

Μια νέα σειρά ολισθακάτων με διπλή ακμή

Το Εργαστήριο Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής με την υποστήριξη της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας στα πλαίσια των προγραμμάτων ΠΡΟΠΕ 1986-87 και ΠΕΝΕΔ '95, αλλά και με εσωτερική αυτοχρηματοδότηση, προχώρησε στην ανάπτυξη μιας νέας σειράς ολισθακάτων με διπλή ακμή καταλλήλων για τις ελληνικές θάλασσες.

Στα πλαίσια του προγράμματος ΠΡΟΠΕ 1986-87 που αποσκοπούσε στην ανάπτυξη μιας συστηματικής σειράς ολισθακάτων με βελτιωμένα χαρακτηριστικά όσον αφορά την αντίσταση και τη δυναμική συμπεριφορά σε κυματισμούς και για την επιλογή της πατρικής γάστρας της σειράς, σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν πέντε ξύλινα πρότυπα μήκους δύο μέτρων με τις ίδιες κύριες διαστάσεις αλλά με διαφορετικές μορφές γάστρας. Τα πρότυπα αυτά είχαν τις παρακάτω μορφές:

1. Σειράς 62 με ακμή και γωνία ανύψωσης πυθμένα 12.5°.
2. Με βαθύ V με ακμή και γωνία ανύψωσης πυθμένα 25°.
3. Τροποποιημένο σειράς 62 με διπλή ακμή και μεταβλητή γωνία ανύψωσης πυθμένα κατά Savitsky
4. Με διπλή ακμή και μεταβλητή γωνία ανύψωσης πυθμένα, σύμφωνα με τις οδηγίες του Savitsky, και
5. Όπως το παραπάνω, αλλά με στρογγυλό πυθμένα στην περιοχή μεταξύ των δύο ακμών.

Η σχεδίαση των προτύπων (1), (2) και (3) βασίστηκε στη συστηματική σειρά 62, ολισθακάτων με ακμή. Η μορφή των προτύπων αυτών ήταν η ίδια, όσον αφορά το τμήμα της γάστρας άνωθεν της ακμής, ενώ το πλάτος του καθρέφτη της πρύμνης, είναι σχετικά μικρό. Τα πρότυπα (1) και (2) έχουν απλή ακμή, ενώ το πρότυπο (3) είχε διπλή ακμή.

Τα πρότυπα (4) και (5) βασίζονται στη σχεδίαση ολισθακάτων με διπλή ακμή, όπως πρότειναν οι Savitsky, Roper και Benen (Savitsky, D., Roper, J.K. and Benen, L., 1972. Hydrodynamic Development of a High Speed Planing Hull for Rough

Water, 9th Symp. Naval Hydrodyn., ONR, Paris, p. 419). Ο καθρέφτης της πρύμνης των προτύπων αυτών είναι αρκετά πλατύς, ενώ υπάρχει έντονη αύξηση της γωνίας ανύψωσης του πυθμένα από πρύμνη προς πρόρα.

Στα πλαίσια του προγράμματος ΠΡΟΠΕ 1986-87, διερευνήθηκε πειραματικά η επίδραση που έχουν στην αντίσταση των ολισθακάτων, οι αντιδιαβροχικές λωρίδες (spray rails), οι σφήνες (wedges) και τα κινητά πετρύγια διαγωγής. Έτσι, η λεπτομερής συγκριτική ανάλυση των εκτεταμένων πειραματικών αποτελεσμάτων για τα πέντε δοκιμασθέντα πρότυπα, χωρίς και με αντιδιαβροχικές λωρίδες, οδήγησε στα εξής συμπεράσματα:

- Γενικά, τη χαμηλότερη αντίσταση εκ των τριών προτύπων με στενή πρύμνη, παρουσιάζει το πρότυπο (3), γεγονός που αποδεικνύει τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα της διπλής ακμής έναντι της απλής.

- Το πρότυπο (4), με διπλή ακμή υπερτερεί έναντι του, κατά τα άλλα, ομοίου προτύπου (5) με στρογγυλό πυθμένα, γεγονός που επιβεβαιώνει την αποτελεσματικότητα των ακμών.

