

ΑΕΝ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	ΝΑΥΠΗΓΙΑ Β' Εξαμήνου Καθηγητής : Κ. Τατζίδης	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ
------------------------------------	---	-------------------

1. Τι είναι η άντωση και ποια τα χαρακτηριστικά της; (διεύθυνση, φορά, μέτρο).

Πως ορίζεται το κέντρο άντωσης ενός σώματος βυθισμένου μέσα σε ένα ρευστό;

Απ: Άντωση είναι η δύναμη που ασκεί ένα ρευστό σε ένα στερεό σώμα που βυθίζεται μέσα σ' αυτό (πλήρως ή μερικώς). Έχει διεύθυνση κατακόρυφη, φορά αντίθετη της φοράς του βάρους και μέτρο ίσο με το γινόμενο του ειδικού βάρους του ρευστού επί τον βυθισμένο όγκο του σώματος σ' αυτό. (δηλαδή ίσο με το βάρος του εκτοπιζόμενου από το σώμα ρευστού-«**Αρχή του Αρχιμήδη**»). $B = \gamma_v \cdot V_B$ (B η άντωση, γ_v το ειδικό βάρος του ρευστού, V_B ο βυθισμένος στο ρευστό όγκος του σώματος).
Κέντρο άντωσης ονομάζεται το γεωμετρικό κέντρο του βυθισμένου στο ρευστό όγκου του σώματος, από το οποίο διέρχεται ο φορέας της άντωσης.

2. Τι ονομάζεται πλευστότητα και ποια τα είδη της; Αναφέρατε από ένα παράδειγμα.

Τι είδους πλευστότητα έχουν τα παρακάτω σώματα : ένα κομμάτι φελλός, μια πέτρα, μια μπάλλα του μπάσκετ, μια ξύλινη θάρκα, ένα χαλύβδινο πλοίο, ένα ξύλινο κουτί γεμάτο μπετόν, ένα υποβρύχιο.

Απ: Πλευστότητα ονομάζεται η συμπεριφορά ενός σώματος όταν βυθιστεί ολόκληρο σε ένα υγρό και αφεθεί ελεύθερο και διακρίνεται σε :

θετική όταν η ολική άντωση που ασκείται στο πλήρως βυθισμένο σώμα είναι μεγαλύτερη από το βάρος του σώματος, οπότε το σώμα **αναδύεται** στην επιφάνεια του υγρού. Π.χ. ένα κομμάτι ξύλο, ένα χαλύβδινο πλοίο.

ουδέτερη ή μηδενική όταν η ολική άντωση που ασκείται στο πλήρως βυθισμένο σώμα είναι ίση με το βάρος του σώματος, οπότε το σώμα **αιωρείται** στο βάθος που αφέθηκε. Π.χ. ένα ψάρι, ένα υποβρύχιο.

αρνητική όταν η ολική άντωση που ασκείται στο πλήρως βυθισμένο σώμα είναι μικρότερη από το βάρος του σώματος, οπότε το σώμα **καταβυθίζεται**. Π.χ. ένα κομμάτι σίδηρο, ένα πλαστικό δοχείο γεμάτο τσιμέντο.

Η πλευστότητα που οφείλεται στο ειδικό βάρος του υλικού ενός **ομογενούς** σώματος ονομάζεται **φυσική**.

Έτσι αν το ειδικό βάρος του υλικού του σώματος είναι:

μικρότερο από το ειδικό βάρος του υγρού, το σώμα έχει **θετική** πλευστότητα.

ίσο με το ειδικό βάρος του υγρού, το σώμα έχει **μηδενική** πλευστότητα.

μεγαλύτερο από το ειδικό βάρος του υγρού, το σώμα έχει **αρνητική** πλευστότητα.

Η πλευστότητα ενός μη ομογενούς σώματος ονομάζεται **επίκτητη**. (ένα πλοίο, ένα ξύλινο κουτί γεμάτο μπετόν).

φελλός: φυσική θετική, πέτρα: φυσική αρνητική, μπάλλα: επίκτητη θετική, ξύλινη θάρκα: επίκτητη θετική,

χαλύβδινο πλοίο: επίκτητη θετική, ξύλινο κουτί με μπετόν: επίκτητη αρνητική, υποβρύχιο: επίκτητη ουδέτερη

3. Τι ονομάζεται πλεύση και ποια είναι η συνθήκη της;

Τι εννοούμε στη Ναυπηγία με τον όρο «εκτόπισμα» και ποια είναι τα δύο ακραία εκτοπίσματα ενός πλοίου;

Ένα πλοίο πλέει στη θάλασσα και στη συνέχεια εισέρχεται σε ποτάμι με γλυκό νερό. Το ειδικό βάρος του νερού του ποταμού είναι μικρότερο από το ειδικό βάρος του θαλασσινού νερού.

Σε ποιο από τα δύο το πλοίο δέχεται μεγαλύτερη άντωση; (δικαιολογείστε την απάντησή σας).

Απ: Πλεύση ονομάζεται η ισορροπία ενός στερεού σώματος στην επιφάνεια ενός υγρού και είναι η κατάληξη της

θετικής πλευστότητας ενός σώματος. Η συνθήκη πλεύσης είναι: **Άντωση = Βάρος σώματος**

Στη Ναυπηγία με τον όρο **εκτόπισμα (W)** εννοούμε άλλοτε το βάρος του πλοίου και άλλοτε την άντωση που ασκείται στο πλοίο δεδομένου ότι η άντωση και το βάρος σε κατάσταση πλεύσης έχουν ίσα μέτρα.

Το εκτόπισμα ενός πλοίου αυξάνει όταν αυξάνει το βύθισμα.

Άφορτο ονομάζεται το εκτόπισμα που έχει ένα πλοίο όταν είναι **άφορτο**, οπότε έχει το **ελάχιστο** βύθισμα.

Έμφορτο ονομάζεται το εκτόπισμα που έχει το πλοίο όταν έχει το **μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο**, οπότε έχει και το **μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα** και το **ελάχιστο ύψος εξάλων**.

Η άντωση που δέχεται το πλοίο παραμένει **σταθερή**, διότι, εφ' όσον το πλοίο πλέει και στα δύο υγρά, σύμφωνα με συνθήκη πλεύσης, η άντωση που δέχεται το πλοίο και στα δύο υγρά πρέπει να είναι ίση με το βάρος του, το οποίο είναι σταθερό.

4. Ποιες ομάδες βαρών αποτελούν το μόνιμο βάρος και ποιες το πρόσθετο βάρος ενός πλοίου;

Απ: Το μόνιμο βάρος ενός πλοίου αποτελείται από τις παρακάτω ομάδες βαρών:

- α. Σκάφους: σκελετού, χωρισμάτων, υπερκατασκευών.
 - β. Προωστήριου σκεύους: κυρίων μηχανών και συσκευών πρόωσης, νερού λεβήτων μέχρι τη στάθμη λειτουργίας, δικτύων υγρών προωστήριας εγκατάστασης, λιπαντικών στις ελαιολεκάνες των μηχανών.
 - γ. Βοηθητικών μηχανημάτων και δικτύων: αντλιών, μηχανημάτων πηδαλίου, εργάτη αγκυρών, ψυκτικών, δικτύων κ.α.
 - δ. Εξαρτισμού: φορτωτήρων, λέμβων, αλυσίδων, αγκυρών κ.α.
 - ε. Ενδιαίτησης και επίπλωσης.
 - στ. Οπλισμού, για πολεμικά πλοία.
- Το πρόσθετο βάρος ενός πλοίου (**deadweight**) αποτελείται από τις παρακάτω ομάδες βαρών:
- α. Καυσίμων και λιπαντικών, β. Τροφοδοτικού και πόσιμου νερού, γ. Υλικών και εφοδίων πλοίου
 - δ. Πληρώματος και εφοδίων του, ε. Υγρού έρματος, στ. Ωφέλιμου φορτίου

5. Ποιες ομάδες αποτελούν το ωφέλιμο φορτίο ενός πλοίου; Αναφέρατε πλοία κερδοσκοπικού χαρακτήρα που δεν έχουν ωφέλιμο φορτίο και πλοία μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα που έχουν ωφέλιμο φορτίο.

