

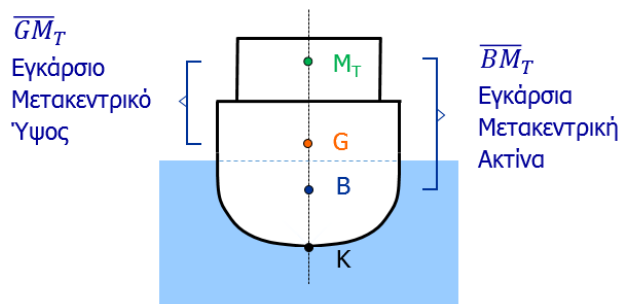
Υπολογίζοντας το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος ενός πλοίου

Όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη διάλεξη, το μετακεντρικό ύψος είναι το μέτρο της αρχικής ευστάθειας των πλοίων. Όσο πιο χαμηλά βρίσκεται το κέντρο βάρους (G) από το εγκάρσιο μετάκεντρο (M_T), τόσο μεγαλύτερη είναι η εγκάρσια ροπή επαναφοράς του πλοίου, άρα και η ευστάθειά του. Στις επόμενες παραγράφους θα δούμε πώς υπολογίζεται το GM_T στα πλοία, καθώς και ότι πολύ μεγάλες τιμές του GM_T είναι εξίσου κακές με τις αρνητικές τιμές του.

1. Πώς υπολογίζεται το GM_T σε ένα πλοίο;

Συχνά το αρχικό μετακεντρικό ύψος ενός πλοίου υπολογίζεται ως η διαφορά του ύψους του κέντρου βάρους από το ύψος του μετάκεντρου:

$$\overline{GM}_T = \overline{KM}_T - \overline{KG}$$



Σχήμα 1. Τα βασικά σημεία και μήκη (ή καλύτερα ύψη) που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς της ευστάθειας των πλοίων.

Στην τελευταία σχέση το ύψος του μετάκεντρου από την τρόπιδα είναι γεωμετρικό στοιχείο της γάστρας, δηλαδή μπορεί να υπολογιστεί αν γνωρίζουμε τα βυθίσματα του πλοίου και δίνεται συνήθως στους υδροστατικούς πίνακες. Εναλλακτικά, το ύψος του μετάκεντρου μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$\overline{KM}_T = \overline{KB} + \overline{BM}_T$$

Αντίθετα, το ύψος του κέντρου βάρους από την τρόπιδα εξαρτάται από την εκάστοτε κατανομή βαρών πάνω στο πλοίο. Συνήθως, το κέντρο βάρους κάθε πλοίου σε συγκεκριμένες καταστάσεις φόρτι-

σης (full load displacement, light ship displacement, κ.ά.) έχει υπολογιστεί και αναφέρεται στο stability book προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς των υπολογισμών. Το πραγματικό κέντρο βάρους κάθε πλοίου βρίσκεται πειραματικά με την εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας, στο οποίο θα αναφερθούμε σε επόμενες παραγράφους.

2. Η σχέση περιόδου διατοιχισμού και μετακεντρικού ύψους.

Σύμφωνα με την παράγραφο 2.2.4 του διεθνή κώδικα του IMO σχετικά με την ευστάθεια των πλοίων σε άθικτη κατάσταση (International Code on Intact Stability – 2008), ένα από τα γενικά κριτήρια ευστάθειας κάθε πλοίου είναι ότι το αρχικό μετακεντρικό ύψος του δεν πρέπει να είναι λιγότερο από $0,15\text{ m}$ ($GM_0 \geq 0,15\text{ m}$). Παρόλα αυτά, σε κάποιες περιπτώσεις πλοίων ο IMO έχει θεσπίσει τύπους υπολογισμού της ελάχιστης τιμής του GM_0 , όπως π.χ. στα αλιευτικά:

$$GM_R = 1,7388 + 2B \left(0,075 - 0,37 \frac{f}{B} + 0,82 \left(\frac{f}{B} \right)^2 - 0,014 \frac{B}{D} - 0,032 \frac{l}{L} \right)$$

όπου:

B πλάτος στο ύψος της ισάλου

f ελάχιστο ύψος εξάλων

D ελάχιστο ύψος καταστρώματος

l μήκος της υπερκατασκευής

L μήκος της ισάλου

(όλα τα παραπάνω μεγέθη είναι σε ft)

