πλοίου δεν είναι πλήρη, είναι πιθανό να υπάρξουν μετακινήσεις φορτίου σε περίπτωση θαλασσοταραχής, οι οποίες μπορούν και να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια του πλοίου. Αν επίσης το πλοίο δεν ταξιδεύει στο μέγιστο ή σχεδόν στο μέγιστο βύθισμά του, μπορεί να μην είναι ευκολοχείριστο ή και να μην υπάρχει πλήρης βύθιση της έλικας.

Γενικά, ο τρόπος υπολογισμού του φορτίου που μπορεί να μεταφερθεί από ένα πλοίο είναι πιο απλός όταν πρόκειται για ομοιόμορφο φορτίο χύδην από ό,τι για γενικό φορτίο.

2) Η σημασία του συντελεστή στοιβασίας του φορτίου.

Από τα προηγούμενα είναι ήδη φανερό ότι ο συντελεστής στοιβασίας του φορτίου επηρεάζει ιδιαίτερα στις δυνατότητες και τον τρόπο φορτώσεως κάθε πλοίου. Αν το φορτίο έχει μικρό συντελεστή στοιβασίας, οι δυνατότητες μεταφοράς βάρους του πλοίου καθορίζουν πόσο φορτίο είναι δυνατό να μεταφερθεί, γιατί θα πλεύσει τότε το πλοίο στο μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα χωρίς να γεμίσουν τελείως τα κύτη του. Αντίθετα, αν ο συντελεστής στοιβασίας του φορτίου είναι μεγάλος, την ποσότητα του φορτίου που μπορεί να μεταφερθεί καθορίζει ο διαθέσιμος όγκος των κυτών, γιατί τα κύτη γεμίζουν τελείως πριν το πλοίο πλεύσει στο μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα.

Ο συντελεστής στοιβασίας εκφράζει σε m^3 τον όγκο που χρειάζεται για να αποθηκευθεί ένας μετρικός τόννος πακεταρισμένου ή χύδην φορτίου, ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς του (στο αγγλικό σύστημα ο όγκος που χρειάζεται για να αποθηκευθεί ένας αγγλικός τόννος φορτίου δίνεται σε ft^3). Ο συντελεστής στοιβασίας

κυμαίνεται σε ευρύτατα όρια. Χυτεύματα μολύβδου π.χ. έχουν συντελεστή στοιβασίας $0,195 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($7 \text{ ft}^3/\text{LT}$), ενώ για την κιμωλία φθάνει μέχρι $11,7 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($420 \text{ ft}^3/\text{LT}$). Υπάρχουν και φορτία με συντελεστή στοιβασίας $27,87 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($1000 \text{ ft}^3/\text{LT}$).

Για τον υπολογισμό των συντελεστών στοιβασίας συχνά λαμβάνεται υπόψη η **απώλεια κυβικών** λόγω σχήματος του φορτίου ή λόγω παρουσίας υποστυλωμάτων, νομέων και άλλων στοιχείων της κατασκευής, τα οποία εμποδίζουν την ελεύθερη φόρτωση (*broken stowage*), καθώς επίσης και η ανάγκη τοποθετήσεως σφηνών για την έχμαση του φορτίου ή για την επένδυση με ξύλο του πυθμένα και των τοιχωμάτων του κύτους, για προστασία του φορτίου από το νερό και τις εφιδρώσεις (*dunnage*). Σύμφωνα με την Αμερικανική πρακτική, η **χωρητικότητα των κυτών ενός πλοίου σε πακέτα (baul)** μειώνεται για τους παραπάνω λόγους κατά 10%, ενώ οι συντελεστές στοιβασίας χρησιμοποιούνται χωρίς καμία μεταβολή. Φορτία με συντελεστή στοιβασίας κάτω από $1,11 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($40 \text{ ft}^3/\text{LT}$) χαρακτηρίζονται ως **φορτία βάρους (deadweight cargo)**. Αντίθετα, φορτία με συντελεστή στοιβασίας πάνω από $1,11 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($40 \text{ ft}^3/\text{LT}$) χαρακτηρίζονται ως **φορτία δύκου (measurement cargo)**.

Φυσικά, για τον έλεγχο της δυνατότητας φορτώσεως σε ένα πλοίο ενός συγκεκριμένου φορτίου, δεν είναι αρκετή η γνώση και μόνο του συντελεστή στοιβασίας του (π.χ. ένα κιβώτιο μπορεί να έχει διαστάσεις μεγαλύτερες από το άνοιγμα του κύτους αν και έχει όγκο πολύ μικρότερο του όγκου του κύτους). Με τη βοήθεια όμως του συντελεστή στοιβασίας είναι δυνατό να υπολογισθεί η ποσότητα φορτίου χύδην που μπορεί να μεταφέρει ένα πλοίο και να γίνει επίσης αντίστοιχη εκτίμηση ποσότητας για όχι ασυνήθη γενικά φορτία.

3) Ποσοστό ασφάλειας καυσίμου και εφοδίων.

Όπως έχει ήδη επεξηγηθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, το βάρος του φορτίου που μπορεί να μεταφέρει ένα πλοίο προκύπτει, αν αφαιρέσομε από το deadweight το βάρος του πετρελαίου, του πόσιμου και τροφοδοτικού νερού, του λαδιού λιπάνσεως και των υπολοίπων εφοδίων του πλοίου. Οι παραπάνω ποσότητες μπορούν εύκολα να υπολογισθούν αν γνωρίζομε:

- Την απόσταση μεταξύ των λιμανιών ανεφοδιασμού.
- Τις ειδικές καταναλώσεις ανά ώρα ή ανά ημέρα για κάθε ένα από τα παραπάνω καταναλώσιμα είδη.
- Την ταχύτητα με την οποία θα πραγματοποιηθεί το ταξίδι.

Είναι όμως φανερό ότι οι συνθήκες που μπορεί να αντιμετωπίσει ένα πλοίο σε ένα ταξίδι είναι δυνατό να μεταβληθούν τόσο πολύ, ώστε να καταστήσουν τα αποτελέσματα των σχετικών υπολογισμών εντελώς ανακριβή. Μπορεί π.χ. ένα πλοίο να παραμείνει ακυβέρνητο λόγω βλάβης για πολλές ημέρες και να δημιουργηθεί πρόβλημα επάρκειας τροφίμων ή είναι πιθανό, λόγω κακοκαιρίας, να γίνουν τέτοιες λοξοδρομήσεις από την πορεία, ώστε να δημιουργηθεί πρόβλημα επάρκειας καυσίμων.

Για τους παραπάνω λόγους συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται στους σχετικούς υπολογισμούς τα λεγόμενα **ποσοστά ασφάλειας καυσίμου και εφοδίων που είναι τα ποσοστά (σε σχέση με τις αρχικές ποσότητες)** που θα έχει το πλοίο στο λιμάνι κατάπλου, αν το ταξίδι πραγματοποιηθεί υπό φυσιολογικές συνθήκες.

Τα ποσοστά ασφάλειας καυσίμου και εφοδίων εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, ανάμεσα στους οποίους είναι η κατάσταση της μηχανής του πλοίου, η περιοχή του ταξιδιού, η εποχή του χρόνου και κυρίως η προνοητικότητα από μέρους του πλοιοκτήτη ή του πλοιάρχου ως προς την πιθανότητα αντιμετωπίσεως ευνοϊκών ή δυσμενών συνθηκών κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε τόννος πρόσθετου καυσίμου δημιουργεί και αντίστοιχη απώλεια φορτίου, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό για την όλη εκμετάλλευση του πλοίου.

Ενδεικτικά αναφέρεται εδώ ότι οι κανονισμοί του IMO ως προς τη σύνταξη των εγχειρίδιων ζυγίσεως και ευστάθειας (trim and stability manuals) προϋποθέτουν ότι το πλοίο καταπλέει με ποσοστό καυσίμων και εφοδίων που δεν καταναλώθηκαν στο ταξίδι ίσο με 10%.

4) Προϋπολογισμός ποσότητας φορτίου χύδην.

Για λόγους απλουστεύσεως, θα θεωρήσουμε στην αρχή την περίπτωση **ομοιόμορφου φορτίου**, ότι δηλαδή στο πλοίο θα φορτωθεί μία μόνο ποικιλία φορτίου, η οποία χαρακτηρίζεται από ένα και μόνο συγκεκριμένο συντελεστή στοιβασίας.

Για την εύρεση της ποσότητας του φορτίου που μπορεί να φορτωθεί στο πλοίο, πρέπει να μελετήσουμε ποσοτικά το βάρος που είναι δυνατό να μεταφέρει το πλοίο, την επάρκεια του όγκου των κυτών, την ευστάθεια στην κατάσταση αναχωρήσεως και αφίξεως, τη διαγωγή και την αντοχή του πλοίου.

Όλα τα στοιχεία για την πραγματοποίηση των παραπάνω υπολογισμών έχουν δοθεί ήδη σε προηγούμενα κεφάλαια (εκτός από τα θέματα αντοχής, τα οποία αναφέρονται στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου). Η σχετική διαδικασία των υπολογισμών θα φανεί στο επόμενο παράδειγμα.

Παράδειγμα.

Το πλοίο Α πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για μεταφορά φορτίου με συντελεστή στοιβασίας $2 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($71,76 \text{ ft}^3/\text{MT}$), υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Μέση ταχύτητα 13 κόμβοι.
- Κατανάλωση πετρελαίου 78 MT/ημέρα.
- Κατανάλωση πόσιμου νερού 8 MT/ημέρα.
- Κατανάλωση εφοδίων 2,5 MT/ημέρα.
- Ποσοστό ασφάλειας καυσίμων, νερού και εφοδίων 10%.
- Υποχρεωτική τήρηση των απαιτήσεων ως προς την ευστάθεια της παραγράφου 15.2.
- Υπόλοιπες λεπτομέρειες ταξιδιού όπως στο παράδειγμα της παραγράφου 14.2.

a) Δυνατότητα μεταφοράς βάρους.

Η διαδικασία για τους σχετικούς υπολογισμούς είναι παρόμοια με εκείνη του παραδείγματος της παραγράφου 14.2.

Κατά την αναχώρηση από το λιμάνι θα έχομε:

Συνολική απόσταση ταξιδιού = $1100 + 3200 + 2000 = 6300$ μίλια

Συνολικός χρόνος ταξιδιού σε ημέρες = $\frac{6300}{13 \times 24} = 20,19$ ημέρες

$$\begin{array}{l}
 \text{Ποσότητα πετρελαίου} \quad 20,19 \times 78 = 1574,82 \text{ MT} \\
 \text{Ποσότητα νερού} \quad 20,19 \times 8 = 161,52 \text{ MT} \\
 \text{Ποσότητα εφοδίων} \quad 20,19 \times 2,5 = \underline{\quad 50,47 \quad} \text{ MT} \\
 \\
 \text{Σύνολο} \quad 1641,81 \text{ MT}
 \end{array}$$

Επειδή το πλοίο θα πρέπει να καταπλεύσει με 10% υπόλοιπο στα παραπάνω καταναλώσιμα είδη, οι ποσότητες που θα πρέπει να υπάρχουν στην αναχώρηση είναι:

$$\begin{array}{l}
 \text{Πετρέλαιο} \quad \frac{100}{90} \times 1574,82 = 1750 \text{ MT} \\
 \\
 \text{Νερό} \quad \frac{100}{90} \times 161,52 = 180 \text{ MT} \\
 \\
 \text{Εφόδια} \quad \frac{100}{90} \times 50,47 = \underline{\quad 56 \quad} \text{ MT} \\
 \\
 \text{Σύνολο} \quad 1986 \text{ MT}
 \end{array}$$

Από τον πίνακα 5.8.1 και για πληρότητα 98%, βλέπομε ότι μία πιθανότητα φορτώσεως των παραπάνω υγρών είναι:

Πετρέλαιο.

Όλες οι δεξαμενές τελείωσις γεμάτες, εκτός από τις:

- No 1 D.B (PS) προς πρώτα της Deep tank (κενή).
- Πλευρικές Wine tanks P και S (κενές).
- Χρήσεως P (περιέχει 41 MT).
- Χρήσεως S (περιέχει 41 MT).

Πόσιμο νερό.

- Η δεξαμενή νερού πλύσεως ανάμεσα στους νομείς 1 και 10 γεμάτη (154 MT).
 - Η δεξαμενή πόσιμου νερού ανάμεσα στους νομείς 1 και 10 (περιέχει 26 MT).
- Από την κλίμακα φορτώσεως του πλοίου A που δεν αναφέρεται εδώ, έχομε:
- Deadweight θέρους 43800 MT.
 - Βύθισμα θέρους 12,04 m.
 - Τροπικό βύθισμα $12,04 + 0,248 = 12,288$ m.
 - TPC 51,55 MT/cm.
 - Deadweight (τροπικό) $43800 + 24,8 \times 51,55 = 45078$ MT
 - Φορτίο $45078 - 1986 = 43092$ MT

Κατά την αναχώρηση από την τροπική ζώνη θα έχομε:

Συνολική απόσταση που απομένει να καλύψει το πλοίο $= 3200 + 2000 = 5200$ μίλια
Συνολικός χρόνος

$$\text{ταξιδιού σε ημέρες} = \frac{5200}{13 \times 24} = 16,66 \text{ ημέρες}$$

Ποσότητα πετρελαίου	$16,66 \times 78 = 1299,48$ MT
Ποσότητα νερού	$16,66 \times 8 = 133,28$ MT
Ποσότητα εφοδίων	$16,66 \times 2,5 = 41,65$ MT
	Σύνολο
	1474,41 MT

Προσθέτοντας και το αρχικό πλεόνασμα καυσίμων νερού και εφοδίων ($1986 - 1642 = 344$ MT), θα έχομε:

Συνολική ποσότητα

καυσίμων νερού

$$\text{και εφοδίων} = 1474,41 + 344 = 1818,4 \text{ MT}$$

To deadweight θέρους όπως είδαμε είναι 43800 MT. Επομένως το φορτίο θα πρέπει να είναι $= 43800 - 1818,4 = 41981,6$ MT.

Κατά την αναχώρηση από το όριο της περιοχής θέρους θα έχομε:

Συνολική απόσταση που πρέπει να καλύψει το πλοίο = 2000 μίλια

$$\text{Συνολικός χρόνος ταξιδιού σε ημέρες} = \frac{2000}{13 \times 24} = 6,41 \text{ ημέρες}$$

$$\text{Ποσότητα πετρελαίου} \quad 6,41 \times 78 = 499,98 \text{ MT}$$

$$\text{Ποσότητα νερού} \quad 6,41 \times 8 = 51,28 \text{ MT}$$

$$\text{Ποσότητα εφοδίων} \quad 6,41 \times 2,5 = 16,02 \text{ MT}$$

$$\text{Σύνολο} \quad 567,28 \text{ MT}$$

Συνολική ποσότητα

νερού καυσίμων

$$\text{και εφοδίων} = 567,28 + 344 = 911 \text{ MT}$$

Από την κλίμακα φορτώσεως, το περιθώριο ύψους εξάλων χειμώνα είναι 0,248 m.

Από την παράγραφο 14.1 το περιθώριο ύψους εξάλων Βόρειου Ατλαντικού είναι 0,05 m. Έτσι:

Σύνολο περιθωρίου ύψους

εξάλων χειμώνα και

$$\text{Βόρειου Ατλαντικού} = 0,248 + 0,05 = 0,298 \text{ M}$$

$$\text{Deadweight} = 43800 - 29,8 \times 51,55 = 42263,8 \text{ MT}$$

$$\text{Φορτίο} = 42263,8 - 911 = 41352,8 \text{ MT}$$

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι, για να ικανοποιηθούν παντού οι απαιτήσεις της γραμμής φορτώσεως και του ταξιδιού, το πλοίο επιτρέπεται να φορτώσει 41352,8 MT φορτίου στο λιμάνι αναχωρήσεως.

β) Επάρκεια όγκου κυτών.

Ο συνολικά απαιτούμενος όγκος κυτών για τη φόρτωση του παραπάνω φορτίου με συντελεστή στοιβασίας $2 \text{m}^3/\text{MT}$ είναι:

$$\text{Απαραίτητος όγκος κυτών} = 41352,8 \times 2 = 82705,6 \text{ m}^3$$

Ο συνολικός όγκος κυτών που διαθέτει το πλοίο για φορτίο χύδην, όπως προκύπτει από τον πίνακα 5.9.1, είναι 50575 m^3 . Επομένως το πλοίο, έστω και αν νευί-

σει όλα τα κύτη του, δεν είναι δυνατόν να παραλάβει όλο το φορτίο.

Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να παραληφθεί με όλα τα κύτη γεμάτα είναι:

$$\text{Μέγιστο φορτίο} = \frac{50575}{2} = 25287,5 \text{ MT}$$

γ) Έλεγχος ευστάθειας πλοίου στην αναχώρηση.

Για τον έλεγχο της ευστάθειας θα πρέπει να καταρτισθούν πίνακες ανάλογοι με εκείνους της παραγράφου 6.4 για να βρεθεί το εκτόπισμα και η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου. Σημειώνεται ότι η έλλειψη σε λάδι λιπάνσεως και τροφοδοτικό νερό οφείλεται στην προσπάθεια απλουστεύσεως του παραδείγματος.

Στον πίνακα 18.5.1 καταγράφονται τα βάρη και ροπές των καταναλωσίμων υγρών. Για το φορτίο δεν είναι, σ' αυτή την περίπτωση, απαραίτητο να καταρτισθεί πίνακας, γιατί όλα τα κύτη είναι τελείως γεμάτα. Έτσι μπορούμε να πάρομε έτοιμες όλες τις πληροφορίες από τον πίνακα 5.9.1. Τέλος στον πίνακα 18.5.2 βρίσκονται τα στοιχεία ολόκληρου του πλοίου για την κατάσταση αναχωρήσεως. Ακολουθώντας στη συνέχεια διαδικασίες που έχομε ήδη επανειλημμένα εφαρμόσει σε προηγούμενα παραδείγματα, έχομε:

Από τους υδροστατικούς πίνακες σε εκτόπισμα 39705,5 MT.

$$H_{CF} = 8,80 - 0,2 \times \frac{40002 - 39705,5}{40002 - 39027} = \\ = 8,80 - 0,2 \times 0,304 = 8,74 \text{ m}$$

$$LCB_o = 101,07 + 0,304 (101,16 - 101,07) = 101,097 \text{ m}$$

$$LCF = 97,68 + 0,304 (97,85 - 97,68) = 97,73 \text{ m}$$

$$KM_T = 12,11 + 0,304 (12,18 - 12,11) = 12,13 \text{ m}$$

$$MCT1\text{cm} = 601,63 + 0,304 (596,47 - 601,63) = 600 \text{ MT-m/cm}$$

Με τα παραπάνω στοιχεία έχομε:

Από τη σχέση (115):

$$\Delta \text{ιαγωγή} = \frac{\Delta(LCB_o - LCG)}{MCT1 \text{ cm}} = \frac{39705,5 (101,097 - 100,15)}{600} = 62,7 \text{ cm}$$

Από τη σχέση (70):

$$WW_1 = (\Delta \text{ιαγωγή}) \times \frac{LCF}{LBP} = 0,627 \times \frac{97,73}{192} = 0,319 \text{ m}$$

Από τη σχέση (71):

$$LL_1 = (\Delta \text{ιαγωγή}) \times \frac{LBP - LCF}{LBP} = 0,627 \times \frac{192 - 97,73}{192} = 0,308 \text{ m}$$

Από τη σχέση (72):

$$H_A = H_{CF} + WW_1 = 8,74 + 0,319 = 9,059 \text{ m}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.5.1
Βάρη και κέντρα βάρους καταναλωτήμαν υγρών (αναχώρηση)

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8	ΣΤΗΛΗ 9
Δεξαμενή	'Ογκος (m ³)	1/S.F MT/m ³	Βάρος (2) × (3) (MT)	Βραχίονας από πρυμναία κάθετο (m)	Διαμηκης ροπή (4) × (5) MT-τη	Βραχίονας από τρόποδα (m)	Κατακόρυφη ροπή ΜΤ-τη	Ελεύθερη επιφάνεια (m ⁴)
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΛΕΒΗΤΩΝ								
Προς ΠΡ της deep tank (P)	493,4	0,92	454	180,23	81824	10,52	4776	πλήρης πλήρης πλήρης πλήρης πλήρης
Προς ΠΡ της deep tank (S)	600,0	0,92	552	180,13	99431	10,00	5520	
No 1 δεξαμενή D.B (P)	228,8	0,92	210,5	173,76	36576	2,02	425	
No 1 δεξαμενή D.B (S)	228,8	0,92	210,5	173,76	36576	2,02	425	
Πλευρική (wing) (P)	—	0,92	—	—	—	—	—	
Πλευρική (wing) (S)	—	0,92	—	—	—	—	—	
Χρίσεως (P)	44,6	0,92	41	14,93	612	13,36	548	κενή κενή
Χρίσεως (S)	44,6	0,92	41	13,41	550	13,41	550	20 18
Καρακαθίσεως (P)	168,5	0,92	155	10,15	1573	13,51	2094	πλήρης πλήρης πλήρης πλήρης
Μηχανοστασιού D.B (P)	32,6	0,92	30	25,51	765	1,29	39	
Μηχανοστασιού D.B (S)	32,6	0,92	30	24,32	729	1,03	31	
Υπερχελισεων	28,3	0,92	26	12,59	327	1,22	32	
ΣΥΝΟΛΟ ΠΙΤΤΕΡΛΑΙΟΥ ΛΕΒΗΤΩΝ	1902		1750		258963		14440	38
ΓΛΥΚΟ ΝΕΡΟ								
Δεξαμενή νερού πλύσεως ανάμεσα στου νομείς 1 και 10 Δεξαμενή πόσιμου νερού ανάμεσα στους νομείς 1 και 10	154	1,0	154	3,66	564	14,98	2307	πλήρης
ΣΥΝΟΛΟ ΝΕΡΟΥ ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΔΩΣΙΜΩΝ ΥΓΡΩΝ	180		180		651		2593	2
			1930		259614		17033	40

Βάρος και ροπές για ολόκληρο το πλοίο (αναχώρηση)

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8	ΣΤΗΛΗ 9
Περιγραφή	'Ογκός (m³)	1/S.F. MT/m³	Βάρος (2) x (3) (MT)	Βραχίονας από πρωμαία κάθετο (m)	Διαμήκης ροπή (4) x (5) MT-m	Βραχίονας από τρόπιδα (m)	Κατακρύ- φη ροπή MT-m	Ελεύθερη επιφάνεια (m²)
ΦΟΡΤΙΟ (Πίνακας 5.2.1)	50575	0,5	25287,5	103,78	2624337	9,08	229610	
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΛΕΒΗΤΩΝ (Πίνακας 18.5.1)	1902	0,92	1750,0		258963		14440	38
ΓΛΥΚΟ ΝΕΡΟ (Πίνακας 18.5.1)	180	1,0	180		651		2593	2
ΕΦΟΔΙΑ	—	—	56	72,7	4071	15,91	891	—
Deadweight ΑΦΟΡΤΟ ΠΛΟΙΟ (Πίνακας 6.4.3)				27273,5	2888022			247534
ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ			12432	87,57	1088670	12,08	150178	
			39705,5		3976692		397712	
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Διαμήκης θέση} \\ \text{κέντρου βάρους} \end{array} \right\}$			$\frac{3976692}{39705,5} = 100,15 \text{ m}$					
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Κατακρύφη θέση} \\ \text{κέντρου βάρους} \end{array} \right\}$			$\frac{397712}{39705,5} = 10,016 \text{ m}$					
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Δύρθωση για} \\ \text{ελεύθερη επιφάνεια} \end{array} \right\}$			$\frac{0,92 \times 38 + 2}{39705,5} = 0,00095 \text{ m (ασήμαντη)}$					
			$\frac{1,025}{}$					
Φαινομενική κατακρύφη θέση ξένηρου βάρους = 10,016 m								

Από τη σχέση (73):

$$H_F = H_{CF} - LL_1 = 8,74 - 0,308 = 8,432 \text{ m}$$

Το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος είναι:

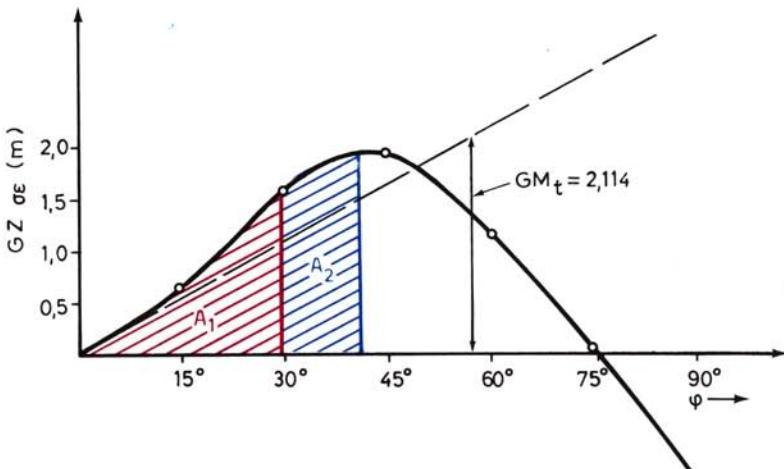
$$GM_T = KM_T - KG = 12,13 - 10,016 = 2,114 \text{ m}$$

Στη συνέχεια, ακολουθώντας το παράδειγμα της παραγράφου 9.7 βρίσκομε στοιχεία για τη χάραξη της καμπύλης ευστάθειας του πλοίου, όπως φαίνεται στον πίνακα 18.5.3. Με τα στοιχεία του πίνακα χαράσσουμε στη συνέχεια την καμπύλη που φαίνεται στο σχήμα 18.5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.5.3

Εύρεση στοιχείων για χάραξη καμπύλης ευστάθειας σε κατάσταση αναχωρήσεως

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5
Γωνιά φ σε μοίρες	$(GZ)_1$ από σχήμα 9.3 για $\Delta = 39705$ (m)	ημφ	$(KG_1 - KG)$ ημφ $= 0,654$ ημφ (m)	$GZ =$ $= (2) + (4)$ (m)
0	0,00	0,0000	0,000	0,000
15°	0,44	0,2588	0,169	0,609
30°	1,28	0,5000	0,327	1,607
45°	1,44	0,7071	0,462	1,902
60°	0,58	0,8660	0,566	1,146
75°	-0,62	0,9659	0,631	0,011
90°	-1,84	1,000	0,654	-1,186



Σχ. 18.5.
Καμπύλη ευστάθειας σε έμφορτη κατάσταση.

Στο σχήμα 18.5 έχομε:

Με τον 1ο κανόνα Simpson:

$$A_1 = \frac{15}{3} [1 \times 0 + 4 \times 0,609 + 1 \times 1,607] = 5 \times 4,043 = \\ = 20,215 \text{ m-μοίρες ή } 0,352 \text{ m-ακτίνια}$$

Με τον κανόνα του τραπεζοειδούς:

$$A_2 = 10 \times \frac{1,607 + 1,95}{2} = 17,785 \text{ m-μοίρες ή } 0,31 \text{ m-ακτίνια}$$

Έτσι σε σχέση με τις απαιτήσεις του σχήματος 15.2 έχουμε:

$$A_1 = 0,352 > 0,055$$

$$A_2 = 0,31 > 0,03$$

$$A_1 + A_2 = 0,662 > 0,09$$

$$\text{Μέγιστο GZ σε γωνία } 44^\circ > 25^\circ$$

$$GZ_{30^\circ} = 1,607 > 0,2 \text{ m}$$

$$GM_t = 2,114 > 0,15 \text{ m}$$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι όλες οι απαιτήσεις ευστάθειας του πλοίου στην έμφορτη κατάσταση καλύπτονται και μάλιστα με μεγάλα περιθώρια.

Αν δεν συνέβαινε κάτι τέτοιο και δεδομένου ότι το πλοίο έχει περιθώρια βιθίσματος (δεν είναι φορτωμένο μέχρι τη μπάλα) θα ήταν δυνατό να γεμίσουμε μερικές δεξαμενές έρματος του διπύθμενου.

Με το μέτρο αυτό θα μπορούσαμε να επιφέρομε βελτίωση της ευστάθειας σε βαθμό που να ικανοποιηθούν τα κριτήρια.

Αν πάλι σε κάποια άλλη περίπτωση το πλοίο ήταν φορτωμένό μέχρι τη μπάλα και τα κριτήρια ευστάθειας δεν μπορούσαν να ικανοποιηθούν θα ήταν απαραίτητο να αφαιρέσουμε φορτίο και να προσθέσουμε υγρό έρμα χαμηλότερα για να επιτύχουμε το απαραίτητο επίπεδο ασφάλειας. Έτσι βλέπομε πώς είναι δυνατό οι απαιτήσεις ευστάθειας να οδηγήσουν σε περιορισμό του φορτίου.

δ) Έλεγχος ευστάθειας πλοίου στην άφιξη.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του προβλήματος, το πλοίο θα φθάσει στο λιμάνι προορισμού με το 10% μόνο της αρχικής ποσότητας πετρελαίου, νερού και εφοδίων.

Για τον έλεγχο της ευστάθειας του πλοίου όλοι οι υπολογισμοί της παραγράφου (γ) θα πρέπει να επαναληφθούν για τη νέα κατάσταση φορτώσεως του πλοίου. Οι υπολογισμοί αυτοί παραλείπονται εδώ για λόγους συντομίας. Στην κατάσταση αφίξεως, για την πραγματοποίηση των υπολογισμών απαραίτητο είναι να αποφασίσουμε ποιες συγκεκριμένες δεξαμενές νερού και πετρελαίου είναι κενές, ώστε να υπολογίσουμε και τη διαφορετική τώρα επίδραση των ελευθέρων επιφανειών.

Για το συγκεκριμένο πρόβλημα τα αποτελέσματα στην κατάσταση αναχωρήσεως είναι τόσο καλά, ώστε με λίγη πείρα συμπεραίνει κανείς ότι δεν θα υπάρχει πρόβλημα ούτε στην κατάσταση αφίξεως. Πάντως, αν διαπιστωθεί ανεπάρκεια ευστάθειας, η λύση είναι πάλι ο ερματισμός που ενδέχεται να δημιουργήσει την ανάγκη περιορισμού του φορτίου στην αναχώρηση.

Έτσι, για το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι φανερό ότι το φορτίο που μπορεί να παραλάβει το πλοίο είναι 25287,5 τόννοι λόγω του περιορισμένου (για το συγκεκριμένο συντελεστή στοιβασίας) όγκου των κυτών.

ε) Έλεγχος βυθισμάτων.

Στους υπολογισμούς των παραγράφων (γ) και (δ) προκύπτουν και τα βυθίσματα του πλοίου στην αναχώρηση και άφιξη. Από αυτά εύκολα μπορεί να υπολογισθεί το **ναυτιλιακό**, όπως λέγεται, βύθισμα, στις αντίστοιχες συνθήκες. Το ναυτιλιακό βύθισμα είναι το βύθισμα της βαθύτερης προεξοχής του πλοίου (π.χ. της έλικας ή άλλου σημείου που εξέχει κάτω από τη βασική γραμμή).

Το ναυτιλιακό βύθισμα θα πρέπει να συγκριθεί με το βάθος του νερού στο λιμάνι αναχωρήσεως και αφίξεως και στα αβαθή σημεία της διαδρομής.

Αν διαπιστωθούν προβλήματα λόγω μεγάλου βυθίσματος, θα πρέπει και πάλι να ελαττώσουμε ανάλογα το φορτίο του πλοίου.

Σε μερικές ειδικές περιπτώσεις μεταφοράς φορτίου χύδην, όπως είναι τα σιτηρά, απαιτείται η ικανοποίηση ιδιαιτέρων κανονισμών ευστάθειας που θα επεξηγηθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

5) Προϋπολογισμός ποσότητας γενικού φορτίου.

Όπως είδαμε στο προηγούμενο παράδειγμα, στην περίπτωση μεταφοράς ενάς και μόνο είδους φορτίου χύδην υπάρχουν δύο περιπτώσεις:

- Αν ο συντελεστής στοιβασίας του φορτίου είναι μεγάλος, το πλοίο θα γεμίσει τα κύτη του χωρίς να πλεύσει στο μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα.
- Αν ο συντελεστής στοιβασίας του φορτίου είναι μικρός, το πλοίο θα πλεύσει στο μέγιστο βύθισμα χωρίς να γεμίσει τα κύτη του.

Θεωρητικά θα ήταν δυνατό ένα πλοίο να πλεύσει στο μέγιστο βύθισμα και ταυτόχρονα να γεμίσει τα κύτη του τελείως μόνον όταν ο συντελεστής στοιβασίας του φορτίου έχει την τιμή που προκύπτει από τη σχέση:

$$S.F = \frac{\text{Όγκος κυτών}}{\text{Μεταφορική ικανότητα πλοίου σε tη}} \quad (139)$$

Στην περίπτωση του γενικού φορτίου τα πράγματα είναι κάπως διαφορετικά. Αν υπάρχει προσφορά ποικιλίας φορτίου με μικρούς και μεγάλους συντελεστές στοιβασίας, είναι δυνατό να επιλεγούν τέτοιοι συνδυασμοί φορτίων ώστε να εξασφαλίζουν ταυτόχρονα και την πληρότητα των κυτών και την πλεύση του πλοίου στο μέγιστο βύθισμα.

Αν π.χ. έχουμε δυνατότητα να επιλέξουμε τις ποσότητες που θα φορτωθούν από δύο ποικιλίες γενικού φορτίου, η σωστή επιλογή μπορεί να επιτευχθεί από τη σχέση:

$$X = \frac{V - aT}{b - a} \quad (140)$$

όπου: a είναι ο συντελεστής στοιβασίας του βαρύτερου φορτίου,

b ο συντελεστής στοιβασίας του ελαφρότερου φορτίου,

V ο όγκος των κυτών για φορτίο σε κιβώτια (bale),

T η μεταφορική ικανότητα του πλοίου σε t και

X ο βάρος του ελαφρότερου φορτίου που πρέπει να παραληφθεί.

Παράδειγμα.

To deadweight ενός πλοίου είναι 6600 LT. Για ένα συγκεκριμένο ταξίδι το συ-

νολικό βάρος νερου, πετρελαίου, λαδιού και εφοδίων είναι 600 LT. Ο συνολικός όγκος των κυτών του πλοίου είναι 360000 ft³ (bale). Τι ποσότητες φορτίου με συντελεστή στοιβασίας 80 και 20 ft³/LT θα πρέπει να παραλάβει το πλοίο, ώστε να πλεύσει στη βαθύτερη επιτρεπόμενη ίσαλο και ταυτόχρονα τα κύτη του να γεμίσουν τελείως;

Στο παράδειγμα είναι:

$$T = 6600 - 600 = 6000 \text{ LT}$$

$$V = 360000 \text{ ft}^3$$

$$a = 20 \text{ ft}^3/\text{LT} < 40 \text{ (φορτίο βάρους)}$$

$$b = 80 \text{ ft}^3/\text{LT} > 40 \text{ (φορτίο όγκου)}$$

Εφαρμογή της σχέσεως (140) δίνει:

$$X = \frac{360000 - 20 \times 6000}{80 - 20} = \frac{240000}{60} = 4000 \text{ LT}$$

Επομένως το πλοίο θα πρέπει να φορτωθεί με:

$$4000 \text{ tn από το φορτίο με S.F} = 20 \text{ ft}^3/\text{LT}$$

$$2000 \text{ tn από το φορτίο με S.F} = 80 \text{ ft}^3/\text{LT}$$

Στις περιπτώσεις που όλο το γενικό φορτίο έχει περίπου τον ίδιο συντελεστή στοιβασίας, η εύρεση της ποσότητας του φορτίου που μπορεί να φορτώσει το πλοίο γίνεται όπως και στην περίπτωση του φορτίου χύδην. Όταν όμως πρόκειται να φορτωθούν περισσότερες από δύο ποικιλίες γενικού φορτίου, η επιλογή της ποσότητας που θα φορτωθεί από κάθε είδος καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη. Γενικά, μπορεί να λεχθεί ότι τα πλοία με «νησίδες» υπερκατασκευής (noshelter deck) παίρνουν το μέγιστο βύθισμά τους και ταυτόχρονα γεμίζουν τα κύτη τους με φορτίο που έχει συντελεστή στοιβασίας 1,4 ως 1,53 m³/MT (50 - 55 ft³/LT), ενώ στα πλοία με κλειστά καταστρώματα υπερκατασκευών συμβαίνει το ίδιο για φορτία με συντελεστή στοιβασίας 1,7 ώς 1,95 m³/MT (60 - 70 ft³/LT).

Ο πίνακας 18.5.4 περιέχει αλφαριθμητικά φορτία της πρώτης κατηγορίας και ο πίνακας 18.5.5 της δεύτερης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.5.4

Φορτία με συντελεστή στοιβασίας 1,4 ως 1,53 m³/MT

Αλεύρι σε σάκους Ασβέστος σε σάκους Άσφαλτος σε σάκους Βίδες σε κιβώτια Γάλα σε κονσέρβες Γράσο σε δοχεία Γραφίτης σε σάκους Ελιές σε κιβώτια Εργαλεία σε κιβώτια Ηλεκτρόδια σε κιβώτια Κακάο σε σάκους	Κονσέρβες σε κιβώτια Λάδια μηχανών σε δοχεία Μήλα σε κιβώτια Μηχανήματα σε κιβώτια Μπαταρίες αυτοκινήτων Ρετσίνες σε κιβώτια Σόδα σε δοχεία Συρματόσχοινα Χαρτιά σε κιβώτια Χρώματα σε δοχεία
---	--

Στην περίπτωση όπου θα φορτωθεί ποικιλία φορτίων στο πλοίο είναι απαραίτητο να καταρτισθεί ένας πίνακας όπως ο 18.5.6. Απαραίτητα στοιχεία για την κατάρτιση του πίνακα αυτού είναι το βάρος και ο συντελεστής στοιβασίας κάθε είδους φορτίου που πρόκειται να φορτωθεί.

Το βάρος κάθε φορτίου βρίσκεται από τις φορτωτικές. Λόγω της μεγάλης ποικι-

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.5.5
Φορτία με συντελεστή στοιβασίας 1,7 ως 1,95 m³/MT

Αλκοόλ σε δοχεία Βαλβίδες από χαλκό σε κιβώτια Βαζελίνη σε δοχεία Βούτυρο Δέρματα σε κιβώτια Ελαστικό σωλήνες σε κιβώτια Καφές σε σάκους	Κιμωλία Οξέα σε δοχεία Οξέα ψευδαργύρου Παραφίνη σε δοχεία Ταλκ σε δοχεία Φασόλια σε σάκους Χαρτί σε ρόλους
--	---

λίας φορτίων, είναι επίσης απαραίτητο να υπάρχουν πίνακες με τους συντελεστές στοιβασίας των διαφόρων φορτίων. Τέτοιοι πίνακες κυκλοφορούν σε διάφορες εκδόσεις, μία από τις οποίες είναι γνωστή ως **Modern ship stowage by the U.S. Department of Commerce**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.5.6
Σύνοψη όγκου και βάρους φορτίου

Είδος φορτίου	Συνολικό βάρος (tn)	'Ογκος (ft ³)	Βάση καθορισμού ναύλου	
			Βάρος tn	'Ογκος (ισοδύναμοι tn)
Σανίδες	20	—	—	—
Ξύλινες πλατφόρμες για φόρτωση αυτοκινήτων	30	—	—	—
Ράβδοι χάλυβα	1000	12000	1000	—
Μηχανήματα	800	56000	—	1400
2500 βαρέλια λάδι	500	30000	—	750
Παστά κρέατα	1500	75000	—	1875
Δέρματα	200	24000	—	600
Τερεβυνθίνη	200	12000	—	300
Βαμβακέλαιο	800	28000	800	—
10000 σάκοι ζάχαρη	500	25000	—	625
Αυτοκίνητα	100	15000	—	375
3700 κιβώτια γάλα εβαπορέ	100	5000	—	125
Διάφορα	250	15000	—	375
Σύνολο	6000	297000	1800	6425

Από την άθροιση των στοίχειών βάρους και όγκου του πίνακα προκύπτει ότι για τη φόρτωση του φορτίου είναι απαραίτητο το πλοίο να μπορεί να μεταφέρει 6000 tn (φορτίου) και να διαθέτει κύτη με συνολικό όγκο μεγαλύτερο από 297000 ft³ αν ληφθεί υπόψη και η απώλεια κυβικών στα κύτη (βλ. εδαφ. 2 παραγράφου 18.5).

Άλλες λεπτομέρειες ως προς τον καθορισμό του χώρου μέσα στο πλοίο, όπου θα πρέπει να φορτωθεί κάθε φορτίο, θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι δύο τελευταίες στήλες του πίνακα 18.5.6, για την κατανόηση των οποίων θα πρέπει να αναφερθούν μερικά στοιχεία ως προς τον τρόπο με τον οποίο καθορίζονται οι τιμές των ναύλων.

Οι τιμές των ναύλων στις διεθνείς μεταφορές καθορίζονται κατά διάφορους τρόπους. Ένας από τους πιο συνηθισμένους είναι ανά tn βάρους ή ανά ισοδύναμο tn (measurement ton). **Ένας ισοδύναμος tn είναι ίσος με 1,132 m³ ή 40 ft³.** Η εκλογή πληρωμής του ναύλου για κάθε φορτίο με τη βάρους ή με ισοδύναμους τη αφήνεται στον πλοιοκτήτη. Έτσι είναι προφανές ότι στο πλοίο συμφέρει για Φορτία με συντελεστή στοιβασίας μικρότερο από 1,132 m³/tn η μεταφορά να πληρώνεται ανά tn βάρους ενώ για φορτία με συντελεστή στοιβασίας μεγαλύτερο από 1,132 m³/tn συμφέρει να πληρώνονται ανά ισοδύναμο tn.

Αν θεωρήσομε ότι για την περίπτωση του παραδείγματος του πίνακα 18.5.6 ο ναύλος έχει καθορισθεί σε 35 δολλάρια ανά tn βάρους ή ανά ισοδύναμο tn, το πλοίο θα πρέπει να εισπράξει:

$$\begin{array}{rcl} 1800 \times 35 & = & 63000 \\ 6425 \times 35 & = & 224875 \\ \text{Σύνολο} & & 287875 \text{ δολλάρια} \end{array}$$

Αν ο χάλυβας και το βαμβακέλαιο πληρωθούν με βάση ισοδύναμους tn, θα έχουμε:

$$\begin{array}{lcl} \text{Ισοδύναμοι tn χάλυβα} & \frac{12000}{40} & = 300 \text{ tn} \\ \text{Ισοδύναμοι tn βαμβακέλαιου} & \frac{28000}{40} & = 700 \text{ tn} \\ \text{Λοιπά φορτία} & \frac{6425 \text{ tn}}{7425 \text{ tn}} & \\ \text{Σύνολο} & & \end{array}$$

Συνολικός λοιπόν ναύλος $7425 \times 35 = 259875$ δολλάρια, άρα θα είχαμε μία ζημιά 28000 δολαρίων, πράγμα φυσικά ασύμφορο για την εκμετάλλευση του πλοίου.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι όταν υπάρχει προσφορά ποικιλίας φορτίων, η επιλογή της ποσότητας από κάθε είδος φορτίου που θα φορτωθεί αποτελεί ένα πολύ ενδιαφέρον οικονομοτεχνικό πρόβλημα, από τη σωστή λύση του οποίου επηρεάζεται πολύ σημαντικά η αποδοτική χρησιμοποίηση του πλοίου.

18.6 Άλλοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη φόρτωση.

Εκτός από όσα είπαμε στα προηγούμενα για την επιλογή των φορτίων που θα μεταφέρει ένα πλοίο και τον καθορισμό της θέσεως όπου θα αποθηκευθούν, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι παρακάτω παράγοντες:

1) Ιδιότητες φορτίων.

Στις υποχρεώσεις του πλοιοκτήτη και του πλοιάρχου περιλαμβάνεται και η μεταφορά των διαφόρων φορτίων από κάποιο σημείο της γης σε κάποιο άλλο για λογαριασμό των φορτωτών, χωρίς αυτά να υποστούν ζημιά. Για να εξασφαλισθεί όμως κάτι τέτοιο, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι ιδιομορφίες κάθε φορτίου. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των φορτίων που μεταφέρονται με τα πλοία υπάρχουν ειδικά βιβλία όπου περιέχονται αλφαριθμητικά τα φορτία και παρέχονται λεπτομέρειες

ως προς τις ιδιομορφίες τους που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη φόρτωση και μεταφορά τους.

Οι ιδιομορφίες λοιπόν κάθε φορτίου επηρεάζουν ιδιαίτερα το χώρο και τον τρόπο φορτώσεως και αποθηκεύσεώς του στο πλοίο.

Από τις ιδιότητες επίσης κάθε φορτίου προκύπτουν και άλλες απαιτήσεις, όπως είναι π.χ.:

- Η θέση κάθε φορτίου σε σχέση με άλλα (π.χ. τα τρόφιμα δεν πρέπει να βρίσκονται κοντά σε άλλα φορτία που μπορεί να τους μεταδώσουν ανεπιθύμητες οσμές).
- Η ανάγκη αερισμού - εξαερισμού των χώρων του φορτίου.
- Η ανάγκη αποθηκεύσεως σε χώρους μακριά από λεβητοστάσια ή μηχανοστάσια.
- Η ανάγκη προστασίας από εφιδρώσεις μέσα στους χώρους του φορτίου.

2) Διαμήκεις κοπώσεις του πλοίου.

Στον καθορισμό του χώρου όπου θα φορτωθεί κάθε φορτίο δεν θα πρέπει να παραβλέπονται οι επιπτώσεις που είναι δυνατό να προέλθουν στην αντοχή του πλοίου σαν δοκού, οι οποίες μπορεί να προκύψουν από την κακή κατά το διάμηκες κατανομή του. Στα σύγχρονα πλοία υπάρχουν ειδικοί μικροϋπολογιστές, με τη βοήθεια των οποίων μπορεί ο πλοίαρχος να εκτιμά τις επιπτώσεις στην αντοχή του πλοίου από τις αποφάσεις του πάνω στις λεπτομέρειες της φορτώσεως.

3) Σειρά λιμανιών φορτοεκφορτώσεως.

Η ορθή εκμετάλλευση κάθε εμπορικού πλοίου προϋποθέτει την παραμονή του στο λιμάνι για όσο το δυνατό λιγότερο χρόνο. Έτσι στον καθορισμό του τρόπου φορτώσεως θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η υποχρέωση του πλοίου να ξεφορτώνει εύκολα τα απαραίτητα φορτία στα ενδιάμεσα λιμάνια.

4) Απρόσπτες εξελίξεις κατά τη διάρκεια της φορτώσεως.

Η εκμετάλλευση κάθε πλοίου πραγματοποιείται σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο σενάριο. Έτσι δεν αποκλείεται π.χ. λίγες ώρες πριν από τον απόπλου να προκύψει ανάγκη φορτώσεως και νέας ποσότητας φορτίου ή αλλαγής του λιμανιού προορισμού και επομένως ανάγκη μεταβολής του φορτίου καυσίμων. Για να είναι δυνατή η εύκολη προσαρμογή στις νέες συνθήκες ο πλοίαρχος θα πρέπει να καταρτίζει το σχέδιο φορτώσεως με τέτοιο τρόπο, ώστε να του παρέχει ευελιξία για την αντιμετώπιση οποιασδήποτε απρόσπτης εξελίξεως. Όταν π.χ. υπάρχει η δυνατότητα, το φορτίο θα πρέπει να κατανέμεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό κυτών και να μην είναι διεσπαρμένο σε όλα τα κύτη. Έτσι παρέχεται η δυνατότητα εύκολης παραλαβής στο πλοίο ενός άλλου συμπληρωματικού φορτίου που δεν θα μπορούσε π.χ. να αποθηκευθεί στον ίδιο χώρο με τα προηγούμενα.

5) Ταχύτητα φορτοεκφορτώσεως.

Στον καταρτισμό του σχεδίου φορτώσεως κάθε πλοίου, πρέπει να λαμβάνομε σοβαρά υπόψη μας την ταχύτητα φορτώσεως και εκφορτώσεως του φορτίου που αποτελεί και τον πιο σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει το χρόνο παραμονής του πλοίου στο λιμάνι. Η ταχύτητα φορτοεκφορτώσεως δεν επηρεάζεται μόνο από τις

δυνατότητες των ανυψωτικών μέσων της ξηράς και του πλοίου και από το είδος του φορτίου, αλλά επίσης και από την επιλογή των κυτών στα οποία θα φορτωθεί και τον τρόπο τακτοποίησεώς του μέσα σ' αυτά.

18.7 Σχέδιο φορτώσεως (stowage plan).

Το σχέδιο φορτώσεως είναι ένα σκαρίφημα του πλοίου σε πλάγια όψη ή και με κατόψεις που δείχνει τις λεπτομέρειες κατανομής του φορτίου στα κύτη. Η σημασία ενός σωστού και με λεπτομέρειες σχεδίου φορτώσεως είναι πολύ μεγάλη, γιατί η έλλειψή του δημιουργεί καθυστερήσεις στην εκφόρτωση και μη αποδοτική χρησιμοποίηση του εργατικού δυναμικού και των μέσων που χρησιμοποιούνται στην εκφόρτωση.

Το σχέδιο φορτώσεως πρέπει να δείχνει όχι με κλίμακα ακριβώς αλλά με αρκετές λεπτομέρειες, την κατανομή των διαφόρων πακέτων ή ποικιλιών φορτίου μέσα στα κύτη με ένδειξη του λιμανιού προορισμού τους. Πρέπει επίσης να δείχνει τις μεγάλες ενισχύσεις και τα υποστυλώματα, τα ανοίγματα των κυτών και τις διαστάσεις τους, καθώς και τα ανυψωτικά μέσα που εξυπηρετούν κάθε κύτος. Η θέση των διαφόρων ποικιλιών φορτίου σε σχέση με τους παραπάνω περιορισμούς και δυνατότητες πρέπει να φαίνεται καθαρά. Επίσης πρέπει να περιέχει λεπτομέρειες ως προς τα μέσα που χρειάζονται για την εκφόρτωση (π.χ. περονοφόρα), καθώς επίσης και κάθε πληροφορία σχετικά με τυχόν ιδιομορφίες κάποιου φορτίου που διαπιστώθηκαν κατά τη φόρτωση.

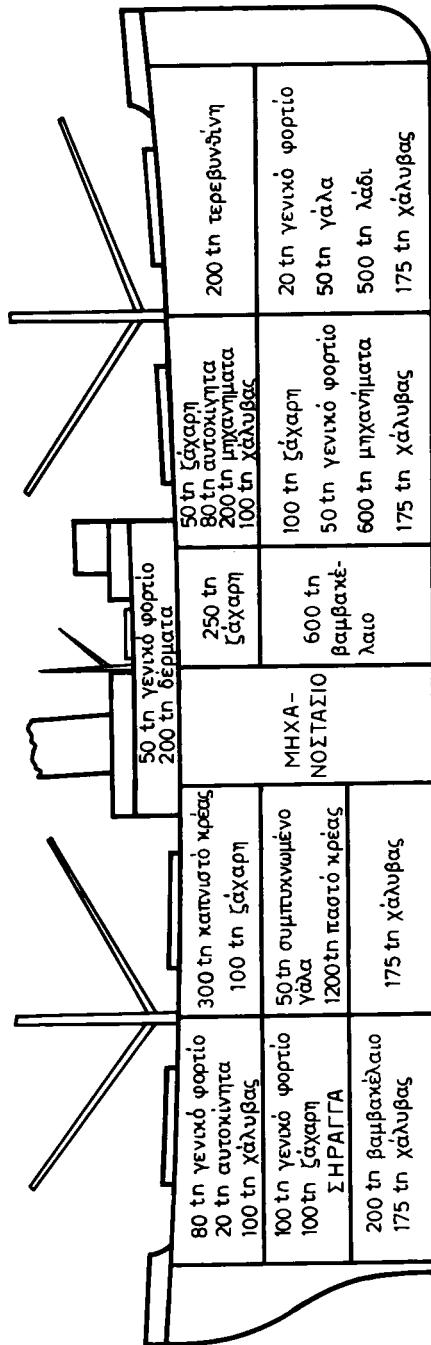
Όλα τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να έχουν φθάσει στα λιμάνια προσεγγίσεως του πλοίου πριν από την άφιξη του εκεί, ώστε να δίνεται η ευκαιρία στον τοπικό πράκτορα να οργανώνει τα μέσα εκφορτώσεως.

Στο σχέδιο φορτώσεως θα πρέπει επίσης με χρώματα ή με διαγραμμίσεις να φαίνεται το λιμάνι προορισμού κάθε παρτίδας φορτίου.

Στα προηγούμενα δόθηκαν αρκετές λεπτομέρειες που επηρεάζουν τον τρόπο κατανομής του φορτίου στα κύτη του πλοίου. Για την καλύτερη κατανόηση του θέματος στο σύνολό του μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα τυπικό πραγματικό παράδειγμα φορτώσεως.

Παράδειγμα.

Το πλοίο που φαίνεται στο σχήμα 18.7 έχει deadweight 7300 tn. Ο συνολικός όγκος των αποθηκευτικών του χώρων είναι 330000 ft³. Για το ταξίδι έχει εκτιμηθεί ότι θα χρειασθούν 1000 tn καύσιμα, 200 tn πόσιμο νερό και 100 tn εφόδια. Έτσι προκύπτει ότι το πλοίο μπορεί να μεταφέρει 6000 tn βάρος φορτίου. Αν από το διαθέσιμο όγκο των χώρων αποθηκεύσεως αφαιρέσουμε ποσοστό 10% λόγω απώλειας κυβικών στα κύτη, παραμένει εκμεταλλεύσιμο υπόλοιπο 297000 ft³.



Σχ. 18.7.
Σχέδιο φορτώσεως πλοίου.

Έχει αποφασισθεί να φορτωθούν τα εξής φορτία:

Είδος φορτίου	tn	ft ³
Ράβδος χάλυβα	1000	12000
Μηχανήματα	800	56000
Λάδι σε βαρέλια	500	30000
Καπνιστά κρέατα	1500	75000
Δέρματα σε πακέτα	200	24000
Τερεβινθίνη	200	12000
Βαμβακέλαιο	800	28000
Ζάχαρη	500	25000
Ατοκίνητα	100	15000
Συμπυκνωμένο γάλα	100	5000
Γενικό φορτίο	300	15000
Σύνολο	6000	297000

Αμέσως μετά τον καθαρισμό των κυτών, φορτώνεται ένα σημαντικό μέρος από τις ράβδους του χάλυβα. Λόγω του μεγάλου ειδικού βάρους, τέτοια φορτία φορτώνονται συνήθως χαμηλά. Οπωσδήποτε όμως θα πρέπει να προσέξουμε να μη βάλομε πάρα πολύ φορτίο χαμηλά, γιατί αυτό θα δώσει την τάση στο πλοίο να διατοιχίζεται έντονα σε περίπτωση θαλασσοταραχής. Έτσι αποφασίζουμε να φορτώσουμε 700 tn χάλυβα στο κατώτερο μέρος όλων των κυτών και 150 tn στο πάνω μέρος (tween decks) των κυτών No 2 και No 4. Οι υπόλοιποι 150 tn διατηρούνται προς το παρόν σε εκκρεμότητα για την τελική ρύθμιση της διαγωγής.

Το καπνιστό κρέας, η ζάχαρη και το βαμβακέλαιο δεν μπορούν να φορτωθούν στον ίδιο χώρο με την τερεβινθίνη λόγω των οσμών της τελευταίας, η οποία θα τα καθιστούσε ακατάλληλα για χρήση. Επίσης, η τερεβινθίνη, το λάδι και το καπνιστό κρέας δεν μπορούν να αποθηκευθούν στο κύτος No 3 που βρίσκεται πρώτα από το μηχανοστάσιο λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.

Τα μηχανήματα δεν συνιστάται να αποθηκευθούν στα κύτη No 4 και 5 γιατί, λόγω της υπάρξεως των σηράγγων των αξόνων μέσα σ' αυτά δεν προσφέρονται για φόρτωση φορτίων με μεγάλες διαστάσεις, εκτός αν τα κύτη αυτά γεμισθούν με άλλο φορτίο μέχρι το ύψος των σηράγγων. Αυτό όμως το φορτίο που θα τοποθετηθεί από κάτω είναι ενδεχόμενο να μη μπορεί να σηκώσει από πάνω τα μηχανήματα χωρίς να υποστεί ζημιά.

Με βάση τους παραπάνω περιορισμούς, μία πιθανή διάταξη των φορτίων είναι: Οι 500 tn λαδιού σε βαρέλια μπορούν να φορτωθούν στο κατώτερο μέρος του κύτους No 1 και οι 200 tn τερεβινθέλαιου στον αντίστοιχο κουραδόρο. Αν δεν γεμίσει το κύτος μπορεί να συμπληρωθεί με μικρά πακέτα και κιβώτια γάλακτος. Το μεγαλύτερο μέρος των μηχανημάτων θα τοποθετηθεί στο κάτω μέρος του κύτους No 2, η φόρτωση του οποίου θα συμπληρωθεί με σάκους από ζάχαρη ή με άλλα μικρά πακέτα. Το μεγαλύτερο μέρος των αυτοκινήτων θα φορτωθεί στον κουραδόρο No 2 μαζί με σάκους από ζάχαρη.

Το κάτω μέρος και ο κουραδόρος του κύτους No 3 θα χρησιμοποιηθεί για βαμβακέλαιο και ζάχαρη και οι αντίστοιχοι χώροι του No 4 αποκλειστικά για καπνιστό κρέας και γάλα. Το υπόλοιπο μέρος του βαμβακέλαιου, της ζάχαρης και του γενικού φορτίου θα αποθηκευθούν στο κάτω μέρος και τον κουραδόρο του κύτους No 5 ενώ τα υπόλοιπα αυτοκίνητα στον κουραδόρο του No 5. Τα δέρματα που είναι ελαφριά θα μπουν στην αποθήκη κάτω από τη γέφυρα όπου επίσης θα τοποθετηθεί και το υπόλοιπο γενικό φορτίο.

Οι υπόλοιποι τέλος 150 tn του χάλυβα παραμένουν για να χρησιμοποιηθούν στη ρύθμιση της διαγωγής, που επιδιώκεται να είναι 1 ως 2 ft προς πρύμνα.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οι 150 tn χάλυβα πρέπει τελικά να τοποθετηθούν στο κύτος No 4 και 5.

Με τις παραπάνω πληροφορίες κατασκευάζομε το σχέδιο φορτώσεως, όπως φαίνεται στο σχήμα 18.7. Σε άλλες περιπτώσεις τα σχέδια φορτώσεως περιέχουν επίσης και κατόψεις και είναι αρκετά πιο λεπτομερειακά.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΕΤΡΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΦΟΡΤΩΣΗ

19.1 Προετοιμασία κυτών για φόρτωση.

Πριν ακόμα αρχίσει η φόρτωση θα πρέπει να εξασφαλισθεί η **καθαριότητα και ξηρότητα** των κυτών. Στις περισσότερες περιπτώσεις σ' αυτό περιλαμβάνεται και η αφαίρεση των χαλαρών ή κατεστραμμένων τμημάτων της επιστρώσεως.