Απ: Το ωφέλιμο φορτίο ενός πλοίου (**Cargo Deadweight**) αποτελείται από το φορτίο κάθε είδους που μεταφέρει το πλοίο και το βάρος των επιβατών, των αποσκευών και των οχημάτων τους.

Παράδειγμα πλοίου κερδοσκοπικού χαρακτήρα που δεν έχουν ωφέλιμο φορτίο είναι τα πλοία που το κέρδος τους οφείλεται σε παροχή υπηρεσιών και όχι στη μεταφορά εμπορευμάτων ή επιβατών, όπως τα ρυμουλκά.

Παράδειγμα πλοίων μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα που έχουν ωφέλιμο φορτίο είναι όλα τα κρατικά πλοία (κρατικών μεταφορών, πολεμικά κ.α.).

6. Πως ορίζεται το κέντρο βάρους ενός πλοίου και πως καθορίζεται η θέση του;

Απ: Το κέντρο βάρους ενός πλοίου είναι το σταθερό σημείο από το οποίο διέρχεται ο φορέας του βάρους του πλοίου, οποιαδήποτε θέση και αν έχει το πλοίο στο πεδίο βαρύτητας, με την προϋπόθεση ότι δεν παρατηρούνται μετακινήσεις βαρών στο πλοίο. Η θέση του κέντρου βάρους ενός πλοίου καθορίζεται από την κατανομή των βαρών που αποτελούν το βάρος του πλοίου. Η κατανομή των βαρών, τόσο κατά το στάδιο της ναυπήγησης όσο και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, γίνεται έτσι ώστε το κέντρο βάρους να βρίσκεται πάντοτε στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας, ώστε το πλοίο να μην έχει εγκάρσια κλίση.

7. Πως ορίζονται οι συντελεστές σχήματος ενός πλοίου και ποια σχέση τους συνδέει; (απόδειξη).

Απ: Συντελεστής εκτοπίσματος ή γάστρας : $C_B = \frac{V}{L \cdot B \cdot D}$ Πρισματικός συντελεστής : $C_P = \frac{V}{L \cdot M}$

Συντελεστής μέσης τομής : $C_M = \frac{M}{B \cdot D}$ Συντελεστής ισάλου : $C_W = \frac{A_W}{L \cdot B}$

όπου: **L** το μήκος της ισάλου κατασκευής, **B** το πλάτος της ισάλου κατασκευής, **D** το βύθισμα κατασκευής
V ο όγκος της γάστρας, **M** το εμβαδόν της μέσης τομής, **A_w** το εμβαδόν της ισάλου κατασκευής

Η σχέση που συνδέει τους συντελεστές C_B , C_P και C_M είναι: $C_P \cdot C_M = C_B$

Απόδειξη: $C_P \cdot C_M = \frac{V}{L \cdot M} \cdot \frac{M}{B \cdot D} = \frac{V}{L \cdot B \cdot D} = C_B$ Προφανώς ισχύει: $C_B < C_P$

8. Τι είναι το TPC ενός πλοίου και με τι ισούται; (απόδειξη). Πως μεταβάλλεται το TPC του πλοίου με το βύθισμα; Πως υπολογίζεται η μεταβολή του βυθίσματος ενός πλοίου λόγω προσθαφαίρεσης ενός μικρού βάρους σε αυτό;

Απ: TPC είναι το βάρος που πρέπει να προστεθεί (ή να αφαιρεθεί) σε ένα πλοίο (σε κατάλληλη θέση ώστε να μη προκαλέσει εγκάρσια κλίση ή διαγωγή στο πλοίο) για να αυξηθεί (ή να μειωθεί) το βύθισμά του κατά **1 cm**.

$$TPC = A_w \cdot \frac{1}{100} \cdot \gamma_o$$

Απόδειξη: Όταν στο πλοίο προστεθεί βάρος, το βάρος του πλοίου αυξάνεται κατά το βάρος αυτό. Επειδή πρέπει να ισχύει η συνθήκη πλευσης, το βύθισμα του πλοίου αυξάνεται, οπότε αυξάνεται και ο βυθισμένος όγκος κατά δV , ώστε η αύξηση της άντωσης δB που οφείλεται σ' αυτόν να είναι ίση με το πρόσθετο βάρος. Αν η αύξηση του βυθίσματος είναι $1 \text{ cm} = 1/100 \text{ m}$, σύμφωνα με τον ορισμό, το πρόσθετο βάρος θα είναι ίσο με το **TPC** του πλοίου.

Άρα: $TPC = \delta B = \delta V \cdot \gamma_v = A_w \cdot \frac{1}{100} \cdot \gamma_v$ με την παραδοχή ότι για τόσο μικρή μεταβολή βυθίσματος, η νέα

ίσαλος πλευσης έχει το ίδιο εμβαδόν με την αρχική. Όταν αυξάνεται το βύθισμα του πλοίου, αυξάνεται, κατά κανόνα, και το εμβαδόν της ισάλου, άρα, σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο, αυξάνει και το **TPC** του πλοίου.

Με την παραδοχή ότι για τη μεταβολή του βυθίσματος, που προκαλεί η πρόσθεση ή η αφαίρεση ενός μικρού σχετικά βάρους δW , το **TPC** του πλοίου παραμένει σταθερό, η μεταβολή δD του βυθίσματος του πλοίου δίνεται από τη

$$\text{σχέση: } \delta D = \frac{\delta W}{TPC}$$

9. Πως ορίζεται το εγκάρσιο μετάκεντρο ενός πλοίου; Τι ονομάζεται εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος;

Τι ονομάζεται ζεύγος ευστάθειας και με τι ισούται;

Απ: Το **εγκάρσιο μετάκεντρο (M)** ενός πλοίου είναι η τομή του φορέα της άντωσης όταν το πλοίο πλέει χωρίς κλίση με τον φορέα της άντωσης όταν το πλοίο έχει εγκάρσια κλίση λόγω εξωτερικών αιτίων.

Εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος ονομάζεται η απόσταση του εγκάρσιου μετάκεντρου **M** από το το κέντρο βάρους **G** του πλοίου (σχ. 5.4). Για μικρές γωνίες κλίσης (μέχρι $8^\circ - 10^\circ$) το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος παραμένει σταθερό. Όταν το πλοίο πάρει αυτήν την κλίση, ο φορέας της άντωσης μετατοπίζεται προς την πλευρά της κλίσης και, ανάλογα με τη θέση που θα έχει σε σχέση με το φορέα του βάρους, η άντωση και το βάρος του πλοίου δημιουργούν ένα ζεύγος δυνάμεων το οποίο ονομάζεται **ζεύγος ευστάθειας**, που έχει ροπή: $ZE = W \cdot GZ = W \cdot GM \cdot \eta\mu\theta$, όπου:

W: το εκτόπισμα του πλοίου,

GZ: απόσταση των φορέων της άντωσης και του βάρους του πλοίου, που ονομάζεται **μοχλοβραχίονας ευστάθειας**.

GM: το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος του πλοίου, **\theta:** η γωνία της εγκάρσιας κλίσης του πλοίου.

10. Πως συνδέεται το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος με την εγκάρσια ευστάθεια του πλοίου;

Απ: Το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος θεωρείται **θετικό (GM>0)** όταν το εγκάρσιο μετάκεντρο **M** βρίσκεται **ψηλότερα** από το κέντρο βάρους **G** του πλοίου, οπότε η ροπή του ζεύγους των δυνάμεων της άντωσης και του βάρους τείνει να **επαναφέρει** το πλοίο στην αρχική του θέση (**ροπή ή ζεύγος επαναφοράς**). Η ισορροπία του πλοίου στην περίπτωση αυτή είναι **ευσταθής** (σχ.5.2α).

Το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος είναι **μηδέν (GM=0)**, όταν το μετάκεντρο **M** **συμπίπτει** με το κέντρο βάρους του πλοίου, οπότε οι δυνάμεις της άντωσης και του βάρους έχουν κοινό φορέα και δεν δημιουργούν ζεύγος και γ' αυτό το πλοίο **ισορροπεί** στη νέα του θέση υπό κλίση, οπότε η ισορροπία του πλοίου είναι **αδιάφορη** (σχ.5.2β).

Το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος θεωρείται **αρνητικό (GM<0)**, όταν το εγκάρσιο μετάκεντρο **M** βρίσκεται **χαμηλότερα** από το κέντρο βάρους **G** του πλοίου, οπότε η ροπή του ζεύγους των δυνάμεων της άντωσης και του βάρους τείνει να **ανατρέψει** το πλοίο (**ροπή ή ζεύγος ανατροπής**), οπότε η ισορροπία του πλοίου είναι **ασταθής** (σχ.5.2γ). Επειδή ο χρόνος επαναφοράς στην αρχική θέση (μηδενικής κλίσης) μειώνεται όσο αυξάνει το μέτρο της ροπής του ζεύγους επαναφοράς, δεν αρκεί ένα πλοίο να έχει απλά θετικό **GM**, αλλά πρέπει το μέτρο του να έχει και μια όσο το δυνατό μεγαλύτερη τιμή, ώστε και ο χρόνος επαναφοράς να είναι όσο γίνεται μικρότερος. Για το λόγο αυτό για την ασφαλέστερη πλευση ενός πλοίου οι Νηογνώμονες απαιτούν το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος ενός πλοίου να είναι μεγαλύτερο από ένα **ελάχιστο εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος GM_{min}**.

11. Πως υπολογίζεται η γωνία της εγκάρσιας κλίσης ενός πλοίου λόγω εγκάρσιας μετακίνησης βάρους στο πλοίο;

Απ: Αν σε ένα πλοίο που έχει εκτόπισμα **W**, μετακινηθεί ένα βάρος **w** εγκάρσια σε απόσταση **d**, το πλοίο θα αποκτήσει εγκάρσια κλίση **\theta** προς την πλευρά της μετακίνησης και θα ισορροπήσει στη θέση αυτή μετά από έναν αριθμό εγκαρσίων ταλαντώσεων. Λόγω της μετατόπισης του βάρους **w** από την αρχική του θέση **g** στην τελική θέση **g₁**, το κέντρο **G** του πλοίου μετατοπίζεται παράλληλα και ομόρροπα προς τη μετατόπιση **gg₁**, στη θέση **G₁**. Η μετατόπιση

GG_1 του κέντρου βάρους του πλοίου δίνεται από τη σχέση: $GG_1 = \frac{w \cdot gg_1}{W}$ (σχ.5.7). Στο ορθογώνιο τρίγωνο

MGG_1 ισχύει: $GG_1 = GM \cdot \varepsilon\varphi\theta$ Από τις σχέσεις αυτές προκύπτει:

$$GM \cdot \varepsilon\varphi\theta = \frac{w \cdot gg_1}{W} \Rightarrow \varepsilon\varphi\theta = \frac{w \cdot gg_1}{W \cdot GM} \Rightarrow \varepsilon\varphi\theta = \frac{w \cdot d}{W \cdot GM} \quad (\text{αν τεθεί: } gg_1=d).$$

12. Που αποσκοπεί το πείραμα ευστάθειας και πως πραγματοποιείται;

Απ: Το πείραμα ευστάθειας αποσκοπεί στον προσδιορισμό της κατακόρυφης θέσης του κέντρου βάρους του πλοίου, δηλαδή στην κατακόρυφη απόσταση KG του κέντρου βάρους του πλοίου από το βασικό επίπεδο κατασκευής (την τρόπιδα), για το άφορτο εκτόπισμα του πλοίου.

Συνοπτικά το πείραμα ευστάθειας συνίσταται στην μετακίνηση διαφόρων βαρών w σε εγκάρσιες αποστάσεις d και στη μέτρηση κάθε φορά της γωνίας της εγάρσιας κλίσης θ που παίρνει το σκάφος για κάθε μετακίνηση, με τη χρήση

εκκρεμών μεγάλου μήκους l (σχ. 5.8). Η γωνία κλίσης προσδιορίζεται από τη σχέση: $\varepsilon\varphi\theta = \frac{x}{l}$, όπου x η οριζόντια

μετατόπιση του εκκρεμούς, μετρημένης κατά μήκος της ελεύθερης επιφάνειας του νερού στο δοχείο μέσα στο οποίο αιωρείται μικρό βάρος προσδεμένο στο ελεύθερο άκρο του εκκρεμούς, για ταχύτερη απόσβεση των αιωρήσεων του εκκρεμούς. Για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων μέτρησης των γωνιών αυτών χρησιμοποιούνται περισσότερα του ενός εκκρεμή, διαφόρου μήκους το καθένα, και η γωνία θ προκύπτει μετά από μια απλή στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Στη συνέχεια υπολογίζεται το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος από τη σχέση: $GM = \frac{w \cdot d}{W \cdot \varepsilon\varphi\theta}$

Τέλος υπολογίζεται το KG από τη σχέση: $KG = KB + BM - GM$ όπου:

KB η κατακόρυφη απόσταση του κέντρου άντωσης από την τρόπιδα, BM η εγκάρσια μετακεντρική ακτίνα που υπολογίζονται από το διάγραμμα υδροστατικών καμπύλων (υδροστατικό διάγραμμα) του πλοίου, με την προϋπόθεση ότι τα βάρη που μετακινούνται είναι τέτοια ώστε η γωνία κλίσης που προκαλείται να μην υπερβαίνει τις 8° - 10° .

