



Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας



Τεχνολογία Μικρών Σκαφών

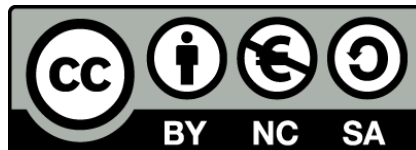
Ενότητα 7: Μέθοδος Savitsky

Σοφία Πέππα

Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών ΤΕ

Γρηγόρης Γρηγορόπουλος

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολ. Μηχ. ΕΜΠ



Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Ονοματολογία

Μέγεθος	Σύμβολο	Μονάδες
Ταχύτητα	V	m/sec
Επιτάχυνση της βαρύτητας	g	m/sec ²
Το πλάτος της ολισθαίνουσας επιφάνειας	B	m
Βάρος - Εκτόπισμα	W	Kp
Πυκνότητα νερού	ρ	Kp sec ² /m ⁴
Κέντρο βάρους	L _G	m
Κέντρο πιέσεων	L _p	m
Δυναμική διαγωγή	τ	μοίρες
Γωνία ανύψωσης πυθμένα	β	μοίρες
Κινηματική συνεκτικότητα	ν	m ² /sec

Υπολογισμός της αντίστασης

- Μη συνεκτικό ρευστό

D_p , η αντίσταση λόγω πιέσεων:

$$D_p = W \cdot \tan(\tau)$$

- Συνεκτικό ρευστό

D , η αντίσταση:

$$D = W \cdot \tan(\tau) + D_f / \cos(\tau)$$

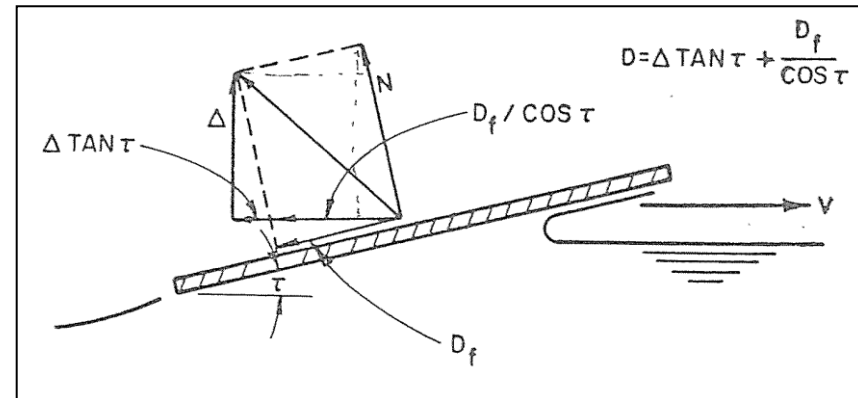
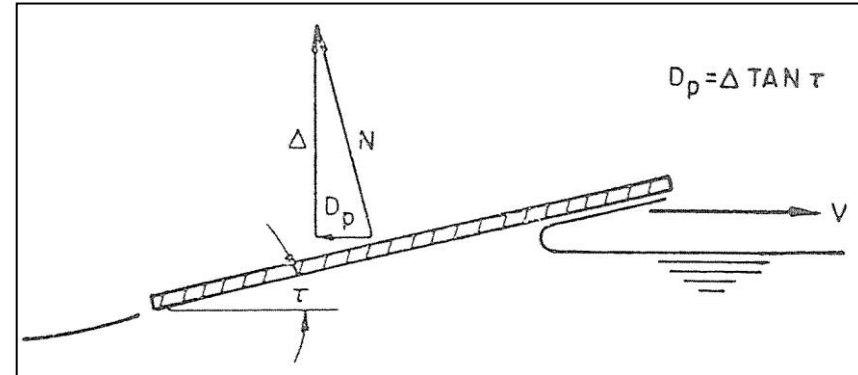
όπου

$D_f = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2 \cdot S_f \cdot C_f$, η αντίσταση τριβής