Αν στο πρηγούμενο ταξίδι το πλοίο είχε μεταφέρει άσφαλτο, κατράμι ή άλλα παρόμοια φορτία και πρόκειται τώρα να μεταφέρει ευαίσθητα στις μυρωδιές φορτία, θα πρέπει πριν από τη φόρτωση να καθαρισθούν τα κύτη και να εξαερισθούν με μεγάλη επιμέλεια. Όταν πρόκειται να μεταφερθούν ευαίσθητα στην υγρασία φορτία, όπως είναι το αλεύρι και οι σπόροι, θα πρέπει οι μεταλλικές ενισχύσεις και τα υποστυλώματα του κύτους να καλυφθούν με ειδικό χαρτί, για να εμποδισθεί η υγρασία που συμπυκνώνεται πάνω σ' αυτά να έλθει σε επαφή με το φορτίο. Είναι γνωστή η περίπτωση πλοίου που είχε μεταφέρει σε κάποιο ταξίδι του αμμωνία και μετά από καλό πλύσιμο του κύτους χρησιμοποιήθηκε ξανά για μεταφορά σταριού, το οποίο όμως, στην εκφόρτωση πια, φάνηκε ότι μύριζε, από την επίδραση σ' αυτό απιών αμμωνίας που είχαν δημιουργηθεί χημικά. Κανονικά, τα κύτη του πλοίου θα έπρεπε να είχαν υποστεί πολύτιμο πλύσιμο.

Σε πολλές περιπτώσεις, ανάλογα με το είδος των φορτίων που θα μεταφερθούν, τα κύτη χρειάζονται ειδική προετοιμασία, όπως π.χ. όταν πρόκειται για μεταφορά σιτηρών, για την οποία, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, είναι συχνά απαραίτητη η κατασκευή ειδικών στομίων τροφοδοσίας (feeders) ή ξυλίνων διαχωριστικών διαφραγμάτων (shifting boards).

19.2 Επίστρωση κυτών (dunnage).

Ένα μεγάλο μέρος από τις ζημιές που δημιουργούνται στο φορτίο οφείλεται στην έλλειψη επιστρώσεως ή στον αντικανονικό τρόπο επιστρώσεως των κυτών. Για τη μεταφορά μερικών φορτίων, όπως π.χ. το ρύζι, χρειάζεται να προηγηθεί εξαιρετικά επιμελημένη επίστρωση των κυτών ενώ για άλλα φορτία οι απαιτήσεις είναι πολύ μικρότερες. Αρχικά, για την επίστρωση των κυτών χρησιμοποιούσαν αποκλειστικά σχεδόν ξύλινες σανίδες. Σήμερα χρησιμοποιούνται επίσης και διάφορα άλλα υλικά.

Η επίστρωση των κυτών των πλοίων σκοπό έχει:

- Να προστατεύσει το φορτίο από επαφή του με νερό που είναι δυνατό να

προέρχεται από την υπερχείλιση δεξαμενών του διπύθμενου από τα εξαεριστικά του, ή από ανύψωση της στάθμης νερού στον πυθμένα του κύτους.

- Να προστατεύεται το φορτίο από υγρά που οδηγούνται στο κατώτερο μέρος του κύτους και προέρχονται από εφιδρώσεις πάνω στη μεταλλική κατασκευή του.
- Να προστατεύεται το φορτίο από επαφή του με τις εφιδρώσεις των διαφόρων τμημάτων της μεταλλικής κατασκευής του κύτους.
- Να δημιουργήσει διόδους, μέσω των οποίων να είναι δυνατή η κυκλοφορία ζεστού αέρα, ο οποίος θα εμποδίσει τη δημιουργία εφιδρώσεων.
- Να εξασφαλίσει σε συνδυασμό και με άλλα μέσα τη σωστή έχμαση του φορτίου.
- Να κατανείμει σωστά στον πυθμένα το βάρος του φορτίου.

1) Επίστρωση πυθμένα.

Στα σύγχρονα πλοία, τα δάπεδα των κυτών που αποτελούν οροφές πετρελαιοδεξαμενών του διπύθμενου καλύπτονται με σανίδες από έλατο πάχους $2\frac{1}{2}$ ως 3 in τοποθετημένες πάνω σε καδρόνια. Δημιουργείται έτσι ένας κενός χώρος, η ύπαρξη του οποίου εξασφαλίζει ότι όλα τα υγρά που φτάνουν εκεί είτε από τις δεξαμενές είτε από τις εφιδρώσεις του κύτους οδηγούνται στα **φρεάτια αναρροφήσεως του κύτους**. Ιδιαίτερες απαιτήσεις για επίστρωση του πυθμένα περιέχουν σήμερα οι κανονισμοί για τη φόρτωση ρυζιού.

2) Επίστρωση πλευρών.

Οι πλευρές των κυτών φέρουν εσωτερική επένδυση από σανίδες πάχους 2 in και πλάτους 6 ως 7 in, ανάμεσα στις οποίες παρεμβάλλεται διάκενο πλατύτερο από 9 in.

Με τη διάταξη αυτή εξασφαλίζεται ότι τα διάφορα κιβώτια που φορτώνονται δεν είναι δυνατό να φθάσουν μέχρι το χώρο που βρίσκεται ανάμεσα στις μεταλλικές ενισχύσεις, πράγμα που διευκολύνει τον εξαερισμό του φορτίου. Επίσης εξασφαλίζεται έτσι το ότι οι συμπυκνώσεις της υγρασίας οδηγούνται στο κάτω μέρος του κύτους. Σε περιπτώσεις ειδικών φορτίων, όπως είναι π.χ. το ρύζι ή το τσάι, οι σανίδες καλύπτονται με πλέγμα από καλάμια ή με άλλα υλικά.

Οι σανίδες που χρησιμοποιούνται για την επένδυση πρέπει να είναι από ξερό ξύλο και απόλυτα καθαρές από γράσα ή λάδια. Σανίδες που έχουν έλθει σε επαφή με αρωματικά φορτία θα πρέπει, πριν από νέα φόρτωση, να αντικατασταθούν οπωδήποτε.

3) Επίστρωση για φορτίο που μεταφέρεται σε κατάσταση ψύξεως (refrigerated cargo).

Εκτός από τους παραπάνω λόγους, προκειμένου για μεταφορά φορτίου σε κατάσταση ψύξεως, με την επίστρωση εξασφαλίζεται επίσης και η κυκλοφορία του αέρα, η οποία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ψύξεως. Για το λόγο αυτό οι σανίδες, σε τέτοιες περιπτώσεις, θα πρέπει να έχουν την ίδια διεύθυνση με τη ροή του αέρα.

Ειδικά τα φορτία κρέατος έχουν την τάση να παίρνουν τέτοια θέση που εμποδί-

ζει τη δίοδο του αέρα ψύξεως. Για το λόγο αυτό, σε κύτη με μεγάλες διαστάσεις, το φορτίο υποδιαιρείται σε παρτίδες που αφήνουν μεταξύ τους διόδους για να κυκλοφορεί ο αέρας.

4) Χώροι πάνω από κύτη που βρίσκονται σε κατάσταση ψύξεως.

Μερικές φορές πάνω από κύτη που βρίσκονται σε κατάσταση ψύξεως μεταφέρεται γενικό φορτίο. Για να αποφεύγεται η δημιουργία ζημιών στο γενικό φορτίο από την υψηλή ψύξη που επικρατεί στον πυθμένα του κύτους, είναι απαραίτητο να υπάρχει ειδικά ενισχυμένη επίστρωση, π.χ. καδρόνια $2'' \times 2''$ και πάνω από αυτά σανίδες $6'' \times 1''$ καλυμμένες με στρώμα πριονιδιού πάχους $2''$. Ειδικά όταν χρησιμοποιείται πριονίδιο απαίτεται ιδιαίτερη προσοχή, γιατί, όταν αυτό αναμιχθεί με ορισμένα άλλα υλικά, όπως π.χ. με σπορέλαια, δημιουργείται ένα πολύ επικίνδυνο εύφλεκτο μίγμα.

19.3 Επιθεώρηση πριν από τη φόρτωση. Πιστοποιητικά.

Πριν από κάθε φόρτωση, απαραίτητο είναι να επιθεωρείται το κύτος, με σκοπό να εξασφαλίζεται κάθε φορά ότι δεν υπάρχουν παραλείψεις που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν ζημιές στο φορτίο. Κατά την επιθεώρηση ελέγχονται τα εξής σημεία:

- Καλή κατάσταση των υδροσυλλεκτών και προστασία τους από τις επιστρώσεις.
- Καλή κατάσταση και στεγανότητα όλων των δικτύων που περνούν μέσα από το κύτος.
- Καλή κατάσταση των καταμετρικών σωλήνων που περνούν μέσα από το κύτος.
- Στεγανότητα της οροφής του διπύθμενου και όλων των ανθρωποθυρίδων που βρίσκονται μέσα σ' αυτό.
- Καλή κατάσταση της επιστρώσεως.
- Γενική καθαριότητα του κύτους και αφαίρεση όλων των καταλοίπων από προηγούμενο φορτίο.
- Έλεγχος δυνατότητας αναρροφήσεως των αντλιών από τους υδροσυλλέκτες.
- Έλεγχος καλής λειτουργίας συστήματος CO_2 ή κατακλύσεως του κύτους με ατμό.

Συχνά, παρόντες σε τέτοιες επιθεωρήσεις του κύτους είναι επίσης και εκπρόσωποι των φορτωτών, οι οποίοι και υπογράφουν το σχετικό **πιστοποιητικό επιθεωρήσεως**.

19.4 Μυοκτονία και εντομοκτονία.

Ιδιαίτερα σημαντικές ζημιές μπορούν να προκληθούν στα φορτία από ποντίκια που μπαίνουν στο πλοίο από τους κάβους και τις κλίμακες, καθώς και από διάφορα ζωάφρια που είναι δυνατό να δημιουργηθούν και να αναπτυχθούν μέσα στα κύτη.

Σε τέτοιες περιπτώσεις συνηθίζεται να κλείνονται τα κύτη και να πραγματοποιείται θυμίασή τους (fumigation) με ειδικά αέρια. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή με το όνομα **μυοκτονία** ή **εντομοκτονία**. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται όταν εισέρχεται το πλήρωμα σε χώρους όπου είχε προηγηθεί μυοκτονία. Απαραίτητος

επίσης είναι και ο προσεκτικός και πιμπιέταμένος εξαερισμός του χώρου, για να αποφεύγεται η μετάδοση δυσαρέστων οσμών στο φορτίο που θα φορτωθεί στη συνέχεια.

Διευκρινίζεται εδώ ότι η αποτελεσματικότερη προστασία από τα ποντίκια είναι η λήψη των απαραιτήτων προληπτικών μέτρων ώστε να εμποδίζεται η είσοδος τους στο πλοίο (π.χ. με ποντικοπαγίδες στους κάβους κλπ.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

ΦΟΡΤΩΣΗ ΚΑΙ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ

20.1 Γενικά.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γνωρίσουμε:

- Στοιχεία από τις πρακτικές διαδικασίες ως προς τη φόρτωση και εκφόρτωση.
- Στοιχεία από τις αντίστοιχες τυπικές διαδικασίες.
- Μέτρα ασφάλειας κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση.
- Πιθανές ζημιές που είναι δυνατό να προκληθούν στο πλοίο κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση.

Στοιχεία ως προς πιθανές ζημιές που είναι δυνατό να υποστεί το φορτίο τόσο κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση όσο και κατά το ταξίδι, δίνονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Πριν από την έναρξη της διαδικασίας φορτώσεως του πλοίου υποτίθεται ότι το φορτίο έχει οπωσδήποτε συγκεντρωθεί στην αποβάθρα και έχει σημανθεί με βάση το λιμάνι προορισμού. Η σήμανση του φορτίου γίνεται συνήθως με δύο τρόπους:

a) Με αναγραφή του ονόματος του λιμανιού προορισμού πάνω στα διάφορα πακέτα.

β) Με χρώματα και σύμβολα. Κόκκινο π.χ. χρώμα για φορτία που προορίζονται για τη Μεσόγειο και με απλά σχήματα (κύκλος, τρίγωνο, τετράγωνο, σταυρός κλπ.) για κάθε συγκεκριμένο λιμάνι.

Προτιμότερος είναι ο δεύτερος τρόπος σημάνσεως, γιατί εύκολα μπορεί να αναγνωρίζεται το λιμάνι προορισμού ακόμα και από απλούς εργάτες χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις. Αυτονότο είναι βέβαια ότι η σήμανση σχετίζεται με το γενικό φορτίο.

Πριν από τη φόρτωση υποτίθεται επίσης ότι έχει καταρτισθεί σχέδιο φορτώσεως και ότι έχουν διαμορφωθεί μερικές βασικές αρχές ως προς τον τρόπο φορτώσεως του συγκεκριμένου φορτίου.

20.2 Πρακτικά στοιχεία από τη διαδικασία φορτώσεως - εκφορτώσεως.

1) Σειρά φορτώσεως (*loading sequence*).

Κατά τη μεταφορά γενικού φορτίου δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που δημιουργούνται οικονομικές ζημιές σε βάρος του πλοίου, από την μη εκφόρτωση φορτίου που προορίζεται για κάποιο λιμάνι. Οι κυριότεροι λόγοι που δημιουργούν τέτοιες καταστάσεις είναι:

- Η αντικανονική ή εσφαλμένη σήμανση.

- Η αντικανονική σύνταξη καταλόγου του φορτίου.
- Η φόρτωση κατά τρόπο ώστε φορτία με προορισμό κάποιο λιμάνι να φορτώνονται κάτω από άλλα που προορίζονται για επόμενο λιμάνι.

Κοινή προσπάθεια και επιδιώξη του προσωπικού του πλοίου και των ομάδων εργατών φορτώσεως της ξηράς είναι η πραγματοποίηση της φορτώσεως στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Αλλά ο πλοίαρχος επιδιώκει επίσης την τακτοποίηση του φορτίου στα κύτη με το σωστό τρόπο, ώστε να μεταφερθεί με ασφάλεια και η εκφόρτωσή του να είναι όσο το δυνατό πιο σύντομη.

Στην προσπάθειά τους βέβαια οι εργάτες φορτώσεως να τελειώνουν σύντομα τη φόρτωση, παραβλέπουν τις υπόλοιπες επιδιώξεις του πλοιάρχου και έχουν γενικά την τάση:

- Να φορτώνουν στο πλοίο τα διάφορα φορτία με τρόπο που απλοποιεί τη δική τους εργασία.
 - Ανάμεσα στη φόρτωση μεγάλων δεμάτων να φορτώνουν στα πλοία και μικρά πακέτα, τα οποία συνήθως χρειάζονται για να αξιοποιούνται κενοί χώροι στο τέλος της φορτώσεως.
- Συμπεραίνομε λοιπόν από τα παραπάνω ότι:
- Η σειρά φορτώσεως των φορτίων στο πλοίο θα πρέπει να καθορίζεται με βάση διάφορους παράγοντες. Και ένας από τους πιο σοβαρούς είναι οι ανάγκες φορτοεκφορτώσεως.
 - Τα μικρά πακέτα θα πρέπει να φυλάγονται για την κάλυψη των κενών χώρων των κυτών, που θα μένουν στο τέλος της κάθε φορτώσεως.

2) Διαχωρισμός του φορτίου σε παρτίδες μέσα στο κύτος

Στις μεταφορές γενικού φορτίου επιδιώκεται γενικά το φορτίο που προορίζεται για κάθε λιμάνι να φορτώνεται μέσα στο μικρότερο δυνατό αριθμό κυτών που χρειάζονται για τη φόρτωσή του σε συνάρτηση με το βάρος και τον όγκο του. Αναμίξεις φορτίων που προορίζονται για διαφορετικά λιμάνια πρέπει, όσο είναι δυνατό, να αποφεύγονται.

Όταν βέβαια αυτό δεν είναι δυνατό και έχομε μέσα στον ίδιο χώρο φορτίο που προορίζεται για διαφορετικά λιμάνια, θα πρέπει να επιδιώκουμε την τακτοποίησή του κατά παρτίδες, ανάλογα με το λιμάνι προορισμού. Με τον τρόπο αυτό και ο χρόνος παραμονής του πλοίου στο λιμάνι προορισμού ελαχιστοποιείται και οι πιθανότητες να ξεχασθεί φορτίο μέσα στο κύτος μειώνονται σημαντικά.

3) Στοιβασία του φορτίου μέσα στο κύτος.

Ως προς τον τρόπο στοιβασίας του φορτίου μέσα στο κύτος θα πρέπει επίσης, εκτός από όσα είπαμε παραπάνω, να λαμβάνονται υπόψη:

- Οι ανεπιθύμητες αλληλοεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων φορτίων (օσμές, χημικές αλλοιώσεις, απαιτήσεις κανονισμών κλπ.).
- Η πιθανότητα ευαίσθητα φορτία να πάθουν ζημιές από το βάρος άλλων υπερκειμένων φορτίων με μεγάλο βάρος.
- Η αντοχή των καταστρωμάτων.
- Η ανάγκη να αφεθούν διάδρομοι για τον εξαερισμό του φορτίου, όπου είναι απαραίτητο.
- Οι απαιτήσεις εχμάσεως του φορτίου.

4) Έχμαση φορτίου (μποτζάρισμα).

Με τον όρο **έχμαση** εννοούμε την εξασφάλιση του ότι δεν θα μετακινηθεί το φορτίο σε κατάσταση θαλασσοταραχής. Οι πρακτικοί τρόποι εχμάσεως του φορτίου ξεφεύγουν από τα όρια του βιβλίου αυτού. Διευκρινίζεται πάντως ότι πολλές διεκδικήσεις (claims) σε βάρος του πλοίου οφείλονται στις ζημιές που δημιουργούνται στο φορτίο από κακή έχμαση των φορτίων.

5) Ισοπέδωση χύμα φορτίων (χαπάρισμα).

Στις περισσότερες περιπτώσεις φορτώσεως χύμα φορτίων είναι απαραίτητο, για τέλειο γέμισμα των κυτών και αποφυγή μετακινήσεων του φορτίου, από τις οποίες μπορεί να προκληθούν επικίνδυνες εγκάρσιες κλίσεις, να οριζοντιώνεται η επιφάνειά του. Η ισοπέδωση των φορτίων μπορεί να πραγματοποιηθεί ή με τα χέρια (σπάνια σήμερα) ή με ειδικές συσκευές και συνεπάγεται δαπάνες χρημάτων, αλλά και απώλεια χρόνου. Λεπτομέρειες πάνω στο θέμα αυτό δίνονται στο εικοστό τρίτο και εικοστό έκτο κεφάλαιο.

6) Τελείωμα και ασφάλιση κυτών.

Μετά το τέλος της φορτώσεως, τα ανοίγματα των κυτών θα πρέπει να κλεισθούν καλά και να ασφαλισθούν. Η σχετική διαδικασία, αν πρόκειται για σύγχρονα πλοία με μηχανοκίνητα καλύμματα κυτών (όπως π.χ. τα καλύμματα Mac - Gregor), είναι απλή. Σε παλαιότερα πλοία με κλασικού τύπου ανοίγματα είναι αρκετά πιο επίπονη, γιατί υπάρχει εκεί η ανάγκη τοποθετήσεως μετζανιών, μαδεριών, μουσαμάδων και σφηνών.

7) Άνοιγμα κυτών – Διαπίστωση ζημιών στην άφιξη.

Το άνοιγμα των κυτών στο λιμάνι αφίξεως και η είσοδος σ' αυτά πρέπει να γίνεται με εξαιρετική προσοχή, ιδιαίτερα όταν η φύση του φορτίου είναι τέτοια που να είναι δυνατό να δημιουργήσει χημικά αέρια μέσα στο κύτος. Αμέσως μετά το άνοιγμα του κύτους θα πρέπει να επιθεωρείται το φορτίο και να καταγράφονται στο ημερολόγιο των κυτών του πλοίου όλες οι τυχόν ζημιές που θα διαπιστωθούν. Η καταγραφή τους πρέπει να είναι σχολαστική, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που είχε προηγηθεί συγκεκριμένο ατύχημα (πυρκαϊά, αυτανάφλεξη, κατάκλυση κλπ.) στο κύτος. Αν είχε προηγηθεί πυρκαϊά, είναι απαραίτητο να καταγράφονται χωριστά οι ζημιές που οφείλονται στην ίδια την πυρκαϊά και χωριστά όσες οφείλονται στο νέρο που χρησιμοποιήθηκε για την κατάσβεσή της.

20.3 Στοιχεία από τις τυπικές διαδικασίες φορτώσεως - εκφορτώσεως.

1) Καθήκοντα υποπλοιάρχου.

Όλα τα καθήκοντα που σχετίζονται με την προετοιμασία και φόρτωση - εκφόρτωση του πλοίου αναλαμβάνονται, μετά από σχετική εξουσιοδότηση του πλοιάρχου, από τον υποπλοιάρχο του πλοίου.

Στο γενικότερο πλαίσιο των καθηκόντων αυτών περιλαμβάνεται και η σωστή εκτέλεση όλων των προετοιμασιών, καθώς και η φόρτωση - εκφόρτωση κατά τρόπο που να ελαχιστοποιεί κάθε πιθανότητα δημιουργίας ζημιάς τόσο στο πλοίο όσο και στο φορτίο.

Κατά την εκτέλεση των καθηκόντων του ο υποπλοίαρχος μπορεί να ορίζει έναν από τους αξιωματικούς του πλοίου ως επιβλέποντα, ή και να επιβλέπει τη φόρτωση προσωπικά ο ίδιος.

Οι πιθανές ζημιές που είναι δυνατό να δημιουργηθούν στο πλοίο κατά τη φόρτωση θεριγράφονται συνοπτικά στην παράγραφο 20.5, ενώ με τις αντίστοιχες του φορτίου θα ασχοληθούμε στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο.

Στα καθήκοντα των αξιωματικών του πλοίου, εκτός από την πρόληψη των ατυχημάτων και τη σωστή φορτοεκφόρτωση, περιλαμβάνεται επίσης και:

- Η καταγραφή όλων των στοιχείων που θα μπορούν να χρησιμεύσουν ως αποδεικτικά στοιχεία για τον καταμερισμό ευθυνών σε περίπτωση ζημιάς στο πλοίο ή το φορτίο.
- Η λήψη όλων των μέτρων που, στην περίπτωση υπάρξεως ζημιάς, θα εξασφαλίσουν τον περιορισμό στο μέγιστο δυνατό βαθμό των επιπτώσεών της.

2) Καθήκοντα αξιωματικού φυλακής στο λιμάνι.

Υποδειζείς ως προς τα καθήκοντα και τις υποχρεώσεις του αξιωματικού φυλακής κάθε εμπορικού πλοίου στο λιμάνι περιέχονται στον κανονισμό (resolution) A. 337 (IX) του IMO. Ανάλογες υποχρεώσεις καθορίζονται επίσης και από σχετικούς εθνικούς κανονισμούς του κράτους εθνικότητας του κάθε πλοίου.

Σχετικά με τη φόρτωση, ο αξιωματικός φυλακής είναι υποχρεωμένος να παρακολουθεί:

- Τη σωστή εφαρμογή των διαδικασιών φορτώσεως σύμφωνα με τις οδηγίες του υποπλοιάρχου.
- Την τάση των κάβων του πλοίου σε συνδυασμό με την πρόοδο της φορτώσεως - εκφορτώσεως του πλοίου και της παλίρροιας που μπορεί να υπάρχει.
- Τα βυθίσματα του πλοίου σε συνδυασμό με την πρόοδο της φορτώσεως - εκφορτώσεως και το βάθος της περιοχής όπου είναι δεμένο το πλοίο.
- Τη μη δημιουργία υπερβολικής εγκάρσιας κλίσεως ή διαγωγής κατά τη φόρτωση ή εκφόρτωση και γενικά την κατάσταση του πλοίου από άποψη ευστάθειας.
- Την εφαρμογή μέτρων για αποφυγή ατυχημάτων στο προσωπικό, το πλοίο και το φορτίο.
- Την ύπαρξη καταστάσεως ετοιμότητας σε όλα τα μέσα για την αντιμετώπιση ζημιών (π.χ. αντλιών πυρκαϊάς).

3) Καταγραφή φορτίου (tallying).

Η σωστή καταγραφή του φορτίου που παραλαμβάνει ή παραδίδει ένα πλοίο αποτελεί το σπουδαιότερο μέσο για την αντιμετώπιση όλων των διεκδικήσεων σε βάρος του πλοίου.

Για το λόγο αυτό είναι πολύ ουσιώδες να συντάσσονται πίνακες του φορτίου σε βιβλία:

- Κατά λιμάνι παραλαβής - παραδόσεως.
- Κατά κύτος του πλοίου.
- Αλφαριθμητικά για ολόκληρο το πλοίο.

Η καταγραφή του φορτίου γίνεται σωστά αν προβλεφθεί ένα άτομο σε κάθε κύτος για το σκοπό αυτό. Όταν φορτώνονται ταυτόχρονα περισσότερα από ένα κύτη του πλοίου, είναι πολύ δύσκολο να υπάρξει ικανοποιητική παρακολούθηση από ένα άτομο μόνο.

Συχνά οι πληροφορίες που καταγράφονται στη φόρτωση, τακτοποιούνται στα σχετικά βιβλία όταν το πλοίο ταξιδεύει προς το επόμενο λιμάνι.

Όλες οι καταγραφές του φορτίου πρέπει να γίνονται τη στιγμή που αυτό εισέρχεται ή εξέρχεται από το πλοίο και όχι όταν βρίσκεται στην ξηρά ή πάνω σε φορτηγίδες.

4) Αποδείξεις υποπλοιάρχου – Φορτωτικές.

Άλλα σημαντικά βεβαιωτικά που έχουν σχέση με την παραλαβή και παράδοση φορτίου είναι:

- Οι αποδείξεις του υποπλοιάρχου (mate's receipts).
- Οι φορτωτικές (bills of lading).

Οι αποδείξεις του υποπλοιάρχου πρέπει να γράφονται σε ειδικά έντυπα του πλοίου, να αριθμολογούνται και να περιέχουν όλα τα σχετικά στοιχεία όπως είναι η ποσότητα, τα σημάδια που υπάρχουν πάνω στα κιβώτια, οι ζημιές στη συσκευασία και οι αμφισβήτησεις (disputes).

Ως προς τις φορτωτικές, θα πρέπει να τονισθεί ότι κάθε υπογεγραμμένη φορτωτική αποτελεί αναμφισβήτητο σχεδόν αποδεικτικό στοιχείο ότι το φορτίο που αναγράφεται σ' αυτήν έχει παραληφθεί από το πλοίο.

Συχνά, κακώς, οι φορτωτές ζητούν την υπογραφή φορτωτικών βιαστικά και χωρίς προηγούμενη επιβεβαίωση του περιεχομένου τους, με τον ισχυρισμό ότι έτσι γίνεται συνήθως ή ότι δεν πρόκειται να δημιουργήσουν στο μέλλον αμφισβήτησεις. Η υποχώρηση των αξιωματικών του πλοίου σε τέτοιες απαιτήσεις δεν είναι βέβαια υποχρεωτική. Είναι οπωδήποτε λανθασμένη και τοποθετεί το πλοίο σε δυσμενή θέση σε περίπτωση διεκδικήσεων σε βάρος του.

5) Ημερολόγια κυτών.

Στα περισσότερα φορτηγά πλοία εφαρμόζεται η τακτική να τηρούνται ξεχωριστά ημερολόγια για κάθε κύτος, όπου καταγράφονται καθημερινά όλες οι πληροφορίες που σχετίζονται με το κύτος και με την κατάσταση του φορτίου μέσα σ' αυτό. Τέτοιες είναι οι πληροφορίες για τη θερμοκρασία και υγρασία, τη στάθμη του νερού στις σεντίνες, την έναρξη και το τέλος εξαερισμού του κάθε κύτους και εξαντλήσεως των σεντινών του, καθώς και τα διάφορα έκτακτα περιστατικά, όπως π.χ. πυρκαϊά, αυτοθέρμανση, αυτοέναυση ή μετακίνηση του φορτίου, διαρροή κλπ.

20.4 Μέτρα ασφάλειας κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση.

Γενικά.

Η ασφάλεια απέναντι σε ατυχήματα στο προσωπικό και σε ζημιές στο πλοίο και το φορτίο προϋποθέτει τη λήψη σειράς προληπτικών μέτρων που είναι, στις λεπτομέρειές τους, αποτέλεσμα της πείρας των πληρωμάτων. Ενδεικτικά θα περιγράψουμε εδώ μερικά μόνο:

1) Φωτισμός κυτών.

Ο ικανοποιητικός φωτισμός των κυτών κατά τη διάρκεια της φορτώσεως και εκφορτώσεως του πλοίου είναι απαραίτητος, γιατί:

- Επιταχύνει την εργασία.

- Συντελεί στην αποφυγή ατυχημάτων.
- Συντελεί στην ορθή τακτοποίηση του φορτίου μέσα στο κύτος.
- Περιορίζει τις κλοπές.

Αν ο μόνιμος φωτισμός του κύτους είναι ανεπαρκής θα πρέπει να τοποθετούνται φορητά φώτα.

2) Προστασία από τη βροχή.

Από τη στιγμή που το φορτίο μεταφέρεται πάνω στο πλοίο σε καλή κατάσταση, όλες οι ευθύνες για τη διατήρησή του στην κατάσταση αυτή αποτελούν ευθύνη του πληρώματος.

Το νερό της βροχής μπορεί όχι μόνο να δημιουργήσει ζημιές στο φορτίο, αλλά έμμεσα, με τη διαπότιση των χύμα κυρίως φορτίων με υγρασία, να δημιουργήσει και προβλήματα στην όλη ασφάλεια του πλοίου, να δημιουργήσει π.χ. κατάσταση ρευστοποίησεως σε συμπυκνώματα (βλ. και εικοστό έκτο κεφάλαιο).

Σε τέτοιες περιπτώσεις, όταν υπάρχει βροχή, η φόρτωση θα πρέπει να διακόπτεται και τα κύτη να σκεπάζονται με μουσαμάδες. Το ίδιο πρέπει να γίνεται και προληπτικά, όταν διακόπτεται για οποιοδήποτε λόγο η φόρτωση του πλοίου.

3) Κλοπή φορτίου (pillage of cargo).

Σημαντικό ποσοστό των κλοπών φορτίου συμβαίνει ή πριν από την παραλαβή ή μετά την παράδοσή του από το πλοίο. Σ' αυτές τις περιπτώσεις κανονικά το πλοίο δεν έχει ευθύνη για την κλοπή, εκτός αν το γεγονός γίνει αντιληπτό από το πλήρωμα οπότε λογικά θα θεωρηθεί ότι η κλοπή έγινε μέσα στο πλοίο. Για το λόγο λοιπόν αυτό, η παραλαβή και παράδοση του φορτίου θα πρέπει να γίνεται με σχολαστικότητα.

Ένα άλλο επίσης σημαντικό ποσοστό κλοπών συμβαίνει στα κύτη του πλοίου, πριν τελειώσει η φόρτωση. Η παρουσία μελών του πληρώματος σχεδόν συνέχεια στην περιοχή των κυτών, αποτελεί την αποτελεσματικότερη προστασία εναντίον τέτοιων κλοπών.

Άλλα προστατευτικά μέσα κατά των κλοπών φορτίου είναι:

- Τα φορτία που κλέβονται εύκολα να καλύπτονται μέσα στα κύτη με άλλα φορτία.
- Οι αεραγωγοί που οδηγούν σε χώρους με αντικείμενα που κλέβονται να έχουν στα στόμιά τους σιδερένιες εσχάρες.
- Όλες οι προσβάσεις προς τα κύτη να ασφαλίζονται.
- Όλα τα μεγάλης αξίας εμπορεύματα να φυλάγονται σε ειδικές (αν υπάρχουν) αποθήκες.

20.5 Ζημιές στο πλοίο κατά τη διάρκεια της φορτώσεως.

Κατά τη διάρκεια της φορτώσεως και εκφορτώσεως του πλοίου είναι δυνατό να δημιουργηθούν στο πλοίο διάφορες ζημιές με σοβαρές συνήθως επιπτώσεις. Τέτοιες ζημιές είναι οι πυρκαϊές και διαρροές στα κύτη, το λασκάρισμα των κάβων, η επικάθηση του πλοίου σε εξάρσεις του βυθού κατά τη φόρτωση, ζημιές στα ανυψωτικά μέσα του πλοίου, ζημιές στα δίκτυα και την όλη κατασκευή των κυτών από πτώσεις του φορτίου κλπ.

Για την αποφυγή των προφανών από τις παραπάνω ζημιές επιπτώσεων, οι αξιωματικοί του πλοίου θα πρέπει με σχολαστικότητα να λαμβάνουν όλα τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

ΖΗΜΙΕΣ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

21.1 Γενικά.

Κατά τη μεταφορά των διαφόρων φορτίων από τα πλοία, όπως και κατά τη διαδικασία φορτώσεως - εκφορτώσεώς τους, είναι πιθανό να προκληθούν σ' αυτά διάφορες ζημιές. Αρκετές φορές κατά την εξέταση και ρύθμιση των διαφόρων διεκδικήσεων (claims) αποδίδονται ευθύνες στο πλοίο ως προς τις αιτίες που δημιούργησαν τέτοιες ζημιές.

Η ποικιλία των πιθανών ζημιών που είναι δυνατό να υποστούν φορτία κατά τη φόρτωση - εκφόρτωση και μεταφορά τους με πλοία είναι μεγάλη. Εδώ θα εξετάσουμε μερικές από τις πιο συνηθισμένες.

21.2 Ζημιές από λανθασμένους χειρισμούς κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση.

Οι πιο σημαντικές αιτίες για τη δημιουργία τέτοιων ζημιών στο φορτίο είναι:

– Απροσεξίες στους χειρισμούς των φορτωτήρων.

Η πιο συχνή από αυτές είναι το κατέβασμα (μαϊνάρισμα) με μεγάλη ταχύτητα μιας σαμπανιάς βαριού φορτίου πάνω σε άλλο ευαίσθητο σε αντίστοιχες καταπονήσεις. Τα αποτελέσματα τέτοιων χειρισμών διαπιστώνονται συνήθως στην εκφόρτωση.

– Αντικανονική έχμαση του φορτίου.

Τα συνηθισμένα συστήματα εχμάσεως του φορτίου δεν δημιουργούν προβλήματα σε βαριά ανθεκτικά φορτία. Αυτό δεν ισχύει για τη φόρτωση βαρελιών, δοχείων και άλλων όχι τόσο ανθεκτικών φορτίων.

– Σύνθλιψη του φορτίου στις πλευρές του πλοίου.

Τέτοιες ζημιές είναι πολύ συνηθισμένες κατά το μαϊνάρισμα του φορτίου και δημιουργούνται με την πρόσκρουσή του πάνω στο άνοιγμα του κύτους ή στις πλευρές του πλοίου μέσα στο κύτος.

– Σύρσιμο του φορτίου στην αποβάθρα.

Συχνά, για να επιταχυνθεί η εκφόρτωση, το φορτίο σύρεται πάνω στην αποβάθρα, πράγμα που εύκολα μπορεί να προκαλέσει ζημιές στο ίδιο ή και σε άλλο φορτίο που βρίσκεται στην περιοχή και πρέπει γι' αυτό να αποφεύγεται.

— **Πτώση φορτίων.**

Από σφάλματα κατά το χειρισμό τους με τους φορτωτήρες.

— **Χρησιμοποίηση αντικανονικών σαμπανιών.**

Τα σαμπάνια πρέπει πάντοτε να διαλέγονται σε συνάρτηση με το φορτίο και τη μορφή της συσκευασίας του. Επίσης μεγάλη σημασία έχει η επάρκεια της αντοχής των σαμπανιών σε σχέση με το βάρος του φορτίου για το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

21.3 Ζημιές από διαρροές, υγρασία και εφιδρώσεις.

1) Φορτία με υγρασία.

Τέτοια φορτία, όπως είναι τα δοχεία με υγρά, ποτέ δεν πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε ευαίσθητα ξηρά φορτία. Η πιο σωστή πρακτική είναι να υπάρχει ένα κύτος διαθέσιμο για τη φόρτωση μόνο τέτοιων φορτίων. Φυσικά και σ' αυτή την περίπτωση η σειρά φορτώσεως των φορτίων καθ' ύψος θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε τα κατώτερα φορτία να μην επηρεάζονται από πιθανή διαρροή ή από την υγρασία εκείνων που βρίσκονται από πάνω τους.

Οι στεγανοί κουραδόροι προσφέρονται σε αρκετές περιπτώσεις για τη μεταφορά τέτοιων φορτίων.

Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι πολλά φορτία, όπως είναι π.χ. το τσάι και το πιπέρι, απορροφούν υγρασία από το χώρο μέσα στον οποίο βρίσκονται. Τέτοια φορτία είναι αυτονόητο ότι δεν πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους όπου υπάρχουν άλλα που είναι δυνατό να αποβάλλουν υγρασία.

2) Εξατμίσεις, συμπυκνώσεις και εφιδρώσεις.

Η υγρασία που υπάρχει σε διάφορα φορτία εξατμίζεται συνήθως κάτω από τροπικές συνθήκες. Η υγρασία που δημιουργείται στο χώρο, είναι δυνατό, όταν έλθει σε επαφή με κρύο αέρα, να συμπυκνωθεί στα καταστρώματα και να πέσει πάνω στο φορτίο με τη μορφή βροχής ή να συμπυκνωθεί πάνω στις πλευρές του κύτους. Μπορούν έτσι να προκληθούν πολύ σοβαρές ζημιές σε ευαίσθητα στην υγρασία φορτία που υπάρχουν μέσα στο χώρο. Προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση τέτοιων περιπτώσεων είναι:

- Σωστή επιλογή των φορτίων που φορτώνονται σε κάθε κύτος.
- Τοποθέτηση των φορτίων που έχουν υγρασία σε χώρους όπου δεν υπάρχουν μεγάλες θερμοκρασίες και εφαρμογή με σχολαστικότητα της διαδικασίας αερισμού - εξαερισμού των χώρων αυτών.

21.4 Ζημιές στο φορτίο από οσμές.

Τέτοιες ζημιές μπορούν να δημιουργηθούν σε ευαίσθητα φορτία που απορροφούν οσμές από:

- Άλλα φορτία στον ίδιο χώρο που αναδίδουν οσμές (contamination).
- Χημικά υγρά ή αέρια που χρησιμοποιήθηκαν για τον καθαρισμό των κυτών (tainting damage).

Στην αποτελεσματική αποφυγή τέτοιων ζημιών συντελούν σημαντικά:

- Ο καθαρισμός των κυτων και ο συνεχής εξαερισμός τους μέχρι να φύγουν όλες οι οσμές πριν από τη φόρτωση.
- Ο σωστός εξαερισμός των κυτών κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.
- Η μη ανάμιξη φορτίων που αναδίδουν οσμές με άλλα που είναι ευαίσθητα σ' αυτές.

Οι ποι συχνές διεκδικήσεις για τέτοιες ζημιές ανακύπτουν συνήθως όταν κρέατα και βούτυρο μεταφέρονται στον ίδιο χώρο με φρούτα. Όπου είναι δυνατό κάτι τέτοιο πρέπει να αποφεύγεται.

21.5 Σύνθλιψη φορτίων.

Συχνά τα φορτία συνθλίβονται κάτω από το βάρος άλλων που έχουν φορτωθεί από πάνω τους. Επίσης είναι δυνατή η σύνθλιψη των φορτίων κατά το οριζόντιο διατοιχισμό. Η πρόληψη αυτών των ζημιών είναι δυνατή με την επιλογή σωστής σειράς φορτώσεως κατά την κατακόρυφη έννοια και με τη σωστή τακτοποίηση και έχμαση του φορτίου μέσα στο κύτος.

Η σύνθλιψη φορτίων μπορεί να οδηγήσει στη συνέχεια σε μετακίνηση άλλων φορτίων (shifting of cargo) με πολύ πιο μεγάλες ζημιές τόσο στο φορτίο όσο και στο ίδιο το πλοίο.

Στην ίδια κατηγορία μπορούν επίσης να περιληφθούν και ζημιές που προκαλούνται στο φορτίο από την επαφή του με αιχμηρά σημεία της όλης κατασκευής του πλοίου κατά το διατοιχισμό (chafing damage).

21.6 Αυτοθερμάνσεις φορτίων.

Πολλά φορτία, κυρίως φυτικής ή ζωικής προελεύσεως, είναι πιθανό να αυτοθερμανθούν. Το ενδεχόμενο αυτό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά τη φόρτωσή τους και επιβάλλει οπωσδήποτε αυξημένη παρακολούθηση των συνθηκών μέσα στο κύτος κατά το ταξίδι. Το ενδεχόμενο αυτοθερμάνσεως των φορτίων είναι μικρό σε ταξίδια με μικρή διάρκεια σε ψυχρές ζώνες. Το αντίθετο όμως συμβαίνει σε ταξίδια με διάρκεια παραμονής των φορτίων μέσα στο κύτος 2-3 μήνες και στις θερμές ζώνες.

Φορτία που είναι δυνατό να υποστούν αυτοθέρμανση είναι το κάρβουνο, το ρύζι, η γιούτα, ο καπνός, το κακάο και το πιπέρι. Η αυτοθέρμανση των φορτίων είναι ανεπιθύμητη γιατί τα αλλοιώνει και αυξάνει το ενδεχόμενο πυρκαϊάς μέσα τα κύτη.

Προληπτικά μέτρα κατά της αυτοθερμάνσεως των φορτίων είναι:

- Η αποθήκευσή τους μακριά από πηγές θερμότητας, όπως είναι το λεβητοστάσιο και το μηχανοστάσιο.
- Ο συνεχής και σωστός αερισμός - εξαερισμός των κυτών.
- Η τοποθέτησή τους στο πάνω μέρος του κύτους και όχι χαμηλά κάτω από το βάρος και την πίεση άλλων φορτίων.

21.7 Ζημιές από ανάμιξη φορτίων.

Η ανεπιθύμητη ανάμιξη φορτίων οδηγεί συχνά σε πλήθος διεκδικήσεων σε βάρος του πλοίου. Προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων είναι:

- Η σωστή κατά την κατακόρυφη έννοια κατανομή των φορτίων.

- Ο διαχωρισμός κατά την οριζόντια έννοια των φορτίων με πρόσφορα μέσα, όπου απαιτείται.

21.8 Ζημιές από σκόνη.

Πολλά φορτία είναι δυνατό να υποστούν αλλοιώσεις λόγω επικαθήσεως πάνω σ' αυτά σκόνης από κάρβουνο, τσιμέντο, φωσφάτο, άμμο ή από μεταλλεύματα που είναι αποθηκευμένα στον ίδιο ή σε άλλους χώρους.

Η ανεπιθύμητη σκόνη μπορεί να φθάσει σε σημεία όπου υπάρχει κάποιο άλλο ευαίσθητο φορτίο από τους αεραγωγούς, από ανοικτές πόρτες και καθόδους, καθώς και από τις χαραμάδες που αφήνουν οι ξύλινες διαχωριστικές φρακτές.

Προληπτικά μέτρα για την αποφυγή τέτοιων ζημιών είναι:

- Η σωστή επιλογή των χώρων όπου θα φορτωθεί κάθε φορτίο.
- Η σωστή διαδικασία και σειρά φορτώσεως.
- Η παρεμπόδιση της μετακινήσεως της σκόνης με όλα τα πρόσφορα μέσα.
- Η κάλυψη των ευαίσθητων φορτίων.

21.9 Διαρροή πετρελαίου από τα διπύθμενα.

Κατά τις κινήσεις κυρίως του πλοίου σε θαλασσοταραχή είναι πιθανό το δάπεδο των κυτών να διαποτισθεί με πετρέλαιο που φθάνει στο χώρο ή από ρωγμές ή από τα εξαεριστικά των δεξαμενών του διπύθμενου. Σε τέτοιες καταστάσεις ζημιές υφίσταται το κάτω μέρος του φορτίου, λόγω επαφής του με το πετρέλαιο και ίσως και το πάνω μέρος του αλλοιώσεις από οσμές.

21.10 Οξείδωση σε φορτία σιδήρου και χάλυβα.

Τέτοιες καταστάσεις δημιουργούνται όταν το ποσοστό υγρασίας του κύτους είναι υψηλό. Το ενδεχόμενο αυτό αντιμετωπίζεται σωστά με την τοποθέτηση του φορτίου σε ξηρά κύτη και με το σχολαστικό εξαερισμό τους κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.

21.11 Ζημιές από πυρκαϊά.

Η σωστή στοιβασία του φορτίου μπορεί οπωσδήποτε να περιορίσει στο ελάχιστο το ενδεχόμενο πυρκαϊάς, καθώς και την εξάπλωσή της.

Το κάπνισμα, το άναμμα σπίρτων, η χρήση γυμνών λυχνιών και καλωδίων με χαλασμένη μόνωση κοντά ή μέσα στα κύτη πρέπει να απαγορεύονται αυστηρά. Όταν μεταφέρονται επικίνδυνα για αυτοέναυση (αυτανάφλεξη) φορτία, όπως το μπαμπάκι, θα πρέπει να υπάρχει κοντά σε κάθε κύτος άμεση ετοιμότητα για την κατάσβεση μικροπυρκαϊών.

Περισσότερα στοιχεία πάνω στο θέμα αυτό δίνονται στο εικοστό ένατο κεφάλαιο.

21.12 Φροντίδες για το φορτίο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, για την αποφυγή ατυχημάτων ή ζημιών στο φορτίο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, θα πρέπει να πάρινομε μια σειρά από προ-

φυλάξεις που εξαρτώνται από:

- Το είδος και τις ιδιότητες του φορτίου.
- Τις καιρικές συνθήκες.
- Τις συνθήκες θάλασσας.
- Την περιοχή του ταξιδιού.

Το βασικότερο προληπτικό μέτρο για την αποφυγή ατυχημάτων και ζημιών τόσο στο πλοίο όσο και το φορτίο είναι η απόλυτη εξοικείωση του πλοιάρχου, πριν από τη φόρτωση, με τα χαρακτηριστικά του κάθε φορτίου που θα μεταφέρει από τα ειδικά βιβλία που υπάρχουν για το σκοπό αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

22.1 Γενικά.

Όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η έλλειψη εξαερισμού στα κύτη είναι δυνατό να προκαλέσει υπερθέρμανση, αλλοίωση και ξαφνική έναυση του φορτίου. Επιπλέον, όταν δεν υπάρχει εξαερισμός, τα φορτία παθαίνουν ζημές από υγρασία, από ανεπιθύμητες μυρωδίες ή σκουριάζουν. Τέλος σε χώρους που δεν εξαερίζονται είναι δυνατό να δημιουργηθεί συγκέντρωση δηλητηριαδών ή και εκρηκτικών αερίων, τα οποία αποτελούν κίνδυνο τόσο για το πλήρωμα όσο και για το πλοίο.

Για τους παραπάνω λόγους η ύπαρξη εξαερισμού στα κύτη είναι συνυφασμένη με τη σωστή μεταφορά του φορτίου και με την προστασία του πλοίου. Ειδικά στις μεταφορές κάρβουνου και άλλων φορτίων, από τα οποία δημιουργούνται εύφλεκτα και εκρηκτικά αέρια, η ύπαρξη εξαερισμού στα κύτη είναι απόλυτα απαραίτητη.

Ο εξαερισμός των κυτών σκοπό έχει να εξασφαλίσει τη συνεχή κυκλοφορία αέρα στα κύτη, έτσι ώστε η θερμότητα, η υγρασία, οι καπνοί, οι ατμοί, τα αέρια και οι οσμές να οδηγούνται στην ανοικτή ατμόσφαιρα. Γενικά, υπάρχουν τα εξής τρία συστήματα εξαερισμού του φορτίου:

α) Φυσικός εξαερισμός των συνηθισμένων κυτών, ο οποίος συμπληρώνεται με περιορισμένη μηχανική κυκλοφορία αέρα.

β) Ελεγχόμενα συστήματα μηχανικής κυκλοφορίας αέρα σε χώρους που έχουν μόνωση, με αντικειμενικό σκοπό τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της περιεκτικότητάς τους σε διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο δημιουργείται κατά την αποθήκευση ορισμένων φορτίων (όπως συμβαίνει π.χ. με μερικά κατεψυγμένα φορτία).

γ) Μηχανική κυκλοφορία αέρα με σκοπό τη μείωση της υγρασίας μέσα στα κύτη, έτσι ώστε να μην είναι δυνατή η δημιουργία εφιδρώσεων. Με τα συστήματα αυτά δεν καταβάλλεται προσπάθεια να μειωθεί η θερμοκρασία μέσα στα κύτη αλλά μόνο η υγρασία.

22.2 Ορισμοί.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι ένα μίγμα συστατικών, τα πιο σημαντικά από τα οποία είναι το άζωτο, το οξυγόνο και οι υδρατμοί. Ο ειδικός όγκος του αέρα αυξάνει με τη θερμοκρασία και κυμαίνεται, για τις συνήθεις συνθήκες που επικρατούν στα κύτη των πλοίων, μεταξύ 12 και 15 ft^3/lbf .

Η ποσότητα των υδρατμών που υπάρχει στον αέρα, παρ' όλο ότι δεν φαίνεται, είναι αρκετά σημαντική. Σε ένα άδειο κύτος πλοίου π.χ. με όγκο 3000 m^3 μπορεί να υπάρχει νερό υπό μορφή υγρασίας, το βάρος του οποίου είναι δυνατό να κυμαίνεται μεταξύ 9 χιλιογράμμων σε χαμηλή θερμοκρασία και 90 χιλιογράμμων σε τροπικές συνθήκες.

Σε κάθε θερμοκρασία ο αέρας μπορεί να περιέχει μια μέγιστη ανά μονάδα βάρους ποσότητα υδρατμών.

Οι παρακάτω ορισμοί είναι σχετικοί με τη συμπεριφορά μιγμάτων αέρα - υδρατμών. Οι ορισμοί δίνονται με τρόπο που να είναι κατανοητός στον πλοιάρχο και όχι με την απόλυτη θερμοδυναμική μορφή τους.

Κορεσμένο αέρα (saturated air) λέμε τον αέρα όταν αυτός περιέχει τη μέγιστη ποσότητα υδρατμών που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του.

Σχετική υγρασία αέρα (relative humidity). Είναι η ποσότητα των υδρατμών που περιέχει ο αέρας εκφρασμένη ως ποσοστό της μέγιστης υγρασίας που μπορεί να περιέχει στην ίδια θερμοκρασία. Π.χ. όταν η σχετική υγρασία είναι 70%, σημαίνει ότι ο αέρας περιέχει ποσότητα υδρατμών ίση με το 70% εκείνης που αντιστοιχεί σε κατάσταση κορεσμού στην ίδια θερμοκρασία.

Όταν ο αέρας θερμανθεί, η σχετική του υγρασία πέφτει, γιατί σε υψηλότερη θερμοκρασία ο κορεσμένος αέρας μπορεί να περιέχει περισσότερη υγρασία. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η θερμοκρασία υφίσταται πτώση.

Σημείο δρόσου (dew point). Όταν ένα μίγμα αέρα και υδρατμών ψυχθεί, η σχετική υγρασία αυξάνεται μέχρις ότου σε κάποια οριακή θερμοκρασία ο αέρας καθίσταται πια κορεσμένος (σχετική υγρασία 100%). Η θερμοκρασία αυτή είναι γνωστή με την ονομασία **σημείο δρόσου**.

Συμπύκνωση (condensation). Ψύξη ενός μίγματος υδρατμών κάτω από το σημείο δρόσου δημιουργεί συμπύκνωση της υγρασίας (σχηματισμό σταγονιδίων).

Ψυχρομετρικό διάγραμμα (psychrometric chart). Οι σχέσεις μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα, της σχετικής υγρασίας, της ποσότητας της υγρασίας που περιέχει και του σημείου δρόσου ρυθμίζονται από συγκεκριμένους φυσικούς νόμους. Η κατάσταση του αέρα είναι απόλυτα καθορισμένη, αν δοθούν δυο από τα στοιχεία αυτά (π.χ. η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία). Η σχέση μεταξύ των παραπάνω μεγεθών φαίνεται σε ένα διάγραμμα που ονομάζομε ψυχρομετρικό διάγραμμα (σχ. 22.2a).

Υγρόμετρο. Είναι ένα όργανο που αποτελείται από δυο θερμόμετρα. Του ενός ο βολβός είναι σε ξηρή κατάσταση [**θερμόμετρο ξηρού βολβού (dry bulb)**] και του άλλου είναι εμποτισμένος μέσα σε ένα βρεγμένο ύφασμα [**θερμόμετρο υγρού βολβού (wet bulb)**]. Ένα υγρόμετρο βλέπομε στο σχήμα 22.2β.

Οι ενδείξεις θερμοκρασίας των δύο θερμομέτρων είναι γνωστές ως **θερμοκρασία ξηρού** και **θερμοκρασία υγρού βολβού** αντίστοιχα.

Παράδειγμα 1.

Μίγμα αέρα-υδρατμών έχει θερμοκρασία ξηρού βολβού 80°F και υγρού 70°F . Να βρεθεί η σχετική υγρασία και το σημείο δρόσου.

Η λύση φαίνεται στο σχήμα 22.2a και δίνει:

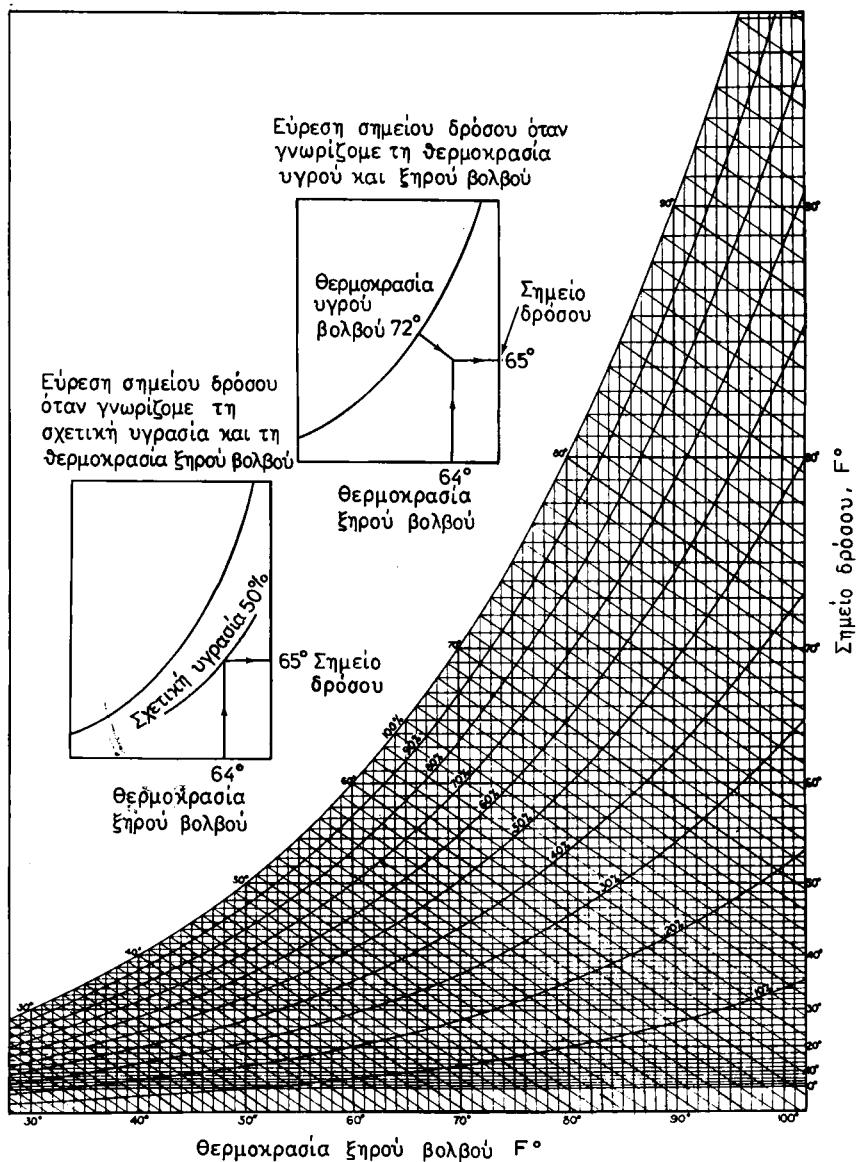
- Σχετική υγρασία 60%.
- Σημείο δρόσου 65°F .

Παράδειγμα 2.

Μίγμα αέρα-υδρατμών έχει σχετική υγρασία 40% και θερμοκρασία ξηρού βολβού 81°F . Να βρεθεί το σημείο δρόσου.

Η λύση φαίνεται πάλι στο σχήμα 22.2a και οδηγεί στο αποτέλεσμα:

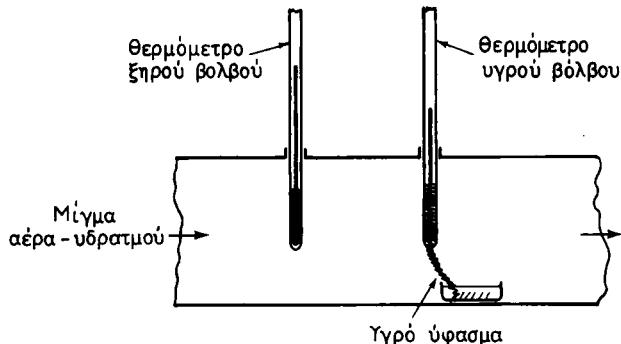
$$\text{Σημείο δρόσου} = 54^{\circ}\text{F}.$$



Σχ. 22.2a.
Ψυχρομετρικό διάγραμμα.

Επικάθηση υγρασίας πάνω σε ψυχρές επιφάνειες.

Ας φαντασθούμε ένα τζάμι εκτεθειμένο σε χαμηλή θερμοκρασία απ' έξω και σε υψηλή εσωτερικά. Επειδή το τζάμι έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τον αέρα, έχουμε τοπικά, στο εσωτερικό του, αύξηση της σχετικής υγρασίας στο 100% (αν ο εσωτερικός αέρας έχει ανάλογα υψηλή υγρασία) και επομένως συμπύκνωση υγρασίας. Στην περιοχή αυτή του χώρου μπορούμε να θεωρήσουμε είτε ότι η θερμο-



Σχ. 22.2β.
Υγρόμετρο.

κρασία του τζαμιού είναι χαμηλότερη από το σημείο δρόσου είτε ότι το σημείο δρόσου του αέρα είναι υψηλότερο από τη θερμοκρασία του τζαμιού. Έτσι η συμπύκνωση των υδρατμών είναι δυνατό να αποφευχθεί είτε με ανέβασμα της θερμοκρασίας του τζαμιού πάνω από το σημείο δρόσου (όπως στα θερμαινόμενα τζάμια των αυτοκινήτων) είτε με χαμήλωμα του σημείου δρόσου του αέρα.

22.3 Η κατάσταση μέσα στο κύτος.

Μέσα στο κύτος ενός πλοίου υπάρχει μια συνεχής διεργασία μεταξύ του φορτίου και της ατμόσφαιρας. Ένα μέρος αυτής της διεργασίας είναι ορατό, όπως π.χ. η συμπύκνωση υγρασίας πάνω σε ψυχρά μέρη του φορτίου και του πλοίου, ενώ ένα άλλο μέρος της δεν φαίνεται, όπως π.χ. η απορρόφηση υγρασίας από το φορτίο.

1) Παρακολούθηση συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας μέσα στο κύτος.

Η θερμοκρασία μέσα στο κύτος μπορεί να μετρηθεί με διάφορα είδη θερμομέτρων, η δε σχετική υγρασία ή με συνδυασμό θερμομέτρων υγρού και ξηρού βολβού ή με ειδικά υγρόμετρα με απ' ευθείας ένδειξη.