- Οι αντιδιαβροχικές λωρίδες είναι αποτελεσματικές στα πρότυπα με στενό καθρέφτη, ενώ στα σκάφη με πλατύ καθρέφτη έχουν μικρή ή αρνητική επίδραση.

- Από τη σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων των προτύπων με διπλή ακμή στις βέλτιστες καταστάσεις τους (πρότυπο (3) με αντιδιαβροχικές λωρίδες και (4) χωρίς αντιδιαβροχικές λωρίδες), προκύπτει ότι το πρότυπο (4) υπερέρχει του (3) σε όλο σχεδόν το εύρος των ταχυτήτων δοκιμών.

- Η γωνία δυναμικής διαγωγής επηρεάζεται από την παρουσία των αντιδιαβροχικών λωρίδων, κυρίως στις υψηλές ταχύτητες και στις περισσότερες περιπτώσεις αυξάνεται.

- Σε κάθε περίπτωση, η παρουσία των αντιδιαβροχικών λωρίδων έχει ως αποτέλεσμα την εντονότερη ανύψωση του κέντρου βάρους, λόγω των πρόσθετων ανωστικών δυνάμεων που

ασκούνται στην κάτω πλευρά των λωρίδων.

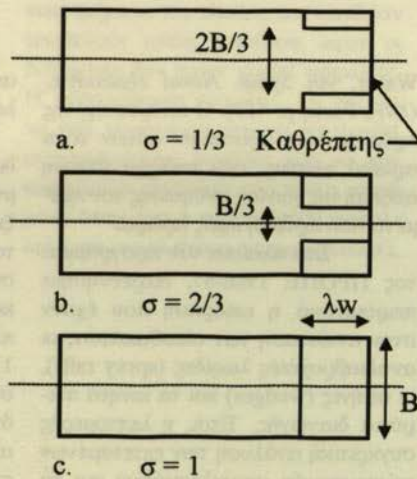
Επιπλέον, κατά την πειραματική διερεύνηση της επίδρασης των πρυμναίων σφηνών, δοκιμάστηκαν διατάξεις με μήκη σφηνών 2, 5, 7.5 και 10% του μήκους της ισάλου. Σε κάθε μήκος σφήνας εξετάστηκαν τρεις διαφορετικοί λόγοι σ πλάτους σφήνας προς το πλάτος του προτύπου ($\sigma = 1/3, 2/3$ και 1). Στις δύο πρώτες περιπτώσεις οι σφήνες τοποθετήθηκαν στην πλευρά, όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Η διάταξη αυτή βελτιώνει τα χαρακτηριστικά εγκάρσιας ευστάθειας στις υψηλότερες ταχύτητες.

Γενικά, η γωνία απόκλισης της σφήνας ήταν 6°. Επιπλέον, για να διερευνηθεί η επίδραση της γωνίας απόκλισης στη συμπεριφορά του προτύπου, στην περίπτωση της σφήνας πλήρους πλάτους μήκους 10% του μήκους της ισάλου, δοκιμάστηκαν δύο ακόμη γωνίες απόκλισης 3° και 9°.

Όπως έχει δείχθει από πολλούς ερευνητές με πρωτοπόρο τον Savitsky (Savitsky, D., 1964. Hydrodynamic design planing hulls, *Marine Technology*, Vol. 1, No. 1, October, pp. 71-95), η συμπεριφορά των πρισματικών ολισθακάτων σε ήρεμο νερό ρυθμίζεται, κυρίως, από το εκτόπισμα και τη διαμήκη κατανομή του, που εκφράζεται από τη διαμήκη θέση του κέντρου LCG, το πλάτος στην ακμή και τη γωνία ανύψωσης πυθμένα. Στην περίπτωση των μη-πρισματικών γαστρών με μεταβλητή γωνία ανύψωσης πυθμένα, οι αντίστοιχες διαμήκεις κατανομές των πλατών στην ακμή και των γωνιών ανύψωσης πυθμένα, πρέπει να ληφθούν υπόψη. Για κάθε δεδομένο συνδυασμό των παραπάνω παραμέτρων σχεδίασης, η γάστρα ισορροπεί σε συγκεκριμένη δυναμική διαγωγή που εξαρτάται από την ταχύτητα. Επιπλέον, σε κάθε ταχύτητα, υπάρχει μια τιμή της δυναμικής διαγωγής για την οποία οι απαιτήσεις ισχύος της γάστρας ελαχιστοποιούνται.