V_m : η μέση ταχύτητα του ρευστού στο πυθμένα

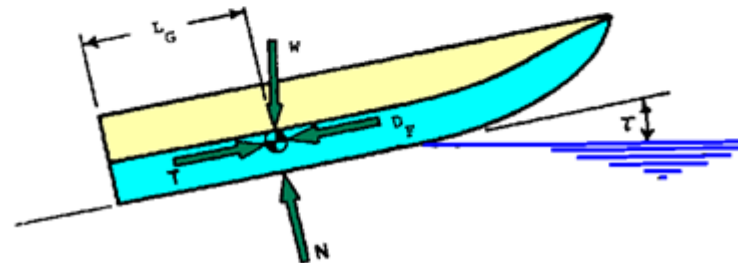
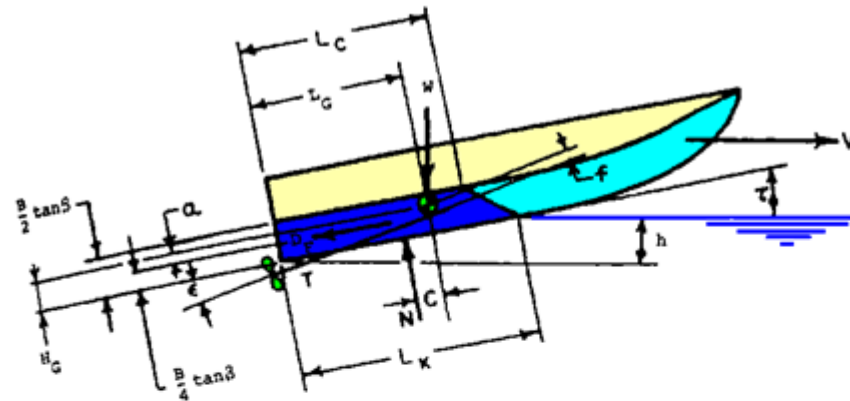
S_f : η ενεργή επιφάνεια τριβής

C_f : ο συντελεστής τριβής



Savitsky (1964, p.83)

Ισορροπία ολισθακάτου



Άσκηση

Ζητείται να εκτιμήσετε την αντίσταση ένα ταχύπλοου περιπολικού σκάφους εκτοπίσματος **30 mt** και υπηρεσιακής ταχύτητας **30 kts** με τη *σύντομη μέθοδο Savitsky*.

Δίνεται το βρεχόμενο πλάτος στην ακμή $B_{p\chi} = 5.6 \text{ m}$ και η διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του σκάφους από τον καθρέπτη, εκτιμάται ότι θα είναι ίση με **11.5 m**.

Θεωρείστε επίσης δεδομένο ότι η γωνία ανύψωσης πυθμένα είναι **23°**.

Δεδομένα

- Θεωρούνται δεδομένα τα εξής:

$$1 \text{ kts} = 0.514 \text{ m/s}, g = 10 \text{ m/s}^2$$

- Θαλασσινό νερό στους 15° C αλατότητας 3.5%:

$$\rho = 104.61 \text{ (Kp sec}^2\text{)/m}^4 = 1.026 \text{ mt/m}^3$$

$$\nu = 1.18831 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2\text{/sec}$$

Επίλυση 1/10

- **Βήμα 1^ο** - Υπολογίζουμε τον αριθμό Froude με βάση το πλάτος

$$Fn_B = \frac{V}{\sqrt{g \cdot B}} = \frac{30 \cdot 0.514}{\sqrt{9.81 \cdot 5.6}} = 2.080$$

- **Βήμα 2^ο** – Συντελεστής Άνωσης πρισματικού σκάφους

$$C_{L\beta} = \frac{W[kp]}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot B^2} = \frac{30000}{\frac{1}{2} \cdot 104.61 \cdot (30 \cdot 0.514)^2 \cdot 5.6^2} = 0.077$$