Σε κάποιες περιπτώσεις, άλλοι οργανισμοί κρατών έχουν θεσπιστεί δικά τους κατώτερα όρια, όπως π.χ. η ακτοφυλακή των ΗΠΑ (US Coast Guard) απαιτεί ως ελάχιστο μήκος για το μετακεντρικό ύψος για τα επιβατηγά πλοία αυτό που προκύπτει από την σχέση:

$$GM_R = \frac{N \cdot b}{24 \cdot \Delta \cdot \tan \varphi}$$

όπου:

N ο αριθμός των επιβατών

b η εγκάρσια απόσταση του χώρου συγκέντρωσης των επιβατών από την centerline (σε ft)

Δ το εκτόπισμα του πλοίου (σε LT)

φ η γωνία εγκάρσιας κλίσης του πλοίου όταν το κύριο κατάστρωμα ακουμπάει τη θάλασσα ή γωνία ίση με 14° (όποια από τις δύο είναι μικρότερη).

Από τα παραπάνω θα μπορούσε αβίαστα να προκύψει το συμπέρασμα ότι τόσο ο σχεδιαστής, όσο και ο κυβερνήτης κάθε πλοίου πρέπει να εξασφαλίζουν το μέγιστο δυνατό μετακεντρικό ύψος για το πλοίο μεταφέροντας χαμηλά τα μεγαλύτερα βάρη. Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι απόλυτο τόσο για πρακτικούς λόγους (π.χ. αν σε

ένα containership βαριά containers πρέπει να ξεφορτωθούν στο πρώτο λιμάνι κατάπλου, δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στο χαμηλότερο δυνατό σημείο), όσο και εξαιτίας της συμπεριφοράς του πλοίου στη θάλασσα. Γενικά, όσο πιο μεγάλο είναι το μετακεντρικό ύψος σε ένα πλοίο, τόσο πιο απότομα αντιδρά στο διατοιχισμό επανερχόμενο στη θέση ισορροπίας του, δηλαδή έχει μικρή περίοδο διατοιχισμού. Μία σχέση που προσεγγίζει ικανοποιητικά την περίοδο διατοιχισμού ενός εμπορικού πλοίου μονής γάστρας σε πλήρες φορτίου είναι:

$$T = \frac{0,8 \cdot B}{\sqrt{GM_T}}$$

όπου:

T η ιδιοπερίοδος (ή φυσική) διατοιχισμού του πλοίου (σε *sec*)

B το πλάτος του πλοίου (σε *m*).

Ένα πολύ ευσταθές πλοίο (μεγάλο GM_T) έχει μικρή περίοδο διατοιχισμού, δηλαδή όταν εκτραπεί από τη θέση ισορροπίας του επανέρχεται σε αυτή γρήγορα. Αν κάτι τέτοιο συμβεί σε ένα επιβατικό πλοίο (π.χ. κρουαζιερόπλοιο) αν πέσει σε κατάλληλης συχνότητας θάλασσα, τότε η πλειοψηφία των επιβατών του θα πάθουν ναυτία¹. Με άλλα λόγια μεγάλο GM_T δεν είναι απαραίτητα και το βέλτιστο GM_T .

Η τελευταία σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αντίστροφα, δηλαδή για τον υπολογισμό του μετακεντρικού ύψους ενός πλοίου μετρώντας τη περίοδο διατοιχισμού του χρησιμοποιώντας έναν γερανό φορτοεκφόρτωσης σε λιμάνι ή με απότομες μεταβολές του πηδαλίου εν πλω σε ήρεμη θάλασσα (πείραμα διατοιχισμού – roll test).

¹ Τα όργανα ισορροπίας του ανθρώπου είναι τοποθετημένα στο εσωτερικό του αυτιού και μπορούν να αναγνωρίσουν αλλαγές τόσο στο μέγεθος όσο και στη διεύθυνση της κατακόρυφης επιτάχυνσης καθώς και των γωνιακών επιταχύνσεων. Η αίσθηση της ναυτίας προέρχεται από υπερβολικό ερεθισμό των παραπάνω οργάνων κυρίως λόγω των κάθετων επιταχύνσεων που βιώνει ένας άνθρωπος σε μία θέση στο πλοίο. Από μελέτες έχει παρατηρηθεί ότι η εμφάνιση ναυτίας είναι περισσότερο έντονη στη συχνότητα των 1,07 rad/sec, συχνότητα που είναι κοντά στη μέση συχνότητα των κάθετων κινήσεων των για πολλά πλοία, κάτι που εξηγεί γιατί η ναυτία είναι μεγάλο πρόβλημα στη θάλασσα.