13. Ποια μέτρα λαμβάνονται κατά την εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας;

Απ: Κατά την εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα για να εξασφαλιστούν οι καλύτερες δυνατές συνθήκες, ώστε να προκύψουν ακριβή αποτελέσματα:

- Το πλοίο πρέπει να επιπλέει ελεύθερα. Τα σχοινιά και τα συρματόσχοινα, με τα οποία έχει προσδεθεί το πλοίο, πρέπει να είναι χαλαρά, ώστε να μην ασκούν δυνάμεις στο πλοίο, οι οποίες επηρεάζουν τη γωνία κλίσης.
- Οι δεξαμενές υγρών και οι λέβητες πρέπει να είναι άδειοι ή γεμάτοι, τα κύπη πρέπει να είναι στεγνά, ώστε να μην υπάρχουν ελεύθερες επιφάνειες οι οποίες μειώνουν το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος GM .
- Πρέπει να επικρατεί άπνοια και γαλήνη, ώστε να μην ασκούνται στο πλοίο δυνάμεις από άνεμο ή κυματισμό, οι οποίες επηρεάζουν τη γωνία κλίσης. Το ιδανικότερο είναι το πείραμα να εκτελείται μέσα σε δεξαμενή.
- Όλα τα βάρη που υπάρχουν στο πλοίο πρέπει να είναι στερεωμένα ώστε να μη μπορούν να μετακινηθούν και να προκαλούν δευτερογενείς γωνίες κλίσης.
- Το πλήρωμα, πλην εκείνου που είναι απαραίτητο για την εκτέλεση του πειράματος, πρέπει να βγεί στην ξηρά.
- Μηχανές και μηχανήματα πρέπει να είναι εκτός λειτουργίας.

14. Πως επιδρούν οι ελεύθερες επιφάνειες υγρών στην εγκάρσια ευστάθεια ενός πλοίου;

Απ: Αποδεικνύεται ότι η ύπαρξη ελεύθερης επιφάνειας υγρού σ' ένα πλοίο προκαλεί μια φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου, η οποία προκαλεί μια ισόποση μείωση του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους GM .

Η ανύψωση αυτή δίνεται από τη σχέση: $GG_1 = \frac{J_x \cdot \gamma_v}{W}$ όπου:

J_x η αξονική ροπή αδράνειας της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού ως προς κεντροβαρικό άξονα της δεξαμενής παράλληλο με το μήκος του πλοίου, γ_v το ειδικό βάρος του υγρού, W το εκτόπισμα του πλοίου.

15. Μια δεξαμενή έχει σχήμα ορθογώνιου με μήκος l και πλάτος b . Θέλουμε να χωρίσουμε τη δεξαμενή σε δύο ίσες δεξαμενές με μια στεγανή φρακτή, είτε κατά μήκος είτε κατά πλάτος της δεξαμενής. Ποια από τις δύο περιπτώσεις είναι προτιμότερη από άποψη εγκάρσιας ευστάθειας; Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Απ: Όταν η δεξαμενή είναι ενιαία, η φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου είναι:

$$GG_1 = \frac{J_x \cdot \gamma_v}{W} = \frac{l \cdot \frac{b^3}{12} \cdot \gamma_v}{W}$$

Αν η δεξαμενή χωριστεί κατά μήκος, θα προκύψουν δύο δεξαμενές με μήκος l και πλάτος $b/2$, οπότε η συνολική φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου θα είναι:

$$GG_1' = 2 \cdot \frac{J_x' \cdot \gamma_v}{W} = 2 \cdot \frac{l \cdot (\frac{b}{2})^3 \cdot \gamma_v}{12 \cdot W} = 2 \cdot \frac{l \cdot \frac{b^3}{8} \cdot \gamma_v}{12 \cdot W} = \frac{1}{4} \cdot \frac{l \cdot b^3 \cdot \gamma_v}{12 \cdot W} = \frac{1}{4} \cdot GG_1, \text{ δηλαδή το } 1/4 \text{ της αρχικής.}$$

Αν η δεξαμενή χωριστεί κατά πλάτος, θα προκύψουν δύο δεξαμενές με μήκος $l/2$ και πλάτος b , οπότε η συνολική φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου θα είναι:

$$GG_1'' = 2 \cdot \frac{J_x'' \cdot \gamma_v}{W} = 2 \cdot \frac{(\frac{l}{2}) \cdot b^3 \cdot \gamma_v}{12 \cdot W} = \frac{l \cdot b^3 \cdot \gamma_v}{12 \cdot W} = GG_1, \text{ δηλαδή ίση με την αρχική.}$$

Άρα προτιμότερος από άποψη εγκάρσιας ευστάθειας είναι ο κατά μήκος χωρισμός της δεξαμενής, διότι η ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου, άρα και η μείωση του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους είναι τέσσερες φορές μικρότερη από αυτήν που προκύπτει όταν η δεξαμενή είναι ενιαία, ενώ στον κατά πλάτος χωρισμό η ανύψωση του κέντρου βάρους παραμένει η ίδια.

16. Πως ορίζεται το διάμηκες μετάκεντρο ενός πλοίου; Τι ονομάζεται διάμηκες μετακεντρικό ύψος ενός πλοίου; Τι ονομάζεται «ροπή μεταβολής διαγωγιμότητας ανά cm» (MCT/cm) ενός πλοίου και πως υπολογίζεται; (Απόδειξη)

Απ: Το διάμηκες μετάκεντρο ενός πλοίου είναι η τομή του φορέα της άντωσης όταν το πλοίο πλέει χωρίς διαγωγή (ισοβύθιστο), με τον φορέα της άντωσης όταν το πλοίο έχει διαγωγή λόγω εξωτερικών αιτιών, ή διαμήκους μετακίνησης ενός βάρους πάνω στο πλοίο.

Διάμηκες μετακεντρικό ύψος ονομάζεται η απόσταση του διαμήκους μετακέντρου M_L από το κέντρο βάρους G του πλοίου.

Ροπή μεταβολής διαγωγιμότητας ανά cm (MCT/cm) ονομάζεται η διαμήκης ροπή που προκαλεί μεταβολή στη διαγωγή του πλοίου κατά 1 cm και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\frac{MCT}{cm} = \frac{W \cdot GM_L}{100 \cdot L} \quad \text{όπου:}$$

W : το εκτόπισμα, L : το μήκος και GM_L : το διάμηκες μετακεντρικό ύψος του πλοίου.