Για $Fn_B > 1$

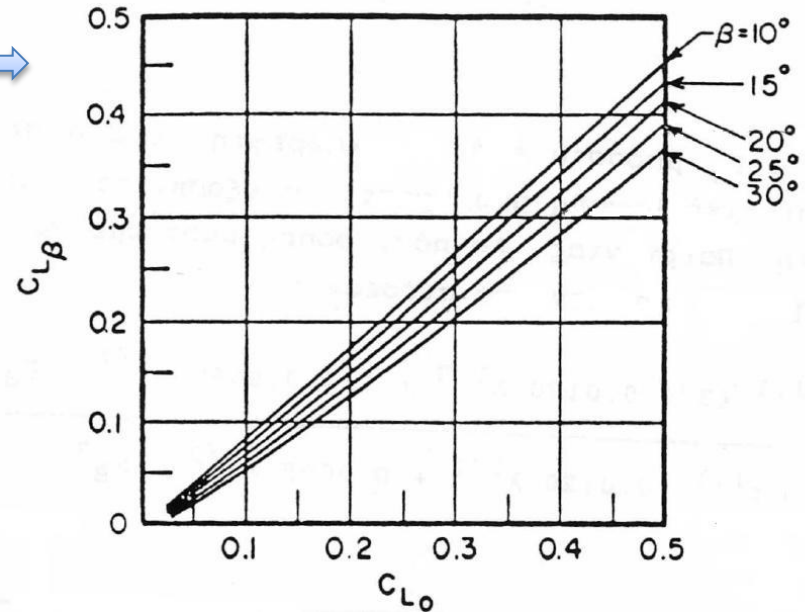
Επίλυση 2/10

- **Βήμα 3°** - Από το σχήμα 

ή την εξίσωση:

$$C_{L\beta} = C_{L0} - 0.0065 \cdot \beta \cdot C_{L0}^{0,6}$$

προκύπτει ο συντελεστής άνωσης
επίπεδης πλάκας: $C_{L0} = 0.12$



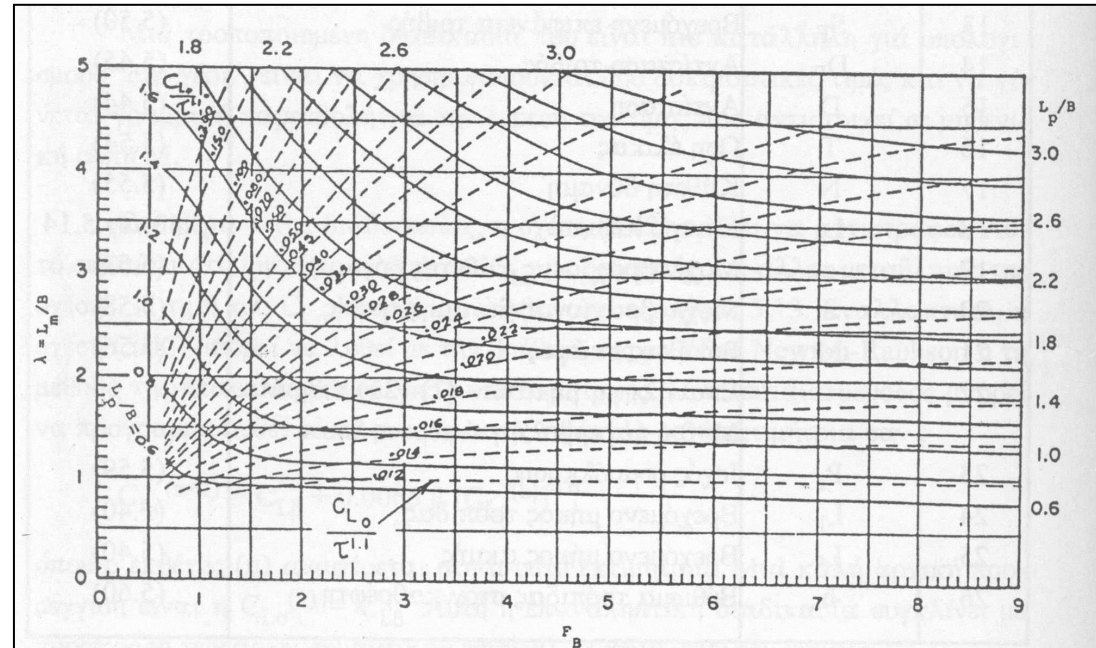
Savitsky (1964, p. 81)

- **Βήμα 4°** – Θεωρώντας ότι το κέντρο των πιέσεων βρίσκεται στην ίδια διαμήκη θέση με το κ.β. έχουμε:
 $L_p = LCG = 11.5 \text{ m} \rightarrow L_p/B = 11.5/5.6 = 2.05$

