



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

**Η μεταλλική κατασκευή φορτηγών πλοίων γενικού
φορτίου (General cargo ships)
(Structural design of general cargo vessels)**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΟΥΛΗΣ – ΧΟΥΛΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

Επιβλέπων : Πέτρος Καρύδης
Αναπληρωτής καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2017

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

**Η μεταλλική κατασκευή φορτηγών πλοίων γενικού
φορτίου (General cargo ships)
(Structural design of general cargo vessels)**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΟΥΛΗΣ – ΧΟΥΛΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

Επιβλέπων : Πέτρος Καρύδης
Αναπληρωτής καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Μαρτίου 2017.

(Υπογραφή)

.....
Πέτρος Καρύδης
Αν. Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Δημήτρης
Ευταξιοπούλος
Επ. Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Μανόλης Σαμουηλίδης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2017

(Υπογραφή)

.....

....

ΧΟΥΛΗΣ – ΧΟΥΛΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

Φοιτητής Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

© 2016 – All rights reserved

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παράθεση των προβλημάτων σχεδιασμού της μεταλλικής κατασκευής των πλοίων γενικού φορτίου. Ιδιαίτερη ανάλυση δίνεται στη κατασκευαστική δομή της γάστρας και των συστημάτων μεταφοράς του φορτίου, δηλαδή τα κατασκευαστικά στοιχεία που δέχονται τις περισσότερες φορτίσεις.

Αρχικά παρουσιάζονται τα πλοία γενικού φορτίου και οι λειτουργίες τους. Ακολούθως γίνεται προσπάθεια να εξοικειωθεί ο αναγνώστης με τον σκοπό που εξυπηρετεί το πλοίο γενικού φορτίου, το πεδίο και περιβάλλον λειτουργίας του, τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου τύπου πλοίου και τα φορτία που εξυπηρετεί. Ακόμα γίνεται αναφορά σε ιστορικά πλοία γενικού φορτίου, στους τρόπους που μεταφέρονταν στην αρχαιότητα τα προϊόντα δια θαλάσσης και στις τεχνικές ναυπήγησης της εποχής.

Στη συνέχεια παραθέτονται διάφορες διατάξεις πλοίων γενικού φορτίου παρουσιάζοντας την εξέλιξη του τύπου μέσα από την παρουσίαση της διάταξης των χώρων φορτίου, του εξοπλισμού καθώς και της μορφής και διαμόρφωσης του περιβλήματος του πλοίου.

Ακολουθούν βασικές αρχές και απαιτήσεις σχεδιασμού της μεταλλικής κατασκευής. Παρουσιάζεται μια κατασκευαστική ανάλυση μέσω εργαλείων όπως της ελικοειδούς καμπύλης και του προκαταρκτικού σχεδιασμού ενώ στη συνέχεια αναφέρονται στοιχεία της κατασκευαστικής δομής του πλοίου και γίνεται μια περιγραφή της μεταλλικής κατασκευής της γάστρας και των τρόπων ενίσχυσης της αντοχής των τμημάτων της. Τέλος γίνεται μια παραπομπή στα σύγχρονα σχέδια πλοίων γενικού φορτίου.

Έπειτα καταγράφονται οι φορτίσεις που ασκούνται στα πλοία μεταφοράς γενικού φορτίου και συγκεκριμένα τα είδη αυτών καθώς και η μεταφορά, μετάδοση και διάχυσή τους.

Τέλος γίνεται αναφορά στο μεταλλικό εξοπλισμό του συγκεκριμένου τύπου πλοίου. Αναλύονται εκτενέστερα τα καλύμματα των στομιών κύτους και των μέσων διαχείρισης του φορτίου, για τα οποία δίνονται λεπτομέρειες των φορτίσεών τους και των βασικών αρχών λειτουργίας τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Το πλοίο γενικού φορτίου και οι λειτουργίες του	10
1.1. Αποστολή.....	10
1.2. Γενικά χαρακτηριστικά του πλοίου γενικού φορτίου.....	12
1.3. Ορισμός από International Maritime Organization (IMO).....	13
1.3.1. Ορισμός από τύπο φορτίου που εξυπηρετεί.....	13
1.3.1.1. Πλοίο γενικού φορτίου με εγκατάσταση ro-ro.....	13
1.3.1.2. Πλοίο γενικού φορτίου ανοικτής καταπακτής.....	13
1.3.1.3. Πλοίο γενικού φορτίου με δεξαμενές.....	14
1.3.1.4. Πλοίο γενικού φορτίου δεξαμενόπλοιο.....	15
1.3.1.5. Πλοίο γενικού φορτίου.....	15
1.3.1.6. Πλοίο φορτηγό για παλέτες.....	16
1.3.1.7. Πλοίο φορτηγό καταστρώματος.....	17
1.4. Κατηγοριοποίηση φορτηγών πλοίων ανάλογα με την απασχόλησή τους.....	17
1.4.1. Ναυτιλία γραμμής.....	17
1.4.2. Ελεύθερη ναυτιλία.....	18
1.4.3. Το πλοίο γενικού φορτίου στις ναυτιλιακές αγορές.....	19
1.5. Ταχύτητα πλοίων γενικού φορτίου.....	20
1.6. Ιστορικά πλοία γενικού φορτίου.....	20
1.7. Χαρακτηριστικά και χωρητικότητα.....	25
1.7.1. Κατάταξη στον παγκόσμιο στόλο.....	26
1.8. Φορτία πλοίων γενικού φορτίου.....	27
1.8.1. Εμπορευματοκιβώτια και χαρακτηριστικά.....	27
1.8.1.1. Εμπορευματοκιβώτια στα πλοία γενικού φορτίου.....	32
1.8.2. Ξυλεία και χαρακτηριστικά.....	33
1.8.2.1. Συντελεστής στοιβασίας ξύλου.....	34
1.8.2.2. Μορφές μεταφοράς ξυλείας.....	35
1.8.2.3. Μεταφορά και προστασία ξυλείας στο πλοίο γενικού φορτίου.....	36
1.8.3. Τροχοφόρα φορτία.....	37
1.8.4. Φορτία με ανάγκη για εξαερισμό.....	37
1.8.5. Ευπαθή φορτία ψυγείου.....	38
1.8.6. Υγρό χύδην φορτίο.....	39
1.8.7. Φορτίο σιτηρών.....	39
1.8.8. Επικίνδυνα φορτία.....	41
1.8.9. Break bulk.....	42
1.9. Πρώτα μέσα αποθήκευσης για μεταφορά αγαθών - Εμπορικοί οξυπύθμενοι αμφορείς.....	43
1.10. Φορτηγό πλοίο Κερύνεια.....	46
1.11. Τεχνική ναυπήγησης κατά την πάροδο του χρόνου.....	48
Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι.....	50
2. Διάταξη πλοίων γενικού φορτίου	51
2.1. Διατάξεις πλοίων γενικού φορτίου.....	51

2.2. Διάταξη χώρου φορτίου στα πλοία γενικού φορτίου.....	56
2.2.1. Καθ' ύψος διαχωρισμός χώρου φορτίου.....	57
2.2.2. Διαμήκης διαχωρισμός χώρου φορτίου.....	59
2.2.3. «Ανοιχτό πλοίο».....	60
2.3. Διάταξη εξοπλισμού.....	63
2.3.1. Διάταξη μηχανημάτων φορτοεκφόρτωσης.....	63
2.3.2. Διάταξη χώρου μηχανοστασίου.....	64
2.3.3. Διάταξη υπερκατασκευών – μεσόστεγο.....	65
2.3.4. Διάταξη υπερκατασκευών - πρόστεγο, επίστεγο.....	67
2.3.5. Διάταξη δεξαμενών έρματος και καυσίμων.....	68
2.4. Μορφή νομέων και διαμόρφωση περιβλήματος.....	70
2.4.1. Μορφή πλευρών μέσου νομέα.....	70
2.4.1.1. Συσχέτιση μορφής νομέα με τύπο πλοίου.....	71
2.4.2. Διαμόρφωση της πλώρας.....	71
2.4.2.1. Παράγοντες διαμόρφωσης μορφής της πλώρας.....	73
2.4.2.2. Βολβοειδής πλώρα.....	73
2.4.2.2.1. Μορφή νομέων- Διατομή βολβών πλώρας.....	75
2.4.2.2.2. Επιδράσεις βολβοειδής πλώρας σε υδροδυναμικά κριτήρια και λοιπούς παράγοντες.....	76
2.4.3. Διαμόρφωση της πρύμνης.....	76
2.5. Φορτίσεις που αφορούν τη διαμόρφωση πρύμνης – πλώρης.....	77
Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι.....	79
3. Σχεδίαση και κατασκευή πλοίου Γενικού φορτίου.....	80
3.1. Σχεδιασμός μεταλλικής κατασκευής.....	80
3.1.1. Γενικές απαιτήσεις σχεδιασμού.....	80
3.1.2. Απαιτήσεις σχεδιασμού με βάση το φορτίο.....	81
3.1.3. Μοναδικότητα της κατασκευής του πλοίου.....	81
3.1.4. Εξέλιξη της σχεδίασης των πλοίων.....	82
3.1.5. Κατασκευαστική ανάλυση και σχεδιασμός ναυπηγικής κατασκευής.....	82
3.1.6. Ελικοειδής καμπύλη μελέτης ναυπηγικών κατασκευών.....	83
3.1.7. Προκαταρκτικός σχεδιασμός μεταλλικής κατασκευής.....	86
3.2. Κατασκευαστική δομή της μεταλλικής κατασκευής.....	88
3.2.1. Ολική και τοπική αντοχή της μεταλλικής κατασκευής.....	88
3.2.2. Βασικά κατασκευαστικά στοιχεία του πλοίου.....	89
3.2.3. Οι εντατικές καταστάσεις σε ναυπηγικές κατασκευές.....	90
3.2.4. Επίδραση αρχικών ατελειών και συγκολλήσεων στην αντοχή.....	91
3.2.5. Σχεδιασμός των ναυπηγικών κατασκευών με βάση τις αρχές της Μηχανικής.....	93
3.2.6. Περιγραφή μεταλλικής κατασκευής της γάστρας.....	94
3.2.7. Εγκάρσια και διαμήκης ενίσχυση πλευρικής κατασκευής.....	97
3.2.8. Συνδυασμένο σύστημα ενίσχυσης.....	100
3.2.9. Κατασκευαστική δομή της γάστρας των πλοίων γενικού φορτίου.....	101
3.2.10. Εγκάρσια διαφράγματα.....	106

3.3. Σχεδιασμός σύγχρονων πλοίων γενικού φορτίου.....	108
Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι.....	110
4. Φορτίσεις που ασκούνται στα πλοία μεταφοράς γενικού φορτίου.....	111
4.1. Οι κύριες εξωτερικές φορτίσεις στη γάστρα του πλοίου.....	111
4.2. Είδη φορτίσεων αποκρίσεων.....	112
4.3. Κριτήρια δυναμικών φορτίσεων.....	115
4.4. Διαμήκης φόρτιση.....	116
4.5. Εγκάρσιες φορτίσεις.....	119
4.6. Στατικές – Ψευδοστατικές φορτίσεις.....	121
4.7. Δυναμικές φορτίσεις.....	122
4.8. Μεταφορά, μετάδοση και διάχυση των φορτίσεων.....	124
4.8.1. Μεταφορά και μετάδοση δυνάμεων.....	124
4.8.2. Τρόποι μεταφοράς φορτίσεων και θεωρία της δοκού.....	125
4.8.3. Μεταφορά φορτίσεων διαμέσου των ελασμάτων.....	127
4.9. Γάστρα (Hull Girder).....	127
4.10. Τοπικός λυγισμός – Καμπτικές φορτίσεις.....	128
4.11. Θλιπτικές φορτίσεις των στοιχείων της κατασκευής.....	132
Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι.....	141
5. Μεταλλικός εξοπλισμός πλοίου γενικού φορτίου.....	142
5.1. Καλύμματα στομίων.....	142
5.1.1. Λειτουργία των καλυμμάτων στομίων κύτους.....	142
5.1.2. Ενίσχυση της κατασκευής του πλοίου για την τοποθέτηση των καλυμμάτων κύτους.....	142
5.1.2.1. Συγκέντρωση τάσεων λόγω ασυνέχειας.....	147
5.1.3. Είδη καλυμμάτων κύτους.....	148
5.1.3.1. Καλύμματα στομίων για πλοία γενικού φορτίου.....	149
5.1.3.2. Μεταλλικό κάλυμμα κύτους απλής έλξεως.....	149
5.1.3.3. Πτυσσόμενα καλύμματα (Folding covers).....	150
5.1.3.4. Καλύμματα απευθείας έλξεως (Direct Pull covers).....	151
5.1.3.5. Αρθρωτά καλύμματα (Rolltite covers).....	151
5.1.3.6. Καλύμματα κυλιόμενα στη πλευρά ή πλώρα - πρύμα (Side or end rolling covers).....	152
5.1.3.7. Καλύμματα ανυψούμενα και κυλιόμενα (Piggy – Back covers).....	153
5.1.3.8. Καλύμματα ποντόνια (Pontoon covers).....	154
5.1.3.9. Καλύμματα στοιβασίας (Stacking covers).....	155
5.1.3.10. Καλύμματα κυλιόμενα τύπου ERMANS.....	156
5.2. Διαχείριση φορτίου στο πλοίο γενικού φορτίου.....	156
5.2.1. Εγκαταστάσεις διαχείρισης φορτίου.....	156
5.2.2. Μέσα φορτοεκφόρτωσης.....	157
5.2.2.1. Φορτοεκφορτωτές – μπίγες (Derricks).....	157
5.2.2.2. Γερανοί.....	159
5.2.2.3. Γερανογέφυρες.....	160

5.3. Μεταλλικά καλύμματα ανοιγμάτων γάστρας.....	161
5.3.1. Υδατοστεγείς πόρτες.....	161
5.3.2. Ανθρωποθυρίδες.....	163
5.3.3. Παραπέτα.....	164
5.3.4. Μεταλλικές ράγες.....	164
5.3.5. Μεταλλικές σκάλες.....	165
5.3.6. Συστήματα πρόσδεσης.....	166
Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι.....	168
6. Ανάλυση φορτίων.....	169
6.1. Αρχές λειτουργίας ανυψωτικών μηχανών – Γενικές Αρχές.....	169
6.2. Τμήματα γερανών.....	170
6.3. Φορτία γερανών.....	174
6.4. Κατηγορίες φορτίων και ανάλυση.....	174
Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι.....	190
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Σειρά σχεδίων μεταλλικής κατασκευής πλοίων γενικού φορτίου.....	191

1. Το πλοίο γενικού φορτίου και οι λειτουργίες του

1.1. Αποστολή

Στο τέλος του 19^{ου} και αρχές του 20^{ου} αιώνα τα φορτηγά πλοία, τα οποία αρχικά ήταν ιστιοφόρα αλλά και μετέπειτα μηχανοκίνητα, μετέφεραν μη ομογενές τύπο φορτίου. Ο λόγος ήταν ότι δεν υπήρχε τεχνολογική βάση για εξειδίκευση με αποτέλεσμα η ιδιότητα και το σχήμα του φορτίου να μην αποτελεί «οδηγό» στο είδος πλοίου ως μεταφορικό μέσο.

Ένα πρώτο στάδιο εξειδίκευσης εμφανίστηκε με το αργό πετρέλαιο, με το Gluckauf να κατασκευάζεται το 1886 στην Αγγλία. Έτσι, αφού το ξηρό φορτίο είχε τη μεγαλύτερη θέση στις παγκόσμιες μεταφορές ήταν λογικό να εμφανιστούν φορτηγά πλοία τα οποία θα μετέφεραν ευρύ φάσμα πρώτων υλών και προϊόντων τέτοιου τύπου. Για αυτό το σκοπό τα πλοία γενικού φορτίου ήταν ιδανικά για μεταφορά όλων των τύπων και μορφής προϊόντων. Η εξέλιξη πραγματοποιήθηκε ύστερα από προβλήματα ασφαλείας που δημιουργούνταν από τη μετακίνηση στα κύπη πολλών χρήσεων των πλοίων, της αυξημένης ποσότητας φορτίου και της ανάγκης για εξορθολογισμό της μεταφοράς πρώτων υλών και προϊόντων στο σύνολό της.

Απόρροια της εξειδίκευσης των πλοίων και του τύπου του φορτίου ήταν η δημιουργία του υγρού και ξηρού φορτίου σαν κατηγορίες του χύδην φορτίου. Παράλληλα αναπτύχθηκε και η διαδικασία τεχνικών προτύπων για τα μη χύδην φορτία, όπως η τεχνολογία εμπορευματοκιβωτίων και η μεταφορά των τροχοφόρων φορτίων.

Σε πολλές περιοχές εμπορίου κάποιος τυπικός όγκος εμπορευμάτων δεν δικαιολογεί την ύπαρξη εξειδικευμένων πλοίων όπως τα ξηρού φορτίου (dry bulks), τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container ship), η ρο-ρο πλοία για τη μεταφορά τους. Αυτή η κατάσταση προκύπτει τόσο στις ναυτιλιακές συμβάσεις charter συμβολαίων όσο και στις τακτικής γραμμής (liner shipping), όπου δεν έχουν ακόμα εκσυγχρονιστεί με πλοία εμπορευματοκιβωτίων ή ρο-ρο. Άλλωστε μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 60' και αρχές του 70' ο κυρίαρχος τύπος πλοίου που εξυπηρετούσε τις τακτικές γραμμές εμπορίου (liner shipping) ήταν το πλοίο γενικού φορτίου.

Στις ναυτιλιακές συμβάσεις περιορισμένων διαδρομών (contract shipping) τα πλοία γενικού φορτίου έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν ένα εύρος εμπορευμάτων όπως ξηρά φορτία, προπακεταρισμένα αγαθά (neo-bulk), χύδην φορτία, ακατέργαστα μέταλλα και προϊόντα ξυλείας. Ενώ στις τακτικές γραμμές εμπορίου (liner shipping) μεταφέρουν

υψηλότερης αξίας βιομηχανικά και αγροτικά προϊόντα, χύδην ετερογενές φορτίο, προπαρασκευασμένα προϊόντα, φορτία σε παλέτες αλλά και υγρό χύδην εμπόρευμα.

Σημαντικό είναι ότι στις μέρες μας δεν υπάρχει εμπορική γραμμή, στην οποία να μην υπάρχει απαίτηση για μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων. Έτσι ένα πλοίο γενικού φορτίου, ακόμα και αν δεν πλέει σε διαδρομές όπου κυριαρχεί το εμπόριο με χρήση εμπορευματοκιβωτίων (container), θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να καλύπτει και κάποιο τυπικό όγκο φορτίου με εμπορευματοκιβώτια.

Ως αποτέλεσμα ένα πλοίο γενικού φορτίου θέλοντας να έχει αυξημένη ευελιξία στη μεταφορική του ικανότητα θα πρέπει να έχει δυνατότητα μεταφοράς τόσο κοινών εμπορευματοκιβωτίων όσο και εμπορευματοκιβωτίων-ψυγείων ή ακόμα και εμπορευματοκιβώτια-δεξαμενές.

Ακόμα ένα είδος φορτίου που συνήθως εξυπηρετείτε από το πλοίο αυτό είναι τα μεγάλα βάρους και όγκου εμπορεύματα όταν αυτά δεν μεταφέρονται από τα ειδικά πλοία σχεδιασμένα για βαρύ φορτίο (heavy lift ships).

Στις μη τακτικές ναυτιλιακές συμβάσεις (contract shipping) οι καταστάσεις φόρτωσης χαρακτηρίζονται περισσότερο από χύμα ομοιογενή φορτία ενώ στις τακτικές συμβάσεις τυπικότερες είναι από ευρύ φάσμα μη ομοιογενή φορτίων.

Αξιοσημείωτο είναι ότι το πλοίο γενικού φορτίου, είναι ο μόνος τύπος εμπορικού πλοίου που επιχειρεί και στους δύο τύπους εμπορικών μεταφορών, τακτικών ναυτιλιακών συμβάσεων και μη, με τη μέχρι σήμερα λειτουργία του να αποδεικνύει την επιχειρησιακή του ευελιξία. Βέβαια η επιχειρησιακή λειτουργία αυτών των πλοίων στα ελεύθερα συμβόλαια είναι αρκετά σημαντικότερη και πιο σταθερή από ότι ο ρόλος που διαδραματίζουν στις τακτικές γραμμές, που ολοένα αντικαθιστούνται από τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Γεωγραφικά τα πλοία γενικού φορτίου στις ελεύθερες συμβάσεις, επιχειρούν σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ στις τακτικές γραμμές (liner shipping) προσδιορίζονται στις λεγόμενες βόρειες-νότιες (north-south trades) και νότιες-νότιες (south-south trades) περιοχές εμπορίου. Αυτό συμβαίνει γιατί οι τακτικές γραμμές του εμπορίου καλύπτουν τις βιομηχανικές περιοχές τις Ευρώπης, της βόρειας Αμερικής και της ανατολικής Ασίας αποτυπώνοντας τις βόρειες - νότιες περιοχές εμπορίου καθώς και τις λιγότερες ανεπτυγμένες χώρες της λατινικής Αμερικής, της Αφρικής και της Ασίας με αυτές να καλύπτουν το νότιο κομμάτι του εμπορίου. Ενώ εκεί που η παρουσία των πλοίων γενικού φορτίου τείνει να

εξαλειφθεί είναι στο εμπόριο μεταξύ των ανεπτυγμένων χωρών και των βιομηχανικών χωρών, δηλαδή στις ανατολικές-δυτικές γραμμές εμπορίου.

1.2. Γενικά χαρακτηριστικά του πλοίου γενικού φορτίου

Είναι πλοία διαμορφωμένα να μεταφέρουν φορτία διάφορων μεγεθών, σχημάτων και τύπων προϊόντων, τα οποία μπορεί να είναι σε σάκους, δέματα, κιβώτια, βαρέλια, δοχεία κτλ. Έχουν αποκλειστικά δικά τους μέσα φορτοεκφόρτωσης, κάτι το οποίο τους δίνει τεράστιες δυνατότητες ευελιξίας.

Κατά κανόνα έχουν τουλάχιστο ένα ενδιάμεσο κατάστρωμα σε όλα ή στα περισσότερα από τα αμπάρια τους, ακριβώς για να μπορούν να προστατεύουν τα φορτία μεταξύ τους, διαχωρίζοντας τις διάφορες παρτίδες μη ομοειδών και κυρίως μη συμβατών μεταξύ τους φορτίων, αλλά και να προστατεύονται τα χαμηλότερα φορτία από το βάρος των φορτίων που φορτώνονται πάνω τους. Ένα άλλο πλεονέκτημα του κουραδόρου είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα να φορτώνεται κάτω από αυτόν (στο κατάμπαρο) ένα φορτίο χύμα και κάποιο ή κάποια άλλα φορτία πάνω από αυτόν.

Το μέγεθός τους, στα παλιότερα αλλά και στα νεότερα αυτής της κατηγορίας, κυμαίνεται από 14.000 μέχρι 16.000 τόνους νεκρού βάρους, αν και υπάρχουν και κάποια που κυμαίνονται στους 21.000 τόνους. Είναι δηλαδή πλοία μάλλον μικρού μεγέθους και αυτό για να είναι δυνατή η προσέγγισή τους ακόμα και σε λιμάνια με μικρά βάθη.

Τα ανοίγματα των αμπαριών τους είναι μεγάλα για να μπορούν να μπαίνουν και φορτία με μακριά τυποποίηση, όπως σωλήνες, ελάσματα, μεγάλα μηχανολογικά εξαρτήματα και άλλα.

Τα καταστρώματα, αριστερά και δεξιά από τα στόμια των αμπαριών, είναι ευρύχωρα και ελεύθερα από εξαρτισμούς και εμπόδια, για να υπάρχει η δυνατότητα να φορτώνεται και φορτίο (Deck cargo) πάνω σε αυτά.

Πέρα από τη μεταφορά «γενικών φορτίων», αυτά τα πλοία έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία και στη μεταφορά χύμα φορτίων κυρίως σιτηρών, λιπασμάτων, ζάχαρης, άνθρακα αλλά και εμπορευματοκιβωτίων διάφορων τύπων. Είναι πλοία δηλαδή με πολλαπλή αξιοποίηση, στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών και γι' αυτό ακριβώς χαρακτηρίζονται ως πλοία «πολλαπλής χρήσης» (multy purpose).

1.3. Ορισμός από International Maritime Organization (IMO)

Είναι πλοίο πολλών καταστρωμάτων ή μονού καταστρώματος σχεδιασμένο κυρίως για μεταφορά γενικού φορτίου.

Ακολουθούν επτά επιμέρους κατηγορίες του πλοίου γενικού φορτίου όπως έχουν αναφερθεί από τη διεθνή ένωση νηογνωμόνων (IACS-Lloyds register fairplay).

1.3.1. Ορισμός από το τύπο φορτίου που εξυπηρετεί

1.3.1.1. Πλοίο γενικού φορτίου με εγκατάσταση ro-ro (general cargo ship with ro-ro facilities)

Ένα πλοίο γενικού φορτίου με περαιτέρω δυνατότητα να φορτώνει και να ξεφορτώνει με ro-ro πρόσβαση, δηλαδή με κύλιση του φορτίου από ελκυστήρες (τράκτορες) έως το χώρο στοιβασίας του, σε ένα περιορισμένο – διαμορφωμένο τμήμα του χώρου αποθήκευσης του πλοίου.



Εικόνα 1.1 - Πλοίο γενικού φορτίου με εγκατάσταση ro-ro

1.3.1.2. Πλοίο γενικού φορτίου ανοικτής καταπακτής (open hatch cargo ship)

Είναι ένα πλοίο μονού καταστρώματος με μέγιστο το πλάτος της οπής των κυτών, τα οποία κύτη είναι διαμορφωμένα ώστε να μεταφέρουν μοναδοποιημένα ξηρά φορτία, όπως

προϊόντα ξυλείας και εμπορευματοκιβώτια. Πολλά από αυτά τα πλοία είναι εφοδιασμένα με γερανογέφυρες για την φορτοεκφόρτωση των φορτίων.



Εικόνα 1.2 - Πλοίο γενικού φορτίου τύπου ανοιχτού καταστρώματος

1.3.1.3. Πλοίο γενικού φορτίου με δεξαμενές (general cargo/tanker COBship – container/oil/bulk)

Είναι ένα πλοίο γενικού φορτίου με αναστρέψιμα καπάκια – καλύμματα των οπών των κυτών, όπου η μία πλευρά είναι πλήρης και η άλλη είναι εφοδιασμένη με διαφράγματα για χρήση υγρού φορτίου. Αυτά τα πλοία έχουν τη δυνατότητα για μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων όταν τα καλύμματα είναι στην επιλογή του ξηρού φορτίου.



Εικόνα 1.3 - Πλοίο γενικού φορτίου με δεξαμενές και δυνατότητα παραλαβής εμπορευματοκιβωτίων

1.3.1.4. Πλοίο γενικού φορτίου δεξαμενόπλοιο (general cargo/tanker)

Ένα πλοίο γενικού φορτίου εφοδιασμένο με δεξαμενές για επιπρόσθετη μεταφορά υγρών φορτίων.



Εικόνα 1.4 - Πλοίο γενικού φορτίου με δεξαμενές για μεταφορά υγρών φορτίων

1.3.1.5. Πλοίο γενικού φορτίου (general cargo ship)

Πλοίο με ένα κατάστρωμα ή πολλών καταστρωμάτων, το οποίο μεταφέρει διάφορους τύπους ξηρού φορτίου. Τα πλοία αυτού του τύπου με μονό κατάστρωμα φέρουν κύτη τυπικού ορθογώνιου σχήματος (box shaped holds). Το φορτίο φορτώνεται και ξεφορτώνεται σε καιροστεγή καλύμματα στομίων του καταστρώματος.



Εικόνα 1.5 - Πλοίο γενικού φορτίου

1.3.1.6. Πλοίο φορτηγό για παλέτες (palletized cargo ship)

Ένα πλοίο με ένα ή πολλά καταστρώματα, το οποίο φέρει παλέτες. Σε αυτό το είδος πλοίου δεν υπάρχουν καιροστεγή καλύμματα στα στόμια των κυτών.



Εικόνα 1.6 - Πλοίο γενικού φορτίου για μεταφορά παλετών

1.3.1.7. Πλοίο φορτηγό κατάστρώματος (deck cargo ship)

Είναι πλοίο διαμορφωμένο για μεταφορά μοναδοποιημένων φορτίων στο κατάστρωμα αποκλειστικά. Η πρόσβαση του φορτίου πραγματοποιείται με ράμπες κύλισης (ro-ro ramp).



Εικόνα 1.7 - Πλοίο γενικού φορτίου για μεταφορά φορτίου στο κατάστρωμα

1.4. Κατηγοριοποίηση φορτηγών πλοίων ανάλογα με την απασχόλησή τους (liner shipping - contract shipping)

1.4.1. Ναυτιλία γραμμής - liner shipping

Όταν ο όγκος του θαλάσσιου εμπορίου μεταξύ δύο ή περισσότερων γεωγραφικών τόπων το δικαιολογεί, αναπτύσσεται συνήθως μια τακτική γραμμή (liner service) εκτέλεσης θαλάσσιων μεταφορικών υπηρεσιών ανάμεσα στους τόπους αυτούς. Οι τακτικές γραμμές χαρακτηρίζονται από κανονικότητα δρομολογίων μεταξύ προκαθορισμένων λιμανιών, προαναγγελθείσες αναχωρήσεις μέσω του ναυτιλιακού τύπου και προκαθορισμένα ναυτολόγια (freight tariffs'). Μέχρι και πρόσφατα στις περισσότερες γραμμές πολλοί ανεξάρτητοι μεταφορείς ένωναν τα συμφέροντα τους σχηματίζοντας μεγάλα τραστ, γνωστά και ως "Liner conferences" (συνδιασκέψεις), τα οποία καθόριζαν τις προδιαγραφές των προσφερόμενων υπηρεσιών και τα αντίστοιχα ναυτολόγια.

Το φορτίο της ναυτιλίας γραμμών αποτελείται από ανεξάρτητες παρτίδες μικρότερες των 2000-3000 τόνων, οι οποίες δεν συμπληρώνουν τη χωρητικότητα ενός πλοίου ή ενός αμπαριού και επομένως μεταφέρονται από κοινού μαζί με άλλες παρτίδες. Επίσης συνήθως είναι έτοιμα για τον τελικό καταναλωτή και αποτελούν μικρές παρτίδες υψηλής αξίας. Κάποια από τα φορτία είναι το μη μοναδοποιημένο γενικό φορτίο (loose cargo ή break bulk cargo), δηλαδή κιβώτια, εξαρτήματα μηχανημάτων κ.λ.π., τα οποία στοιβάζονται και φορτοεκφορτώνονται ως ανεξάρτητες παρτίδες. Φορτίο σε εμπορευματοκιβώτιο (containerized cargo) κάθε είδους φορτίο που μεταφέρεται σε εμπορευματοκιβώτια, οι συνήθεις διαστάσεις των οποίων είναι 8 πόδια πλάτος, 8,5 πόδια ύψος και 20,30 ή 40 πόδια μήκος. Φορτίο σε παλέτες (palletized cargo) όπου βρίσκεται κάθε φορτίο που μπορεί να είναι συσκευασμένο και μοναδοποιημένο σε παλέτες για εύκολη στοιβασία και γρήγορο χειρισμό. Υγρό γενικό φορτίο (liquid cargo) δηλαδή μικρές παρτίδες υγρού φορτίου που μεταφέρονται σε δεξαμενές (tanks), δοχεία (containers) ή βαρέλια (drums). Κατεψυγμένο φορτίο όπως μπορεί να είναι ευπαθή προϊόντα, φρούτα ή τρόφιμα, τα οποία μεταφέρονται παγωμένα ή κατεψυγμένα σε κατάλληλα πλοία-ψυγεία ή εμπορευματοκιβώτια-ψυγεία (reefer containers). Ακόμα ένα είδος φορτίου που μεταφέρεται στη ναυτιλία γραμμής είναι τα βαριά και δυσκίνητα φορτία, βαριά, ογκώδη και δυσκίνητα προϊόντα δύσκολα στη φορτοεκφόρτωση και τη στοιβασία τους.

Οι κυριότεροι τύποι πλοίων που εξυπηρετούν αυτήν την αγορά είναι τα πλοία εμπορευματοκιβωτίων (container vessels), τα πλοία πολλαπλών χρήσεων- γενικού φορτίου (multipurpose vessels) και τέλος τα πλοία RO- RO (Roll-on/Roll off) ή LO-LO (Lift on/Lift off), τα οποία είναι συνήθως σύγχρονα και γρήγορα. Τα πλοία της αγοράς γραμμών, επίσης μπορούν να διακριθούν στα πλοία που εκτελούν ποντοπόρα δρομολόγια στις κυριότερες εμπορικές διαδρομές παγκοσμίως (deep sea liner service), π.χ. Ευρώπη - Άπω Ανατολή και στα πλοία που εκτελούν δρομολόγια ανάμεσα σε λιμάνια μικρότερης εμπορικής κίνησης εντός μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής (feeder service), π.χ. στη Μεσόγειο Θάλασσα ή τη Μαύρη Θάλασσα.

1.4.2. Ελεύθερη Ναυτιλία - Contract shipping (tramp)

Ο ορισμός της ελεύθερης φορτηγού ναυτιλίας δεν είναι εύκολο να αποδοθεί καθώς δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος αποδεκτός προσδιορισμός. Γενικότερα το ελεύθερο φορτηγό εκτελεί ταξίδια όχι προκαθορισμένα από τον πλοιοκτήτη, αλλά ταξίδια που προσδιορίζονται από τα ναυλοσύμφωνα, τα οποία συνάπτονται μεταξύ αυτού και του

ναυλωτή. Η ελεύθερη φορτηγός ναυτιλία υπάρχει όπου υπάρχει ζήτηση των υπηρεσιών της, ενώ Ελεύθερο πλοίο είναι το πλοίο μη συγκεκριμένης κατασκευής, το οποίο εκτελεί ταξίδια στη βάση καθορισμένου ναυλοσύμφωνου, για τη μεταφορά οποιουδήποτε κατάλληλου φορτίου (συνήθως χύδην ομοειδούς) μεταξύ δύο λιμανιών και έναντι ναύλου.

Τα πλοία που δεν εκτελούν προγραμματισμένα τακτικά δρομολόγια μεταξύ προκαθορισμένων λιμανιών αλλά αντίθετα η απασχόληση τους ποικίλλει ανάλογα με τις ευκαιρίες και τις απαιτήσεις της αγοράς, εμπίπτουν στην κατηγορία των πλοίων tramp. Η λέξη tramp σημαίνει «πλάνητας», κάποιος που γυρνάει από μέρος σε μέρος χωρίς να έχει κάποιο σταθερό τόπο διαμονής - βάση. Μπορούμε να πούμε ότι αυτή η λέξη χαρακτηρίζει και τα πλοία της ελεύθερης ναυτιλίας, καθώς αυτά κινούνται από λιμάνι σε λιμάνι και από γεωγραφική περιοχή σε γεωγραφική περιοχή προκειμένου να βρουν φορτίο.

Τα φορτία που απασχολούν περισσότερο την ελεύθερη ναυτιλία είναι τα ομοιογενή φορτία. Ειδικότερα τα ξηρού τύπου φορτία όπως σιτηρά και προϊόντα σιτηρών, προ-πακεταρισμένα αγαθά (neobulk cargo) καθώς και τα ήσσονος σημασίας χύδην φορτία. Ακόμα ακατέργαστα μέταλλα και προϊόντα ξυλείας είναι στα πιο συχνά μεταφερόμενα φορτία της ελεύθερης αγοράς.

1.4.3. Το πλοίο γενικού φορτίου στις ναυτιλιακές αγορές

Είναι αξιοσημείωτο ότι το πλοίο γενικού φορτίου είναι το μόνο εμπορικό πλοίο, το οποίο ενεργεί και στις δυο ναυτιλιακές αγορές, τόσο στις ελεύθερης όσο και στις γραμμής. Αυτό είναι κάτι το οποίο μέχρι στιγμής αποδεικνύει την εξαιρετική ευελιξία λειτουργίας που έχει το συγκεκριμένο είδος πλοίου.

Στην ελεύθερη ναυτιλία η μίσθωση του γενικού φορτίου πλοίου φαίνεται να καταγράφει μια σταδιακή αύξηση ενώ βρίσκεται σταθερά στις επιλογές για τη λειτουργία αυτής της αγοράς. Από την άλλη ο ρόλος των general cargo πλοίων στις τακτικές γραμμές της ναυτιλίας έχει περιοριστεί καθώς η αντικατάστασή του από τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων συνεχίζεται, παρόλο που μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 60 ήταν το κυρίαρχο πλοίο σε αυτή την αγορά. Το μέγεθος, η ταχύτητα, η διαρρύθμιση και η διάταξη του συγκεκριμένου πλοίου, είναι τα χαρακτηριστικά, όπου μαζί με τις εκάστοτε συνθήκες του παγκόσμιου εμπορίου, ρυθμίζουν τον ρόλο που θα διαδραματίζει στις ναυτιλιακές αγορές.

1.5. Ταχύτητα πλοίων γενικού φορτίου

Γενικά η ταχύτητα ενός πλοίου γενικού φορτίου καθορίζεται από τις εκάστοτε συνθήκες κατάστασης. Μπορεί για παράδειγμα να διαφέρουν οι ταχύτητες που θα αναπτύξει στις συνθήκες δοκιμής (trial conditions) η αν είναι πλήρως φορτωμένο ή μερικώς. Εξαρτάται κυρίως από το μεγάλο εύρος μεγέθους που μπορεί να έχει και από τις επιχειρησιακές ανάγκες που σχεδιάζεται να καλύψει.

Τα μεσαία έως μεγάλα πλοία αυτού του τύπου όταν επιχειρούν στις ελεύθερες ναυτιλιακές αγορές, οι ταχύτητές τους κυμαίνονται από 14 έως 16 κόμβους, κάτι το οποίο με τη πάροδο του χρόνου δεν έχει αλλάξει. Όταν το πλοίο γενικού φορτίου δραστηριοποιούνται στις ναυτιλιακές αγορές γραμμής, όπου οι χρονικές απαιτήσεις είναι αυστηρές, το εύρος ταχύτητας που ανέπτυξε κυμαινόταν από 17 έως 20 κόμβους ενώ κάποιες φορές έφτανε και μέχρι 27 κόμβους. Αυτό συνέβαινε τις δεκαετίες 60 και 70, όταν το είδος αυτό κυριαρχούσε στις ανοιχτές θάλασσες του κόσμου. Πλέον τα τελευταία χρόνια, λόγω του υψηλού κόστους των καυσίμων αλλά και από την αντικατάσταση του γενικού φορτίου πλοίου από τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στην ναυτιλιακή αγορά γραμμής οι ταχύτητες έχουν περιοριστεί αισθητά. Τα μεσαία και μεγάλα πλοία γενικού φορτίου έχουν μετριάσει τις ταχύτητες τους στις αγορές των γραμμών όπου κυμαίνονται από 16 έως 18 κόμβους, ταχύτητες δηλαδή ακόμα και σήμερα υψηλότερες από αυτές που αναπτύσσουν στις ελεύθερες αγορές. Πλοία αυτού του είδους αλλά μικρότερα σε μέγεθος, που δραστηριοποιούνται σε κλειστές θάλασσες, δηλαδή σε συγκεκριμένες γεωγραφικές τοποθεσίες αναπτύσσουν μικρότερες ταχύτητες της τάξεως των 12 κόμβων.

1.6. Ιστορικά πλοία γενικού φορτίου

- «Liberty»

Το Liberty ήταν προϊόν του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου. Η πρώτη ναυπήγησή του έγινε το 1939 στο Sanderland της Αγγλίας με το όνομα «Dorighton Court». Ήταν ένας πρωτοποριακός τύπος πλοίου, αφού είχε σχεδιαστεί με δύο πωραία ενιαία κύτη και ένα πρυμναίο. Ήταν πλοίο εκτοπίσματος 10.000 dwt και ολικής χωρητικότητας 5.300 κόρων, ατμοκίνητο με υπερυψωμένο μεσόστεγο και χαμηλό το πρόστεγο και το επίστεγο. Είχε εγκατεστημένη μηχανή 2.500 ίππων (hp) που του έδινε ταχύτητα με πλήρες φορτίο, 10 κόμβους.

Από την έναρξη του πολέμου, η Αγγλία είχε χάσει περίπου 150 πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου, αφού τα γερμανικά υποβρύχια τα βύθιζαν με μεγάλη συχνότητα. Έτσι, λόγω της αδυναμίας των βρετανικών ναυπηγείων να ναυπηγήσουν νέα πλοία, καθώς ήταν επιφορτισμένα με τις επισκευές των πολεμικών πλοίων, αναζήτησαν δυνατότητες ναυπήγησης στην Αμερική και στον Καναδά. Έτσι, μετά από κάποιες τροποποιήσεις, όπως τη μετατροπή του καυσίμου της ατμομηχανής από κάρβουνο σε πετρέλαιο, το σχέδιο του πλοίου υιοθετήθηκε και ξεκίνησε να παράγεται μαζικά με το πρώτο πλοίο ονομαζόμενο πλέον Liberty να παραδίδεται το Δεκέμβριο του 1941.

Συνολικά ναυπηγήθηκαν 2.710 Liberty πλοία μέχρι τον Οκτώβριο του 1945. Εντυπωσιακός ήταν ο χρόνος ναυπήγησής του, αφού μειώθηκε ο μέσος χρόνος παράδοσής του σε 42 ημέρες. Παρόλο που ναυπηγήθηκαν και άλλα πλοία με παρόμοια χαρακτηριστικά, τα Liberty υπερέιχαν αριθμητικά και αποτέλεσαν την σπονδυλική στήλη της παγκόσμιας μεταφοράς ελεύθερης σύμβασης (tramp trade).

Αυτό το χαμηλής ταχύτητας και κατά κάποιο τρόπο «πρόχειρο» πλοίο είχε ένα απλό αλλά λειτουργικό σχέδιο με ικανοποιητική χωρητικότητα φορτίου που το ανέδειξε ως το ιδανικότερο πλοίο της εποχής για μεταφορές ελεύθερης σύμβασης (tramp trade).

Έτσι, το Liberty με δυνατότητα φόρτωσης από πέντε στόμια κυτών και με επαρκή ικανότητα φόρτωσης ήταν ιδανικό για όλα τα είδη ξηρού φορτίου, άνθρακα σιδηρομεταλλευμάτων, φωσφορικών πετρωμάτων, σιτηρών και ξυλείας. Το βύθισμα των 28 ποδιών έδινε την ευελιξία στο συγκεκριμένο πλοίο να επιχειρεί στα περισσότερα λιμάνια του κόσμου. Εν ολίγοις, το Liberty μπορούσε να χρησιμοποιείται σε όλα τα είδη εμπορίου αρκεί να μην υπήρχε ως παράγοντας η γρήγορη μεταφορά των προϊόντων.

Μετά τη λήξη του πολέμου παραχωρήθηκαν 100 τέτοιου τύπου πλοία σε έλληνες πλοιοκτήτες, με τα οποία ξεκίνησε την ανοδική της πορεία η ναυτιλία στην Ελλάδα. Μάλιστα κάποιοι τα αποκάλεσαν και «ευλογημένα» πλοία αντί Liberty γιατί με αυτά αναγεννήθηκε μεταπολεμικά η ελληνική ναυτιλία.

- **«Freedom»**

Είναι μάλλον ο κλασικότερος τύπος πλοίου γενικού φορτίου (μετά τη γενιά των Λίμπερτι). Επινοήθηκε και κατασκευάστηκε στην Ιαπωνία και αξιοποιήθηκε πολύ μετά τη δεκαετία του '60.

Η γέφυρα, οι ενδειατήσεις και το μηχανοστάσιο είναι εγκατεστημένα στη πρύμνη του πλοίου, διαθέτει κουραδόρους στα αμπάρια, «πάνω δεξαμενές έρματος» (wing tanks) και ενισχυμένο πανιόλο στα αμπάρια.

Τουλάχιστον στα μισά από τα αμπάρια του διαθέτει διπλά στόμια, καθένα από τα οποία εξυπηρετείται από δική του μονάδα φορτοεκφόρτωσης.

- **«SD-14»**

Είναι «ανάλογο» πλοίο της κατηγορίας γενικών φορτίων, αγγλικής επινόησης και κατασκευής. Η διαφορά του με το Freedom είναι ότι διαθέτει ένα αμπάρι πρύμα από την κύρια υπερκατασκευή της γέφυρας και των ενδειατήσεων. Αρκετά από αυτά τα πλοία κατασκευάστηκαν και στη χώρα μας για λογαριασμό Ελλήνων και Ξένων πλοιοκτητών.

Η ονομασία τους προέρχεται από αρχικά λέξεων και από τον αριθμό των χιλιάδων τόνων νεκρού βάρους τους. Συγκεκριμένα:

SD-14 = Standard Design 14 = Σταθερή προκαθορισμένη σχεδίαση 14.000 dwt

- **«MK II»**

Είναι ένας άλλος τύπος πλοίου γενικού φορτίου, γερμανικής επινόησης και κατασκευής, εφάμιλλο του Freedom και του SD-14.

Διαθέτει τέσσερα αμπάρια με κουραδόρο και με δικά τους μέσα φορτοεκφόρτωσης. Τα αμπάρια του είναι περίπου ίσα μεταξύ τους, όπως επίσης και τα στόμιά τους, ενώ η κύρια υπερκατασκευή τους (γέφυρα, ενδειατήσεις) αλλά και το μηχανοστάσιο βρίσκονται εγκατεστημένα στην πρύμνη.

- **«Concord»**

Είναι πλοίο ιαπωνικής κατασκευής, στο μέγεθος περίπου των άλλων πλοίων γενικού φορτίου, με τον ίδιο αριθμό αμπαριών και με μόνιμο συνεχές υπόφραγμα (κουραδόρο) σε όλα τα αμπάρια του.

Εξωτερικά μοιάζει λίγο περισσότερο με το «MK II» με τη διαφορά ότι το «Concord» διαθέτει αυξημένα μέσα φορτοεκφόρτωσης στο χώρο φορτίου.

Τα αμπάρια και οι κουραδόροι μέσα σ' αυτά έχουν δύο στόμια, χωρισμένα όμως κατά την εγκάρσια έννοια (ένα στόμιο αριστερά και ένα δεξιά). Αυτό δεν είναι απλά μια καινοτομία

αλλά είναι και ένα σοβαρό πλεονέκτημα κυρίως για τις περιπτώσεις που το πλοίο αυτό πρόκειται να φορτώσει σιτηρά. Σε αυτή την περίπτωση τα στόμια του αμπαριού λειτουργούν ως «τροφοδοτικά στόμια» (feeders) και το διάμηκες χώρισμα του αμπαριού λειτουργεί επίσης ως «διάμηκες διάφραγμα» (shifting board).

Το «Concord» κατασκευάστηκε σε δύο διαφορετικά μεγέθη, ένα 15.000 και ένα 18.000 τόνων νεκρού βάρους, αν και ο επικρατέστερος τύπος ήταν αυτός των 18.000 τόνων.

- **«Fortune»**

Το πλοίο αυτό είναι της ίδιας κατηγορίας με τα προηγούμενα, όμως κατασκευάστηκε λίγο αργότερα από αυτά, οπότε και θεωρείται περισσότερο βελτιωμένο. Πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '70. Είναι σχετικά μεγαλύτερο από τα γνωστά της εποχής του, διαθέτοντας ένα επιπλέον αμπάρι και οι μεταφορικές δυνατότητές του κυμαίνονται από 21.000 έως 22.000 τόνους νεκρού βάρους.

Το πλοίο «Fortune» ίσως είναι και ο τύπος του πλοίου, ο οποίος στη διαδρομή της εξέλιξής του δέχτηκε τις περισσότερες τροποποιήσεις και βελτιώσεις, αξιοποιώντας τις εμπειρίες και τις τεχνικές των προηγούμενων πλοίων ώστε να προσαρμοστεί στις μεταφορικές ανάγκες της εποχής.

Έτσι, πολλά πλοία αυτού του τύπου είχαν εγκατεστημένη ειδική κατασκευή στα αμπάρια τους για να μπορούν να φορτώνουν και αυτοκίνητα. Επίσης, σε μερικά άλλα πρόσθεσαν ειδικές δεξαμενές σε κάποια από τα αμπάρια τους (deep tank), με εγκατάσταση αντλιών και σωληνώσεων για να φορτώνουν μικροποσότητες υγρών φορτίων, παράλληλα με το ξηρό φορτίο που φόρτωναν στο υπόλοιπο αμπάρι. Ακόμα, διέθεταν ειδικό εξοπλισμό για την έγχυση εμπορευματοκιβωτίων (container) στο κατάστρωμα.

Στο μεσαίο κύτος έχει πλευρικές δεξαμενές έρματος (side tank), οι οποίες του εξασφαλίζουν ενίσχυση στο μεσαίο τμήμα του και βελτιωμένη ευστάθεια. Τα ανοίγματα των κυτών είναι αρκετά μεγάλα ενώ τα καλύμματά τους είναι χαλύβδινα και ειδικά σχεδιασμένα και ενισχυμένα για να δέχονται πάνω τους φορτίο. Επίσης, ειδικά ενισχυμένο είναι και το κατάστρωμα, το οποίο προς την πλευρά της κουπαστής δεν έχει την κλίση που έχουν τα άλλα πλοία, καθώς είναι τελείως οριζόντιο ώστε να διευκολύνεται η στοιβάση και η έγχυση των φορτίων καταστρώματος.

Τα φορτοεκφορτωτικά μέσα αυτού του πλοίου έχουν δυνατότητα ανύψωσης μέχρι 10 τόνους και θεωρούνται (για την εποχή τους) τα καλύτερα, καθώς όλα τα συστήματά τους είναι ηλεκτρο-υδραυλικά και ο χειρισμός τους μπορεί να γίνεται εύκολα μόνο με ένα άτομο.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι το πλοίο «Fortune», μαζί με το «MK II» είχε τη μεγαλύτερη ταχύτητα σε σύγκριση με όλα τα προηγούμενα πλοία, αφού ξεπερνούσε ακόμα και τους 15 κόμβους.

- **«Santa Fe»**

Το πλοίο αυτό κατασκευάστηκε στην Ισπανία και είναι εφάμιλλο των άλλων πλοίων πολλαπλής χρήσης και ακόμα περισσότερο του πλοίου «Fortune». Πρωτοεμφανίστηκε στα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '70 και ο σχεδιασμός του όσο και η κατασκευή του είναι τέτοια ώστε να έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει χύδην φορτίο, γενικό φορτίο, εμπορευματοκιβώτια καθώς και αυτοκίνητα.

Κατασκευάστηκε σε δύο τύπους, το «Santa Fe» και το «Santa Fe - 77». Το πρώτο έχει μεταφορική ικανότητα περίπου 21.000 τόνων νεκρού βάρους ενώ το δεύτερο περίπου 23.000 τόνων νεκρού βάρους. Η ταχύτητά τους υπερκαλύπτει την ταχύτητα των πλοίων «Fortune» και «MK II», αφού φτάνει τους 16 κόμβους.

Έχει πέντε αμπάρια τα οποία έχουν τουλάχιστον ένα υπόφραγμα (κουραδόρος) το καθένα. Σε μερικά τέτοιου τύπου πλοία υπάρχει και δυνατότητα μεταφοράς αυτοκινήτων. Συνήθως, τα αμπάρια Νο 2 και Νο 4 είναι κατά πολύ μεγαλύτερα από τα Νο 1, 3, 5 για να μπορούν σε αυτά να φορτώνουν και φορτία με ακανόνιστη μορφή και τυποποίηση (σωλήνες, σιδηροδοκούς και ελάσματα κλπ.).

Τα μέσα φορτοεκφόρτωσης είναι τέσσερα ηλεκτρο-υδραυλικά κρένια κυκλικής περιστροφής και ανυψωτικής ικανότητας 10 τόνων.

- **Πλοία «Αντι-λίμπερτι»**

Στο κεφάλαιο της ιστορικής αναδρομής των πλοίων γενικού φορτίου απαραίτητο να αναφερθεί είναι ότι κατασκευάστηκαν και άλλοι τύποι πλοίων, κυρίως μετά την εποχή του «Liberty», οι οποίοι γνώρισαν μικρότερη επιτυχία και αποδοχή. Τα πλοία αυτά έμειναν γνωστά με τον τίτλο «Αντι-λίμπερτι» γιατί ακριβώς κατασκευάστηκαν για να βελτιώσουν το ήδη υπάρχον σχέδιο του πρώτου πλοίου γενικού φορτίου, το «Liberty». Τέτοια πλοία είναι το ολλανδικό «Freedom», το δυτικογερμανικό «Pioneer», το ιταλικό «Italcantieri», το ιαπωνικό «NKK» και το ισπανικό «Freedom Hispania».

1.7. Χαρακτηριστικά και χωρητικότητα

Η χωρητικότητα (tonnage) ενός πλοίου είναι στοιχείο εξατομίκευσης του πλοίου. Έχει σχέση με τον εσωτερικό χώρο του πλοίου, ο οποίος προσδιορίζεται με συγκεκριμένη μονάδα μέτρησης του όγκου, τον κόρο. Με τη μονάδα μέτρησης αυτή αποδίδονται οι πραγματικές διαστάσεις του πλοίου, οι οποίες περιλαμβάνονται στη νηολόγησή του και στα πιστοποιητικά του.

Η χωρητικότητα διακρίνεται σε ολική, σε καθαρά και σε εκτοπίσματος.

Η ολική χωρητικότητα (gross register tonnage) είναι ο συνολικός εσωτερικός όγκος όλων των μόνιμα σκεπαστών και κλειστών χώρων του πλοίου που βρίσκονται είτε κάτω από το ανώτατο κατάστρωμα είτε πάνω από αυτό, μετρούμενος σε κόρους.

Η καθαρά χωρητικότητα (net register tonnage) είναι ο συνολικός όγκος σε κόρους αν από την ολική χωρητικότητα αφαιρεθεί ο όγκος χώρων που δεν προσφέρονται προς εκμετάλλευση (χώροι μηχανοστασίου, δεξαμενές, αποθήκες εφοδίων). Δηλαδή η καθαρά χωρητικότητα προσδιορίζει την πλήρη μεταφορική ικανότητα του πλοίου σε όγκο. Με την καθαρά χωρητικότητα προσδιορίζονται τα τέλη διέλευσης διαύλων, διωρύγων, ισθμών καθώς και της παραμονής των πλοίων στους λιμένες.

Η χωρητικότητα εκτοπίσματος (dead weight tonnage) υπολογίζεται σε βάρος, δηλαδή σε τόνους και προσδιορίζει το μέγιστο συνολικό βάρος που μπορεί να μεταφέρει το πλοίο σε φορτίο, εφόδια και καύσιμα εφόσον διατηρεί το βύθισμά του, δηλαδή τη γραμμή φόρτωσης. Από το συνολικό βάρος αν αφαιρεθεί το βάρος των καυσίμων, των εφοδίων και του έρματος προκύπτει το πραγματικό βάρος που μπορεί να εφοδιαστεί με φορτίο. Έτσι προκύπτει η πραγματική σε φορτίο μεταφορική ικανότητα του πλοίου, η οποία ονομάζεται χωρητικότητα φορτίου.

Υπάρχουν και άλλες διακρίσεις της χωρητικότητας, όπως η χωρητικότητα φορτίου σε κυβικά πόδια, η «χωρητικότητα Παναμά» (όρος στη διώρυγα του Παναμά για καθορισμό των τελών), η «χωρητικότητα Σουέζ» (όρος στη διώρυγα Σουέζ για προσδιορισμό των τελών), η «χωρητικότητα συνολική κράτους» (άθροισμα της ολικής χωρητικότητας όλων των πλοίων που φέρουν τη σημαία ενός κράτους).

Το μέγεθος των πλοίων κατηγοριοποιείται σε τέσσερις ομάδες μεγέθους:

- 1) μικρά πλοία 100 GT ÷ 499 GT
- 2) μεσαία πλοία 500 GT ÷ 24.999 GT
- 3) μεγάλα πλοία 25.000 GT ÷ 59.999 GT

4) πολύ μεγάλα πλοία ≥ 60.000 GT**1.7.1. Κατάταξη στον παγκόσμιο στόλο**

Δείχνει σε αριθμό και ποσοστό το παγκόσμιο στόλο εμπορικών πλοίων ανά τύπο πλοίου και μέγεθος. Φαίνεται ότι το πλοίο γενικού φορτίου κυριαρχεί σε αριθμό και κατέχει το 21,5% του παγκόσμιου στόλου. Τα περισσότερα τέτοιου τύπου πλοία είναι είτε μικρού είτε μεσαίου μεγέθους.

Ship Type	Small ⁽¹⁾		Medium ⁽²⁾		Large ⁽³⁾		Very Large ⁽⁴⁾		Total	
General Cargo Ships	4,627	16.4%	12,210	33.1%	197	2.1%			17,034	21.5%
Specialized Cargo Ships	14	0.0%	188	0.5%	48	0.5%			250	0.3%
Container Ships	16	0.1%	2,411	6.5%	1,679	17.6%	868	20.1%	4,974	6.3%
Ro-Ro Cargo Ships	32	0.1%	774	2.1%	587	6.2%	144	3.3%	1,537	1.9%
Bulk Carriers	362	1.3%	3,647	9.9%	4,215	44.2%	1,373	31.8%	9,597	12.1%
Oil and Chemical Tankers	1,852	6.5%	6,373	17.3%	2,255	23.6%	1,348	31.2%	11,828	15.0%
Gas Tankers	44	0.2%	1,014	2.7%	187	2.0%	329	7.6%	1,574	2.0%
Other Tankers	259	0.9%	402	1.1%	5	0.1%			666	0.8%
Passenger Ships	3,461	12.2%	2,505	6.8%	269	2.8%	135	3.1%	6,370	8.1%
Offshore Vessels	2,185	7.7%	4,312	11.7%	75	0.8%	120	2.8%	6,692	8.5%
Service Ships	2,196	7.8%	2,219	6.0%	23	0.2%	4	0.1%	4,442	5.6%
Tugs	13,238	46.8%	872	2.4%					14,110	17.8%
Total	28,286	100%	36,927	100%	9,540	100%	4,321	100%	79,074	100%

(1) $GT < 500$ - (2) $500 \leq GT < 25.000$ - (3) $25.000 \leq GT < 60.000$ - (4) $GT \geq 60.000$

Πίνακας 1: Παγκόσμιος στόλος εμπορικών πλοίων σε αριθμό, ανά τύπο και μέγεθος

Όσον αφορά τη χωρητικότητα φαίνεται στο πίνακα 2 ότι τα μεγάλα και πολύ μεγάλα πλοία αντιπροσωπεύουν το 78% του στόλου με τα πετρελαιοφόρα, τα πλοία μεταφοράς χημικών και τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίων να κυριαρχούν.

Ship Type	Small ⁽¹⁾		Medium ⁽²⁾		Large ⁽³⁾		Very Large ⁽⁴⁾		Total	
General Cargo Ships	1,557	20.5%	52,629	24.3%	6,105	1.7%			60,291	6.0%
Specialized Cargo Ships	5	0.1%	1,473	0.7%	1,767	0.5%			3,245	0.3%
Container Ships	6	0.1%	28,466	13.2%	64,987	18.1%	76,428	18.0%	169,886	16.9%
Ro-Ro Cargo Ships	12	0.2%	7,421	3.4%	27,237	7.6%	9,298	2.2%	43,969	4.4%
Bulk Carriers	142	1.9%	52,495	24.3%	151,512	42.2%	129,963	30.6%	334,112	33.1%
Oil and Chemical Tankers	602	7.9%	38,898	18.0%	85,322	23.8%	148,204	34.9%	273,026	27.1%
Gas Tankers	17	0.2%	5,653	2.6%	8,184	2.3%	35,466	8.3%	49,320	4.9%
Other Tankers	75	1.0%	885	0.4%	162	0.0%			1,122	0.1%
Passenger Ships	869	11.5%	11,058	5.1%	9,560	2.7%	12,880	3.0%	34,367	3.4%
Offshore Vessels	624	8.2%	9,552	4.4%	3,363	0.9%	12,678	3.0%	26,217	2.6%
Service Ships	550	7.2%	6,880	3.2%	868	0.2%	266	0.1%	8,565	0.8%
Tugs	3,128	41.2%	872	0.4%					3,999	0.4%
Total	7,587	100%	216,282	100%	359,067	100%	425,183	100%	1,008,119	100%

(1) $GT < 500$ - (2) $500 \leq GT < 25.000GT$ - (3) $25.000 \leq GT < 60.000$ - (4) $GT \geq 60.000$

Πίνακας 2: Παγκόσμιος στόλος εμπορικών πλοίων σε χωρητικότητα ανά τύπο και μέγεθος

1.8. Φορτία των πλοίων γενικού φορτίου

1.8.1. Εμπορευματοκιβώτια και χαρακτηριστικά

Τα εμπορευματοκιβώτια εμφανίστηκαν ως μέσο συσκευασίας και μεταφοράς προϊόντων, στις θαλάσσιες μεταφορές, τη δεκαετία του 1960. Τα πλεονεκτήματά τους οδήγησαν στη ραγδαία εξάπλωση της χρήσης τους που, σε ορισμένα ανεπτυγμένα κράτη, πλησιάζει το 100% της θαλάσσιας μεταφοράς εμπορευμάτων. Η παρουσία τους γεννήθηκε και εξελίχθηκε στις τακτικές γραμμές (liners), όπου τα πλοία που χρησιμοποιούνταν ήταν πλοία γενικού φορτίου. Τον 20^ο αιώνα προστέθηκαν στα κλασσικά πλοία γενικού φορτίου, ειδικά αμπάρια για τη μεταφορά λαχανικών, αμπάρια με ψύξη, φορτοεκφορτωτικά μέσα και αυτοματοποιημένος εξοπλισμός. Οι βελτιώσεις αυτές έκαναν τα πλοία αυτά πιο αυτόνομα, αφού μπορούσαν πλέον να κάνουν μεγαλύτερα ταξίδια και να ξεφορτώνουν τα φορτία τους σε οποιοδήποτε λιμάνι. Κατά την περίοδο 1950 και 1960 το παγκόσμιο εμπόριο γνώριζε ιδιαίτερη άνθιση, με τον κύριο όγκο των εμπορευμάτων να μεταφέρεται μεταξύ των ιδιαίτερα ευημερών βιομηχανικών κέντρων της Ευρώπης, Βορείου Αμερικής και Ιαπωνίας. Οι έμποροι-πλοιοκτήτες στις αγορές αυτές χρειάζονταν γρήγορη, αξιόπιστη και ασφαλή μεταφορά των προϊόντων τους, με αποτέλεσμα να εμφανιστούν και τα πρώτα αδιέξοδα στη χρήση των υπαρχόντων πλοίων γενικού φορτίου που χρησιμοποιούνταν ως τότε. Το υψηλό κόστος, η

πολυπλοκότητα και η καθυστερημένη παράδοση των προϊόντων αποτέλεσε σοβαρότατο πρόβλημα στις υπάρχουσες εμπορικές γραμμές, αφού οι έμποροι δεν ήθελαν πλέον τα εμπορεύματα τους να ταλαιπωρούνται περνώντας από οκτώ έως και δέκα λιμάνια μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους, και μάλιστα συχνά κατεστραμμένα. Επίσης για τις πλοιοκτήτριες εταιρείες, τα πλοία γραμμής άρχισαν να γίνονται μη προσοδοφόρα, αφού ανέλυναν το πενήντα τις εκατό του χρόνου τους στο λιμάνι για την φορτοεκφόρτωση των εμπορευμάτων.

Η λύση στα παραπάνω προβλήματα δόθηκε με τη μοναδοποίηση του φορτίου. Η χρήση τυποποιημένων διαστάσεων θα επέτρεπε στις εταιρείες να επενδύσουν σε μηχανήματα και εξοπλισμό για την αυτοματοποίηση της μεταφορικής διαδικασίας και την αύξηση της παραγωγικότητας.

Έτσι το εμπορευματοκιβώτιο θεωρήθηκε ένας από τους σημαντικότερους οδηγούς για την εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας του 20ου αιώνα.

Με τον ελληνικό όρο εμπορευματοκιβώτιο αποδίδεται ο αγγλικός όρος container. Πρόκειται για ένα μεγάλο κιβώτιο κατασκευασμένο από αλουμίνιο, σίδηρο ή συνδυασμό των υλικών αυτών και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά μεγάλων φορτίων εμπορευμάτων, παρέχοντας ευκολίες φόρτωσης, εκφόρτωσης και συσκευασίας. Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι πως έχει τη δυνατότητα να μεταφέρεται από διαφορετικά μεταφορικά μέσα, με αποτέλεσμα οι μεταφορές να ενοποιούνται σε μια ολοκληρωμένη συνέχεια, με συνδυασμό φορτηγών αυτοκινήτων, σιδηροδρομικών βαγονιών, φορτηγών πλοίων και αεροπλάνων. Το φορτίο ασφαλίζεται σφραγίζοντας την πόρτα και προστατεύεται από κλοπές και φθορές. Ο σκελετός του είναι κατασκευασμένος από ατσάλι ώστε να είναι αρκετά δυνατός και να αντέχει να στοιβάζονται και άλλα εμπορευματοκιβώτια από πάνω του. Τα εμπορευματοκιβώτια έχουν πολλά ήδη και μεγέθη όσον αφορά το μήκος. Τα πιο συνηθισμένα είναι αυτά των 10, 20, 30, 40 ποδών αλλά υπάρχουν και αυτά των 45 και 53 ποδών. Τα εμπορευματοκιβώτια των 53 ποδιών χρησιμοποιούνται μόνο στις ΗΠΑ και απαιτούν διαφορετικό πλάτος στις σιδηροδρομικές γραμμές, γεγονός που εμποδίζει την εξάπλωσή τους σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ύψος και το πλάτος τους είναι ίσο με 8 πόδια και 6 ίντσες και 8 πόδια αντίστοιχα, αν και υπάρχουν κάποιες παραλλαγές που όμως συναντώνται ελάχιστα.