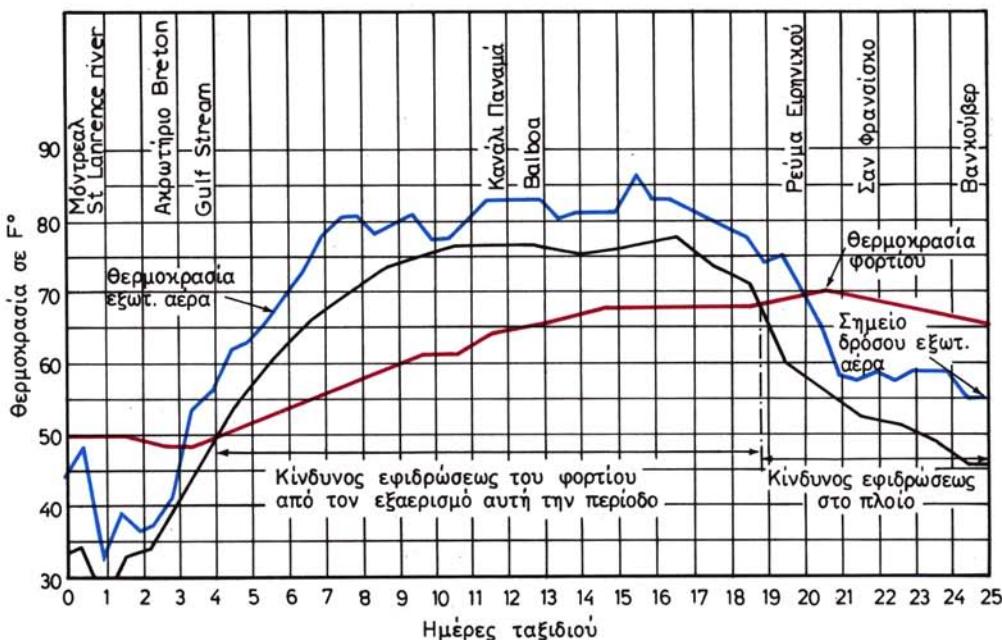
Τα σχετικά στοιχεία καταχωρούνται στο **ημερολόγιο εξαερισμού του φορτίου**.

Σε σύγχρονα πλοία, τα παραπάνω στοιχεία καταγράφονται συνέχεια από αυτόματα καταγραφικά όργανα.

2) Συμπύκνωση υγρασίας σε μεταλλικές επιφάνειες του πλοίου ή του φορτίου.

Όταν ένα πλοίο προερχόμενο από ψυχρές φθάσει σε θερμές περιοχές, το σημείο δρόσου του αέρα αυξάνει. Οι μεταλλικές όμως επιφάνειες μέσα στο κύτος διατηρούν για αρκετό χρόνο θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο δρόσου και έτσι έχομε συμπύκνωση υγρασίας πάνω σ' αυτές.

Στο σχήμα 22.3 βλέπομε τη μεταβολή της θερμοκρασίας και του σημείου δρόσου του εξωτερικού αέρα και της θερμοκρασίας του φορτίου μέσα στο κύτος ενός



Σχ. 22.3.

Μεταβολή συνθηκών εξωτερικού αέρα και φορτίου στη διάρκεια ενός ταξιδιού.

πλοίου σε κάποιο ταξίδι από το Μόντρεαλ στο Βανκούβερ. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής υπάρχει μια περίοδος συμπυκνώσεως υγρασίας πάνω στο φορτίο και μια περίοδος με κίνδυνο δημιουργίας συμπυκνώσεως στη μεταλλική κατασκευή του πλοίου μέσα στο κύτος.

Από τα παραπάνω και με βάση τόσο εμπειρικά συμπεράσματα όσο και τις διαδικασίες συμπυκνώσεως θεωρείται σωστό, αν το φορτίο είναι ευαίσθητο στην υγρασία (όπως π.χ. τα μεταλλικά αντικείμενα και οι κονσέρβες), να διακόπτεται ο εξαερισμός του κύτους όταν το σημείο δρόσου είναι 5°F κάτω από τη θερμοκρασία του φορτίου. Όταν το φορτίο αποκτήσει θερμοκρασία 5°F πάνω από το σημείο δρόσου, ο εξαερισμός μπορεί πάλι να ξαναρχίσει.

Τα γενικά συμπεράσματα από δύο είπαμε παραπάνω είναι:

- Το σημείο δρόσου είναι η σημαντικότερη παράμετρος από την οποία διαπιστώνομε την πιθανότητα σχηματισμού υγρασίας στο φορτίο και στα εσωτερικά τοιχώματα του κύτους.
- Όταν το σημείο δρόσου του αέρα που εισέρχεται στο κύτος είναι υψηλότερα από τη θερμοκρασία του φορτίου, έχομε συμπύκνωση υγρασίας πάνω σ' αυτό.
- Όταν ο αέρας ψύχεται κάτω από το σημείο δρόσου, έχομε σχηματισμό σταγονιδίων.
- Η παροχή αέρα στο κύτος (αν δεν είναι απαραίτητη για άλλους λόγους) πρέπει να διακόπτεται όταν το σημείο δρόσου βρίσκεται πάνω από τη θερμοκρασία του φορτίου.
- Όταν τα ελάσματα του πλοίου γίνουν ψυχρότερα από το σημείο δρόσου του αέρα που βρίσκεται μέσα στο κύτος, έχομε συμπύκνωση υγρασίας πάνω στα ελάσματα που στη συνέχεια πέφτει πάνω στο φορτίο. Για να αποφύγομε κάτι τέτοιο θα πρέπει να αρχίσουμε τον εξαερισμό του κύτους με την προϋπόθεση ότι ο αέρας δεν είναι κορεσμένος και έχει σημείο δρόσου χαμηλότερο από τη θερμοκρασία των μεταλλικών επιφανειών του πλοίου.

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΙΤΗΡΩΝ

23.1 Γενικά.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 16.2 *ως σιτηρά χαρακτηρίζονται το σιτάρι, το καλαμπόκι, η βρώμη, η σίκαλη, το κριθάρι, το ρύζι, τα ρεβύθια και οι σπόροι.* Τα φορτία αυτά έχουν συντελεστές στοιβασίας που κυμαίνονται ανάμεσα στα 1,2 και 2,0 m³/MT (43 - 72 ft³/LT).

Η φόρτωση, με τη βαρύτητα, χύδην των παραπάνω φορτίων λόγω της φύσεώς τους, αλλά και λόγω των διαφόρων ενισχύσεων που υπάρχουν εσωτερικά στις οροφές των καταστρωμάτων, δεν επιτρέπει την απόλυτη πλήρωση του πάνω μέρους των κυτών. Λόγω των κενών (voids) που παραμένουν στο πάνω μέρος κάθε κύτους, είναι ενδεχόμενο, σε συνθήκες θαλασσοταραχής, να προκληθεί μετακίνηση του φορτίου (shifting of cargo). Η μετακίνηση αυτή του φορτίου κατά την εγκάρσια διεύθυνση (που μοιάζει πολύ με τις εγκάρσιες μετακινήσεις μάζας υγρών σε δεξαμενές με ελεύθερη επιφάνεια) έχει ως αποτέλεσμα:

- Τη δημιουργία εγκαρσίων ροπών που είναι δυνατό να προκαλέσουν σοβαρή εγκάρσια κλίση στο πλοίο.
 - Την υποβάθμιση του επιπέδου ευστάθειας του πλοίου, επειδή κάποια ποσότητα φορτίου μετακινείται σε νέα θέση με κέντρο βάρους υψηλότερα.
- Ο βαθμός πληρότητας των κυτών είναι δυνατό να αυξηθεί και επομένως οι σχετικοί κίνδυνοι να περιορισθούν με:
- Κατάλληλη σχεδίαση των κυτών και των ανοιγμάτων τους.
 - Πρόβλεψη ειδικών τροφοδοτικών στομίων (feeders), εκτός από τα κανονικά ανοίγματα των κυτών.
 - Κατάλληλη διευθέτηση (χαπιάρισμα) του φορτίου.

Φυσικά πλήρης εξαφάνιση του κενού στο πάνω μέρος κάθε κύτους δεν είναι δυνατή. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή των κανονισμών γραμμής φορτώσεως σε συνδυασμό με το είδος και τους συντελεστές στοιβασίας των φορτίων που μεταφέρει το πλοίο σε κάθε ταξίδι, σπάνια επιτρέπει να είναι όλα τα κύτη του πλήρη. Έτσι μερικά από αυτά μπορεί να είναι ημιπλήρη, πράγμα που δημιουργεί σημαντικές πιθανότητες μετακινήσεως του φορτίου μέσα σ' αυτά.

Διευκρινίζεται ότι **ένα κύτος δεν μπορεί ποτέ να είναι απόλυτα γεμάτο με φορτίο χύδην.** Αυτό που ονομάζομε **πλήρες κύτος**, στην πραγματικότητα είναι ένα κύτος με το ελάχιστο δυνατό κενό στο πάνω μέρος του.

Ο κίνδυνος από την πιθανή μετακίνηση των φορτίων χύδην αναγνωρίσθηκε στην Αγγλία ήδη από το 1880, οπότε, σύμφωνα με τους κανονισμούς του Merchant Shipping Act, επιβαλλόταν πρόστιμο 300 λιρών στον πλοιοκτήτη ή τον πλοιάρχο του πλοίου που δεν είχε προβλέψει να λάβει όλα τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα για την αποφυγή της πιθανότητας μετακίνησεως του φορτίου σιτηρών.

Από τότε, τα διάφορα κράτη θέσπισαν διάφορους δικούς τους εθνικούς κανονισμούς, οι οποίοι εφαρμόζονται στα δικά τους πλοία ή και στα πλοία με άλλες σημαίες που φορτώνουν σιτηρά στα λιμάνια τους. Επιπλέον, θεσπίσθηκαν διεθνείς κανονισμοί αποδεκτοί από τα περισσότερα κράτη και αφορούν πλοία που εκτελούν διεθνείς μεταφορές σιτηρών.

Ο κανονισμός VI της Solas του 1948 ως προς τη φόρτωση σιτηρών αποτέλεσε την πρώτη συμφωνία σε διεθνή κλίμακα πάνω στο θέμα αυτό. Συνοπτικά, με τον κανονισμό αυτό καθορίσθηκε:

- Η έκταση υπάρξεως τροφοδοτικών στομίων.
- Η έκταση υπάρξεως διαμήκων διαχωριστικών φρακτών στα κύτη και τα τροφοδοτικά στόμια.
- Η ύπαρξη φορτίου σε σάκους πάνω στην επιφάνεια του φορτίου χύδην στα μη πλήρη κύτη.
- Το είδος του φορτίου που επιτρέποταν να φορτώνεται στα ανώτερα κύτη (tween decks).

Οι κανονισμοί αυτοί απέβλεπαν, ποιοτικά μόνο στη μείωση της πιθανότητας μετακίνησεως του φορτίου, καθώς επίσης και στη μείωση των δυσμενών αποτελεσμάτων από πιθανή μετακίνηση, είχαν όμως τα εξής μειονεκτήματα:

- Επέβαλαν σε όλα τα πλοία τις ίδιες υποχρεώσεις, γεγονός που επιβάρυνε άδικα εκείνα που είχαν υψηλό επίπεδο ευστάθειας.
- Δημιουργούσαν την ανάγκη να λαμβάνονται μέτρα (σάκοι, τροφοδοτικά στόμια, διαμήκεις φρακτές κλπ.) που είχαν ως αποτέλεσμα καθυστερήσεις και έξοδα ακόμη και στις περιπτώσεις που η λήψη τέτοιων μέτρων δεν ήταν πραγματικά απαραίτητη.

Κατά την περίοδο από το 1948 μέχρι το 1960 αναγνωρίσθηκε η ανάγκη συσχετισμού των προληπτικών μέτρων που έπρεπε να ληφθούν με το πραγματικό επίπεδο ευστάθειας κάθε πλοίου για συγκεκριμένη φόρτωση. Έτσι καθορίσθηκε από τον κανονισμό VI της Solas 1960 ότι, αν ένα πλοίο με δύο ή ένα κατάστρωμα είχε μετακεντρικό ύψος μεγαλύτερο από 12 in (305 mm) και με τρία ή περισσότερα καταστρώματα μεγαλύτερο από 14 in (356 mm), θα μπορούσε:

- Να μην έχει διαμήκεις φρακτές κάτω από τα τροφοδοτικά στόμια.
- Να έχει μόνο φορτίο σε σάκους και όχι διαχωριστικές διαμήκεις φρακτές κάτω από τα ανοίγματα των κυτών.
- Να μην έχει τροφοδοτικά στόμια και διαχωριστικές φρακτές αν τα κύτη του ήταν ειδικά διαρρυθμισμένα (βλ. παρακάτω) για μεταφορά σιτηρών υπό την προϋπόθεση ότι πιθανή εγκάρσια μετακίνηση του φορτίου δεν θα δημιουργούσε στο πλοίο εγκάρσια κλίση πάνω από πέντε μοίρες.

Σύμφωνα με τους παραπάνω κανονισμούς, στους σχετικούς υπολογισμούς θα έπρεπε να υποτεθεί ότι μέσα σε κάθε κύτος:

- Τα σιτηρά είχαν υποστεί καθίζηση κατά 2% του ύψους.
- Η επιφάνεια των σιτηρών είχε κλίση, σε σχέση με το οριζόντιο, 12°.

Με τους κανονισμούς λοιπόν της Solas 1960 περιορίζεται η λήψη μερικών

πρακτικών μέτρων, αλλά επιβάλλεται η εκπόνηση ειδικών μελετών ευστάθειας που είναι από τότε γνωστές ως **μελέτες φορτώσεως σιτηρών** και περιέχονται στα **εγχειρίδια φορτώσεως σιτηρών (grain loading manuals)** που υπάρχουν στα πλοία.

Κατά το διάστημα από το 1960 έως το 1969 τα σχετικά θέματα διερευνήθηκαν ακόμα περισσότερο και κατανοήθηκαν ακόμα καλύτερα.

Πρόεκυψαν έτσι ως εναλλακτικοί κανονισμοί της Solas 1960 οι κανονισμοί IMO 1969, οι οποίοι δημιούργησαν την ανάγκη άλλων πολυπλοκοτέρων υπολογισμών ευστάθειας.

Το βασικό πλεονέκτημα για τους πλοιοκτήτες από την εφαρμογή των κανονισμών IMO 1969 σε σχέση με εκείνους της Solas 1960 είναι ότι, υπό την προϋπόθεση καλύψεως ορισμένων αυξημένων απαιτήσεων ευστάθειας, επιτρέπεται:

- Η μη ύπαρξη τροφοδοτικών στοριών.
- Η μη ύπαρξη διαμήκων διαχωριστικών διαφραγμάτων ούτε και σε περιοχές που δεν βρίσκονται κάτω από τα στόμια των κινητών.
- Η μη υπαρξη φορτίου σε σακους πανω απο το φορτιο χυδην στα ημιπλήρη στην επιφάνεια (partially filled) κύτη.

Με την εφαρμογή των κανονισμών της IMO 1969 απλοποιήθηκε σημαντικά το πρακτικό σκέλος της φορτώσεως σιτηρών, αλλά έγινε αρκετά πιο δύκολη η πράγματοποίηση των σχετικών υπολογισμών, ένα μέρος από τους οποίους, όπως θα δούμε στα επόμενα, πρέπει να γίνεται από τον πλοίαρχο. Οι κανονισμοί του IMO 1969 με μερικές ακόμη βελτιώσεις έχουν περιληφθεί στη Solas 1974 και θα επεξηγηθούν με λεπτομέρειες στα επόμενα.

Διευκρινίζεται πάντως ότι σήμερα:

- Μερικά κράτη επιτρέπουν την πραγματοποίηση φορτώσεως σιτηρών σύμφωνα με την Solas 1974 ή σύμφωνα με τους κανονισμούς IMO 1969 ή ακόμη και σύμφωνα με τους κανονισμούς της Solas 1960.
- Άλλα κράτη απαιτούν οπωσδήποτε εφαρμογή μόνο των κανονισμών της Solas 1974.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι σε κάθε σύγχρονο φορτηγό πλοίο που είναι επιθυμητό να μπορεί να φορτώσει σιτηρά σε οποιοδήποτε λιμάνι, χωρίς καθυστερήσεις, πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει ειδική μελέτη φορτώσεως σιτηρών, σύμφωνα με τους κανονισμούς της Solas 1974. Τα στοιχεία της μελέτης αυτής παρέχουν στον πλοίαρχο τη δυνατότητα να αποδείξει σχετικά εύκολα στην τοπική λιμενική αρχή την ικανοποίηση των σχετικών απαιτήσεων των κανονισμών σε κάθε συνθήκη φορτώσεως.

23.2 Κανονισμοί σιτηρών της Solas 1974.

Οι κανονισμοί για τη φόρτωση σιτηρών, όπως περιέχονται στο κεφαλαίο VI της Solas 1974, υποδιαιρούνται στα εξής τρία μέρη:

- 1) Γενικές διατάξεις.
- 2) Υπολογισμοί ροπών εγκάρσιας κλίσεως.
- 3) Διατάξεις περιορισμού της μετακινήσεως του φορτίου.

Παρακάτω θα δοθούν συνοπτικά μερικά στοιχεία από τις διατάξεις της Solas, κυρίως ως προς τη συμβολή του πλοιάρχου στην εφαρμογή των σχετικών κανονισμών.

1) Γενικές διατάξεις.

Το μέρος A του κεφαλαίου VI της Solas 1974 περιλαμβάνει 13 συνολικά κανο-

νισμούς (regulations), οι πιο σημαντικοί από τους οποίους είναι:

Κανονισμός 2.

Περιέχει τους ορισμούς των όρων **σιτηρά, πλήρες κύτος, ημιπλήρες κύτος** και **γωνία κατακλύσεως (angles of flooding)** οι περισσότεροι από τους οποίους έχουν ήδη επεξηγηθεί.

Ειδικά η **γωνία κατακλύσεως (Θ_f)** ορίζεται ως εκείνη η γωνία εγκάρσιας κλίσεως που οριακά προκαλεί έναρξη εισροής νερού στο πλοίο από μεγάλα ανοίγματα του σκάφους που δεν μπορούν να κλεισθούν στεγανά.

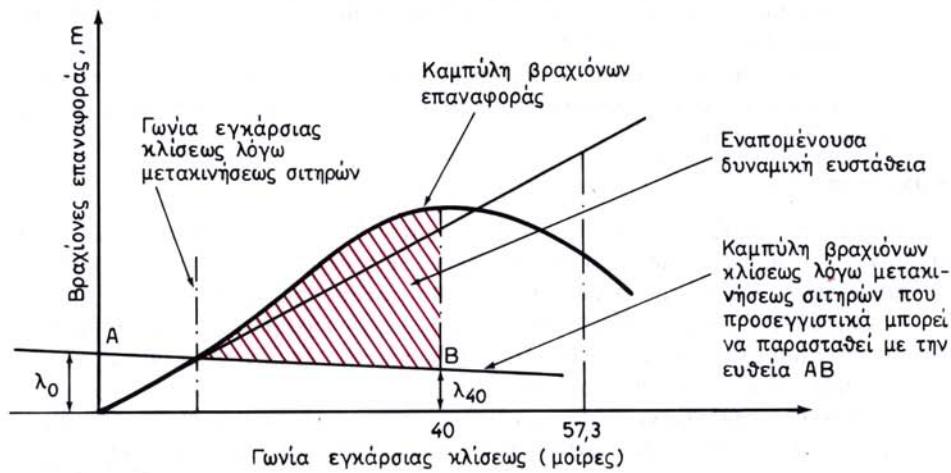
Κανονισμός 3.

Καλύπτει την υποχρέωση για τη διευθέτηση της επιφάνειας του φορτίου σε όλα τα πλήρη και ημιπλήρη κύτη, έτσι ώστε η επιφάνεια των σιτηρών στο τέλος της φορτώσεως να είναι παντού οριζόντια.

Κανονισμός 4.

Σύμφωνα με τον κανονισμό αυτό, θα πρέπει, όταν επενεργήσει στο πλοίο η ροπή εγκάρσιας κλίσεως λόγω μετακινήσεως των σιτηρών (ο υπολογισμός της θα επεξηγηθεί σε επόμενη παράγραφο), να είναι εξασφαλισμένο ότι:

- Η γωνία εγκάρσιας κλίσεως δεν θα υπερβαίνει τις 12° .
- Η σκιασμένη επιφάνεια του σχήματος 23.2a σε όλες τις καταστάσεις φορτώσεως δεν θα είναι μικρότερη από 0,075 μετροακτίνια.
- Το αρχικό μετακεντρικό ύψος του πλοίου μετά τη διόρθωσή του για τις ελεύθερες επιφάνειες δεν θα είναι μικρότερο από 0,30 m.



Σημειώσεις.

$$\lambda_0 = \frac{\text{Ογκομετρική ροπή λόγω εγκάρσιας μετακινήσεως σιτηρών (m}^4\text{)}}{\text{Συντελεστής στοιβασίας φορτίου (m}^3\text{/MT)} \times \text{Εκτόπισμα (MT)}}$$

$$\lambda_{40} = 0,8 \times \lambda_0$$

Η καμπύλη βραχιόνων επαναφοράς πρέπει να ληφθεί από παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας του πλοίου που να περιέχουν οπωσδήποτε καμπύλες για τις 12° και τις 40° .

Σχ. 23.2a.
Απαιτήσεις ευστάθειας για μεταφορά σιτηρών.

Ο πλοίαρχος κάθε εμπορικού πλοίου θα πρέπει, με στοιχεία από τη μελέτη σιτηρών του πλοίου, να είναι σε θέση να αποδείξει στην τοπική λιμενική αρχή πριν από κάθε φόρτωση σιτηρών τη δυνατότητα του πλοίου του να ικανοποιήσει τις παραπάνω απαιτήσεις ευστάθειας (αναχώρηση, άφιξη και μερικές φορές και κάποια ενδιάμεση κατάσταση).

Κανονισμός 5.

Περιέχει διατάξεις ως προς την τοποθέτηση διαχωριστικών διαφραγμάτων και φορτίου σε σάκους για τις περιπτώσεις που κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο.

Κανονισμός 6.

Αφορά την υποχρέωση ασφαλίσεως των σιτηρών στα ημιπλήρη κύτη για την αντιμετώπιση του ενδεχόμενου μετακινήσεως, στην περίπτωση που οι ροπές εγκάρσιας κλίσεως που οφείλονται σ' αυτά δεν ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς. Πιο απλά:

- Οι ροπές που προέρχονται από τη μετακίνηση σιτηρών στα ημιπλήρη κύτη μπορούν να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς ευστάθειας και, εφόσον ικανοποιούνται τα κριτήρια του κανονισμού 4, δεν απαιτείται καμία ασφάλιση για την αντιμετώπιση του ενδεχόμενου μετακινήσεως του φορτίου.
- Οι ροπές για τα ημιπλήρη κύτη μπορούν να μη ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς οπότε απαιτείται υποχρεωτικά ασφάλιση του φορτίου.

Κανονισμός 10.

Αφορά τις εξής υποχρεώσεις του πλοίου:

- Να έχει πιστοποιητικό φορτώσεως σιτηρών από την αρμόδια λιμενική αρχή (document of authorization).
- Το πιστοποιητικό αυτό και η σχετική μελέτη σιτηρών να είναι συντεταγμένο στη γλώσσα που αντιστοιχεί στη σημαία του πλοίου και οπωσδήποτε στα Αγγλικά ή Γαλλικά.

Κανονισμός 11.

Αφορά την πληρότητα των μελετών σιτηρών, που θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει στον πλοίαρχο να υπολογίζει τις ροπές εγκάρσιας κλίσεως σε κάθε κατάσταση. Ειδικότερα η μελέτη αυτή θα πρέπει να περιέχει:

- Καμπύλες ή πίνακες υπολογισμού των ροπών εγκάρσιας κλίσεως (shifting moments) όταν τα κύτη είναι πλήρη ή ημιπλήρη, λαμβάνοντας υπόψη και την ύπαρξη διαχωριστικών ελασμάτων.
- Πίνακες επιτρεπομένων ροπών κλίσεως (allowable heeling moments) που η μη υπέρβασή τους εξασφαλίζει την ικανοποίηση των κριτηρίων του κανονισμού 4.
- Λεπτομέρειες (κατασκευαστικές) των προσωρινών διαχωριστικών διαφραγμάτων (όπου χρειάζονται).
- Τυπικές καταστάσεις φορτώσεως στην αναχώρηση, άφιξη και ενδιάμεση (στην πιο κρίσιμη κατάσταση), από τις οποίες να προκύπτει η ικανοποίηση του κανονισμού 4.
- Ένα παράδειγμα υπολογισμού, για διευκόλυνση του πλοιάρχου στους δικούς του υπολογισμούς.

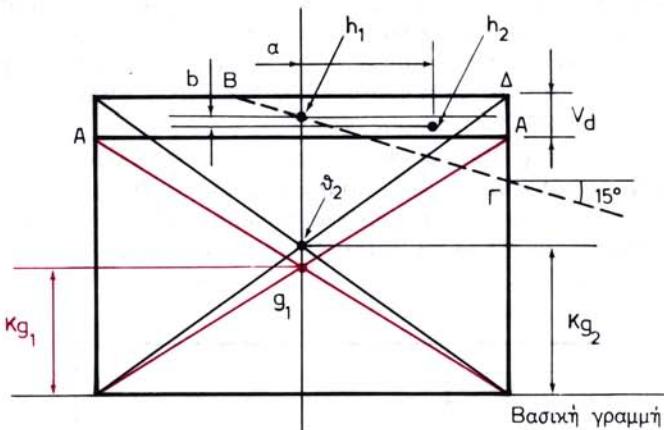
- Οδηγίες φορτώσεως γραπτές που να περιλαμβάνουν σύνοψη των σχετικών διατάξεων της Solas.
- Βασικά χαρακτηριστικά του πλοίου.
- Στοιχεία από το πείραμα ευστάθειας (άφορτο εκτόπισμα και KG).
- Πίνακα με διορθώσεις για τις ελεύθερες επιφάνειες.
- Χωρητικότητες και κέντρα βάρους των δεξαμενών και κυτών.

2) Υπολογισμός ροπών λόγω μετακίνησεως σπιτηρών.

Το μέρος Β του κεφαλαίου VI της Solas 1974 περιέχει κυρίως τη μεθοδολογία υπολογισμού των ροπών που προκαλούνται από τη μετακίνηση των σπιτηρών. Οι πληροφορίες του μέρους αυτού αφορούν κυρίως τους ναυπηγούς, οι οποίοι εκπονούν τις μελέτες των σπιτηρών που υπάρχουν στα πλοία. Γι' αυτό, εδώ δίνονται μερικά μόνο στοιχεία για την κατανόηση του θέματος.

α) Πλήρη κύτη.

Λόγω των δυσχερειών ως προς τέλεια πληρότητα του κύτους, που έχουν ήδη προαναφερθεί, μένει στο πάνω μέρος του ένα κενό (void) η κατακόρυφος διάσταση του οποίου συμβολίζεται στο σχήμα 23.2β με V_d . Οι κανονισμοί καθορίζουν τον τρόπο υπολογισμού του V_d , διαδικασία που αφορά μόνο το μελετητή και ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου.



Σχ. 23.2β.
Κέντρο βάρους πλήρους κύτους.

Στο σχήμα 23.2β βλέπομε μία εγκάρσια τομή ενός απλού κύτους. Ας υποθέσουμε ότι ο κενός όγκος στο άνω μέρος του κύτους είναι ίσος με u . Σύμφωνα με τον κανονισμό, θεωρείται ότι, **για πλήρη κύτη το φορτίο σπιτηρών μπορεί να μετακινηθεί έτσι ώστε η επιφάνειά του να σχηματίσει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία 15°**. Το κενό λοιπόν, που αρχικά σχηματίζει ένα παραλληλόγραμμο, όταν η επιφάνεια του φορτίου σχηματίσει κλίση 15° με το οριζόντιο, παίρνει τη μορφή του τριγώνου ΒΓΔ.

Αν είναι:

υ η αρχική (και τελική) επιφάνεια του κενού,

l το μήκος του κύτους,

h₁ η αρχική θέση του γεωμετρικού κέντρου του κενού,

h₂ η τελική θέση του γεωμετρικού κέντρου του κενού και

α η οριζόντια μετακίνηση του γεωμετρικού κέντρου του κενού,

θα έχομε:

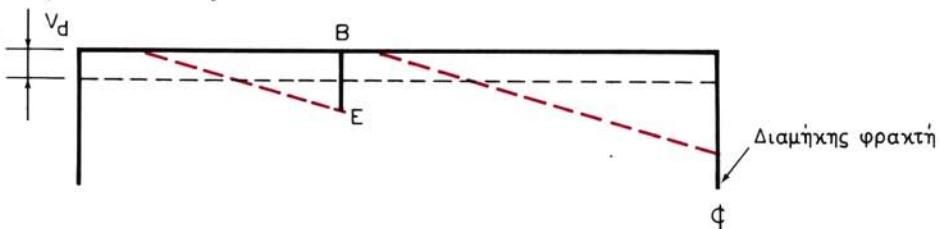
$$\text{Ροπή μετακινήσεως σιτηρών} = \frac{u}{l} \alpha \quad (141)$$

Οι κανονισμοί, για λόγους απλουστεύσεως, επιτρέπουν να χρησιμοποιηθεί ως κέντρο βάρος του κύτους το σημείο g₂, που είναι το γεωμετρικό κέντρο ολόκληρου του κύτους (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το κενό) σε συνδυασμό με τη ροπή εγκάρσιας κλίσεως, την οποία βρίσκομε από τη σχέση (141) ή από άλλες ανάλογες σχέσεις που ισχύουν για πολυπλοκότερες τομές κυτών. Σημειώνεται ότι το σημείο g₂ αποτελεί μία πληροφορία που υπάρχει στα σχέδια του πλοίου και εντοπίζεται εύκολα.

Φυσικά η παραπάνω υπόθεση είναι ανακριβής και στην πραγματικότητα το κέντρο βάρους του φορτίου βρίσκεται στο σημείο g₁. Ο εντοπισμός του σημείου αυτού μπορεί να γίνει επίσης αλλά χρειάζεται λεπτομερέστερους υπολογισμούς. Οι κανονισμοί προβλέπουν ότι αν χρησιμοποιηθεί το σημείο g₁ ως κέντρο βάρους του φορτίου, η ροπή που προκύπτει από τη σχέση (141) ή από άλλες ανάλογες σχέσεις θα πρέπει να προσαυξηθεί κατά 6%. Με τον τρόπο αυτό λαμβάνεται υπόψη και η κατακόρυφη (δυσμενής) επίδραση που οφείλεται στο ότι, όταν η επιφάνεια του φορτίου πάρει τη θέση ΒΓ, έχομε και μία κατακόρυφη μετακίνηση του κέντρου βάρους του κενού (άρα και του φορτίου) που φαίνεται στο σχήμα 23.2β (μήκος b).

Στην πραγματικότητα τα κύτη των πλοίων δεν έχουν τόσο απλή μορφή όπως αυτή του σχήματος 23.2β.

Στο σχήμα 23.2γ π.χ. βλέπομε μία εγκάρσια τομή ενός κύτους με διαμήκη διαχωριστική φρακτή. Εδώ το αρχικό παραλληλόγραμμο κενό μετατρέπεται σε δύο τρίγωνα, το ένα από τα οποία σχηματίζεται πάνω στη διαμήκη ενίσχυση ΒΕ και το άλλο πάνω στη διαμήκη φρακτή. Ανάλογα τρίγωνα σχηματίζονται και στη δεξιά πλευρά του κύτους.

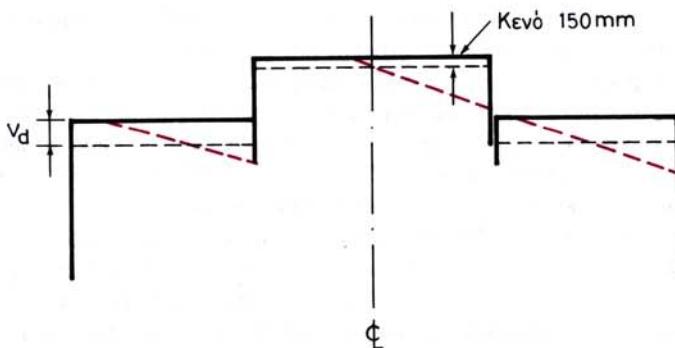


Σχ. 23.2γ.

Τομή κύτους με διαμήκη φρακτή.

Άλλη περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 23.2δ, που δείχνει την τομή ενός κύτους στην περιοχή του ανοίγματος. Εδώ έχομε σχηματισμό τριών τριγώνων.

Από τα σχήματα 23.2γ και 23.2δ φαίνεται η δυσκολία ως προς τον υπολογισμό της ροπής μετακινήσεως των σιτηρών. Το πρόβλημα καθίσταται ακόμη πολυπλοκότερο, όταν έχομε συνδυασμό φορτώσεως κατώτερου (hold) και ανώτερου (tween deck) κύτους με το ενδιάμεσο άνοιγμα ανοικτό, οπότε, σύμφωνα με τους κανονισμούς, έχομε μετακινήσεις κενών από το κατώτερο στο ανώτερο κύτος.



Σχ. 23.26.

Τομή κύτους, κάτω από το άνοιγμα του (χωρίς διαμήκη φρακτή).

Για τους παραπάνω λόγους *οι υπολογισμοί των ροπών μετακινήσεως σιτηρών γίνονται από τους ναυπηγούς και τα αποτελέσματά τους περιέχονται στα εγχειρίδια φορτώσεως σιτηρών.*

β) Ημιπλήρη κύτη.

Οι αντίστοιχοι υπολογισμοί για τα ημιπλήρη κύτη πραγματοποιούνται ανάλογα με τις εξής παρατηρήσεις:

- Η γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια των σιτηρών σχηματίζει κατά τους κανονισμούς της Solas γωνία 25° με το οριζόντιο.
- Η θέση του κέντρου βάρους του φορτίου θα πρέπει να ληφθεί εκεί που πραγματικά είναι. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη να υπάρχουν στο πλοίο ειδικά ογκομετρικά διαγράμματα των κυτών.

Οι σχετικοί υπολογισμοί γίνονται επίσης από τους ναυπηγούς και τα αποτελέσματά τους υπάρχουν στο εγχειρίδιο φορτώσεως σιτηρών.

3) Διατάξεις περιορισμού της μετακινήσεως του φορτίου.

Το μέρος C του κεφαλαίου VI της Solas 1974 καλύπτει τις λεπτομέρειες ως προς τα διάφορα μέτρα που έχουν σκοπό να εμποδίσουν τις μετακινήσεις του φορτίου.

Μεταξύ των θεμάτων που αναφέρονται σ' αυτό το μέρος της Solas είναι:

- Γενικές οδηγίες για τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη λήψη των διαφόρων μέτρων περιορισμού της μετακινήσεως του φορτίου, όπως π.χ. τα ξύλα για την κατασκευή των διαχωριστικών διαφραγμάτων.
- Οι λεπτομέρειες κατασκευής των διαφραγμάτων.
- Η κάλυψη και έχμαση του φορτίου.
- Οι λεπτομέρειες του κλεισμάτος των ανοιγμάτων.
- Η χρησιμοποίηση φορτίου σε σάκους για να τοποθετηθεί πάνω στην ελεύθερη επιφάνεια του φορτίου στα ημιπλήρη κύτη.

23.3 Υπολογισμοί που γίνονται από τον πλοιαρχό.

Όπως είδαμε στα προηγούμενα, για να επιτραπεί στο πλοίο η φόρτωση σιτη-

ρών, θα πρέπει ο πλοίαρχος να αποδείξει στις τοπικές αρχές του λιμανιού φορτώσεως ότι ικανοποιούνται οι σχετικοί κανονισμοί ευστάθειας.

Οι μελέτες φορτώσεως σιτηρών που υπάρχουν στα πλοία περιέχουν:

α) Τυπικές καταστάσεις πλήρους φορτώσεως του πλοίου με σιτηρά. Συνήθως στη μελέτη σιτηρών εξετάζονται πέντε καταστάσεις φορτώσεως ομοιόμορφου φορτίου με συντελεστές στοιβασίας 45, 50, 55, 60 και 65 ft³/LT. Με τον όρο **πλήρης φόρτωση** εννοούμε εδώ τη φόρτωση του πλοίου που επιτρέπει ικανοποίηση τόσο των απαιτήσεων της συμβάσεως «περι γραμμής φορτώσεως» όσο και τους κανονισμούς ευστάθειας της Solas για μεταφορά σιτηρών. Η ταυτόχρονη ικανοποίηση των παραπάνω κανονισμών και η πλήρης φόρτωση του πλοίου δεν είναι πάντα δυνατή και έτσι είναι πιθανό σε μερικές καταστάσεις το πλοίο να μην μπορεί να παραλάβει το μέγιστο deadweight.

β) Όλα τα απαραίτητα στοιχεία για να μπορεί ο πλοίαρχος να εκτελέσει μόνος του τους σχετικούς υπολογισμούς για τις περιπτώσεις φορτώσεως φορτίου με άλλο (από τους πέντε) συντελεστές στοιβασίας, ποικιλίας φορτίων με διαφορετικούς σε κάθε κύτος συντελεστές στοιβασίας ή μερικής φορτώσεως του πλοίου.

1) Κλασική μέθοδος υπολογισμών.

Η κλασική μέθοδος των υπολογισμών που εφαρμοζόταν παλαιότερα περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Πραγματοποίηση υπολογισμών ζυγίσεως, βασισμένων στην πραγματική κατάσταση φορτώσεως φορτίου και υγρών στις δεξαμενές, από τους οποίους προκύπτει το εκτόπισμα και η κατακορύφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου.
- Υπολογισμό των ελευθέρων επιφανειών και αντίστοιχη διόρθωση του κέντρου βάρους του πλοίου.
- Χάραξη της καμπύλης μοχλοβραχιόνων επαναφοράς του πλοίου με τα παραπάνω στοιχεία.
- Υπολογισμό της συνολικής ροπής κλίσεως λόγω σιτηρών, με άθροιση των επί μέρους μεγεθών για κάθε κύτος, που υπάρχουν στο εγχειρίδιο σιτηρών.
- Χάραξη της ευθείας AB του σχήματος 23.2a.
- Έλεγχο με βάση τα παραπάνω του ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού 4 του μέρους A του κεφαλαίου VI της Solas 1974.

Οι παραπάνω υπολογισμοί θα πρέπει να γίνουν για την κατάσταση αναχωρήσεως και αφίξεως και για την πιο δυσμενή ενδιάμεση κατάσταση του ταξιδιού.

Όπως φαίνεται από όσα είπαμε παραπάνω, οι σχετικοί υπολογισμοί είναι αρκετά κοπιαστικοί, λόγω της ανάγκης χαράξεως καμπυλών και εμβαδομετρήσεως της σκιασμένης επιφάνειας του σχήματος 23.2a. Για το λόγο αυτό, η μέθοδος αυτή τείνει να εγκαταλειφθεί και να αντικατασταθεί από άλλες σύγχρονες, οι οποίες απλοποιούν σημαντικά την εργασία του πλοιάρχου.

2) Νέα μέθοδος υπολογισμών.

Οι παραπάνω δυσχέρειες οδήγησαν στο να αναπτυχθεί, αρχικά από την αμερικανική Coast Guard, η ιδέα της **επιτρεπόμενης μέγιστης ροπής κλίσεως**. Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής στο εγχειρίδιο φορτώσεως σιτηρών περιέχεται ένας πίνακας που, για κάθε συνδυασμό εκτοπίσματος και κατακόρυφης θέσεως του

κέντρου βάρους του πλοίου (ή του μετακεντρικού ύψους), δίνει την επιτρεπόμενη μέγιστη εγκάρσια ροπή. Η κατάρτιση του παραπάνω πίνακα, η οποία βέβαια ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου, παρέχει στον πλοϊαρχο τη δυνατότητα να διαπιστώσει, όπως θα φανεί και στο παράδειγμα που ακολουθεί, **αν ικανοποιούνται ή όχι οι κανονισμοί ευστάθειας με υπολογισμό μόνο του εκτοπίσματος, της κατακόρυφης θέσεως του κέντρου βάρους του πλοίου και της συνολικής ροπής κλίσεως λόγω μετακινήσεως των σιτηρών, τα οποία αντιστοιχούν σε κάθε συγκεκριμένη κατάσταση φορτώσεως.**

Παράδειγμα (συμπλήρωση εντύπου σιτηρών).

Ένα φορτηγό πλοίο έχει την παρακάτω διαμόρφωση κυτών:

- **No 1:** Νο 1 και 2 Deeptanks, κατώτερο (lower hold) και ανώτερο (tweendeck) κύτος.
- **No 2:** Κατώτερο και ανώτερο κύτος.
- **No 3:** Κατώτερο και ανώτερο κύτος.
- **No 4:** Νο 4 Deeptank κατώτερο και ανώτερο κύτος.
- **No 5:** Κατώτερο και ανώτερο κύτος.

Το μέγιστο εκτόπισμα του πλοίου είναι 14245 MT και το μέγιστο deadweight είναι 10845 MT. Το άφορτο πλοίο έχει βάρος 3400 MT και κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους 7,31 m πάνω από την τρόπιδα.

Πρόκειται να πραγματοποιηθεί φόρτωση ομοιόμορφου φορτίου σιτηρών με συντελεστή στοιβασίας $1,3 \text{ m}^3/\text{MT}$. Προκαταρκτικοί υπολογισμοί βαρών έχουν δείξει ότι αν γεμίσουν όλα τα κύτη με εξαίρεση τις No 1 και 2 Deeptanks, και τους No 2 και 5 κουραδόρους, το deadweight του πλοίου θα είναι 10830 MT, κατάσταση που θεωρείται ικανοποιητική.

Ζητείται να ελεγχθεί με τη συμπλήρωση του εντύπου σιτηρών, αν το πλοίο ικανοποιεί τις σχετικές διατάξεις της Solas. Όλα τα γενικά στοιχεία του πλοίου θα υποτεθεί ότι υπάρχουν στο εγχειρίδιο φορτώσεως σιτηρών, από όπου και θα ληφθούν οι σχετικές πληροφορίες.

Ιδιαίτερα εδώ περιλαμβάνονται τα εξής στοιχεία που συνήθως περιέχονται στο εγχειρίδιο φορτώσεως σιτηρών:

- **Ο πίνακας επιτρεπομένων ροπών** (πίνακας 23.3.1). Η λήψη στοιχείων από τον πίνακα αυτό είναι πολύ εύκολη, αν γνωρίζουμε το εκτόπισμα και το KG του πλοίου. Π.χ. για εκτόπισμα 14000 και KG = 6,857 m η επιτρεπόμενη ροπή είναι 1869 MT-m. Για ενδιάμεσες τιμές του εκτοπίσματος και του KG χρειάζεται κατά περίπτωση απλή ή διπλή παρεμβολή στον πίνακα.
- **Ο πίνακας ροπών κλίσεως** (πίνακας 23.3.2) που περιλαμβάνει τις ογκομετρικές ροπές κλίσεως (σε m^4) κάθε χώρου χωριστά ή του συνδυασμού χώρων ως συνόλου.

Η διαδικασία συμπληρώσεως του εντύπου σιτηρών (πίνακας 23.3.3) είναι η εξής:

a) Συμπληρώνομε πρώτα το πάνω μέρος (εκτός από τις τελευταίες τρεις σειρές) του πάνω αριστερού υποπίνακα με στοιχεία που παίρνομε από τον πίνακα 23.3.2. Ειδικότερα στη φόρτωση αυτή έχει υποτεθεί ότι:

- Στο No 1 κατώτερο και ανώτερο κύτος υπάρχουν διαμήκη διαχωρίσματα και κάτω από τα ανοίγματα (ογκομετρικές ροπές 229 και $250,4 \text{ m}^4$ από τον πίνακα 23.3.2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 23.3.1
Μέγιστρες επιτρεπόμενες ροπές κλίσεως (σε MT-m)

Εκτόνωση (MT)	KG σε m										Μέγιστρο KG (m)	Ελάχιστη ροπή (MT - m)		
	6,095	6,171	6,248	6,324	6,400	6,477	6,552	6,629	6,705	6,781	6,933	7,010	7,086	
8500	2576	2433	2290	2147	2003	1860	1717	1574	1430	1287	1144	1001	857	-
9000	2548	2396	2245	1849	1942	1790	1638	1487	1335	1183	1031	878	-	-
9500	2551	2391	2231	2071	1911	1751	1591	1431	1270	1110	951	772	-	-
10000	2685	2516	2347	2179	2010	1842	1664	1489	1336	1168	999	830	-	-
10500	2797	2602	2444	2267	2090	1913	1735	1558	1412	1205	1028	851	-	-
11000	2937	2751	2566	2380	2195	1998	1825	1639	1454	1268	1113	-	-	-
11500	3078	2884	2690	2497	2303	2109	1915	1721	1527	1333	1140	-	-	-
12000	3267	3065	2862	2660	2458	2255	2053	1851	1649	1447	1245	-	-	-
12500	3396	3185	2975	2764	2554	2343	2132	1922	1711	1469	1290	1079	-	-
13000	3593	3374	3155	2936	2717	2498	2279	2060	1841	1621	1402	1183	-	-
13500	3841	3613	3386	3158	2931	2703	2476	2248	2021	1793	1565	1338	-	-
14000	4199	3963	3727	3491	3255	2897	2783	2547	2311	2075	1869	1603	1367	-
14245	4409	3928	3688	3447	3207	2966	2726	2486	2245	2004	1764	1524	-	-

ΠΛΑΚΑΣ 23.3.2
Ογκομετρικές ρομές κάλσεως λόγω μεταναρθρώσεως σπηρών πλοίου Β σε m^4

Περιγραφή Χώρου	Πλήρες κύτος		Ημιπλήρες κύτος	
	Χωρίς διαχωριστική διαμήκη φρακτή κάτω από το άνοιγμα	Με διαμήκη διαχωριστική φρακτή κάτω από το άνοιγμα	Χωρίς διαχωριστική διαμήκη φρακτή	Με διαχωριστική διαμήκη φρακτή
No 1 Deep tanks	—	52,9	—	—
No 2 Deep tanks	—	134,5	—	—
No 1 κάτω κύτος	374,5	229,0	1879,0	675,1
No 1 κουραδόρος	470,7	250,4	3067,8	675,1
No 2 κάτω κύτος	497,8	300,7	3103,3	1076,6
No 2 κουραδόρος	682,3	295,7	4306,2	1076,6
No 3 κάτω κύτος	342,7	210,4	2108,4	742,5
No 3 κουραδόρος	499,7	208,0	2969,8	742,5
No 3 Deep tanks	—	85,4	—	297,0
No 4 κάτω κύτος	341,0	188,5	2242,1	668,2
No 4 κουραδόρος	467,7	230,4	3436,9	859,3
No 5 κάτω κύτος	363,6	219,1	2766,8	789,1
No 5 κουραδόρος	533,9	257,9	3156,5	789,1
Σύνολο		2992,6 m^4		

1) Τα παραπάνω ισχύουν για χωριστή φόρτωση στα τμήματα κάθε κύτους.

2) **Για ενιαία φόρτωση [ηε διαχωριστικές φρακτές παντού εκτός από τη θέση κάτω από το άνοιγμα του κατώτερους κύτους].**

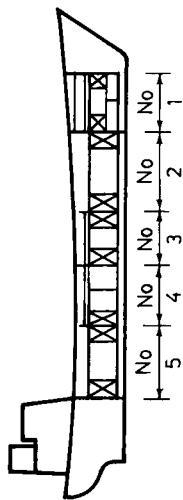
No 1 Deep tank, κάτω κύτος και κουραδόρος	670,2 m^4
No 2 κάτω κύτος και κουραδόρος	738,6 m^4
No 3 κάτω κύτος και κουραδόρος	528,0 m^4
No 4 Deep tank, κάτω κύτος και κουραδόρος	545,0 m^4
No 5 κάτω κύτος και κουραδόρος	510,8 m^4
Σύνολο	2992,6 m^4

ΠΙΝΑΚΑΣ 23.3.3
'Εντυπο φορτώσεως στηρρών'

Κατάσταση Φορτίου περιοχής Νο... Συγκεκρινότερης στοιβασίας 1,3 m ³ /ΜΤ (46 ft ³ /LT)		Κατακόρυφη ισορροπία			
Χώρος	Ανεξάρτητη φόρτωση	Συνδυασμένη φόρτωση	Χώρος	m ³	ΤΜ
Ογκομετρικές ροπές σε m⁴ (Από πίνακα 23.3.2)					
No 1 DT			No 1 LH	—	3400
No 1 LH	229		Aφοριο πλούσιο	—	7,31
No 1 TD	250,4		Εφόδια	150	10,66
No 2 LH	497,8		No 1 LH	1166	6,46
No 2 TD			No 2 LH	2798	5,796
No 3 LH			No 3 LH	1935	104,14
No 3 TD			No 4 LH	1663	7165
No 4 DT			No 5 LH	1658	6588
No 4 LH			DT 142	628	7422
No 4 TD			DT 4	759	—
No 5 LH	3633,6		1 TD	1213	5,15
No 5 TD			2 TD	1321	5,82
			3 TD	791	2,62
			4 TD	997	—
			5 TD	977	—
Συνολο	1340,8	1073			
Γενικό σύνολο	2413,8				
Συνολική ροπή κλίσεως = = Ογκομετρική/S.F		1856,8 ΜΤ-μ	Μερικό σύνολο (1)	13530	6,72
ΥΠΟΛΟΓΙΣΗ					
Αναχώρηση					
Ενδιάμεση					
Άφιξη					

Κατακόρυφη ισορροπία και υπολογισμός μετακεντρικού ύψους

	Αναρρόφηση				Ενδιάμεση				Άφξη		
	MT	VCG (m)	Pομή ¹ (MT·m)	MT	VCG (m)	Pομή ¹ (MT·m)	MT	VCG (m)	Pομή ¹ (MT·m)		
Σύνολο (1)	13530	6,72	91000	13530	6,72	91000	13530	6,72	91000		
Πόσιμο νερό	50	10,36	518	35	10,36	363	20	10,36	207		
Diesel	100	3,81	381	75	3,81	286	50	3,81	191		
Πετρέλαιο	450	0,61	275	215	0,61	131	50	0,61	31		
Λεβήτων	100	0,61	61	75	0,61	46	50	0,61	31		
Τροφοδοτικό	—	—	—	—	—	—	300	0,61	183		
Ballast	14230	6,48	92235	13930	6,59	91826	14000	6,55	91643		
ΣΥΝΟΛΟ											
Ελεύθερη επιφάνεια		0,21			0,21			0,21			
KG _v		6,69			6,80			6,76			
KM _T		7,37			7,34			7,34			
G _v M _T		0,68			0,54			0,58			



- Στο Νο 2 κατώτερο κύτος δεν υπάρχει διαχωριστική φρακτή κάτω από το άνοιγμα (ογκομετρική ροπή $497,8 \text{ m}^4$ από τον πίνακα 23.3.2).
- Τα Νο 3 και 4 κύτη έχουν φορτωθεί ως σύνολα με διαχωριστικές φρακτές παντού εκτός από τη θέση κάτω από το άνοιγμα του κατώτερου κύτους (ροπές 528 και 545 m^4 αντίστοιχα από τον πίνακα 23.3.2).
- Στο Νο 5 κατώτερο κύτος δεν υπάρχει διαχωριστική φρακτή κάτω από το άνοιγμα (ογκομετρική ροπή $363,6 \text{ m}^4$ από τον πίνακα 23.3.2).

Οι τρεις τελευταίες γραμμές του υποπίνακα αυτού θα συμπληρωθούν στο τέλος.

β) Συμπληρώνομε τη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη στήλη του πάνω δεξιού υποπίνακα με βάση τις λεπτομέρειες της φορτώσεως και με στοιχεία που υπάρχουν στο εγχειρίδιο σιτηρών. Η ροπή (πέμπτη στήλη του πίνακα) προκύπτει από τα αντίστοιχα γινόμενα των αριθμών της τρίτης και τέταρτης στήλης. Οι υπόλοιπες λεπτομέρειες του πίνακα αυτού είναι σχετικά αυτεξήγητες.

γ) Συμπληρώνομε τον κάτω υποπίνακα του πίνακα 23.3.3 με τα βάρη και τα κέντρα βάρους όλων των καταναλωσίμων υγρών στις καταστάσεις αναχωρήσεως, ενδιάμεση και αφίξεως. Οι λεπτομέρειες συμπληρώσεως του πίνακα είναι απλές και οδηγούν στην εύρεση του εκτοπίσματος, του KG_v και του $G_v M_T$.

δ) Με τα αντίστοιχα εκτοπίσματα και KG_v βρίσκομε με παρεμβολή στον πίνακα 23.3.1 τις επιτρεπόμενες ροπές και συμπληρώνομε τον πάνω αριστερό υποπίνακα του πίνακα 23.3.3.

Συμπεράσματα.

Από τη μελέτη του πίνακα 23.3.3 διαπιστώνομε ότι:

- Το μετακεντρικό ύψος σε καμία περίπτωση δεν είναι μικρότερο από $0,30 \text{ m}$.
- Οι επιτρεπόμενες ροπές είναι σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερες από την υπάρχουσα.

γ) Για να ικανοποιηθούν οι συνθήκες ευστάθειας χρειάζεται στην κατάσταση αφίξεως να προστεθούν 300 MT υγρού έρματος.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι συνθήκες ευστάθειας ικανοποιούνται και η φόρτωση μπορεί να πραγματοποιηθεί. Αν κάτι τέτοιο δεν συνέβαινε, η συμπλήρωση του εντύπου θα έπρεπε να επαναληφθεί με:

- Εναλλακτικό τρόπο φορτώσεως.
- Προσθήκη διαχωριστικών διαφραγμάτων και στο κατώτερο μέρος όσων κυτών ήταν απαραίτητο.
- Ελάπτωση του φορτίου σε κάποιο κουραδόρο ή και προσθήκη υγρού έρματος από την αναχώρηση.

Η τελευταία περίπτωση είναι και η χειρότερη εκλογή, αλλά μερικές φορές ο περιορισμός του φορτίου είναι αναπόφευκτος.

Στο παράδειγμα, για λόγους απλουστεύσεως, δεν εξετάζεται η διαμήκης ισορροπία του πλοίου που θα πρέπει και αυτή να εξετασθεί σύμφωνα με παραδείγματα προηγουμένων κεφαλαίων.

23.4 Διευθέτηση του φορτίου — Ειδικά διαρρυθμισμένα για μεταφορά σιτηρών πλοία.

Όπως είδαμε σε προηγούμενη παράγραφο, απαραίτητη προϋπόθεση για να ισχύσουν οι κανονι-

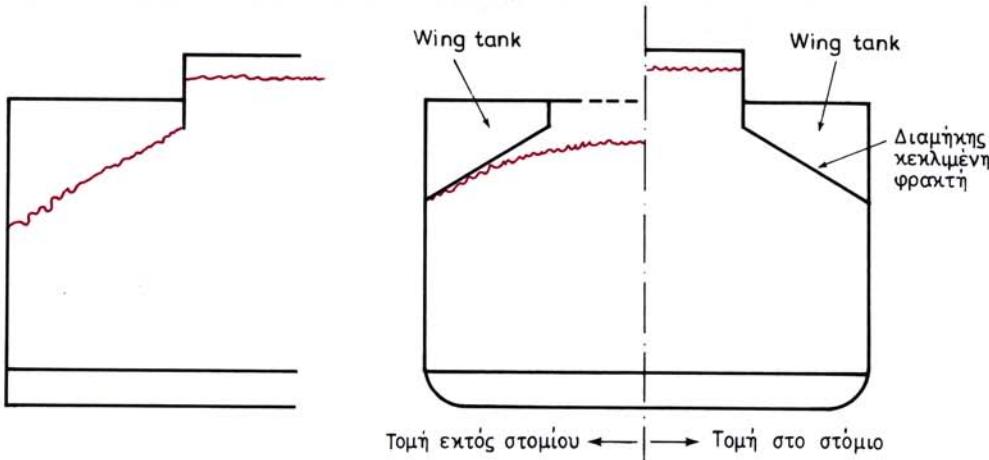
σμοί της Solas είναι να πραγματοποιηθεί διευθέτηση του φορτίου (trimming), ώστε τα κύτη που θεωρούνται πλήρη να είναι γεμάτα στο μέγιστο δυνατό βαθμό και η επιφάνεια των σιτηρών τόσο στα πλήρη όσο και στα ημιπλήρη κύτη να είναι οριζόντια.

Η διευθέτηση του φορτίου μπορεί να γίνει:

- **Με τα χέρια** από εργάτες.
- **Μηχανοκίνητα** με ειδικά φορητά ηλεκτροκίνητα εργαλεία που τοποθετούνται στην οροφή των κυτών.

Σε πολλά λιμάνια σήμερα είναι αδύνατο να βρεθούν εργάτες για τέτοια διευθέτηση του φορτίου, ενώ ακόμα και η διευθέτηση με μηχανικά μέσα είναι δύσκολη και προκαλεί καθυστερήσεις στη φόρτωση.

Τα σύγχρονα bulk-carriers έχουν εκατέρωθεν του στομίου διαμήκεις κεκλιμένες φρακτές, όπως φαίνεται στο σχήμα 23.4 (β).



Σχ. 23.4.

Διαμόρφωση bulk carrier.

α) Διαμήκης τομή στο επίπεδο συμμετρίας. β) Εγκάρσιες τομές.

Η διαμόρφωση αυτή επιτρέπει να θεωρείται ότι κάτω από τις επιφάνειες που σχηματίζουν γωνία πάνω από 30° με το οριζόντιο επίπεδο, σύμφωνα με τους κανονισμούς της Solas, δεν σχηματίζονται κενά, υπό την προϋπόθεση κανονικής διευθετήσεως. Αυτό καθιστά τις ροπές εγκάρσιας κλίσεων αρκετά μικρότερες και γι' αυτό τα bulk-carriers έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα για τη μεταφορά σιτηρών σε σχέση με τα συμβατικά φορτηγά.

Συχνά χρησιμοποιείται ο όρος self trimming ships για τα bulk-carriers για να δώσει στους φορτωτές την εντύπωση ότι δεν είναι απαραίτητη η διευθέτηση του φορτίου. **Στην πραγματικότητα αυτό δεν συμβαίνει, όπως φαίνεται και από την κόκκινη επιφάνεια στο αριστερό μέρος του σχήματος 23.4 (β). Το πλοίο θα μπορούσε να χαρακτηρισθεί ως self-trimming μόνο αν υπήρχαν και εγκάρσιες κεκλιμένες φρακτές, κάτι που σπάνια συναντάται στην πράξη.**

Έτσι, υπό κανονικές συνθήκες είναι απαραίτητη η διευθέτηση του φορτίου και στα bulk-carriers.

Ειδικοί κανονισμοί του IMO (1977 και 1978) επιτρέπουν τη μη πραγματοποίηση διευθετήσεως, εφόσον, με βάση ειδικούς πρόσθετους υπολογισμούς που θα πρέπει να περιέχονται στο εγχειρίδιο σιτηρών, αποδεικνύεται η ικανοποίηση των απαιτήσεων ευστάθειας, αν υποτεθεί ότι η διαμόρφωση της επιφάνειας των σιτηρών στα πλήρη κύτη είναι όπως φαίνεται με τις κόκκινες γραμμές στο σχήμα 23.4 (α και β). Η διαμόρφωση αυτή δημιουργεί αυξημένες ροπές κλίσεως, οι οποίες όμως είναι πιθανό να μπορούν να αντιμετωπισθούν μέσα στα πλαίσια των κανονισμών. Σ' αυτή την περίπτωση είναι δυνατό να αποφευχθεί η διευθέτηση (χαπιάρισμα) του φορτίου, με σημαντικά ωφέλη.