Επίλυση 3/10

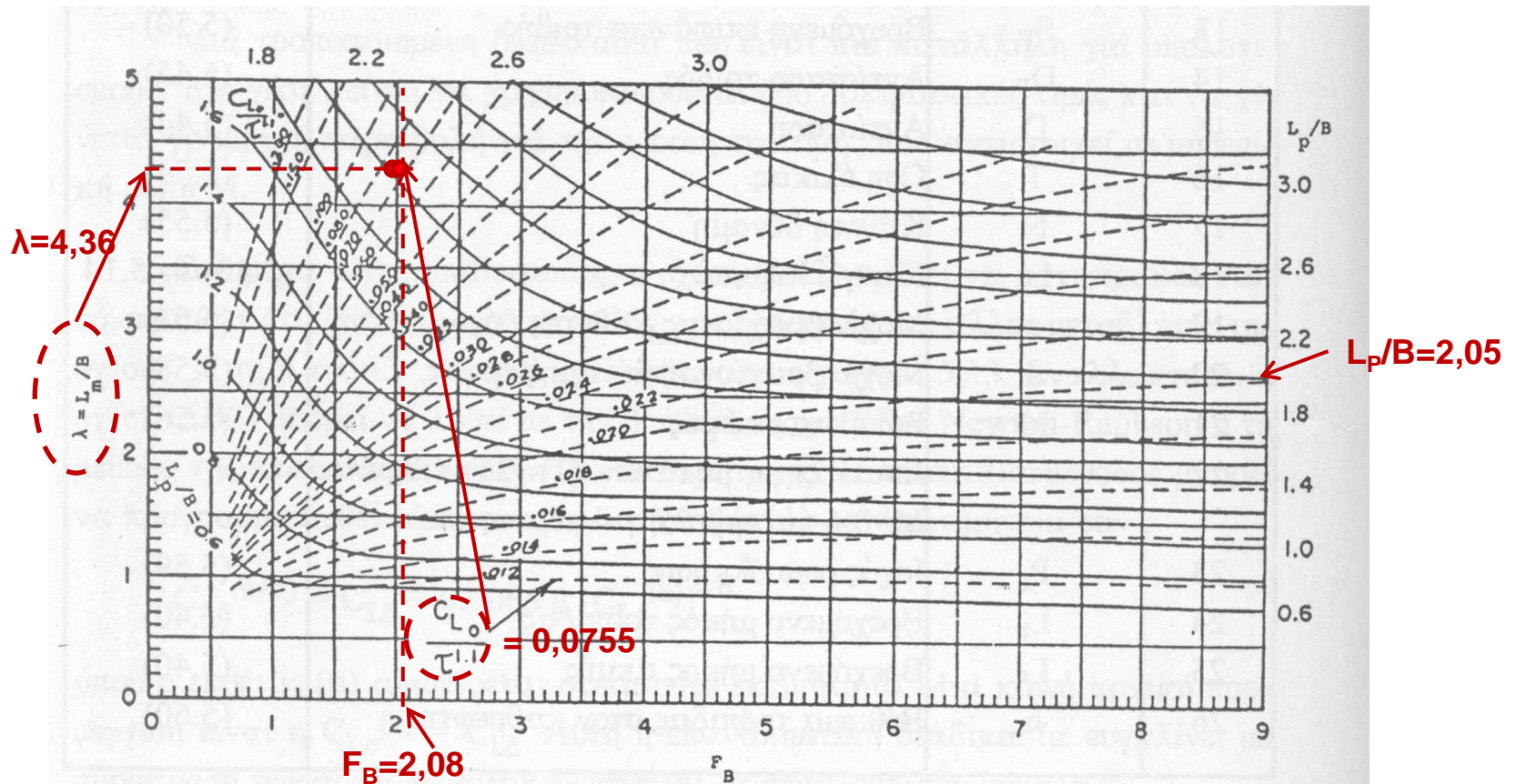
- **Βήμα 5^ο** – Υπολογισμός του λόγου μέσου βρεχόμενου μήκους προς πλάτος λ από το σχήμα, οπότε προκύπτει:

$$\lambda = 4.36$$



Νομογράφημα για την περίπτωση συντρεχουσών δυνάμεων Savitsky (1964, p. 93)