TEU capacities for common container sizes				
Length	Width	Height	Volume	TEU
20 ft (6.1 m)	8 ft (2.44 m)	8 ft 6 in (2.59 m)	1,360 cu ft (38.5 m ³)	1 ^[citation needed]
40 ft (12.2 m)	8 ft (2.44 m)	8 ft 6 in (2.59 m)	2,720 cu ft (77 m ³)	2
45 ft (13.7 m)	8 ft (2.44 m)	8 ft 6 in (2.59 m)	3,060 cu ft (86.6 m ³)	2 or 2.25
48 ft (14.6 m)	8 ft (2.44 m)	8 ft 6 in (2.59 m)	3,264 cu ft (92.4 m ³)	2.4
53 ft (16.2 m)	8 ft (2.44 m)	8 ft 6 in (2.59 m)	3,604 cu ft (102.1 m ³)	2.65
High cube				
20 ft (6.1 m)	8 ft (2.44 m)	9 ft 6 in (2.90 m)	1,520 cu ft (43 m ³)	1 ^[2]
Half height				
20 ft (6.1 m)	8 ft (2.44 m)	4 ft 3 in (1.30 m)	680 cu ft (19.3 m ³)	1 ^[2]

Πίνακας 3 - Χωρητικότητα και διαστάσεις τυποποιημένων εμπορευματοκιβωτίων

Όσον αφορά το πάχος της εσωτερικής επιφάνειας, το οποίο αποτελεί σημαντικό παράγοντα για ορισμένα φορτία, υπάρχουν οι εξής κύριοι τύποι:

1. Εμπορευματοκιβώτια με λεπτή εσωτερική επιφάνεια: είναι τα εμπορευματοκιβώτια γενικού τύπου και δεν προσφέρουν καμία μόνωση όσον αφορά τη θερμοκρασία, απλώς προσφέρουν προστασία από τον καιρό και τις κλοπές.



Εικόνα 1.8 - Εμπορευματοκιβώτιο γενικού τύπου

2. Μονωμένα: τα εμπορευματοκιβώτια αυτά δεν έχουν κανένα σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας αλλά έχουν παχιά εξωτερική επιφάνεια, έχοντας κάποιο είδος υαλοβάμβακα ή άλλο υλικό που μειώνει την απώλεια ή την αύξηση της θερμοκρασίας.
3. Εμπορευματοκιβώτια με κατάψυξη: είναι παρόμοιας κατασκευής με τα προηγούμενα, αλλά έχουν ανεξάρτητη μονάδα ψύξης, έτσι ώστε να μπορούν να ρυθμίζονται σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Πρέπει να είναι συνδεδεμένα με ηλεκτρικό ρεύμα που παρέχεται τόσο από το πλοίο όσο και από τους τερματικούς σταθμούς διαχείρισης των εμπορευματοκιβωτίων. Με αυτά τα εμπορευματοκιβώτια μεταφέρονται κυρίως είδη τροφίμων (κρέατα, γαλακτοκομικά, φρούτα), αλλά και άλλα φορτία όπως φάρμακα, φωτογραφικό υλικό, χημικά με ευαισθησία στην θερμοκρασία κ.ά.
4. Εμπορευματοκιβώτια με εξαερισμό: ορισμένα προϊόντα απαιτούν την προστασία ενός κλειστού εμπορευματοκιβωτίου και παράλληλα χρειάζονται εξαερισμό. Πατάτες, κρεμμύδια, φιστίκια, κακάο, καφές, συχνά μεταφέρονται με Ε/Κ αυτής της κατηγορίας. Τα πλευρά αυτών των Ε/Κ έχουν ανοίγματα για την είσοδο και την έξοδο του αέρα. Στο άνοιγμα συνήθως έχουν μικρές πόρτες που μένουν ανοικτές κατά τη μεταφορά του φορτίου που απαιτεί εξαερισμό αλλά που μπορούν να κλείσουν για την προστασία προϊόντων που δεν απαιτούν εξαερισμό.

Όσον αφορά τον τύπο του φορτίου που διαχειρίζονται, τον τρόπο πλήρωσης τους και τη μορφή τους έχουμε:

1. Εμπορευματοκιβώτια για ξηρά γενικά φορτία (dry goods containers).
2. Εμπορευματοκιβώτια που γεμίζουν από πάνω (open top containers). Αυτά χρησιμοποιούνται για τεράστια βαριά και δύσκολα στο χειρισμό φορτία.
3. Εμπορευματοκιβώτια με επίπεδες επιφάνειες (Flat racks containers). Αυτά είναι σχεδιασμένα για τη μεταφορά αντικειμένων μεγάλου βάρους και όγκου τα οποία δεν μπορούν να στοιβαχτούν στο εσωτερικό ενός συμβατικού Ε/Κ. Χρησιμοποιούνται επίσης για φορτίο υπερβολικού ύψους και πλάτους.
4. Εμπορευματοκιβώτια πλατφόρμες (Platform containers). Αυτά λειτουργούν σαν πλατφόρμες πάνω στις οποίες βαριά και ογκώδη φορτία στοιβάζονται στο πλοίο. Αυτό το

σύστημα δίνει στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων τη δυνατότητα να μεταφέρουν φορτία που διαφορετικά δε θα χωρούσαν.

5. Εμπορευματοκιβώτια ανοιχτά στα πλάγια (Open sides gates containers). Με αυτά μεταφέρονται ξυλεία, μέταλλα, μηχανήματα.
6. Εμπορευματοκιβώτια με κινητά πλευρά (Open with removable sides). Χρησιμοποιούνται για τη διακίνηση σιδηρών ελασμάτων και σιδηροσωλήνων.
7. Εμπορευματοκιβώτια υγρών χύδην φορτίων και συμπιεσμένων αερίων (Bulk liquid containers). Είναι σχεδιασμένα σαν κυλινδρικές δεξαμενές πάνω σε βαρύ ατσάλινο σκελετό διαστάσεων ανάλογων ενός εμπορευματοκιβωτίου 20 ποδών.



Εικόνα 1.9 - Εμπορευματοκιβώτιο υγρών χύδην φορτίων

8. Εμπορευματοκιβώτια στερεών χύδην φορτίων (Dry bulk containers).



Εικόνα 1.10 - Εμπορευματοκιβώτιο στερεών χύδην φορτίων

9. Εμπορευματοκιβώτια για τη μεταφορά ζώων (Live stock containers).

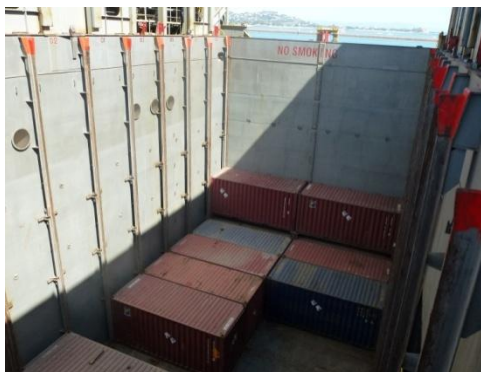


Εικόνα 1.11- Εμπορευματοκιβώτιο μεταφοράς ζώων

10. Εμπορευματοκιβώτιο Igloo. Είναι ειδικά σχεδιασμένο για να μεταφέρεται στα κύτη των αεροσκαφών.

1.8.1.1. Εμπορευματοκιβώτια στα πλοία γενικού φορτίου

Όσον αφορά τη μεταφορά των εμπορευματοκιβωτίων στα γενικού φορτίου πλοία πρέπει να αναφερθεί ότι παρόλο που τα πλοία αυτά είναι βασισμένα στην ιδέα της μεταφοράς διαφόρων ειδών φορτίων, είναι σχεδιασμένα να φέρουν έναν υψηλό αριθμό εμπορευματοκιβωτίων. Έχουν τη δυνατότητα να στοιβάξουν εμπορευματοκιβώτια σε κύτη κάτω από το κατάστρωμα χωρίς όμως οδηγούς –κυψέλες (cell guides), όπως συνηθίζεται στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, καθώς στο παρελθόν έχουν προσπαθήσει να εντάξουν διατάξεις κελιών για τα εμπορευματοκιβώτια που όμως κρίθηκαν ασυμβίβαστες με τη φιλοσοφία του «γενικού φορτίου».



Εικόνα 1.12 - Χώρος φορτίου με ειδική διάταξη κελιών για εμπορευματοκιβώτια

Για αυτό το λόγω δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα της διαχείρισης, στοιβασίας και ασφάλειας που παρέχονται από τη μέθοδο των κελίων-οδηγών. Έτσι για να αποφύγουν τη αποκλειστική ασφάλιση και έκχμαση του κάθε εμπορευματοκιβωτίου μεμονωμένα, στοιβάζονται σε ομοιογενή τετράγωνα-blocks με γωνιακά εξαρτήματα στις άκρες τους που λειτουργούν ως σταθεροποιητές και με έκχμαση όλου του τετραγώνου-block ασφαλιζονται στις διάφορες κινήσεις του πλοίου.



Εικόνα 1.13 - Ασφάλιση εμπορευματοκιβωτίων

Με την διάταξη αυτή που ακολουθείτε στα γενικού φορτίου πλοία για την μεταφορά των εμπορευματοκιβωτίων, η διαχείρισή τους καθιστάτε πιο δύσκολη, ο κίνδυνος για καταστροφή των αγαθών που εμπεριέχουν είναι μεγαλύτερος και η ποικιλομορφία των διάφορων τύπων και μεγεθών δεν εξυπηρετείται. Έτσι η αποδοτικότητα και η ευελιξία, της στοιβασίας των εμπορευματοκιβωτίων σε χώρο κάτω από το κατάστρωμα είναι χαμηλότερη από εκείνη της μεθόδου των ειδικών κυψελών-οδηγών, όπου ακολουθείται στα εξειδικευμένα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Όμως αυτό φαίνεται να είναι ένας αποδεκτός συμβιβασμός, προκειμένου να έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει μια σημαντική ποσότητα εμπορευματοκιβωτίων.

1.8.2. Ξυλεία και χαρακτηριστικά

Το ξύλο ως πρώτη ύλη μπορεί να προμηθεύεται είτε σε ακατέργαστη μορφή είτε σε τελικό στάδιο για μικρή ή καθόλου επεξεργασία.

Το ακατέργαστο ξύλο είναι η πρώτη ύλη για επιπλοποιία και για άλλα αντικείμενα που με μικρή επεξεργασία παίρνουν την τελική τους μορφή. Είναι διαθέσιμο σε διάφορα είδη αλλά

συνήθως διατίθεται σε μορφή σκληρού ξύλου. Το κατεργασμένο ξύλο προμηθεύεται σε τυποποιημένες διαστάσεις, περισσότερο για την κατασκευαστική βιομηχανία, το οποίο πρωταρχικά είναι μαλακό ξύλο από κωνοφόρα είδη, όπως το πεύκο, το έλατο, τον κέδρο, την ερυθρελάτη αλλά διατίθεται και ως σκληρό ξύλο για επενδύσεις πατωμάτων.

Τα εμπορικά είδη της ξυλείας διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, το μαλακό ξύλο και το σκληρό. Η διαφοροποίησή τους είναι βοτανικής σημασίας και δεν έχει να κάνει με την σκληρότητα του ξύλου. Γενικά τα μαλακά ξύλα είναι από κωνοφόρα είδη δέντρων ενώ τα σκληρά από φυλλοβόλα.

Αφού μετατρέψουμε το ξύλο, με τη μέθοδο του πριονίσματος, σε βολικό μέγεθος είναι απαραίτητο να αφαιρεθεί η περιεχόμενη υγρασία. Αυτή η διαδικασία κάνει το ξύλο περισσότερο σταθερό, πιο ανθεκτικό στη φθορά, στην επίθεση από έντομα και στο φως καθώς επίσης δίνει και τη δυνατότητα για ευκολότερη κατεργασία.

Στο ξύλο εμπεριέχεται προσεγγιστικά 21% υγρασία και η έλλειψη αέρα μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση μούχλας και μυκητιασικής ανάπτυξης. Η υγρασία στο ξύλο μπορεί να προκαλέσει μόνιμες μελανές κηλίδες αλλά προωθεί επίσης και τη φθορά και την αποσύνθεσή του.

Η διαδικασία για το στέγνωμα της ξυλείας πραγματοποιείται στοιβάζοντας και διαχωρίζοντας σε βαθμίδες τεμαχίων τετράγωνου σχηματισμού μέσα σε καμίνι, ώστε να επιτρέπεται να περνάει ρεύμα είτε θερμοκρασίας περιβάλλοντος είτε θερμός. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στον χαρακτηρισμό της ξυλείας ως υγρή, καθώς έχει διαφορά η εγγενής υγρασία του ξύλου από αυτή την υγρασία που μπορεί να προκληθεί κατά τη μεταφορά του από βροχή ή από το θαλασσινό νερό.

Το ξύλο είναι υγροσκοπικό, δηλαδή ρικνώνεται ή διογκώνεται με την απώλεια ή πρόσληψη υγρασίας. Η υγρασία αυτή προσλαμβάνεται είτε σε υγρή μορφή (επαφή με το νερό) είτε σε μορφή υδρατμών από την ατμόσφαιρα. Η υγρασία του ξύλου ορίζεται ως το βάρος του νερού που περιέχεται στο ξύλο και εκφράζεται ως ποσοστό επί του απόλυτα ξηρού βάρους του ξύλου. Το νερό από μόνο του δεν προκαλεί ζημιά στο ξύλο, αλλά το ξύλο με υψηλή υγρασία δημιουργεί τις προϋποθέσεις για ανάπτυξη μυκήτων.

1.8.2.1. Συντελεστής στοιβασίας ξύλου

Ο συντελεστής στοιβασίας των διαφόρων ειδών του ξύλου είναι άμεσα συνδεδεμένος με την πυκνότητά του. Γίνεται διάκριση μεταξύ της θεωρητικής πυκνότητας και της πραγματικής. Η θεωρητική πυκνότητα υπολογίζεται αποκλειστικά και μόνο στη «στερεή

ξυλεία», δηλαδή σαν όλες οι κοιλότητες του ξύλου (που θα μπορούσαν να εμπεριέχουν υγρό στοιχείο) να έχουν εξαλειφθεί μέσω της συμπίεσης. Έτσι, η θεωρητική πυκνότητα είναι ίδια για όλα τα είδη ξυλείας και συγκεκριμένα είναι $1,5\text{g/cm}^3$. Η πραγματική πυκνότητα ή χύδην πυκνότητα (bulk density) υπολογίζεται από το βάρος και τον όγκο της ξυλείας, η οποία διαφέρει από είδος σε είδος και έχει να κάνει με τη διαφορετική δομή του ξύλου. Η ξυλεία είναι διαχωρισμένη σύμφωνα με την πυκνότητα στις ακόλουθες κατηγορίες:

- 1) Very light species $< 0,4\text{ cm}^3$
- 2) Moderately light species $0,41 \div 0,5\text{ cm}^3$
- 3) Light species $0,51 \div 0,6\text{ cm}^3$
- 4) Moderately heavy species $0,61 \div 0,7\text{ cm}^3$
- 5) Heavy species $0,71 \div 0,8\text{ cm}^3$
- 6) Very heavy species $> 0,8\text{ cm}^3$

1.8.2.2. Μορφές μεταφοράς ξυλείας

- Κορμοί δέντρου πριονισμένοι σε μορφή χοντρής σανίδας (Boules).
- Κορμοί δέντρου στην κυλινδρική τους μορφή κατάλληλοι για μεταφορά με πλοίο ώστε στον προορισμό τους να πριονιστούν και να διαμορφωθούν καταλλήλως. (Logs)
- Φύλλα ξυλείας (Timber sheet materials). Είναι φύλλα ξύλου διαβαθμισμένων μεγεθών, τα οποία είναι αναμειγμένα με κόλλα και πιεσμένα σε σανίδες διαφόρων προτύπων και διαστάσεων. Διάφορα είδη αυτής της κατηγορίας ξύλου είναι τα:

1.8 MDF (Medium Density Fibreboard) σανίδες από εμποτισμένες ίνες ξύλου

1.9 Laminboard σανίδες ξύλου προκαθορισμένων διαστάσεων κατασκευασμένες από πυρήνα ξύλου και λουστραρισμένες στις εξωτερικές επιφάνειες με τη μέθοδο των σύνθετων υλικών (sandwich).

1.10 Plywood που είναι πάντα κατασκευασμένο από μονό αριθμό φύλλων ξύλου δεμένων με κόλλα, το οποίο έχει συνήθως ιδιότητες αδιαβροχοποίησης ή αντίσταση στην υγρασία.

- Βιομηχανοποιημένη ξυλεία: Προσχεδιασμένες σανίδες, ξύλα που έχουν διαμορφωθεί σε καλούπια και πολλά άλλα επεξεργασμένα τεμάχια ξυλείας. Είναι το ίδιο ευαίσθητα με το ξύλο στην αρχική του μορφή και δεν επιδέχονται επιδιόρθωση λόγω της αρχικής φύσης του.

- Καπλαμάς (Veneers) είναι η εμπορική σημασία της έννοιας «διακοσμητικό ξυλόφυλλο» και μπορεί να έχει διάφορες μορφές: φλούδας, κομμένο σε φέτες, μπορεί να είναι μαλακό ξύλο, σκληρό ξύλο ή ακόμα και πριονισμένο μαλακό ξύλο.

1.8.2.3. Μεταφορά και προστασία ξυλείας στο πλοίο γενικού φορτίου

Είναι ύψιστης σημασίας να έχει καθαριστεί επιμελώς ο χώρος των κυτών και του καταστρώματος του πλοίου προτού φορτωθεί το φορτίο ξυλείας στο καράβι, ανεξαρτήτως του τύπου ξυλείας που θα μεταφερθεί. Τα γράσα και τα λάδια πρέπει να έχουν καθαριστεί ώστε να μην εμποτίσουν ή λερώσουν την ξυλεία, όπως και υπολείμματα από προηγούμενα φορτία στα καπάκια των καταπακτών θα πρέπει να καθαριστούν για αποφυγή μόλυνσης του φορτίου ξυλείας. Για την αποφυγή επαφής της ξυλείας με διάφορα υπολείμματα όπως σκουριά από ρινίσματα σιδήρου ή το μίγμα νερού-υπολειμμάτων που λιμνάζει στο κατάστρωμα και έρχεται σε επαφή με το ξύλο σαν λεκές από σκουριά, χρησιμοποιούνται υποστρώματα φορτίου ύψους μερικών εκατοστών που συνήθως είναι από υλικό ξύλου. Για το λόγο αυτό, της αποφυγής αλλοίωσης του φορτίου, η ευάερη διάταξη του φορτίου ξυλείας και η σωστή υπόστρωσή του είναι μεγάλης σημασίας.

Ένα ακόμη πρόβλημα στη μεταφορά της ξυλείας είναι το σπάσιμο των δεσμών των ζωνών στερέωσης της ξυλείας, λόγω κακής στοιβασίας. Αυτό οφείλεται συνήθως είτε στην κακή τοποθέτηση του φορτίου ξυλείας στα διάφορα επίπεδα είτε στην λάθος επισώρευση των δεσμών η ακόμα στο συνδυασμό και των δύο πιθανών λαθών.



Εικόνα1.14 - Ξυλεία διαφόρων τύπων στο κύτος φορτηγού πλοίου

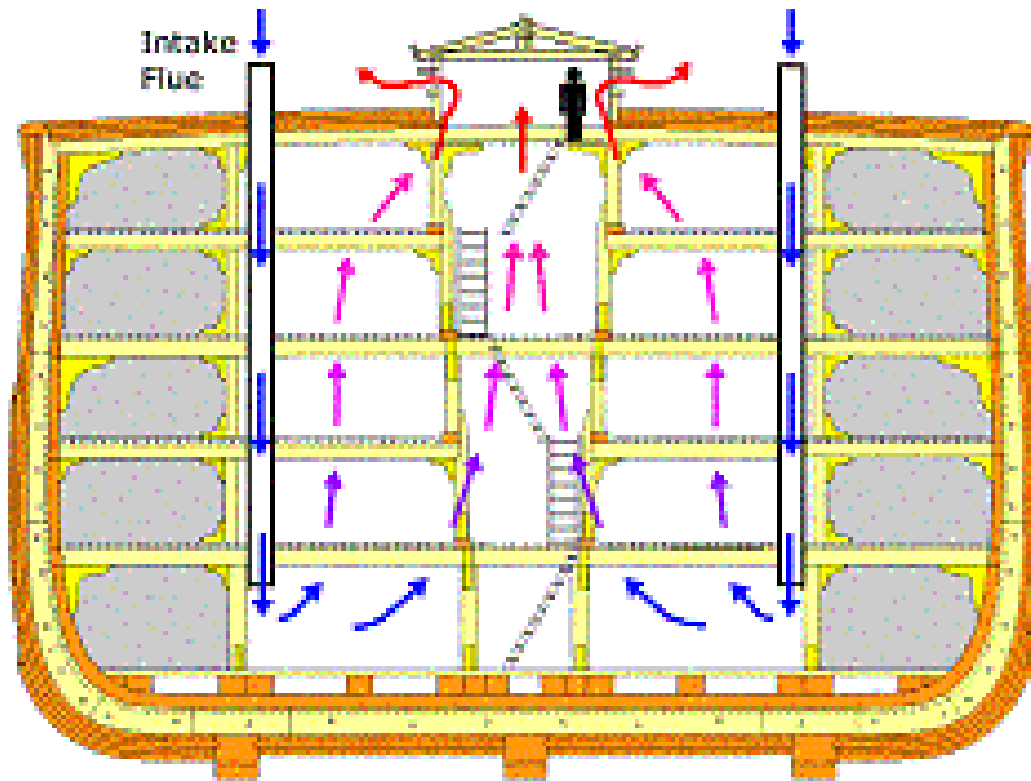
1.8.3. Τροχοφόρα φορτία

Με τον όρο τροχοφόρα φορτία εννοούμε κάθε φορτίο το οποίο έχει τη δυνατότητα είτε να μπορεί να μεταφερθεί αυτόνομα, δηλαδή οχήματα μεταφοράς κάθε είδους, είτε μονάδες φορτίων οι οποίες κινούνται ρυμουλκούμενες από μηχανικά μέσα. Η πρώτη περίπτωση με τα αυτόνομα οχήματα μεταφοράς φορτίων εξυπηρετείτε καλύτερα από τα ειδικά σχεδιασμένα πλοία ρο-ρο. Όταν όμως το φορτίο είναι στοιβαγμένο πάνω σε τροχοφόρα επιφάνεια χωρίς δικό του μέσο κίνησης, το μοντέλο αυτό της μεταφοράς είναι ευρέως εξυπηρετούμενο από τα πλοία γενικού φορτίου. Λόγω ότι αρχικά ένα πλοίο γενικού φορτίου είναι σχεδιασμένο για κατακόρυφη πρόσβαση του φορτίου θα πρέπει να δημιουργηθούν κάποιες απαραίτητες διατάξεις. Με τον εφοδιασμό του πλοίου με μια κεκλιμένη δίοδο -ράμπα στη πρύμνη του, αφαιρώντας διαφράγματα από το κατάστρωμα και διαμορφώνοντας τα στόμια των κυτών, δίνεται η δυνατότητα για οριζόντια πρόσβαση τροχοφόρων φορτίων.

Παρόλη την επιπλέον επένδυση που απαιτείται στο πλοίο γενικού φορτίου για την εξυπηρέτηση των τροχοφόρων φορτίων η συνολική επίδοση και η ευελικτικότητα βελτιώνονται με επιλογές όπως αυτή.

1.8.4. Φορτία με ανάγκη για εξαερισμό

Είναι φορτία με απαιτήσεις αερισμού και εξαερισμού ,είτε για την προστασία του φορτίου είτε για λόγους ασφαλείας. Σε αυτή τη κατηγορία φορτίου βρίσκονται αγροτικά προϊόντα, τυποποιημένα φαγητά, ζώα ή χημικά και φαρμακευτικά σκευάσματα. Φυσικά θα πρέπει να είναι σε μορφή και σχήμα μονάδας συμβατή με τις δυνατότητες του γενικού φορτίου πλοίου ή να βρίσκονται σε εμπορευματοκιβώτιο, δηλαδή να καλύπτεται το εμπόρευμα από το φάσμα των φορτίων που μπορεί να μεταφέρει ένα τέτοιο πλοίο. Τα τεχνικά μέσα για τον αερισμό η εξαερισμό φορτίων που το έχουν σε υψηλό βαθμό ανάγκη είναι διαθέσιμα. Μπορεί να είναι είτε με ολοκληρωμένο σύστημα ανεμιστήρων, που βρίσκονται σε συγκεκριμένα κύτη του πλοίου, είτε με την τοποθέτηση των ευπαθών φορτίων σε σημεία που βρίσκονται χαμηλά στα κύτη και παρέχεται φυσικός εξαερισμός με διάφορα ανοίγματα για τη διευκόλυνση της ροής του αέρα.



Εικόνα 1.15 - Εξαερισμός χώρου φορτίου

1.8.5. Ευπαθή φορτία ψυγείου

Σε λίγο παλιότερες εποχές τα πλοία γενικού φορτίου είχαν κύτη τα οποία με μηχανική υποστήριξη που παρεχόταν στα ψυγεία τους δημιουργούσαν τη κατάλληλη θερμοκρασία για προϊόντα που χρειαζόντουσαν χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη μεταφορά τους. Πλέον τα προϊόντα αυτά αν δεν μεταφέρονται σε χύδην μορφή από ειδικά πλοία-ψυγεία, μεταφέρονται σε εμπορευματοκιβώτια-ψυγεία στο κατάστρωμα των γενικού φορτίου πλοίων. Απαραίτητο είναι το δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος και η σύνδεσή του με τα φορτία για τη λειτουργία του αυτόνομου ψυγείου στο εμπορευματοκιβώτιο. Η τοποθέτηση των εμπορευματοκιβωτίων κάτω από το κατάστρωμα έχει περιορισμένη δυνατότητα επειδή οι μηχανές των ψυγείων που φέρουν τα εμπορευματοκιβώτια ψύχονται με αέρα και στην συνέχεια τον βγάζουν θερμό με αποτέλεσμα να δημιουργείται η ανάγκη για παροχή και ανανέωση του αέρα.



Εικόνα 1.16 - Εμπορευματοκιβώτιο ψυγείο

1.8.6. Υγρό χύδην φορτίο

Είναι φορτίο, όπου κατά το παρελθόν, μικρές και μεσαίες ποσότητες μετέφεραν τα γενικού φορτίου πλοία σε ειδικές δεξαμενές φορτίου (deep tanks), που έφεραν στα κύτη τους. Στις τακτικές γραμμές που ακολουθούσαν τα πλοία αυτά περισσότερο εξυπηρετούσαν υψηλής αξίας υγρό χύδην φορτίο, όπως φυτικά και ζωικά έλαια ή ζωικά λίπη. Στη σύγχρονη εποχή η τεχνολογία των εμπορευματοκιβωτίων προσφέρει πλέον ολοκληρωμένη διαχείριση μεταφοράς μέσω των εμπορευματοκιβωτίων-δεξαμενών, στα οποία παρέχονται και οι κατάλληλες συνθήκες ψύξης ή θέρμανσης αν απαιτείται.

1.8.7. Φορτίο σιτηρών

Τα σιτηρά καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο, σε όλες τις χώρες, σε όλα τα κλίματα, εκτός από τις περιοχές που είναι πολύ θερμές και πολύ υγρές (τροπικές χώρες). Είναι τα φυτά με τη μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα, με πρώτο το κοινό ή μαλακό σιτάρι και αμέσως μετά το σκληρό σιτάρι. Στο σύνολο των 14 δισεκατομμυρίων στρεμμάτων που καλλιεργούνται με όλα τα είδη των φυτών σε παγκόσμια κλίμακα, τα 7 δισεκατομμύρια (το 50%) καλλιεργούνται με σιτηρά. Αυτό από μόνο του υπογραμμίζει την τεράστια σημασία των σιτηρών για την παγκόσμια γεωργική οικονομία, τη διατροφή και την επιβίωση του συνόλου του πληθυσμού της γης. Διακρίνονται σε σιτηρά των ευκράτων κλιμάτων (φθινοπωρινά ή χειμωνιάτικα) που κατάγονται από ημίξηρες περιοχές της ΝΔ Ασίας και της Μέσης Ανατολής, και σε σιτηρά θερμών κλιμάτων (ανοιξιάτικα) που κατάγονται από θερμές περιοχές της ΝΑ Ασίας, της

Κεντρικής Αμερικής, της Κεντρικής και Τροπικής Αφρικής. Αυτό το φορτίο, το οποίο μεταφέρεται σε παγκόσμια κλίμακα από τη ναυτιλία, εξυπηρετείται κυρίως από τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίων αλλά και από τα γενικού φορτίου πλοία σε μικρές και μεσαίες ποσότητες.

Η φόρτωση χύδην σιτηρών φορτίων με τη μέθοδο που ακολουθείται, δηλαδή ρίχνοντας το φορτίο στο κύτος από κάποιο σχετικό ύψος, αλλά και λόγω των ενισχύσεων που υπάρχουν εσωτερικά στις οροφές των καταστρωμάτων, δεν επιτρέπει την απόλυτη πλήρωση του άνω μέρους των κυτών. Εξαιτίας των κενών (voids) που παραμένουν στο πάνω μέρος κάθε κύτους, είναι πιθανό, σε συνθήκες θαλασσοταραχής, να προκληθεί μετακίνηση του φορτίου (shifting of cargo). Η μετακίνηση αυτή του φορτίου κατά την εγκάρσια διεύθυνση έχει ως αποτέλεσμα, τη δημιουργία εγκάρσιων ροπών, που είναι πιθανό να προκαλέσουν εγκάρσια κλίση στο πλοίο. Ακόμα επηρεάζεται η ευστάθεια του πλοίου, αφού το μετατοπισμένο φορτίο έχει διαφορετικό κέντρο βάρους από αυτό που είχε αρχικά υπολογιστεί.

Τρόποι αντιμετώπισης των φαινομένων αυτών είναι:

- I. Η τοποθέτηση διαμηκών διαφραγμάτων, όπου σκοπό έχουν να μειώσουν το πλάτος της ελεύθερης επιφάνειας του φορτίου, με αποτέλεσμα να μειωθεί η ογκομετρική ροπή κλίσης του χώρου στον οποίο τοποθετούνται.
- II. Η τεχνική της λεκάνης, σύμφωνα με την οποία στην περιοχή του στομίου σχηματίζουμε μια κοιλότητα στο φορτίο και τη καλύπτουμε με μουσαμά ή άλλο παρόμοιο υλικό τοποθετώντας πάνω του σάκους μέχρι το ύψος του στομίου του κύτους.
- III. Η στοιβασία σάκων στις πλευρές και τα άκρα των χώρων φορτίου, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τόσο σε πλήρεις όσο και σε ημιπλήρεις χώρους. Οι σάκοι στοιβάζονται συμπαγώς με τέτοιον τρόπο ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος μετατόπισης τόσο στις πλευρές όσο και στα άκρα του διαμερίσματος.

Φυσικά λύση στο πρόβλημα αυτό μπορεί να δοθεί και από τον αρχικό σχεδιασμό των δεξαμενών, αυξάνοντας τον βαθμό πληρότητας του κύτους είτε με κατάλληλη σχεδίαση των κυτών και των ανοιγμάτων τους, είτε με πρόβλεψη ειδικών τροφοδοτικών στομιών (feeders) εκτός από τα κανονικά ανοίγματα των κυτών

Έτσι παρόλο που ένα πλοίο γενικού φορτίου δεν μπορεί να προσφέρει το ίδιο επίπεδο επίδοσης με ένα πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου, μπορεί να είναι μια καλή εναλλακτική για μικρές και μεσαίες ποσότητες σιτηρών και προϊόντων σιτηρών.



Εικόνα 1.17- Φόρτωση πλοίου γενικού φορτίου με σιτηρά

1.8.8. Επικίνδυνα φορτία

Τα διάφορα είδη επικίνδυνων φορτίων, αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο μέρος του μεριδίου της ναυτιλιακής μεταφοράς, τόσο στα δρομολόγια γραμμής (liner) όσο και στα μεμονωμένα ναυλωμένα συμβόλαια (contract shipping). Το πλοίο γενικού φορτίου έχει τη δυνατότητα να είναι εναρμονισμένο με τους κανόνες μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων, με αποτέλεσμα να μεταφέρει σημαντικό όγκο εμπορεύματος αυτού του τύπου. Έχει λοιπόν τις απαραίτητες συνθήκες μεταφοράς όπως τη δυνατότητα να διαχωρίσει και απομονώσει το επικίνδυνο φορτίο ή να του παρέχει συνθήκες εξαιρετισμού κατάλληλες για την ασφάλεια τόσο του φορτίου όσο και του ίδιου του πλοίου. Τα εμπορευματοκιβώτια που φορτώνονται με επικίνδυνο φορτίο, ακόμα και αν είναι σε υγρή μορφή μπορούν να στοιβάζονται στο κατάστρωμα προσφέροντας έτσι επιπλέον μεταφορικές επιλογές.

1.8.9. Break bulk

Στη ναυτιλία, ο όρος break bulk αναφέρεται σε αγαθά τα οποία πρέπει να φορτώνονται και ξεφορτώνονται μεμονωμένα και όχι με τη χρησιμοποίηση εμπορευματοκιβωτίων ή σε μορφή χύμα όπως τα σιτηρά. Ο όρος break bulk προέρχεται από τη φράση breaking bulk, δηλαδή την απόσπαση – διάσπαση μιας ποσότητας φορτίου στην αρχή της διαδικασίας ξεφόρτωσης από τα κύττη του πλοίου. Τα αγαθά αυτά μεταφέρονται σε σάκους, κιβώτια, κοφίνια, βυτία και βαρέλια, όπου ασφαλιζονται σε παλέτες ή σε βάσεις στηρίξεως.

Το είδος αυτό του φορτίου ήταν ο συνηθέστερος τύπος φορτίου στην ιστορία της εμπορικής ναυτιλίας μέχρι τα τέλη της δεκαετίας 1960, όπου ο όγκος των μεταφερόμενων αγαθών με αυτή τη μορφή μειώθηκε δραματικά με τη διάδοση των εμπορευματοκιβωτίων σε παγκόσμιο επίπεδο. Η μεταφορά του φορτίου από και προς το πλοίο σε εμπορευματοκιβώτια είναι τρόπος πολύ πιο αποδοτικός, επιτρέποντας στο πλοίο να μειώνει τους χρόνους παραμονής στα λιμάνια. Ακόμα, τα φορτία τύπου break bulk πολύ συχνά κατά τη μεταφορά τους υπόκεινται σε φθορά, μερική ή ολική καταστροφή ή γίνονται αντικείμενα κλοπής. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της μορφής μεταφοράς είναι η απαίτηση, τόσο στο πλοίο όσο και στο λιμάνι σε διαθέσιμους πόρους φορτοεκφόρτωσης φύλαξης και αποθήκευσης.



Εικόνα 1.18 - Φορτία τύπου break bulk



Εικόνα 1.19 - Μοναδοποιημένα φορτία

1.9. Πρώτα μέσα αποθήκευσης για μεταφορά αγαθών - Εμπορικοί οξυπύθμενοι αμφορείς

Οι αμφορείς είναι το κατεξοχήν αγγείο αποθήκευσης αγαθών κατά την αρχαιότητα και ο οξυπύθμενος αμφορέας αποτελεί μια παραλλαγή του αμφορέα με λαιμό, όπου διακρίνεται για το ωοειδές σώμα του που καταλήγει σε οξεία προεξοχή έτσι ώστε να μπορεί να στηριχτεί στο έδαφος ή σε τεχνητή βάση. Με αυτού του τύπου τους αμφορείς γινόταν κυρίως η μεταφορά υγρών προϊόντων σε πλοία. Ανασκάπτονται στην ξηρά και τη θάλασσα σε οικισμούς, τάφους, ιερά, ναυάγια, λιμάνια και αποτελούν δείκτες των εμπορικών επαφών δια θαλάσσης. Ίσως το αντικείμενο, το οποίο έχει συνδεθεί περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο με το θαλάσσιο εμπόριο και τη μεταφορά προϊόντων είναι ο οξυπύθμενος εμπορικός αμφορέας, ο οποίος για πάνω από 2.500 χρόνια αποτέλεσε το βασικό αγγείο μεταφοράς υγρών αλλά και στερεών αγαθών.

Σε μία αγροτική οικονομία, όπως του ελλαδικού χώρου, η παραγωγή των εμπορικών αμφορέων είχε ζωτική σημασία για την εμπορευσιμότητα των προϊόντων. Προέρχονται από τα εργαστήρια της Χίου, των Κλαζομενών, της Λέσβου, της Σάμου, της περιοχής της Μιλήτου, του ΝΑ Αιγαίου, από αταύτιστα εργαστήρια του Β. Αιγαίου, της Μένδης, της Θάσου, της Ρόδου, της Κω αλλά και από τα εργαστήρια της Ν. Ελλάδας, της Αττικής, της Κορίνθου, της Λακωνίας και της Κέρκυρας. Οι παλιότεροι από αυτούς χρονολογούνται στα μέσα του 7^{ου} και οι νεότεροι στο πρώτο μισό του 4^{ου} αι. π. Χ. Αρκετά συχνά σε ορισμένους από αυτούς (κυρίως στους αμφορείς των αρχαϊκών χρόνων) συναντούμε γραπτές (dipinti) ή εγχάρακτες (graffiti) επιγραφές και σύμβολα που συνήθως σχετίζονται με την εμπορική τους χρήση.

Οι εμπορικοί αμφορείς είναι κυρίως γνωστοί από τις θέσεις όπου βρέθηκαν μετά τη χρήση τους, από τα ναυάγια των πλοίων που μετέφεραν τα προϊόντα στη θάλασσα και από τα εργαστήρια παραγωγής τους. Τα προϊόντα που μετέφεραν ήταν κυρίως υγρά, με πιο σημαντικά το κρασί και το λάδι, αλλά ενίοτε χρησιμοποιούνταν και για στερεά τρόφιμα, όπως δημητριακά, παστά ψάρια, κρέας, ελιές, φρούτα, ξηρούς καρπούς, ρετσίνα κ.ά. Τα τελευταία χρόνια με τη χρήση των νέων επιστημονικών μεθόδων είμαστε σε θέση να ανιχνεύσουμε με σχετική ασφάλεια τα οργανικά κατάλοιπα αμφορέων που προέρχονται κυρίως από ναυάγια.

Το ιδίομορφο σχήμα του, με την οξεία απόληξη για βάση και το αρκετά ογκώδες σώμα, όσο στη στεριά φαίνεται δύσχρηστο, τόσο για τη φόρτωση στα πλοία ήταν ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Οι οξυπύθμενοι αμφορείς μπορούσαν, λόγω της μορφής τους να στοιχηθούν και να στοιβαχθούν στο κύτος του πλοίου και να αποτελέσουν όλοι μαζί πλέον ένα ενιαίο σύνολο. Το πλεονέκτημα αυτό απέτρεπε, κατά το δυνατόν τις περιπτώσεις μετατόπισης του φορτίου κατά τον πλου, μία από τις βασικές αιτίες πρόκλησης ναυτικών ατυχημάτων και ναυαγίων. Η οξυπύθμενη βάση διευκόλυνε τη μεταφορά στα αμπάρια των πλοίων και αποτελούσε μία επιπλέον λαβή προκειμένου να ανασηκωθεί το αγγείο και να αδειάσει το περιεχόμενο. Αποτελούσε επίσης έναν απομονωμένο σχετικά αποδέκτη για το όποιο κατακάθι άφηνε ο κατασταμνισμένος οίνος. Ο στενός λαιμός, και το χείλος εύκολα σφραγίζονταν με ειδικό πώμα για να απομονώνει το περιεχόμενο από τις διαβρωτικές ιδιότητες του περιβάλλοντος. Τα πώματα σφραγίζονταν συνήθως με ρητίνη και ήταν πήλινα ή από οργανικά υλικά.

Όσο και αν, ήδη από την αρχαϊκή και την κλασική κυρίως εποχή, εμφανίζονται αρκετά διαφορετικά είδη αμφορέων τα βασικά χρηστικά χαρακτηριστικά τους παραμένουν κοινά, οπουδήποτε και αν κατασκευάζονται και σε οποιαδήποτε εποχή. Έτσι η προέλευση αρκετών από τους αμφορείς είναι αναγνωρίσιμη από το σχήμα, τα σφραγίσματα και τον πηλό κατασκευής τους. Η σύνδεση αρκετών τύπων αμφορέων σε συγκεκριμένες περιοχές έχει επιτρέψει, κυρίως από τις έρευνες των τελευταίων ετών, χωρίς όμως να έχουν επιλυθεί όλα τα προβλήματα, τη σχετικά εύκολη και άμεση ταύτιση των εμπορικών αμφορέων. Η προέλευση λοιπόν των οξυπύθμενων αμφορέων, μπορεί να προσδιορισθεί σχετικά εύκολα και, σε αρκετές περιπτώσεις, με αρκετή χρονολογική ακρίβεια.

Ο εντοπισμός του φορτίου ενός πλοίου με οξυπύθμενους αμφορείς θέτει δύο τουλάχιστον βασικά ερωτήματα, τα οποία έχουν συχνά διάφορες και αρκετές προεκτάσεις και απαντήσεις. Το πρώτο είναι αν η περιοχή προέλευσης των αμφορέων προσδιορίζει αυτόματα το λιμάνι ή την περιοχή φόρτωσης του πλοίου και αν η ετερογενής προέλευση του φορτίου ενός πλοίου,

σημαίνει απαραίτητα τη διέλευση του συγκεκριμένου πλοίου από όλες τις περιοχές, από τις οποίες προέρχονται τα εμπορεύματα. Οι οξυπύθμενοι αμφορείς του φορτίου ενός πλοίου, μπορεί να είχαν φορτωθεί τόσο στη συγκεκριμένη περιοχή, όπου είχαν παραχθεί, όσο και σε ένα κεντρικό λιμάνι, όπου συγκεντρώνονταν τα εμπορεύματα μιας ευρύτερης περιοχής. Είναι μια πρακτική γνωστή ήδη από την κλασική περίοδο, όταν σε μεγάλα λιμάνια, όπως για παράδειγμα ο Πειραιάς, συγκέντρωναν προϊόντα από όλες τις περιοχές, με σκοπό αρχικά να καλύψουν τις ίδιες ανάγκες, αλλά και να μεταπωλήσουν εμπορεύματα σε άλλες περιοχές. Για αυτό το λόγο η άποψη ότι ένα πλοίο ακολουθεί τη γεωγραφική πορεία, που προσδιορίζει η προέλευση των φορτίων που μεταφέρει είναι μία άποψη, η οποία, σε αρκετές περιπτώσεις, έχει αποδειχθεί εσφαλμένη και κυρίως για τα ελληνιστικά και τα ρωμαϊκά χρόνια, όταν τα εμπορικά λιμάνια, τα οποία συγκέντρωναν μεγάλες ποσότητες εμπορευμάτων από διάφορες περιοχές ήταν πολλά και σημαντικά (Δήλος, Αλεξάνδρεια, Ρόδος, Όστια, Μασσαλία, Εμπόρειο). Στα μεγάλα αυτά εμπορικά λιμάνια συγκεντρώνονταν, λοιπόν, προϊόντα από διάφορες παρακείμενες, αλλά και μακρινές περιοχές, και στη συνέχεια αυτά μεταφορτώνονταν σε μεγαλύτερα πλοία, που επίσης τα προωθούσαν σε άλλα κεντρικά λιμάνια για να διανεμηθούν στη συνέχεια με άλλα μικρότερα πλοία στην ευρύτερη περιοχή. Έτσι οι διάφορες προελεύσεις του φορτίου ενός πλοίου δεν προδικάζει αυτόματα το γεγονός ότι το πλοίο αυτό πέρασε αναγκαστικά από όλα τα λιμάνια από όπου προέρχονται τα προϊόντα του φορτίου του.

Πρέπει τέλος να επισημανθεί ένα άλλο καθαρά τεχνικό γεγονός σχετικά με το ναυάγιο των Αντικυθήρων όπου το γεγονός ότι διαφορετικοί τύποι αμφορέων ανελκύστηκαν στις δύο έρευνες, μπορεί να είναι ενδεικτικό, ότι οι έρευνες έγιναν σε διαφορετικά σημεία του κύτους του πλοίου. Είναι επομένως πιθανό, οι αμφορείς να μην ήταν όλοι συγκεντρωμένοι σε ένα συγκεκριμένο σημείο του κύτους του πλοίου. Η φόρτωσή του με ένα τόσο μεγάλο αριθμό ανόμοιων αντικειμένων (διαφορετικά ειδικά βάρη, μεγέθη, ασυμμετρίες) ήταν οπωσδήποτε μία ιδιαίτερα λεπτή και καθοριστική επιχείρηση, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η περίπτωση μετατόπισης του φορτίου. Τίποτα δεν μπορεί, για παράδειγμα, να αποκλείσει την περίπτωση ότι το πλοίο μετέφερε και άλλους τύπους αμφορέων ή ακόμα ότι το ποσοστό για το κάθε ένα τύπο να αποδειχθεί τελικώς εντελώς διαφορετικό από αυτό που φαίνεται από τα υπάρχοντα στοιχεία.



Εικόνα 1.20 - Απεικόνιση οξυπύθμενων αμφορέων στη γάστρα πλοίου

1.10. Φορτηγό πλοίο Κερύνεια (4ος π.Χ. αιώνας)

Ένας από τους αντιπροσωπευτικότερους τύπους φορτηγού πλοίου του 4ου αιώνα π.Χ. είναι το γνωστό πλοίο της Κερύνειας, του οποίου το ναυάγιο έδωσε την δυνατότητα να ανακατασκευαστεί και να γνωρίσουμε πώς ήταν αυτός ο χαρακτηριστικός τύπος πλοίου του Αιγαίου. Το πλοίο της Κυρήνειας υπήρξε κατά την περίοδο 389-280 π.Χ. Γνωρίζουμε ότι ναυάγησε γύρω στο 300 π.Χ. ή λίγο νωρίτερα, στις βόρειες ακτές της Κύπρου και η ανακάλυψη του το 1966, 23 αιώνες αργότερα, και η εν συνεχεία αποκόλληση του από το βυθό έφεραν στο φως το παλαιότερο ναυάγιο εμπορικού σκάφους που γνωρίζουμε έως σήμερα..

Η χρονολόγηση με τη μέθοδο του άνθρακα απέδειξε ότι η ξυλεία είχε κοπεί γύρω στο 389 π.Χ., ήταν από πεύκο (*Pinus halepensis*) και ότι στη διάρκεια της ζωής του το σκαρί είχε επισκευαστεί τρεις φορές. Είχε συνολικό μήκος 14 μ., βάρος 14 τόνους και είχε κατασκευαστεί με τη μέθοδο «πρώτα το πέτσωμα». Αυτή η μέθοδος είναι χαρακτηριστική της αρχαίας ναυπηγικής. Πρώτα κατασκεύαζαν το πέτσωμα και κατόπιν τοποθετούσαν τους νομείς και όλα τα άλλα. Σήμερα γίνεται το εντελώς αντίθετο. Η μέθοδος «πρώτα το πέτσωμα» άρχισε να αντικαθίσταται στη Μεσόγειο από τη νέα μέθοδο «πρώτα οι νομείς» κατά τον 6ο αι. μ.Χ.

Το φορτίο του είχε βάρος 20 τόνους και το αποτελούσαν 400 αμφορείς από τη Χίο, Σάμο και Ρόδο που περιείχαν κρασί και λάδι, 29 μυλόπετρες από τη Νίσυρο και 10.000 αμύγδαλα που χρονολογήθηκαν από το 288 π.Χ. .

Λίγο πριν το 300 π.Χ. φόρτωσε στην Κυρήνεια εμπόρευμα και ξεκίνησε για ένα νέο ταξίδι. Βγαίνοντας από το λιμάνι της Κυρήνειας πειρατές χτύπησαν το γέρικο σκαρί που βυθίστηκε μαζί με το εμπόρευμα του και παρέμεινε εκεί για 2.300 χρόνια ώσπου να ανελκυστεί για ν' αποτελέσει σήμερα το μοναδικό δείγμα εμπορικού πλοίου του 4ου αι. π.Χ.



Εικόνα 1.21 - Φορηγό πλοίο Κερύνεια



Εικόνα 1.22 – Μοντέλο φορηγού πλοίου Κερύνειας υπό κλίμακα 1:30



Εικόνα 1.23 – Μοντέλο φορτηγού πλοίου Κερύνειας υπό κλίμακα 1:30 που απεικονίζει τη φόρτωσή του με οξυπύθμενους αμφορείς

1.11. Τεχνική ναυπήγησης κατά τη πάροδο του χρόνου

Η ανάλυση των λεπτομερειών κατασκευής των αρχαίων πλοίων μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο επιφανειακά αφού οι πληροφορίες και τα ευρήματα της μεγάλης αυτής περιόδου είναι χρονικά συγκεχυμένα. Ας πούμε για αρχή ότι όλα τα πλοία της Μεσογείου, μικρά και μεγάλα φτιάχονταν με την κελυφική τεχνική. Η τεχνική αυτή μαρτυρείται σε όλα τα πλοία που έχουν βρεθεί στην Αίγυπτο, στις ακτές της Ανατολικής Μεσογείου, στην Ελλάδα και γενικότερα την Ανατολική και Δυτική Μεσόγειο, καθώς και στη Μαύρη θάλασσα. Η μέθοδος συνίσταται στο αρχικό στήσιμο της καρίνας, του πλωριού και του πρυμνιού ποδοστήματος. Έπειτα ακολουθεί η συναρμογή των σανίδων του πετώματος, δηλαδή του κελύφους του σκαριού. Με τη χρήση της μεθόδου εντορμίας και τένοντα στήνεται το σκαρί του πλοίου (σε μερικές περιπτώσεις, όπως στα ελληνικά πλοία της Μασσαλίας του βου αι. π.Χ., δετά στοιχεία χρησιμοποιούνταν παράλληλα με τους συνδέσμους εντορμίας-και-τένοντα). Όταν

πια όλο το «κέλυφος» ήταν σταθερό στη θέση του, τότε ο ναυπηγός προσέθετε τους νομείς, ως αντιστήριγμα στη δύναμη της θάλασσας. Μόνο στην ύστερη Ρωμαϊκή και την Πρώιμη Βυζαντινή εποχή (5ος-7ος αιώνας), αναπτύχθηκε σταδιακά η σκελετική μέθοδος και αργότερα τα πλαϊνά πηδάλια αντικαταστάθηκαν από το κεντρικό πηδάλιο της πρύμνης. Η αργή αυτή διαδικασία ολοκληρώθηκε μόλις τον 11ο αιώνα. Μετά την περίοδο αυτή δεν υπάρχουν άλλα λείψανα πλοίων φτιαγμένων με την κελυφική μέθοδο, καθώς επικρατεί πια η σκελετική. Το τριγωνικό πανί (λατίνι) έκανε την εμφάνισή του γύρω στον 4ο-5ο αι. μ.Χ. και αργότερα ο πλαϊνός μηχανισμός διεύθυνσης σταδιακά αντικαταστάθηκε από το κεντρικό πηδάλιο και τη μονή λαγουδέρα. Η καμπύλη καρίνα που ήταν απαραίτητη για τα πλαϊνά πηδάλια και ιδανική για την κελυφική μέθοδο γίνεται πλέον ίσια. Ένας ακόμα νεωτερισμός είναι τα ξύλινα βαρέλια που σταδιακά αντικαθιστούν τους πήλινους αμφορείς και τα μεγάλα πήλινα dolia ως δοχεία μεταφοράς του φορτίου των πλοίων. Η κελυφική μέθοδος κατασκευής πλοίων ήταν παντοδύναμη σε όλη τη Μεσόγειο θάλασσα από την αυγή της ιστορίας. Μαρτυρείται στις νεκρικές λέμφους της Γκίζας, γνωστές ως «πλοία του Χέοπα», στα πλοία του Ντασχούρ, καθώς και στο πλοίο της Μυκηναϊκής εποχής (5ος αι. π.Χ.) που βρέθηκε στο βυθό του Ulu Burun κοντά στο Καş. Διατηρείται επίσης και στο «Πλοίο της Κερύνειας» του 4ου αι. π.Χ., καθώς και στο εμπορικό πλοίο που βυθίστηκε τον 1ο αι. π.Χ. στα Αντικύθηρα. Τα τεράστια πλοία της λίμνης Νέμι, σύγχρονα του Τιβέριου και του Καλιγούλα, είχαν επίσης φτιαχτεί με την ίδια τεχνική, όπως και κάθε άλλο πλοίο που βρέθηκε στην Ανατολική ή Δυτική Μεσόγειο. Δετά, ραμμένα, συναρμολογημένα με συνδέσμους εντορμίας-και-τένοντα, όλα τα πλοία της ελληνικής αρχαιότητας φτιάχτηκαν με την κελυφική μέθοδο. Αυτό που επέβαλε την αλλαγή στη μέθοδο συναρμογής ήταν η ανάγκη μείωσης του κόστους. Το ξύλο είχε γίνει σπανιότερο και τα ικανά χέρια των βοηθών του ναυπηγού ακριβότερα. Η κελυφική μέθοδος είναι εξαιρετικά δαπανηρή σε ξύλο που πετιέται και σε ώρες εργασίας. Το πλάνισμα των σανίδων του σκαριού στο επιθυμητό σχήμα σημαίνει την απώλεια τουλάχιστον των 2/5 του ξύλου σε σχέση με το κόψιμο ίσιων σανίδων με ένα πριόνι και το κάρφωμά τους σε έναν προκατασκευασμένο σκελετό, ενώ και ο αριθμός των ωρών εργασίας είναι τουλάχιστον διπλάσιος. Ανάμεσα στον 7ο και το 10ο αιώνα, η κελυφική μέθοδος συνέχιζε να συνυπάρχει με τη σκελετική και μόνο τότε εξαφανίστηκε. Η σκελετική μέθοδος κυριάρχησε κατά τη διάρκεια των Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών χρόνων.

Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι

1^ο Κεφαλαίου:

- 1) Lloyds Register of Shipping, Yearbook, various editions, London
- 2) International Maritime Organization (IMO): code for dangerous cargoes, London 2000
- 3) Ship design & Construction, Volume 2, The Society of Naval Architects & Marine Engineers
- 4) Γκιζάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε., (2002), Εισαγωγή στις Ναυλώσεις Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.
- 5) Bernhofen D., El-Sahli, Kneller R., 2013. Estimating the Effects of the container Revolution on World Trade
- 6) http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Other_technical/PDF/_FSA_General_Cargo_Ships_Preparatory_Step_pdf848.pdf
- 7) https://el.wikipedia.org/wiki/Χωρητικότητα_πλοίου
- 8) <http://www.natcargo.org/>
- 9) http://www.kairatos.com.gr/aggeia.htm#οξυπύθμενος_αμφορέας
- 10) http://www.naftotopos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=381:kyrenia-ship-models-4&catid=165&Itemid=729&lang=el
- 11) http://www.cargohandbook.com/index.php/Welcome_to_CargoHandbook

2. Διάταξη πλοίων γενικού φορτίου

2.1. Διατάξεις πλοίων γενικού φορτίου

Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές διατάξεις στο πλοίο γενικού φορτίου καθώς είναι ένα πλοίο με μεγάλη δραστηριότητα τόσο στα φορτία που εξυπηρετεί όσο και στο γεωγραφικό εύρος που καλύπτει. Δηλαδή υπάρχουν πλοία γενικού φορτίου, τα οποία μπορεί να είναι μεγάλου, μικρού ή μεσαίου μεγέθους, να επιχειρούν σε ναυτιλιακές συμβάσεις γραμμής ή στην ελεύθερη ναυτιλία και τέλος να εξυπηρετεί μικρές αποστάσεις προσδιορισμένων γεωγραφικών τοποθεσιών ή μεγάλες αποστάσεις παγκόσμιας κλίμακας.

Διατάξεις μεγάλων πλοίων γενικού φορτίου, τα οποία επιχειρούν σε συμβάσεις γραμμής μεγάλων αποστάσεων υπάρχουν ακόμα, αν και λόγω της σταδιακής τους υποβάθμισης σε παγκόσμιο επίπεδο απουσιάζουν από τις νέες κατασκευές των τελευταίων χρόνων. Σε αντίθεση με τις διατάξεις των μεγάλων πλοίων γενικού φορτίου που έχουν απουσιάσει τα τελευταία χρόνια, τα μικρού μεγέθους έως και μεσαίου που επιχειρούν σε συγκεκριμένες τοποθεσίες είναι ο προτιμητέος κύριος τύπος πλοίου που επιλέγεται. Για αυτό το λόγο διατάξεις μικρών και μεσαίων πλοίων γενικού φορτίου με αυξημένες επιδόσεις στη διαχείριση του φορτίου δημιουργούνται και εξελίσσονται διαρκώς.

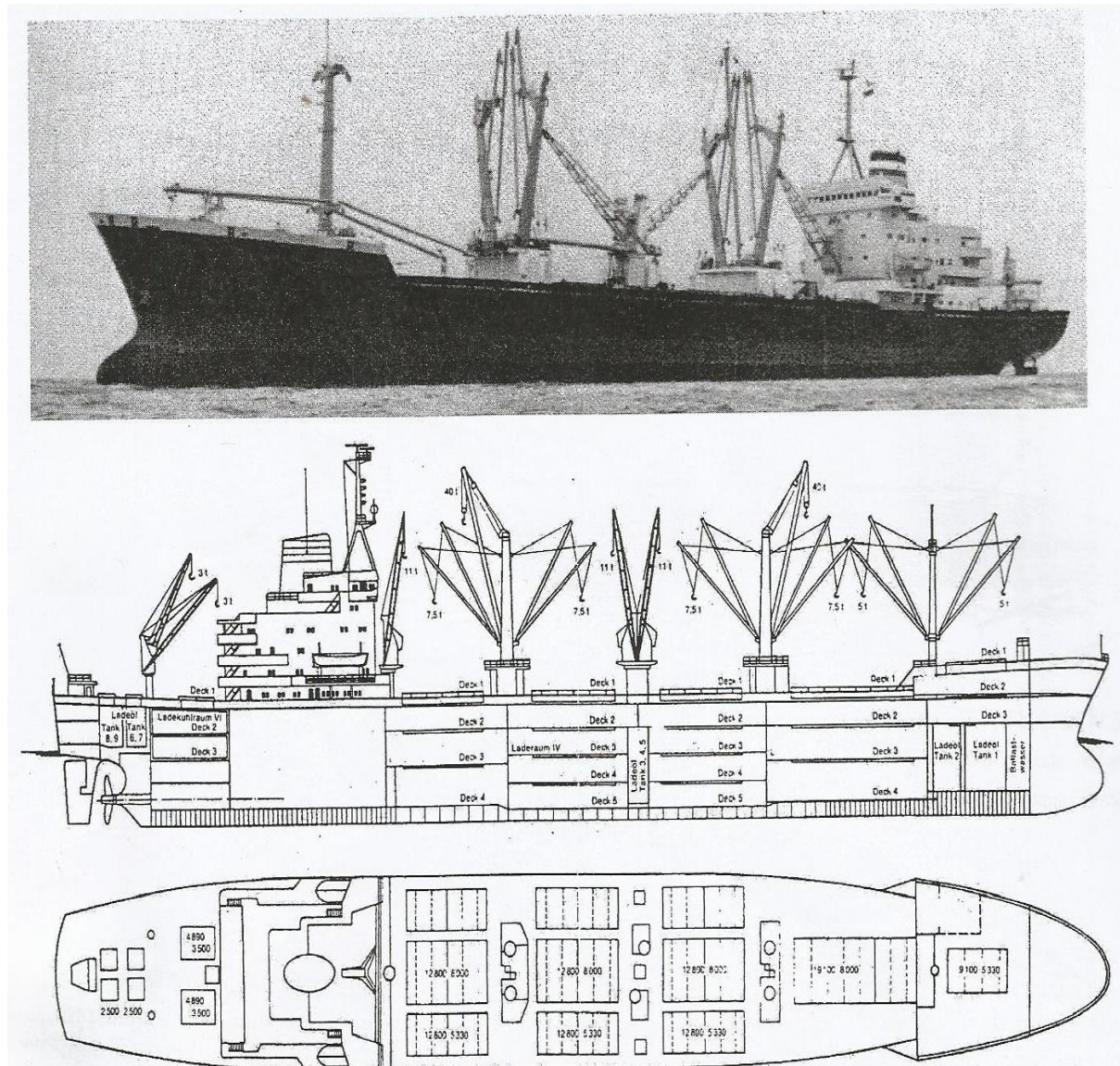
Τα τελευταία χρόνια λόγω της ραγδαίας αύξησης της μεταφοράς φορτίων με εμπορευματοκιβώτια έχουν αναλάβει κάποιο όγκο του φορτίου αυτού και τα πλοία γενικού φορτίου. Παρατηρείται λοιπόν ότι ενώ ένα μέρος του στόλου των πλοίων αυτών εξυπηρετεί εμπορευματοκιβώτια, ένα άλλο, ίδιας σχεδίασης, εξυπηρετεί προπακεταρισμένα αγαθά, μοναδοποιημένα φορτία (neo bulk) και ξηρό χύδην φορτίο. Αυτό που απορρέει από την επικρατούσα αυτή κατάσταση, είναι ότι το πλοίο γενικού φορτίου με τις ήδη υπάρχουσες διατάξεις που δίνουν ευελιξία στον τύπο φορτίου που μεταφέρει, πράγματι δικαιολογεί τον χαρακτηρισμό της πολλαπλής χρήσης που του έχει δοθεί.

Μια διάταξη αυτού του πλοίου που από το σχεδιασμό έχει τη φιλοσοφία της πολυχρησιμότητας, είναι αυτή του «ανοιχτού πλοίου». Με τη διάταξη αυτή να χαρακτηρίζεται από μεγάλα ανοίγματα στα κύτη με αντίστοιχα μεγάλα καπάκια στομίων, δίνει πλεονεκτήματα στη στοιβασία και διαχείριση του κάθε φορτίου επιβεβαιώνοντας τον ρόλο των πολλών χρήσεων που κατέχει.

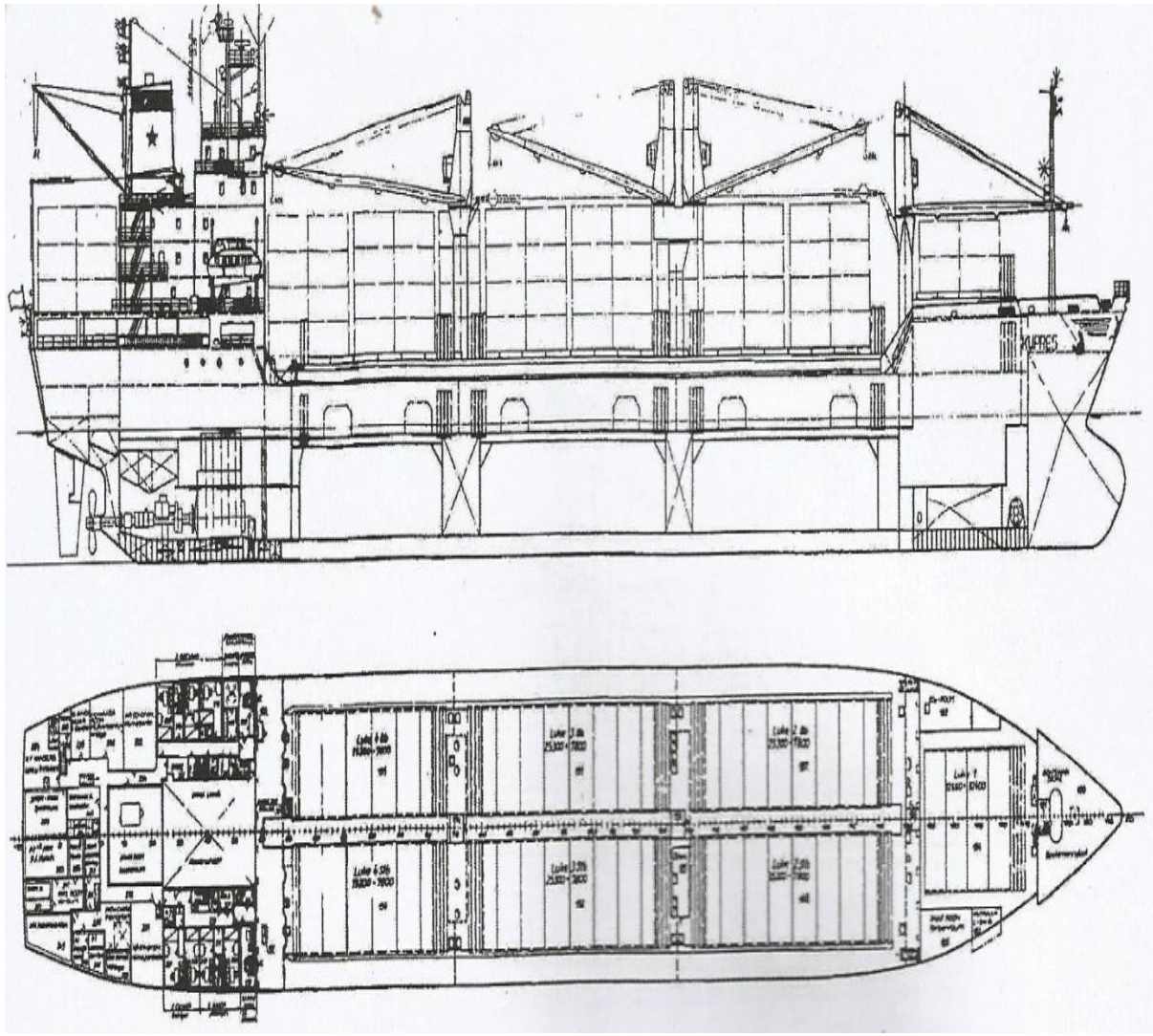
Ακόμα υπάρχουν διατάξεις που αφορούν μικρό πλήθος αυτού του τύπου πλοίου και συνδυάζουν ρο-ρο λειτουργίες διαχείρισης του φορτίου μαζί με άλλα φορτοεκφορτωτικά

μέσα. Ο ρόλος τους είναι περιθωριοποιημένος πλέον, αλλά σαν διάταξη αυτού του τύπου πλοίου δεν μπορεί να αγνοηθεί.