Σε πολύ λίγα bulk-carriers υπάρχουν σήμερα τέτοιες μελέτες, παρατηρείται όμως μία τάση να συμπληρώνονται προσδευτικά τα σχετικά εγχειρίδια φορτώσεως σιτηρών, γιατί τα πλεονεκτήματα από την αποφυγή της διευθετήσεως είναι οπωσδήποτε πολύ σημαντικά.

23.5 Άλλα σημεία που θα πρέπει να προσεχθούν στη μεταφορά σιτηρών.

Η μεταφορά σιτηρών περιλαμβάνει οπωσδήποτε τον κίνδυνο να εισαχθούν μέσα στο κύτος και ζωύφια που ζουν για μεγάλο χρόνο. Είναι λοιπόν απαραίτητο πριν από κάθε φόρτωση που ακολουθεί ύστερα από μεταφορά σιτηρών να λαμβάνεται από το κύτος δείγμα σκόνης για εξέταση σε χημείο. Αν βρεθούν ζωύφια, θα πρέπει να γίνει συστηματικό πλύσιμο του κύτους με νερό ή και απολύμανσή του με χημικά μέσα (fumigation).

Είναι επίσης απαραίτητο οι χώροι των κυτών να είναι απαλλαγμένοι από οσμές που μπορεί να μεταδοθούν στα σιτηρά.

Σε περιπτώσεις μεταφοράς σιτηρών με δεξαμενόπλοια, πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα, τα πιο σημαντικά από τα οποία είναι:

- Ο πλήρης καθαρισμός των χώρων από κατάλοιπα και οσμές.
 - Η διαμόρφωση ειδικών φρεατίων αναρροφήσεως του δικτύου κύτους με περίβλημα σιτοστεγανό, αλλά όχι και υδατοστεγανό.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΞΥΛΕΙΑΣ

24.1 Γενικά – Μονάδες μετρήσεως.

Τα φορτία ξυλείας (lumber or timber loads) αποτελούν ένα πολύ σημαντικό ποσοστό στις διεθνείς μεταφορές. Ένα πλοίο μπορεί να μεταφέρει **ολικό (full)** ή **μερικό (part cargo) φορτίο ξυλείας**. Αν μεταφέρει ολικό φορτίο ξυλείας είναι πιθανό, για να εκμεταλλευθούμε την πλήρη μεταφορική του ικανότητα, να χρειασθεί να τοποθετήσουμε φορτίο και πάνω σε τμήματα του ανώτερου καταστρώματος, δηλαδή έξω από τα κύτη του, λόγω των μεγάλων συντελεστών στοιβασίας που έχουν αρκετές ποικιλίες ξυλείας. Τότε ισχύουν ιδιαίτεροι κανονισμοί, οι οποίοι θα εξηγηθούν σε επόμενη παράγραφο.

Στις μεταφορές ξυλείας, για τη μέτρηση του όγκου χρησιμοποιείται μία πολύ μεγάλη ποικιλία μονάδων μετρήσεως. Έτσι:

- Στις Ηνωμένες Πολιτείες ως μονάδα χρησιμοποιούν τα **1000 Board Feet**.
- Στη Βρετανία και τις χώρες της Βόρειας Ευρώπης τη μονάδα **Standard**, η οποία όμως έχει πολλές παραλλαγές που δεν συνδέονται μεταξύ τους με μία απλή σχέση.
- Στη Γαλλία, Ιταλία, Βέλγιο και αλλού χρησιμοποιείται η μονάδα **Stere** που είναι ίση με 1 m^3 .
- Αποκλειστικά στη Βρετανία χρησιμοποιείται η μονάδα **Petrograd Standard**.

Η περιγραφή και η σύνθεση διαφόρων μονάδων Standard δίνεται στον πίνακα 24.1.1.

Σύγκριση των μονάδων που χρησιμοποιούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες φαίνεται στον πίνακα 24.1.2 ενώ η αντιστοιχία του Stere με τις άλλες μονάδες δίνεται στον πίνακα 24.1.3.

Οι συντελεστές στοιβασίας των διαφόρων ποικιλιών ξύλου κυμαίνονται από 27 (ft^3/LT) για το αιγιόξυλο (*lignum vitae*) μέχρι 149 (ft^3/LT) για το φελλό.

Από τα παραπάνω διαπιστώνομε ότι το πλοίο είναι δυνατό να φορτώνεται με ξυλεία στην πλήρη του μεταφορική ικανότητα χωρίς να γεμίζουν τα κύτη του τελείως, αλλά μπορεί να συμβαίνει και το αντίθετο (πλήρωση κυτών χωρίς να φορτώνεται το πλοίο στην πλήρη μεταφορική ικανότητα). Το τελευταίο είναι και το συνηθέστερο οπότε και δημιουργείται η ανάγκη φορτώσεως πάνω στο κατάστρωμα.

Η ικανότητα μεταφοράς ξυλείας μέσα στα κύτη ενός πλοίου μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση:

Μεταφορική ικανότητα σε Petrograd Standards =

$$= \frac{\text{Μεταφορική ικανότητα (bale) σε f} - t^3 \times 100}{12} \quad (142)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 24.1.1
Περιγραφή και σύνθεση μονάδων Standard

Περιγραφή	Τεμάχια	Διαστάσεις in x in x ft	Ισοδύναμη ποσότητα σε Board feet	Ισοδύναμη ποσότητα σε ft ³
Petrograd Standard	120	$1 \frac{1}{2} \times 11 \times 12 =$	1980	= 165
Christiania Standard	120	$1 \frac{1}{4} \times 9 \times 11 =$	1237,5	= 103,12
London ή Irish Standard	120	$3 \times 9 \times 12 =$	3240	= 270
Quebec Standard	100	$2 \frac{1}{2} \times 11 \times 12 =$	2750	= 229,2
Drammen Standard	120	$2 \frac{1}{2} \times 6 \frac{1}{2} \times 12 =$	1462,5	= 121,9
Drontheim Standard	(τάβλες)	=	2376	= 198
Drontheim Standard	(καδρόνια)	=	2160	= 180
Drontheim Standard	(κύλινδροι)	=	1728	= 144
Wyburg Standard	(τάβλες)	=	2160	= 180
Wyburg Standard	(καδρόνια)	=	1963	= 163,5
Wyburg Standard	(κύλινδροι)	=	1560	= 130
1 Petrograd Standard Deal	= 1 κομμάτι (τάβλα) 6 ft x 3 in x 11 in			
1 «Hundred Deals»	= 120 τάβλες			
1 Stack of wood	= $108 \text{ ft}^3 = 1/2$ (fathom of wood) = $\frac{1}{2}$ (Petrograd Standard)			
1 Chord of wood	= $128 \text{ ft}^3 = 3,624$ Steres			
1 Fathom of wood	= $216 \text{ ft}^3 = 1$ Petrograd Standard			
1 Load of unhewn timber	= 40 ft ³			
1 Load of hewn timber	= 50 ft ³			

ΠΙΝΑΚΑΣ 24.1.2
Σύγκριση μονάδων που χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ

1 Board ή superficial foot	= 1 ft ³ ξυλείας με πάχος 1 in
1 Square	= 100 Board feet
1 Mille	= 1000 Board feet
	= 83,5 ft ³
	= περίπου $\frac{1}{2}$ Petrograd Standard

ΠΙΝΑΚΑΣ 24.1.3
Αντιστοιχία του Stere με άλλες μονάδες

1 Stere	= 35,314 ft ³
	= 0,2759 Cords
	= 0,1635 Fathoms
	= 423,77 Board ft
	= 1 m ³
3,624 Steres	= 1 Cord
0,028317 Steres	= 1 ft ³

24.2 Ύψος εξάλων για μεταφορά ξυλείας.

Η φόρτωση ξυλείας πάνω στο κατάστρωμα των πλοίων θεωρείται ότι δίνει σ' αυτά αυξημένη πλευστότητα και ασφάλεια. Για το λόγο αυτό οι κανονισμοί της Συμβάσεως «περί γραμμής φορτώσεως» επιτρέπουν σ' αυτές τις περιπτώσεις, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, να υπάρχει μικρότερο ύψος εξάλων. Αυτός είναι ο λόγος που μερικές φορές στα πλοία υπάρχουν χαραγμένες και **γραμμές φορτώσεως ξυλείας** όπως στο σχήμα 14.1.

Η δυνατότητα του πλοίου να φορτώνεται μέχρι να πλεύσει στη γραμμή φορτώσεως ξυλείας συνδέεται πάντοτε με την ύπαρξη φορτίου ξυλείας πάνω στο κατάστρωμα. **Φορτίο ξυλείας πάνω στο κατάστρωμα θεωρείται κάθε είδος ξυλείας εκτός από τον πολτό και άλλα παρόμοια φορτία.**

24.3 Προϋποθέσεις για την εφαρμογή μειωμένου ύψους εξάλων.

Για να επιτραπεί να έχει ένα πλοίο μικρότερο ύψος εξάλων, πρέπει, σύμφωνα με τη Σύμβαση «περί γραμμής φορτώσεως», να συντρέχουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

1) Κατασκευή του πλοίου.

- Το πλοίο πρέπει να έχει πρωράιο υπερστέγασμα (forecastle) με κανονικό ύψος και μήκος ίσο τουλάχιστον με τα 7/100 του μήκους του πλοίου.
- Αν το πλοίο έχει μήκος κάτω από 100 m, θα πρέπει να υπάρχει και πρυμναίο υπερστέγασμα (poop) με κανονικό ύψος ή άλλος ενισχυμένος οικίσκος.
- Οι δεξαμενές του διπύθμενου που βρίσκονται στην περιοχή του μέσου του πλοίου (σε συνολικό μήκος ίσο με το 50% του μήκους του), θα πρέπει να είναι χωρισμένες σε δεξιές και αριστερές με μια διαμήκη διαχωριστική φράκτη.
- Το κατάστρωμα του πλοίου πρέπει να έχει παραπέτο ύψους τουλάχιστον ενός μέτρου ενισχυμένης μορφής.

Οι παραπάνω απαιτήσεις δεν είναι πολύ ουσιώδεις για τον πλοίαρχο, γιατί, εφόσον το πλοίο είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο πιστοποιητικό και έχει χαραγμένες γραμμές φορτώσεως ξυλείας σημαίνει ότι οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται.

2) Στοιβασία του φορτίου.

- Όλα τα ανοίγματα του ανώτερου καταστρώματος που καλύπτονται με ξυλεία θα πρέπει να έχουν κλεισθεί με ασφάλεια.
- Οι ανεμοδόχοι του καταστρώματος θα πρέπει να είναι προστατευμένοι.
- Όλοι οι χώροι που βρίσκονται ανάμεσα στις υπερκατασκευές θα πρέπει να είναι γεμάτοι με ξυλεία τουλάχιστον μέχρι το ύψος των υπερκατασκευών. Όταν δεν υπάρχει πρυμναία υπερκατασκευή θα πρέπει, όπως είπαμε παραπάνω, να φορτώνεται ξυλεία με ύψος μέχρι την πρυμναία φράκτη του πιο πρυμναίου κύτους.
- Στις ζώνες χειμώνα, το χειμώνα, το ύψος της ξυλείας πάνω από το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1/3 του μέγιστου πλάτους του.
- Το φορτίο ξυλείας στο κατάστρωμα πρέπει να είναι καλά στοιβαγμένο, με σωστή έχμαση και να μην παρεμποδίζει τη ναυτιλία και τις υπόλοιπες ανάγκες του πλοίου.

- Όπου επιβάλλεται από το είδος της ξυλείας, θα πρέπει να υπάρχουν ορθοστάτες σε αποστάσεις κατά μήκος μεταξύ τους που να μην υπερβαίνουν τα 3 m.
- Στο παραπέτω θα πρέπει να υπάρχουν πόρπες για να ασφαλίζεται (έχμαση) το φορτίο ξυλείας με ανεξάρτητες αλυσίδες σε αποστάσεις κατά μήκος μικρότερες από 3 m. Οι αλυσίδες που θα χρησιμοποιηθούν για την έχμαση πρέπει να έχουν διάμετρο κρίκου 3/4 της in ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός συρματόσχοινου και αλυσίδας με εντατήρες κατάλληλης αντοχής.

3) Ευστάθεια.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της συμβάσεως «περί γραμμής φορτώσεως», είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται στο πλοίο η ύπαρξη του απαραίτητου επιπλέου ευστάθειας σε όλες τις φάσεις του ταξιδιού (αναχώρηση, ενδιάμεση κατάσταση και άφιξη) λαμβανόμενης υπόψη της καταναλώσεως καυσίμων και εφοδίων και της προσθήκης βάρους λόγω απορροφήσεως υγρασίας από την ξυλεία ή παγώματος του νερού πάνω σ' αυτήν.

Ποσοτική μορφή των παραπάνω απαιτήσεων δίνεται στον **κώδικα ασφαλούς πρακτικής για πλοία που μεταφέρουν φορτία ξυλείας στο κατάστρωμα (code for safe practice for ships carrying timber deck cargoes)**. Οι κανονισμοί αυτοί που αναφέρονται σε πλοία με μήκος κάτω από 100 m προβλέπουν τα εξής:

α) Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη μοχλοβραχίονων επαναφοράς (καμπύλη GZ) δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,08 μετροακτίνια μέχρι γωνία εγκάρσιας κλίσεως 40° ή μέχρι τη γωνία ϕ_f (αν αυτή είναι μικρότερη από 40°), όπου ϕ_f είναι η γωνία εγκάρσιας κλίσεως πάνω από την οποία μεγάλα μη στεγανά ανοίγματα στη γάστρα ή στις υπερκατασκευές του πλοίου αρχίζουν να βυθίζονται στο νερό.

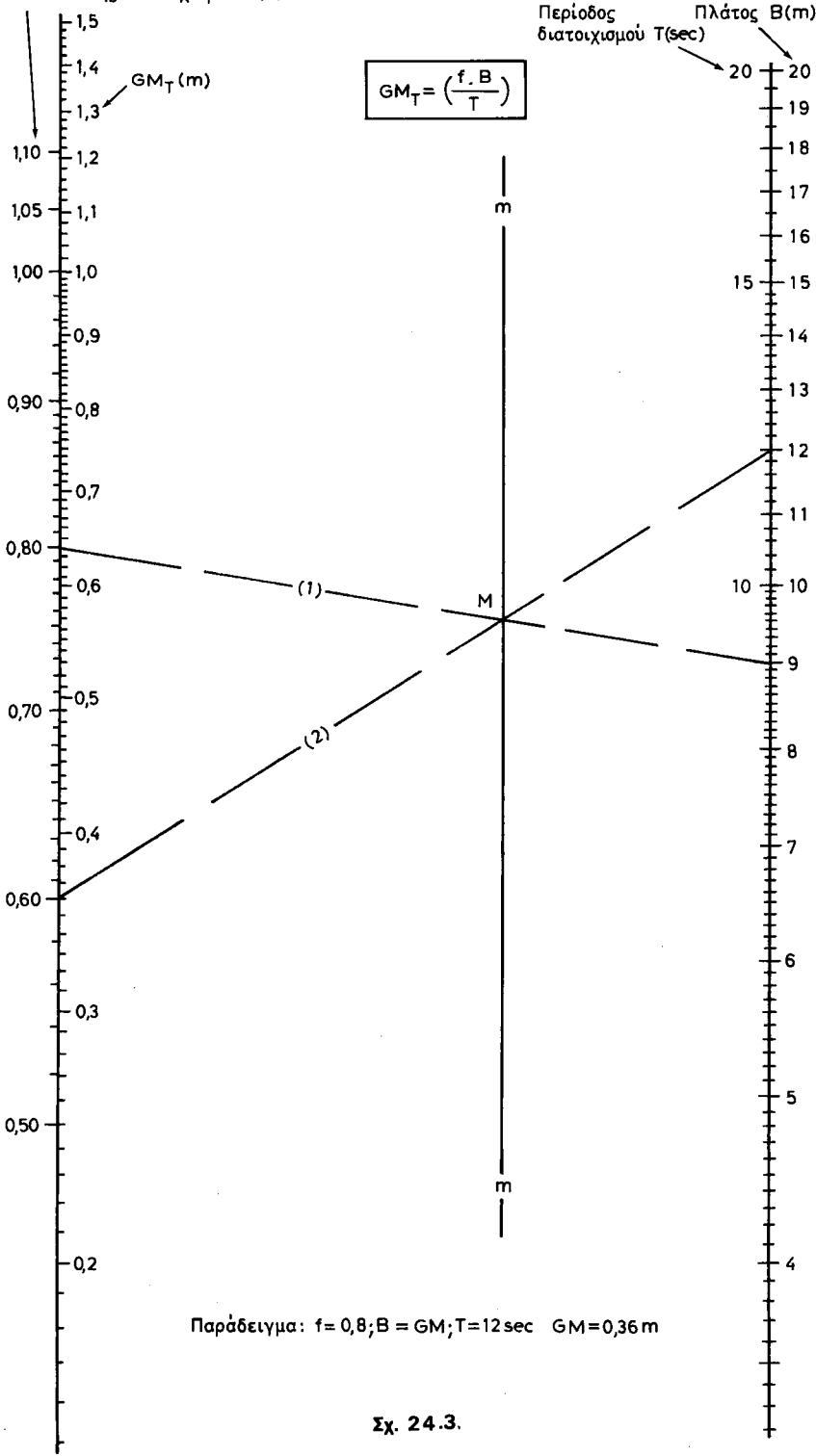
β) Η μέγιστη τιμή του βραχίονα επαναφοράς πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,25 m.

γ) Σε όλες τις φάσεις του ταξιδιού το μετακεντρικό ύψος του πλοίου μετά τη διόρθωσή του για τις ελεύθερες επιφάνειες πρέπει να είναι θετικό. Στους σχετικούς υπολογισμούς, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και ο σχηματισμός πάγου ή η απορρόφηση υγρασίας από την ξυλεία. Ειδικά στην κατάσταση αναχώρησεως το μετακεντρικό ύψος θα πρέπει να έχει τιμή όχι μικρότερη από 0,10 m.

Σε μερικά λιμάνια απαιτείται (ή γίνεται δεκτός) ο προσδιορισμός του μετακεντρικού ύψους πλοίων που έχουν φορτώσει ξυλεία στο κατάστρωμα με τη γνωστή από τα προηγούμενα μέθοδο του Sallying experiment (παράγραφος 8.6). Η σχετική μεθοδολογία και η πρακτική που πρέπει να εφαρμοσθεί από τον πλοίαρχο για την πραγματοποίηση του πειράματος αυτού περιέχεται στους κανονισμούς **Recommendation on intact Stability for passenger and cargo ships under 100 metres in length as amended with respect to ships carrying deck cargoes tou IMO**, eighth session, 13 November - 23 November 1973 και αλλού.

Για τον προσδιορισμό του μετακεντρικού ύψους πλοίων με μήκος κάτω από 70 m από την περίοδο ταλαντώσεως μπορεί να χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα του σχήματος 24.3 που προέρχεται από τους σχετικούς κανονισμούς του IMO. Για πλοία με μεγαλύτερο μήκος θα πρέπει να ληφθούν υπόψη αυτά που περιέχονται στην παράγραφο 8.7.

Συντελεστής διατοιχισμού $f(-)$



Παράδειγμα.

Ένα πλοίο έχει συντελεστή $f = 0,8$ και πλάτος 9 m. Η περίοδος διατοιχισμού του πλοίου βρέθηκε με το Sallying experiment ίση με $T = 12 \text{ sec}$. Να εκτιμηθεί το μετακεντρικό ύψος του πλοίου στην κατάσταση του πειράματος.

Συνδέομε τις τιμές $f = 0,8$ και $B = 9 \text{ m}$ με μια ευθεία που τέμνει την ευθεία μη με το σημείο M. Συνδέομε το σημείο T = 12 sec με το M και βρίσκομε το μετακεντρικό ύψος στο σημείο που η παραπάνω ευθεία τέμνει την αντίστοιχη κλίμακα. Δηλαδή $GM = 0,36 \text{ m}$.

4) Προστασία πληρώματος, εισόδου στο μηχανοστάσιο κλπ.

Το φορτίο ξυλείας (όπως και οποιοδήποτε φορτίο καταστρώματος) δεν θα πρέπει να εμποδίζει την είσοδο και το σωστό κλείσιμο των απαραίτητων για τη λειτουργία του πλοίου ανοιγμάτων του καταστρώματος, όπως π.χ. οι κάθοδοι στο μηχανοστάσιο. Γύρω από το φορτίο ξυλείας στις παραπάνω περιοχές θα πρέπει να υπάρχουν προστατευτικά κιγκλιδώματα που να εκτείνονται ένα μέτρο υψηλότερα από το υψηλότερο σημείο της ξυλείας.

5) Μηχανισμός κινήσεως πηδαλίου.

Ο μηχανισμός κινήσεως πηδαλίου θα πρέπει να είναι προστιός και προστατευμένος από το φορτίο ξυλείας του καταστρώματος.

Συμπέρασματα.

- Ένα πλοίο μπορεί να φορτωθεί σύμφωνα με τις γραμμές φορτώσεως ξυλείας μόνο αν τηρούνται οι προϋποθέσεις της παραγράφου 24.3.
- Στην αντίθετη περίπτωση το πλοίο μπορεί να φορτωθεί με ξυλεία σύμφωνα με τις κανονικές γραμμές φορτώσεώς του, με την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι γενικοί κανονισμοί που ισχύουν για τα φορτηγά πλοία.
- Σε πολλά κράτη ισχύουν ειδικοί κανονισμοί για τη φόρτωση ξυλείας, πάνω στους οποίους ο πλοίαρχος θα πρέπει να ενημερώθει έγκαιρα.
- Η σωστή έχμαση, κυρίως του φορτίου ξυλείας πάνω στο κατάστρωμα, είναι απόλυτα ουσιώδης.
- Πριν από κάθε φόρτωση ξυλείας ο πλοίαρχος θα πρέπει να ενημερώνεται πάνω στις διατάξεις του κώδικα μεταφοράς ξυλείας στο κατάστρωμα του IMO ή πάνω σε άλλους εθνικούς κανονισμούς που ισχύουν στο λιμάνι φορτώσεως. Οι παραπάνω κώδικες περιλαμβάνουν όχι μόνο θεωρητικές αλλά και πολύ χρήσιμες πρακτικές υποδείξεις.

24.4 Η ξυλεία ως φορτίο πάνω στο κατάστρωμα.

Λόγω των πλεονεκτημάτων που παρέχει η σύμβαση «περί γραμμής φορτώσεως» που προαναδέραμε, η φόρτωση ξυλείας πάνω στο ανώτερο κατάστρωμα των πλοίων αποτελεί την πιο συνηθισμένη περίπτωση μεταφοράς φορτίων πάνω στο κατάστρωμα. Μάλιστα η ξυλεία είναι και ένα από τα πιο κρίσιμα φορτία που μεταφέρονται στο κατάστρωμα, γιατί απορροφά υγρασία (από τη βροχή, τη θάλασσα ή τον αέρα) και γίνεται βαρύτερη. Έτσι έχουμε σημαντική αύξηση ενός τμήματος του βάρους του πλοίου, το οποίο βρίσκεται ψηλά, με αποτέλεσμα την επιδείνωση της ευστάθειας.

Για το λόγο αυτό, πρέπει να εφαρμόζονται με σχολαστικότητα και όσα αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό, αλλά και όσα περιέχονται στο εικοστό πέμπτο κεφάλαιο και εφαρμόζονται γενικά σε όλες τις περιπτώσεις μεταφοράς φορτίου στο κατάστρωμα των πλοίων.

24.5 Προϋπολογισμός φορτίου ξυλείας που μπορεί να φορτωθεί στο πλοίο.

Γενικά οι υπολογισμοί της ποσότητας ξυλείας που μπορεί να φορτωθεί σε ένα πλοίο είναι αρκετά επίπονοι, γιατί πρέπει ταυτόχρονα να ικανοποιηθούν οι εξής απαιτήσεις:

- Το πλοίο να παραλάβει το μέγιστο δυνατό φορτίο που επιτρέπει η σχεδίαση και τα χαρακτηριστικά του.
- Να εξασφαλισθεί ότι το πλοίο δεν θα έχει βύθισμα που να υπερβαίνει το επιτρεπόμενο από τους κανονισμούς της γραμμής φορτώσεως.
- Να εξασφαλισθεί ότι η ποσότητα της ξυλείας που θα φορτωθεί στο κατάστρωμα δεν θα υπερβαίνει ούτε θα υπολείπεται από το μέγιστο και ελάχιστο όριο, αντίστοιχα, τα οποία καθορίζονται στους κανονισμούς.
- Να εξασφαλισθεί ότι η ευστάθεια στην αναχώρηση, άφιξη και ενδιάμεση κατάσταση είναι η προβλεπόμενη από τους κανονισμούς.
- Να εξασφαλισθεί ότι τα καταστρώματα δεν φορτίζονται πέρα από το όριο αντοχής τους.

Κάθε ένας από τους παραπάνω παράγοντες μπορεί μόνος του ή σε συνδυασμό με τους άλλους να περιορίσει την ποσότητα του φορτίου που είναι δυνατό να παραλάβει ένα πλοίο.

Η σχετική διαδικασία που φαίνεται γραφικά στο διάγραμμα δραστηριοτήτων (block - diagram) του σχήματος 24.5 είναι η εξής (οι αριθμοί των φάσεων υπολογισμού συμπίπτουν με τους αριθμούς στο διάγραμμα δραστηριοτήτων):

1) Συγκεντρώνονται όλα τα απαραίτητα για τους υπολογισμούς στοιχεία του πλοίου, όπως π.χ. το υδροστατικό διάγραμμα, οι καμπύλες ευστάθειας, τα ογκομετρικά δεξαμενών, το σχέδιο χωρητικότητας και τα στοιχεία αντοχής των καταστρωμάτων.

2) Εντοπίζονται τα χαρακτηριστικά του φορτίου και συγκεκριμένα ο συντελεστής στοιβασίας, οι διαστάσεις του και η μορφή με την οποία θα παραδοθεί.

3) Υπολογίζεται ο όγκος του φορτίου V_H που μπορεί να χωρέσει στα κύτη. Αυτός είναι ίσος με τον όγκο των κυτών για φορτίο σε πακέτα (bale capacity), όταν δεν υπάρχουν προβλήματα αντοχής του καταστρώματος. Όταν υπάρχουν προβλήματα αντοχής, ο όγκος του φορτίου σε κάθε κύτος είναι ίσος με:

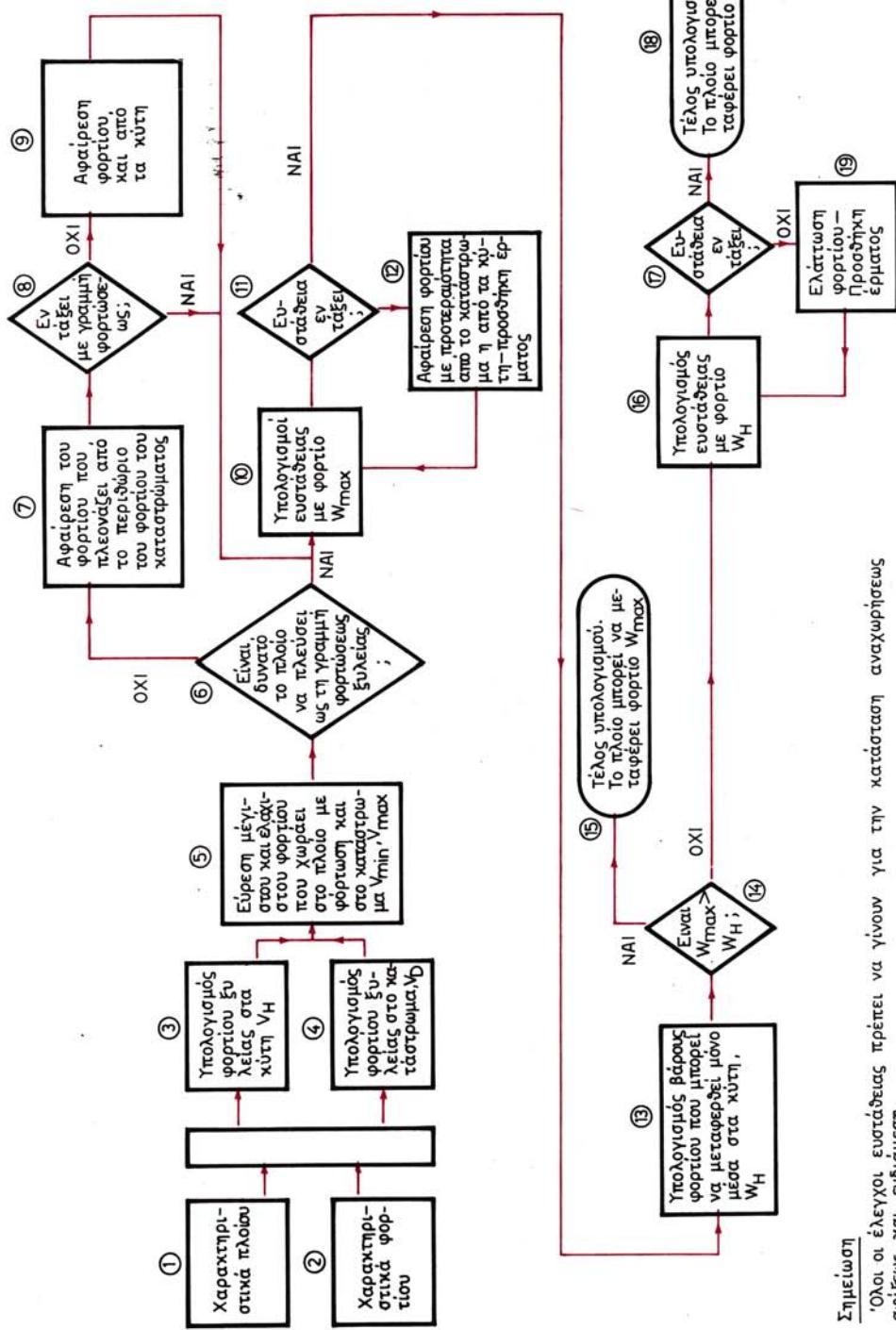
$$\text{Όγκος φορτίου στο κύτος} = A.h$$

όπου A είναι η επιφάνεια του δαπέδου του κύτους και h το μέγιστο ύψος φορτίου που επιτρέπεται από λόγους αντοχής.

Ο όγκος του φορτίου που μπορεί να μεταφέρει το πλοίο προκύπτει με άθροιση των όγκων φορτίου που επιτρέπεται να έχομε σε κάθε ένα κύτος.

4) Η ποσότητα της ξυλείας που μπορεί να φορτωθεί στο κατάστρωμα εκτός από την επιφάνεια του καταστρώματος και τη μορφή της σε σχέση και με τις διαστάσεις του φορτίου εξαρτάται από:

- Το ύψος των υπερκατασκευών.
- Την αντοχή του καταστρώματος.



Σχ. 24.5.

Διαδικασία υπολογισμού φορτώσεως ξυλείας

— Το πλάτος του πλοίου (αν πρόκειται το πλοίο να πλεύσει σε εποχιακή ζώνη χειμώνα).

Με βάση τις παραπάνω απαιτήσεις προκύπτει γενικά ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο ύψος φορτίου ξυλείας στο κατάστρωμα και επομένως και ένας μέγιστος V_{Dmax} και ένας ελάχιστος V_{Dmin} όγκος φορτίου ξυλείας στο κατάστρωμα.

5) Εδώ βρίσκομε το μέγιστο και ελάχιστο όγκο φορτίου που μπορεί να χωρέσει στο πλοίο (κύτη και κατάστρωμα) χωρίς ταυτόχρονα να δημιουργεί προβλήματα αντοχής στα καταστρώματα. Τονίζεται ότι ο παραπάνω όγκος φορτίου είναι πιθανό να μην μπορεί να μεταφερθεί από το πλοίο λόγω άλλων απαιτήσεων (μέγιστου βυθίσματος και ευστάθειας). Γενικά έχομε:

$$V_{max} = V_H + V_{Dmax}$$

$$V_{min} = V_H + V_{Dmin}$$

όπου V_{max} και V_{min} είναι αντίστοιχα ο μέγιστος και ελάχιστος όγκος φορτίου που χωράει (όχι κατ' ανάγκη που μπορεί να μεταφερθεί) στο πλοίο. Υπολογίζομε αντίστοιχα και τα βάρη W_{max} και W_{min} που αντίστοιχούν στα V_{max} και V_{min} .

6) Με υπολογισμούς όπως αυτούς του παραδείγματος της παραγράφου 14.2 βρίσκομε το βάρος του φορτίου W , που μπορεί να μεταφέρει το πλοίο, σε συνάρτηση με τις γραμμές φορτώσεως ξυλείας.

7) Αν $W_{max} > W$, δεν είναι δυνατό να μεταφερθεί φορτίο W_{max} , αλλά μόνο W . Στο πρόχειρο λοιπόν σχέδιο φορτώσεως που έχομε θα πρέπει να αφαιρέσουμε όσο φορτίο είναι απαραίτητο από το κατάστρωμα, με ανώτατο όριο ίσο με $W_{max} - W_{min}$.

8) Ξαναελέγχομε αν το φορτίο που απομένει μετά από την αφαίρεση όσου φορτίου επιτρέπεται να αφαιρεθεί από το κατάστρωμα είναι ίσο ή μικρότερο από το φορτίο W .

9) Αν χρειάζεται και άλλη αφαίρεση φορτίου, αφαιρείται φορτίο από τα κύτη.

10) Στην έναρξη της φάσεως αυτής έχουμε φθάσει σε ένα πρώτο βάρος φορτίου W_{max} , που, αν δεν υπάρχουν προβλήματα ευστάθειας, μπορεί να μεταφέρει το πλοίο (μικρότερο ή ίσο από εκείνο που βρήκαμε στη φάση υπολογισμού 5). Πραγματοποιούμε υπολογισμούς ευστάθειας.

11) Συγκρίνομε τα αποτελέσματα ευστάθειας με τα κριτήρια που ισχύουν στο λιμάνι φορτώσεως.

12) Αν τα κριτήρια δεν ικανοποιούνται, αφαιρούμε φορτίο και προσθέτομε αν είναι δυνατό υγρό έρμα. Η αφαίρεση του φορτίου πραγματοποιείται με προτεραιότητα από εκείνο του καταστρώματος που βρίσκεται πάνω από τις υπερκατασκευές και στη συνέχεια από τα πιο δυσμενή (υψηλότερα) κύτη. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται μέχρι να φθάσουμε σε αποδεκτά επίπεδα ευστάθειας.

13) Η φάση αυτή έχει ήδη γίνει στο 5.

14) Συγκρίνομε το W_{max} με το W_H .

15) Αν $W_{max} > W_H$, ο υπολογισμός τελείωσε. Το πλοίο θα μεταφέρει φορτίο W_{max} σύμφωνα με τη γραμμή φορτώσεως ξυλείας.

16) Αν πάλι $W_{max} < W_H$, δεν συμφέρει να φορτωθεί το πλοίο με βάση τη γραμμή φορτώσεως ξυλείας, αλλά είναι προτιμότερο η φόρτωση να γίνει σύμφωνα με την κανονική γραμμή φορτώσεως. Γίνονται νέοι υπολογισμοί ευστάθειας με βάση το φορτίο W_H .

17) Συγκρίνομε τα αποτελέσματα ευστάθειας με τα κριτήρια που ισχύουν στο λιμάνι φορτώσεως.

18) Αν τα κριτήρια ευστάθειας ικανοποιούνται ο υπολογισμός τελείωσε και το πλοίο μπορεί να μεταφέρει φορτίο W_H .

19) Αν τα κριτήρια ευστάθειας δεν ικανοποιούνται, αφαιρούμε φορτίο προοδευτικά από τα πιο δυσμενή (υψηλότερα) κύτη και επαναλαμβάνομε τους υπολογισμούς μέχρι να ικανοποιηθούν τα κριτήρια ευστάθειας. Σ' αυτή την περίπτωση καταλήγομε σε κάποιο φορτίο που είναι μικρότερο από το W_H .

Παράδειγμα.

Το πλοίο Α πρόκειται να φορτώσει ξυλεία με συντελεστή στοιβασίας 1,66 m^3/MT . Θα αποπλεύσει με την κατάσταση υγρών στις δεξαμενές που δείχνει ο πίνακας 6.4.1. Το ταξίδι περιλαμβάνει και ένα τρήμα μέσα σε εποχιακή ζώνη χειμώνα. Υπολογισμοί αντίστοιχοι με εκείνους του παραδείγματος της παραγράφου 14.2 έχουν δώσει τα εξής αποτελέσματα:

	<u>Deadweight (MT)</u>	<u>Φορτίο (MT)</u>
Για τη γραμμή φορτώσεως ξυλείας	44500	44061
Για την κανονική γραμμή φορτώσεως	40800	40361
Άλλα στοιχεία του πλοίου:		
— Υδροστατικός πίνακας όπως στον πίνακα 5.6.1.		
— Στοιχεία δεξαμενών όπως στον πίνακα 5.8.1.		
— Στοιχεία κυτών όπως στον πίνακα 5.9.1.		
— Κατάσταση δεξαμενών στη φόρτωση όπως στον πίνακα 6.4.1.		
— Στοιχεία για το άφορτο πλοίο από τον πίνακα 6.4.3.		
— Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας (σχήμα 9.3).		
— Μήκος πλοίου μεταξύ καθέτων	192	m
— Μέγιστο πλάτος	28,95	m
— Κοίλο	14,0	m
— Ύψος υπερκατασκευής	6	m
— Επιφάνεια καταστρώματος όπου μπορεί να φορτωθεί		
ξυλεία	4200	m^2
— Ύψος κυτών	12,80	m
— Επιτρεπόμενο φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας:		
— Ανώτερου καταστρώματος	5	MT/m^2
— Οροφής διπύθμενου	8	MT/m^2

Η φόρτωση είναι επιθυμητό να γίνει μόνο στα κύτη και στο κατάστρωμα. Δεν υπάρχουν ιδιαίτερα προβλήματα φορτώσεως και έτσι είναι δυνατή η φόρτωση στα κύτη, αν ληφθεί υπόψη η χωρητικότητά τους σε πακεταρισμένα φορτία μέχρι τους ενισχυμένους νομείς.

Ως κριτήριο επαρκούς ευστάθειας να θεωρηθεί η ύπαρξη θετικού μετακεντρικού ύψους.

Οι παρακάτω φάσεις υπολογισμών έχουν αριθμολογηθεί σύμφωνα με τις αντίστοιχες φάσεις της σχετικής διαδικασίας όπως αυτή έχει ήδη επεξηγηθεί παραπάνω.

3) Όγκος φορτίου στα κύτη.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.6.1, ο συνολικά διατιθέμενος όγκος κυτών είναι 41453 m^3 .

Για την επιτρεπόμενη φόρτιση του δαπέδου (οροφή διπύθμενου) και το δεδομένο συντελεστή στοιβασίας θα έχομε:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Επιτρεπόμενο ύψος} \\ \text{φορτίου στα κύτη} \end{array} \right) \times \frac{1}{\text{S.F.}} = 8 \text{ MT/m}^2$$

Άρα:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Επιτρεπόμενο} \\ \text{ύψος φορτίου} \\ \text{στα κύτη} \end{array} \right\} = 8 \times 1,66 = 13,28 \text{ m}$$

Τα κύτη όμως έχουν ύψος 12,8 m και επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα αντοχής.

Άρα:

$$V_H = 41453 \text{ m}^3$$

4) Όγκος φορτίου στο κατάστρωμα.

Για λόγους αντοχής (όπως και παραπάνω) το επιτρεπόμενο ύψος είναι ίσο με:

$$5 \times 1,66 = 8,3 \text{ m}$$

Λόγω εποχιακής ζώνης χειμώνα το επιτρεπόμενο ύψος είναι ίσο με:

$$\frac{B}{3} = \frac{28,95}{3} = 9,65 \text{ m}$$

Το ελάχιστο ύψος φορτίου στο κατάστρωμα = ύψος υπερκατασκευής = 6 m.

Επομένως στο κατάστρωμα πρέπει να υπάρχει ύψος ξυλείας μεγαλύτερο από 6 m και μικρότερο από 8,3 m. Άρα:

$$V_{Dmax} = 4200 \times 6 = 25200 \text{ m}^3$$

$$V_{Dmin} = 4200 \times 8,3 = 34860 \text{ m}^3$$

5) Συνολικοί όγκοι φορτίου.

Ως συνέπεια των παραπάνω έχομε:

$$V_{max} = V_H + V_{Dmax} = 41453 + 34860 = 76313 \text{ m}^3$$

$$V_{min} = V_H + V_{Dmin} = 41453 + 25200 = 66653 \text{ m}^3$$

$$W_{max} = \frac{76313}{1,66} = 45971 \text{ MT}$$

$$W_{\min} = \frac{66653}{1,66} = 40152 \text{ MT}$$

6) Επιτρεπόμενο φορτίο ξυλείας για γραμμή φορτώσεως ξυλείας.

Από τα δεδομένα του προβλήματος, το φορτίο αυτό είναι ίσο με 44061 MT.

7) Επειδή $W_{\max} > W$, πρέπει να αφαιρέσομε από το κατάστρωμα φορτίο ίσο με $45971 - 44061 = 1910 \text{ MT}$

Έτσι θα έχομε:

$$W_{\max} (\text{για τους παραπέρα υπολογισμούς}) = 44061 \text{ MT}$$

$$\text{Νέο } V_{\max} = 44061 \times 1,66 = 73141 \text{ m}^3$$

$$\text{Νέο } V_D = 73141 - 41453 = 31688 \text{ m}^3$$

$$\text{Βάρος φορτίου κύτους} = \frac{41453}{1,66} = 24972 \text{ MT}$$

$$\text{Βάρος φορτίου καταστρώματος} = \frac{31688}{1,66} = 19089 \text{ MT}$$

$$\text{Ύψος φορτίου καταστρώματος} = \frac{31688}{4200} = 7,54 \text{ m}$$

Κατακόρυφη απόσταση Κ.Β
φορτίου καταστρώματος

$$\text{πάνω από την τρόπιδα} = 13 + \frac{7,54}{2} = 16,77 \text{ m}$$

8) Σύγκριση βάρους με επιτρεπόμενο.

Το βάρος που προβλέπεται να φορτωθεί στη φάση αυτή είναι ίσο με το επιτρεπόμενο (44061 MT).

9) Στο παράδειγμα αυτό δεν απαιτείται και άλλη αφαίρεση φορτίου. Προχωρούμε λοιπόν στην επόμενη φάση των υπολογισμών.

10) Υπολογισμοί ευστάθειας.

Για τον υπολογισμό της ευστάθειας συμπληρώνομε τους πίνακες 24.5.1 και 24.5.2 που είναι παρόμοιοι με τους 6.4.2 και 6.4.3 και γι' αυτό δεν χρειάζονται επεξηγήσεις. Διαπιστώνομε λοιπόν ότι στην κατάσταση αναχωρήσεως το πλοίο έχει:

$$H_F = 12,28 \text{ m}$$

$$H_A = 12,41 \text{ m}$$

$$G_v M_T = 0,039 \text{ m}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 24.5.1**Υπολογισμός βάρους και κέντρου βάρους φορτίου**

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8
Χώρος	Όγκος m ³	1/SF MT/m ³	Βάρος (2) x (3) MT	Βραχίονας από πρυμναία κάθετο (m)	Διαμήκης ροπή = = (4) x (5) MT-m	Βραχίονας από τρόπιδα (m)	Κατακό- ρυφη ροπή (4) x (7) MT-m
Κύτος Νο 1	3472		2091	169,41	354236	9,47	19801
Κύτος Νο 2	5739		3457	153,00	528921	8,09	27987
Κύτος Νο 3	6494		3912	132,19	517127	8,18	32000
Κύτος Νο 4	7097		4276	109,19	466896	8,15	34849
Κύτος Νο 5	5851		3525	87,31	307767	8,06	28411
Κύτος Νο 6	7088		4270	65,31	278873	8,15	34800
Κύτος Νο 7	5712		3441	43,49	149649	8,23	28319
Φορτίο στο κατάστρωμα	31688		19089	102,0	1947078	16,77	320122
Σύνολο	73141	0,602	44061	103,27	4550547	11,94	526269

ΠΙΝΑΚΑΣ 24.5.2**Υπολογισμός κέντρου βάρους πλοίου, βυθισμάτων και μετακεντρικού ύψους**

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8
Περιγραφή	1/SF MT/m ³	Βάρος (MT)	Διαμήκης βραχίονας (m)	Διαμήκης ροπή = = (3) x (4) (MT-m)	Κατα- κόρυφος βραχίονας (m)	Κατακόρυ- φη ροπή (3) x (6) MT-m	Ελεύ- θερη επιφάνεια (m ²)
Φορτίο (πίνακας 24.4.1)	0,602	44061	103,27	4550547	11,94	526269	—
Πετρέλαιο λεβήτων (πίνακας 6.4.1)	0,92	150	12,29	1844	12,22	1833	7
Πετρέλαιο Diesel (πίνακας 6.4.1)	0,86	50	11,58	579	12,08	604	8
Λάδι λιπάνσεως (πίνακας 6.4.1)	0,86	59	21,86	1290	12,25	723	6
Πόσιμο νερό (πίνακας 6.4.1)	1,00	79	13,28	1049	8,96	708	13
Υγρό έρμα	1,025						
Πλήρωμα και εφόδια		101	72,65	7338	15,91	1607	
Deadweight Άφορτο πλοίο		44500 12432	102,53 87,57	4562647 1088670	11,91 12,08	530137 150179	
Σύνολο εκτο- πίσματος		56932	99,26	5651317	11,95	680316	36
KG _v = 11,95 + $\frac{36 \times 1,025}{56932}$							
KM _T = 11,99 m (από πίνακα 5.6.1)							
G _v M _T = 11,99 - 11,951 = 0,039 m							
H _A = 12,41 m							
H _F = 12,28 m							
H _{CF} = 12,17 m							

Κανονικά εδώ θα έπρεπε να εκτελέσουμε και άλλους παρόμοιους υπολογισμούς για την κατάσταση αφίξεως και για την ενδιάμεση.

11) Σύγκριση αποτελεσμάτων ευστάθειας με τα κριτήρια.

Ως κριτήριο επαρκούς ευστάθειας έχει τεθεί ήδη από την εκφώνηση του προβλήματος η ύπαρξη θετικού μετακεντρικού ύψους. Το κριτήριο ευστάθειας λοιπόν ικανοποιείται στην αναχώρηση.

Είναι πιθανό κάποια ανεπάρκεια ευστάθειας να προέκυπτε στην ενδιάμεση κατάσταση ή στην κατάσταση αφίξεως (για λόγους συντομίας θεωρούμε εδώ ότι δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο). Σημειώνομε ότι το πλοίο μπορούσε να δεχθεί φορτίο 44061 MT και πραγματικά η φόρτωσή μας προβλέπει τέτοιο φορτίο. Έτσι κάθε ανάγκη ερματισμού για βελτίωση της ευστάθειας θα έπρεπε να γίνει σε βάρος του φορτίου καταστρώματος.

13) Το βάρος του φορτίου που μπορεί να μεταφερθεί μέσα στα κύτη έχει βρεθεί ίσο με 24972 MT.

14) Με τα μέχρι τώρα αποτελέσματα είναι $W_{max} > W_H$.

15) Επομένως είναι δυνατή η φόρτωση 44061 MT, δηλαδή φόρτωση του πλοίου στο πλήρες deadweight.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΦΟΡΤΙΑ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ (DECK LOADS)

25.1 Γενικά.

Συχνά τα πλοία χρειάζεται να μεταφέρουν διάφορα φορτία πάνω στο ανώτερο συνεχές κατάστρωμα (deck loads), όπως π.χ.:

- Ξυλεία.
- Διάφορα μηχανήματα ή άλλα αντικείμενα (τμήματα από γέφυρες, βάρκες κλπ.) με μεγάλες διαστάσεις που δεν μπορούν να χωρέσουν στα κύτη.
- Αυτοκίνητα.
- Επικίνδυνα φορτία που υποχρεωτικά πρέπει να φορτωθούν στο κατάστρωμα.

Η μεταφορά φορτίων πάνω στο κατάστρωμα παρουσιάζει ορισμένες ιδιομορφίες και γι' αυτό θα πρέπει να ληφθούν διάφορα μέτρα προστασίας του φορτίου και του ίδιου του πλοίου. Είναι φυσικά αυτονόητο ότι φορτία που είναι ευαίσθητα στο θαλασσινό νερό και τη βροχή δεν θα πρέπει να μεταφέρονται ακάλυπτα πάνω στο κατάστρωμα. Η μεταφορά πάνω στο κατάστρωμα φορτίων που υποχρεωτικά πρέπει να φορτωθούν εκεί γίνεται πάντοτε με ευθύνη των φορτωτών. Η ευθύνη του πλοίου αφορά μόνο την καλή στοιβασία και έχμαση του φορτίου. Το αντίθετο ισχύει για φορτία που τοποθετούνται στο κατάστρωμα επειδή ο όγκος των κυτών του πλοίου δεν είναι αρκετός. Η σωστή πρακτική σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι να ασφαλίζεται (insured) το φορτίο με μέριμνα των πλοιοκτητών.

25.2 Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη μεταφορά φορτίων πάνω στο κατάστρωμα.

Οι κύριοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή φορτίων, η μεταφορά των οποίων θα γίνει πάνω στο κατάστρωμα είναι:

- Το βάρος του φορτίου, οι διαστάσεις του και η θέση και κατανομή του πάνω στο κατάστρωμα.
- Η αντοχή και η ανάγκη υποστυλώσεως του καταστρώματος.
- Η ευστάθεια του πλοίου, ιδιαίτερα όταν πάνω στο κατάστρωμα μεταφέρονται μεγάλα βάρη.
- Η επάρκεια και καταλληλότητα των ανυψωτικών μέσων του πλοίου ή της ξηράς στα λιμάνια φορτώσεως - εκφορτώσεως.
- Η καταλληλότητα και επάρκεια των μέσων εχμάσεως του φορτίου.
- Η μη παρεμπόδιση των όλων ναυτιλιακών δραστηριοτήτων του πλοίου λόγω της υπάρξεως του φορτίου στο κατάστρωμα.

Σε περίπτωση μεταφοράς **επικινδύνων φορτίων** στο κατάστρωμα, οι διαστάσεις

τους πρέπει να είναι τέτοιες που να μπορούν εύκολα να απορριφθούν στη θάλασσα αν υπάρξει ανάγκη.

Όταν μεταφέρονται στο κατάστρωμα αέρια σε φιάλες ή άλλα παρόμοια φορτία που μπορούν, λόγω της επιδράσεως του ήλιου, να εκτονωθούν και να αυξηθεί έτσι ο κίνδυνος ατυχήματος, δεν πρέπει να καλύπτονται με καλύμματα από μαύρο ή σκούρο γενικά ύφασμα, γιατί αυτό συντελεί στη διατήρηση της θερμότητας.

Κατά τη φόρτωση φορτίου πάνω στο κατάστρωμα είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται η πρόσβαση σε όλους τους χώρους του πλοίου που είναι απαραίτητοι για τη λειτουργία του και ιδιαίτερα στο χώρο του μηχανήματος πηδαλίου, καθώς και στα καταμετρικά των κυτών και των δεξαμενών. Θα πρέπει επίσης να διαμορφώνονται ασφαλείς διάδρομοι πλάτους τουλάχιστον 1 m, για την ελεύθερη κυκλοφορία του πληρώματος.

Βαριά αντικείμενα όπως π.χ. όπλα, χυτές κατασκευές και μηχανήματα θα πρέπει να φορτώνονται έτσι ώστε το βαρύτερο μέρος τους να βρίσκεται πάνω στις φρακτές. Τα καταστρώματα σ' αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να υποστηλώνονται κατάλληλα κάτω από τα ζυγά. Όταν χρησιμοποιούνται ειδικά φορεία για τη μεταφορά μεγάλων βαρών, θα πρέπει να στηρίζονται πάνω σε ζυγά, τα οποία με τη σειρά τους θα υποστηλώνονται.

Για να αποφεύγονται παραμορφώσεις ελασμάτων του πλοίου, τα συρματόσχοινα εχμάσεως φορτίων με μεγάλο βάρος θα πρέπει να έχουν διεύθυνση που να σχηματίζει γωνία 45° με το διάμηκες του πλοίου.

Περισσότερες λεπτομέρειες πάνω στα θέματα αυτά μπορούμε να αναζητήσουμε:

- Στους κανονισμούς της συμβάσεως «περί γραμμής φορτώσεως».
- Στους κανονισμούς για τη φόρτωση ξυλείας στο κατάστρωμα του IMO.
- Στην έκδοση British regulations, the merchant shipping (load lines - deck cargo) regulation, 1968.

25.3 Αντοχή καταστρώματος.

Τα σχέδια των συγχρόνων φορτηγών πλοίων περιέχουν συνήθως τις εξής πληροφορίες ως προς την αντοχή των καταστρωμάτων:

- Μέγιστο επιτρεπόμενο ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο σε MT/m^2 (ή LT/ft^2).
- Μέγιστο επιτρεπόμενο συγκεντρωμένο φορτίο σε MT (ή LT) όπως είναι τα φορτία που εφαρμόζονται πάνω στο κατάστρωμα από τους τροχούς των οχημάτων.

Κατά τη φόρτωση φορτίων πάνω στο κατάστρωμα θα πρέπει να φροντίζομε να μην υπερβαίνουμε τις παραπάνω τιμές. Φυσικά το ίδιο ισχύει και για φόρτωση μέσα στα κύτη, η οποία καταπονεί ανάλογα τα καταστρώματα που αποτελούν τα δάπεδα τους.

Σε παλιότερα πλοία μερικές φορές δεν υπάρχουν πληροφορίες ως προς τις επιτρεπόμενες φορτίσεις των καταστρωμάτων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις μπορεί, συντηρητικά, να θεωρήσουμε ως επιτρεπόμενο φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας καταστρώματος τους $1,7 \text{ MT}/m^2$ ή $360 \text{ lbf}/ft^2$. Στα καλύμματα των ανοιγμάτων των κυτών επιτρέπονται μικρότερες φορτίσεις.

Διευκρινίζεται ότι τα παραπάνω δεν αποτελούν κανόνα, γιατί η αντοχή των καταστρωμάτων μεταβάλλεται σημαντικά από πλοίο σε πλοίο.

Παράδειγμα.

Να εκτιμηθεί το μέγιστο ύψος ξυλείας με συντελεστή στοιβασίας 60 cuft/LT που είναι δυνατό να φορτωθεί στο κατάστρωμα ενός πλοίου.

Από τη σχέση (8) έχομε:

$$SF = \frac{60}{35,88} = 1,672 \text{ m}^3/\text{MT}$$

Αν θεωρήσουμε ότι h είναι το ύψος της ξυλείας και ότι η επιτρεπόμενη φόρτιση είναι $1,7 \text{ MT/m}^2$, θα έχομε:

$$\frac{1}{1,672} \times h = 1,7$$

$$\text{ή } h = 1,7 \times 1,672 = 2,84 \text{ m}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΚΤΟ

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ

26.1 Γενικά.

Οι μεταφορές φορτίων της κατηγορίας αυτής οδηγούν συχνά σε διάφορες διεκδικήσεις (claims). Συνηθέστερες αιτίες είναι η υπερφόρτωση ή η αλληλοεπίδραση με άλλα φορτία.

Ένα από τα πιο συνηθισμένα προβλήματα στην ολική ή μερική φόρτωση των πλοίων με τέτοια φορτία είναι η δημιουργία παραμορφώσεων στο πλοίο (hogging ή sagging) που είναι αποτέλεσμα της αντικανονικής κατά μήκος του πλοίου κατανομής του φορτίου. Μερικές φορές, σε περιπτώσεις φορτίων με μικρό συντελεστή στοιβασίας, τα κύτη του πλοίου φορτώνονται ένα παρά ένα (ένα γεμάτο ένα κενό). Σε κάθε περίπτωση είναι απόλυτα ουσιώδες να υπάρχουν στο πλοίο ειδικά διαγράμματα φορτώσεων που να δείχνουν και τις σχετικές καταπονήσεις του πλοίου, ως δοκού.

Σε αρκετές περιπτώσεις επίσης η φόρτωση των πλοίων με φορτία χύδην γίνεται από ένα στόμιο στην ξηρά, πράγμα που αναγκάζει το πλοίο να μετακινείται ώστε το στόμιο αυτό να έρχεται κάθε φορά πάνω από το στόμιο κάθε κύτους, μέχρι να φορτωθούν όλα τα κύτη του. Από αμέλεια πολλές φορές έχουν δημιουργηθεί σε τέτοιες περιπτώσεις πολύ σημαντικές μόνιμες παραμορφώσεις στα πλοία.

Σε μερικά κονιορτοποιημένα φορτία (finely crushed ores) περιέχεται ένα ποσοστό (8 - 10%) σκόνης. Η σκόνη αυτή σε συνδυασμό με την απορρόφηση υγρασίας μπορεί, όταν παρουσιασθούν ταλαντώσεις στο πλοίο, να δημιουργήσει τάσεις μετακινήσεως του φορτίου (όπως και στα σιτηρά) που με τη σειρά τους είναι δυνατό να δημιουργήσουν εγκάρσιες κλίσεις. Για να αποφεύγεται κάτι τέτοιο θα πρέπει στο πάνω μέρος του φορτίου να φορτώνεται φορτίο σε σάκους.

Άλλα φορτία, όπως είναι τα συμπυκνώματα ή τα κατάλοιπα χαλκού - μολύβδου ή χαλκού - ψευδαργύρου, ιδιαίτερα όταν παρασκευάζονται με τη μέθοδο της ροής (flootation process), έχουν μεγάλη τάση να μετακινούνται μέσα στα κύτη. Τέτοια φορτία, όταν βραχούν ή όταν παρουσιασθούν στο πλοίο ταλαντώσεις, μπορούν να καταστούν ιδιαίτερα επικίνδυνα και έχουν στοιχίσει απώλειες τόσο σε πλοία όσο και σε ανθρώπινες ζωές. Ειδικά προστατευτικά μέτρα υποδεικνύονται στην έκδοση «M.O. T (Ministry of Transport) Notice No M 397 to Owners and Masters, carriage of Zinc Concentrates and similar Metallic Materials».

Για τους παραπάνω λόγους, κατά τη μεταφορά τέτοιων φορτίων θα πρέπει να



λαμβανονται σχολαστικά μέτρα προστασίας, ιδιαίτερα όταν το ποσοστό υγρασίας του φορτίου είναι δυνατό να υπερβεί σε οποιαδήποτε φάση του ταξιδιού το 7%. Οι σχετικοί με τέτοια φορτία κανονισμοί του ΙΜΟ θα εξηγηθούν στην επόμενη παράγραφο.

Λόγω του μικρού συντελεστή στοιβασίας (μεγάλου ειδικού βάρους), τα φορτία αυτά μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα αντοχής των καταστρωμάτων πάνω στα οποία είναι φορτωμένα. Ιδιαίτερα σοβαρό είναι το πρόβλημα της καταπονήσεως των δαπέδων των κουραδόρων (tween decks). Η φόρτωση στους χώρους αυτούς αν και δεν είναι αναγκαία από έλλειψη χώρου, όμως πραγματοποιείται για να ελαττώσει το υπερβολικά μεγάλο μετακεντρικό ύψος που συνδυάζεται με την φόρτωση φορτίου μεγάλου βάρους μόνο στα κατώτερα κύτη. Ειδικές απαιτήσεις ως προς την αντοχή του καταστρώματος θα πρέπει να αναζητηθούν στα σχέδια του πλοίου. Αν δεν υπάρχουν εκεί, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα στοιχεία της παραγράφου 25.3, τα οποία προέρχονται από τις εκδόσεις MOT Notice M. 337 (stowage of steel, ores and other heavy cargoes in tween decks) και «Weights in and on Deck» του National Cargo Bureau Inc, New York.