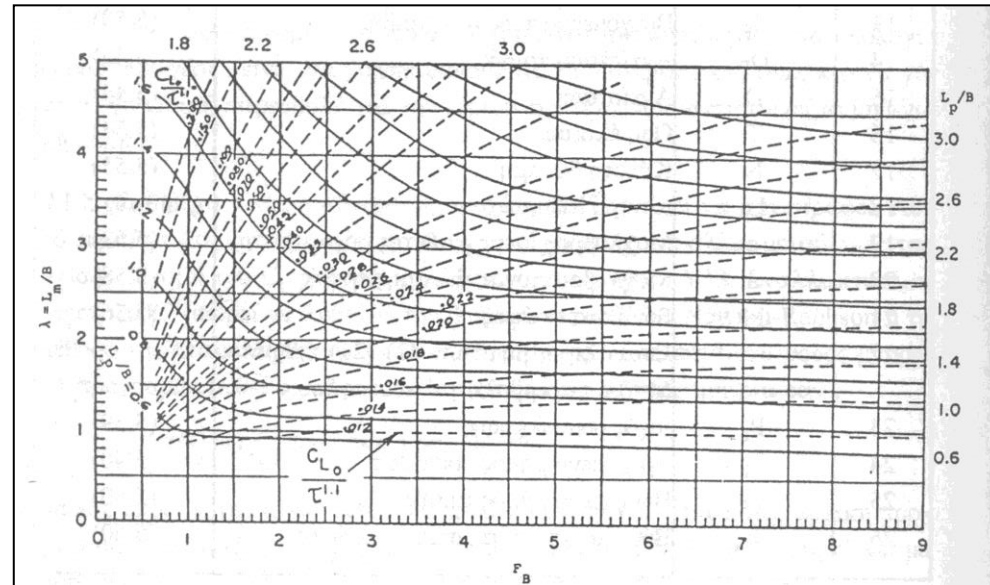
Επίλυση 4/10



Νομογράφημα για την περίπτωση συντρεχουσών δυνάμεων

Επίλυση 5/10

- Βήμα 6^ο –
Υπολογισμός του
μειωμένου συντελεστή
επίπεδης πλάκας
 $C_{L0}/\tau^{1.1}$ από το σχήμα :
$$C_{L0}/\tau^{1.1} = 0.0755$$



Νομογράφημα για την περίπτωση
συντρεχουσών δυνάμεων

Επίλυση 6/10

- **Βήμα 7°** – Η Δυναμική διαγωγή τ υπολογίζεται από τις τιμές που προέκυψαν στα βήματα 3 & 6, δηλαδή:

$$C_{L0} = 0.12$$

$$C_{L0}/\tau^{1.1} = 0.0755 \quad \& \quad \text{άρα } \tau = 1.52 \text{ (deg)}$$

- **Βήμα 8°** – Ο συντελεστής Δυναμικής άνωσης C_{Ld}

$$C_{Ld} = 0.0120 \cdot \lambda^{1/2} \tau^{1.1} - 0.0065 \beta (0.0120 \cdot \lambda^{1/2} \tau^{1.1})^{0.6}$$

$$C_{Ld} = 0.018$$

Επίλυση 7/10

- **Βήμα 9^ο** – Η μέση ταχύτητα πυθμένα, V_m υπολογίζεται από τη σχέση:

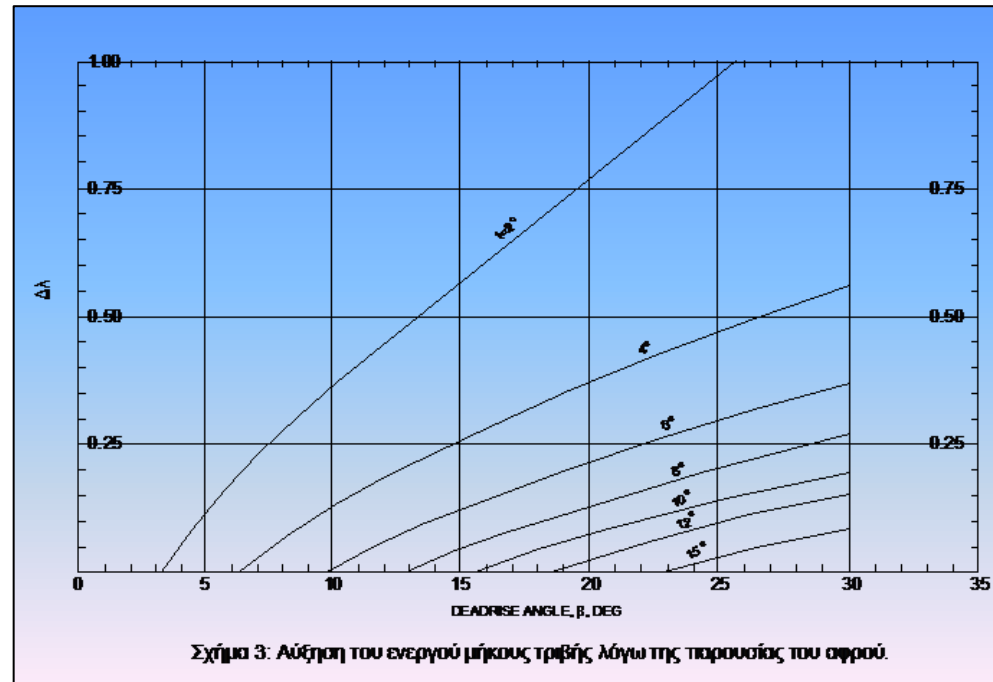
$$V_m = V (1 - C_{Ld} / \lambda \cos\tau)^{1/2}$$