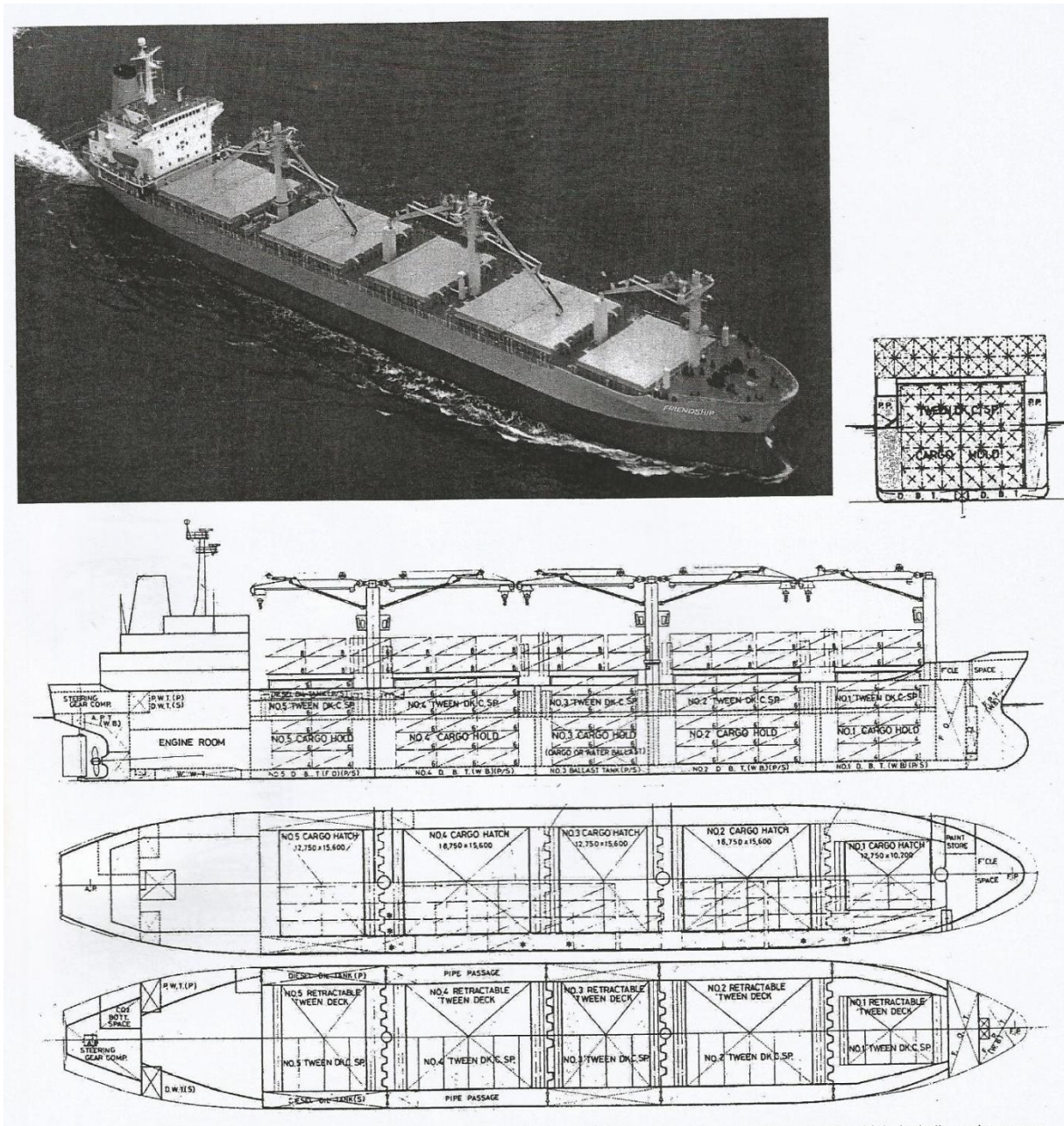
Γενικότερα τυπικά σχέδια διατάξεων πλοίων γενικού φορτίου είχαν μεγάλη επιτυχία τις δεκαετίες 1960 έως 1980, από τα οποία χάθηκε η σημαντικότητα αυτών των μεγάλων σε μέγεθος γενικών φορτίων πλοίων αφού απαρχαιώθηκαν λόγω της τεχνολογικής ανάπτυξης. Σήμερα υπάρχει κάποια τυποποίηση στη διάταξη από τα ναυπηγεία, με μια σχετική ευελιξία κατά το σχεδιασμό περισσότερο στα μικρού και μεσαίου μεγέθους πλοία πολλών χρήσεων.



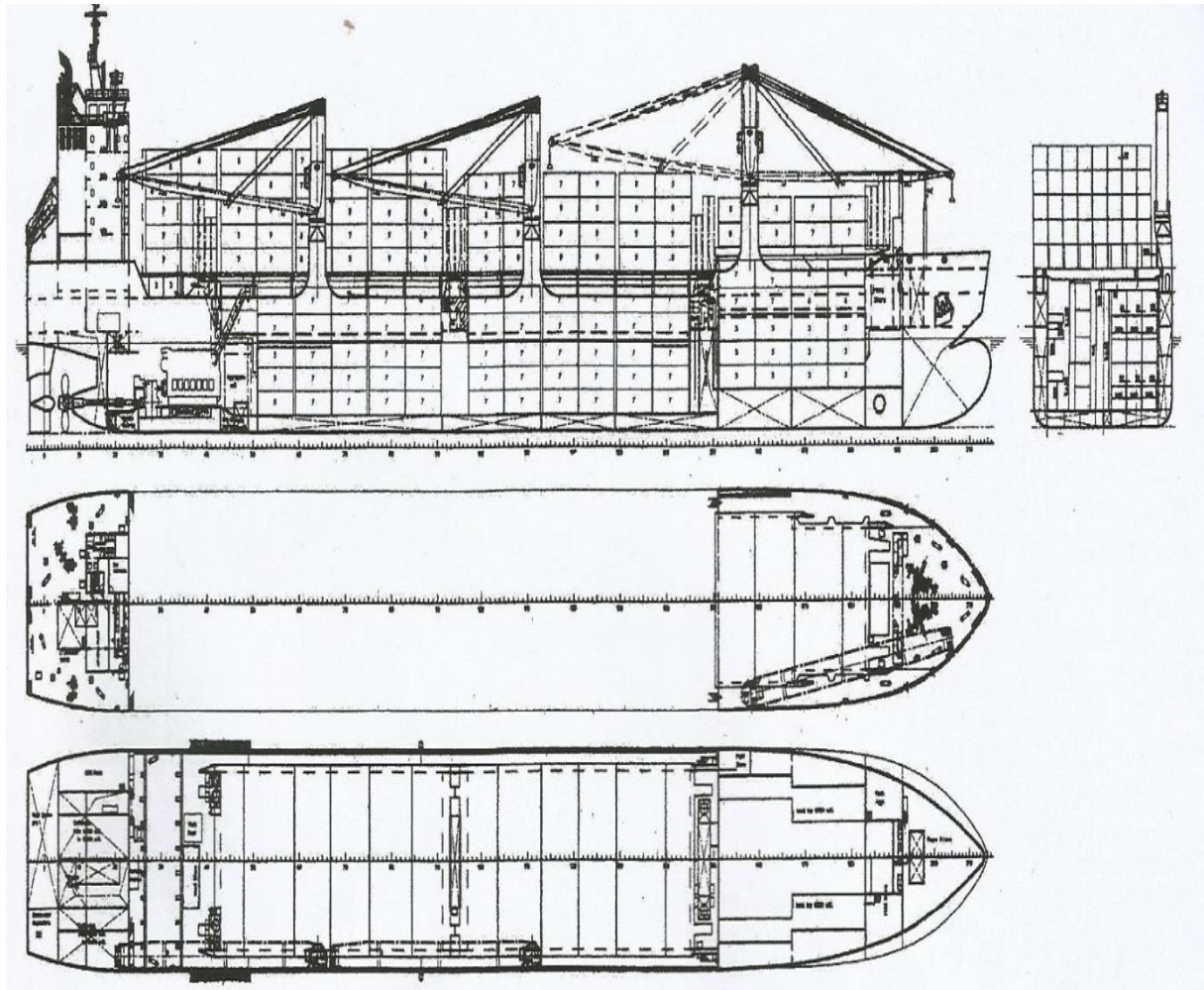
Εικόνα 2.1 - Σχέδιο διάταξης πλοίου δεκαετίας 1970 (Κατασκευασμένο για να επιχειρεί σε συμβόλαια γραμμής μεγάλων αποστάσεων, 27knots, 16000t DWT, 24000 m³ σιτηρά, δεξαμενές για λάδι και λαχανικά, εγκαταστάσεις ψυγείων, 6 κύτη, μηχανοστάσιο στα 2/3 του πλοίου στο πίσω μέρος, 2 συνεχόμενα καταστρώματα και άλλα 3 με αποσπώμενα καπάκια, διατάξεις κυτών ανοιχτού τύπου, συνδυασμένη εκσυγχρονισμένη διαχείριση φορτίου με γερανούς βαρέως τύπου και φορτοεκφορτωτήρες μονής στρέψης, με ικανότητα τυπικού όγκου εμπορευματοκιβωτίων.)



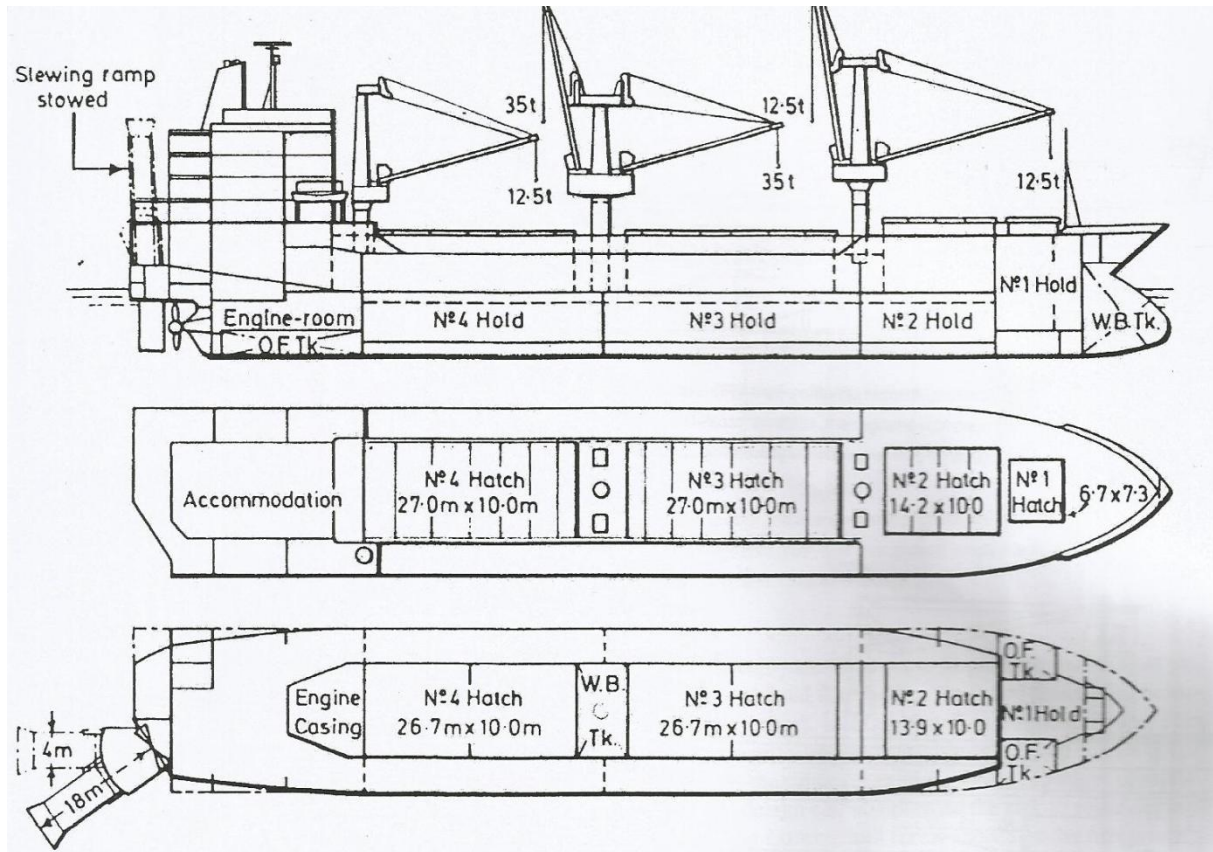
Εικόνα 2.2 - Σχέδιο διάταξης πλοίου κατασκευασμένο στα τέλη της δεκαετίας του 1980 γερμανικής κατασκευής (Πλοίο γραμμής ανοιχτής θάλασσας, περίπου 10 πλοία αυτής της διάταξης κατασκευάστηκαν, έχει μεγάλη ικανότητα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, 16knots ταχύτητα, 18000t DWT, μεταφορική ικανότητα 25000 m³ όγκου σιτηρών, 900 TEU, 6 κύτη, μηχανοστάσιο στα 2/3 του πλοίου στο πίσω μέρος, διάταξη κυτών με μέγιστο άνοιγμα, καπάκια κυτών υδραυλικά με δυνατότητα στοιβασίας εμπορευματοκιβωτίων, υψηλών προδιαγραφών διατάξεις διαχείρισης φορτίου - 25t μονής και διπλής στρέψης γερανοί.)



Εικόνα 2.3 - Σχέδιο διάταξης τυπικών Freedom, Friendship και Fortune πλοίων (Το πιο πετυχημένο βασικό σχέδιο τόσο για ναυλώσεις γραμμής όσο και για ελεύθερης σύμβασης, από τη δεκαετία 1960 μέχρι και τη δεκαετία 1980 κατασκευάστηκαν περίπου 300 πλοία F τύπου, 14-15 knots ταχύτητα, 17000- 24000 t DWT, 21000-28000 m³ όγκου σιτηρών, ικανότητα μεγάλου όγκου ξηρού χύδην φορτίου, περιορισμένη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων, 5 κύτη, το μηχανοστάσιο στο πίσω μέρος, διπλό κατάστρωμα, διάταξη κυτών ανοιχτού τύπου, υδραυλικά καπάκια κυτών στο κατάστρωμα, υψηλής ευελιξίας διαχείριση φορτίου - 25t μονής και διπλής στρέψης γερανοί.)



Εικόνα 2.4 - Σχέδιο διάταξης σύγχρονου - προηγμένου πλοίου γενικού φορτίου (Επιχειρεί τόσο σε ανοικτές θάλασσες όσο και σε κλειστές γεωγραφικές τοποθεσίες, εξυπηρετεί τόσο στις ναυτιλιακές συμβάσεις γραμμής όσο και στην ελεύθερη αγορά, κατασκευάστηκε το 1999 στη Πολωνία, έχει δυνατότητα μεταφοράς υψηλού αριθμού εμπορευματοκιβωτίων, ξηρό χύδην φορτίο, neo-bulk φορτίο, 19 knots ταχύτητα, 18000t DWT, 22500 m³ όγκο σιτηρών, 1100 TEU, 3 κύτη, μηχανοστάσιο στο πίσω μέρος, διπλό κατάστρωμα με αποσπώμενα ποντοπόρα καλύμματα ευπροσάρμοστης κατακόρυφης θέσης, διάταξη κυτών ανοιχτού τύπου, διπλό πυθμένα, μονού τύπου καπάκια με υδραυλικό σύστημα λειτουργίας, μονής στρέψης γερανοί, πλευρικές διατάξεις διαχείρισης φορτίου.)



Εικόνα 2.5 - Σχέδιο διάταξης πλοίου γενικού φορτίου με συνδυασμένη λειτουργία ρο-ρο κάτω από το κατάστρωμα (Κατασκευάστηκε τις δεκαετίες του 1970 και 1980 στη Δανία και την Αίγυπτο, 15.5 knots ταχύτητα, 13000t DWT, 22000 m³ όγκο σιτηρών, 3 κύτη, μηχανοστάσιο στο πίσω μέρος, διπλό κατάστρωμα, μονού τύπου καπάκια, προσαρμοζόμενο μέγεθος στομίου κύτους, διπλό κατάστρωμα με επιπλέον πρόσβαση φορτίου και διαχείριση κατά το διάμηκες, απουσία εγκάρσιων διαφραγμάτων στο ενδιάμεσο των καταστρωμάτων, ράμπα λειτουργίας κύλισης φορτίων με κλίση στη πρύμνη του πλοίου, εξοπλισμός διαχείρισης του φορτίου κατακόρυφα - 35/12.5t γερανοί 180° στρέψης στο διαμήκη άξονα του πλοίου.)

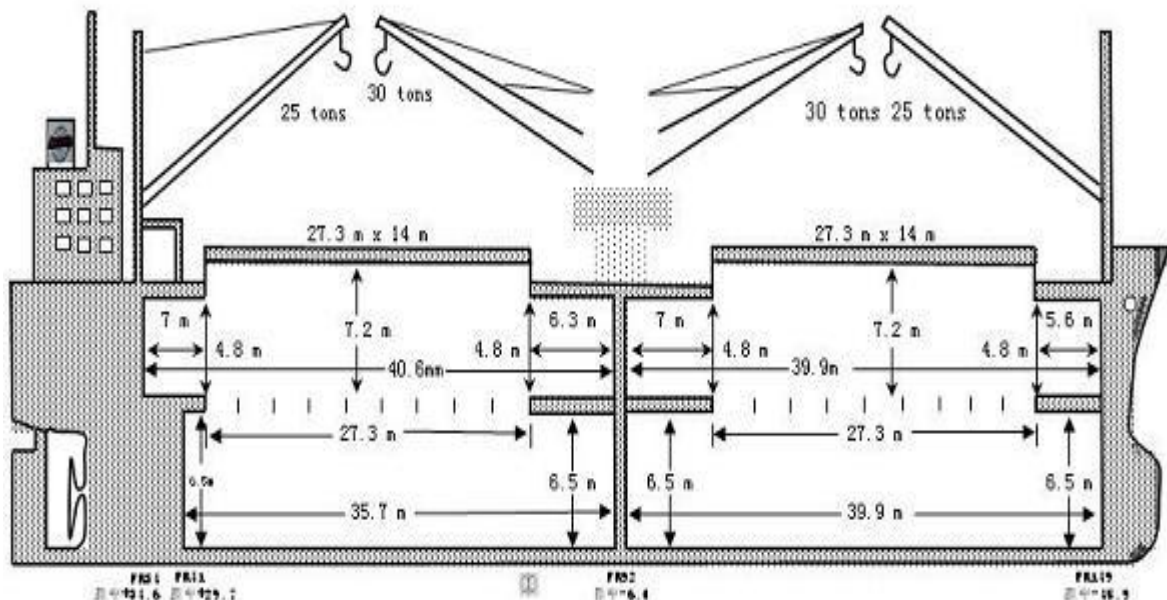
2.2. Διάταξη χώρου φορτίου στα πλοία γενικού φορτίου

Ο σχεδιασμός του χώρου φορτίου των γενικού φορτίου πλοίων έχει να λάβει υπ' όψιν του ένα ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών φορτίου, καταστάσεων χειρισμού, στοιβασίας και διαχείρισης του φορτίου. Ο σχεδιασμός πρέπει να είναι ο καλύτερος δυνατός συμβιβασμός ανάμεσα στην ανταγωνιστικότητα και στις αντιφατικές απαιτήσεις. Ένας σχεδιαστικός παράγοντας βασικής σημασίας είναι ο διαχωρισμός του φορτίου, όπου διακρίνεται σε διαχωρισμό περιορισμένων ποσοτήτων από διαφορετικά είδη φορτίου, port to port απαιτήσεις, το φυσικό σχήμα του φορτίου και γενικότερα το συνδυασμό ασυμβίβαστων χαρακτηριστικών και αλληλοσυσχέτισης μεταξύ των φορτίων.

2.2.1. Καθ' ύψος διαχωρισμός χώρου φορτίου

Ένας σημαντικός λόγος για τον διαχωρισμό των κυτών φορτίου κατά τον κατακόρυφο άξονα συγκεκριμένα, είναι ο περιορισμός της ικανότητας φόρτωσης σε στοίβες στην περίπτωση ετερογενούς φορτίου (break-bulk) ή μονάδων φορτίου.

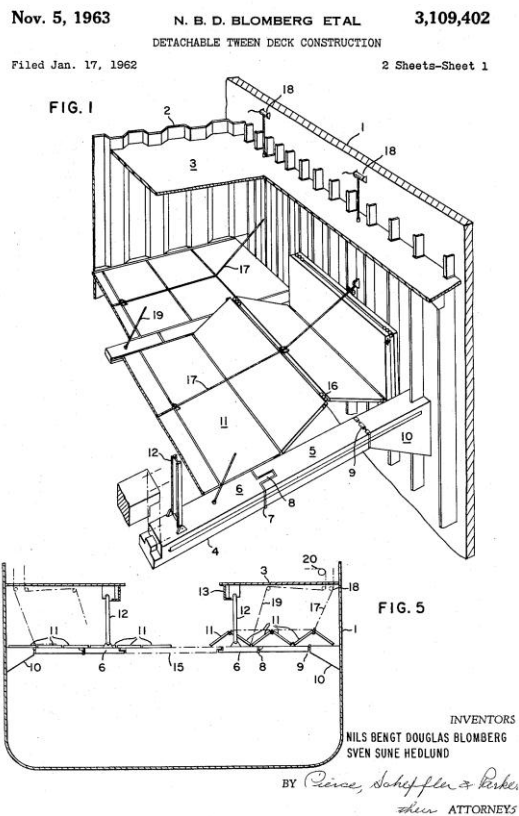
Ο διαχωρισμός λοιπόν καθ' ύψος οδηγεί σε μια διάταξη όπου θα υπάρχει το ελάχιστο ένα διπλό κατάστρωμα, διαχωρίζοντας ένα χαμηλό κύτος με συγκριτικά αρκετά υψηλό βάθος (3-6 μέτρα ανάλογα το μέγεθος και το συνολικό βύθισμα του πλοίου) από ένα άλλο κατάστρωμα ή καταστρώματα με μικρότερο ύψος (2,5-3 μέτρα). Μικρότερα πλοία με προκαθορισμένο ύψος κύτους περίπου 6 μέτρων δεν έχουν επιπρόσθετο διπλό κατάστρωμα να διαχωρίζει το κύτος. Παλιότερα μεγάλα πλοία αυτού του είδους, τα οποία επιχειρούσαν στις ναυτιλιακές συμβάσεις γραμμής είχαν περισσότερα από ένα διπλό κατάστρωμα. Αυτή η διάταξη με τα πολλά καταστρώματα έχει πλέον εξαλειφθεί, λόγω της υψηλής επένδυσης που απαιτούνταν και της σταδιακής μείωσης της ανάγκης για διαχωρισμό του φορτίου, αφού πλέον ο διαχωρισμός του φορτίου πραγματοποιείται με εμπορευματοκιβώτια και άλλες μεγάλες μονάδες αποθήκευσης και μεταφοράς φορτίων. Τα διπλά καταστρώματα μπορεί να έχουν σχεδιαστεί να είναι σταθερές μεταλλικές κατασκευές είτε να συγκροτούνται από αποσπώμενα μετακινούμενα καπάκια κύτους.



Εικόνα 2.6 - Σκαρίφημα που απεικονίζει πλοίο με διπλό κατάστρωμα αποτελούμενο από αποσπώμενα καπάκια κύτους



Εικόνα 2.7 - Τοποθέτηση μεταλλικών αποσπώμενων καλυμμάτων για τη δημιουργία διπλού καταστρώματος



Εικόνα 2.8 - Σχέδιο αναδιπλούμενου καλύμματος καταστρώματος για διαχωρισμό του κύτους



Εικόνα 2.9 - Καπάκια για τη δημιουργία καταστρωμάτων, όπου εξυπηρετούν φορτία που δεν μπορούν να στοιβαχτούν καθ' ύψος

2.2.2. Διαμήκης διαχωρισμός χώρου φορτίου

Η διάταξη κατά τη διαμήκη κατεύθυνση του πλοίου, είναι η υποδιαίρεση του οριζόντιου τμήματος του πλοίου σε έναν αριθμό από κύττη φορτίου. Αυτή η διάταξη, όπου έχει ως στόχο την διαμερισματοποίηση του μήκους του πλοίου σε κύττη, λαμβάνει υπ' όψιν το συμβιβασμό μεταξύ μεγάλου εύρους ποικιλόμορφων διαφοροποιημένων φορτίων, ενός μεμονωμένου κύτους προσαρμοσμένης χωρητικότητας, τις απόλυτες διαστάσεις των πιο μεγάλων μονάδων φορτίου, όπως των εμπορευματοκιβωτίων αλλά και άλλων μονάδων με χαρακτηριστικό τον μεγάλο όγκο που καταλαμβάνουν και το μεγάλο βάρος, την υδατοστεγή υποδιαίρεση καθώς και την οικονομική επένδυση που απαιτείται.

Στο παρελθόν μεγάλα πλοία τέτοιου τύπου με δραστηριοποίηση στις ναυτιλιακές αγορές γραμμής είχαν μεγάλο αριθμό κυτών από 5 ως 7 ενώ σήμερα τα μεσαία και μεγάλα πλοία έχουν μια τάση να μετριάσουν τα κύττη σε μικρότερο αριθμό από 3 ως 5 ανάλογα με την τοποθεσία του χώρου του μηχανοστασίου. Στην περίπτωση πολλών μεσαίων και μικρών πλοίων γενικού φορτίου που επιχειρούν σε γεωγραφικά συγκεκριμένες τοποθεσίες μικρών αποστάσεων, η ανάγκη για διαχωρισμό του φορτίου έχει μειωθεί αφού δίνεται έμφαση στη μεταφορά με εμπορευματοκιβώτια και προπακεταρισμένα αγαθά (neo-bulk). Αυτή η έλλειψη ανάγκης για διαχωρισμό των κυτών και το κόστος κατασκευής έχει ως αποτέλεσμα να επικρατούν πλοία με μικρό αριθμό κυτών (ένα ή δυο) μεγάλα σε μέγεθος και αδιαίρετα. Αυτή η τάση έφερε και αρκετούς κανονισμούς ασφαλείας για την ομαλή λειτουργία, αφού το μεγάλο μέγεθος και αδιαίρετο τμήμα του πλοίου σε περίπτωση ρήγματος θα εγκυμονούσε μεγάλες καταστροφές.



Εικόνα 2.10- Σύγχρονο πλοίο γενικού φορτίου με αδιαίρετο μονό κύτος 2 καταστρωμάτων 70μ, με συνολικό μήκος 110μ.

2.2.3. «Ανοιχτό πλοίο»

Μια άλλη θεμελιώδης συνθήκη για το σχεδιασμό του χώρου κυτών έχει να καλύψει τον εξορθολογισμό της διαχείρισης και στοιβασίας του φορτίου. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι πρέπει να έχει το πλοίο την καλύτερη δυνατή πρόσβαση κατακόρυφα στους χώρους φορτίου διαμέσου των ανοιγμάτων των στομιών. Η διαδικασία αυτή της κάθετης ροής του φορτίου στους χώρους αποθήκευσης είναι βασικό χαρακτηριστικό των γενικών φορτίων πλοίων, ακόμα και αν υπάρχουν κάποιες τεχνικές εφαρμογές οριζόντιας διαχείρισης.

Αναμφίβολα η μέθοδος spot loading, δηλαδή της τοποθέτησης του φορτίου στον τελικό προορισμό που θα στοιβαχτεί, είναι η αποτελεσματικότερη διαδικασία φόρτωσης και θα πρέπει να ακολουθείται όσο γίνεται δυνατό. Οι τεχνικές για οριζόντια ροή διαχείρισης των φορτίων μεταξύ των καταστρωμάτων και των χαμηλότερων κυτών μειώνονται σταδιακά, παρόλο που η εφαρμογή τους γίνεται από μηχανοκίνητους οδηγούς και περονοφόρα μηχανήματα. Η εξήγηση δίνεται από την ιδιαιτερότητα των φορτίων που μεταφέρει ένα πλοίο γενικού φορτίου, αφού με την οριζόντια ροή διαχείρισης φορτίου είναι αδύνατο να εξυπηρετηθούν μεγάλα σε όγκο φορτία ή εμπορευματοκιβώτια. Με το σκεπτικό αυτό δημιουργήθηκε η ιδέα του «ανοιχτού πλοίου», όπου υπάρχουν στόμια κυτών με το

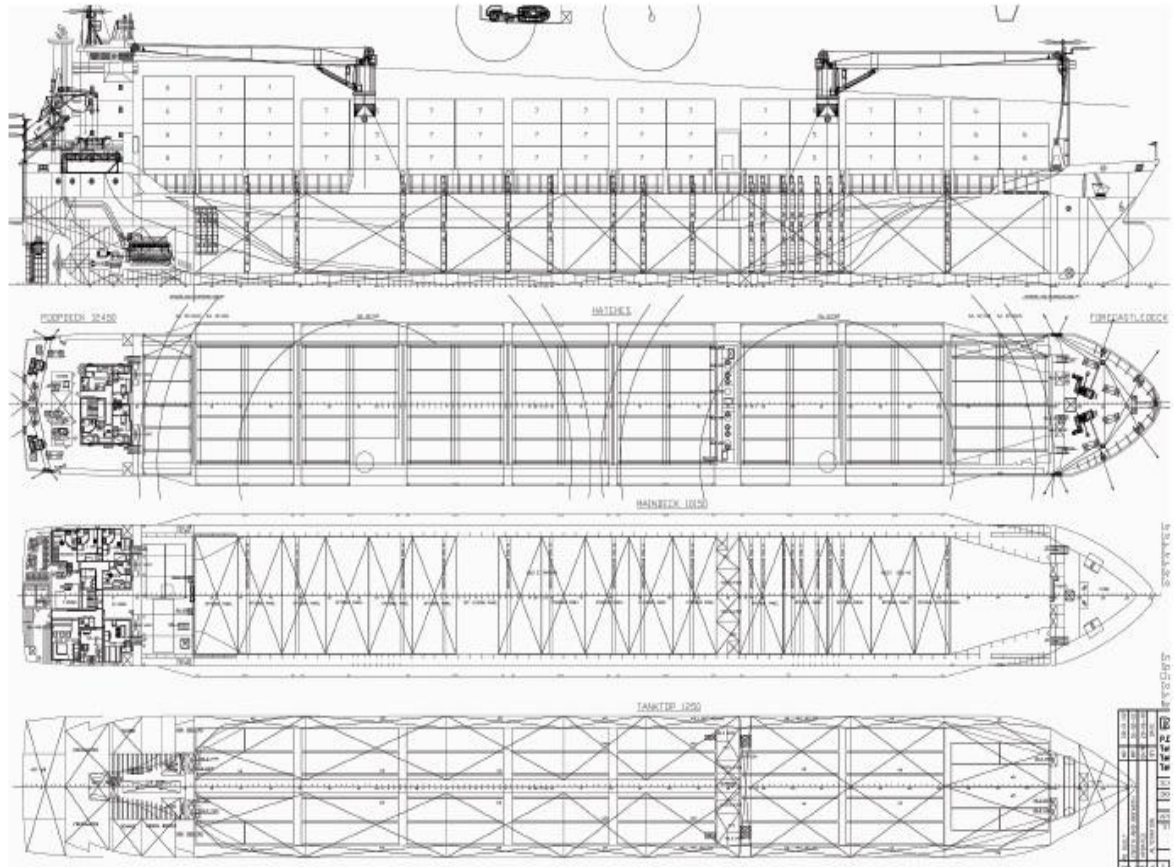
μεγαλύτερο δυνατό άνοιγμα μήκους αλλά και πλάτους ώστε να είναι κατάλληλα για φορτία μεγάλων διαστάσεων. Η ιδέα της διάταξης των ανοιχτών στομιών ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 από αμερικανούς πλοιοκτήτες και παροτρύνθηκε περαιτέρω ύστερα από θεωρητική έρευνα που έγινε στη Γερμανία. Η διάταξη του «ανοιχτού πλοίου» είναι μια από τις σημαντικότερες και καινοτόμες ιδέες για το πλοίο γενικού φορτίου.

Η σημερινή εμπειρία έχει επιβεβαιώσει ότι από την εξοικονόμηση της διαχείρισης του φορτίου, του χρόνου τοποθέτησης στο χώρο αποθήκευσης και του κόστους γενικότερα της διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης, ανταποδίδει περισσότερο μια εναλλακτική επένδυση μιας διάταξης ανοιχτών κυτών. Έτσι το πρόβλημα έγκειται στο εύρος και το σχέδιο της διάταξης «ανοιχτών κυτών», που αποφασίζεται στην πρωταρχική διαδικασία σχεδίασης, αφού αδιαμφισβήτητα ο τύπος αυτός της διάταξης του χώρου φορτίου είναι ο πιο αποδοτικός.

Ένα άλλο ερώτημα που καλείτε ο σχεδιαστής να απαντήσει είναι αν η υποδιαίρεση των κυτών κατά το εγκάρσιο θα είναι ενιαίας διάταξης με ένα κάλυμμα ή πολλαπλής με αντίστοιχο αριθμό καλυμμάτων κύτους. Με γνώμονα το κόστος της κατασκευής και της επένδυσης σε καπάκια και μηχανήματα φορτοεκφόρτωσης, σίγουρα ένα αδιαίρετο κύτος είναι προτιμότερο. Ο κυριότερος όμως παράγοντας της σχεδίασης μιας διάταξης ανοιχτού τύπου προσδιορίζεται στη χρήση που θα έχει το πλοίο. Όταν ένα πλοίο δραστηριοποιείται σε αγορά γραμμής, όπου τα φορτία είναι συνήθως ένα εύρος από μικρές ποσότητες μη ομοιογενούς φορτίου και προϊόντα port to port, τότε είναι απαραίτητη η ευελιξία, η οποία οδηγεί σε σχεδιασμό κυτών μικρού μεγέθους. Για αυτό το λόγο πλοία σε αγορά γραμμής εμφανίζονται με σχεδιασμό διπλού κύτους, ενώ τα πλοία που επιχειρούν στην ελεύθερη αγορά έχουν την τάση για διάταξη μονού αδιαίρετου κύτους.



Εικόνα 2.11 - Κύτος πλοίου γενικού φορτίου με μέγιστο δυνατό πλάτος και μήκος.(open ship arrangement)



Εικόνα 2.12 - Σχέδιο πλοίου γενικού φορτίου με καπάκια κύτους με μέγιστο άνοιγμα (ιδέα ανοιχτού πλοίου)



Εικόνα 2.13 - Πλοίο γενικού φορτίου, σχεδιασμένο με ανοιχτού τύπου στόμια διπλής διάταξης (twin hatch arrangement)

2.3. Διάταξη εξοπλισμού

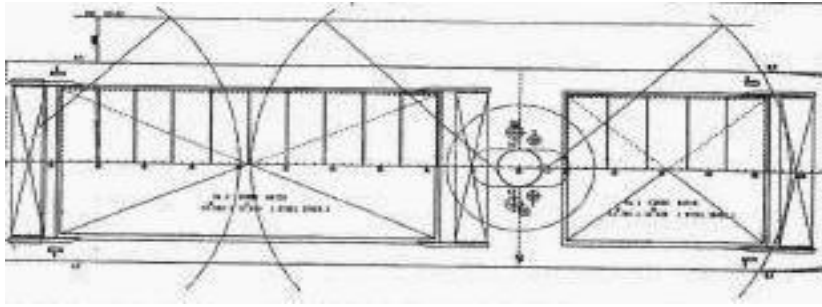
Είναι η διαδικασία της φυσικής τοποθέτησης του εξοπλισμού ενός υποσυστήματος λειτουργιών στους χώρους του πλοίου και η εξασφάλιση της επικοινωνίας για τη λειτουργία του.

2.3.1. Διάταξη μηχανημάτων φορτοεκφόρτωσης

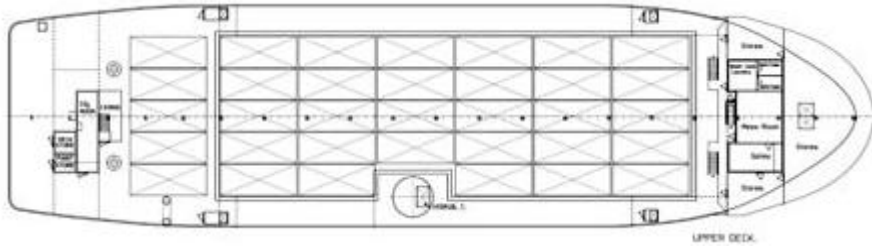
Παραδοσιακά οι σταθεροί περιστρεφόμενοι γερανοί τοποθετούνταν στη περιοχή του χώρου φορτίου στο διαμήκη άξονα συμμετρίας του πλοίου. Η θέση αυτή δίνει συμμετρική διαχείριση του φορτίου κατά την εγκάρσια κατεύθυνση. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τη συσχέτιση της θέσης του γερανού με το πιθανό φορτίο, όταν ο γερανός έχει εγκατασταθεί στον διαμήκη άξονα του πλοίου, παρατηρείται μεγάλη περιστροφή της κίνησης του φορτίου αντί για ευθείες μετατοπίσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες έμμεσες οριζόντιες κινήσεις του φορτίου, κάτι που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η θέση του γερανού στον διαμήκη άξονα του πλοίου δεν είναι πάντα η ιδανική θέση. Μετά από αυτή τη παρατήρηση εμφανίστηκαν διατάξεις με τους περιστρεφόμενους γερανούς να τοποθετούνται στις εξωτερικές άκρες των καταστρώματων των πλοίων και συνηθέστερα στην αριστερή πλευρά. Η τοποθέτηση των γερανών στο πλάι των πλευρών του πλοίου δίνει επιπλέον τη δυνατότητα ελευθερίας στο σχεδιασμό των χώρων φορτίου του πλοίου, αφού δεν περιορίζει τα μεγάλα σε μήκος και αδιάιρετα κύτη. Ακόμα με αυτή τη διάταξη των γερανών συχνά οι κινήσεις των φορτίων είναι εγκάρσιες, ελαχιστοποιώντας τις περιστροφικές κινήσεις, κάνοντας πιο σύντομη τη διαδρομή του φορτίου εξοικονομώντας χρόνο.



Εικόνα 2.14 - φορτηγό πλοίο με διάταξη των γερανών στην άκρη της αριστερής πλευράς του καταστρώματος



Εικόνα 2.15 – διάταξη γερανού με θέση στο διαμήκη άξονα του πλοίου



Εικόνα 2.16 - Περιοχή χώρου κυτών - άνω όψη με γερανό φορτοεκφόρτωσης στο πλάι

2.3.2. Διάταξη χώρου μηχανοστασίου

Η τοποθεσία του μηχανοστασίου ήταν και είναι ακόμα ένα ενδιαφέρον ερώτημα για τον σχεδιαστή ενός εμπορικού πλοίου. Η γενική τάση για την τοποθέτηση του χώρου της μηχανής στο πίσω μέρος του πλοίου είναι προφανής. Ειδικότερα τα μεσαίου και μικρού μεγέθους πλοία γενικού φορτίου ακολουθούν αυτή τη διάταξη, ενώ κάποια μεγάλα πλοία γενικού φορτίου εμφανίζονται με την εναλλακτική διάταξη του μηχανοστασίου να βρίσκεται στα 2/3 του πλοίου πρύμα με ένα κύτος φορτίου να τοποθετείται πίσω από αυτό. Η τελευταίου τύπου διάταξη του μηχανοστασίου είναι σχεδιαστικά διαθέσιμη αλλά δεν συναντάται συχνά. Οι λόγοι που συνήθως οι σχεδιαστές επιλέγουν το μηχανοστάσιο στο πίσω μέρος του πλοίου είναι το μικρότερο μήκος, του άξονα μεταφοράς της κίνησης στην προπέλα, η αδιάκοπη αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων χώρων κατά μήκος του πλοίου μετά του χώρου του μηχανοστασίου και η αποδοτικότητα της διάταξης του χώρου κυτών καθώς και του εξοπλισμού διαχείρισης του φορτίου.

Από την άλλη μεριά υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα στη διάταξη της τοποθέτησης του μηχανοστασίου στο εντελώς πρύμα σημείο του πλοίου. Πλοία με απαιτήσεις υψηλών ταχυτήτων και κέντρο άντωσης πρύμνηθεν του μέσου, εμφανίζουν μειονεκτήματα στην συμπεριφορά της διαγωγής του πλοίου. Ακόμα, η εγγύτητα της προπέλας και των υπερστεγασμάτων προκαλούν αρνητικές επιδράσεις όσο αφορά τα επίπεδα θορύβου και τους κραδασμούς.

2.3.3. Διάταξη υπερκατασκευών - μεσόστεγο

Με τον όρο υπερκατασκευή αναφερόμαστε σε όλες τις μόνιμες κατασκευές που βρίσκονται πάνω από το ανώτατο συνεχές υδατοστεγές κατάστρωμα του πλοίου, οι οποίες εκτείνονται σε όλο το πλάτος του πλοίου, όχι όμως και σε όλο το μήκος. Οι υπερκατασκευές ενός εμπορικού πλοίου μπορεί να είναι το πρόστεγο, το μεσόστεγο και το επίστεγο.

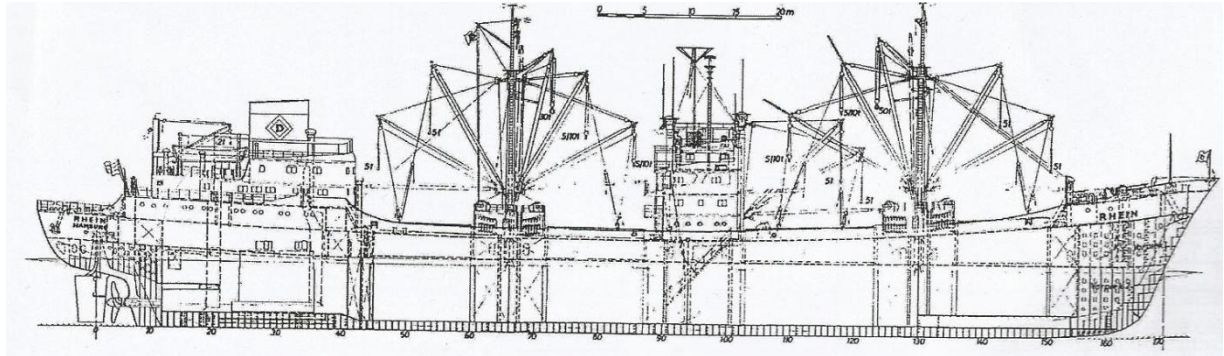
Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά για τη διάταξη του μεσόστεγου, υπερκατασκευή της οποίας ο ψηλότερος κλειστός χώρος χρησιμοποιείται για τη διακυβέρνηση του πλοίου (γέφυρα) και στα κάτω από τη γέφυρα καταστρώματα, τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους με εσωτερικές και εξωτερικές σκάλες, διαμορφώνοντας κατάλληλα τους χώρους διαμονής και ενδιαίτησης του πληρώματος.

Η θέση του μεσόστεγου αποφασίζεται από τον σχεδιαστή παράλληλα με την επιλογή της θέσης του μηχανοστασίου. Ωστόσο, υπάρχουν διάφορες διατάξεις με το μεσόστεγο να μην βρίσκεται πάνω από το χώρο του μηχανοστασίου, αλλά στο μέσο τμήμα του πλοίου ή στο πίσω μέρος. Αυτές οι διατάξεις είχαν κάποια σημασία στο παρελθόν που όμως χάθηκε με το πέρασ του χρόνου καθώς παρουσίαζαν μειονεκτήματα στην πρόσβαση του φορτίου στα κύτη και στον άρτιο σχεδιασμό του μεσόστεγου από κατασκευαστικής πλευράς.

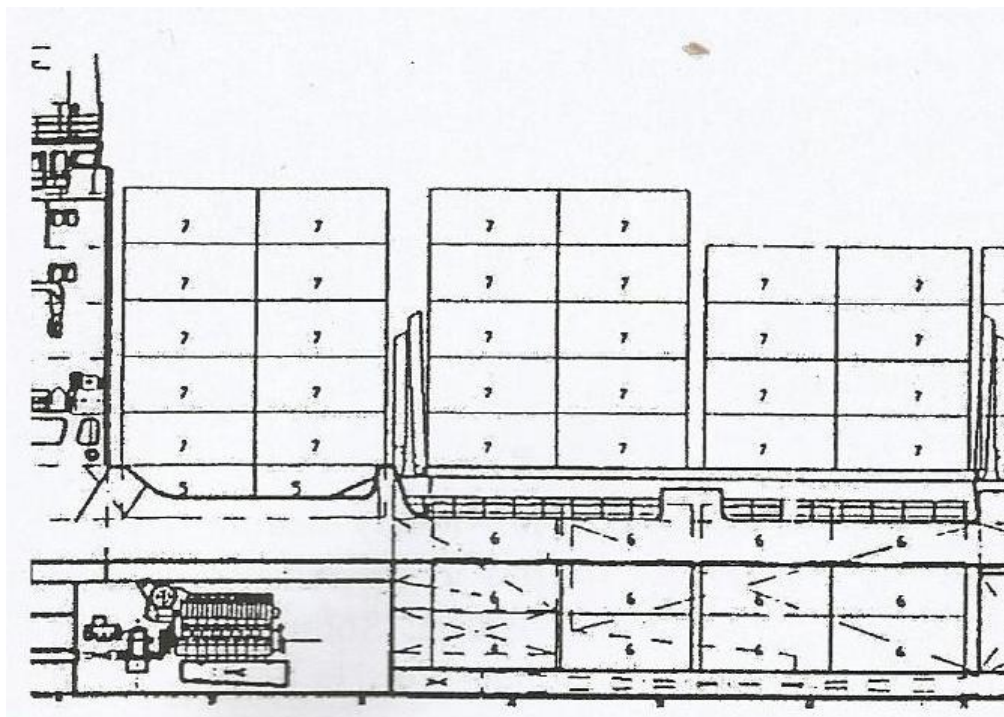
Επιπλέον, έχουν χρησιμοποιηθεί και κάποιες διατάξεις μεσόστεγου με θέση στη πλώρη του πλοίου, κυρίως σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, ro-ro αλλά και πλοία γενικού φορτίου. Αυτή η διάταξη, παρόλο που προσφέρει ευρεία χωρίς περιορισμούς διαχείριση και στοιβασία φορτίου, έχει σημαντικά μειονεκτήματα στο βαθμό ελευθερίας κινήσεων του πλοίου, στην επίδραση του κυματισμού και στην ικανότητα πηδαλιουχίας.

Η σύγχρονη τάση για τη διάταξη του μεσόστεγου είναι να τοποθετείται στο πίσω μέρος του πλοίου σε θέση ακόμα πιο πίσω και από το σημείο που βρίσκεται το μηχανοστάσιο. Έχοντας μικρό πλάτος και μεγάλο ύψος σε αυτή τη διάταξη, το μεσόστεγο εκτείνεται μέχρι την πρυμναία θέση του χώρου της μηχανής. Με αυτή τη διάταξη εξοικονομείται χώρος στο κατάστρωμα για στοιβασία εμπορευματοκιβωτίων και φορτίου γενικότερα ακριβώς μπροστά από την υπερκατασκευή. Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα ευελιξίας στο χρόνο που θα τοποθετηθεί η κύρια μηχανή πρόωσης κατά τη διάρκεια της κατασκευής του πλοίου στο ναυπηγείο. Μειονέκτημα της διάταξης αυτής, λόγω της θέσης του μεσόστεγου κοντά στην έλικα και πίσω από τη θέση του χώρου του μηχανοστασίου, είναι ο θόρυβος και οι δονήσεις όπου καθιστούν πιο δύσκολες τις συνθήκες άνεσης του πληρώματος. Βέβαια υπάρχουν τρόποι βελτίωσης της κατάστασης αυτής με συστήματα απορρόφησης των κραδασμών ή εναλλακτικές διατάξεις με τοποθέτηση του μεσόστεγου ακριβώς μπροστά από τη θέση του

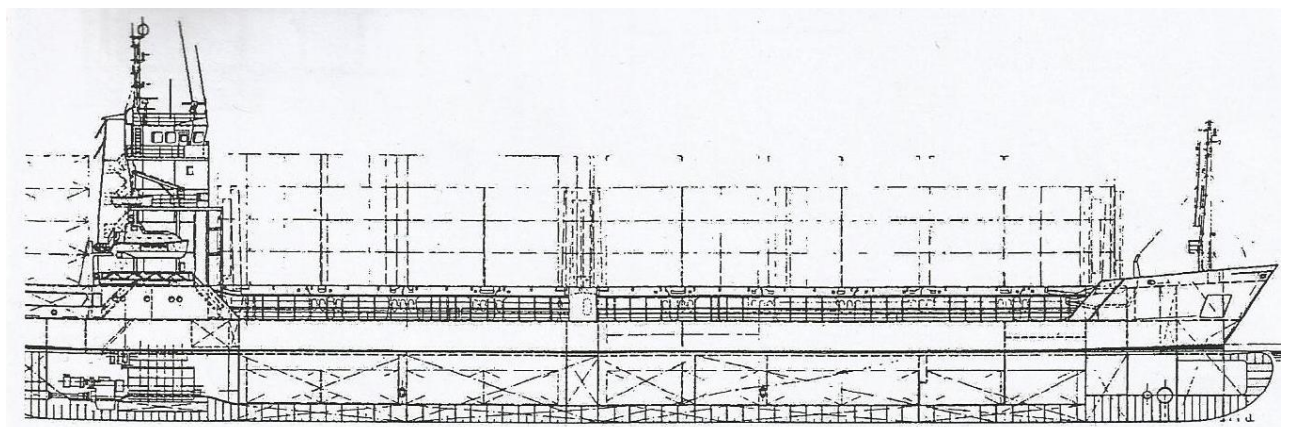
μηχανοστασίου χωρίς να επηρεάζει ιδιαίτερα τη στοιβασία και διαχείριση κάποιου όγκου φορτίου πίσω από το μεσόστεγο.



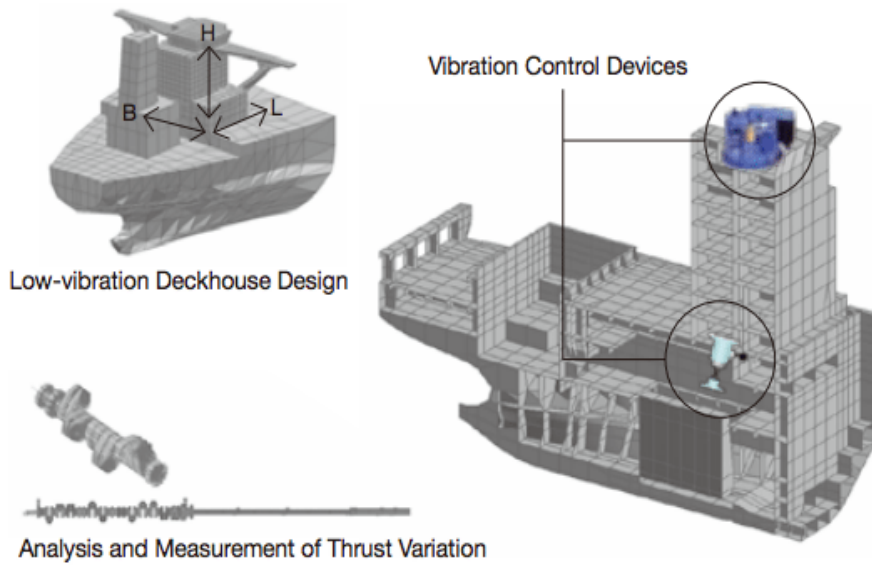
Εικόνα 2.17 - Διάταξη με μεσόστεγο στην πρύμνη και στο μέσο τμήμα του πλοίου



Εικόνα 2.18 - Διάταξη μεσόστεγου πίσω από την πρύμνηθεν θέση του χώρου του μηχανοστασίου



Εικόνα 2.19 - Διάταξη μεσόστεγου πάνω από το μηχανοστάσιο σε θέση όχι εντελώς πρύμα με δυνατότητα στοιβασίας φορτίου πίσω από αυτό



Εικόνα 2.20 - Απεικόνιση του συστήματος απορρόφησης κραδασμών

2.3.4. Διάταξη υπερκατασκευών – πρόστεγο, επίστεγο

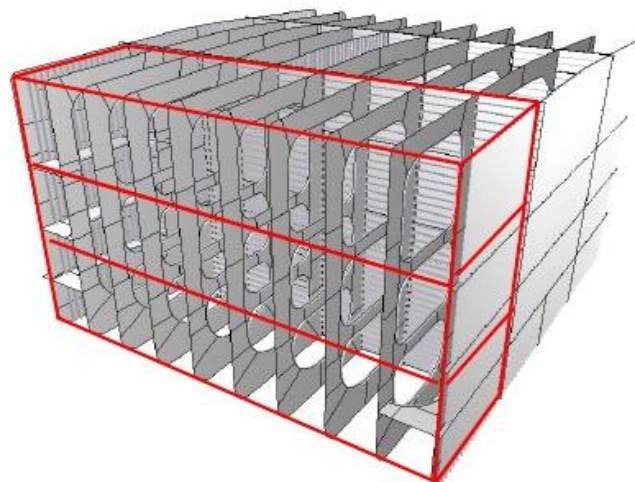
Για τα περισσότερα μεγέθη πλοίων γενικού φορτίου, το πρόστεγο είναι υπερκατασκευή επιθυμητή, καθώς διασφαλίζει το ύψος της πλώρας ώστε να ικανοποιούνται οι κανονισμοί για τα έξαλα του πλοίου και μειώνει την πιθανότητα εισροής νερού από μεγάλα κύματα στην περιοχή της πλώρης. Στα πλοία γενικού φορτίου, το πρόστεγο εμφανίζεται είτε σαν μια μικρή υπερκατασκευή μπροστά από το πρώτο κύτος του πλοίου είτε σαν μια κατασκευή μεγαλύτερων διαστάσεων κυρίως ως προς το μήκος, όπου εκτείνεται από την πρύμα θέση του πρώτου κύτους έως την πλώρη. Για την απόκτηση του απαραίτητου όγκου του πρώτου κύτους και την προστασία της περιοχής του καταστρώματος στην πλώρη από δυσμενείς καιρικές συνθήκες προβλέπονται διατάξεις πρόστεγου, οι οποίες εμπεριέχουν το στόμιο του κύτους σε αυτές.

Σε διατάξεις υπερκατασκευών για μικρά σε μέγεθος πλοία γενικού φορτίου ενσωματώνονται επίστεγα, τα οποία προσφέρουν ικανοποιητικό ύψος εξάλων στην πρύμνη, προστασία από επερχόμενους κυματισμούς και επαρκή χώρο για τη διαμονή του πληρώματος. Επίστεγο εμφανίζεται επίσης και σε μεγάλα μεγέθη πλοίων, συνήθως όταν το μηχανοστάσιο βρίσκεται στα 2/3 πρύμα του πλοίου, καθώς διασφαλίζουν για το κύτος ή τα κύτη που βρίσκονται πίσω από αυτό μεγαλύτερο όγκο αποθήκευσης και επιφάνεια στο κύριο κατάστρωμα.

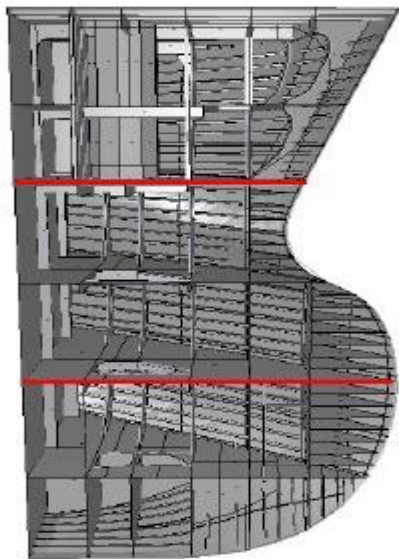
2.3.5. Διάταξη δεξαμενών έρματος και καυσίμων

Η χωρητικότητα των δεξαμενών καυσίμων είναι συνάρτηση της απόδοσης της μηχανής, καθώς και της εμβέλειας που επιχειρεί το πλοίο. Γενικότερα, τα πλοία γενικού φορτίου έχουν μέτριες απαιτήσεις σε ποσότητες καυσίμου όπως και μικρή επιχειρησιακή εμβέλεια, παράγοντες που δίνουν κάποια σχετική ευελιξία στη χωρητικότητα των δεξαμενών καυσίμου. Σε αντιδιαστολή με τις δεξαμενές καυσίμων, η χωρητικότητα των δεξαμενών έρματος των πλοίων αυτών έχει μεγάλη σημασία αφού διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο στην ευστάθεια του πλοίου και στη πλεύση του χωρίς φορτίο.

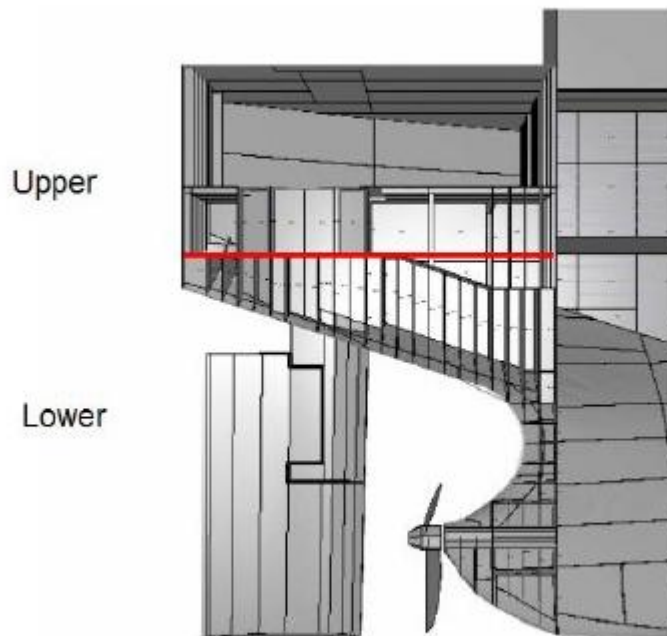
Μεγάλη σημασία στη διάταξη των δεξαμενών καυσίμου έχει η απόφαση για την τοποθέτησή τους στο διπύθμενο ή πάνω από αυτό. Με τη θέση των δεξαμενών πάνω από το διπύθμενο καθορίζοντας το χώρο με εγκάρσια διαφράγματα γίνεται εξοικονόμηση σε σωληνώσεις και βαλβίδες, αφού η απόσταση είναι μικρότερη της κύριας μηχανής πρόωσης. Ακόμα, προκύπτουν πλεονεκτήματα όσον αφορά την καλύτερη θέρμανση και έκχυση του καυσίμου στη μηχανή, όπως και πιθανή καλύτερη διαγωγή του πλοίου. Ο χώρος του διπύθμενου καθώς είναι περιορισμένος, σχεδιαστικά μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα στην επάρκεια όγκου ώστε να τοποθετηθούν τόσο οι δεξαμενές καυσίμου όσο και οι δεξαμενές έρματος. Αντιθέτως, όταν υπάρχει πρόβλεψη για μεγάλες δεξαμενές καυσίμου, ο χώρος του διπύθμενου είναι εκμεταλλεύσιμος αποκλειστικά για θαλάσσιο έρμα. Ευελιξία στη διάταξη των δεξαμενών παρέχεται από τον εφοδιασμό του πλοίου με διπλά πλευρικά τοιχώματα, αφού τότε οι πλευρικές δεξαμενές του πλοίου μπορούν να εφοδιαστούν τόσο με καύσιμο όσο και με έρμα προσφέροντας λύσεις στις απαιτήσεις ευστάθειας και διαγωγής του πλοίου.



Εικόνα 2.21 - Απεικόνιση πλευρικών δεξαμενών έρματος



Εικόνα 2.22 - Τομή που δείχνει τη προραία δεξαμενή έρματος



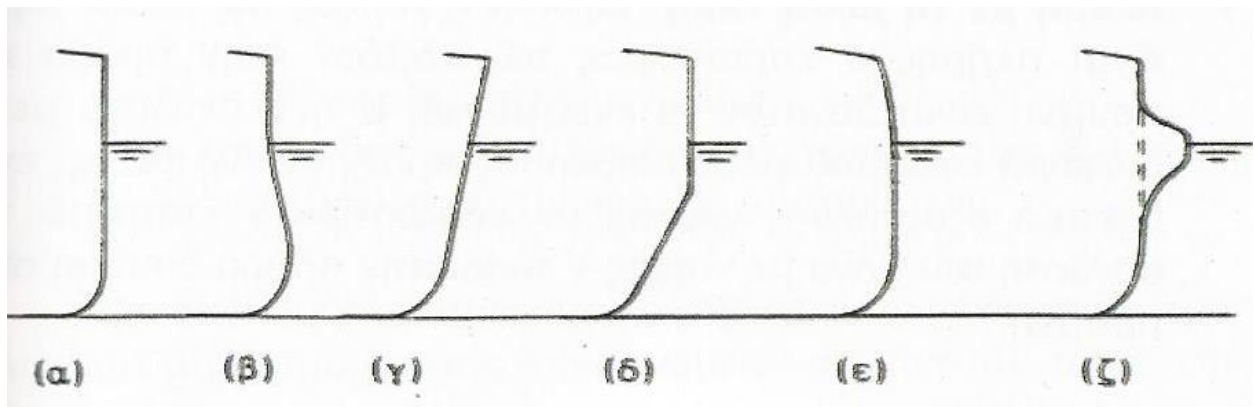
Εικόνα 2.23 - Τομή πρόμνης που δείχνει την πρυμναία δεξαμενή έρματος



Εικόνα 2.24 - Άνω πλευρική δεξαμενή έρματος

2.4. Μορφή νομέων και διαμόρφωση περιβλήματος

2.4.1. Μορφή πλευρών μέσου νομέα



Εικόνα 2.25 - Μορφές πλευρών μέσου νομέα

α) Κάθετες πλευρές

β) Βολβοειδής διατομή στα ύφαλα με στόχο τη βελτίωση της ευστάθειας για μικρά βυθίσματα κατά forester

γ) Εξέχοντες νομείς V (οχηματαγωγά, παγοθραυστικά)

- δ) Νομείς V κάτωθεν της ισάλου και ορθογωνικοί περί και άνωθεν της ισάλου (containership) εξασφαλίζουν μειωμένο GM στα μικρά βυθίσματα όταν είναι επιθυμητό
- ε) Υποχωρούντες νομείς - trouble home (παλαιά υπερωκεάνια και μεγάλα Ε/Γ προς εξοικονόμηση βάρους και αποφυγή υψηλού κέντρου βάρους)
- ζ) Πρόσθετοι ζωστήρες - sponsons προς βελτίωση της ευστάθειας ανεπαρκών κατασκευών (μετασκευές φορτηγών σε επιβατηγά, παλαιά πολεμικά)

2.4.1.1. Συσχέτιση μορφής νομέα με τύπο πλοίου

Για ορισμένους τύπους πλοίων έχουν προκύψει χαρακτηριστικοί τύποι νομέων.

Για τα οχηματαγωγά για παράδειγμα ή για τα πλοία με απαίτηση μεγάλων επιφανειών καταστρώματος, όπως τα πλοία γενικού φορτίου προκύπτουν έντονοι νομείς V τόσο στα άκρα όσο και μετριασμένα περί το μέσον του σκάφους. Στα δεξαμενόπλοια σε αντίθεση με τους άλλους δυο τύπους πλοίων που προαναφέραμε η απαίτηση ως προς την επιφάνεια καταστρώματος δεν αποτελεί κριτήριο της σχεδίασης των γραμμών. Έτσι νομείς τύπου U με κατά το δυνατόν κάθετα τοιχώματα στα πλευρά προσφέρει καλύτερη εκμετάλλευση των περικλειόμενων χώρων.

2.4.2. Διαμόρφωση της πρόρας

- Διαμήκης όψη πρόρας

Παλαιότερα η απόληξη της πρόρας σε κάθετη ή ελαφρώς άνωθεν της ισάλου προεξέχουσα ευθεία ήταν ο συνήθης σχεδιασμός.



Εικόνα 2.26 - Χαρακτηριστική μορφή κάθετης πρόρας φορτηγού πλοίου που ναυπηγήθηκε τέλη του 19^{ου} αιώνα

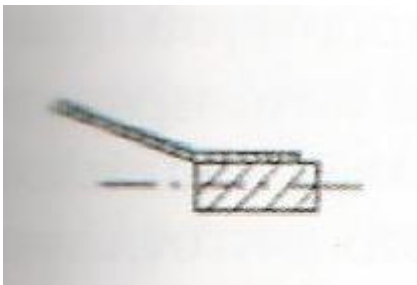
Τα τελευταία 20 - 30 χρόνια τα εμπορικά πλοία εμφανίζονται με άνωθεν της ισάλου προεξέχουσα ευθεία πλώρα ή ακόμα και έντονα καμπυλωτή πλώρα (φαλκής).



Εικόνα 2.27 - Πλοίο γενικού φορτίου με πλώρα μορφής άνωθεν της ισάλου προεξέχουσα ευθεία

- **Οριζόντια διατομή πλώρας**

Παλιότερα η πλώρα απόληγε σε μορφοδοκό ορθογώνιας ή τραπεζοειδούς διατομής. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχανόταν η επιθυμητή λεπτόγραμμη απόληξη της πλώρας τόσο στην έμφορτο ίσαλο όσο και στις παρισάλους περί την CWL.



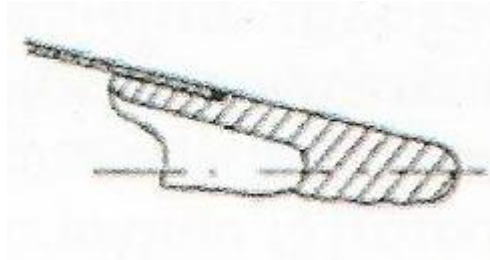
Εικόνα 2.28 - Μορφοδοκός ορθογώνιας διατομής

Σε νεότερους τύπους η απόληξη είναι καμπυλωτή και η οξύτητα της απόληξης στην CWL εξαρτάται από την ακτίνα καμπυλότητας του εφαρμοζόμενου ελάσματος.



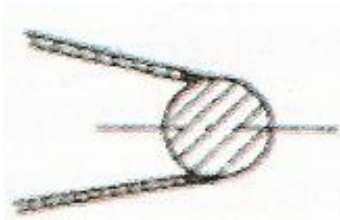
Εικόνα 2.29 - Διατομή πλώρας με καμπυλωτή απόληξη

Ιδανικός αλλά και ακριβός είναι ο τύπος της χυτοχαλύβδινης στείρας (τελικό τμήμα πλώρας), στην οποία τα ελάσματα της πλώρας μπορούν να συγκολληθούν σε κατάλληλα επεξεργασμένη εγκοπή ώστε να προκύπτει μια λεπτή απόληξη των γραμμών.



Εικόνα 2.30 - Διατομή πλώρας χυτοχαλύβδινης στείρας

Υπάρχει και ο τύπος της απόληξης σε μορφοδοκό κυκλικής διατομής, όπου είναι μια φθηνή και ικανοποιητική κατασκευαστική λύση, όπου εφαρμόζεται συχνά σήμερα στο τμήμα της πλώρας περί την CWL.