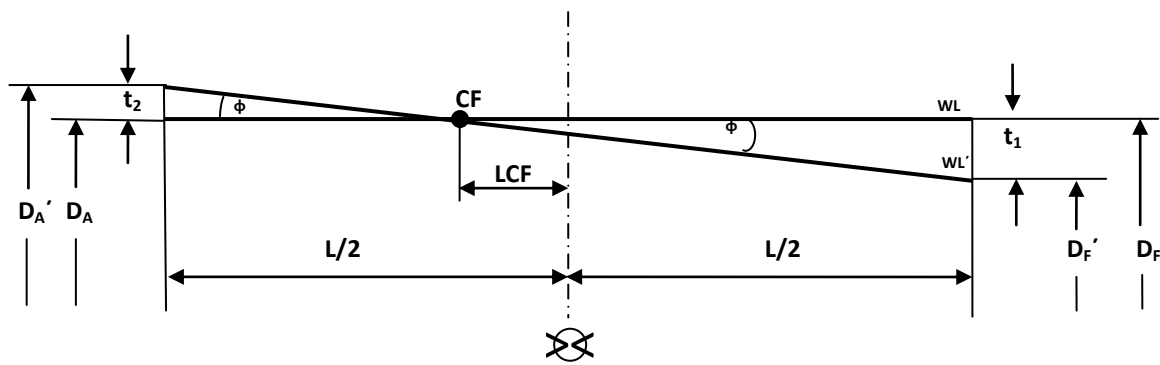
Απόδειξη: Η μετακίνηση ενός βάρους w κατά μήκος του πλοίου σε απόσταση l , προκαλεί μετακίνηση του κέντρου βάρους του πλοίου προς την ίδια κατεύθυνση, από τη θέση G στη θέση G_2 , και του κέντρου άντωσης από τη θέση B στη θέση B_1 , έτσι ώστε τα δύο κέντρα να βρεθούν στην ίδια κατακόρυφη και να ισορροπήσει το πλοίο. (σχ.6.2α)

Η μετακίνηση GG_2 δίνεται από τη σχέση: $GG_2 = \frac{w \cdot l}{W}$

όπου $w \cdot l$ η διαμήκης ροπή που προκαλεί η μετακίνηση αυτή του βάρους.

Στο ορθογώνιο τρίγωνο GG_2M_L εξ' άλλου ισχύει: $GG_2 = GM_L \cdot \varepsilon \varphi \varphi$

Από τις σχέσεις αυτές προκύπτει: $\frac{w \cdot l}{W} = GM_L \cdot \varepsilon \varphi \varphi \Rightarrow w \cdot l = W \cdot GM_L \cdot \varepsilon \varphi \varphi$



Από τα δύο όμοια τρίγωνα του σχήματος προκύπτει:

$$\varepsilon\varphi\varphi = \frac{t_2}{\frac{L}{2} - LCF} = \frac{t_1}{\frac{L}{2} + LCF} = \frac{t_2 + t_1}{L} = \frac{(D_A' - D_A) + (D_F - D_F')}{L} = \frac{(D_A' - D_F') - (D_A - D_F)}{L} = \frac{T' - T}{L} = \frac{\delta T}{L}$$

όπου: ϕ η γωνία της διαμήκου κλίσης και δT η μεταβολή της διαγωγής του πλοίου.

οπότε η προηγούμενη σχέση γίνεται: $w \cdot l = W \cdot GM_L \cdot \frac{\delta T}{L} = \frac{W \cdot GM_L \cdot \delta T}{L}$

Αν θέσουμε $\delta T = 1 \text{ cm} = 1/100 \text{ m}$ τότε $w \cdot l = MCT/cm$ οπότε:

$$MCT/cm = \frac{W \cdot GM_L \cdot 1}{100} \Rightarrow MCT/cm = \frac{W \cdot GM_L}{100 \cdot L}$$

17. Τι ονομάζεται κατακλύσιμο μήκος σε ένα πλοίο;

Ποιες είναι οι επιπτώσεις της κατάκλυσης ενός ή περισσότερων διαμερισμάτων ενός πλοίου από θαλασσινό νερό;

Ποια μέτρα λαμβάνονται πριν και μετά την κατάκλυση για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτών;

Απ: «Κατακλύσιμο μήκος» ονομάζεται το μέγιστο δυνατό μήκος που μπορεί να έχει ένα διαμέρισμα σ' ένα πλοίο, ώστε όταν αυτό κατακλυσθεί από θάλασσα, η ίσαλος πλευσης του πλοίου να εφάπτεται στην «οριακή γραμμή», που χαράσσεται στην πλευρά του πλοίου, **76 mm** κάτω από την άνω επιφάνεια του καταστρώματος στεγανών φρακτών. Οι κυριότερες επιπτώσεις από την κατάκλυση διαμερισμάτων ενός πλοίου από θάλασσα είναι:

- α. αύξηση εκτοπίσματος, με συνέπεια την αύξηση του μέσου βυθίσματος και την μείωση του ύψους εξάλων,
- β. μείωση εφεδρικής πλευστότητας,
- γ. μεταβολή βυθισμάτων και διαγωγής και διαμήκου μετακεντρικού ύψους,
- δ. εγκάρσια κλίση λόγω της προσθήκης του βάρους του θαλασσινού νερού προς την πλευρά της κατάκλυσης και της ταυτόχρονης μεταβολής του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους, που οφείλεται στην κατακόρυφη μετακίνηση του κέντρου βάρους του πλοίου και στη δημιουργία ελευθέρων επιφανειών στα διαμερίσματα που κατακλύστηκαν.

Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτών λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα:

πριν τη βλάβη (στο στάδιο της κατασκευής):

Ύπαρξη επαρκούς εφεδρικής πλευστότητας και εγκάρσιας ευστάθειας, υποδιαίρεση με στεγανές φρακτές, κατασκευή διπλών πλευρικών τοιχωμάτων της γάστρας (**double hull**) και διπυθμένων (**double bottom**).

Βασικός κανόνας κατά την διάρκεια της πλευσης: Όταν το πλοίο ταξιδεύει, όλες οι στεγανές θύρες μεταξύ των διαμερισμάτων που βρίσκονται στην περιοχή των υφάλων πρέπει να είναι κλειστές.

μετά τη βλάβη (κατά τη διάρκεια της πλευσης):

Προσπάθεια να σταματήσει η εισροή θάλασσας, απάντηση των εισελθόντων υδάτων, ερματισμός, όταν υπάρχουν περιθώρια αύξησης του εκτοπίσματος, ώστε να μειωθούν όσο γίνεται η εγκάρσια κλίση και η διαγωγή με ταυτόχρονη, αν απαιτείται, απόρριψη στερεών και υγρών φορτίων στη θάλασσα, κυρίως από τα υψηλότερα μέρη του πλοίου, και μείωση των ελευθέρων επιφανειών με πλήρωση ή άδειασμα μισογεμάτων δεξαμενών για να αυξηθεί το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος, που συντελεί στην περαιτέρω βελτίωση της εγκάρσιας ευστάθειας και στη μείωση της εγκάρσιας κλίσης.

18. Τι είναι η αντίσταση πρόωσης ενός πλοίου, ποιες είναι οι συνιστώσες της και που οφείλεται κάθε μια;

Απ: Αντίσταση πρόωσης (R_t) ενός πλοίου είναι η δύναμη που ασκείται σ' ένα πλοίο, όταν κινείται με ταχύτητα V , και η οποία έχει φορά αντίθετη από τη φορά της κίνησης του πλοίου. Η αντίσταση πρόωσης είναι συνισταμένη των παρακάτω επί μέρους αντιστάσεων:

α. Αντίσταση τριβής (R_f): Οφείλεται στις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται στην βρεχόμενη επιφάνεια του πλοίου λόγω της επαφής της με το νερό. Αποτελεί την κυριότερη συνιστώσα (από **50%** έως **80%**) της αντίστασης πρόωσης.

β. Αντίσταση κυματισμών (R_w): Είναι μια «ιδεατή» δύναμη, η οποία θεωρούμε ότι ασκείται στο πλοίο, για να δικαιολογήσουμε την ενέργεια της προωστήριας εγκατάστασης του πλοίου, που καταναλώνεται για τη δημιουργία δύο συστημάτων κυματισμού, που δημιουργούνται στα πλευρά και στο πίσω μέρος του πλοίου κατά την κίνησή του (σχ. 10.3γ,3δ).