Όταν πάνω σε μεταλλεύματα φορτώνονται άλλα ευαίσθητα στην υγρασία φορτία, το πάνω μέρος του φορτίου του μεταλλεύματος θα πρέπει να οριζοντιώνεται και να εξασφαλίζεται με μαδέρια ή άλλο υλικό η μη επαφή των δύο φορτίων.

Όταν το πλοίο μεταφέρει μετάλλευμα χρωμίου (Chrome Ore) και μετάλλευμα Μαγγανίου (Manganese Ore) θα πρέπει να αποφεύγεται κάθε ανάμιξη τους, γιατί έστω και πολύ μικρή ποσότητα χρωμίου καθιστά το μαγγάνιο άχρηστο.

Ενδεικτικά, οι συντελεστές στοιβασίας μερικών ορυκτών περιέχονται στον πίνακα 26.1.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.1.1
Τυπικοί συντελεστές στοιβασίας ορυκτών

Ορυκτό	Σε δονεία		Χιύδην	
	m ³ /MT	ft ³ /LT	m ³ /MT	ft ³ /LT
Αλουμίνιο	1,114	40	0,752	27
Αντιμόνιο	0,557	20	0,418	15
Άργυρος	0,696	25	0,613	22
Άσβεστος	1,672/1,811	60/65	—	—
Βολφράμιο	0,445/0,501	16/18	—	—
Βωξίτης	1,114	40	0,752	27
Κοβάλτιο	—	—	0,501/0,557	18/20
Λευκοσίδηρος	0,613	22	—	—
Μαγγάνιο	0,613/0,696	22/25	0,473/0,501	17/18
Μολύβι	0,446/0,473	16/17	0,334/0,390	12/14
Νικέλιο	0,557	20	—	—
Ουράνιο	0,473/0,501	17/18	—	—
Σίδηρος	—	—	0,334/0,473	12/17
Συμπύκνωμα μολύβδου	—	—	0,334/0,391	12/14
Συμπύκνωμα ψευδαργύρου	—	—	0,501/0,557	18/20
Χαλκός	—	—	0,390/0,557	14/20
Χρώμιο	—	—	0,334/0,390	12/14

26.2 Διατάξεις IMO ως προς τη μεταφορά φορτίων χύδην.

1) Εισαγωγή.

Οι κανονισμοί του IMO που δίνονται εδώ συνοπτικά καλύπτουν όλα τα φορτία χύδην που μεταφέρονται με πλοία, περιλαμβανομένων και των ορυκτών. Δεν περιλαμβάνονται τα φορτία σιτηρών, για τα οποία, όπως είδαμε, υπάρχουν άλλοι ειδικοί κανονισμοί στην Solas.

Στόχος των κανονισμών είναι να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του πλοίου και του φορτίου από τους παρακάτω κινδύνους που δημιουργούνται από τη μεταφορά τέτοιων φορτίων:

a) Κατασκευαστική αστοχία λόγω αντικανονικής φορτώσεως:

- Του πλοίου θεωρούμενου ως δοκού.
- Των καταστρωμάτων.

β) Αντικανονική ευστάθεια και ειδικότερα:

- Υπερβολικά μεγάλη ευστάθεια που μπορεί, σε θαλασσοταραχή, να δημιουργήσει βίαιες κινήσεις του πλοίου, με αποτέλεσμα κατασκευαστική αστοχία ή εγκάρσιες κλίσεις.
- Ελάπτωση ευστάθειας και εγκάρσιες κλίσεις, λόγω μετακινήσεως φορτίων σε «ξηρά» κατάσταση.
- Ελάπτωση ευστάθειας και εγκάρσιες κλίσεις όταν το φορτίο μεταπέσει σε υγρή κατάσταση.

γ) Απότομη αυτοθέρμανση του φορτίου.

Είναι δυνατό να παρουσιασθεί σε μερικά από τα φορτία της κατηγορίας αυτής.

Τα διάφορα φορτία χύδην που εξετάζονται, κατατάσσονται στους κανονισμούς του IMO σε τρεις κατηγορίες:

- Μεταλλεύματα (ores).
- Άλλα φορτία χύδην όμοια με μεταλλεύματα (similar bulk cargoes).
- Συμπυκνώματα μεταλλευμάτων (ore concentrates).

Οι δύο πρώτες κατηγορίες αποτελούν φορτία σε ξηρή κατάσταση και η τρίτη σε υγρή.

Οι κανονισμοί που θα δοθούν στη συνέχεια δεν εφαρμόζονται:

- Όταν λιγότερο από το 1/3 του φορτίου του πλοίου αποτελείται από μεταλλεύματα ή και άλλα όμοια φορτία χύδην.
- Όταν μεταφέρονται σε συνδυασμό με άλλο γενικό φορτίο πολύ μικρές μόνο ποσότητες συμπυκνωμάτων.

2) Ορισμοί.

**Πλοίο γενικού φορτίου
(General cargo vessel)**

Ένα πλοίο χωρίς ή με ανεπαρκή, για να μειώσει τα αποτελέσματα της εγκάρσιας μετακινήσεως φορτίου, διαμήκη στεγανή υποδιαίρεση στα κύτη, το οποίο δεν είναι ειδικά ενισχυμένο για τη μεταφορά φορτίων με μικρό συντελεστή στοιβασίας.

**Φορτίο χύδην
(*Bulk cargo*)**

Σχεδόν ομοιογενή φορτία σε στερεά μορφή που φορτώνονται απ' ευθείας (όχι σε δοχεία ή κιβώτια) μέσα στα κύτη, με εξαίρεση τα φορτία στιγμών.

**Γωνία αναπαύσεως
(*Angle of repose*)**

Είναι η γωνία με το οριζόντιο, την οποία σχηματίζει η παράπλευρη επιφάνεια ενός κώνου που σχηματίζεται όταν ξεφορτωθεί μια ποσότητα φορτίου πάνω σε ένα οριζόντιο επίπεδο.

**Συμπύκνωμα
(*Concentrate*)**

Είναι η μορφή που παίρνει ένα μετάλλευμα (ή άλλο παρόμοιο υλικό) μετά από μια διαδικασία διαχωρισμού του μεταλλεύματος από ξένες ανεπιθύμητες ύλες. Σε αντίθεση με τα φυσικά μεταλλεύματα, τα συμπυκνώματα περιέχουν κομμάτια ομοιόμορφου σχεδόν μεγέθους (όχι μικρά και μεγάλα).

**Ποσοστό υγρασίας
(*moisture content*)**

Είναι το ποσοστό υγρασίας νερού (ή άλλου υγρού ή πάγου) κατά βάρος που βρίσκεται με μέτρηση ότι περιέχεται στο φορτίο.

**Σημείο ρευστοποίησεως
(*flow moisture point*)**

Είναι το ποσοστό υγρασίας, στο οποίο το φορτίο μεταπίπτει σε κατάσταση που επιτρέπει τη ροή του.

**Όριο υγρασίας για
μεταφορά
(*transportable moisture limit*)**

Είναι το μέγιστο ποσοστό υγρασίας που επιτρέπει την ασφαλή μεταφορά συμπυκνωμάτων σε πλοία γενικού φορτίου, χωρίς να λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα. Εκφράζεται ως ποσοστό του σημείου ρευστοποίησεως.

**Κορεσμός
(*saturation*)**

Ένα φορτίο θεωρείται ότι είναι σε κατάσταση κορεσμού, αν όλα τα κενά είναι γεμάτα με υγρό.

**Μετανάστευση υγρασίας
(*moisture migration*)**

Ο όρος περιγράφει τη μετακίνηση υγρασίας από μια περιοχή σε μια άλλη και μπορεί να οδηγήσει σε κατάσταση μερικής ρευστοποίησεως του φορτίου.

3) Γενικές προφυλάξεις.

Κάθε πλοίο για το οποίο έχουν εφαρμογή οι κανονισμοί αυτοί, θα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με **εγχειρίδιο ευστάθειας**. Όταν στο πλοίο φορτώνονται τα φορτία που καθορίζονται σ' αυτό τον κανονισμό, πρέπει, πριν από τον απόπλου, να γίνονται υπολογισμοί ευστάθειας, από τους οποίους να προκύπτει ότι το πλοίο τόσο στην αναχώρηση όσο και στη χειρότερη συνθήκη του ταξιδιού έχει επαρκή ευστάθεια.

Πολύ μεγάλο μετακεντρικό ύψος, όπως είναι γνωστό, δημιουργεί στο πλοίο, σε περιπτώσεις κυματισμού, την τάση να πραγματοποιεί έντονες κινήσεις. Επειδή όμως το μεγάλο μετακεντρικό ύψος εμποδίζει το πλοίο να πάρει μεγάλες κλίσεις όταν έχομε εγκάρσια μετακίνηση του φορτίου, γι' αυτό, εκτός από ειδικές περιπτώσεις οπότε αναμένονται εξαιρετικά βίαιες κινήσεις, δεν υπάρχει περιορισμός ως προς τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μετακεντρικού ύψους.

Σε περίπτωση φορτώσεως φορτίου με συντελεστή στοιβασίας μικρότερο από $0,56 \text{ m}^3/\text{MT}$ ($20 \text{ ft}^3/\text{LT}$) θα πρέπει ιδιαίτερα να προσέχομε τη διαμήκη κατανομή του φορτίου, για να μην δημιουργηθούν στο πλοίο μεγάλες καταπονήσεις. Σ' αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται να δίνονται στον πλοίαρχο ειδικές οδηγίες ως προς τη σωστή διαμήκη κατανομή του φορτίου.

Όταν δεν υπάρχουν τέτοιες οδηγίες, θα πρέπει:

α) Η διαμήκης κατανομή του φορτίου να μη διαφέρει σημαντικά από εκείνη που θα είχαμε αν το πλοίο είχε φορτώσει γενικό φορτίο.

β) Η ποσότητα φορτίου που φορτώνεται σε οποιοδήποτε κατώτερο κύτος δεν θα πρέπει να υπερβαίνει εκείνη που προκύπτει από τη σχέση:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Μέγιστη ποσότητα} \\ \text{φορτίου σε οποιοδήποτε} \\ \text{κατώτερο κύτος σε MT} \end{array} \right\} = \frac{db(3L+B)}{4,6} \quad (143)$$

όπου: d είναι το βύθισμα θέρους του πλοίου (m),

b το μέσο πλάτος του κατώτερου κύτους (m),

L το μήκος του κατώτερου κύτους (m) και

B το μέγιστο πλάτος του πλοίου (m).

γ) Όταν το φορτίο δεν έχει χαπιαρισθεί ή έχει μερικώς μόνο χαπιαρισθεί, το ύψος της κορυφής του πάνω από το δάπεδο δεν θα πρέπει να υπερβαίνει αυτό που προκύπτει από τη σχέση:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Μέγιστο ύψος} \\ \text{κορυφής από} \\ \text{δάπεδο σε m} \end{array} \right\} = 1,89 \times dx \text{ (συντελεστής στοιβασίας)}$$

δ) Όταν το φορτίο έχει χαπιαρισθεί πλήρως, η ποσότητα που προκύπτει από τη σχέση (143) μπορεί να αυξηθεί κατά 20%.

ε) Σε κύτη από τα οποία περνά η σήραγγα του άξονα, η επιτρεπόμενη ποσότητα μπορεί να αυξηθεί κατά 10% περίπου.

Ο πλοίαρχος θα πρέπει να λάβει τα κατάλληλα μέτρα ώστε:

- Κατά τη φόρτωση η σκόνη από το φορτίο να έλθει σε όσο το δυνατό λιγότερη επαφή με τα μηχανήματα του καταστρώματος.
- Αν είναι δυνατό να κλεισθούν οι αναρροφήσεις των αεραγωγών κατά τη φόρτωση, ώστε να μην μπει σκόνη μέσα σ' αυτούς.
- Να έχουν προ της φορτώσεως καθαρισθεί και προετοιμασθεί τα κύτη.
- Να προστατευθούν κατάλληλα οι αναρροφήσεις των κυτών μέσα σε κάθε κύτος.
- Να επιβεβαιωθεί ότι οι σωλήνες κύτους που περνούν μέσα από το κύτος βρίσκονται σε καλή κατάσταση και ότι δεν υπάρχει παρουσία νερού μέσα στα κύτη πριν από τον απόπλου.

4) Μεταφορά μεταλλευμάτων και άλλων ομοίων με μεταλλεύματα φορτίων με γωνία αναπαύσεως μεγαλύτερη από 35°.

Τα βαριά φορτία θα πρέπει καθ' ολοκληρία να φορτώνονται στο κατώτερο κύτος, εκτός από τις περιπτώσεις εκείνες που κάτι τέτοιο δημιουργεί πολύ μεγάλο μετακεντρικό ύψος ή μεγάλες καταπόνησεις στο δάπεδο. Το φορτίο θα πρέπει να διευθεύται έτσι ώστε να καλύπτει όλη την επιφάνεια του δαπέδου. Η κορυφή του φορτίου δεν θα πρέπει να εξέχει πάνω από το άνοιγμα του κατώτερου κύτους.

Όταν οι συνθήκες επιβάλλουν κάποια ποσότητα του φορτίου να μεταφερθεί στους κουραδόρους, θα πρέπει:

- Η ποσότητα του φορτίου στους κουραδόρους να είναι η ελάχιστη δυνατή που επιβάλλουν οι συνθήκες.
- Το μετακεντρικό ύψος να είναι αρκετό σε συνάρτηση με την περιοχή του ταξιδιού και τις καιρικές συνθήκες που συνήθως επικρατούν σ' αυτή.
- Η φόρτιση στα δάπεδα των κουραδόρων να μην είναι μεγαλύτερη απ' ότι επιτρέπεται.
- Το άνοιγμα του κουραδόρου να είναι κλειστό.
- Το φορτίο στο κατώτερο κύτος να διευθεύται όσο γίνεται καλύτερα.

5) Μεταφορά μεταλλευμάτων και άλλων ομοίων με μεταλλεύματα φορτίων με γωνία αναπαύσεως μικρότερη ή ίση με 35°.

Τα φορτία θα πρέπει να διευθετούνται και οι χώροι μέσα στους οποίους φορτώνονται να είναι όσο το δυνατό πιο πλήρεις, χωρίς όμως να δημιουργούνται ανεπίτρεπτες καταπονήσεις στα δάπεδά τους.

Αν το φορτίο που μεταφέρεται στους κουραδόρους, αφού βέβαια διευθετηθεί όσο είναι δυνατό, υπάρχει πιθανότητα να μετακινηθεί κατά το εγκάρσιο, θα πρέπει να τοποθετούνται διαμήκεις διαχωριστικές φρακτές ή άλλες ανάλογες διατάξεις. Το ίδιο θα πρέπει να γίνεται στα κατώτερα κύτη, όταν δεν είναι πλήρη (partly filled).

6) Κίνδυνοι κατά τη μεταφορά συμπυκνωμάτων.

Όσα είπαμε παραπάνω ισχύουν και για τα συμπυκνώματα, όταν το ποσοστό υγρασίας τους είναι μικρότερο από το όριο υγρασίας για μεταφορά.

Συμπυκνώματα με μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας (που ίσως δεν φαίνεται στη φόρτωση), είναι πολύ επικίνδυνα, γιατί είναι δυνατό να μετακινηθούν (όπως τα υγρά) και να δημιουργήσουν στο πλοίο μόνιμη εγκάρσια κλίση.

Μερικά συμπυκνώματα είναι δυνατό να υποστούν οξείδωση και επομένως να αυτοθερμανθούν όταν μεταφέρονται με χαμηλό ποσοστό υγρασίας. Για το λόγο αυτό, τέτοια φορτία πρέπει να μεταφέρονται με το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό υγρασίας το οποίο όμως δεν παρουσιάζει κατά οποιοδήποτε τρόπο κινδύνους δημιουργίας μόνιμης εγκάρσιας κλίσεως.

7) Μέτρα προστασίας κατά τις μεταφορές συμπυκνωμάτων.

a) Πλοία γενικού φορτίου.

Τα πλοία γενικού φορτίου δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά συμπυκνωμάτων που έχουν ποσοστό υγρασίας πάνω από το όριο υγρασίας για μεταφορά. Επιπλέον, φορτία που περιέχουν υγρά (εκτός από κονσέρβες) δεν επιτρέπεται να μεταφέρονται στον ίδιο χώρο με τα συμπυκνώματα.

Θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα ώστε να αποφεύγεται η εισαγωγή υγρών οποιασδήποτε προελεύσεως στη κύτη όπου μεταφέρονται συμπυκνώματα.

Ο πλοίαρχος θα πρέπει να χρησιμοποιεί το νερό ως μέσο ψύξεως του φορτίου με μεγάλη προσοχή. Όταν χρειάζεται τέτοια ψύξη, το νερό θα πρέπει να χρησιμοποιείται με τη μορφή ομίχλης.

β) Ειδικά εξοπλισμένα πλοία γενικού φορτίου.

Για τα πλοία αυτά υπάρχουν ειδικές διατάξεις περιορισμού των πιθανών κινήσεων του φορτίου και γι' αυτό επιτρέπεται η φόρτωση σ' αυτά συμπυκνωμάτων με ποσοστό υγρασίας πάνω από το όριο υγρασίας για μεταφορά, με την προϋπόθεση βέβαια ότι υπάρχει στο πλοίο ειδικά εγκεκριμένη για τέτοιες μεταφορές μελέτη ευστάθειας.

γ) Ειδικά διαμορφωμένα bulk carries.

Ισχύει και για τα πλοία αυτά ότι και για τα ειδικά εξοπλισμένα πλοία γενικού φορτίου.

8) Προσδιορισμός υγρασίας συμπυκνωμάτων.

α) Προσδιορισμός ποσοστού υγρασίας για μεταφορά.

Ο προσδιορισμός του ποσοστού υγρασίας για μεταφορά γίνεται με την εξέταση σε ειδικό εργαστήριο δειγμάτων του φορτίου. Τέτοιοι έλεγχοι πρέπει να γίνονται, στους τόπους παραγωγής, κάθε εξάμηνο, εκτός αν στο μεταξύ αλλάξει η διαδικασία παραγωγής του συμπυκνώματος, οπότε γίνεται νέος έλεγχος. Για τα αποτελέσματα της μετρήσεως εκδίδεται ειδικό πιστοποιητικό που παραδίδεται στον πλοίαρχο.

β) Μέτρηση πραγματικού ποσοστού υγρασίας πριν από τη μεταφορά.

Δείγματα του φορτίου θα πρέπει να λαμβάνονται λίγο πριν αρχίσει η φόρτωση, για ανάλυση και έκδοση πιστοποιητικού από ειδικό εργαστήριο. Αν στο μεταξύ βρέξει, θα πρέπει να λαμβάνονται και νέα δείγματα. Τα σχετικά πιστοποιητικά παραδίδονται πριν από τη φόρτωση στον πλοίαρχο.

9) Διαδικασία προσδιορισμού υγρασίας συμπυκνωμάτων.

Οι σχετικές εργαστηριακές διαδικασίες ξεφεύγουν από τα όρια του βιβλίου αυτού. Όταν υπάρχει ανάγκη, μπορούν να γίνουν στο πλοίο τα εξής:

- Ζύγιση του δείγματος, τοποθέτησή του σε φούρνο και νέα ζύγιση (105° C επί πέντε ώρες).
- Τοποθέτηση σε ένα κυλινδρικό δοχείο δείγματος του συμπυκνώματος και κτύπημα του δοχείου μερικές φορές πάνω σε ένα τραπέζι. Αν εμφανισθεί ελεύθερη υγρασία στο πάνω μέρος του δείγματος ή συνθήκες ροής, είναι απαραίτητο να σταλεί δείγμα στο χημείο.

Με την πρώτη μέθοδο, αν είναι:

- W_1 , το ακριβές βάρος του δείγματος (περίπου 500 gr) πριν από την ξήρανση,
- W_2 το ακριβές βάρος του δείγματος μετά την ξήρανση,
- W_3 το ακριβές βάρος ενός άλλου δείγματος (περίπου 500 gr) που με προοδευτική προσθήκη νερού έχει αποκτήσει οριακά κατάσταση ροής και
- W_4 το ακριβές βάρος του παραπάνω δείγματος μετά την ξήρανση, θα ισχύουν οι σχέσεις:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ποσοστό} \\ \text{υγρασίας} \end{array} \right\} = \frac{W_1 - W_2}{W_4} \times 100 \quad (144)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ποσοστό} \\ \text{υγρασίας σε} \\ \text{κατάσταση ροής} \end{array} \right\} = \frac{W_3 - W_4}{W_3} \times 100 \quad (145)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Όριο υγρασίες} \\ \text{για μεταφορά} \end{array} \right\} = 0,9 \times \left(\begin{array}{l} \text{ποσοστό υγρασίας} \\ \text{σε κατάσταση ροής} \end{array} \right) \quad (146)$$

Παράδειγμα.

Από κάποια παρτίδα συμπυκνώματος λήφθηκαν δυο δείγματα με βάρος 490 και 505 gr αντίστοιχα.

Το πρώτο τοποθετήθηκε σε φούρνο επί 5 ώρες σε 105°C και με νέα ζύγιση το βάρος του βρέθηκε ίσο με 440 gr.

Το δεύτερο δείγμα χρειάσθηκε προσθήκη 30 gr νερού για να αποκτήσει οριακή κατάσταση ροής. Στη συνέχεια, αφού τοποθετήθηκε σε φούρνο όπως και το πρώτο δείγμα, βρέθηκε με ζύγιση να έχει βάρος 445 gr.

Να βρεθεί το ποσοστό υγρασίας του φορτίου και το όριο υγρασίας του για μεταφορά.

Από τη σχέση (144) έχομε:

$$\text{Ποσοστό υγρασίας} = \frac{W_1 - W_2}{W_4} \times 100 = \frac{490 - 440}{445} \times 100 = 11,2\%$$

Από τη σχέση (145):

$$\text{Ποσοστό υγρασίας} = \frac{W_3 - W_4}{W_3} \times 100 = \frac{535 - 445}{535} \times 100 = 16,8\%$$

Από τη σχέση (146):

$$\text{Όριο υγρασίας για μεταφορά} = 0,9 \times (16,8) = 15,1\%$$

26.3 Καθήκοντα πλοιάρχου.

Ο πλοιάρχος κάθε φορτηγού πλοίου, όταν πρόκειται να μεταφέρει φορτία χύδην, πρέπει να ανατρέχει στα παραρτήματα 3, 4 και 5 αυτού του βιβλίου για να διαπιστώνει τις ιδιότητες και τα ειδικά σημεία που πρέπει να προσεχθούν ως προς το συγκεκριμένο φορτίο. Ανάλογα με το είδος του φορτίου, θα πρέπει να ικανοποιούνται οι ανάλογες απαιτήσεις, όπως αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Σε ορισμένα κράτη έχουν θεσπισθεί κανονισμοί για την υποχρεωτική ύπαρξη ενός μεγέθους εναπομένουσας ευστάθειας στο πλοίο όταν εκτελούνται μεταφορές φορτίου χύδην (διαφορετικοί από ό,τι προβλέπεται για τα σιτηρά).

Ο έλεγχος για την ύπαρξη της εναπομένουσας αυτής ευστάθειας πραγματοποιείται όπως ακριβώς και στην περίπτωση φορτώσεως σιτηρών. Για να είναι δυνατός δε ο έλεγχος αυτός στις μελέτες του πλοίου θα πρέπει να υπάρχουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία, όπως έχουν επεξηγηθεί προκειμένου για μεταφορά των σιτηρών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

27.1 Κατάταξη και χαρακτηριστικά αργού πετρελαίου και προϊόντων πετρελαίου.

1) Γενικά.

Το αργό πετρέλαιο (crude oil) είναι ένα υγρό ορυκτό που αποτελείται κυρίως από ένα μίγμα από υδρογονάνθρακες. Παράγεται στη Μέση Ανατολή, Ρωσία, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, Βενεζουέλα, Ρουμανία, Ινδονησία και αλλού και από εκεί μεταφέρεται για επεξεργασία στα διυλιστήρια που βρίσκονται διεσπαρμένα σε διάφορα σημεία της γης.

Είναι εύφλεκτο υγρό με ειδικό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 0,8 και 1,0.

Τα κυριότερα προϊόντα πετρελαίου (petroleum products) είναι τα υγροποιημένα αέρια (κυρίως προπάνιο και βουτάνιο) που ονομάζονται Liquefied Petroleum Gases (L.P.G), η βενζίνη, η κηροζίνη, το πετρέλαιο Diesel και το πετρέλαιο λεβήτων (μαζούτ). Άλλα προϊόντα που προκύπτουν από πιο πολύπλοκη επεξεργασία του αργού πετρελαίου είναι τα λιπαντικά λάδια, τα γράσσα, το κερί και η άσφαλτος.

2) Ειδικό βάρος και σημείο αναφλέξεως των προϊόντων πετρελαίου.

Το σημείο αναφλέξεως (flash point) των περισσοτέρων προϊόντων πετρελαίου είναι πολύ χαμηλό (σε μερικές περιπτώσεις φθάνει τους -40°F).

Ως μονάδα μετρήσεως του ειδικού βάρους του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του, σε πολλά μέρη του κόσμου έχει καθορισθεί ο βαθμός $^{\circ}\text{API}$ (American Petroleum Institute). Η μονάδα αυτή σχετίζεται με το ειδικό βάρος εκφρασμένο στις συνηθισμένες μονάδες με τη σχέση:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{Ειδικό βάρος}} - 131,5 \quad (147)$$

Η μέτρηση της πυκνότητας σε API γίνεται συνήθως με ειδικό υγρόμετρο στους 60°F .

Στον πίνακα 27.1.1 δίνονται τιμές του ειδικού βάρους του αργού πετρελαίου ανάλογα με την προέλευσή του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 27.1.1
Ειδικό βάρος αργού πετρελαίου

Προέλευση	Ειδικό βάρος	$^{\circ}\text{API}$	Προέλευση	Ειδικό βάρος	$^{\circ}\text{API}$
Καναδάς	0,849	35	Ρουμανία	0,846	36
Ινδονησία	0,853	34	Σαουδική Αραβία	0,846	36
Ιράκ	0,845	36	ΗΠΑ	0,85	35
Κουβέιτ	0,865	32	Ρωσία	0,868	32
Περσία	0,860	33	Βενεζουέλα	0,904	25

3) Ειδικό βάρος και σημείο αναφλέξεως προϊόντων πετρελαίου.

Στον πίνακα 27.1.2 δίνονται μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των συνηθε-
στέρων προϊόντων πετρελαίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 27.1.2
Βασικά χαρακτηριστικά προϊόντων πετρελαίου

Προϊόν	Ειδικό βάρος	°API	Σημείο αναφλέξεως °F
Βενζίνη	0,720	65	-40
Κηροζίνη	0,790	48	140
Πετρέλαιο Diesel	0,835	38	170
Ελαφρύ πετρέλαιο λεβήτων	0,930	21	200
Βαρύ πετρέλαιο λεβήτων	0,960	16	230

4) Διαστολή υγρών φορτίων.

Όπως είπαμε παραπάνω, το ειδικό βάρος του αργού πετρελαίου και των προϊόντων πετρελαίου δίνεται συνήθως στους 60°F. Σε μεγαλύτερες και μικρότερες θερμοκρασίες, ο όγκος που καταλαμβάνει ένα συγκεκριμένο βάρος υγρού φορτίου είναι μεγαλύτερος και μικρότερος αντίστοιχα από ό,τι προκύπτει με βάση το ειδικό του βάρος στη θερμοκρασία των 60°F.

Η μεταβολή αυτή του όγκου είναι δυνατό να υπολογισθεί με ακρίβεια από ειδικούς πίνακες (ASTM-IP Petroleum Measurement tables). Προσεγγιστικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο πίνακας 27.1.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 27.1.3
Συντελεστές διορθώσεως όγκου

Ειδικό βάρος στους 60°F	Συντελεστής διορθώσεως όγκου ανά °F (+ή -)
Από 0,600 έως 0,649	0,00087
Από 0,650 έως 0,699	0,00076
Από 0,700 έως 0,749	0,00065
Από 0,750 έως 0,799	0,00056
Από 0,800 έως 0,849	0,00048
Από 0,850 έως 0,899	0,00043
Από 0,900 έως 0,949	0,00040
Από 0,950 έως 0,999	0,00038

Παράδειγμα 1.

Μία ποικιλία αργού πετρελαίου με °API = 33,5 έχει βάρος 1500 ΜΤ. Πόσο όγκο καταλαμβάνει σε θερμοκρασία 60°F και 79°F;

Από τη σχέση (147) έχομε με θερμοκρασία 60°F:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{Ειδικό βάρος}} - 131,5$$

και επομένως:

$$\begin{aligned} \text{Ειδικό βάρος} &= 141,5 \times \frac{1}{\text{API} + 131,5} = \\ &= 141,5 \times \frac{1}{33,5 + 131,5} = 0,857 \text{ MT/m}^3 \\ \text{'Ογκος} &= 1500 \text{ MT} \times \frac{1}{0,857} \frac{\text{m}^3}{\text{MT}} = 1750,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Από τον πίνακα 27.1.3 έχουμε συντελεστή διορθώσεως 0,00043 ανά βαθμό F. Επομένως στους 75°F (δηλαδή 15°F πάνω από τους 60°F) θα έχουμε:

$$\text{'Ογκος} = 1750,3 [1 + 15 \times 0,00043] = 1761,5 \text{ m}^3$$

Παράδειγμα 2.

Η δεξαμενή Νο 1 ενός δεξαμενοπλοίου βρέθηκε σε θερμοκρασία 40°F να περιέχει (από το ογκομετρικό της διάγραμμα) 1723 m³ αργού πετρελαίου με °API 33 στους 60°F. Πόσο είναι το βάρος του φορτίου που υπάρχει στη δεξαμενή;

Το ειδικό βάρος του πετρελαίου που αντιστοιχεί στα 33 °API είναι 0,860 MT/m³. Ο όγκος του φορτίου σε θερμοκρασία 60°F θα ήταν:

$$\text{'Ογκος} = 1723 [1 + (60 - 40) \times 0,00043] = 1737,8 \text{ m}^3$$

και επομένως:

$$\text{Βάρος φορτίου} = 1737,8 \text{ m}^3 \times 0,86 \text{ MT/m}^3 = 1494,5 \text{ MT}$$

,5) Πίνακες μετατροπής μονάδων αγγλικού συστήματος.

Στο αγγλικό σύστημα μονάδων οι μετατροπές του όγκου σε βάρος και αντίστροφα είναι κάπως δυσκολότερες, μπορούμε όμως να διευκολυνθούμε σημαντικά στο θέμα αυτό με χρησιμοποίηση του πίνακα 27.1.4.

6) Άλλες ιδιότητες των πετρελαιοειδών.

Στην εφαρμογή των κανονισμών ως προς τις διαδικασίες ασφαλούς φορτώσεως - εκφορτώσεως και μεταφοράς ιδιαίτερης σημασίας είναι και οι παρακάτω ιδιότητες των πετρελαιοειδών:

a) Σημείο καύσεως (fire point).

Είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία την οποία πρέπει να έχει το πετρέλαιο για να παράγονται αρκετοί ατμοί ώστε να είναι δυνατή η διατήρηση καύσεως μετά την ανάφλεξη.

B) Ιξώδες (viscosity).

Είναι μία ιδιότητα των υγρών που εκφράζει γενικά το βαθμό εσωτερικής τριβής ανάμεσα στα μόριά τους. Η παραπάνω εσωτερική τριβή επηρεάζει σημαντικά την αντίσταση των υγρών στη ροή. Μονάδα μετρήσεως του ιξώδους είναι το Poise (gr/cm²·sec) και υποπολλαπλάσιο του το Centipoise που είναι ίσο με 0,01 Poise.

ΠΙΝΑΚΑΣ 27.1.4
Μετατροπές μονάδων ειδικού βάρους

°A.P.I.	Ειδικό βάρος στους 60°F	Ibs/U.S.G.	U.S.G/LT	Βαρέλια/LT	LT/1000 ft³
10	1,000	8,328	269,0	6,404	27,81
11	0,993	8,270	270,9	6,449	27,62
12	0,986	8,212	272,8	6,495	27,42
13	0,979	8,153	274,7	6,541	27,23
14	0,973	8,103	276,4	6,582	27,06
15	0,966	8,045	278,4	6,630	26,87
16	0,959	7,986	280,5	6,678	26,67
17	0,953	7,936	282,3	6,720	26,50
18	0,947	7,886	284,0	6,763	26,34
19	0,940	7,828	286,2	6,813	26,14
20	0,934	7,778	288,0	6,857	25,97
21	0,928	7,728	289,9	6,901	25,81
22	0,922	7,678	291,8	6,946	25,64
23	0,916	7,628	293,7	6,992	25,47
24	0,910	7,578	295,6	7,038	25,31
25	0,904	7,529	297,6	7,085	25,14
26	0,898	7,478	299,6	7,132	24,97
27	0,893	7,436	301,2	7,172	24,83
28	0,887	7,386	303,3	7,221	24,67
29	0,882	7,344	305,0	7,262	24,53
30	0,876	7,294	307,1	7,312	24,36
31	0,871	7,253	308,9	7,354	24,22
32	0,865	7,203	311,0	7,405	24,05
33	0,860	7,161	312,8	7,448	23,91
34	0,855	7,119	314,6	7,491	23,78
35	0,850	7,076	316,5	7,536	23,64
36	0,845	7,036	318,4	7,580	23,50
37	0,840	6,994	320,3	7,625	23,36
38	0,835	6,952	322,2	7,671	23,22
39	0,830	6,911	324,1	7,717	23,08
40	0,825	6,869	326,1	7,764	22,94
41	0,820	6,827	328,1	7,812	22,80
42	0,816	6,794	329,7	7,850	22,69
43	0,811	6,752	331,7	7,899	22,55
44	0,806	6,711	333,8	7,948	22,41
54	0,802	6,677	335,5	7,987	22,30

Κινηματικό ιξώδες (kinematic viscosity).

Είναι το πηλίκο του ιξώδους διά του ειδικού βάρους και εκφράζεται σε stokes και centistokes.

Τόσο το ιξώδες όσο και το κινηματικό ιξώδες είναι ιδιότητες των υγρών που επηρεάζονται πάρα πολύ από τη θερμοκρασία.

γ) Τάση ατμών (vapor pressure).

Είναι ένα μέτρο της τάσεως του υγρού να εξατμισθεί και εξαρτάται πολύ από τη θερμοκρασία.

27.2 Γενική περιγραφή και συστήματα δεξαμενοπλοίου.

1) Ιδιομορφία των δεξαμενοπλοίων σε σχέση με τα λοιπά φορτηγά πλοία.

Σε σχέση με τα λοιπά φορτηγά πλοία, τα δεξαμενόπλοια παρουσιάζουν τις εξής ιδιομορφίες:

- Μεταφέρουν ελεύθερα υγρά, πράγμα που τους δημιουργεί σημαντικά προβλήματα ευστάθειας, λόγω των ελευθέρων επιφανειών που υπάρχουν.
- Είναι αναγκασμένα να πραγματοποιούν το ταξίδι της επιστροφής κενά, πράγμα που προϋποθέτει την ανάγκη να υπάρχουν σ' αυτά ειδικές δεξαμενές υγρού έρματος. Ένας άλλος τρόπος αντιμετωπίσεως αυτού του προβλήματος είναι η κατασκευή πλοίων συνδυασμένου προορισμού, όπως τα διπλής χρήσεως ore/oil carriers ή τα τριπλής χρήσεως ore/bulk/oil carriers.
- Μεταφέρουν φορτία που, σε περιπτώσεις ζημιάς στην υδατοστεγή κατασκευή του πλοίου, είναι δυνατό να προκαλέσουν μεγάλης εκτάσεως ρύπανση του περιβάλλοντος.
- Μεταφέρουν φορτία που είναι εύκολο να αναφλεγούν ή να εκραγούν.
- Έχουν ειδικά προβλήματα φορτώσεως και εκφορτώσεως.
- Στο ταξίδι επιστροφής έχουν τις δεξαμενές φορτίου κενές με πιθανότητα να δημιουργηθεί σ' αυτές εκρηκτικό περιβάλλον αν δεν παρθούν τα κατάλληλα μέτρα.

2) Μορφή των δεξαμενοπλοίων.

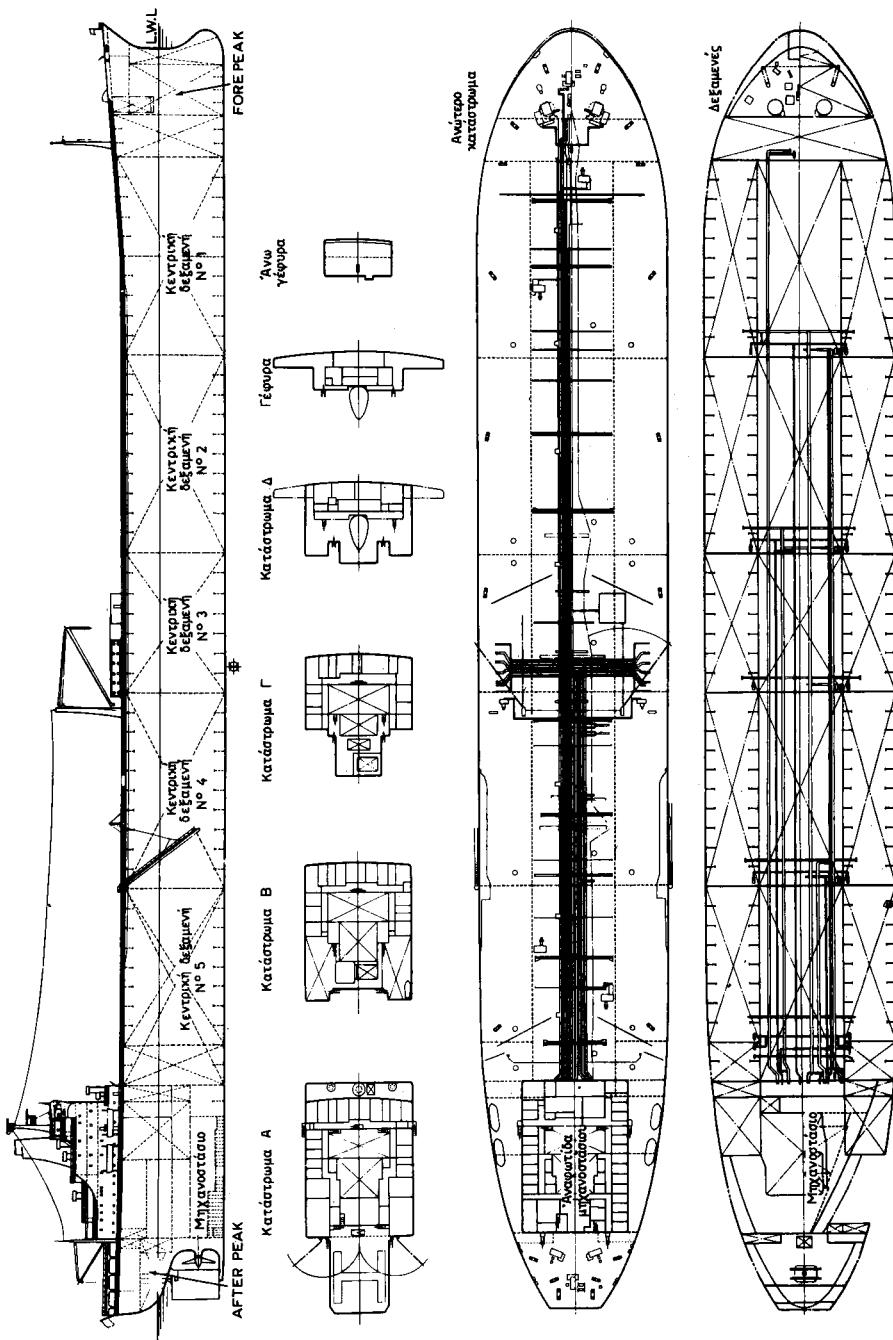
Η μορφή των συγχρόνων δεξαμενοπλοίων είναι αποτέλεσμα του συγκερασμού όλων των απαιτήσεων που συνδέονται με τις παραπάνω ιδιομορφίες. Έτσι τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια:

- Έχουν το μηχανοστάσιο στην πρύμνη, για να μην υπάρχει διαχωρισμός στα δίκτυα παραλαβής και παραδόσεως του φορτίου. Μια τυπική διάταξη δεξαμενοπλοίου βλέπομε στο σχήμα 27.2a.
- Με πολλές διαμήκεις εγκάρσιες φρακτές, είναι υποδιηρημένα σε μεγάλο αριθμό ανεξαρτήτων δεξαμενών. Η σύγχρονη τάση στη σχεδίαση των δεξαμενοπλοίων είναι να υποδιαιρούνται οι δεξαμενές τους σε τρία τμήματα κατά το εγκάρσιο. Οι ενδιάμεσες διαμήκεις φρακτές είναι σχετικά επίπεδες για να μπορούν να καθαρίζονται εύκολα.

3) Δεξαμενές δεξαμενοπλοίων.

Από τον τρόπο χρησιμοποιήσεως των δεξαμενοπλοίων προκύπτει η ανάγκη διαμορφώσεως σ' αυτά, πέρα απ' ότι συνηθίζεται σε όλα τα πλοία, και των εξής δεξαμενών:

- **Φορτίου (cargo tanks),** όπου αποθηκεύεται το φορτίο που μεταφέρεται.
- **Υγρού έρματος (ballast tanks),** που είναι απαραίτητες για την εξασφάλιση



Σχ. 272α.
Τυπική διάγραμμη δεξαμενοπλοίου.

ικανοποιητικών συνθηκών πλου όταν το πλοίο ταξιδεύει χωρίς φορτίο (*ballast condition*).

- **Κατάλοιπων (sllops)**, όπου αποθηκεύονται τα κατάλοιπα του πετρελαίου που προέρχονται από την πλύση των δεξαμενών με σκοπό να παραδοθούν στη συνέχεια σε ειδικές δεξαμενές της ξηράς.

Σε παλαιότερα δεξαμενόπλοια ως δεξαμενές έρματος χρησιμοποιούνταν μερικές από τις δεξαμενές φορτίου. Σύμφωνα όμως με τις σύγχρονες αντιλήψεις, για την αποφυγή ρυπάνσεως του περιβάλλοντος, η πρακτική αυτή τείνει να εκλείψει και έτσι διαμορφώνονται στα πλοία ξεχωριστές δεξαμενές υγρού έρματος.

Η διαμόρφωση των δεξαμενών των συγχρόνων δεξαμενοπλοίων επηρεάζεται σήμερα καθοριστικά από νέους κανονισμούς που έχουν θεσπισθεί για την αποφυγή ρυπάνσεως του περιβάλλοντος και για την ασφαλή μεταφορά επικινδύνων φορτίων. Στοιχεία από τη νομοθεσία για την αποφυγή ρυπάνσεως περιέχονται στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου και στους ειδικούς κανονισμούς του IMO.

4) Αντλιοστάσια, δίκτυα και αντλίες φορτίου και έρματος.

Εκτός από μερικές ειδικές περιπτώσεις, τα συστήματα φορτίου των δεξαμενοπλοίων διακρίνονται σε:

- Συστήματα ελεύθερης ροής (free flow).
- Συστήματα με δίκτυο σε κάθε δεξαμενή (riped).
- Συνδυασμό των δύο συστημάτων.

Εκτός από τις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται καταδυόμενες ή αντλίες «βαθέων φρεάτων», διαμορφώνονται στα πλοία ένα ή περισσότερα αντλιοστάσια (όταν το πλοίο είναι σχεδιασμένο για να μεταφέρει πάνω από μια ποικιλία φορτίου). Στη συνθέστερη περίπτωση το αντλιοστάσιο είναι εγκατεστημένο δίπλα στο μηχανοστάσιο, έτσι ώστε οι κινητήρες των αντλιών να βρίσκονται στο μηχανοστάσιο και οι αντλίες στο αντλιοστάσιο. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η διέλευση των αξόνων από τη διαχωριστική φρακτή γίνεται κατά τρόπο που να εξασφαλίζει τόσο την υδατοστεγανότητα όσο και την αεροστεγανότητα του μηχανοστασίου και του αντλιοστασίου μεταξύ τους.

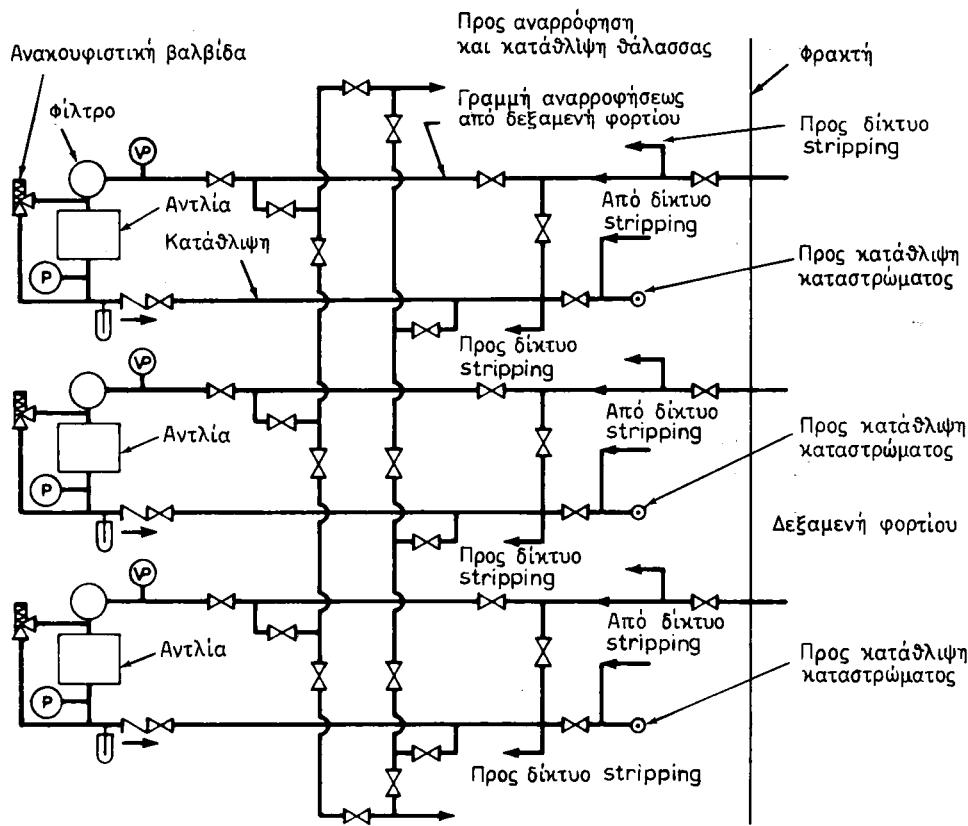
Γενικά οι αντλίες φορτίου είναι **φυγόκεντρες**. Σε ειδικές μόνο περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αντλίες **γραναζωτές** ή **παλινδρομικές**.

Στο αντλιοστάσιο υπάρχουν ακόμη **οι αντλίες τελικής εξαντλήσεως των δεξαμενών φορτίου (stripping pumps)** που είναι συνήθως ατμοκίνητες αν και υπάρχουν και ηλεκτροκίνητες γραναζωτές.

Από την άποψη της διατάξεως των δικτύων φορτίου, τα συστήματα με δίκτυο σε κάθε δεξαμενή είναι τα πιο συνηθισμένα. Στο σχήμα 27.2β, βλέπομε τη διαμόρφωση ενός τέτοιου συστήματος μέσα στο αντλιοστάσιο και στο σχήμα 27.2γ τη διαμόρφωση ενός άλλου συστήματος στις δεξαμενές. Το σχήμα 27.2δ δείχνει μια τυπική διάταξη του δικτύου στο κατάστρωμα.

Στο σχήμα 27.2β παρατηρούμε ότι τόσο οι αναρροφήσεις όσο και οι καταθίψεις των τριών αντλιών μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους. Έτσι, οποιαδήποτε αντλία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξυπηρέτηση οποιασδήποτε δεξαμενής. Επιπλέον το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τρεις διαφορετικές ποικιλίες φορτίου με κάθε μια αντλία να εξυπηρετεί και μια ποικιλία.

Στο σχήμα 27.2γ έχουμε την περίπτωση ενός δεξαμενοπλοίου με κεντρικές μόνο



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

□ Βαλβίδα διακοπής □ Βαλβίδα ρυθμίσεως ✓ Ανεπίστροφη βαλβίδα ⚧ Θερμόμετρο

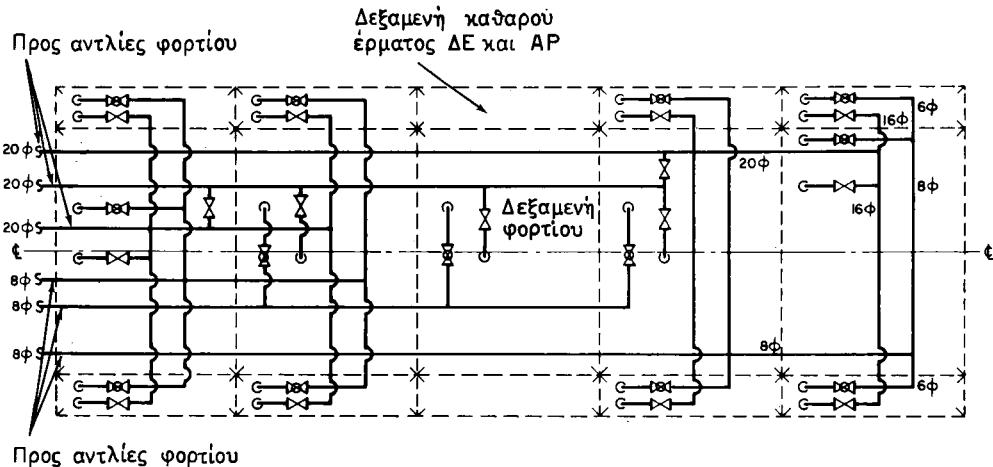
Σχ. 27.2β.

Διαμόρφωση δικτύου φορτίου μέσα στο αντλιοστάσιο δεξαμενοπλοίου.

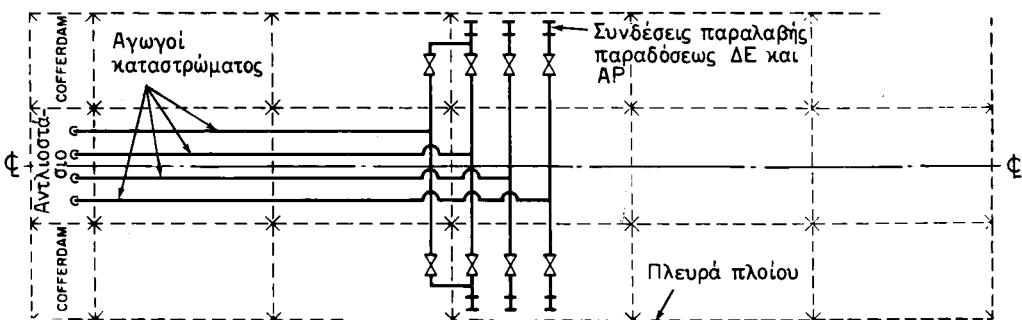
δεξαμενές φορτίου και ξεχωριστές δεξαμενές υγρού έρματος στις πλευρές.

Κατά τη φόρτωση, το φορτίο μπορεί να οδηγηθεί στις δεξαμενές είτε απ' ευθείας είτε μέσω των διαφόρων συνδέσμων του αντλιοστασίου. Τις βαλβίδες αναρροφήσεως - καταθλίψεως των δεξαμενών είναι δυνατό να χειρισθούμε είτε χειρόκινητα με μηχανικούς βραχίονες από το κατάστρωμα είτε υδραυλικά ή ακόμα και με αέρα. Σε σύγχρονα δεξαμενόπλοια, οι βαλβίδες είναι τηλεχειριζόμενες από κάποια κεντρική θέση.

Στα συστήματα ελεύθερης ροής υπάρχουν αναρροφήσεις μόνο στις δεξαμενές που βρίσκονται δίπλα στο αντλιοστάσιο. Η εκκένωση των άλλων δεξαμενών πραγματοποιείται με επικοινωνία τους με τις πρυμναίες, μέσω βαλβίδων που υπάρχουν πάνω στις φρακτές. Έτσι εξαφανίζονται οι γραμμές αναρροφήσεως από τις δεξαμενές, παραμένουν όμως οι γραμμές του καταστρώματος που είναι απαραίτητες για την παραλαβή του φορτίου. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν σοβαρά μειο-



Σχ. 27.2γ.
Δίκτυο φορτίου συμβατικής μορφής στις δεξαμενές



Σχ. 27.2δ.
Δίκτυο δεξαμενοπλοίου στο κατάστρωμα.

νεκτήματα στον έλεγχο της οιαγωγής του πλοίου, στην ταχύτητα εκφορτωσεως και στη δυνατότητα να παραλάβει το πλοίο περισσότερες από μία ποικιλίες φορτίου.

Στην προσπάθεια να ελαττωθούν οι τριβές, οι σωληνώσεις αναρροφήσεως έχουν μεγάλες διαμέτρους, οι οποίες, σε μεγάλα δεξαμενόπλοια, φθάνουν και μέχρι 700 m.m. Για τον ίδιο λόγο έχουν χρησιμοποιηθεί και αγωγοί ορθογωνικής διατομής (duct systems), όπως οι αεραγωγοί των δικτύων αερισμού - εξαερισμού. Για την τελική εξάντληση του φορτίου των δεξαμενών και των δικτύων χρησιμοποιούνται συνήθως **ανεξάρτητες αντλίες τελικής εξαντλήσεως** με μικρή παροχική δυνατότητα (stripping pumps).

Αντλίες «βαθέων φρεάτων» χρησιμοποιούνται κυρίως σε δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν ταυτόχρονα πολλές ποικιλίες φορτίου. Με τις αντλίες αυτές εξαφανίζεται η ανάγκη υπάρξεως των δικτύων αναρροφήσεως και των αντλιοστασίων.

5) Συστήματα Θερμάνσεως φορτίου.

Σε χαμηλές θερμοκρασίες ορισμένα φορτία αποκτούν τόσο μεγάλο ιξώδες, ώστε η άντλησή τους καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη και αργή και μερικές φορές αδύνατη.

Για το λόγο αυτό οι δεξαμενές των δεξαμενοπλοίων έχουν συστήματα θερμάνσεως του φορτίου, που είναι συνήθως σερπαντίνες, μέσα στις οποίες κυκλοφορεί ατμός, ή πιο σπάνια, ζεστό νερό.

Διευκρινίζεται εδώ ότι η θέρμανση του φορτίου, όταν είναι απαραίτητη, πρέπει να γίνεται σ' όλο σχεδόν το ταξίδι και όχι μόνο κατά τις τελευταίες ημέρες πριν από την άφιξη στο λιμάνι προορισμού, για να θερμαίνεται όλη η μάζα του φορτίου. Αυτονότο είναι ότι το φορτίο δεν πρέπει να θερμαίνεται πάνω από το επιτρεπόμενο όριο.

6) Συστήματα ελέγχου – Εξαεριστικά.

Εκτός από τις περιπτώσεις μεταφοράς των πιο επικινδύνων πετρελαιοειδών (Grade A) ή μεταφοράς μέσα σε δεξαμενές που έχουν αδρανές αέριο, επιτρέπεται γενικά η «ανοικτή» φόρτωση των πετρελαιοειδών. Επομένως η μέτρηση της στάθμης μέσα στις δεξαμενές φορτίου μπορεί να γίνεται από ανοικτές καθόδους ή από καταμετρικά.

Όταν γίνεται όμως «κλειστή» φόρτωση, δεν είναι δυνατή η παρακολούθηση της στάθμης με τον παραπάνω τρόπο. Σ' αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται άλλα ειδικά καταμετρικά συστήματα με πλωτήρες και ταινία που τυλίγεται σε ένα τύμπανο με τη βοήθεια ελατηρίου, συστήματα που βασίζονται σε υπερήχους κλπ.

Ανάλογα συστήματα χρησιμοποιούνται και για την παρακολούθηση της στάθμης και στις δεξαμενές υγρού έρματος.

Για την αποφυγή δημιουργίας υπερπίεσεως ή κενού μέσα στις δεξαμενές, προβλέπονται σ' αυτές ειδικά εξαεριστικά. Η θέση και η μορφή των εξαεριστικών καθορίζονται από τους κανονισμούς ασφάλειας. Σε περιπτώσεις μεταφοράς πολύ πτητικών φορτίων, όπως είναι οι βενζίνες, τα εξαεριστικά είναι κλειστά και ανοίγουν μόνο όταν δημιουργηθεί μέσα στη δεξαμενή κάποια συγκεκριμένη πίεση. Αυτό γίνεται via να ιηνέ έχομε απίγλεια φοστίου με τη μορφή ατμών.

27.3 Φόρτωση - εκφόρτωση και μεταφορά υγρών φορτίων.

1) Επιδιώξεις του πλοιάρχου κατά τη φόρτωση.

Με τη σωστή φόρτωση του δεξαμενοπλοίου επιδιώκεται:

- Να παραληφθεί το μέγιστο φορτίο που επιτρέπεται.
- Να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της γραμμής φορτώσεως.
- Να έχει το πλοίο τη σωστή διαγωγή.
- Να πραγματοποιηθεί η φόρτωση στον ελάχιστο δυνατό χρόνο.
- Να αποφευχθεί η ανάπτυξη υπερπίεσεων στις δεξαμενές.
- Να αποφευχθεί η καταπόνηση του πλοίου ως δοκού.
- Να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ευστάθειας μετά από βλάβη.
- Να αποφευχθεί η ανάμιξη φορτίων.
- Να αποφευχθεί η ούπανση του πειθάλλοντος.

- Να ελαχιστοποιηθούν όλοι γενικά οι κίνδυνοι, πιο σοβαρός από τους οποίους είναι η έκρηξη.

Όλα τα παραπάνω καθιστούν το έργο του πλοιάρχου εξαιρετικά δύσκολο και προϋποθέτουν γνώση όλων των λεπτομερειών του πλοίου και των κανονισμών.

2) Φόρτωση.

Η παραλαβή του φορτίου από την ξηρά πραγματοποιείται με εύκαμπτους σωλήνες. Το φορτίο οδηγείται στο πλοίο με αντλίες της ξηράς ή με τη βαρύτητα. Κατά τη φόρτωση θα πρέπει να παρακολουθείται συνεχώς η πρόσδεση του πλοίου στην ξηρά, ώστε να μην καταπονούνται οι εύκαμπτες σωληνώσεις. Πριν από τη φόρτωση θα πρέπει να έχουν κλεισθεί με προσοχή όλα τα ανοίγματα και οι βαλβίδες που μπορούν να οδηγήσουν φορτίο στη θάλασσα. Επειδή είναι γενικά επιθυμητό η παραλαβή του φορτίου να γίνεται με γρήγορο ρυθμό, θα πρέπει να υπάρχει σωστή επικοινωνία μεταξύ πλοίου και ξηράς, ώστε να αποκλείεται κάθε πιθανότητα διαρροής του φορτίου. **Γενικά η φόρτωση πρέπει να αρχίζει με αργό ρυθμό και, εφόσον δεν υπάρχουν προβλήματα, να επιταχύνεται.**

Όταν μια δεξαμενή γεμίζει και απομονώνεται, θα πρέπει να ελέγχεται στη συνέχεια με επανειλημμένες καταμετρήσεις μέχρι να επιβεβαιωθεί ότι η αντίστοιχη βαλβίδα πληρώσεως της είναι πραγματικά στεγανή. Πριν από τον απόπλου όλα τα ανοίγματα των δεξαμενών θα πρέπει να κλείνονται ερμητικά.