Εικόνα 2.31 - Διατομή πλώρας με απόληξη σε μορφοδοκό κυκλικής διατομής

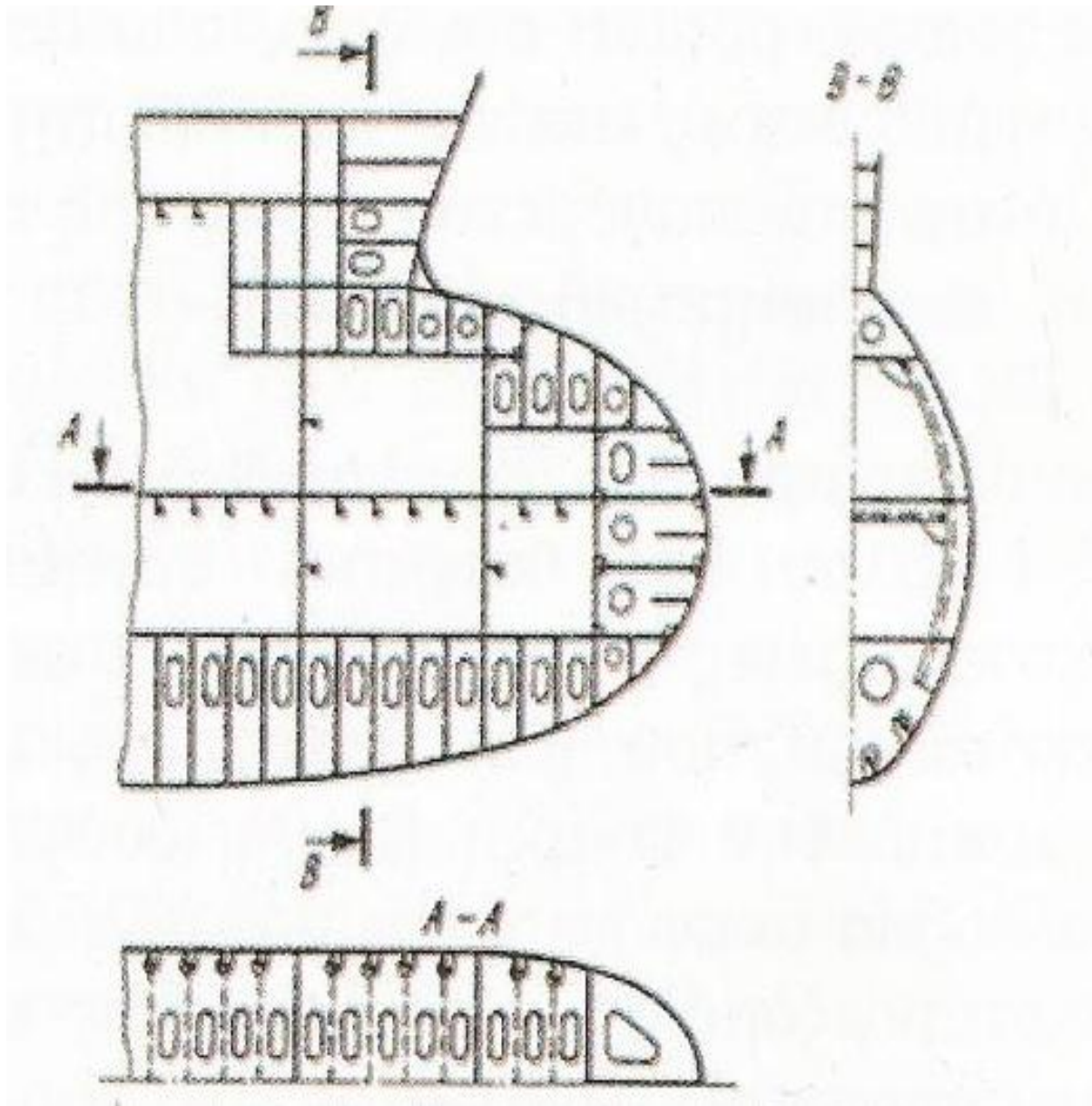
2.4.2.1. Παράγοντες διαμόρφωσης μορφής της πλώρας

- Η αρμονική ένταξη της πλώρας στη διάταξη των πλωραίων νομέων
- Η καλοθάλασση συμπεριφορά σε κυματισμούς
- Η εκμετάλλευση καταστρώματος στο πρόστεγο
- Η ασφάλεια των υφάλων έναντι σύγκρουσης
- Η απλότητα της κατασκευής

2.4.2.2. Βολβοειδής πλώρα

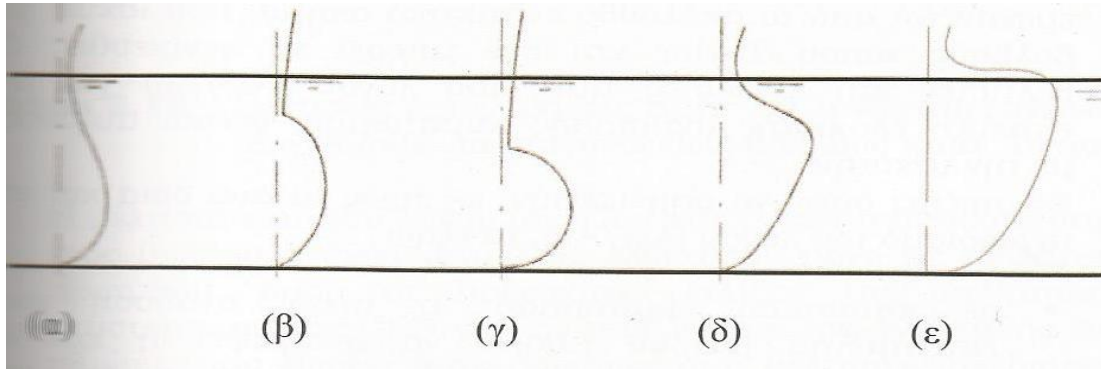
Η βολβοειδής πλώρα αποτελεί σήμερα ένα χαρακτηριστικό των σύγχρονων εμπορικών πλοίων. Ο κύριος λόγος της εφαρμογής πλωραίων βολβών είναι η μείωση της αντίστασης κυματισμού κατά την πλευση σε ήρεμο νερό, δηλαδή μιας σημαντικής συνισταμένης της ολικής αντίστασης για σχετικά ταχεία σκάφη. Η μειωμένη αυτή αντίσταση εξαργυρώνεται με

σημαντικές μειώσεις στην απαιτούμενη ισχύ πρόωσης για κάποιες ταχύτητες. Η θετική επίδραση του βολβού, δηλαδή μιας εγκάρσιας και διαμήκουσ διόγκωσης της πλώρας στα ύφαλα του σκάφους, ανακαλύφθηκε τυχαία στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και άρχισε να εφαρμόζεται τη δεκαετία του '50 σε πλοία ψυγεία και δεξαμενόπλοια. Πλέον η εφαρμογή του βολβού έχει επικρατήσει σε όλους τους τύπους πλοίων και εμφανίζεται ακόμα και σε σχετικά μικρά σκάφη (βλ. παράρτημα σχεδίου III - τομή πρωαίας κατασκευής – σελ.196).



Εικόνα 2.32 - Βολβοειδής πλώρα

2.4.2.2.1. Μορφή νομέων – Διατομή βολβών πλώρας



Εικόνα 2.33 - Διατομές πλωραίων βολβών

α) Κανονικός τύπος: εξομαλυμένος βολβός σε μορφή σταγόνας. Έχει κέντρο βάρους χαμηλά με ψηλές έδρες νομέων.

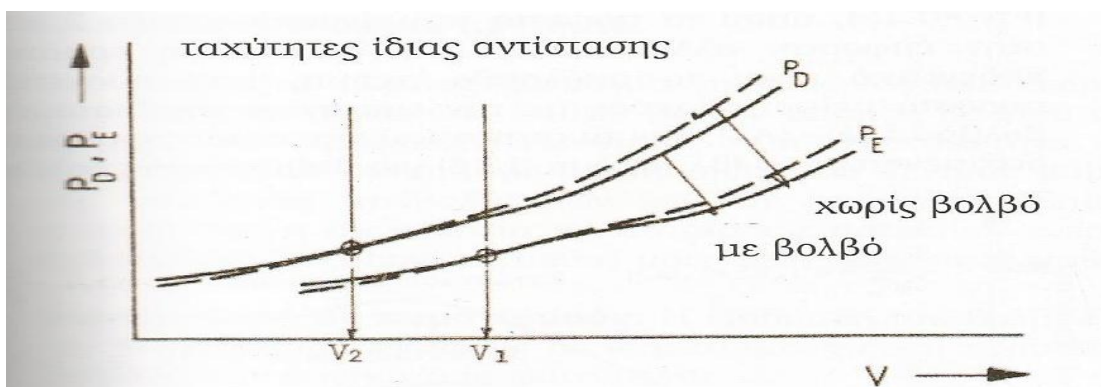
β) Τύπος ναυπηγείου Blohm & Voss: προσκολλημένος βολβός με ελλειπτική διατομή, όπου έχει το κέντρο βάρους σε μέσο ύψος.

γ) Τύπος εργαστηρίου VWS-Berlin: προσκολλημένος βολβός με κυκλική διατομή και κέντρο βάρους χαμηλά.

δ) Τύπος SV Μελετητικού Οίκου Maier-Form: Σφηνοειδής διατομή σχήματος V με κέντρο βάρους ψηλό και μέγιστο πλάτος κοντά στην ίσαλο. Έχει λεπτόγραμμη είσοδο ισάλου και περίγραμμα πλώρας σχήματος S (βλ. παράρτημα σχεδίων III - τομή πλωραίου τμήματος – σελ.196)

ε) Βολβός goose-neck είναι παραλλαγή του τύπου SV, ο οποίος έχει ως χαρακτηριστικό ότι διαπερνά την ίσαλο.

Η συνήθης απόληξη όλων των τύπων βολβών (α-γ) είναι κυκλική ή ελλειψοειδής γεγονός που διευκολύνει την κατασκευή. Ορισμένοι τύποι βολβών, όπως οι σφηνοειδής, συνδέονται με νομείς V στη πλώρα ενώ οι κυλινδρικοί ή σταγονοειδείς ταιριάζουν καλύτερα με νομείς U.



Εικόνα 2.34 - Σκαρίφημα που συγκρίνει την απαιτούμενη ισχύ ρυμούλκησης και πρόωσης με και χωρίς βολβό

2.4.2.2.2. Επιδράσεις βολβοειδής πλώρας σε υδροδυναμικά κριτήρια και λοιπούς παράγοντες

Η σταθερότητα πορείας δυσχεραίνεται σε κάποιο βαθμό με την ύπαρξη βολβού στην πλώρα, όμως βελτιώνονται οι στροφικές ικανότητες και η ελικτικότητα του σκάφους, λόγω μετακίνησης του κέντρου βάρους της διαμήκου προβολής των υφάλων πλώραθεν. Ακόμα δίνεται η δυνατότητα εγκατάστασης πρωραίου ενεργού πηδαλίου-έλικας (bow-thruster) προς βελτίωση των ελιγμών.

Η απόσβεση των κινήσεων προνευτασμού αναμφισβήτητα αυξάνει με την ύπαρξη βολβού λόγω της περιδίνησης της ροής περί το βολβό και τη διαταραχή της ελεύθερης επιφάνειας του νερού κατά την ανάδυση-κατάδυση εκτεταμένων βολβών.

Η διατήρηση μιας ταχύτητας σε κυματισμούς είναι εκτός της πρόσθετης αντίστασης συνάρτηση της ευαισθησίας σφυρόκρουσης της πλώρας σε πρωραίους κυματισμούς.

Ως προς τη διαγωγή έχει παρατηρηθεί ότι πλοία με βολβό χαρακτηρίζονται από την έλλειψη της ανεπιθύμητης πρυμναίας διαγωγής σε μεγάλες ταχύτητες. Αυτό εξηγείται από τη λειτουργία του βολβού ως βυθισμένου πρωραίου πηδαλίου λόγω της ροής του νερού περί το βολβό και της υδροδυναμικής πίεσης.

Οι καμπτικές ροπές αυξάνουν ελαφρώς με την επιμήκυνση του σκάφους λόγω βολβού.

Η πλευση σε πάγο βελτιώνεται με την ύπαρξη βολβού, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σφηνοειδούς μορφή, ο οποίος δρα και ως παγοθραυστικό μέσο.

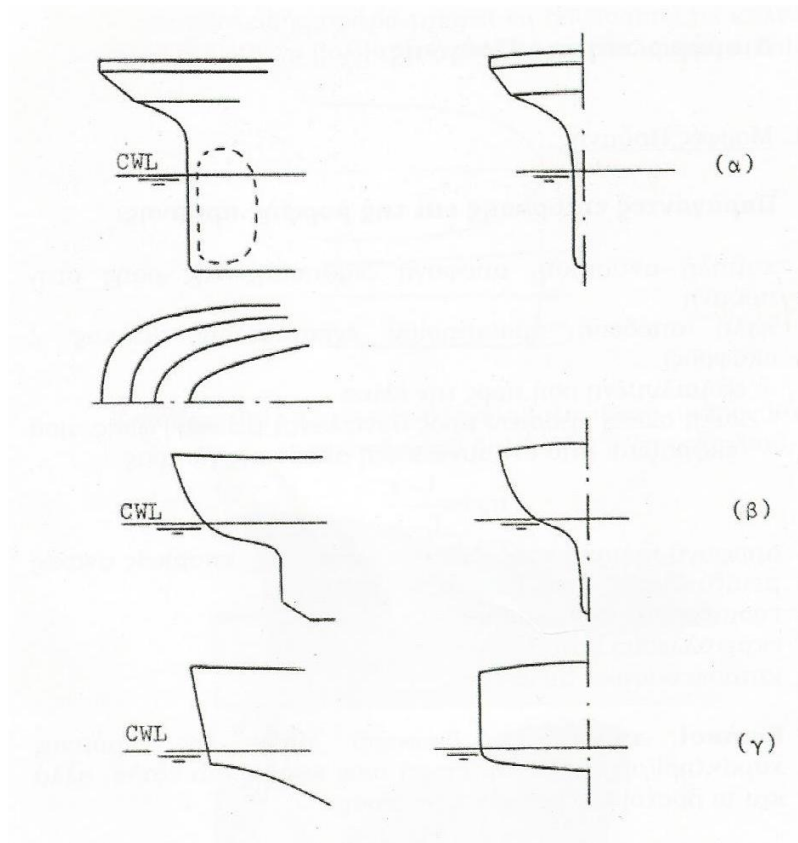
2.4.3. Διαμόρφωση της πρύμνης

Η μορφή που θα έχει η πρύμνη διαμορφώνουν ή επηρεάζουν κάποιους παράγοντες σημαντικούς για το εμπορικό πλοίο.

- Χαμηλή αντίσταση, αποφυγή διάσπασης της ροής στη πρύμνη
- Καλή απόδοση προωστήριου εγκατάστασης (έλικας –σκάφους)
 - i) Εξομαλυμένη ροή προς την έλικα
 - ii) Καλή σχέση ομόρρου προς συντελεστή μείωσης ώσης, που εκφράζεται από τον συντελεστή απόδοσης γάστρας.
- Αποφυγή ταλαντώσεων έλικας και σκάφους, επαρκείς ανοχές μεταξύ έλικας, πηδαλίου και σκάφους
- Ευστάθεια σε κυματισμούς
- Εκμετάλλευση καταστρώματος
- Κατασκευαστική απλότητα

Οι διάφοροι τύποι της πρύμνης χαρακτηρίζονται κυρίως από τη μορφή τους στα έξαλα αλλά και το βρεχόμενο μέρος της γάστρας. Οι βασικοί τύποι πρύμνης για τα εμπορικά πλοία είναι οι εξής:

- α) Η ελλειπτική ή υπερυψωμένη πρύμνη
- β) Η πρύμνη καταδρομικού
- γ) Η πρύμνη άβακος



Εικόνα 2.35 - Σκαρίφημα που δείχνει τους βασικούς τύπους πρύμνης

2.5. Φορτίσεις που αφορούν τη διαμόρφωση πρύμνης - πλώρης

Πλοία γενικού φορτίου με σχετικά χαμηλές ταχύτητες και μεγάλο συντελεστή γάστρας, όταν πλέουν με χαμηλό βύθισμα πλώρας αντιμετωπίζουν το φαινόμενο της σφυρόκρουσης ειδικότερα όταν βρίσκονται σε δυσμενείς θαλάσσιες καταστάσεις. Η σφυρόκρουση είναι αποτέλεσμα της κρούσης της προραίας περιοχής του πυθμένα με την επιφάνεια της θάλασσας και συμβαίνει όταν η σχετική ταχύτητα μεταξύ πλώρης και θάλασσας υπερβαίνει ένα κατώτατο όριο. Για αυτό το λόγο για να αποφευχθεί πιθανή ζημιά στο προραίο τμήμα του πυθμένα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το φαινόμενο αυτό κατά το σχεδιασμό της μεταλλικής κατασκευής. Άλλο φαινόμενο που επηρεάζει το προραίο τμήμα των πλοίων γενικού φορτίου είναι η βύθιση και ανύψωση της γάστρας και του προστέγου κατά την επίδραση έντονων κυματισμών. Ειδικότερα πλοία με νομείς τύπου V στη πλώρα και μακρά τετραγωνικής διατομής καταστρώματα για την στοιβάσια εμπορευματοκιβωτίων, εμφανίζουν

σε μεγαλύτερο βαθμό το φαινόμενο αυτό. Με την αποφυγή έντονων μορφών γάστρας κατά το σχεδιασμό βελτιώνεται η συμπεριφορά στους πρωραίους κυματισμούς.

Οι κυματισμοί στο πρυμναίο τμήμα του σκάφους μπορούν να προκαλέσουν και εκεί προβλήματα, τα οποία όμως και αυτά αποφεύγονται όταν δεν σχεδιάζονται διατάξεις με μεγάλες επίπεδες επιφάνειες πάνω από την έλικα και το πηδάλιο καθώς και όταν δεν επιλέγεται πρύμνη άβακος για το υπό σχεδίαση πλοίο γενικού φορτίου.

Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι

2^ο Κεφαλαίου:

- 1) Ship design & Construction, Volume 2, The Society of Naval Architects & Marine Engineers
- 2) Institute of Maritime Economics and Logistics, *Shipping Statistics and Market Review*, various editions, Bremen
- 3) Wendel, K., “Beladen und Entladen von Schiffen – Das – Offene Schiff,” HANSA – Schiffahrt – Schiffbau – Hafen, 1958 (16/17), 731
- 4) IMO: Convention for Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974 (incl. all amendments until 1998), London 2000
- 5) Μελέτη Πλοίου, τεύχος 2, Αποστόλου Δ. Παπανικολάου, Εκδόσεις Συμεών

3. Σχεδίαση και κατασκευή πλοίου Γενικού φορτίου

3.1. Σχεδιασμός μεταλλικής κατασκευής

3.1.1. Γενικές απαιτήσεις σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός της μεταλλικής κατασκευής της γάστρας ενός πλοίου γενικού φορτίου έχει ως βασικά κριτήρια το ελάχιστο βάρος της κατασκευής, την υλοποίηση της κατασκευής ώστε να είναι φιλική προς το ναυπηγείο, επαρκή αντοχή ως προς όλες τις αναμενόμενες ζημιές, μεγάλη διάρκεια ζωής, επαρκή αντοχή στη φθορά, εσωτερική και εξωτερική αντιδιαβρωτική προστασία και σωστές συνθήκες για συντήρηση και επισκευή.

Μια από τις πρώτες απαιτήσεις της κατασκευής, είναι αυτή για στεγανότητα, όπου δημιουργείται με σκοπό να περιοριστούν τα μεταφερόμενα υγρά στο εσωτερικό του πλοίου και να αποκλειστεί η εισροή των υδάτων στο εσωτερικό, ενώ παράλληλα απαιτείται επαρκή αντοχή στην πίεση που ασκείται από αυτά τα υγρά.

Η γεωμετρία του πλοίου επηρεάζεται τόσο από τον κυριότερο παράγοντα σχεδίασης, την αντοχή σε φορτίσεις, όσο και από την ακαμψία που πρέπει να έχει το πλοίο.

Η απαίτηση για ελάχιστο βάρος του πλοίου δημιουργείται από τον σκοπό λειτουργίας του, όπου είναι η μεταφορά φορτίου, έτσι το βάρος του θα πρέπει να είναι περιορισμένο ώστε να μεταφέρει περισσότερο φορτίο με επαρκή όμως αντοχή και ακαμψία. Γι' αυτό το λόγο και η βελτιστοποίηση της επιλογής των υλικών είναι μεγάλης σημασίας κατά τον σχεδιασμό του πλοίου.

Στα πλοία που είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμες κατασκευές, επιβάλλονται επίσης και οικονομικοί περιορισμοί. Οι οικονομικοί αυτοί περιορισμοί εκφράζονται κατ' αρχή από το κόστος κτήσης του κάθε πλοίου, γεγονός που συνεπάγεται τη μείωση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής. Τα τελευταία χρόνια όμως, γίνεται αντιληπτό ότι ο πλοιοκτήτης θα πρέπει να ενδιαφέρεται και για το συνολικό κόστος της δια βίου εκμετάλλευσης, που περιλαμβάνει και τα κόστη συντήρησης και επισκευής σε περίπτωση βλάβης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται έμμεσα ο αρχικός σχεδιασμός, καθότι για να περιορισθούν οι ζημιές της μεταλλικής κατασκευής, επιλέγονται διατάξεις που δεν υποφέρουν από κοπωτικές αστοχίες αλλά και διευκολύνουν τις επισκευές. Ακόμα, έχει καταστεί σαφές, μετά τις συχνές προσαράξεις και τα ατυχήματα μεγάλων δεξαμενόπλοιων που είχαν ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη ρύπανση του θαλάσσιου χώρου και των ακτών, ότι η προστασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τις επιλογές των σχεδιαστών.

Ο σχεδιασμός της κατασκευής ενός πλοίου λοιπόν είναι η διαδικασία κατά την οποία επιλέγονται παράμετροι μορφολογίας και διαστάσεων, έτσι ώστε αυτό να λειτουργήσει υπό συνθήκες φόρτισης, οικονομικής και λειτουργικής εκμετάλλευσης και προστασίας του περιβάλλοντος, που να είναι σύμφωνες με τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη, του κατασκευαστή και των σχετικών Εθνικών και Διεθνών κανονισμών και διατάξεων.

3.1.2. Απαιτήσεις σχεδιασμού με βάση το φορτίο

Μια επιπλέον σημαντική απαίτηση για το είδος του πλοίου γενικού φορτίου, είναι η συμβατότητα της μεταλλικής κατασκευής της γάστρας με τον τύπο φορτίου που καλείται να μεταφέρει, καθώς το φορτίο κατά τη διάρκεια ζωής του πλοίου θα έρχεται σε επαφή με τη μεταλλική κατασκευή της γάστρας. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι στον σχεδιασμό της γάστρας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση της κατασκευής με το φορτίο, αφού ο χώρος του φορτίου που βρίσκεται στη γάστρα οφείλει να προσφέρει καλή διαχείριση, στοιβασία και επιτήρηση του φορτίου.

3.1.3. Μοναδικότητα της κατασκευής του πλοίου

Το πλοίο είναι η μεγαλύτερη κινούμενη κατασκευή που έχει δημιουργήσει ο άνθρωπος και διαφέρει στην κατασκευή του σε σχέση με άλλες συμβατικές δομοστατικές κατασκευές καθώς υποβάλλεται σε φορτίσεις που μεταβάλλονται συνεχώς. Σε αντίθεση με άλλες κατασκευές, που είναι γνωστά τα φορτία και μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια, τα κρίσιμα φορτία ενός πλοίου προέρχονται από τη θάλασσα, τον ίδιο το μηχανολογικό εξοπλισμό που φέρει και από το φορτίο που μεταφέρει. Παρόλο που οι φορτίσεις από τη θάλασσα καταλογίζονται στις γνωστές, το μέγεθος και η έκτασή τους είναι απροσδιόριστες. Επιπλέον, η φόρτιση που δέχεται το πλοίο από τη θάλασσα καθιστά ακόμα πιο περίπλοκη την κατασκευή του, αφού επηρεάζεται τόσο από τις κινήσεις του ίδιου του πλοίου δεχόμενο τις φορτίσεις της θάλασσας, όσο και από τις φορτίσεις του εσωτερικού των δεξαμενών-κυτών. Η κατασκευή ενός πλοίου είναι περίπλοκη, η γεωμετρία του μοναδική και δεν μπορεί να εκφραστεί με μαθηματικούς όρους.

3.1.4. Εξέλιξη της σχεδίασης των πλοίων

Καθώς οι φορτίσεις στο πλοίο μεταβάλλονται συνεχώς, αρχικά οι μελετητές κατέφυγαν στη χρήση σχετικά απλών μοντέλων που μπορούν να δώσουν κάποια ενδεικτικά αποτελέσματα όσον αφορά στις καταπονήσεις της κατασκευής. Με τη σταδιακά αυξανόμενη χρήση πειραματικών αποτελεσμάτων και αργότερα με τη χρήση θεωρητικών εργαλείων, αλλά και αριθμητικών μεθόδων σχετικά με την απόκριση της κατασκευής, έγινε δυνατό να διατυπωθούν οι παράμετροι αναφοράς και να προσεγγισθεί ο ορθολογικός σχεδιασμός της κατασκευής. Ειδικότερα, ο ορθολογικός σχεδιασμός αποβλέπει στη συστηματική χρήση μαθηματικών εργαλείων έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη αφενός μεν οι συνθήκες λειτουργίας της κατασκευής, αφετέρου δε οι απαιτήσεις των χρηστών της, όπως η διάρκεια ζωής της. Μπορούν δηλαδή και πρέπει να εισάγονται και οικονομικές παράμετροι στο πρόβλημα του σχεδιασμού ούτως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη συνεχιζόμενη λειτουργία της κατασκευής. Οι σύγχρονες μέθοδοι ορθολογικού σχεδιασμού περιλαμβάνουν αφενός μεν τις εξωτερικές φορτίσεις, αφετέρου δε τις ιδιότητες της μεταλλικής κατασκευής. Ως αποτέλεσμα των εξελίξεων αυτών τα τελευταία χρόνια έχουν εισαχθεί στη μελέτη της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου μια πληθώρα τεχνικών που βασίζονται στη μαθηματική ανάλυση της συμπεριφοράς των διαφόρων στοιχείων της κατασκευής. Έτσι, στους κανονισμούς των Νηογνώμωνών έχουν προστεθεί κεφάλαια σχετικά με το λυγισμό των διαφόρων στοιχείων της κατασκευής (buckling manuals), το σχεδιασμό της κατασκευής λαμβάνοντας υπόψη τις κοπωτικές φορτίσεις (fatigue design procedures) και σε ορισμένες περιπτώσεις την χρήση των μεθόδων της θεωρίας αξιοπιστίας ναυπηγικών κατασκευών (marine structural reliability methods). Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα γίνεται σημαντική προσπάθεια εφαρμογής σύγχρονων μεθόδων σχεδιασμού της μεταλλικής κατασκευής των πλοίων για τη μετάβαση από την κλασική μέθοδο των επιτρεπόμενων τάσεων (permissible stress approach) στη σύγχρονη μέθοδο σχεδιασμού βάσει οριακών καταστάσεων (limit state design) στις ναυπηγικές κατασκευές.

3.1.5. Κατασκευαστική ανάλυση και σχεδιασμός ναυπηγικής κατασκευής

Η κατασκευαστική ανάλυση και ο σχεδιασμός είναι δύο έννοιες οι οποίες συνδέονται πολύ στενά μεταξύ τους. Πολλές φορές χρησιμοποιείται η μία στη θέση της άλλης, λανθασμένα όμως, αφού υπάρχουν αρκετές σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο σχεδιασμό και τη μεταφορά αυτού μέσω της κατασκευαστικής ανάλυσης στην αποπεράτωση της κατασκευής.

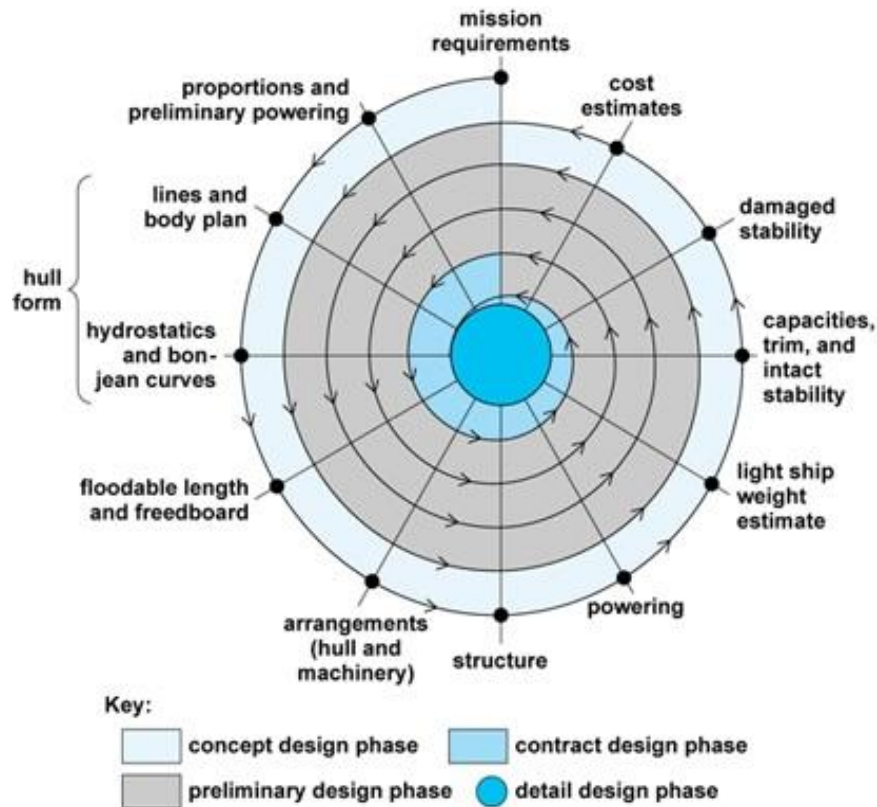
Η κατασκευαστική ανάλυση αφορά την αξιολόγηση των αναπτυσσόμενων τάσεων και της αντοχής της κατασκευής και απαιτεί πληροφορίες για τα επιβαλλόμενα φορτία, καθώς επίσης χρειάζεται ένα αρχικό κατασκευαστικό σχέδιο. Το αποτέλεσμα της κατασκευαστικής ανάλυσης είναι η απόκριση της κατασκευής που καθορίζεται με βάση τις αναπτυσσόμενες τάσεις, τις δημιουργούμενες παραμορφώσεις και, τέλος, την αντοχή. Κατόπιν, η κατ' εκτίμηση απόκριση της κατασκευής συγκρίνεται με τα κριτήρια που είχαμε θέσει στο στάδιο του σχεδιασμού.

Η κατασκευαστική ανάλυση και ο σχεδιασμός των πλοίων είναι θέμα παραχωρήσεων και συμβιβασμών.

- Συμβιβασμός ανάμεσα στην κατασκευαστική ακρίβεια με πιστή εφαρμογή του σχεδίου και του απαιτούμενου χρόνου για να εκτελεστεί το προβλεπόμενο σχέδιο.
- Απαιτείται περιορισμός της αβεβαιότητας και αύξηση της ασφάλειας της κατασκευής με ταυτόχρονη ελάττωση του συντηρητισμού στο σχεδιασμό.
- Συμβιβασμός μεταξύ του βάρους της κατασκευής και του κόστους κτήσης του πλοίου.
- Συμβιβασμός μεταξύ του ελάχιστου κόστους κατασκευής, και του συνολικού κόστους της δια βίου εκμετάλλευσης του πλοίου.
- Το βέλτιστο σχέδιο για τον μελετητή ναυπηγό μηχανικό και τον κατασκευαστή μπορεί να είναι διαφορετικό από το βέλτιστο σχέδιο για τον πλοιοκτήτη, εκπληρώνοντας και στις δύο περιπτώσεις τις ίδιες απαιτήσεις.

3.1.6. Ελικοειδής καμπύλη μελέτης ναυπηγικών κατασκευών

Οι φάσεις της μελέτης και σχεδίασης μιας ναυπηγικής κατασκευής μπορούν να περιγραφούν παραστατικά μέσω της Ελικοειδούς Καμπύλης Μελέτης του J. H. Evans. Η ελικοειδής αυτή καμπύλη δείχνει, τη διαδοχική διέλευση από τα διάφορα στάδια της μελέτης και τη βαθμιαία προσέγγιση του τελικού στόχου σχεδιασμού.



Εικόνα 3.1 - Ελικοειδής Καμπύλη Μελέτης Ναυπηγικών Κατασκευών του J. H. Evans

Υπάρχουν πολλοί τρόποι παρουσίασης της συγκλίνουσας διαδικασίας σχεδιασμού του πλοίου, αλλά ένας από τους πιο παραστατικούς είναι η ελικοειδής καμπύλη σχεδιασμού, η οποία αποδίδει τόσο την αλληλεπιδρώσα όσο και την επαναληπτική φύση όλου του σχεδιασμού του πλοίου. Σύμφωνα με την επικρατούσα ορολογία διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες - διαβαθμίσεις της μελέτης:

A) Μελέτη Εφικτότητας Αρχικού Σχεδιασμού (Concept design phase) – 1η σπείρα

Αποδίδει σε πρώτη προσέγγιση τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη σε τεχνικά, ναυπηγικά και μηχανολογικά χαρακτηριστικά. Αντιστοιχεί κατά ένα μέρος σε μια μελέτη δυνατοτήτων ή σκοπιμότητας. Γίνεται βασικός υπολογισμός χαρακτηριστικών του πλοίου, δηλαδή το μήκος L , το πλάτος B , το κοίλο D , το βύθισμα T , τον συντελεστή γάστρας CB , την ισχύ πρόωσης PB και εξετάζει εναλλακτικές λύσεις για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του πλοιοκτήτη με γνώμονα την οικονομικότερη λύση. Στο στάδιο αυτό επιτυγχάνεται ο βασικός συμβιβασμός ανάμεσα σε όλες τις αντικρουόμενες απαιτήσεις σε σχέση με το πλοίο. Τέλος, ο στόχος του σταδίου εφικτότητας είναι να διασφαλιστεί ότι όλα τα στοιχεία του σχεδίου του πλοίου συνθέτουν ένα ταιριαστό σύνολο.

B) Προμελέτη (Preliminary design phase) – 2η – 4η σπείρα

Αποτελεί περαιτέρω λεπτομερέστερη επεξεργασία των επιμέρους βημάτων, δηλαδή επακριβή καθορισμό των βασικών χαρακτηριστικών του σκάφους, του μήκους L, του πλάτους B, του κοίλου D, του βυθίσματος T, του συντελεστή γάστρας CB, της ισχύος πρόωσης PB, έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του πλοιοκτήτη και να ανταποκρίνονται σε μια οικονομικά βέλτιστη λύση. Το αποτέλεσμα της προμελέτης χρησιμεύει ως βάση για τη σύνταξη των όρων του συμβολαίου μεταξύ του πλοιοκτήτη και του ναυπηγείου, καθώς και για τις επιμέρους τεχνικές προδιαγραφές. Οι φάσεις A και B είναι γνωστές και ως Βασική Μελέτη (Basic design).

Γ) Μελέτη Προδιαγραφών Συμβολαίου ή Συμβατική Μελέτη (Contract design phase) – 5η σπείρα

Στόχος της φάσης αυτής είναι η εκπόνηση των απαραίτητων υπολογισμών και σχεδίων, καθώς και η επακριβής σύνταξη των τεχνικών προδιαγραφών που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα του επίσημου συμβολαίου μεταξύ του πλοιοκτήτη και του ναυπηγείου. Η φάση αυτή εμπεριέχει τον επακριβή σχεδιασμό των εξομαλυμένων ναυπηγικών γραμμών, τον επακριβή υπολογισμό της ισχύος πρόωσης με βάση τα πειράματα προτύπου, τη θεωρητική ή πειραματική ανάλυση της συμπεριφοράς του πλοίου σε κυματισμούς, την ανάλυση των ελκτικών του ικανοτήτων, εναλλακτικές λύσεις της προωστήριου εγκατάστασης (έλικα – μηχανής), κατασκευαστικές λεπτομέρειες της ναυπηγικής κατασκευής, το σχεδιασμό των βοηθητικών δικτύων (ηλεκτρολογικά και σωληνώσεις) και, τέλος, τον ακριβέστερο υπολογισμό των επιμέρους βαρών, του ολικού βάρους και των αντίστοιχων κέντρων βαρών.

Δ) Μελέτη Λεπτομερούς σχεδιασμού (Detail design phase)

Στην τελευταία φάση της μελέτης γίνεται η λεπτομερής σχεδίαση όλων των κατασκευαστικών στοιχείων, καθώς και η σύνταξη προδιαγραφών κατασκευής και εγκατάστασης για τους εργάτες (ελασματοουργοί, συγκολλητές, εφαρμοστές), αλλά και τους προμηθευτές του μηχανολογικού υλικού και εξοπλισμού. Χαρακτηριστικό της φάσης αυτής είναι ότι, ενώ τα σχέδια και οι προδιαγραφές είναι αποτέλεσμα μελέτης εξειδικευμένων μηχανικών, ναυπηγών και μηχανολόγων, η περαιτέρω διαδικασία της εφαρμογής των αποτελεσμάτων αυτών εναπόκειται στις ικανότητες του μηχανικού παραγωγής, των εργοδηγών και των ναυπηγοτεχνικών, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το κατασκευαστικό τμήμα του ναυπηγείου.

Με τις φάσεις της μελέτης Α έως Δ παρατηρείται ότι με βάση τα αποτελέσματα της Βασικής Μελέτης (Α και Β) είναι δυνατόν να εκτιμηθούν με σχετική βεβαιότητα τόσο τα τεχνικά χαρακτηριστικά όσο και το κόστος ναυπήγησης ενός οικονομικά αποδοτικού σκάφους, με το ναυπηγείο να συντάσσει μια προσφορά που σε περίπτωση επιτυχίας θα συμπληρωθεί από τις λεπτομερέστερες μελέτες Γ και Δ. Στο στάδιο της προμελέτης ο ναυπηγός καλείται να πάρει τις πιο σημαντικές αποφάσεις με βάση τις υπάρχουσες διαθέσιμες επιλογές και τη βελτιστοποίηση της κατασκευής, έτσι ώστε αυτή να εκπληρώνει το σκοπό της και να ικανοποιεί τις διάφορες απαιτήσεις και τους περιορισμούς.

3.1.7. Προκαταρκτικός σχεδιασμός μεταλλικής κατασκευής

Στον προκαταρκτικό σχεδιασμό της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου αλλά και όλων των ναυπηγικών κατασκευών προσδιορίζεται η διάταξη και οι διαστάσεις των διαφόρων στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής χωρίς χρήση των κανονισμών από τους νηογνώμονες. Κατά τον προκαταρκτικό σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη ορισμένοι παράγοντες όπως η διαμήκης και η τοπική αντοχή της κατασκευής ενώ εντατικές καταστάσεις όπως τέμνουσες δυνάμεις στρεπτικές ροπές και τάσεις που οφείλονται στην κόπωση εξετάζονται σε μεταγενέστερα στάδια της μελέτης. Σκοπός του προκαταρκτικού σχεδιασμού είναι ο προσδιορισμός των κύριων χαρακτηριστικών και της μορφολογίας της κατασκευής με βάση την κατηγορία του πλοίου, τη διάταξη των κύριων στοιχείων της κατασκευής και τις κύριες φορτίσεις.

Οι έννοιες του σχεδιασμού και της ανάλυσης των κατασκευών είναι άρρηκτα συνδεδεμένες, καθώς η συνθετική διαδικασία του σχεδιασμού ουσιαστικά αποτελείται από επί μέρους αναλύσεις, οι οποίες όμως στοχεύουν στην τελική ικανοποίηση των απαιτήσεων σχεδιασμού κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Στις σύγχρονες ναυπηγικές κατασκευές είναι πλέον δυνατό όχι μόνο να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις αντοχής αλλά και να γίνει μια προσπάθεια βελτιστοποίησής της. Η βελτιστοποίηση μπορεί να έχει πολλαπλά οφέλη, όπως την αυξημένη ασφάλεια, το μειωμένο κόστος κατασκευής, συντήρησης ή και της δια βίου εκμετάλλευσης του πλοίου. Το βέλτιστο πλοίο ορίζεται ως εκείνο για το οποίο ο λόγος του συνόλου των αποδοχών προς το συνολικό κόστος είναι ο υψηλότερος. Για να μεγιστοποιηθούν οι αποδοχές θα πρέπει να σχεδιασθεί το μικρότερο δυνατό πλοίο που έχει όμως και την απαιτούμενη μεταφορική ικανότητα. Μία θεώρηση μπορεί να ορίζει ως τη βέλτιστη μεταλλική κατασκευή ως εκείνη η οποία εξασφαλίζει επαρκή αντοχή. Πλεονάζουσα αντοχή έχει συνεπώς ως επακόλουθο μεγαλύτερο βάρος από το αναγκαίο, και κατά συνέπεια

μεγαλύτερο βύθισμα για την ίδια ποσότητα φορτίου. Απαιτούνται δηλαδή ισχυρότερα μηχανήματα πρόωσης από τα αναγκαία για την ίδια μεταφορική ικανότητα. Γίνεται δηλαδή αντιληπτό ότι τα κόστη ανέγερσης και εκμετάλλευσης αυξάνονται όταν η μεταλλική κατασκευή δεν είναι η βέλτιστη από πλευράς βάρους. Το πρόβλημα σχεδιασμού της βέλτιστης κατασκευής προϋποθέτει τη δυνατότητα επιλογής της βέλτιστης διάταξης και χρήσης αντίστοιχων υλικών. Κατά κανόνα, στην πράξη το αποτέλεσμα είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ των βέλτιστων λύσεων ελάχιστο βάρος – ελάχιστο κόστος κατασκευής. Όμως, και μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών πλοίων, τα κριτήρια διαφοροποιούνται. Οι ναυπηγικές κατασκευές υψηλών επιδόσεων (μικρότερων διαστάσεων πλοία) συνήθως κλίνουν προς την ελαχιστοποίηση του βάρους, με αντίστοιχες αυξήσεις του κόστους κατασκευής και εκμετάλλευσης. Κλασικά παραδείγματα αποτελούν τα εμπορικά πλοία προηγμένης τεχνολογίας όπως καταμαράν, υδροπτέρυγα, αλλά και τα πολεμικά πλοία και οι εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου.

Από την άλλη πλευρά, στα συμβατικά εμπορικά πλοία συνήθως αναζητείται κάποια συμβιβαστική λύση. Τα κύρια συμβατικά κριτήρια συμπεριφοράς της μεταλλικής κατασκευής των ναυπηγικών κατασκευών από πλευράς αντοχής είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση, δηλαδή η τάση σχεδιασμού, και η επαρκής ακαμψία. Τα κριτήρια αυτά βρίσκουν εφαρμογή κατά το σχεδιασμό με βάση τους κανονισμούς των Νηογνομόνων και με άμεσους υπολογισμούς. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση αποτελεί ένα χρήσιμο μέτρο σύγκρισης στα προκαταρκτικά στάδια σχεδιασμού, δεν είναι όμως παρά μια απλοποίηση του πραγματικού προβλήματος. Σημειώνεται επίσης, ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση δεν αποτελεί μέτρο της μέγιστης αντοχής της κατασκευής του πλοίου. Παράλληλα οφείλουμε να πούμε ότι η συμπεριφορά των μεταλλικών κατασκευών περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό φαινομένων για πολλά από τα οποία η τάση σχεδιασμού πράγματι αποτελεί επαρκές κριτήριο, όχι όμως όταν προκύπτει μη γραμμική (ελαστική και ελαστο-πλαστική) συμπεριφορά. Το δεύτερο κριτήριο που αναφέρθηκε προηγουμένως είναι η ακαμψία. Για πρακτικούς λόγους, απαιτείται επαρκής ακαμψία της γάστρας συνολικά αλλά και των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής σε τοπικό επίπεδο για να μην προκύψουν, μείωση μεταφορικής ικανότητας (πλοίο στην κορυφή κύματος), βλάβες σε μηχανολογικό εξοπλισμό (αξονικά συστήματα, δίκτυα, κ.ά.), ελάττωση του αποδεκτού αριθμού επαναλήψεων τάσης κόπωσης και ταλαντώσεις, με αντίστοιχα αρνητικά αποτελέσματα.

3.2. Κατασκευαστική δομή της μεταλλικής κατασκευής

3.2.1. Ολική και τοπική αντοχή της μεταλλικής κατασκευής

Για να εξασφαλισθεί επαρκής αντοχή της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, τουλάχιστον για τα σημερινά μεγάλα εμπορικά πλοία το μήκος των οποίων υπερβαίνει κατά κανόνα τα 100 m και σε ορισμένες περιπτώσεις και τα 350 m, το πρώτο θέμα που τίθεται είναι η αντοχή κατά τη διαμήκη κάμψη της γάστρας, καθόσον οι τάσεις που αναπτύσσονται λόγω αυτής της φόρτισης είναι οι κρίσιμες. Σε πλοία με μικρότερο μήκος η διαμήκης καμπτική ροπή, (η οποία είναι ανάλογη προς το τετράγωνο του μήκους του πλοίου) είναι σημαντικά μικρότερη. Οι κρίσιμες τάσεις οφείλονται τότε στις τοπικές φορτίσεις, οι οποίες ασκούνται κατά κανόνα κάθετα στις διάφορες επιφάνειες του πλοίου (εξωτερικό περίβλημα, καταστρώματα, φρακτές).

Η ροπή αντίστασης της διατομής αποτελεί το κύριο μέτρο της διαμήκου αντοχής των πλοίων σε ελαστικές φορτίσεις. Δύο πλοία όμως με την ίδια ροπή αντίστασης και κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό δεν έχουν την ίδια μέγιστη αντοχή, δηλαδή οι μέγιστες καμπτικές ροπές στις οποίες μπορούν να υποβληθούν είναι δυνατόν να διαφέρουν. Οι διαφορές αυτές προκύπτουν διότι ενώ μεν οι διατομές έχουν την ίδια ροπή αντίστασης είναι δυνατόν τα ελάσματα και τα ενισχυτικά τους να έχουν διαφορετική διάταξη και συνεπώς τα αντίστοιχα φορτία τοπικού λυγισμού να διαφέρουν. Για το λόγο αυτό, για να εκτιμηθεί η μέγιστη αντοχή της διατομής είναι ανάγκη να υπολογισθεί η τοπική αντοχή των στοιχείων που παραλαμβάνουν τη διαμήκη φόρτιση όπως τα καταστρώματα, ο πυθμένας, τα πλευρικά ελάσματα, οι διαμήκεις φρακτές καθώς και τα ενισχυτικά τους.

Η εξέταση της τοπικής αντοχής είναι απαραίτητη σε κάθε περίπτωση, καθώς κατά την επιλογή των διαστάσεων των διαφόρων στοιχείων της κατασκευής με βάση τους κανονισμούς των Νηογνομώνων, εξετάζονται οι διάφορες απαιτήσεις ολικής και τοπικής αντοχής και επιλέγεται η μέγιστη απαιτούμενη τιμή. Σε ορισμένα πλοία λοιπόν, οι απαιτήσεις ολικής αντοχής είναι οι κρίσιμες ενώ σε άλλα η τοπική αντοχή θα αποβεί κρίσιμη. Το θέμα μπορεί να αξιολογηθεί με αναφορά σε κανονισμούς των Νηογνομώνων, οι οποίοι περιλαμβάνουν κεφάλαια που αφορούν την ολική αντοχή, για την εξασφάλιση της οποίας προσδιορίζεται μία ελάχιστη ροπή αντίστασης, καθώς επίσης και κεφάλαια που πραγματεύονται την τοπική αντοχή. Η ικανοποίηση των απαιτήσεων της τοπικής αντοχής δεν υποδηλώνει λοιπόν αυτομάτως και την ικανοποίηση των απαιτήσεων της ολικής αντοχής.

3.2.2. Βασικά κατασκευαστικά στοιχεία του πλοίου

Για κάθε κατασκευαστική μονάδα σε ένα πλοίο, πρώτα πρέπει να αποφασίσουμε τη φόρτιση και ύστερα να καταγράψουμε και να εξετάσουμε τους ποικίλους τρόπους με τους οποίους κρίνεται ότι η κατασκευαστική μονάδα θα αστοχήσει.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι κατασκευής με τους οποίους πρέπει να ασχοληθεί ο σχεδιαστής ναυπηγός:

- Συνδυασμοί ελάσματος – ενισχυτικού

Η απλούστερη μορφή αυτού του τύπου είναι μία απλή δοκός προσαρμοσμένη σε μία πλάκα. Πολλοί παράλληλοι δοκοί που στηρίζουν μία πλάκα αποτελούν ένα πλέγμα με μονοκατευθυνσιακή ενίσχυση. Δοκοί οι οποίες διασταυρώνονται σε ορθές γωνίες αποτελούν ένα ορθογώνια ενισχυμένο πλέγμα. Αυτές οι διάφορες μονάδες μπορεί αρχικά να είναι επίπεδες ή καμπύλες, φορτισμένες κατά οποιαδήποτε κατεύθυνση και διαθέτουν μια ποικιλία σχημάτων και συνοριακών συνθηκών.

- Ελάσματα από πλάκες (panels of plating)

Είναι συνήθως ορθογωνικά, στηρίζονται σε τέσσερις άκρες και υποβάλλονται σε κάθετα ή σε ομοεπίπεδα φορτία. Αρχικά, μπορεί να είναι επίπεδα ή καμπύλα.

- Πλαίσια – δικτυώματα

Μπορεί να είναι αψιδοειδείς πλαισιακές κατασκευές με ένα ή περισσότερα επίπεδα. Τα ενισχυτικά πλαίσια μπορεί να αποτελούνται από τους εγκάρσιους δακτυλίους των πλευρικών ενισχυτικών και από τις δοκούς του καταστρώματος ή από το διαμήκη δακτύλιο της δοκού του καταστρώματος, από ενισχυτικά φρακτών και από διαμήκη ενισχυτικά. Μπορεί να είναι κυκλικά όπως σε ένα υποβρύχιο. Τα φορτία μπορεί να είναι κατανεμημένα ή συγκεντρωμένα στις κατευθύνσεις του επιπέδου του πλαισίου ή κάθετα προς το επίπεδο αυτό.

- Εξαρτήματα

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία εξαρτημάτων στα πλοία, τα οποία πρέπει να ελεγχθούν όσον αφορά την επάρκεια της αντοχής τους. Τέτοιοι έλεγχοι μπορούν να περιλαμβάνουν τα μέσα πηδαλιουχίας ή ελέγχου της κίνησης του πλοίου, όπως το πηδάλιο, τα σταθεροποιητικά πτερύγια, οι διάφορες στηρίξεις του άξονα, οι ιστοί, οι γερανοί και οι εδράσεις των μηχανών.

3.2.3. Οι εντατικές καταστάσεις σε ναυπηγικές κατασκευές

Είναι γνωστό ότι για την προσέγγιση της πραγματικής εντατικής κατάστασης σε πλοία χρησιμοποιούνται διάφορα απλουστευτικά μοντέλα. Το πρώτο από αυτά είναι η θεώρηση του πλοίου ως κοίλη δοκός. Το δεύτερο μοντέλο που είναι διαδεδομένο είναι η ιεράρχηση των τάσεων ως πρωτεύουσες (σ_1), δευτερεύουσες (σ_2) και τριτεύουσες (σ_3), η οποία και ακολουθεί αντίστοιχη ιεράρχηση των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής.

Πρωτεύουσες τάσεις – (σ_1). Οι πρωτεύουσες τάσεις οφείλονται στη διαμήκη κάμψη του πλοίου, και συνεπώς παραμένουν σταθερές σε διατομές παράλληλες με τον ουδέτερο άξονα της διατομής (πυθμένας, καταστρώματα). Οι πρωτεύουσες τάσεις είναι συνεπώς ομοιόμορφες για κάθε διατομή που δρουν και γι' αυτό καλούνται και επιφανειακές τάσεις.

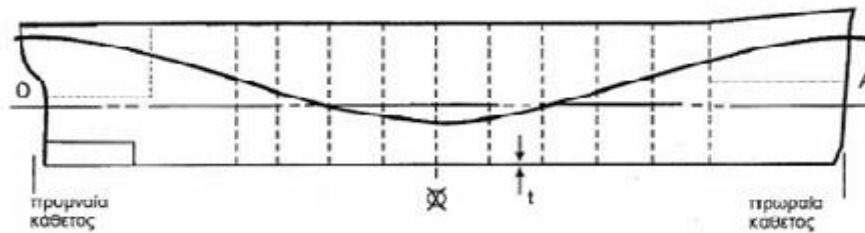
Δευτερεύουσες τάσεις – (σ_2). Οι δευτερεύουσες τάσεις προκύπτουν από την φόρτιση συστήματος δοκού – κολόνας (έλασμα – ενισχυτικό) με κάθετη φόρτιση (υπενθυμίζεται ότι η διαφορά δοκού και δοκού – κολόνας έγκειται στο ότι η δοκός δεν φέρει αξονικές φορτίσεις). Εάν όμως θεωρήσουμε τη διατομή που αποτελείται από το έλασμα και το τοπικό ενισχυτικό και την κατανομή των τάσεων παρατηρούμε ότι η τάση σ_2 , σε αντίθεση με την σ_1 , μεταβάλλεται κατά το πάχος του ελάσματος. Για το λόγο αυτό οι δευτερεύουσες τάσεις καλούνται και γραμμικές τάσεις. Σημειώνεται ότι, η κατανομή των δευτερευουσών τάσεων στο έλασμα δεν είναι γραμμική, λόγω του φαινομένου της υστέρησης διάτμησης.

Τριτεύουσες τάσεις – (σ_3). Σε απλά ελάσματα που στηρίζονται σε δοκούς κατά μήκος των πλευρών τους οι τάσεις μεταβάλλονται παντού. Η κατανομή των τάσεων σ_3 εξαρτάται από τη γεωμετρία και τις οριακές συνθήκες και μεγιστοποιείται σε ένα σημείο ή σε ένα περιορισμένο αριθμό σημείων. Για τον λόγο αυτό οι τριτεύουσες τάσεις καλούνται και σημειακές.

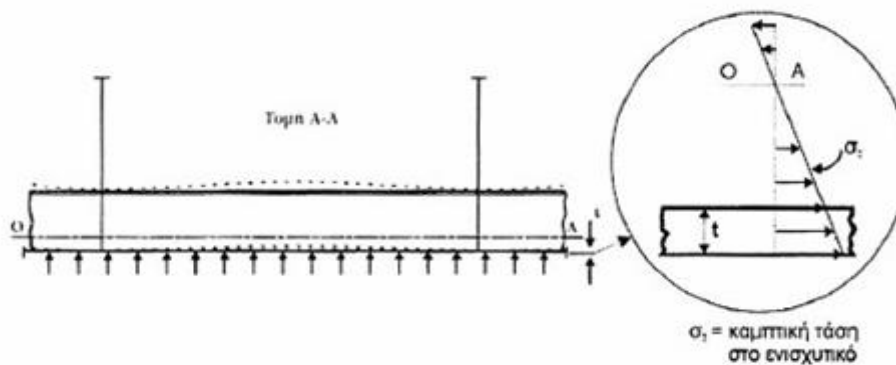
Για κάθε ένα στοιχείο της κατασκευής η τελική εντατική κατάσταση είναι το άθροισμα των τάσεων σε κάθε επίπεδο. Το φυσικό νόημα αυτού είναι ότι το κάθε στοιχείο συμβάλλει στην αντοχή της κατασκευής σε διάφορα επίπεδα.

Η μέθοδος ιεράρχησης των τάσεων εξυπηρετεί και όταν εξετάζεται ο τρόπος μεταφοράς των φορτίων σε κάθε στοιχείο της κατασκευής. Θεωρείται ότι οι κάθετες φορτίσεις που ασκούνται σε επίπεδα ελάσματα μεταβιβάζονται στις δοκούς και στη συνέχεια στις εδράσεις των δοκών. Σε τελική ανάλυση η διαδικασία αυτή περιγράφει τη συμπεριφορά μεγάλου ενισχυμένου ελάσματος ή δικτυώματος που στηρίζεται σε άλλα δικτύωματα, έτσι ώστε η κατασκευή να ισορροπεί στο σύνολό της. Το αν μία δοκός μπορεί να θεωρηθεί ως σειρά απλών, μεμονωμένων δοκών ή ως μια συνεχής δοκός με πολλαπλά σημεία στήριξης εξαρτάται από το κατά πόσο είναι γνωστές οι οριακές συνθήκες στα άκρα της. Το βασικό

πρόβλημα είναι ο προσδιορισμός των πλησιέστερων κατά το δυνατόν οριακών συνθηκών για να περιορισθεί η έκταση του προβλήματος. Η χρήση υπολογιστικών μεθόδων εξυπηρετεί στο σημείο αυτό διότι μία γενική τρισδιάστατη προσομοίωση της κατασκευής (σε πρώτη προσέγγιση) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορισθεί η ακαμψία των συνόρων, παρόλο που οι κατανομές των τάσεων και των μετατοπίσεων δεν υπολογίζονται κατ' ανάγκη με τον ίδιο βαθμό ακριβείας.



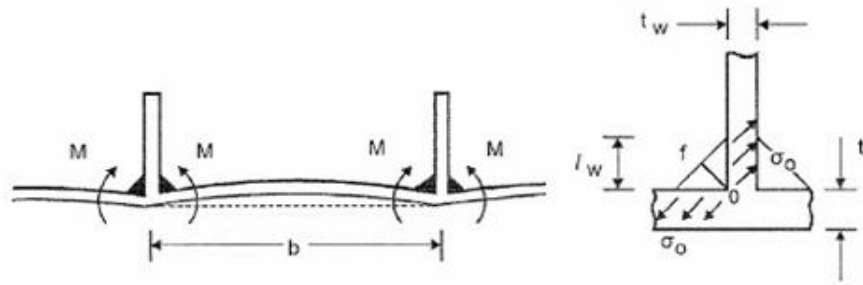
Εικόνα 3.2 - Τάσεις λόγω διαμήκου κάμψης της γάστρας, (σ1)



Εικόνα 3.3 - Τάσεις σε ενισχυτικό και στο συνεργαζόμενο πλάτος ελάσματος, (σ2)

3.2.4. Επίδραση αρχικών ατελειών και συγκολλήσεων στην αντοχή

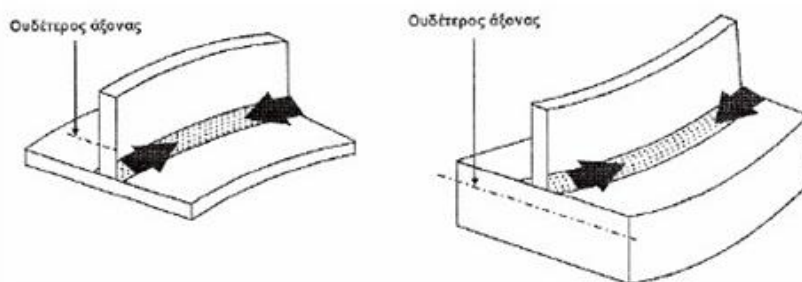
Οι ατέλειες που επηρεάζουν την αντοχή των λεπτών ελασμάτων υπό ομοεπίπεδη φόρτιση είναι το αρχικό βέλος κάμψης και οι παραμένουσες τάσεις. Οι δυο αυτές ατέλειες είναι στενά συνυφασμένες καθώς το αρχικό βέλος κάμψης σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στην διαδικασία ανέγερσης (εξέλαση του ελάσματος) και στις συγκολλήσεις με τα ενισχυτικά.



Εικόνα 3.4 - Αρχικό βέλος κάμψης ελάσματος οφειλόμενο στη συγκόλληση με το ενισχυτικό

Μετά τη συγκόλληση η ψύξη του τηγμένου υλικού οδηγεί στην ανάπτυξη ενός εφελκυστικού εντατικού πεδίου το οποίο, λόγω της ασυμμετρίας της διατομής περί τον οριζόντιο άξονα, τείνει να περιστρέψει το έλασμα περί τον άξονα σύνδεσης με το ενισχυτικό. Η εγκάρσια αυτή παραμόρφωση οφείλεται στην εγκάρσια συστολή του υλικού συγκόλλησης. Επειδή όμως το υλικό συγκόλλησης συστέλλεται και στη διαμήκη κατεύθυνση, προκύπτει και κάμψη ολόκληρης της διατομής ελάσματος ενισχυτικού στη διαμήκη κατεύθυνση.

Σε αυτή την περίπτωση η κατεύθυνση κάμψης θα εξαρτηθεί από την καθ' ύψος θέση του ουδέτερου άξονα της διατομής του υλικού συγκόλλησης σε σχέση με τον ουδέτερο άξονα της διατομής του ενισχυμένου ελάσματος.



Εικόνα 3.5 - Μορφές διαμήκους κάμψης ενισχυμένου ελάσματος λόγω διαμήκους συστολής του υλικού συγκόλλησης

3.2.5. Σχεδιασμός των ναυπηγικών κατασκευών με βάση τις αρχές της Μηχανικής

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό της μεταλλικής κατασκευής των πλοίων κάνοντας χρήση των αρχών της μηχανικής (άμεσοι υπολογισμοί) είναι:

- Η μέθοδος των τομών (section method)
- Η μέθοδος των υποκατασκευών (gross panel method)

Οι μέθοδοι αυτές διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον τρόπο θεώρησης της κατασκευής. Η εξέχουσα σημασία της διαμήκουσ αντοχής για σχετικά μεγάλα πλοία (με μήκος μεγαλύτερο των 80 – 100 m) οδηγεί τον μελετητή να επικεντρώσει την προσοχή του σε κάποια εγκάρσια τομή κοντά στο μέσο του πλοίου. Στο πρώτο στάδιο της μελέτης ορίζονται τα χαρακτηριστικά της τομής αυτής και στη συνέχεια μπορούν να εξετασθούν και τομές διαδοχικά πλησιέστερες στα άκρα του πλοίου. Η εντατική κατάσταση μεταβάλλεται όμως όσο πλησιάζουμε προς τα άκρα του πλοίου, διότι:

A) Οι ορθές τάσεις λόγω διαμήκουσ κάμψης και οι διατμητικές τάσεις λόγω στρέψης μειώνονται.

B) Οι διατμητικές τάσεις λόγω των τεμνουσών δυνάμεων καθώς και οι δυναμικές φορτίσεις μεταβάλλονται σε όλο το μήκος του πλοίου.

Γ) Οι τοπικές φορτίσεις, σφυρόκρουση στο προωαίο τμήμα της κατασκευής και η περιστροφική κίνηση της έλικας, προκαλούν τοπικές καταπονήσεις και ταλαντώσεις.

Παρ' όλες όμως τις παραπάνω αποκλίσεις από τη φόρτιση της μέσης τομής, η μέθοδος των τομών έχει αποδειχθεί επιτυχής. Στα συμβατικά εμπορικά πλοία εξετάζεται μόνο μία τομή κοντά στο μέσο του πλοίου, η διάταξη της οποίας εκτείνεται σε μία συγκεκριμένη απόσταση από τη μέση τομή, ενώ μετά θεωρούνται τα άκρα ακολουθώντας διαφορετικές μεθοδολογίες.

Κατά τη μέθοδο των υποκατασκευών, το πλοίο θεωρείται ως ένα άθροισμα επίπεδων ενισχυμένων ελασμάτων τα οποία στηρίζονται σε παρόμοιες υποκατασκευές. Για παράδειγμα, μία εγκάρσια φρακτή στηρίζεται σε ένα κατάστρωμα, τον εσωτερικό και τον εξωτερικό πυθμένα και τα πλευρικά ελάσματα. Άλλο παράδειγμα υποκατασκευής είναι ένα τμήμα της πλευράς του πλοίου που στηρίζεται στον εσωτερικό πυθμένα, πιθανόν σε κάποιο κατάστρωμα, στις εγκάρσιες φρακτές και στους νομείς. Οι διαστάσεις και οι θέσεις των παραπάνω στοιχείων είναι ήδη γνωστές από την προμελέτη του πλοίου.

Στην περίπτωση που θεωρούμε κάποιο φορέα ο οποίος θα πρέπει να παραλάβει φορτίο ομοεπίπεδο ή κάθετο στην επιφάνειά του, θα πρέπει να επιλεγεί κάποιο σύστημα ενίσχυσης. Θεωρητικά υπάρχει άπειρος αριθμός δυνατοτήτων, με μεταβλητές τον αριθμό, τις κατευθύνσεις, τις αποστάσεις και τις διαστάσεις των ενισχυτικών, όπως επίσης και το πάχος του ελάσματος.

Η διαδικασία της επιλογής μίας διάταξης διευκολύνεται με τη χρήση υπολογιστή καθόσον δεν υπάρχουν γενικές μαθηματικές λύσεις στο πρόβλημα του σχεδιασμού του τυπικού ενισχυμένου ναυπηγικού ελάσματος. Ένα τέτοιο έλασμα φέρει ορθές και διατμητικές τάσεις κατά μήκος των πλευρών του και φορτίσεις (συγκεντρωμένες και κατανεμημένες) κάθετα στην επιφάνειά του. Υπόκειται επίσης σε δυναμικές φορτίσεις που μπορεί να είναι σποραδικές ή και περιοδικές. Η απόκτηση μίας βέλτιστης διατομής γίνεται πιο περίπλοκη αν ληφθούν υπόψη και οι κατασκευαστικές (πραγματικές) ατέλειες. Κάτω από εξιδανικευμένες συνθήκες, η διαδικασία θα μπορούσε να συμπεριλάβει τα παρακάτω στάδια:

A) Προσδιορισμός της κατεύθυνσης και ισαπόστασης των ενισχυτικών για δεδομένη φόρτιση.

B) Βέλτιστη κατανομή του υλικού μεταξύ ενισχυμένου ελάσματος και νομέων.

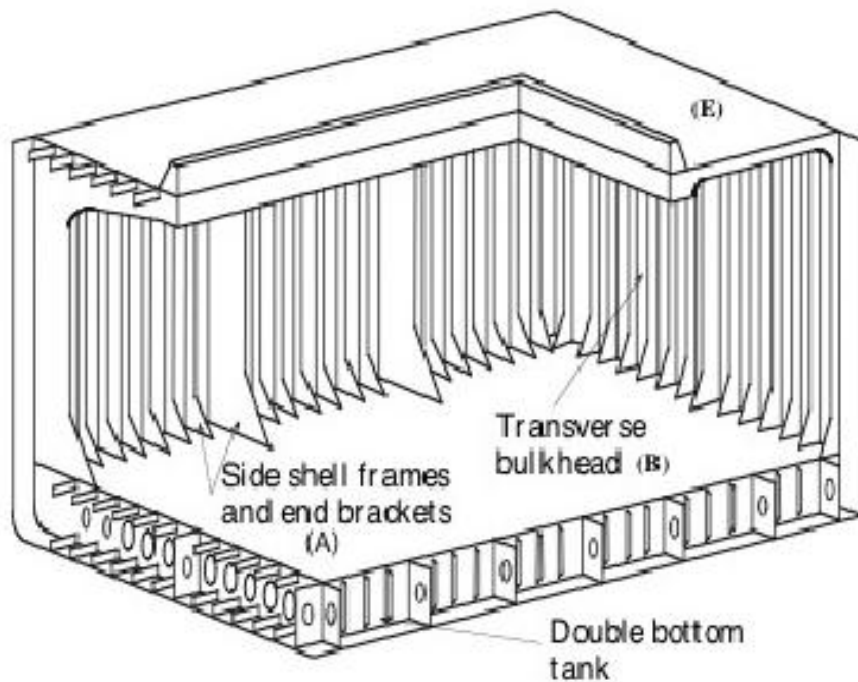
Τα παραπάνω στάδια βασίζονται σε μία συγκεκριμένη αντικειμενική συνάρτηση και στην πράξη το πρόβλημα επιλύεται με τη χρήση μεθόδων μαθηματικής βελτιστοποίησης. Η συστηματική εφαρμογή μιας τέτοιας μεθοδολογίας επιτρέπει την απόκτηση δεδομένων για ολόκληρη την κατασκευή.