Όσον αφορά τώρα τη σχεδίαση της ολισθακάτου, ο μελετητής πρέπει να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της βελτι-

των
Γρηγ. Γρηγορόπουλου,
επίκ. καθηγητή,
Θεοδ. Λουκάκη
Καθηγητή
Τμήματος Ναυπηγών
Μηχ. Μηχ/κών ΕΜΠ



Σχήμα 1. Κάτοψη των διατάξεων πρυμναίων σφηνών που δοκιμάστηκαν.

στοποίησής της, σαν πρόβλημα επιλογής του κατάλληλου συνδυασμού των παραπάνω παραμέτρων (διαμήκεις κατανομές του εκτοπίσματος, του πλάτους στην αιμή και της γωνίας ανύψωσης πυθμένα), που θα οδηγήσει σε μειωμένες απαιτήσεις ισχύος. Έτσι, οι γωνίες δυναμικής διαγωγής που προκύπτουν σ' αυτήν την περίπτωση, σχετίζονται στενά με τη μορφή της γάστρας. Εναλλακτικά, θα μπορούσε να λεχθεί ότι, αντί για την αναζήτηση μείωσης της αντίστασης, ο σχεδιαστής στοχεύει στον προσδιορισμό της αντίστοιχης (βέλτιστης) δυναμικής διαγωγής στην περιοχή ταχυτήτων που τον ενδιαφέρουν.

Δεδομένου όμως, ότι η διαμήκης κατανομή του εκτοπίσματος (που εκφράζεται από το εκτόπισμα και το LCG) συνήθως προδιαγράφονται από τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη, η κύρια εργασία του σχεδιαστή περιορίζεται στον προσδιορισμό του βέλτιστου συνδυασμού της διαμήκου κατανομής των πλατών και των γωνιών ανύψωσης πυθμένα. Εφόσον ο στόχος αυτός δεν μπορεί να επιτευχθεί, οι σφήνες και τα ρυθμιζόμενα κινητά πτερύγια, πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη μείωση της δυναμικής διαγωγής, σε μια ολισθακάτο. Οι πρυμναίες σφήνες είναι απλές κατασκευές και μπορούν να παράγουν υψηλές ανωστικές δυνάμεις, βελτώνοντας την υδροδυναμική συμπερι-

φορά του σκάφους, σε περιορισμένη περιοχή ταχυτήτων. Αντίθετα, τα κινητά πτερύγια επιτρέπουν τη μικρορύθμιση της δυναμικής διαγωγής στη βέλτιστη τιμή της, που ελαχιστοποιεί την αντίσταση. Πάντως, οι κατασκευαστικές τους λεπτομέρειες δεν επιτρέπουν πολύ υψηλές φορτίσεις.

Στην περίπτωση της πατρικής γάστρας της συστηματικής σειράς ολισθακάτων του ΕΜΠ, φαίνεται ότι στην κατάσταση φόρτωσης των δοκιμών, το πρότυπο χωρίς τις σφήνες, πλέει σε, περίπου, βέλτιστη διαγωγή. Συνεπώς, η επίδραση των σφηνών στην αντίσταση είναι σχετικά μικρή και μπορεί να είναι θετική ή αρνητική.