Πριν από τη φόρτωση θα πρέπει να γίνεται ένας λεπτομερής προϋπολογισμός του φορτίου που θα παραλειφθεί, όπως έχει επεξηγηθεί με λεπτομέρειες σε προηγούμενα κεφάλαια για περιπτώσεις άλλων φορτίων.

Οι δεξαμενές δεν θα πρέπει να γεμίζονται τελείως. Ανάλογα με τις προοπτικές θερμάνσεως του φορτίου θα πρέπει να αφήνεται στο πάνω μέρος της δεξαμενής το κατάλληλο διάκενο. Το διάκενο αυτό μπορεί να φθάσει και το 10% του ύψους της δεξαμενής. Με παρακολούθηση των βυθισμάτων γίνεται το τελείωμα της φορτώσεως έτσι ώστε το πλοίο να πλεύσει στα επιθυμητά βυθίσματα.

Η κατανομή του φορτίου και του έρματος κατά μήκος του πλοίου πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μη δημιουργούνται στο πλοίο ανεπιθύμητες καταπονήσεις. Στην περίπτωση φορτώσεως με ομοιόμορφο φορτίο αναπτύσσεται μια τάση κάμψεως του πλοίου στο μέσο προς το κάτω (sagging). Για το λόγο αυτό, όταν μεταφέρονται βαριά φορτία, αφήνομε στο μέσο του πλοίου δεξαμενές κενές.

Λόγω του μεγάλου ρυθμού φορτώσεως είναι πιθανό κατά τη φόρτωση να δημιουργηθούν παραμορφώσεις και καταπονήσεις του πλοίου. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, στα σύγχρονα δεξαμενόπλοια υπάρχουν μικροί ηλεκτρονικοί υπολογιστές που υπολογίζουν ανάλογα με τον τρόπο φορτώσεως τις παραπάνω καταπονήσεις και τα βυθίσματα του πλοίου. **Αν κάποιος τρόπος φορτώσεως οδηγεί σε ανεπίτρεπτες καταπονήσεις θα πρέπει να τροποποιηθεί.**

Όταν δεν υπάρχουν τέτοιοι υπολογιστές, το πλοίο θα πρέπει να φορτωθεί σύμφωνα με προκαθορισμένο τρόπο που καθορίζεται στο εγχειρίδιο φορτώσεως.

3) Φροντίδες κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.

Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού θα πρέπει σε τακτά χρονικά διαστήματα να μετράμε τη θερμοκρασία και το ύψος της στάθμης του φορτίου μέσα στις δεξαμενές, για να βεβαιωνόμαστε ότι δεν υπάρχει διαρροή μεταξύ των δεξαμενών ή προς και από το εξωτερικό περιβάλλον. Στις πρώτες φάσεις του ταξιδιού παρατηρείται συ-

χνά μια πτώση της στάθμης μέσα στις δεξαμενές, γιατί το φορτίο συνήθως παραδίδεται σε κάπως αυξημένη θερμοκρασία.

Όλοι οι γειτονικοί προς τις δεξαμενές κενοί χώροι (δεξαμενές και cofferdams) θα πρέπει να ελέγχονται καθημερινά.

Όταν χρειάζεται θέρμανση του φορτίου κατά το ταξίδι, αυτή θα πρέπει να πραγματοποιείται με αργό ρυθμό, γιατί το αντίθετο είναι πιθανό να προκαλέσει αλλοίωση στο χαρακτήρα του φορτίου. Όταν λόγω υψηλής θερμοκρασίας έχομε μεγάλη εξάτμιση του φορτίου, συνιστάται για βελτίωση της καταστάσεως να κατέβρεχομε με νερό το κατάστρωμα του πλοίου.

4) Εκφόρτωση του φορτίου.

Στο λιμάνι προορισμού συνδέονται και πάλι εύκαμπτοι σωλήνες ανάμεσα στο πλοίο και το σημείο παραλαβής του φορτίου στην ξηρά. Η παράδοση του φορτίου γίνεται με τις αντλίες του πλοίου. Η καλή επικοινωνία με την ξηρά και η παρακολούθηση της προσδέσεως του πλοίου αποτελούν δυο από τα πιο κοινά προληπτικά μέτρα για την αποφυγή ατυχημάτων. Προτού τεθούν σε λειτουργία οι αντλίες ελέγχεται με σχολαστικότητα η κατάσταση όλων των επιστομίων (ανοικτά ή κλειστά), ανάλογα με τη συνδεσμολογία του δικτύου. Το άνοιγμα του κεντρικού επιστομίου καταθλίψεως θα πρέπει να γίνεται αργά ώστε να διαπιστώνομε ότι στο δίκτυο δεν υπάρχει **αντίθλιψη** που πιθανόν να προέρχεται από κάποια κλειστή βαλβίδα στη διαδρομή καταθλίψεως. Κάτι τέτοιο διαπιστώνεται από την απότομη αύξηση της πιέσεως που παρατηρείται. Κατά τη διάρκεια της παραδόσεως του φορτίου θα πρέπει να ελέγχομε συχνά την επιφάνεια της θάλασσας, για να βεβαιωνόμαστε ότι δεν υπάρχει ανεπιθύμητη διαρροή φορτίου. Η πίεση στις αντλίες θα πρέπει να ελέγχεται συνεχώς και το πλοίο να έχει ετοιμότητα άμεσης διακοπής της λειτουργίας των αντλιών.

5) Ερματισμός του πλοίου.

Μετά το τέλος της εκφόρτώσεως και πριν από τον απόπλου θα πρέπει να γίνει ερματισμός του πλοίου με πλήρωση των καταλλήλων δεξαμενών με θαλάσσιο νερό. Οι δεξαμενές που θα πρέπει να γεμίσουν φαίνονται στο εγχειρίδιο ζυγίσεως και ευστάθειας του πλοίου.

Για να αποφύγουμε τη ρύπανση της περιοχής από τα κατάλοιπα φορτίου που έχουν μείνει μέσα στις σωληνώσεις από τη φόρτωση, ξεκινάμε πρώτα τις αντλίες και μετά ανοίγομε τα επιστόμια απορροφήσεώς τους από τη θάλασσα. Ακόμα και όταν έχει αποφασισθεί και είναι δυνατό να γίνει ερματισμός του πλοίου με τη βαρύτητα, τα πρώτα δέκα λεπτά χρησιμοποιούμε τις αντλίες, για να μη διαρρεύσουν υπολείμματα φορτίου στη θάλασσα. Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται στην τελική πλήρωση των δεξαμενών έρματος, γιατί κάθε υπερχείλισή τους περιέχει μαζί με το νερό και κατάλοιπα από το φορτίο. Σημειώνεται ότι **τα αέρια που βγαίνουν από τα εξαεριστικά των δεξαμενών κατά την πλήρωσή τους με νερό, αποτελούν πολύ σοβαρό κίνδυνο πυρκαϊάς όπως επίσης συμβαίνει και κατά την πλήρωση των δεξαμενών με φορτίο.**

6) Αφερματισμός του πλοίου.

Πριν από τον κατάπλου στο λιμάνι προορισμού πρέπει να γίνει εκκένωση των δεξαμενών υγρού έρματος.

Ο πλοιαρχός καθε πετρελαιοφόρου θα πρέπει να παρνει όλα τα κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή ρυπάνσεως κατά τη διάρκεια του αφερματισμού. Διευκρινίζεται ότι όλα τα σχετικά θέματα ρυθμίζονται από ειδική νομοθεσία, η παραβίαση της οποίας συνεπάγεται εξαιρετικά αυστηρές κυρώσεις. Πάντως η απόρριψη υγρού έρματος επιτρέπεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και σε ανοικτές περιοχές.

Για τον αφερματισμό του πλοίου θα πρέπει να καταστρώνεται ειδικό σχέδιο έτσι ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα ευστάθειας και καταπονήσεως του πλοίου ως δοκού. **Οι δεξαμενές θα πρέπει να αδειάζονται η μια μετά την άλλη και όχι διέσπαστα μαζί, για να μην δημιουργούνται μεγάλες ελεύθερες επιφάνειες.**

27.4 Καθαρισμός δεξαμενών.

1) Γενικά.

Ο βαθμός καθαρισμού των δεξαμενών του φορτίου των δεξαμενοπλοίων εξαρτάται γενικά από το φορτίο που μεταφέρθηκε και από εκείνο που πρόκειται να μεταφερθεί. Επιπλέον, κάθε δεξαμενή φορτίου, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως δεξαμενή υγρού έρματος στο ταξίδι της επιστροφής πρέπει οπωσδήποτε να καθαρίζεται.

Ειδικά στην περίπτωση του αργού πετρελαίου παραμένουν μετά την εκφόρτωσή του ασφαλτικά κυρίως κατάλοιπα πάνω στον πυθμένα και τις άλλες οριζόντιες επιφάνειες των δεξαμενών του φορτίου. Αν τα κατάλοιπα αυτά δεν καθαρισθούν, αυξάνονται υπέρμετρα σε ποσότητα και δημιουργούν εμφράξεις στα συστήματα αναρροφήσεως από τις δεξαμενές. Επιπλέον μειώνουν τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου.

Για τους παραπάνω λόγους ο καθαρισμός των δεξαμενών των δεξαμενοπλοίων αποτελεί απόλυτα ουσιώδη διαδικασία στην όλη σωστή χρησιμοποίησή τους.

2) Παραδοσιακά συστήματα καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου.

Ο καθαρισμός των δεξαμενών φορτίου των δεξαμενοπλοίων βασίζεται κυρίως στη χρησιμοποίηση περιστρεφόμενης δέσμης νερού, η οποία δημιουργείται με ένα ειδικό μηχανισμό που κατεβάζεται μέσα στη δεξαμενή από ειδικά ανοίγματα στην οροφή της. Στα συστήματα αυτά ως μέσον καθαρισμού χρησιμοποιείται συνήθως νερό με θερμοκρασία 180°F (82°C) και πίεση 180 Psi (12atü). Σε περιπτώσεις όπου η χρησιμοποίηση ζεστού νερού μπορεί να προκαλέσει προβλήματα, όπως συμβαίνει με μερικές ποικιλίες αργού πετρελαίου, είναι δυνατή και η χρησιμοποίηση κρύου νερού. Τα μεταλλικά ακροφύσια με τα οποία δημιουργείται η δέσμη του νερού είναι γειωμένα, για να αποφεύγεται η πιθανότητα εμφανίσεως στατικού ηλεκτρισμού.

Γενικά οι παραπάνω μέθοδοι είναι επαρκείς για τον καθαρισμό των δεξαμενών. Σε ειδικές όμως περιπτώσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ατρός, καυστική σόδα ή άλλα χημικά διαλυτικά.

Ο καθαρισμός των δεξαμενών μπορεί γενικά να πραγματοποιηθεί σε τρεις καταστάσεις περιβάλλοντος μέσα στις δεξαμενές:

- Σε ανεξέλεγκτο περιβάλλον, από πλευράς πιθανότητας εναύσεως μέσα στις δεξαμενές.
- Σε περιβάλλον όπου η αναλογία καυσίμου - αέρα είναι χαμηλή (πτωχό μήγα).
- Σε περιβάλλον όπου η αναλογία καυσίμου - αέρα είναι χαμηλή (πτωχό μήγα). Αυτό επιτυγχάνεται με εμφύσηση αέρα από τις γραμμές του δικτύου αναρροφήσεως.

- Σε περιβάλλον αδρανούς αερίου (αζώτου ή διοξειδίου του άνθρακα) όπου πάλι έχει ως αποτέλεσμα την αποτροπή πιθανότητας εναύσεως μέσα στη δεξαμενή.

Η κατάσταση του περιβάλλοντος από την άποψη της πιθανότητας δημιουργίας εκρήξεως μπορεί να ελεγχθεί με ειδικό δργανό (explosimeter).

Με την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων καθαρισμού των δεξαμενών δημιουργούνται μέσα σ' αυτές μίγματα νερού - φορτίου και επομένως και ανάγκη υπάρξεως στο πλοίο ενός πολύπλοκου συστήματος διαχωρισμού του φορτίου από το νερό. Σε άλλες περιπτώσεις το μίγμα νερού - φορτίου διατηρείται όπως είναι σε ειδικές δεξαμενές και παραδίδεται στο λιμάνι προορισμού για αποχωρισμό. Η διαδικασία αυτή φυσικά μειώνει τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου. Ενδεικτικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την πλύση των δεξαμενών ενός δεξαμενοπλοίου 200000 περίπου τόννων deadweight δημιουργείται ανάγκη αποθηκεύσεως μιας ποσότητας μίγματος νερού - φορτίου της τάξεως των 2000 τόννων.

3) Το σύστημα crude oil washing (COW).

Οι παραπάνω δυσχέρειες των συστημάτων πλύσεως των δεξαμενών με νερό οδήγησαν τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη ενός άλλου συστήματος καθαρισμού των δεξαμενών αργού πετρελαίου, με κυκλοφορία του ίδιου του φορτίου.

Στο σύστημα αυτό, που είναι γνωστό με την ονομασία COW, χρησιμοποιείται μια μικρή ποσότητα του φορτίου, η οποία, με ένα ειδικό μηχανισμό μόνιμα εγκατεστημένο σε κάθε δεξαμενή φορτίου κυκλοφορεί με ταχύτητα μέσα στη δεξαμενή και με τον τρόπο αυτό το φορτίο παίρνει σχεδόν τη μορφή με την οποία φορτώθηκε στο πλοίο. Έτσι εμποδίζεται η δημιουργία καταλοίπων στα τοιχώματα. Η διαδικασία COW εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια εκφορτώσεως του φορτίου σε συνδασμό και με πλήρωση της δεξαμενής με αδρανές αέριο. Οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι μόνιμα εγκατεστημένοι και εξυπηρετούνται από μόνιμα δίκτυα. Έτσι δεν υπάρχει πιθανότητα διαρροών στο φορτίο.

Το σύστημα COW έχει τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα πλύσεως με νερό:

- Ελαχιστοποιεί κάθε πιθανότητα ρυπάνσεως του περιβάλλοντος.
- Είναι απλό και ασφαλές στην εφαρμογή του.
- Δεν δημιουργεί ανάγκη υπάρξεως συστημάτων αποχωρισμού ή αποθηκεύσεως μίγματος νερού - φορτίου.

Μετά την εφαρμογή της διαδικασίας COW, πλύσιμο των δεξαμενών με νερό και των δικτύων χρειάζεται μόνον όταν στη δεξαμενή πρόκειται να μπει υγρό έρμα ή να ακολουθηθεί για κάποιο λόγο η διαδικασία απαλλαγής της δεξαμενής από εκρηκτικά αέρια (gas freeing).

4) Διαδικασία απαλλαγής από εκρηκτικά αέρια.

Σε διάφορες περιπτώσεις, όπως είναι η ανάγκη επιθεωρήσεως ή πραγματοποιήσεως εργασιών μέσα σε δεξαμενές, είναι απαραίτητο, μετά την εκφόρτωση του φορτίου, το πλύσιμο της δεξαμενής και την αφαίρεση των καταλοίπων, να εφαρμοσθεί μια διαδικασία απαλλαγής του χώρου από εκρηκτικά αέρια.

Η διαδικασία αυτή, που είναι γνωστή με την ονομασία **gas freeing**, βασίζεται κυρίως στον παρατεταμένο μηχανικό ή φυσικό εξαερισμό του χώρου και στην πλύση με γλυκό νερό όλων των δικτύων φορτίου που καταλήγουν στη δεξαμενή.

Μετά την ολοκλήρωση της εργασίας είναι απαραίτητο να ελενχθεί με ειδικό δό-

γανο αν το περιβάλλον μέσα στη δεξαμενή είναι απαλλαγμένο από εκρηκτικά αέρια.

Πραγματοποίηση εργασιών ή παρουσία προσωπικού μέσα στις δεξαμενές δεν επιτρέπεται πριν από την εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας.

27.5 Κίνδυνοι από τα πετρελαιοειδή φορτία.

1) Αέρια που αναδίδονται από τα πετρελαιοειδή φορτία.

Τα διάφορα είδη πετρελαιοειδών αναδίδουν αέρια που είναι επικίνδυνα, γιατί είναι εύφλεκτα και τοξικά.

Στα ελαφρά πετρέλαια ο κίνδυνος αυτός υπάρχει και σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Στα βαρύτερα πετρέλαια κάτι τέτοιο συμβαίνει σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η **πτητικότητα** είναι μια ιδιότητα που εκφράζει την τάση των πετρελαιοειδών να αναδίδουν αέρια.

2) Πρόκληση πυρκαϊάς ή εκρήξεως.

Τα εύφλεκτα υγρά δεν καίονται σε όλη τους την έκταση. Αυτό που καίεται στην πραγματικότητα είναι τα αέρια που αναδίδονται όταν αναμιχθούν με αέρα στη σωστή αναλογία.

Όταν η καύση γίνεται σε ανοικτό χώρο, τα προϊόντα τους εκτονώνονται και διαχέονται. Αντίθετα, σε κλειστό χώρο έχομε αύξηση της πιέσεως, με αποτέλεσμα τη δημιουργία εκρήξεως.

3) Συνθήκες δημιουργίας ευφλέκτων μιγμάτων στα πλοία.

Οι πυρκαϊές στα πλοία και ιδιαίτερα στα δεξαμενόπλοια δημιουργούνται εύκολα και σβήνονται πάρα πολύ δύσκολα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει:

- Να αποφεύγεται η δημιουργία ευφλέκτων μιγμάτων.
- Όπου υπάρχουν τέτοια μίγματα να λαμβάνονται όλα τα μέτρα που να εμποδίζουν την επαφή τους με πηγές αναφλέξεως.

Συνθήκες δημιουργίας ευφλέκτων μιγμάτων στα δεξαμενόπλοια δημιουργούνται:

- Κατά τη φόρτωση μη πτητικών φορτίων σε χώρους που προηγουμένως περιείχαν πτητικά φορτία χωρίς να έχει προηγηθεί καθαρισμός τους.
- Κατά τον καθαρισμό των δεξαμενών.
- Κατά τον ερματισμό των δεξαμενών.
- Κατά την εκφόρτωση.
- Στην περιοχή των εξαεριστικών των δεξαμενών φορτίου πάνω στο κατάστρωμα.

Ιδιαίτερα στο κατάστρωμα τα αέρια δεν δημιουργούν επικίνδυνες συγκεντρώσεις όταν υπάρχει ταχύτητα ανέμου άνω των 10 κόμβων, χωρίς όμως να αποκλείεται η δημιουργία επικινδύνων θυλάκων. Ιδιαίτερα σοβαρά προβλήματα δημιουργούνται όταν το πλοίο είναι σταματημένο και επικρατεί άπνοια και υψηλή θερμοκρασία.

4) Πηγές αναφλέξεως.

Η πλήρης αποφυγή συνθηκών δημιουργίας ευφλέκτων μιγμάτων στα δεξαμενό-

πλοια δεν είναι δυνατή. Για το λόγο αυτό, μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην αποφυγή υπάρξεως πηγών αναφλέξεως.

Τέτοιες πηγές είναι το κάπνισμα, τα σπίρτα και οι αναπτήρες, τα πυρακτωμένα σώματα, οι ηλεκτροσυγκολλήσεις, τα θερμά καυσαέρια, οι σπινθήρες και ο στατικός ηλεκτρισμός. *Τα πληρώματα των δεξαμενοπλοίων και ιδιαίτερα οι αξιωματικοί πρέπει να είναι απόλυτα εξοικειωμένοι και να εφαρμόζουν με σχολαστικότητα τους κανονισμούς ασφάλειας που σχετίζονται με τη μη δημιουργία ευφλέκτων μιγμάτων και με τις πηγές αναφλέξεως. Σχετικά στοιχεία περιέχονται στον κανονισμό Tanker safety code του Βρετανικού Chamber of Shipping.*

5) Στατικός ηλεκτρισμός.

Ο κίνδυνος αυτός πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, ιδίως κατά τη διάρκεια χειρισμών στο φορτίο, ερματισμού και καθαρισμού των δεξαμενών, γιατί μπορεί να δημιουργήσει σπινθήρες με αρκετή ένταση, με επακόλουθο την ανάφλεξη των ευφλέκτων αερίων ή την πρόκληση εκρήξεων.

Ο στατικός ηλεκτρισμός δημιουργείται λόγω της αναταραχής των μορίων που βρίσκονται σε επαφή με τους σωλήνες κατά τη διέλευση του φορτίου μέσα απ' αυτούς. Η αναταραχή αυτή δημιουργεί ιονισμό του φορτίου. Η αναταραχή των ιόντων στους σωλήνες διοχετεύεται μέσω της σιδηράς κατασκευής του σκάφους στα τοιχώματα της δεξαμενής. Το φαινόμενο είναι τόσο πιο έντονο όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα ροής του φορτίου μέσα από τις σωληνώσεις. Συνθήκες δημιουργίας στατικού ηλεκτρισμού με τον παραπάνω μηχανισμό δημιουργούνται για τις δεξαμενές του πλοίου μόνο κατά τη φόρτωση και όχι κατά την εκφόρτωση. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η παραλαβή του φορτίου μέσα στις δεξαμενές πρέπει να γίνεται με όσο το δυνατό πιο βραδύ ρυθμό.

Ανάλογες συνθήκες δημιουργίας στατικού ηλεκτρισμού δημιουργούνται και κατά τη διάρκεια πλύσεως των δεξαμενών. Προληπτικά μέτρα σ' αυτό τον τομέα είναι:

- Το αιωρούμενο μέσα στη δεξαμενή μηχάνημα πλύσεως να είναι γειωμένο.
- Όλοι οι ελαστικοί σωλήνες των μηχανημάτων πλύσεως να είναι γειωμένοι και τούτο να πιστοποιείται με αωμομέτρηση.
- Ο ελαστικός σωλήνας του μηχανήματος στο κατάστρωμα να μην αποσυνδέεται πριν απομακρυνθεί το μηχάνημα από τη δεξαμενή.
- Όλες οι καταμετρήσεις της στάθμης της δεξαμενής να γίνονται μόνο μέσω του ειδικού καταμετρικού σωλήνα που υπάρχει.

6) Μέσα καταπολέμησεως της πυρκαϊάς.

Γενικά μέτρα για την καταπολέμηση της πυρκαϊάς στα πλοία περιέχονται στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου και αλλού. Συνοπτικά, για πυρκαϊά σε πετρελαιοειδή, ως μέσα κατασβέσεως χρησιμοποιούνται:

- Το νερό με τη μορφή ψεκασμού ή ομίχλης.
- Ο ατμός για την εκδίωξη του αέρα μέσα από τις δεξαμενές.
- Ο αφρός που θεωρείται ως το πιο αποτελεσματικό μέσο για την κατάσβεση πυρκαϊάς υγρών καυσίμων.
- Το διοξείδιο του άνθρακα.

27.6 Η χρήση αδρανούς αερίου (Inerting).

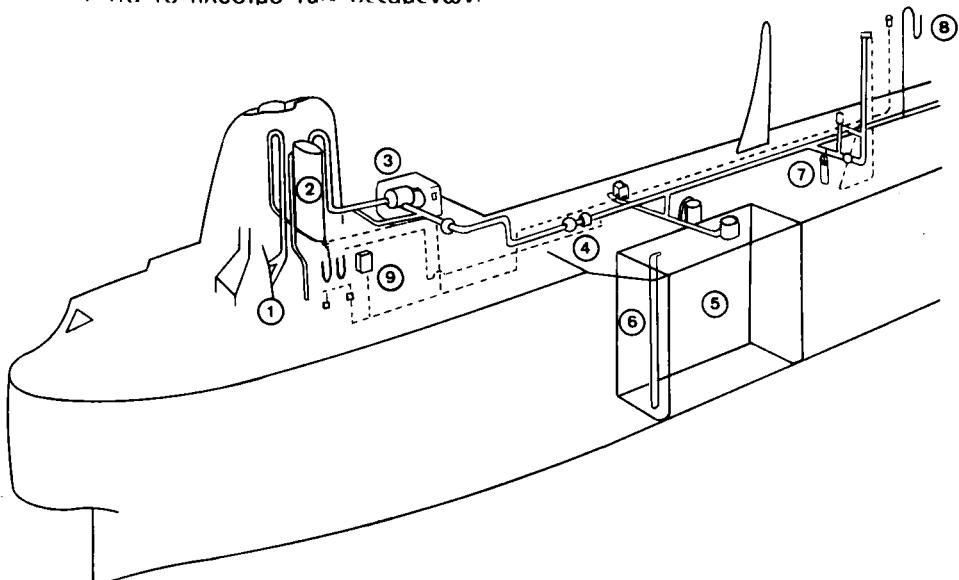
Η πλήρωση διαφόρων χώρων του πλοίου με αδρανές αέριο αποσκοπεί στην αποφυγή δημιουργίας ευφλέκτων μιγμάτων, στη μείωση της διαβρώσεως, στην ανίχνευση διαφυγών αερίων και, μερικές φορές (όπως στις μεταφορές υγροποιημένων αερίων), στη μείωση της μεταδόσεως της θερμότητας. Ως αδρανή αέρια για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται το άζωτο, το διοξείδιο του άνθρακα, το αργό, το ήλιο ή τα καυσαέρια από τη μηχανή του πλοίου.

Το άζωτο το παίρνουμε από ειδικές φιάλες ή από ειδικό μηχάνημα παραγωγής του που υπάρχει στο πλοίο. Τα καυσαέρια τα παίρνουμε από την τσιμινιέρα ή από ειδικό μηχάνημα παραγωγής καυσαερίων.

Μερικές φορές γεμίζονται με αδρανές αέριο κενοί χώροι ή δεξαμενές που γειτονεύουν με τις δεξαμενές φορτίου. Έτσι κάθε διαφυγή ευφλέκτων αερίων στους παραπάνω χώρους δεν δημιουργεί κίνδυνο πυρκαϊάς ή εκρήξεως. Με τον τρόπο αυτό εμποδίζεται και η είσοδος υγρασίας στους χώρους που έχουν αδρανές αέριο και περιορίζονται έτσι και οι πιθανότητες δημιουργίας οξειδώσεων στη μεταλλική κατασκευή τους.

Όλα τα νέα δεξαμενόπλοια με μέγεθος μεγαλύτερο από 20000 τόννους dead-weight πρέπει να έχουν δυνατότητες πληρώσεως των δεξαμενών φορτίου με αδρανές αέριο. Η διαδικασία πληρώσεως των δεξαμενών με αδρανές αέριο εφαρμόζεται κατά την εκφόρτωση του φορτίου και προϋποθέτει το κλείσιμο των εξαεριστικών έτσι ώστε η δεξαμενή να έχει κάποια μικρή υπερπίεση. Σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία, στα «υπάρχοντα» (όχι νέα) δεξαμενόπλοια προβλέπεται η προοδευτική εφαρμογή συστημάτων αδρανούς αερίου. Το αδρανές αέριο χρησιμοποιείται επίσης:

- Κατά το πλύσιμο των δεξαμενών.



Σχ. 27.6.

Διάταξη συστήματος αδρανοποιήσεως δεξαμενών με κπιποέρια του λέβητα.

— Κατά την εφαρμογή της διαδικασίας COW (βλ. και παράγραφο 27.4).

Ένα σύστημα «αδρανοποιήσεως» των δεξαμενών με χρησιμοποίηση των καυσαερίων του λέβητα του πλοίου βλέπομε στο σχήμα 27.6. Τα καυσαέρια που προέρχονται από την καπνοδόχο του λέβητα στη θέση (1) οδηγούνται μέσα από μια διάταξη πλύσεως και ψύξεως (2), με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα (3). Από εκεί, μέσω ενός συστήματος ελέγχου (4) και ειδικού δίκτυου, το αέριο οδηγείται στο πάνω μέρος κάθε δεξαμενής φορτίου (5). Κάθε δεξαμενή έχει στον πυθμένα της έναν εξαεριστικό σωλήνα (6), ο οποίος, όταν ανοιχθεί, επιτρέπει την πλήρη σάρωση της δεξαμενής με αδρανές αέριο. Στη συνέχεια όλο το σύστημα διατηρείται σε κάποια υπερπίεση με τη βοήθεια μιας αυτόματης εξαεριστικής βαλβίδας (7), που υπάρχει στο σύστημα. Όργανα ενδείξεως της καλής λειτουργίας του συστήματος υπάρχουν στο μηχανοστάσιο και στη γέφυρα.

27.7 Κανονισμός για την αποφυγή ρυπάνσεως.

Οι μεταφορές πετρελαιοειδών αποτελούν μια από τις πιο σημαντικές αιτίες ρυπάνσεως του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια έχει θεσπισθεί εκτεταμένη νομοθεσία που αποβλέπει στην προστασία του περιβάλλοντος. Στοιχεία από την παραπάνω νομοθεσία προβλέπονται στους κανονισμούς του IMO, περίληψη των οποίων περιέχεται στο βιβλίο «Ναυπηγία» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΟΓΔΟΟ

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

28.1 Γενικά. Ορισμοί.

Κάθε χημικό στοιχείο ή χημική ένωση μπορεί γενικά να βρίσκεται σε στερεή, υγρή ή αέρια κατάσταση. Υπό ορισμένες προϋποθέσεις πιέσεως και θερμοκρασίας ένα χημικό στοιχείο ή μία χημική ένωση μπορεί να βρίσκεται ταυτόχρονα σε δύο ή και στις τρεις από τις παραπάνω καταστάσεις.

Στο σχήμα 28.1 βλέπουμε ένα διάγραμμα που περιγράφει τις καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρίσκεται μία χημική ουσία ή ένωση, π.χ. το νερό. Στο σχήμα αυτό διακρίνομε περιοχές στερεής, υγρής και αέριας καταστάσεως. Επιπλέον:

- Για συνδυασμούς πιέσεως και θερμοκρασίας που βρίσκονται κατά μήκος της γραμμής Κγ, είναι δυνατό να συνυπάρχουν η υγρή και η αέρια κατάσταση (όπως συμβαίνει μέσα σε ένα λέβητα όπου πραγματοποιείται ατμοποίηση).
- Για συνδυασμούς που βρίσκονται πάνω στην Κχ συνυπάρχουν η στερεή και η υγρή κατάσταση, όπως π.χ. ο πάγος που λιώνει.
- Για συνδυασμούς που βρίσκονται πάνω στην ΟΚ συνυπάρχουν η στερεή και η αέρια κατάσταση.
- Στο σημείο Κ, που ονομάζεται **τριπλό σημείο (triple point)**, συνυπάρχουν και οι τρεις καταστάσεις.

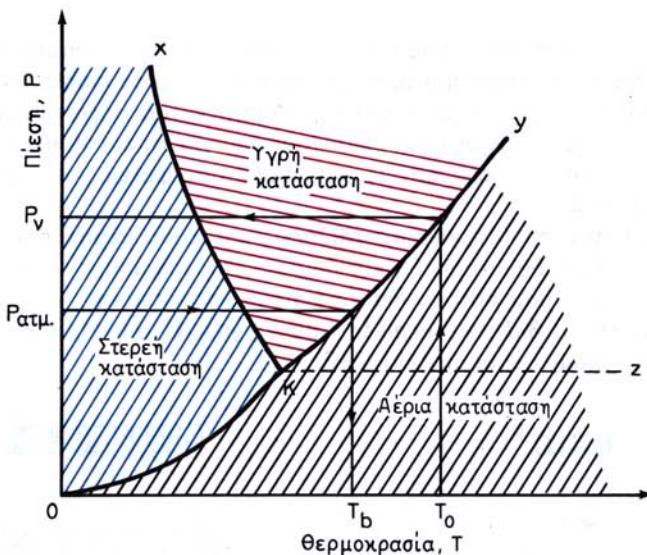
Όπως βλέπουμε από το σχήμα 28.1, για να μεταπέσει μια χημική ουσία που σε φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος βρίσκεται σε αέρια κατάσταση σε μια άλλη κατάσταση ισορροπίας υγρού - αερίου, χρειάζεται να υπάρξουν ορισμένοι συγκεκριμένοι συνδυασμοί πιέσεως και θερμοκρασίας. Αν π.χ. για μια χημική ουσία οι συντεταγμένες της ατμοσφαιρικής πιέσεως και θερμοκρασίας βρίσκονται στην περιοχή γκζ, για να μεταπέσουμε στην κατάσταση ισορροπίας υγρού - αερίου, θα πρέπει ή να ψύξουμε την ουσία ή να αυξήσουμε την πίεσή της ή να πραγματοποιήσουμε άλλους πιο πολύπλοκους συνδυασμούς μεταβολής της πιέσεως και θερμοκρασίας.

Με τη βοήθεια του σχήματος 28.1 μπορούμε επίσης να δώσουμε τους εξής ορισμούς:

Πίεση ατμών είναι η απόλυτη πίεση στην οποία μπορεί να συνυπάρχει η υγρή και η αέρια κατάσταση για μία δεδομένη θερμοκρασία (P_v για θερμοκρασία T_0).

Σημείο βρασμού είναι η θερμοκρασία για την οποία η πίεση ατμών είναι ίση με την ατμοσφαιρική.

Διευκρινίζεται ότι για κάθε χημικό στοιχείο ή ουσία έχομε διαφορετικό διάγραμμα καταστάσεων, καθώς και διαφορετική πίεση ατμών και σημείο βρασμού.



Σχ. 28.1.
Καταστάσεις χημικής ουσίας ή χημικής ενώσεως.

28.2 Γενικά για τις μεταφορές υγροποιημένων αερίων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί τεράστιες ανάγκες για τη μεταφορά αερίων λόγω:

- Της χαμηλής τιμής των αερίων υδρογονανθράκων.
- Της μεγάλης ανάγκης διακινήσεως άλλων βιομηχανικών αερίων.

Τα παραπάνω αέρια, λόγω όγκου, δεν είναι δυνατό να μεταφερθούν με πλοία, παρά μόνο σε υγροποιημένη κατάσταση. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην κατασκευή ειδικών τύπων πλοίων, τα οποία διακρίνονται σε:

- **Πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων πετρελαίου** που είναι γνωστά σαν LPG (Liquified Petroleum Gases).
- **Πλοία μεταφοράς υγροποιημένων φυσικών αερίων** που είναι γνωστά ως LNG (Liquified Natural Gases).

Τυπικά, ως **υγροποιημένα αέρια ορίζονται τα προϊόντα εκείνα που έχουν απόλυτη πίεση ατμών μεγαλύτερη από 2,80 kp/cm (40 psil) σε θερμοκρασία 37,8°C (100 F°).**

Γενικά τα πλοία LPG και LNG έχουν πολλές ομοιότητες μεταξύ τους, με την παρατήρηση ότι τα LNG είναι αρκετά πιο πολύπλοκα, λόγω της ιδιομορφίας μερικών φυσικών αερίων σε σχέση με τα αέρια πετρελαίου.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η μεταφορά των υγροποιημένων αερίων με τα πλοία είναι δυνατή μόνο μέσα σε στεγανές δεξαμενές, όπου μπορούν με διάφορα συστήματα να δημιουργηθούν και να διατηρηθούν οι αναγκαίες συνθήκες πιέσεως και θερμοκρασίας.

Μεταφορές υγροποιημένων αερίων γενικά μπορούν να πραγματοποιηθούν:

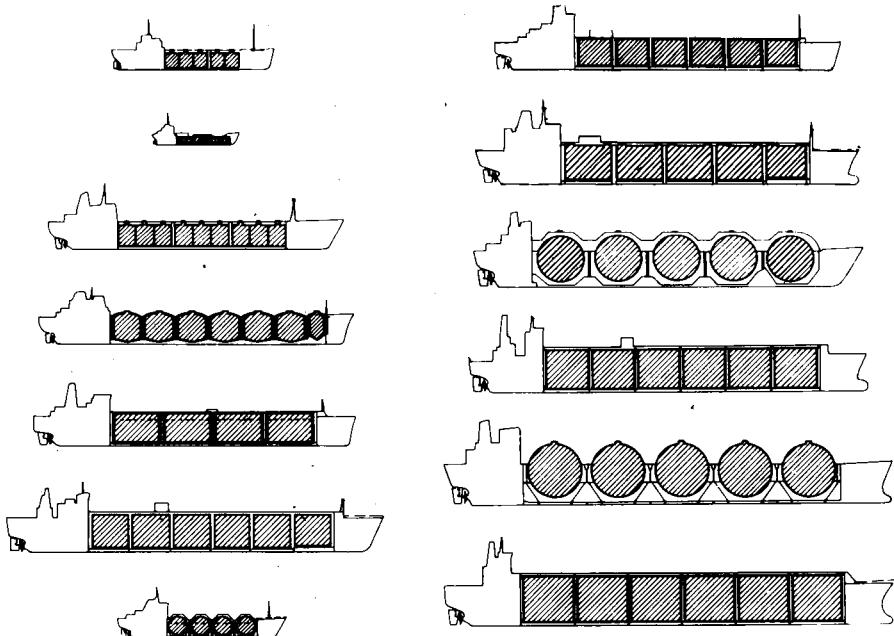
- Με το φορτίο σε αυξημένη πίεση και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Με το φορτίο σε κατάσταση ημιψύξεως.
- Με το φορτίο σε κατάσταση ψύξεως και σε αυξημένη πίεση.

Τόσο η αύξηση της πιεσεως όσο και η ελαττωση της θερμοκρασίας του φορτίου δημιουργούν διάφορα προβλήματα, τα πιο σοβαρά από τα οποία είναι:

- Κατασκευαστικά προβλήματα του περιβλήματος των κλειστών δεξαμενών.
- Ανάγκη υπάρξεως πολυπλάκων συστημάτων για τη διατήρηση των συνθηκών θερμοκρασίας και πιέσεως (π.χ. συνεχούς ψύξεως τού περιβλήματος των δεξαμενών).

Αν στα παραπάνω προβλήματα προσθέσουμε και το ότι μερικά από τα αέρια είναι εύφλεκτα, τοξικά, δηλητηριώδη και διαβρωτικά, μπορούμε να αντιληφθούμε γιατί τα πλοία του τύπου αυτού είναι από τα πιο πολύπλοκα.

Στο σχήμα 28.2α βλέπομε μερικές τυπικές γενικές διατάξεις και στο σχήμα 28.2β μια φωτογραφία ενός πλοίου LNG.



Σχ. 28.2α.
Τυπικές διατάξεις δεξαμενών πλοίων LNG.

28.3 Διαδικασίες φορτοεκφορτώσεως.

Οι διαδικασίες φορτοεκφορτώσεως των LNG και LPG ποικίλλουν ανάλογα με τη σχεδίασή τους. Κοινή επιδίωξη όμως σ' όλα είναι **να αποφευχθεί η δημιουργία εκρηκτικών αερίων στις δεξαμενές φορτίου, στον κενό χώρο μεταξύ δεξαμενών φορτίου και εξωτερικού περιβλήματος (όπου υπάρχουν δεξαμενές με διπλά τοιχώματα) και στις σωληνώσεις.** Παρακάτω θα δοθεί συνοπτικά η διαδικασία φορτώσεως ενός σύγχρονου LNG για μεταφορά μεθανίου.

1) Αδρανοποίηση (Inerting).

Πριν αι.ό τη φόρτωση, απαραίτητο είναι οι χώροι που προαναφέοθηκαν να κα-



Σχ. 2σ.2β.
Φωτογραφία πλοίου LNG

τακλυσθούν με αδρανές αέριο, για να εκδιωχθεί μέσα από αυτούς το οξυγόνο. Στοιχεία σχετικά με τα αδρανή αέρια και τον τρόπο παραγωγής τους δίνονται στην παράγραφο 27.6. Το αδρανές αέριο οδηγείται στις δεξαμενές φορτίου από το πάνω μέρος τους μέσω ειδικών σωλήνων, ενώ ο αέρας που υπάρχει μέσα στους χώρους οδηγείται στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω των δικτύων πληρώσεως που βρίσκονται στον πυθμένα τους.

2) Ξήρανση (Drying).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως π.χ. όταν χρησιμοποιείται CO₂ ως αδρανές αέριο, απαραίτητη είναι η ξήρανση του εσωτερικού των δεξαμενών φορτίου. Για το σκοπό αυτό διαχέεται μέσα στις δεξαμενές αέριο μεθάνιο. Η διαδικασία αυτή δεν είναι απαραίτητη, όταν ως αδρανές αέριο χρησιμοποιηθεί το άζωτο και το περιβάλλον των δεξαμενών δεν περιέχει μεγάλη υγρασία.

3) Ψύξη των δεξαμενών (Cooldown).

Η ψύξη των δεξαμενών και των μονώσεων τους πραγματοποιείται με διάχυση,

με τη βοήθεια ειδικών αντλιών, υγροποιημένου αερίου όμοιου με αυτό που πρόκειται να μεταφερθεί πάνω στα εσωτερικά τοιχώματα των δεξαμενών. Τα αέρια που σχηματίζονται οδηγούνται στην ατμόσφαιρα ή σε ειδικές εγκαταστάσεις της ξηράς. Η διάρκεια της διαδικασίας αυτής εξαρτάται από τη θερμική μάζα των δεξαμενών και από το ρυθμό εγχύσεως του υγροποιημένου αερίου. Πάντως όσο πιο γρήγορα είναι επιθυμητό να γίνει η ψύξη τόσο μεγαλύτερος πρέπει να είναι ο ρυθμός ψεκάσεως. Μέσα στις δεξαμενές είναι εγκαταστημένα ειδικά θερμόμετρα. Όταν από τις αναγνώσεις των θερμομέτρων αυτών διαπιστωθεί ότι ο πυθμένας έχει ψυχθεί αρκετά και ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας στα τοιχώματα είναι ικανοποιητική, μπορεί να αρχίσει η φόρτωση.

4) Παραλαβή φορτίου (Cargo loading).

Η πλήρωση των δεξαμενών φορτίου με υγροποιημένο αέριο γίνεται από ειδικά δίκτυα, τα οποία καταλήγουν στον πυθμένα τους. Η αφαίρεση του αερίου που δημιουργείται μέσα στις δεξαμενές κατά τη φόρτωση, πρέπει να πραγματοποιείται με το σωστό ρυθμό, ώστε να εμποδίζεται το άνοιγμα των ανακουφιστικών βαλβίδων (relief valves) που υπάρχουν σε κάθε δεξαμενή, ακριβώς για να εμποδίζουν την ανεπίτρεπτη αύξηση της πίεσεως μέσα σ' αυτή.

Η συμπλήρωση της στάθμης των δεξαμενών στο τελικό στάδιο πρέπει να γίνεται αργά και με προσοχή, ώστε να αποφεύγεται κάθε πιθανότητα υπερπληρώσεως τους. Όλες οι δεξαμενές φορτίου έχουν συνήθως αυτόματους διακόπτες ανώτατης στάθμης, οι οποίοι θέτουν σε λειτουργία ειδικές σειρήνες, ενώ ταυτόχρονα διακόπτουν τη λειτουργία των αντλιών που πραγματοποιούν την πλήρωση μιας δεξαμενής από μια άλλη ή των βαλβίδων εισαγωγής φορτίου στη δεξαμενή.

5) Εκφόρτωση φορτίου (Cargo discharge).

Πριν από την έναρξη της εκφορτώσεως του φορτίου γίνεται ψύξη των δικτύων που θα χρησιμοποιηθούν, με σύντομη κύκλοφορία υγροποιημένου φορτίου σε κλειστό κύκλωμα. Μετά τη σύνδεση των δικτύων εκφορτώσεως της ξηράς τίθενται σε λειτουργία οι αντλίες εκφορτώσεως και αρχίζει η εκφόρτωση.

Για να μην πέφτει η πίεση μέσα στις δεξαμενές φορτίου κατά την εκφόρτωση, παραλαμβάνομε ταυτόχρονα αέριο φορτίο μέσα στις δεξαμενές από την ξηρά. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, εφαρμόζονται για το σκοπό αυτό διάφορες διαδικασίες εξαερώσεως ενός μέρους του φορτίου, με τα μέσα του πλοίου.

Με αυτόματες διατάξεις που υπάρχουν, οι αντλίες φορτίου σταματούν όταν:

- Η στάθμη του φορτίου μέσα στις δεξαμενές κατεβεί κάτω από κάποιο όριο.
- Χάσουν την αναρρόφηση (ξεπιάσουν).
- Όταν η πίεση μέσα στη δεξαμενή κατεβεί κάτω από κάποιο όριο.

Στις δεξαμενές αφήνεται συνήθως λίγο φορτίο για την ψύξη τους κατά τη διάρκεια του ταξιδιού επιστροφής και για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στους λέβητες ή στις μηχανές, όπου υπάρχει τέτοια δυνατότητα. Όταν το πλοίο πρόκειται να τεθεί εκτός λειτουργίας, όπως π.χ. για πραγματοποίηση γενικής επισκευής του, γίνεται τέλεια άντληση των δεξαμενών. Για να επιτευχθεί η τέλεια άντληση του φορτίου του πλοίου, πρέπει να δημιουργηθούν σκόπιμα μικρές εγκάρσιες κλίσεις και μικρομεταβολές στη διαγωγή του.

6) Θέρμανση των δεξαμενών (Warming up).

Αν χρειασθεί να εισέλθομε μέσα στις δεξαμενές, απαραίτητο είναι να τις θερμάνουμε, έτσι ώστε να αποκτήσουν σχεδόν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει κυκλοφορία αέριου φορτίου σε κλειστό κύκλωμα, ώστε το φορτίο να θερμαίνεται μέσα σε ειδικούς συμπιεστές αερίου ή μεταλλάκτες θερμότητας και να επιστρέψει σε ειδικά σημεία των δεξαμενών.

Με τη θέρμανση των δεξαμενών αυξάνεται η πίεση του αερίου μέσα σ' αυτές και γι' αυτό θα πρέπει να αφαιρείται από το πάνω μέρος τους αέριο, το οποίο οδηγείται στην ατμόσφαιρα ή σε ειδικές δεξαμενές της ξηράς.

7) Αδρανοποίηση πριν από επιθεώρηση (Inerting prior to inspection).

Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια με την προηγούμενη και εφαρμόζεται αφού η θερμοκρασία των δεξαμενών θα έχει φθάσει τους 40°F.

Το αδρανές αέριο οδηγείται τώρα στον πυθμένα των δεξαμενών και το αέριο φορτίο φεύγει από το πάνω μέρος τους προς την ατμόσφαιρα ή προς ειδικές εγκαταστάσεις της ξηράς. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να ελαττωθεί το αέριο που περιέχεται μέσα στις δεξαμενές τόσο ώστε να μην είναι δυνατό να σχηματίσει εύφλεκτο μίγμα με τον αέρα.

8) Εξαερισμός (Aeration).

Πριν εισέλθομε μέσα στις δεξαμενές, χρειάζεται να εκδιωχθεί από αυτές το αδρανές αέριο με ρεύμα αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με άνοιγμα των θυρίδων οροφής των δεξαμενών και αναρρόφηση από τον πυθμένα τους των αερίων που υπάρχουν, με τη βοήθεια των συμπιεστών αερίου. Το μίγμα που αναρροφούν οι συμπιεστές είναι δυνατό να προκαλέσει ασφυξία και γι' αυτό δεν οδηγείται στο κατάστρωμα, αλλά σε περιοχές μακριά από το πλοίο. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να φθάσει σε κανονικά επίπεδα το οξυγόνο μέσα στην ατμόσφαιρα της δεξαμενής.

9) Μέσα φορτοεκφορτώσεως.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω διαδικασιών, τα πλοία της κατηγορίας αυτής είναι εξοπλισμένα με:

- **Αντλίες φορτίου** για την εκφόρτωση του φορτίου.
- **Συμπιεστές αερίου** για ποικίλες χρήσεις, η πιο σπουδαία από τις οποίες είναι η αφαίρεση αερίου από τις δεξαμενές κατά την πλήρωσή τους με υγροποιημένο φορτίο.
- **Μεταλλάκτες θερμότητας** για τη θέρμανση του αερίου που χρησιμοποιούμε για καύση στους λέβητες ή στις μηχανές ή και για άλλους σκοπούς.
- **Συστήματα αδρανούς αερίου**, απαραίτητα για την ασφαλή πραγματοποίηση των διαδικασιών φορτώσεως - εκφορτώσεως.
- **Αντλίες εγχύσεως**, απαραίτητες για την εφαρμογή των διαδικασιών ψύξεως των δεξαμενών.
- **Κατάλληλα δίκτυα και συστήματα ελέγχου.**

28.4 Ογκομέτρηση φορτίου.

Η ογκομέτρηση του φορτίου και ο υπολογισμός του βάρους του στα LPG και LNG μοιάζει πολύ με τις αντίστοιχες διαδικασίες των δεξαμενοπλοίων. Έχει όμως και μερικές ιδιομορφίες, λόγω των συνθηκών χαμηλής συνήθως θερμοκρασίας υπό την οποία γίνεται η μεταφορά.

Τα πλοία του τύπου αυτού είναι εφοδιασμένα με λεπτομερή ογκομετρικά διαγράμματα των δεξαμενών, με στοιχεία για την πραγματοποίηση διορθώσεων λόγω της εγκάρσιας κλίσεως και διαγωγής που πιθανό να έχει το πλοίο.

Επειδή η μεταφορά γίνεται μέσα σε κλειστά δοχεία, η στάθμη δε μετρείται με κοινά καταμετρικά, αλλά με συστήματα:

- Πλωτήρα και τυμπάνου.
- Μετρήσεως της πιέσεως στον πυθμένα.
- Ηλεκτρονικά.

Ειδικά, τα ηλεκτρονικά συστήματα έχουν ως βάση ακουστικές ή μαγνητικές μετρήσεις ή μέτρηση της ηλεκτρικής χωρητικότητας. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η μέτρηση της στάθμης του φορτίου στα LPG και LNG πραγματοποιείται σχετικά αυτοματοποιημένα. Για την εύρεση του ειδικού βάρους του φορτίου χρησιμοποιούνται επίσης αυτόματα όργανα, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στη μέτρηση της διαφοράς πιέσεως μεταξύ δύο σημείων μέσα στη δεξαμενή που απέχουν μεταξύ τους κατακόρυφα κατά μία προκαθορισμένη απόσταση.

Γνωρίζοντας τη στάθμη και το ειδικό βάρος του φορτίου κάθε δεξαμενής, εύκολα υπολογίζομε τον δύκο και το βάρος του.

Διευκρινίζεται ότι οι αγοραπωλησίες φυσικών αερίων γίνονται με βάση τη θερμαντική ικανότητα του φορτίου, για τη γνώση της οποίας είναι απαρίτητη και η γνώση της χημικής του συνθέσεως.

Αυτό όμως είναι κάτι που δεν αφορά το πλήρωμα των πλοίων, αλλά τους φορτωτές και εκείνους που θα παραλάβουν το φορτίο.

28.5 Διατάξεις ασφάλειας και υποχρεώσεις αξιωματικών καταστρώματος.

Λόγω της ιδιομορφίας και των κινδύνων που υφίστανται κατά τις μεταφορές υγροποιημένων αερίων, θεσπίσθηκε το 1976 ο **κανονισμός κατασκευής και εξοπλισμού των πλοίων που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια χύδην (Code for the construction and equipment of ships carrying liquefied gases in bulk)**.

Ο κανονισμός αυτός περιέχει κυρίως απαιτήσεις ως προς την κατασκευή πλοίων μεταφοράς υγροποιημένων αερίων, καθώς και τα εξής κεφάλαια, τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους χειριστές:

Κεφ. XI: ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΒΕΣΗ ΠΥΡΚΑΪΑΣ

Κεφ. XII: ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Κεφ. XIII: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Κεφ. XIV: ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ

Κεφ. XV: ΟΡΙΑ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

Κεφ. XVI: ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΟΙΟ

Κεφ. XVII: ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Κεφ. XVIII: ΛΦΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Παρακάτω δίνονται μερικά μόνο από τα στοιχεία που αφορούν τους αξιωματικούς των πλοίων μεταφοράς υγροποιημένων αερίων.

1) Στολές πυροσβέστη και προστατευτικές στολές.

Κάθε πλοίο μεταφοράς υγροποιημένων αερίων πρέπει να είναι εξοπλισμένο με:

- Δύο στολές πυροσβέστη, όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς της Solas 1974.
- Μία σειρά εξοπλισμού πυροσβέστη (κράνος, γάντια, γαλότσες) με αντιηλεκτρική προστασία.
- Επιπλέον, τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων με χωρητικότητα κάτω από 25000 m³ πρέπει να έχουν και τρεις πρόσθετες στολές καθώς και εξοπλισμό πυροσβέστη, εκείνα δε με χωρητικότητα πάνω από 25000 m³, πέντε.

2) Συστήματα ανιχνεύσεως διαρροής αερίου.

Τέτοια συστήματα με οπτικές ενδείξεις και ηχητικό συναγερμό πρέπει να υπάρχουν:

- Στα αντλιοστάσια.
- Στους χώρους συμπιεστών αερίου.
- Σε χώρους κινητήρων των μηχανημάτων φορτίου.
- Σε χώρους ελέγχου της φορτώσεως.
- Οπουδήποτε άλλου μπορεί να υπάρχει συγκέντρωση αερίων.

3) Προστασία προσωπικού.

Θα πρέπει να υπάρχουν τρεις ή περισσότερες σειρές εξοπλισμού ασφάλειας προσωπικού, ο οποίος περιλαμβάνει:

- Αναπνευστική συσκευή.
 - Προστατευτική ενδυμασία.
 - Ζώνη ασφάλειας με συρματόσχοινο.
 - Φορητή αντιεκρηκτική λυχνία φωτισμού.
- Επίσης θα πρέπει να υπάρχει φορτίο και κουτί πρώτων βοηθειών.

4) Όρια πληρώσεως δαξαμενών.

Ο μέγιστος όγκος υγροποιημένου φορτίου που επιτρέπεται να φορτωθεί σε κάθε δεξαμενή, μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$V_L = 0,98 V \frac{d_R}{d_L} \quad (148)$$

όπου: V_L είναι ο μέγιστος όγκος φορτίου στη δεξαμενή,

V ο γεωμετρικός όγκος της δεξαμενής,

d_R η πυκνότητα του φορτίου στη θερμοκρασία αναφοράς και

d_L η πυκνότητα του φορτίου στις συνθήκες φορτώσεως.

Ως **θερμοκρασία αναφοράς** θεωρείται:

α) Η θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε πίεση ατμών ίση με εκείνη στην οποία είναι ρυθμισμένες οι ανακουφιστικές βαλβίδες των δεξαμενών αν δεν υπάρχει ειδικό αυτόματο σύστημα ρυθμίσεως θερμοκρασίας - πιέσεως.

β) Αν υπάρχει ειδικό αυτόματο σύστημα ρυθμίσεως θερμοκρασίας - πιέσεως, ως θερμοκρασία αναφοράς θεωρείται η θερμοκρασία του φορτίου στο τέλος της φορτώσεως, κατά τη μεταφορά ή κατά την εκφόρτωση (όποια είναι υψηλότερη).

Στον πλοϊαρχού κάθε πλοίου LPG ή LNG θα πρέπει να δίνεται ένας πίνακας θεωρημένος από την «Αρχή», ο οποίος να περιέχει:

- Τους όγκους φορτώσεως στις δεξαμενές για κάθε είδος φορτίου και θερμοκρασία αναφοράς, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.
- Τις πιέσεις στις οποίες ανοίγουν οι ανακουφιστικές βαλβίδες.

5) Χρησιμοποίηση αερίου από το φορτίο ως καυσίμου για το πλοίο.

Τέτοιες διατάξεις είναι αρκετά συνηθισμένες στα πλοία του τύπου αυτού και βοηθούν στη μη αύξηση της πιέσεως μέσα στις δεξαμενές όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του φορτίου (Boil - Off).

Οι σχετικοί κανονισμοί καθορίζουν τις λεπτομέρειες κατασκευής και ασφάλειας, όπου υπάρχουν τέτοιες εγκαταστάσεις. Οι σωληνώσεις παροχής αερίου για το σκοπό αυτό έχουν διπλά τοιχώματα. Στον εσωτερικό σωλήνα κυκλοφορεί το αέριο, ενώ ο χώρος μεταξύ των δύο τοιχωμάτων είναι γεμάτος με αδρανές αέριο.

6) Άλλα στοιχεία ως προς την ασφάλεια του προσωπικού.

Κάθε είδος φορτίου έχει δικές του ιδιομορφίες, πάνω στις οποίες θα πρέπει οπωσδήποτε να ενημερώνεται ο πλοϊαρχος. Επιπλέον:

- Το προσωπικό θα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ειδικές μάσκες αναπνοής για κάθε περίπτωση διαφυγής αερίων.
- Θα πρέπει να υπάρχουν ειδικοί καταιωνιστήρες (ντους) στο κατάστρωμα για απολύμανση του προσωπικού σε περίπτωση μεγάλης διαφυγής αερίου.
- Θα πρέπει να υπάρχει ένας ειδικός χώρος, όπου μπορεί να καταφύγει το πλήρωμα σε περίπτωση μεγάλης διαφυγής αερίων.

7) Στοιχεία που πρέπει να υπάρχουν στο πλοίο.

Στα στοιχεία αυτά περιλαμβάνονται:

- Περιγραφή των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των φορτίων που είναι απαραίτητα για την ασφαλή μεταφορά τους.
- Περιγραφή ενεργειών που είναι απαραίτητες σε περιπτώσεις μεγάλων διαφυγών φορτίου.
- Προληπτικά μέτρα για την αποφυγή ατυχημάτων στο προσωπικό.
- Διαδικασίες προστασίας και καταπολεμήσεως πυρκαϊάς.
- Διαδικασίες παραλαβής, μεταγγίσεως, μεταφοράς και εκφορτώσεως του φορτίου, ερματισμού, καθαρισμού δεξαμενών και εναλλαγής από φορτίο σε φορτίο.
- Περιγραφή του ειδικού για κάθε συγκεκριμένο φορτίο εξοπλισμού.
- Ελάχιστες επιτρεπόμενες για τη μεταφορά θερμοκρασίες.
- Διαδικασίες σε περιπτώσεις κινδύνου.

8) Εκπαίδευση προσωπικού.

Τόσο οι αξιωματικοί όσο και τα πληρώματα των LNG και LPG πλοίων πρέπει να έχουν ειδική εκπαίδευση, σχετική κυρίως με θέματα ασφάλειας.

9) Είσοδος προσωπικού σε χώρους όπου είναι δύνατό να υπάρχει αέριο.

Είσοδος προσωπικού σε τέτοιους χώρους επιτρέπεται μόνο, εφόσον:

- Ο χώρος έχει καθαρισθεί και έχει επιβεβαιωθεί με μέτρηση ότι υπάρχει σ' αυτόν η σωστή περιεκτικότητα σε οξυγόνο.
- Με μάσκα και προστατευτική στολή, χωρίς καμιά πιθανή πηγή σπινθήρα (σπίρτα, αναπτήρες κλπ.) και πάντα με παρουσία ενδιάφερουν τον πλοίαρχο και τους αξιωματικούς καταστρώματος.

Ο κανονισμός κατασκευής και εξοπλισμού των πλοίων που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια περιέχει επίσης και πολλές άλλες λεπτομέρειες που ενδιαφέρουν τον πλοίαρχο και τους αξιωματικούς καταστρώματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

29.1 Ιστορικό. Γενικά.

Ο όρος **επικίνδυνα φορτία (dangerous goods)** χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Αγγλία το 1894 προκειμένου για τη μεταφορά εκρηκτικών υλών και για φορτία που ήταν δυνατό να αναφλεγούν απότομα είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμό με άλλα φορτία αποθηκευμένα κοντά σ' αυτά. Ο όρος αφορούσε επίσης και φορτία που όταν ερχόταν σε επαφή με τον αέρα ήταν δυνατό να δημιουργήσουν εκρηκτικά ή δηλητηριώδη αέρια. Ήδη από την εποχή εκείνη δημιουργήθηκαν οι πρώτοι κανονισμοί για τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων.