3.2.6. Περιγραφή μεταλλικής κατασκευής της γάστρας

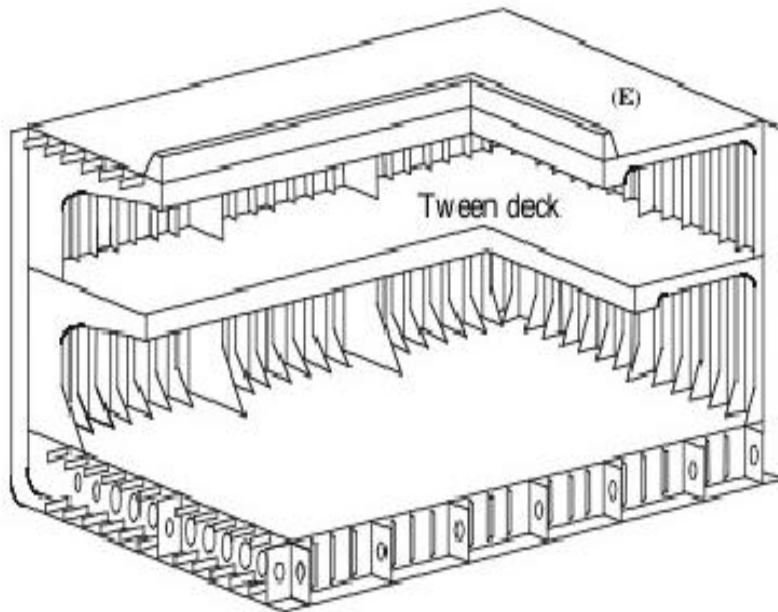
Η γάστρα του πλοίου είναι μια τρισδιάστατη λεπτότοιχη κατασκευή, όπου το κύριο τμήμα της αποτελείται από ενισχυμένα ελάσματα και οριοθετείται από το εξωτερικό κέλυφος, τα καταστρώματα και τις φρακτές.

Οι πιέσεις που ασκούνται κάθετα στις επιφάνειες της κατασκευής παραλαμβάνονται σε πρώτο στάδιο από τα εξωτερικά ελάσματα της γάστρας. Τα ελάσματα αυτά εκτεινόμενα στη διαμήκη κατεύθυνση, στηρίζονται σε συστήματα παράλληλων πρωτεύουσών ενισχύσεων και παραλαμβάνουν τις φορτίσεις αυτές. Οι πρωτεύουσες ενισχύσεις στηρίζονται στο δευτερεύον σύστημα ενίσχυσης, όπου συνίσταται σε ζυγά και οι ισαποστάσεις τους είναι μεγαλύτερες από αυτές του πρωτεύοντος συστήματος ενίσχυσης. Το δευτερεύον σύστημα ενίσχυσης

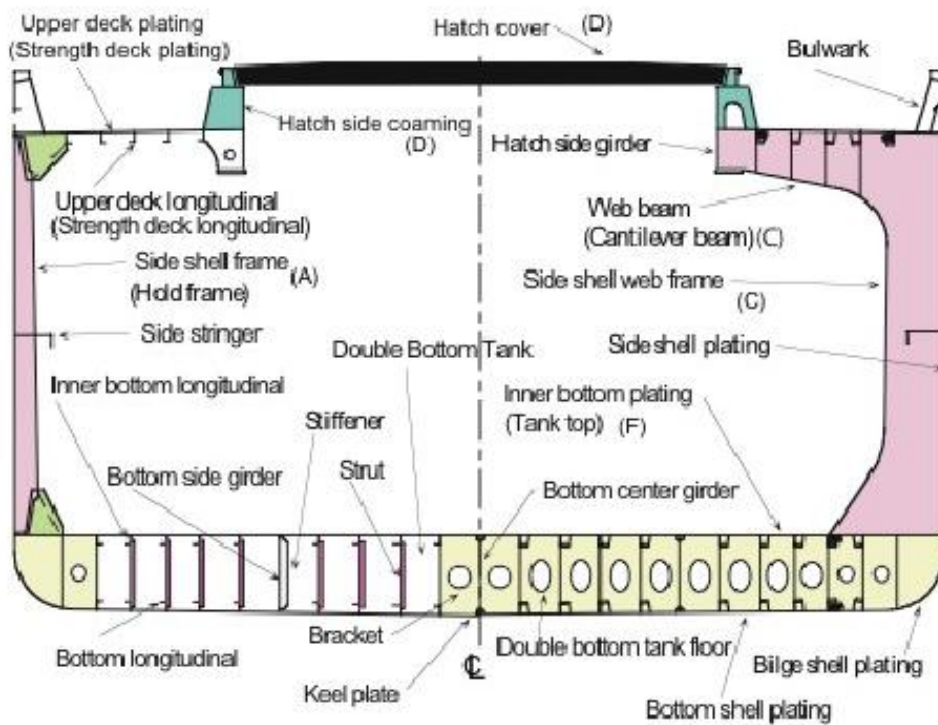
μπορεί να είναι εγκάρσιο ή διάμηκες και στηρίζεται σε μεγάλα τμήματα της κατασκευής, όπως οι φρακτές, η πλευρική κατασκευή, ο πυθμένας κλπ. Με τον τρόπο αυτό, οι εξωτερικές φορτίσεις διαχέονται στα διάφορα στοιχεία που απαρτίζουν την κατασκευή ώστε να μην προκύψει αστοχία. Η πίεση που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια των ελασμάτων έχει ως αποτέλεσμα την κάμψη τους. Εκτός από τη κάμψη των ελασμάτων της κατασκευής, λόγω της φόρτισης που ασκείται κάθετα στις επιφάνειες της γάστρας, κάμψη προκύπτει και κατά το διάμηκες στη γάστρα του πλοίου όταν το μήκος του υπερβαίνει τα 60m. Η κάμψη αυτή στη διαμήκη κατεύθυνση οφείλεται στη διαφορά βάρους – άνωσης και στη δράση των κυμάτων, αποτέλεσμα της οποίας είναι η ανάπτυξη τάσεων στο επίπεδο των στοιχείων της κατασκευής με επακόλουθο εφελκυσμό και θλίψη στη διαμήκη κατεύθυνση.



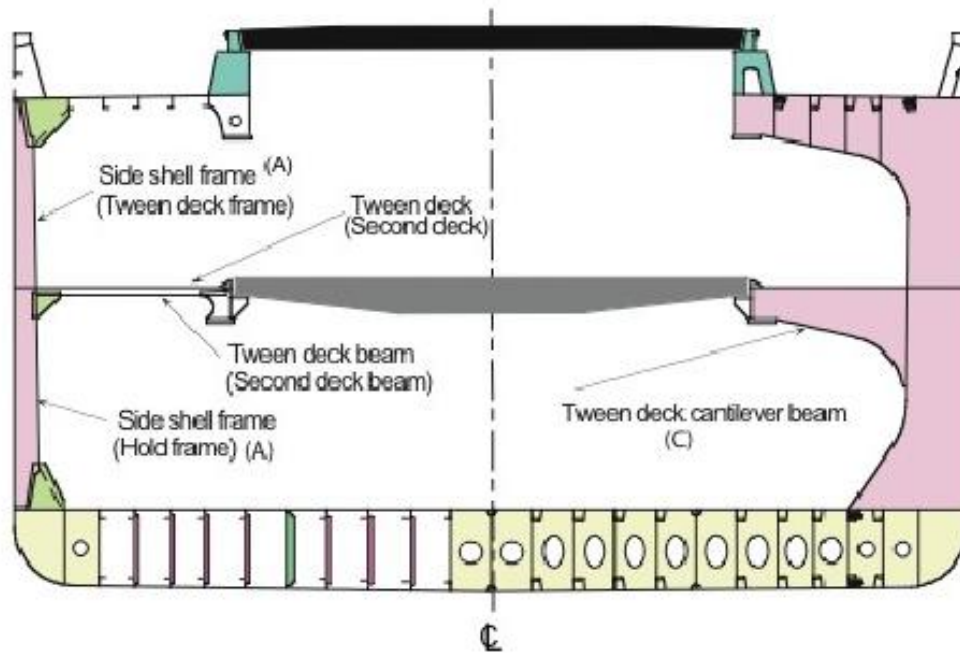
Εικόνα 3.6 α - Σχέδιο χώρου φορτίου που δείχνει εγκάρσιο διάφραγμα, πλευρικά τοιχώματα και διπύθμενο



Εικόνα 3.6 β - Σχέδιο χώρου φορτίου με ενδιάμεσο κατάστρωμα



Εικόνα 3.7 - Μέση τομή πλοίου γενικού φορτίου με τα κατασκευαστικά του στοιχεία



Εικόνα 3.8 - Μέση τομή πλοίου γενικού φορτίου με ενδιάμεσο κατάστρωμα

Εξήγηση βασικών περιοχών της μέσης τομής της γάστρας με παραπομπή στις εικόνες 3.6 α, 3.6 β, 3.7, και 3.8.

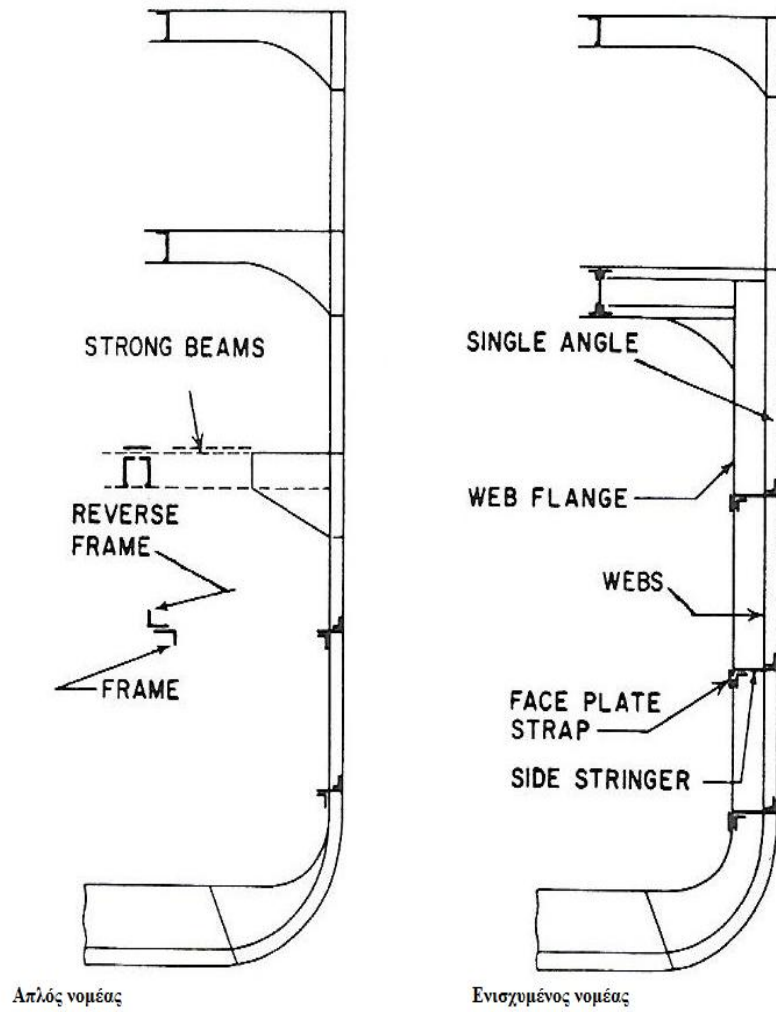
- A) Εγκάρσιος νομέας στην περιοχή του χώρου φορτίου
- B) Εγκάρσιο έλασμα διαφράγματος στην περιοχή του φορτίου με ενίσχυση και σταθμίδες
- C) Εγκάρσιος ενισχυμένος νομέας
- D) Καπάκι και στόμιο κύτους
- E) Έλασμα καταστρώματος
- F) Έλασμα εσωτερικού πυθμένα

3.2.7. Εγκάρσια και διαμήκης ενίσχυση πλευρικής κατασκευής

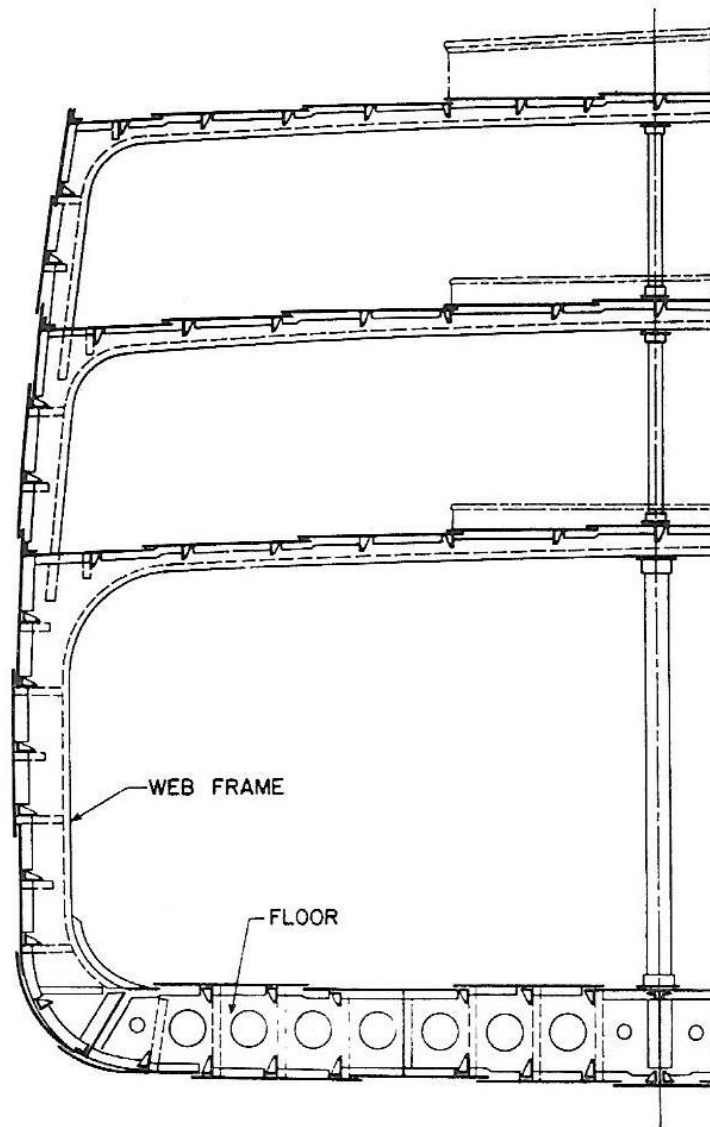
Κατά την επιλογή του κατάλληλου συστήματος ενίσχυσης της πλευρικής κατασκευής, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι λειτουργικές ανάγκες του πλοίου, το μέγεθος του, το είδος του φορτίου και οι συνθήκες μεταφοράς (τρόπος στοιβασίας, απαιτούμενη θεοκρασία περιβάλλοντος). Όπως οι υπόλοιπες περιοχές της κατασκευής, έτσι και το πλευρικό περίβλημα ενισχύεται με διάμηκες ή εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης. Σε φορτηγά πλοία που έχουν εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης, τοποθετούνται νομείς με κατάλληλα διαμορφωμένα

άκρα, είτε κάνοντας χρήση αγκώνων, είτε με αύξηση του πλάτους του κορμού. Εκτός των απλών νομέων, χρησιμοποιούνται και ενισχυμένοι νομείς. Οι ενισχυμένοι νομείς είναι συναρμοσμένοι, αποτελούνται δηλαδή από συγκολλημένα στοιχεία, κορμό και πέλμα, και έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις από τους απλούς νομείς. Οι κανονισμοί ορίζουν ότι η αντοχή των νομέων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μπορούν να παραλάβουν υδροστατικό φορτίο στο ύψος του καταστρώματος υποδιαίρεσης (bulkhead deck), δηλαδή στο κατάστρωμα μέχρι το οποίο εκτείνονται καθ' ύψος οι εγκάρσιες φρακτές. Εκτός αυτού, συμβάλλουν στη στήριξη των εγκαρσίων ζυγών των καταστρωμάτων. Τέλος, συμβάλλουν στην αντοχή του εξωτερικού περιβλήματος όταν αυτό έρχεται σε ανεπιθύμητη επαφή με εξωτερικά στοιχεία (όπως προβλήτες, άλλα πλοία). Απαιτείται προσοχή κατά το σχεδιασμό των άκρων των νομέων, ώστε να διασφαλίζεται η μεταφορά και διάχυση φορτίων από τα οριζόντια στα κατακόρυφα στοιχεία της κατασκευής. Μία άλλη κατηγορία φορτίων που καλούνται να παραλάβουν οι ενισχύσεις της πλευρικής κατασκευής είναι οι ομοεπίπεδες στρεπτικές τάσεις (racking stresses) που αναπτύσσονται κατά τον διατοιχισμό και κατά την κρούση κυμάτων στα έξαλα. Τις φορτίσεις αυτές τις παραλαμβάνουν σε σημαντικό βαθμό οι εγκάρσιες φρακτές.

Εάν επιλεγεί διάμηκες σύστημα ενίσχυσης της πλευρικής κατασκευής συχνά χρησιμοποιούνται βολβολάμες, οι διαστάσεις των οποίων αυξάνονται προς την κατεύθυνση του πυθμένα. Το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης υπερτερεί έναντι του εγκάρσιου διότι οι πρωτεύουσες ενισχύσεις συμβάλλουν σε σημαντικό ποσοστό στη διαμήκη αντοχή και έτσι ελαττώνεται το απαιτούμενο πάχος του ελάσματος. Η σημαντική μείωση της ισαπόστασης των ενισχυτικών αυξάνει σημαντικά την αντοχή του ελάσματος σε λυγισμό και έτσι επέρχεται η αντίστοιχη μείωση του πάχους. Σε πλοία λοιπόν που η κρίσιμη φόρτιση είναι η διαμήκης, προτείνεται το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης. Σε μικρότερα πλοία, για τα οποία η κρίσιμη φόρτιση είναι η εγκάρσια (υδροστατική και υδροδυναμική) το εγκάρσιο σύστημα είναι αποδοτικότερο. Ακόμα πρέπει να αναφερθεί ότι παρά την εξοικονόμηση που γίνεται σε βάρος από τη μείωση του πάχους των ελασμάτων, στο διάμηκες σύστημα ενίσχυσης, σπάνια επιλέγεται καθώς επηρεάζει την στοιβασία του φορτίου στον χώρο των αμπαριών των φορτηγών πλοίων. Βέβαια υιοθετήθηκε ευρέως το διάμηκες σύστημα από δεξαμενόπλοια και πλοία που η κατασκευαστική δομή του δεν τα επηρέαζε σημαντικά.



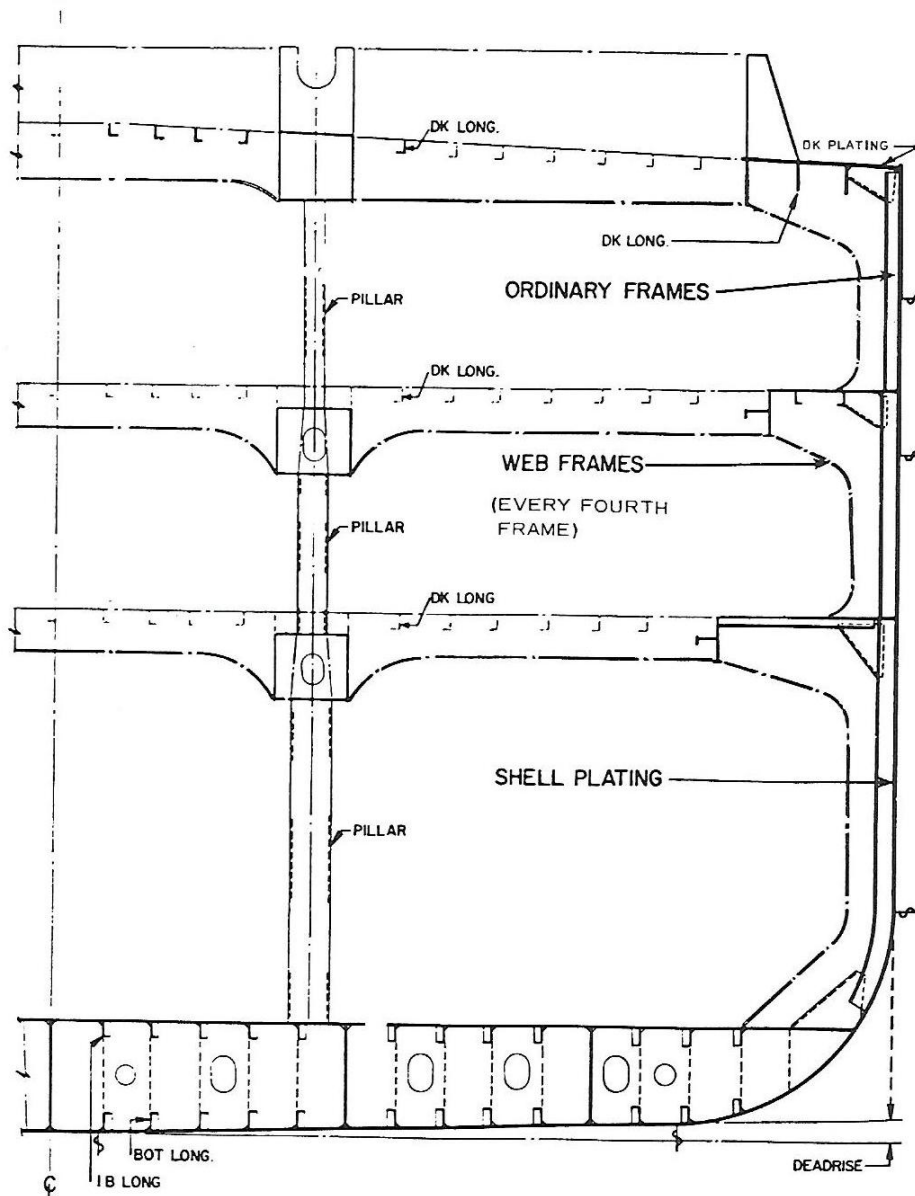
Εικόνα 3.9 - Εγκάρσιο πλευρικό σύστημα ενίσχυσης



Εικόνα 3.10 - Μέση τομή φορτηγού πλοίου με διάμηκες σύστημα ενίσχυσης (Isherwood 1906)

3.2.8. Συνδυασμένο σύστημα ενίσχυσης

Σε αυτό το σύστημα ενίσχυσης, στα ελάσματα του πυθμένα και συνήθως του καταστρώματος επιλέγεται διάμηκες σύστημα ενίσχυσης, ενώ η πλευρική κατασκευή εφοδιάζεται με εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης. Με αυτό τον τρόπο ο πυθμένας και το κατάστρωμα έχουν καλύτερη ακαμψία, το πλοίο μεγαλύτερη διαμήκη αντοχή και δεν υπάρχουν προβλήματα στο κύτος όσον αφορά τη τοποθέτηση του φορτίου.

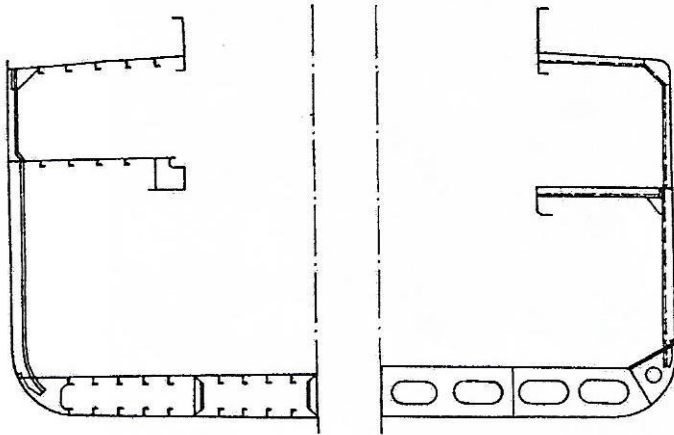


Εικόνα 3.11 - Μέση τομή φορτηγού πλοίου με συνδυασμένο σύστημα ενίσχυσης

3.2.9. Κατασκευαστική δομή της γάστρας των πλοίων γενικού φορτίου

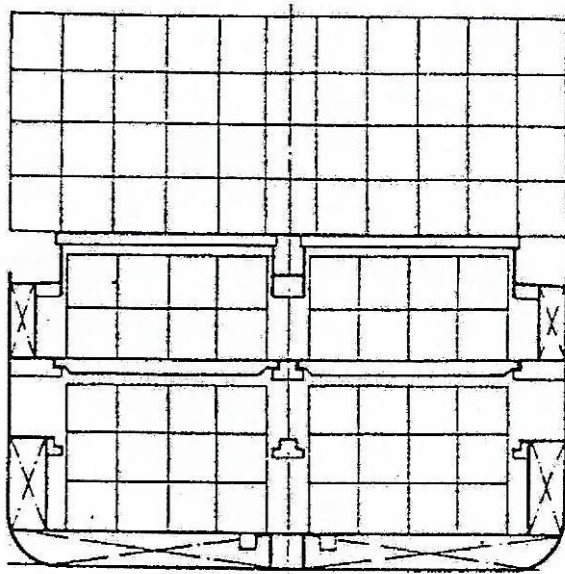
Στην κατηγορία των πλοίων γενικού φορτίου θα επικεντρωθούμε σε τρεις βασικούς τύπους μέσης τομής, όπου με μικρές διαφορές καλύπτουν το πλήθος των πλοίων αυτών.

Η πρώτη περίπτωση μέσης τομής πλοίου γενικού φορτίου, καλύπτει πλοία τέτοιου είδους με διπύθμενο, μονό πλευρικό τοίχωμα, εξωτερικό κατάστρωμα, ενδιάμεσα καταστρώματα, μονό άνοιγμα κύτους με τυπικό πλάτος (50-70% B) και μήκος (βλ. παράρτημα σχεδίων II – μέση τομή πλοίου – σελ.192).



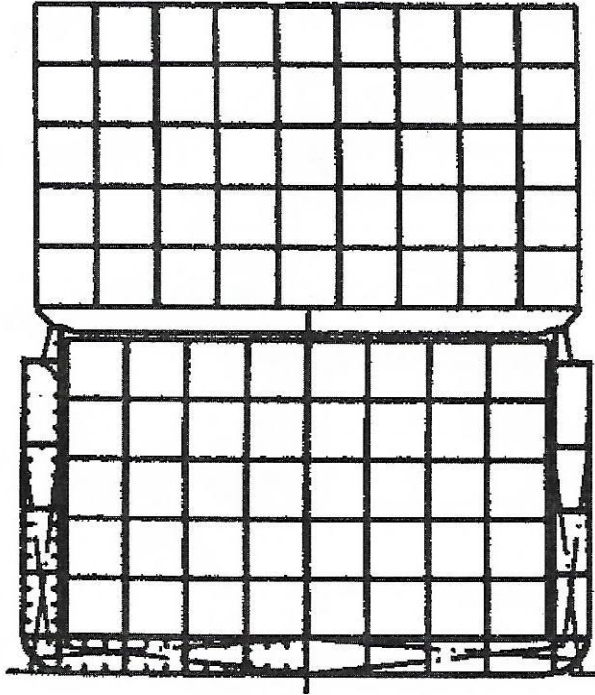
Εικόνα 3.12 - Μέση τομή πλοίου γενικού φορτίου με μονό άνοιγμα κύτους τυπικού πλάτους, μονό πλευρικό τοίχος, ένα ενδιάμεσο κατάστρωμα, με διαμήκη και εγκάρσια ενίσχυση

Η δεύτερη περίπτωση δείχνει μέση τομή με διπύθμενο, μονό πλευρικό τοίχωμα, με εξωτερικό κατάστρωμα και ενδιάμεσο, με διπλό άνοιγμα κύτους μεγαλύτερης διάστασης στο πλάτος (70-80% B) και στο μήκος, με κεντρική σταθμίδα που εκτείνεται κατά μήκος των καταστρωμάτων.



Εικόνα 3.13 - Μέση τομή πλοίου, τύπου διάταξης ανοικτού καταστρώματος, διπλής καταπακτής με κεντρική σταθμίδα, με δυο καταστρώματα και πλευρικές σταθμίδες

Η τρίτη περίπτωση καλύπτει πλοία με διπύθμενο, διπλό πλευρικό τοίχωμα, εξωτερικό κατάστρωμα και ενδιάμεσα καταστρώματα μονού, διπλού ή τριπλού ανοίγματος κύτους με μέγιστο άνοιγμα πλάτους (80-85%B) και μήκους.



Εικόνα 3.14 - Μέση τομή πλοίου γενικού φορτίου, τύπου ανοιχτού καταστρώματος, με ένα εξωτερικό κατάστρωμα και μονό άνοιγμα κύτους, με διπύθμενο και διπλό πλευρικό τοίχωμα, διαμήκης ενίσχυση

Σε όλες τις περιπτώσεις των διατάξεων της μέσης τομής πλοίων γενικού φορτίου το διπύθμενο εκτείνεται από τη μια πλευρά ως την άλλη με διαμήκη ενισχυτικά για λόγους διαμήκης αντοχής και προστίθενται εγκάρσια ελάσματα έδρας με μεγαλύτερες αποστάσεις από αυτές των εγκάρσιων ενισχύσεων (βλ. [παράρτημα σχεδίων II – μέση τομή πλοίου – σελ.192](#)).

Κεντρικές και πλευρικές σταθμίδες μπορούν να τοποθετηθούν ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου, τη διάταξη των δεξαμενών καυσίμου και του έρματος νερού. Σε κάποιες περιπτώσεις οι δεξαμενές καυσίμου τοποθετούνται εξωτερικά του διπυθμένου σε λιγότερες αλλά μεγαλύτερες δεξαμενές, όπου αποσκοπεί στη ευκολότερη πρόσβαση για τον καθαρισμό τους. Εναλλακτικά οι διαμήκεις σταθμίδες και οι εγκάρσιες έδρες μπορούν να τοποθετηθούν σε χώρο όπου προβλέπεται για στοιβασία εμπορευματοκιβωτίων, ώστε να παραλάβουν τις φορτίσεις αυτών. Το ύψος του διπύθμενου θα πρέπει να είναι σε φυσιολογικές διαστάσεις και όχι πολύ βαθύ. Ο εσωτερικός πυθμένας στο πλοίο γενικού φορτίου θα πρέπει να είναι

ενισχυμένος καθώς μπορεί να μεταφέρει βαρύ φορτίο, όπως μεταλεύματα ή να δέχεται χτυπήματα από μηχανήματα διαχείρισης του φορτίου.

Σε όλες τις περιπτώσεις μονού πλευρικού τοιχώματος προτιμάται στα πλοία αυτά η εγκάρσια ενίσχυση χωρίς πρόσθετες διαμήκεις σταθμίδες για την αποφυγή μείωσης της χωρητικότητας φορτίου και τη διαμόρφωση ομοιόμορφης εσωτερικής επιφάνειας του αμπαριού, ώστε να είναι κατάλληλο για μεταφορά ξυλείας ή αποδοτικότερης φόρτωσης μοναδοποιημένων φορτίων. Ένα διάμηκες σύστημα ενίσχυσης δεν θα ήταν αποδοτικότερο, αφού θα χρειαζόταν επιπλέον εγκάρσια δικτυώματα μεγαλύτερου βάθους απ' τους πλευρικούς νομείς.

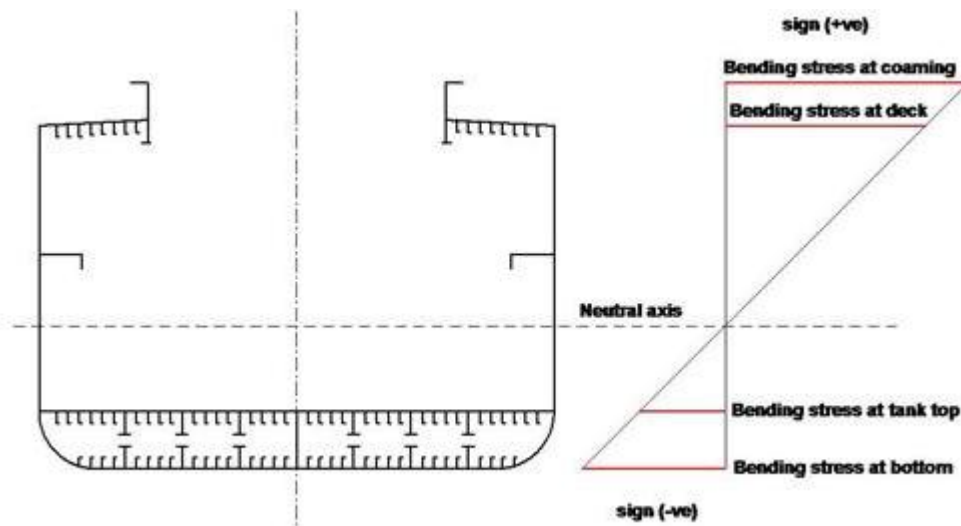
Στη πρώτη περίπτωση μέσης τομής πλοίου γενικού φορτίου, (εικόνα 3.12) τα καταστρώματα και το κυρίως κατάστρωμα, το πιθανότερο είναι να έχει επιλεγεί διάμηκες σύστημα ενίσχυσης ώστε να συνεισφέρει στη διαμήκη αντοχή του πλοίου. Η κάμψη του εξωτερικού καταστρώματος αντιμετωπίζεται σχετικά εύκολα, αφού τα διαμήκη στοιχεία του πάνω μέρους της μέσης τομής συνθέτουν την απαιτούμενη αντίσταση ροπής για αυτό. Ενώ για τα πλοία γενικού φορτίου οι στρεπτικές δυνάμεις δεν αποτελούν ουσιώδη θέμα για έρευνα, κάτι βέβαια που εξαρτάται από το μέγεθος του πλοίου και από το πλάτος ανοίγματος του κύτους.

Όσον αφορά την αντοχή σε κάμψη θα πρέπει να αναφέρουμε ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή κατά τον σχεδιασμό στον υπολογισμό των μέγιστων ροπών κάμψης, γιατί εκτός από τα ομοιογενεί φορτία διανέμονται φορτίσεις και από ανομοιογενεί, όπως την ποικιλομορφία των φορτίσεων από τα διάφορα είδη φορτίων των καταστρωμάτων ή τις διάφορες συνθήκες πλήρωσης των δεξαμενών έρματος.

Στα καταστρώματα με περιορισμένο άνοιγμα στομίου, τοποθετούνται κατά την εγκάρσια κατεύθυνση δοκοί στήριξης σαν εγκάρσιο κουβούσι και μια επιπλέον διαμήκη σταθμίδα, η οποία εκτείνεται κατά το διάμηκες με σκοπό και των δυο αυτών μεταλλικών στοιχείων να συνεισφέρουν στην παραλαβή φορτίων από το κυρίως κατάστρωμα αλλά και από τα ενδιάμεσα. Το ύψος αυτών των στοιχείων είναι μεγάλης σημασίας να είναι περιορισμένο καθώς επηρεάζουν το καθαρό ύψος στοιβασίας των ενδιάμεσων καταστρωμάτων. Παλιότερα τοποθετούνταν μεταλλικοί στύλοι κάτω από τα καταστρώματα για την παραλαβή των φορτίσεων, αλλά αποφεύγονται πλέον για να μην υπάρχει περιορισμός στην τοποθέτηση των φορτίων. Ακόμα βέβαια τοποθετείται στον κεντρικό διαμήκη άξονα του πλοίου, στο χαμηλότερο μέρος του αμπαριού διάφραγμα με μεταλλικούς στύλους ανάμεσα στα άκρα των

ανοιγμάτων των στομιών ως ενίσχυση των αποσπώμενων διαφραγμάτων ξυλείας ή σιτηρών και των καλυμμάτων ανοίγματος των ενδιάμεσων καταστρωμάτων.

Οι συνδέσεις των μεταλλικών στοιχείων της γάστρας, δηλαδή των καταστρωμάτων με τα πλευρικά τοιχώματα και αυτών με τον εσωτερικό πυθμένα και τους νομείς θα πρέπει να παρέχουν επαρκή ακαμψία χωρίς όμως να επηρεάσουν την ορθογώνια μορφή των αμπαριών. Επίσης μεγάλης σημασίας στις συνδέσεις αυτές, είναι να παρέχεται διάχυση των φορτίσεων από τις διαμήκειες ενισχύσεις του καταστρώματος και του πυθμένα στις εγκάρσιες ενισχύσεις των πλευρικών τοιχωμάτων. Ο τρόπος που πραγματοποιείται αυτή η μεταφορά των φορτίσεων είναι μέσω των συγκολλήσεων μεταξύ των δοκών του ελάσματος του καταστρώματος και των στοιχείων του πλευρικού τοιχώματος.



Εικόνα 3.15 - Κρίσιμη διατομή πλοίου για απεικόνιση των μέγιστων καμπτικών ροπών στο κατάστρωμα

Στην τρίτη περίπτωση όπου η ενίσχυση του πλοίου είναι διαμήκης, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην στρεπτική ακαμψία και στις καμπτικές δυνάμεις. Η λύση δίνεται από σταθμίδες που δημιουργούν ένα τετραγωνικής μορφής κουτί στις πλευρές των ενδιάμεσων καταστρωμάτων. Αυτός ο χώρος από τις σταθμίδες μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αγωγός ή για πρόσβαση του πληρώματος.

Στην δεύτερη περίπτωση, (εικόνα 3.13) όπου το κατάστρωμα έχει αισθητά μειωθεί σε λωρίδες 7,5-10% του πλάτους του πλοίου ή σε απόλυτες διαστάσεις 1,5 ως 2μ απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τον σχεδιασμό στις στρεπτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται. Για να διασφαλιστεί η στρεπτική ακαμψία συνήθως μια διάταξη διπλών πλευρικών τοιχωμάτων είναι η καλύτερη λύση. Επιπλέον όταν έχει επιλεγεί εκτός από διπύθμενο και διπλά πλευρικά

τοιχώματα προσφέρεται στο αμπάρι του πλοίου μια χωρίς περιορισμούς εσωτερική επιφάνεια τετράγωνου σχήματος, με τις καλύτερες δυνατές συνθήκες στοιβασίας τόσο για εμπορευματοκιβώτια όσο και για μοναδοποιημένα ή χύδην φορτία.

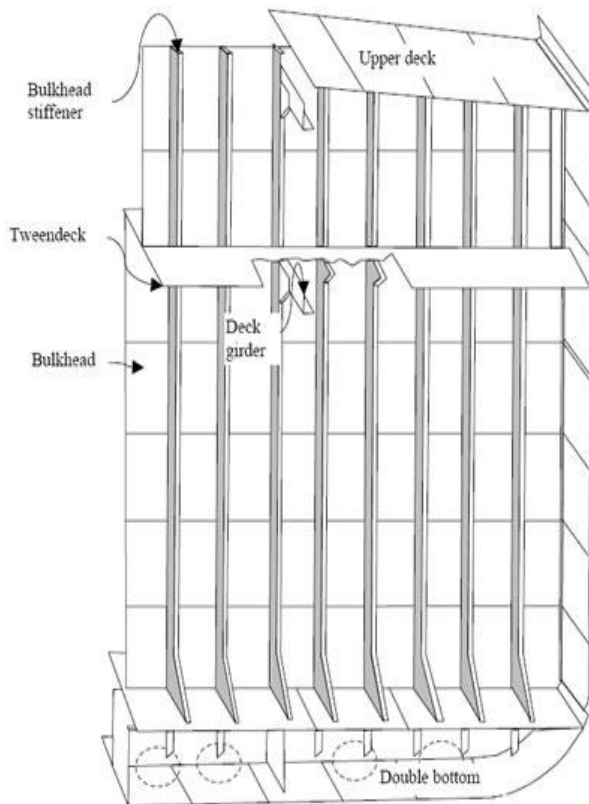
Τα πάνω μέρη της κατασκευής της γάστρας στις περιπτώσεις 2 και 3 είναι προτιμητέο να έχουν διαμήκη ενίσχυση με υποστήριξη από εγκάρσια δικτύωματα. Τα μεσαία και κάτω στοιχεία της πλευρικής κατασκευής συνήθως είναι εγκάρσιας ενίσχυσης αλλά μπορεί και διαμήκης. Εάν το πλοίο όπως αυτών των περιπτώσεων είναι ανοικτής διάταξης και εφοδιασμένο με ενδιάμεσα καταστρώματα, τότε πιθανόν να τοποθετούνται μόνο καλύμματα στομίων στα ανοίγματα με πρόσθετη ενίσχυση στα σημεία της εσωτερικής πλευράς του πλευρικού τοιχώματος και στα εγκάρσια διαφράγματα. Αν τα καλύμματα των στομίων υποδιαιρούνται κατά την εγκάρσια κατεύθυνση, δηλαδή διπλή ή τριπλή διάταξη στομίων, τότε θα πρέπει να υποστηρίζονται από διαμήκεις σταθμίδες ώστε να παραλαμβάνουν τις φορτίσεις από τα καλύμματα. Στην περίπτωση διπλής διάταξης στομίων κυτών τοποθετούνται διαμήκη διαφράγματα στα χαμηλά μέρη του αμπαριού ή στα ενδιάμεσα καταστρώματα όχι τόσο για τη διαμήκη αντοχή όσο για τον διαχωρισμό του φορτίου.

3.2.10. Εγκάρσια διαφράγματα

Τα εγκάρσια διαφράγματα στο πλοίο γενικού φορτίου συμβάλλουν στην εγκάρσια και στρεπτική αντοχή. Υποδιαιρούν σε στεγανά τμήματα κατά τη διάμηκες τη μεταλλική κατασκευή και οριοθετούν το χώρο των αμπαριών του πλοίου. Ακριβώς επειδή έρχονται σε επαφή με το φορτίο η εξωτερική επιφάνειά τους θα πρέπει να είναι λεία και ομοιόμορφη για την πιο ομαλή τοποθέτηση του φορτίου. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση ξύλινων επιφανειών πάνω από τα ενισχυτικά του διαφράγματος ή σχεδιάζοντας την επιφάνεια του διαφράγματος με μικρές αυλακώσεις. Ακόμα οι πάνω και κάτω ενώσεις του διαφράγματος με τους αγκώνες θα πρέπει να μην επηρεάζουν τη στοιβασία του φορτίου.

Τα μικρά και μεσαίου μεγέθους πλοία εφοδιάζονται με διαφράγματα μονού ελάσματος και συνήθως κάθετης ενίσχυσης. Στα μεγάλα πλοία για να παρέχεται η απαιτούμενη αντοχή σε στρέψη στη περιοχή της μέσης τομής προμηθεύονται με διπλού ελάσματος διαφράγματα, όπου στο εσωτερικό τους έχουν ένα συνδυασμένο οριζόντιο- κάθετο σύστημα ενίσχυσης. Ένας άλλος τρόπος για ενίσχυση της στρεπτικής αντοχής μέσω των εγκάρσιων διαφραγμάτων, είναι η τοποθέτηση στο πάνω μέρος του διαφράγματος μονού ελάσματος, μια τετραγωνική διατομή σταθμίδων (box girder) κατά το εγκάρσιο όπως στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η μεταλλική κατασκευή ενός πλοίου γενικού φορτίου ανοικτής

διάταξης μοιάζει πολύ με αυτή του πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων παρόλο που δεν έχει οδηγούς κελιών για τα εμπορευματοκιβώτια.



Εικόνα 3.16 - Εγκάρσιο διάφραγμα με κάθετη ενίσχυση

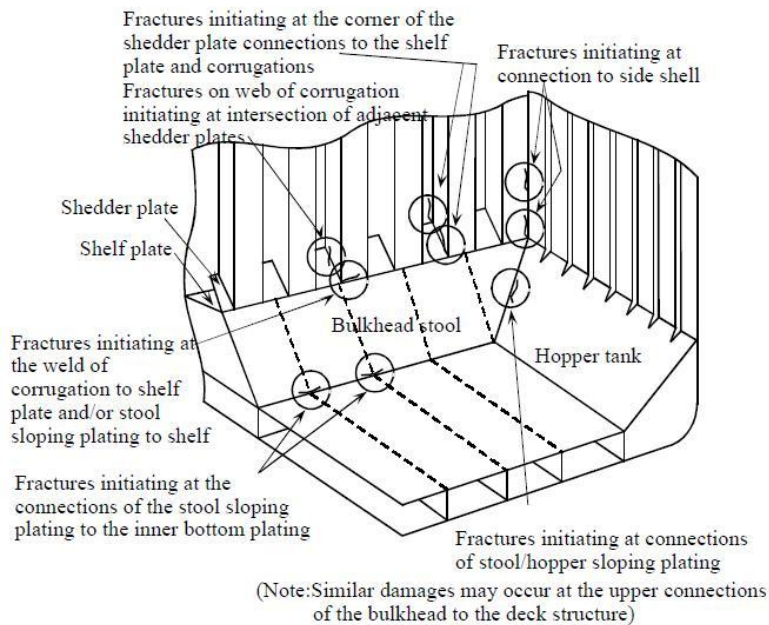
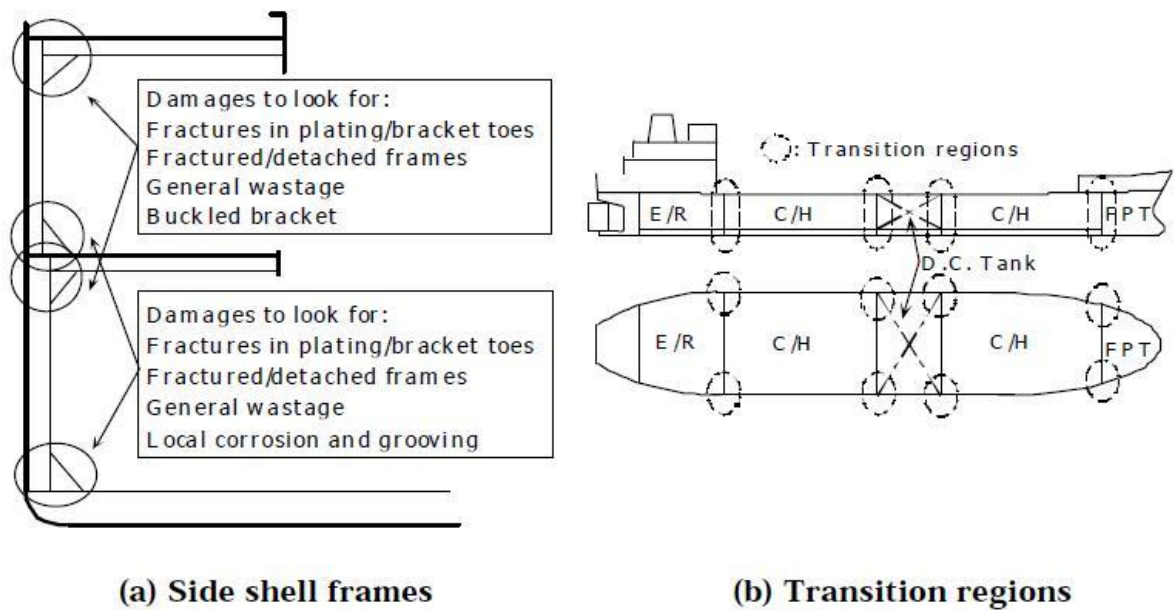


Figure 2 Typical fracturing at the connection of transverse bulkhead structure

Εικόνα 3.17 - Πιθανές περιοχές που χρήζουν παρακολούθησης στις εγκάρσιες φρακτές



(a) Side shell frames

(b) Transition regions

Figure 1 Potential problems areas

Εικόνα 3.18 - Πιθανές περιοχές που χρήζουν παρακολούθησης στις εγκάρσιες φρακτές

3.3. Σχεδιασμός σύγχρονων πλοίων γενικού φορτίου

Βασισμένοι στην παρατήρηση της διεθνούς αγοράς, στις νέες τεχνολογίες, στις στατιστικές αξιολογήσεις των υπαρχόντων πλοίων γενικού φορτίου και των περιβαλλοντικών δεσμεύσεων σχεδιάζονται τα νέα πλοία αυτής της κατηγορίας.

Βασικός άξονας για τα νέα σχέδια των πλοίων αυτών είναι το περιβάλλον που θα λειτουργεί, δηλαδή η τάση της αγοράς, η οποία παρέχει πληροφορίες τόσο για τα είδη των φορτίων που καλείται μελλοντικά να μεταφέρει όσο και για τις απαιτήσεις διαχείρισης αυτών πάνω στο πλοίο. Το βασικότερο κριτήριο για ένα νέο σχέδιο είναι η ευελιξία και η οικονομική εφικτότητα που το ακολουθεί. Πρώτο βήμα είναι ο σωστός καθορισμός των διαστάσεων, ενώ ακολουθεί η βελτιστοποίηση της γάστρας για τα φορτία που καλείται να μεταφέρει και τις επιλογές λειτουργίας που θα έχει. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην απόδοση των μέσων διαχείρισης των φορτίων και της αλληλεπίδρασής τους με το σύστημα καλυμμάτων των στομιών. Ακολουθεί η επιλογή συστήματος πρόωσης, η οποία μαζί με ένα καλό σχήμα γάστρας συντελούν στην οικονομία καυσίμων.

Στα νέα πλοία γενικού φορτίου, η βελτιστοποίηση της γάστρας δεν αφορά τόσο τον παράγοντα του μέγιστου βυθίσματος καθώς έχει παρατηρηθεί ότι το σύνηθες φορτίο μεταφοράς αυτών των πλοίων καταλαμβάνει περισσότερο όγκο παρά βάρος. Επίσης το βάρος αυτών των φορτίων μεγάλου όγκου δεν κατανέμεται ομοιόμορφα και το ωφέλιμο φορτίο

σπάνια αξιοποιείται πλήρως, με αποτέλεσμα τα πλοία γενικού φορτίου να πλέουν με μειωμένο βύθισμα τις περισσότερες φορές. Τέλος, δίνεται σημασία στην ποιότητα της μεταλλικής κατασκευής και στη βιωσιμότητα του πλοίου καθώς επηρεάζει την αξία του πλοίου στη μετέπειτα πώλησή του στην αγορά.

Καινοτομίες παρατηρούνται και στο σύστημα πρόωσης, όπου επιλέγονται μηχανές χαμηλής ταχύτητας με χαμηλό εύρος στροφών και ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό έλεγχο. Οι χαμηλές στροφές της μηχανής επιτρέπουν στο σχεδιαστή να επιλέξει μεγαλύτερη διάμετρο έλικας και με αυτόν τον τρόπο να αυξήσει την απόδοση της πρόωσης, μειώνοντας την ενέργεια που απαιτείται. Η κατανάλωση του καυσίμου και η ισχύς στον άξονα μετρούνται και αξιολογούνται συνεχώς από εξελιγμένο σύστημα παρακολούθησης της απόδοσης, όπου τα δεδομένα είναι διαθέσιμα άμεσα και προς διάθεση τόσο του πληρώματος στο καράβι όσο και του τεχνικού γραφείου στη στεριά. Με το σύστημα αυτό αυξάνεται η επίγνωση και η ενημέρωση του προσωπικού του πλοίου και γίνεται αποδοτικότερη επέμβαση στις πρακτικές λειτουργίας.

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην ευελιξία και στην απόδοση της διαχείρισης του φορτίου καθώς οι γερανοί αποτελούν το σημαντικότερο εξάρτημα στο πλοίο γενικού φορτίου. Για αυτό το λόγο δίνεται έμφαση στην προσαρμογή του φορτίου με τις απαιτήσεις του και στη βέλτιστη εφαρμογή του στο πλοίο. Έτσι, εκτός από την αυξημένη χωρητικότητα, λύση στο θέμα αυτό δίνεται από την εμβέλεια χειρισμού των γερανών, τα ύψη λειτουργίας τους και την ορθή εξομάλυνση μεταξύ των γερανών και των συστημάτων των καλυμμάτων των κυτών. Οι γερανοί μπορούν να χρησιμοποιούν μεγάλο μέρος της μεταφορικής τους ικανότητας κατά μήκος του χώρου του κυρίως καταστρώματος, με αποτέλεσμα να γίνεται ευκολότερη η φόρτωση και μεταφορά φορτίων με μεγάλο όγκο.

Όσο αφορά στα καπάκια των κυτών, η επιλογή συνδυασμένων συστημάτων κάλυψης των ανοιγμάτων του χώρου φορτίου αποτελούμενα από κυρίως συρόμενα καπάκια και κάποια περιορισμένα βαρέως τύπου ποντοπόρα στο μέσο τμήμα ανάμεσα στους γεραμούς δίνει τη δυνατότητα για εξοικονόμηση χρόνου από τις ενδεχόμενες διορθωτικές επεμβάσεις στην τοποθέτηση του φορτίου. Στα σύγχρονα πλοία γενικού φορτίου επιλέγεται συνήθως μονό αδιαίρετο κύτος με διπλό σύστημα κάλυψης των ανοιγμάτων, κάτι που επιτρέπει την αποθήκευση φορτίου μεγάλου όγκου και στο εσωτερικό του πλοίου.

Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι

3^ο Κεφαλαίου:

- 1) «Η Μεταλλική Κατασκευή του Πλοίου, Θέματα Τοπικής Αντοχής», Πέτρος Α. Καρύδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2000.
- 2) «Αντοχή Πλοίου Ι», Σημειώσεις, Μ. Σαμουηλίδης, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα 1995.
- 3) Ship design & Construction, Volume 2, The Society Naval Architects & Marine Engineers
- 4) «Επιστήμη και Τεχνολογία των Μεταλλικών Υλικών», Δ. Ι. Παντελής, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π., Γ. Δ. Χρυσουλάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π., Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1996
- 5) Εισαγωγή στη ναυπηγική και θαλάσσια τεχνολογία, Γ. Ζαραφονίτης, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2005
- 6) The shipping revolution: The modern merchant ship. London: Convey Maritime Press, C1992
- 7) http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Resolution_changes/PDF/UR_Z7.1_Rev12_pdf2880.PDF
- 8) <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1407993358845813/Rec%2055%20IACS.pdf> - Guidelines For Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure

4. Φορτίσεις που ασκούνται στα πλοία μεταφοράς γενικού φορτίου

4.1. Οι κύριες εξωτερικές φορτίσεις στη γάστρα του πλοίου

Οι διατμητικές δυνάμεις και οι ροπές κάμψης στη γάστρα είναι τα αποτελέσματα των διαφορών μεταξύ των υδροστατικών και/ή των υδροδυναμικών πιέσεων και βαρών και των δυνάμεων αδράνειας της γάστρας, του εξοπλισμού και του φορτίου.

Η φόρτιση προκύπτει στο οριζόντιο και στο κατακόρυφο επίπεδο. Είναι πρωταρχικής σημασίας η φόρτιση στο κατακόρυφο επίπεδο που δέχεται το πλοίο, και διαφοροποιείται σε:

1. Φόρτιση σε ήρεμο νερό.
2. Σχετικά αργά διακυμαινόμενη φόρτιση σε κυματισμούς.
3. Λαμβάνονται υπόψη επίσης, οι φορτίσεις υψηλής συχνότητας που προκαλούνται από σφυρόκρουση και κραδασμούς.

Όσον αφορά στην απόκριση της γάστρας στις φορτίσεις, μπορούν να υπολογιστούν οι τάσεις και οι παραμορφώσεις που προκύπτουν. Εξετάζεται επίσης, η συγκεντρωμένη μεταφορά των φορτίσεων από τις κύριες δοκούς των πλαισίων και τις εγκάρσιες φρακτές στους νομείς (πλευρές του πλοίου και διαμήκεις φρακτές). Είναι συνήθης η σχεδίαση της καμπύλης άντωσης με τη μορφή μιας συνεχούς καμπύλης που περιγράφει τη μεταβολή του εκτοπίσματος του πλοίου. Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται και για το βάρος των ξηρών ή υγρών φορτίων. Οι πιέσεις στα ελάσματα μεταφέρονται στην πραγματικότητα μέσω των τοπικών ενισχυτικών στις κύριες δοκούς των διασταυρούμενων δοκών των πλαισίων, και συνεπώς είτε άμεσα είτε μέσω των εγκάρσιων φρακτών στις διαμήκεις φρακτές και τις πλευρές του πλοίου. Αυτοί οι νομείς της γάστρας επομένως, φέρουν μεγάλες συγκεντρωμένες δυνάμεις. Παρά το γεγονός ότι αυτό γενικά δεν επηρεάζει τη κατανομή της καμπτικής ροπής σε σημαντικό βαθμό, είναι πιθανό να αυξηθούν οι μέγιστες τιμές της καμπτικής ροπής λόγω κάποιας ασυνήθιστης κατανομής φορτίσεων και της διάταξης της κατασκευής. Επιπλέον, το ενεργό πέλμα της γάστρας είναι ελαττωμένο κατά περιοχές όπου ασκούνται οι συγκεντρωμένες δυνάμεις, πράγμα το οποίο οδηγεί σε μειωμένη ροπή αντίστασης. Επομένως, οι καμπτικές τάσεις μπορεί να είναι σημαντικά αυξημένες στις φρακτές. Η τοπική διάδοση των φορτίσεων, διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην κατανομή της διατμητικής φόρτισης μεταξύ των πλευρών του πλοίου και των διαμήκων φρακτών. Για τα μεγάλα πλοία

όπου ο χώρος των νομέων είναι κρίσιμος στις διατμητικές φορτίσεις, αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη, ειδικά όπου χρησιμοποιούνται κυματοειδείς φρακτές.

Οι φορτίσεις μπορούν να υποδιαιρεθούν είτε ανάλογα με την απόκριση της κατασκευής που τις παραλαμβάνει, είτε ανάλογα με τη φύση τους, δηλαδή τη διάρκεια και τη μεταβλητότητά τους στο χρόνο.

Στην δεύτερη περίπτωση έχουμε φορτίσεις σχετικά σταθερές στο χρόνο (τουλάχιστον στη διάρκεια ενός ταξιδιού), όπως είναι το βάρος της μεταλλικής κατασκευής, η άνωση και το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου.

Υπάρχουν όμως και φορτίσεις που μεταβάλλονται σε σημαντικό βαθμό στο χρόνο και στο χώρο:

1. Οι υδροδυναμικές φορτίσεις
2. Οι ταλαντώσεις της έλικας
3. Η σφυρόκρουση (bottom slamming)
4. Η κρούση των κυμάτων
5. Οι αδρανειακές φορτίσεις κ.ά.

Εξετάζοντας την απόκριση της κατασκευής οι εξωτερικές φορτίσεις υποδιαιρούνται σε:

- A. Δυναμικές (dynamic loading). Οι δυναμικές φορτίσεις προκαλούν τοπικές αποκρίσεις που μεταβάλλονται στο χρόνο, καθώς και αδρανειακές επιταχύνσεις της κατασκευής. Κατά τον σχεδιασμό, οι δυναμικές φορτίσεις αντικαθίστανται με ισοδύναμες στατικές ή ψευδό-στατικές (quasi-static) φορτίσεις ώστε να εκκινήσει η διαδικασία διαστασιολόγησης της μεταλλικής κατασκευής.
- B. Στατικές (static loading), που παραμένουν σταθερές στο χρόνο (π.χ. το βάρος της μεταλλικής κατασκευής, το βάρος του φορτίου, η άνωση κ.ά.). Οι στατικές φορτίσεις επιφέρουν αλλαγές που δεν μεταβάλλονται με το χρόνο και δεν αναπτύσσουν αξιόλογες αδρανειακές επιταχύνσεις στα στοιχεία της κατασκευής.

4.2. Είδη φορτίσεων αποκρίσεων

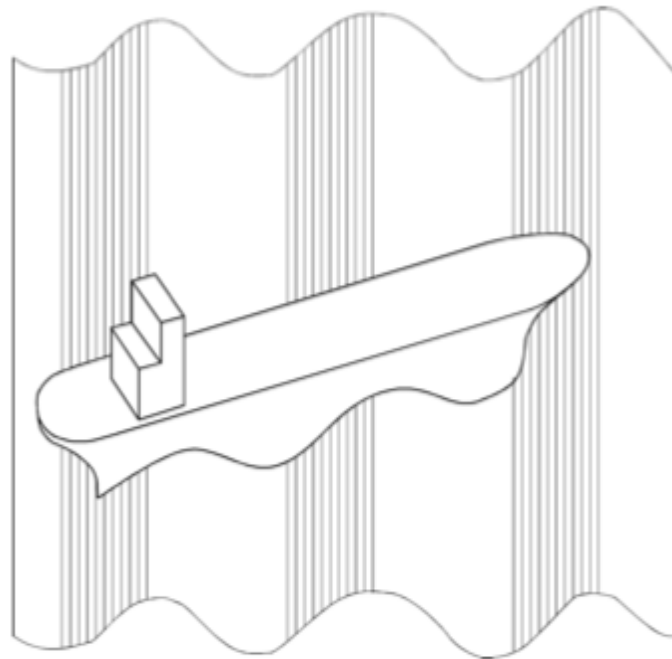
Όταν επεξεργαζόμαστε τα χαρακτηριστικά των φορτίσεων όπου οι φορτίσεις μεταδίδονται βαθμιαία και συνεχόμενα από ένα τοπικό τμήμα της κατασκευής σε ένα παρακείμενο

μεγαλύτερο υποστηρικτικό τμήμα, ο καλύτερος τρόπος για την κατηγοριοποίησή τους στη γάστρα είναι ο εξής:

- ❖ **Διαμήκεις φορτίσεις:** Αφορούν την ολική αντοχή της γάστρας του πλοίου, όπως οι καμπτικές ροπές, διατμητικές δυνάμεις και στρεπτικές ροπές που δρουν στη γάστρα συνολικά. Από τη στιγμή που ένα πλοίο είναι λεπτόμορφο, συμπεριφέρεται ως δοκός υπό τη θεώρηση της ολικής παραμόρφωσης.

Έστω ότι ένα πλοίο δέχεται πλαγιομετωπικούς κυματισμούς (Εικόνα 4.1). Το κύμα δημιουργεί όχι μόνο μία καμπτική ροπή παραμορφώνοντας το πλοίο σε ένα διάμηκες κατακόρυφο επίπεδο, αλλά και μία καμπτική ροπή σε ένα οριζόντιο επίπεδο λόγω των οριζόντιων δυνάμεων που ασκούνται στην πλευρική κατασκευή.

Επιπρόσθετα, το κύμα προκαλεί μία στρεπτική ροπή λόγω της ποικιλίας της επιφάνειας του κύματος σε διαφορετικούς τομείς κατά μήκος του πλοίου. Εάν οι παραπάνω διαμήκεις φορτίσεις του ορίου της διαμήκους αντοχής της γάστρας οδηγήσουν στην υπέρβαση, η γάστρα θα υποστεί λυγισμό ή στρέψη. Έτσι, η διαμήκης φόρτιση αντοχής είναι μία από τις πιο σημαντικές φορτίσεις κατά τον υπολογισμό της συνολικής αντοχής της γάστρας.



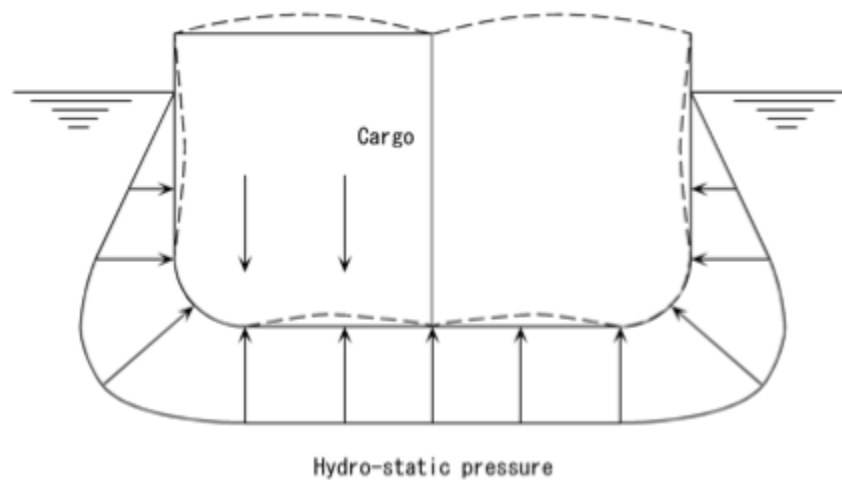
Εικόνα 4.1 - Πλοίο σε πλάγιους κυματισμούς

❖ **Εγκάρσιες φορτίσεις αντοχής:** Αναπαριστούν τις φορτίσεις που ασκούνται στα εγκάρσια τμήματα της κατασκευής. Οι εγκάρσιες φορτίσεις περιλαμβάνουν την υδροστατική πίεση του εξωτερικού περιβλήματος, το βάρος του φορτίου που επιδρά στον πυθμένα, την πίεση του θαλάσσιου έρματος που περιέχεται σε δεξαμενές έρματος, κλπ.

Έστω ότι έχουμε μία εγκάρσια τομή ενός πλοίου που επιπλέει σε ήρεμο νερό. Η τομή αυτή υπόκειται σε:

- α. Υδροστατική πίεση λόγω του νερού που την περιβάλλει.
- β. Εσωτερικές φορτίσεις λόγω του βάρους του πλοίου και του φορτίου του.

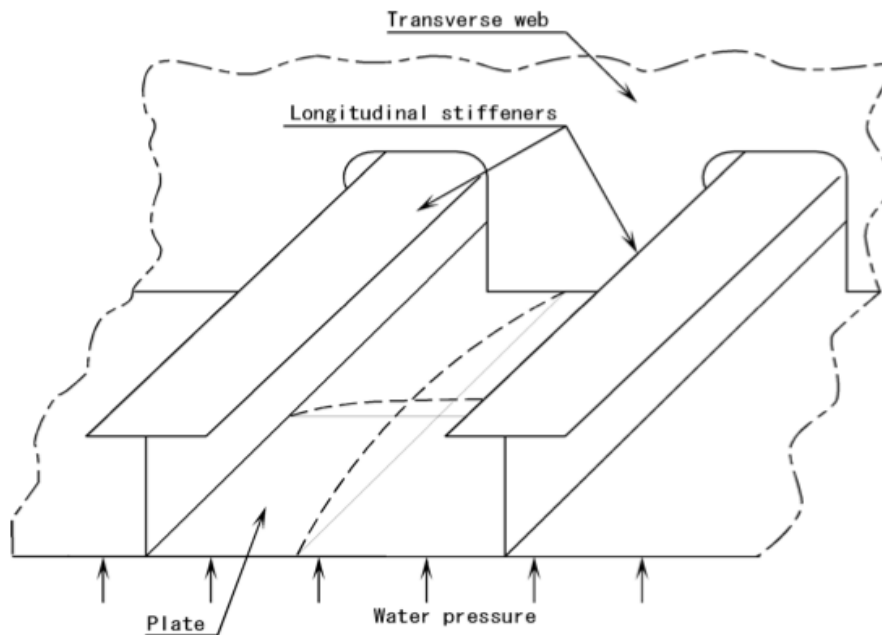
Οι φορτίσεις αυτές δεν είναι πάντα ίσες μεταξύ τους σε κάθε σημείο, με αποτέλεσμα αυτές που ασκούνται στα εγκάρσια στοιχεία της κατασκευής να παράγουν εγκάρσια παραμόρφωση (Εικόνα 4.2). Όταν θεωρούμε εγκάρσιες και διαμήκεις φορτίσεις, είναι σημαντικό να λαμβάνουμε υπόψη ότι η παραμόρφωση λόγω των διαμήκων φορτίσεων δεν επηρεάζει την παραμόρφωση της εγκάρσιας τομής (θεωρία Euler-Bernoulli).