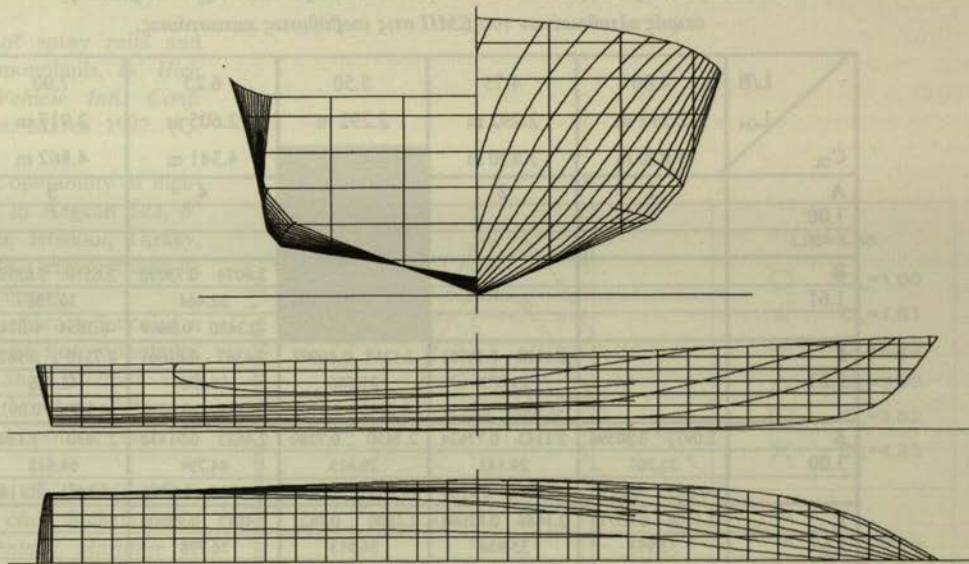
Επιπλέον, από τη σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με αναλυτικές προβλέψεις, προέκυψε ότι οι αναλυτικές εκτιμήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των σφηνών, μόνο στην προκα-

ταρκτική φάση της σχεδίασης. Οι δοκιμές σε πειραματική δεξαμενή αποτελούν τον μόνο αξιόπιστο οδηγό για την επιλογή του μεγέθους των πρυμναίων σφηνών.

Με την ολοκλήρωση του προγράμματος ΠΡΟΠΕ 1986-87, προέκυψε ότι οι γάστρες με διπλή αιμή και μεταβλητή γωνία ανύψωσης πυθμένα β ($\beta < 10^\circ$ στον καθρέπτη και $\beta > 50^\circ$ στην πύρα) υπερτερούν σε υδροδυναμική συμπεριφορά, τόσο σε ήρεμο νερό όσο και σε κυματισμούς. Έτσι, η μορφή αυτή γαστρών επελέγη να αποτελέσει τη βασική μορφή της νέας συστηματικής σειράς ολισθακάτων, της σειράς του ΕΜΠ. Οι ναυπηγικές γραμμές της μορφής αυτής, φαίνονται στο σχήμα 2, που ακολουθεί.

Η νέα σειρά αποτελείται από πέντε πρότυπα μήκους 2-3 m, με λόγους ολικού μήκους προς ολικό πλάτος $L/B = 4.00, 4.75, 5.50, 6.25$ και 7.00 . Το κεντρικό πρότυπο, με λόγο $L/B = 5.50$ είχε κατασκευαστεί και δοκιμαστεί στα πλαίσια του ΠΡΟΠΕ 1986-87. Προκειμένου να ολοκληρωθεί η σειρά κατασκευάστηκαν τέσσερα ακόμη ξύλινα πρότυπα που ανταποκρίνονταν στους παραπάνω λόγους L/B . Επιπλέον, κατασκευάστηκε και δοκιμάστηκε ένα ακόμη πρότυπο με λόγο $L/B = 5.50$ σε κλίμακα 67% μεγαλύτερη από αυτή του πατρικού προτύπου. Το πρότυπο αυτό συμβολίζεται με το





Σχήμα 2. Ναυπηγικές γραμμές της πατρικής γάστρας της συστηματικής σειράς του ΕΜΠ (χάρην ευκρινείας το σχέδιο εγκαρσίων τομών έχει σχεδιαστεί υπό κλίμακα τριπλάσια των υπολοίπων γραμμών).

γράμμα «Μ». Έτσι έγινε εφικτή η διερεύνηση των επιδράσεων της κλίμακας στην ποιότητα των πειραματικών αποτελεσμάτων.

Η επιλογή των διαστάσεων των προτύπων έγινε, έτσι ώστε, να καλύπτει τόσο τα μικρά ταχύπλοα (μήκους περί τα 15 μέτρα) όσο και τα μεγάλα (μήκους 80-150 μέτρων) που είναι κατάλληλα για ταχύπλοα επιβατηγά - οχηματαγωγά. Το ίδιο πνεύμα πρωτότυπου και κατά την επιλογή των καταστάσεων φόρτωσης που δοκιμάστηκαν. Η ένταξη των τελευταίων στην ελληνική ακτοπλοία, εν όψει της αναμενόμενης αντικατάστασης του μεγαλύτερου μέρους του υπάρχοντος στόλου της, της άρσης του cabotage το 2003 και της ανάγκης για σημαντική μείωση του χρόνου ταξιδιών των γραμμών που συνδέουν την ηπειρωτική χώρα με τα νησιά, αποτελεί ένα πολύ ενδιαφέρον ερώτημα στις μέρες μας.

Λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα στο χώρο της Ναυτιλίας, το Εργαστήριο Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής του ΕΜΠ στοχεύει με την ολοκλήρωση του παρόντος ερευνητικού έργου να προσφέρει ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια του σχεδιαστή ταχυπλόων σκαφών με

μεγάλη ποικιλία διαστάσεων.

Στα πλαίσια της έρευνας έγιναν δοκιμές συμπεριφοράς σε ήρεμο νερό αλλά και σε κυματισμούς. Στα πλαίσια των δοκιμών σε ήρεμο νερό, καταγράφονται τα εξής:

- αντίσταση,
- δυναμική ανύψωση του κέντρου βάρους του προτύπου, και
- δυναμική διαγωγή.

Τα χαρακτηριστικά των δοκιμασθέντων προτύπων της συστηματικής σειράς ολισθακάτων του ΕΜΠ στις ισοβύθιστες καταστάσεις φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1. Το εκτόπισμα κάθε κατάστασης, εκφράζεται μέσω του αδιάστατου συντελεστή C_{DL} που ισούται με $\nabla / (0.1 L_{wl})^3$, όπου ∇ είναι ο όγκος του εκτοπίσματος και L_{wl} το μήκος της ισάλου πλεύσης σε στάση.

Μετά τη διαπίστωση ότι οι δοκιμές

σε αρμονικούς (ημιτονικούς) κυματισμούς δεν δίνουν πρακτικά χρήσιμα αποτελέσματα, αποφασίστηκε οι δοκιμές να γίνουν σε τυχαίους κυματισμούς. Οι τυχαίοι κυματισμοί που προσομοιώθηκαν στην Πειραματική Δεξαμενή του ΕΝΘΥ έχουν δεδομένο ενεργειακό περιεχόμενο (φάσμα) που ανταποκρίνεται στο κυματικό περιβάλλον το οποίο συναντάται, κατά κύριο λόγο, στα ελληνικά πελάγη. Στα πλαίσια των δοκιμών καταγράφονται οι εξής κατακόρυφες δυναμικές αποκρίσεις:

- κατακόρυφη κίνηση (heave),
- προνευσμός (pitch), και
- οι απόλυτες κατακόρυφες επιταχύνσεις (absolute vertical accelerations) σε τρία σημεία κατά μήκος το πλοίου (πρώρα, κέντρο βάρους και καθρέπτης), καθώς επίσης και η πρόσθετη αντίσταση.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των πειραματικών καταγραφών των δοκιμών σε κυματισμούς των τριών προτύπων, συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αναλυτικά που προκύπτουν από τη θεωρία λωρίδων των Salvesen, Tuck και Faltinsen (Salvesen, N., Tuck, E.O. and Faltinsen, O.M., 1970. Ship motions and sea loads, *Trans. SNAME*, Vol. 78,



Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά των δοκιμασθέντων προτύπων της συστηματικής σειράς ολισθακίων του ΕΜΠ στις ισοβύθιτες καταστάσεις.

L/B	4.00	4.75	5.50	6.25	7.00
L_{0A}	2.292 m	2.292 m	2.292 m	2.605 m	2.917 m
C_{DL}	3.820 m	3.820 m		4.341 m	4.862 m
A	1	2		4	5
1.00					
B				2.4074 0.73096	2.6510 0.88720
1.61				22.464	30.756
				-0.3480 0.0669	-0.3854 0.0743
Γ		2.1128 0.70763	2.1258 0.66092	2.4347 0.81661	2.7310 0.9876
2.23		21.053	21.506	32.236	45.436
		-0.3066 0.0639	-0.2940 0.0702	-0.3387 0.0815	-0.3686 0.0932
Δ	2.0977 0.80396	2.1343 0.77624	2.1450 0.7280	2.4623 0.91432	2.7830 1.1304
3.00	27.707	29.143	29.615	44.794	64.618
	-0.3056 0.0790	-0.3013 0.0760	-0.2967 0.0834	-0.3235 0.0992	-0.3451 0.1164
Ε	2.1104 0.85713	2.1488 0.82664	2.1600 0.7821	2.4817 0.99309	
3.62	33.993	35.934	36.513	56.778	
	-0.3065 0.0874	-0.2948 0.0857	-0.2883 0.0945	-0.3105 0.1135	
ΣΤ	2.1231 0.90345	2.1615 0.87376	2.1750 0.8343		
4.23	40.462	42.730	43.530		
	-0.3046 0.0957	-0.2876 0.0951	-0.2797 0.1055		