γ. Αντίσταση δινών (R_{wh}): Είναι μια «ιδεατή δύναμη», η οποία θεωρούμε ότι ασκείται στο πλοίο, για να δικαιολογήσουμε την ενέργεια της προωστήριας εγκατάστασης του πλοίου, που καταναλώνεται για τη δημιουργία δινών στην πρύμνη του πλοίου (απόνερα) (σχ.10.3ιβ).

Οι τρεις παραπάνω συνιστώσες της αντίστασης πρόωσης αποτελούν την **υδραυλική αντίσταση (R_h)** του πλοίου, επειδή οφείλονται στο νερό.

δ. Αντίσταση αέρα (R_a): Είναι η αντίσταση που ασκείται στα ξέλα του πλοίου και αποτελείται από αντίστοιχες αντιστάσεις της υδραυλικής αντίστασης (τριβής, κυματισμών και δινών) και οφείλονται στην κίνηση των εξάλων στον αέρα. Λόγω του μικρού ειδικού βάρους του αέρα σε σύγκριση με το νερό, οι αντιστάσεις αυτές είναι πολύ μικρότερες από αυτές της υδραυλικής αντίστασης (εδικά σε άπνοια αποτελεί περίπου το **2%** της αντίστασης πρόωσης, ενώ σε περίπτωση αντίθετου ανέμου μπορεί να φτάσει μέχρι και το **20%** αυτής).

Οι τρεις τελευταίες συνιστώσες (κυματισμών, δινών και αέρα) ονομάζονται **υπόλοιπη αντίσταση (R_r)**, η οποία υπολογίζεται πειραματικά, δεδομένου ότι δεν είναι εφικτός ο θεωρητικός υπολογισμός της, οπότε : $R_t=R_f+R_r$

19. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η αντίσταση τριβής ενός πλοίου; Από ποιον τύπο υπολογίζεται;

Ποια κριτήρια καθορίζουν τη συχνότητα δεξαμενισμού για τον καθαρισμό των υφάλων ενός πλοίου;

Απ: Η αντίσταση τριβής εξαρτάται: **α.** από το μήκος του πλοίου, **β.** από το εμβαδόν της βρεχόμενης επιφάνειας, **γ.** από την τραχύτητα της βρεχόμενης επιφάνειας, **δ.** από την ταχύτητα του πλοίου, **ε.** από το ιξώδες και την πυκνότητα του νερού, **στ.** το είδος της ροής (στρωτή, στροβιλώδης, μικτή).

Η αντίσταση τριβής υπολογίζεται με ικανοποιητική προσέγγιση από τον τύπο: $R_f = f \cdot S \cdot V^{1,825}$ όπου:

S το εμβαδόν της βρεχόμενης επιφάνειας, V η ταχύτητα του πλοίου και

f συντελεστής που εξαρτάται από την τραχύτητα της βρεχόμενης επιφάνειας, την πυκνότητα και το ιξώδες του νερού, και το σύστημα μονάδων. Για το θαλασσινό νερό και μια μέση τραχύτητα βρίσκεται πειραματικά:

f=0,00165 στο διεθνές σύστημα μονάδων (**SI**) [S σε m^2 , V σε m/s και R_f σε **KN**]

f=0,05 στο τεχνικό σύστημα μονάδων (**TS**) [S σε m^2 , V σε **Knots** και R_f σε **Kp**]

Η αντίσταση τριβής αυξάνεται κατά **0,3%** έως **0,5%** για κάθε ημέρα μετά το δεξαμενισμό του πλοίου, λόγω ρύπανσης της γάστρας και γι' αυτό επιβάλλεται συχνός δεξαμενισμός του πλοίου για καθαρισμό των υφάλων και επίστρωση με κατάλληλα υλικά που μειώνουν σημαντικά τη ρύπανση. Η συχνότητα δεξαμενισμού ενός πλοίου για καθαρισμό και το είδος της επίστρωσης των υφάλων καθορίζεται από τη συνεκτίμηση των παρακάτω βασικότερων παραγόντων:

α. Την οικονομική ζημιά που προκαλείται λόγω της ρύπανσης των υφάλων που προκαλεί αύξηση της τραχύτητας της βρεχόμενης επιφάνειας, άρα και της αντίστασης τριβής που οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας αλλά και σε αύξηση της κατανάλωσης των καυσίμων.

β. Το κόστος δεξαμενισμού και των εργασιών καθαρισμού και επίστρωσης των υφάλων.

γ. Τα διαφυγόντα κέρδη λόγω του χρόνου δεξαμενισμού του πλοίου.

20. Πως υπολογίζεται η αντίσταση πρόωσης ενός πλοίου με τη μέθοδο του μοντέλου;

Απ: Κατασκευάζεται μοντέλο (ομοίωμα) του πλοίου γεωμετρικώς όμοιο με αυτό.

Λόγος γεωμετρικής ομοιότητας λ ονομάζεται ο λόγος δύο γραμμικών διαστάσεων πλοίου-μοντέλου.

Οπότε αν L_s είναι το μήκος του πλοίου και L_m το μήκος του μοντέλου θα έχουμε: $\lambda = \frac{L_s}{L_m}$

Τα δύο σκάφη (πλοίο και μοντέλο) έχουν και **δυναμική ομοιότητα** όταν έχουν ίσους **αριθμούς Froude**, οπότε:

$$(F_R)_s = (F_R)_m \Rightarrow \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_s}} = \frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} \Rightarrow \frac{V_s}{V_m} = \frac{\sqrt{g \cdot L_s}}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \sqrt{\frac{L_s}{L_m}} \Rightarrow \frac{V_s}{V_m} = \sqrt{\lambda} \quad \text{όπου:}$$

V_s η ταχύτητα του πλοίου και V_m η ταχύτητα του μοντέλου

Με βάση τη θεωρία της ομοιωματικής ανάλυσης αποδεικνύεται ότι: $\frac{R_{rs}}{R_{rm}} = \lambda^3$

Κατόπιν αυτών η διαδικασία υπολογισμού της αντίστασης πρόωσης του πλοίου είναι η εξής:

1. Το μοντέλο **ρυμουλκείται** με κατάλληλη ταχύτητα V_m ώστε να έχει δυναμική ομοιότητα με το πλοίο και **μετρείται** η αντίσταση πρόωσης αυτού R_{rm} .

2. Υπολογίζεται η αντίσταση τριβής του μοντέλου R_{fm} : $R_{fm} = f \cdot S_m \cdot V_m^{1,825}$

3. Υπολογίζεται η υπόλοιπη αντίσταση του μοντέλου R_{rm} : $R_{rm} = R_{rm} - R_{fm}$

4. Υπολογίζεται η υπόλοιπη αντίσταση του πλοίου R_{rs} : $R_{rs} = \lambda^3 \cdot R_{rm}$

5. Υπολογίζεται η αντίσταση τριβής του πλοίου R_{fs} : $R_{fs} = f \cdot S_s \cdot V_s^{1,825}$

6. Υπολογίζεται η αντίσταση πρόωσης του πλοίου R_{ts} : $R_{ts} = R_{fs} + R_{rs}$

21. Πως ορίζονται οι ισχείς: ρυμουλκήσεως, ώσης, έλικας, άξονα; Από ποιον τύπο δίνεται η ισχύς ρυμουλκήσεως; Πως ορίζονται οι συντελεστές: πρόωσης, απόδοσης σκάφους, απόδοσης έλικας, απόδοσης πρόωσης, μετάδοσης κίνησης; Ποιες σχέσεις τους συνδέουν; (Απόδειξη)

Απ: **Ισχύς ρυμουλκήσεως (EHP: Effective Horse Power)** ονομάζεται η ισχύς που απαιτείται για την υπερνίκηση της αντίστασης πρόωσης κατά τη ρυμούλκηση του πλοίου με ταχύτητα V .