Εικόνα 4.2 - Παράδειγμα παραμόρφωσης λόγω εγκάρσιων φορτίσεων αντοχής

Για παράδειγμα, η διαμήκης καμπτική ροπή ή η διατμητική δύναμη δεν μπορούν να επιδράσουν στην παραμόρφωση της διατομής. Έτσι, είναι απαραίτητο να αναγνωρίζεται η εγκάρσια παραμόρφωση του πλοίου λόγω της εγκάρσιας φόρτισης, ανεξάρτητα από την παραμόρφωση που οφείλεται στη διαμήκη φόρτιση. Οι εγκάρσιες φορτίσεις εξετάζονται σε περίπτωση που εξετάζεται η αντοχή της δευτερεύουσας κατασκευής, όπως εγκάρσιοι ενισχυμένοι νομείς, κλπ.

- ❖ **Τοπικές φορτίσεις:** Περιλαμβάνουν φορτίσεις που επηρεάζουν την αντοχή των τοπικών τμημάτων όπως των ενισχυτικών και των συνδετικών κατασκευών μεταξύ των ενισχυτικών και των πλαισίων του περιβλήματος.



Εικόνα 4.3 - Κατασκευή του πυθμένα που υπόκειται σε πίεση λόγω του νερού

4.3. Κριτήρια δυναμικών φορτίσεων

Τα δυναμικά κριτήρια φορτίσεων αντιπροσωπεύουν τις μακροπρόθεσμες ακραίες τιμές για το Βόρειο Ατλαντικό, για την εκτίμηση της αντοχής σε διαρροή και λυγισμό, που αντιστοιχούν σε πιθανότητα υπέρβασης 10-8. Για τα σκάφη που λειτουργούν σε θάλασσες όπου επικρατούν δυσμενέστερες συνθήκες, τα δυναμικά κριτήρια φορτίσεων πρέπει να τροποποιηθούν κατάλληλα. Αυτά τα κριτήρια δυναμικών φορτίσεων, έχουν θεωρούμενη μηδενική ταχύτητα πλοίου σε ακραίες συνθήκες θάλασσας, με εξαίρεση τα κρουστικά κριτήρια φόρτισης. Η ταχύτητα του πλοίου που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κρούσης λόγω κυμάτων στην πωραία κατασκευή, της κρούσης της πλευρικής κατασκευής της πλώρης, της σφυρόκρουσης του πυθμένα, της διαβροχής του καταστρώματος και της κρούσης του ρευστού φορτίου στα τοιχώματα των δεξαμενών (cargo sloshing), θα πρέπει να αντιστοιχεί στο 75% της ταχύτητας σχεδίασης.

Για την αξιολόγηση της αντοχής σε κόπωση κατά τον τρόπο αστοχίας από κόπωση, τα δυναμικά κριτήρια φορτίσεων αντιπροσωπεύουν τις χαρακτηριστικές τιμές για το Βόρειο Ατλαντικό, που αντιστοιχούν σε πιθανότητα υπέρβασης της τάξης του 10-4. Αυτά τα

κριτήρια δυναμικών φορτίσεων, βασίζονται σε μία ταχύτητα του πλοίου ίση με το 75% της ταχύτητας σχεδίασης.

Οι παρακάτω συνιστώσες των δυναμικών φορτίσεων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη αξιολόγηση της κατασκευής της γάστρας, των δεξαμενών φορτίου, των στηριγμάτων των δεξαμενών και των υποστατών:

- Εξωτερική πίεση (Εικόνα 4.3)
- Εσωτερική πίεση
- Κρούση κύματος στην πλώρη
- Κρούση κύματος στην πλευρική κατασκευή της πλώρης
- Κατακόρυφες και οριζόντιες ροπές κάμψης που έχουν προκληθεί από κυματισμό
- Κατακόρυφες και οριζόντιες δυνάμεις διάτμησης που έχουν προκληθεί από κυματισμό
- Σφυρόκρουση του πυθμένα της προραίας κατασκευής
- Διαβροχή του καταστρώματος
- Φορτίσεις λόγω sloshing
- Θερμικές φορτίσεις
- Ψευδοστατικές φορτίσεις (αντιστοιχούν στη συμπεριφορά του πλοίου ως άκαμπτο σώμα)

4.4. Διαμήκης φόρτιση

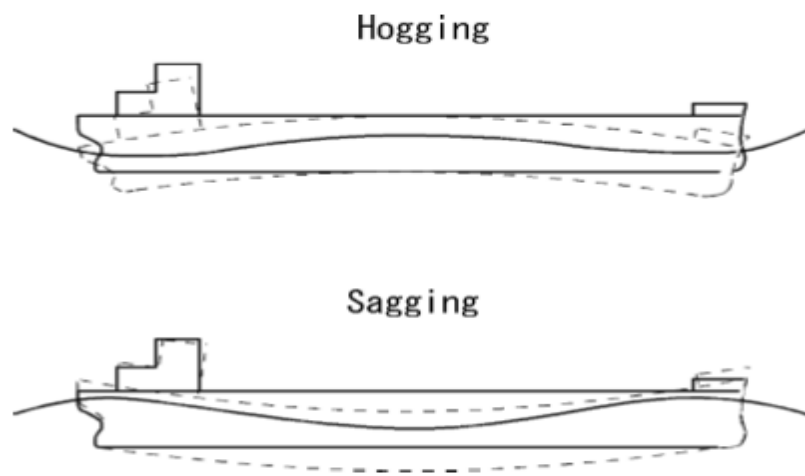
Οι διαμήκεις φορτίσεις επηρεάζουν την ολική αντοχή της γάστρας ενός πλοίου, όταν το πλοίο θεωρείται ως δοκός λόγω της λεπτόγραμμης μορφής του. Οι φορτίσεις αυτές, ασκούνται ως διαμήκης καμπτική ροπή, διατμητική δύναμη και στρεπτική ροπή. Οι διαμήκεις φορτίσεις μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. Στατικές διαμήκεις φορτίσεις:

Οι στατικές διαμήκεις φορτίσεις οφείλονται στις τοπικές ανισότητες του βάρους και της άντωσης σε κατάσταση ήρεμου νερού. Διαφορές μεταξύ του βάρους και της άντωσης στη διαμήκη κατεύθυνση, προκαλούν καμπτική ροπή και μία στατική διατμητική δύναμη. Η ασύμμετρη φόρτωση προκαλεί στατική στρεπτική ροπή. Οι στατικές φορτίσεις, επιφέρουν αλλαγές που δε μεταβάλλονται με το χρόνο και δεν αναπτύσσουν αξιολογες αδρανειακές επιταχύνσεις στα στοιχεία της κατασκευής.

2. Δυναμικές διαμήκεις φορτίσεις:

Οι δυναμικές διαμήκεις φορτίσεις, προκαλούν τοπικές αποκρίσεις που μεταβάλλονται με το χρόνο, καθώς και αδρανειακές επιταχύνσεις της κατασκευής που προκαλούνται από τους κυματισμούς. Όταν το πλοίο είναι στην κορυφή ενός κύματος σε μετωπικό κυματισμό, προκαλεί καμπτική ροπή hogging (Εικόνα 4.4) και μία διατμητική δύναμη. Όταν βρίσκεται στο κοίλο του κύματος, προκαλείται καμπτική ροπή sagging (Εικόνα 4.4) και διατμητική δύναμη. Αυτές οι φορτίσεις, δρουν εναλλάξ στη γάστρα καθώς το κύμα αναπτύσσεται κατά μήκος του πλοίου. Σε περιπτώσεις όπου το πλοίο συναντά πλάγιο κυματισμό, παράγεται μία δυναμική στρεπτική ροπή.



Εικόνα 4.4 - Κατακόρυφη κάμψη λόγω κυματισμών

Το μέγεθος της δυναμικής διαμήκουσ φόρτισης χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς αντοχής της καμπτικής ροπής σε κυματισμό και της διατμητικής δύναμης σε κυματισμό. Οι κανονισμοί είναι πρότυποι από τον IACS στους Ενοποιημένους Κανονισμούς Απαιτήσεων του 2006 και έχουν γίνει αποδεκτοί από όλους τους Νηογνώμονες. Για παράδειγμα ο IACS υπολογίζει τις καμπτικές ροπές σε κυματισμό σύμφωνα με τις ακόλουθες κοινές εξισώσεις που χρησιμοποιούνται από όλους τους Νηογνώμονες που ανήκουν στον IACS:

$$M_w(+)=+0.19 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot L_1^2 \cdot B \cdot C_h \quad (\text{kNm})$$

$$M_w(-)=-0.11 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot L_1^2 \cdot B \cdot (C_h+0.7) \quad (\text{kNm})$$

όπου

- $MW(+)$ = η καμπτική ροπή σε κορυφή κύματος
- $MW(-)$ = η καμπτική ροπή σε κοίλο κύματος

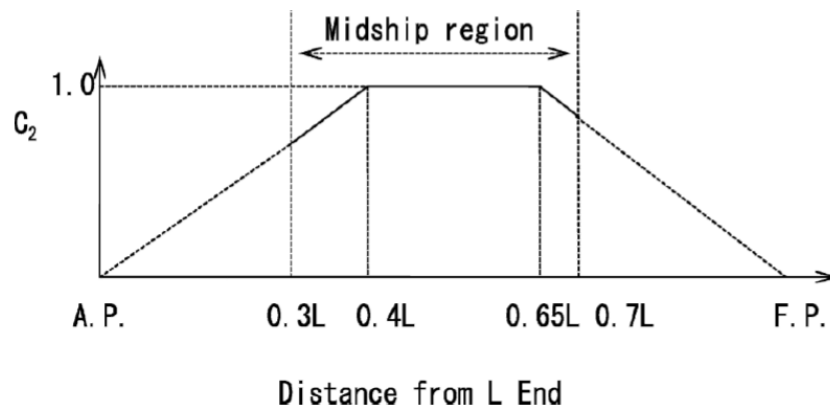
- C_1 = παράμετρος κυματισμού (wave coefficient) που εξαρτάται από το μήκος του πλοίου ως εξής:

$$= 10.75 - \left(\frac{300 - L_1}{100}\right)^{1.5}, L_1 \leq 300 \text{ m}$$

$$= 10.75, 300\text{m} \leq L_1 \leq 350 \text{ m}$$

$$= 10.75 - \left(\frac{L_1 - 350}{100}\right)^{1.5}, 350\text{m} \leq L_1$$

C_2 = συντελεστής κατανομής κατά μήκος του πλοίου (Εικόνα 4.5)



Εικόνα 4.5 - Διάγραμμα συντελεστή κατανομής κατά μήκος του πλοίου

Οι παραπάνω ψευδοστατικές διαμήκειες φορτίσεις μπορούν να εκτιμηθούν από τη μακροπρόθεσμη μέθοδο πρόβλεψης που βασίζεται στην κίνηση του πλοίου, και υπολογίζονται μέσω της θεωρίας λωρίδας. Οι καμπτικές ροπές σε κυματισμούς του IACS καθορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε το μέγεθος της καμπτικής ροπής αναμένεται να είναι περίπου ίσο με το μέγιστο αυτής σε 20 χρόνια.

Σε μέτριους κυματισμούς, αυτός ο τρόπος πρόβλεψης που βασίζεται στη γραμμική θεωρία λωρίδας, είναι αρκετά αξιόπιστος για την ακριβή εκτίμηση των φορτίσεων σε κυματισμούς. Όμως, σε πιο έντονες καταστάσεις θάλασσας, αυτή η θεωρία δεν μπορεί να εφαρμοστεί εφόσον τα υπολογισμένα αποτελέσματα της κίνησης του πλοίου και των δυναμικών φορτίσεων επηρεάζονται από τη δύναμη κρούσης κυματισμών και/ή από τη μη γραμμική επιρροή της κάθετης αλλαγής του πλάτους του πλοίου σε κάθε τομή. Αυτές οι φορτίσεις

πρόσκρουσης, μπορούν να συνεισφέρουν στην αύξηση των διαμήκων φορτίσεων, οπότε μπορεί να προκαλέσουν και επιπρόσθετες καμπτικές ροπές και διατμητικές δυνάμεις στη γάστρα. Προκύπτει δηλαδή μη-γραμμική απόκριση.

Οι φορτίσεις κρούσης κυματισμών μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες:

α. Δύναμη πρόσκρουσης λόγω σφυρόκρουσης: (Εικόνα 4.6)

Η σφυρόκρουση συμβαίνει όταν η γάστρα χτυπά δυνατά την επιφάνεια του νερού, όταν η κίνηση του πλοίου είναι σημαντική, ειδικά σε κατάσταση διατοιχισμού (roll) και καθ' ύψος κίνησης (heave). Όταν ο πυθμένας αναδύεται από την επιφάνεια του κύματος, η σφυρόκρουση του πυθμένα ασκείται στα ελάσματα του πυθμένα του πλοίου.



Εικόνα 4.6 - Είδη πρόσκρουσης slamming σε ένα πλοίο

β. Δύναμη πρόσκρουσης διαβροχής καταστρώματος:

Εάν η πλώρη ενός πλοίου βυθιστεί στο νερό σε έντονο προνευτασμό (pitch) με διεύθυνση προς τα κάτω, η κορυφή του κύματος μπορεί να φτάσει στο κατάστρωμα του προστέγου, κάτι που μπορεί να προκαλέσει ζημιά στο πλοίο και στα μηχανήματα πάνω από το κατάστρωμα. Αυτή η κατάσταση, καλείται διαβροχή του καταστρώματος.

4.5. Εγκάρσιες φορτίσεις

Οι εγκάρσιες φορτίσεις προκαλούν παραμόρφωση στα εγκάρσια στοιχεία λόγω της ανισορροπίας των εξωτερικών με τις εσωτερικές φορτίσεις, που περιλαμβάνουν τα βάρη της κατασκευής και του φορτίου. Αυτές οι φορτίσεις, μπορούν να θεωρηθούν ως ανεξάρτητες από τις διαμήκεις φορτίσεις που κάνουν το πλοίο να συμπεριφέρεται ως δοκός, και δεν προκαλούν παραμόρφωση σε εγκάρσιες τομές. Οι φορτίσεις αυτές κατηγοριοποιούνται ως εξής:

Βάρη της κατασκευής, του θαλάσσιου έρματος και του φορτίου:

Αυτές οι φορτίσεις είναι νεκρές φορτίσεις, δηλαδή σταθερές φορτίσεις που είναι ανεξάρτητες του χρόνου και ασκούνται στα κέντρα βάρους των αντίστοιχων σωμάτων.

Υδροστατικές και υδροδυναμικές φορτίσεις:

Η υδροστατική φόρτιση είναι η στατική πίεση από το περιβάλλον νερό σε μία εγκάρσια τομή, που ασκείται στη γάστρα ως εξωτερική φόρτιση. Μία άλλη εξωτερική φόρτιση, είναι η υδροδυναμική φόρτιση που προκαλείται από την αλληλεπίδραση μεταξύ των κυμάτων, του πλοίου και των κινήσεών του, και εκθέτει το εξωτερικό περίβλημα του πλοίου σε κυμαινόμενη πίεση νερού. Η υδροδυναμική φόρτιση, υπερτίθεται στην υδροστατική φόρτιση και έτσι αποκτάται η ολική εξωτερική πίεση.

Δυνάμεις αδράνειας του φορτίου ή και του έρματος λόγω των κινήσεων του πλοίου:

Η δύναμη αδράνειας εισάγεται από τη δύναμη αντίδρασης του βάρους του πλοίου, του βάρους του φορτίου ή του βάρους του έρματος λόγω των επιταχύνσεων (γραμμικών, γωνιακών) του πλοίου. Επιπρόσθετα, προκαλούνται εσωτερικές πιέσεις όχι μόνο από το διατοιχισμό, αλλά και από άλλες κινήσεις του πλοίου όπως τον προνευτασμό, την καθ' ύψος κίνηση, κλπ., που γίνονται κρίσιμες όταν οι κινήσεις αυτές είναι έντονες.

Δυνάμεις κρούσης:

Υπάρχουν δύο φορτίσεις κρούσης που θεωρούνται εγκάρσιες:

- Η σφυρόκρουση:

Η σφυρόκρουση μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως εγκάρσια φόρτιση, αλλά και ως διαμήκης και προκύπτει κατά την έντονη κρούση της επιφάνειας του νερού με τα ελάσματα του περιβλήματος του πλοίου όταν η σχετική ταχύτητα μεταξύ του ελάσματος και της θάλασσας υπερβεί ένα κατώτατο όριο. Έτσι, δημιουργεί όχι μόνο διαμήκη φόρτιση αλλά και μία φόρτιση που επηρεάζει ταυτόχρονα και την εγκάρσια αντοχή. Πολλά πλοία έχουν υποστεί ζημιές λόγω της σφυρόκρουσης, κυρίως στα ελάσματα του πυθμένα που βρίσκονται πωραία. Η πίεση κρούσης κυματισμού είναι ένα θέμα για το οποίο η θεωρητική προσέγγιση είναι πολύ δύσκολη, οπότε είναι απαραίτητα τα πειράματα για την εκτίμηση της φόρτισης αυτής με αξιόπιστη ακρίβεια.

- Sloshing:

Το sloshing, είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο η κίνηση του υγρού στη δεξαμενή έρχεται σε συντονισμό με την κίνηση του πλοίου, και προκαλεί δύναμη κρούσης μεταξύ του κινούμενου ρευστού και των τοιχωμάτων της δεξαμενής. Το sloshing προκαλείται από την ελεύθερη κίνηση του υγρού, επομένως, αν η δεξαμενή είναι γεμάτη με υγρό, το sloshing δεν θα προκύψει καθώς η ελεύθερη κίνηση του υγρού είναι περιορισμένη. Όταν το επίπεδο του υγρού φθάσει σε ένα συγκεκριμένο ύψος της δεξαμενής, η κίνηση του υγρού συντονίζεται με την κίνηση της δεξαμενής και τότε προκύπτει το sloshing.

4.6. Στατικές - Ψευδοστατικές φορτίσεις

Ο υπολογισμός της διαμήκους αντοχής βασίζεται στην παραδοχή ότι η κατασκευή συμπεριφέρεται ως κοίλη δοκός. Κάθε εγκάρσια διατομή φορτίζεται εάν το βάρος της δεν εξισορροπείται τοπικά σε όλο της το μήκος από την άντωση που ασκείται σε αυτή. Στην πραγματικότητα αυτό ισχύει πάντα, ακόμα και σε καταστάσεις ήρεμου νερού. Άρα, σε κάθε διατομή πάντα αναπτύσσονται καμπτικές ροπές και τέμνουσες δυνάμεις και η ισορροπία της κατασκευής εξασφαλίζεται σε ολικό και όχι τοπικό επίπεδο.

Η ψευδο-στατική φόρτιση του πλοίου οφείλεται σε υποθετικό κύμα με μήκος ίσο με το μήκος του πλοίου και με κορυφή που συμπίπτει με τη μέση τομή ή τα άκρα του πλοίου. Η συνισταμένη καμπύλη φόρτισης προκύπτει ως η διαφορά της καμπύλης άντωσης και του συνολικού βάρους. Από την καμπύλη φόρτισης προκύπτουν εύκολα οι κατανομές τεμνουσών δυνάμεων και καμπτικών ροπών.

Η διαμήκης κάμψη οδηγεί στην ανάπτυξη δύο διαφορετικών εντατικών πεδίων: των ορθών τάσεων και των διατμητικών τάσεων που υπολογίζονται από την καμπύλη των καμπτικών ροπών και την γεωμετρία κάθε διατομής. Έτσι, η διαμήκης κάμψη του συνόλου της κατασκευής ως ενιαίας δοκού προξενεί θλίψη και εφελκυσμό σε στοιχεία της κατασκευής που βρίσκονται εκατέρωθεν του ουδέτερου άξονα της διατομής.

Στα καταστρώματα και στον πυθμένα, δηλαδή σε φορείς που είναι διατεταγμένοι παράλληλα με τον ουδέτερο άξονα, η φόρτιση είναι καθαρά θλιπτική ή εφελκυστική (συν τις διατμητικές τάσεις). Η απόκριση της κατασκευής εξετάζεται κάνοντας χρήση της θεωρίας της απλής κάμψης των δοκών η οποία προϋποθέτει ότι:

I. Το υλικό συμπεριφέρεται ελαστικά

2. Η δοκός είναι πρισματική (σταθερή διατομή κατά το μήκος)
3. Οι διατμητικές δυνάμεις δεν επηρεάζουν τις καμπτικές τάσεις και παραμορφώσεις
4. Το φαινόμενο Poisson (εγκάρσιες παραμορφώσεις) αμελείται
5. Οι επίπεδες διατομές παραμένουν επίπεδες μετά την κάμψη

Εάν εξετάσουμε τις κατανομές των ορθών τάσεων που οφείλονται στη διαμήκη κάμψη, παρατηρούμε ότι για σταθερή γεωμετρία διατομής, μεγιστοποιούνται στις περιοχές όπου μεγιστοποιείται η καμπτική ροπή και η απόσταση από τον ουδέτερο άξονα (θεωρία Euler-Bernoulli).

Στις περισσότερες διατομές πλοίων, ο ουδέτερος άξονας βρίσκεται πλησιέστερα στον πυθμένα και κατά συνέπεια οι υψηλότερες τάσεις αναπτύσσονται στο κύριο κατάστρωμα. Όταν η μέση τομή συμπίπτει με το κοίλο του κύματος, τότε οι ορθές τάσεις στο κατάστρωμα είναι θλιπτικές.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η πλέον κρίσιμη περιοχή της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου από άποψη αντοχής είναι το κύριο κατάστρωμα στη περιοχή της μέσης τομής. Εάν η αντοχή εκεί είναι ή καταστεί για κάποιο λόγο (π.χ. διάβρωση) ανεπαρκής, θα προκύψει λυγισμός και σταδιακή ελαστο-πλαστική κατάρρευση της περιοχής αυτής. Είναι πιθανόν επίσης το πλοίο να κοπεί στα δύο εφόσον ακολουθήσει εμφάνιση ρήγματος. Το φαινόμενο αυτό είναι σπάνιο, αλλά έχει συμβεί σε ορισμένες περιπτώσεις.

4.7. Δυναμικές φορτίσεις

Οι δυναμικές φορτίσεις διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: σε αυτές που δεν προκαλούν δυναμική απόκριση της κατασκευής και σε αυτές που προκαλούν. Οι πρώτες προκαλούν αποκρίσεις χαμηλών συχνοτήτων και μπορεί να προσεγγιστούν με την ψευδό-στατική θεώρηση που αναφέρθηκε προηγουμένως. Εάν όμως απαιτείται ακριβής περιγραφή της συμπεριφοράς της κατασκευής, εφαρμόζεται η υδροελαστική θεωρία στην οποία λαμβάνονται υπόψη οι παραμορφώσεις του συνόλου της γάστρας στο χρόνο και η επίδρασή τους στο θαλάσσιο χώρο. Η θεώρηση αυτή δεν είναι αρκετά εύχρηστη και δεν βρίσκει εφαρμογή στον συμβατικό σχεδιασμό παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

Οι δυναμικές φορτίσεις υψηλών συχνοτήτων προκαλούν διαφόρων μορφών διεγέρσεις που μπορεί να είναι:

❖ Υψηλής συχνότητας διαμήκεις ταλαντώσεις της κατασκευής (springing):

Οι διαμήκεις ταλαντώσεις της γάστρας προκαλούνται από κρούση θαλάσσιων κυμάτων στη περιοχή της πλώρης και διαρκούν αρκετό χρόνο. Προκύπτουν όταν η περίοδος της καθ' ύψος κίνησης του πλοίου έχει σχετικά μεγάλη διάρκεια (μεγαλύτερη των 2 sec). Στην περίπτωση αυτή, όταν το πλοίο συναντά κυματισμούς με αντίστοιχη συχνότητα, η διέγερση της γάστρας δεν είναι αμελητέα και παρατηρούνται συνεχείς ταλαντώσεις.

❖ Σφυρόκρουση:

Η σφυρόκρουση είναι αποτέλεσμα της κρούσης της προραίας περιοχής του πυθμένα με την επιφάνεια της θάλασσας και συμβαίνει όταν η σχετική ταχύτητα μεταξύ πλώρης και θάλασσας υπερβαίνει ένα κατώτατο όριο.

❖ Φορτίσεις αδρανείας σε διάφορα τμήματα της κατασκευής:

Οι αδρανειακές φορτίσεις σε διάφορα σημεία του πλοίου γίνονται κρίσιμες όταν η ταλάντωσή του γύρω από κάποιον άξονα αναφοράς (διαμήκης ταλάντωση – προνευτασμός (pitch), εγκάρσια ταλάντωση – διατοιχισμός (roll)) είναι έντονη. Αδρανειακές φορτίσεις προκύπτουν επίσης στην περιοχή της πρύμνης ως αποτέλεσμα της λειτουργίας του μηχανολογικού εξοπλισμού και της περιστροφής της έλικας. Κατά τον σχεδιασμό των διαφόρων εξαρτημάτων αλλά και των σημείων στήριξής τους, λαμβάνεται υπόψη η δράση την αδρανειακών φορτίσεων με ισοδύναμα στατικά φορτία.

❖ Τοπικές ταλαντώσεις που οφείλονται στη λειτουργία μηχανολογικών συστημάτων και της έλικας:

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι οι δυναμικές φορτίσεις έχουν κατά κανόνα τοπική επίδραση στη συμπεριφορά της κατασκευής, ενώ στη διαμήκη ταλάντωση δεν είναι εύκολο να αποφευχθεί το φαινόμενο μετά την κατασκευή του πλοίου. Οι δυναμικές φορτίσεις λαμβάνονται υπόψη στο στάδιο του σχεδιασμού προσθέτοντας ισοδύναμα στατικά φορτία σε αυτά που έχουν ήδη υπολογισθεί. Συνήθως οι ισοδύναμες στατικές φορτίσεις έχουν μέγεθος της τάξης του μισού της αντίστοιχης δυναμικής φόρτισης, δηλαδή χρησιμοποιείται ο συντελεστής δυναμικής μεγέθυνσης 2.0.

4.8. Μεταφορά, μετάδοση και διάχυση των φορτίσεων

4.8.1. Μεταφορά και μετάδοση δυνάμεων

Από τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα προκύπτει πως κάθε φόρτιση που ασκείται σε ένα πλοίο εξισορροπείται από μία αντίδραση. Μπορούμε να πούμε ότι η φόρτιση μεταφέρεται από το σημείο εφαρμογής στο σημείο όπου η αντίδραση ασκείται (σημειώνεται πως τα σημεία δράσης και αντίδρασης μπορούν να θεωρηθούν και αντίστροφα). Υπό την επίδραση αυτής της φόρτισης, η κατασκευή αποκρίνεται με τη μορφή τάσεων και παραμορφώσεων, όπως αντιμετωπίζεται στη μηχανική του παραμορφώσιμου στερεού. Αυτό σημαίνει ότι εάν η κατασκευή μπορούσε να χωριστεί σε τμήματα σε κάθε σημείο, το σύνολο (εσωτερικής) δύναμης που προκύπτει από τις κατανεμημένες τάσεις, ισοδυναμεί με τη δύναμη δράσης/αντίδρασης. Η κατασκευή του πλοίου είναι ένα περίπλοκο σύνολο πολλών συστατικών στοιχείων όπου όλα συμμετέχουν στην παραλαβή ή στη μεταφορά εξωτερικών φορτίσεων. Η διαδοχή των στοιχείων που συμμετέχουν στη μεταφορά μιας φόρτισης, ονομάζεται γενικά «ο άξονας ή η πορεία της φόρτισης».

Η λέξη μεταφορά, χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει πώς μία φόρτιση φέρεται από το ένα σημείο στο άλλο που βρίσκεται οπουδήποτε στο χώρο. Η λέξη μετάδοση, χρησιμοποιείται για να περιγράψει πώς ένα φορτίο φέρεται από το ένα στοιχείο της κατασκευής στο άλλο, κάτι το οποίο ουσιαστικά προκύπτει σε μία συγκεκριμένη περιοχή της κατασκευής.

Επίσης, μερικές φορές, συγκεκριμένα τμήματα της κατασκευής εξυπηρετούν στη μεταφορά φορτίσεων από το ένα τμήμα στο άλλο. Ο αγκώνας που συνδέει μία δοκό του καταστρώματος (deck beam) με τον νομέα του εξωτερικού περιβλήματος, έχει ως ρόλο τη μεταφορά της φόρτισης. Ταυτόχρονα, ένας τέτοιος αγκώνας, μπορεί να θεωρηθεί ως ένα τμήμα που μεταφέρει μία δύναμη από τη μία μεριά του αγκώνα στην άλλη. Οι άξονες της φόρτισης δεν είναι πάντα μοναδικοί. Σε μερικές περιπτώσεις, δεν είναι μόνο ένα εγκάρσιο και ένα διάμηκες συνδετικό στοιχείο του πυθμένα, αλλά υπάρχουν πολλά. Δημιουργούν παράλληλους άξονες φορτίσεων που μαζί μεταφέρουν τη φόρτιση από το ένα σημείο στο άλλο. Όλοι οι παράλληλοι άξονες φορτίσεων δεν μεταφέρουν το ίδιο ποσοστό της ολικής φόρτισης (το ποσοστό εξαρτάται από την ακαμψία του καθενός).

4.8.2. Τρόποι μεταφοράς φορτίσεων και θεωρία της δοκού

Η μεταφορά μιας φόρτισης (δύναμης ή ροπής) από ένα σημείο σε άλλο (ή αρκετά άλλα σημεία) εξυπηρετείται από ένα άλλο τμήμα της κατασκευής. Συχνά, αυτά τα σημεία, είναι τα άκρα του τμήματος ή του στοιχείου που εξετάζεται. Εάν το στοιχείο είναι μία δοκός, τέτοια μεταφορά μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους όπως εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη, στρέψη ή συνδυασμός αυτών. Μπορεί να υπάρχουν διαφορετικά είδη φορτίσεων στα δύο άκρα, όπως για παράδειγμα ροπή στο ένα άκρο και δύναμη στο άλλο άκρο. Για τις απλές δοκούς, η σχέση εξαρτάται αποκλειστικά από το μέγεθος των φορτίσεων και τις συνολικές διαστάσεις της δοκού (και όχι μόνο από τις ιδιότητες της μέσης τομής).

Είναι γνωστό πως μία τέτοιου είδους δοκός θα παραμορφωθεί κάτω από την επιρροή των φορτίσεων. Η σχετική θέση και ο προσανατολισμός των δύο σημείων της εφαρμογής φόρτισης, αλλάζει. Το βέλος κάμψης και/ή η περιστροφή του ενός σημείου σε σχέση με τα υπόλοιπα, εξαρτάται από το είδος της φόρτισης, τις διαστάσεις (ειδικά το μήκος) της δοκού, τις ιδιότητες της μέσης τομής και το υλικό από το οποίο αποτελείται η δοκός. Εάν αυτή η παραμόρφωση είναι μεγάλη, τότε η δοκός καλείται εύκαμπτη. Αντίστροφα, εάν η σχετική παραμόρφωση είναι μικρή, τότε η δοκός καλείται άκαμπτη.

Όποτε θεωρείται μία εικονική τομή κατά μήκος μίας φορτισμένης δοκού, μπορούν να διακριθούν οι εσωτερικές δυνάμεις και ροπές και τάσεις και παραμορφώσεις. Οι εσωτερικές δυνάμεις και ροπές και παραμορφώσεις σε κάθε σημείο της δοκού, συσχετίζονται μεταξύ τους και γενικά μπορούν να διαπιστωθούν από τη σύνθεση των τάσεων και των φορτίσεων και των παραμορφώσεων κατά το μήκος της δοκού και κατά τη μέση τομή ως εφαρμόσιμες. Αυτό καλείται η «θεωρία της δοκού» στη μηχανική. Η θεωρία της δοκού, αποτελεί το πιο σημαντικό μοντέλο σκέψης που χρησιμοποιείται από το σχεδιαστή πλοίων. Χρησιμοποιείται και για μικρά τμήματα της κατασκευής όπως μία δοκός του καταστρώματος καθώς και για τη γάστρα του πλοίου στο σύνολό της. Η θεωρία αυτή βασίζεται σε κάποιες υποθέσεις που αφορούν τη συμπεριφορά της δοκού υπό συνθήκες φόρτισης. Ο σχεδιαστής, πρέπει να γνωρίζει απόλυτα τις παρακάτω υποθέσεις:

- A.** Η τομή παραμένει επίπεδη υπό συνθήκες φόρτισης και κάθετη στον ουδέτερο άξονα.
- B.** Η τομή δεν παραμορφώνεται υπό συνθήκες φόρτισης (η μορφή της δεν αλλάζει) και
- Γ.** Το μέγεθος των καμπτικών τάσεων μεταβάλλεται γραμμικά με την απόσταση του σημείου που εξετάζεται στην τομή.

Ο σχεδιαστής των πλοίων πρέπει να γνωρίζει καλά τις παρακάτω απόψεις (από τους γενικούς κανόνες της θεωρίας δοκού), ειδικά εφόσον αυτά τα χαρακτηριστικά είναι συνήθως τα πρώτα που καθορίζουν το σχέδιο της κατασκευής:

- ❖ Μία δοκός φορτισμένη σε εφελκυσμό αποδίδει την πιο άκαμπτη (ή τη λιγότερο εύκαμπτη) δυνατή μεταφορά. Η ακαμψία στη θλίψη είναι το ίδιο αλλά μπορεί πιο εύκολα να φτάσει ένα όριο στην περίπτωση πιο λεπτής δοκού όταν έχει φτάσει το όριό της σε αντοχή σε λυγισμό.
- ❖ Μία δοκός σε κάμψη είναι πιο εύκαμπτη από κάποια σε εφελκυσμό. Η ευκαμψία αυξάνει με την τρίτη δύναμη του μήκους της δοκού όταν η μετάδοση μιας συγκεντρωμένης φόρτισης έχει θεωρηθεί ή ακόμα και με την τέταρτη δύναμη του μήκους όταν υπάρχει μια κατανεμημένη φόρτιση. Στην κάμψη, το μικρότερο από τα ανώτερα και κατώτερα πέλματα είναι καθοριστικό για την ακαμψία αλλά ακόμα πιο σημαντικό είναι το ύψος του κορμού που συμβάλλει με το τετράγωνό του.
- ❖ Όταν υπάρχει διατμητική φόρτιση, τα τμήματα της δοκού που είναι παράλληλα στο επίπεδο κατά το οποίο η διατμητική δύναμη δρα, είναι ενεργά. Συχνά, αυτό μπορεί να είναι το έλασμα του κορμού μιας δοκού. Η ακαμψία τότε σχετίζεται άμεσα με την περιοχή της μέσης τομής αυτού του ελάσματος του κορμού και η σχέση της είναι γραμμική με το μήκος της δοκού.
- ❖ Η ευκαμψία υπό διάτμηση και κάμψη για μία δοκό, εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ του ύψους της δοκού (βάθος) και του μήκους. Η συνεισφορά της διάτμησης και της κάμψης είναι περίπου ίση εάν ο λόγος είναι περίπου δεκατέσσερα (14). Για πιο μικρές δοκούς (που είναι σύνηθες για τα πλοία) η ευκαμψία σε διάτμηση επικρατεί και για μακρύτερες δοκούς, η κάμψη. Στην πράξη, η κάμψη λαμβάνεται υπόψη πιο συχνά από τη διάτμηση.
- ❖ Η υστέρηση διάτμησης και το προκύπτον αποτελεσματικό πλάτος, μπορεί να μειώσουν την αποτελεσματικότητα των πελμάτων, συγκεκριμένα για μικρές δοκούς.
- ❖ Όταν υπάρχει στρεπτική φόρτιση, μια κλειστή μέση τομή είναι αποτελεσματική. Μια ανοιχτή μέση τομή γενικά είναι πολύ εύκαμπτη όταν είναι φορτισμένη με στρέψη.
- ❖ Οι τελικές συνθήκες της δοκού είτε ελεύθερες, είτε απλά στηριζόμενες, είτε σφιχτές, είτε εύκαμπτα στηριζόμενες, έχουν μεγάλη επιρροή στις εσωτερικές δυνάμεις και ροπές και στα προκύπτοντα βέλη κάμψης.

4.8.3. Μεταφορά φορτίσεων διαμέσου των ελασμάτων

Ο άλλος σημαντικός τρόπος μεταφοράς φορτίσεων, είναι μέσω των ελασμάτων ή κατασκευών που μπορεί να θεωρηθούν ως ελάσματα. Ένα έλασμα χαρακτηρίζεται από δύο διαστάσεις (μήκος και πλάτος) που είναι μεγάλες συγκρινόμενες με την τρίτη διάσταση, δηλαδή το πάχος του ελάσματος. Υπάρχουν δύο τρόποι μετάδοσης φορτίσεων, οι δυνάμεις στο επίπεδο και οι φορτίσεις εκτός επιπέδου (πλευρικές). Οι ροπές στο επίπεδο (που βρίσκονται γύρω από έναν άξονα κάθετο στο έλασμα), θεωρούνται τάσεις στο επίπεδο που είναι κατανεμημένες άνισα στην επιφάνεια του ελάσματος. Οι ροπές εκτός επιπέδου (γύρω από έναν άξονα στο επίπεδο του ελάσματος), είναι στενά συνδεδεμένες με τις πλευρικές δυνάμεις. Εξαιτίας της σχετικής λεπτότητάς τους, τα ελάσματα είναι πιο άκαμπτα για φορτίσεις στο επίπεδο παρά για πλευρικές φορτίσεις.

Για τη μεταφορά των πλευρικών φορτίσεων, το έλασμα μπορεί να θεωρηθεί ότι δρα ως μία σειρά παράλληλων δοκών μίας ορθογώνιας μέσης τομής με ύψος ίσο με το πάχος του ελάσματος. Η εγκάρσια φόρτιση θεωρείται ως ροπές κάμψης, ακριβώς όπως και στην περίπτωση των συνηθισμένων δοκών. Σε ένα έλασμα, πολλές φορές γίνεται η διάδοση των φορτίσεων στο επίπεδο, με τον ίδιο τρόπο που η δοκός κάνει διάδοση του εφελκυσμού ή των δυνάμεων θλίψης. Σε αυτή την περίπτωση, οι τάσεις είναι ισόνομα κατανεμημένες στη μέση τομή του ελάσματος.

4.9. Γάστρα (Hull girder)

Η γάστρα μαζί με τα τμήματα που την αποτελούν, παίζουν σημαντικό ρόλο στη μετάδοση φορτίσεων από ένα σημείο στο άλλο, συγκεκριμένα στο βαθμό που το μονοπάτι φόρτισης είναι κατά τη διαμήκη κατεύθυνση του πλοίου. Οι κάθετες φορτίσεις είναι οι πιο σημαντικές, παρά το γεγονός ότι οι οριζόντιες και οι στρεπτικές φορτίσεις μπορούν να είναι εξίσου σημαντικές.

Οι κάθετες φορτίσεις, αντιπροσωπεύουν την περίπτωση που είναι κανονικά συσχετισμένη με την εκτίμηση της διαμήκουσ αντοχής του πλοίου. Ως γάστρα (hull girder) θεωρείται μία απλή δοκός κάθετα φορτισμένη, γενικώς αποκαλούμενη ως γάστρα. Η δοκός συμπεριφέρεται ως μία αποκαλούμενη δοκός Timoshenko που σημαίνει ότι παραμορφώνεται από τις εξωτερικές φορτίσεις, κυρίως κάμψης και διάτμησης.

Στην κάμψη, θεωρείται δεδομένο ότι οι περιοχές του καταστρώματος μεταξύ των κυτών παραμένουν επίπεδες, απαραμόρφωτες και κάθετες στον ουδέτερο άξονα. Αυτή η υπόθεση

οδηγεί στην κανονική γραμμική διανομή των τάσεων κατά το ύψος της γάστρας. Οι επιπτώσεις των άλλων φορτίσεων εκτός της κάμψης, δηλαδή της διάτμησης και της στρέψης, οδηγούν σε καταστάσεις όπου οι περιοχές του καταστρώματος μεταξύ των κυτών δεν παραμένουν επίπεδες. Αλλά συνήθως οι επιπτώσεις τέτοιων φορτίσεων και αυτών από την κάμψη, θεωρούνται ανεξάρτητες και η συνολική απόκριση θεωρείται ότι αποτελείται μόνο από το άθροισμα των αποκρίσεων στις μεμονωμένες φορτίσεις. Μαζί με τη ροπή αδράνειας κατά το διάμηκες των περιοχών του καταστρώματος μεταξύ των κυτών, οι αποκρίσεις όπως ροπές κάμψης, δυνάμεις διάτμησης και παραμορφώσεις, μπορούν να καθοριστούν με τη χρήση της βασικής θεωρίας δοκού.

Οι υποθέσεις σχετικά με την εκτίμηση της διαμήκουσ αντοχής, είναι βασικές για το σχεδιαστή της κατασκευής κατά τη ρύθμιση της κατασκευαστικής ιδέας. Συγκεκριμένα, η υπόθεση ότι οι επίπεδες περιοχές του καταστρώματος μεταξύ των κυτών παραμένουν επίπεδες και απαραμόρφωτες υπό την επίδραση φόρτισης, δεν ισχύει πάντα. Σε μερικές περιπτώσεις, πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να εξασφαλιστεί ότι αυτή η υπόθεση ισχύει. Σε άλλες περιπτώσεις, η υπόθεση δεν ισχύει ποτέ και αυτό ενδέχεται να έχει επιπτώσεις στην διάταξη της κατασκευής.

Η υστέρηση διάτμησης και το ενεργό πλάτος του ελάσματος μπορούν να οδηγήσουν την συνολική κατανομή καμπτικών τάσεων να είναι διαφορετική από την αναμενόμενη, βασισμένη στη θεώρηση ότι η γάστρα του πλοίου είναι μία απλή δοκός. Αυτό ισχύει για όλα τα είδη των νέων μορφών γάστρας.

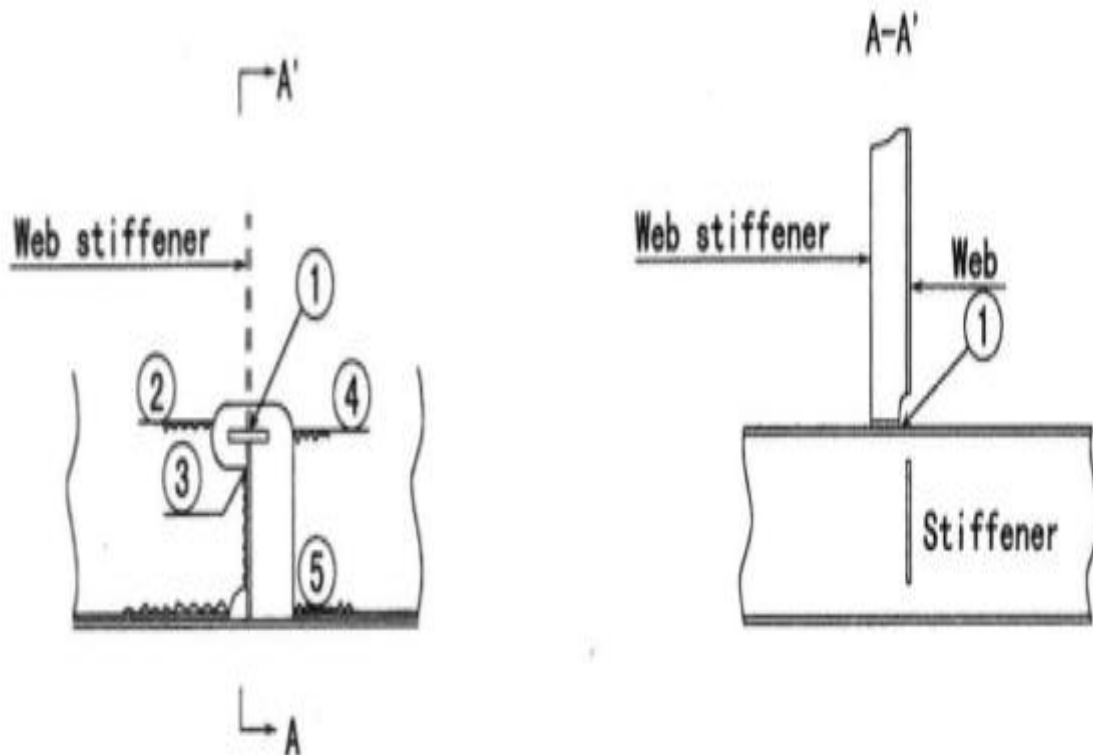
4.10. Τοπικός λυγισμός - Καμπτικές φορτίσεις

Σε όλες τις περιοχές του πλοίου που δέχονται θλιπτικές φορτίσεις, είτε σε συνδυασμό με άλλες φορτίσεις (κατανεμημένες, σημειακές ή διατμητικές) είτε, όχι μπορεί να παρουσιαστεί πρόβλημα αντοχής σε θλίψη.

Επομένως, πρέπει να ελέγχεται σε λυγισμό το μεγαλύτερο μέρος της κατασκευής, εκτός ορισμένων εξαιρέσεων (εγκάρσιες φρακτές και γενικά στοιχεία της κατασκευής που δέχονται εγκάρσιες φορτίσεις).

Επειδή η γεωμετρία των στοιχείων της κατασκευής είναι τέτοια που ο λυγισμός προκύπτει στην ελαστο-πλαστική περιοχή, η εμφάνιση τοπικού λυγισμού συνοδεύεται από τοπική κατάρρευση της κατασκευής (Εικόνες 4.7, 4.8). Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται τοπικός λυγισμός σε περιοχές όπου είχε προβλεφθεί σωστή διάταξη και διαστασιολόγηση, όμως λόγω

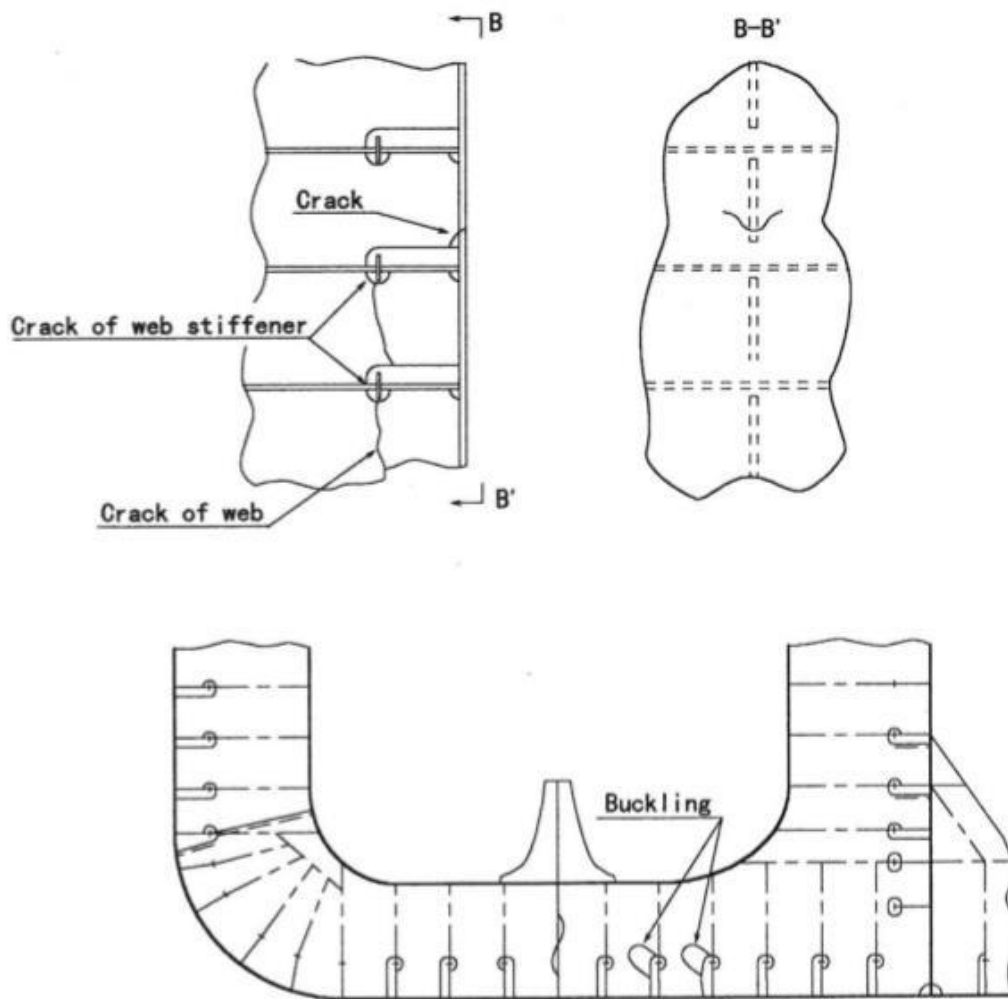
διάβρωσης ή κόπωσης προέκυψε ελάττωση του πάχους ή και της κρίσιμης τάσης λυγισμού, ακολούθησε τοπικός λυγισμός και κατά συνέπεια κατάρρευση.



Εικόνα 4.7 - Παραδείγματα ζημιάς στην περιοχή γύρω από τη σχισμή

Οι στατικές φορτίσεις που προκαλούν διαμήκη κάμψη προκαλούν σε τοπικό επίπεδο τοπικές στατικές φορτίσεις. Η συνισταμένη φόρτιση που ασκείται στον πυθμένα είναι η διαφορά της υδροστατικής πίεσης από το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου συν το βάρος της μεταλλικής κατασκευής συν το βάρος της μηχανής. Είναι σαφές ότι οι φορτίσεις αυτές προκαλούν κάμψη και όχι λυγισμό.

Η κάμψη ως φαινόμενο έχει ουσιαστικές διαφορές από τον λυγισμό, στη μορφή και κυρίως στην επίλυση των αντίστοιχων διαφορικών εξισώσεων. Η φυσική διαφορά των δύο έγκειται στο ότι η κάμψη χαρακτηρίζεται από βαθμιαίες μεταβολές, που στη γραμμική ελαστική περιοχή είναι ανάλογες του επιβαλλόμενου φορτίου.



Εικόνα 4.8 - Παραδείγματα ζημιάς στην περιοχή γύρω από τη σχισμή

Στο λυγισμό όμως, στις περισσότερες των περιπτώσεων, δηλαδή στις κατασκευές με μικρές αρχικές μετατοπίσεις, δεν παρατηρείται ουσιαστική μεταβολή στην μορφή της κατασκευής, μέχρις ότου το μέγεθος του φορτίου φθάσει κάποια κρίσιμη τιμή, το κρίσιμο φορτίο.

Όταν συμβεί αυτό, οι μετατοπίσεις εγκάρσια στον άξονα της φόρτισης αυξάνουν ραγδαία. Η συμπεριφορά της κατασκευής εξαρτάται από τη μορφή της, δηλαδή αν είναι κολόνα, έλασμα, περίβλημα και από τον τρόπο στήριξής της.

Η δράση μιας τοπικής καμπτικής φόρτισης στον πυθμένα του πλοίου προκαλεί κάμψη στο σύνολο της κατασκευής, περιλαμβανομένων και των διαδοκίδων του διπυθμένου αλλά και στο έλασμα που στηρίζεται στις διαδοκίδες αυτές. Στον πυθμένα δηλαδή, έχουμε υπέρθεση των δύο μορφών κάμψης, και για τον υπολογισμό των τάσεων πρέπει να προστεθούν διανυσματικά τα δύο εντατικά πεδία.

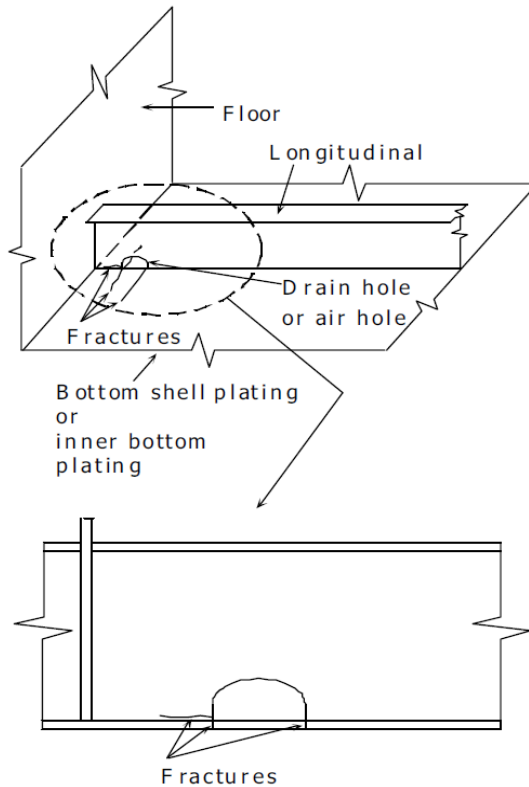
Γενικότερα, οι τάσεις οι οποίες οφείλονται στην απόκριση του πλοίου ως δοκού αναφέρονται ως πρωτεύουσες τάσεις, οι τάσεις που προέρχονται από την απόκριση των ενισχυμένων ελασμάτων φορτιζόμενων εγκάρσιως αναφέρονται ως δευτερεύουσες τάσεις και οι τάσεις που προέρχονται από την απόκριση των ελασμάτων μεταξύ των ενισχύσεων αναφέρονται ως τριτεύουσες τάσεις.

Η διάκριση αυτή που απλουστεύει την μελέτη της απόκρισης της ναυπηγικής κατασκευής, έχει ως αποτέλεσμα την μελέτη της απόκρισης μιας μορφής καταπόνησης αγνοώντας τις άλλες.

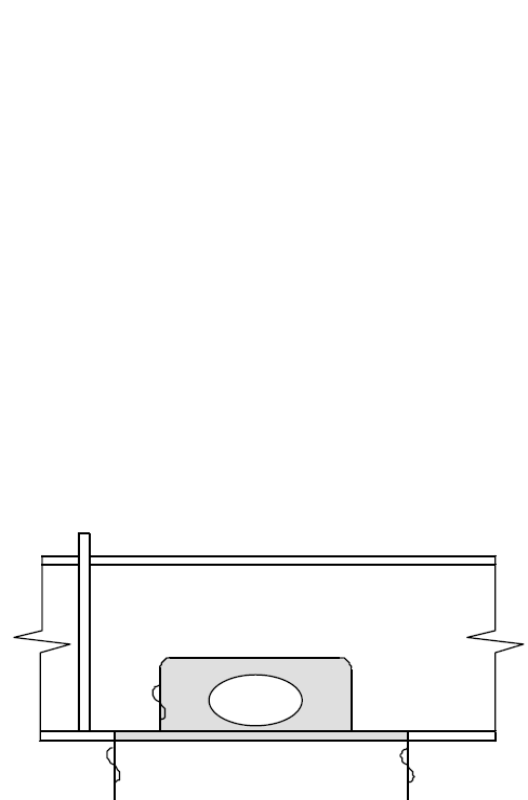
Η πρόσθεση των τριών τάσεων που προκύπτουν, όταν έχουν την ίδια διεύθυνση, δεν έχει θεωρητική βάση διότι οι κατανομές τους κατά το πάχος των ελασμάτων είναι διαφορετικές, δεν είναι σταθερές στο χρόνο και δεν έχουν την ίδια φάση. Οι προσεγγίσεις που γίνονται για τους υπολογισμούς των πρωτευουσών, των δευτερευουσών και των τριτευουσών τάσεων δίνουν αποτελέσματα διαφορετικής ακρίβειας.

Παρόλα αυτά, το άθροισμα των τριών μέγιστων τάσεων χρησιμοποιείται σε κάποιες περιπτώσεις για τον έλεγχο των τάσεων που αναπτύσσονται στη γάστρα.

Sketch of damage



Sketch of repair



Παράδειγμα ζημίας στα διαμήκη ενισχυτικά των διπύθμενων έρματος, λόγω συγκέντρωσης φόρτισης.

4.11. Θλιπτικές φορτίσεις των στοιχείων της κατασκευής

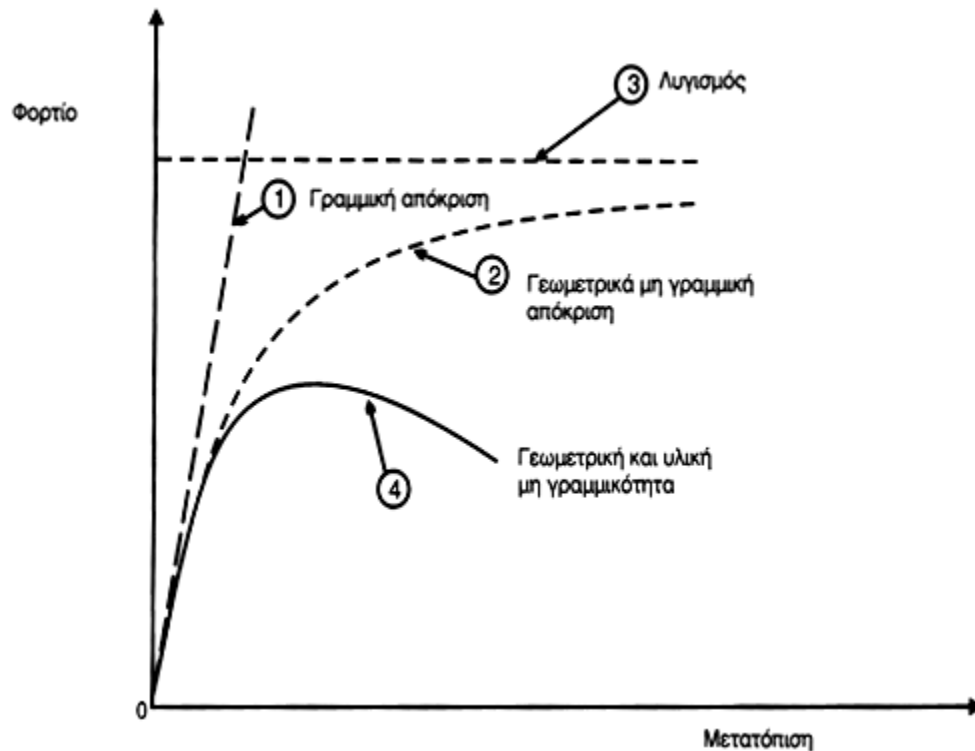
Οι εικόνες 4.9 και 4.10 περιγράφουν τη γενική συμπεριφορά των μεταλλικών κατασκευών όταν, ασκούνται εξωτερικές στατικές θλιπτικές φορτίσεις. Στην εικόνα 4.9 βλέπουμε ότι στο πρώτο στάδιο παρατηρείται γραμμική ελαστική απόκριση, δηλαδή η μετατόπιση είναι ανάλογη του μεγέθους της εξωτερικής φόρτισης. Η κάθε κατασκευή έχει τη δική της χαρακτηριστική ακαμψία, η οποία αναπαρίσταται με τη κλίση της καμπύλης. Έτσι οι πιο εύκαμπτες κατασκευές εμφανίζουν μικρότερη κλίση, ενώ οι πιο άκαμπτες (δύσκαμπτες) έχουν μεγαλύτερη κλίση.

Η συμπεριφορά της κατασκευής είναι δυνατόν να αλλάξει, εάν το φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο λυγισμού. Στην περίπτωση αυτή, η κλίση δηλαδή η ακαμψία της κατασκευής ελαττώνεται. Σε ορισμένες κατασκευές η κλίση μπορεί να παραμείνει θετική, σε άλλες μπορεί να γίνει ίση με μηδέν, ενώ σε άλλες μπορεί να λάβει και αρνητικές τιμές. Παράδειγμα των πρώτων είναι τα απλά ελάσματα που είναι σχετικά λεπτά, παράδειγμα των δεύτερων είναι οι τέλειες πρισματικές διατομές και των τρίτων οι πρισματικές διατομές με ατέλειες.

Στην εικόνα 4.9 εικονίζεται ως καμπύλη 3 η *μεταλυγισμική συμπεριφορά (post-buckling behavior)* με μηδενική ακαμψία. Κατασκευές που υπάγονται σε αυτή τη κατηγορία δεν έχουν τη δυνατότητα να παραλάβουν μεγαλύτερα φορτία στη μεταλυγισμική περιοχή.

Η καμπύλη 2 της εικόνας 4.9 αφορά τη συμπεριφορά κατασκευών με αρχικές ατέλειες. Όπως είναι αντιληπτό, οι πραγματικές κατασκευές έχουν κατασκευαστικές ατέλειες, καθώς επίσης και ατέλειες του υλικού.

Οι κατασκευαστικές ατέλειες αφορούν τις αποκλίσεις από την τέλεια μορφή είτε λόγω της διαδικασίας εξέλασης είτε λόγω συγκολλήσεων. Έτσι, η συμπεριφορά των πραγματικών κατασκευών αναμένεται να προσεγγίζει περισσότερο την καμπύλη 2 του σχήματος.



Εικόνα 4.9 - Επίδραση εξωτερικών φορτίσεων στη συμπεριφορά των όλκιμων υλικών

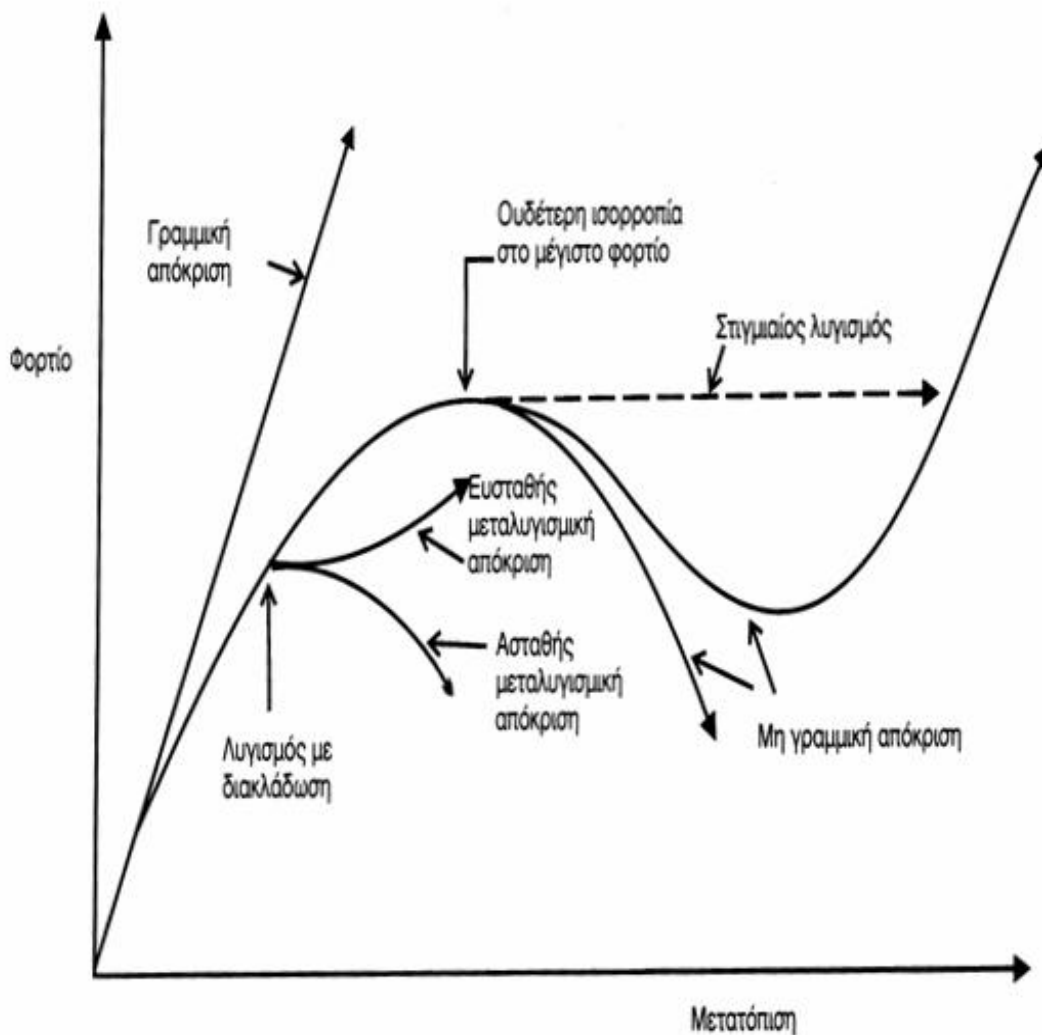
Ένας άλλος λόγος που οδηγεί στην απόκλιση από τη συμπεριφορά της τέλειαις πρισματικής διατομής είναι το ότι δε συμπίπτει ο άξονας επιβολής του φορτίου με το κεντροβαρικό άξονα της διατομής. Η εκκεντρότητα αυτή προκαλεί κάμψη της διατομής και πρόωρη αστοχία. Παράδειγμα τέτοιας απόκλισης είναι αυτή της διατομής με αρχικές γεωμετρικές ατέλειες, η οποία όμως έχει τέτοια γεωμετρία, ώστε να προκύπτει λυγισμός στην ελαστική περιοχή, προσεγγίζεται δηλαδή από την σχέση του *Euler*.

Στη συμπεριφορά της διατομής αυτής δεν υπεισέρχονται φαινόμενα πλαστικοποίησης και έτσι η προέκταση της καμπύλης θα πλησιάσει ασυμπτωτικά την οριζόντια ευθεία. Εάν όμως παρατηρηθεί πλαστικοποίηση σε κάποιο σημείο της κατασκευής, αυτό θα επηρεάσει τη συμπεριφορά της και θα προκύψει ελάττωση της κλίσης (αποφόρτιση) και κατάρρευση.

Στην εικόνα 4.10 εξετάζονται εκτενέστερα οι διάφορες αυτές περιπτώσεις. Παρατηρούμε ότι στο σχήμα έχει συμπεριληφθεί και η περίπτωση του *στιγμαίου λυγισμού* (*snap buckling*), φαινόμενο που προκύπτει όταν η κατασκευή αλλάζει μορφή κατά το λυγισμό. Επειδή η τιμή της τάσης λυγισμού μιας κατασκευής με αρχικές ατέλειες εξαρτάται και από τη μορφή των ατελειών αυτών, εάν η κατανομή τους δεν είναι αυτή που αντιστοιχεί με τη μικρότερη τιμή της τάσης του λυγισμού, τότε κατά την αστοχία της κατασκευής η μορφή που θα πάρει η

κατασκευή δε θα είναι αυτή που αντιστοιχεί στις αρχικές ατέλειες, αλλά αυτή που αντιστοιχεί στην ελάχιστη τάση λυγισμού.