και επομένως είναι:

$$V_m = 15.39 \text{ m/sec}$$

Επίλυση 8/10

- Βήμα 10° – Η διόρθωση λόγου βρεχόμενου μήκους λόγω αφρού, $\Delta\lambda$ όπως προκύπτει από το Σχήμα ή
- $\Delta\lambda=0$ για $\tau < 4$.



Savitsky and Neidinger (1954, p. 47)

Επίλυση 9/10

- **Βήμα 11^ο** - Λόγος βρεχόμενου μήκους τριβής προς το πλάτος, λ_F είναι ίσος με $\lambda_F = \lambda + \Delta\lambda = 4.36$
- **Βήμα 12^ο** – Υπολογίζεται ο αριθμός Re με τη βοήθεια του λ_F και του πλάτους:

$$Re = V_m (B \lambda_F) / \nu = 3.16 * 10^8$$

- **Βήμα 13^ο** – Υπολογισμός του συντελεστή αντίστασης τριβής.

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Re - 2)^2} = 0.01775$$

Συντελεστής τριβής

$$C_F = 0.074 Re^{-1/5} \quad , 5 \cdot 10^5 < Re < 10^7$$

$$C_F = 0.455 / (\log_{10} Re)^{2.58} \quad , 5 \cdot 10^5 < Re < 10^7$$

$$(ITTC) C_F = 0.075 / (\log_{10} Re - 2)^2 \quad , 5 \cdot 10^7 < Re$$

Επίλυση 10/10

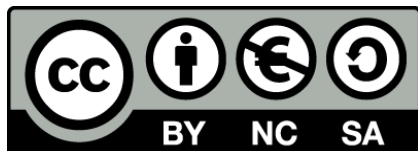
- Η ισχύς ρυμούλκησης του σκάφους θα είναι τώρα:

$$EHP[PS] = \frac{V\left[\frac{m}{sec}\right] \cdot R_T[kp]}{75} = 30 \cdot 0.514 \cdot \frac{4800}{75} = 987 \text{ PS}$$

Βιβλιογραφία

- Savitsky, D., 1964. Hydrodynamic Design of Planing Hulls, Marine Technology, Vol. 1, No. 1, pp 71-95, 1964.
- Savitsky, D. and Neidinger, J., W., Wetted Area and Center of Pressure of Planing Surfaces at Very Low Speed Coefficients, Experimental Towing Tank, Stevens Institute of Technology, Report 493, 1954.

Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

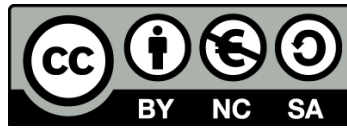
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Σοφία Πέππα, Γρηγόρης Γρηγορόπουλος 2014. Σοφία Πέππα, Γρηγόρης Γρηγορόπουλος. «Τεχνολογία Μικρών Σκαφών. Ενότητα 5β: Μέθοδος Savitsky». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: ocp.teiath.gr.

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

© Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.
Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.
Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.
Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.
Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.

διαθέσιμο με άδεια CCO Public Domain
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο ως κοινό κτήμα
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

χωρίς σήμανση
Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Σημειώσεις μαθήματος «Τεχνολογία Μικρών Σκαφών Ι», Γ.Γρηγορόπουλος, Σ.Περισσάκης, (“Παιδεία Μπροστά”, 2^ο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης).

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

