

ΣΤΑΜΑΤΗΣ ΤΣΕΛΕΜΑΡΚΟΣ
ΑΠΛΟΜΑΤΟΥΧΟΣ ΝΑΥΠΗΓΟΣ & ΜΙΧΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΤΗΣ ΓΕΝΟΒΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΝΑΥΠΗΓΙΑΣ II
Β' ΜΗΧ/ΚΩΝ Ε.Ν.

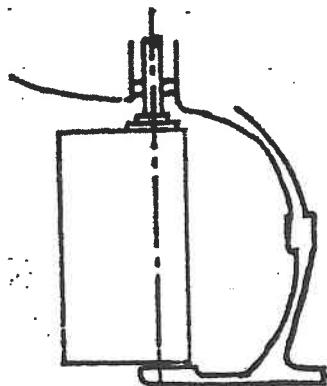
ΑΘΗΝΑ 20/1/99

1 ΠΗΔΑΛΙΑ

Όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη του πηδαλίου που δημιουργεί τη στροφή και επομένως η ευελιξία του πλοίου.

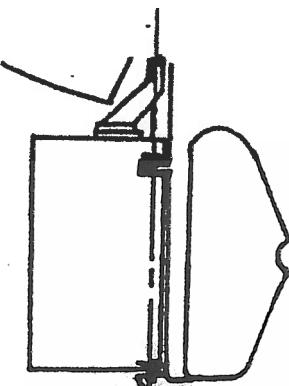
Η μορφή της επιφάνειας του πηδαλίου εξαρτάται σημαντικά από τη διαμόρφωση της πρύμνης του πλοίου. Ένα πηδάλιο με μεγάλο βάθος και μικρό μήκος αποδίδει καλύτερα από ένα άλλο με μεγάλο μήκος και μικρό βάθος, έστω και αν έχει την ίδια επιφάνεια με το πρώτο.

Η μορφή της τομής του πηδαλίου μπορεί να είναι:



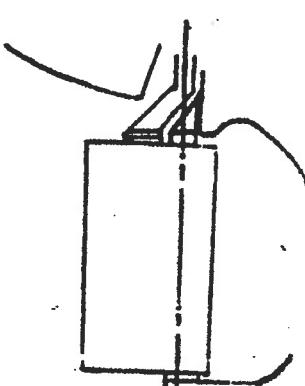
Πηδάλιο Συγχραθμένο
με τριβές στα ευάγκες

(α)



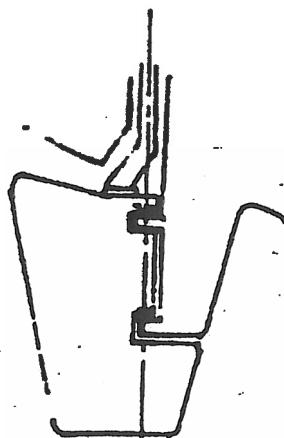
Πηδάλιο Συγχραθμένο
διωγκής έδρασεως

(β)



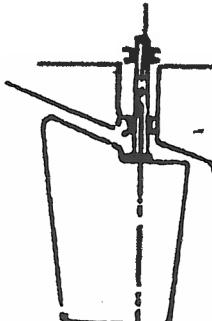
Πηδάλιο Συγχραθμένο
με τριβές στα
ευάγκες

(γ)



Πηδάλιο Ημιγνήσταθμισμένο
με συνδυτικές απερύσεις

(δ)



Πηδάλιο Συγχραθμένο
με γεματούς

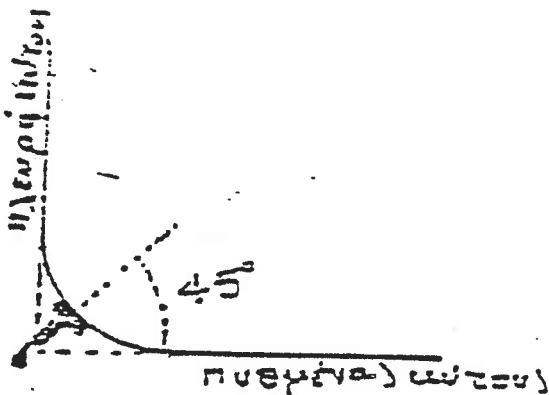
(ε)

Ο σκοπός της ζυγοστάθμισης των πηδαλίων είναι να πλησιάσει το σημείο εφαρμογής της δύναμης του προς τον άξονα έτσι ώστε η ροπή που χρειάζεται για να περιστρέψει το πηδάλιο να είναι μικρότερη.

~~Αντίσταση που προσφέρουν τα παρατροπίδια και τα πηδάλια~~

Παρατροπίδια

Τα παρατροπίδια είναι λαμαρίνες ενισχυμένες όπως στο σχήμα και τοποθετούνται στο κυρτό μέρος της γάστρας και σε κλίση 45 μοιρών για να κάνουν απόσβεση των ταλαντεύσεων του πλοίου.



Τα παρατροπίδια έχουν μήκος περίπου το 1/2 ή 2/3 του μήκους του πλοίου με μια επιφάνεια που παραμένει πάντα βυθισμένη στο νερό και τα οποία προκαλούν μια εφαπτομενική αντίσταση.

Προσπαθούμε έτσι ώστε να δημιουργούν το δυνατόν μικρότερη αντίσταση στην κίνηση του πλοίου. Τα παρατροπίδια μπορούν να είναι περιττά σε δύο μόνο περιπτώσεις, σε πλοία πολύ γεμάτα όπως π.χ. τα δεξαμενόπλοια με $C_b=0,84$ έως 0,85 και με C_m περίπου 0,99, την δε γωνία στο κυρτό μέρος της γάστρας που εκτεταμένη.

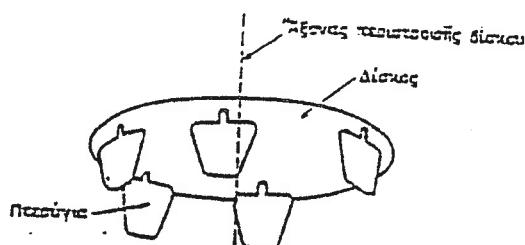
Επίσης μπορούν να αφαιρεθούν στην περίπτωση που το πλοίο έχει αντιδιατοιχιστικά πτερύγια. Αυτά τοποθετούνται περίπου στο μέσο του πλοίου και κοντά στην περιοχή του κυρτού γάστρας και τα οποία ενεργοποιούνται μόνο όταν το πλοίο βρίσκεται σε κίνηση σε περίπτωση θαλασσοταραχής ή επικίνδυνων ταλαντεύσεων του πλοίου. Μπορούν να εξέχουν μόνιμα από το σκάφος ή να αναδιπλώνονται ή ακόμα να είναι συρταρωτά μετανόντας μέσα στο πλοίο με υδραυλικά έμβολα. Όταν λειτουργούν δημιουργείται ροπή ζεύγους δυνάμεων που αντιτίθενται στην κίνηση των διατοιχισμών.

Για τον υπολογισμό της αντίστασης που προσφέρουν τα παρατροπίδια αυξάνεται η επιφάνεια του σκάφους όσο και η επιφάνεια αυτών ή προκαλούμε μια αύξηση της επιφάνειας του σκάφους κατά 2-3% για πλοία με μια έλικα και κατά 10% για πλοία με 2 έλικες.

Τα κοινά πηδάλια των πλοίων έχουν πολύ μικρή αποδοτικότητα σε χαμηλή ταχύτητα του πλοίου, ιδίως όταν δεν είναι τοποθετημένα στα απόνερα της έλικας. Για τη βελτίωση αυτής της, κατάστασης έχουν κατασκευαστεί ορισμένοι ειδικοί τύποι πηδαλίων όπως:

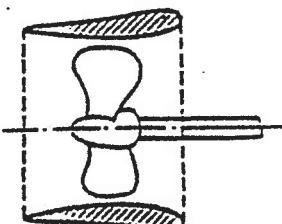
1. Έλικες κατακόρυφης περιστροφής όπως οι έλικες Kirsten -Boeing. Στις έλικες αυτές κάθε πτερύγιο με κατάλληλο μηχανισμό περιστρέφεται γύρο από τον άξονά του όπως περιστρέφεται και ολόκληρος ο δίσκος στον οποίον στηρίζονται τα πτερύγια. Η διεύθυνση προς την οποία κατευθύνεται η συνισταμένη δύναμη καθορίζεται από τη σχετική θέση των πτερυγίων μεταξύ τους. Ετσι είναι δυνατόν με κατάλληλη θέση των πτερυγίων το πλοίο να κινηθεί πρόσω, ανάποδα, προς την πλευρά ή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Λόγω αυτού του πλεονεκτήματος η έλικα αυτή χρησιμοποιείται για ρυμουλκά, πλωτούς γερανούς και σε οποιοδήποτε σκάφος απαιτείται μεγάλη ευελιξία.
2. Πηδάλια με βιοηθητικό ενεργό, πτερύγιο στο πρυμναίο μέρος τους.
3. Συνδυασμοί ελίκων και καμπύλων ελασμάτων που μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορες θέσεις γύρο από αυτά.

Εκτός από τις έλικες κατακόρυφης περιστροφής και της έλικας με περιστρεφόμενο δακτύλιο που έχουν κάποια εφαρμογή κυρίως στα ρυμουλκά, όλοι οι άλλοι συνδυασμοί είναι πολύ σπάνιοι στα πλοία.



Έλικα Kirsten-Boeing.

β. Έλικες με περιστρεφόμενο δακτύλιο που συνήθως χρησιμοποιείται στα ρυμουλκά



Έλικα σε δακτύλιο.

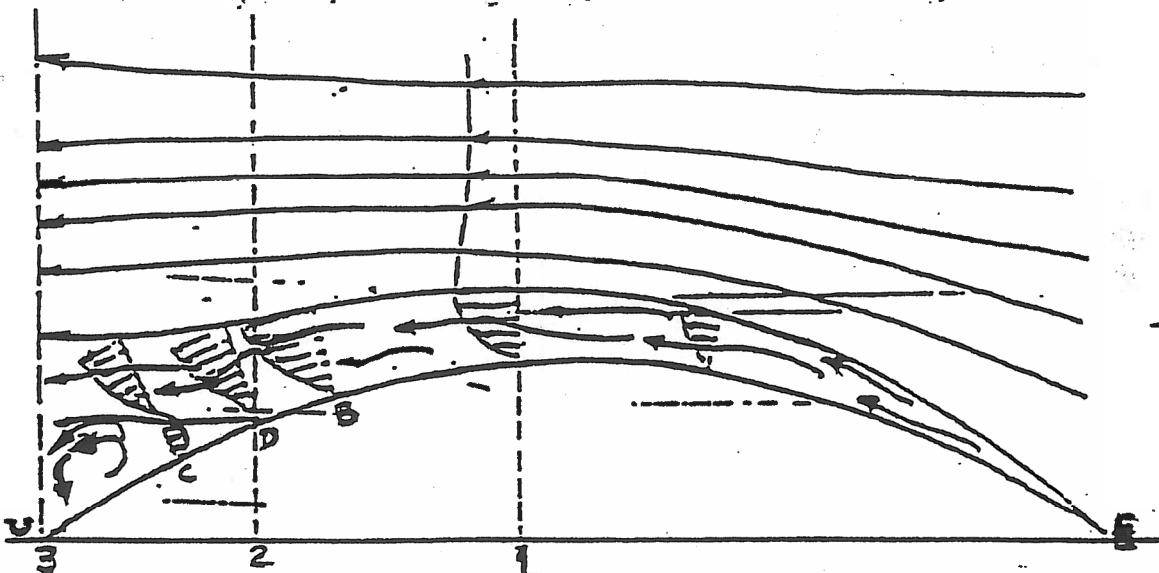
Αντίσταση σχήματος

(4)

Οι αιτίες που δημιουργούν αυτή την αντίσταση είναι δύο, ένα τράβηγμα του οριακού στρώματος στο πρυμναίο μέρος του πλοίου, και μια αποκόλληση των υγρών στρωμάτων στο εσωτερικό του οριακού στρώματος.

Πηγαίνοντας από την πλώρη προς την πρύμνη βλέπουμε ότι η συμπεριφορά της υγρής μάζας στις διάφορες θέσεις κατά μήκος του πλοίου αλλάζει, μεταβάλλοντας και το πάχος του οριακού στρώματος. Υπάρχει επίσης μια μεταβολή των ταχυτήτων και των πιέσεων, τέτοια που προκαλεί αύξηση της αντίστασης και η οποία λέγεται αντίσταση σχήματος.

Εξετάζοντας καλύτερα το φαινόμενο, βλέπουμε ότι στην επίπεδη πλάκα το διάγραμμα των ταχυτήτων παραμένει αμετάβλητο, ενώ στο πλοίο παραπορύμε μια μεταβολή όπως στο σχήμα 2 όπου βλέπουμε ότι η ταχύτητα ελαττώνεται μέχρι που μηδενίζεται κοντά στο σκάφος σημείο (2), ενώ στο σημείο (3) κοντά στο σκάφος η ταχύτητα γίνεται αρνητική και έχουμε σ' αυτό το σημείο την αποκόλληση της ολκού. Το φαινόμενο παρουσιάζεται ιδιαίτερα έντονο για πρύμνες που συγκλίνουν απότομα, για μεγάλα πλοία με εκτεταμένο κυλινδρικό μέρος προς τα πίσω και για πλοία με καθρέφτη στην πρύμνη που ταξιδεύουν με μικρή ταχύτητα. Οι στροβιλισμοί χειροτερεύουν τα πράγματα διότι παρουσιάζουν προβλήματα στην λειτουργικότητα της έλικας και του πηδαλίου. Στο σχήμα λοιπόν βλέπουμε ότι ξεκινώντας από την πλώρη προς την πρύμνη, το πάχος του οριακού στρώματος* αυξάνει, περνώντας από την θέση (1) στην θέση (2) και (3) έχουμε ένα τράβηγμα του ρεύματος του νερού όπου αντιστοιχεί μια μείωση της ταχύτητας και μια αύξηση της πίεσης για την θέση (1). Όσο πιο κυκλική είναι η πρύμνη τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση της πίεσης από την πλώρη προς την πρύμνη, τόσο πιο εύκολα γίνεται η αποκόλληση της ολκού και τόσο πιο έντονη είναι η παρουσία των στροβιλισμών. Ετσι λοιπόν απορροφάται μεγαλύτερη ενέργεια από τους στροβιλισμούς και επόμενως έχουμε μια μεγαλύτερη αντίσταση κίνησης του σκάφους.

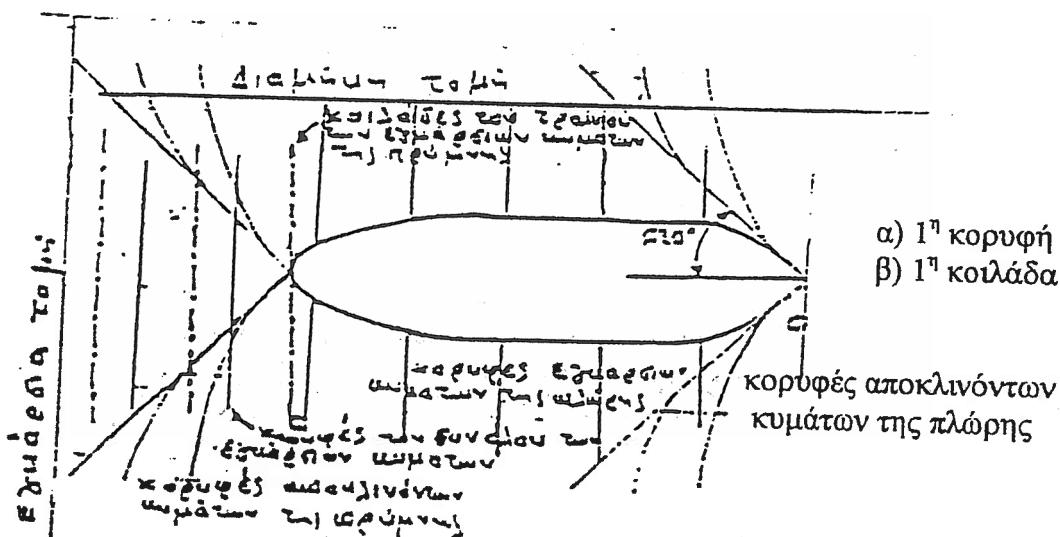


Το φαινόμενο των στροβιλισμών δεν παρουσιάζεται μόνο στο πρυμναίο μέρος του πλοίου, αλλά σε οποιοδήποτε σημείο του σκάφους, στην πλώρη μπορούν να δημιουργηθούν και να εκλείψουν αμέσως, ή να φθάσουν μέχρι την πρύμνη μεταβάλλοντας τον σχηματισμό των στροβιλισμών σ' αυτή την περιοχή.

* Σαν πάχος οριακού στρώματος ενός υγρού μπορούμε να υποθέσουμε ένα μέρος του υγρού που συμπεριφέρεται διαφορετικά από το υπόλοιπο, επειδή όμως δεν υπάρχει ένα όριο, μια αρχή μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής περιοχής του οριακού στρώματος, οι υποθέσεις είναι όλες υποθετικές.

Αντίσταση κύματος

Ο Froude έκανε τον διαχωρισμό που βλέπουμε στο σχήμα



Η αντίσταση κύματος είναι η ενέργεια που πρέπει να καταναλώσει ένα πλοίο για να δημιουργήσει τον κυματισμό, σύμφωνα με την κίνησή του.

Μπορούμε να διακρίνουμε δύο κύματα κατά την κίνηση ενός πλοίου, εγκάρσια κύματα της πλώρης και πρύμνης και αποκλίνοντα κύματα πλώρης και πρύμνης.

Η αντίσταση κύματος οφείλεται στις συνιστώσες των δυνάμεων πίεσης που ασκούνται πάνω στο σκάφος. Όταν ένα σώμα κινείται πάνω στην επιφάνεια ενός υγρού, η μεταβολή της πίεσης προκαλεί μια μεταβολή της θέσης της επιφάνειας του υγρού και επομένως έχουμε σχηματισμό κύματος.

Σήμερα μπορούμε να κάνουμε ένα μέτρημα της αντίστασης κύματος, αν σε μια ορισμένη απόσταση από το μοντέλο που βρίσκεται σε κίνηση κάνουμε μια διαμήκη τομή, μετρώντας το ύψος κύματος και τις συνιστώσες υ, ν, ω της ταχύτητας.

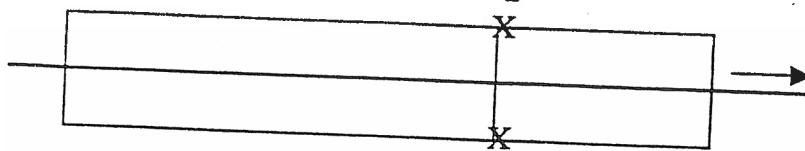
Η ενέργεια που χρειάζεται για να ξεπεράσουμε την διατομή είναι εκείνη που καταναλώθηκε για να υπερνικήσουμε την αντίσταση κύματος. Εκλέγοντας και μια εγκάρσια τομή στην πρύμνη, σε μια μεγάλη απόσταση από το πλοίο έτσι που να ενδιαφέρει όλη την ολκό, παρατηρώντας τις συνιστώσες της ταχύτητας αυτής σημείο προς σημείο, μπορούμε να υπολογίσουμε την ενέργεια που καταλαμβάνει η ολκός.

Η αντίσταση κύματος οφείλεται στην ταχύτητα. Τα εγκάρσια κύματα είναι κάθετα στην επιφάνεια του σκάφους. Τα αποκλίνοντα κύματα ακολουθούν το πλοίο σχηματίζοντας με το επίτεδο συμμετρίας μια γωνία 20 μοιρών περίπου.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα τόσο μεγαλύτερο είναι το μήκος των κυμάτων.

Ας εξετάσουμε την επίδραση της ταχύτητας πάνω στην πίεση. Εκλέγουμε ένα σώμα βυθισμένο ολοκληρωτικά μέσα σε ένα υγρό και πάνω σ' αυτό ένα οποιοδήποτε σημείο της θέσης (X), εκλέγοντας το υγρό σε κίνηση και το σώμα σταματημένο (πρόκειται για σχετική κίνηση που είναι σαν να έχουμε το σώμα σε κίνηση και το υγρό σταματημένο), στο άπειρο θα υπάρχει μια ορισμένη πίεση (P_0) και μια ταχύτητα (V) που θα δίνει λόγο σύμφωνα με την εξίσωση του Bernoulli στην

$$P_o + \frac{1}{2} \rho V^2$$



στην θέση (X) θα έχουμε μια πίεση P_x και μια ταχύτητα V_x διαφορετικές από τις προηγούμενες και θα έχουμε:

$$P_x + \frac{1}{2} \rho V_x^2$$

$$P_x + \frac{1}{2} \rho V_x^2 = P_o + \frac{1}{2} \rho V^2$$

εξισώνοντας θα έχουμε :

$$P_x = P_o + \frac{1}{2} \rho (V^2 - V_x^2)$$

από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι η πίεση που αντιστοιχεί σε μια ορισμένη θέση επηρεάζεται από την μεταβολή της ταχύτητας.

Πλησιάζοντας στην επιφάνεια του υγρού πάνω στην οποία υπάρχει η ατμοσφαιρική πίεση σταθερή, μια αύξηση της πίεσης κατά την διάρκεια των δοκιμών προκαλεί αναγκαστικά μεταβολή του προσπίπτοντος υγρού και επομένως έχουμε το σχηματισμό κύματος.

Σε αυξήσεις των πιέσεων αντιστοιχούν ανυψώσεις της επιφάνειας του υγρού ενώ σε μείωση της πίεσης η επιφάνεια του υγρού τείνει να ηρεμήσει.

Σπουδάζοντας από κοντά τον σχηματισμό κύματος παρατηρούμε ότι στα αποκλίνοντα κύματα η ευθεία που ενώνει τα μέσα των κορυφών κύματος σχηματίζει με τον άξονα του πλοίου γωνία περίπου 20 μοιρών ενώ η κατεύθυνσή τους σχηματίζει με τον άξονα του πλοίου γωνία περίπου 40 μοιρών, το μήκος κύματος είναι περίπου σταθερό το ίδιο συμβαίνει και στην πρύμνη.

Τα εγκάρσια κύματα ενδιαφέρουν το μέρος του υγρού που βρίσκεται μεταξύ πλοίου και του τραίνου των κυμάτων που αποκλίνουν.

Μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος αυτών των κυμάτων που μεταδίδονται με την ταχύτητα του πλοίου από την στιγμή που το ακολουθούν, και αυτό μπορεί να επαληθευτεί για αριθμούς Froude μικρότερους από 0,5.

Το μήκος κύματος είναι συνδεδεμένο με την ταχύτητα μετάδοσής του

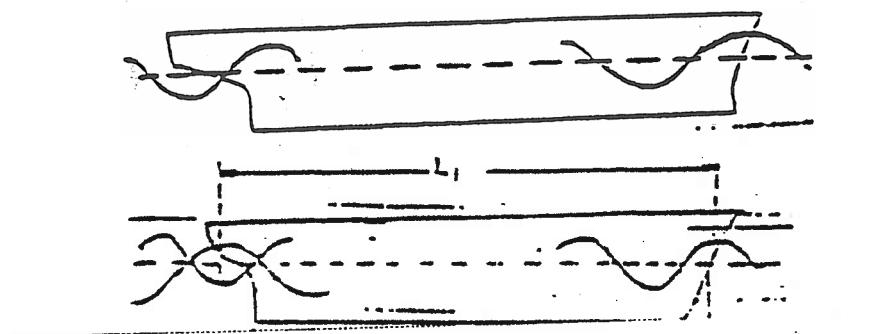
$$\lambda_t = 2\pi \frac{V^2}{g}$$

για αποκλίνοντα κύματα που μεταδίδονται σύμφωνα με την κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία (θ) με τον άξονα του πλοίου. Το μήκος κύματος είναι ανάλογο της προβολής της ταχύτητας του πλοίου πάνω στην κατεύθυνση της μετάδοσης αυτών:

$$u = V \cdot \sin \theta$$

$$\lambda_d = \frac{2\pi V^2}{g} \sin^2 \theta$$

Εξετάζοντας ένα πλοίο που βρίσκεται σε κίνηση



παραπτούμε ότι το τραίνο των εγκάρσιων κυμάτων της πλώρης αρχίζουν με το σχηματισμό μίας κορυφής, ενώ εκείνα της πρύμνης σχηματίζουν μια κοιλότητα. Το μήκος αυτών των κυμάτων είναι συνδεδεμένο με την ταχύτητα του πλοίου.

Σε πολύ μικρές ταχύτητες δεν υπάρχει σχηματισμός κύματος, σιγά-σιγά που η ταχύτητα αυξάνεται αρχίζει να σχηματίζεται το κύμα αυξάνοντας συνεχώς το μήκος του. Ξεπερνώντας ένα ελάχιστο όριο της ταχύτητας αρχίζουν να σχηματίζονται τραίνο κυμάτων με μικρό μήκος (λ) που ενδιαφέρουν τα πλευρά του πλοίου και την ολικό, ενώ δεν προσφέρουν μεγάλη αντίσταση. Η κορυφή του πρώτου κύματος από το τραίνο των κυμάτων της πλώρης και η κοιλότητα του πρώτου κύματος της πρύμνης παραμένουν στην ίδια θέση.

Στην πρύμνη επομένως συμβαίνει το τραίνο των κυμάτων της πλώρης να ενώνεται με το τραίνο των κυμάτων της πρύμνης, το φαινόμενο αυτό μεταβάλλεται με την ταχύτητα του πλοίου έτσι, λοιπόν μπορούμε να έχουμε κύματα συντονισμένα και ασυντόνιστα.

Από πλευράς αντίστασης η καλύτερη περίπτωση είναι εκείνη που στην πρύμνη υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ κορυφών και κοιλοτήτων, διότι στην περίπτωση αυτή υπάρχει αύξηση της πίεσης.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΡΟΩΣΗΣ

1/9

(565) ✓ Αν θέλουμε ένα πλοίο να εκτελεί μια κίνηση κατά το μάλλον ομοιόμορφη, θα πρέπει να πραγματοποιήσουμε την ισορροπία μεταξύ της ώστης που δημιουργείται από την έλικα και της αντίστασης που απορροφάται από το σκάφος.

Από οικονομικής πλευράς θα πρέπει να επιτευχθεί αυτή η ισορροπία με την μικρότερη κατά το δυνατόν κατανάλωση ενέργειας και αυτό μπορεί να επιτευχθεί ενεργώντας πάνω σε τρεις παραμέτρους:

1. Στην αντίσταση του σκάφους που πρέπει να είναι η ελάχιστη.
2. Στην ώση της έλικας που πρέπει να είναι η μέγιστη.
3. Στην απόδοση της κύριας μηχανής που πρέπει και αυτή να είναι η μεγαλύτερη.

Η αντίσταση της κίνησης είναι μια παράμετρος του συνόλου των παραμέτρων που απασχολούν την κατασκευή ενός πλοίου.

Πράγματι η αντίσταση επιδρά απ' ευθείας μόνο πάνω στην κατανάλωση των καυσίμων ανά μίλι. Δεν μπορούμε επομένως να πούμε ότι εφ' όσον ένα πλοίο συναντάει μικρότερη αντίσταση είναι καλύτερο από ένα άλλο. Για παράδειγμα μείωση της αντίστασης κύματος σημαίνει αύξηση του μήκους του πλοίου. Συμβαίνει όμως το μήκος να είναι η βασικότερη παραμέτρος, διότι όσο αυξάνει το μήκος τόσο αυξάνει η καμπτική ροπή και θα πρέπει ασφαλώς να προσθέσουμε περισσότερο υλικό για την αντιμετώπιση των τάσεων.

Όσο για το πλάτος, αυτό αυξάνει μόνο το κόστος κατασκευής και δεν έχει καμιά επίδραση πάνω στην αντίσταση.

Με τα όσα έχουμε αναφέρει μέχρι εδώ περί αντίστασης πρόωσης των πλοίων μπορούμε συνοψίζοντας να αναφέρουμε τα παρακάτω:

Η ισχύ της μηχανής που απαιτείται για να ταξιδεύσει ένα πλοίο σε μια καθορισμένη ταχύτητα, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την αντίσταση πρόωσης που συναντάει το πλοίο και η οποία με σταθερή ταχύτητα είναι ίση με την ώση της προωθητηρίου εγκατάστασης, αλλά μεγαλύτερη από την ολική αντίσταση αν η πρόωση γίνεται με έλικα, η οποία απορροφάει το νερό και το σπρώχνει σε αντίθετη κατεύθυνση από την κίνηση του πλοίου, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια υποπίεση στο πρυμναίο μέρος του πλοίου και επομένως μια αύξηση της αντίστασης.

Από τις Εξαρτάται; Η ολική αντίσταση (R_t) συμπεριλαμβάνει: από ποτές αντίστασης εξαρτάται;

1. Την αντίσταση ρυμουλκήσεως
2. Την αντίσταση των προεξοχών του σκάφους
3. Την αντίσταση του αέρα σε γαληνεμένη θάλασσα
4. Τις ενδεχόμενες πρόσθετες αντιστάσεις
5. Η αντίσταση ρυμουλκήσεως είναι η αντίσταση του σκάφους γυμνού, χωρίς προωθητήρα και χωρίς προεξοχές στο σκάφος. \Rightarrow Τι είναι αντισταση ρυμουλκήσεως;

Η αντίσταση ρυμουλκήσεως αποτελείται από:

- a. Την αντίσταση τριβής.
- β. Την αντίσταση των στροβιλισμών
- γ. Την αντίσταση κύματος

Η πρώτη δημιουργείται από το γλίστρημα του νερού σε στροβιλώδη κατάσταση πάνω στο σκάφος.

Η δεύτερη δημιουργείται από τη μείωση της πίεσης στο πρυμναίο μέρος του πλοίου σε επαφή με το στροβιλισμένο νερό.

Η τριβή είναι το βασικότερο μέρος της αντίστασης του πλοίου σύμφωνα με το μήκος του.

Η αντίσταση των στροβιλισμών κατά Froude σε πλοία καλά κατασκευασμένα, έχει τιμή κατά μέσο όρο 0,05 έως 0,06 της αντίστασης τριβής και το ανώτερο που μπορεί να φτάσει είναι 0,08.

Ο προσδιορισμός της τριβής γίνεται με απ' ευθείας υπολογισμό, καθώς και η αντίσταση κύματος γίνεται με τον ίδιο τρόπο δηλαδή χρησιμοποιώντας εμπειρικές σχέσεις. Είναι όμως προτιμότερο να χρησιμοποιούμε πειραματικές μεθόδους του Newton πάνω σε μοντέλα όπως γίνεται και για τον προσδιορισμό των υπόλοιπων αντιστάσεων (κύματος και στροβιλισμών) και μετά υπολογίζουμε την αντίσταση τριβής με τη σχέση του Froude.

Αν όμως η αντίσταση κύματος προσδιορίζεται με εμπειρικές σχέσεις, συμφέρει να εκλέξουμε την αντίσταση δινών και στροβιλισμών μαζί με την αντίσταση τριβής και επομένως το αποτέλεσμά τους υπολογίζεται με τη σχέση του Tideman που δίνει τιμές μεγαλύτερες από αυτές του Froude.

Ετσι λοιπόν, αν παραδεχτούμε ότι η αντίσταση τριβής έχει υπολογιστεί σωστά με τη σχέση του Froude στο σύνολό της μπορούμε τότε να υποθέσουμε ότι η σχέση του Tideman συμπεριλαμβάνει εκτός της αντίστασης τριβής και την αντίσταση των στροβιλισμών.

a) Η Αντίσταση τριβής (Σχέση του Froude) δίδεται σε kg από τη σχέση:

$$R_F = f \cdot \gamma \cdot S \cdot u^{1.825} = 0,297 \cdot f \cdot \gamma \cdot S \cdot v^{1.825}$$

$$\text{ή } R_F = \frac{1}{F} \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot C_f$$

όπου: $\gamma = 1$ για γλυκό νερό και $1,025$ για τη θάλασσα σε (ton./m³)

S = βρεχόμενη επιφάνεια σε (m²) και υπολογίζεται από την σχέση του Denny:

$$R_F = \text{Άντισταση Τριβής}$$

$$S = L(1,7T + CbB)$$

$$C_f = \text{ευντελεστής Τριβής. Εξαρτώνται από την αριθμού Rey mol.}$$

$$T = \text{βύθισμα σε (m)}$$

$$B = \text{πλάτος σκάφους σε (m)}$$

$$Cb = \text{συντελεστής γάστρας}$$

$$u = \text{ταχύτητα σε (m/s)}$$

$$v = \text{ταχύτητα σε (Kn)}$$

συντελεστής f μεταβάλλεται αυξανόμενου του μήκους του πλοίου L σε (m)

β) Αντίσταση τριβής και στροβιλισμών (σχέση του Tideman) το άθροισμα και των δύο αυτών αντιστάσεων δίδεται σε kg από τη σχέση:

$$R_F + Ru = f \cdot \gamma \cdot S \cdot u^{1.829} = 0,296 \cdot f \cdot \gamma \cdot S \cdot v^{1.819}$$

γ) Αντίσταση κύματος (σχέση του Taylor) αν η σχέση $\frac{V}{\sqrt{L}}$ δεν ξεπερνάει το 1,8 (το πολύ 2 έως 2,1 αν το πλοίο έχει λεπτή γάστρα) αυτή η αντίσταση είναι σε kg.

$$R_o = 0,527 Cb \left(\frac{\Delta}{L^2} \right) v^4$$

όπου: Δ = εκτόπισμα σε (ton.)

Cb = συντελεστής γάστρας

δ) Αντίσταση ρυμούλκησης: $R = R_F + R_u + R_o$

Σύμφωνα με τον Taylor τα πλοία σε σχέση με το μήκος τους έχουν μέτριες ταχύτητες δηλαδή για $\frac{V}{\sqrt{L}} \leq 1,63$ (V σε κόμβους Kn και L σε m) χάνουν πάντα ταχύτητα στο νερό, που

έχει βάθος μικρότερο $\langle 5,52 \cdot T \cdot \frac{V}{\sqrt{L}}$ (όπου T βύθισμα πλοίου). Αυτό ισχύει βέβαια για πλοία με $C_b \leq 0,65$ και επομένως συμπεριλαμβάνει και τα εμπορικά πλοία με λεπτές γάστρες.

*ΣΟΣ αχι 2019
μηλων αυτά.*

Η αντίσταση τριβής επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Είδος της βρεχόμενης επιφάνειας
- Έκταση της βρεχόμενης επιφάνειας
- Ταχύτητα του πλοίου
- Πυκνότητα του νερού
- Ιξώδες του νερού
- Είδος ροής
- Μήκος πλοίου

*S.A. V. 1854
P. n. 60*

Η αύξηση της αντίστασης τριβής μπορεί να ανέλθει σε 0,3 ως 0,5% για κάθε ημέρα από τον δεξαμενισμό του πλοίου.

Βέβαια η ρύπανση της γάστρας και επομένως και η αύξηση της αντίστασης τριβής που προέρχεται από αυτή, εξαρτάται από την εποχή του έτους την περιοχή της θάλασσας, την κίνηση ή όχι του πλοίου, το είδος των χρωμάτων κ.λ.π.

Η διάρκεια των δεξαμενισμών καθώς και το είδος της επίστρωσης των υφάλων καθορίζεται από την συνεκτίμηση των παρακάτω βασικότερων παραγόντων:

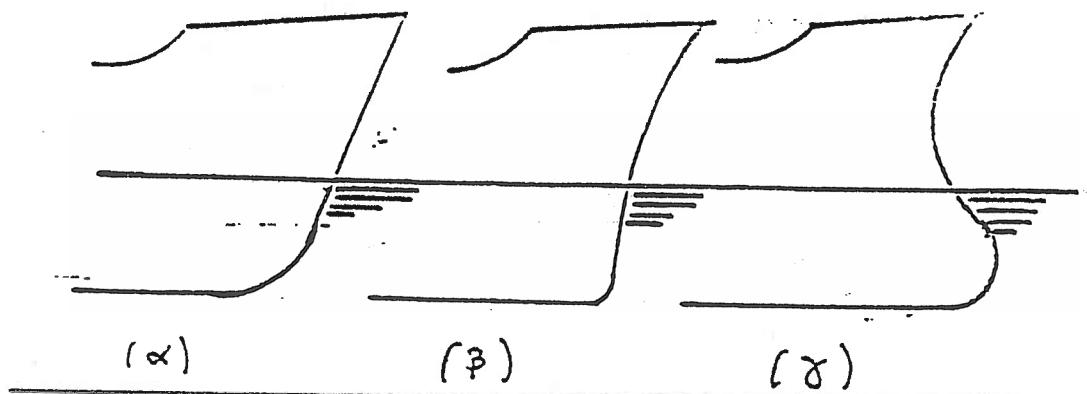
- Την αύξηση της κατανάλωσης καυσίμων και τη μείωση της ταχύτητας και των ζημιών που προέρχονται από αυτά.
- Το κόστος του δεξαμενισμού και τις εργασίες συντήρησης της επιφάνειας των υφάλων.
- Το χρόνο που απαιτείται για το δεξαμενισμό και τα κέρδη που διαφεύγουν εξαιτίας του.

Ποτε υποχρεωθήσετε να Βγάζουμε τό πήσιο εὲ δεξαμενισμὸ;

~~7/9/03~~
Αντίσταση θραύσεως κύματος

Το 1962 ανακαλύφθηκε ότι στα δεξαμενόπλοια με Cr μεταξύ 0,75 και 0,82 έχουμε μια μείωση της αντίστασης κατά 15% σε κατάσταση ερματισμού δεδομένου ότι τα δεξαμενόπλοια έχουν μικρές ταχύτητες. Το 1967 ανακαλύφθηκε από το National Physical Laboratory η ύπαρξη δινών κάτω από το κυρτό της γάστρας και η διαπίστωση αυτή ενίσχυσε την παραπάνω υπόθεση.

Μορφές πλώρης



Στα σχήματα βλέπουμε μορφές σύγχρονων πλοίων, σε πλοία μικρής ταχύτητας είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η πρώτη μορφή (α) για να έχουμε βρεχόμενη επιφάνεια. Σε ταχύτερα πλοία είναι προτιμότερο να επιλέγεται η γραμμή ισάλου σχήμα (β) ενώ σε πολύ υψηλές ταχύτητες η μορφή αυτή εξελίσσεται στη βολβοειδή πλώρη. Εδώ έχουμε τον ήδη υπάρχοντα όγκο γάστρας να καταλαμβάνει μεγαλύτερο χώρο επιπήκυνόμενη η πλώρη προς τα εμπρός με τον βολβό. Δηλαδή για τον σχηματισμό του βολβού απαιτείται αφαίρεση όγκου εκτοπίσματος από την περιοχή της εμφόρτου ισάλου αμέσως μετά την πρωραία κάθετο και σε απόσταση $0,15L$ έως $0,20L$. Αυτό ελαττώνει την γωνία εισόδου και την ποσότητα του νερού που απωθείται προς τις πλευρές στην περιοχή του πρώτου κύματος της πλώρης. Με άλλα λόγια ο σκοπός της βολβοειδούς πλώρης είναι η μείωση του ύψους του κύματος πρόωσης της πλώρης και της αντίστασης πρόωσης.

Η βολβοειδή πλώρη δημιουργεί ένα κύμα το οποίο αναμετρύεται με τα εγκάρσια κύματα που δημιουργεί το πλοίο και τα οποία καταλήγοντας στην πρύμνη γεμίζουν την κοιλότητα που δημιουργείται εκεί, έχοντας έτσι θετικά αποτελέσματα στην πρόωση του πλοίου λόγω μείωσης της αντίστασης.

Επίδραση της βολβοειδούς πλώρης στην αντίσταση πρόωσης.

a) Επιβατηγά και ταχέα φορτηγά με:

$$0,85 < \frac{V}{\sqrt{L}} < 1,05$$

$$\text{οπου } \frac{V}{\sqrt{L}} = 1,85 - 1,6C_b$$

καθώς και άλλα σκάφη με σημαντική αντίσταση λόγω κυματισμού.

β) Πολεμικά με πολύ μεγάλα ηχοβολιστικά υπό μορφή βολβού τα οποία αυξάνουν την αντίσταση σε ορισμένες περιοχές ταχυτήτων.

γ) Ογκώδη σκάφη με $0,75 < C_p < 0,82$ και μικρά $\frac{V}{\sqrt{L}}$

Η μορφή του βολβού στην πρώτη περίπτωση βασίζεται στην απόσβεση της αντίστασης κυματισμού. Στη δεύτερη κατηγορία αποβλέπει στη μείωση της αντίστασης του κύματος στη μέγιστη ταχύτητα και στην τρίτη περίπτωση επιτυγχάνεται σοβαρή μείωση της αντίστασης από θραύση του κύματος.

Η μείωση του κύματος πρόωσης δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην κατηγορία αυτή.

Στα ογκώδη και βραδέα σκάφη ο βολβός παίζει ρόλο σε κατάσταση ερματισμού, ενώ είναι ασήμαντη σε κατάσταση πλήρους φόρτου.

Στο σχεδιασμό μιας βολβοειδούς πλώρης πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

α) Πρέπει το άκρο του βολβού να προεξέχει του σκάφους.

β) Να είναι όσο το δυνατό σε μεγαλύτερο βάθος.

γ) Πρέπει να είναι βραχύς και ευρύς ακολουθώντας σωστά τις γραμμές του σκάφους.

δ) Η βύθιση του ανωτέρου άκρου του βολβού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το μέγιστο πλάτος του, και τέλος η ωφέλεια από το βολβό να είναι τοσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση πρόωσης και επίσης η μεταφορά εκτοπίσματος.

ΠΡΥΜΝΗ 05.09.05

Μέχρι πριν 30 χρόνια συνήθιζαν να δίνουν ελλειπτική μορφή στην πρύμνη σχήμα (α), αργότερα έδωσαν μια άλλη μορφή που την ονόμασαν πρύμνη καταδρομικού (σχήμα β) η οποία παρουσιάζει σε σχέση με την προηγούμενη ένα τράβηγμα προς τα πίσω που αντιστοιχεί σε μια μείωση της αντίστασης πρόωσης, επίσης αυξάνοντας το μήκος της ισάλου κατά (h) έχουμε μείωση των στροβιλισμών. Η αύξηση των ισάλων επιφανειών έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου της γάστρας και επίσης αυτή η μορφή της πρύμνης επενεργεί στην ορθότερη λειτουργία της έλικας. Το μεγαλύτερο όμως μειονέκτημα σ' αυτή τη μορφή είναι ότι δεν χωράνε έλικες μεγάλων διαμέτρων. Επίτεδη πρύμνη «άβαξ» (transom stern) συνηθίζεται και σε εμπορικά πλοία για λόγους ευκολίας κατασκευής σχήμα (γ).

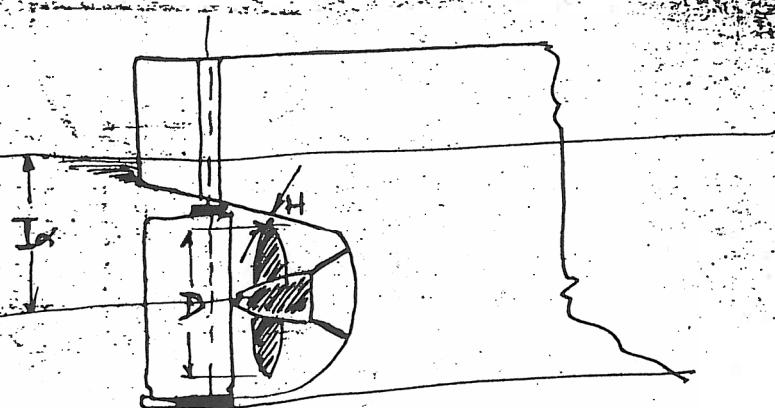
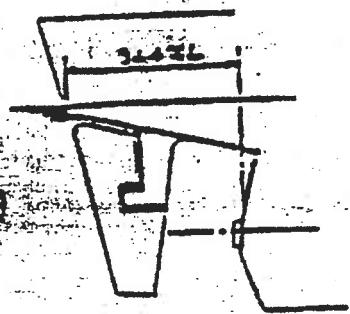
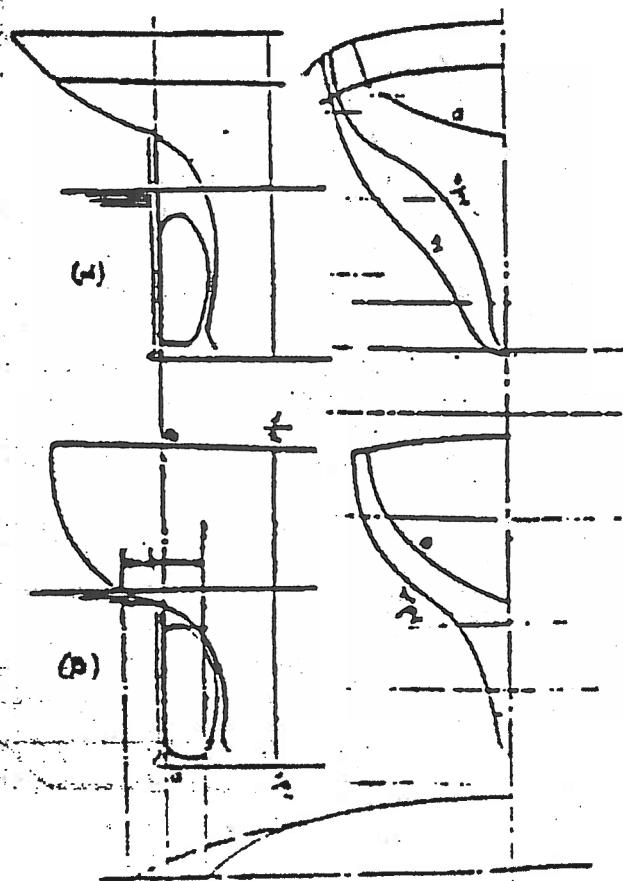
Με τη σωστή σχεδίαση της πρύμνης επιδιώκονται τα ακόλουθα:

α) Μείωση της διάσπασης ροής.

β) Ομοιόμορφη ροή του νερού στην περιοχή της έλικας.