Έτσι, παρατηρείται αλλαγή της μορφής (δηλαδή του αριθμού ημικυμάτων) της κατασκευής, που οδηγεί στην άμεση αύξηση των μετατοπίσεων για σταθερό φορτίο (διακεκομμένη γραμμή). Όταν δε η κατασκευή επανέλθει σε ευσταθή κατάσταση, τυχόν νέες αυξήσεις του φορτίου συνοδεύονται από συμπεριφορά ανάλογη με αυτήν της προλυγισμικής περιοχής.



Εικόνα 4.10 - Κατηγορίες απόκρισης κατασκευών σε εξωτερικές φορτίσεις

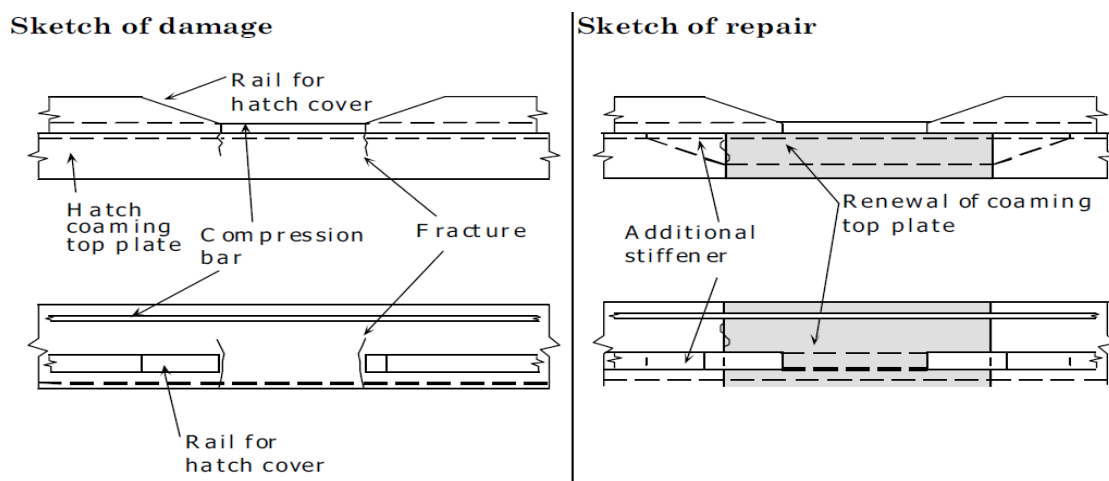
Στην εικόνα 4.10 περιλαμβάνονται και διάφορες περιπτώσεις λυγισμού που συνοδεύονται από διακλάδωση (*bifurcation*). Σε μία από αυτές έχουμε ευσταθή μεταλυγισμική συμπεριφορά, δηλαδή η κατασκευή είναι σε μια θέση να παραλάβει φορτίσεις και στη μεταλυγισμική περιοχή, εφόσον δεν έχει προκύψει κατάρρευση.

Παράδειγμα τέτοιας κατασκευής είναι το απλό έλασμα που φέρει μονοαξονικό θλιπτικό φορτίο. Όμως εάν σε μία κατασκευή ο λυγισμός συνοδεύεται από κατάρρευση (π.χ. πρισματική διατομή-καμπύλη 4, εικόνα 4.9), τότε η απόκριση είναι αυτής της τελευταίας καμπύλης του σχήματος. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι όταν τα στοιχεία της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου παραλαμβάνουν θλιπτικές φορτίσεις, υπάρχουν πολλοί δυνατοί τρόποι απόκρισης, ορισμένοι από τους οποίους μπορεί να έχουν πολύ δυσάρεστα αποτελέσματα, ενώ άλλοι λιγότερο.

Η συμπεριφορά των διαφόρων στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου θα εξαρτηθεί από τη γεωμετρία, τον τρόπο φόρτισης και τον τρόπο στήριξής τους. Έτσι, τα στοιχεία που φέρουν θλιπτικές φορτίσεις σε γενικές γραμμές συμπεριφέρονται όπως οι κολόνες και οι δοκοί-κολόνες ή όπως τα ελάσματα και τα ενισχυμένα ελάσματα. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην απόκριση αυτών των κατασκευών οι οποίες επηρεάζουν τη συμπεριφορά γενικότερα και μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να προκαλέσουν την κατάρρευση της κατασκευής.

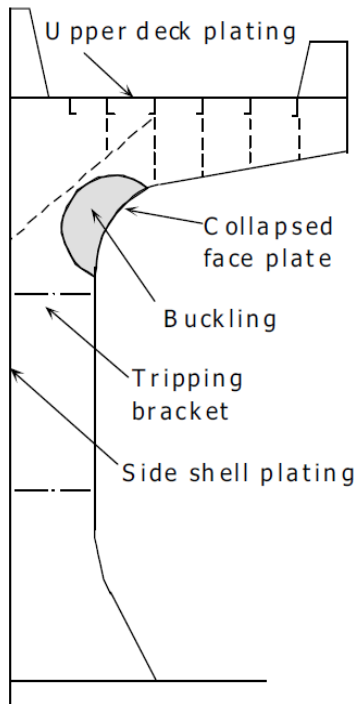
Γενικά όλοι οι φορείς που φέρουν θλιπτικές φορτίσεις σε ναυπηγικές κατασκευές έχουν πρισματική μορφή, η οποία είναι μία κανονική γεωμετρική μορφή που παραμένει αμετάβλητη σε όλο το μήκος της. Έτσι, μπορούμε να διακρίνουμε τους φορείς ανάλογα με τη συμπεριφορά τους ή με τον τρόπο φόρτισής τους. Οι φορείς που καταρρέουν στη μεταλυγισμική περιοχή γενικά μπορούν να προσομοιωθούν με κολόνες, δοκούς-κολόνες ή ενισχυμένα ελάσματα, ενώ αυτοί που δεν καταρρέουν συμπεριφέρονται ως απλά ελάσματα.

Παρακάτω παρατίθενται διάφορα παραδείγματα ζημιών λόγω φόρτισης:

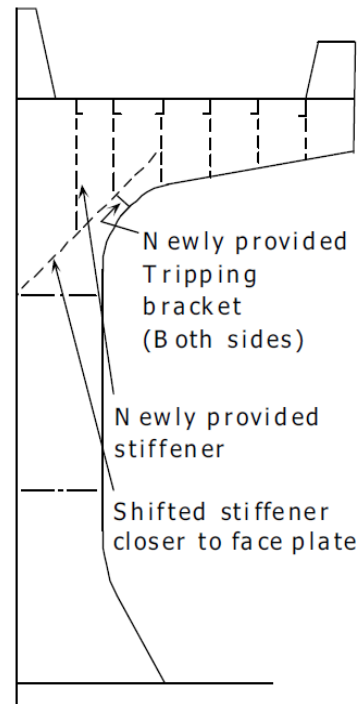


Παράδειγμα ζημίας στον ‘‘σιδηρόδρομο’’ των καπακίων των αμπαριών λόγω συγκέντρωσης φόρτισης στο τέλος της διαδρομής του σιδηρόδρομου.

Sketch of damage

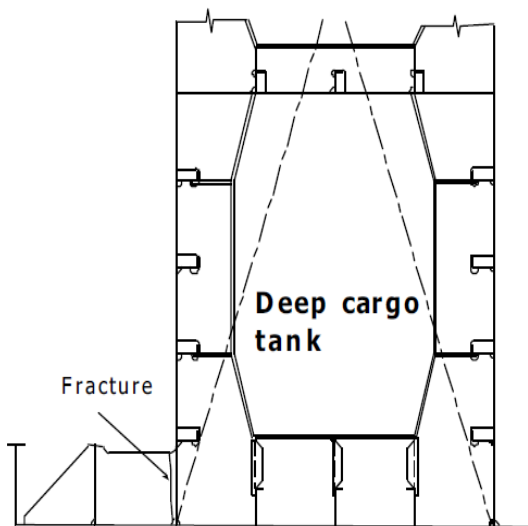


Sketch of repair

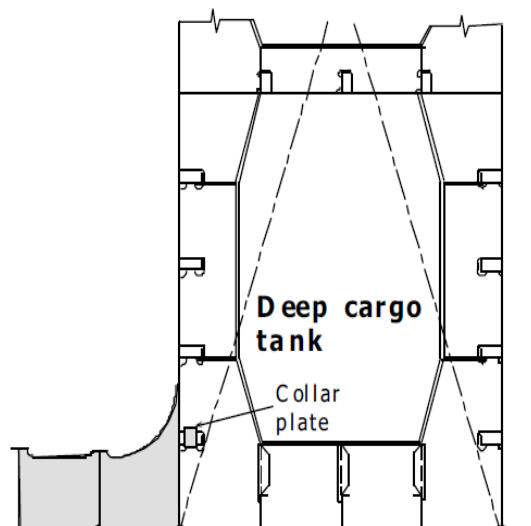


Παράδειγμα ζημίας λόγω υπερφόρτωσης ή εκτενούς διάβρωσης ή ακατάλληλων ενισχυτικών.

Sketch of damage

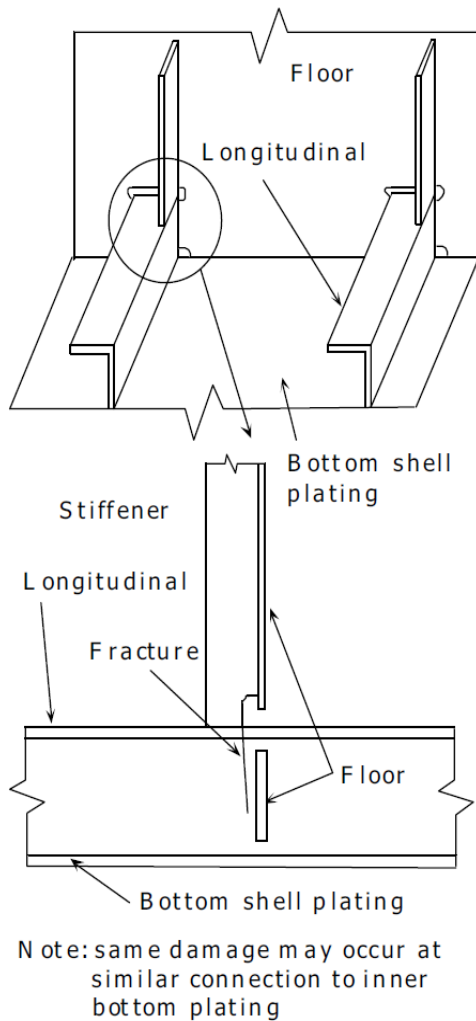


Sketch of repair

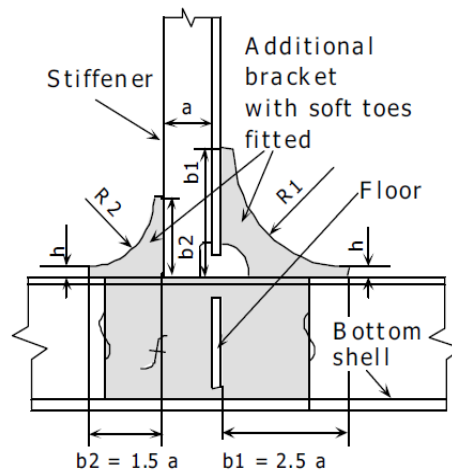


Ζημιά που προέρχεται από συγκέντρωση φόρτισης-πίεσης στο αμπάρι φορτίου που οδηγεί σε ‘κάταγμα κόπωσης’ στο ‘side shell’.

Sketch of damage



Sketch of repair

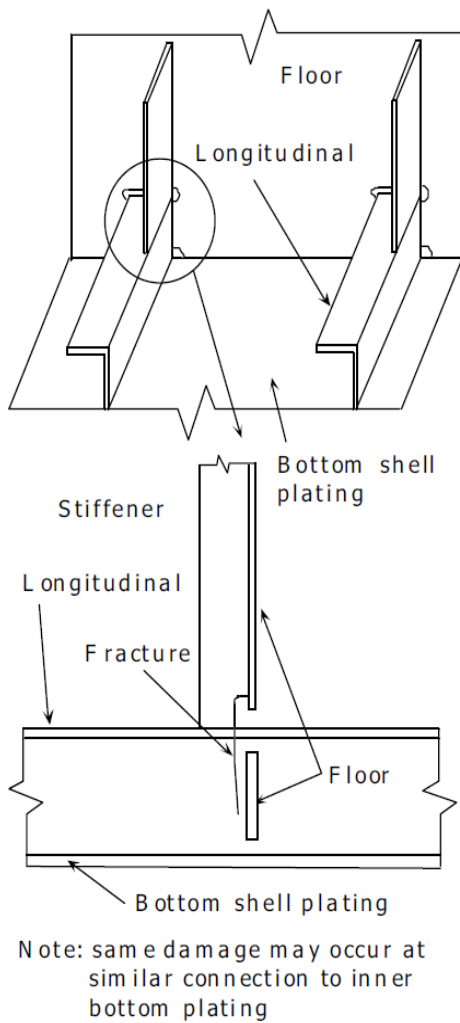


f: Where required, the longitudinal to be cropped and part renewed

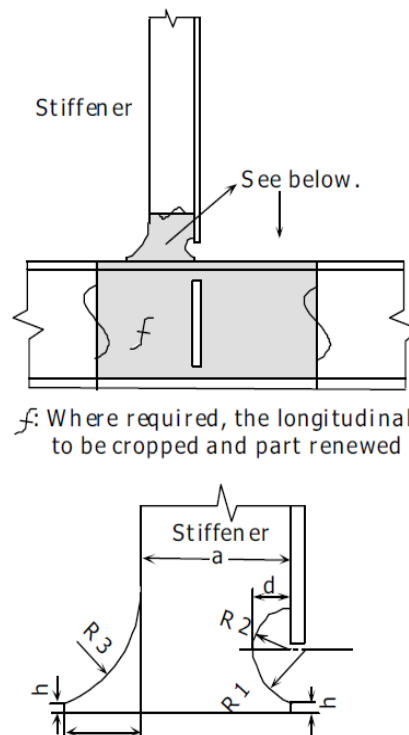
1. For a slope at toes max. 1 : 3, $R_1 = (b_1 - h) \times 1.6$ and $R_2 = (b_2 - h) \times 1.6$
2. Soft toe bracket to be welded first to longitudinal
3. Scallop in bracket to be as small as possible, recommended max. 35 mm
4. If toes of brackets are ground smooth, full penetration welds in way to be provided
5. Maximum length to thickness ratio = 50 : 1 for unstiffened bracket edge
6. Toe height, *h*, to be as small as possible (10- 15 mm)

Παράδειγμα ζημιάς στα διαμήκη ενισχυτικά των διπύθμενων έρματος, λόγω συγκέντρωσης φόρτισης.

Sketch of damage



Sketch of repair

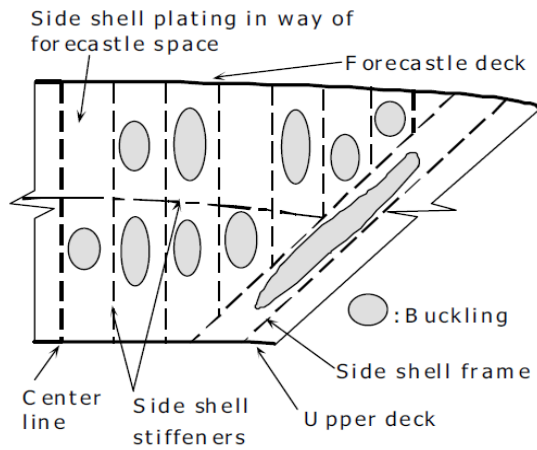


Various cut-out shapes have been developed. The following is one example.

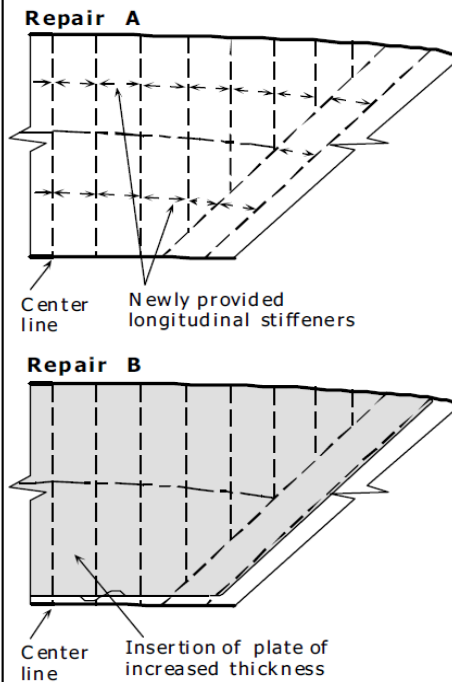
1. Toe height as small as possible (h = 10 - 15 mm)
2. Depth "d" of key hole notch as small as possible, max. 30 mm
3. For a slope at toe max. 1 : 3
4. R₁ = 1.5d, R₂ = d and R₃ = 1.5c

Παράδειγμα ζημιάς στα διαμήκη ενισχυτικά των διπύθμενων έρματος, λόγω συγκέντρωσης φόρτισης.

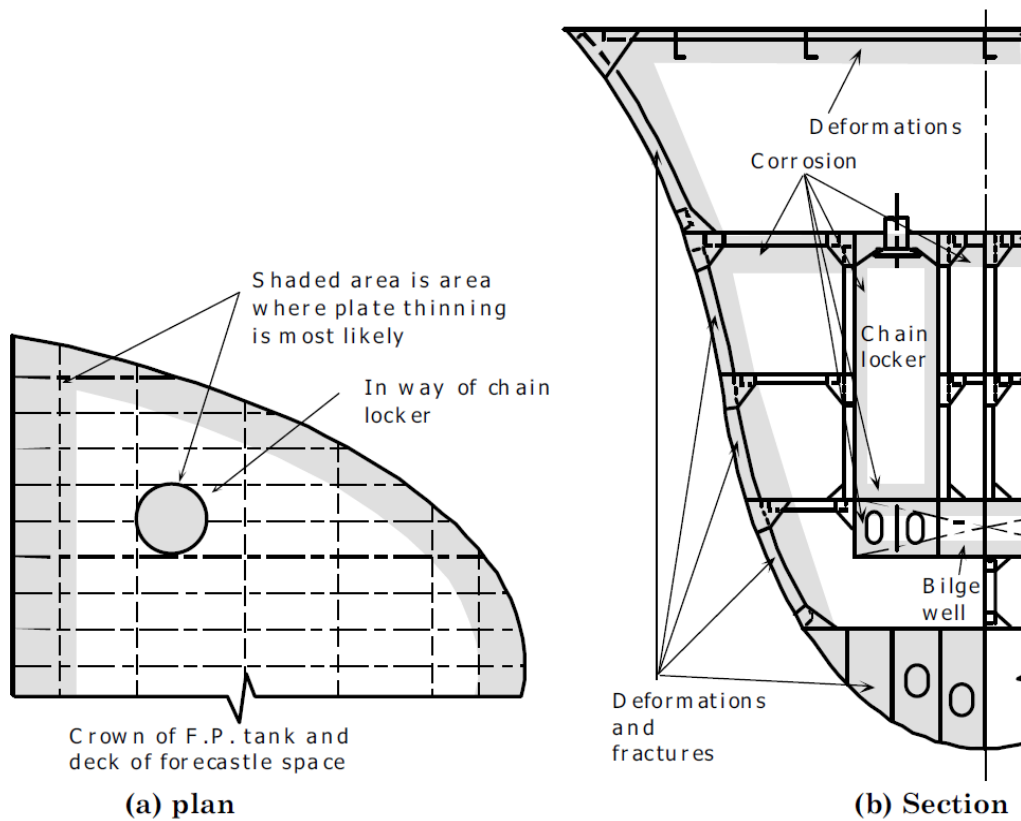
Sketch of damage



Sketch of repair

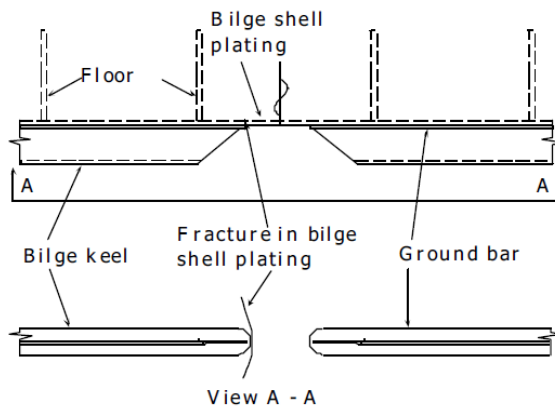


Παράδειγμα ζημιάς σε Forepeak και Afterpeak.

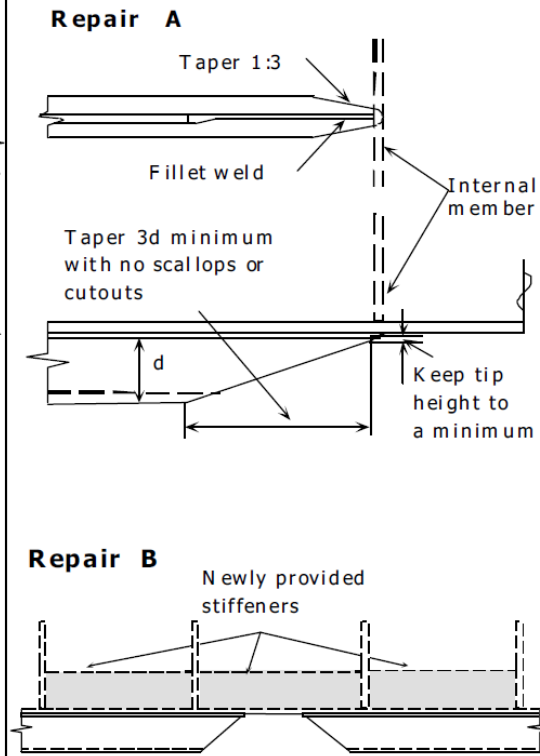


Παράδειγμα ζημιάς σε Forepeak και Afterpeak.

Sketch of damage



Sketch of repair



Παράδειγμα ζημιάς σε διπύθμενο έρματος λόγω υπερβολικής φόρτισης η οποία δημιουργήθηκε λόγω κακής σχεδίασης.

Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι

4^ο Κεφαλαίου:

- 1) «Η Μεταλλική Κατασκευή του Πλοίου, Θέματα Τοπικής Αντοχής», Πέτρος Α. Καρύδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα 2000
- 2) «Αντοχή Πλοίου Ι», Σημειώσεις, Μ. Σαμουηλίδης, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα 1995
- 3) Ship design & Construction, Volume 2, The Society Naval Architects & Marine Engineers
- 4) «Επιθεώρηση, Συντήρηση και Επισκευή της Μεταλλικής Κατασκευής του Πλοίου», Πέτρος Α. Καρύδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2002.
- 5) «Βασική Θεωρία Πλοίου, 1ος Τόμος», Κ. J. Rawson & E. C. Tupper, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- 6) «Επιστήμη και Τεχνολογία των Μεταλλικών Υλικών», Δ. Ι. Παντελής, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π., Γ. Δ. Χρυσουλάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π., Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1996
- 7) <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1407993358845813/Rec%2055%20IACS.pdf>
f - Guidelines For Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
- 8) <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-SHIP/2015-10/DNVGL-RU-SHIP-Pt5Ch1.pdf>

5. Μεταλλικός εξοπλισμός πλοίου γενικού φορτίου

5.1. Καλύμματα στομίων

5.1.1. Λειτουργία των καλυμμάτων στομίων κύτους

Τα καλύμματα των στομίων των κυτών έχουν ιδιαίτερο ρόλο στη λειτουργία του πλοίου γενικού φορτίου, αφού είναι μια ακόμη παράμετρος στην γενική απόδοση του πλοίου. Ο ρόλος των καλυμμάτων προσδιορίζεται στην διαχείριση των φορτίων και στην ασφαλή κάλυψη των στομίων των κυτών. Οπότε οι απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν είναι η εξοικονόμηση χρόνου κατά τον χειρισμό των φορτίων, η αντοχή τους για την πλήρωση του χώρου καταστρώματος με φορτίο και η υδατοστεγής κάλυψη του κύτους.

Για την εξοικονόμηση χρόνου της φορτοεκφόρτωσης τα στόμια κατασκευάζονται όσο το δυνατόν μεγαλύτερα ώστε να εκτίθεται μεγαλύτερη ελεύθερη επιφάνεια. Έτσι το φορτίο ανυψώνεται και μετακινείται μέσα ή έξω από το πλοίο με την μικρότερη οριζόντια μετατόπιση από τη θέση στοιβασίας του. Παράλληλα δημιουργείται επιπλέον χώρος στο κατάστρωμα για εμπορευματοκιβώτια, ξυλεία ή άλλα ογκώδη φορτία.

5.1.2. Ενίσχυση της κατασκευής του πλοίου για την τοποθέτηση των καλυμμάτων κύτους

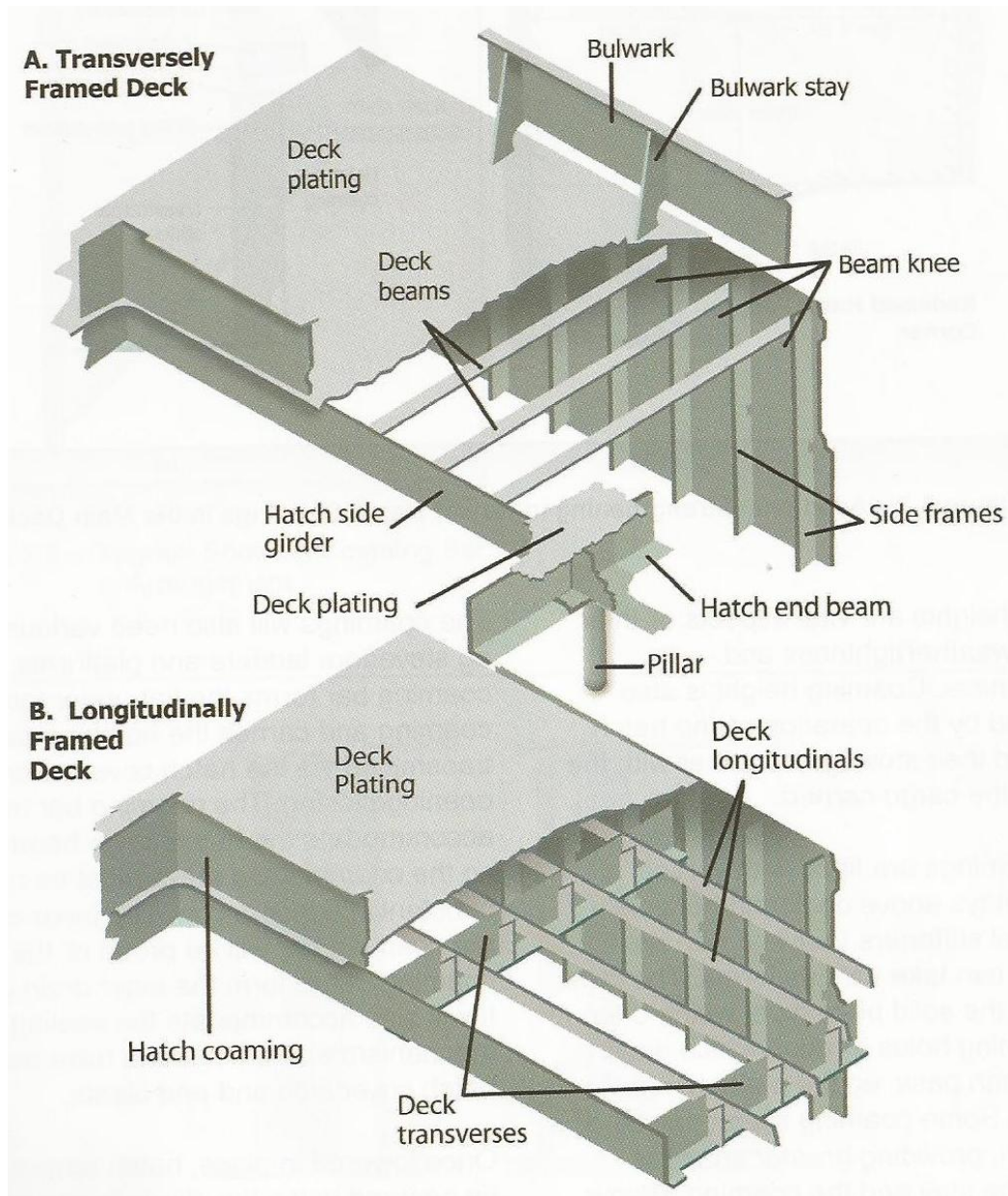
Για να μπορεί το φορτίο να τοποθετηθεί στο κύτος του πλοίου, ένα κομμάτι από το κύριο κατάστρωμα θα πρέπει να αφαιρεθεί ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο άνοιγμα για τα φορτία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της αντοχής του πλοίου, η οποία θα πρέπει να αντικατασταθεί με πρόσθετη ακαμψία και ενίσχυση. Αυτή η ενίσχυση πραγματοποιείται με κατακόρυφα προεξέχοντα άκρα περιμετρικά του ανοίγματος, το κουβούσι, καθώς και με πρόσθετους δοκούς κάτω από το κυρίως κατάστρωμα. Τα ανοίγματα των κυτών υπόκεινται σε διαμήκη και εγκάρσια παραμόρφωση. Η διαμήκης παραμόρφωση προκαλείται λόγω των δυνάμεων κάμψεως (sagging & hogging) και εξαρτάται από το μήκος του ανοίγματος-κενού του στομίου. Η αντιστάθμιση σε αυτή τη περίπτωση γίνεται με την τοποθέτηση παρεμβύσματος με αρκετό πλάτος όπου το ελαστικό απορροφά τη σχετική κίνηση των ράβδων συμπίεσεως στο περίβλημα του στομίου καθώς το πλοίο υπόκειται στις δυνάμεις κάμψεως.

Τα ανοίγματα αυτά έχουν συνήθως ορθογωνική διατομή με στρογγυλεμένες γωνίες για να αποφεύγεται η δημιουργία συγκεντρώσεως τάσεων. Γενικά ένα άνοιγμα κύτους περιλαμβάνει το άνοιγμα (κενό), το κουβούσι - κατώφλι γύρω απ' αυτό (όπου υπάρχει) και το κάλυμμα.

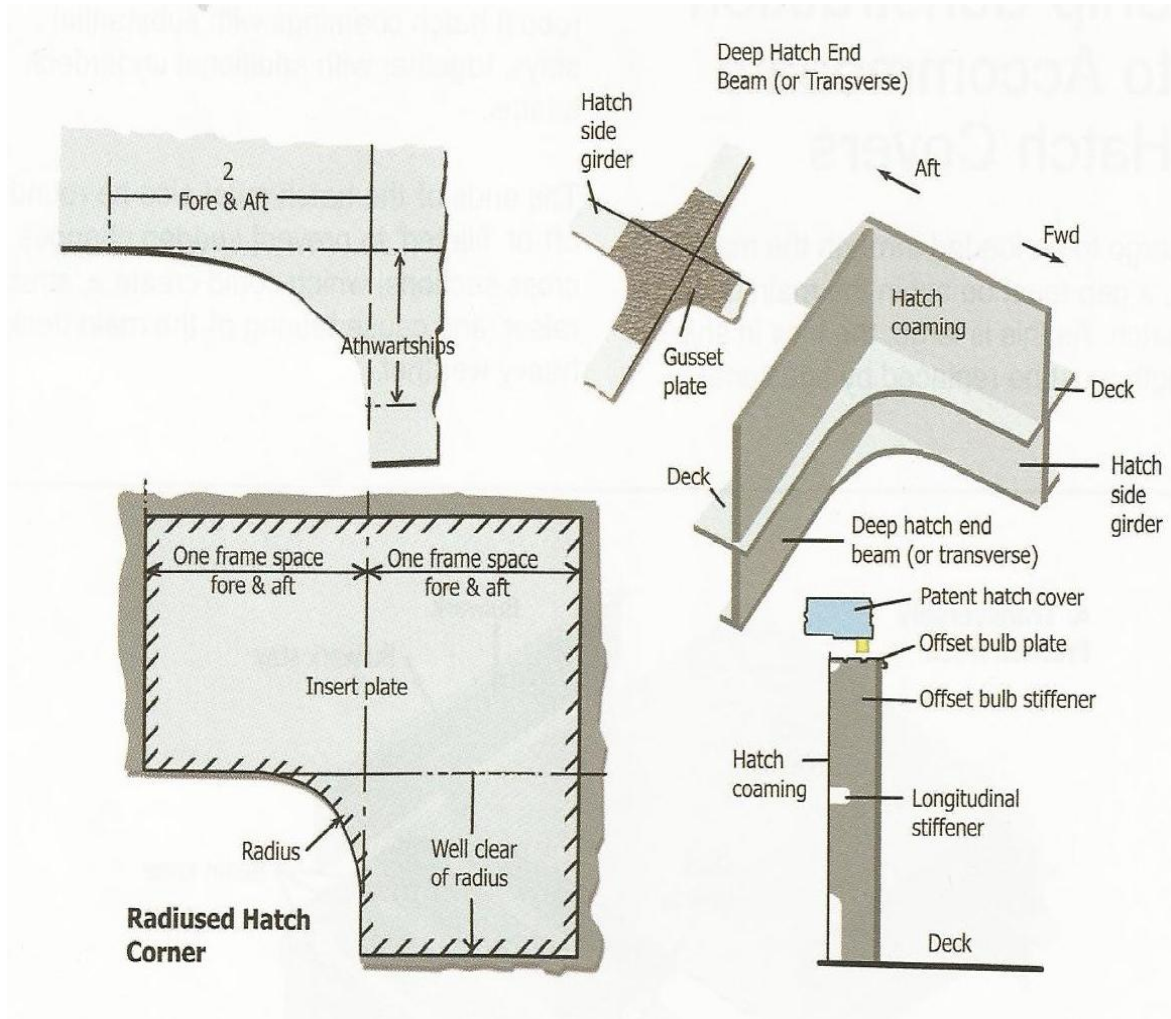
Το ύψος του κατωφλίου αυτού (κουβούσι) είναι καθοριστικής σημασίας για την αντοχή, την υδατοστεγή και καιροστεγή ικανότητα του ανοίγματος. Επίσης το ύψος του παραπετάσματος καθορίζεται από τη λειτουργία του καλύμματος και τη φύση του φορτίου που θα μεταφερθεί.

Στα κουβούσι προσαρμόζονται κάθετα στηρίγματα πάνω από το κατάστρωμα και οριζόντια διαμήκη ενισχυτικά για να ενισχύσουν την ακαμψία. Τα στηρίγματα αυτά μπορεί να έχουν διάφορες μορφές, με τη συνηθέστερη να είναι τύπος στερεού ελάσματος με διαμπερείς οπές για την είσοδο σωληνώσεων είτε για πυρόσβεση είτε υδραυλικής χρήσης. Κάτω από το κατάστρωμα υπάρχουν υποστηρίγματα, τα οποία ενισχύουν την κατασκευή με την επέκτασή του.

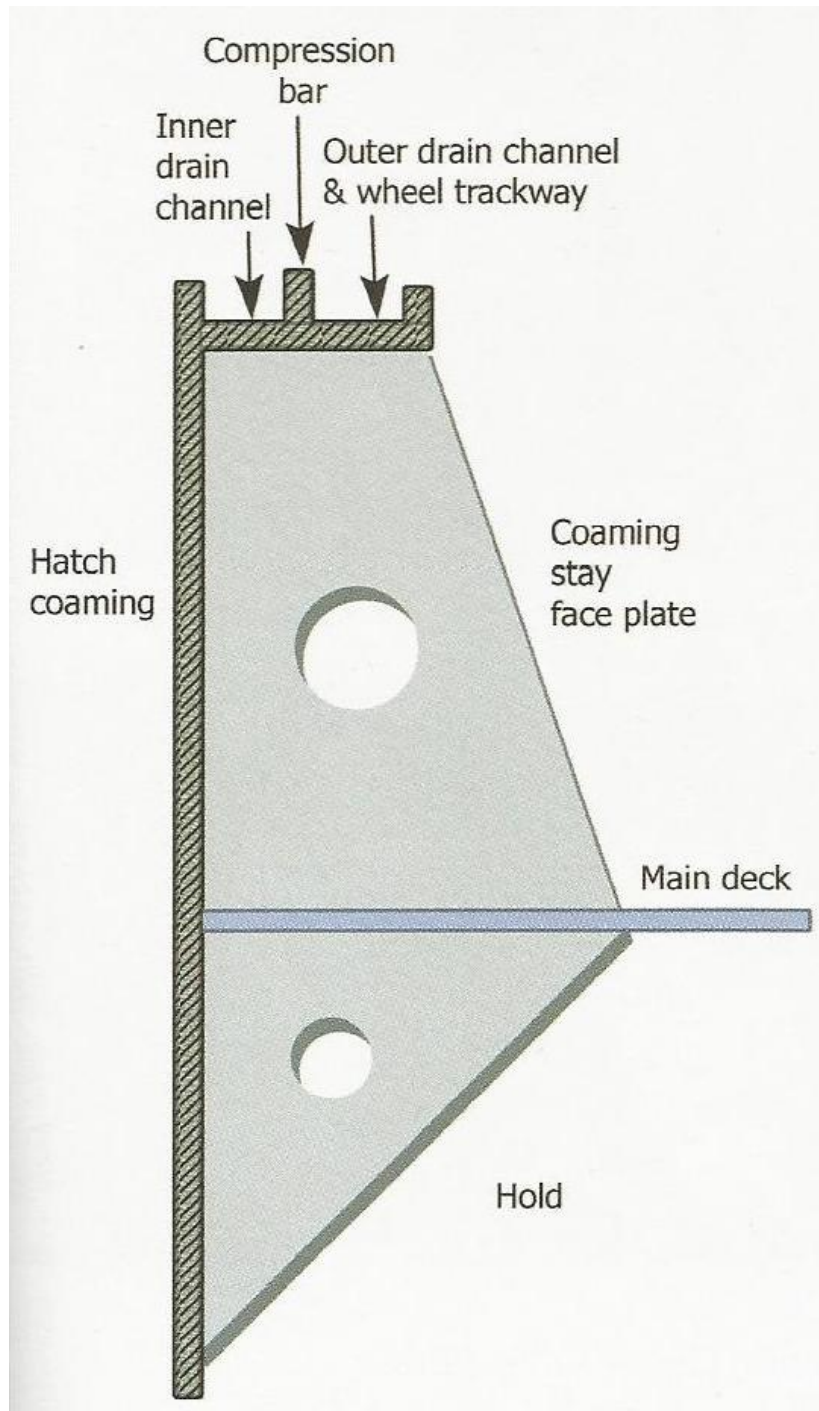
Στο πάνω άκρο του κουβουσιού προεκτείνεται η επίπεδη μπάρα, όπου είναι επιφορτισμένη με το βάρος του καλύμματος, το οποίο μεταφέρεται από τα ρολά κύλισης όταν ανοίγει και κλείνει το καπάκι. Ακόμα η εσωτερική πλευρά της μπάρας του παραπετάσματος έχει κανάλι διοχέτευσης των εσωτερικών υδάτων από τη μία πλευρά και των εξωτερικών από την άλλη. Στη μπάρα αυτή βρίσκεται και ο μηχανισμός σφράγισης του καλύμματος. Κατά το κλείσιμο του καλύμματος θα πρέπει να τοποθετούνται οι σφήνες για την αποφυγή διαρροής, όπως και συστήματα αποχέτευσης που συλλέγουν από τις υδρορροές τα νερά, αποτρέποντας την εισροή υδάτων στο κύτος.



Εικόνα 5.1 - Ενίσχυση εγκάρσια (A) και διαμήκης (B) του κυρίου καταστρώματος για την υποδοχή των καλυμμάτων κύτους



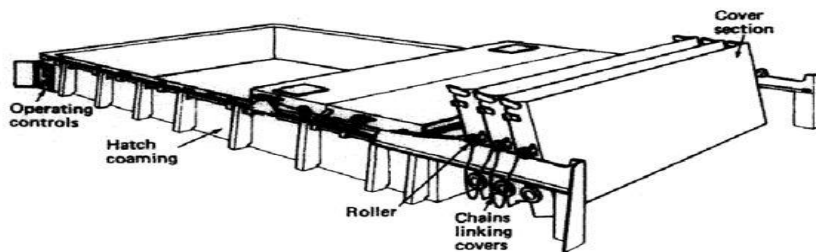
Εικόνα 5.2 - Επιπρόσθετη ενίσχυση περιμετρικά του ανοίγματος του κύτους στο κύριο κατάστρωμα



Εικόνα 5.3 - Τομή της δοκού του κουβουσίου, που απεικονίζει τη διάταξη των στοιχείων της



Εικόνα 5.4 - Άνοιγμα στομίου κύτους



Εικόνα 5.5 – Σκαρίφημα με το κουβούσι - κατώφλι του στομίου και αναδιπλούμενο κάλυμμα

5.1.2.1. Συγκέντρωση τάσεων λόγω ασυνέχειας

Στην περιοχή των μεγάλων ανοιγμάτων του καταστρώματος που είναι απαραίτητα για τη φόρτωση των αμπαριών, δημιουργείται μία ασυνέχεια της διατομής. Η ασυνέχεια αυτή της διατομής δημιουργεί όπως και σε άλλες περιοχές του πλοίου που έχουμε τέτοιες ασυνέχειες

τοπική αύξηση των καταπονήσεων όπου ονομάζεται συγκέντρωση τάσεων. Η συγκέντρωση τάσεων σε συνδυασμό με την εναλλασσόμενη καταπόνηση που υπάρχει στο κατάστρωμα, ιδιαίτερα όταν υπάρχει χαμηλή θερμοκρασία μπορεί να δημιουργήσει ρωγμές στο χάλυβα ή στις συγκολλήσεις. Για το λόγο αυτό στη περιοχή των ανοιγμάτων των κυτών πρέπει να υπάρχει πρόσθετη ενίσχυση.

5.1.3. Είδη καλυμμάτων κύτους

Κατά τη διάρκεια του 1920 η ανάγκη για την υδατοστεγή κάλυψη των ανοιγμάτων των κυτών ήταν μεγάλη, καθότι εκείνο τον καιρό υπήρχαν μόνο τα ξύλινα καλύμματα τα οποία είχαν πολλά μειονεκτήματα. Έτσι ο μηχανικός Robert Mac Gregor σχεδίασε το πρώτο μεταλλικό κάλυμμα. Ο σχεδιασμός του ήταν απόλυτα απλός, απαρτιζόταν από πέντε φύλλα αρθρωτών μεταλλικών καλυμμάτων τα οποία κατά το άνοιγμά τους στοιβάζονταν τακτοποιημένα στην άκρη του ανοίγματος.

Πλέον υπάρχει μεγάλη ποικιλία μεταλλικών καλυμμάτων κυτών που λειτουργούν με συρματόσχοινα ή αλυσίδες, ηλεκτρικά ή υδραυλικά για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες διαφόρων τύπων και μεγεθών πλοίων. Αυτού του είδους τα καλύμματα είναι κατασκευασμένα από χάλυβα με ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος 6mm. Ως προς τον τρόπο ανοίγματος υπάρχουν καλύμματα απλής έλξεως, πτυσσόμενα, κυλιόμενα, ανυψούμενα και κυλιόμενα, ολισθαίνοντα ή ποντόνια. Υπάρχουν καλύμματα για το κύριο κατάστρωμα ή τα υποφράγματα, με μονό ή διπλό έλασμα. Όλα τα μεταλλικά καλύμματα λειτουργούν μηχανικά με ηλεκτρική ή υδραυλική ισχύ και έχουν γενικά τη δυνατότητα λειτουργίας σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης λόγω βλάβης του κύριου μηχανισμού λειτουργίας. Με αυτόν τον τρόπο ανοίγματος και κλεισίματος του κύτους, μειώνεται ο χρόνος και είναι περίπου 1 έως 2 λεπτά. Επιπλέον η όλη διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί από ένα και μόνο άτομο του πληρώματος. Τα μεταλλικά καλύμματα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις των κανονισμών της Διεθνούς Συμβάσεως περί Γραμμών Φόρτωσης 1966, ως προς την αντοχή της κατασκευής τους, την υδατοστεγή και καιροστεγή ικανότητα και τον τρόπο σφραγίσεως τους. Ο σχεδιασμός τους επιτρέπει το μέγιστο ελεύθερο χώρο για εργασίες χειρισμού των φορτίων, όταν το στόμιο του κύτους είναι ανοιχτό και την αντοχή σε πλήρες φορτίο καταστρώματος επάνω από τα καλύμματα, όταν αυτά είναι κλειστά.

5.1.3.1. Καλύμματα στομίων για πλοία γενικού φορτίου

Ο αριθμός των πλοίων γενικού φορτίου έχει μειωθεί αισθητά σε σχέση με το παρελθόν αφού τα ποικίλα φορτία που μετέφερε παλιότερα, πλέον εξυπηρετούνται από εμπορευματοκιβώτια. Έτσι το πλοίο αυτό αναλαμβάνει πλέον όποιο φορτίο δεν μπορεί να τοποθετηθεί σε εμπορευματοκιβώτιο, όπως τα υπέρβαρα φορτία, τα προϊόντα που πρέπει να φορτωθούν μεμονωμένα (break bulk) ή διάφορες διατάξεις εμπορευμάτων με ακανόνιστο σχήμα και μεγάλο μέγεθος αλλά και εμπορευματοκιβώτια με σχετικά μικρή ικανότητα φόρτωσης.

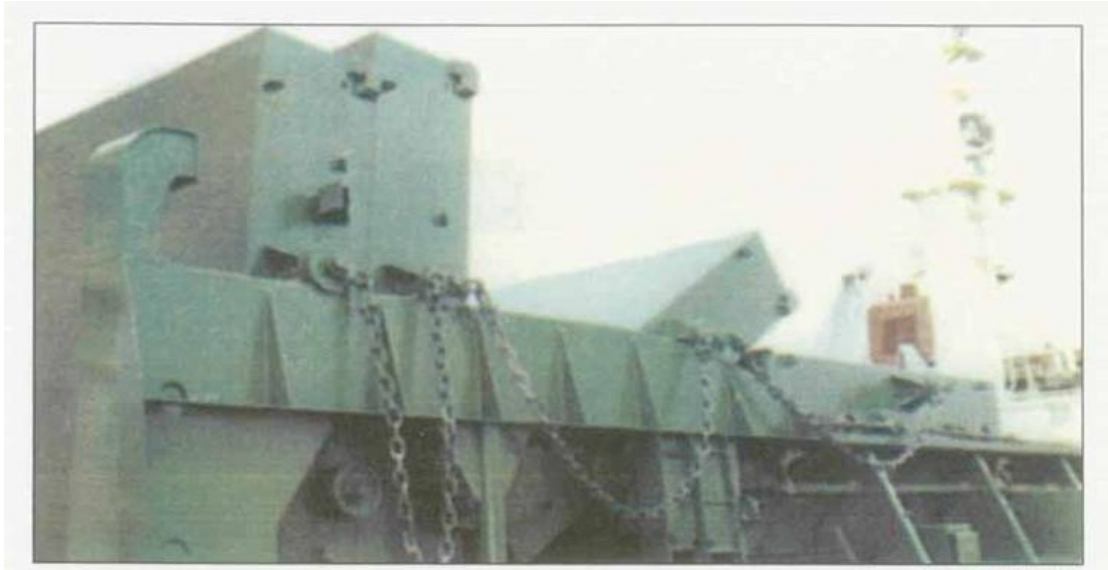
Αυτά τα φορτία τα μεταφέρει στα κύτη, στο κατάστρωμα και πάνω στα καλύμματα των κυτών. Συνεπώς τα καπάκια των στομίων θα πρέπει να έχουν επάρκεια αντοχής ώστε να μπορεί επιφορτιστεί με τα βάρη των εμπορευμάτων. Έτσι για να μπορεί να είναι λειτουργικό πρέπει να είναι εφοδιασμένο με καλύμματα στομίων σχεδιασμένα για μεγάλα βάρη, να έχουν ικανότητα καιροστεγανότητας και να αποτρέπουν την εμφάνιση υγρασίας στο κύτος. Η επιλογή του καλύμματος στο ανώτερο κατάστρωμα όπως και στα ενδιάμεσα θα πρέπει να λαμβάνει αρχικά υπ' όψιν τη διάταξη του κύτους και τις διαστάσεις του. Η ευελιξία καθώς και η ευκολία της λειτουργίας των εργασιών σε αυτό το τμήμα του πλοίου είναι επίσης παράγοντας που προσδιορίζει την επιλογή του καλύμματος του κύτους. Ακόμα η επένδυση για τα καλύμματα αλλά και το κόστος λειτουργίας που θα έχει κατά τη διάρκεια της χρήσης τους είναι καθοριστικής σημασίας.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας δίνει πληθώρα επιλογών για καλύμματα στομίων και δημιουργίας καταστρωμάτων, αλλά η επιλογή τους κρίνεται από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν. Στα πλοία γενικού φορτίου προτιμάται, όταν η χρήση τους έχει μια υψηλότερη προτεραιότητα στα εμπορευματοκιβώτια, να επιλέγονται καλύμματα ποντόνια ή καλύμματα στοιβασίας. Αυτές οι επιλογές έχουν την απαίτηση να υπάρχει διαθεσιμότητα σε κατάλληλες συσκευές χειρισμού, κάτι που λόγω της φύσης της ανεξαρτησίας που σχεδιάζεται από την αρχή να έχει το πλοίο γενικού φορτίου, δεν αποτελεί πρόβλημα. Σε άλλες περιπτώσεις που το πλοίο γενικού φορτίου εστιάζει περισσότερο στην ευελιξία της χρήσης του, υπάρχει μια τάση να εφοδιάζεται με πτυσσόμενα καλύμματα.

5.1.3.2. Μεταλλικό κάλυμμα κύτους απλής έλξεως

Είναι το συνηθέστερο από όλους τους τύπους καλυμμάτων. Αποτελείται από αριθμό στενών τμημάτων, που καλύπτουν όλο το στόμιο του κύτους (κουβούσι) και συνδέονται

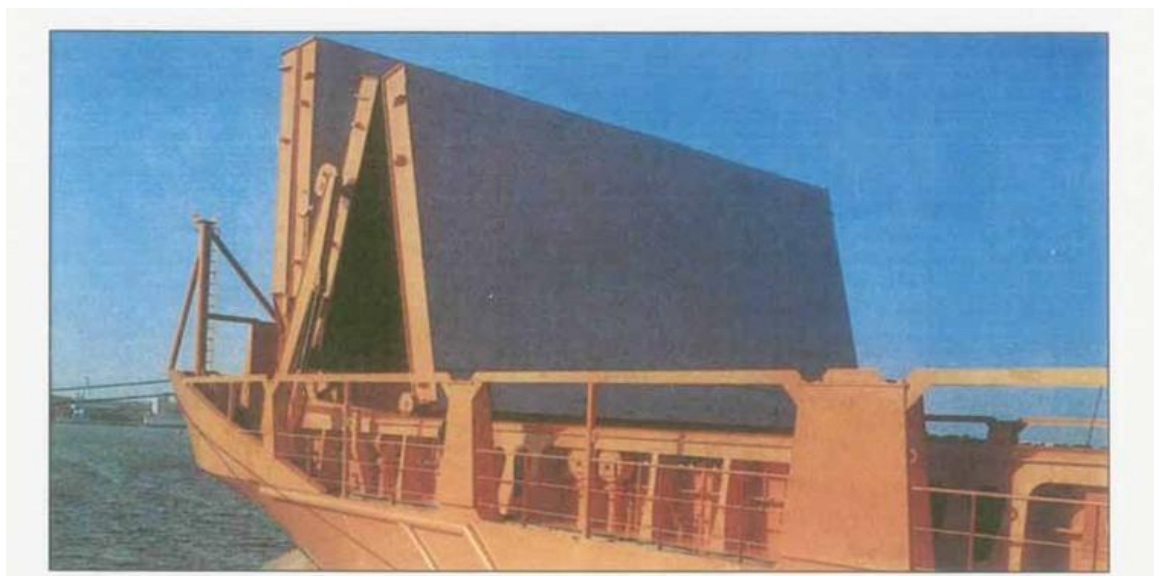
μεταξύ τους με αλυσίδες συνήθως ή με συρματόσχοινο. Τοποθετούνται στο κύριο κατάστρωμα αλλά κάποιες φορές και στα υποφράγματα, όταν απαιτείται επίπεδη επιφάνεια για την κίνηση παρενοφόρων οχημάτων.



Εικόνα 5.6 - Μεταλλικό κάλυμμα απλής έλξεως

5.1.3.3. Πτυσσόμενα καλύμματα (Folding covers)

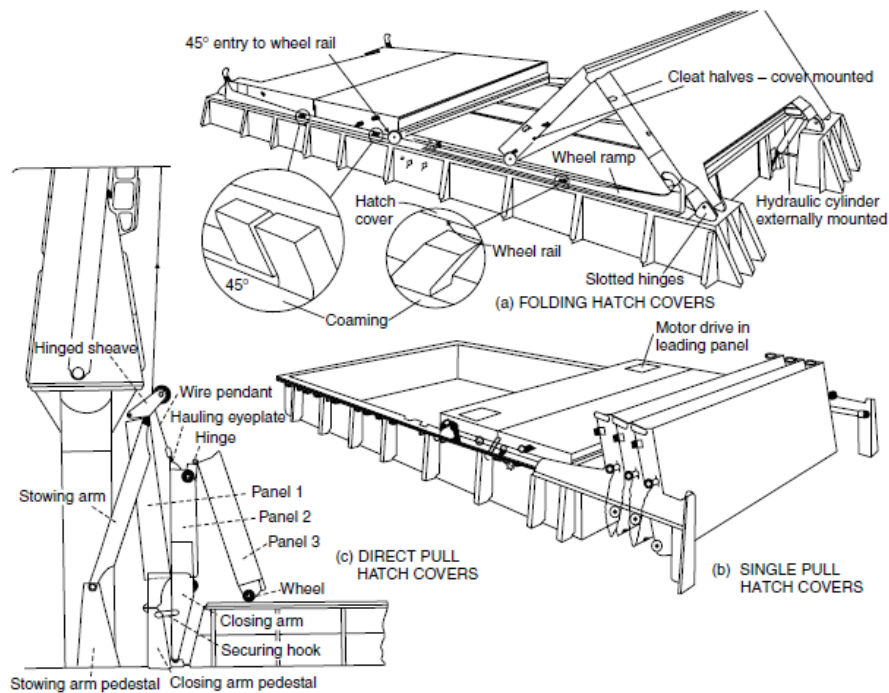
Λειτουργούν με συρματόσχοινα ή με υδραυλική πίεση. Οι κύλινδροι που ανυψώνουν τα καλύμματα μπορεί να βρίσκονται μέσα στα καλύμματα ή έξω από αυτά. Τοποθετούνται στο κύριο κατάστρωμα ή στα υποφράγματα. Ανοίγουν και στοιβάζονται κατά το διάμηκες (πρώρα - πρύμα) ή κατά το εγκάρσιο (δεξιά - αριστερά) ή και σε συνδυασμό και των δύο ανάλογα με τις ανάγκες. Τοποθετούνται σε πλοία γενικού φορτίου, ψυγεία και ro/ro.



Εικόνα 5.7 - Υδραυλικό πτυσσόμενο κάλυμμα

5.1.3.4. Καλύμματα απευθείας έλξεως (Direct Pull covers)

Τοποθετούνται κυρίως στο κύριο κατάστρωμα στα περισσότερα πλοία, κυρίως γενικού φορτίου. Τα πολλαπλά τμήματα από τα οποία αποτελείται το κάλυμμα λειτουργούν με συρματόσχοινα. Τα καλύμματα αυτά αποτελούνται από τμήματα που καλύπτουν όλο το στόμιο του κύτους και συνδέονται μεταξύ τους με αλυσίδες.

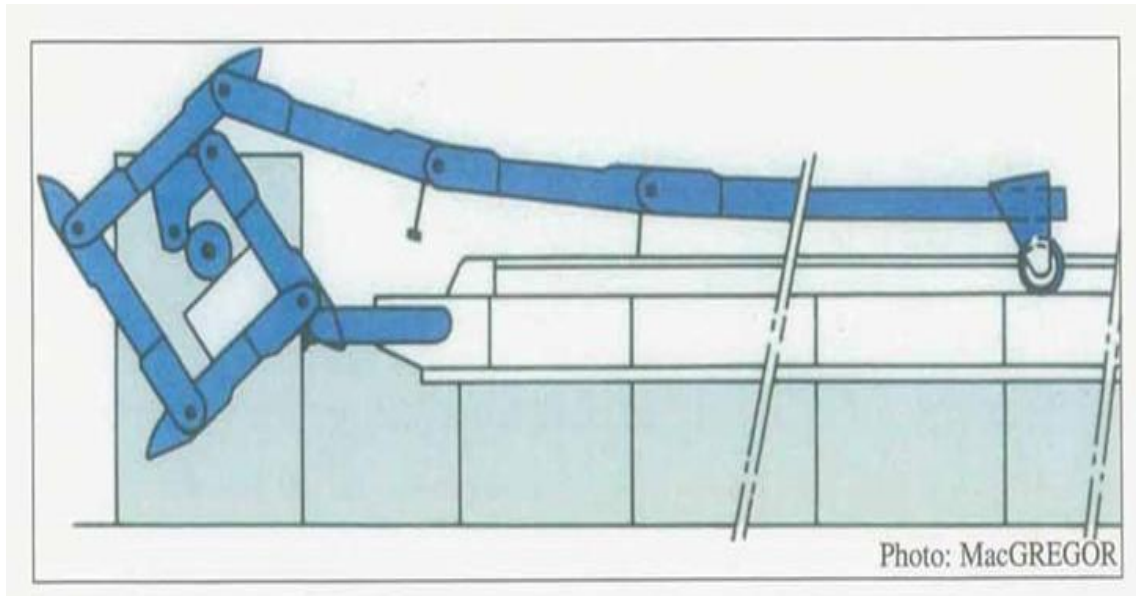


Εικόνα 5.8 - Σχέδιο απεικόνισης των 3 διατάξεων καλυμμάτων

5.1.3.5. Αρθρωτά καλύμματα (Rollite covers)

Αποτελούνται από τμήματα που κυλίνουν και τυλίγονται σε τύμπανο, όπου στοιβάζονται στο άκρο του κύτους. Το μήκος κάθε τμήματος είναι τέτοιο, ώστε να διευκολύνει το περιτύλιγμα κατά τη στοιβασία. Το σύστημα είναι απλό στη λειτουργία του (για το άνοιγμα ή το κλείσιμο απλώς αναστρέφεται η στρέψη του τυμπάνου) έχει μεγάλη αξιοπιστία και απόλυτη στεγανότητα από εισροή νερού. Η στεγανότητα επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ελαστικού από neoprene μόνιμα βιδωμένου μεταξύ των τμημάτων, τα οποία συνδέονται επίσης μεταξύ τους μόνιμα με μεντεσέδες. Η σφράγιση και αποσφράγιση του καλύμματος γίνεται αυτόματα κατά το άνοιγμα ή κλείσιμο του κύτους μέσω των ειδικών υποδοχών που υπάρχουν στις πλευρές. Το σύστημα απαιτεί λιγότερη συντήρηση και έχει μόνο δύο τροχούς σε κάθε κάλυμμα κύτους ανεξάρτητα από τον αριθμό των τμημάτων που αποτελούν το κάθε

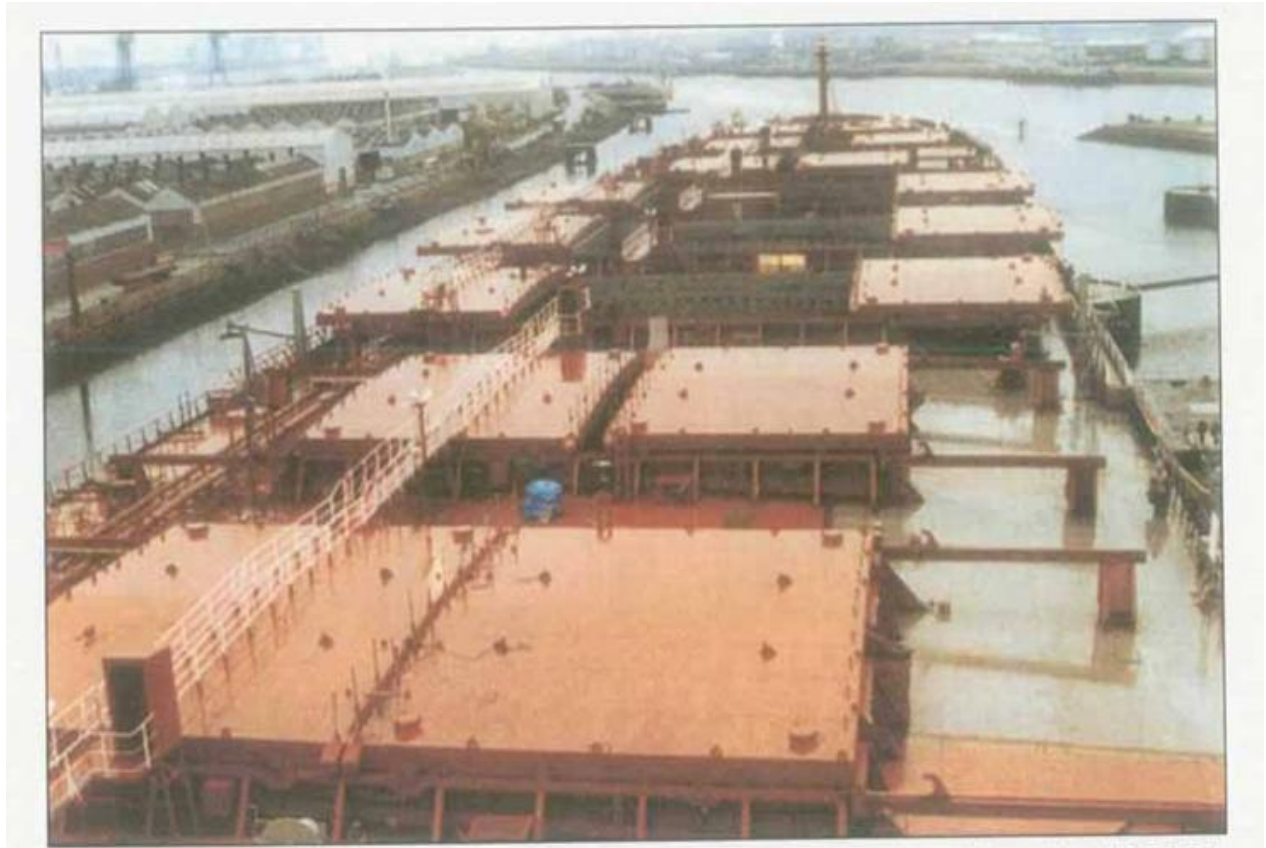
κάλυμμα. Αρθρωτά καλύμματα τοποθετούνται στο κύριο κατάστρωμα πλοίων γενικού φορτίου και bulk carriers.



Εικόνα 5.9 - Λειτουργία αρθρωτού καλύμματος

5.1.3.6. Καλύμματα κυλιόμενα στη πλευρά ή πρόρα πρύμα (Side or end rolling covers)

Πλάγιας ολίσθησης καλύμματα (Side Rolling Covers), συνήθως προτιμάτε να τοποθετούνται σε κάθε αμπάρι. Τα καλύμματα είναι ενιαίας κατασκευής και ανοίγουν ολισθαίνοντας κατά την αριστερή ή την δεξιά πλευρά του πλοίου. Οι σωληνώσεις πρέπει να εγκατασταθούν στην αντίθετη πλευρά από αυτήν που θα ανοίγουν τα καλύμματα έτσι ώστε να αποφεύγονται οι ροπές κλίσεως που δημιουργούνται κατά το άνοιγμα τους. Το κάλυμμα του πρώτου αμπαριού συνίσταται η σχεδιάσή του να είναι τραπεζοειδής ώστε να διευκολύνει την διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης. Αποτελούνται από δύο μεγάλα τμήματα σε κάθε άνοιγμα κύτους (κουβούσι). Είναι υπερβολικά βαριά και για να φθάσουν στη θέση κυλίσεως πρέπει πρώτα να ανυψωθούν με υδραυλική πίεση μέσω κυλίνδρων που υπάρχουν ένας για κάθε τροχό. Σε κάθε τμήμα τοποθετούνται δύο τροχοί σε κάθε πλευρά. Τα καλύμματα αυτά τοποθετούνται σε μεγάλα πλοία bulk carriers και σε πλοία γενικού φορτίου.



Εικόνα 5.10 - Καλύμματα κυλιόμενα στις πλευρές

5.1.3.7. Καλύμματα ανυψούμενα και κυλιόμενα (Piggy - Back covers)

Αποτελούν εξέλιξη των κυλιόμενων καλυμμάτων. Για κάθε στόμιο κύτους χρησιμοποιούνται δύο τμήματα, το ένα ανυψώνεται με τη βοήθεια τεσσάρων συγχρονισμένων κυλίνδρων μεγάλης ανυψωτικής ισχύος, ενώ το άλλο τμήμα κινείται κυλιόμενο κάτω από το ανυψωμένο. Κατόπιν το ανυψωμένο τμήμα κατέρχεται και αφού ακουμπήσει πάνω στο κυλιόμενο μετακινούνται και τα δύο μαζί προς τη μία πλευρά του πλοίου ή πρόρα-πρύμα ανάλογα με τη διάταξη του πλοίου. Η κύλιση των τμημάτων γίνεται με αλυσίδα ή με οδοντωτό τροχό και ράβδο. Για άνοιγμα κύτους διαστάσεων 26x23m μπορεί να υπάρχουν δύο τμήματα των εκατό τόννων. Αυτά τα καλύμματα τοποθετούνται συνήθως σε πλοία μικτού φορτίου, bulk carriers, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και πλοία πολλαπλής χρήσεως.