To 1952 εκδόθηκε στην Αγγλία το πόρισμα μιας επιτροπής με τον τίτλο «The carriage of dangerous goods and explosives in ships» που έγινε στη συνέχεια γνωστό με το όνομα **Blue book**. To βιβλίο αυτό, που επανεκδόθηκε το 1967 περιέχει κανόνες και κανονισμούς ως προς τη συσκευασία, αποθήκευση και μεταφορά των επικινδύνων φορτίων.

Ανάλογοι διεθνείς κανονισμοί εκδόθηκαν από τον IMO το 1965 και αναθεωρήθηκαν για τελευταία φορά στο σύνολό τους το 1976. Οι κανονισμοί αυτοί είναι γνωστοί με τον τίτλο «Διεθνής ναυτικός κανονισμός για τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων» (International Maritime Dangerous Goods Code, IMDGC).

Η παραπάνω έκδοση αποτελείται από τέσσερις ογκώδεις τόμους και πρέπει να υπάρχει σε όλα τα πλοία που ενδέχεται να μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία, καθώς και στα ναυτικά γραφεία, τα γραφεία φορτωτών κλπ.

Διευκρινίζεται ότι οι κανονισμοί IMDGC εκδόθηκαν με αντικειμενικό σκοπό τον καθορισμό των λεπτομερειών που είναι απαραίτητες για την εφαρμογή του κεφαλαίου VII της Solas ως προς τη μεταφορά των επικινδύνων φορτίων από τα πλοία.

29.2 Οι κανονισμοί του κεφαλαίου VII της Solas.

Το κεφάλαιο αυτό της Solas περιλαμβάνει τους εξής επί μέρους κανονισμούς:

Κανονισμός 1. Εφαρμογή.

Καθορίζει σε ποιες περιπτώσεις έχει εφαρμογή το κεφάλαιο VII της Solas, καθώς επίσης και ότι απαγορεύεται μεταφορά επικινδύνων φορτίων από τα πλοία, αν δεν τηρούνται οι κανονισμοί.

Κανονισμός 2. Κατάταξη.

Κατατάσσει τα επικίνδυνα φορτία στις εξής κατηγορίες:

- Κατηγορία 1. Εκρηκτικά.



- Κατηγορία 2. Αέρια υπό πίεση ή υγροποιημένα.
- Κατηγορία 3. Εύφλεκτα υγρά.
- Κατηγορία 4(a). Εύφλεκτα στερεά.
- Κατηγορία 4(b). Εύφλεκτα στερεά ή ύλες που μπορούν να αναφλεγούν από τομα.
- Κατηγορία 4(c). Εύφλεκτα στερεά ή ύλες που αναδίδουν επικίνδυνα αέρια όταν βρεθούν σε επαφή με το νερό.
- Κατηγορία 5(a). Οξειδωτικές ύλες.
- Κατηγορία 5(b). Οργανικά υπεροξείδια.
- Κατηγορία 6(a). Τοξικές (δηλητηριώδεις) ύλες.
- Κατηγορία 6(b). Ύλες που προκαλούν μόλυνση.
- Κατηγορία 7. Ραδιενέργεις ύλες.
- Κατηγορία 8. Διαβρωτικές ύλες.
- Κατηγορία 9. Διάφορες άλλες επικίνδυνες ύλες.

Κανονισμός 3. Συσκευασία.

Περιέχει γενικές οδηγίες ως προς τον τρόπο συσκευασίας των επικινδύνων φορτίων.

Κανονισμός 4. Σήμανση.

Περιέχει γενικές οδηγίες για τη σωστή σήμανση των επικινδύνων φορτίων.

Κανονισμός 5. Πιστοποιητικά.

Κανονισμός 6. Εξαιρέσεις.

Κανονισμός 7. Απαιτήσεις αποθήκευσεως.

Περιέχει πολύ γενικές απαιτήσεις για τη σωστή αποθήκευση των επικινδύνων φορτίων.

Κανονισμός 8. Εκρηκτικά φορτία στα επιβατικά πλοία.

Περιέχει έναν πολύ περιορισμένο αριθμό εκρηκτικών υλών που μπορεί να υπάρχουν στα επιβατικά πλοία.

Διευκρινίζεται ότι οι παραπάνω κανονισμοί είναι εξαιρετικά σύντομοι και γι' αυτό χρειάσθηκε η έκδοση του τετράτομου βιβλίου των κανονισμών IMDGC που προαναφέρθηκε.

29.3 Στοιχεία από τον κανονισμό IMDGC.

1) Κατάταξη.

Στο κεφάλαιο 5 του κανονισμού τα διάφορα φορτία κατατάσσονται σε υποκατηγορίες. Η κατηγορία 3 (εύφλεκτα υγρά) π.χ. υποδιαιρείται στις εξής υποκατηγορίες.

- Υποκατηγορία 3.1. Υγρά με σημείο εναύσεως κάτω από τους -18°C .
- Υποκατηγορία 3.2. Υγρά με σημείο εναύσεως μεταξύ -18°C και $+23^{\circ}\text{C}$.
- Υποκατηγορία 3.3. Υγρά με σημείο εναύσεως πάνω από 23°C .

Όλες οι οδηγίες που περιέχουν κατά το μεγαλύτερό τους μέρος οι κανονισμοί είναι κωδικοποιημένες με βάση τις παραπάνω υποκατηγορίες.

2) Σήμανση και κατάταξη.

Στο κεφάλαιο 7 του κανονισμού καθορίζεται ότι όλα τα επικίνδυνα φορτία που παραδίδονται για μεταφορά θα πρέπει να αναφέρονται στις φορτωτικές με τα σωστά τεχνικά τους ονόματα έτσι ώστε να είναι δυνατό να εντοπισθούν, στον κανονισμό, οι λεπτομέρειες ασφάλειας που σχετίζονται με τη μεταφορά τους.

Στο ίδιο κεφάλαιο καθορίζεται ότι όλα τα επικίνδυνα φορτία θα πρέπει να είναι μαρκαρισμένα με τετράγωνα σχήματα με ελάχιστες διαστάσεις 100 x 100 mm, δηπως φαίνεται στο σχήμα 29.3a.



Σχ. 29.3a(a).
Σήμανση επικίνδυνων φορτίων.



Σχ. 29.3α(β).
Σήμανση επικινδύνων φορτίων.

3) Διαχωρισμός φορτίων.

Σε πολλές περιπτώσεις, ανόμοια επικίνδυνα φορτία είναι απαραίτητο να είναι διαχωρισμένα μεταξύ τους για λόγους ασφάλειας. Τα δύο φορτία σ' αυτές τις περιπτώσεις τα λέμε **μη συμβιβαστά μεταξύ τους (incompatible)**. Στο κεφάλαιο 15 ο κανονισμός καθορίζει τα εξής τρία επίπεδα διαχωρισμού των φορτίων από άλλα μη συμβιβαστά γειτονικά τους:

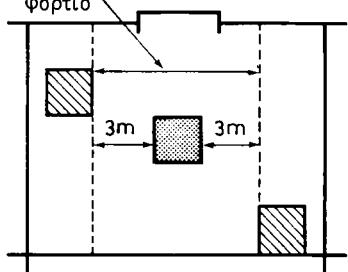
- Σε απόσταση.
- Χωρισμένα με στεγανή φρακτή ή κατάστρωμα.
- Χωρισμένα με παρεμβολή ενός πλήρους διαμερίσματος ή κύτους.
- Χωρισμένα οριζόντια με παρεμβολή ενός πλήρους διαμερίσματος ή κύτους.

- (1) Φορτίο 
- (2) Γειτονικό μη συμβιβαστό φορτίο 
- (3) Πυροστεγές στεγανό κατάστρωμα 

a) Φορτία σε απόσταση.

Αποδοτικά διαχωρισμένα μη συμβιβαστά φορτία έτσι που δεν μπορούν να επιδράσουν το ένα στο άλλο σε περίπτωση ατυχήματος. Μπορεί να βρίσκονται στο ίδιο κύτος ή χώρο, αλλά πρέπει να βρίσκονται σε οριζόντια απόσταση μεταξύ τους πάνω από 3 m.

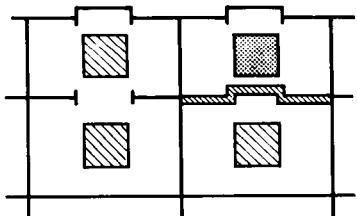
Απαγορευμένη περιοχή για γειτονικό μη συμβιβαστό φορτίο



(a)

β) Χωρισμένα με στεγανή φρακτή ή κατάστρωμα.

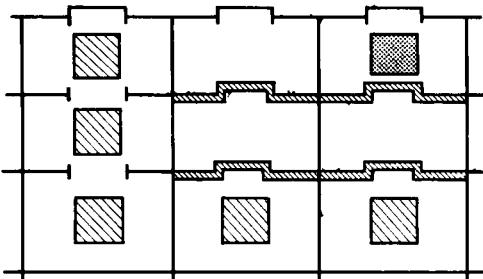
Τα μη συμβιβαστά φορτία πρέπει να βρίσκονται σε χωριστά κύτη. Επιτρέπεται όμως ο διαχωρισμός τους και με πυροστεγές κατάστρωμα.



(b)

γ) Χωρισμένα με παρεμβολή ενός πλήρους διαμερίσματος ή κύτους.

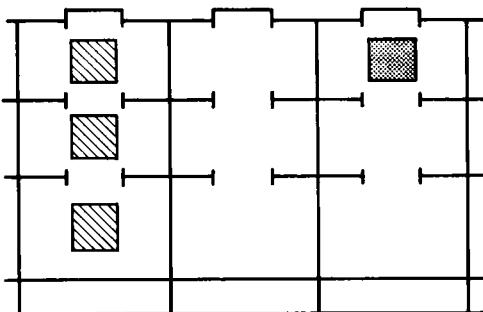
Τα μη συμβιβαστά φορτία χωρίζονται μεταξύ τους με παρεμβολή ενός κύτους ή διαμερίσματος οριζόντια ή και κατακόρυφα, εφόσον ένα από τα ενδιάμεσα καταστρώματα είναι στεγανό και πυροστεγές.



(γ)

δ) Χωρισμένα οριζόντια με παρεμβολή ενός πλήρους διαμερίσματος ή κύτους.

Όπως και η περίπτωση (γ), αλλά κατακόρυφος διαχωρισμός δεν γίνεται δεκτός.



(δ)

Σχ. 29.3β.
Διαχωρισμός μη συμβιβαστών φορτίων.

Οι τρεις παραπάνω ορισμοί φαίνονται στο σχήμα 29.3β. Μερικά επικίνδυνα φορτία είναι υποχρεωτικό να φορτώνονται στο κατάστρωμα.

Ο πίνακας 29.3.1 δίνει τις απαιτήσεις διαχωρισμού ανάμεσα σε δύο είδη με βάση την υποκατηγορία τους. Έτσι π.χ. βλέπομε ότι εκρηκτικά της υποκατηγορίας 1.3 με υλικά οξειδωτικά της κατηγορίας 5.1, πρέπει να είναι μεταξύ τους χωρισμένα με παρεμβολή, κατά τη διαμήκη έννοια, ενός πλήρους διαμερίσματος ή κύτους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 29.3.1.
Απαιτήσεις διαχωρισμού ανάμεσα στις ομάδες επικίνδυνων φορτίων.

	1.4				3.1												
	1.1	1.2	1.3	1.5	2.1	2.2	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	7	8	
Εκρηκτικά	1.1	*	*	*	*	4	2	4	4	4	4	4	4	4	2	2	4
Εκρηκτικά	1.2	*	*	*	*	4	2	4	4	4	4	4	4	4	2	2	4
Εκρηκτικά	1.3	*	*	*	*	4	2	4	4	3	3	4	4	4	2	2	2
Εκρηκτικά	1.5	*	*	*	*	2	1	2	2	2	2	2	2	2	X	2	2
Εύφλεκτα αέρια	2.1	4	4	4	2		X	2	2	1	2	1	2	4	X	2	1
Μη εύφλεκτα αέρια	2.2	2	2	2	1	X		2	2	X	1	X	X	2	X	1	X
Εύφλεκτα υγρά	3.1	4	4	4	2	2				2	2	2	2	3	X	2	1
Εύφλεκτα υγρά	3.2																
Εύφλεκτα στερεά	3.3	4	4	4	2	2				1	2	2	1	3	X	2	1
Φορτία που αναφλέγονται απότομα	4.1	4	4	3	2	1	X	2	1		1	1	1	2	X	2	1
Φορτία που γίνονται επικίνδυνα όταν βραχούν	4.2	4	4	3	2	2	1	2	2	1		1	2	2	X	2	1
Οξειδωτικές ύλες	4.3	4	4	4	2	1	X	2	2	1	1		2	2	X	2	1
Οργανικά υπεροξείδια	5.1	4	4	4	2	2	X	2	1	1	2	2		2	1	1	2
Δηλητήρια	5.2	4	4	4	2	4	2	3	3	2	2	2	2		1	2	2
Ραδιενεργές ύλες	6.1	2	2	2	X	X	X	X	X	X	X	1	1		X	X	
Διαβρωτικά	7	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	X		2
Διάφορα επικίνδυνα φορτία	8	4	4	2	2	1	X	1	1	1	1	1	2	2	X	2	
	9	Δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις πέρα από εκείνες που καθορίζονται για κάθε συγκεκριμένο φορτίο															

Υπόμνημα:

1. Φορτία σε απόσταση.
2. Χωρισμένα με στεγανή φρακτή ή κατάστρωμα.
3. Χωρισμένα με παρεμβολή ενός πλήρους διαμερίσματος ή κύτους.
4. Χωρισμένα οριζόντια με παρεμβολή ενός πλήρους διαμερίσματος ή κύτους.
5. Δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις διαχωρισμού αλλά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ειδικές υποδείξεις για το συγκεκριμένο φορτίο.
- * Υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις του κανονισμού ως προς το διαχωρισμό ομοειδών φορτίων των κατηγοριών αυτών.

29.4 Τρόπος χρησιμοποίησεως του κανονισμού IMDGC.

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε πολύ συνοπτικά τι περιέχει το γενικό μέρος του κανονισμού για τη φόρτωση επικινδύνων φορτίων. Ένα άλλο σημαντικό μέρος αναφέρεται στον τρόπο συσκευασίας των επικινδύνων φορτίων. Στη συνέχεια υπάρχουν ειδικά κεφάλαια που αναφέρονται σε κάθε κατηγορία επικινδύνων φορτίων. Στα κεφάλαια αυτά περιέχονται γενικές οδηγίες, οι οποίες ισχύουν για όλη την κατηγορία ή υποκατηγορία. Τέλος κάθε κεφάλαιο περιέχει ειδικές οδηγίες ως προς τη συσκευασία και τον τρόπο αποθήκευσεως στα πλοία των επί μέρους φορτίων που περιλαμβάνονται στη συγκεκριμένη υποκατηγορία. Ένα παράδειγμα μιας σελίδας των κανονισμών φαίνεται αυτούσιο στην πίνακα 29.4.1.

Στον πίνακα αυτό θα πρέπει να σημειώσουμε την ύπαρξη της πληροφορίας UN No που δεν είναι τίποτε άλλο παρά ο αριθμός ταξινομήσεως του υλικού σύμφωνα με την τυποποίηση των Ηνωμένων Εθνών. Με τον αριθμό αυτό καθίσταται ευκολότερη η εύρεση, μέσα στους κανονισμούς, κάθε είδους φορτίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 29.4.1.

Παράδειγμα τυπικής σελίδας των κανονισμών για ένα συγκεκριμένο εκρηκτικό φορτίο.

CLASS 1 Explosives

	UN No.	Division	Compatibility Group
CARTRIDGES, OIL WELL	0277	1.3	C
	0278	1.4	C

Properties or descriptions

Articles consisting of a tubular shell of fibreboard, metal or plastics which contains a propelling charge.

Observations



UN No. 0277
only

Packaging

Inner	Outer
Boxes: fibreboard plastics wooden	Boxes: fibreboard (4G1) natural wood, ordinary (4C1)

Particular packing requirements

The oil well cartridges must be secured to prevent movement.



UN No. 0278
only

Stowage

Cargo ships: ON DECK: IN CONTAINERS OR THE LIKE
UNDER DECK: STOWAGE CATEGORY I

Passenger ships: SEE SECTION 10 OF INTRODUCTION TO THIS CLASS

Packing & Stowage SEE ALSO INTRODUCTION TO THIS CLASS

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ

ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΜΕΤΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΜΕ ΨΥΞΗ

30.1 Γενικά.

Ο όγκος των φορτίων που μεταφέρεται τα τελευταία χρόνια σε κατάσταση ψύξεως ή καταψύξεως έχει αυξηθεί σημαντικά και για το λόγο αυτό είναι πολύ σύνθισμένο και τα κοινά ακόμη πλοία ξηρού φορτίου να έχουν ένα μονωμένο κύτος για μεταφορές τέτοιων φορτίων.

Γενικά τα φορτία της κατηγορίας αυτής, ανάλογα με το βαθμό ψύξεως τους, διακρίνονται σε:

- Φορτία που μεταφέρονται σε κατάσταση καταψύξεως (frozen cargo).
- Φορτία που μεταφέρονται σε κατάσταση ψύξεως (chilled cargo).
- Φορτία που μεταφέρονται σε κατάσταση ελεγχόμενης θερμοκρασίας (temperature regulated cargoes).

30.2 Φορτία σε κατάσταση καταψύξεως.

Σ' αυτή την κατηγορία φορτίου εφαρμόζεται έντονη κατάψυξη, για να αποφευχθεί η δημιουργία και η αναπαραγωγή μικροοργανισμών.

Οι χώροι μέσα στους οποίους αποθηκεύεται το φορτίο σε κατάσταση καταψύξεως είναι μονωμένοι με υαλοβάμβακα, φελλό ή άλλα κατάλληλα μονωτικά υλικά και κλεισμένοι ερμητικά, ώστε να εμποδίζεται στο μέγιστο δυνατό βαθμό ή είσοδος υγρασίας μέσα σ' αυτούς. Η υγρασία, όταν εισέλθει στους χώρους αυτούς, επικάθεται στα ψυκτικά στοιχεία (coils), μετατρέπεται σε πάγο και εμποδίζει την καλή διατήρηση του βαθμού ψύξεως του χώρου.

Η ψύξη του χώρου εξασφαλίζεται:

- Με ψυκτικά στοιχεία που είναι τοποθετημένα στις πλευρές, την οροφή και το δάπεδο του κύτους.
- Με μια συστοιχία ψυκτικών στοιχείων σε κάποια θέση, σε συνδυασμό με ανεμιστήρες που κυκλοφορούν συνεχώς τον αέρα που βρίσκεται μέσα στο κύτος.
- Με συνδυασμό των δύο παραπάνω συστημάτων.

30.3 Φορτία σε κατάσταση ψύξεως.

Η μεταφορά κυρίως κρέατος (chilled beef) σε κατάσταση ψύξεως προϋποθέτει απόλυτη σταθερότητα της θερμοκρασίας. Ακόμα και η παραμικρή μεταβολή της θερμοκρασίας είναι δυνατό να προκαλέσει την ανάπτυξη βακτηριδίων.

Οι χώροι μέσα στους οποίους γίνεται η μεταφορά είναι όμοιοι και έχουν τα ίδια συστήματα ψύξεως όπως και οι χώροι κατεψυγμένου φορτίου. Επίσης έχουν ράβδους πάνω στις οποίες, με ειδικούς γάντζους, είναι κρεμασμένα τα κρέατα (σχ. 6.7).

Το κρέας σε κατάσταση ψύξεως μπορεί να παραμείνει μέσα στο κύτος χωρίς προβλήματα για τριανταπέντε σχεδόν μέρες. Αν όμως στο περιβάλλον του κύτους προστεθεί διοξείδιο του άνθρακα σε ποσοστό 10% περίπου, η παραπάνω διάρκεια μπορεί να αυξηθεί.

30.4 Φορτία σε κατάσταση ελεγχόμενης θερμοκρασίας.

Τέτοια φορτία είναι τα φρούτα, το τυρί, τα αυγά και άλλα. Η διατήρησή τους συνίσταται στην καθυστέρηση της φυσικής διαδικασίας αλλοιώσεώς τους, για την οποία απαραίτητο είναι να αφαιρείται από το χώρο το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύουν τα φορτία αυτά.

Για το λόγο αυτό τα κύτη που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό έχουν συστήματα αερισμού - εξαερισμού. Συνήθως ο αέρας αναρροφάται από το χώρο, ψύχεται και διανέμεται ξανά ομοιόμορφα μέσα στο κύτος. Όταν το ποσοστό του διοξείδιου του άνθρακα αυξηθεί, γίνεται εξαερισμός προς την ατμόσφαιρα και παροχή στο κύτος φρέσκου αέρα.

30.5 Όργανα παρακολουθήσεως.

Για την παρακολούθηση της εξασφαλίσεως των απαραίτητων συνθηκών στα κύτη, όλες οι σχετικές εγκαταστάσεις είναι εξοπλισμένες με τα απαραίτητα θερμόμετρα.

Σε πολλά πλοία υπάρχουν επίσης αυτόματα καταγραφικά όργανα της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της περιεκτικότητας των κυτών σε διοξείδιο του άνθρακα.

30.6 Συνήθεις θερμοκρασίες μεταφοράς.

Ειδικά βιβλία για φορτώσεις, όπως το «The properties and stowage of cargoes του 0.0 Thomas», δίνουν αναλυτικά πληροφορίες, στις οποίες περιλαμβάνεται και η απαραίτητη θερμοκρασία μεταφοράς, για κάθε φορτίο που πρέπει να μεταφερθεί σε κατάσταση ψύξεως. Ενδεικτικά, μερικά φορτία μεταφέρονται στις εξής θερμοκρασίες:

Κατεψυγμένο μοσχαρίσιο κρέας	– 10°C
Κατεψυγμένο αρνί	– 8 ως – 10°C
Κατεψυγμένο χοιρινό	– 10°C
Μοσχαρίσιο κρέας σε ψύξη	– 15°C
Βούτυρο	– 10°C
Τυρί	5 ως 7°C
Αυγά	1°C
Ψάρια	– 12°C
Φρούτα (γενικά)	– 1 ως + 7°C
Μπανάνες	12°C

30.7 Προετοιμασία κυτών για φόρτωση.

Πριν από τη φόρτωση, απαραίτητο είναι να γίνει σχολαστικός καθαρισμός του κύτους. Συνήθως μετά το σκούπισμα του δαπέδου του κύτους γίνεται και καθαρισμός του με πανιά βουτηγμένα σε ειδικά απορρυπαντικά. Αν κατά την προηγούμενη μεταφορά ο χώρος είχε χρησιμοποιηθεί για φρούτα, πρέπει να εφαρμόζεται και ειδική διαδικασία απαλαγής τους από τις οσμές.

Πριν επίσης από τη φόρτωση, είναι απαραίτητο να ελέγχεται η καλή κατάσταση των ψυκτικών στοιχείων, των θερμομέτρων, των μονώσεων του χώρου και των αναρροφήσεων του δικτύου κύτους.

Όλο το υλικό επιστρώσεως και εχμάσεως (Dunnage) θα πρέπει να ψύχεται πριν μπει το φορτίο μέσα στο χώρο. Το ίδιο θα πρέπει να γίνεται και στις χελώνες σιδηρομεταλλεύματος, οι οποίες, σε μερικές περιπτώσεις, μεταφέρονται κάτω από τα κατεψυγμένα φορτία.

Μετά την προετοιμασία του κύτους και την πρόψυξή του στον απαραίτητο βαθμό γίνεται επιθεώρηση και εκδίδεται ειδικό πιστοποιητικό (π.χ. Lloyd's Loading certificare).

Όταν τελειώσει η φόρτωση, θα πρέπει να τοποθετηθούν τα ειδικά φορητά ψυκτικά στοιχεία που συχνά προβλέπεται να υπάρχουν στη θέση του στομίου του κύτους και να κλεισθεί ερμητικά το στόμιο. Στις περιπτώσεις που το κατώτερο κύτος και ο κουραδόρος χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φορτίων που βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, είναι σύνηθες το κάλυμμα του στομίου να καλύπτεται με πριονίδι, για να εξασφαλίζεται η απαραίτητη μόνωση.

Μετά από την τοποθέτηση και το σωστό κλείσιμο του στομίου του κύτους, τίθεται σε λειτουργία το σύστημα ψύξεως του χώρου. Στην κατάσταση αυτή θα πρέπει να διατηρηθεί ο χώρος μέχρι τον κατάπλου.

30.8 Αυτοτελή εμπορευματοκιβώτια με ψύξη.

Τα τελευταία χρόνια, για τις μεταφορές κατεψυγμένων φορτίων με πλοϊά τύπου Ro - Ro, χρησιμοποιούνται πάρα πολύ τα αυτοτελή εμπορευματικοβώτια με ψύξη. Τα εμπορευματοκιβώτια αυτά έχουν δικά τους συστήματα ψύξεως, τα οποία λειτουργούν είτε με μπαταρίες είτε με ηλεκτρική ενέργεια που παίρνουν από το πλοίο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

ΦΟΡΤΙΑ ΣΕ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ

31.1 Γενικά.

Με τις μεταφορές γενικού φορτίου σε εμπορευματοκιβώτια, που αναπτύχθηκαν τα τελευταία εικοσιπέντε χρόνια, μειώθηκαν και το κόστος φορτώσεως των πλοίων αλλά και ο χρόνος παραμονής τους στο λιμάνι. Παράλληλα, η εφαρμογή των εμπορευματοκιβωτίων στις μεταφορές είχε ως αποτέλεσμα τόσο την ελάττωση των ζημιών όσο και τον περιορισμό των αναγκών για υποστήλωση των καταστρωμάτων και έχμαση του φορτίου.

Το βασικό στοιχείο του τρόπου αυτού μεταφοράς είναι το **εμπορευματοκιβώτιο (container)**. Είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να μην υφίσταται ζημιές παρά την καταπόνησή του από τις συχνές φορτοεκφορτώσεις και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για μεταφορές με πλοία όσο και με τα άλλα μέσα μεταφορών (αυτοκίνητα, τραίνα κλπ.).

31.2 Στοιχεία για τα εμπορευματοκιβώτια.

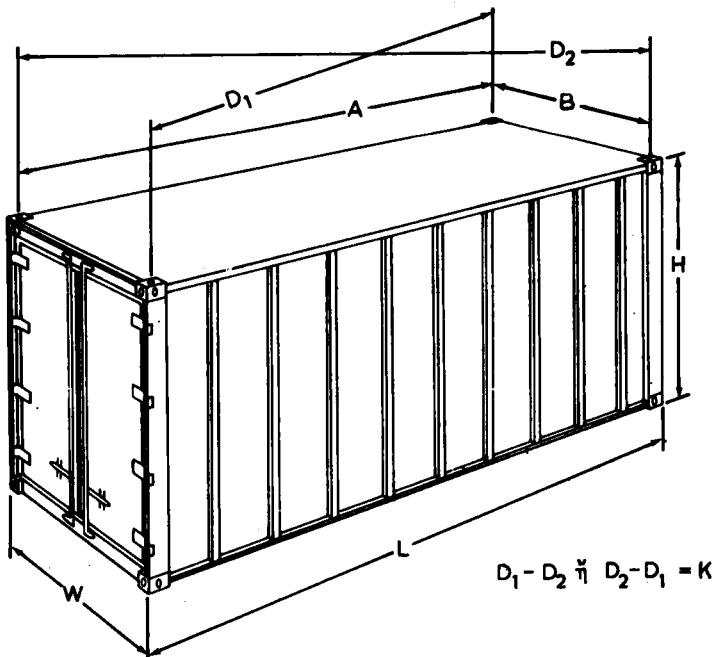
Το υλικό κατασκευής των εμπορευματοκιβωτίων ποικίλει ανάλογα με το φορτίο για το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθούν αυτά και ανάλογα με τον τρόπο διακίνησεως και φορτώσεώς τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα εμπορευματοκιβώτια είναι κατασκευασμένα από χάλυβα η από ελάσματα από αλουμίνιο με ενισχύσεις από χάλυβα. Εμπορευματοκιβώτια έχουν κατασκευασθεί επίσης από ξύλο ενισχυμένο με fiberglass (Fiberglass - Reinforced Plywood, FRP). Για τις μεταφορές κατεψυγμένων φορτίων χρησιμοποιούνται εμπορευματοκιβώτια με ειδικές εσωτερικές μονώσεις.

Το μέγεθος των εμπορευματοκιβωτίων είναι τυποποιημένο και καθορίζεται για τις ΗΠΑ από το Ινστιτούτο USA SI (United States Standard Institute) και διεθνώς από τον Οργανισμό ISO (International Organization of Standards). Τις τυποποιημένες διαστάσεις των εμπορευματοκιβωτίων βλέπομε στο σχήμα 31.2.

Το συνολικό βάρος των εμπορευματοκιβωτίων είναι συνάρτηση των διαστάσεών τους και φαίνεται στον πίνακα 31.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 31.2.1.

Διαστάσεις σε ft	Βάρος σε tn
10 x 8 x 8	10
20 x 8 x 8	20
30 x 8 x 8	25
40 x 8 x 8	30
5 x 8 x 8	5



Όνομαστικό μήκος (πόδια)	L	W	H	A	B	K (μέγιστο) ίντσες
	πόδια-ίντσες	πόδια-ίντσες	πόδια-ίντσες	πόδια-ίντσες	πόδια-ίντσες	
40	40-0 { +0 - 3/8	8-0 { +0 - 3/16	8-0 { +0 - 3/16	39-4 1/2 { +0 - 1/2	7-5 { +1 1/2 - 3/16	1/2
30	29-11 1/2 { +0 - 3/8	8-0 { +0 - 3/16	8-0 { +0 - 3/16	29-3 1/2 { +0 - 1/2	7-5 { +1 1/2 - 3/16	1/2
20	19-10 1/2 { +0 - 1/4	8-0 { +0 - 3/16	8-0 { +0 - 3/16	19-2 1/2 { +0 - 3/8	7-5 { +1 1/2 - 3/16	1/2
10	9-9 1/2 { +0 - 3/16	8-0 { +0 - 3/16	8-0 { +0 - 3/16	9-1 1/2 { +0 - 3/16	7-5 { +1 1/2 - 3/16	3/8

Σχ. 31.2.
Τυποποιημένες διαστάσεις εμπορευματοκιβωτίων.

Εκτός από το μέγεθος, τυποποίηση υπάρχει και στα εξαρτήματα που έχουν τα εμπορευματοκιβώτια για την ανύψωσή τους από τα διάφορα ανυψωτικά μέσα.

Μερικά εμπορευματοκιβώτια είναι κατασκευασμένα για να μετακινούνται οριζόντια με περονοφόρα οχήματα. Άλλα πάλι φορτοεκφορτώνται με κατακόρυφη μετακίνησή τους μόνο σε ειδικά διαμορφωμένα κύτη (cellular type holds).

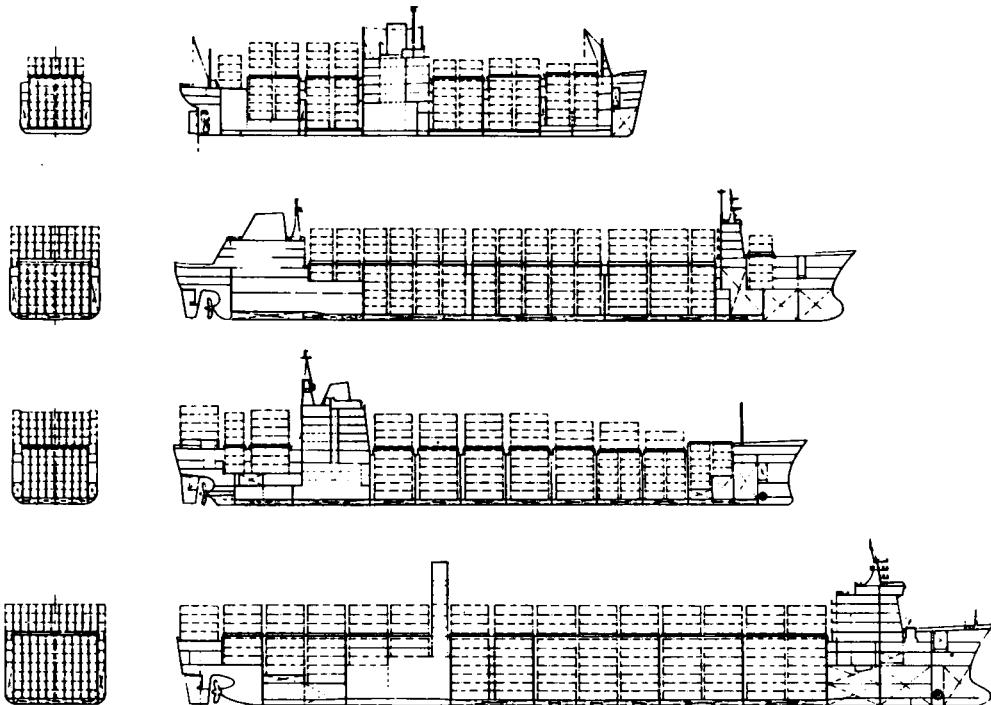
Στα ειδικά εμπορευματοκιβώτια για μεταφορά κατεψυγμένων φορτίων υπάρχει ειδική ψυκτική εγκατάσταση για τη διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας. Τέτοια εμπορευματοκιβώτια μεταφέρονται συνήθως στο κατάστρωμα. Σε πιο σύγχρονα πλοία, όπου η στοιβασία των εμπορευματοκιβωτίων γίνεται κατακόρυφα, η αναγκαία ψύξη εξασφαλίζεται με κυκλόφορο ψυχρού αέρα μέσα σ' αυτά, μέσω ειδικών σωληνώσεων από κεντρική ψυκτική εγκατάσταση του πλοίου.

Από τα μέσα της δεκαετίας 1960 - 1970 οι νηογνώμονες άρχισαν προοδευτικά να αναλαμβάνουν επιθεωρήσεις των εμπορευματοκιβωτίων και να εκδίδουν πιστοποιητικά για:

- Κατασκευαστική επάρκεια και ασφάλεια κατά τους χειρισμούς.
- Προστασία και διατήρηση του φορτίου.
- Ικανοποίηση των απαιτήσεων των τελωνειακών αρχών.
- Έκτακτες επιθεωρήσεις των εμπορευματοκιβώτιων μετά από ζημιές.

31.3 Στοιχεία για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιων.

Τα τελευταία χρόνια, στις μεταφορές με πλοία έχει σχεδόν επικρατήσει το πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιων με κατακόρυφη φορτοεκφόρτωση (lift-on/lift-off containership). Τα εμπορευματοκιβώτια φορτώνονται σε στήλες κάτω και πάνω από το κατάστρωμα του πλοίου με μέσα της ξηράς η με γερανογεφύρες του πλοίου. Μερικές τυπικές διατάξεις πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιων βλέπομε στο σχήμα 31.3α.



Σχ. 31.3α.

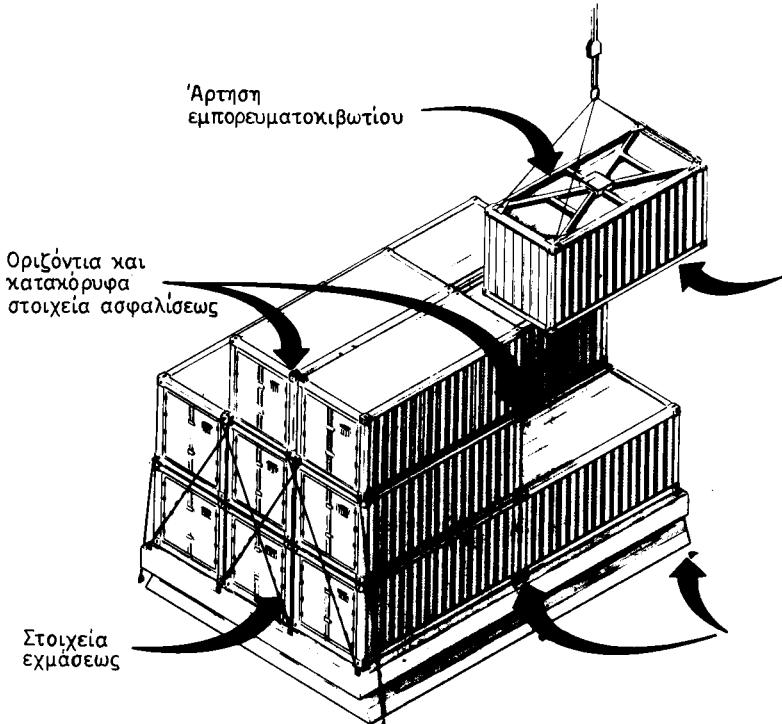
Τυπικές διατάξεις πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιων.

Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιων έχουν μεγάλη ταχύτητα. Έτσι, σε συνδυασμό και με τους μικρούς χρόνους φορτοεκφόρτωσεως, αποτελούν ένα ιδιαίτερα αποδοτικό σύστημα μεταφοράς.

Στα πλοία του τύπου αυτού, με τη βοήθεια κατακορύφων μορφοδοκών, τα κύτη είναι διαμορφωμένα σε **κυψέλες (cells)**. Κατά τη φόρτωση τα εμπορευματοκιβώτια κατεβάζονται με ολίσθηση στις τέσσερις γωνίες τους πάνω στους οδηγούς (μορφοδοκούς) που προαναφέρθηκαν. Έτσι εξασφαλίζεται η σωστή φόρτωση των εμπορευματοκιβώτιων στη θέση που πρέπει.

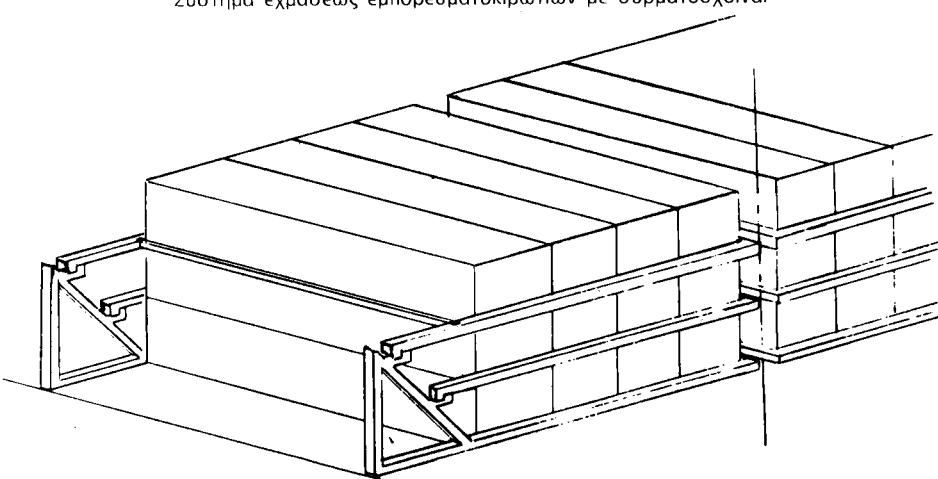
Τα εμπορευματοκιβώτια που είναι τοποθετημένα στο κατάστρωμα εχμάζονται

με συρματόσχοινα. Σε πιο σύγχρονα πλοία υπάρχουν ειδικές κατασκευαστικές διαμορφώσεις στο κατάστρωμα και έτσι αποφεύγεται η ανάγκη εχμάσεως των εμπορευματοκιβωτίων. Ενα τυπικό σύστημα εχμάσεως με συρματόσχοινα βλέπομε στο σχήμα 31.3β και ένα σύστημα με μορφοδοκούς στο σχήμα 31.3γ.



Σχ. 31.3β.

Σύστημα εχμάσεως εμπορευματοκιβωτίων με συρματόσχοινα.



Σχ. 31.3γ.

Σύστημα εχμάσεως με μορφοδοκούς.

3.1.4 Ειδικά προβλήματα κατά τις μεταφορές εμπορευματοκιβωτίων.

1) Σωστή κατανομή των εμπορευματοκιβωτίων.

Το πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων γραμμής (line) παραλαμβάνει και παραδίδει κιβώτια σε διάφορα λιμάνια. Η φόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων στο πλοίο θα πρέπει να ρυθμίζεται έτσι, ώστε στο λιμάνι αφίξεως να είναι εύκολος ο εντοπισμός και η εκφόρτωση των κιβωτίων εκείνων που πρέπει να εκφορτωθούν χωρίς να υφίσταται ανάγκη μετακινήσεως άλλων κιβωτίων που προορίζονται για τα επόμενα λιμάνια. Για την ικανοποίηση της απαιτήσεως αυτής, η οποία είναι αρκετά δύσκολη, εφαρμόζονται μηχανογραφικές μέθοδοι για τον καθορισμό του τρόπου φορτώσεως και την παρακολούθηση των λεπτομερειών φορτο-εκφορτώσεως των εμπορευματοκιβωτίων.

2) Ευστάθεια.

Η επιδίωξη να φορτώνονται όσο το δυνατό περισσότερα εμπορευματοκιβώτια στο κατάστρωμα, δημιουργεί συχνά προβλήματα επάρκειας της ευστάθειας των αντιστοίχων πλοίων. Η μεταφορική ικανότητα των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων προκύπτει, τις περισσότερες φορές, με βάση όχι τις απαιτήσεις της συμβάσεως περί γραμμής φόρτώσεως, αλλά την ανάγκη εξασφαλίσεως του απαραίτητου επιπέδου ευστάθειας.

Και για τον πλοίαρχο το πράγμα είναι ακόμα πιο δυσχερές, αν ληφθεί υπόψη ότι βασικές πληροφορίες για το βάρος και τη θέση του κέντρου βάρους κάθε εμπορευματοκιβωτίου δίνονται συχνά με πολύ μεγάλη καθυστέρηση. Έτσι η δυνατότητα να γίνουν οι σχετικοί υπολογισμοί ευστάθειας είναι, πολλές φορές, πολύ περιορισμένη χρονικά.

Η ακτοφυλακή των ΗΠΑ (Coast Guard) έχει θεσπίσει ειδικούς κανονισμούς, σύμφωνα με τους οποίους τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων θα πρέπει να έχουν επαρκές μετακεντρικό ύψος, ώστε, σε περίπτωση πνοής ανέμου από την πλευρά, να μη δημιουργείται στο πλοίο εγκάρσια κλίση μεγαλύτερη από 14° ή από το μισό της γωνίας που θα δημιουργούσε βύθιση της ακμής του καταστρώματος. Η πίεση του ανέμου καθορίζεται από τους κανονισμούς σε συνάρτηση με το μήκος του πλοίου και, ενδεικτικά, έχει την τιμή $0,076 \text{ MT/m}^2$ για ένα πλοίο μήκους 190 μ (βλ. και παράγραφο 11.3).

Μερικές φορές, όταν μεταφέρονται εμπορευματοκιβώτια στο κατάστρωμα και βαρύ φορτίο χύδην στα κύτη, το μετακεντρικό ύψος του πλοίου είναι υπερβολικά μεγάλο. Η κατάσταση αυτή μπορεί να δημιουργήσει υπερβολικές επιταχύνσεις λόγω βίαιου διατοιχισμού, οι οποίες είναι δυνατό να δημιουργήσουν μεγάλες καταπονήσεις και ίσως και ζημιές στα συρματόσχοινα εχμάσεως των εμπορευματοκιβωτίων, καθώς και στα ίδια τα εμπορευματοκιβώτια. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την ελάττωση του μετακεντρικού ύψους.

3) Ειδικά σημεία προσοχής κατά τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων.

Από όσα είπαμε παραπάνω, αλλά και από τις δυσχέρειες που έχουν παρουσιασθεί κατά τις μεταφορές εμπορευματοκιβωτίων με τα πλοία, φαίνεται καθαρά ότι ο πλοίαρχος θα πρέπει να προσέχει τα εξής σημεία:

- Τα βάρη και τα κέντρα βάρους των εμπορευματοκιβωτίων να δίνονται στο

πλοίο δόσο το δυνατό πιο έγκαιρα, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα να γίνονται οι σχετικοί υπολογισμοί.

- Η ευστάθεια του πλοίου να είναι επαρκής, αλλά όχι υπερβολικά μεγάλη.
 - Η στοιβασία των εμπορευματοκιβωτίων να είναι σωστή και να παρέχει τη δυνατότητα της ταχύτερης δυνατής φορτοεκφορτώσεως.
 - Η έχμαση των κιβωτίων που βρίσκονται στο κατάστρωμα να είναι πλήρης (βλ. και σχήματα 31.3β και 31.3γ).
 - Να λαμβάνονται όλα τα μέτρα για την ασφαλή πραγματοποίηση της φορτοεκφορτώσεως των εμπορευματοκιβωτίων.
 - Όταν μεταφέρονται μέσα σε εμπορευματοκιβώτια βαριά, κατεψυγμένα ή επικίνδυνα φορτία, να λαμβάνονται υπόψη όλες οι απαιτήσεις ασφάλειας που ισχύουν γι' αυτά.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

32.1 Γενικά.

Τα τελευταία χρόνια οι ανάγκες για την ταχεία φορτοεκφόρτωση των πλοίων έχουν οδηγήσει στη σχεδίαση ειδικών πλοίων βασισμένων σε νέες εξελιγμένες μορφές μεταφορών. Στο κεφάλαιο αυτό δίνονται συνοπτικά στοιχεία για μερικούς μόνο τύπους πλοίων, τα οποία χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές άλλων μεταφορικών μέσων όπου είναι ήδη φορτωμένο το φορτίο. Τέτοια πλοία είναι τα **φορτηγιδοφόρα** και τα **Ro-Ro** (Roll-on/Roll-off).

32.2 Φορτηγιδοφόρα (*Carrying vessels*).

Ανάλογα με τον τρόπο φορτώσεως των φορτηγίδων στα πλοία, τα διακρίνομε σε:

Πλοία τύπου Lash, όπου οι φορτηγίδες φορτώνονται στο πλοίο με τη βοήθεια μεγάλων γερανών εγκατεστημένων πάνω σ' αυτά.

Πλοία τύπου Seabee, όπου οι φορτηγίδες οδηγούνται σε μία βυθισμένη μέσα στο νερό πλατφόρμα του πλοίου, η οποία ανυψώνεται στη συνέχεια μαζί με τη φορτηγίδα υδραυλικά ή με τη βοήθεια ηλεκτρικών κινητήρων (*syncrolift*).

1) Πλοία τύπου Lash.

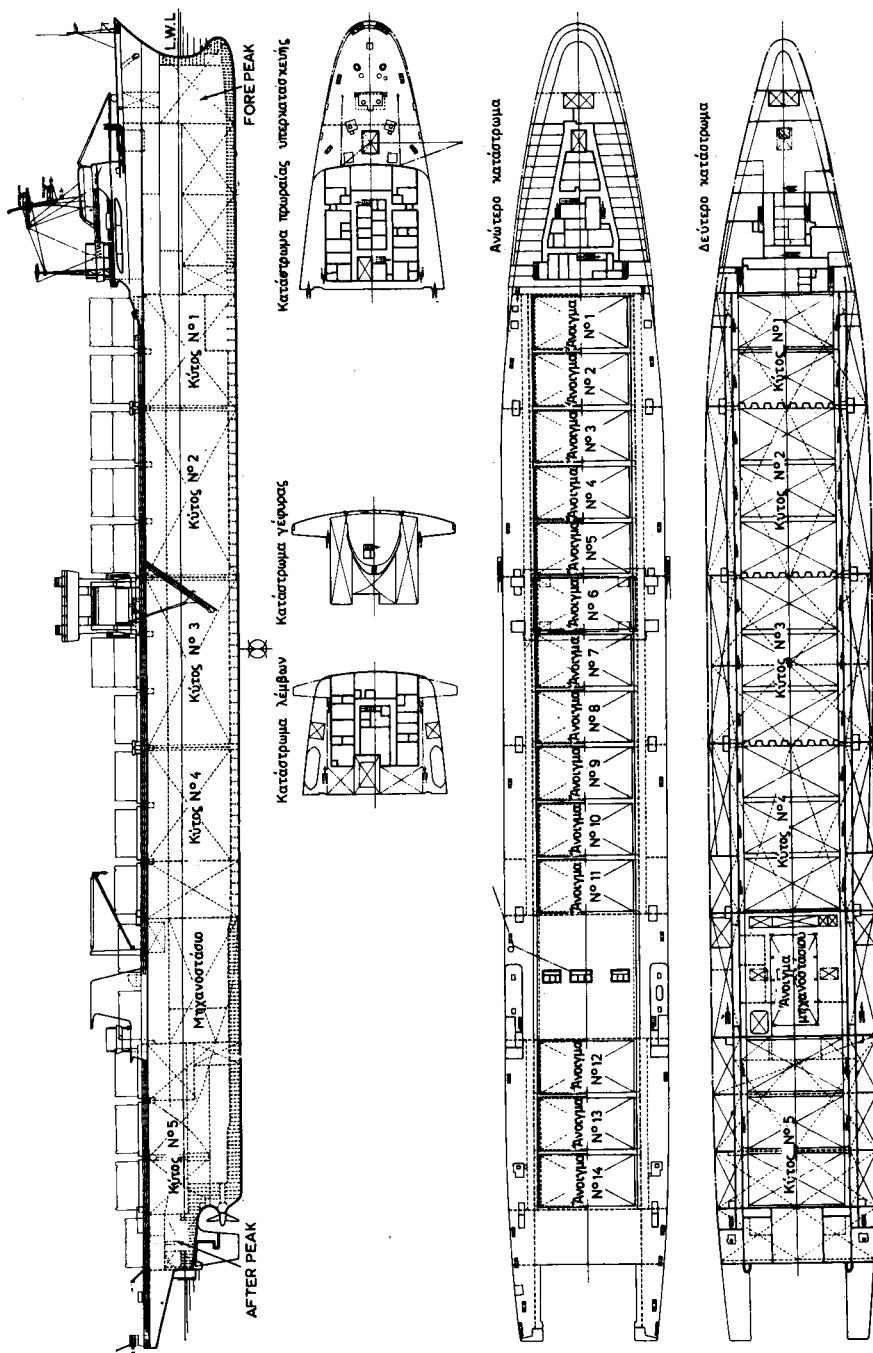
Μία τυπική γενική διάταξη ενός πλοίου Lash βλέπομε στο σχήμα 32.2a.

Γενικά, τα πλοία τύπου Lash έχουν τη διαμόρφωση των bulk-carriers με ένα κατάστρωμα, με τις ενδιαιτήσεις στην πλώρη και το μηχανοστάσιο λίγο πιο πρύμνα από το μέσο. Στην πρύμνη του πλοίου διαμορφώνεται μία εσοχή.

Οι φορτηγίδες οδηγούνται στην εσοχή αυτή και από εκεί, με τη βοήθεια της γερανογέφυρας του πλοίου, που συνήθως έχει ανυψωτική ικανότητα της τάξεως των 500 tn, ανυψώνονται και μεταφέρονται πάνω από τα ανοίγματα των κιτών. Εκεί οι φορτηγίδες μαϊνάρονται μέσα στο αντίστοιχο κύτος είτε πάνω στην οροφή του διπύθμενου είτε η μία πάνω στην άλλη. Ο συνήθης ρυθμός φορτώσεως είναι περίπου τρεις φορτηγίδες την ώρα, πράγμα που αντιστοιχεί σε 1500 περίπου tn την ώρα.

Ειδικές διατάξεις του πλοίου εξασφαλίζουν την παραμονή της φορτηγίδας στην κατάλληλη θέση μέχρι να αρχίσει η ανύψωσή της, ακόμα και όταν επικρατεί περιορισμένος κυματισμός.

Σε ένα σύστημα τυποποιημένων μεταφορών που χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ το



Σχ. 32.2α.

Σχέδιο γενικής διατάξεως πλοίου τύπου Lash.

συνολικό βάρος κάθε φορτηγίδας είναι 453 τη και το άφορτο εκτόπισμά της 80 τη. Έτσι κάθε φορτηγίδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση 373 τη φορτίου. Εκτός από τα κύτη, οι φορτηγίδες φορτώνονται και στο κατάστρωμα. Ένα τυπικό πλοίο τύπου Lash μπορεί π.χ. να μεταφέρει 73 φορτηγίδες, από τις οποίες 49 αποθηκεύονται στα κύτη και 24 στο κατάστρωμα. Τα περισσότερα πλοία τύπου Lash μπορούν εναλλακτικά ή και σε συνδυασμό με φορτηγίδες να μεταφέρουν και εμπορέυματοκιβώτια.

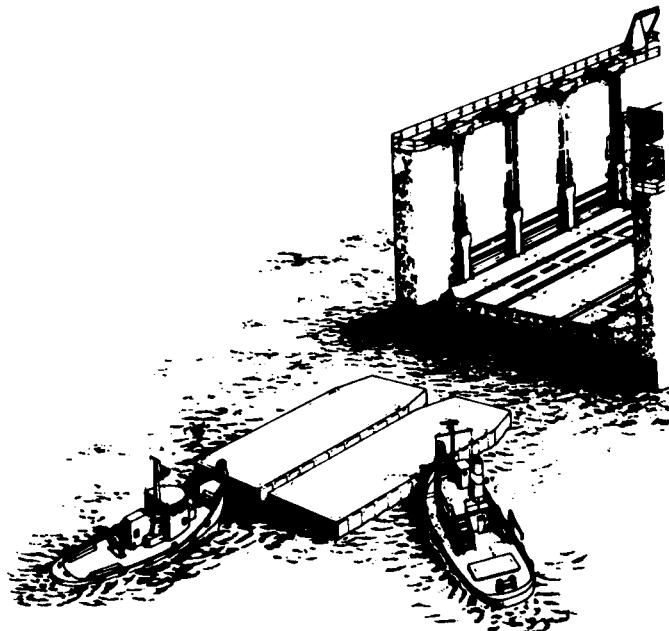
2) Πλοία τύπου Seabee.

Το φορτηγιδοφόρο πλοίο τύπου Seabee είναι περισσότερο ευέλικτο από το τύπου Lash, γιατί μπορεί να παραλάβει οποιοδήποτε φορτίο με επίπεδη βάση και με βάρος και διαστάσεις που είναι δυνατό να χωρέσει και να ανυψώσει ο ανελκυστήρας του.

Το συνηθισμένο deadweight των φορτηγίδων που χρησιμοποιούνται στα πλοία τύπου Seabee είναι 830 τη. Ο ρυθμός φορτώσεως των πλοίων Seabee φθάνει τους 3000 τη την ώρα. Τα πλοία τύπου Seabee μπορούν εύκολα να μεταφέρουν μικρά πλοιάρια και μεγάλα φορτηγά αυτοκίνητα.

Το ουσιώδες στοιχείο του πλοίου Seabee είναι ο ανελκυστήρας, ο οποίος αποτελείται κυρίως από μία πλατφόρμα με διαστάσεις $31,8 \times 23$ τ και από το σύστημα ανυψώσεώς της. Η ανύψωση της πλατφόρμας στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται υδραυλικά.

Μετά την ανύψωση της φορτηγίδας στο σωστό ύψος, τοποθετείται κάτω από



Σχ. 32.28.

Διαμόρφωση πρύμνης φορτηγιδοφόρου πλοίου τύπου Seabee.

αυτήν ένα σύστημα διαμήκους μεταφοράς (transporter), το οποίο κινείται πάνω σε σιδηροτροχιές.

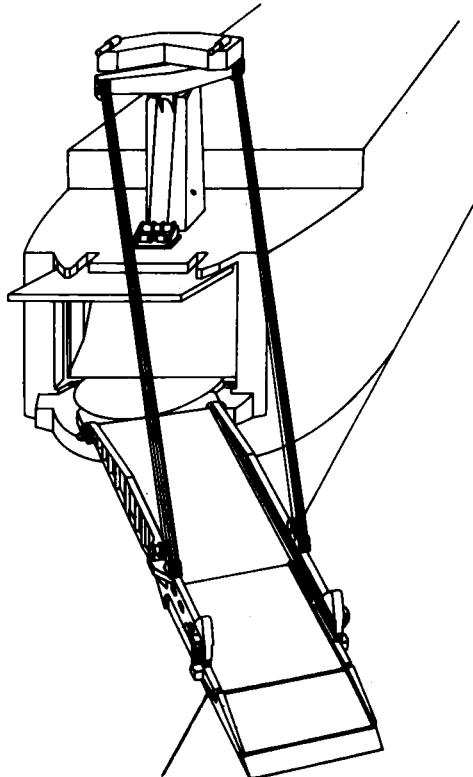
Με το σύστημα αυτό η φορτηγίδα οδηγείται στην επιθυμητή διαμήκη θέση. Εκεί, με τη βοήθεια υδραυλικών γρύλλων, ξεφορτώνονται οι φορτηγίδες, στηρίζονται πάνω σε υπόβαθρα και στη συνέχεια απελευθερώνεται το σύστημα διαμήκους μεταφοράς.

Στο σχήμα 32.2β βλέπομε τη διαμόρφωση της πρύμνης ενός φορτηγιδοφόρου πλοίου τύπου Seabee.

32.3 Πλοία Roll-on/Roll-off (Ro-Ro).

Τα πλοία Ro-Ro αναπτύχθηκαν σχεδόν ταυτόχρονα με τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Από την άποψη χρόνων φορτώσεως - εκφορτώσεως και σε σύγκριση με τα φορτηγιδοφόρα και τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων το σύστημα Ro-Ro μπορεί να θεωρηθεί ως το πιο αποδοτικό.

Τα πλοία Ro-Ro φορτώνονται με φορτηγά αυτοκίνητα, τα οποία οδηγούνται με τις μηχανές τους στο εσωτερικό του πλοίου φορτωμένα με εμπορευματοκιβώτια ή με άλλα φορτία όπως π.χ. με μεγάλους κόρμους δέντρων και με γεωργικά μηχανή-



Σχ. 32.3.

Περιστρεφόμενη τηλεσκοπική πρύμναία ράμπα πλοίου Ro-Ro.

ματα. Σε πιο σύγχρονες μορφές μεταφορών, τα πλοία Ro-Ro χρησιμοποιούνται και για μεταφορές εμπορευματοκιβωτίων, τα οποία φορτώνονται στα πλοία με περονοφόρα οχήματα.

Γενικά, τα πλοία Ro-Ro είναι πλοία υψηλής τεχνολογίας, στα συστήματα φορτοεκφορτώσεως των οποίων κυριαρχούν τα **κεκλιμένα επίπεδα (ράμπες)**, για την είσοδο και έξοδο των οχημάτων από και προς την ξηρά, καθώς και για τη διακίνησή τους ανάμεσα στα καταστρώματα. Για τον ίδιο σκοπό στο εσωτερικό των πλοίων χρησιμοποιούνται και μεγάλοι ανελκυστήρες.

Στο σχήμα 32.3 βλέπομε μία περιστρεφόμενη τηλεσκοπική πρυμναία ράμπα ενός πλοίου Ro-Ro.

Στην κατηγορία των πλοίων Ro-Ro περιλαμβάνονται και τα πλοία μεταφοράς αμαξοστοιχιών.

Γενικά, τα πλοία Ro-Ro χρειάζονται λιγότερα συστήματα παραλαβής-παραδόσεως του φορτίου στην ξηρά από ότι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Ειδικά προβλήματα ως προς τη φόρτωση των πλοίων Ro-Ro είναι:

- Θέματα ευστάθειας και αντοχής καταστρωμάτων, λόγω των συγκεντρωμένων φορτίων των τροχών.
- Θέματα προλήψεως πυρκαϊάς.
- Ανάγκη εχμάσεως των οχημάτων.