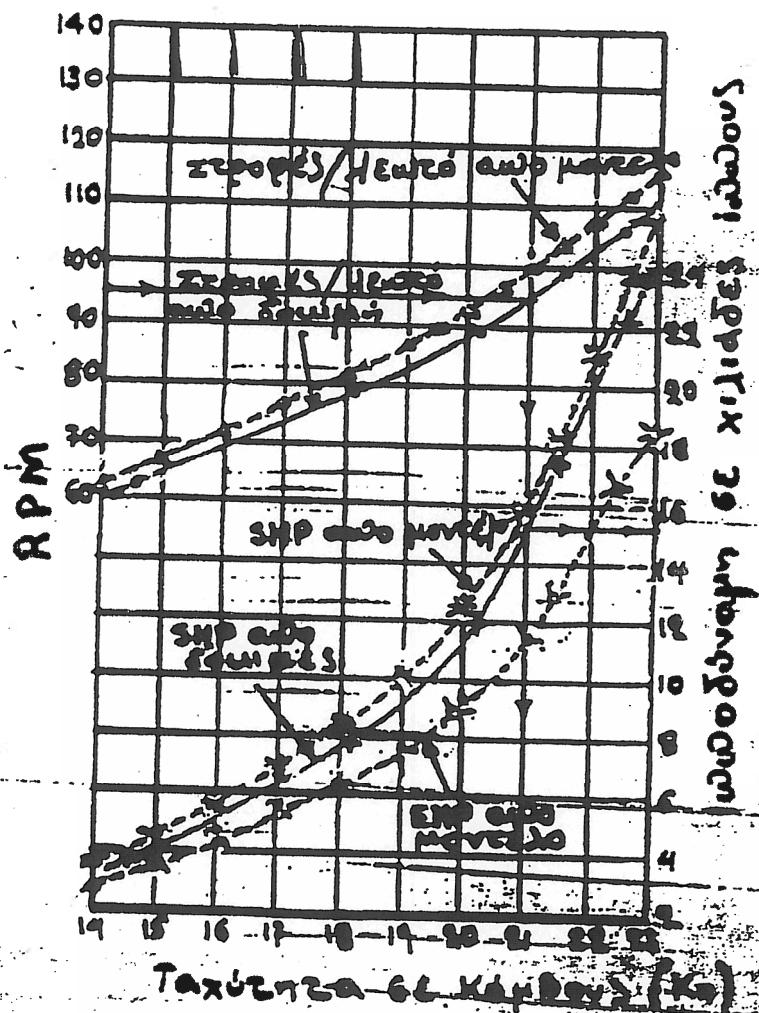
γ) Επαρκείς ανοχές της έλικας προς αποφυγή κραδασμών σε ορισμένες περιοχές ταχυτήτων.

Σε μονοέλικα πλοία το χαμηλότερο σημείο του κεκλιμένου μέρους της πρύμνης εξαρτάται από τη διάμετρο της έλικας και αυτή από το βύθισμα του σκάφους, την ισχύ και τον αριθμό στροφών της κύριας μηχανής. Οι αποστάσεις των πτερυγών της έλικας από τον κλωβό επηρεάζουν σημαντικά τις υδροδυναμικές πιέσεις οι οποίες ασκούνται από την έλικα πάνω στο σκάφος και έχουμε την δημιουργία κραδασμών. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος αποφυγής κραδασμών είναι η αύξηση των ανοχών σε ικανοποιητικά μεγέθη.



Σχέση ταχύτητας - ιπποδύναμης - κατανάλωσης - στροφών

Οι παραπάνω σχέσεις μπορούν να βρεθούν με τις δοκιμές παραλαβής του πλοίου σε ανοικτή θάλασσα. Τα αποτελέσματα των δοκιμών, μεταφέρονται σε διαγράμματα και τα στοιχεία που δίνουν είναι ακριβή μόνο όταν το πλοίο βρίσκεται σε κατάσταση ανάλογη με εκείνη των δοκιμών παραλαβής.



Κλίμακα: 1:125

Από τις καμπύλες αυτές είναι εύκολο να βρούμε την ταχύτητα του πλοίου όταν η έλικα στρέφεται με ορισμένο αριθμό στροφών ανά λεπτό καθώς και την αντίστοιχη ιπποδύναμη της μηχανής. Για παράδειγμα έστω ότι η έλικα στρέφεται με 95 RPM τότε θα έχουμε ταχύτητα 21 κόμβων και ιπποδύναμη ίση με 14.600 ίπους.

Πλοία γενικού φορτίου, Bulk Carriers ως και δεξαμενόπλοια σε ερματισμό απορροφούν συνήθως στην κατάσταση του ερματισμού τη μέγιστη δυνατή ισχύ της μηχανής και αναπτύσσουν ταχύτητα μεγαλύτερη της μέσης. Αντίθετα τα πλοία της γραμμής που ταξιδεύουν σε λιμάνια με τακτές προθεσμίες και μερικό φορτίο, διατηρούν σταθερή ταχύτητα που αντιστοιχεί σε ισχύ μικρότερη της εγκατεστημένης.

Γενικά θεωρείται ότι ένα συμβατικό πλοίο γενικού φορτίου θα έχει περίπου 55% του χρόνου υπό πλήρη ισχύ εν πλώ, 33% σε λιμάνι με 1/24 της ολικής κατανάλωσης και 10% χωρίς ισχύ.

Ημερήσια κατανάλωση καυσίμου

Η ημερήσια κατανάλωση καυσίμου προκύπτει από τη σχέση:

$$f_d = SHP \times C_4 \times C_5$$

✓ OK

όπου: f_d ημερήσια κατανάλωση καυσίμου σε ton./ημέρα

C_4 σχέση κανονικής προς μέγιστη ισχύ

C_5 ton./SHP x ημέρα και άρα ανά ταξίδι:

$$f_y = f_d \times D_n \times C_6$$

C_6 περιθώριο κατανάλωσης (fuel oil margin)

Dn αριθμός ημερών ανά ταξίδι

Για μηχανές Diesel η αύξηση της ειδικής κατανάλωσης συναρτήσει της ισχύος είναι κατά πολύ μικρότερη και σε πρώτη προσέγγιση παραμένει σχεδόν σταθερή μέχρι ποσοστού 70% της μέγιστης ισχύς.

Η κατανάλωση στο λιμάνι είναι σημαντικά μικρότερη και μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

of

Για πλοία γενικού φορτίου: $\frac{1,47SHP}{10000} + 1,47\text{ton}/24\text{h}$

3

Για δεξαμενόπλοια : $\frac{1,96SHP}{10000} + 1,47\text{ton}/24\text{h}$

Για Bulk carriers : $\frac{0,64SHP}{10000} + 0,64\text{ton}/24\text{h}$

Άλλες χρήσιμες σχέσεις για κατανάλωση καυσίμου σε δεξαμενόπλοια ανά ταξίδι:

Για θέρμανση φορτίου: $5,3 \left(\frac{DWT}{1000} \right)^{0,69} \text{ton.}$

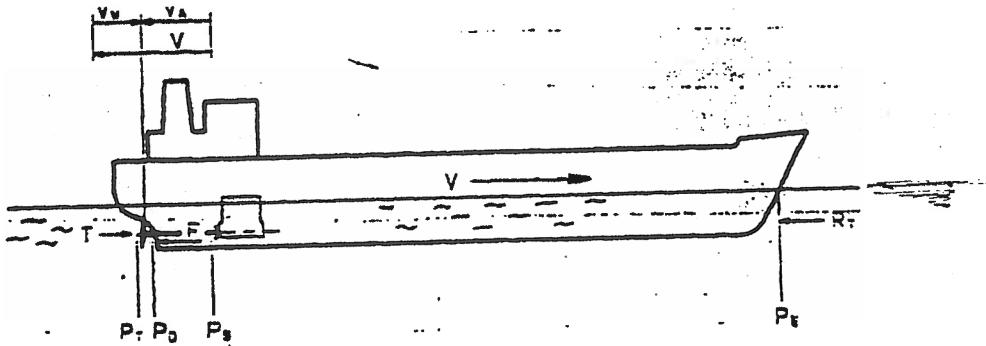
Για καθαρισμό δεξαμενών: $0,13 \left(\frac{DWT}{1000} \right) \text{ton.}$

Για απάντληση φορτίου και έρματος: $0,3 \left(\frac{DWT}{1000} \right) \text{ton.}$

7-9.05

ΠΡΟΩΣΗ ΕΛΙΚΑΣ

Ο συνηθισμένος τρόπος κίνησης ενός πλοίου είναι με μια έλικα, καμιά φορά και 2 μαζί και σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις, πάνω από 2. Η αναγκαία ώθηση έλικας T που απαιτείται για να κινηθεί το πλοίο με μια ταχύτητα V είναι συνήθως μεγαλύτερη από την ανάλογη αντίσταση ρυμουλκησης R_T , και οι σχετικοί λόγοι ροής, μεταξύ των άλλων, εξηγούνται σε αυτό το κεφάλαιο. Βλέπε επίσης το Σχήμα, όπου φαίνονται όλοι οι σχετικοί παράμετροι ταχύτητας, δύναμης, ισχύος και απόδοσης.

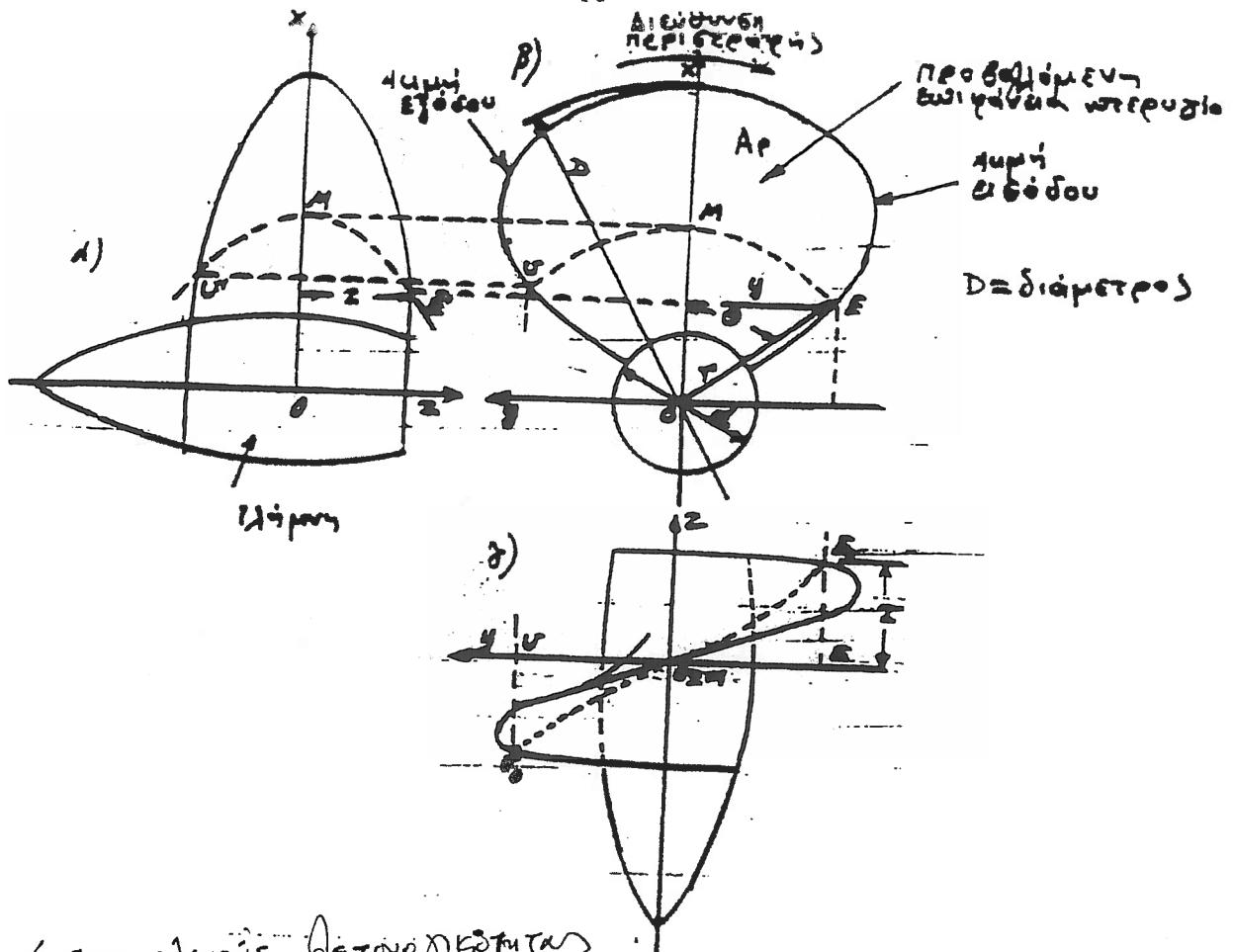


P_E ή EHP, P_D ή DHP, P_B ή SHP

Μια έλικα αποτελείται από ένα αριθμό πτερυγίων στα οποία διακρίνουμε μια γωνία εισόδου και μια γωνία εξόδου του νερού, καθώς και την ελλειπτική τροχιά τους.

Οι έλικες διακρίνονται σε δεξιόστροφες και αριστερόστροφες -Σταθερού βήματος και μεταβλητού βήματος- μπρούντζινες και ανοξείδωτες. Το υλικό κατασκευής των ελίκων θα πρέπει να πληρεί τεχνολογικές και μηχανικές ιδιότητες που να παρουσιάζει την μεγαλύτερη αντίσταση στην οξείδωση. Οι έλικες πρέπει να έχουν λεία και στιλπνή επιφάνεια για να αποδίδουν καλύτερα.

Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε ορισμένα κύρια χαρακτηριστικά μιας έλικας.



Ο βαθμός απόδοσης μιας έλικας από πλευράς μελέτης εξαρτάται:

- 1) Από τον αριθμό των πτερυγίων, αυξανομένου του αριθμού των πτερυγίων έχουμε μείωση του βαθμού απόδοσης.
 - 2) Αυξανομένης της σχέσης βήμα (P) προς διάμετρο έλικας (D) δηλαδή της σχέσης (P/D) έχουμε μείωση του βαθμού απόδοσης.
 - 3) Αυξανομένης της σχέσης διαμέτρου πλύμνης (d) προς διάμετρο έλικας (D) δηλαδή της σχέσης (d/D) έχουμε μείωση του βαθμού απόδοσης.
 - 4) Αυξανομένης της διαμέτρου (D) έχουμε αύξηση του βαθμού απόδοσης.
 - 5) Αυξανομένου του πάχους των πτερυγίων έχουμε μείωση του βαθμού απόδοσης π.χ. αύξηση του πάχους κατά 20% προκαλεί μείωση του βαθμού απόδοσης κατά 2% και κατά 1% του αριθμού στροφών.
 - 6) Η τραχύτητα της επιφάνειας των πτερυγίων μειώνει το βαθμό απόδοσης.
- Από πλευράς λειτουργικότητας, της έλικας προκειμένου να έχουμε καλό βαθμό απόδοσης θα πρέπει να τηρούνται κατά κανόνα τα παρακάτω:
- 1) Η επιφάνεια να είναι συνεχώς λεία και στηλπνή απαλλαγμένη από μύδια και άλλους θαλάσσιους οργανισμούς οι οποίοι κολλάνε πάνω της κάνοντας ανώμαλη την επιφάνειά της.
 - 2) Η σπηλαίωση μειώνει τον βαθμό απόδοσης.
 - 3) Το στράβωμα των πτερυγίων ή απώλεια τμήματος αυτών προκαλεί μείωση του βαθμού απόδοσης.

- α) Ξενιερετού
 β) Χλευθητικό χρήστιν εργασίαν } συγχρίνεται
 γ) Μικροί βιδυτές
 δ) Σύνδεση αντανάκλων.

17

Δοκιμές Παράδοσης

Όταν κατασκευάζεται μια έλικα θα πρέπει πριν την τοποθέτησή της να ελέγχεται στο χώρο κατασκευής της και ως προς την αντοχή της και αν το βήμα της είναι σωστό.

Για τον έλεγχο του βήματος υπάρχει το γνωστό βηματόμετρο. Η έλικα τοποθετείται σε ένα δάπεδο επίπεδο και λείο και μετριέται το ύψος (H_1) και (H_2) των σημείων (A) και (B) ενός τυχαίου τόξου ακτίνας (R).

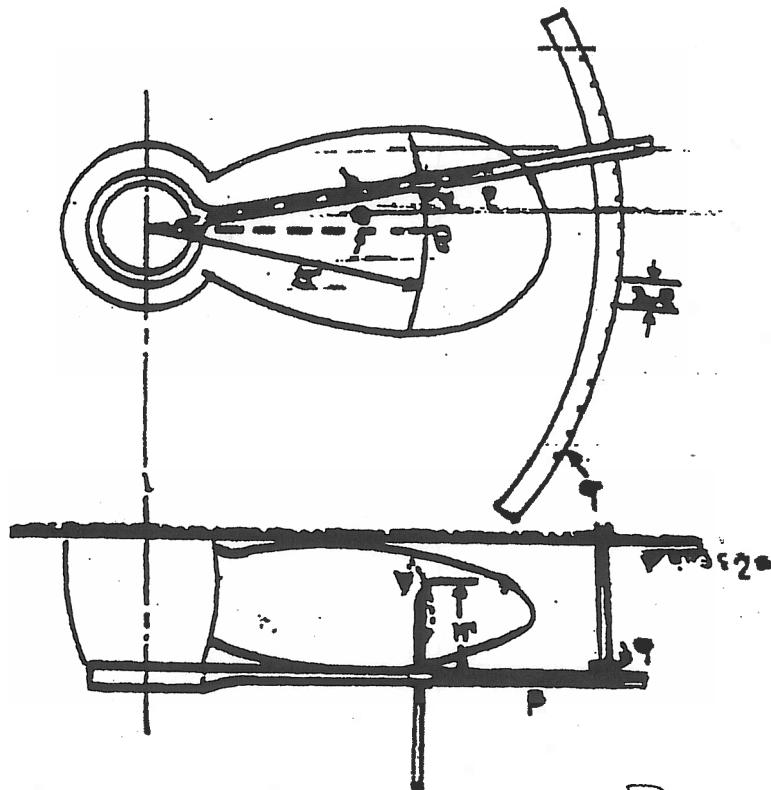
Η διαφορά $H = (H_1) - (H_2)$ είναι η διαφορά ύψουν μεταξύ των δύο σημείων A, B που απέχουν κατά την γωνία θ^0 . Ετσι λοιπόν θα έχουμε:

$$\frac{H}{P} = \frac{\theta^0}{360^0}$$

$$P = H \cdot \frac{360^0}{\theta^0}$$

όπου: P βήμα έλικας στην ακτίνα R

Επίσης ελέγχεται η ζυγοστάθμιση της έλικας μήπως δηλαδή η έλικα είναι παράκεντρη και δημιουργεί ταλαντώσεις.

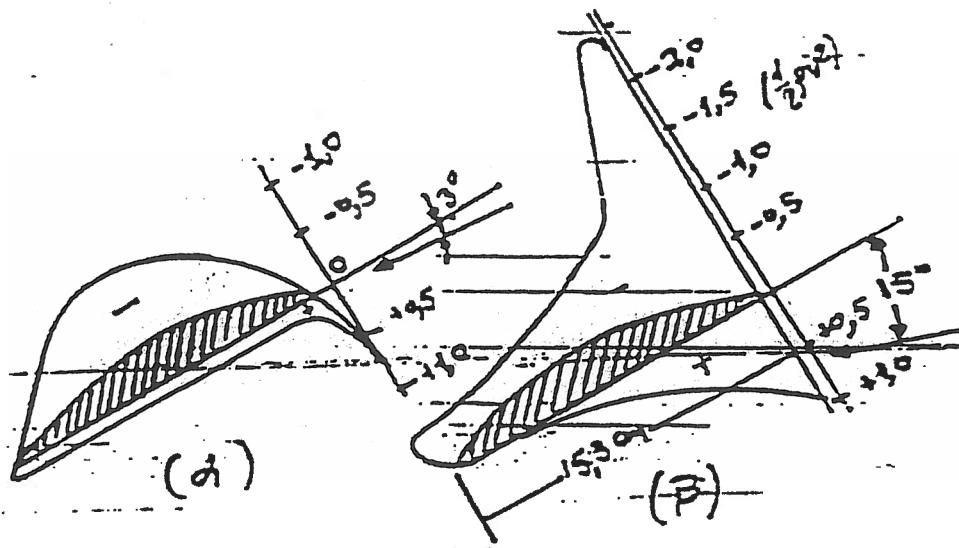


* Διαβούλευτος - Τι είναι - Πώς δημιουργήγεται - Πώς τα ανατελεγμένα
 Σπηλαίωση έλικας πλοίων

Το φαινόμενο της σπηλαίωσης της έλικας των πλοίων τέθηκε από τον Barnaby το 1897. Η έλικα ως γνωστό εργάζεται σε μια περιοχή η οποία συνεχώς διαταράσσεται από τα διάφορα φαινόμενα. Το κύμα που δημιουργεί το πλοίο στην πλώρη όπως αναπτύξαμε σε προηγούμενα κεφάλαια δημιουργεί μια ανύψωση και στην πρύμνη μια κοιλότητα. Το ρεύμα επίσης του νερού πέφτοντας πάνω στα πτερύγια της έλικας δημιουργεί από τη μια πλευρά μια πίεση, ενώ στην άλλη μια υποπίεση όπως στα σχήματα (α) και (β). Όταν το ρεύμα νερού προσπίπτει

με μια γωνία 3 μοιρών έχουμε το διάγραμμα του σχήματος (α), ενώ όταν προσπίπτει με μια γωνία 15 μοιρών το διάγραμμα είναι αυτό του σχήματος (β). Αν για μια οποιαδήποτε αιτία μειώνεται η πίεση στην έμπροσθεν πλευρά αυτών τότε μικραίνει η δυναμικότητα.

Αυτή η μείωση είναι τόσο πιο έντονη όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβολή της υποπίεσης πάνω στην πίσω πλευρά των πτερυγίων.



Λόγω της περιστροφής της έλικας και των διάφορων φυσικών φαινομένων που παρουσιάζονται στην λειτουργία της έλικας και μάλιστα στην γύρο περιοχή της, έχει σαν αποτέλεσμα το νερό γύρο από αυτή να βράζει κάτω από τους 100 βαθμούς Κελσίου με την δημιουργία ατμών, φυσαλίδων και σταγονιδίων. Στην κατάσταση αυτή ασκούνται επί της έλικας μεγάλες δυνάμεις σε σχετικά μικρή επιφάνεια, με αποτέλεσμα τη φθορά.

Μ' αυτή τη φθορά η επιφάνεια της έλικας γίνεται τραχεία και οι συνέπειες όλων των παραπάνω είναι:

- α) Μείωση της αντοχής του υλικού.
- β) Μείωση του βαθμού απόδοσης.
- γ) Κραδασμοί στο πρυμναίο μέρος του σκάφους.

Το φαινόμενο της σπηλαιώσης σύμφωνα με τον Kell (INA-1934) μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερεις φάσεις:

1^η Φάση. Τα πρώτα βαθουλώματα παρουσιάζονται στην πλευρά των πτερυγίων που βρίσκεται προς την πρύμνη του πλοίου και μάλιστα στην περιοχή της πλύμνης σχήμα (α). Το μόνο αποτέλεσμα της σπηλαιώσης σ' αυτή τη φάση είναι επομένως η μηχανική φθορά στη γύρω περιοχή της πλύμνης και η οποία μπορεί να αποφευχθεί στρογγυλεύοντας την ακμή εισόδου των πτερυγίων πλησίον της πλύμνης.

2^η Φάση. Όταν η ταχύτητα περιστροφής της έλικας αρχίζει να αποκτάει μια ορισμένη τιμή, αρχίζουν να σχηματίζονται στα άκρα των πτερυγίων της έλικας και μάλιστα στα (9/10) της ακτίνας της μεγάλοι στροβιλισμοί ελλειψοειδούς μορφής σχήμα (β) οι οποίοι προχωρούν προς την ολόκληρη έλικας.

3^η Φάση. Στη συνέχεια σχηματίζονται στην πίσω επιφάνεια των πτερυγίων σχήμα (γ) μεταξύ των άκρων των πτερυγίων και μάλιστα (7/10) της ακτίνας αυτών και της περιοχής του μέγιστου πάχους των πτερυγίων, βαθουλώματα τα οποία δημιουργούν στροβιλισμούς. Και αυτή η φάση όμως δεν επιδράει σοβαρά πάνω στην λειτουργία της έλικας.

4^η Φάση. Σχηματίζονται στην πίσω πλευρά των πτερυγίων και μάλιστα στα (7/10) της ακτίνας και των σημείων του μέγιστου πάχους αυτών προς την ακμή εξόδου σχήμα (δ) πολλά και σοβαρά βαθουλώματα τα οποία έχουν καταστρεπτικά αποτελέσματα πάνω στη λειτουργία της έλικας.

Αυτό το αποτέλεσμα της πηλαίωσης λέγεται «burbling» και μάλιστα είναι καταστρεπτικότατο.

Εξετάζοντας τρεις διαφορετικές περιπτώσεις πτερυγίων:

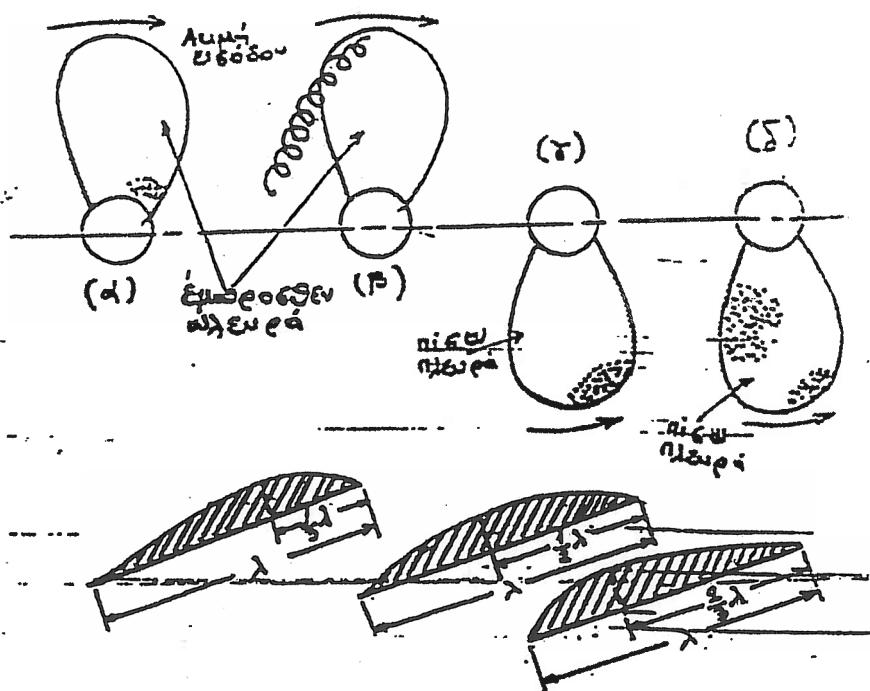
1^η Περίπτωση: Το πτερύγιο έχει μήκος (λ) και το μέγιστο πάχος στο (1/3) του μήκους (λ) ζεκινώντας από την πλευρά εισόδου.

2^η Περίπτωση: Το πτερύγιο έχει μήκος (λ) και το μέγιστο πάχος του στο (½) του μήκους (λ).

3^η Περίπτωση: Το πτερύγιο έχει μήκος (λ) και το μέγιστο πάχος του στα (2/3) του μήκους (λ).

Το αποτέλεσμα της πρώτης περίπτωσης είναι ότι βοηθάει στη δημιουργία του φαινομένου «burbling», ενώ η Τρίτη περίπτωση το καθυστερεί. Δηλαδή μπορούμε να πούμε ότι πλησιέσπου επηρεάζεται από το φαινόμενο «burbling».

Για να μειώσουμε επίσης το φαινόμενο της σπηλαίωσης δεν πρέπει να έχουμε μεγάλο αριθμό στροφών και η έλικα να βρίσκεται όσο το δυνατόν σε μεγαλύτερο βάθος, δηλαδή να



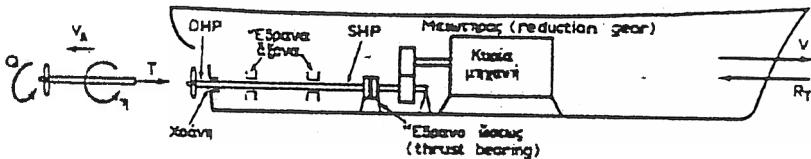
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΕΛΙΚΑΣ

Οι έλικες κατασκευάζονται με 2-3-4-5 ή 6 πτερύγια. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός πτερυγίων, τόσο πιο υψηλή είναι η απόδοση της έλικας. Για λόγους δύναμης όμως, οι έλικες οι οποίες θα επιβαρυνθούν με μεγάλα φορτία, δεν μπορούν να κατασκευαστούν μόνο με 2 ή 3 πτερύγια.

Έλικες με 2 πτερύγια χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρά πλοία, ενώ με 4,5 ή 6 πτερύγια χρησιμοποιούνται σε μεγάλα πλοία που χρησιμοποιούν δίχρονες μηχανές MAN B & W είναι συνήθως σκάφη μεγάλου μεγέθους που χρησιμοποιούν έλικες 4 πτερυγίων. Πλοία που απα-

τούν μια σχετικά μεγάλη ισχύ και βαριά φορτωμένες έλικες, π.χ. container, μπορεί να χρειάζονται έλικες 5-6 πτερυγών. Για λόγους δονισμού, έλικες με ορισμένο αριθμό πτερυγών σε ορισμένες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγονται για να μην υπάρχει λόγος αύξησης της φυσικής συχνότητας στην γάστρα του πλοίου ή στην υπερκατασκευή.

9.9.5 ΕΥΡΕΣΗ ΙΣΧΥΣ ΜΗΧΑΝΗΣ



Ισχύς ρυμουλκήσεως -

Η ισχύς ρυμουλκήσεως παριστάνεται με EHP (Effective Horse Power) και υπολογίζεται από τη σχέση:

Φεύγοντας
16χώρες

$$\text{EHP} = \frac{R_T \cdot V}{75} \times 0,514 \quad \begin{matrix} \text{EHP} \\ \text{R}_T \\ \text{V} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{kg} \\ \text{sec} \\ \text{m} \end{matrix}$$

$$V = \frac{\text{sec}}{\text{sec}}$$

Ισχύς στην έλικα

Η ισχύς στην έλικα συμβολίζεται με DHP (Delivered Horse Power) και δίνεται από τη σχέση:

~~ΔΗΠΟΣ ΚΩΣΤΑΣ?~~

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{P_c}$$

Όπου P_c συντελεστής ψηφίωσης (propulsive coefficient).

Ισχύς μηχανής

Η ισχύ της μηχανής του πλοίου σχετίζεται με την ισχύ που δίνεται στην έλικα με τη σχέση:

$$\text{SHP} = \frac{\text{DHP}}{\text{βαθμού απόδοσης συστήματος μεταδοσης}} \quad \text{βαθμού απόδοσης συστήματος μεταδοσης} \quad 0,98$$

Ο βαθμός απόδοσης συστήματος μετάδοσης καλύπτει τις απώλειες και η τιμή του κυμαίνεται γύρω στο 0,98.

Στην πράξη η επιλογή της μηχανής γνώς πλοίου γίνεται συνήθως με το κριτήριο ότι πρέπει να είναι δυνατή (σε καπάσια δοκιμών) η κίνηση του πλοίου με την επιθυμητή ταχύτητα. Όταν η μηχανή αποδίδει τα 80% της μέγιστης ισχύος της στα 100% των στραφών. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει ένα πλεόνασμα ισχύος που εξισορροπεί τη δυνατότητα να διατηρεί το πλοίο την ταχύτητά του:

α. Όταν η γάστρα είναι καθαρή και το πλοίο συναντάει θαλασσοταραχή.

β. Όταν η γάστρα έχει ρυπανθεί σε ήρεμο νερό. λόγο πριν από τον παστικό δεξιμενισμό.

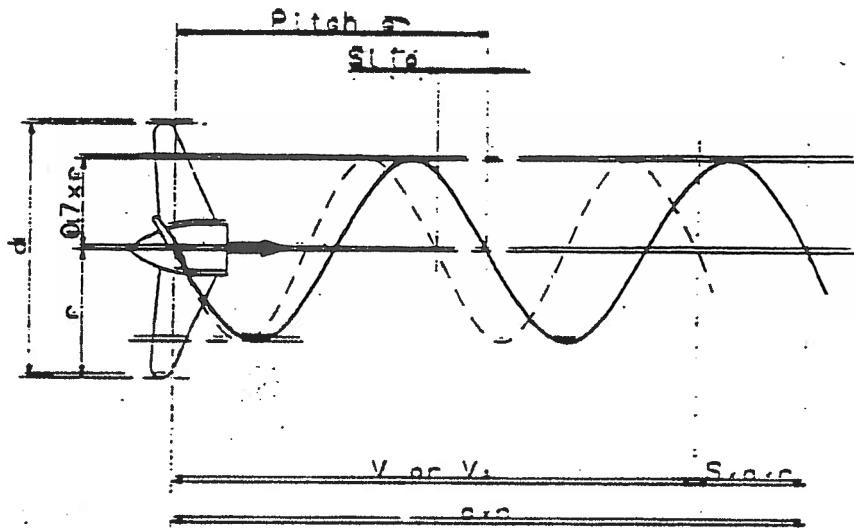
Αρι ή εγκατεστημένη στην τη μηχανή

Θα ενταλ·

$$(SHP)_1 = \frac{SHP}{0,8}$$

ΟΛΙΣΘΗΣΗ (S) 8/9/05

Εάν η έλικα δεν είχε καθόλου ολίσθηση S , δηλαδή εάν το νερό στο οποίο η έλικα "βιδώνεται" δεν υποχωρούσε, (εάν το νερό δεν επιτάχυνε από την πρύμνη), η έλικα θα προχωρούσε προς τα εμπρός με ταχύτητα ($p \times n$) όπου n είναι η αναλογία περιστροφής της έλικας - βλέπε σχήμα.



Από την σπιγμή όμως που το νερό υποχωρεί (δηλ. επιταχύνει από την πρύμνη) η πραγματική ταχύτητα της έλικας μειώνεται και ισούται με την ταχύτητα του πλοίου V , και η φαινομένη ολίσθηση μπορεί λοιπόν να εκφραστεί με ($p \times n - V$).

Ο λόγος ολίσθηση S_A ο οποίος εκφράζεται άνευ μονάδων ορίζεται όπως ακολουθεί:

$$S_A = \frac{p \times n - V}{p \times n} = 1 - \frac{V}{p \times n}$$

Η φαινομένη ολίσθηση S_A που υπολογίζεται από το πλήρωμα, παρέχει χρήσιμη γνώση, καθώς μας δίνει μια ιδέα για τα φορτία που εφαρμόζονται στην έλικα υπό διαφορετικές καταστάσεις φόρτωσης.

Η φαινομένη ολίσθηση αυξάνεται, όταν το σκάφος πλέει κόντρα στον άνεμο ή στα κύματα, σε ρηχά νερά, όταν η γάστρα έχει πρόβλημα και όταν το πλοίο επιταχύνει. Ο πραγματικός λόγος ολίσθησης θα είναι μεγαλύτερος από την φαινομένη ολίσθηση διότι η πραγματική ταχύτητα προχωρήσεως V_A της έλικας είναι όπως αναφέραμε προηγουμένως, μικρότερη από την ταχύτητα του πλοίου V .

Η πραγματική ολίσθηση S_R και η οποία δίνει μια πιο πραγματική εικόνα της λειτουργίας της έλικας είναι:

$S_R = \text{πραγματικής ολίσθησης}$ $\left(\text{συντελεστής } \theta \text{ ισχύει} \right)$

$$S_R = 1 - \frac{V_A}{p \times n} = 1 - \frac{V \times (1-w)}{p \times n}$$

$\Sigma \text{τροφω.} \times \text{Βιτ.} = \text{Θεωρητ. ολίσθ.}$

$V_A = \text{Μήδια Γεραρτ.} \text{ } 29/\text{μρο.}$

$N = \text{αριθμός στροφών} \text{ το } 29/\text{μρο.}$

$P = \text{Βιτ.} \text{ είγικη σε (μ)} \text{ Γερα.$

$\text{διαδρομή μέχε } 1852. \text{ μέτρα σε } [μέτρα]$

$$S_R^I = 1 - \frac{V_A \cdot 1852}{N \cdot P}$$

Ο ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΕΛΙΚΑΣ. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΕΣ ΓΑΣΤΡΕΣ

Ο νόμος της έλικας φυσικά εφαρμόζεται σε όμοιες συνθήκες λειτουργίας του πλοίου. Όταν π.χ. η γάστρα πλοίου μετά από καιρό παρουσιάζει προβλήματα -γίνει δηλ. ανώμαλη από λεια- το πεδίο ομόρου θα είναι διαφορετικό από εκείνο ενός πλοίου με καθαρή γάστρα στην διάρκεια δοκιμαστικών ταξιδιών.

Ένα πλοίο λοιπόν με ανώμαλη επιφάνεια γάστρας θα υπόκειται σε επιπλέον αντίσταση και η οποία θα δώσει μια αύξηση στην "κατάσταση βαριάς έλικας", δηλ. με την ίδια ισχύ έλικας, η αναλογία περιστροφής θα είναι χαμηλότερη.

Ο νόμος της έλικας τώρα εφαρμόζεται σε μια άλλη και "βαρύτερη" καμπύλη έλικας από εκείνη που εφαρμόζεται στην καμπύλη έλικας σε πλοία με καθαρή γάστρα.

Οι ίδιες σχετικές θεωρίες ισχύουν όταν το πλοίο πλέει σε φουρτουνιασμένη θάλασσα ενάντια στο ρεύμα, σε δυνατό άνεμο και ισχυρά κύματα, όπου εκεί ειδικά η αντίσταση του κύματος μπορεί να προκαλέσει μια αύξηση στην λειτουργία της βαριάς έλικας, από το να πλέει με ήρεμο καιρό. Αφ' ετέρου, εάν το πλοίο ταξιδεύει ερματισμένο, δηλ. με χαμηλότερο εκτόπισμα, ο νόμος της έλικας τώρα εφαρμόζεται στην "ελαφρότερη" καμπύλη έλικας δηλ. στην ίδια ισχύ έλικας, η αναλογία περιστροφής της έλικας θα είναι υψηλότερη.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως ο νόμος της έλικας που εφαρμόζεται σε πλοία με έλικα σταθερού βήματος χρησιμοποιείται ευρέως και σε περιπτώσεις μερικής φόρτωσης. Έτσι, χρησιμοποιείται επίσης στα σχέδια ντηζελομηχανών π.χ. MAN B&W όπως και στα διαγράμματα φόρτωσης για να επεξηγήσει τις καμπύλες λειτουργίας της μηχανής για γάστρες καθαρές ή όχι κ.λ.π. Τα διαγράμματα αυτά εξηγούνται λεπτομερώς στο επόμενο κεφάλαιο.

ΥΨΗΛΟΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΣ

Εάν βρίσκεται σε λειτουργία η έλικα σε φουρτουνιασμένη θάλασσα με υψηλή αντίσταση κυμάτων, μπορεί να λειτουργεί κατά 3-4% "βαρύτερα" από ότι σε ήρεμη θάλασσα, δηλ. με την ίδια ισχύ έλικας, η αναλογία της περιστροφής μπορεί να είναι κατά 3-4% χαμηλότερη. Αφ' ετέρου, σε μερικές περιπτώσεις με δυνατό αντίθετο άνεμο επίσης, έχει αποδειχτεί ότι μπορεί να είναι ακόμα μεγαλύτερο του 3-4%.

Για να αποφύγουμε λοιπόν τους κλυδωνισμούς του πλοίου και στην συνέχεια ζημιά στον άξονα και ταχύτητα περιστροφής της έλικας, η ταχύτητα του πλοίου θα μειωθεί κανονικά από τον υπεύθυνο αξιωματικό βάρδιας.

ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΠΛΟΙΟΥ

Όταν το πλοίο επιταχύνει, η έλικα υπόκειται σε μεγαλύτερο ακόμα φορτίο από το όταν θα ήταν σε κατάσταση ήρεμης πλεύσης. Η ισχύ που απαιτείται από την έλικα λοιπόν θα είναι σχετικά υψηλότερη από εκείνη της ομαλής πλεύσης και το σημείο λειτουργίας της μηχανής θα βρίσκεται υψηλότερα.

ΡΗΧΑ ΝΕΡΑ

Όταν πλέει σε ρηχά νερά το πλοίο η υπόλοιπη αντίσταση αυτού μπορεί να αυξηθεί με τον ίδιο τρόπο που αυξάνεται όταν το πλοίο επιταχύνει. Η έλικα λοιπόν θα υπόκειται σε μεγαλύτερο φορτίο από ότι σε κατάσταση ομαλής πλεύσης και θα λειτουργεί με μεγαλύτερη προσπάθεια.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ

Όταν το πλοίο βρίσκεται σε έμφορτη κατάσταση πλεύσης ο εκτοπιζόμενος όγκος του πλοίου μπορεί να είναι π.χ. 10% υψηλότερος η χαμηλότερος κατά μέσον όρο από το εκτόπισμα πλήρους φόρτωσης. Αυτό βέβαια επηρεάζει την αντίσταση του πλοίου και την ανάλογη ισχύ έλικας που χρειάζεται, αλλά έχει ελάχιστη επίδραση στην καμπύλη έλικας. Αφ' ετέρου έμφορτη κατάσταση μπορεί να είναι πολύ χαμηλότερος, και η αντίστοιχη καμπύλη έλικας μπορεί να ισχύει π.χ. για ένα 30% σε μια ελαφρότερη καμπύλη έλικας. Έτσι λοιπόν για μια ίδια ισχύ έλικας, η αναλογία περιστροφής θα είναι κατά 3% υψηλότερη.

TAXYΤΗΤΑ ΜΑΝΟΥΒΡΑΣ

Κάτω από μια ορισμένη ταχύτητα του πλοίου, που ονομάζεται ταχύτητα μανούβρας, η ικανότητα να κουμαντάρεις το πηδάλιο είναι ανεπαρκής λόγω της πολύ χαμηλής ταχύτητάς της άφιξης του νερού στο πηδάλιο. Είναι μάλλον δύσκολο να δώσουμε ένα ακριβή αριθμό της κατάλληλης ταχύτητας για μανούβρες, καθώς η ταχύτητα με την οποία φθάνει το νερό στο πηδάλιο εξαρτάται και από το ρεύμα ολίσθησης της έλικας. Συχνά αναφέρεται μια ταχύτητα 3.5-4.5 κόμβων σε μανούβρες. Σύμφωνα όμως με τον νόμο της έλικας, θα χρειάζεται μια αντίστοιχη χαμηλή ισχύ πρόωσης. Αυτή όμως θα είναι υψηλότερη σε περίπτωση κακοκαιρίας με αυξημένη αντίσταση επί του πλοίου.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΕΛΙΚΑΣ (ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΩΣΗ)

Όταν το πλοίο ταξιδεύει τα πτερύγια της έλικας πιάνουν περισσότερο όταν βρίσκονται στο χαμηλότερο σημείο παρά στο υψηλότερο. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια λοιπόν μια πλευρική ώση που θα είναι μεγαλύτερη όσο πιο ρηχά είναι τα νερά, όπως π.χ. στην διάρκεια μανούβρας στο λιμάνι έτσι λοιπόν μια έλικα δεξιόστροφη θα έχει την τάση να σπρώχνει την πρύμνη του πλοίου προς την δεξιά πλευρά του σκάφους, δηλ. Θα σπρώχνει την πρύμνη του πλοίου προς το λιμάνι κατά την διάρκεια κανονικής πορείας προς τα μπροστά.

Αυτό λοιπόν πρέπει να αντισταθμίζεται με το πηδάλιο.

Όταν λειτουργεί "όπισθεν" η έλικα προς την πρύμνη, όταν π.χ. πλευρίζουμε την αποβάθρα, το αποτέλεσμα της πλευρικής ώσης αναστρέφεται και γίνεται περισσότερο δυνατό καθώς μειώνεται η ταχύτητα του πλοίου. Πρέπει να είμαστε προσεκτικοί για το λόγο αυτό σε περιπτώσεις ανάγκης, όπως επίσης και κατά την διάρκεια μανούβρας στο λιμάνι. Η πραγματική αυτία για την εμφάνιση της πλευρικής ώσης κατά την διάρκεια αντιστροφής της έλικας είναι το γεγονός ότι το άνω μέρος του ρεύματος ολίσθησης της έλικας, που είναι περιστροφικό, χτυπά το πρυμναίο μέρος του πλοίου. Έτσι λοιπόν και ο πηδαλιούχος πρέπει να γνωρίζει ακριβώς πως αντιδρά το πλοίο σε μια δεδομένη κατάσταση. Υπάρχει λοιπόν ένας άγραφος νόμος που λέει ότι σε πλοίο εφοδιασμένο με έλικα σταθερού βήματος, η έλικα είναι πάντα σχεδιασμένη να περιστρέφεται δεξιόστροφα όταν λειτουργεί πρόσω. Μια κύρια μηχανή θα έχει ασφαλώς την ίδια φορά περιστροφής.

Για να έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα πλευρικής ώσης όταν κάνουμε ανάποδα σε πλοία εφοδιασμένα με έλικες ρυθμιζόμενου βήματος είναι σχεδιασμένες να περιστρέφονται αριστερόστροφα όταν λειτουργεί πρόσω.

Μέτρηση της ισχύς μιας στροβιλοεγκατάστασης και μιας Μ.Ε.Κ.

Εσωτερική ή ενδεικτική ισχύς P_E

Είναι η ισχύς που αποδίδεται από τις πτερυγώσεις στον άξονα του στροφείου, αντιστοιχεί στο εσωτερικό έργο L_E και προκύπτει από την περιφερειακή, αν από αυτή αφαιρέσουμε την ισχύ που αντιστοιχεί στις απώλειες ανεμισμού και διάκενων των πτερυγίων.

Η εσωτερική ισχύς αντιστοιχεί προς την ενδεικτική υποδύναμη των παλινδρομικών μηχανών.

$$P_e = P_\theta \times \eta_e$$

Πραγματική ισχύς P_x

Αυτή καλείται και ωφέλιμη ισχύς, αντιστοιχεί στο πραγματικό έργο και προκύπτει από τη θεωρητική, αφού αφαιρεθούν απ' αυτή όλες γενικά οι απώλειες ισχύς. Προκύπτει επίσης από την εσωτερική, αφού αφαιρεθεί από αυτή η ισχύς που αντιστοιχεί στις μηχανικές απώλειες, τις απώλειες των εξωτερικών συσκευών στεγανότητας και τις απώλειες ακτινοβολίας. Για την πραγματική ισχύ εφαρμόζεται ο τύπος:

$$P_x = P_\theta \times \eta_\mu$$

όπου η_μ είναι ο μηχανικός βαθμός απόδοσης.

$$P_x = P_\theta \times \eta_e \times \eta_\mu$$

Η πραγματική ισχύ μετριέται στον άξονα SHP (Shaft Horse Power) ή σε (kw) στον άξονα. Η μέτρηση γίνεται με στρεψίμετρο (torsion - meter) είτε με πέδη, ή με ηλεκτρική δύναμο-πέδη. Μετρέται επίσης και υπολογιστικά.