Ισχύς ώσης (THP: Thrust Horse Power) ονομάζεται η ισχύς που δίνει η έλικα στο πλοίο και οφείλεται στην **ώση** που ασκεί η έλικα στο νερό (προς τα πίσω) και από αντίδραση το νερό στο πλοίο.

Ισχύς έλικας (PHP: Propeller Horse Power ή DHP: Delivered Horse Power) ονομάζεται η ισχύς που απορροφά η έλικα από τον άξονα.

Ισχύς άξονα (SHP: Shaft Horse Power) ονομάζεται η ισχύς που απορροφά ο άξονας της προωστήριας μηχανής από την μηχανή.

Η ισχύς ρυμουλκήσεως δίνεται από τη σχέση: $EHP \cong \alpha \cdot R_t \cdot V$ όπου:

R_t η αντίσταση πρόωσης, V η ταχύτητα του πλοίου

α συντελεστής που εξαρτάται από το σύστημα μονάδων και είναι:

$\alpha=1$ στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) [R_t σε KN, V σε m/s και EHP σε KW].

$\alpha=0,0067$ στο τεχνικό σύστημα μονάδων (TS) [R_t σε Kp, V σε knots και EHP σε hp].

συντελεστής πρόωσης: $\eta_p = \frac{EHP}{SHP}$ Εκφράζει το ποσοστό της ισχύος της προωστήριας μηχανής που αξιοποιείται για την πρόωση του πλοίου.

συντελεστής απόδοσης σκάφους: $\eta_H = \frac{EHP}{THP}$, **συντελεστής απόδοσης έλικας:** $\eta_{pr} = \frac{THP}{DHP}$

συντελεστής απόδοσης πρόωσης: $\eta_D = \frac{EHP}{DHP}$, **συντελεστής μετάδοσης κίνησης:** $\eta_S = \frac{DHP}{SHP}$

Μεταξύ των συντελεστών αυτών ισχύουν οι προφανείς σχέσεις:

$$\eta_H \cdot \eta_{pr} = \frac{EHP}{THP} \cdot \frac{THP}{DHP} = \frac{EHP}{DHP} \Rightarrow \eta_H \cdot \eta_{pr} = \eta_D$$

$$\eta_H \cdot \eta_{pr} \cdot \eta_S = \frac{EHP}{THP} \cdot \frac{THP}{DHP} \cdot \frac{DHP}{SHP} = \frac{EHP}{SHP} = \eta_P \Rightarrow \eta_H \cdot \eta_{pr} \cdot \eta_S = \eta_P$$

22. Ποια είναι τα κυριότερα είδη συστημάτων πρόωσης και που στηρίζεται η λειτουργία καθενός;

Απ: Τα κυριότερα συστήματα πρόωσης είναι:

α. Οι έλικες, οι οποίες διακρίνονται σε:

- έλικες σταθερού η ρυθμιζομένου (μεταβλητού) βήματος
- έλικες εντός σήραγγας ή δακτυλίου
- έλικες κατακόρυφου άξονα.

Η λειτουργία των ελίκων στηρίζεται στο **αξίωμα δράσης - αντίδρασης**. Η έλικα καθώς περιστρέφεται ασκεί στο νερό μια δύναμη με φορά αντίθετη προς την κίνηση του πλοίου. Το νερό, σύμφωνα με το παραπάνω αξίωμα, ασκεί στην έλικα μιά δύναμη αντίθετη αυτής, που έχει τη φορά της κίνησης του πλοίου, και ονομάζεται **ώση**, και κινεί το πλοίο.

β. Τροχοί με σταθερά ή μη πτερύγια: Είναι εγκατεστημένοι στην πρύμνη ή στο μέσον του πλοίου και εκατέρωθεν του πλοίου. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε ποταμόπλοια και σε πλοία που ταξιδεύουν σε ρηχά νερά.

Η λειτουργία τους στηρίζεται, όπως και των ελίκων, στο **αξίωμα δράσης - αντίδρασης**.

γ. Προωστήρες προβολής νερού, οι οποίοι διακρίνονται σε:

- προβολής νερού με ακροφύσιο εκτόξευσης πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του νερού (**hydro jet**).
- προβολής αερίων από αεριοστρόβιλο (**Turbojet**).

Η λειτουργία τους στηρίζεται στην **αρχή διατήρησης της ορμής**.

23. Δώστε ορισμούς: δεξιόστροφη-αριστερόστροφη έλικα, επιφάνεια ώσεως, οδηγός-ακολουθούσα ακμή, διάμετρος έλικας, ρίζα, ελικοειδής επιφάνεια, βήμα έλικας, έλικα ομοιόμορφου (ή σταθερού) - μεταβλητού βήματος.

Απ: **Δεξιόστροφη** είναι η έλικα η οποία κινεί το πλοίο προς τα μπρός όταν στρέφεται κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού, ενώ **αριστερόστροφη** όταν στρέφεται αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού.

Επιφάνεια ώσης (pressure face) ονομάζεται η πρυμναία επιφάνεια των πτερυγίων της έλικας, η οποία ασκεί τη δύναμη στο νερό και δέχεται από αυτό την ώση. (σχ. 12.2α)

Οδηγός ακμή (leading edge) ονομάζεται η ακμή του πτερυγίου που τέμνει πρώτη το νερό όταν το πλοίο κινείται προς τα μπρος, ενώ η άλλη ακμή ονομάζεται **ακολουθούσα ακμή (following edge)**. (σχ. 12.2α)

Διάμετρος έλικας ονομάζεται η διάμετρος του κύκλου που διαγράφει το πιο απομακρυσμένο από τον άξονα περιστροφής της έλικας σημείο του άκρου των πτερυγίων. (σχ. 12.2α)

Ρίζα ονομάζεται το σημείο σύνδεσης του πτερυγίου με την πλήμνη της έλικας (για έλικα ενιαίου σώματος).

Ελικοειδής επιφάνεια ονομάζεται η επιφάνεια που παράγεται από ένα ευθύγραμμο τμήμα (γενέτειρα), του οποίου το ένα άκρο κινείται με σταθερή ταχύτητα κατά μήκος μιας ευθείας (άξονας περιστροφής), ενώ ταυτόχρονα το τμήμα περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα γύρω από το άκρο αυτό.

Βήμα ενός σημείου του πτερυγίου ονομάζεται η κατά τη διεύθυνση του άξονα περιστροφής συνιστώσα της μετακίνησης αυτού, όταν η γενέτειρα στην οποία ανήκει, διαγράψει ένα πλήρη κύκλο (περιστροφή κατά 360°).