1970), καθώς και μια μέθοδο επίλυσης των εξισώσεων κίνησης στο πεδίο του χρόνου που προτάθηκε από τον Payne (Payne, P.R., 1995. A general purpose time domain program for high-speed small craft, *Intl. Conf. CADAP'95*, London, September 1995).

Τα αποτελέσματα της υδροδυναμικής συμπεριφοράς σε κλιμακα προτύπου και σκάφους, παρουσιάζονται υπό μορφή εύρηστων διαγραμμάτων. Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα αυτά, η θεωρία λωρίδων, γενικά, υπερεκτιμά τα πειραματικά αποτελέσματα, ενώ η μέθοδος του Payne τα υποεκτιμά. Η διαφορά, πάντως, της θεωρίας λωρίδων και των πειραμάτων μειώνεται με την αύξηση του εκτοπίσματος και τη μείωση της ταχύτητας. Η συμπεριφορά αυτή αποδίδεται στο γεγονός ότι, στις μικρότερες ταχύτητες οι ολισθακίοι συμπεριφέρονται περισσότερο σαν συμβατικά σκάφη εκτοπίσματος. Αντίθετα, στις υψηλότερες ταχύτητες V , που αντιστοιχούν σε αριθμούς Froude $Fn = V/\sqrt{g L_{wl}}$ πάνω από το 0.50, όπως φαίνεται στο δεύτερο από τα σχήματα 3, αναπτύσσονται δυνάμεις δυναμικής άνωσης με συνέπεια την ανοδική πορεία της κατακόρυφης θέσης του

κέντρου βάρους. Η πορεία αυτή συνεχίζεται και σε ταχύτητες με $Fn > 0.80$ το κέντρο βάρους ανυψώνεται πάνω από τη θέση που έχει όταν το σκάφος είναι ακίνητο. Η γάστρα σ' αυτή την ταχύτητα αρχίζει να βγαίνει έξω από το νερό. Η θεωρία λωρίδων, όμως, δεν παίρνει υπόψη της τις δυνάμεις δυναμικής άνωσης που αναπτύσσονται σε ταχύτητες με $Fn > 0.50$.

Τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά των γαστρών της συστηματικής σειράς σε ήρεμο νερό, παρουσιάζονται σε διαγράμματα όπως αυτά του σχήματος 3. Στα διαγράμματα αυτά δίνεται ο συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης, η δυναμική ανύψωση του κέντρου βάρους και η δυναμική διαγωγή του σκάφους σε διάφορα εκτοπίσματα. Ο λόγος L/B αποτελεί παράμετρο των διαγραμμάτων. Τα στοιχεία αυτά είναι



αρκετά για τον υπολογισμό της αντίστασης γαστρών οποιοδήποτε μεγέθους, που χρησιμοποιούν τις μορφές της συστηματικής σειράς.

Για τη διεκπεραίωση του επίπλου και πολύχρονου πειραματικού έργου, το οποίο συνεχίζεται, συνεργάστηκαν στα πλαίσια των διπλωματικών τους εργασιών οι σπουδαστές *Ε. Κριτανέλλης, Σ. Πέππα, Γ. Σιμόπουλος, Σ. Αμπάβης και Γ. Στεφανής*. Επίσης, για την προετοιμασία και εκτέλεση των δοκιμών, εργάστηκαν τα μέλη *Ε.Δ.Τ.Π.* του Εργαστηρίου *Φ. Κασάτης* (Τεχνολόγος Ναυπηγός), *Δ. Συνετός* (Τεχνολόγος Ηλεκτρονικός), *Μ. Νουνός* (Τεχνίτης Μηχανουργός) και *Ι. Τραχανάς* (Τεχνίτης Ηλεκτρολόγος Ηλεκτρονικός), καθώς και ο προτυποποιός *Γ. Μαργαράνης*. Τέλος, αξιωμαθεί ότι, κατά τη τριετία 1996-99 έγιναν οι παρακάτω ανακοινώσεις σε διεθνή επιστημονικά συνέδρια με κριτές και επιστημονικά περιοδικά, όπου παρουσιάστηκαν επιμέρους αποτελέσματα του ερευνητικού έργου:

1. Seakeeping performance of high-speed monohulls, *6th Intl. Marine Design Conf. IMDC'97*, Newcastle upon Tyne, June 1997 (G.