Το στρεψίμετρο είναι όργανο που προσαρμόζεται στον άξονα και μετράει την στρέψη που δέχεται αυτός σε ορισμένο μήκος του, όταν μεταφέρει ορισμένη ισχύ. Κατά την δοκιμή προσδιορίζεται η γωνία στρέψης του άξονα με οπτική ή ηλεκτρική μέθοδο. Από τη γωνία αυτή υπολογίζεται η ροπή στρέψης M_σ σε kpm και από αυτή η P_x ως γινόμενο της ροπής στρέψης M_σ επί τη γωνιακή ταχύτητα $2\pi \times n/60$, όπου n ο αριθμός στροφών ανά λεπτό (grpm), με τον τύπο:

$$P_x = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_\sigma}{60} \text{ kpm/s}$$

$$P_x = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_\sigma}{60 \cdot 75} \text{ ps}$$

Στο διεθνές σύστημα η ροπή στρέψης M_σ μετριέται σε N.m, οπότε ο τύπος γίνεται:

$$P_x = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_\sigma}{60} \text{ σε J/s ή σε Watt ή}$$

$$P_x = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_\sigma}{60 \cdot 1000} \text{ σε kW}$$

Παράδειγμα

Σε στρόβιλο μετρήθηκε η ροπή στρέψης M_σ με το στρεψίμετρο ίση με 800 grpm ή 7848kJ. Να βρεθεί η πραγματική υποδύναμη του όταν $n=3000$ grpm.

Λύση

$$P_{\pi} = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_a}{60} = \frac{2 \times 3,14 \times 3000 \times 800}{4500} = 3350 \text{ ps}$$

$$P_{\pi} = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_a}{60000} = \frac{2 \times 3,14 \times 3000 \times 7848}{60000} = 2464 \text{ kW}$$

Η πέδη είναι μια απλή τροχαλία που τοποθετείται στον άξονα ή σε ένα σύνδεσμό του. Η τροχαλία περιβάλλεται με διπλό σχοινί που το ένα άκρο του συνδέεται με το δυναμόμετρο και στο άλλο ανακρεμάται το βάρος B.

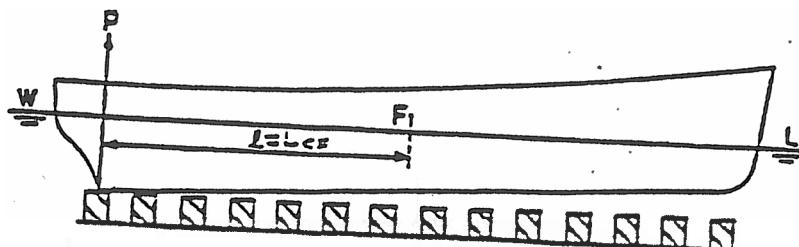
References

1. Resistance and Propulsion of Ships
Sv. Aa Harvald 1983
2. Ship Resistance
H.E. Guldhammer and Sv. Aa. Harvald 1974
3. Fartygspropellrar och Fartygs
Framdrift, Jan Tornblad, KaMeWa Publication 1985
4. Technical discussion with Keld Kofoed Nielsen, Burmeister & Wain Shipyard, Copenhagen
Furthermore, we recommend:
5. Prediction of Power of Ships Sv. Aa. Harvald, 1977 and 1986
6. Propulsion of Single-screw Ships Sv. Aa. Harvald & J. M. Hee 1981

ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΑΞΗ

Όταν ένα πλοίο μπαίνει στη δεξαμενή πρέπει να έχει αρχικό μετακεντρικό ύψος θετικό, να είναι όρθιο και έμπρυμο. Πρώτα όμως θα πρέπει να έχουν ευθυγραμμιστεί τα βάζα της δεξαμενής και τα υπόλοιπα να είναι τοποθετημένα βάση του Drydock plan ούτως ώστε το πλοίο όταν καθίσει εξ' ολοκλήρου στα βάζα να αποφύγει παραμορφώσεις (βαθουλώματα-μπασίματα) του σκάφους. Θα πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε το πλοίο να καθήσει με το διάμηκες συμμετρικό επίπεδο ακριβώς κάθετα προς το οριζόντιο επίπεδο του δαπέδου της δεξαμενής, δηλαδή χωρίς εγκάρσια κλίση και να πατήσει πρώτα η πρύμνη.

Στο σχήμα βλέπουμε μια διαμήκη τομή του πλοίου όπου (P) η αντίδραση των βάζων η οποία απέχει (l) από το Κ.Π. Η ροπή διαγωγής είναι P x l αλλά ως γνωστόν έχουμε:



Ορισμοί-τύποι πλοίων

Βασικά γεωμετρικά στοιχεία και διαστάσεις ενός πλοίου.

Συμβολισμοί όπου απαιτείται

Εγκάρσιες τομές διάφορων τύπων πλοίων και αναγνώριση των κατασκευαστικών στοιχείων αυτών.

Κατάταξη πλοίων ανάλογη με τον προορισμό

Εμπορικά πλοία όπως:

α. Φορτηγά πλοία. Στην κατηγορία αυτή ανείκουν τα πλοία γενικού ή θαλασσινού φορτίου, υγρού ή στεφεσού φορτίου χύδην. ψυγεία πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Containers) και άλλα.

Τα φορτηγά πλοία ανάλογα με τον τρόπο εκμετάλλευσής τους διεκρίνονται σε πλοία τακτικών γραμμών (Cargo Liners) και σε ελεύθερα φορτηγά (Tugs). Τα πρώτα εκτελούν τακτικά δρομολόγια, σε όλη τη διάταξη παραγωγής βάνουν φορτία από οποιοδήποτε λιμάνι και τα μεταφέρουν σε οποιοδήποτε άλλο.

β. Επιβατηγά πλοία. Σ' αυτά συμπεριλαμβάνονται και τα επιβατηγά οχηματαγωγά καθώς καθώς κρουαζερόπλοια. Επιβατηγό πλοίο θεωρείται αυτό που μεταφέρει πάνω από 12 επιβάτες.

γ. Πλοία ειδικού προσφιελματού. Εδώ συμπεριλαμβάνονται τα αλιευτικά πλοία εναποθέσεως καλωδίων, ναυαγοσωστικά παγισέρωστικά ρυμουλκά και άλλα.

δ. Πλοία μεταφοράς υγρών φορτίων. Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν κυρίως τα δεξημενόπλοια και τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων Liquified Natural Gases (LNG), σε πλοία μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου Liquified Petroleum Gas (LPG), πλοία μεταφοράς μεταλλεύματος/φορτίου χύδην/πετρελαίου (Ore/Oil Carriers) και τα πλοία μεταφοράς μεταλλεύματος/φορτίου χύδην/πετρελαίου (Ore/Bulk/Oil Carriers, OBO'S).

9.4.6 ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΟΥ

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός πλοίου είναι:

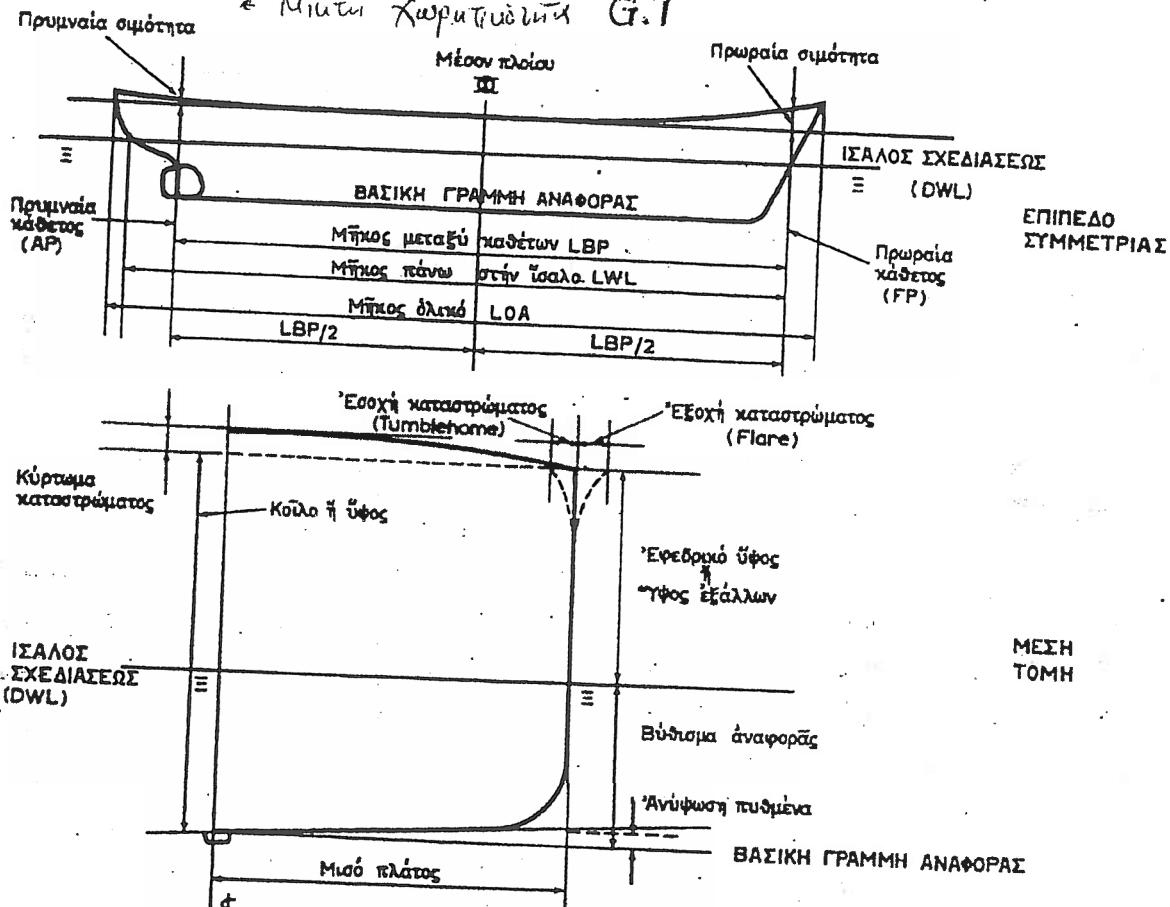
1. Ολοκό μήκος πλοίου (Length Over all, LOA)
2. Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars, LBP)
3. Μέγιστο πλάτος πλοίου (Breadth Extreme, B)
4. Ύψος κατασκευής ή κοιλού ύψος (Depth or Height)
5. Πρωφαίο βύθισμα (Forward draft) δ_f

Τετ Βούητα 27 > d

6. Πρυμναίο βύθισμα (After draft) d_A
7. Μέσο βύθισμα (Mean draft) d_M
8. Εκτόπισμα πλοίου (Displacement)
9. Άφορτο εκτόπισμα (Light Ship Displacement)
10. Νεκρό βάρος πλοίου (DWT)
11. Έξαλα (Free board)

- Αυτονομή πήση
- Ταχύτητα πλωτών
- Μικτή χωριτικότητα G.T

• Καλλιρροή χωρατικότητα N.T



Στατικές και δυναμικές δυνάμεις επί της γάστρας πλοίου

Οι επιδράσεις της θάλασσας πάνω στο πλοίο, είναι τόσο σύνθετες και τόσο δύσκολος ο προσδιορισμός τους, που ακόμα δεν είναι δυνατός ο συνολικός υπολογισμός όλων αυτών των καταπονήσεων. Επομένως θεωρητικά εκλέγουμε διαμήκεις επιδράσεις, τις εγκάρσιες και τις τοπικές, με υπολογισμούς συγκρινόμενους μεταξύ τους. Το σκάφος κάτω από αυτές τις καταπονήσεις εκλέγεται σαν μια σύνθετη δοκό με ένα φορτίο κατανεμημένο κατά το διαμήκες και σε κάθε σημείο ίσο με την διαφορά μεταξύ άντωσης και βάρους. Σαν αποτέλεσμα αυτού του φορτίου, έχουμε μια καμπτική ροπή σε κάθε διατομή και μια διατμητική τάση. Για να προσδιοριστεί η κατάσταση του φορτίου, κάνουμε ορισμένες υποθέσεις πάνω στην κατάσταση που βρίσκεται η ελεύθερη επιφάνεια του νερού, στην διανομή των διαφόρων βαρών καθώς και στην προέλευση των βαρών. Με βάση την στατιστική διανομή των κυμάτων της τρικυμιώδης θάλασσας, μπορούμε να προσδιορίσουμε μια μέγιστη καμπτική ροπή και μια μέγιστη διατμητική τάση για κάθε διατομή. Επειδή το πλοίο έχει μια αρκετά μεγάλη εγκάρσια διατομή όταν συναντάει κύματα των οποίων οι συνισταμένες δυνάμεις δεν είναι κάθετες πάνω στο διαμήκες συμμετρικό επίπεδο τότε έχουμε τις αντώσεις κάθε ζώνης, στις οποίες χωρίσαμε το πλοίο καθ' όλο το μήκος του, να μη είναι μεταξύ τους παράλληλες και έτσι δημιουργείται μια ροπή στρέψης που προσπαθεί να περιστρέψει την μια τομή πάνω στη άλλη προκαλώντας και διατμητικές τάσεις πάνω στο εξωτερικό περίβλημα του σκάφους.

Σε εγκάρσια κατεύθυνση μια οποιαδήποτε τομή δέχεται τα παρακάτω φορτία:

α. Τάσεις κυρίως σκάφους

β. Τοπικές τάσεις

Οι πρώτες οφείλονται στις δυνάμεις της άντωσης οι οποίες μεταβάλλονται κατά μήκος και χλότος του πλοίου και επίσης από το σύνολο των διάφορων βαρών του πλοίου στα οποία συμπεριλαμβάνονται εκτός από τα φορτία και το βάρος του σκάφους.

Οι δεύτερες οφείλονται σε υδροστατικές πλέσεις συγκεντρωμένα φορτία και δυναμικές φορτίσεις.

Για να αντισταθεί το πλοίο στα φορτία που αναφέραμε θα πρέπει το πλοίο να εξασφαλίζει:

1. Διαμήκη αντοχή αρκετή για να είναι σε θέση να αντισταθεί στις διατμητικές τάσεις και στις διαμήκεις καμπτικές ροπές.

2. Εγκάρσια αντοχή αρκετή για την απορρόφηση των καταπονήσεων που ενεργούν πάνω στις εγκάρσιες τομές και αυτές που οφείλονται στις στρεπτικές ροπές.

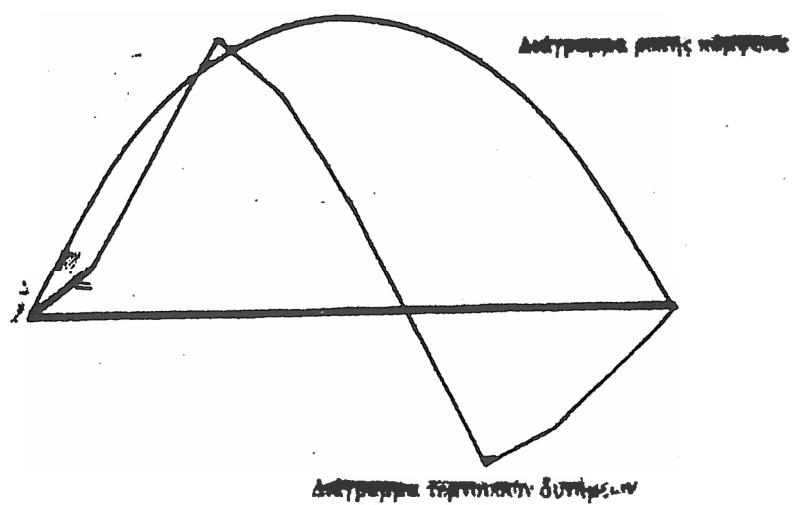
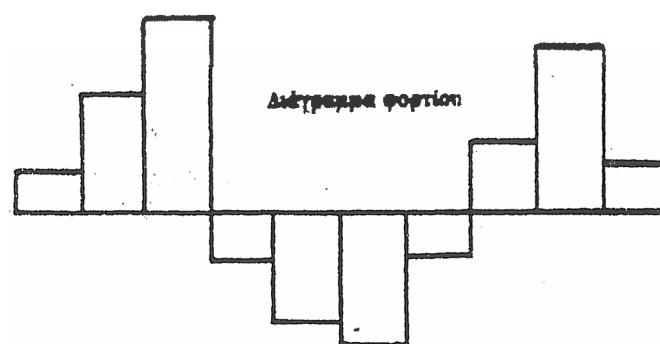
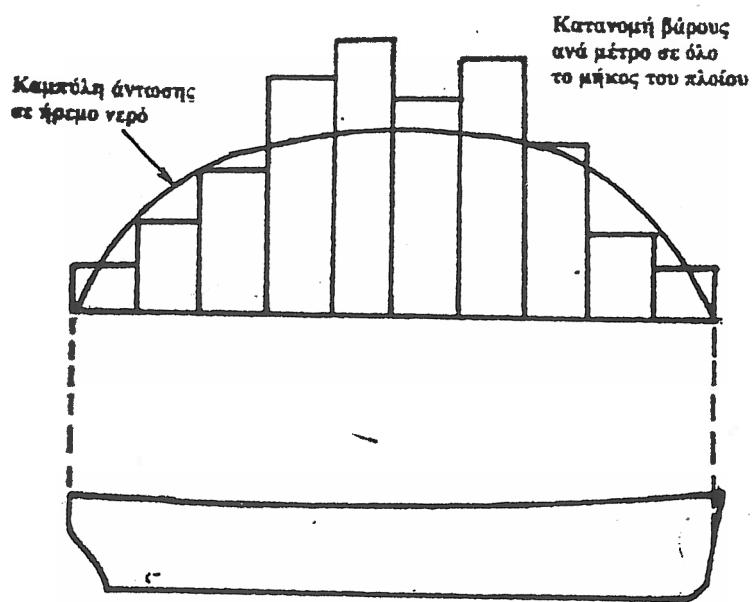
3. Τοπική αντοχή για να αντέχει σε συγκεντρωμένα φορτία.

Τελικά μπορούμε να πούμε ότι:

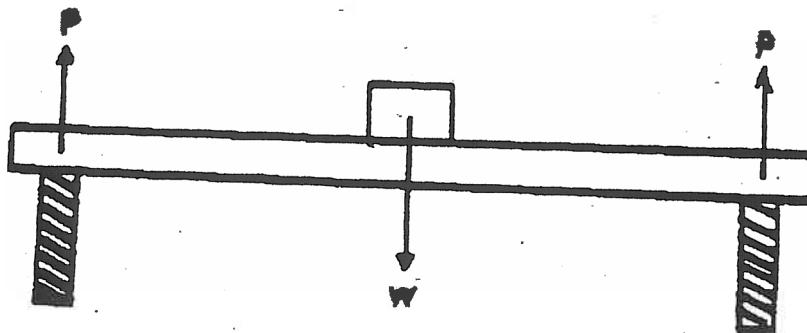
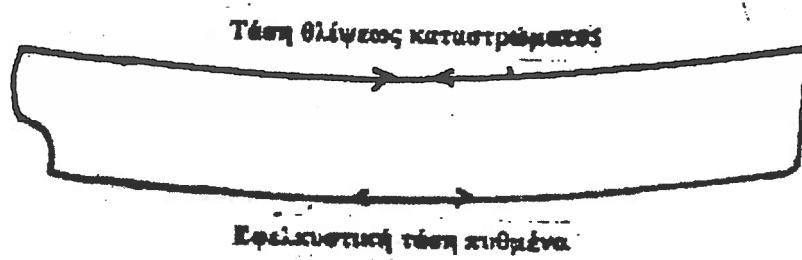
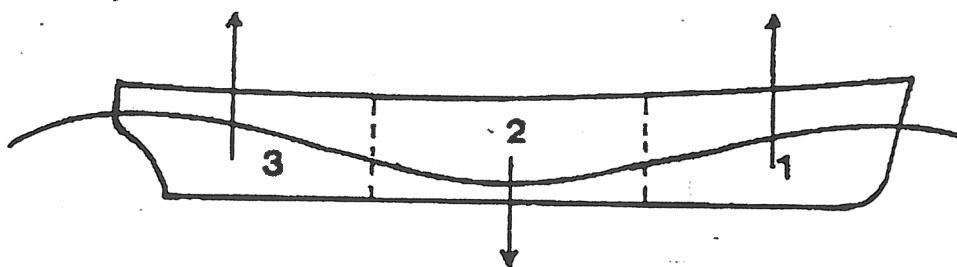
Οι διαμήκεις καταπονήσεις οφείλονται στις διαφορετικές διανομές των φορτίων και των αντώσεων κατά το διαμήκες σε θάλασσα ήρεμη και τρικυμιώδη με το πλοίο σταθμένο ή για ταξιδεύει, επίσης οφείλονται σε αβαρίες που μπορεί να υποστεί το πλοίο, στο δεξαμενισμό, στις διάφορες κινήσεις που κάνει το πλοίο, στην ώση της έλικας κ.λ.π.

Οι εγκάρσιες καταπονήσεις οφείλονται στην ανομοιόμορφη εγκάρσια διανομή των βαρών και των αντώσεων, στις ταλαντεύσεις κατά την περιστροφή του πλοίου κ.λ.π.

Διάγραμμα βάρους και άντωσης



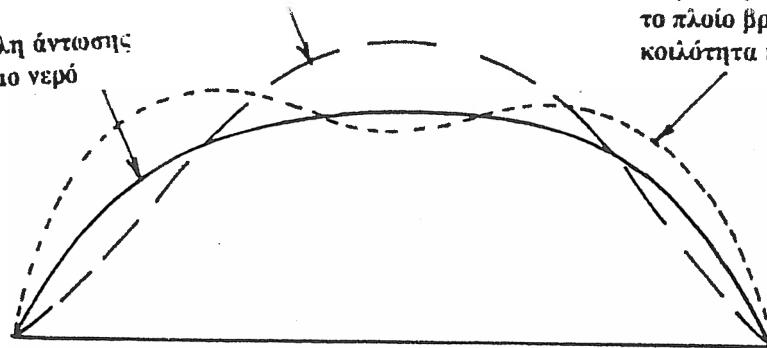
Κατάσταση Sagging



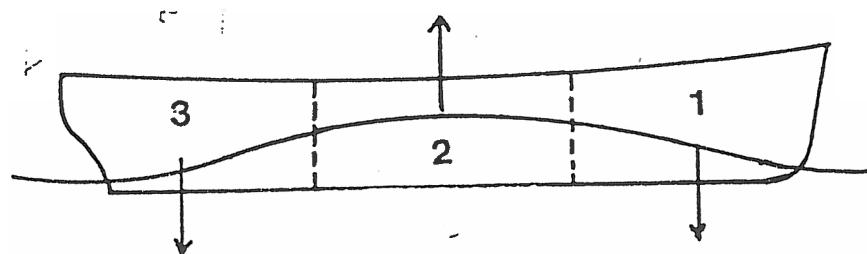
Καμπύλη άντωσης όταν
το πλοίο βρίσκεται στην
κορυφή κύματος

Καμπύλη άντωσης
σε ήρεμο νερό

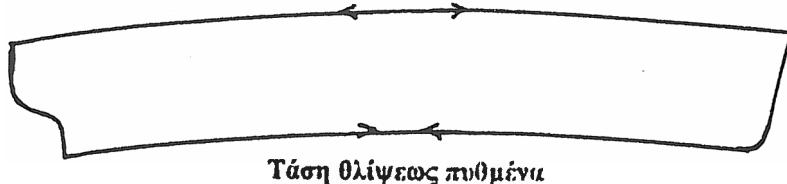
Καμπύλη άντωσης όταν
το πλοίο βρίσκεται στην
κοιλότητα κύματος



Κατάσταση Hogging



Εφελκιστική τάση καταστρώματος

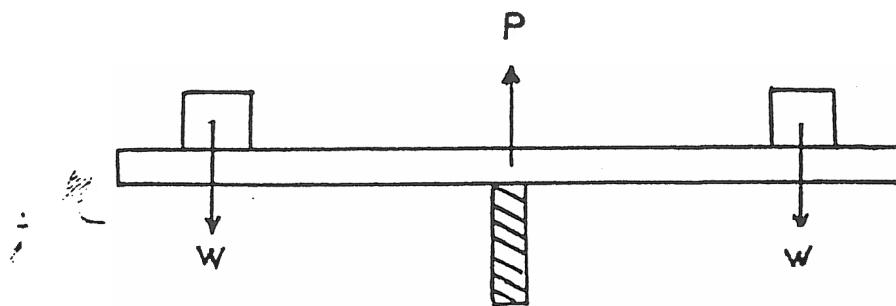


Τάση θλίψεως πιθμένα

P

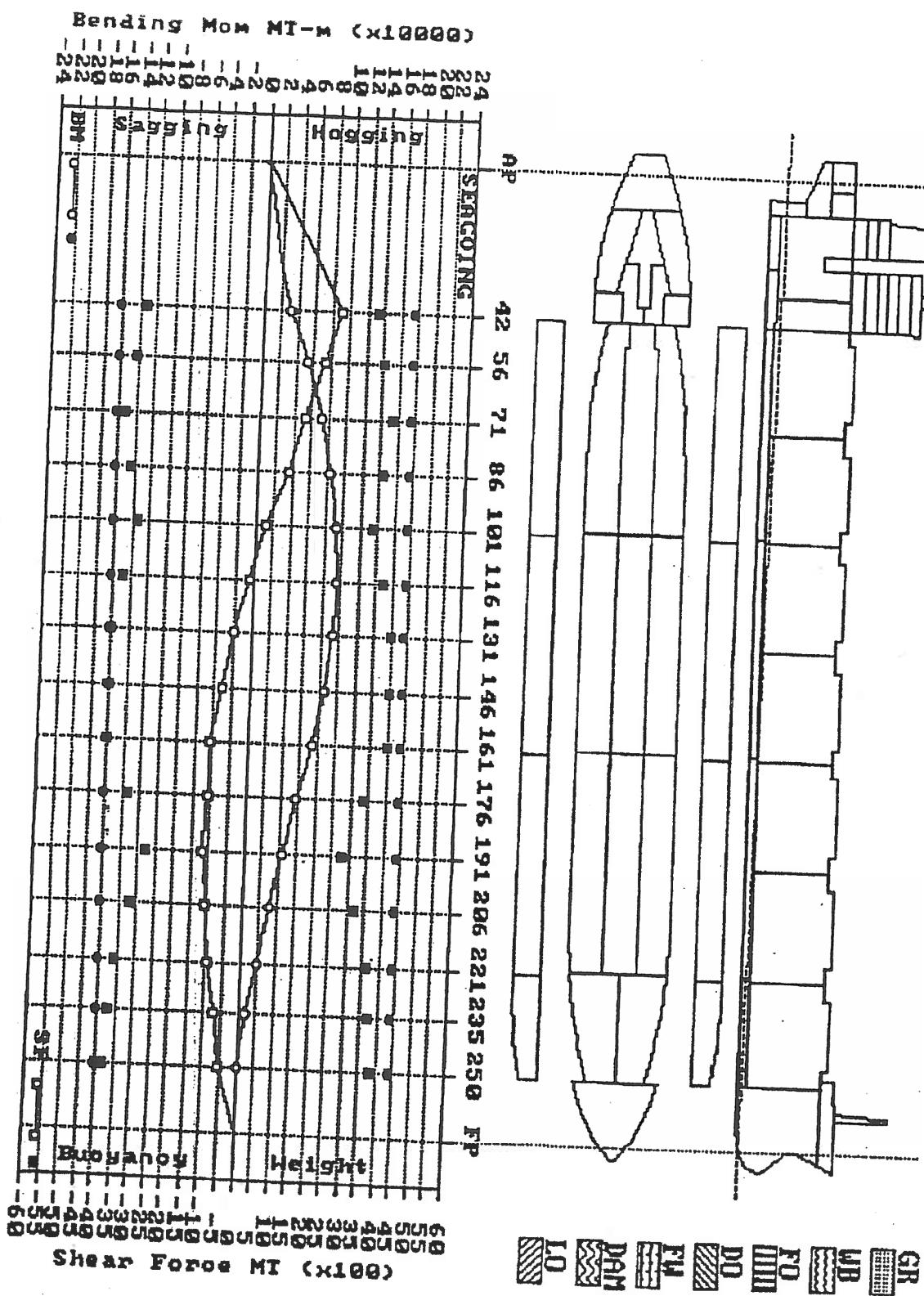
W

W



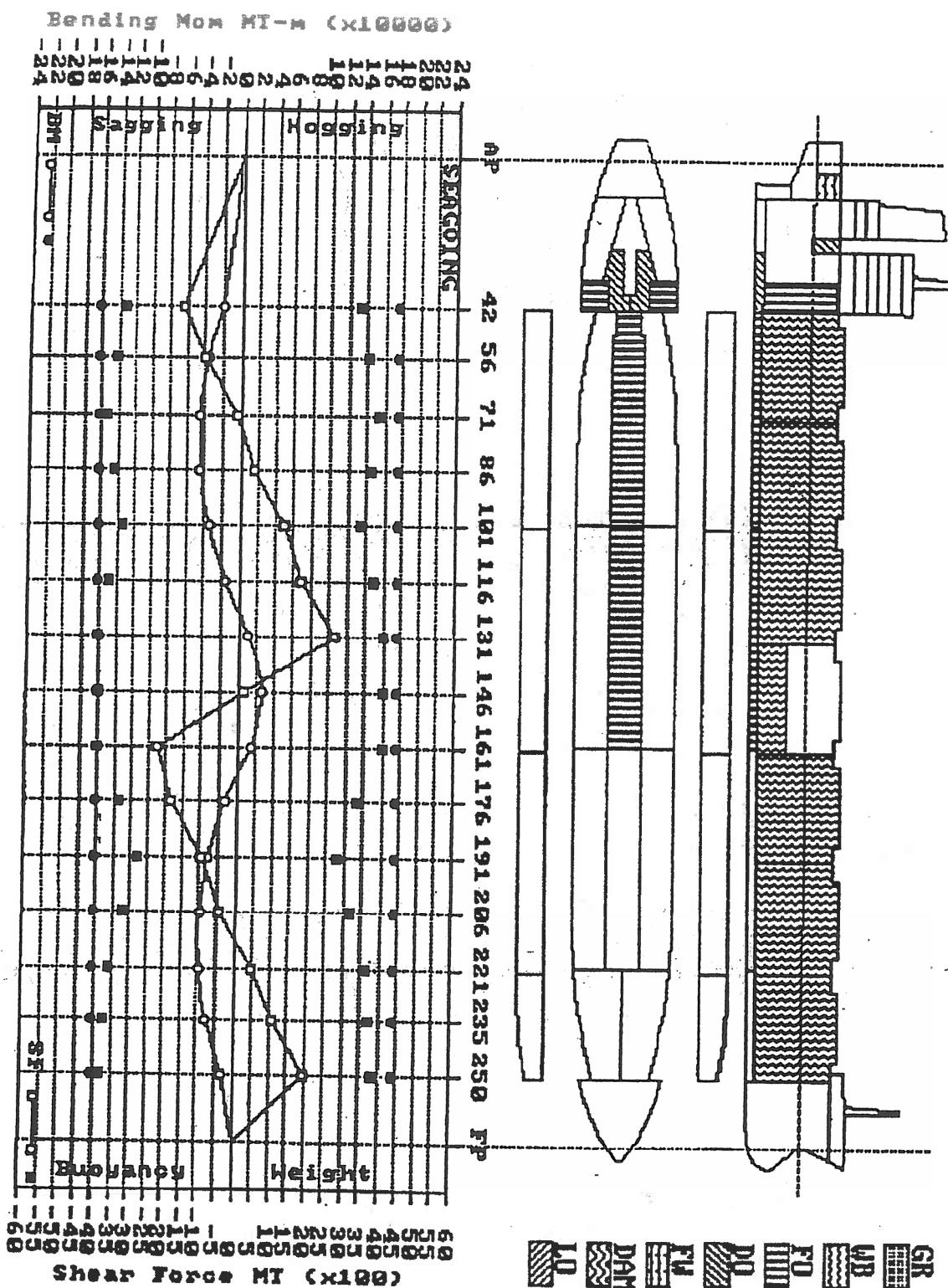
N/V ANGEL ARGONAUT LIGHTWEIGHT & CONSTANTS E: ST

31

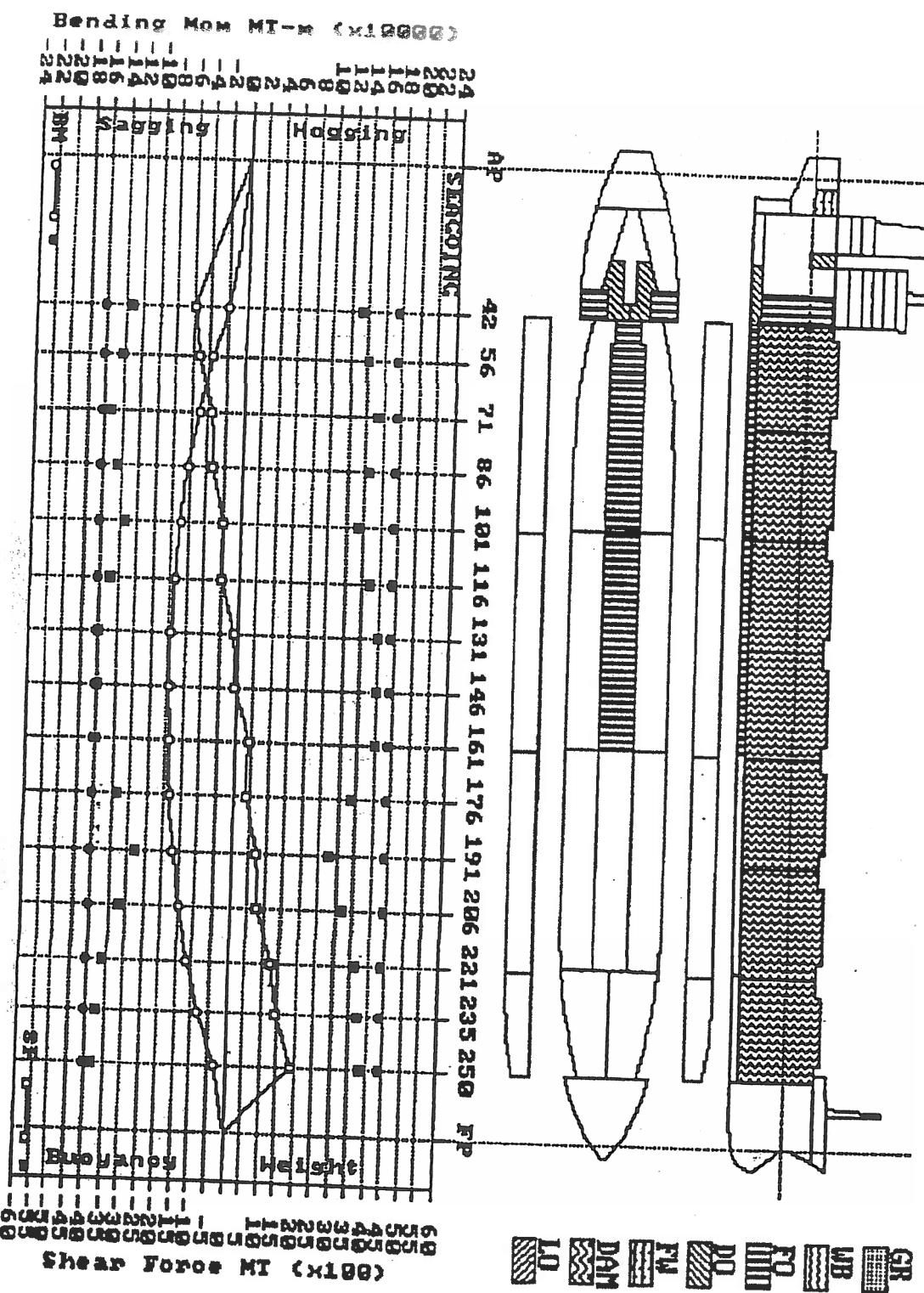


MU ANGEL ARGONAUT GRAIN LOAD: TRIM:

11-02-1995

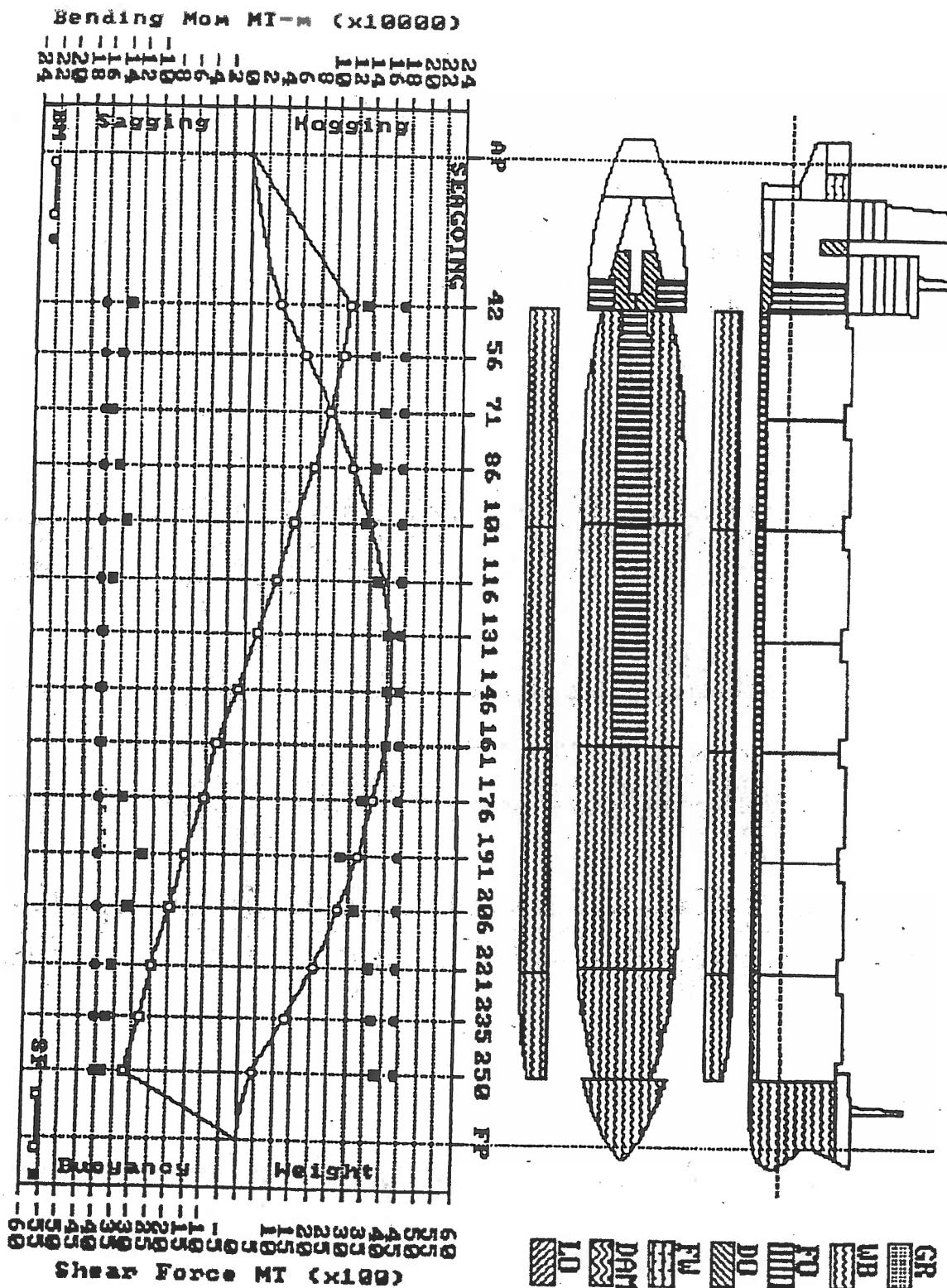


M/V ANGEL ARGONAUT GRAIN LOAD. UNTRIM. 11-02-1995

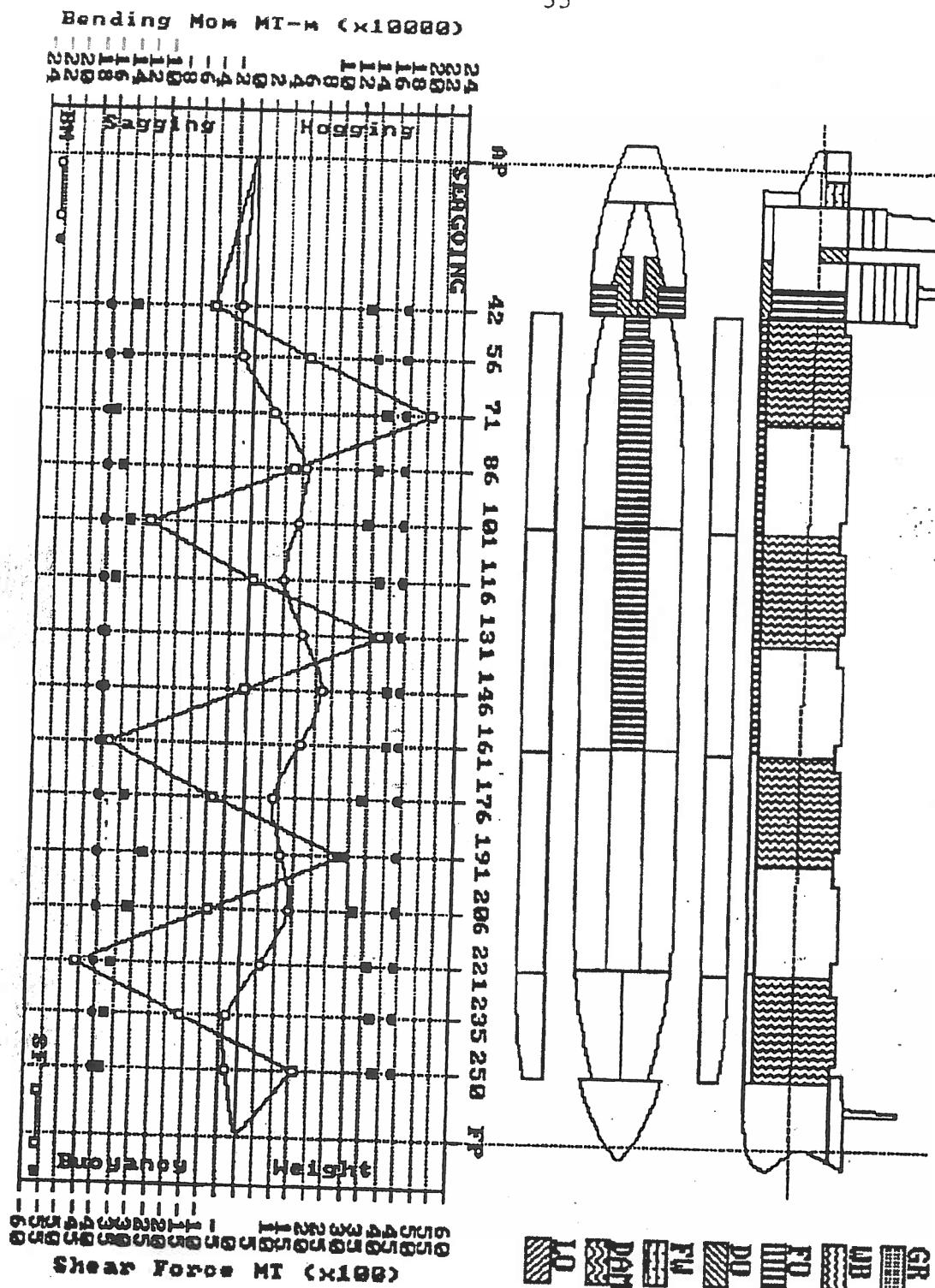


H/V ANGEL ARGONAUT NORMAL BALLAST

11-02-1995

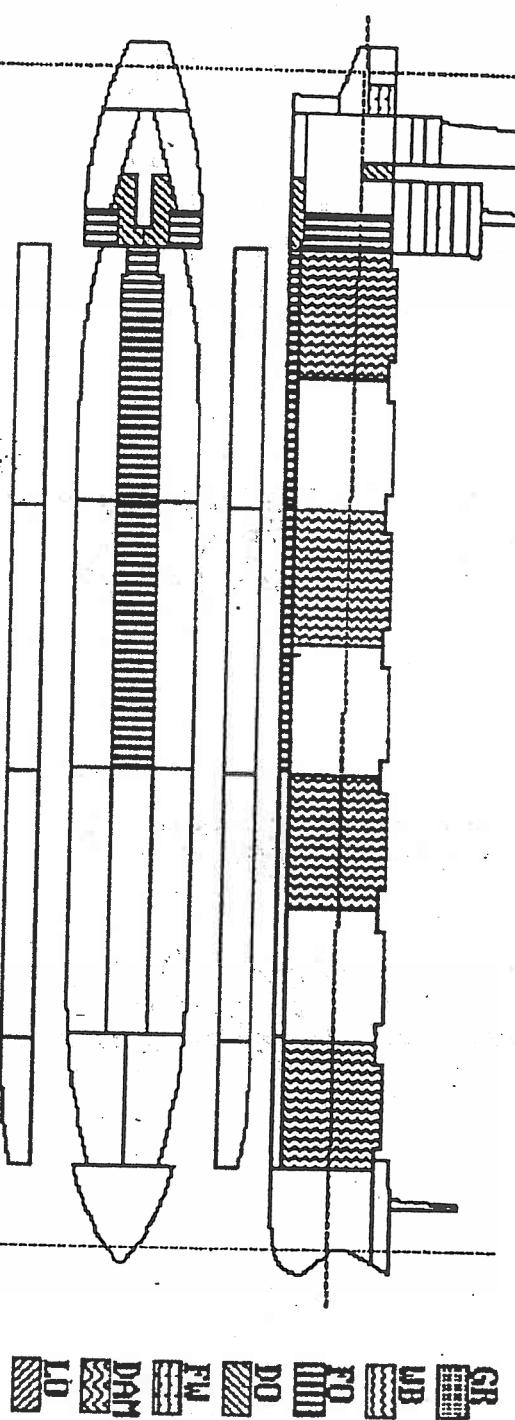


MU ANGEL ARGONAUT ORE ALT. FULL LOAD E: SF



M/V ANGEL ARGONAUT ORE ALT. FULL LOAD

11-02-1995



GR
WB
FO
DO
TO
LO
DA
FW
DAI

LO

DAI

FW

DAI

DO

TO

WB

GR

DAI

FW

DAI

DO

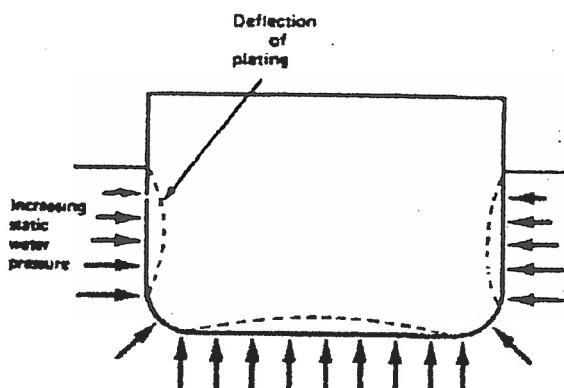
TO

WB

Κατασκευαστικές παραμορφώσεις γάστρας

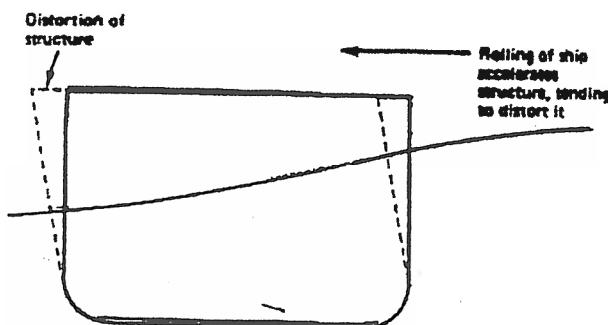
1. Από πίεση νερού.
2. Από διατοιχισμό.
3. Από μετωπική κόπωση (Panting)
4. Από γδούπο (Panting - Slamming)

Στο Σχ. 1 βλέπουμε τις πίεσεις που δέχεται το περίβλημα του σκάφους από το νερό. Τα πλευρικά τοιχώματα συμπιέζονται γι' αυτό το περίβλημά του αλλά και οι νομείς θα πρέπει να έχουν το κατάλληλο πάχος. Ο πυθμένας όμως λόγω του ότι βρίσκεται σε μεγαλύτερο βάθος δέχεται μεγαλύτερες πίεσεις γι' αυτό το πάχος του είναι και μεγαλύτερο από αυτό των πλευρικών τοιχωμάτων.