Έλικα ομοιόμορφου ή σταθερού βήματος ονομάζεται η έλικα της οποίας όλα τα σημεία της επιφάνεια ώσης έχουν το ίδιο βήμα, το οποίο είναι ίσο με την κατά τη διεύθυνση του άξονα προχώρηση της έλικας μέσα στο νερό, αν δεν υπήρχε ολίσθηση. Αυτό συμβαίνει όταν η επιφάνεια ώσης είναι πραγματική ελικοειδής επιφάνεια.

Έλικα μεταβλητού βήματος ονομάζεται η έλικα στην οποία το βήμα μεταβάλλεται ομαλά από τη ρίζα προς την άκρη των πτερυγίων και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επιφάνεια ώσης δεν είναι πραγματική ελικοειδής επιφάνεια. Το βήμα της έλικας εξαρτάται από την κλίση των πτερυγίων σε σχέση με τον άξονα της έλικας. Στις έλικες μεταβλητού βήματος η κλίση αυτή μεταβάλλεται με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού.

24. Τι ονομάζεται φαινόμενη και τι πραγματική ολίσθηση και που οφείλονται; Πως ορίζονται οι συντελεστές φαινόμενης και πραγματικής ολίσθησης; Τι είναι η ταχύτητα ομόρρου; Πως ορίζονται οι συντελεστές ομόρρου και ώσης και πως συνδέονται με το συντελεστή πρόωσης του πλοίου; (Απόδειξη).

Απ: Θεωρητικά η προχώρηση της έλικας (άρα και του πλοίου) σε σχέση με το νερό σε μια περιστροφή της θα έπρεπε να είναι ίση με το βήμα της έλικας. Στην πραγματικότητα όμως είναι μικρότερη λόγω της ολίσθησης της έλικας μέσα στο νερό (πατινάρισμα). (είναι σαν να βιδώνουμε ένα κοχλίας σε ένα «κλωτσημένο» σπείρωμα. Ο κοχλίας περιστρέ-

ται χωρίς να προχωρεί). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ολίσθηση**.

Όταν η ολίσθηση αναφέρεται στην κίνηση του πλοίου σε σχέση με το ακίνητο νερό ή την ξηρά η ολίσθηση ονομάζεται **φαινόμενη**, ενώ όταν αναφέρεται σε σχέση με το νερό που κινείται κατά την κατεύθυνση του πλοίου ονομάζεται **πραγματική**.

Ως **συντελεστής φαινόμενης ολίσθησης** S_o ορίζεται ο λόγος: $S_o = \frac{P \cdot N - V}{P \cdot N}$ όπου:

P το βήμα της έλικας (**m**), N ο αριθμός στροφών της έλικας ανά δευτερόλεπτο (**rps**). Το γινόμενο $P \cdot N$ εκφράζει τη θεωρητική ταχύτητα του πλοίου σε σχέση με το νερό.

V η απόλυτη ταχύτητα του πλοίου ως προς την ξηρά, δηλαδή ως προς το ακίνητο νερό μακριά από το πλοίο (**m/s**).

Ως **συντελεστής πραγματικής ολίσθησης** ορίζεται ο λόγος: $S_T = \frac{P \cdot N - V_\varepsilon}{P \cdot N}$ όπου:

V_ε η σχετική ταχύτητα του πλοίου ως προς το νερό, το οποίο, παρασυρόμενο από την έλικα, κινείται προς την κατεύθυνση του πλοίου. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ομόρρους** και η ταχύτητα του νερού V_o ονομάζεται **ταχύτητα ομόρρου**. Προφανώς ισχύει η σχέση: $V_o = V - V_\varepsilon$ (σχ. 12.3).

Ως **συντελεστής ομόρρου** ορίζεται ο λόγος: $w = \frac{V_o}{V} = \frac{V - V_\varepsilon}{V}$

Η υποπίεση του νερού που δημιουργείται στη γάστρα στην περιοχή της πρύμνης, λόγω της ροής του νερού προς τα πίσω, που προκαλεί η έλικα, οδηγεί στην αύξηση της αντίστασης πρόωσης την οποία καλείται να υπερικήσει η ώση της έλικας, γι' αυτό η ώση T που ασκεί η έλικα στο πλοίο, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση πρόωσης R_t .

Ως **συντελεστής ώσης** ορίζεται ο λόγος: $t = \frac{T - R_t}{T}$ Από τις δύο τελευταίες σχέσεις προκύπτει:

$$w = \frac{V - V_\varepsilon}{V} \Rightarrow w \cdot V = V - V_\varepsilon \Rightarrow V_\varepsilon = V - w \cdot V \Rightarrow V_\varepsilon = (1 - w) \cdot V$$

και $t = \frac{T - R_t}{T} \Rightarrow t \cdot T = T - R_t \Rightarrow R_t = T - t \cdot T \Rightarrow R_t = (1 - t) \cdot T$

Ισχύει: $EHP = R_t \cdot V$ και $THP = T \cdot V_\varepsilon$ οπότε: $\eta_H = \frac{EHP}{THP} = \frac{R_t \cdot V}{T \cdot V_\varepsilon} = \frac{(1 - t) \cdot T \cdot V}{T \cdot (1 - w) \cdot V} \Rightarrow \eta_H = \frac{1 - t}{1 - w}$

άρα: $\eta_P = \eta_H \cdot \eta_{pr} \cdot \eta_S \Rightarrow \eta_P = \frac{1 - t}{1 - w} \cdot \eta_{pr} \cdot \eta_S$

25. Τι είναι η σπηλαιώση, που οφείλεται, ποιες είναι οι επιπτώσεις της και από ποιους παράγοντες επηρεάζεται;

Απ: **Σπηλαιώση** ονομάζεται η μηχανική φθορά που παρατηρείται κυρίως στα πτερύγια μιας έλικας (ή της πτερωτής μιας φυγόκεντρης υδραντλίας).

Οφείλεται στην πτώση της πίεσης που προκαλεί η αύξηση της ταχύτητας του νερού που παρασύρεται από τα πτερύγια κατά την περιστροφή τους (**αρχή Bernoulli**). Αυτή η μείωση είναι ιδιαίτερα σημαντική στα άκρα των πτερυγίων όπου η ταχύτητα του υγρού είναι μεγάλη με αποτέλεσμα την ατμοποίηση τοπικά των σταγόνων του νερού και τη δημιουργία φυσαλίδων ατμού, η θραύση των οποίων πάνω στα πτερύγια προκαλεί ισχυρή μηχανική φθορά. Σε υψηλές ταχύτητες περιστροφής παρατηρείται σπηλαιώση μερικές φορές και στις ρίζες των πτερυγίων.

Η σημαντικότερη επίπτωση της σπηλαιώσης της έλικας ενός πλοίου, πέραν της φθοράς των πτερυγίων, είναι η μείωση της απόδοσης της έλικας, η μείωση της απόδοσης πρόωσης και η αύξηση της κατανάλωσης των καυσίμων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την σπηλαιώση είναι:

- το σχήμα της διατομής των πτερυγίων,
- το βάθος λειτουργίας της έλικας, (Η πιθανότητα εμφάνισης σπηλαιώσης μειώνεται όταν αυξάνει το βάθος)
- η αύξηση της ανεπτυγμένης επιφάνειας,
- η ταχύτητα περιστροφής της έλικας.

Οι δύο τελευταίοι, όταν αυξάνονται, ευνοούν την εμφάνιση σπηλαιώσης.