Grigoropoulos, T. Loukakis and S. Peppas).

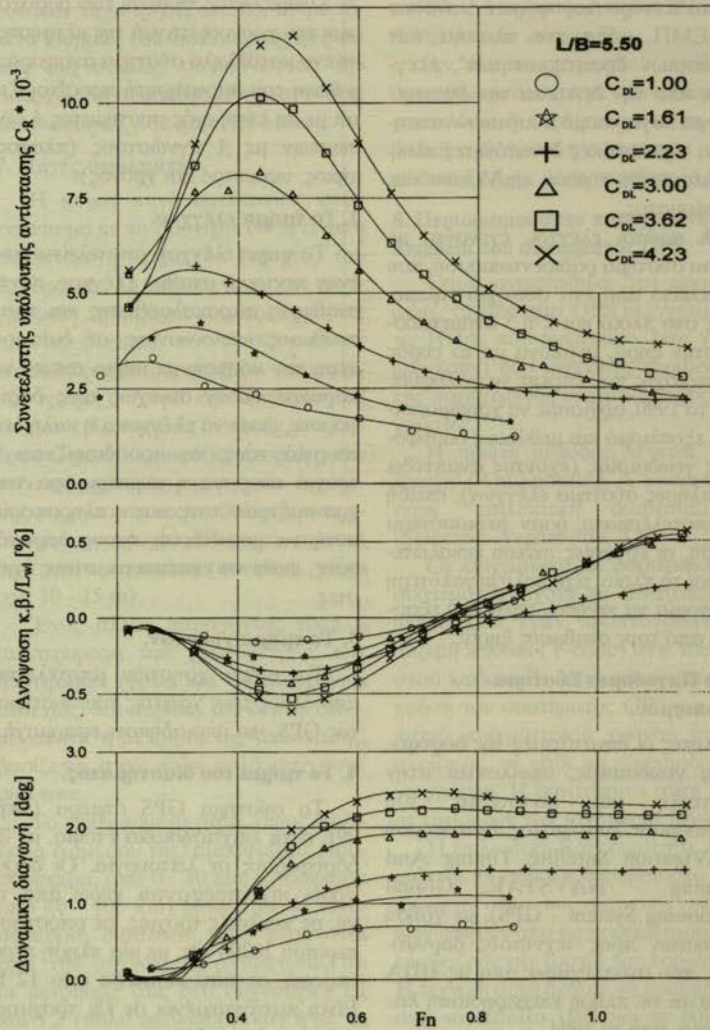
2. The use of spray rails and wedges in fast monohulls, *IV High Speed Marine Vehicle Intl. Conf. HSMV'97*, Naples, March 1997. (G. Grigoropoulos).

3. Seakeeping operability of high-speed monohulls in Aegean Sea, *8th I.M.A.M. Congress*, Istanbul, Turkey, November 1997 (G. Grigoropoulos, T. Loukakis and S. Peppas).

4. Seakeeping characteristics of a systematic series of fast monohulls, *Intl. Conf. of Ship Motions and Manoeuvrability*, London, February 1998 (G. Grigoropoulos and T. Loukakis).

5. Resistance of double-chine, large, high-speed craft, *Bulletin de L' Association Technique Maritime et Aeronautique ATMA*, Vol. 99, Paris, June 1999 (G. Grigoropoulos and T. Loukakis).

Επιπλέον, επίκειται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του προγράμματος σε δύο διεθνή επιστημονικά περιοδικά.



Σχ. 3: Υπόλοιπη αντίσταση, δυναμική ανύψωση του κ. βάρους και δυναμική διαγωγή συναρτήσει της ταχύτητας εκφρασμένης σε αριθμό Froude F_n για $L/B = 5.5$.