Όταν το πλοίο διέρχεται μέσα από τα κύματα, οι δυνάμεις της πίεσης είναι παλμικής φύσεως και δυνατόν να μεταβάλλονται σημαντικά, ενώ υπό κακές καιρικές συνθήκες τα ελάσματα του περιβλήματος πάνω από την ίσαλο γραμμή θα δέχονται σοβαρό σφυροκόπημα.

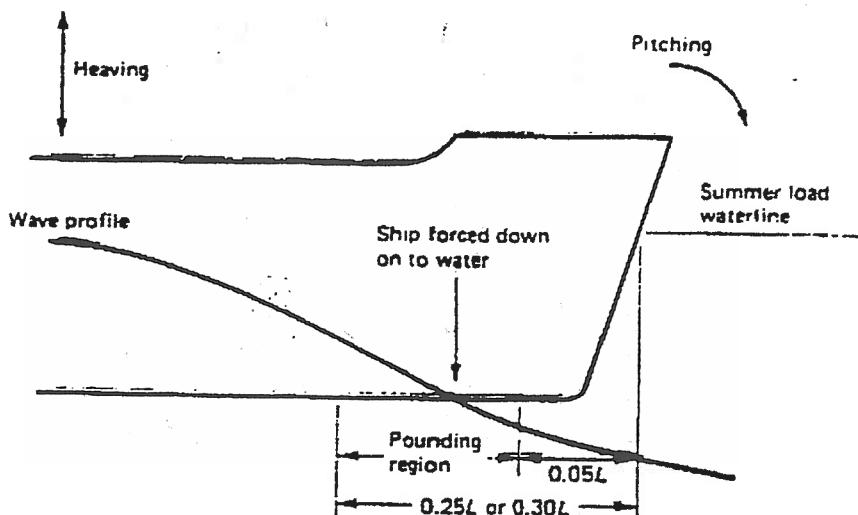
Όταν το πλοίο διατοιχίζεται και μάλιστα όταν είναι άδειο ή ερματισμένο, δέχεται μια τάση εγκάρσιας στρέβλωσης, όπως βλέπουμε στο Σχ. 2. Αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί με την τοποθέτηση αγκώνων στις συνδέσεις των εγκάρσιων ενισχύσεων του καταστρώματος (ζυγών) με τους νομείς και με την τοποθέτηση εγκάρσιων ενισχύσεων στις δεξαμενές, έτσι που μαζί με τις εγκάρσιες φρακτές να προσδίδουν την πρέπουσα αντοχή στην κατασκευή.



Όταν το πλοίο βρίσκεται στα κύματα, με τα σκαμπανεβάσματα της πλώρης μέσα σ' αυτά προκαλείται μεταβολή της πίεσης η οποία τείνει να δημιουργήσει μια παλινδρομική κίνηση του ελάσματος των πλευρικών τοιχωμάτων της πλώρης (μάσκας). Οι επιδράσεις αυτές είναι μέγιστες στα άκρα του πλοίου ειδικότερα στο πρωράριο άκρο, όπου το περίβλημα είναι σχετικά επίπεδο. Αυτή είναι μια κόπωση των ελασμάτων η οποία ονομάζεται Panting και αντιμε-

τωπίζεται με την τοποθέτηση ελασμάτων επαρκούς πάχους καθώς και με την τοποθέτηση επαρκούς αριθμού εσωτερικών ενισχύσεων.

Όταν το πλοίο έχει σκαμπανεβάσματα πάνω στα κύματα το περίβλημα του πυθμένα της πλώρης δέχεται μια κόπωση η οποία ονομάζεται Slamping ή Pounding, η οποία αποφεύγεται με την τοποθέτηση ελάσματος επαρκούς πάχους και με την τοποθέτηση επαρκούς αριθμού εσωτερικών ενισχύσεων.



Και για την περύπτωση του Panting αλλά και του Slamping οι κανονισμοί των νηογνωμόνων προβλέπουν ώστε το πλοίο τόσο στην έμφορτη αλλά πολύ περισσότερο στην άφορτη κατάσταση το πρωραίο βύθισμα του πλοίου να μην είναι μικρότερο από $0,04L$ διαφορετικά αν είναι μικρότερο θα πρέπει το πλοίο ειδικά για την κατάσταση του Slamping μέσα στη ζώνη του $0,25L$ και του $0,05L$ να ενισχύεται ειδικά. Για την αποφυγή της μεγαλύτερης οικονομικής επιβάρυνσης της κατασκευής το πλοίο, όταν συμβεί να έχει βύθισμα μικρότερο από το προβλεπόμενο δημιουργούν μια δεξαμενή έρματος μέσα στο πρώτο αμπάρι (deep tank) το μέγεθος του οποίου επιτρέπει τόσο όγκο έρματος ώστε το πλοίο να αποκτάει το πρέπον βύθισμα.

Διαχωριστικά φρεάτια (Cofferdams)

Το μήκος των δεξαμενών, η θέση των στομίων διαστολής και η θέση των διαμήκων φρακτών θα πρέπει να είναι τέτοια που να μην επιτρέπει υπερβολικές δυναμικές τάσεις στην κατασκευή του σκάφους.

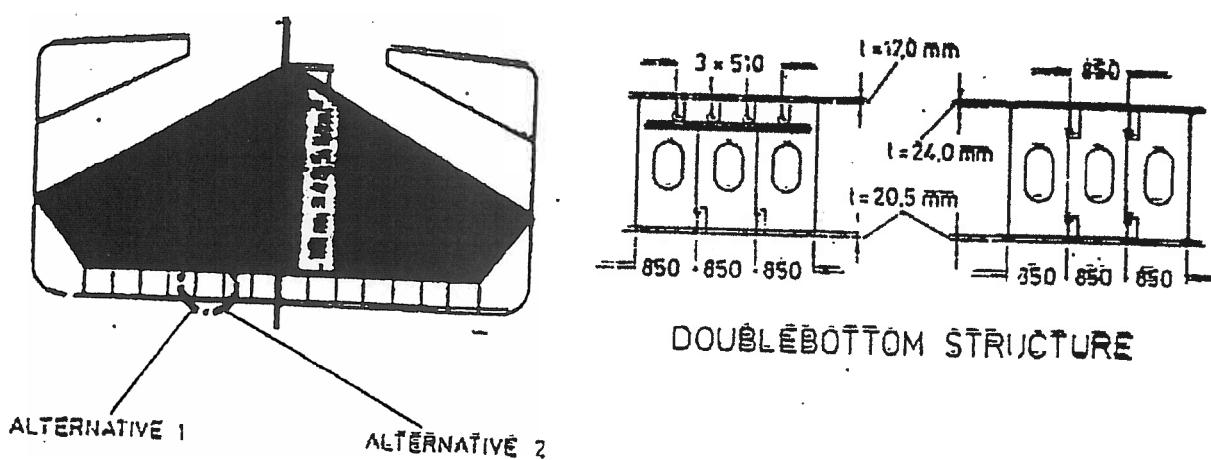
Τα διαχωριστικά φρεάτια τα οποία είναι εξ'ολοκλήρου ελαιοστεγή και εξαεριζόμενα, θα πρέπει να έχουν και το ανάλογο πλάτος για την εύκολη πρόσβαση σε αυτά. Τα φρεάτια αυτά τοποθετούνται για τον διαχωρισμό όλων των χώρων φορτίων από τα μαγειρεία, από τους χώρους ενδιαιτημάτων, χώρων που περιέχουν μηχανήματα πρόσθισης ή άλλα μηχανήματα, χώρους γενικού φορτίου κάτω από το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα λεβητοστασίων, όπου είναι παρόντα αίτια ανάφλεξης. Αντλιοστάσια, διαμερίσματα διατεταγμένα αποκλειστικά για έρμα, και δεξαμενές καυσίμων δυνατών να θεωρηθούν ως διαχωριστικά φρεάτια που να ανταποκρίνονται στον παρόντα κανόνα.

Τοπική αντοχή

Βασικά υπάρχουν δύο τύποι προβλημάτων τοπικής αντοχής: τοπική στρέβλωση ελάσματος και προβλήματα συγκέντρωσης τάσης.

Η ανάλυση των προβλημάτων τοπικής στρέβλωσης ελάσματος μπορεί να εκτελεστεί όπου είναι αναγκαίο με μεγάλη ακρίβεια ή κατά προσέγγιση στη βάση των καμπυλών μελέτης ή πινάκων μελέτης. Πολλοί από τους σχετικούς τύπους των κανόνων του νηοτυπώμανα βασίζονται στη θεωρία του ελάσματος με την κατάλληλη οριακή συνθήκη. Θα υπάρξουν πολύ λίγες περιπτώσεις στην ανάλυση των πλοίων όπου απαιτείται ένα λεπτομερέστερο έλασμα ή ανάλυση στρέβλωσης κελύφους. Ένα παράδειγμα όπου έχουν αξία οι λεπτομερέστεροι υπολογισμοί σχετικά με την συμπεριφορά κάμψης ελασμάτων, είναι μια έρευνα στις διαστάσεις των εσωτερικών ελασμάτων του πυθμένα των Bulk carriers που ξεφορτώνονται από εκφορτώσεις τύπου Grabs. Οι κανόνες απαιτούν ότι τα εσωτερικά ελάσματα του πυθμένα των αμπαριών των Bulk carriers πρέπει να χροστατεύονται από βλάβη εξ' αιτίας κτυπήματος των εργαλείων εκφόρτωσης που χρησιμοποιούνται. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με κάλυψη σανίδων ή με αύξηση του πάχους των εσωτερικών ελασμάτων του πυθμένα. Αγνοώντας για λόγο της απατήσεις μεταφορών μεταλλεύματος ας συσφορτούμε γρήγορα ποιος κατασκευαστικός μηχανισμός ταυτίζει καλύτερα, ώστε να αντέξει στο κτύπημα βαρέων εκφορτωτήρων όταν το αμπάρι είναι σχεδόν άδειο.

Αυτό το πρόβλημα είναι ιδιαίτερο ενδιαφέροντος, αφού οι λιμενικές αρχές γενικά ενθαρρύνται για τον απεδοπτικό τρόπο φόρτωσης και ξεφόρτωσης του χώρην φορτίου το βάρος των σώματος των πιο βαρέων εκφορτωτήρων που χρησιμοποιούνται στημέρα, πλησιάζει των 135 τόνους. Είναι εύκολο να δούμε ότι μετρούν να προκαλέσουν πολύ βαριές τοπικές δυνάμεις, ακόμα και αν πέσουν ελεύθερα από σχετικά μακρά ύψη πάνω στον πυθμένα του αμπαριού. Ο κατασκευαστικός μηχανισμός που συνιστά ο Γερμανικός Νηοτυπώμανας, σ' αυτό το κείμενο είναι μια κατασκευή μέγιστης τακταιότητας, δηλαδή είναι μεγαλύτερο διάστημα από τις διακρίτικες σταθμίσεις και μια αύξηση στο πάχος του εσωτερικού πυθμένα. Δύο διαφορετικές εναλλαγές δείχνονται στο Σχ. Στην περίπτωση 2 με τις σταθμίδες τοποθετημένες μεταξύτερα μετρεί να είναι ελαφρά βαρύτερες εξ' αιτίας του αυξανόμενου πάχους ελάσματος. Θα αντέξει εντούτοις σε σύγκρουση βάρους με πάρα πολύ λιγότερες παραμορφώσεις από αυτή που εκσκιάζεται στην περίπτωση 1.



ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΛΟΙΩΝ

Οι χάλυβες οι οποίοι χρησιμοποιούνται σήμερα για την κατασκευή πλοίων είναι ειδικοί και ελέχονται από τους Νηογνώμονες.

Έχουμε τους κανονικούς χάλυβες και τους ειδικούς χάλυβες.

Στους ειδικούς χάλυβες ανήκουν οι:

- Χάλυβες υψηλής αντιχήσης
- οι χάλυβες για εφαρμογές σε χαμηλές θερμοκρασίες
- οι ανοξείδωτοι χάλυβες
- οι χάλυβες για ψυχρή έλαση.

Οι χάλυβες υψηλής αντοχής χρησιμοποιούνται σε κατασκευές που οι κατακονήσεις είναι τέτοιες που θα έβαζαν μεγάλα πάχη σε χρησιμοποιούνταν κοινοί χάλυβες. Δεν μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν εκεί όπου μας ενδιαφέρει να έχουμε ελαστικότητα στην κατασκευή, π.χ. στις κολόνες ή σε πλού που ο πυθμένας των απαριών απαιτεί ελαστικότητα όπως είναι ο πυθμένας των αμπαριών των πλοίων που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια. Γενικά όμως σήμερα μια κατασκευή με χάλυβα υψηλής αντοχής απόσκοπεί στο μικρό βάρος της κατασκευής και επομένως στο μικρό βάρος, άρα θα έχουμε και μικρή ισχύ πρόσωσης.

Για τη μεταφορά υγροποιημένων αερίων σε δεξαμενές πλοίων είναι αναγκαία η χρήση χαλύβων για χαμηλές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα το προπάνιο υγροκοιτάται στους -50°C , ενώ το υδρογόνο μπορεί να υπάρξει σε υγρή μορφή σε θερμοκρασίες κάτω των -423°F .

Οι ανοξείδωτοι χάλυβες χρησιμοποιούνται για επένδυση δεξαμενών μεταφοράς χημικών προϊόντων καθώς και για ειδικές περιπτώσεις.

Οι κανονικοί χάλυβες έχουν όρια διαρροής 24.27 και 29 κε/πμ². Οι χάλυβες υψηλής αντοχής έχουν όρια διαρροής πάνω από 30 και 55 κε/πμ².

Επειδή οι χάλυβες για τις θαλάσσιες κατασκευές έχουν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της οξειδωσης, από πλευράς χαλυβουργικής λαμβάνονται μέτρα ασφάλειας για την παραγωγή καλύτερης ποιότητας χάλυβα. Το οξειδίο του σιδήρου που έχουν οι χάλυβες, αν δεν αφαιρεθεί ή αν δεν μειωθεί κατά την χύτευση, θα έχει αρνητικές επιπλέοντες στην ποιότητα των χαλύβων, διότι δημιουργεί πολύ γρήγορα στην επιφάνεια του υλικού μια κρούστα σκληρή και αδιατέραστη με αποτέλεσμα να μην έχουν οι διάφορες βρομιές και σκουριές την ευκαιρία να βγαίνουν στην επιφάνεια και να καθαριστούν, αλλά εσωκλείονται στο υλικό με αποτέλεσμα να έχουμε κακής ποιότητας χάλυβα.

Έτσι λοιπόν από πλευράς χαλυβουργικής προστίθενται ορισμένα χημικά πρόσθετα όπως πυρίτιο (Si), αλουμινίο (Al), μαγγάνιο (Mn) κ.λ.π. τα οποία δημιουργούν τα αντίστοιχα οξειδιά τους εις βάρος του οξειδίου του σιδήρου με αποτέλεσμα το οξειδίο του σιδήρου να μη μπορεί να δημιουργήσει εύκολα στην επιφάνεια του υλικού αυτή την σκληρή και αδιατέραστη μεμβράνη και έτσι όλες οι σκουριές έχουνται εύκολα στην επιφάνεια και καθαρίζονται, παίρνοντας με αυτό τον τρόπο υλικά καλής ποιότητας που να αντιτάκονται στην οξειδωση.

Κράματα αλουμινίου.

Σε μικρά σκάφη και σε ορισμένα σημεία των μεγάλων σκαφών, όπου παίζει ρόλο το βάρος αλλά και η αποφυγή διαβρώσεων έχει ιδιαίτερη σημασία η χρήση του αλουμινίου.

Τα σημαντικότερα προβλήματα που έχουμε να αντιμετωπίσουμε χρησιμοποιώντας αλουμινίο είναι:

α. Οι συγκολλήσεις θα πρέπει να γίνονται σε ειδικό περιβάλλον (αδρανούς αερίου) για αποφυγή δημιουργίας διαβρώσεων μετά τη συγκόλληση.

β. Η ακώλεια της αντοχής του αλουμινίου μετά από σημαντική θέρμανση.

γ. Η ανάγκη παρεμβολής μεταξύ αλουμινίου και χάλυβα ισχυρής μόνωσης για να αποφύγουμε τη γαλβανική διάβρωση.

ΧΡΩΜΑΤΑ ΒΑΦΗΣ

Τα χρώματα είναι το συνηθέστερο μέσο προστασίας της μεταλλικής κατεσκευής του πλοίου από τη διάβρωση και την οξειδώση. Ορισμένα από τα χρωματά που χρησιμοποιούνται στα άφαλα του πλοίου χρησιμεύουν για την αποφυγή της ρύπανσης.

Κάθε χρώμα αποτελείται από τέσσερα συστατικά:

- Τη χρωστική ύλη
- Το συνδετικό μέσο
- Το διαλυτικό
- Τον επιταχυντή ξηράνσεως

Η χρωστική ύλη προσέρχεται στο χρώμα τη μηχανική αυτοχή και την προστατική ικανότητα.

Το συνδετικό μέσο χρησιμοποιείται για το σχηματισμό της συνεκτικής μεμβράνης που καλύπτει την επιφάνεια του μετάλλου.

Το διαλυτικό είναι συνήθως πτητική ένωση με χαμηλό ιξώδες και χρωτηρό ποιείται για να κάνει εύκολη την εφαρμογή του χρωματος.

Ο επιταχυντής ξηράνσεως είναι συνήθως οργανικές ενώσεις του μεταλλίου και χρησιμοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις για να επιτελεί νεται η ξήρανση.

Τα χρώματα που χρησιμοποιούνται στα πλοία ανάλογα με το **εκατό που βρίσκονται**:

- Προστατευτικά (Wash primers)
- Κύρια αντιδιαβρωτικά (Anti corrosive)
- Χρώματα υποστρώσεως (Under coatings)
- Τελικά (Finish coats)

Τα κύρια αντιδιαβρωτικά χρώματα τοποθετούνται πάνω στα προστατευτικά και εξασφαλίζουν την αντιδιαβρωτική προστασία.

Τα χρώματα υποστρώσεως χρησιμοποιούνται μεταξύ αντιδιαβρωτικών και τελικών χρωμάτων και δεν έχουν αντιδιαβρωτικές ικανότητες.

Από τα τελικά χρώματα ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν ας αντιφρυτικά που περιέχουν δηλητηριώδεις ουσίες, όπως χαλκό, αρσενικό, υδράργυρο που δηλητηριάζουν με αργό ρυθμό τους ζωικούς οργανισμούς που έρχονται σε επαφή με το περίβλημα του σκάφους.

Προστομασία και διαδικασία χρωματισμού.

Πρίν από την επίστρωση οποιουδήποτε χρώματος είναι αναγκαίος ο καθαρισμός της επιφάνειας. Αυτό μπορεί να γίνει με υδροβολή, με αιμοβολή, με διαλυτικά μέσα, με μηχανικά εργαλεία ή με κατάλληλες βούρτσες.

Μέτρα ασφάλειας κατά τη βαφή

α. Η λειτουργία του μηχανήματος το οποίο δίνει ή χρησιμοποιεί ρευστό φυλλό πίεσης πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή στη περιοχή και κατά τη διάρκεια της βαφής

β. Τοξικές ουσίες που εχουν σχέση με τη βαφή, πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή, για να αποφεύγονται δηλητηριάσεις.

γ. Εύφλεκτα ή εκρηκτικά υλικά Κατά την εφαρμογή των χρωμάτων εκλύονται εύφλεκτοι ατμοί. Για αυτό φλόγες και σπινθήρες στην περιοχή της βαφής ή μετά από βαφή ή σε χώρους αποθήκευσεως χρωμάτων απαγορεύονται αν ο χώρος είναι κλειστός.

Καθοδική προστασία πλοίων

Ηλεκτροχημική δράση

Η ηλεκτροχημική δράση μπορεί να περιγραφεί απλά ως εξής: Κατά την εμβάπτιση ενός μεταλλικού τεμαχίου μέσα στον ηλεκτρολύτη, θετικά φορτισμένα άτομα του μετάλλου από τημήματα αυτού, γνωστά σαν άνοδοι, εγκαταλείπουν το μέταλλο και εισέρχονται εντός του διαλύματος σαν ιόντα. Συνέπεια αυτού είναι η διάλυση του μετάλλου, δηλαδή η διάβρωσή του. Είσι στην περίπτωση του χάλυβα που εμβαπτίζεται στο θαλασσινό νερό, ιόντα σιδήρου εγκαταλείπουν αυτόν και εισέρχονται στο νερό καθένα εκ των οποίων έχει δύο θετικά φορτία.

Το ότι θετικά φορτισμένα ιόντα εγκαταλείπουν το μέταλλο, έχει σαν συνέπεια την απελευθέρωση ίσου αριθμού ηλεκτρονίων, τα οποία κινούνται προς την επιφάνεια του μετάλλου, δηλαδή προς τις καθόδους όπου υπεισέρχονται σε αντίστοιχες αντιδράσεις και αναλισκονται.

Αρχή της καθοδικής προστασίας

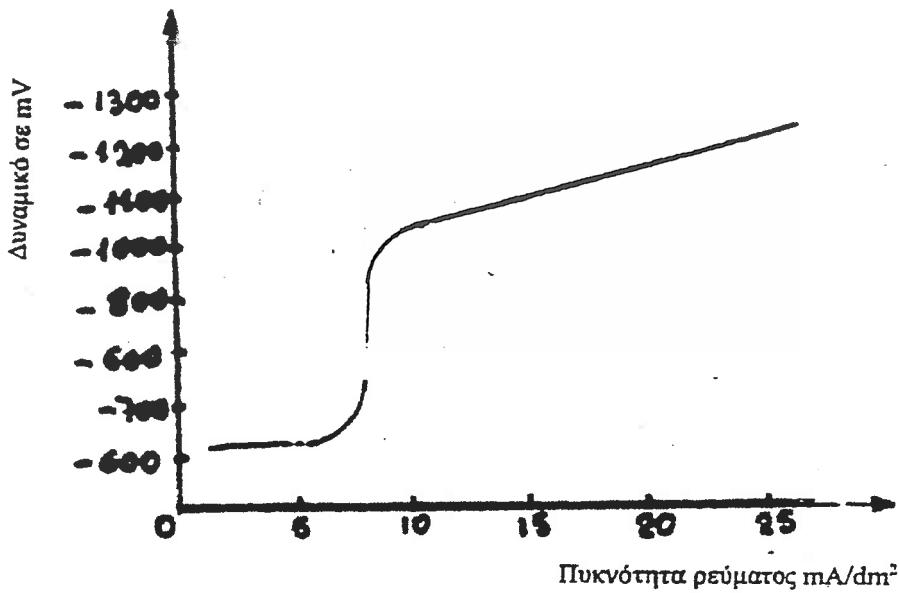
Η διάβρωση των πλοίων αντιμετωπίζεται με τον χρωματισμό και την καθοδική προστασία. Βασικά η δεύτερη συνίσταται στην προσαγωγή στο προς προστασία μέταλλο ηλεκτρικών ρευμάτων, προερχόμενων από κάποια εξωτερική πηγή και τα οποία εξουδετερώνουν την ηλεκτροχημική δράση, ήτοι τη διάβρωση. Συγκεκριμένα με τα ρεύματα αυτά επιδιώκεται η πόλωση της καθόδου στο δυναμικό της ανόδου, οπότε εξαλειφομένης της διαφοράς δυναμικού διακόπτεται η ροή ηλεκτρονίων. Εδώ πρέπει να διακρίνουμε δύο περιπτώσεις καθοδικής προστασίας.

Η πρώτη αφορά την προστασία στην περίπτωση γαλβανικής διμεταλλικής διάβρωσης, η οποία παρουσιάζεται όταν δύο διαφορετικά μέταλλα, ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους, εμβαπτίζονται μέσα σε ηλεκτρολύτη, οπότε δημιουργείται διμεταλλικό γαλβανικό στοιχείο.

Η δεύτερη περίπτωση αφορά την προστασία ενός μετάλλου ή κράματος. Όταν αυτό εμβαπτίζεται μέσα στον ηλεκτρολύτη τείνει να ανατίνξει τοπικές ανόδους και καθόδους, πράγμα είτε στις διαφορές του διαφραγματικού περιβάλλοντος γύρο από το μέταλλο.

Διαπιστώθηκε ότι πλήρη προστασία επιτυγχάνεται όταν το δυναμικό του μετάλλου που θέλουμε να προστατεύσουμε γίνει αρνητικότερο κατά 200 mV σε σχέση με το αρχικό του δυναμικό. Με βάση αυτό, στην πράξη χρησιμοποιούμε σαν κριτήριο του δυναμικού προστασίας του χάλυβα μέσα στο θαλασσινό νερό τα -850 mV.

Αν αναφερθούμε ειδικότερα στην καθοδική προστασία του χάλυβα μέσα στη θάλασσα, θα παραπηρήσουμε ότι με την επιβολή του καθοδικού ρεύματος για δυναμικό -610 mV λαμβάνει χώρα η καθοδική αντίδραση αναγωγής του οξυγόνου. Ακολούθως καθώς σημειώνεται αύξηση της επιβαλλόμενης πυκνότητας ρεύματος, διαπιστώνεται και μετακίνηση του δυναμικού του χάλυβα προς πλέον αρνητικές τιμές βλέπε Σχ. 1.



Σχ.1 Επίδραση της πυκνότητας του εφαρμοζόμενου καθοδικού ρεύματος στο δυναμικό του χάλυβα μέσα στη θάλασσα

Το απαιτούμενο προσαγόμενο ρεύμα για την επίτευξη καθοδικής προστασίας παρέχεται είτε από θυσιαζόμενες ανόδους, είτε από μια πηγή συνεχούς ρεύματος, ήτοι γεννήτρια ή ανορθωτή, δημιουργουμένων αντίστοιχα δύο τύπων καθοδικής προστασίας:

1. Διά θυσιαζομένων γαλβανικών ανόδων και
2. Διά επιβολής εξωτερικής τάσης.

Καθοδική προστασία διά θυσιαζομένων ανόδων και εφαρμογής της στα χαλύβδινα πλοία

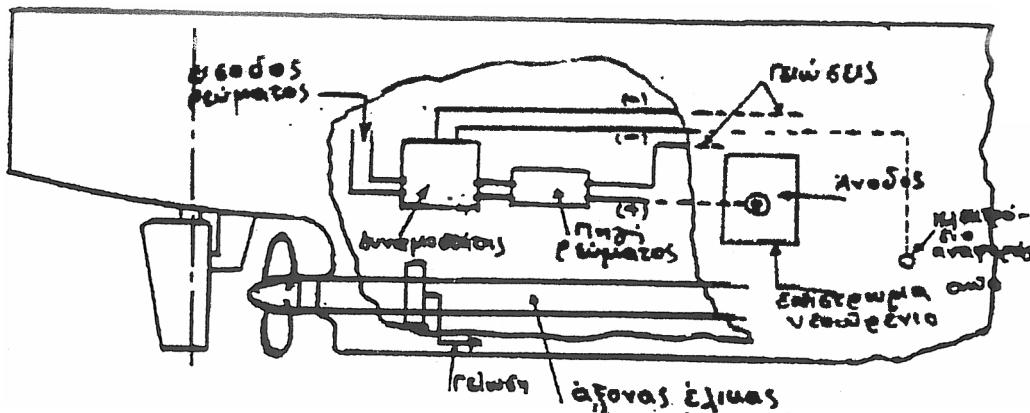
Αυτή συνίσταται στη τοποθέτηση πλακιδίων ανοδικότερου μετάλλου από το προστατευόμενο μετάλλο της κατασκευής π.χ. πάνω σε χάλυβα τοποθετούνται τεμάχια ψευδάργυρου και πάνω σε μπρούντζο τεμάχια χάλυβα. Έτσι δημιουργείται γαλβανικό στοιχείο, του οποίου η άνοδος είναι τα τοποθετημένα πλακίδια τα οποία θυσιάζονται και κάθοδος είναι η ίδια η κατασκευή η οποία προστατεύεται.

Ευνόητο είναι ότι η προστασία διαρκεί μέχρι της ανάλυσης των πλακιδίων, οπότε θα πρέπει να αντικατασταθούν. Η μέθοδος αυτή έχει μεγάλη εφαρμογή και χρησιμοποιείται για την προστασία από την διάρρωση της γάστρας των πλοίων, δεξαμενών ζυγοστάθμισης, ενσαλακτών θερμότητας λεβήτων, υφάλων κατασκευών κ.λ.π.

Για την προστασία της γάστρας των πλοίων σαν άνοδοι χρησιμοποιούνται ψευδάργυρος, μαγνήσιο και κράματα αλουμινίου. Η εκλογή μεταξύ αυτών βασίζεται αφ' ενός μεν σε οικονομικά δεδομένα, ήτοι κόστος αναλιστόμενου μετάλλου, αποδιδόμενο ρεύμα κ.λ.π. στην ειδική ηλεκτρική αντίσταση του νερού και στο απαιτούμενο δυναμικό, αφ' ετέρου δε στους κινδύνους καταστροφής των χρωμάτων από έντονα αλκαλικό περιβάλλον και των χαλύβων από εκλυόμενο υδρογόνο.

Καθοδική προστασία διά επιβολής εξωτερικής τάσης-Εφαρμογή της μεθόδου στα πλοία.

Εδώ τα απαιτούμενα ηλεκτρόνια παρέχονται από μια εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος, συσσωρευτή, γεννήτρια ή ανορθωτή βλέπε σχήμα.



Σύστημα καθοδικής προστασίας των πλοίων δι επιβολής εξωγεροικής τάσης

Η επιβαλλόμενη τάση, πρέπει να είναι κατά τα γνωστά μεγαλύτερη του δυναμικού διά-
βρωσης του προστατευόμενου υλικού, όχι όμως και πολύ μεγαλύτερη λόγω των ήδη ανα-
φερθέντων κινδύνων υπερπροστασίας. Η συνήθως επιβαλλόμενη υπέρταση είναι της τάξεως
του 10 μέχρι 50%.

Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται μόνωση των εξωτερικών αγωγών, ο αρνητικός πόλος με την προστατευόμενη κατασκευή, και ο αρνητικός με κατάλληλες ανόδους οι οποίες τοποθετούνται μέσα στο διαβρωτικό περιβάλλον, η υψηλή αγωγιμότητα του οποίου αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση της εφαρμογής της μεθόδου.

Δεδομένου ότι εξ' αιτίας της διακύμανσης των ιδιοτήτων του διαβρωτικού Περιβάλλοντος υπάρχει ανάγκη μεταβολής της παρεχόμενης από τις ανόδους ποσότητας ρεύματος για την διατήρηση του δυναμικού πόλωσης του προστατευόμενου μετάλλου, προβλέπεται η παρεμβολή στο σύστημα κατάλληλου δυναμοστάτου ο οποίος λειτουργεί σε συνδυασμό με το ηλεκτρόδιο αναφοράς.

Η μέθοδος της καθοδικής προστασίας δι’ επιβολής εξωτερικής τάσης χρησιμοποιείται για την προστασία των πλοίων από τη διάβρωση των υφάλων, των υπόγειων σωληνώσεων κ.λ.π. μαζί με τη μέθοδο των θυσιαζόμενων ανόδων βρίσκουν ευρύτατη εφαρμογή λόγω πολλών πλεονεκτημάτων.

Εξειδικεύοντας το θέμα στην εφαρμογή της μεθόδου για την προστασία της γάστρας των χαλύβδινων πλοίων, θα έπρεπε κανείς να αναφερθεί βασικά σε δύο σημεία, ήτοι στο χρησιμοποιούμενο σύστημα και την παρεχόμενη πυκνότητα ορεύματος.

Το χρησιμοκοιούμενό σύστημα αποτελείται από:

1. Την πηγή ρεύματος, η οποία παράγει τα απαιτούμενα ηλεκτρόνια και η οποία συνήθως είναι γεννήτρια ή ανορθωτής αποφεύγοντας τη χρήση συσσωρευτών λόγω της ανάγκης μεγάλων ποσοτήτων ρεύματος.
 2. Από τα ηλεκτρόδια αναφοράς. Πρέπει να τοποθετείται ικανός αριθμός τέτοιων ηλεκτροδίων και μάλιστα στις κατάλληλες θέσεις για ρύθμιση ή Παρακολούθηση της ειδικής προστασίας έτσι ώστε να επιτυγχάνεται προστασία όλου του πλοίου. Ο αριθμός των απαιτούμενων ηλεκτροδίων αναφοράς είναι συνάρτηση του μεγέθους της βρεχόμενης επιφάνειας της γάστρας. Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα ηλεκτρόδια αναφοράς είναι ημιστοιχεία αργύρου-χλωριούχου αργύρου και χαλκού.
 3. Από τις ανόδους. Το ρεύμα διέρχεται από αυτές μέσα από το θαλασσινό γερό προς τη γάστρα, δηλαδή τον αρνητικό πόλο της πηγής, ο οποίος είναι γειωμένος πάνω στο σκάφος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σύνδεση άνοδο-θετικός πόλος, σκάφος-αρνητικός πόλος.

Δεδομένου ότι αφ' ενός μεν η ποσότητα ρεύματος η οποία μπορεί να διατεθεί από κάθε άνοδο είναι ορισμένη και αφ' ετέρου ότι επιδιώκεται ομοιόμορφη κατανομή του ρεύματος

πάνω στη γάστρα του πλοίου, απαιτείται η χρήση Περισσότερων της μιας ανόδων. Ο απαιτούμενος αφιθμός ανόδων είναι συνάρτηση του μεγέθους της βρεχόμενης επιφάνειας, του υλικού κατασκευής των ανόδων και του μεγέθους των και τέλος της αγωγιμότητας του νερού μέσα στο οποίο πλέει το σκάφος.

Οι άνοδοι αυτοί συγκρατούνται στη γάστρα με την βοήθεια κατάλληλων μονωτικών συνδέσμων και δακτυλίων. Για να αποφευχθεί η μεγάλη πυκνότητα ρεύματος στις περιοχές της γάστρας, απέναντι από τις ανόδους, πράγμα που θα είχε σαν αποτέλεσμα την καταστροφή των χρωματικών επιστρωμάτων, οι περιοχές αυτές καλύπτονται με φύλλα από μονωτικά υλικά, όπως π.χ. φύλλα νεοπρένιου. Η επικάλυψη αυτή πρέπει να εκτείνεται $3\text{Ft}=0,914\text{m}$ πέρα από την άνοδο, στην περίπτωση όμως πολύ μεγάλων πυκνοτήτων ρεύματος, ακόμα περισσότερο.

Η απαιτούμενη πυκνότητα ρεύματος εξαρτάται από την κατάσταση των χρωμάτων αφ' ενός και αφ' ετέρου από το είδος και την ποιότητα αυτών. Ειδικότερα όταν ο χρωματισμός είναι πρόσφατος η απαιτούμενη πυκνότητα ρεύματος είναι πάρα πού μειωμένη ίσως και μηδενική, ενώ αυτή αυξάνεται σημαντικά στην Περίπτωση μη καλής κατάστασης των χρωμάτων.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της καθοδικής προστασίας

1. Μέθοδος θυσιαζόμενων ανόδων

Πλεονεκτήματα

- α. Η παρεχόμενη προστασία είναι ικανοποιητική.
- β. Η απαίτηση επίβλεψης είναι περιορισμένη.
- γ. Δεν απαιτείται η διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας.
- δ. Η εγκατάσταση είναι απλή.

Μειονεκτήματα

- α. Το κόστος λειτουργίας είναι μεγαλύτερο, σε σύγκριση με την καθοδική προστασία με επιβολή εξωτερικής τάσης.
- β. Επειδή το διατιθέμενο ρεύμα είναι συνάρτηση των επιφανειών των ανόδων, προκειμένου για μεγάλα πλοία, έχουμε αύξηση του βάρους του πλοίου.

2. Μέθοδος δι' επιβολής εξωτερικής τάσης.

Πλεονεκτήματα

- α. Η παρεχόμενη προστασία είναι ικανοποιητική.
- β. Είναι δυνατή η αναπαραγωγή του επιβαλλόμενου ρεύματος στην περίπτωση μεταβολής των ιδιοτήτων του διαβρωτικού περιβάλλοντος.
- γ. Έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας.

Μειονεκτήματα

- α. Απαιτείται η διάθεση πηγής συνεχούς ρεύματος.
- β. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ορθή ηλεκτρική σύνδεση.
- γ. Οι χρησιμοποιούμενοι αγωγοί πρέπει να είναι αδιάβροχοι και καλά μονωμένοι.
- δ. Τα μέρη της προστατευόμενης κατασκευής που βρίσκονται απέναντι από τις ανόδους πρέπει να επικαλύπτονται με μονωτικό υλικό.

Χρώματα που παρέχουν καθοδική προστασία

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται για την προστασία των πλοίων από την διάβρωση, χρώματα που παρέχουν καθοδική προστασία. Τα χρώματα αυτά περιέχουν μια μεταλλική σκόνη, η οποία αναλισκόμενη παρέχει καθοδική προστασία με την μέθοδο των θυσιαζόμενων ανόδων.

Η σκόνη που περιέχεται στο χρώμα πρέπει να καλύπτει τις εξής προϋποθέσεις:

1. Να είναι ανοδικότερη του χάλυβα.
2. Τα τεμάχια της σκόνης, να βρίσκονται σε ηλεκτρική επαφή, τόσο το ένα με το άλλο, όσο και με τον προστατευόμενο χάλυβα.
3. Στην πράξη σαν τέτοια μεταλλική σκόνη χρησιμοποιείται από ψευδάργυρο ή από αλουμίνιο. Εποι λοιπόν κατασκευάστηκαν χρώματα που παρέχουν καθοδική προστασία στο χάλυβα των οποίων η περιεκτικότητα σε σκόνη ψευδάργυρου υπερβαίνει το 9%.

Τα χρώματα που παρέχουν καθοδική προστασία για να δρούν με ασφάλεια, πρέπει αφ' ενός μεν να παρουσιάζουν ικανή διαπερατότητα στο νερό, αφ' ετέρου δε να υπάρχει ένας ηλεκτρολύτης, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η καθοδική δράση.

Ευρύτατη χρήση σήμερα βρίσκουν τα ανόργανα χρώματα ψευδάργυρου χρησιμοποιούμενα για την προστασία από την διάβρωση εκατοντάδων εκατομμυρίων τετραγωνικών ποδιών χαλύβδινης επιφάνειας των οποίων είναι οι εξής:

1. Δείχνουν άριστη συνάφεια με τον χάλυβα διότι έχουν τόσο φυσικό, όσο και χημικό δεσμό. Λόγω του τελευταίου τα επιστρώματα αυτά δεν παθαίνουν υποτομή και επομένως δεν μπορεί να δημιουργηθεί σκουριά κάτω από αυτά.
2. Δεν επηρεάζονται από τις καιρικές μεταβολές και τον χρόνο, πράγμα το οποίο συμβαίνει στα με οργανικά επιστρώματα, τα οποία αλλοιώνονται από τον ήλιο την βροχή κ.λ.π.
3. Παρέχουν ένα πολύ ικανοποιητικό επίστρωμα το οποίο μπορεί να επηρεάσει αισθητά την διάρκεια ζωής των υπερκείμενων επιστρωμάτων, διπλασιάζοντας ή ακόμα και πολλαπλασιάζοντάς την.
4. Στην περίπτωση ρήξης ή ατελειών του επιστρώματος η προστασία συνεχίζει να παρέχεται λόγω της καθοδικής αντίδρασης.

Αδρανές Αέριο

Για την αποσύρθηση του κινδύνου πυρκαϊάς εντός των δεξαμενών, αλλά και προς ελάττωση της σκωρίασης αυτών, χρησιμοποιείται επί των σύγχρονων δεξαμενόπλοιων το σύστημα αδρανούς αερίου.

Για να δημιουργηθεί πυρκαϊά ή έκρηξη απαιτείται να συνυπάρχουν τρία στοιχεία α) οξυγόνο πάνω από 11%, β) καύσμη ύλη και γ) πηγή ανάφλεξης δηλαδή να σχηματιστεί το γνωστό τρίγωνο πυρκαϊάς.

Με το σύστημα αδρανούς αερίου επιτυγχάνεται μείωση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας των δεξαμενών σε ποσοστό κάτω του 8% σε όγκο και συνεπώς αποκλείουμε την μια πλευρά του τριγώνου.

Για τον σκοπό αυτό απαιτείται ένα αέριο με μειωμένη ποσότητα οξυγόνου όπως είναι τα καυσαέρια των λεβήτων ή τα καυσαέρια ειδικών γεννητριών παραγωγής αδρανούς αερίου. Τα καυσαέρια των λεβήτων έχουν ποσοστό οξυγόνου περίπου 2-4%.

Το συστημα αδρανούς αερίου αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

1. Επιστόμια λήψης καυσαερίων (Uptake valves).
2. Πύργο καθαρισμού (Scrubber). Στη μονάδα αυτή επιτυγχάνεται ο καθαρισμός και η ψύξη των καυσαερίων με καταιονισμό θαλασσινού νερού.
3. Αφυγραντήρα (Demister) για την απομάκρυνση της υγρασίας από τα καυσαέρια μετά τον καθαρισμό τους στον πύργο καθαρισμού.
4. Ανεμιστήρες (Fans). Για την αναρρόφηση των καυσαερίων από την καπνοδόχο και την τροφοδότησή τους στις δεξαμενές φορτίου.
5. Ρυθμιστικό επιστόμιο (Regulating valve) για τη ρύθμιση της επιθυμητής πίεσης του αδρανούς αερίου στην κύρια γραμμή του αδρανούς αερίου στο κατάστρωμα.
6. Επιστόμιο επανακυκλοφορίας (Recirculating valve) η οποία λειτουργεί σε συνδυασμό με το ρυθμιστικό επιστόμιο για τη διατήρηση της επιθυμητής πίεσης στο κατάστρωμα.
7. Υδάτινο ανεπίστροφο επιστόμιο καταστρώματος (Deck water seal). Είναι μια ασφαλιστική διάταξη που επιτρέπει την δίοδο του αδρανούς αερίου από τους ανεμιστήρες προς τις δεξαμενές αλλά αποκλείει την δίοδο μίγματος υδρογονανθράκων αδρανούς αερίου από τις δεξαμενές προς τα πίσω δηλ. στο μηχανοστάσιο και γενικά στην ασφαλή ζώνη. Βρίσκεται στο πρυμναίο άκρο του κύριου καταστρώματος και λειτουργεί με νερό.
8. Μηχανικό ανεπίστροφο επιστόμιο (Non return valve) για να αποτρέπει δίοδο της ατμόσφαιρας δεξαμενών στους ασφαλείς χώρους όπως και το υδάτινο ανεπίστροφο επιστόμιο καταστρώματος.
9. Ανακουφιστικό επιστόμιο πίεσης/κενού και διακόπτες πίεσης/κενού με υγρό που χρησιμεύουν για την ανακούφιση του συστήματος σε περίπτωση υπερβολικής πίεσης ή κενού.
10. Κύρια γραμμή αδρανούς αερίου διακλαδώσεις στις δεξαμενές και επιστόμια δεξαμενών.
11. Δίκτυο τροφοδότησης με θαλασσινό νερό ψύξης για τον πύργο καθαρισμού και ξεχωριστό δίκτυο για το υδάτινο ανεπίστροφο επιστόμιο καταστρώματος.
12. Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου που περιλαμβάνει σήματα συναγερμού και λειτουργίες ασφάλειας
13. Όργανα μέτρησης οξυγόνου και υδρογονανθράκων.

Όλα τα ανωτέρω μέρη του συστήματος θα πρέπει να επιθεωρούνται και να συντηρούνται σε κανονικά χρονικά διαστήματα.

Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος αδρανούς αερίου είναι οι παρακάτω:

α. Αρχική αδρανοποίηση των δεξαμενών. Διοχετεύεται αδρανές αέριο ώστε να εκτοπίσουν τα υπάρχοντα αέρια στη δεξαμενή και να μειωθεί η περιεκτικότητα του οξυγόνου κάτω του 8% σε όγκο.

β. Φόρτωση φορτίου ή ερματισμός. Δεν χρειάζεται να λειτουργεί η εγκατάσταση αδρανούς αερίου, απλά οι δεξαμενές πρέπει να είναι αδρανοποιημένες προτού αρχίσει η φόρτωση φορτίου ή έρματος.

Καθώς το φορτίο εισέρχεται στις δεξαμενές τα υπάρχοντα αέρια εκτοπίζονται στην ατμόσφαιρα.

γ. Εκφόρτωση ή αφερματισμός. Αδρανές αέριο διοχετεύεται στις δεξαμενές στην διάρκεια εκφόρτωσης ή αφερματισμού για την αποφυγή εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα στις δεξαμενές.

δ. Πλύσιμο των δεξαμενών με αργό πετρέλαιο ή νερό. Διοχετεύεται αδρανές αέριο στις δεξαμενές για να διατηρούνται αδρανοποιημένες.

ε. Έμφορτο και άφορτο ταξίδι. Στην διάρκεια του ταξιδιού είναι δυνατόν να μειωθεί η πίεση του αδρανούς αερίου στις δεξαμενές από απώλειες σε διάφορα σημεία του συστήματος ή ακόμη και από κλιματολογικές συνθήκες. Γι' αυτό απαιτείται η συμπλήρωση των δεξαμενών με αδρανές αέριο για να διατηρηθεί η θετική πίεση.

Εκάλυψαντικά περιεκτικότητα υδρογονανθράκων κάτω του 2% σε όγκο προτού να εισάγουμε ατμοσφαιρικό αέρα για να ελευθερώσουμε την Δεξαμενή από τα επικίνδυνα αέρια και να καταστεί κατάλληλη για να εισέλθει άνθρωπος.

Το σύστημα αδρανούς αερίου στα νέα πλοία θα πρέπει να είναι ικανό να τροφοδοτεί αέριο που η περιεκτικότητά του σε οξυγόνο να μην υπερβαίνει το 5% σε όγκο στην κύρια γραμμή τροφοδότησης.

Δύο είναι οι βασικοί παράγοντες που επιδρούν στη σωστή λειτουργία του συστήματος:

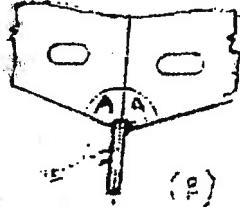
1. Η κατάλληλη εκπαίδευση του πληρώματος (καταστρώματος και μηχανής) για το σωστό χειρισμό του όλου συστήματος και
2. Η διατήρηση του συστήματος σε άριστη κατάσταση λειτουργίας με τη σωστή συντήρηση.