Για τα αυτά θέματα των πλοίων Ro-Ro στα περισσότερα κράτη έχει θεσπισθεί ειδική νομοθεσία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

1) Συστήματα Μετρήσεως.

Μέχρι το 1960 στους ναυπηγικούς υπολογισμούς και γενικά στους υπολογισμούς που έχουν σχέση με το πλοίο ήταν σε χρήση οι μονάδες **του μετρικού ή του αγγλικού τεχνικού συστήματος**.

Το 1960 η **Διεθνής διάσκεψη μέτρων και σταθμών** καθιέρωσε ένα διεθνές απλοποιημένο σύστημα μετρήσεως γνωστό ως **σύστημα SI (Système 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 αφορά υπολογισμούς που σχετίζονται με το πλοίο.

Οι βασικές μονάδες του συστήματος SI είναι:

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ
Μήκος	μέτρο	m
Μάζα	χιλιόγραμμο	kg
Χρόνος		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 ιπτιο συνηθισμένες είναι:

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ
Δύναμη	newton	$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$
Έργο, ενέργεια	joule	j = N · m
Ισχύς	watt	$W = \frac{j}{s}$

2) Μετατροπές Μονάδων.

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται διάφοροι συντελεστές που είναι χρήσιμοι για τη μετατροπή διαφόρων 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/sec	Διεθνής κόμβος metric kn	Βρετανικός κόμβος british kn
m/s	1	3,6	3,28084	1,94384	1,9426
km/h	0,277778	1	0,911344	0,539957	0,539612
ft/sec	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/sec, 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 ονόμασία του μετρικού ίππου είναι PS και η γαλλική CV.

Σύστημα SI		Μετρικό Τεχνικό Σύστημα		Βρετανικό Τεχνικό Σύστημα	
Σύστημα	newton (N)	kilonewton (kN)	kilopond (kp)	Μετρικός τόννος /ίβρα δυνάμεως (MT)	Βρετανικός long τόννος lbf
SI	N	1	0,001	0,1019716	$1,019716 \times 10^{-4}$
SI	kN	1000	1	101,9716	0,1019716
Μετρικό Τεχνικό Σύστημα	kp	9,80665	$9,80665 \times 10^{-3}$	1	10^{-3}
Μετρικό Τεχνικό Σύστημα	MT	9806,65	9,80665	1000	1
Βρετανικό Τεχνικό Σύστημα	lbf	4,44822	$4,44822 \times 10^{-3}$	0,45359237	$0,453592 \times 10^{-3}$
Βρετανικό Τεχνικό Σύστημα	LT	9964,02	9,96402	1016,05	1,01605

Παράδειγμα.

Ένας LT ισοδυναμεί με $1016,05$ kp και 1 kp με $9,80665 \times 10^{-3}$ kN.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ

Περιγραφή φορτίου	S.F	
	m ³ /MT	ft ³ /LT
Αλάτι σε σάκους	1,06/1,12	38/40
Αλάτι χύμα	1,01/1,06	36/38
Αλεύρι σε σάκους	1,20/1,33	43/48
Άμμος	0,53/0,56	19/20
Άργο πετρέλαιο	1,02/1,33	37/48
Άσβεστος	1,67/1,81	60/65
Άσφαλτος	0,91/1,00	33/36
Αχλάδια	2,64/2,78	95/100
Βαμβακέλαιο	1,09	39
Βαμβακερά είδη	2,23/2,78	80/100
Βαμβάκι Αιγύπτου	1,89/2,01	68/72
Βαμβάκι Αυστραλίας	3,62/3,76	130/135
Βενζίνη	1,26/1,43	45/51
Βερίκοκκα ξερά	1,39/1,45	50/52
Βερίκοκκα φρέσκα	2,56/2,78	92/100
Βούτυρο σε κιβώτια	1,45/1,50	52/54
Βρώμη	2,12	76
Βωξίτης χύδην	0,73/0,90	26/32
Γαρύφαλλα (μπαχαρικά)	3,06/3,20	110/115
Γιαλιά	1,26/1,53	45/55
Γιούτα	1,81/1,87	65/17
Γκρέιπ φρουτ	2,56/2,92	92/105
Δαμάσκηνα	1,39/1,45	50/52
Δέρματα	ως 5,66	ως 200
Εργαλεία	1,12/1,39	40/50
Ζάχαρη σε σάκους	1,29/1,34	46/48
Ζάχαρη χύμα	1,12/1,26	40/45
Κακάο	1,89/2,01	68/72
Καλώδια ηλεκτρικά	1,12	40
Κανέλα	2,78/3,06	100/110
Καπνός	2,78/4,18	100/150
Κάρβουνα	1,18/1,33	42/48
Κατεψυγμένο αρνί	3,06/3,34	110/120
Κατεψυγμένο μοσχάρι	2,37/2,64	85/95
Κατεψυγμένο χοιρινό	2,50/2,64	90/95
Κατράμι	1,34/1,47	48/53
Καυστική σόδα	1,04	37
Καφές	1,61/1,75	58/63
Κεραμίδια	0,98	35
Κηροζίνη	1,20/1,26	43/45
Κονσέρβες κρέατος	1,39	50
Κονσέρβες φρούτων	1,67	60
Κορμοί δέντρων	4,18	50
Κρασιά	1,39/1,53	50/55
Κρέας σε κατάψυξη	2,36/2,64	85/95
Κρέας σε ψύξη	3,20/3,34	115/120
Κρέας χωρίς οστά	1,67/1,74	60//62
Κρεμμύδια	2,23/2,37	80/85

(συνεχίζεται)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ

Περιγραφή Φορτίου	S.F	
	m³/MT	ft³/LT
Κριθάρι σε σάκους	1,67	60
Κριθάρι χύδην	1,50	54
Κωκ (ποάνθρακας)	1,95/2,78	70/100
Λάδι καρύδας	1,06	38
Λαρός	1,73/1,81	62/65
Λάσπιχο	1,81/1,87	65/67
Λεμόνια	2,56/2,92	92/105
Δευκοσιδήρου έλασμα	0,56	20
Λευκοσιδήρου χελώνες	0,22/0,28	8/10
Λινάρι	2,92/3,34	105/120
Λινέλαιο	1,62/2,23	60/80
Λιπαντικά	1,05/1,18	38/42
Λίπος	1,67/1,78	60/64
Μακαρόνια	2,23/2,50	80/90
Μαλλί	3,62	130
Μάρμαρο	0,42/0,56	15/20
Μεταλλεύματα γενικά	0,34/0,50	12/18
Μετάλλευμα μαγγανίου	0,47/0,50	17/18
Μετάξι, είδη από	2,23/2,78	80/100
Μήλα σε κιβώτια	2,36/2,64	85/95
Μηχανήματα	1,12/1,53	40/55
Μολύβδου μετάλλευμα	0,25/0,31	9/11
Μπανάνες	3,62/3,90	130/140
Μπέικον	1,73/1,84	62/66
Μπιζέλια	1,29/1,39	46/50
Μπύρα σε κάσες	1,95/2,09	40/75
Ντομάτες	1,95/2,04	70/75
Ξυλεία	1,39	50
Ορυκτό χρωμίου (Chrome - ore)	0,34	12
Ουίσκου	1,67	60
Παπούτσια	2,23	80
Παραφίνη	1,19/1,27	43/46
Πετρέλαιο αργό	0,91/1,00	33/36
Πετρέλαιο Diesel	1,09/1,15	39/41
Πετρέλαιο λεβήτων	1,01/1,09	36/39
Πιπέρι	1,39	50
Πορσελάνες	2,78/3,06	100/110
Πορτοκάλια	2,56/2,92	92/105
Πουλερικά	2,09/2,23	75/80
Πυρότουβλα	0,70/0,84	25/30
Ρέγγες	1,26/1,67	45/60
Ρετσίνια	1,39/1,45	50/52
Ροδάκινα	2,56/2,92	92/105
Ρούμι	1,53/1,67	55/60
Ρύζι	1,26/1,39	45/50
Σανίδες	1,39	50
Σανός	3,34/4,46	120/160
Σίδηρος γαλβανισμένος	0,67/0,78	24/28

(συνενιζεται)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ

Περιγραφή φορτίου	S.F	
	m³/MT	ft³/LT
Σίκαλη	1,39	50
Σιτάρι	1,32	47
Σιτηρά γενικά σε σάκους	1,39/1,81	50/65
Σιτηρά γενικά χύδην	1,20/1,67	43/60
Σκόρδα	2,64	95
Σμυριδόπετρες	1,67	60
Σπορέλαια	1,06/1,09	38/39
Σπόροι	1,39/1,95	50/70
Σταφίδα	2,43	87
Στουπί	2,50/2,78	90/100
Σύκα	1,26/1,39	45/50
Συμπυκνώματα μετάλλων	0,50/0,56	18/20
Συρματόσχοινα σε ρόλλους	0,70/0,98	25/35
Σχοινιά σε κουλούρες	2,23/2,78	80/100
Σωλήνες χαλύβδινοι	1,12/1,67	40/60
Υγιεινής είδη	4,18	150
Ύφασμα σε ρόλλους	2,23/2,78	80/100
Φαλαινόλαδο	1,07/1,14	38/41
Φασόλια σε σάκους	1,39/1,95	50/70
Φασόλια χύδην	1,33	48
Φελλός	6,12	220
Φοινικέλαιο	1,06	38
Φρούτα αποξηραμένα	1,39/1,45	50/52
Φρούτα σε κονσέρβες	1,67	60
Φρούτα σε ψύξη	2,56/2,92	92/105
Φρούτα φρέσκα	2,56/2,92	92/105
Φωσφάτο	0,92/0,98	33/35
Χαλιά	ως 4,46	ως 160
Χαλκός σε χελώνες	0,28/0,34	10/12
Χαρτί σε ρόλλους	2,37/2,5	85/90
Χάρτου απορρίμματα	1,53/2,50	55/90
Χελώνες μετάλλων	0,22/0,33	8/12
Χημικά	1,12	40
Χουρμάδες	1,12/1,26	40/45
Χρώματα	0,5/0,56	18/20
Ψαράλευρο	1,73/1,81	62/65

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΟΡΥΚΤΩΝ

Ορυκτό	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	S.F		Σύντομη περιγραφή ορυκτού-κατανομής μεγέθους του
			ft ³ /LT	m ³ /MT	
Βωξίτης	Αυστραλία	28° ξηρό 49° σε χώρο με 8% υγρασία	27	—	Στρογγυλά χαλίκια διαμέτρου από 1/10" ως 5/8" Υγρασία γύρω στο 8%
Μαγγάνιο	Ζαΐρ	36° - 40°	17	0,472	Βότσαλα 1/2" ως 10"
Μαγγάνιο	Βραζιλία	45°	17	0,472	50% βότσαλα, 30% χαλίκια, 20% λεπτοί κόκκοι, υγρασία 10 - 12%
Μαγγάνιο	Γκάνα	30°	17	0,472	Λεπτή σκόνη
Μαγγάνιο	Ελλάδα	28°	17	0,472	Χοντρή σκόνη ως βότσαλα 6"
Μαγγάνιο	Μαρόκο	33° - 43°	20	0,556	Από λεπτή σκόνη ως βότσαλα 3"
Μαγγάνιο	Μεξικό	37°	14,9	0,414	63% βότσαλα, 20% χαλίκια, 15% σκόνη
Μαγγάνιο	Ν. Αφρική	42°	11,4	0,317	80% βότσαλα, 10% χαλίκια, 10% σκόνη, υγρασία 0,5 ως 1%
Μαγγάνιο	Ν. Αφρική	42°	12,8	0,356	85% βότσαλα, 10% χαλίκια, 5% σκόνη, υγρασία 0,5 ως 1%
Μαγγάνιο	Περού	37°	19,8	0,55	40% βότσαλα, 30% χαλίκια, 30% σκόνη, υγρασία 3 - 10%
Μαγγάνιο	Σιγκαπούρη	37°	15,6	0,433	40% βότσαλα, 30% χαλίκια, 30% σκόνη, υγρασία 8 ως 10%
Μαγγάνιο	Τουρκία	37°	17,5	0,486	40% βότσαλα, 30% χαλίκια, 30% σκόνη, υγρασία 2 - 15%
Μαγγάνιο	Χιλή	37°	19,8	0,550	60% βότσαλα, 20% χαλίκια, 20% σκόνη
Μετάλλευμα σιδήρου	Βορειοδυτική Αυστραλία	34°	14,0	—	72% λεπτοί κόκκοι - Το υπόλοιπο 1/4"
Μετάλλευμα σιδήρου	Νότιος Αυστραλία	33°	18,0	—	
Μετάλλευμα σιδήρου	Κριμαία	30° - 50°	—	0,66	
Μετάλλευμα σιδήρου	Ουκρανία	30° - 50°	—	0,60	
Μετάλλευμα σιδήρου «Α»	Κριμαία	30° - 50°	—	0,5	
Μετάλλευμα σιδήρου «Α»	Ουκρανία	30° - 50°	—	0,8	
Μετάλλευμα σιδήρου «Α»	Ουκρανία	30° - 50°	—	0,58	
Μετάλλευμα σιδήρου K	Ουκρανία	30° - 50°	—	0,50	
Μετάλλευμα σιδήρου «Ο»	Ουκρανία	30° - 50°	—	0,3	
Μετάλλευμα σιδήρου «P»	Ουκρανία	30° - 50°	—	0,4	
Πυρίτης	—	40° - 45°	14,0	0,4	
		38°	—	0,4	< 4 mm
Σίδηρος	Βενεζουέλα Puerto Ordaz	44°	14,0	0,389	40% βότσαλα, 30% χαλίκια, 30% σκόνη, υγρασία 7 - 8%
Σίδηρος	Αίγυπτος	38°	15,8	0,439	40% βότσαλα, 30% χαλίκια, 30% σκόνη, υγρασία 3 - 5%
Σίδηρος	Βενεζουέλα Paula	38°	13,5 12,5 12,4	0,375 0,347 0,344	Χαλίκια

(συνεχίζεται)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΟΡΥΚΤΩΝ

Ορυκτό	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	S.F		Σύντομη περιγραφή ορυκτού-κατανομής μεγέθους του
			ft ³ /LT	m ³ /MT	
Σίδηρος	Βραζιλία - Βικτόρια	35° - 40°	11,2	0,311	70% βότσαλα, 15% χαλίκια, 10% σκόνη, υγρασία 2%
Σίδηρος	Βραζιλία Ρίο	35° - 40°	14,2	0,394	80% βότσαλα, 10% χαλίκια, 10% σκόνη, υγρασία 1 - 2%
Σίδηρος	Γκάνα	38°	18,8	0,522	55% βότσαλα, 25% χαλίκια, 20% σκόνη
Σίδηρος	Ινδία	35°	2,0 2,3		250 - 350 mm 1% 150 - 250 mm 20% 75 - 150 mm 21% 50 - 75 mm 16% 25 - 50 mm 16% 12 - 25 mm 12% 6 - 12 mm 3% 0 - 6 mm 11%
Σίδηρος	Καλιφόρνια Long Beach	40° - 45°	14,0	0,391	1" βότσαλα 80%, σκόνη 20%, μεταβλητή υγρασία, άσομο
Σίδηρος	Καλιφόρνια Pittsburg	40°	12 - 13	0,334 - 0,363	Άμμος, υγρασία 1% - 8% μαύρο, άσομο
Σίδηρος	Καλιφόρνια Stocton	35°	12 - 13	0,334 - 0,363	8" βότσαλα 60%, σκόνη 40%, υγρασία 1 - 8%, μαύρο, άσομο
Σίδηρος	Λαμπραντόρ	38°	13,8	0,370	35% βότσαλα, 35% χαλίκια, 75% σκόνη, υγρασία 16 - 18%, πάγος και χιόνι
Σίδηρος	Περού	38° - 45°	12,7	0,347	
Σίδηρος	Σουηδία Narvic	36°	10,6	0,295	50% βότσαλα, 25% χαλίκια, 25% σκόνη, υγρασία 3 - 4%
Σίδηρος	Σουηδία Narvic	45°	10,7	0,297	50% βότσαλα, 25% χαλίκια, 25% σκόνη, υγρασία 3 - 4%
Σίδηρος	Χιλή Cruz Grande	38°	11,1	0,309	40% βότσαλα, 30% χαλίκια
Σίδηρος	Χιλή Valparaiso	38°	13,8	0,384	30% σκόνη, υγρασία 1% 40% βότσαλα, 30% χαλίκια
Σίδηρος (πλούσιος σε φωσφόρο)	Αλαμπάμα ΗΠΑ	40°	14,0	0,391	30% σκόνη, υγρασία 3 - 5% 75% βότσαλα - 25% σκόνη Υγρασία μικρή, άσομο
Φθοριούχο ασβέστιο	Μεξικό	35°	23,0	0,639	Χοντρά σωματίδια
Χρώμιο	Ροδεσία	33°	14,0	0,390	Λεπτά σωματίδια ως χαλίκια 1/4"
Χρώμιο	Φιλιππίνες	40°	14,5	0,403	Βότσαλα 5" - 10"

Σημείωση:

Όπου η γωνία αναπαύσεως πλησιάζει τις 35°, θα πρέπει να γίνεται μέτρηση για τον ακριβή προσδιορισμό της, ώστε να διαπιστώνεται ποιοι ακριβώς κανονισμοί πρέπει να τηρηθούν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΧΥΔΗΝ

Φορτίο	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	S.F		Σύντομη περιγραφή του και κατανομή μεγέθους του
			ft ³ /LT	m ³ /MT	
Αλάτι	Καλιφόρνια ΗΠΑ	45°	33,0	0,92	Τραχύ, λευκό, άσμο, υγρασία 3%
Αλάτι ακατέργαστο	Λουιζιάνα ΗΠΑ	30°	33,0-38,0	0,976-1,059	Μικροί κόκκοι, λευκό, άσμο, υγρασία 0,02%
Αλουμίνια	Γιοκοχάμα	35°	43,0-45,0	1,198-1,124	Λεπτόκοκκη σκόνη, άσμο, λευκό
Αλουμίνια	Αλαμπάμα ΗΠΑ	35°	37,0	1,032	Λεπτόκοκκη σκόνη, άσμο, λευκό, υγρασία 3%
Αλουμίνια	Λουιζιάνα ΗΠΑ	35°	45,0	1,254	100% λευκή πούδρα, άσμο, υγρασία 0-1%
Αλουμίνια	Τέξας ΗΠΑ	35°-40°	45,0	1,254	Λευκή πούδρα, άσμο, χωρίς υγρασία
Ανθρακικό μαγνήσιο	Μαϊρουλαντ ΗΠΑ	35°	30,0	0,836	Κόκκοι ως χαλίκια 1'', κιτρινωπό, άσμο, χωρίς υγρασία
Ανθρακικό μαγνήσιο (συνθετικό)	Φιλαδέλφεια ΗΠΑ	38°-40°	16,6-18,0	0,463-0,501	90% άμμος, 10% πούδρα, λευκό έως κίτρινο, άσμο, χωρίς υγρασία
Αντιμόνιο	Φιλαδέλφεια ΗΠΑ	40°	12,0-15,0	0,3346-0,4183	80% βότσαλα, 10'' - 20% πούδρα, σκούρο γκρι, άσμο, χωρίς υγρασία
Ασβεστόλιθος Βόρας	N. Αυστραλία Καλιφόρνια ΗΠΑ	— 30°	22,0 46	— 1,282	— Με μορφή κόκκων, διπτρού έως γκρι, χωρίς υγρασία
Γύψος	Νόπιος και Δυτική Αυστραλία	Ξηρός 28,5° Υγρός 45°	— —	— —	Μέτρια έως τραχιά πούδρα
Ζάχαρη Θεική αμμωνία	Αυστραλία	32°	41-45	—	
Θεική αμμωνία	Αυστραλία	>35°	38,0	—	
Θεική αμμωνία	Τασμανία				
Θεική αμμωνία	Μαϊρουλαντ ΗΠΑ	28°	37'0	1,032	Λευκοί κρύσταλλοι, ελαφρά οσμή, υγρασία 1/2 - 1%
Θεική αμμωνία	Τέξας ΗΠΑ	32°	33,0 - 35,0	0,920-0,976	Λεπτοί κρύσταλλοι, λευκοί ή καφέ, οσμή αμμωνίας, υγρασία 0,04 - 0,05%
Θεική αμμωνία	Χιούστον ΗΠΑ	32°	33,0 - 35	0,920-0,976	Λεπτοί κρύσταλλοι, λευκοί ή καφέ, οσμή αμμωνίας, υγρασία 0,04 - 0,05%
Θείο	Λουιζιάνα ΗΠΑ	35°-40°	28,0-29,0	0,781-0,809	75% βότσαλα 1'' - 8'', 25% πούδρα, κίτρινο, οσμή θείου, χωρίς υγρασία
Θείο	Τέξας ΗΠΑ	35°	28,0 - 31,0	0,781-0,865	Κίτρινο, 90% σκόνη, 10% βότσαλα 1'' - 8'' ή σκούρο, 80% σκόνη - 20%, βότσαλα 10'', οσμή θείου, υγρασία 0-1%
Κάρβουνο	Αυστραλία	—	45'0 38,0		Μεγάλα κομμάτια Μικρά κομμάτια

(συνεχίζεται)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΧΥΔΗΝ

Φορτίο	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	S.F		Σύντομη περιγραφή του και κατανομή μεγέθους του
			ft ³ /LT	m ³ /MT	
Κάρβουνο	Νορβηγία	38°	—	1,3	<10 mm
Κάρβουνο «A»	Σοβιετική	30°-45°	—	0,99-0,79	0-100-200 mm
Κάρβουνο «AK»	Σοβιετική	30°-40°	—	1,02-0,95	25-50-100 mm
Κάρβουνο «B»	Άπω Ανατολή	30°-45°	—	1,25-1,05	0-300 mm
Κάρβουνο «B»	Σοβιετική	30°-45°	—	1,43-1,25	‘Ενωση
Κάρβουνο «D»	Σοβιετική	30°-45°	—	1,2-1,41	0-13-25 mm
Κάρβουνο «D»	Σοβιετική	30°-45°	—	1,04-1,02	‘Ενωση
Κάρβουνο «DK»	Σοβιετική	30°-45°	—	1,25-1,4	50-100mm
Κάρβουνο «DK»	Σοβιετική	30°-45°	—	1,25-1,17	‘Ενωση
Κάρβουνο «K»	Σοβιετική	30°-40°	—	1,1-1,03	‘Ενωση
Κάρβουνο «T»	Άπω Ανατολή	30°-45°	—	1,01-0,86	‘Ενωση
Κάρβουνο «T»	Άπω Ανατολή	30°-45°	—	1,1-1,0	‘Ενωση
Κάρβουνο «T»	Άπω Ανατολή	30°-45°	—	1,05-1,1	‘Ενωση
Κάρβουνο «T»	Άπω Ανατολή	30°-45°	—	0,94	‘Ενωση
Κάρβουνο «T»	Σοβιετική	30°-45°	—	1,16-0,92	‘Ενωση
Κάρβουνο «T»	Σοβιετική	30°-45°	—	1,2-1,05	‘Ενωση
Καρβουνο-ανθρακίτης	Φιλαδέλφεια	25°-35°	42,0-48,0	1,171-1,339	Σαν λεπτή άμμος, μαύρο, άσομο
Κάρβουνο ασφαλτώδες	Βιρτζίνια	30°-35°	46,0-55,0	1,282-1,533	ΗΠΑ
Κάρβουνο ασφαλτώδες	ΗΠΑ	30°-35°	—	—	Ως 6”, ποσοστό υγρασίας 1 ως 5%, άσομο, μαύρο
Κάρβουνο ημίκαυστο	Αλαμπάμα	37°	105,0	2,93	ΗΠΑ
Κώκ από πετρέλαιο	Αλαμπάμα	40°	48,0-60,0	1,339-1,673	Διάφορα μεγέθη 3” ως 5”, μαύρο, άσομο, αμελητέα υγρασία
Κώκ από πετρέλαιο	Καλιφόρνια	30°	50,0-55,0	1,394-1,533	Λονγκ Μπητς
Κώκ από πετρέλαιο	Καλιφόρνια	35°	48,0-60,0	1,339-1,673	Στόκτον
Κώκ από πετρέλαιο	Λουιζιάνα	35°	45,0	1,254	ΗΠΑ

(συνεχίζεται)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΧΥΔΗΝ

Φορτίο	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	S.F		Σύντομη περιγραφή του και κατανομή μεγέθους του
			ft ³ /LT	m ³ /MT	
Κωκ από πετρέλαιο	Λουιζιάνα ΗΠΑ	35°	50,0-55,0	1,394-1,533	80% πούδρα - 20% μικρά βότσαλα 4'', μαύρο, άσμο, υγρασία 5-10%
Κωκ από πετρέλαιο	Μαίρυλαντ ΗΠΑ	33°	48,0	1,339	25% βότσαλα 1'' - 75%, κόκκι, γκρι, άσμο, μεταβλητή υγρασία
Κωκ από πετρέλαιο	Όρεγκον ΗΠΑ	42°	55,0-59,0	1,533-1,645	60% βότσαλα 1''-3'' 40% πούδρα, μαύρο, άσμο, υγρασία 4-5% Κρύσταλλοι 1-4,5 mm σε ομάδες
Λίπασμα A.NPK 12,5-5,5-15	Glomfjord	34°	—	1,0	Κρύσταλλοι 1-4,5 mm σε ομάδες
Λίπασμα C.NPK 14,5-4,7,11,7	Glomfjord	34°	—	1,0	Κρύσταλλοι 1-4,5 mm σε ομάδες
Λίπασμα NPK 14-4-17	Heroya	34°	—	0,95	Κρύσταλλοι 1-4,5 mm σε ομάδες
Λίπασμα NPK 16-5-12	Heroya	34°	—	1,0	Κρύσταλλοι 1-4,5 mm σε ομάδες
Λίπασμα NPK 20-9-0	Heroya	35°	—	1,0	Κρύσταλλοι 1-4,5 mm σε ομάδες
Λίπασμα (ανάμικτο)	Φλώριδα ΗΠΑ	50°	37,0	1,032	Μικροί κρύσταλλοι, γκρι ως καφέ, άσμο, υγρασία 1%
Μόλυβδος	Φιλαδέλφεια ΗΠΑ	45°	18,0	0,302	Βαριά σκόνη με περιεκτικότητα 58-62% μόλυβδο. Η σκόνη σε συγκέντρωση πάνω από 0,2 tpy/m ³ είναι τοξική
Μόλυβδος	Καλιφόρνια ΗΠΑ	22°	60,0	1,673	Ψαθυρό, μαύρο, άσμο, χωρίς υγρασία
Όξινο ανθρακικό ασβέστιο	Καλιφόρνια ΗΠΑ	25°	50,0	1,394	Λευκό, υγρασία 0,02%
Όξινο ανθρακικό ασβέστιο (Dense)	Τέξας ΗΠΑ	40°	45,0	1,254	Λευκή πούδρα, άσμο, χωρίς υγρασία
Πηλός	Τζόρτζια ΗΠΑ	30°	48,0	1,339	100% σκόνη, λευκό, άσμο, υγρασία 60%
Πηλός	Σικάγο ΗΠΑ	30°-35°	36,0-46,0	1,003-1,115	Σκόνη, γκρι, άσμο, υγρασία 6-7%

(συνεχίζεται)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΧΥΔΗΝ

Φορτίο	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	S.F		Σύντομη περιγραφή του και κατανομή μεγέθους του
			ft ³ /LT	m ³ /MT	
Ποτάσσα	Καλιφόρνια ΗΠΑ	35°	35,0-37,0	0,976-1,032	Με μορφή κόκκων, λευκό, άσμο, μεταβλητή υγρασία
Ποτάσσα	Τέξας ΗΠΑ	32°	31	0,861	Με μορφή κόκκων, λευκό, άσμο,
Ποτάσσα (Muriate of)	Τέξας ΗΠΑ	45°-47°	38,0-40,0	1,059-1,115	υγρασία 1-2% 85% κόκκοι, 15% πούδρα,
Ροδονίτης	Σαουδική Αραβία	~45°		0,22±20%	μυρωδιά ιαδίου, μεταβλητή υγρασία Διάφορα μεγέθη 0-300 mm 0-100 mm 0-50 mm 0-25 mm 0-6 mm
Σιδηρομαγγάνιο	Σαουδική Αραβία	~45°		0,3±20%	Διάφορα μεγέθη 0-300 mm 0-100 mm 0-50 mm 0-25 mm 0-6 mm
Σιδηρομαγγάνιο Σιδηροχρώμιο	Τασμανία	— ~45°	9,0 0,22±20%	—	— Διάφορα μεγέθη 0-300 mm 0-100 mm 0-50 mm 0-25 mm 0-6 mm
Σπόρος μπαμπακιού	Καλιφόρνια ΗΠΑ	20°	60,0-65,0	1,673-1,812	Κίτρινο, άσμο, υγρασία 3%
Σπόρος μπαμπακιού	Τέξας ΗΠΑ	32°-35°	65,0	1,812	Λεπτές φλούδες, πάχος 1/8", μήκος 2-4" και πλάτος 3", κιτρινωπό, άσμο, υγρασία 4-6%
Σπόρος μπαμπακιού Τσιμέντο	Τέξας ΗΠΑ Δανία	32°	60,0	1,673 ~0,74	Κιτρινωπό προς καφέ, άσμο, υγρασία 5-8% 'Ολες οι ιδιότητες εξαρτώνται από την ποσότητα αέρα που παράγεται στο κύτος κατά τη φόρτωση Λεπτόκοκκο, γκρι, άσμο, χωρίς υγρασία
Τσιμέντο	Καλιφόρνια ΗΠΑ	12°	23,0	0,6414	Λεπτόκοκκο, γκρι, άσμο, χωρίς υγρασία
Τσιμέντο	Ιαπωνία	40°	24,0	0,669	Λεπτόκοκκο, γκρι, άσμο, χωρίς υγρασία

(συνεχίζεται)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΧΥΔΗΝ

Φορτίο	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	S.F.		Σύντομη περιγραφή του και κατανομή μεγέθους του
			ft ³ /LT	m ³ /MT	
Τσιμέντο Τσιμέντο Φωσφορικό άλας Φωσφορικό οξύ Χαλκός	Νορβηγία Ιαπωνία Φλώριδα ΗΠΑ Maryland ΗΠΑ Φιλαδέλφεια ΗΠΑ	~ 60° 24° 31°-34° 35° 45°	~24,0 28,0 20,0-28,0 40,0-45,0 34,0 8,9-11,6	0,78 0,725 0,78 0,948 0,248 0,323	Χαλίκια > 40% 12% 40-5 mm 68% < 5 mm 20% χωρίς υγρασία Κόκκοι, γκρι, άσπιτο, υγρασία 2-7% Μικρές μεταλλικές πέτρες 1/8"-1" 75% χαλκός 15% προσμίξεις μαύρο, άσπιτο, χωρίς υγρασία

Σημείωση.
Όπου η γωνία αναπαύσεως πλησιάζει στις 35°, θα πρέπει να γίνεται μέτρηση για τον ακριβή προσδιορισμό της, ώστε να διαπιστώνεται ποιοι ακριβώς κανονισμοί πρέπει να τηρηθούν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ

Συμπύκνωμα	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	'Οριο υγρασίας για μεταφορά	Μέση υγρασία στο σημείο φορτώσεως	S.F.		Σύντομη περιγραφή συμπυκνώματος και κατανομή μεγέθους του
					ft ³ /LT	m ³ /MT	
Αλάτι	Νότιος Αυστραλία	—	—	—	—	—	Οι πληροφορίες ποικίλλουν και δίνονται κατά περίπτωση »
Αλουμίνια	Δυτική Αυστραλία	—	—	—	—	—	
Άρμος	Νότιος Αυστραλία	—	—	—	—	—	»
Θεϊκό βάριο	Νότιος Αυστραλία Νότιος Ουαλία	30°	—	—	8,1	—	Χαλίκια 1/8"
Θεϊκός μόλυβδος	Μεταλλεία Κασσάνδρας (Kassandra mines) Bleikvassli Grube Fosdalen	38° σε υγρασία 9%	11%	7-11%	16,25	0,46	
Θεϊκός σίδηρος	~ 41°	9%	5-9%	—	0,45	—	
Θεϊκός σίδηρος	Bergverks A/S Malm	40-45°	8%	4,5-9%	13,06	0,37	
Θεϊκός σίδηρος	A/S Sulityelma Gruber	~ 43°	9%	~ 7%	—	0,45	
Θεϊκός σίδηρος	A/S Vigsnes Kobberverk	47°	7%	7,10%	15,2	0,43	
Θεϊκός σίδηρος (Χωρίς χαλκό)	A/S Stordø Kisgruber	35°	4%	3,5%	16,0	—	0 ως 0,5 mm
Θείο	Killingdal Grube	πάνω από 35°	6%	5%	—	0,42	100% < 0,21 mm
Θειώδες ψευραργυρικό άλας	Μεταλλεία Κασσάνδρας (Kassandra mines)	38° σε υγρασία 9%	11%	7-11%	16,25	0,46	
Μαγγάνιο	Μαύρη Θάλασσα Βαλτική Δυτική Αυστραλία	35° - 40°	—	6,25%	—	0,4 0,54	100 ως 0,0 mm
Μαγνησίτης	—	—	—	—	—	—	Οι πληροφορίες ποικίλλουν και δίνονται κατά περίπτωση
Μόλυβδος	Τασμανία	>35°	10%	15%	18,0	—	Λεπτή πούδρα
Μόλυβδος	Άπω Ανατολή	40°	10%	7-14%	—	0,24	0,3 - 0,07 mm

(συνεχίζεται)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ

Συμπύκνωμα	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	'Οριο υγρασίας για μεταφορά	Μέση υγρασία στο σημείο φορτώσεως	S.F.		Σύντομη περιγραφή συμπυκνώματος και κατανομή μεγέθους του
					ft ³ /LT	m ³ /MT	
Μόλυβδος	Great Lakes ΗΠΑ	—	9,6%	μεταβλητό	—	—	—
Μόλυβδος	New castle	—	10,1%	»	—	—	—
Μόλυβδος	New foundland	—	7,9%	»	—	—	—
Μόλυβδος	New Westminster	—	—	—	—	—	Χαρακτηριστικά ποικίλλουν
Μόλυβδος	Quebec	—	10,4%	μεταβλητό	—	—	—
Μόλυβδος	Quebec	—	8,3%	»	—	—	—
Μόλυβδος	Bleikvassli	~ 41°	7%	6-8%	—	0,4	—
Μόλυβδος-χαλκός	New castle	—	11,2%	μεταβλητή	—	—	—
Μόλυβδος-ασήμι	χάλιφαξ	—	8,2%	μεταβλητό	—	—	—
Νικέλιο	Βανκούβερ	—	11,8%	μεταβλητό	—	—	—
Πυρίτης	Τασμανία	—	—	—	—	—	Χαρακτηριστικά ποικίλλουν Εμπλουτισμένο ορυκτό
Σίδηρος	New foundland	—	—	—	—	—	—
Σίδηρος	Μαύρη Θάλασσα	40°	11,6%	6-10%	—	0,38	0,99-0,05 mm
Σίδηρος	Βαλτική	—	—	—	—	—	—
Σίδηρος	Quebec	—	—	—	—	—	Χαρακτηριστικά ποικίλλουν
Σίδηρος	Prince Rupert	44°	6,79%	5,9%	11,2	—	—
Σίδηρος	Βανκούβερ	—	7,7%	μεταβλητό	—	—	—
Σίδηρος	Vancouver Island B.C	35°	εφαρμόζεται	1%	12,5	—	—
Σίδηρος	»	—	10,4%	8%	—	—	—
Σίδηρος	»	—	7%	μεταβλητό	—	—	—
Σίδηρος	»	—	7,2%	»	—	—	—
Σίδηρος	»	45°	6,7%	5%	11,4	—	—
Σιδηρομετάλλευμα	Brastad	75°	7%	6%	—	~ 0,33	0-2 mm
Σιδηρομετάλλευμα	Gruber	—	—	—	—	—	—
Σιδηρομετάλλευμα	Oyestad	—	—	—	—	—	—
Σιδηρομετάλλευμα	Arendal	—	—	—	—	—	—
Σιδηρομετάλλευμα	Als Rodsand	40°	7%	6,0%	—	0,33	—
Σιδηρομετάλλευμα	Gruber	—	—	—	—	—	—
Σιδηρομετάλλευμα	Fosdalen	—	—	—	—	—	—
Σιδηρομετάλλευμα	Bergeriks	40-45°	9,5%	6,0-9,5%	14,12	0,40	—
Σιδηρομετάλλευμα	Als Malm	—	—	—	—	—	—
Σιδηρομετάλλευμα	Titania A/S	40°	8,5%	6,7%	—	~ 0,41	—
Τιτάνιο	Tellnes	—	—	—	—	—	—
Τιτάνιο	Μαύρη Θάλασσα	35°	10%	7%	—	0,36	0,5-0,12 mm
Τιτάνιο	Βαλτική	—	—	—	—	—	—

(συνεχίζεται)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ

Συμπύκνωμα	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	'Οριο υγρασίας για μεταφορά	Μέση υγρασία στο σημείο φορτώσεως	S.F.		Σύντομη περιγραφή συμπυκνώματος και κατανομή μεγέθους του
					ft ³ /LT	m ³ /MT	
Χαλκός	Βόρεια Αυστραλία	43°	7%	μεταβλητό	—	—	—
Χαλκός	Νότια Αυστραλία	43°	7%	»	—	—	—
Χαλκός	Δυτική Αυστραλία	43°	7%	»	—	—	—
Χαλκός	Dahliousie	—	11,1%	»	—	—	—
Χαλκός	Great Lakes, ΗΠΑ	—	9,4%	»	—	—	—
Χαλκός	New castle	—	11,9%	»	—	—	—
Χαλκός	New foundland	—	11,2%	»	—	—	—
Χαλκός	Quebec	—	10,4%	»	—	—	—
Χαλκός	Quebec	—	10,9%	»	—	—	—
Χαλκός	Βανκούβερ	—	10,1%	»	—	—	—
Χαλκός	Βανκούβερ	—	10,3%	»	—	—	—
Χαλκός	»	—	10,2%	»	—	—	—
Χαλκός	Vancouver Island B.C	—	9,8%	»	—	—	—
Χαλκός	»	—	9,4%	»	—	—	—
Χαλκός	»	—	9,9%	»	—	—	—
Χαλκός	»	—	9,6%	»	—	—	—
Χαλκός	—	—	9,4%	»	—	—	—
Χαλκός	Foldal gruber	45°	9%	9-10%	—	0,4	
Χαλκός	Killingdal gruber	>35°	11,5%	10%	—	0,5	100% < 0,21 mm
Χαλκός	A/S Vigsnes Kobberverk	50°	8%	6%	18,0	0,51	70% < 0,074 mm
Ψευδάργυρος	Άπω Ανατολή	40°	12%	12% μεταβλητό	10-14%	0,43	0,3-0,071 mm
Ψευδάργυρος	Dahliousie	—	11,2%	μεταβλητό	—	—	ο
Ψευδάργυρος	Montreal	40°	10,6%	9,5% μεταβλητό	18,0	—	ο
Ψευδάργυρος	New castle	—	11,4%	μεταβλητό	—	—	—
Ψευδάργυρος	New foundland	—	10,2%	»	—	—	—
Ψευδάργυρος	Quebec	»	11,0%	»	—	—	—
Ψευδάργυρος	»	—	9,8%	»	—	—	—
Ψευδάργυρος	»	35°-40°	9,5%	5,5% μεταβλητό	16,0-17,0	—	—
Ψευδάργυρος	»	—	10,8%	μεταβλητό	—	—	—
Ψευδάργυρος	»	50°	10,0%	6,4% μεταβλητό	17,4	—	—
Ψευδάργυρος	»	—	10,0%	μεταβλητό	—	—	—
Ψευδάργυρος	»	45°	9,9%	8,63% μεταβλητό	15,3	—	—
Ψευδάργυρος	»	40°	10,4%	10,2%	20,0	—	—
Ψευδάργυρος	Νότιος Αυστραλία	>35°	7%	4,2%	—	—	—

(συνεχίζεται)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5**ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ**

Συμπύκνωμα	Προέλευση	Γωνία αναπαύσεως σε μοίρες	Όριο υγρασίας για μεταφορά	Μέση υγρασία στο σημείο φορτώσεως	S.F.		Σύντομη περιγραφή συμπυκνώματος και κατανομή μεγέθους του
					ft ³ /LT	m ³ /MT	
Ψευδάργυρος	Bleikvasssei Grube	~ 42°	9,5%	7-10%	—	0,5	—
Ψευδάργυρος	Folldal Gruber	45°	10,5%	9-10%	—	0,4	—
Ψευδάργυρος	Killindal Grube A/S	>35°	9,5%	8%	—	0,5	100% < 0,231 mm 70% < 0,074 mm
Ψευδάργυρος	Sulitzelma Gruber A/S Vigsnes Kobberverk	~ 43°	12%	~ 8,5%	—	0,5	
Ψευδάργυρος		50°	8,5%	8,5%	16,0	0,45	

Σημείωση.
Όπου η γωνία αναπαύσεως πλησιάζει τις 35°, θα πρέπει να γίνεται μέτρηση για τον ακριβή προσδιορισμό της, ώστε να διαπιστώνεται ποιοι ακριβώς κανονισμοί πρέπει να τηρηθούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Διαστάσεις – Ονοματολογία

1.1 Γενικά	1
1.2 Άξονες και επίπεδα αναφοράς του πλοίου	1
1.3 Απλοποιημένη μορφή πλοίου	2
1.4 Επιφάνεια και διαστάσεις αναφοράς	3
1.5 Ορισμοί βασικών διαστάσεων πλοίου	3
1.6 Βασική ονοματολογία	6
1.7 Σχέδιο γραμμών (Lines plan)	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Ιδιότητες υγρών και στερεών σωμάτων

2.1 Μάζα και βάρος	10
2.2 Πυκνότητα και ειδικό βάρος	12
2.3 Συντελεστές στοιβασίας (stowage factor, SF)	13
2.4 Η πυκνότητα του νερού	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Ισορροπία στερεών σώματος – Κέντρα βάρους

3.1 Βασικοί ορισμοί	16
3.2 Αξιώματα της στατικής	16
3.3 Συνισταμένη παραλλήλων δυνάμεων	17
3.4 Ανάλυση δυνάμεως σε συνιστάσεις	18
3.5 Ροπή δυνάμεως ως προς τον άξονα	19
3.6 Ζεύγος δυνάμεων	19
3.7 Ισορροπία δυνάμεων	19
3.8 Εύρεση συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων	20
3.9 Κέντρο βάρους σώματος	21
3.10 Πρακτικοί τρόποι ευρέσεως του κέντρου βάρους επιπέδων σχημάτων	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Γεωμετρία ακανονίστων σχημάτων

4.1 Εισαγωγή	24
4.2 Ιδιότητες επίπεδης επιφάνειας	24
4.3 Ιδιότητες ακανόνιστου όγκου	26
4.4 Τύποι και μεθοδολογία ευρέσεως ιδιοτήτων ακανονίστων επιφανειών	27
4.5 Τύποι και μεθοδολογία ευρέσεως ιδιοτήτων ακανονίστων όγκων	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Εύρεση στοιχείων της γεωμετρίας του πλοίου

5.1 Εισαγωγή	32
5.2 Εύρεση ιδιοτήτων ισάλων πλοίου	32
5.3 Εύρεση ιδιοτήτων εγκαρπίων τομών του πλοίου	35
5.4 Εύρεση ιδιοτήτων όγκου της γάστρας με διαμήκη ολοκλήρωση	35
5.5 Εύρεση ιδιοτήτων όγκου με κατακόρυφη ολοκλήρωση	37
5.6 Υδροστατικό διάγραμμα	37
5.7 Υδροστατικά στοιχεία πλοίου με διαγωγή	44
5.8 Γεωμετρικές ιδιότητες χώρων του πλοίου	45
5.9 Χωρητικότητα κυτών (cargo capacity)	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Εύρεση του βάρους και της θέσεως του κέντρου βάρους πλοίου

6.1 Γενικά	53
6.2 Εύρεση βάρους και θέσεως κέντρου βάρους άφορτου πλοίου	53
6.3 Εύρεση βάρους και θέσεις κέντρου του πλοίου μετά από προσθαφαίρεση βαρών	54
6.4 Εύρεση βάρους και θέσεως κέντρου βάρους πλοίου σε τυχούσα κατάσταση φορτώσεως του πλοίου	56
6.5 Μη ομοιόμορφο φορτίο σε κύτος	62
6.6 Επίδραση μεταφοράς φορτίου στη θέση του κέντρου βάρους	63
6.7 Αναρτημένα βάρη	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Άντωση και πλευστότητα

7.1 Στατική θεώρηση του πλοίου	68
7.2 Άντωση — Αρχή του Αρχιψήδη	68
7.3 Πλευστότητα — Εφεδρική πλευστότητα	70
7.4 Εύρεση εκτοπίσματος ισοβύθιστου πλοίου που δεν έχει υποστεί κάμψη	70
7.5 Τόννοι ανά cm ή ανά in βυθίσεως	71
7.6 Η σημασία του κέντρου πλευστότητας	73
7.7 Επίδραση της πυκνότητας του νερού στο μέσο βύθισμα	77
7.8 Κλιμακα φορτώσεως (Deadweight scale)	79

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

Εγκάρσια ευστάθεια μικρών γωνιών κλίσεων

8.1 Γενικά. Σκοπός μελέτης της ευστάθειας	81
8.2 Ροπή υδροστατικής προελεύσεως. Η έννοια του εγκάρσιου μετακέντρου	82
8.3 Αιτίες δημιουργίας εγκαρσιών κλίσεων. Σημασία του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους	86
8.4 Προσδιορισμός του μετακεντρικού ύψους	88
8.5 Εύρεση στοιχείων άφορτου πλοίου. Το πείραμα ευστάθειας	89
8.5.1 Μέθοδος ευρέσεως στοιχείων του άφορτου πλοίου	89
8.5.2 Θεωρία του πειράματος ευστάθειας	89
8.5.3 Προετοιμασία για την πραγματοποίηση του πειράματος ευστάθειας	91
8.5.4 Εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας	92
8.5.5 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος ευστάθειας	93
8.5.6 Αναφορά πειράματος ευστάθειας	93
8.5.7 Συχνότητα πραγματοποίησεως του πειράματος	95
8.5.8 Πρόχειρο πείραμα ευστάθειας	95
8.5.9 Πείραμα ευστάθειας με μηδενικό ή αρνητικό μετακεντρικό ύψος	95
8.6 Προσδιορισμός μετακεντρικού ύψους μετά την περίοδο διατοιχισμού	95
8.7 Διαγράμματα περιδόνου διατοιχισμού - μετακεντρικού ύψους	97
8.8 Επίδραση ελευθέρων επιφανειών υγρών	99
8.8.1 Γενικά	99
8.8.2 Επίδραση ελευθερης επιφάνειας υγρών στην εγκάρσια ευστάθεια	100
8.8.3 Πρακτικοί τρόποι υπολογισμού της επιδράσεως ελευθερης επιφάνειας	102
8.8.4 Προφυλάξεις και αντιμετώπιση του κινδύνου ελευθέρων επιφανειών	105
8.8.5 Νομογράφημα για τους υπολογισμό επιδράσεως ελευθέρων επιφανειών	107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Εγκάρσια ευστάθεια μεγάλων γωνιών κλίσεων

1 Εισαγωγή	109
2 Μέθοδοι υπολογισμού των μοχλοβραχιόνων επαναφοράς	110
2.1 Μέθοδος Atwood	110
2.2.1 Μέθοδος Scribanti	111
2.2.2 Μέθοδος Α' Λλες μέθοδοι υπολογισμού	111
3 Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας	112
4 Διεθνείς απαιτήσεις για τους υπολογισμούς των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας	114



9.5 Πίνακες μοχλοβραχιόνων επαναφοράς	114
9.6 Καμπύλες ευστάθειας (Stability curves)	114
9.7 Εύρεση στοιχείων της καμπύλης ευστάθειας από τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας ..	116
9.8 Ιδιότητες της καμπύλης ευστάθειας	118
9.9 Διορθώσεις καμπυλών ευστάθειας	120
9.10 Συσχετισμός της αρχικής ευστάθειας με την ευστάθεια μεγάλων γωνιών κλίσεως	130
9.11 Καμπύλη ευστάθειας πλοίου με αρνητικό μετακεντρικό ύψος	132
9.12 Συνδυασμός αρνητικού μετακεντρικού ύψους και ασύμμετρης κατανομής βαρών	133

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

Δυναμική ευστάθεια

10.1 Ορισμός. Πρακτική εξήγηση της έννοιας της δυναμικής ευστάθειας	135
10.2 Γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου κάτω από την επίδραση εξωτερικής ροπής	136
10.3 Σημασία της δυναμικής ευστάθειας για την ασφάλεια του πλοίου	137
10.4 Υπολογισμοί της δυναμικής ευστάθειας. Η έννοια του μετροακτινίου και της μετρομοίρας	138

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

Εγκάρσιες κλίσεις του πλοίου

11.1 Αιτίες και επιπτώσεις εγκαρσίων κλίσεων	140
11.2 Εγκάρσια κλίση λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους	140
11.3 Εγκάρσια κλίση λόγω εγκαρσίων ροπών	141
11.4 Αύξηση βιθίσματος με την εγκάρσια κλίση	147
11.5 Πρακτικά στοιχεία σχετικά με τη διόρθωση εγκαρσίων κλίσεων	148
11.6 Πρακτικά στοιχεία σχετικά με την ευστάθεια. Ερμαπομός	150
11.7 Το καλοθάλασσο του πλοίου και η ευστάθεια	151

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

Υπολογισμοί διαγωγής – Μεταβολές διαγωγής

12.1 Εισαγωγή	152
12.2 Διαγωγή του πλοίου	152
12.3 Στοιχεία από τη διαμήκη ευστάθεια του πλοίου	153
12.4 Ροπή μεταβολής διαγωγής κατά ένα cm ή μία in	154
12.5 Στοιχεία από τη διαμήκη ισορροπία του πλοίου	156
12.6 Εύρεση της θέσεως του κέντρου βάρους ενός πλοίου που έχει τυχαία διαγωγή	157
12.7 Μεταβολή διαγωγής με εφαρμογή ροπής	161
12.8 Προσθαφαρέσεις μικρών βαρών	163
12.9 Τελείωμα φορτώσεως με επιθυμητή διαγωγή	167
12.10 Προϋπολογισμός βιθίσμάτων κατάπλου	171
12.11 Ρύθμιση βιθίσμάτων κατάπλου	171
12.12 Μεταβολή βιθίσματος μόνο στό ένα άκρο	172
12.13 Επίδραση πυκνότητας στη διαγωγή	173
12.14 Πίνακες και διαγράμματα	176
12.15 Προέλευση πληροφοριών που χρειάζονται για την εύρεση της διαγωγής	179

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

Ακριβής προσδιορισμός του εκτοπίσματος

13.1 Γενικά	180
13.2 Αναγωγή βιθίσμάτων στις καθέτους	180
13.3 Επίδραση της κάμψεως	182
13.4 Διόρθωση λόγω διαγωγής	185
13.5 Διόρθωση λόγω μεταβολής ειδικού βάρους	186
13.7 Εκτίμηση φορτίου που έχει παραληφθεί στη φόρτωση	187



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Στοιχεία από τη διεθνή σύμβαση γραμμής φορτώσεως

14.1 Γενικά	190
14.2 Εφαρμογή κανονισμών γραμμής φορτώσεως	191
14.3 Υποχρεώσεις του πλοιάρχου ως προς την εφαρμογή της Συμβάσεως περί γραμμής φορτώσεως	194

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

Αποκτήσεις κανονισμών ως προς την ευστάθεια και στεγανή υποδιαίρεση των πλοίων

15.1 Γενικά	196
15.2 Απαιτήσεις ευστάθειας φορτηγών πλοίων	197
15.3 Απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης φορτηγών πλοίων	198
15.4 Απαιτήσεις ευστάθειας των Ελληνικών επιβατικών πλοίων στην άθικτη κατάσταση	199
15.5 Απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης και ευστάθειας επιβατικών πλοίων σε κατάσταση βλάβης	200

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΦΟΡΤΩΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

Είδη φορτίων

16.1 Γενικά	202
16.2 Στερεά φορτία χύδην	202
16.3 Υγρά φορτία χύδην	205
16.4 Φορτία σε εμπορευματοκιβώτια	205
16.5 Φορτία σε κατάσταση ψύξεως	206
16.6 Κλασικό γενικό φορτίο	206
16.7 Σήμανση φορτίων	207

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

Συστήματα φορτοεκφορτώσεως

17.1 Γενικά	208
17.2 Συστήματα φορτώσεως - εκφορτώσεως πλοίων γενικού φορτίου	208
17.3 Φόρτωση και εκφόρτωση πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιων	219
17.4 Φόρτωση και εκφόρτωση πλοίων μεταφοράς στερεού φορτίου χύδην	219
17.5 Συστήματα αναρτήσεως γενικού φορτίου	222
17.6 Προβλήματα κατά τη φόρτωση - εκφόρτωση μεγάλων βαρών	225
17.7 Βιβλία και πιστοποιητικά ανυψωτικών μέσων του πλοίου	231

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΟΟ

Δυνατότητες μεταφοράς φορτίου και σχέδιο φορτώσεως πλοίου

18.1 Γενικά	236
18.2 Χαρακτηριστικά πλοίου που σχετίζονται με την ποσότητα του φορτίου	236
18.3 Σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου (Capacity plan)	236
18.4 Σχέδια χωρητικότητας κυτών	237
18.5 Ποσότητα φορτίου που μπορεί να φορτωθεί σε ένα πλοίο	238
18.6 Άλλοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη φόρτωση	251
18.7 Σχέδιο φορτώσεως (stowage plan)	253

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

Μέτρα πριν από τη φόρτωση

19.1 Προετοιμασία κυτών για φόρτωση	257
19.2 Επίστρωση κυτών (dunnage)	257
19.3 Επιθεώρηση πριν από τη φόρτωση. Πιστοποιητικά	259
19.4 Μυοκτονία και εντομοκτονία	259



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

Φόρτωση και εκφόρτωση

20.1	Γενικά	261
20.2	Πρακτικά στοιχεία από τη διαδικασία φορτώσεως - εκφορτώσεως	261
20.3	Στοιχεία από τις τυπικές διαδικασίες φορτώσεως - εκφορτώσεως	263
20.4	Μέτρα ασφαλείας κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση	265
20.5	Ζημιές στο πλοίο κατά τη διάρκεια της φορτώσεως	266

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

Ζημιές του φορτίου

21.1	Γενικά	267
21.2	Ζημιές από λανθασμένους χειρισμούς κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση	267
21.3	Ζημιές από διαρροές, υγρασία και εφιδρώσεις	268
21.4	Ζημιές στο φορτίο από οσμές	268
21.5	Σύνθλιψη φορτίων	269
21.6	Αυτοθερμάνσεις φορτίων	269
21.7	Ζημιές από ανάμιξη φορτίων	269
21.8	Ζημιές από σκόνη	270
21.9	Διαρροή πετρελαίου από τα διπύθμενα	270
21.10	Οξείδωση σε φορτία σιδήρου και χάλυβα	270
21.11	Ζημιές από πυρκαϊά	270
21.12	Φροντίδες για το φορτίο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού	270

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Εξαρισμός φορτίου

22.1	Γενικά	272
22.2	Ορισμοί	272
22.3	Η κατάσταση μέσα στο κύτος	276

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΦΟΡΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

Μεταφορά σιτηρών

23.1	Γενικά	278
23.2	Κανονισμοί σιτηρών της Solas 1974	280
23.3	Υπολογισμοί που γίνονται από τον πλοίαρχο	285
23.4	Διευθέτηση του φορτίου - Ειδικά διαρρυθμισμένα για μεταφορά σιτηρών πλοιά	292
23.5	Άλλα σημεία που θα πρέπει να προσεχθούν στη μεταφορά σιτηρών	294

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Μεταφορά ξυλείας

24.1	Γενικά - Μονάδες μετρήσεως	295
24.2	Έγγονος εξάλων για μεταφορά ξυλείας	297
24.3	Προϋποθέσεις για την εφαρμογή μειωμένου ύψους εξάλων	297
24.4	Η ξυλεία ως φορτίο πάνω στο κατάστρωμα	300
24.5	Προϋπολογισμός φορτίου ξυλείας που μπορεί να φορτωθεί στο πλοίο	301

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

Φορτία πάνω στο κατάστρωμα (deck load)

25.1	Γενικά	309
25.2	Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη μεταφορά φορτίων πάνω στο κατάστρωμα	309
25.3	Αντοχή καταστρώματος	310

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΚΤΟ

Μεταφορά ορυκτών μεταλλευμάτων και συμπυκνωμάτων



26.1 Γενικά	312
26.2 Διατάξεις IMO ως προς τη μεταφορά φορτίων χύδην	314
26.3 Καθηκόντα πλοιάρχου	319

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

Μεταφορά αργού πετρελαίου και προϊόντων πετρελαίου

27.1 Κατάταξη και χαρακτηριστικά αργού πετρελαίου και προϊόντων πετρελαίου	320
27.2 Γενική περιγραφή και συστήματα δεξαμενοπλοίου	324
27.3 Φόρτωση - εκφόρτωση και μεταφορά υγρών φορτίων	329
27.4 Καθαρισμός δεξαμενών	332
27.5 Κίνδυνοι από τα πετρελαιοειδή φορτία	334
27.6 Η χρήση αδρανούς αερίου (Inerting)	336
27.7 Κανονισμοί για την αποφυγή ρυπάνσεως	337

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΟΓΔΟΟ

Μεταφορά υγροποιημένων αερίων

28.1 Γενικά. Ορισμοί	338
28.2 Γενικά για τις μεταφορές υγροποιημένων αερίων	339
28.3 Διαδικασίες φορτοεκφορτώσεως	340
28.4 Ογκομέτρηση φορτίου	344
28.5 Διατάξεις ασφάλειας και υποχρεώσεις αξιωματικών καταστρώματος	344

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΝΑΤΟ

Επικίνδυνα φορτία

29.1 Ιστορικό. Γενικά	348
29.2 Οι κανονισμοί του κεφαλαίου VII της Solas	348
29.3 Στοιχεία από τον κανονισμό IMDGC	349
29.4 Τρόπος χρησιμοποίησεως του κανονισμού IMDGC	354

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ

Φορτία που μεταφέρονται με ψύξη

30.1 Γενικά	355
30.2 Φορτία σε κατάσταση καταψύξεος	355
30.3 Φορτία σε κατάσταση ψύξεως	355
30.4 Φορτία σε κατάσταση ελεγχόμενης θερμοκρασίας	356
30.5 Όργανα παρακολουθήσεως	356
30.6 Συνήθεις θερμοκρασίες μεταφοράς	356
30.7 Προετοιμασία κυτών για φόρτωση	357
30.8 Αυτοτελή εμπορευματοκιβώτια με ψύξη	357

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

Φορτία σε εμπορευματοκιβώτια

31.1 Γενικά	358
31.2 Στοιχεία για τα εμπορευματοκιβώτια	358
31.3 Στοιχεία για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιων	360
31.4 Ειδικά προβλήματα κατά τις μεταφορές εμπορευματοκιβώτιων	362

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Εξελιγμένη μορφή μεταφορών

32.1 Γενικά	364
32.2 Φορτηγοδόφρα (barge carrying vessels)	364
32.3 Πλοία Roll-on /Roll-off (Ro-Ro)	367
Παράρτημα 1	369
Παράρτημα 2	373
Παράρτημα 3	376
Παράρτημα 4	378
Παράρτημα 5	391