Κατασκευή τρόπιδας και πυθμένα

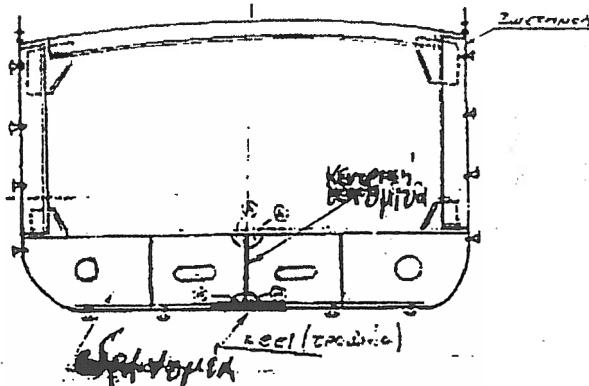
Τρόπιδα

Το κατώτερο μέρος του σκάφους είναι η τρόπιδα και υποβαστάζει το μεγαλύτερο μέρος του σκάφους. Η τρόπιδα στα μικρά σκάφη είναι προεξέχουσα και αυτό για να αντέχει στα χτυπήματα του πυθμένα όταν αυτός κτυπάει ή σύρεται στο βυθό της θάλασσας βλέπε Σχ.1. Τέτοια σκάφη είναι π.χ. σκάφη αναψυχής, ρυμουλκά, αλιευτικά, καθώς και εμπορικά μικρού μεγέθους.

Η προεξέχουσα χρησιμοποιείται σε μεγάλα σκάφη τα οποία δεν πλησιάζουν σε αβαθή νερά βλέπε Σχ.2.



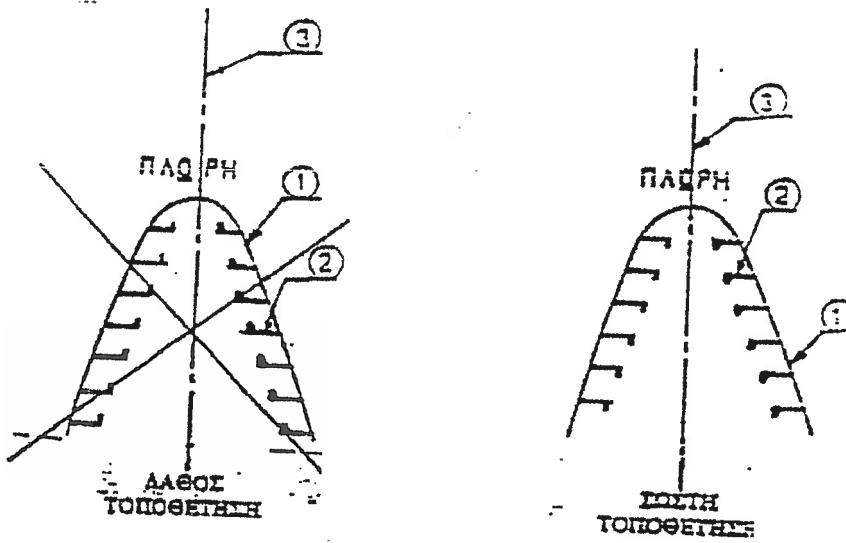
Σχ.1



Σχ.2

Η επίπεδη τρόπιδα είναι ένα επίπεδο έλασμα το οποίο διατηρεί το πάχος και το πλάτος σταθερό σε όλο το μήκος του, πάνω σ' αυτή στερεώνεται το κάτω μέρος των νομέων υπό μορφή εδρών νομέων. Σε μεγάλα πλοία οι έδρες νομέων υποστηρίζονται από τις πλευρικές σταθμίδες. Υπάρχουν στεγανές έδρες και μη στεγανές, οι μη στεγανές φέρουν ανοίγματα (ανθρωποδυρίδες) για την επικοινωνία του ενός χώρου με τον άλλο της ίδιας δεξαμενής.

Κάπι άλλο εξ' ίσου σημαντικό που πρέπει να προσέχουμε κατά την συγκόλληση των νομέων είναι και η φορά αυτών. Δηλαδή επειδή το σκάφος αποτελείται από λαμπρίνες συνδεδεμένες μεταξύ τους και διότι το σκάφος συγκλίνει όσο πηγαίνουμε από τη μέση προς την πλάτη και από τη μέση προς την πρύμνη, θα πρέπει να διευκολύνεται η εργασία κατά τη συγκόλληση. Πρέπει λοιπόν οι νομείς να κοιτάνε προς τη μέση του πλοίου και να είναι κάθετοι στο διάμηκες συμμετρικό επίπεδο από όπως στο σχήμα



1. Περιβλήμα σκάφους
2. Νομές
3. Διάμηκες συμμετρικό επίπεδο πλοίου

Τοποθέτηση νομέων

Η σύνδεση των νομέων και των ζυγών με φρεσάρισμα μορφής V θεωρείται πολύ μοντέρνη για την πρετοιμασία της συγκόλλησης, δηλαδή έχουμε το μπρωτέστο να κολλάει στο νομέα και μόνο μετά κολλάμε τα ζυγά. Θα πρέπει όμως να προσέξουμε σύτοις ώστε η συγκόλληση του μπρωτέου να μην είναι τελεοποιημένη διότι θα μας πετουκάρει καλλιώντας τα ζυγά πάνω της, δηλαδή θα πρέπει να έχει γίνει αραιά.

Άνοιγματα πλαστικά

Θυρίδες φόρτωσης διαβίωσεων ή ανεφοδιασμού και επιμένων πάνω στην πλευρά του πλοίου θα πρέπει να είναι ισχυρής κατασκευής και ικανής να μείνει στεγανά.

Όπου έχουν κοπεί νομείς σε περιοχές όπου υπάρχουν θυρίδες, θα πρέπει να τοποθετούνται ενισχυτικοί νομείς σε κάθε πλευρά του ανοιγματος, και να υπέρχει η κατάλληλη διάταξη υπεστήριξης των ζυγών πάνω από το άνοιγμα. Όπου απαιτείται θα πρέπει να τοποθετούνται επιθέματα στρογγυλεμένα στα άκρα γύρω από το άνοιγμα για να το ενισχύουν.

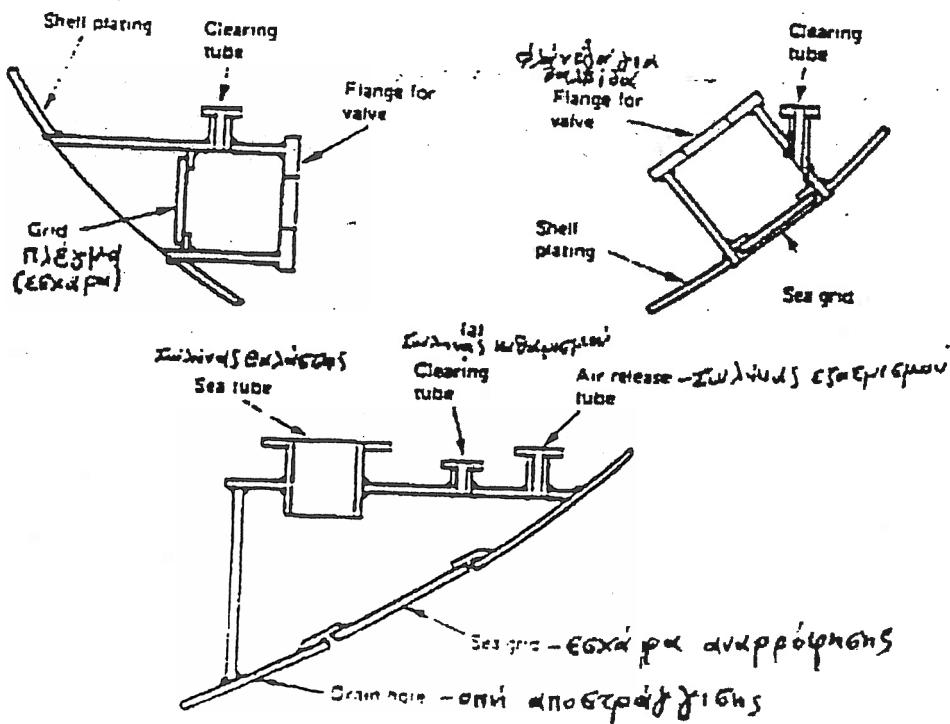
Παραφωτίδες χώρων ευρισκόμενων κάτω του καταστρώματος των εξόπλων ή χώρων μεταξύ υπερκατασκευών, θα πρέπει να διαθέτουν ικανά εσωτερικά καλύμματα διαταταγμένα, ώστε να κλείνονται αποτελεσματικά και να κλείνονται υδατοστεγώς. Θα πρέπει να έχουν ισχυρά πλαίσια και οι παραφωτίδες ανεγερθείσεις περόνες.

Συνδέσεις επιστομίων με το περιβλήμα του σκάφους

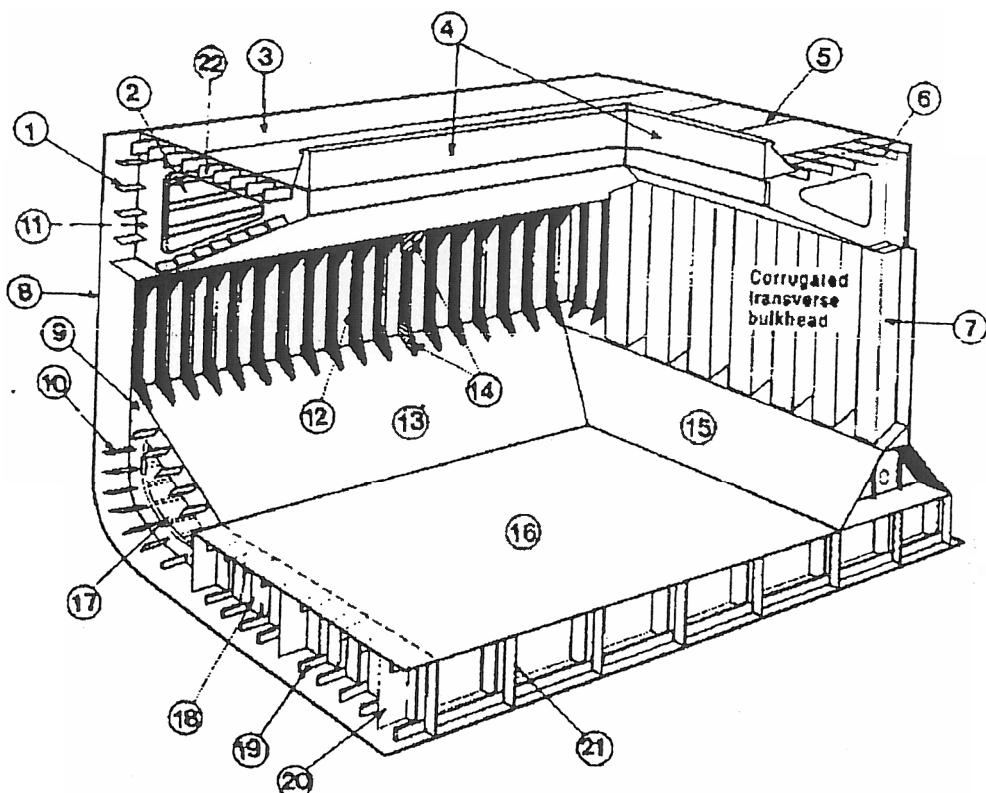
Κιβώτια και επιστόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης προσαρμοσμένα πάνω στο σκάφος με κοχλίες θα πρέπει να έχουν τις κεφαλές των κοχλιών συγχονευμένες πάνω στην εξωτερική πλευρά και τους κοχλίες κοχλιωμένους μέσα από το έλασμα.

Τα μεταξύ του περιβλήματος και των επιστομίων προστηρυμοσμένα κιβώτια αναρρόφησης θα λάσπησης και οι συνδέσεις των αποχετεύσεων εκτός πλοίου θα πρέπει να είναι στερεάς κατασκευής και όσον το δυνατόν βραχύτερη. Σωλήνες χρησιμοποιούμενοι για συνδέσεις οι οποίες διατερνούν το περιβλήμα κάτω από την έμφορτο ίσαλο, πρέπει να είναι πολύ καλής ποιότητας. Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται χυτοστόρρος για οποιοδήποτε επιστόμιο προσαρμοσμένο σ' αυτές τις συνδέσεις, εάν βρίσκεται κάτω από το κατάστρωμα εξόπλων.

ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΕΞΟΠΛΩΝ

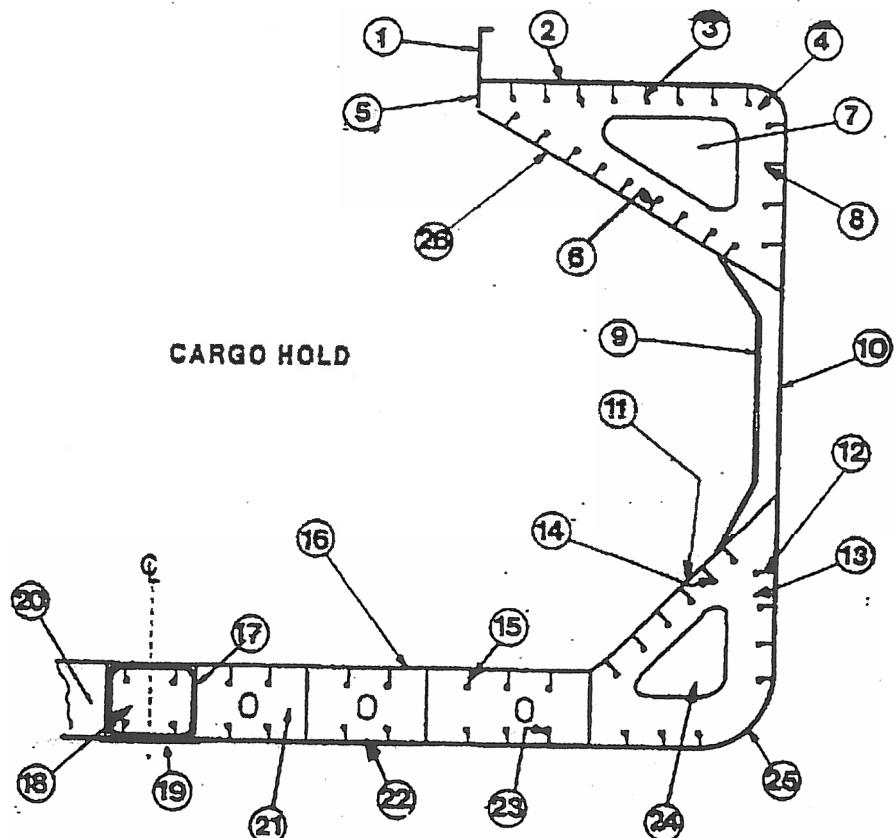


ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΤΟΜΗ BULK CARRIER



1. Διαμήκεις ενισχύσεις πλευράς - Side shell longitudinal
 2. Πλευρική δεξαμενή καταστρώματος - Top side tank
 3. Έλασμα καταστρώματος - Deck plate
 4. Τοιχώματα κόπους - Hatch coaming
 5. Διαμήκεις συγκολλήσεις - Cross deck strip
 6. Εγκάρσια ενίσχυση καταστρώματος - Deck transverse
 7. Εγκάρσια κυρατοειδής φρακτή αμπαριού - Corrugated hold bulkhead
 8. Περίβλημα πλευράς - Side shell plating
 9. Εγκάρσιο ενισχυτικό έλασμα πλευρικής δεξαμενής πυθμένα
 Hopper transverse ring web
 10. Διαμήκεις ενισχύσεις πλευρικού όλασματος σκάφους
 Side shell longitudinal
 11. Εγκάρσιο ενισχυμένο έλασμα πλευρικής δεξαμενής καταστρώματος
 Topside tank transverse ring web
 12. Πλευρικό τοίχωμα σκάφους - Side shell plating
 13. Πλευρικό έλασμα δεξαμενής υδροσυλλέκτου
 Hopper tank sloping plating
 14. Ακρέοι σγκώνες (Αγκώνες νομέα) - Ends brackets (Frame brz)
 15. Κάτω έδρα φρακτής - Lower stool
 16. Εσωτερικό έλασμα πυθμένα - Inner bottom plating
 17. Πλευρική δεξαμενή κυθμένα - Hopper tank
 18. Δεξαμενή διπλωμένων - Double bottom tank
 19. Διαμήκεις ενισχύσεις πυθρένα - Bottom longitudinal
 20. Σταθμίδα - Longitudinal girder
 21. Έδρα νομέα - Double bottom floor
 22. Διαμήκεις ενισχύσεις καταστρώματος - Deck longitudinal

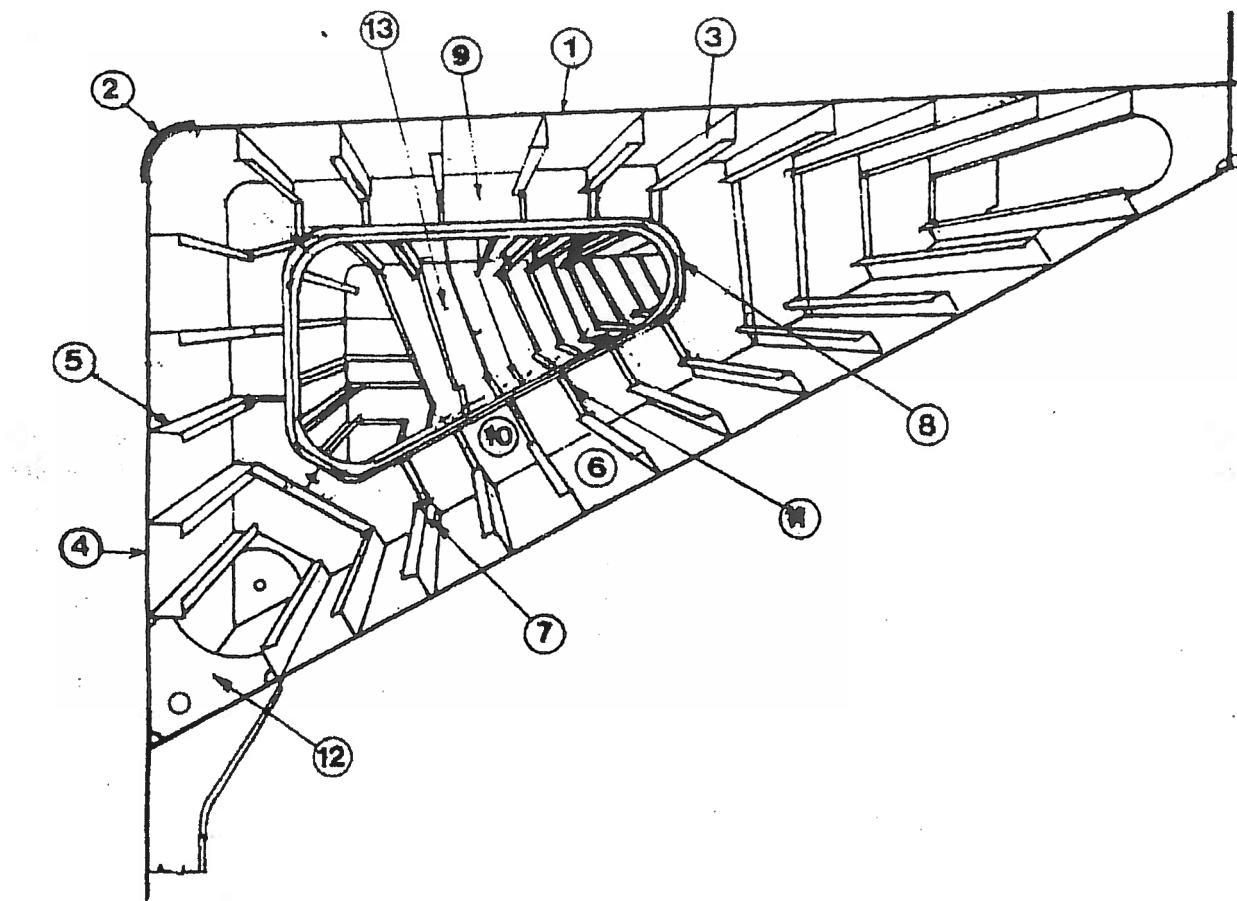
ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΤΟΜΗ BULK CARRIER



1. Τοίχωμα ανοίγματος κύτου - Hatch coaming
2. Περιβλήμα καταστρώματος - Deck plating
3. Διαμήκεις ενισχύσεις καταστρώματος - Deck longitudinal
4. Εγκάρσιο ενισχυμένο έλασμα πλευρικής δεξαμενής καταστρώματος
Topside tank transverse ring web
5. Διαμήκεις έλασμα πλευρικής δεξαμενής καταστρώματος
Topside tank longitudinal plating
6. Διαμήκεις ενισχύσεις πλευρικού ελάσματος δεξαμενής καταστρώματος
Topside tank sloping plating longitudinal
7. Πλευρική δεξαμενή καταστρώματος - Topside tank
8. Διαμήκεις ενισχύσεις πλευρικού τοιχώματος - Side shell longitudinal
9. Νομός - Side shell frame
10. Έλασμα πλευρικού τοιχώματος - Side shell plating
11. Πλευρικό έλασμα δεξαμενής υδροσυλλέκτου - Hopper tank sloping plating
12. Διαμήκεις ενισχύσεις πλευρικού τοιχώματος σκάφους
Side shell longitudinal
13. Εγκάρσιο ενισχυμένο έλασμα πλευρικής δεξαμενής
Hopper transverse ring web

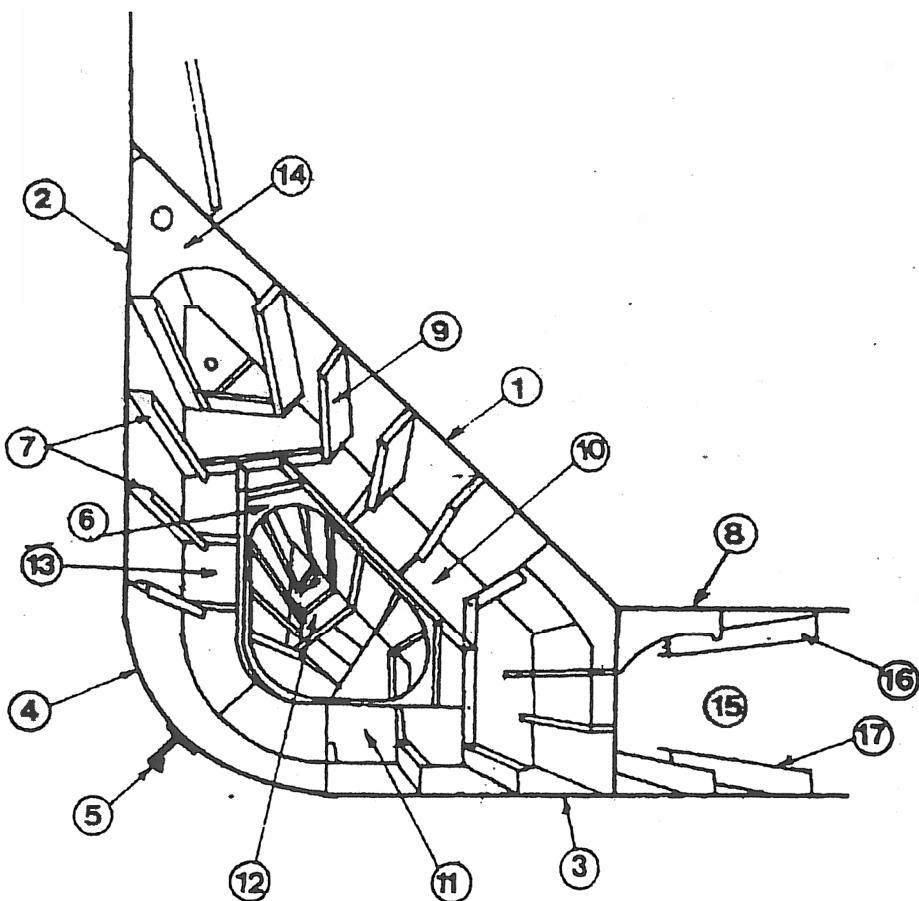
14. Διαμήκεις ενισχύσεις πλευρικού ελάσματος δεξαμενής υδροσυλλέκτου
Hopper tank sloping plating longitudinal
15. Διαμήκεις ενισχύσεις οροφής διπύθμενου
Inner bottom longitudinal
16. Έλασμα πυθμένα αμπαριού - *Inner bottom plating*
17. Σταθμίδα - *Double bottom girder*
18. Τούνελ αγωγών - *Duct keel*
19. Έλασμα τρόπιδας - *Keel plate*
20. Δεξαμενή διπύθμενου - *Double bottom tank*
21. Έδρα νομέα-*Floor plate ή Frame floor*
22. Περίβλημα πυθμένα - *Bottom shell plating*
23. Διαμήκεις ενισχύσεις πυθμένα - *Bottom shell longitudinal*
24. Πλευρική δεξαμενή πυθμένα - *Hopper tank*
25. Έλασμα κυρτού γάστρας - *Blige plating*
26. Πλευρικό τοίχωμα δεξαμενής καταστρώματος
Topside tank sloping plating

Κατασκευή Topside Tank



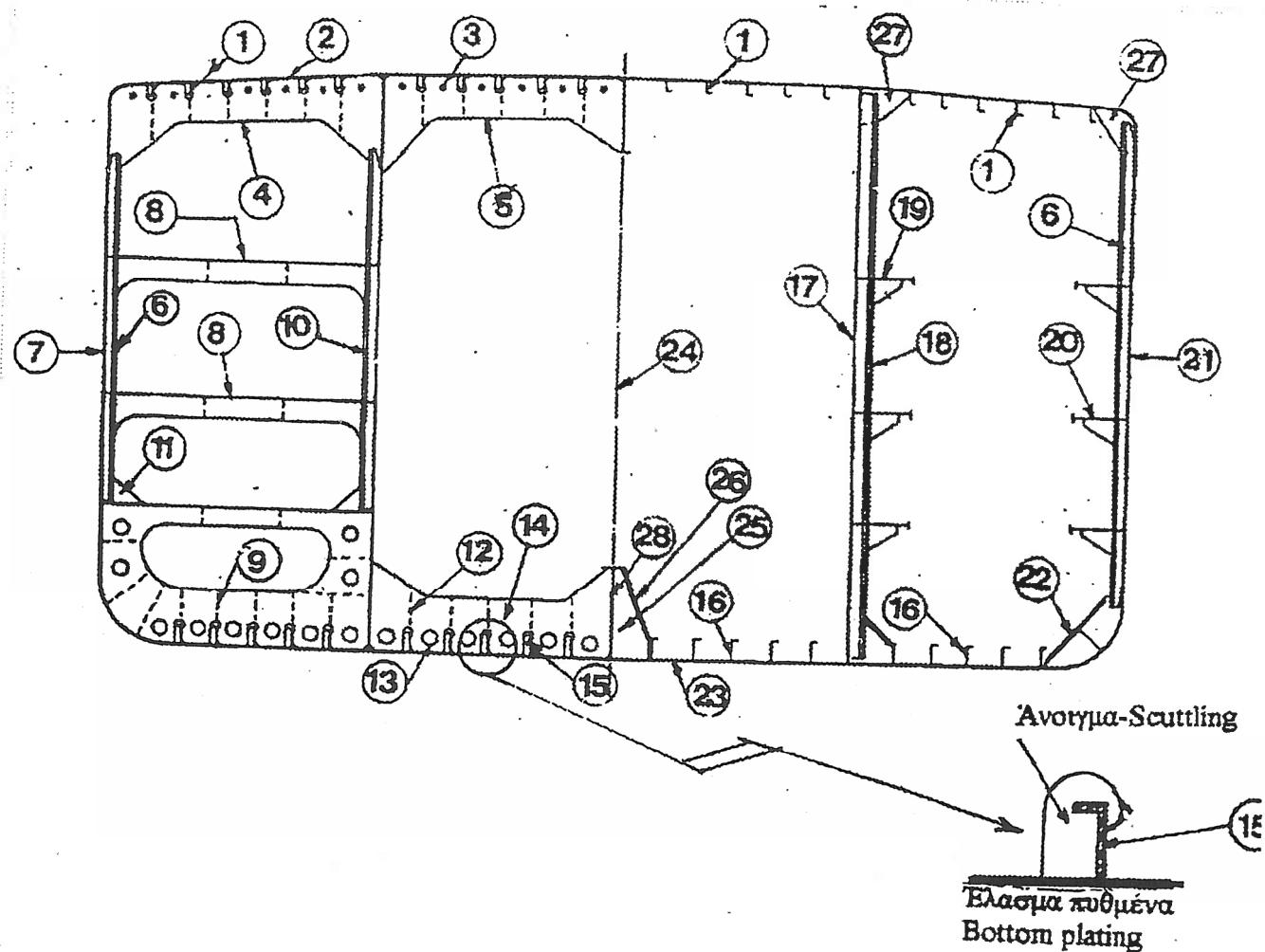
1. Έλασμα και τιμωρώματος-Deck plate
2. Ενισχυτικό έλασμα-Stringer
3. Διαμήκεις ενισχύσεις καταστρώματος-Deck longitudinal beam
4. Έλασμα πλευράς- Side shell
5. Οριζόντιες διαμήκεις ενισχύσεις (διαμήκεις νομείς)
TST side longitudinal (frame)
6. Πλευρικό έλασμα άνω δεξαμενής-TST bottom plate
7. Διαμήκεις ενισχύσεις πλευρικού τοιχώματος δεξαμενής
TST bottom longitudinal (frame)
8. Εγκάρσιος ενισχυτικός δακτύλιος-TST transverse ring
9. Εγκάρσια ενίσχυση καταστρώματος (ζυγός-καμάρι)
TST deck transverse beam
10. Κάτω εγκάρσια ενίσχυση δεξαμενής ή ενισχυμένος νομέας
TST bottom transverse
11. Ενισχυτικό έλασμα-Stiffener
12. Αγκώνας-μπρατσόλι-Bracket
13. Φρακτή άνω πλευρικής δεξαμενής-TST end bulkhead

Κατασκευή Hoper tank

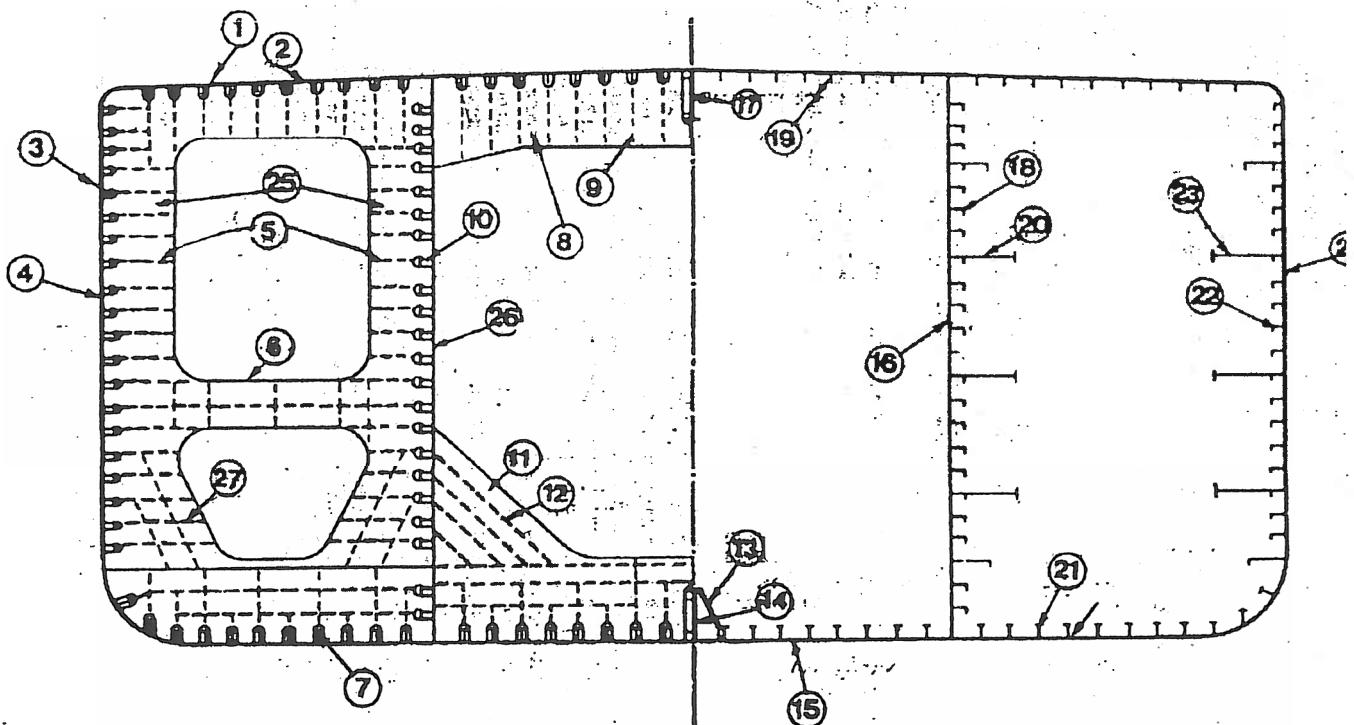


1. Πάνω πλευρικό έλισμα δεξαμενής-Hopper top plate
2. Έλασμα πλευράς σκάφους-Side shell plate
3. Έλασμα πυθμένα-Bottom shell plate
4. Έλασμα κυρτού σκάφους-Bilge strake
5. Παρατροπίδια-Bilge keel
6. Εγκάρσιος δακτύλιος-Transverse ring
7. Διαμήκεις ενισχύσεις πλευρικής δεξαμενής (διαμήκεις νομείς)
Hopper side longitudinals (longitudinal frames)
8. Έλασμα οροφής διπύθμιμου-Double bottom tank top plate
9. Διαμήκεις ενισχύσεις δεξαμενής-Hopper longitudinals
10. Εγκάρσιες ενισχύσεις πλευρικής δεξαμενής-Hopper side transverse
11. Έδρα νομέα-Floor plate ή Frame floor
12. Εγκάρσιο διάφραγμα δεξαμενής-Hopper end bulkhead
13. Εγκάρσιο ενισχυτικό έλασμα-Stiffener
14. Αγκώνας-Bracket
15. Δεξαμενή διπύθμιμου-Double bottom tank
16. Διαμήκεις ενισχύσεις οροφής διπύθμιμου-Tank top longitudinals
17. Διαμήκεις ενισχύσεις πυθμένα-Bottom longitudinals

Κατασκευαστικά στοιχεία κλασικού τύπου δεξαμενόπλοιου



1. Διαμήκεις ενισχύσεις καταστρώματος - Deck longitudinals
2. Ελασμα καταστρώματος - Deck plate
3. Οπές εξαερισμού - Air vent
4. Εγκάρσια ενισχυμένη δοκός καταστρώματος (ενισχυμένος ζυγός)
Deck transverse web
5. Εγκάρσια ενισχυμένη δοκός - Transverse web
6. Νομάς - Frame
7. Περίβλημα σπάφους - Shell plating
8. Ενισχυτικό έλασμα - Stringer
9. Επίκεδο ενισχυτικό έλασμα - Flat bar stiffener
10. Κατακόρυφη ενισχυστη φρακτής - Vertical bulkhead stiffener
11. Αγκάνας - Bracket
12. Επίκεδο ενισχυτικό έλασμα - Flat bar stiffener
13. Οπή αποστράγγισης - Drain hole
14. Έδρα νομέα - Double bottom floor



1. Επίκεδες διαμήκεις ενισχύσεις καταστρώματος - Deck longitudinals
2. Ελασμα καταστρώματος - Deck plate
3. Οριζόντιοι διαμήκεις νομές - Longitudinal frames
4. Περίβλημα σπάφους - Side shell
5. Επίκεδα ενισχυτικά ελάσματα - Flat bar stiffeners
6. Ενισχυτικός δοκός - Ring stiffener
7. Διαμήκεις ενισχύσεις πυθμένα - Bottom longitudinals
8. Εγκάρσια ενισχυμένη δοκός καταστρώματος - Deck transverse web
9. Επίκεδα ενισχυτικά ελάσματα - Flat bar stiffeners
10. Διαμήκεις ενισχύσεις φρακτής - Side longitudinals
11. Εγκάρσια ενισχυστη - Transverse
12. Επίκεδα ενισχυτικά ελάσματα - Flat bar stiffeners
13. Αγκάνας - Bracket
14. Κεντρική σταθιμότητα - Centre girder
15. Περίβλημα πυθμένα - Bottom plating
16. Διαμήκη φρακτή - Bulkhead longitudinals
17. Κεντρική ενισχυμένη διάδοσιδα - Deck centre girder
18. Διαμήκεις ενισχύσεις φρακτής - Side longitudinals
19. Διαμήκεις ενισχύσεις καταστρώματος - Deck longitudinals
20. Επίκεδα ενισχυτικά ελάσματα φρακτής - Stringer
21. Διαμήκεις ενισχυστικές πυθμένα - Bottom longitudinals
22. Οριζόντιοι διαμήκεις νομές - Longitudinal frames
23. Οριζόντια ενισχυτικά ελάσματα κλευράς - Stringer
24. Ελασμα πλευράς - Side shell
25. Ενισχυμένος νομέας - Web frame
26. Διαμήκη φρακτή - Longitudinal bulkhead
27. Επίκεδα ενισχυτικά ελάσματα - Flat bar stiffeners

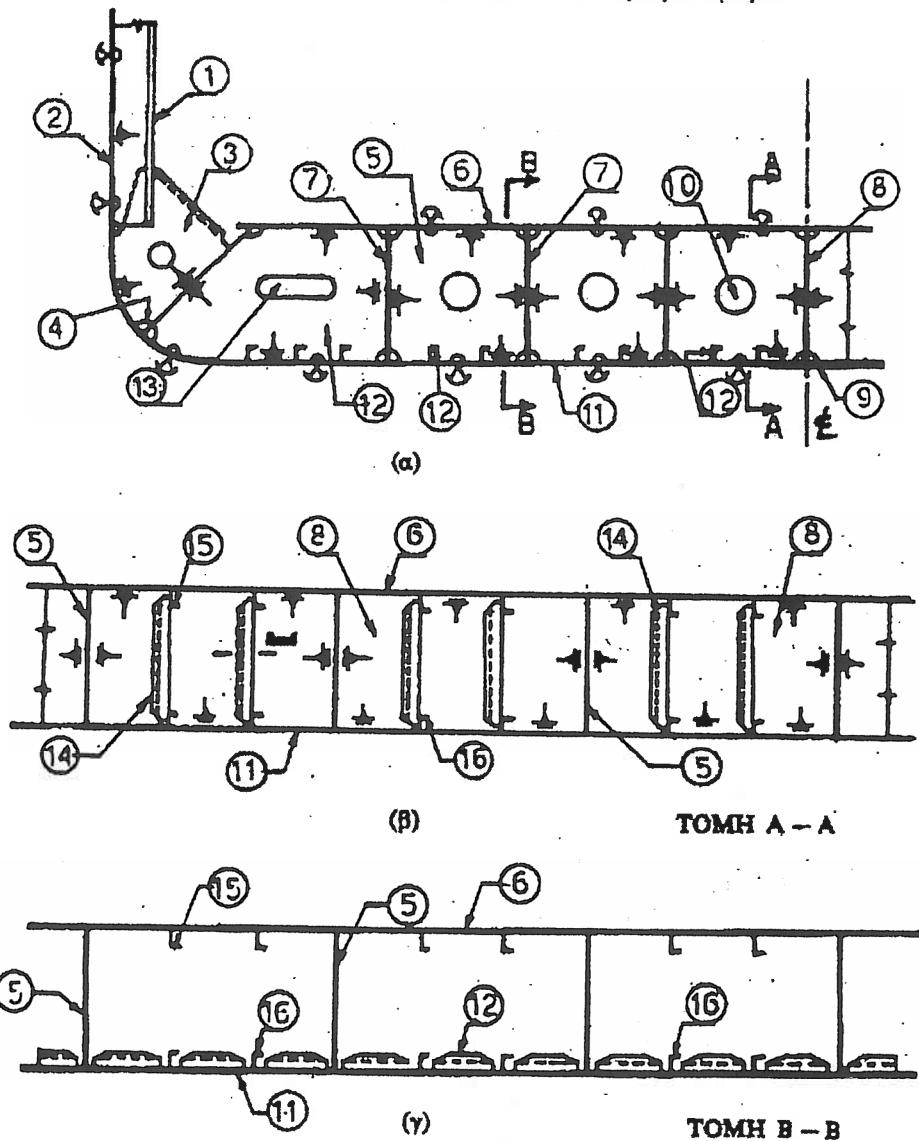
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΠΥΘΩΜΕΝΩΝ

Εγκάρσια κατασκευή γεμάτης έδρας νομέα

Στο Σχ. διακρίνουμε μια κατασκευή έδρας νομέα γεμάτη και με εγκάρσια κατασκευή. Πρέπει να τοποθετούνται σε κάθε νομέα και σε απόσταση 25% του μήκους του πλοίου από την πλώρη. Πρέπει επίσης να τοποθετούνται όπου υπάρχουν μηχανήματα, λέβητες, στεγανοί μπουλιέδες, όπου το διπύθμενο σχηματίζει σκαλοπατί όπου υπάρχουν κολώνες και σε πολλές άλλες περιπτώσεις. Σε καμιά όμως περίπτωση δεν πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση μεγαλύτερη από 3 μ.

Όταν λέμε έδρες εννοούμε λαμαρίνες τοποθετημένες κατακόρυφα δηλαδή κάθετα στον πυθμένα και από τη μια πλευρά του πλοίου μέχρι την άλλη πλευρά αυτού.

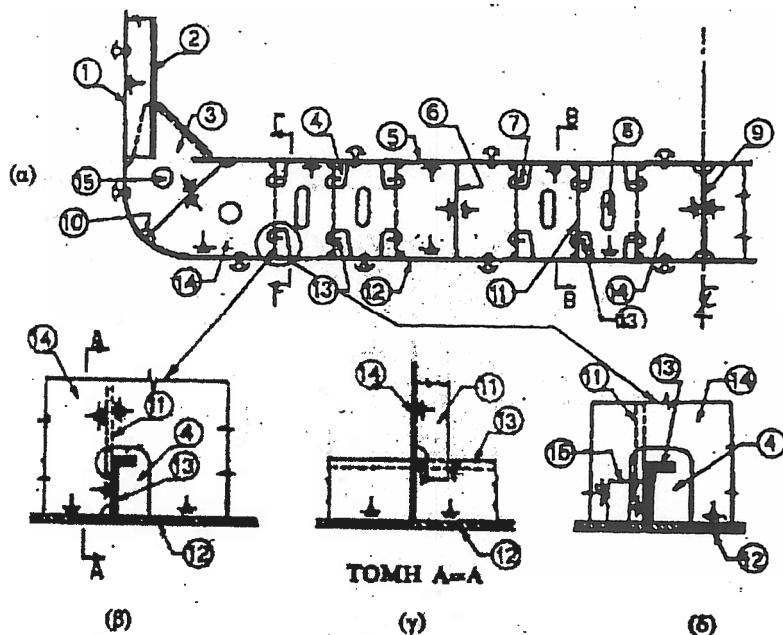
Οι σταθμίδες είναι και αυτές λαμαρίνες τοποθετημένες κάθετα στον πυθμένα του πλοίου και οι οποίες πηγαίνουν πρόφρα-πρύμα.



1. Νομέας - Frame
2. Περίβλημα σκάφους - Side shell plating
3. Αγκώνας - Bracket
4. Οπή αποστράγγισης - Drain hole
5. Έδρα νομέα - Floor plate
6. Περίβλημα οροφής διπόθυμενου - Tank top plating
7. Πλευρικές σταθμίδες - Side girder
8. Κεντρική σταθμίδα - Centre girder
9. Ελασμα τρόπιδας - Keel plating
10. Ανθρωποθυρίδα - Man hole
11. Περίβλημα πυθμένα - Bottom shell plating
12. Τοπικές ενισχύσεις - Stiffener
13. Ανθρωποθυρίδα - Man hole
14. Ενίσχυση σχήματος Π - Stiffener
15. Τοπικές ενισχύσεις - Stiffener
16. Τοπικές ενισχύσεις - Stiffener

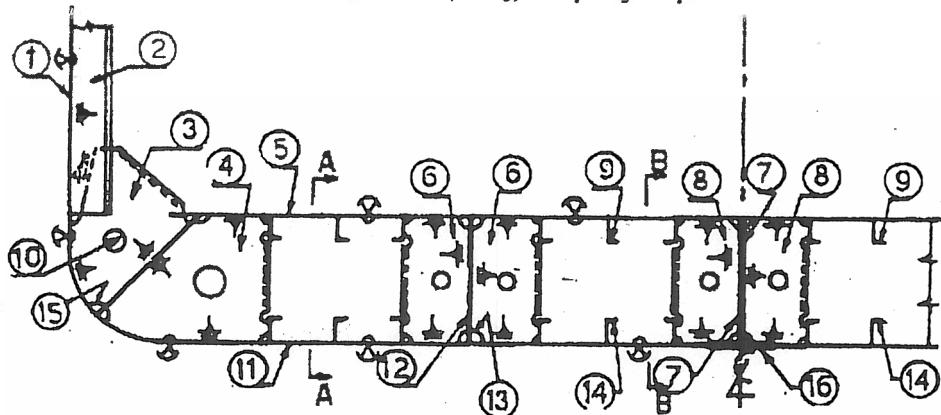
Διαμήκη κατασκευή γεμάτης έδρας νομέα

Στην κατασκευή αυτή θα πρέπει να προσέξουμε την στεγανωποίηση των εδρών . Επίσης θα πρέπει να προσέξουμε η κατασκευή να ανταποκρίνεται ανάλογα με τα φορτία στα οποία θα πίναι εκτεθεμένη.

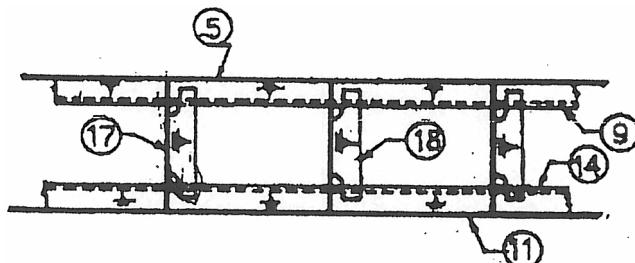


1. Περίβλημα σκάφους - Side shell plating
2. Νομέας - Frame
3. Αγκώνας - Bracket
4. Άνοιγμα για το πέρασμα της ενίσχυσης - Scuttling
5. Περίβλημα οροφής διπόθυμενου - Tank top plating
6. Πλευρική σταθμίδα - Side girder
7. Διαμήκεις ενισχύσεις οροφής διπόθυμενου - Tank top longitudinal
8. Ανθρωποθυρίδα - Man hole
9. Κεντρική σταθμίδα - Centre girder
10. Οπή αποστράγγισης - Drain hole
11. Επίπεδη ενίσχυση - Flat bar
12. Περίβλημα πυθμένα - Bottom shell plating
13. Διαμήκεις ενισχύσεις πυθμένα - Bottom longitudinal
14. Έδρα νομέα - Floor plate
15. Ανθρωποθυρίδα - Man hole
16. Επίπεδη ενίσχυση - Flat bar

Κατασκευή ανδιάμαστης κονής (κούφιας) έδρας νομέα

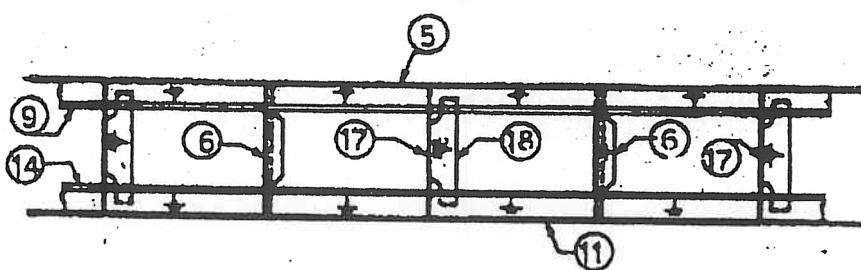


(a)



(b)

ΤΟΜΗ Α - Α



(γ)

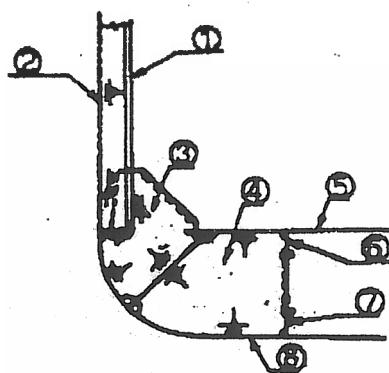
ΤΟΜΗ Β - Β

1. Περίβλημα σκάφους - Side shell plating
2. Νομέας - Frame
3. Αγκάνας - Bracket
4. Αγκάνας - Bracket
5. Περίβλημα οροφής διπύθμενου -
6. Αγκάνας - Bracket
7. Κεντρική σταθμίδα - Centre girder
8. Αγκάνας - Bracket
9. Διαμήκεις ενισχύσεις οροφής διπύθμενου - Tank top longitudinal
10. Ανθρωποθυρίδα - Man hole
11. Περίβλημα πυθμένα - Bottom shell plating
12. Πλευρική σταθμίδα - Side girder
13. Ουζή αποστράγγισης - Drain hole
14. Διαμήκεις ενισχύσεις πυθμένα - Bottom longitudinal
15. Ουζή αποστράγγισης - Drain hole
16. Έλασμα τρόπιδας - Keel plate
17. Εδρα νομέα - Floor plate
18. Επίτεδη ενίσχυση πυθμένα - Flat bar stiffener

Τρόποι σύνδεσης νομέων με έδρες

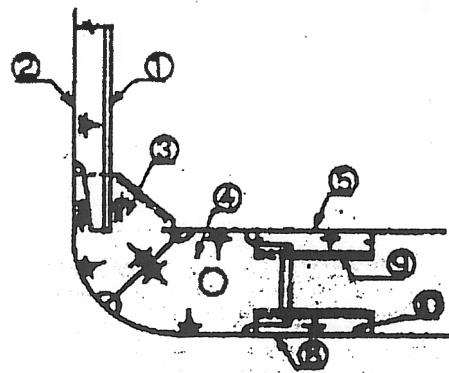
Οι νομέις σκοπός έχουν να στηρίζουν το περίβλημα των πλευρικών τοιχωμάτων του σκάφους και να του προσφέρουν την ανάλογη ανθεκτικότητα. Οι νομέις ειστένονται από το διπύθμενο μέχρι το χαμηλότερο κατάστρωμα. Θα πρέπει όμως να προσέξουμε στον τρόπο σύνδεσης των νομέων με τις έδρες και στη σύνδεσή τους με τα καμάρια (ζυγά) καταστρώματος, διότι στα σημεία αυτά υπάρχει συγκέντρωση τάσεων όχι μόνο από τα φορτία των καταστρωμάτων, αλλά και από τις πλευρικές δυνάμεις που οφείλονται στις υδροστατικές πιέσεις.

Θα πρέπει όμως να προσέξουμε και την περίπτωση που ο νομέας ξετυπάει ένα κατάστρωμα ή μια έδρα και απαιτείται σταγονοποίηση. Στα χαρακάτω σχήματα θα παρατηρήσουμε διάφορες εναλλακτικές κατασκευαστικές λύσεις.



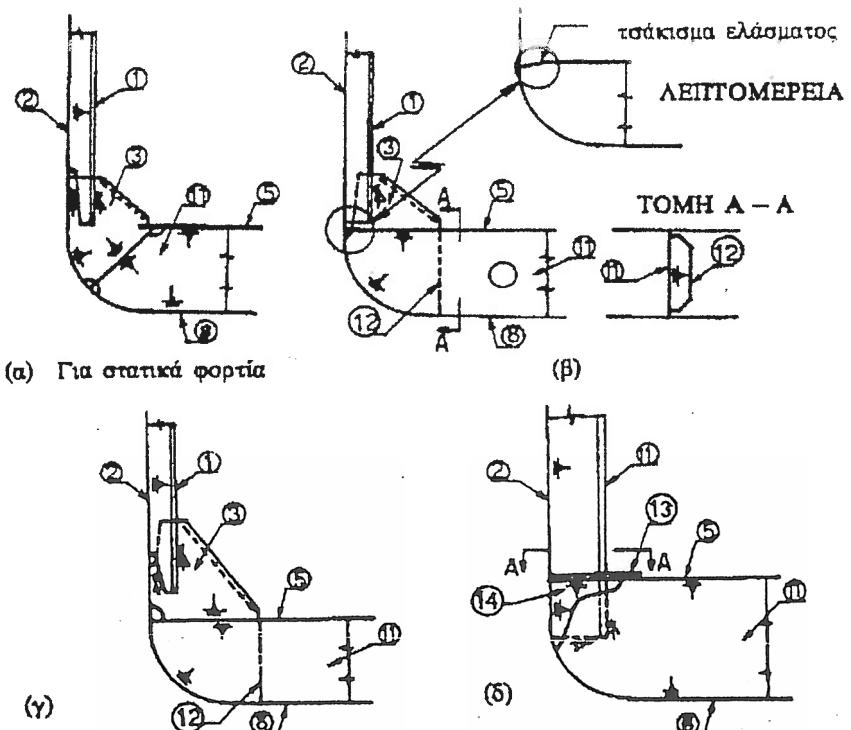
Για δυναμικές φορτία

(a)

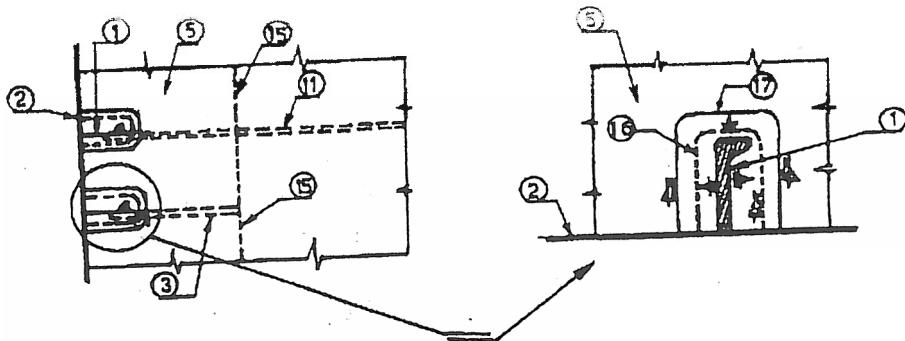


Για στατικά φορτία

(b)



- 1..Νομέας – Frame
2. Πλευρικό περιβλήμα σκάφους – Side plate
3. Αγκώνας – Bracket
4. Αγκώνας – Bracket
5. Περιβλήμα οροφής διπύθμενου – Tank top
6. Διαμήκη ενίσχυση οροφής διπύθμενου – Tank top longitudinals
7. Διαμήκη ενίσχυση περιβλήματος πυθμένα – Bottom longitudinals
8. Περιβλήμα πυθμένα πλοίου – Bottom plate ή Bottom shell
9. Εγκάρσια ενίσχυση οροφής διπύθμενου – Tank top transverse stiffener ή Upper frame
10. Εγκάρσια ενίσχυση περιβλήματος πυθμένα – Bottom transverse stiffener ή Bottom frame
11. Έδρα νομέα – Floor plate
12. Επίσεδο ενισχυτικό έλασμα – Flat bar
13. Μάσκα στεγανοκοπήσης – Collar
14. Αγκώνας – Bracket
15. Τοάκισμα ελασματος οροφής διπύθμενου – Double bottom breaking
16. Άνογρα για το πέρασμα του νομέα – Scuttling
17. Μάσκα στεγανοκοπήσης – Collar



ΤΟΜΗ Α - Α

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΝΟΜΕΑ ΜΕ ΟΡΟΦΗ ΔΙΠΥΘΜΕΝΟΥ

(8)

Στο Σχ. δταν η κατασκευή του διπύθμενου είναι διαμήκη, δηλαδή δταν οι έδρες νομέων είναι τοποθετημένες ανά δεύτερο ή ανά τρίτο ή ακόμα και ανά τέταρτο νομέα, σε καμμιά περίπτωση δμως η απόσταση μεταξύ των εδρών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 3,70 m, και δταν επίσης μεταξύ των σταθμίδων υπάρχουν διαμήκεις ενισχύσεις στην οροφή και τον πυθμένα του διπύθμενου, τότε στην περίπτωση αυτή έχουμε την απ' ευθείας σύνδεση μεταξύ νομέα No 1 και έδρας No 11. Στο Σχ. βλέπουμε επίσης ότι σε περίπτωση γεκάρσιας κατασκευής διπύθμενου, δηλαδή δταν οι έδρες είναι τοποθετημένες σε κάθε νομέα, έχουμε σύνδεση με μπρακέτο No 3, το οποίο σταματάει στη νεύρωση του ελάσματος No 15.

Η νεύρωση, το τοάκισμα δηλαδή του ελάσματος της οροφής διπύθμενου στα άκρα, κοντά στα σημεία σύνδεσης με το πλευρικό περίβλημα του σκάφους παρουσιάζεται συχνά (βλέπε Σχήμα β λεπτομέρεια).

ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΑ

Κατασκευές καταστρωμάτων πλοίων

Τα καταστρώματα αποτελούνται από διαμήκεις ενισχυμένους δοκούς δηλαδή τις ενισχυμένες διαδοκίδες και ενισχυμένα εγκάρσια δοκάρια δηλαδή τα ενισχυμένα ζυγά.

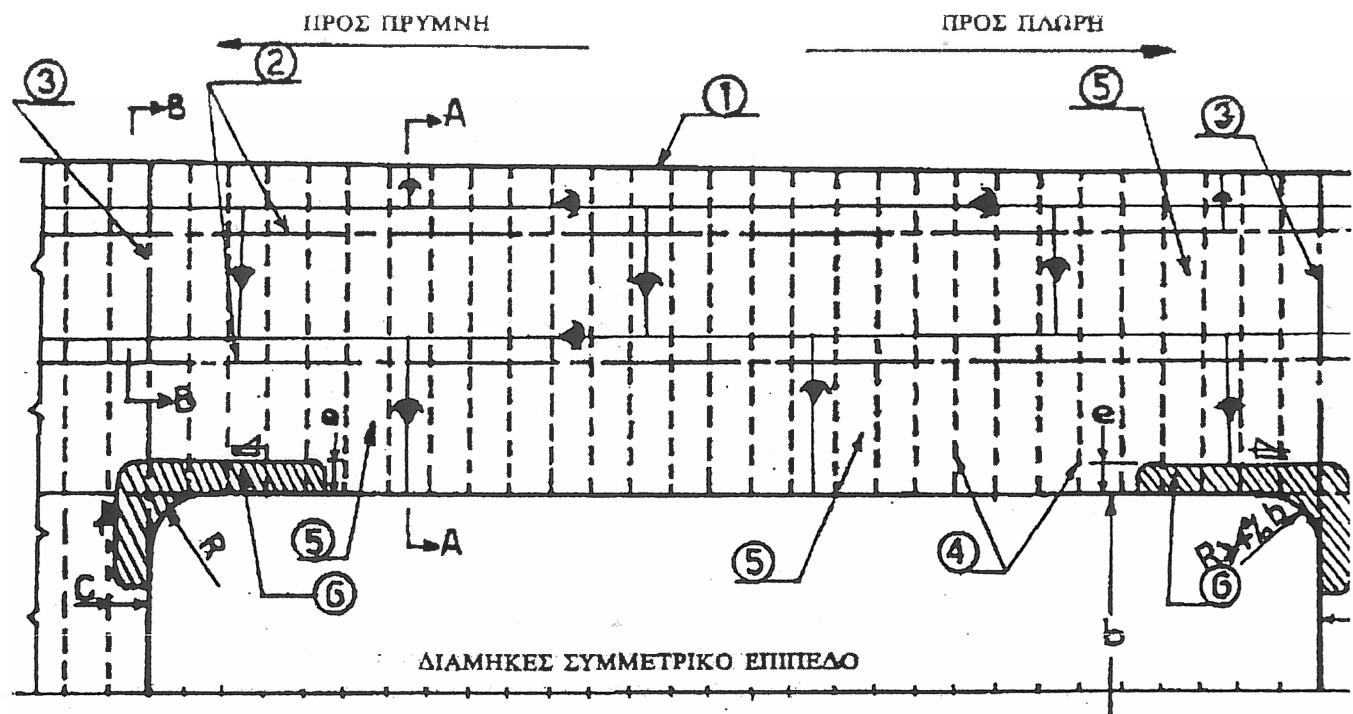
Όταν έχουμε ενισχυμένα ζυγά και απλές διαδοκίδες η κατασκευή λέγεται διαμήκης, όταν όμως έχουμε ενισχυμένες διαδοκίδες και απλούς ζυγούς η κατασκευή λέγεται εγκάρσια, η μεικτή κατασκευή δεν συνιστάται διότι αυξάνει το κόστος κατασκευής και συντήρησης των πλοίου.

Πάνω στους δοκούς απλώνεται η λαμαρίνα του καταστρώματος της οποίας το πάχος ελαττώνεται προοδευτικά από τη μέση του πλοίου προς τα άκρα αυτού και θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή τόσο στις συγκολλήσεις αλλά και στη σωστή διαμόρφωση των κατασκευών όπου απαιτείται.

Θα καρατηρίσουμε παρακάτω διαμήκεις και εγκάρσιες κατασκευές καταστρωμάτων με δλες τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες, που ακοιτούνται.

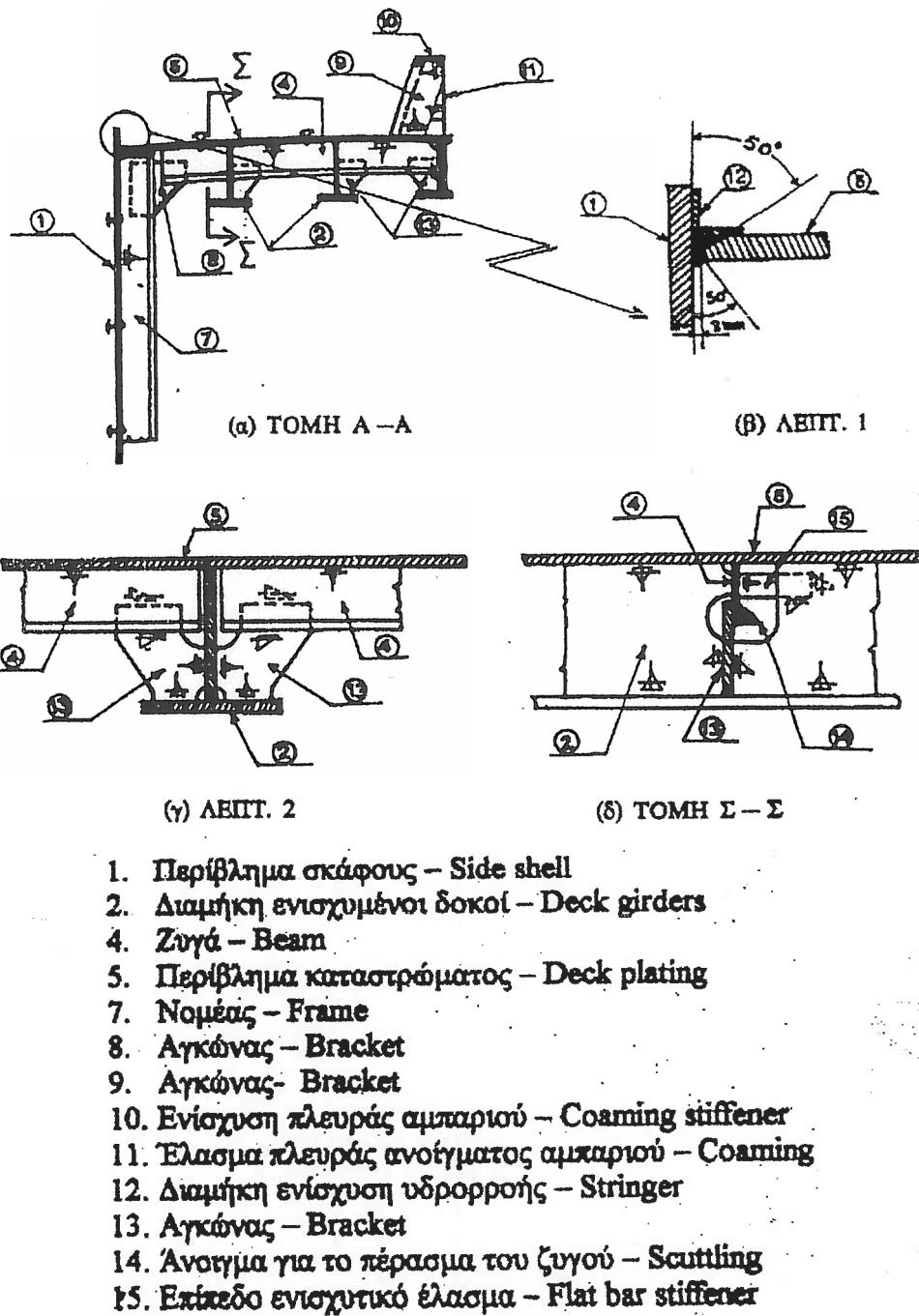
Εγκάρσια κατασκευή καταστρώματος

Στο Σχήμα έχουμε την κάτοψη ενός μέρους καταστρώματος με το άνοιγμα του αμπαριού, του οποίου τα άκρα είναι στρογγυλεμένα με ακτίνα R και επιπλέον τοποθετούνται επίπεδα ενισχυτικά ελάσματα με τις λεπτομέρειες που περιγράφονται και με τα άκρα στρογγυλεμένα για την διεύκλιση της διέλευσης των τάσεων.

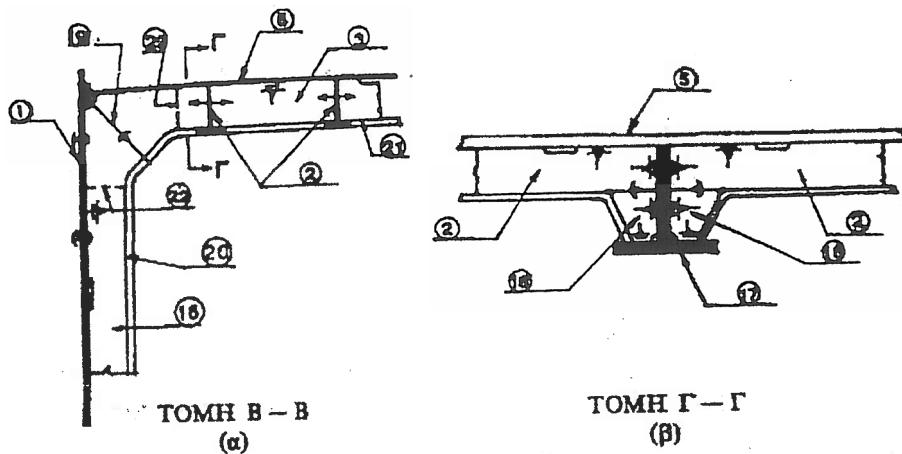


1. Περίβλημα πλευρικών τοιχωμάτων σκάφους – Side shell
2. Διαμήκεις ενισχυμένοι δοκοί (Ενισχυμένες διαδοκίδες) – Longitudinal girder
3. Εγκάρσιοι ενισχυμένοι δοκοί (Ενισχυμένα ζυγά) – Transverse beam
4. Ζυγά – Beam
5. Περίβλημα καταστρώματος – Deck plating
6. Ενισχυτικό έλασμα άκρων αμπαριού – Insert plate

Σύνδεση απλού νομέα με απλό ζυγό και ζυγών με διαδοκίδες σε εγκάρσια κατασκευή καταστρώματος



Σύνδεση ενισχυμένου νομέα με ενισχυμένο ζυγό σε εγκάρσια κατασκευή καταστρώματος



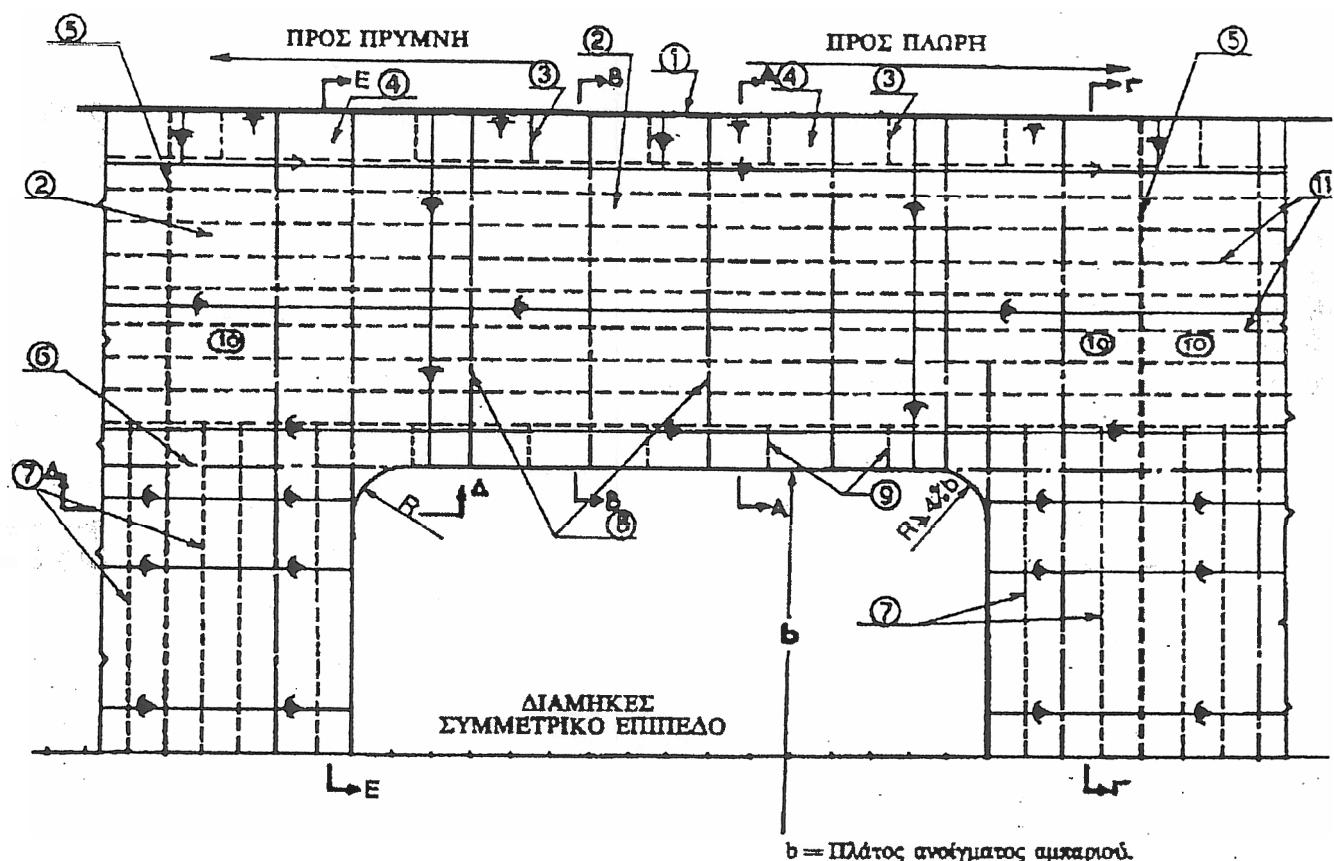
1. Περίβλημα σκάφους- Side shell
2. Ενισχυμένες διαδοκίδες – Deck girder
3. Ενισχυμένα ζυγά – Deck beam
5. Περίβλημα καταστρώματος – Deck plating
16. Ενισχυμένος νομέας – Web frame
17. Ενισχυμένος ζυγός – Deck beam
18. Αγκάνας – Bracket
19. Συγκόλληση – Welding
20. Πέλμα ενισχυμένου νομέα – Facing flat ή Face flat
21. Πέλμα ενισχυμένου ζυγού – Facing flat ή Face flat
22. Εξίπεδα ενισχυτικά ελάσματα – Flat bar stiffeners

Διαμήκη κατασκευή καταστρώματος.

Στο Σχ. 11 βλέπουμε την κάτωψη ενός μέρους καταστρώματος με διαμήκη κατασκευή. Όπως παρατηρούμε, εδώ έχουμε πολλές απλές διαδοκίδες οι οποίες στηρίζονται και εκφορτώνουν τα φορτία τους σε ενισχυμένους ζυγούς.

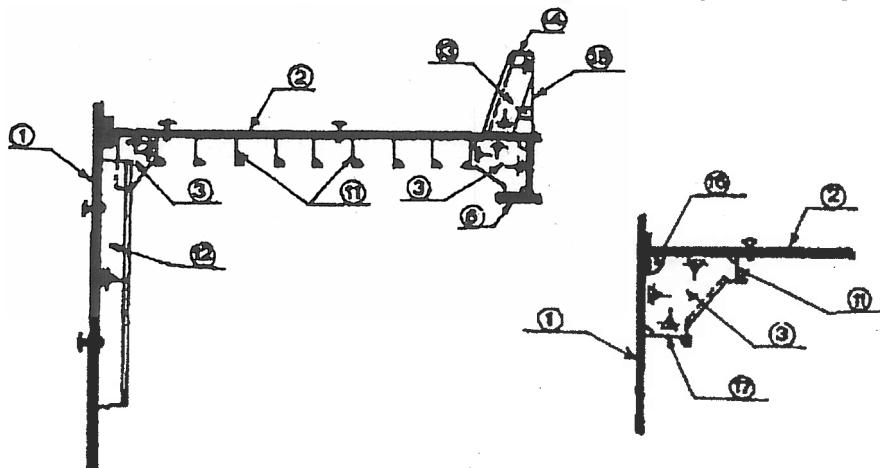
Δεν λείπουν δμως από την κατασκευή και οι ενισχυμένες διαδοκίδες γύρω από τα ανοίγματα των αμπαριών, απαραίτητα για την ενσωμάτωσή τους με τα ενισχυμένα ζυγά και το άνοιγμα του δρόμου για την εκφόρτωση των τάσεων του καταστρώματος.

Μια διαμήκη κατασκευή καταστρώματος, συμβάλλει θετικά και αποτελεσματικά στην αύξηση της διαμήκης αντοχής του πλοίου, μα και σ' αυτή πάρνουν μέρος μόνο τα διαμήκη κατασκευαστικά στοιχεία του κλοίουν.



1. Περίβλημα σκάφους – Side shell
2. Περίβλημα καταστρώματος – Deck plating
3. Αγκώνας – Bracket
4. Πλευρικός λόρος – Stringer
5. Φρακτή – Bulkhead
6. Ενισχυμένη διαδοκίδα – Deck girder
7. Απλά ζυγά – Beam
8. Ενισχυμένα ζυγά – Deck beam
9. Αγκώνας – Bracket
10. Ανθρωποθυρίδες – Man hole
11. Διαδοκίδες – Longitudinal girder

Τρόπος στήριξης απλού νομέα σε διαμήκη κατασκευή καταστρώματος



ΤΟΜΗ Α - Α

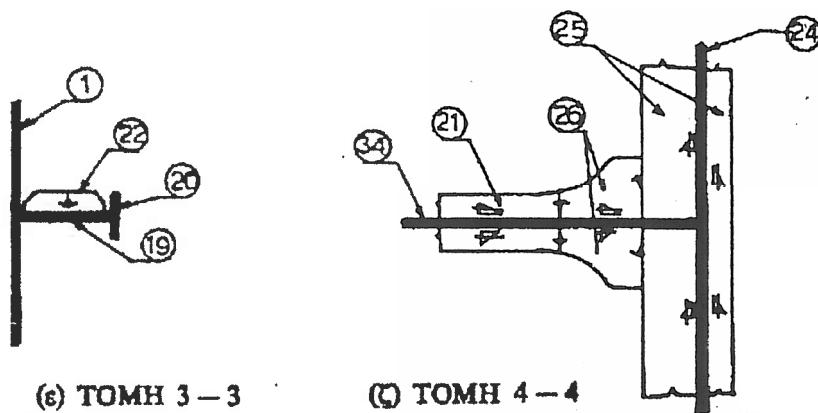
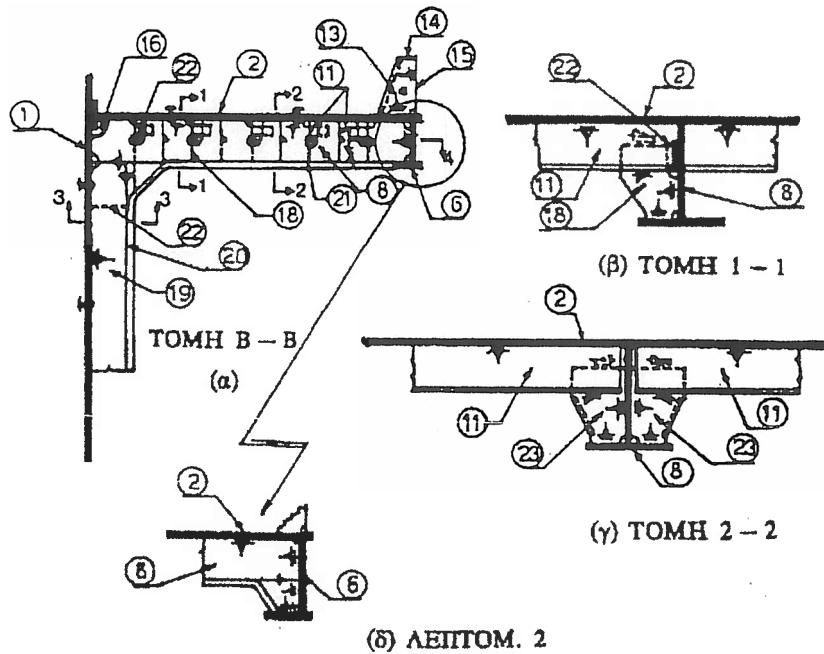
(α)

ΑΕΠΤΟΜ. 1

(β)

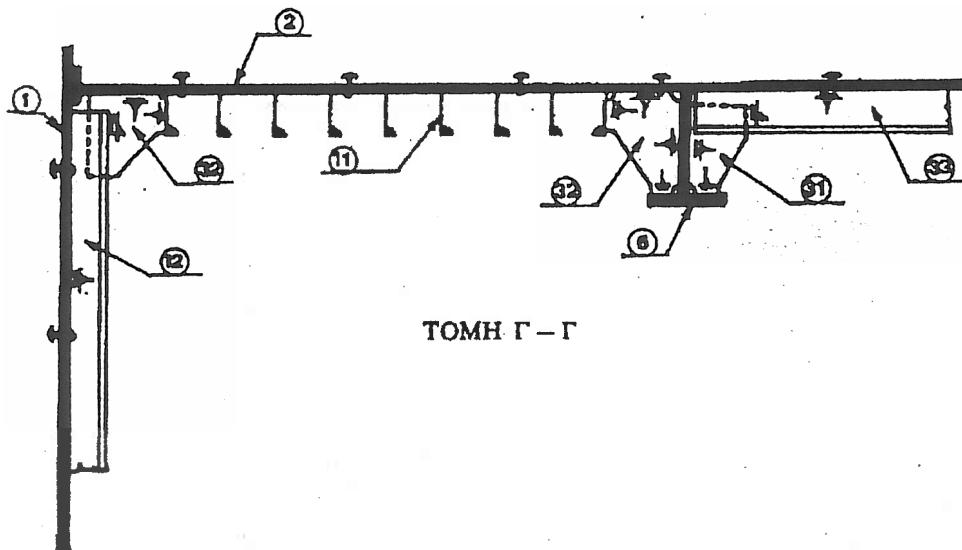
1. Περίβλημα σκάφους – Side shell
2. Περίβλημα καταστρώματος – Deck plating
3. Αγκώνας – Bracket
6. Ενισχυμένη διαδοκίδα – Deck girder
11. Απλές διαδοκίδες – Girder
12. Απλός νομέας – Frame
13. Αγκώνας – Bracket
14. Ενίσχυση μάστρας – Coaming stiffener
15. Έλασμα πλευράς ανοίγματος – Coaming
17. Διαμήκης νομέας – longitudinal frame

Τρόπος σύνδεσης ενισχυμένου νομέα με ενισχυμένο ζυγό και σύνδεση ζυγών με διαδοκίδες σε διαμήκη κατασκευή καταστρώματος



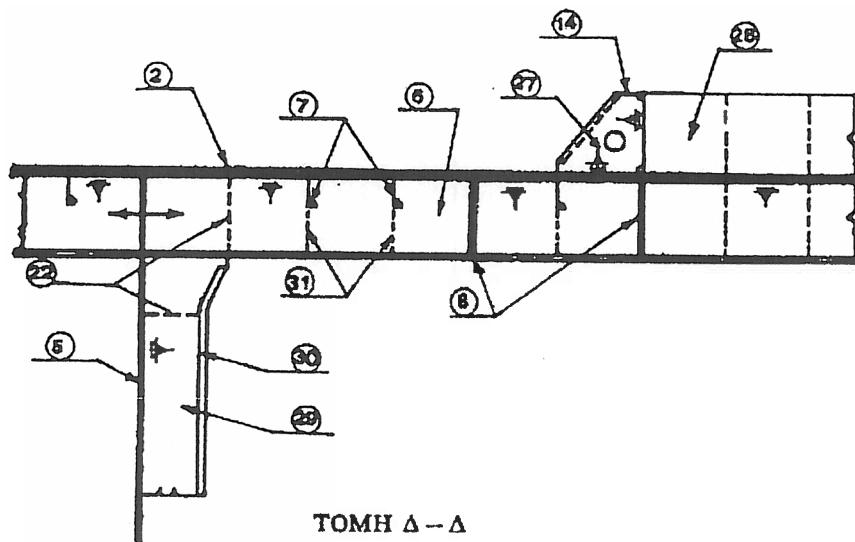
1. Περιβλήμα σκάφους – Side shell
2. Περιβλήμα καταστρώματος – Deck plating
6. Ενισχυμένη διαδοκίδα – Deck girder
8. Ενισχυμένος ζυγός – Deck beam
11. Διαδοκίδες – Beam
13. Αγκάνας – Bracket
14. Ενισχυση μάστρας – Coaming stiffener
15. Ελασμα πλευράς ανοιγμάτου αποτριού – Coaming
18. Αγκάνας – Bracket
19. Ενισχυμένος νομέας – Web frame
20. Πέλμα – Face plate
21. Πέλμα – Face plate
22. Επίπεδο ενισχυτικό έλασμα – Flat bar stiffener
23. Αγκάνας – Bracket
24. Διαδοκίδα – Girder
25. Πέλμα – Face plate
26. Αγκάνας – Bracket
34. Ενισχυμένος ζυγός – Web beam

Συνδυασμός εγκάρσιας με διαμήκη κατασκευή καταστρώματος



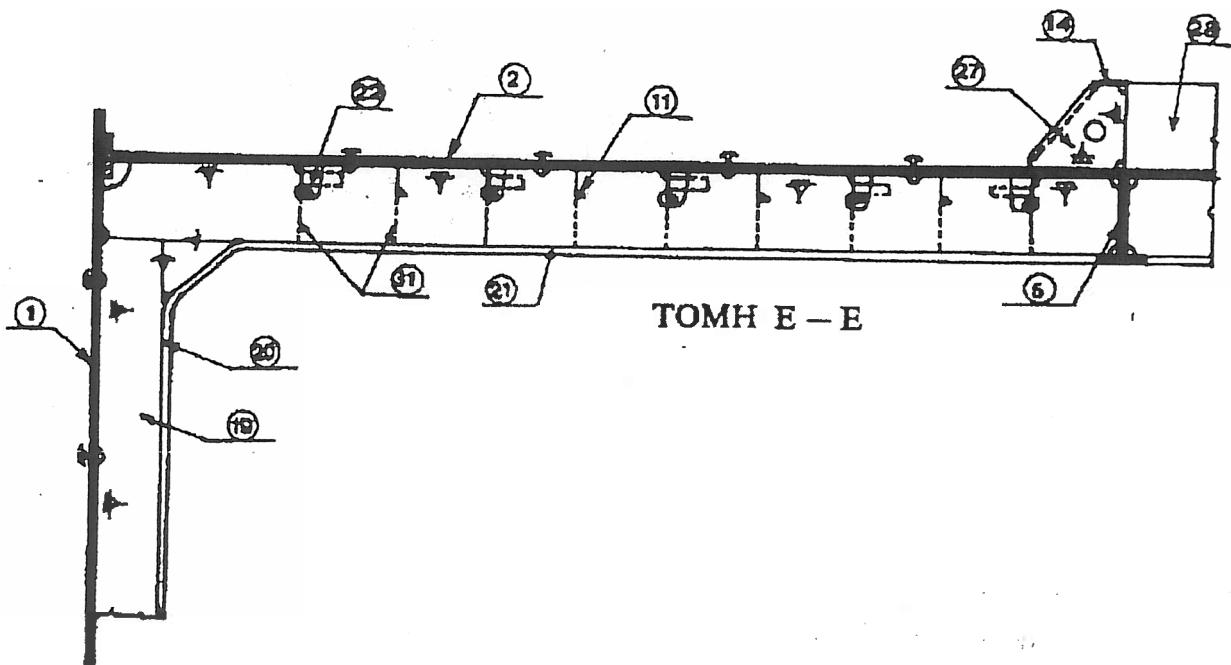
1. Περιβλήμα σκάφους – Side shell
2. Περιβλήμα καταστρώματος – Deck plating
6. Ενισχυμένη διαδοκίδα – Deck girder
11. Διαδοκίδα – Girder
12. Νομέας – Frame
31. Αγκάνας – Bracket
32. Αγκάνας – Bracket
33. Ζυγός – Beam

Όταν η διαδοκίδα διαπερνάει τη στεγανή φρακτή



2. Περιβλήμα καταστρώματος – Deck plating
5. Διάφραγμα – Bulkhead
6. Ενισχυμένη διαδοκίδα – Deck girder
7. Ζυγός – Beam
8. Ενισχυμένα ζυγά – Deck beam
14. Ενίσχυση ελάσματος πλευράς αμαρτιού – Coaming stiffener
22. Επίτεδα ενισχυτικά ελάσματα – Flat bar stiffeners
27. Αγκάνας – Bracket
28. Ελάσμα πλευράς ανοίγματος αμαρτιού – Coaming
29. Κατακόρυφη ενίσχυση – Vertical stiffener
30. Πέλμα – Face plate
31. Αγκάνας – Bracket

Συνδυασμός κατασκευής μεταξύ ενισχυμένων ζυγών και απλών διαδοκίδων



1. Περιβλημα σκάφους – Side shell
2. Περιβλημα καταστρώματος – Deck plating
6. Ενισχυμένη διαδοκίδα – Deck girder
11. Ακλές διαδοκίδες – Beam
14. Ενισχυση μάστρας – Coaming stiffener
19. Ενισχυμένος νομέας – Web frame
20. Πέλμα – Face plate
21. Πέλμα – Face plate
22. Επίτεδο ενισχυτικό έλασμα – Flat bar stiffener
- 27 Αγκώνας – Bracket
28. Έλασμα κλευράς – Side shell
31. Αγκώνας – Bracket

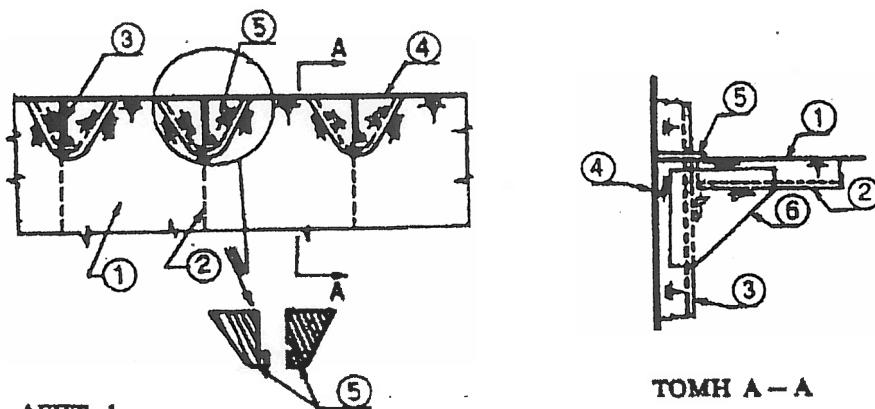
Τρόποι στεγανοποίησης

Ας εξετάσουμε εδώ τον τρόπο στεγανοποίησης διαφόρων στεγανών κατασκευών ενός πλοίου. Για παράδειγμα ας αναφερθούμε στην περίπτωση που ένας μπουλμές διαπερνάται από μια ενίσχυση ή όταν ένα κατάστρωμα διαπερνάται από ένα νομέα και είναι υπόχρεωσική η στεγανοποίησή τους.

Εδώ θα πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο διαμόρφωσης των κομματιών που θα στεγανοποιήσουν την κατασκευή. Θα πρέπει επίσης να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο συγκόλλησης των κομματιών, η συγκόλληση θα ξεκινάει από μέσα προς τα έξω τμηματικά και με κάποια καθυστέρηση έτσι ώστε να φύγεται και με μικρό ηλεκτρόδιο 2,5 ή 3,25 mm, για να αποφεύγουμε την υπερθέρμανση των κομματιών.

Ιος τρόπος στεγανοποίησης

Στο Σχ. εικονίζεται ένα μέρος καταστρώματος το οποίο διαπερνούν οι νομές και απαιτείται στεγανοποίηση.



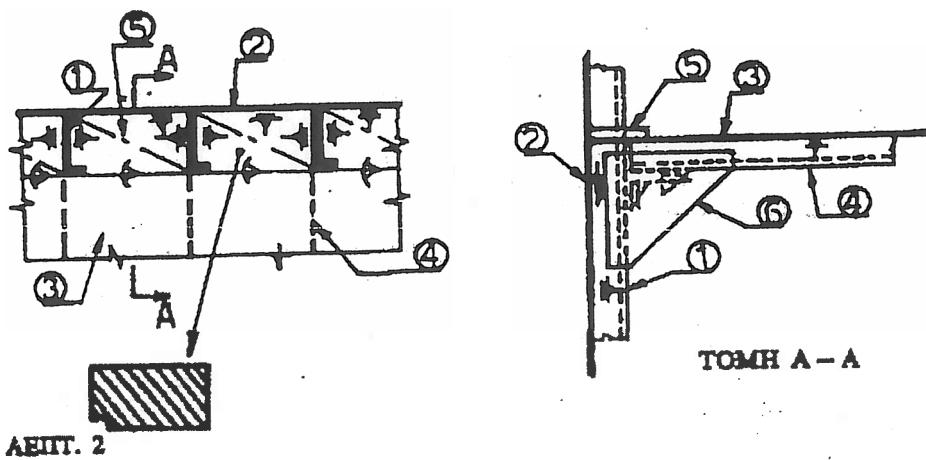
ΛΕΠΤ. 1

1. Περίβλημα καταστρώματος.
 2. Εγκάρσια ενίσχυση καταστρώματος (Συγρός).
 3. Νομέας.
 4. Ηλεκτρικό τοίχωμα σκάφους.
 5. Μέσο στεγανότητας (Μάστια).
 6. Αγκάνωνας (Μερακότο).
- — — — — Τρύπα για την διάλευση της ενίσχυσης
 — — — — — Μέσο στεγανότητας.

Πρώτα ανοίγουμε την οπή (διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα) περάντα η ενίσχυση και γίνεται η διαμόρφωση των κομματιών που θα στεγανωκούσσουν την κατασκευή βάσει της μορφής της ενίσχυσης λεπτομέρεια 1.

Σας τρόπος στεγανοποίησης

Στο Σχ. 1 έχουμε ένα μέρος καταστρόματος όπου περνούν άρθρα οι νομείς και μετά τοποθετείται το έλασμα της υδρορροής, τα κομμάτια κόβονται δύος στην λεπτομέρεια (2) για να μπορεί να γίνει στεγανοποίηση. Και πάλι χρέπει να προσέξουμε στη διαδικασία της συγκόλλησης.

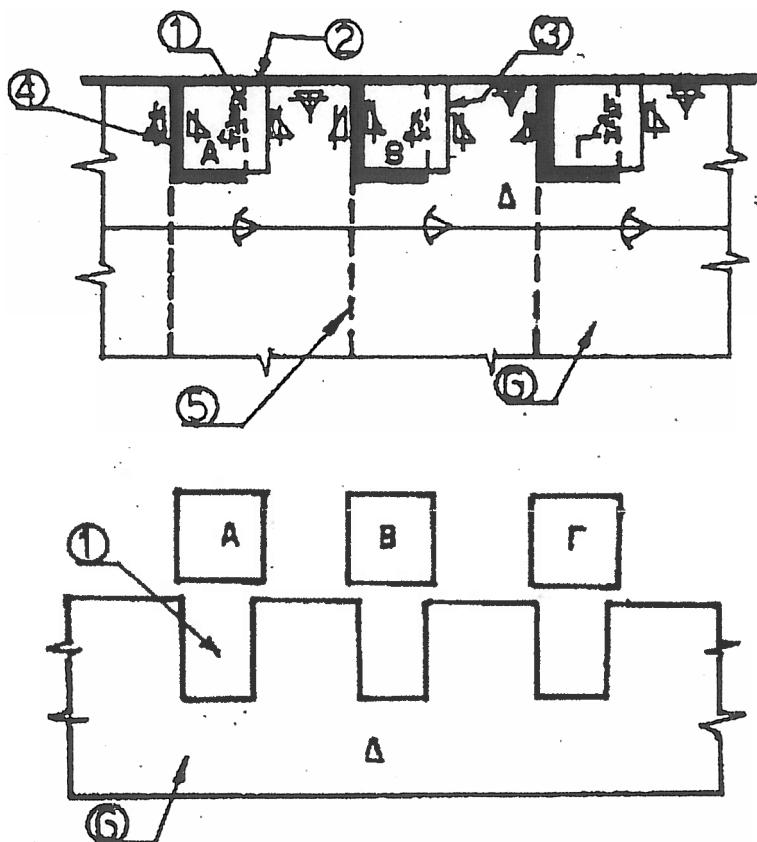


ΑΕΓΓ. 2

1. Νομέας
2. Πλεορικό τοίχωμα στάφους
3. Περίβλημα καταστρόματος
4. Βγαίροντα ενίσχυση καταστρόματος (Συρός)
5. Μέσο στεγανότητος (Μάσια)
6. Αγκάνων (Μικρασίτο)

Στα σύγχρονα στεγανοποιητές

Μια τρίτη περίπτωση στεγανοποίησης είναι αυτή του Σχ.

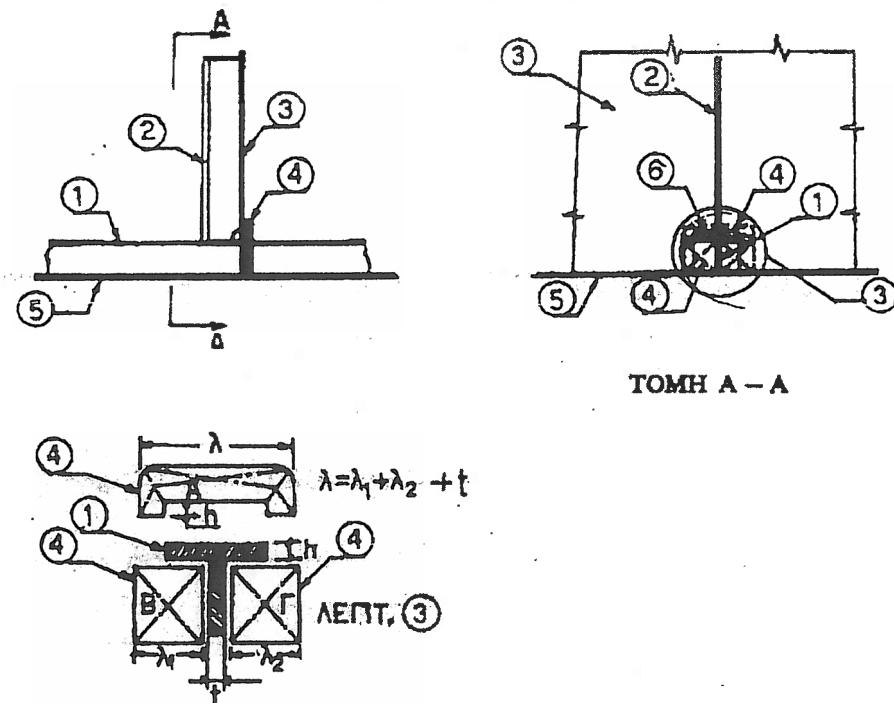


1. Οπή για το κέφασμα της ενίσχυσης.
2. Πλαστικό περίβλημα σκάφους.
3. Μέσο στεγανώτητας (Α, Β, Γ)
4. Νομέσι.
5. Εγκάρσια ενίσχυση καταστρέφεται.
6. Περίβλημα καταστρέφεται.

4ος τρόπος στεγανοποίησης

Τέλος έχουμε την στεγανοποίηση όταν κάποια ενισχυμένη δοκός διαπερνάει ένα κατάστρωμα ή ένα μπουλμέ για παράδειγμα στο Σχ. Ε βλέπουμε ένα ενισχυμένο δοκάρι διατομής (Γ) να διαπερνάει μια στεγανή έδρα νούμενα.

Στη λεπτομέρεια 3 παρατηρούμε ότι το μέσο στεγανότητας αποτελείται από τρία μέρη Α, Β, Γ που προσαρμόζονται γύρω από την ενισχυμένη δοκό.



Στεγανοποίηση έδρας.

Οπή διέλευσης ενίσχυσης.

1. Διαμήκη ενισχυμένη δοκός ποθμένα πλοίου.
2. Κατακόρυφη ενίσχυση έδρας (φρακτής)
3. Έδρα νούμενα (φρακτή)
4. Μέσο στεγανότητας έδρας (φρακτής)
5. Περίβλημα ποθμένα πλοίου.

..... Η περίπτωση στεγανοποίησης μέσα στο διπλόμενο καμψ εποχημένη δοκό.

Ανοίγματα πλευράς

Θυρίδες φόρτωσης, διαβάσεων ή ανεφοδιασμού καυσίμων πάνω στην πλευρά του πλοίου θα πρέπει να είναι ισχυρής κατασκευής και ικανής να κλείνει στεγανά.

Όπου έχουν κοπεί νομείς σε περιοχές όπου υπάρχουν θυρίδες, θα πρέπει να τοποθετούνται ενισχυτικοί νομείς σε κάθε πλευρά του ανοίγματος, και να υπάρχει η κατάλληλη διάταξη υποστήριξης των ζυγών πάνω από το άνοιγμα. Όπου απαιτείται θα πρέπει να τοποθετούνται επιθέματα στρογγυλεμένα στα άκρα, γύρο από το άνοιγμα για να το ενισχύουν.

Παραφωτίδες χώρων ευρισκόμενων κάτω του καταστρώματος των εξάλων ή χώρων μεταξύ υπερκατασκευών, θα πρέπει να διαθέτουν ικανά εσωτερικά καλύμματα διατεταγμένα, ώστε να κλείνονται αποτελεσματικά και να κλείνονται υδατοστεγώς. Θα πρέπει να έχουν ισχυρά πλαίσια και οι παραφωτίδες ανοιγοκλειόμενου τύπου θα πρέπει να έχουν ανοξείδωτες περόνες.

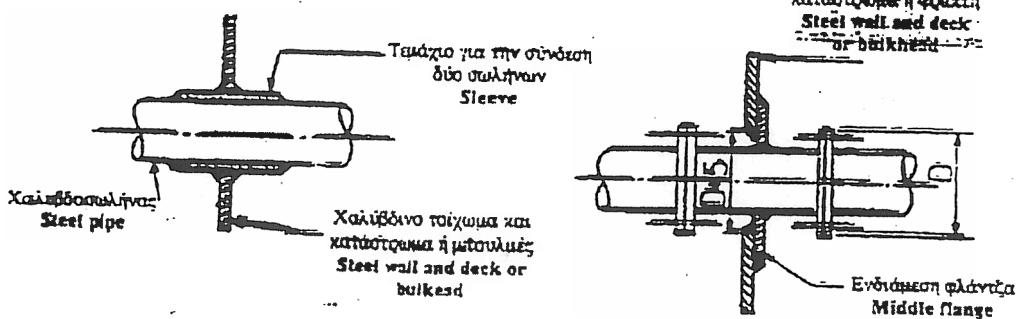
Συνδέσεις επιστομίων με το περίβλημα του σκάφους

Κιβώτια και επιστόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης προσαρμοσμένα πάνω στο σκάφος με κοχλίες θα πρέπει να έχουν τις κεφαλές των κοχλιών συγχονευμένες πάνω στην εξωτερική πλευρά και τους κοχλίες κοχλιωμένους μέσα από το έλασμα.

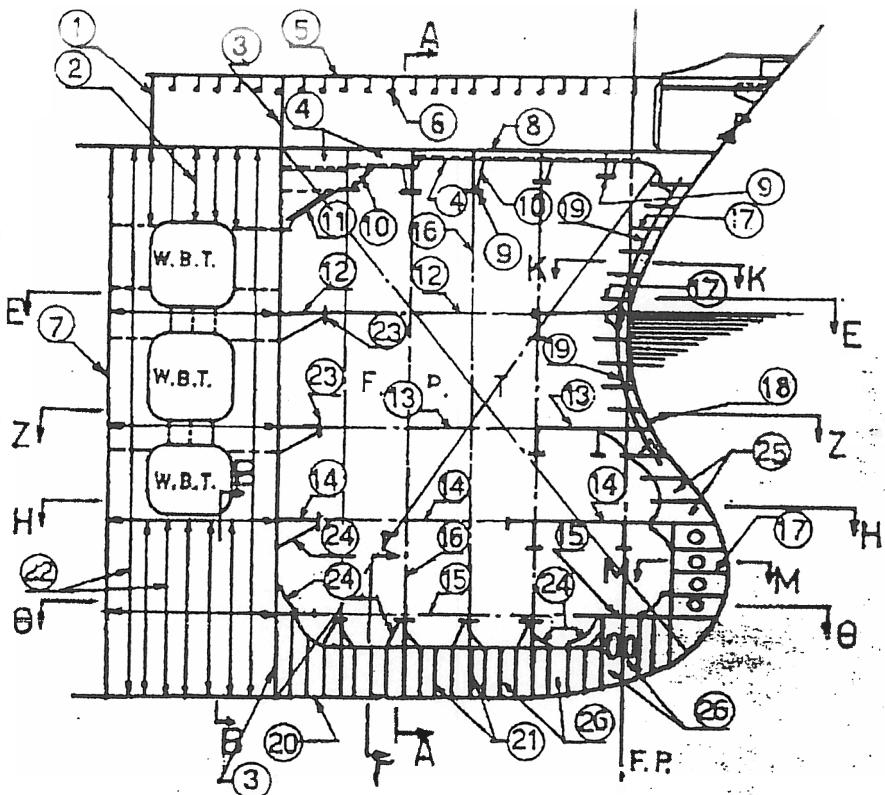
Τα μεταξύ του περιβλήματος και των επιστομίων προστηρομοσμένα κιβώτια αναρρόφησης θαλάσσης και οι συνδέσεις των αποχετεύσεων εκτός πλοίου θα πρέπει να είναι στερεάς κατασκευής και όσον το δυνατόν βραχύτερη. Σωλήνες χρησιμοποιούμενοι για συνδέσεις, οι οποίες διαπερνούν το περίβλημα κάτω από την έμφορτο ίσαλο, πρέπει να είναι πολύ καλής ποιότητας. Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται χυτοσίδηρος για οποιοδήποτε επιστόμιο προσαρμοσμένο σ' αυτές τις συνδέσεις, εάν βρίσκεται κάτω από το κατάστρωμα εξάλων.

Επιτρεπόμενα ανοίγματα φρακτών και τρόπος εξασφάλισης στεγανότητας αυτών όταν π.χ. διέρχονται σωληνώσεις

Όλα τα ανοίγματα επί των φρακτών θα πρέπει να εφοδιάζονται με αποτελεσματικά μέσα κλεισίματος, ώστε να μη είναι δυνατή η διείσδυση νερού μέσα στο πλοίο υπό οποιασδήποτε καιρικές συνθήκες. Οι μηχανισμοί ανοίγματος και κλεισίματος θα πρέπει να είναι πλαισιωμένοι και ενισχυμένοι, ώστε όλη η κατασκευή όταν θα είναι κλεισμένη θα πρέπει να είναι ισοδύναμη της φρακτής χωρίς ανοίγματα.

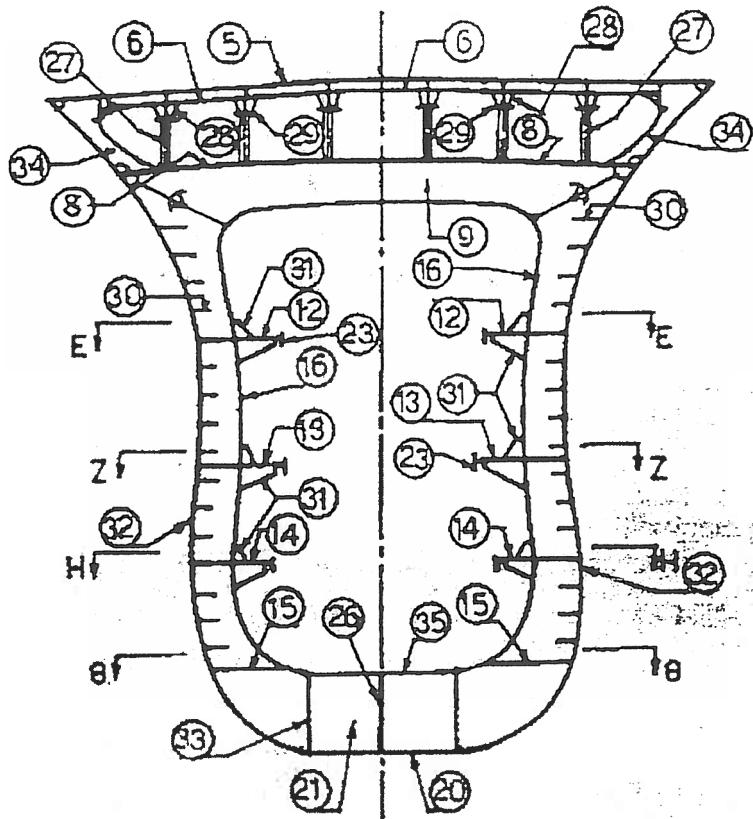


Κατασκευή πλώρης ενός δεξαμενόπλοιου



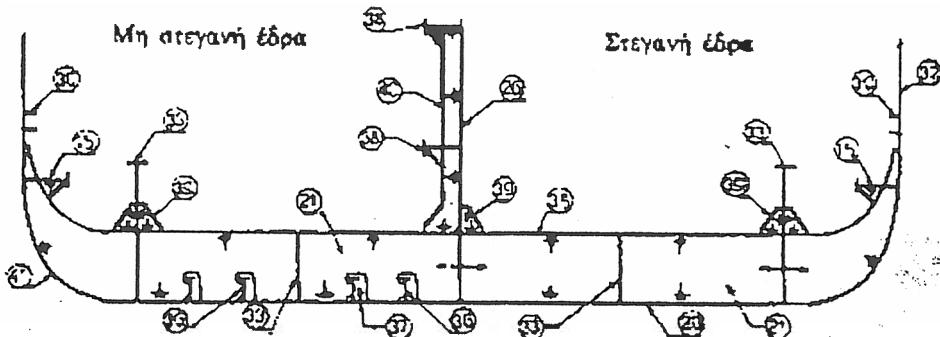
1. Φραστή προστέγου - Forecastle bulkhead
2. Ενισχυμένος νομέας - Web frame
3. Πρωταία φραστή - Collision bulkhead
4. Διαδοσίδες - Deck girder
5. Κατάστρωμα προστέγου - Forecastle deck
6. Απλά ζυγά - Deck beam
7. Φραστή - Bulkhead
8. Κύριο κατάστρωμα - Mean deck
9. Ενισχυμένα ζυγά - Transverse beam
10. Αγάνας - Bracket
11. Αγκάνας - Bracket
12. Πλευρικός λόρος - Stringer
13. Πλευρικός λόρος - Stringer
14. Πλευρικός λόρος - Stringer
15. Πλευρικός λόρος - Stringer
16. Ενισχυμένος νομέας - Web frame
17. Επίκεδα ενισχυτικά ελάσματα - Flat bar stiffeners
18. Ελασμα στείρας - Plate stem
19. Κατακόρυφη ενίσχυση ελάσματος στείρας - Vertical web
20. Περιβλήμα πυθμένα - Bottom plating
21. Εδρες νομέων - Floor plate
22. Εδρες νομέων - Floor plate
23. Πέλμα χλευρικού λόρου - Stringer facing - flat
24. Αγκάνας - Bracket
25. Κατακόρυφα ελάσματα στείρας - Vertical plate stem
26. Κεντρική σταθμίδα - Centre girder
27. Δεξιά μενή θαλάσσιου έρματος - W.B.T.

Εγκάρσια τομή πλωτης (A-A)



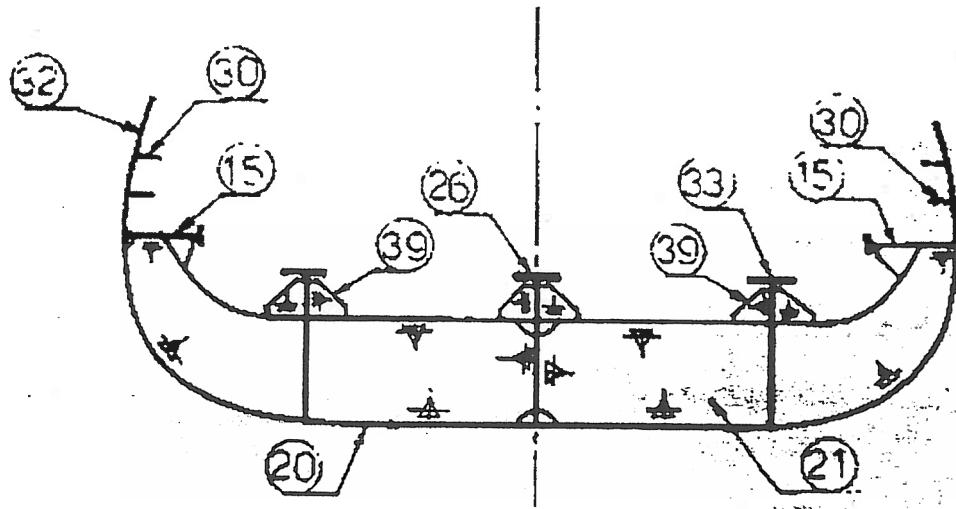
5. Καπάστρομα χρόστεγου – Forecastle deck
6. Ασλά ζυγά – Beam
8. Κύριο καπάστρομα – Main deck
9. Ενισχυμένα ζυγά – Transverse beam
12. Πλευρικός λάρος – Stringer
13. Πλευρικός λάρος – Stringer
14. Πλευρικός λάρος – Stringer
15. Πλευρικός λάρος – Stringer
16. Ενισχυμένος νομέας – Web frame
20. Περίβλημα ποθμένα χλοίου – Bottom plating
21. Έδρα νομέα – Floor plate
23. Πέλμα πλευρικού λάρου – Stringer facing - flat
27. Κεντρική σταθιμίδα – Centre girder
28. Κολόνα – Pillar
29. Ενισχυμένη διαδοκίδα – Side girder
30. Επίσεδα ενισχυτικά ελάσματα πλευρικών τοχομάτων – Side Flat bar stiffeners
31. Αγκάνες – Bracket
32. Περίβλημα πλευρικών τοχομάτων – Side shell
33. Πλευρική σταθιμίδα – Side girder
34. Ενισχυμένος νομέας – Web frame
35. Πέλμα έδρας – Facing - flat floor plate

Εγκάρσια τομή πλώρης (B-B)



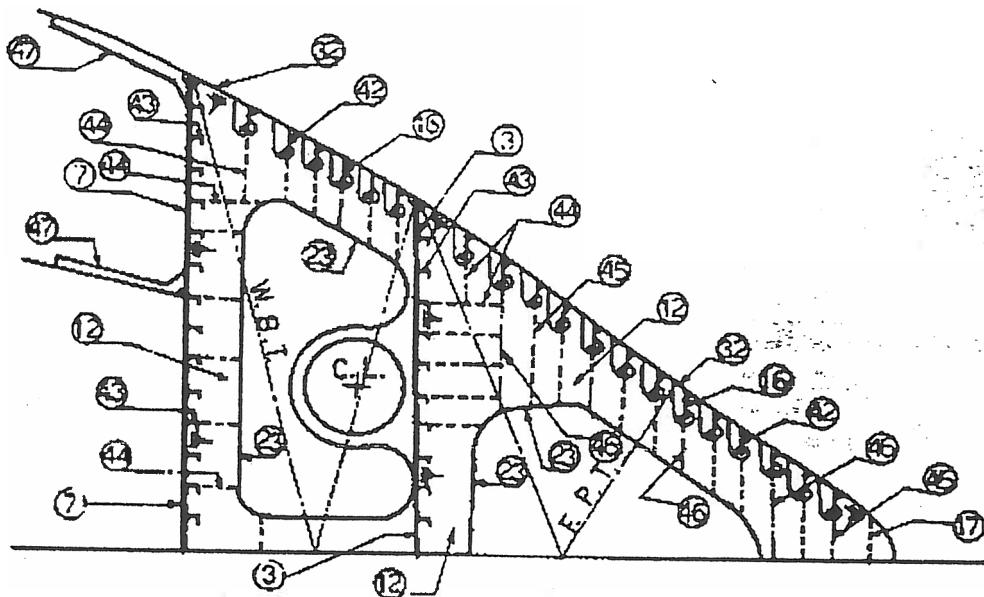
- 15. Πλευρικός λόρος - Stringer
- 20. Περίβλημα πυθμένα - Bottom plating
- 21. Έδρα νομέα - Floor plate
- 26. Κεντρική σταθμίδα - Centre girder
- 30. Επικεδα ενισχυτικά ελάσματα πλευρικών τοιχωμάτων - Flat bar stiffeners
- 32. Περίβλημα πλευρικών τοιχωμάτων - Side shell
- 33. Πλευρικές σταθμίδες - Side girder
- 35. Πλέμα έδρας - Floor plate facing-flat
- 36. Διαμήκεις ενισχύσεις πυθμένα - Bottom longitudinal
- 37. Οσή για το χέρασμα της ενισχυσης - Scutling
- 38. Οριζόντιες διαμήκεις ενισχύσεις - Longitudinal stiffeners
- 39. Αγκάνως - Bracket
- 40. Κατακόρυφες ενισχύσεις - Vertical stiffener
- 41. Περίβλημα κυρτού γάστρας - Side shell

Εγκάρσια τομή πλώρης (Γ-Γ)



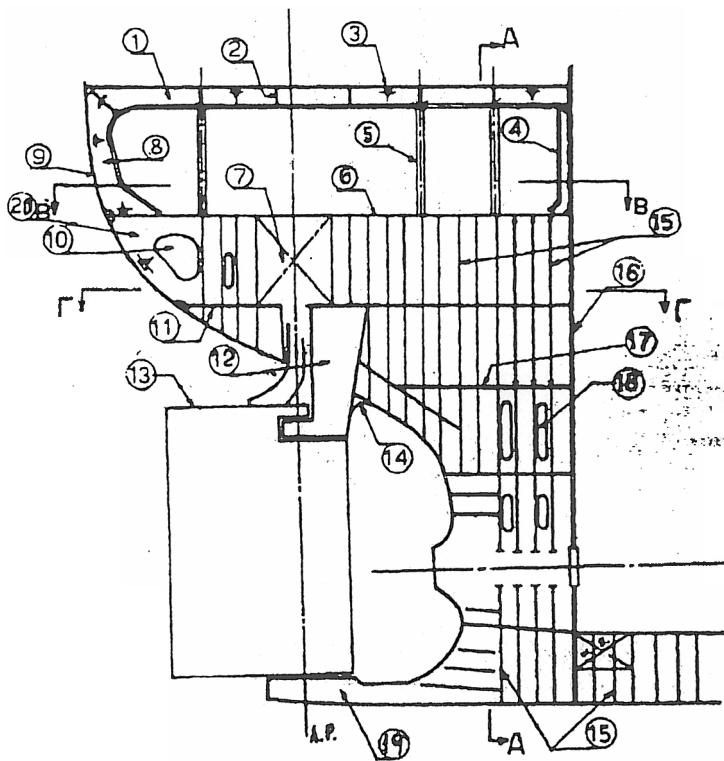
- 15. Πλευρικός λόρος – Stringer
- 20. Περίβλημα πυθμένα – Bottom plating
- 21. Έδρα νομέα – Frame floor.
- 26. Κεντρική σταθμίδα – Centre girder
- 30. Επίπεδα ενιοχυτικά ελάσματα – Flat bar stiffener
- 32. Περίβλημα σκάφους – Shid shell
- 33. Πλευρικές σταθμίδες – Side girder
- 39. Αγκόνας – Bracket

Τομή πλώρης (Ε-Ε)



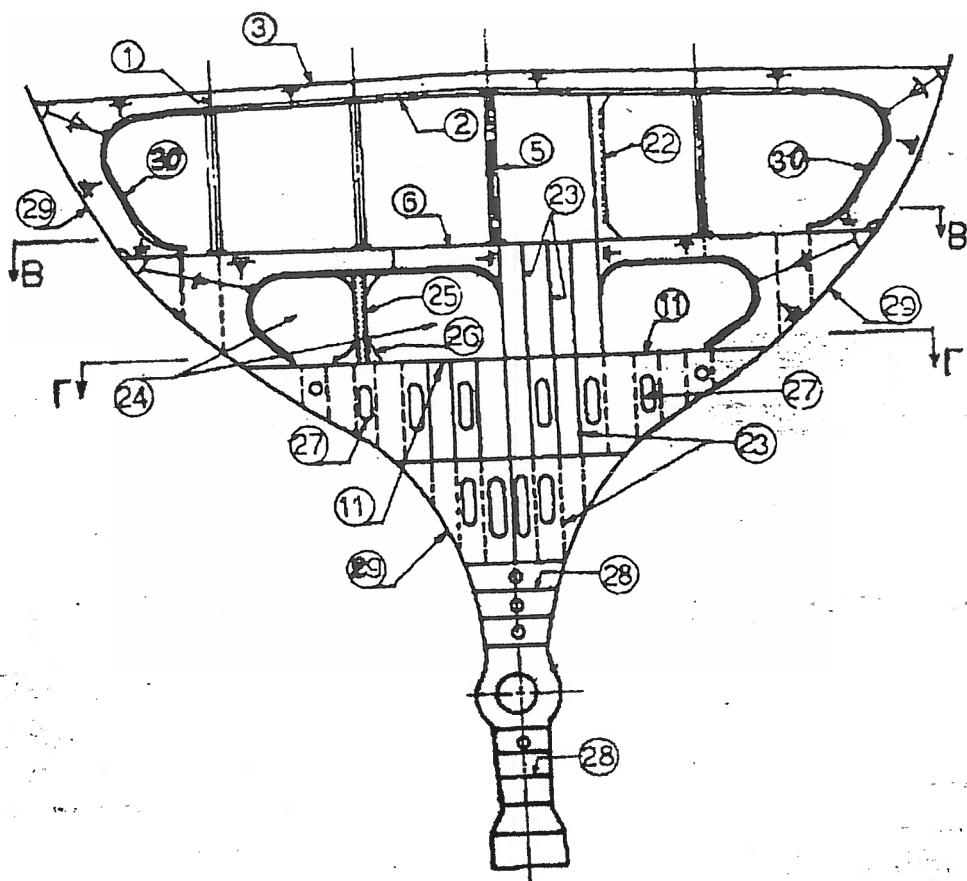
- 3. Πρωραία φρακτή - Collision bulkhead
- 7. Φρακτή - Bulkhead
- 12. Πλευρικός λόρος - Stringer
- 16. Ενισχυμένος νομέας - Web frame
- 17. Επίπεδα ενισχυτικά ελάσματα - Flat bar stiffener
- 23. Πίλμα - Facing flat
- 32. Περιβλήμα πλευρικών τοιχωμάτων - Side shell
- 42. Απλός νομέας - frame
- 43. Κατακόρυφες ενισχύσεις φρακτής - Vertical stiffener
- 44. Αγκάνως - Bracket
- 45. Απλά ζυγά - Transverse beams
- 46. Ενισχυμένα ζυγά - Transverse beams
- 47. Οριζόντιες ενισχύσεις - Horizontal stiffener

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΥΜΝΗΣ



1. Ενισχυμένη διαδοκίδα - Deck girder
2. Ενισχυμένος ζυγός - Deck beam
3. Περίβλημα κύριου καταστρώματος - Deck plate
4. Κατακόρυφη ενίσχυση - Vertical stiffener
5. Κολόνες - Pillar
6. Περίβλημα 2" καταστρώματος - 2on Deck plating
7. Θυρίδα πηδαλίου - Rudder trunk
8. Κατακόρυφη ενίσχυση ελάσματος πρύμνης - Centre line web
9. Ελάσμα πρύμνης - Stern plating
10. Ανθρωποθυρίδα - Man hole
11. Λάρος - Stringer
12. Βάση στήριξης πηδαλίου (βραχίονας) - Transom post
13. Πηδάλιο - Rudder
14. Αγκάνας - Bracket
15. Έδρες νομέων - Floor plate ή frame floor
16. Φρακτή - Bulkhead
17. Λάροι - Stringer
18. Ανθρωποθυρίδες - Man hol
19. Πέλμα ποδοστήματος - Stern frame
20. Κατακόρυφα διαμήκη ενισχυτικά ελάσματα - Deep Web

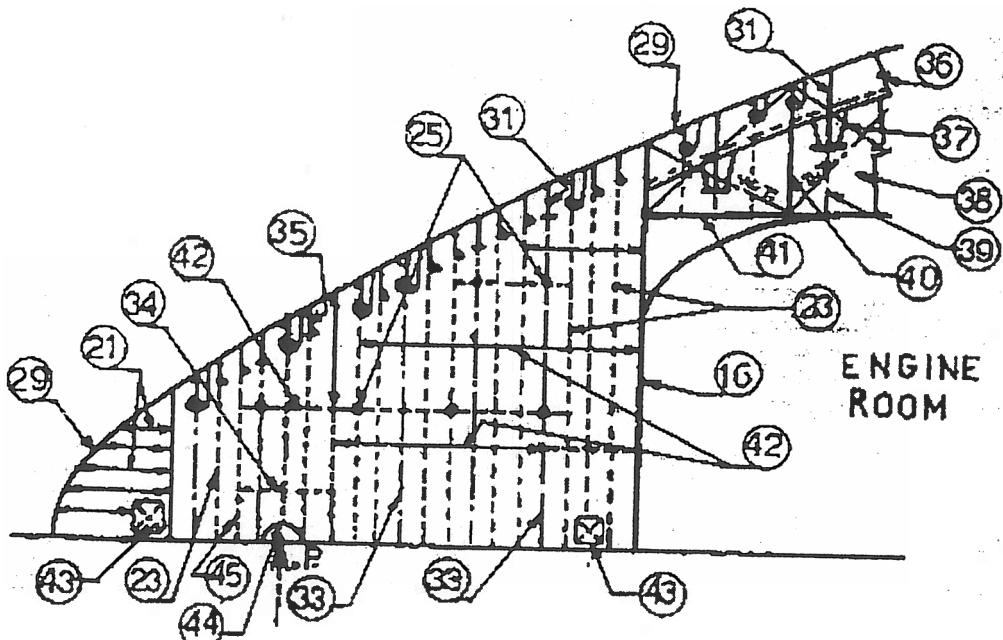
ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΤΟΜΗ ΠΡΥΜΝΗΣ (Α-Α)



ΤΟΜΗ Α - Α

1. Ενισχυμένη διαδοκίδα – Deck girder
2. Ενισχυμένος ζυγός – Transverse beam
3. Περίβλημα κύριου καταστρώματος – Deck plate
5. Κολόνα – Pillar
6. Περίβλημα 2^ο καταστρώματος – 2nd deck plating
11. Οριζόντια φράκτη – Bulkhead
22. Κατακόρυφη ενίσχυση – Vertical stiffener
23. Σταθμίδες – Girder
24. Ανθρωποθυρίδα – Man hole
25. Κολόνα – Pillar
26. Αγκάνας – Bracket
27. Ανθρωποθυρίδα – Man hole
28. Ενισχύσεις ποδοστήματος – Stern stiffeners
29. Περίβλημα πλευρικών τοποχωμάτων σκάφους – side plate
30. Ενισχυμένος νόμεας – Web frame

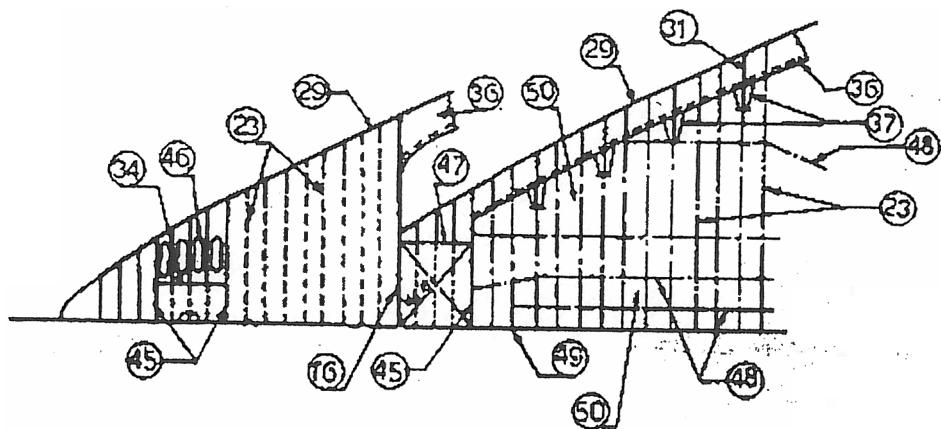
ΚΑΤΟΨΗ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΤΟΜΗ (B-B)



ΤΟΜΗ Β-Β

- 16. Φρακτή - Bulkhead
- 21. Κατακόρυφα διαμήκη ενισχυτικά ελάσματα πρύμνης - Vertical stiffener
- 23. Έδρες νομέων - Floor plate
- 25. Κολόνες - Pillar
- 29. Περιβλήμα χλευρικών τοιχωμάτων σκάφους - Side plate
- 31. Ενισχυμένος νομέας - Web frame
- 33. Ενισχυμένα ζυγά - Transverse beam
- 34. Στεγανή φρακτή - Watertight bulkhead
- 35. Αλλός νομέας - Frame
- 36. Οριζόντια διαμήκη ενισχυση χλευρικών τοιχωμάτων σκάφους - Longitudinal frame
- 37. Αγκάνας - Bracket
- 38. Κατάστρωμα - Deck
- 39. Ενισχυμένος ζυγός - Deck beam
- 40. Στεγανή φρακτή - Watertight bulkhead
- 41. Στεγανή φρακτή - Watertight bulkhead
- 42. Διαμήκη ενισχυμένοι δοκοί - Deck girder
- 43. Ανοίγματα διέλευσης - Opening
- 44. Οπή διέλευσης άξονα πηδαλίου - Rudder shaft hole
- 45. Στεγανή φρακτή - Watertight bulkhead

ΚΑΤΟΨΗ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΤΟΜΗ (Γ-Γ)



ΤΟΜΗ Γ - Γ

- 16. Φρακτή - Bulkhead
- 29. Εδρες νομέων - Floor plate
- 29. Περίβλημα πλευρικών τοιχωμάτων σκάφους - Side plate
- 31. Ενισχυμένος νομέας - Web frame
- 34. Στεγανή φρακτή - Watertight bulkhead
- 36. Οριζόντια διαμήκη ενισχυση πλευρικών τοιχωμάτων σκάφους - Longitudinal frame
- 37. Αγκόνας - Bracket
- 45. Στεγανή φρακτή - Watertight bulkhead
- 46. Ανθρωποθυρίδα - Man hole
- 47. Στεγανή φρακτή - Watertight bulkhead
- 48. Σταθμίδες - Girders
- 49. Κεντρική σταθμίδα - Centre girder
- 50. Περίβλημα οροφής διπύθμενου - Tank top or Double bottom plating

Θύρες ανοιγμάτων πρόσβασης

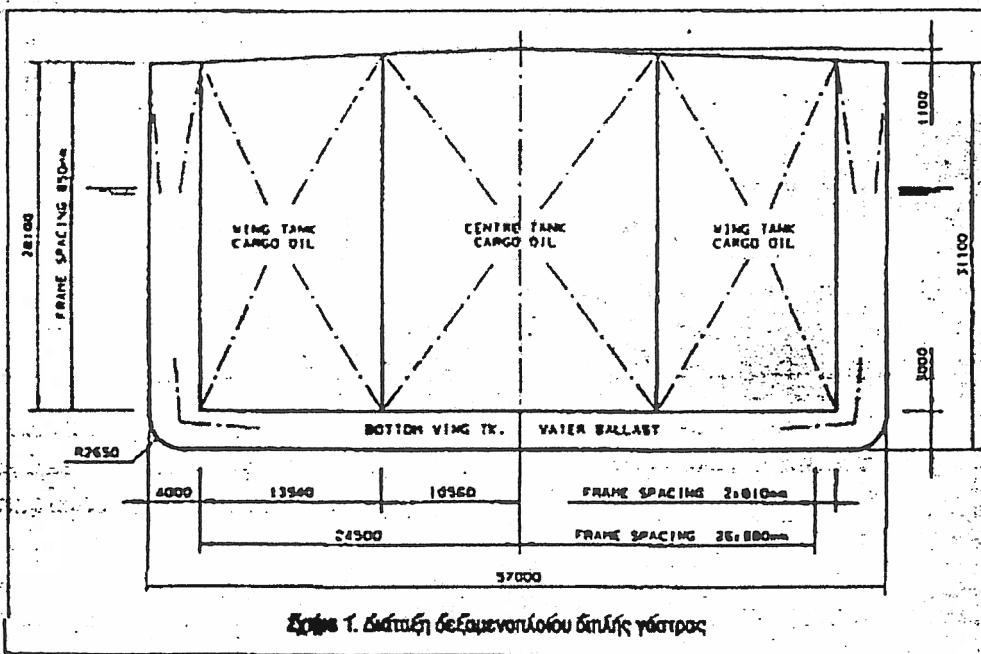
Οι θύρες ανοιγμάτων πρόσβασης εντός εγκεκλεισμένων υπερκατασκευών θα πρέπει να είναι χαλύβδινες, ή από άλλο ισοδύναμο υλικό, μόνιμα και ισχυρά προσαρμοσμένο πάνω στη φρακτή. Οι θύρες θα πρέπει να εφοδιάζονται με παρεμβύσματα και μηχανισμούς στήριξης ή άλλων ισοδύναμων διατάξεων, μόνιμα προσαρμοσμένα πάνω στη φρακτή ή πάνω στη θύρα, οι δε θύρες θα πρέπει να είναι τοποθετημένες κατά τρόπο που να επιτρέπεται η λειτουργία και από τις δύο πλευρές της φρακτής.

ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ

Οι προτεινόμενες διατάξεις των νέων υπερδεξαμενόπλοιων.

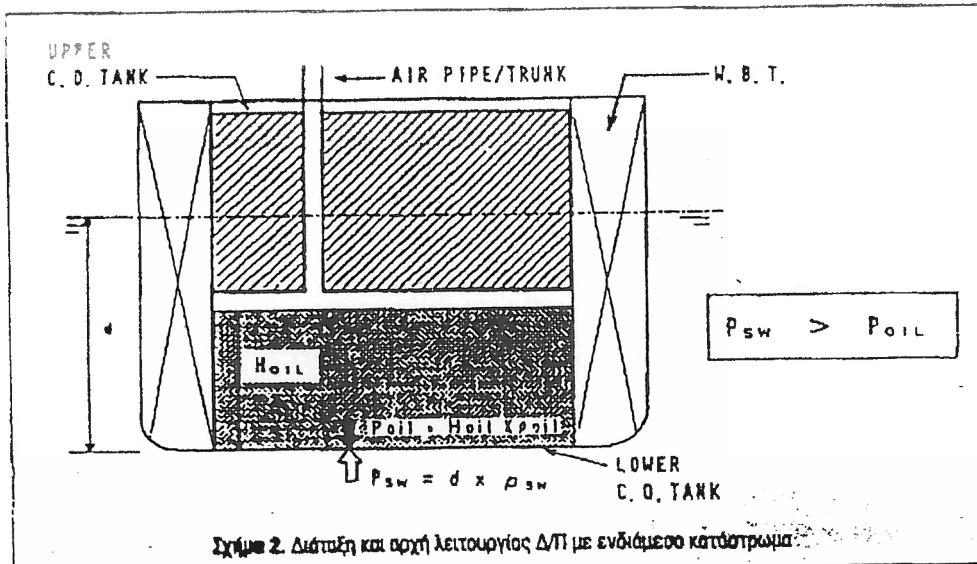
Το αυξανόμενο πρόβλημα της ρύπανσης των θαλασσών είναι ο συμαντικότερος παράγοντας που επηρέασε το σχεδιασμό των νέων Δ/Π. Δύο είναι οι νέοι τύποι δεξαμενόπλοιων που ξεχωρίσαν σαν πιο αποτελεσματικοί ως προς την αποφυγή της ρύπανσης της θάλασσας, συγκεκριμένα:

α. Η διάταξη με διπλή γάστρα στην οποία διπλά πλευρικά τοιχώματα και διπλός πυθμένας εμποδίζουν τη διαρροή πετρελαίου κατά τα ατυχήματα Σχ.1.



Σχήμα 1. Διάταξη δεξαμενοπλοίου διπλής γάστρας

β. Η διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα όπου η τοποθέτηση του ενδιάμεσου καταστρώματος σε κατάλληλο ύψος έχει σαν αποτέλεσμα η υδροστατική πίεση που ασκείται από το πετρέλαιο στον πυθμένα του δεξαμενόπλοιου να είναι μικρότερη από την υδροστατική πίεση του νερού. Επισι σε περίπτωση ρήξης του πυθμένα το θαλασσινό νερό εμποδίζει τη διαρροή του πετρελαίου Σχ.2.



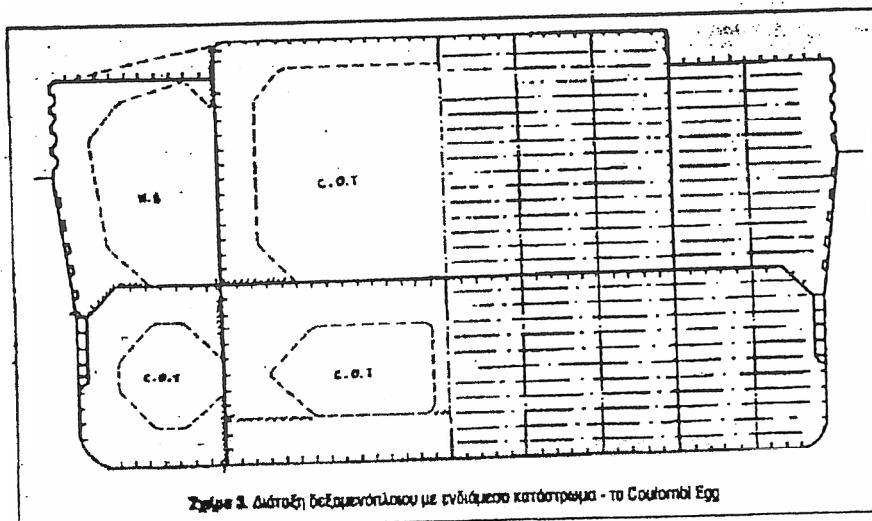
Υπολογισμός και σύγκριση της διαμήκους αντοχής των νέων υπερδεξαμενόπλοιων.

Επιλέξαμε τρία από τα δεξαμενόπλοια που προτείνουν οι σχεδιαστικοί οίκοι με σκοπό να περιγραφούν οι ιδιαιτερότητες της μεταλλικής τους κατασκευής, να υπολογιστεί και να συγκριθεί η μέγιστη πραγματική διαμήκης αντοχή τους. Τα δεξαμενόπλοια που επιλέχθηκαν είναι:

1. Διπλής γάστρας Δ/Π 300.000 τόνων dwt της Daewoo Shipbulding
2. Το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα 280.000 τόνων dwt του Pusan National University της Κορέας.
3. Το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα 280.000 τόνων dwt Coulombi Egg.

Η επιλογή έγινε με τα εξής κριτήρια:

- ένα δεξαμενόπλοιο με διπλή γάστρα.
- ένα δεξαμενόπλοιο με ενδιάμεσο κατάστρωμα.
- το Coulombi Egg, διότι συγκεντρώνει τις καλύτερες κριτικές μέχρι σήμερα από τους διεθνείς οργανισμούς Σχ.3.
- για όλες τις διατάξεις που μελετήθηκαν έπρεπε να διαθέτουμε επαρκή στοιχεία για τους υπολογισμούς.



Προβλήματα τοπικής αντοχής και αντιμετώπισή τους

Η διερεύνηση των παραγόντων που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην αντοχή των υπερδεξαμενόπλοιων μας οδήγησε σε κάποια συμπεράσματα. Το πρώτο είναι ότι:

- Η χρήση χαλύβων υψηλής αντοχής
- Η οικονομία χάλυβα
- Η εκτεταμένη διάβρωση στους χώρους έρματος

οδηγούν σε κατασκευές με μειωμένες διαστάσεις των κατασκευαστικών τους στοιχείων. Επομένως το σημαντικότερο πρόβλημα των μεγάλων δεξαμενόπλοιων είτε είναι διπλής γάστρας, είτε έχουν ενδιάμεσο κατάστρωμα είναι ο λυγισμός εξαιτίας των μειωμένων διαστάσεων των κατασκευαστικών στοιχείων. Για το λόγο αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό τους ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα τοπικού στρεπτο-καμπτικού λυγισμού ο οποίος οδηγεί σε απότομη αποφόρτιση της κατασκευής με καταστρεπτικά αποτελέσματα. Εξετάσαμε τον τρόπο αστοχίας σε λυγισμό του καταστρώματος των δεξαμενόπλοιων στα οποία έγινε αναφορά πιο πάνω (στα ίδια πλοία που έγινε και η μελέτη της διαμήκους αντοχής).

Τα συμπεράσματα των μελετών έχουν ως εξής:

1) Κύριες διαστάσεις και γενική διάταξη

Οι κύριες διαστάσεις των Δ/Π απλού πυθμένα, διπλού πυθμένα και με ενδιάμεσο κατάστρωμα (όλα κατηγορίας VLCC) είναι ίδιες. Παραπορύμε ότι οι διατάξεις του σκάφους με ενδιάμεσο κατάστρωμα έχουν μεγαλύτερο αριθμό δεξαμενών φορτίου και έρματος (πολλές δεξαμενές με μικρές σχετικά διαστάσεις) εξαιτίας της υποδιαίρεσης που προκύπτει με την τοποθέτηση της οριζόντιας φρακτής.

2) Αποτελεσματικότητα των διατάξεων ως προς την αποφυγή της ρύπανσης σε ατόχημα πλευρικές σύγκρουσης και προσάραξης.

Κατ' αρχήν θα πρέπει να τονίσουμε ότι τα πλοία με διπλό πυθμένα καθώς και τα πλοία με ενδιάμεσο κατάστρωμα υπερτερούν έναντι των παλαιοτέρων συμβατικών διατάξεων ως προς την αποτελεσματικότητά τους στην αποφυγή της εκροής πετρελαίου στη θάλασσα σε περίπτωση ατυχήματος. Επομένως η σύγκριση θα γίνει μεταξύ των νεοτέρων διατάξεων.

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει, και αυτό με βάση όλες τις μελέτες που διεξήχθησαν, είναι ότι η διάταξη των Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην πλειοψηφία των περιπτώσεων ατυχήματος έναντι αυτών με διπλή γάστρα.

Η ύπαρξη του ενδιάμεσου καταστρώματος έχει σαν αποτέλεσμα:

- Την μεγαλύτερη υποδιαίρεση των χώρων φορτίου. Ετσι κάθε δεξαμενή Περιέχει μικρότερες ποσότητες πετρελαίου και επομένως σε περίπτωση ζημιάς της η ποσότητα φορτίου του πλανών θα διαφεύσει να είναι μικρότερη από εκείνη που διαρρέει από μια διάταξη διπλής γάστρας που έχει υποστεί την ίδια ακριβώς ζημιά.

- Η υδροστατική πίεση του πετρελαίου γίνεται κατά πολύ μικρότερη από αυτή του θαλασσινού νερού με αποτέλεσμα σε περίπτωση βλάβης το νερό να εμποδίζει τις ποσότητες του πετρελαίου να διαρρεύσουν στη θάλασσα.

3) Ανταγγή

Η διαμήκη αντοχή των Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα εξασφαλίζεται με λίγο μικρότερες ποσότητες χάλυβα από αυτές που χρησιμοποιούνται στις διπλής γάστρας (περίπου 2 με 5% λιγότερο).

Όμως το κόστος κατασκευής είναι περίπου το ίδιο για τους δύο τύπους δεξαμενόπλοιων, καθώς και τα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα απαιτούν αυξημένα δίκτυα σωληνώσεων των οποίων το κόστος ισοβαθμεί το οικονομικό όφελος από τον χάλυβα. Τελικά η διαμήκης αντοχή δεν αποτελεί κριτήριο σύγκρισης των δύο νέων τύπων, καθώς επαρκής αντοχή εξασφαλίζεται με περίπου ίδιο κόστος κατασκευής.

4) Ασφάλεια

Η πιθανότητα εκρήξεων στους χώρους έρματος είναι κατά πού αυξημένες στη διάταξη διπλής γάστρας παρά στη διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Αυτό συμβαίνει διότι η έκταση της επιφάνειας με την οποία συνορεύουν οι δεξαμενές έρματος με τις δεξαμενές φορτίου είναι αρκετά μεγαλύτερη στη διάταξη διπλής γάστρας.

Η πιθανότητα πρόκλησης πυρκαϊάς, η πυρκαϊά στα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα εξαπλώνεται με τον συνήθη τρόπο όπως στα συμβατικά δεξαμενόπλοια απλής γάστρας, ενώ στα διπλής γάστρας υπάρχει αυξημένος κίνδυνος να εξαπλωθεί μέσω του χώρου μεταξύ της διπλής γάστρας και να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτη κατάσταση.

Η δυνατότητα ανάσυρσης μετά από ατύχημα

Κατά την διάρκεια ενός ατυχήματος κάποιοι χώροι και στις δύο διατάξεις κατακλίζονται. Στη διάταξη διπλής γάστρας έχουμε κατάκλιση του χώρου μεταξύ της διπλής γάστρας που οδηγεί σε σημαντική απώλεια άντωσης. Η απώλεια αυτή κάνει ιδιαίτερα δύσκολη την ανάσυρση του σκάφους σε περίπτωση ατυχήματος και το καθιστά ανασφαλές αφού είναι δυνατή μέχρι και η βύθισή του. Τα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα είναι περισσότερο ασφαλή σε αυτή την περίπτωση, καθώς η χαμένη άντωση δεν είναι απαγορευτική για την ανάσυρση του ναυαγίου στην πλειοψηφία των περιπτώσεων.

5) Λειτουργικότητα της διάταξης

Θα εξετάσουμε την λειτουργικότητα της διάταξης ως προς την:

Φόρτωση, εκφόρτωση δεξαμενών έρματος και φορτίου.

Ο μεγάλος αριθμός των δεξαμενών φορτίου δεν επηρεάζει το χρόνο φόρτωσης του πετρελαίου. Οι χρόνοι που απαιτούνται είναι ίδιοι περίπου στις διατάξεις διπλής γάστρας και με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Αντίθετα με τις δεξαμενές φορτίου, οι δεξαμενές έρματος των Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα απαιτούν πολύ μεγαλύτερο χρόνο φόρτωσης και εκφόρτωσης από αυτές των Δ/Π διπλής γάστρας (το διπλής γάστρας είναι ένας ενιαίος χώρος γεγονός που διευκολύνει τον ερματισμό του).

Προετοιμασία για δεξαμενισμό

Και σε αυτή την περίπτωση ο μεγάλος αριθμός των δεξαμενών των Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα καθυστερεί την προετοιμασία του για δεξαμενισμό.

Επιθεώρηση των δεξαμενών

Στα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα ο μεγάλος αριθμός των δεξαμενών φορτίου αυξάνει το χρόνο επιθεώρησής τους. Παρά τη μικρή χρονική καθυστέρηση η επιθεώρηση δεν είναι δύσκολη καθώς οι χώροι φορτίου είναι μεγάλοι και προσιτοί. Παρομοίως, στα Δ/Π διπλής γάστρας η επιθεώρηση των δεξαμενών φορτίου δεν παρουσιάζει δυσκολίες. Η επιθεώρηση των δεξαμενών έρματος στη διάταξη διπλής γάστρας (δηλαδή του χώρου μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού τοιχώματος του πλοίου) είναι αρκετά δύσκολη και χρονοβό-

ρα. Αυτο οφείλεται στη διαμορφωση του, καθώς ειναι πολυ στενος με μεγαλο αριθμο ενισχυτικών που δεν επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση.

Επιπλέον στους χώρους αυτούς απιτείται και επιθεώρηση των προστατευτικών επιστρωμάτων που καλύπτουν τις επιφάνειες για αντιδιαβρωτική προστασία. Και αυτή η επιθεώρηση είναι δύσκολη, όχι μόνο εξαιτίας της διαμόρφωσης του χώρου αλλά και λόγω της μεγάλης έκτασης των επενδεδυμένων επιφανειών.

Η επιθεώρηση των δεξαμενών έρματος στα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα είναι αρκετά εύκολη καθώς οι χώροι είναι προστοί και ευρύχωροι. Επίσης η επενδεδυμένη επιφάνεια που απαιτεί επιθεώρηση είναι μέχρι και τις τρεις φορές μικρότερη από αυτή των ΔΠΙ διπλής γάστρας.

Στο σύνολο της η διαδικασία της επιθεώρησης θεωρείται πού ευκολότερη και συντομότερη στη διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα παρά στη διάταξη διπλής γάστρας.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μπορούμε με όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα να συμπεράνουμε τα εξής:

- Οι νέοι κανονισμοί της MARPOL (13F, 13G Annex1) υποχρεώνουν όλα τα δεξαμενόπλοια άνω των 5000 τόνων dwt να είναι είτε διπλής γάστρας, είτε με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Επομένως τα συμβατικά δεξαμενόπλοια αποτελούν Παρελθόν για τη ναυπηγική βιομηχανία. Παραχώρησαν πλέον οριστικά τη θέση τους στη νέα γενιά δεξαμενόπλοιων.
- Η ΟΠΑ'90 (Oil Pollution Act) αποδέχεται μέχρι τώρα μόνο τις διατάξεις διπλής γάστρας. Μετά όμως από την αποδοχή των διατάξεων με ενδιάμεσο κατάστρωμα από τον IMO, την πού καλή επίδοσή τους σύμφωνα με τις μελέτες που διεξήχθησαν και την πίεση από τους πλοιοκτήτες που εμπορεύονται στα αμερικανικά χωρικά ύδατα η εκτίμησή μας είναι ότι θα αναθεωρήσει τις διατάξεις της στο μέλλον.
- Η νέα γενιά των δεξαμενόπλοιων απαιτεί αυξημένο κόστος κτήσης και συντήρησης και ασφαλώς αύξηση των ναύλων.

Βιβλιογραφία

- American Bureau of Shipping Summary report Act of 1990 Meeting March 1992, New York.
- American Bureau of Shipping U.S. Oil Pollution Act of 1990 - a Sumary. September 1990, New York.
- Intertanko evaluates enhanced mid - deck tanker. Article appearing in the Naval Architect, RINA, London, 1991, p.E291.
- Bjorkman A. Coulombi Egg Oil Tanker - Design, Construction and Certification. Handbook, Monako, August 1991.
- Mitsubishi Heavy Industries (Europe) Ltd. Mid-dec Tanker. Report, London, November 1990
- Det norske Veritas Classification A/S. Potential Oil Spill from Tankers-a Comparative Study. DnV Classification News, Oslo, March 1991.

Σύστημα δεξαμενών διαχωρισμένου έρματος (SBT) (Segregated Ballast Tanks)

Είναι γνωστό ότι μεγάλο μέρος των πετρελαιοειδών που συμβάλλει στη ρύπανση των θαλασσών, οφείλεται στις θαλάσσιες μεταφορές. Οι σημαντικότερες αιτίες ρύπανσης από πετρελαιοειδή λόγω των θαλασσίων μεταφορών είναι δύο:

- Τα ατυχήματα.

β. Η ίδια η λειτουργία των πλοίων

Ατυχηματική ρύπανση

Σύμφωνα με τα στατιστικά δεδομένα η ατυχηματική ρύπανση συμβάλλει στο ολικό ποσό του πετρελαίου που εισάγεται στη θάλασσα σε ποσοστό 5+10%.

Τα ατυχήματα που μπορούν να συμβούν οφείλονται σε διαφορετικούς λόγους. Μπορεί να προκληθούν από τη σύγκρουση ενός πετρελαιοφόρου με άλλο πλοίο, από προσάραξη ή από έκρηξη πυρκαϊάς. Η μεταφόρτωση πετρελαίου από μεγάλα Π/Φ σε μικρότερη περιέχει μεγάλους κινδύνους ατυχηματικής ρύπανσης. Ακόμη απορρίψεις πετρελαιοειδών που οφείλονται σε ανθρώπινο λάθος συγκαταλέγονται στις ατυχηματικές ρυπάνεις.

Λειτουργικές απορρίψεις

Οι λειτουργικές απορρίψεις πετρελαιοειδών από πλοία αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα της συνολικής ποσότητας πετρελαίου που εισάγεται στη θάλασσα από πηγές που σχετίζονται με τη θαλάσσια μεταφορά. Οι απορρίψεις αυτές οφείλονται:

α. Στις τεράστιες ποσότητες αργού πετρελαίου και προϊόντων αυτού που μεταφέρονται μέσω της θάλασσας.

β. Στο γεγονός ότι όλα σχεδόν τα πλοία σήμερα χρησιμοποιούν το πετρέλαιο σαν καύσιμο.

Κατ' αρχή η κατακράτηση των πετρελαιοειδών καταλοίπων επάνω στο πλοία και η εισαγωγή νέων συστημάτων αργότερα με την εφαρμογή της MARPOL 73/78, όπως SBT και COW έχουν συντελέσει στην ελαχιστοποίηση της ρύπανσης που προέρχεται από τη διαδικασία του ερματισμού. Ομοίως η εισαγωγή συστημάτων διαχωρισμού πετρελαίου - νερού στο χώρο του μηχανοστάσιου έχει ελαχιστοποίησει την απόρριψη πετρελαιοειδών από το χώρο αυτό.

Η πιο συμαντική ενέργεια προς την επίτευξη του σκοπού της αποφυγής της ρύπανσης είναι η εισαγωγή του θεσμού των δεξαμενών διαχωρισμένου έρματος (segregated ballast tanks) SBT.

Οι δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος (SBT) είναι δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για τον ερματισμό του πετρελαιοφόρου με πλήρη διαχωρισμό από το φορτίο πετρελαίου και τα κυκλώματα των καυσίμων. Η όλη διάταξη δηλαδή των δεξαμενών SBT σε ένα πετρελαιοφόρο (δεξαμενές, αντλίες, σωληνώσεις) είναι ανεξάρτητη από το σύστημα χειρισμού του φορτίου και των καυσίμων. Οι δεξαμενές αυτές προορίζονται αποκλειστικά για τη μεταφορά έρματος.

Με το σύστημα των SBT επιδιώκεται ο πλήρης διαχωρισμός φορτίου και καυσίμου από το θαλάσσερμα, τόσο από τις ίδιες τις δεξαμενές όσο και από τις σωληνώσεις και τις αντλίες. Με τον τρόπο αυτό μηδενίζεται η θαλάσσια ρύπανση λόγω των εργασιών ερματισμού διότι τώρα το πλοίο δεν μεταφέρει πλέον μη καθαρό θαλάσσερμα.

Οι απαιτήσεις ως προς τις SBT καθώς και άλλα συστήματα για την αποφυγή της ρύπανσης, που πρέπει να πληρούν οι διάφορες κατηγορίες πλοίων, φαίνονται στους πίνακες του κεφαλαίου 1.

Χαρακτηριστικά και γενικές απαιτήσεις

Εκτός από την υποχρέωση για έχει δεξαμενές SBT ένα πλοίο, έχουν θεσπιστεί κανονισμοί από την MARPOL 73/78 που καθορίζουν το μέγεθος αυτών των δεξαμενών.

Απαιτήσεις για τη χωρητικότητα των δεξαμενών διαχωρισμένου έρματος (SBT)

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της MARPOL, για τον ερματισμό των άφορτων δεξαμενόπλοιων πρέπει να χρησιμοποιούνται οι δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος (SBT). Η χωρη-

τικότητας των δεξαμενών αυτών και θορίζεται έτσι ώστε το πλοίο να μπορεί να ταξιδεύσει με ασφάλεια σε κατάσταση ερματισμού χωρίς να καταφύγει στη χρησιμοποίηση των δεξαμενών φορτίου για θαλάσσης εκτός από τις σπάνιες περιπτώσεις που λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών είναι αναγκαίο, κατά τη γνώμη του πλοιάρχου, να τοποθετηθεί πρόσθιτο θαλάσσιο έρμα στις δεξαμενές φορτίου για την ασφάλεια του πλοίου.

Επίσης σύμφωνα με την MARPOL για δεξαμενόπλοια που έχουν μήκος ίσο ή μεγαλύτερο από 150 μ. η ελάχιστη χωρητικότητα των δεξαμενών διαχωρισμένου έρματος πρέπει να είναι τόση, που σε οποιαδήποτε κτάσταση ερματισμού ή οποιοδήποτε μέρος του ταξιδιού, συμπεριλαμβανομένης και της καταστάσεως αφόρτου εκτοπίσματος και διαχωρισμένου έρματος μόνο, το βύθισμα και η διαγωγή του πλοίου πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες οριακές απαιτήσεις:

α. Το εσωτερικό βύθισμα στο μέσο του πλοίου σε μέτρα δεν πρέπει να είναι λιγότερο από $2.0 + 0.02L$.

β. Οποιαδήποτε έμπρυμνη διαγωγή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα $0.015L$ και

γ. Πρέπει να επιτυγχάνεται πλήρης βύθισης της έλικας.

Σχετικά με τις απαιτήσεις αυτές για χωρητικότητα των SBT πρέπει να σημειωθούν τα ακόλουθα:

1. Το ελάχιστο βύθισμα πρέπει να επιτυχάνεται προσθέτοντας μόνο το διαχωρισμένο έρμα στο άφορτο εκτόπισμα του πλοίου, δηλ. χωρίς φορτίο, καύσιμα, λιπαντικά, πόσιμο και γλυκό νερό, αναλώσιμα είδη, επιβάτες και πλήρωμα με τα προσωπικά τους είδη κ.λ.π.

Επομένως το πόσιμο νερό ή το καύσιμο που μεταφέρεται σε δεξαμενές που παραμένουν τελείως γεμάτες καθ' όλη την διάρκεια του ταξιδιού σε κατάσταση ερματισμού, δεν πρέπει να θεωρείται σαν μέρος του διχωρισμένου έρματος.

Τα στεγανά «Cofferdam» καθώς και οι πρωραίες ή οι πρυμναίες δεξαμενές ζυγοστάθμισης, μπορούν αντίθετα να συμπεριληφτούν στη χωρητικότητα των SBT - εφόσον στις δεξαμενές αυτές μεταφέρεται αποκλειστικά θαλάσσης ερματισμός και γι' αυτό το σκοπό οι δεξαμενές αυτές είναι μόνιμα συνδεδεμένες με το σύστημα ερματισμού του πλοίου.

2. Η απαίτηση για πλήρη βύθιση της έλικας μπορεί να ικανοποιηθεί όταν το πλοίο βρίσκεται σε πλήρη ακτινησία.

3. Εχει γίνει αποδεκτή κάποια τροποποίηση στον κανονισμό βάση της οποίας η Αρχή μπορεί να επιτρέψει σε δεξαμενόπλοια να μεταφέρουν πρόσθιτο θαλάσσης ερματισμό σε δεξαμενές φορτίου όχι μόνο σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες αλλά και στις ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Όταν πλοία συνδιασμένου φορτίου πρέπει να εργαστούν κάτω από γερανογέφυρες φορτεκφόρτωσης.

2. Όταν το πλοίο πρέπει να περάσει κάτω από χαμηλή γέφυρα.

3. Όταν οι τοπικοί κανονισμοί για λιμάνια ή διώρυγες απαιτούν ειδικά βυθίσματα για ασφαλή ναυσιπλοΐα.

Σύφωνα με μελέτες που έχουν γίνει, η ποσότητα του έρματος που απαιτείται για για πληρούνται οι πιο πάνω κανονισμοί εξαρτάται από δύο παράγοντες:

α. Χαρακτηριστικά του σκάφους και

β. Καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή που πλέει το σκάφος.

Τα χαρακτηριστικά του σκάφους που επιδρούν στην ποσότητα του απαιτούμενου έρματος είναι το μέγεθος του σκάφους, η ύπαρξη βιολβοειδούς πλώρης, οι αναλογίες βαρών του σκάφους, η μορφή της γάστρας, το μέγεθος της έλικας κ.ά.

Όμως η εκτίευξη των πιο πάνω αναφερομένων συνθηκών (απαιτούμενο βύθισμα, επιτρεπόμενο trim) εξαρτάται, κατά μεγάλο ποσοστό, από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή πλεύσης.

Κάνοντας κάποιο θεωρητικό διαχωρισμό στις καιρικές συνθήκες και θεωρώντας κανονικές συνθήκες καιρού όταν ο άνεμος είναι μέχρι πέντε (5) Beaufort και συνθήκες δυνατού ανέμου όταν ο άνεμος είναι έξι (6) Beaufort ή μεγαλύτερος, από μελέτες που έχουν γίνει,

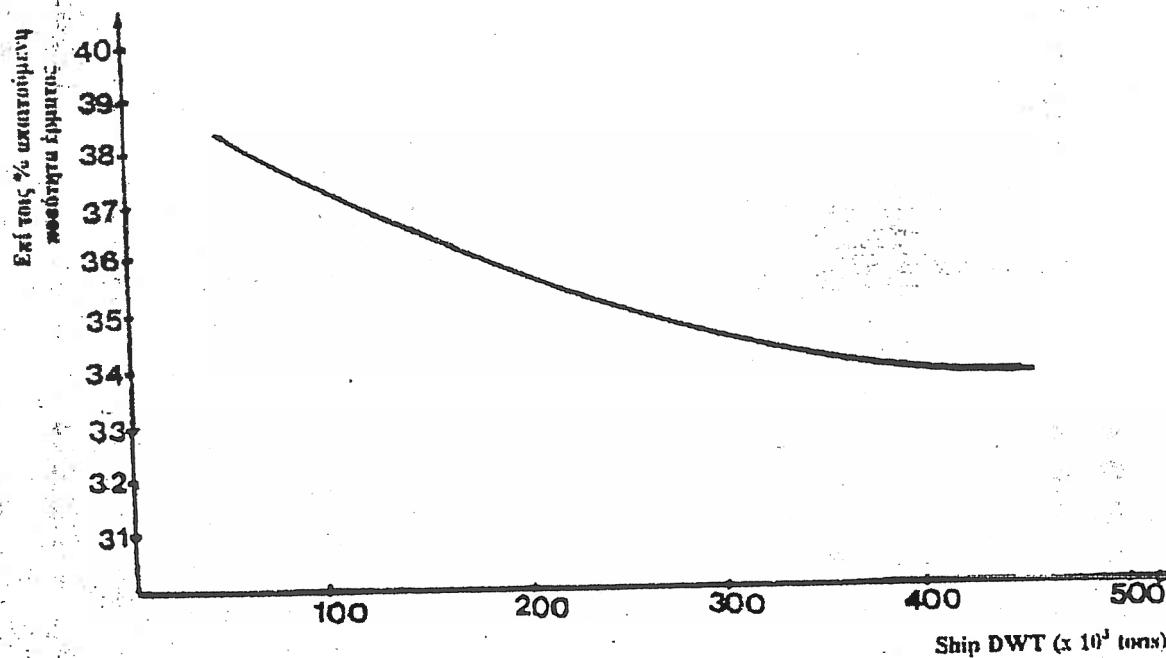
μιαρύσυμα να δεύμει ότι για να έχωνται καλά γαρακτηριστικά πλεύσης ερματισμού σε κανονικές συνθήκες καιρου θα πρέπει η ποσότητα του έρματος να είναι περύπου ίση με 25 - 30% της ποσότητας του Dwt.

Σε συνθήκες δυνατού καιρού η απαιτούμενη ποσότητα έρματος για την επίτευξη καλών συνθηκών πλεύσης ανέρχεται σε 33% - 40% του Dwt.

Μετά από αυτά καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι με κατάλληλη τοποθέτηση δεξαμενών διαχωρισμένου έρματος, των οποίων ο όγκος αντιστοιχεί σε μεταφερόμενη ποσότητα έρματος ίση με 33% έως 40% του Dwt, είναι ικανό ένα δεξαμενόπλοιο να επιτύχει ασφαλή πλεύση και ταυτόχρονα την εφαρμογή των κανονισμών της MARPOL.

Από στατιστικά στοιχεία είναι γνωστό ότι για τα δεξαμενόπλοια το Dwt αντιπροσωπεύει ποσότητα ίση με το 85% του εκτοπίσματος στην κατάσταση πλήρους φόρτωσης, ενώ στο βάρος του κενού πλοίου αντιστοιχεί το υπόλοιπο 15%. Όταν λοιπόν ένα δεξαμενόπλοιο στην κατάσταση ερματισμού φέρει διαχωρισμένο έρμα της τάξεως του 35% έως 40% του Dwt, το εκτόπισμά του είναι περίπου ίσο με το 50% του εκτοπίσματος της κατάστασης πλήρους φόρτωσης.

Στο διάγραμμα βλέπουμε την επί τοις % απαιτούμενη ποσότητα έρματος σε συνάρτηση του Dwt.



Απαιτούμενη χωρητικότητα δεξαμενών SBΤ συναρτήσεις του DWT του πλοίου

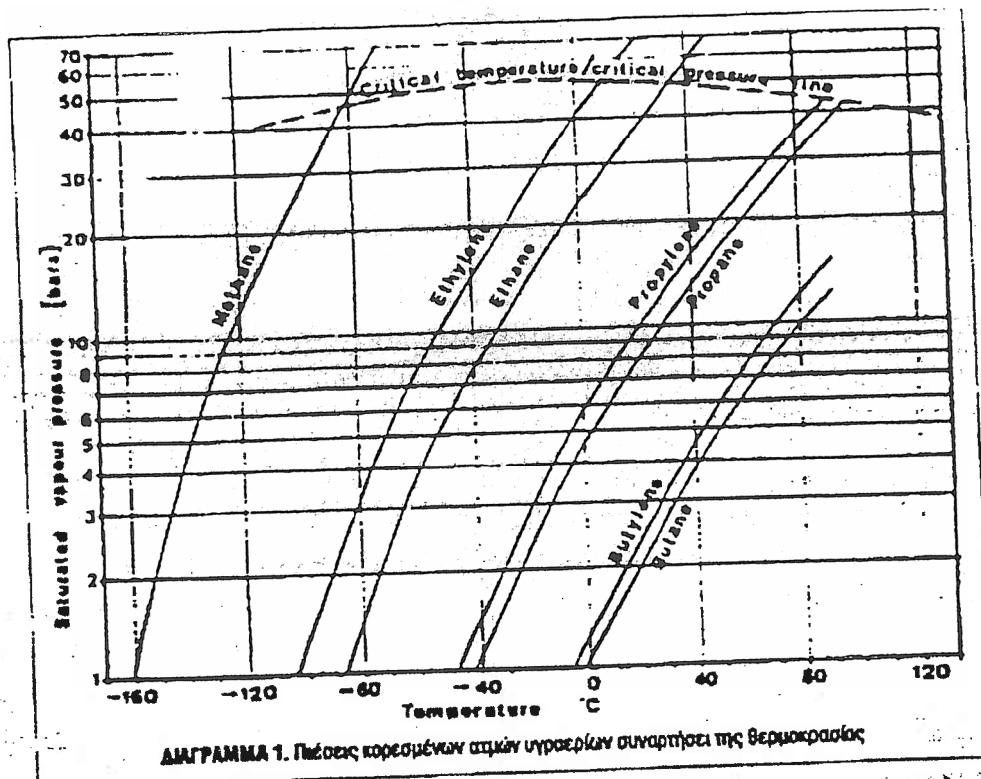
Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνονται τρία δεξαμενόπλοια εκτοπίσματος 247.000, 385.000 και 575.000 tons αντίστοιχα. Στα σχήματα 1 έως και 3 βλέπουμε δεξαμενόπλοια με διάταξη σχεδιασμένη σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ίσχυαν πριν από την εφαρμογή των κανονισμών της MARPOL. Στα σχήματα 4,5,6 απεικονίζονται σχεδιαστικές παραλλαγές των ιδίων δεξαμενόπλοιων -το Dwt παραμένει σταθερό- οι οποίες πληρούν τις προδιαγραφές των κανονισμών της MARPOL και μπορούν να φέρουν τόσο διαχωρισμένο έρμα ώστε το εκτόπισμά τους στην κατάσταση ερματισμού να είναι ίσο με το 50% του εκτοπίσματος στην κατάσταση πλήρους φόρτωσης.

Για τις κατασκευές λοιπόν αυτές παρατηρούμε τις κατασκευαστικές παραλλαγές που μπορούν να υπάρξουν για την τοποθέτηση έρματος.

**ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ (Θερμοκρασία - Πίεση)
ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ**

Στον τομέα της ναυπηγικής τα τελευταία 25 χρόνια έχουν γίνει σοβαρές εξελήξεις σχετικά με την κατασκευή ειδικών πλοίων, των ονομαζομένων υγραεριοφόρων, στην αγγλική LNG Carrier και LPG Carrier, ώστε να καταστεί εφικτή η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων υγροποιημένου φυσικού αερίου (liquefied natural gas) που αποτελείται κατά μέγιστο ποσοστό από μεθάνιο CH_4 ή υγροποιημένων αέριων καυσίμων που προέρχονται από την κλασματική απόσταξη πετρελαίου (liquefied petroleum gas) γνωστόν ως βουτάνιο (C_4H_{10}), προπάνιο (C_3H_8) κ.ά.

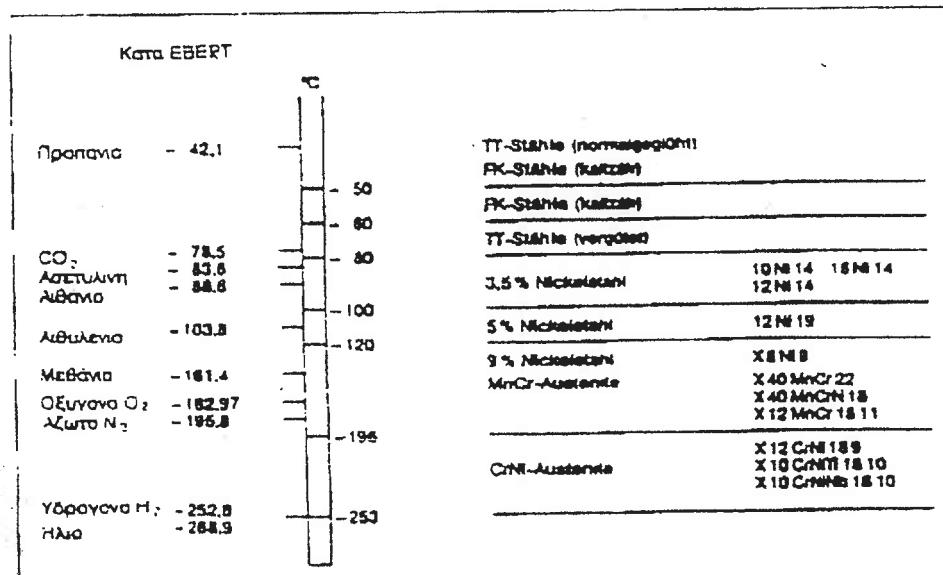
Από το επισυναπτόμενο διάγραμμα 1, πίεσης κορεσμένου ατμού συναρτήσει της θερμοκρασίας, βλέπουμε ότι, το μεθάνιο, παραμένει υγροποιημένο στους -163°C υπό πίεση μιας ατμόσφαιρας, το δε προπάνιο και βουτάνιο στους -40°C και 0°C αντίστοιχα.



Ως γνωστόν οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν δραστικά την ολκιμότητα των συνήθων χαλύβων και τους καθιστούν ψαθυρούς. Εντυχώς που η μεταλλουργία προσφέρει σήμερα

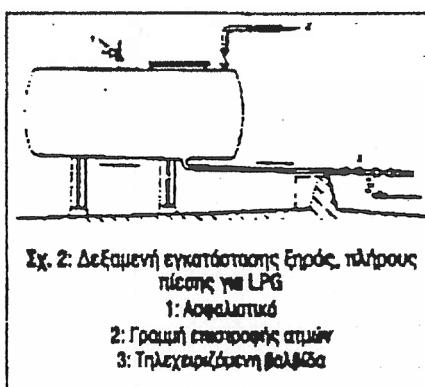
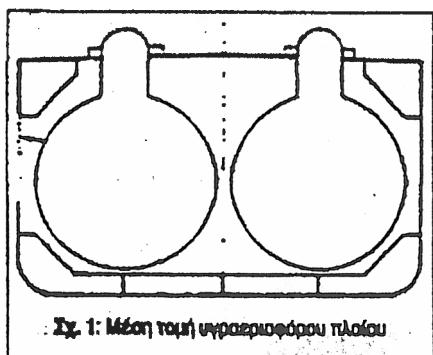
μερα κατάλληλους χάλυβες που μας εξασφαλίζουν ικανοποιητική αντοχή σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, τους T.T. St. (Tiefsttemperaturstahl) όπως π.χ. αυτούς που αναφέρονται στον πίνακα 1, κατά EBERT, βάσει του οποίου επιλέγονται οι χάλυβες συναρτήσει της θερμοκρασίας του υγροποιημένου αερίου.

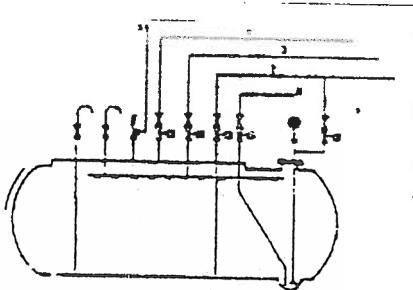
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Πίνακας επιλογής χαλύβων συναρτήσει της θερμοκρασίας



Αναφορικά με τα αέρια βουτάνιο και προπάνιο βλέπουμε από το διάγραμμα 1 ότι, ευρισκόμενα μέσα σε δεξαμενές όπου συνηπάρχει η αέρια και η υγρή φάση, με θερμικρασία περιβάλλοντος π.χ. 40°C , του μεν βουτανίου η πίεση ατμών είναι περίπου $3,7 \text{ kp/cm}^2$ του δε προπανίου $13,5 \text{ kp/cm}^2$. Οι πιέσεις αυτές είναι αποδεκτές σαν πιέσεις μελέτης (design pressure) για την κατασκευή των δεξαμενών (δοχείων πίεσης = pressure tanks) τόσο κυλινδρικής όσο και σφαιρικής μορφής αναφορικά με το πάχος των ελασμάτων.

Ως γνωστόν, το πάχος του ελάσματος δεξαμενής υπό πίεση, εξαρτάται κατάκυριο λόγο από τη διάμετρο, την πίεση λειτουργίας και την επιτρεπόμενη τάση σ_α. Για την περίπτωση του βουτανίου θα μπορούσε κανείς να επιλέξει άνετα, δεξαμενές σφαιρικής ή κυλινδρικής μορφής λόγω της χαμηλής πίεσης ατμών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, χωρίς θερμομόνωση, τόσο για την τοποθέτησή τους στα υγραεριοφόρα πλοία (Σχ. 1), όσο και στις εγκαταστάσεις ξηράς (Σχ. 1a).





Σχ. 1α: Τυπωμένη δεξαμενή κυλινδρικής μορφής υγραιροφόρου πλαισίου
 1. Γραμμή εκκρύψισης με αντλία και κινητήρα
 2. Γραμμή φόρτωσης (πλήρωσης)
 3. Γραμμή επιστροφής επαναληγροποιημένου αερίου
 4. Γραμμή ατμών
 5. Γραμμή εξαεριστικού της ασφαλιστικής βαλβίδας
 6. Γραμμή πλήρους εκκένωσης

Αυτές οιδεξαμενές ονομάζονται «πλήρους πίεσης» (fully pressurised gastanks). Μελετώνται για πιέσεις από 2 bar μέχρι 17 bar και άνω. Λαμβάνοντας υπ'όψη το διάγραμμα 1, το βουτάνιο υπό συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος όπως και το προπάνιο, μπορούν να μεταφερθούν σε δεξαμενές πλήρους πίεσης καθώς και να εναποθηκευτούν σε αυτές σαν εγκαταστάσεις ξηράς.

Είναι αυτονόητο ότι λόγω των υψηλών πιέσεων (max 20 bar) η χωρητικότητα των δεξαμενών είναι μικρή ώστε τα πάχη των ελασμάτων να κυμαίνονται σε λογικά όρια. Τα πάχη (s) υπολογίζονται από τον τύπο:

$$s = \frac{p \cdot D_a}{2 \cdot \sigma_{st} u + p}$$

για κυλινδρικής μορφής δεξαμενές.

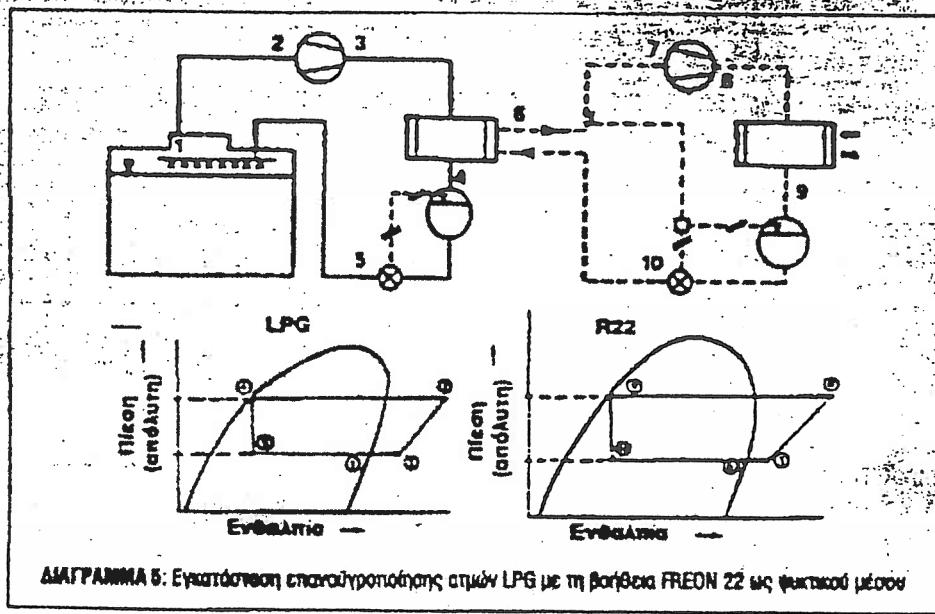
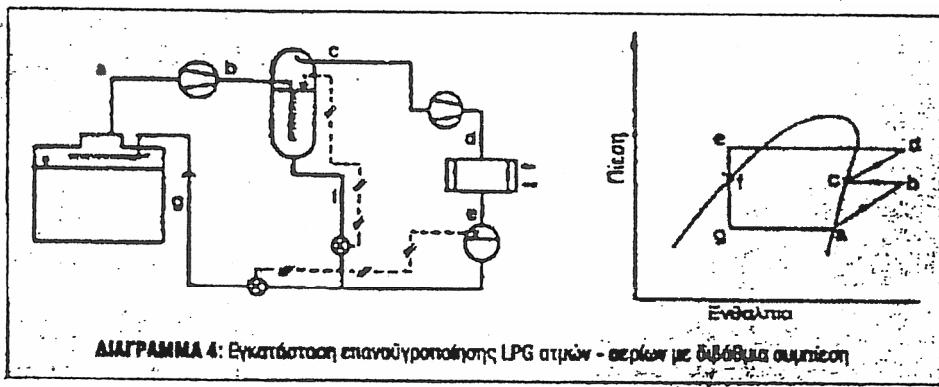
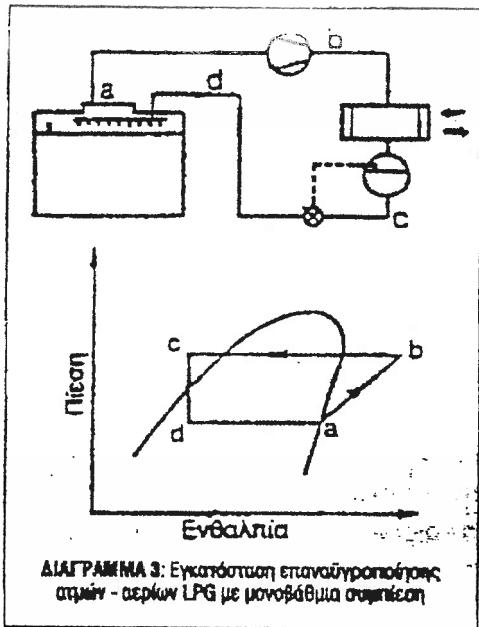
Όπου: D_a εξωτερική διάμετρος, u συντελεστής εξασθένησης της ραφής συγκόλλησης $u < 1,0$ το μέγεθος του οποίου προδιαγράφεται από διεθνείς κανονισμούς και:

$$s = \frac{p \cdot D_a}{4 \cdot \sigma_{st} u + p}$$

για σφαιρικής μορφής.

Επειδή οι δεξαμενές αυτές έχουν μεγάλο βάρος γι' αυτό τα πλοία που είναι εξοπλισμένα με αυτές είναι σχετικώς μικρά. Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται γύρω στις 4.000 m^3 . Χαρακτηρίζονται ως αυτοστήρηκτες διότι δεν συμβάλλουν από ναυπηγικής πλευράς στην αντοχή του σκάφους, ούτε οι τυχόν παραμορφώσεις του πλοίου τις επηρεάζουν.

Εάν όμως απαιτείται δεξαμενή μεγάλης διαμέτρου ή εάν η πίεση των ατμών του υγροποιημένου αερίου υπό συνθήκες περιβάλλοντος είναι τόσο υψηλή που θα απαιτείτο πάχος ελάσματος μεγαλύτερο π.χ. των 35 mm τότε ομιλούμε για Δεξαμενές κυλινδρικές ή σφαιρικές (Σχ.3) ημιχαμηλής θερμοκρασίας (semi-refrigerated tanks). Σχεδιάζονται συνήθως για πιέσεις 5 έως 7 bar από χάλυβες κατάλληλους για θερμοκρασίες μέχρι -10°C . Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει απαραίτητως:

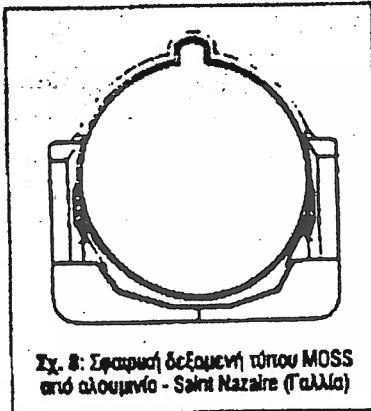
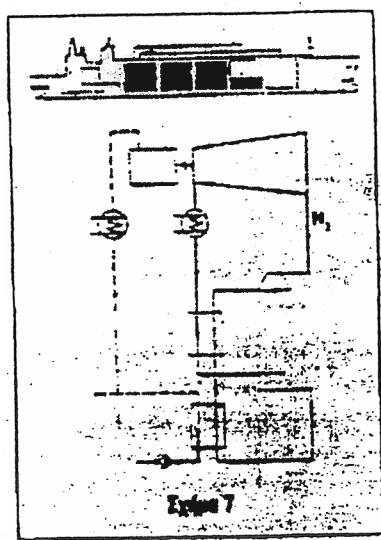
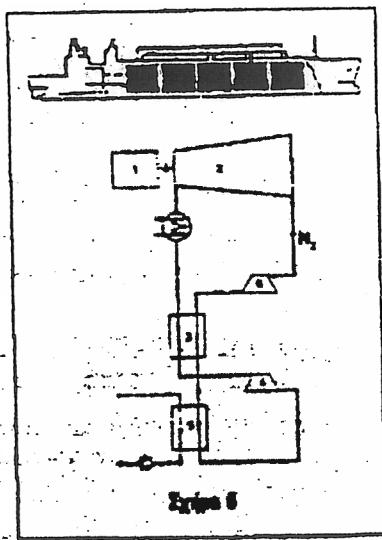


Τέλος, ένας ξεγωριστός τύπος δεξαμενής είναι εκείνος για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου LNG. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μεταφέρεται στις εγκαταστάσεις ξηράς στους -163° C υπό ατμοσφαιρική πίεση. Πίεση σχεδιασμού 0,2 bar (max 0,7 bar). Πρόκειται για δεξαμενές μεμβρανοειδούς μορφής (membrane tanks). Η μεμβράνη πάχους 0,5 έως 0,7 mm χωρίς αυλακώσεις είναι από ειδικό χάλυβα που λόγω του χαμηλού (μηδενικού) συντελεστή θερμικής διαστολής λέγεται invarstahl με 36% Ni. Ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται ως GAS TRANSPORT (Σχ.4) γαλλικής τεχνικής, ισότιμος με τον επίσης γαλλικό τύπο TECHNIGAZ (Σχ.5), που αποτελείται η μεμβράνη από χάλυβα ανοξείδωτο πάχους 1,2 mm με κάθετη αυλάκωση και περιέχει 18% Ni.

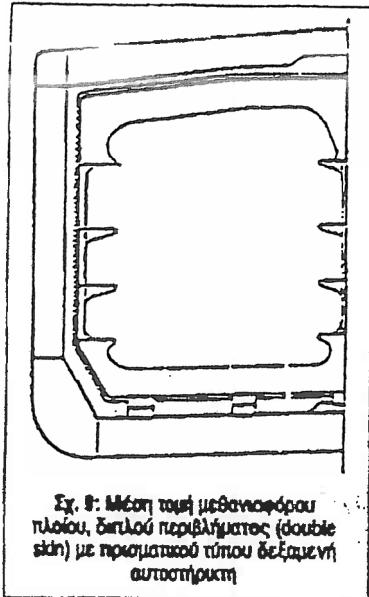
Αξίζει να σημειωθεί ότι τα μεθανιοφόρα πλοία κατ' αρχήν δεν είχαν εγκατάσταση επαναύγροποιησης του μεθανίου. Συνεπώς όταν η πίεση υπερέβαινε τα επιτρεπόμενα όρια, οι ατμοί κατέληγαν στο μηχανοστάσιο και χρησιμοποιούντο ως καύσιμο για τον λέβητα.

Επειδή η απώλεια φυσικού αερίου λόγω ατμοποίησης μπορεί να είναι μεγάλη και πέραν των αναγκών του λέβητα, είναι πιθανόν βάσει τεχνοοικονομικής ανάλυσης να προκριθεί και εδώ εγκατάσταση επαναύγροποιησης. Πρόκειται για πολύ ακριβή εγκατάσταση.

Η εταιρεία SULZER έχει ασχοληθεί επιτυχώς με την μελέτη και κατασκευή των εγκαταστάσεων επαναύγροποιησης φυσικού αερίου για πλοία, όπου χρησιμοποιείται το άζωτο ως ψυκτικό μέσον. Ο συμπιεστής λειτουργεί με ατμοστρόβιλο (Σχ.6) ή αεριοστρόβιλο (Σχ.7 κατά περίπτωση). Ως προς την επιλογή μεμβρανοειδούς μορφής δεξαμενής είναι αυτονόητο ότι επιτυγχάνουμε καλύτερη αξιοποίηση της χωρητικότητας του πλοίου.



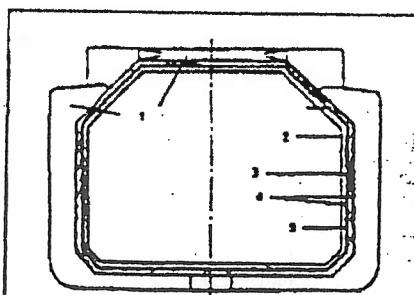
Σχ. 8: Στραβική δεξαμενή της MOSS
από αλουμίνιο - Saint Nazaire (Γαλλία)



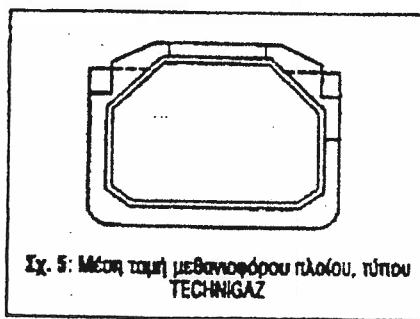
Σχ. 8: Μέση ταυτή μεθανοφόρου πλοίου, διπλού περιβλήματος (double skin) με προσματικό τύπου δεξαμενή αυτοστήρικη

Αξίζει να σημειωθεί ότι το ναυπηγείο Saint Nazaire, (Γαλλία), έχει επιτύχει κατασκευή αυτοστήρικης σφαιρικής δεξαμενής για μεταφορά LNG, διαμέτρου 39,45 μ (MOSS SPHERICAL TANK) από αλουμίνιο (Σχ.8).

Γενικά υπάρχουν πολλοί τύποι υγραεριοφόρων πλοίων που κατά IMO, κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με την επικινδυνότητα. Υπάρχει και μια κατηγορία δεξαμενών για LNG που λέγεται αυτοστήρικη πρισματικής μορφής, όπου το σκάφος είναι διπλού περιβλήματος (Double Skin) όπου επί του εσωτερικού περιβλήματος, στηρίζεται η δεξαμενή από αλουμίνιο που φέρει εσωτερικές ενισχύσεις (Σχ.9).



Σχ. 4: Μέση ταυτή μεθανοφόρου πλοίου τύπου GAZ TRANSPORT



Σχ. 5: Μέση ταυτή μεθανοφόρου πλοίου, τύπου TECHNIGAZ

Ως προς τα διαγράμματα επαναύγροποίησης, το διάγραμμα 3 της μονοβάθμιας και άμεσης συμπίεσης, χρησιμοποιείται όταν η πίεση στην αναρρόφηση του συμπιεστή είναι σχετικά μεγάλη, η δε θερμοκρασία στο τέλος της συμπίεσης σχετικά μικρή. Διαφορετικά προκρίνεται η

104 διφάθμια συμπίεση όταν, έχουμε μικρή πίεση αναρρόφησης και μεγάλη σχέση συμπίεσης. Το ενεργειακό λειτουργικό κόστος της διφάθμιας είναι μικρότερο και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιείται στο συμπυκνωτή, νερό θαλάσσης. Η περίπτωση F, 22, χρησιμοποιείται όταν το υγραέριο στη δεξαμενή βρίσκεται σε κατάσταση πλήρους χαμηλής θερμοκρασίας (fully refrigeration).

Βιβλιογραφία

1. Mc Guire and White - Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in terminals Wither - by Marine Publishing.
 2. Boese - Werner - Wirtz Das Verhalten Der Stahle Beim Schweißes Bd 44 DVS - Dusseldorf 1984.
 3. Alexis Neuman Schweisstechnisches Hand - buch Fur Kons - trukteure - DVS - Dusseldorf 1983.
 4. Πρακτικά Ευρωπαϊκής διημερίδας της 27 και 28/6/94 με θέμα «Νέες και βελτιωμένες τεχνολογίες για τη μεταφορά και αποθήκευση υγροποιημένου φυσικού αερίου». Γενική διεύθυνση ενέργειας (Γ.Δ.XVII).