Εικόνα 5.11 - Κάλυμμα ανυψούμενο και κυλιόμενο (piggy-back)

5.1.3.8. Καλύμματα ποντόνια (Pontoon covers)

Είναι ο απλούστερος τύπος μεταλλικών καλυμμάτων. Τοποθετούνται σε όλους τους τύπους των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, ro/ro, πλοία μεγάλης ανυψωτικής ικανότητας (heavy lift ships). Γενικά υπάρχουν δύο τύποι αυτών των καλυμμάτων:

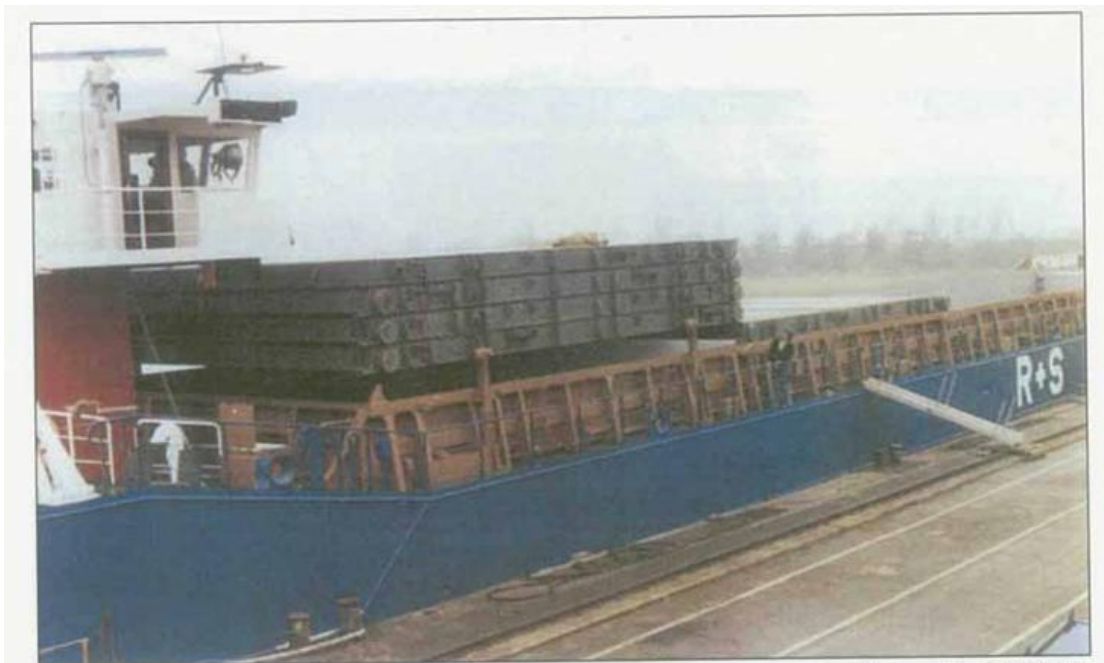
- 1) Καλύμματα που αποτελούνται από ένα τμήμα για το κύριο κατάστρωμα πλοίων, όπως πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με κυψελοειδή διαρρύθμιση (cellular container ships).
- 2) Καλύμματα που αποτελούνται από πολλά τμήματα για τα υποφράγματα πλοίων με πολλαπλά καταστρώματα ή για το κύριο κατάστρωμα πλοίων με στόμια μεγάλων διαστάσεων, όπως πλοίων πολλαπλής χρήσεως (multi purpose ships) ro/ro κλπ. Για το άνοιγμα του στομίου τα ποντόνια απομακρύνονται είτε με ανυψωτικά μέσα του πλοίου ή με τους γερανούς ξηράς. Κατόπιν αυτά στοιβάζονται επάνω σε γειτονικά ποντόνια ή τοποθετούνται στη προκυμαία. Τα τυχόν πλωτά ποντόνια μπορούν να τοποθετηθούν εκτός της πλευράς του πλοίου, στη θάλασσα.



Εικόνα 5.12 - Κάλυμμα ποντόνι

5.1.3.9. Καλύμματα στοιβασίας (Stacking covers)

Μια περαιτέρω ανάπτυξη που φαίνεται συχνά σε μικρά, μεσαία πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου (bulk carriers), ειδικά σκάφη παράκτιας αλιείας, είναι τα καλύμματα αμπαριών που αποτελούνται από επτά φύλλα που στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο. Στον μηχανισμό αυτό, τουλάχιστον ένα φύλλο από τα επτά, που τοποθετούνται στην καταπακτή ενός πλοίου, είναι ένα βουβό φύλλο που ανυψώνεται από τέσσερις κυλίνδρους



Εικόνα 5.13 - Καλύμματα στοιβασίας

5.1.3.10. Καλύμματα κυλιόμενα τύπου ERMANS

Αυτού του είδους τα καλύμματα αποτελούνται από αρθρωτά στοιχεία. Η διάσταση των στοιχείων, κατά την έννοια του μήκους του πλοίου, είναι συνεχώς αυξανόμενη, ώστε να είναι δυνατό να τυλιχθεί το κάλυμμα πάνω στον άξονα. Στη κλειστή θέση εξασφαλίζεται η στεγανότητα χωρίς καμία παρέμβαση των χειριστών. Οι σχετικές κινήσεις γίνονται με ηλεκτρισμό, με τα ανυψωτικά μέσα του πλοίου ή χειροκίνητα

5.2. Διαχείριση φορτίου στο πλοίο γενικού φορτίου

5.2.1. Εγκαταστάσεις διαχείρισης φορτίου

Οι απαιτήσεις των διατάξεων για τη διαχείριση του φορτίου επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τον σχεδιασμό του χώρου κυτών, αφού είναι το βασικό εργαλείο για τον εφοδιασμό του φορτίου από το λιμάνι προς το πλοίο και από το πλοίο προς το λιμάνι, ενώ η διαχείριση του φορτίου εξακολουθεί να υφίσταται πάνω στο πλοίο μέχρι το φορτίο να φτάσει στο τελικό προορισμό του.

Γενικά τα συστήματα διαχείρισης των φορτίων που υπάρχουν στα λιμάνια χαρακτηρίζονται από υψηλές αποδόσεις και επιδόσεις ώστε να επιτυγχάνουν την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του χρόνου. Οι διατάξεις διαχείρισης του φορτίου που βρίσκονται πάνω στο πλοίο γενικού φορτίου αποτελούν ειδική περίπτωση σε σχέση με άλλα φορτηγά πλοία, αφού τα πολλά διαφορετικά είδη φορτίου που καλείτε να μεταφέρει έχουν υψηλού επιπέδου απαιτήσεις στη διαχείρισή τους. Έτσι η ύπαρξη ικανοποιητικών εγκαταστάσεων διαχείρισης φορτίου στα πλοία πολλαπλών χρήσεων κρατάει τους χρόνους διαχείρισης και τα κόστη σε λογικά επίπεδα.

Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα φορτίου που απαιτεί ιδιαίτερη αντιμετώπιση στη διαχείρισή του, είναι τα μη ομοιογενή break bulk φορτία. Τα μοναδοποιημένα φορτία γενικότερα είναι ο ένας κύριος λόγος που τα πλοία γενικού φορτίου εφοδιάζονται με διατάξεις φορτοεκφορτωτικών μηχανημάτων, ανεξάρτητα από τις διαθέσιμες εγκαταστάσεις του λιμανιού. Βέβαια η παράλληλη λειτουργία των μηχανημάτων διαχείρισης των φορτίων πλοίου και λιμανιού είναι η συνηθέστερη ακόμα και αν τα λιμάνια που επισκέπτονται είναι πλήρως εξοπλισμένα.

Ο άλλος λόγος που καθιστά αναγκαία την ύπαρξη μηχανημάτων διαχείρισης φορτίων στο κατάστρωμα των πλοίων γενικού φορτίου είναι τα λιμάνια, που είτε δεν έχουν καθόλου

μονάδες διαχείρισης φορτίων είτε η συχνότητα των πλοίων που εξυπηρετούν είναι τόσο μεγάλη που δεν έχουν διαθέσιμα μέσα φορτοεκφόρτωσης για όλα τα πλοία.

Για αυτούς τους λόγους το επίπεδο επιδόσεων και ευελιξίας των μηχανημάτων που φέρουν τα πλοία γενικού φορτίου στις μέρες μας είναι υψηλός. Τα συστήματα που διαθέτουν τα πλοία αυτά έχουν σχεδιαστεί για ευελιξία στην επιχειρησιακή τους λειτουργία, κάτι που σημαίνει ότι καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα φορτίων κατά μήκος και πλάτος του πλοίου. Τα εμπορευματοκιβώτια των 40 ft μήκους πλήρως φορτωμένα είναι συνήθως ένα σημείο αναφοράς, όπου καθορίζει τη μέγιστη μεταφορική ικανότητα φορτοεκφόρτωσης σε βάρος. Εξελεγκμένα συστήματα μεγάλων γερανών τοποθετημένα συνήθως σε καθορισμένες θέσεις, αλλά και τροχοδρομώντας κατά μήκος του πλοίου είναι τα πιο δημοφιλή φορτοεκφορτωτικά μέσα και έχουν αντικαταστήσει τους παλιούς παραδοσιακούς γεραμούς. Εξαίρεση στην εξέλιξη των μέσων αυτών, αποτελούν οι γεραμοί βαρέως τύπου, όπου έχουν τη δυνατότητα ανέλκυσης κάποιων εκατοντάδων τόνων, αφού είναι ακόμα η πιο ανταγωνιστική λύση για τη διαχείριση των μεγάλων σε βάρος φορτίων

5.2.2. Μέσα φορτοεκφόρτωσης

5.2.2.1. Φορτοεκφορτωτές - μπίγες (Derricks)

Είναι τα μέσα για την ανύψωση βαρέων αντικειμένων και αποτελείται από τα τμήματα του κορμού, τον ορθωτήρα (topping lift), τον ολκό (derrick guy), τον επάρτη και τα βαρούλκα-βιντσια.

Ο κορμός είναι εσωτερικά κοίλος και κατασκευάζεται από χάλυβα με ειδική κατασκευή, χωρίς ραφές και ενώσεις εξωτερικά. Στη κορυφή του κορμού υπάρχει δαχτυλίδι που έχει 4 σταυροειδής κρίκους (στεφάνι), στους οποίους στηρίζονται ο ορθωτήρας, οι ολκοί και ο επάρτης. Η διάμετρός του είναι μεγαλύτερη στο μέσο και λεπτότερη στα άκρα, καθώς οι μεγαλύτερες τάσεις κατά την ανύψωση του βάρους, ενεργούν στη μέση του. Το μήκος του κορμού εξαρτάται από το μήκος που έχει το στόμιο του κύτους και από το πλάτος του πλοίου, έτσι ώστε όταν επιχειρούν δυο φορτωτήρες σε συνδυασμό, ο ένας που θα είναι εξωτερικός υπεύθυνος για την αρχική φορτοεκφόρτωση να εξέχει από τη πλευρά του πλοίου κατά 2-3 m. Ο κορμός στηρίζεται στον ιστό του πλοίου ή σε κολονάκια με πίσω και διχάλα, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται οριζόντια, δεξιά, αριστερά και κατακόρυφα, επάνω ή κάτω με μικρότερη γωνία με το οριζόντιο τις 20°. Όταν η γωνία μειωθεί 20-25% προκύπτει και το φορτίο ασφαλείας, το οποίο αναγράφεται στη βάση του κορμού.

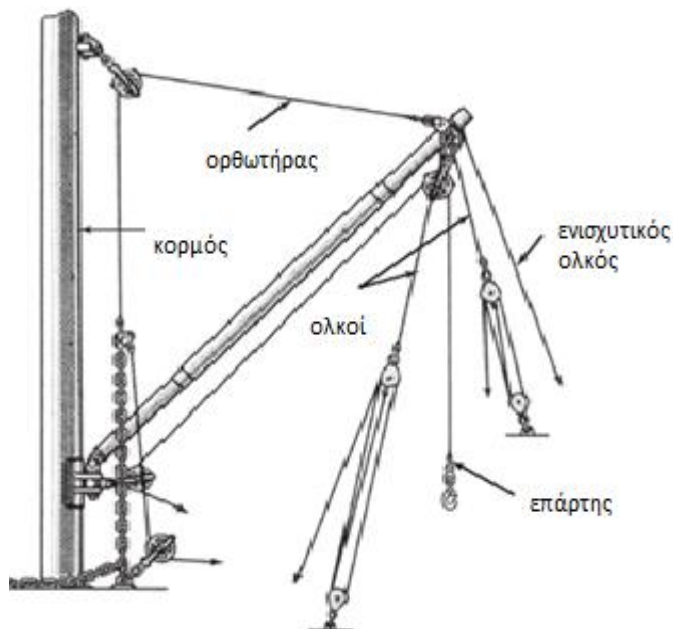
Ο κορμός του φορτωτήρα ανυψώνεται και κατέρχεται με συρματόσχοινο. Το συρματόσχοινο αυτό περνάει από τρόχλο που στερεώνεται στον ιστό ή στο κολωνάκι που καλείτε ορθωτήρας. Το κάτω άκρο του ορθωτήρα συνδέεται με σύρμα μαλακό, το οποίο τυλίγεται στο κεφάλι του βαρούλκου με κομμάτι καδένας για ανύψωση και καθαίρεση.

Δεξιά και αριστερά στο στεφάνι του φορτωτήρα ξεκινούν οι ολκοί, οι οποίοι καταλήγουν σε σύσπαστο, ώστε να μπορεί η μπίγα να στρέφεται δεξιά ή αριστερά.

Το συρματόσχοινο που σηκώνει το φορτίο και καταλήγει σε γάντζο με στρεπτήρα, ξεκινά από το τύμπανο του βαρούλκου, διέρχεται από τρόχλο που είναι στερεωμένος στη βάση του κορμού της μπίγας και στη συνέχεια από δεύτερο τρόχλο που είναι στερεωμένος στο επάνω στεφάνι της μπίγας και καταλήγει σε ένα γάτζο που ονομάζεται επάρτης.

Τα βαρούλκα ή βίντσια είναι τα μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούν οι φορτωτήρες για την ανύψωση ή καθαίρεση του φορτίου μέσω του επάρτη. Τα σύγχρονα βαρούλκα λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα και υδραυλική πίεση ενώ παλιότερα με ατμό. Τοποθετούνται στη βάση του φορτωτήρα στο κατάστρωμα ή σε σιδερένια κατασκευή- πλατφόρμα, κάτω από την οποία βρίσκεται η είσοδος στα κύττη του πλοίου και μια αποθήκη υλικών για τους φορτωτήρες.

Ο αριθμός των φορτωτήρων και των βαρούλκων εξαρτάται από το πλοίο, το μέγεθός του, τους προορισμούς που επιχειρεί και τα φορτία που μεταφέρει. Ένα πλοίο γενικού φορτίου αν επιχειρεί σε ναυτιλιακή σύμβαση γραμμής (liner) για να πραγματοποιήσει ταχεία φορτοεκφόρτωση απαιτούνται τέσσερις φορτωτήρες σε κάθε στόμιο κύτους.



Εικόνα 5.14 - Περιγραφή στοιχείων φορτωτήρα

5.2.2.2. Γερανοί

Οι φορτωτήρες έχουν κάποια μειονεκτήματα, όπως ότι διαθέτουν πληθώρα βαρούλκα στο κατάστρωμα, έχουν πολλά εξαρτήματα και κυρίως απαιτούνται πολλά άτομα για το χειρισμό αυτών και του φορτίου. Ακόμα παρατηρούνται πολλές φθορές και βλάβες που καθιστούν δαπανηρή τη συντήρησή τους. Έτσι για αυτούς τους λόγους και με την αύξηση της μεταφορικής ανάγκης οι φορτωτήρες αντικαταστάθηκαν από τους γερανούς.

Οι γερανοί συνήθως τοποθετούνται ένας ανα δυο στόμια κυτών εφόσον μπορεί να περιστέφεται 360°, με τις διάφορες διατάξεις που παρουσιάστηκαν σε παραπάνω παράγραφο. Απαιτείται για το χειρισμό του ένα άτομο, το οποίο έχει τον απόλυτο έλεγχο των κινήσεων αφού βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο του γερανού, τον πύργο.

Η κίνηση των γερανών επιτυγχάνεται με ηλεκτρογεννήτριες ή με ηλεκτροϋδραυλικά συστήματα ασφαλείας σε περίπτωση υπέρβαρου φορτίου. Τα πλεονεκτήματα τους έναντι των φορτωτήρων είναι πολλά για αυτό το λόγω και επικράτησαν, αν και η χρήση τους περιορίζεται σε ορισμένους τύπους πλοίων.



Εικόνα 5.15 - Γερανός πλοίου στο διαμήκη άξονα του πλοίου

5.2.2.3. Γερανογέφυρες

Η γερανογέφυρα είναι μεταλλική κατασκευή ανυψώσεως φορτίων που αποτελείται από 2 πυλώνες τύπου (Π), στα δυο άκρα των οποίων υπάρχουν σιδερένιοι τροχοί που κινούνται σε σιδερένιες ράγες κατά το διάμηκες, στη δεξιά και αριστερή πλευρά του καταστρώματος, εκατέρωθεν των στομιών των κυτών. Η κατασκευή τους γίνεται παράλληλα με την ναυπήγηση του πλοίου που θα τοποθετηθούν για να υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια κατά τη χρήση τους και συνοχή της κατασκευής. Οι δυο πυλώνες συνδέονται με σιδερένιο τετράπλευρο, στο οποίο είναι προσαρμοσμένο το σύστημα ανυψώσεως του φορτίου και το οποίο πρέπει να μπορεί να κινείται εγκάρσια του πλοίου με προεξοχή έξω από τις πλευρές του πλοίου, για την παραλαβή και παράδοση του φορτίου. Οι γερανογέφυρες έχουν ταχεία κίνηση, ο χειρισμός τους γίνεται από ένα άτομο και έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα από τους γερανούς και τους φορτωτήρες.

Η χρήση της γερανογέφυρας συναντάται κυρίως σε πλοία μεταφοράς χύδην στερεών φορτίων, γενικού φορτίου πλοία και μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.



Εικόνα 5.16 - Γερανογέφυρα πλοίου

5.3. Μεταλλικά καλύμματα ανοιγμάτων γάστρας

Οι απαιτήσεις των κανονισμών για τις ανοιχτές επιφάνειες της γάστρας του πλοίου έχουν δημιουργήσει 2 γενικές κατηγορίες, τις θύρες οι οποίες είναι σε κανονικές συνθήκες ανοιχτές ή κλειστές κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, όπως οι θύρες πρόσβασης για την ενδιαίτηση και τις θύρες του χώρου φορτίου, όπως τα καπάκια των κυτών, των υδροφρακτών, οι οποίες είναι ασφαλισμένες από τον απόπλου του πλοίου.

5.3.1. Υδατοστεγείς πόρτες

Στις υδατοστεγείς θύρες του πλοίου περιλαμβάνονται οι πόρτες πρόσβασης του πληρώματος στο κυρίως κατάστρωμα, οι θύρες διαμέσου των διαφραγμάτων του πλοίου, καθώς και οι θύρες πρόσβασης του φορτίου μέσα και έξω από το χώρο τοποθέτησης.

- Πρόσβαση στις υπερκατασκευές

Για τη πρόσβαση σε όλα τα εξωτερικά υπερστεγάσματα του κυρίως καταστρώματος τοποθετούνται μεταλλικές στρεφόμενες υδατοστεγείς πόρτες. Αυτός ο τύπος πόρτας ενισχύεται με λαστιχένιο περίβλημα και ασφαρίζεται με κατάλληλο χερούλι ασφαλείας το οποίο μπορεί να είναι σε όποια πλευρά της πόρτας είναι επιθυμητό.

- Πρόσβαση στο υδατοστεγές διάφραγμα

Οι υδατοστεγείς στρεφόμενες πόρτες τοποθετούνται και στην πρόσβαση του χώρου υποδιαίρεσης των στεγανών διαφραγμάτων κάτω από το κατάστρωμα των διαφραγμάτων. Ο αριθμός, η τοποθεσία και ο τρόπος σφράγισης αυτών καθορίζονται από κανονισμούς που λαμβάνουν υπ' όψιν τον αριθμό του πληρώματος και τη χρήση του πλοίου.

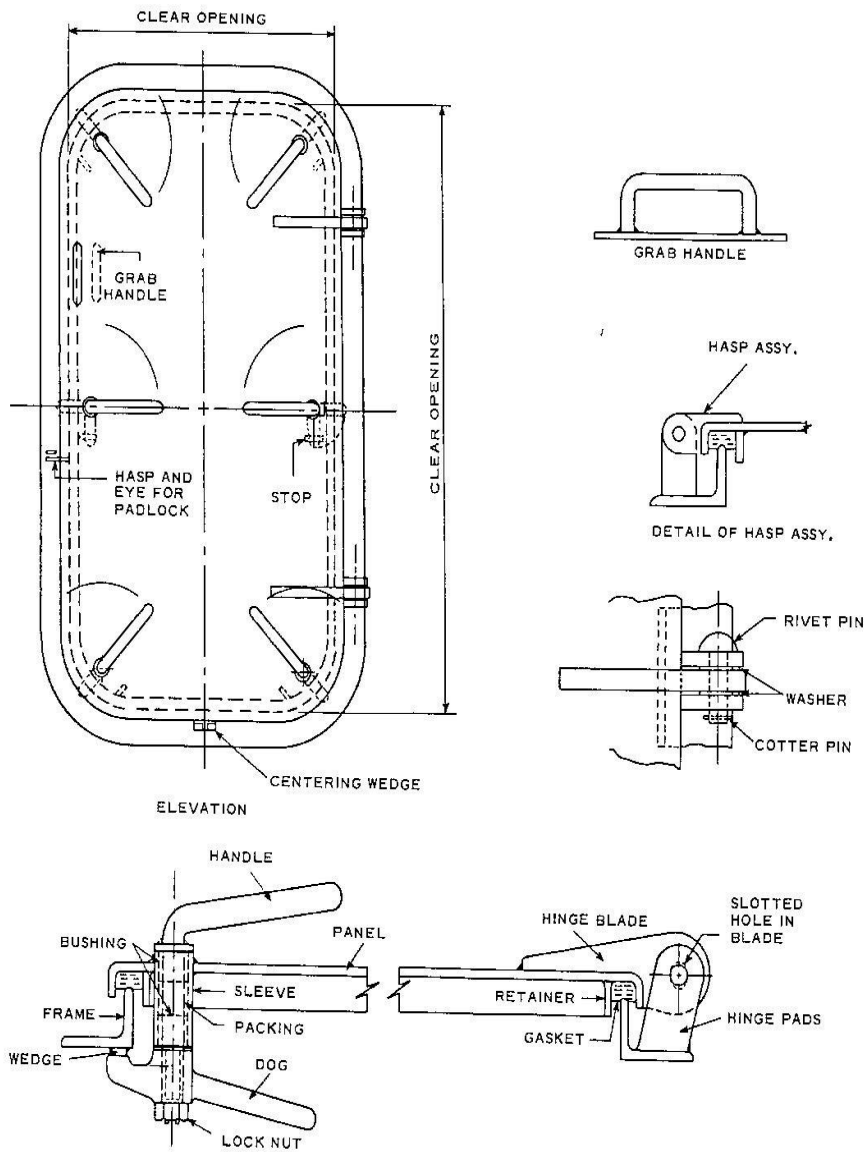
- Πρόσβαση στους χώρους φορτίου, αποθήκες εργαλείων και χώρων καυσίμων

Υδατοστεγείς θύρες χρησιμοποιούνται ακόμα για να παρέχουν πρόσβαση στο χώρο του κύτους, σε χώρους αποθήκευσης καυσίμων και σε οχήματα ανεφοδιασμού μέσα στο πλοίο.

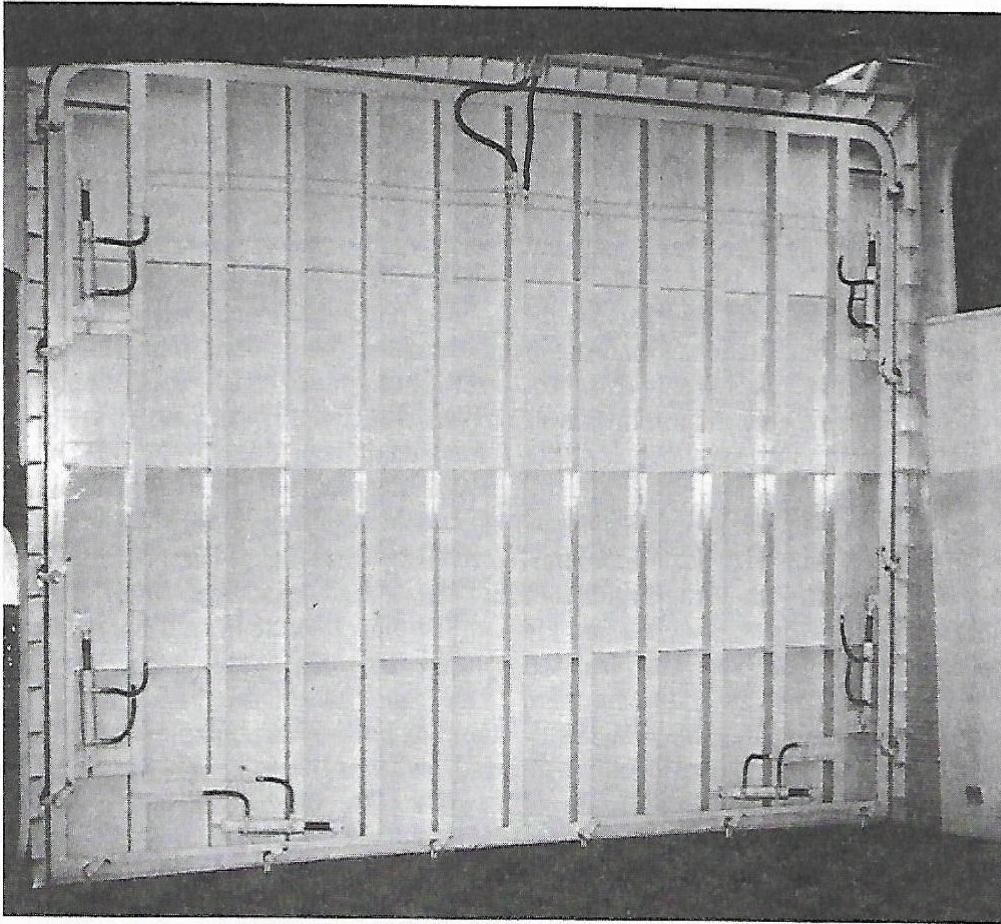
- Πόρτες για την πρόσβαση του φορτίου

Οι θύρες για την πρόσβαση του φορτίου συνήθως τοποθετούνται στο επάνω διάζωμα του διπλού καταστρώματος. Το φορτίο εισέρχεται από το λιμάνι με φορτηγά, μάντες κύλισης ή

άλλα μέσα και στη συνέχεια με ανεγκυστήρες ή κάθετους μάντες τοποθετείται στα καταστρώματα.



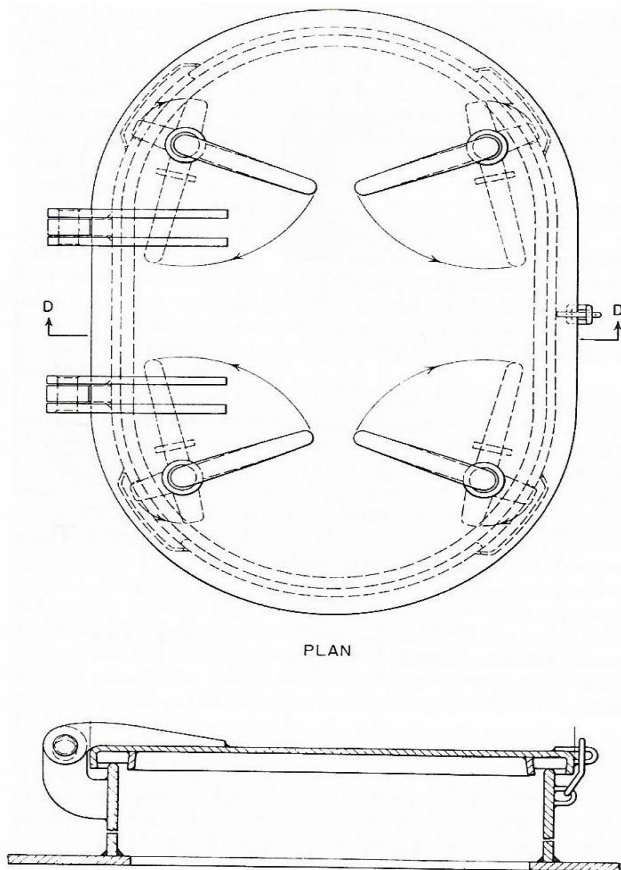
Εικόνα 5.17 - Στρεφόμενη υδατοστεγής πόρτα με παράθεση των μεταλλικών στοιχείων της



Εικόνα 5.18 - Πόρτα πρόσβασης φορτίου στο χώρο του κύτους

5.3.2. Ανθρωποθυρίδες

Οι ανθρωποθυρίδες τοποθετούνται για την πρόσβαση σε δεξαμενές, στους χώρους επιτήρησης των υφάλων της γάστρας, στο διπύθμενο και σε κενούς χώρους. Οι ανθρωποθυρίδες έχουν σχήμα οβάλ είτε απλά περικυκλώνουν τον κενό χώρο που θα τοποθετηθούν. Έχουν περιμετρικά λαστιχένιες τσιμούχες για υδατοστεγανότητα και τσιμούχες από καουτσούκ (νεοπρένιο) για να είναι στεγανές και να εμποδίζουν τυχόν διάδοση από λιπαντικά.



Εικόνα 5.19 - Καπάκι ανθρωποθυρίδας κάθετης στήριξης

5.3.3. Παραπέτα

Τα παραπέτα συνήθως κατασκευάζονται από έλασμα μεταλλικό με πάχος $\frac{1}{4}$ inch, υποστηριζόμενα από φλάντζες για στεγανοποίηση. Στο κυρίως κατάστρωμα έχουν πιο βαριά κατασκευή καθώς η χρήση τους προβλέπεται για προστασία του πληρώματος και ασφάλιση του φορτίου που τοποθετείται εκεί. Τα παραπέτα του καταστρώματος είναι μεγαλύτερης αντοχής αφού εκτός από την έκθεσή τους στον καιρό πρέπει να έχουν επαρκή αντοχή για την ασφαλή πρόσδεση και έκχμαση του φορτίου.

5.3.4. Μεταλλικές ράγες

Συχνά τοποθετούνται αντί για παραπέτα. Στο κυρίως κατάστρωμα στο χώρο του φορτίου έχουν φορητή χρήση ώστε να διευκολύνουν τη φορτοεκφόρτωση του φορτίου και να περιοριστούν οι ζημιές. Κατασκευάζονται από γαλβανισμένους σωλήνες από ατσάλι.

5.3.5. Μεταλλικές σκάλες

Οι σκάλες τοποθετούνται όπου απαιτείται ώστε να παρέχουν κατάλληλη πρόσβαση ή να διασφαλίζουν τρόπο διαφυγής όπου χρειάζεται.

Υπάρχουν οι μη αποσπώμενες σκάλες, όπου συνήθως είναι κάθετου προσανατολισμού και παρέχουν πρόσβαση στους χώρους φορτίου, σε αποθηκευτικούς χώρους εργαλείων, δεξαμενές αλλά και όπου δεν είναι δυνατή η οριζόντια πρόσβαση. Στα κύττη του πλοίου οι κάθετες σκάλες τοποθετούνται σε κάθε τέλος επιπέδου με ανώτερο επίπεδο το καπάκι του κύτους και ο αριθμός τους αντιστοιχεί στα επίπεδα που δημιουργούνται από τους δοκούς στήριξης του χώρου φορτίου. Τοποθετείται σε σημείο που να είναι προστατευμένη από το φορτίο αλλά ταυτόχρονα να μην εμποδίζει την σωστή στοιβασία του φορτίου στο χώρο. Εναλλακτικά μπορεί να τοποθετούνται πάνω στα εγκάρσια διαφράγματα με καταπακτή η ανθρωποθυρίδα που καταλήγει στο κυρίως κατάστρωμα.



Εικόνα 5.20 - Φωτογραφία που απεικονίζει μη αποσπώμενες μεταλλικές σκάλες σε κύτος φορτηγού πλοίου

Επίσης υπάρχουν οι κάθετες σκάλες (spar ladders) οι οποίες τοποθετούνται σε χώρους για να παρέχουν εσωτερική επιθεώρηση, ρύθμιση ή συντήρηση σε διατάξεις όπως κεραίες τηλεπικοινωνιών, καπνοδόχους κ.α.

Ακόμα μια κατηγορία είναι οι κεκλιμένες σκάλες (inclined ladders), οι οποίες τοποθετούνται σε όλα τα καταστρώματα που είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες και χρησιμοποιούνται για την πρόσβαση από το ένα κατάστρωμα στο άλλο.

Τέλος, υπάρχουν και οι σκάλες για την πρόσβαση στο πλοίο εξωτερικά μέσω σκάφους, οι οποίες είναι σχεδιασμένες να συνδέουν το κυρίως κατάστρωμα με την εκάστοτε γραμμή βυθίσματος του πλοίου. Το μήκος της σκάλας αυτής ρυθμίζεται από τη κλίση που δίνεται στη γωνία που δημιουργείται, τηλεσκοπικά ή από το ρυθμιζόμενο τελευταίο κομμάτι της σκάλας με σκοπό να μπορεί να εξυπηρετεί και από το ελάχιστο βύθισμα του πλοίου μέχρι το μέγιστο.

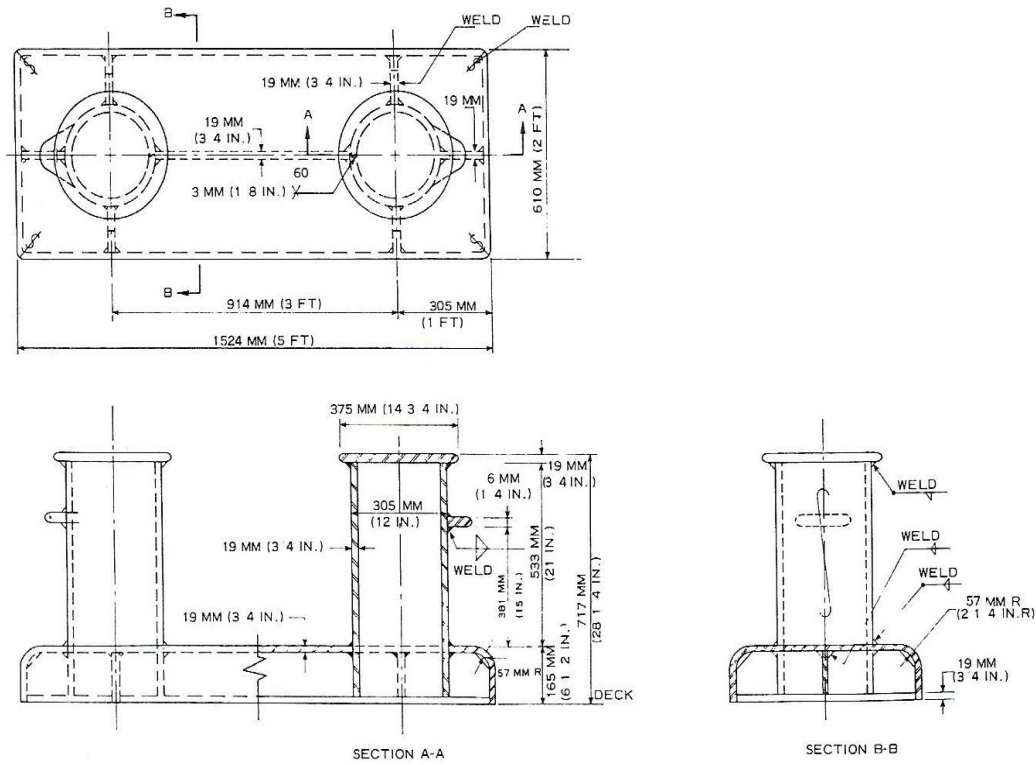
5.3.6. Συστήματα πρόσδεσης

Οι διατάξεις των συστημάτων πρόσδεσης χωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες, τα συστήματα που δέχονται συνεχείς τάσεις από τα βίντσια και ρυθμίζονται αυτόματα και αυτά που η ρύθμισή τους γίνεται χειροκίνητα κατά περίπτωση. Η δεύτερη κατηγορία είναι η λιγότερο δαπανηρή σαν εγκατάσταση και συνηθίζεται στα πλοία γενικού φορτίου αφού δεν είναι επιτακτική ανάγκη, η ρύθμιση του βυθίσματος με τα μέσα πρόσδεσης κατά τη διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης, όπως μπορεί να είναι σε δεξαμενόπλοια ή πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Τα μεγάλα σε μέγεθος πλοία τα οποία ξεφορτώνουν και φορτώνουν μέσα σε λίγες ώρες χρειάζονται συνεχή ρύθμιση του βυθίσματος, με τα συστήματα πρόσδεσης να εξυπηρετούν σε μεγάλο βαθμό. Οι αλλαγές στο βύθισμα πραγματοποιούνται ρυθμίζοντας το σύστημα πρόσδεσης σε ένα προκαθορισμένο φορτίο, ενώ ταυτόχρονα χειροκίνητα διαμορφώνεται η θέση του πλοίου με σχοινιά αντίθετης κατεύθυνσης. Αφού το πλοίο έχει έρθει σε προσωρινή νέα θέση, τα βίντσια του συστήματος πρόσδεσης έχουν ρυθμιστεί να επαναπροσδιορίζουν αυτόματα το φορτίο.

Στα συστήματα πρόσδεσης ανήκουν οι κολόνες πρόσδεσης, δέστρες, και δακτύλιοι δεσίματος.

Οι κολόνες πρόσδεσης είναι από χυτό-χάλυβα ή βιομηχανικής παραγωγής, κάθετου κυλινδρικού σχήματος, οι οποίες συγκολλούνται σε κυρτή βάση ελάσματος η οποία από την άλλη πλευρά είναι συγκολλημένη στο κατάστρωμα. Το σημείο που τοποθετούνται οι κολόνες πρόσδεσης ενισχύεται τοπικά κάτω από το κατάστρωμα, ώστε η φόρτιση να διαμοιράζεται

στα γειτονικά ενισχυμένα μέλη της. Το μέγεθος των κολονών πρόσδεσης που εγκαθιστάτε διαφέρει ανάλογα τη διάμετρο και την αντοχή των στοιχείων πρόσδεσης που επιλέγονται.



Εικόνα 5.21 - Απεικόνιση τομών συγκολλημένων κολονών πρόσδεσης

Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι

5^ο Κεφαλαίου:

- 1) Ship design & Construction, Volume 2, The Society Naval Architects & Marine Engineers
- 2) Holds and Hatch covers, A. Bildrough & Co. Ltd.
- 3) Hatch Cover Maintenance And Operation (2nd EDITION) -David Byrne
- 4) Hatch Covers, Operation, Testing and Maintenance, Mike Wall
- 5) Μελέτη Πλοίου, τεύχος 1, Αποστόλου Δ. Παπανικολάου, Εκδόσεις Συμεών
- 6) Μελέτη Πλοίου, τεύχος 2, Αποστόλου Δ. Παπανικολάου, Εκδόσεις Συμεών
- 7) Ship design and construction. Jersey City,NJ. The Society Naval Architects & Marine Engineers
- 8) The shipping revolution: The modern merchant ship. London: Convey Maritime Press, C1992
- 9) <http://www.cargotec.com/en-global/macgregor/products/Hatch-covers/Pages/default.aspx>
- 10) https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/ASP322/e_j00093.pdf

6. Ανάλυση φορτίων

6.1. Αρχές λειτουργίας ανυψωτικών μηχανών - Γενικές Αρχές

Η λειτουργία των ανυψωτικών μηχανών στηρίζεται στην αρχή διατηρήσεως της ενέργειας. Όπως είναι γνωστό, έργο είναι το γινόμενο της δύναμης επί την απόσταση που έχει διανυθεί κατά τη διεύθυνση της δύναμης. Για να υπάρχει επομένως ισορροπία κατά τη λειτουργία ενός ανυψωτικού μηχανήματος, πρέπει το γινόμενο του βάρους που ανυψώνεται επί το ύψος ανυψώσεως να είναι ίσο με το γινόμενο της δύναμης που ενεργεί τη ανύψωση επί την απόσταση που διανύθηκε από αυτήν κατά τον ίδιο χρόνο, αν παραλειφθούν οι τριβές. Επομένως ότι κερδίζουμε σε δύναμη, το χάνουμε σε χρόνο. Η διαφορά των δύο ταχυτήτων δύναμης και βάρους πετυχαίνεται με κατάλληλη εκλογή των μοχλοβραχιόνων. Αν, όμως, δεν επαρκεί η σχέση των μοχλοβραχιόνων, χρησιμοποιούμε και ενδιάμεσες κινήσεις με τροχαλίες, οδοντωτούς τροχούς, ατέρμονες κοχλίες και υδραυλικό πιεστήριο.

Η μετάδοση της κινήσεως γίνεται με δύο τρόπους:

1. Με **περιστροφική κίνηση** της δύναμης. Σε αυτήν η εξωτερική δύναμη με τη βοήθεια ενός στροφάλου προκαλεί ροπή στρέψεως στον άξονα, στον οποίο άμεσα ή έμμεσα αντιδρά το βάρος.
2. Με **ευθύγραμμη κίνηση** της δύναμης. Σε αυτήν η δύναμη δρα στην άκρη σχοινού ή αλυσίδας, χωρίς να υπεισέρχεται καμιά ροπή στρέψεως, εκτός από την αναγκαία για την υπερνίκηση των τριβών. Οι ανυψωτικές μηχανές δεν λειτουργούν συνεχώς, αλλά σε κύκλους λειτουργίας που ακολουθούνται από στάσεις. Όταν εκκινεί μία ανυψωτική μηχανή, έχουμε επιτάχυνση από την ηρεμία μέχρι την κανονική ταχύτητά της. Κατά τη διακοπή της κινήσεως με μια πέδη πετυχαίνουμε επιβράδυνση μέχρι την ταχύτητα μηδέν.

Και στις δύο περιπτώσεις λόγω των κινουμένων μαζών επέρχεται σημαντική αύξηση των επιφορτίσεων, έναντι της κανονικής λειτουργίας με ομοιόμορφη ταχύτητα. Κατά την κανονική λειτουργία ενεργούν μόνο οι στατικές δυνάμεις αυξημένες κατά τις τριβές. Κατά τις εκκινήσεις όμως και τις διακοπές μας χρειάζεται μία επιτάχυνση ή επιβράδυνση, για την οποία θα απαιτηθεί επιπρόσθετη δύναμη: $P = m \cdot b$ (όπου $m = G/g$), που δίνει στη μάζα επιτάχυνση. Θεωρούμε τις επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις αυτές ομαλές, οπότε η επιτάχυνση είναι $b = \frac{u}{t}$ και η γωνιακή επιτάχυνση $\varepsilon: \varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot t}$.

Είναι φανερό ότι οι μάξες που κινούνται είναι πολύ μεγαλύτερες στους μηχανισμούς κυλίσεως (π.χ. στην κύλιση μιας γερανογέφυρας) παρά στους μηχανισμούς ανυψώσεως. Κατά συνέπεια στους μηχανισμούς ανυψώσεως, επειδή και ο χρόνος επιταχύνσεως είναι μικρότερος και οι κινητήρες δεν προλαβαίνουν να υπερθερμανθούν από την υπερφόρτωση κατά την επιτάχυνση αρκεί ο υπολογισμός τους μόνο με την ταχύτητα κανονικής λειτουργίας. Σε μηχανισμούς όμως κυλίσεως κατά τον υπολογισμό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις λόγω μαζών που κινούνται.

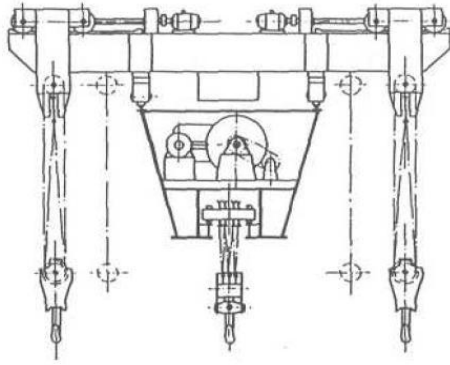
6.2. Τμήματα γερανών

Τα συνιστώσα τμήματα των γερανών χωρίζονται σε περαιτέρω κατηγορίες οι οποίες είναι:

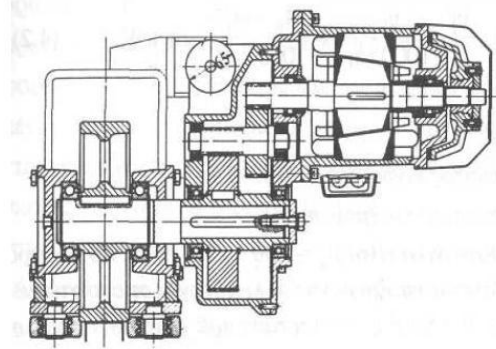
1. Μηχανισμοί κινήσεων
2. Βαρούλκο - βαρουλκοφορείο
3. Πυλώνας
4. Φορείο
5. Γέφυρα
6. Δακτύλιος στροφής
7. Πύργος
8. Κεραία
9. Σύστημα συγκράτησης του φορτίου
10. Πολύσπαστο

1) Έχουμε τέσσερις μηχανισμούς κινήσεων:

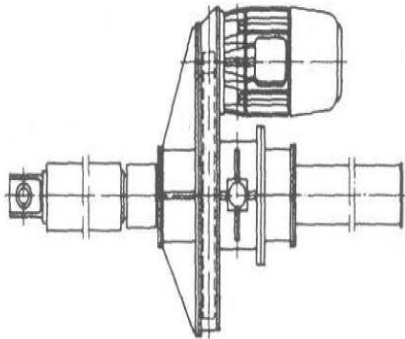
- Τον μηχανισμό ανύψωσης του φορτίου για την άνοδο και την κάθοδο του φορτίου αντίστοιχα, Εικόνα 6.1
- Τον μηχανισμό κίνησης ολόκληρου του γερανού, Εικόνα 6.2
- Τον μηχανισμό προσέγγισης παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.3 που χρησιμοποιείται για την αλλαγή κλίσης της κεραίας ή του βραχίονα της κεραίας
- Τον μηχανισμό περιστροφής , που περιστρέφει στο οριζόντιο επίπεδο το στρεφόμενο μέρος, Εικόνα 6.4



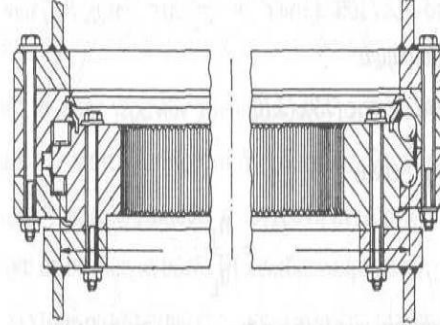
Εικόνα 6.1



Εικόνα 6.2



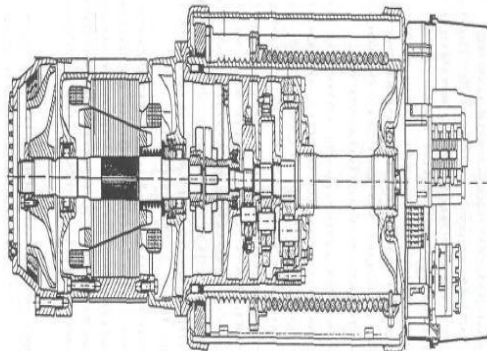
Εικόνα 6.3



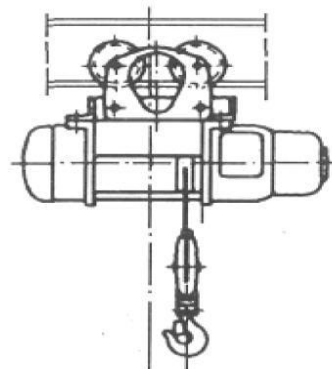
Εικόνα 6.4

2) Βαρούλκο - βαρουλκοφορείο

Το βαρούλκο (Εικόνα 6.5) είναι το μηχάνημα που μεταφέρει τη δύναμη έλξης από ένα ηλεκτροκίνητο τύμπανο σε ένα εύκαμπτο φορέα (συρματόσχοινο, αλυσίδα). Το βαρουλκοφορείο (Εικόνα 6.6) είναι το μηχάνημα που μεταφέρει το βαρούλκο εγκάρσια προς την κίνηση του γερανού.

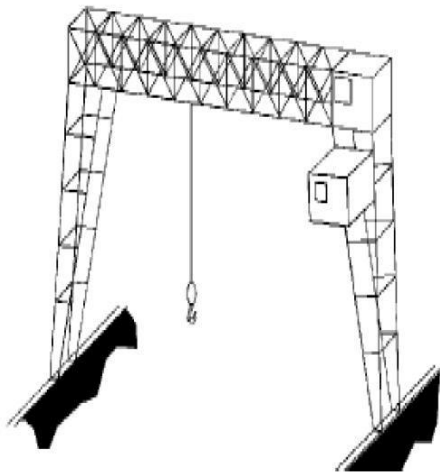
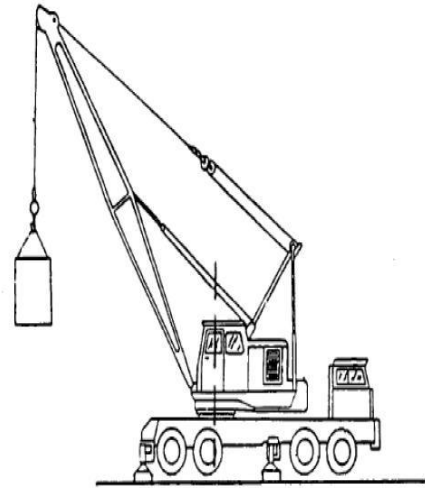


Εικόνα 6.5

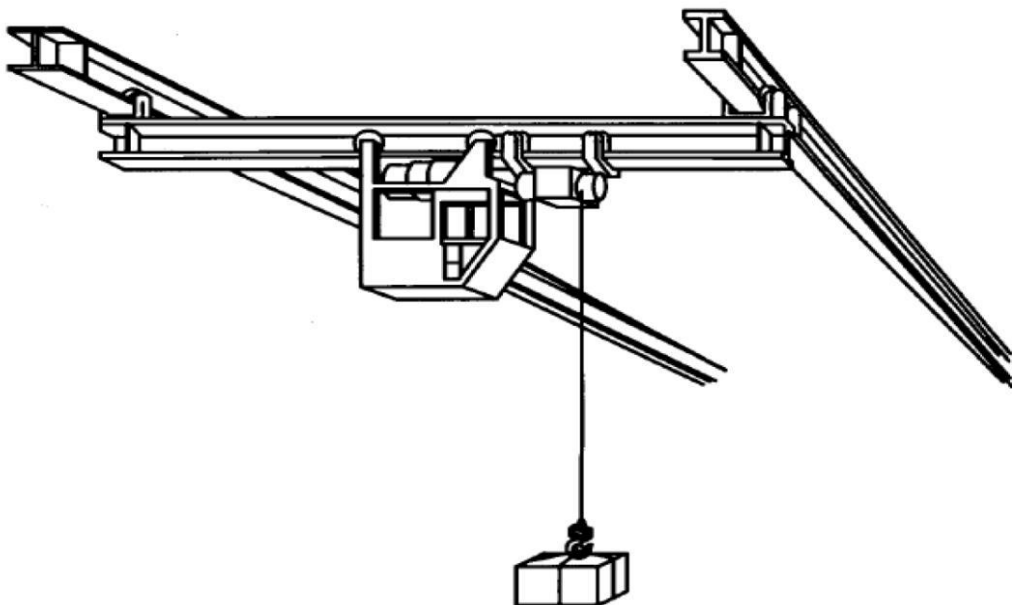


Εικόνα 6.6

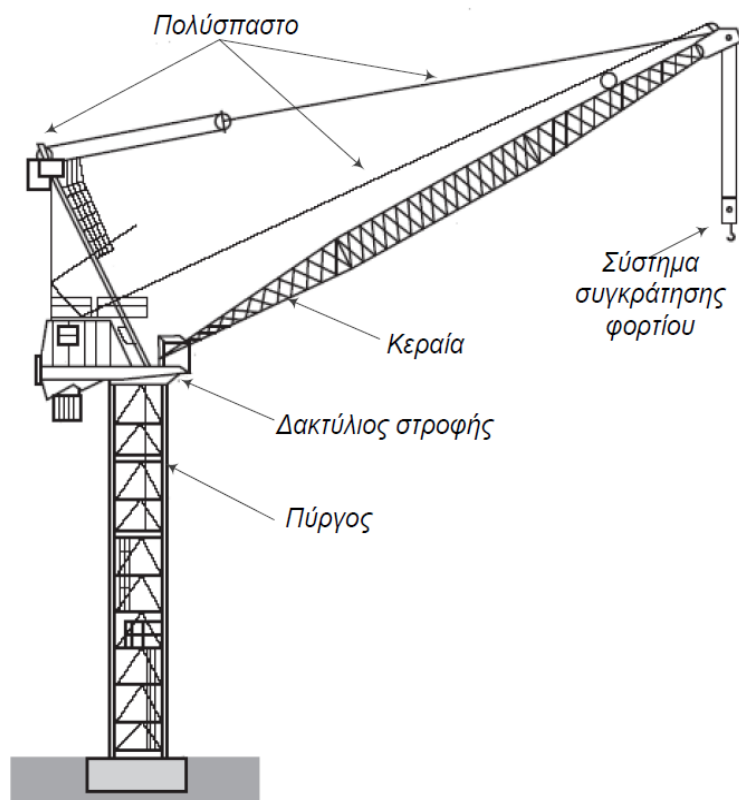
- 3) Πυλώνας (Εικόνα 6.7) λέγεται η μεταλλική κατασκευή που έχει σκοπό την υπερύψωση του γερανού ή της γερανογέφυρας για τους λειτουργικούς του σκοπούς .
- 4) Φορείο (Εικόνα 6.8) ονομάζεται η κατασκευή υποστήριξης του γερανού , η οποία φέρει τροχούς ή ράουλα με σκοπό την ίση κατανομή φορτίου στους τροχούς ή στα ράουλα αντίστοιχα .

**Εικόνα 6.7****Εικόνα 6.8**

- 5) Γέφυρα (Εικόνα 6.9) είναι η κύρια υποστήριξη γερανού τύπου γερανογέφυρας, επί της οποίας κινείται το βαρουλκοφορείο.

**Εικόνα 6.9**

- 6) Δακτύλιος στροφής είναι το στοιχείο που συμβάλλει στην μεταφορά του φορτίου από τα κινούμενα στα ακίνητα μέρη του γερανού (Εικόνα 6.10).
- 7) Πύργος είναι η κατακόρυφη κατασκευή που φέρει την κεραία ή και την περιστρεφόμενη πλατφόρμα και προσδίδει το απαραίτητο ύψος λειτουργίας σχετικά με την θέση της βάσης της κεραίας (Εικόνα 6.10).
- 8) Κεραία, είναι το στοιχείο που προσδίδει την απαραίτητη ακτίνα λειτουργίας ή το ύψος στο σύστημα ανάρτησης του φορτίου (Εικόνα 6.10).
- 9) Σύστημα συγκράτησης του φορτίου, είναι η διάταξη (αρπάγη, άγκιστρο, ηλεκτρομαγνήτης) για την σύλληψη, συγκράτηση και μεταφορά του φορτίου (Εικόνα 6.10).
- 10) Πολύσπαστο είναι το σύστημα που αποτελείται από τροχαλίες και συρματόσχοινα κατάλληλο για τις μετατροπές δυνάμεων και ταχυτήτων (Εικόνα 6.10).

**Εικόνα 6.10**

6.3. Φορτία Γερανών

Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται τα φορτία που εμφανίζονται κατά την διάρκεια λειτουργίας των γερανών και είναι τα εξής:

- ✓ Δυνάμεις στο σύστημα ανύψωσης
- ✓ Δυνάμεις αδράνειας και βαρύτητας
- ✓ Δυνάμεις από αιφνίδια ελάττωση του φορτίου
- ✓ Φορτία κατά την κίνηση σε ανομοιόμορφη επιφάνεια
- ✓ Δυνάμεις από επιταχύνσεις
- ✓ Φορτία λόγω μετατοπίσεων
- ✓ Φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας
- ✓ Φορτία χιονιού και πάγου
- ✓ Φορτία λόγω κλιματικών επιδράσεων
- ✓ Φορτία λόγω στρεβλώσεων
- ✓ Φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας
- ✓ Δυνάμεις πρόσκρουσης στον τερματικό προσκρουστήρα
- ✓ Φορτία λόγω κλίσης
- ✓ Φορτία λόγω διακοπής της λειτουργίας
- ✓ Φορτία αστοχίας
- ✓ Φορτία διέγερσης της συσκευής ανύψωσης
- ✓ Φορτία συναρμολόγησης , διάλυσης και μεταφοράς
- ✓ Φορτία σε μέσα πρόσβασης.

6.4. Κατηγορίες φορτίων και ανάλυση

Τα φορτία που επιδρούν κατά την λειτουργία της ανύψωσης , χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες. Και οι κατηγορίες αυτές είναι τα: κανονικά φορτία (regular), τυχαία (occasional), κατ' εξαίρεση φορτία (exceptional) και ειδικά φορτία (miscellaneous). Μεμονωμένα φορτία θεωρούνται εκείνα τα φορτία που σχετίζονται με την μορφή της ανύψωσης και την χρήση της. Συγκεκριμένα:

- 1) **Τα κανονικά φορτία** εμφανίζονται κατά την κανονική λειτουργία, και θα πρέπει να μελετώνται κατά τους υπολογισμούς έναντι της αστοχίας της κατασκευής, από διαρροή υλικού, ελαστική αστάθεια και, όταν αυτό είναι δυνατόν έναντι σε κόπωση. Προέρχονται από την βαρύτητα και από τις επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που παράγονται από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και τα φρένα που ενεργούν πάνω στο βάρος της μάζας που ανυψώνεται και στο φορτίο ανύψωσης, καθώς και από διάφορες μετατοπίσεις.
- 2) **Τυχαία φορτία** και οι επιδράσεις τους είναι εκείνα τα φορτία που εμφανίζονται σπάνια και συνήθως αμελούνται στους υπολογισμούς για την εκτίμηση της αντοχής. Συμπεριλαμβάνουν φορτία που προκαλούνται από άνεμο, χιόνι και πάγο στην κατάσταση λειτουργίας θερμοκρασίες και από στρεβλώσεις.
- 3) **Τα κατ' εξαίρεση φορτία** και οι επιδράσεις τους εμφανίζονται σπάνια και μπορούν επίσης να μην συμπεριλαμβάνονται στους υπολογισμούς της αντοχής. Συμπεριλαμβάνουν φορτία που προέρχονται από τις δοκιμές στην κατασκευή, φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας, δυνάμεις πρόσκρουσης στους τερματικούς προσκρουστήρες και κλίσης, όπως επίσης και από έκτακτη διακοπή της λειτουργίας, αστοχία του συστήματος μετάδοσης της κίνησης, και υπερβολικές τιμές στο φορτίο ανύψωσης.
- 4) **Τα ειδικά φορτία** περιλαμβάνουν φορτία ανέγερσης και φορτία θραύσης και επίσης φορτία σε πλατφόρμες και σε μέσα πρόσβασης. Η κατηγορία στην οποία κατατάσσεται ένα φορτίο δεν είναι μια σημαντική ένδειξη ή κρίσιμη για το συγκεκριμένο φορτίο. Για παράδειγμα φορτία ανέγερσης και θραύσης, παρόλο που ανήκουν στην τελευταία κατηγορία θα πρέπει να δίνεται σημαντική προσοχή όταν ένα σημαντικό μέρος των ατυχημάτων εμφανίζεται κατά την διάρκεια τέτοιων καταστάσεων λειτουργίας.

Κανονικά φορτία

Δυνάμεις που εμφανίζονται στο σύστημα ανύψωσης λόγω της ανύψωσης και της βαρύτητας.

Η μάζα ανύψωσης συμπεριλαμβάνει εκείνα τα στοιχεία που είναι πάντοτε στην θέση τους κατά την λειτουργία, εκτός από το ωφέλιμο φορτίο. Για κάποιες εφαρμογές μπορεί να είναι

απαραίτητο να προσθέσουμε μάζα για τον υπολογισμό συγκράτησης των υλικών που μεταφέρεται, όπως είναι το κάρβουνο, η σκόνη κ.α. Οι δυνάμεις βαρύτητας που προκαλούνται από την μάζα της εφαρμογής θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται από έναν συντελεστή 1ϕ όπου δίνεται από την σχέση $\phi = 1 \pm a$ με $0 \leq a \leq 0,1$.

Κατά αυτόν τον τρόπο λαμβάνονται υπόψη οι ταλαντώσεις που προκύπτουν από την διαδικασία της ανύψωσης, όταν ανυψώνεται το μεικτό βάρος από το έδαφος. Υπάρχουν πάντα δύο τιμές του συντελεστή έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει τις χαμηλές και υψηλές τιμές των ταλαντώσεων. Ο συντελεστής 1ϕ θα πρέπει να χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό της ανυψωτικής κατασκευής, σε μερικές περιπτώσεις εφαρμόζονται και οι δύο τιμές του συντελεστή για να βρούμε τις πιο κρίσιμες τιμές των φορτίων σε στοιχεία και τους συνδέσμους της κατασκευής.

Φορτία αδράνειας και βαρύτητας κατά την κατακόρυφη ανύψωση φορτίου.

Η μάζα του μεικτού βάρους περιλαμβάνει τις μάζες του ωφέλιμου βάρους συνδέσμων ανύψωσης και ένα τμήμα της μάζας των συρματόσχοινων ανύψωσης.

Κατηγορίες ανύψωσης

Οι εφαρμογές ανύψωσης κατατάσσονται στις κατηγορίες 1 HC έως και 4 HC ανάλογα με τα δυναμικά τους χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες ανύψωσης δίνονται από τον Πίνακα 1 και η επιλογή τους πρέπει να γίνεται σύμφωνα πάντα με την εμπειρία. Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των β_2 και του ϕ_2 δίνονται στον Πίνακα 1 και απεικονίζονται στην Εικόνα 6.11. Η επιλογή της κατηγορίας ανύψωσης εξαρτάται την μορφή ανύψωσης και αντιμετωπίζεται σε συνεργασία με άλλα) Διεθνή Πρότυπα. Ισοδύναμα οι τιμές του ϕ_2 μπορούν να καθοριστούν από πειραματική ανάλυση χωρίς να γίνει αναφορά στις κατηγορίες ανύψωσης.

Πίνακας 1-Τιμές για τους συντελεστές β_2 και ϕ_2

Κατηγορία ανύψωσης	β_2	ϕ_2	
		$\phi_{2,\min}$	$\phi_{2,\max}$
HC ₁	0,2	1,0	1,3
HC ₂	0,4	1,05	1,6
HC ₃	0,6	1,1	1,9
HC ₄	0,8	1,15	2,2

Στην περίπτωση ανύψωσης ενός φορτίου που γίνεται με χαλαρό συρματόσχοινο όταν εδράζεται στο έδαφος, οι δυναμικές επιδράσεις κατά την μεταφορά του φορτίου από το έδαφος στην συσκευή ανύψωσης θα πρέπει να γίνεται πολλαπλασιάζοντας τις δυνάμεις βαρύτητας με τον συντελεστή ϕ_2 (βλ. Εικόνα 6.11).

Ο συντελεστής θα πρέπει να υπολογίζεται από τις εξής σχέσεις:

$$\phi_2 = \phi_{2\min} \text{ για } 0, 2 / h_v \leq m s$$

$$\phi_2 = \phi_{2\min} (0, 2) h \phi = \phi + \beta v - \text{για } 0, 2 / h v > m s$$

Όπου:

- h_v είναι η σταθερή ταχύτητα ανύψωσης, σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, η οποία σχετίζεται με την συσκευή συγκράτησης της μάζας, και προκύπτει από την περιστροφική ταχύτητα του κινητήρα χωρίς φορτίο.
- ϕ_{β} συντελεστής που συνδέεται με την κατηγορία ανύψωσης (βλ. Πίνακα 1).
- $\phi_{2\min}$ συντελεστής που δίνεται στον Πίνακα 1 σύμφωνα με την κατηγορία ανύψωσης.

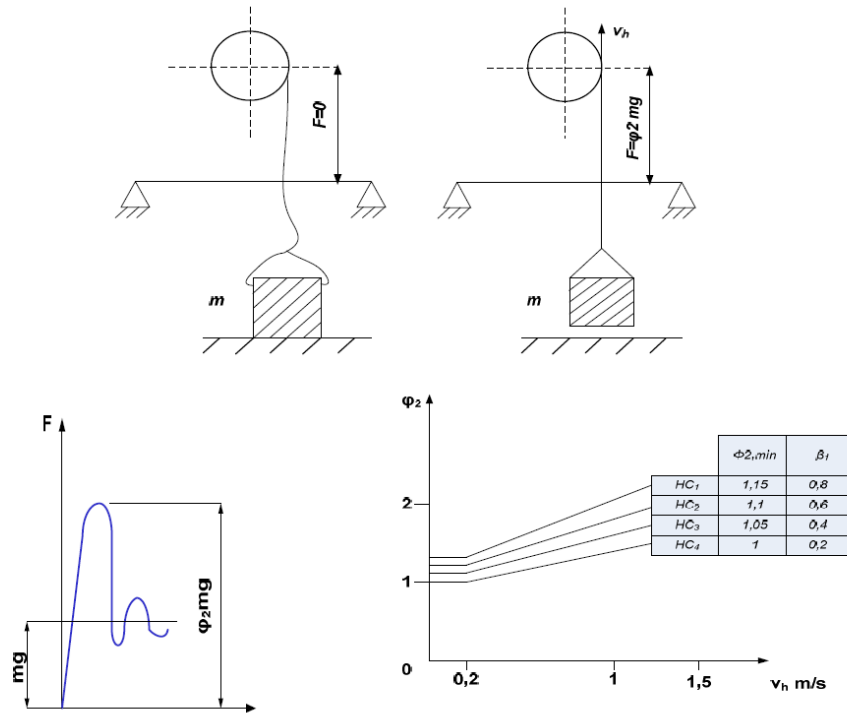
Όπου το σύστημα ελέγχου της ανύψωσης εξασφαλίζει μια σταθερή χαμηλή ταχύτητα (creep speed), αυτή η ταχύτητα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μόνο όταν η κατασκευή εργάζεται σε κανονική λειτουργία για την εκλογή του συντελεστή ϕ_2 . Όπου αυτό δεν συμβαίνει τότε έχουμε δύο περιπτώσεις, με την εκλογή του συντελεστή ϕ_2 για συνθήκες κανονικής λειτουργίας, όπως παρουσιάζεται παρακάτω, και μια τιμή για τον συντελεστή, $\phi_{2\max}$ για να καλύψουμε ειδικές περιπτώσεις λειτουργίας.

Κανονική λειτουργία

- 1) Όπου εκλέγεται πολύ χαμηλή σταθερή ταχύτητα από το σύστημα μετάδοσης του γερανού, αυτή η ταχύτητα θα χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του συντελεστή ϕ_2 .
- 2) Όπου μια σταδιακά μεταβλητή ταχύτητα ελέγχου παρέχεται ή ένας τέτοιος έλεγχος μπορεί να διεξάγεται από το σύστημα μετάδοσης του γερανού, η τιμή του συντελεστή $\phi_{2\min}$ για την κατάλληλη κατηγορία ανύψωσης θα εκλέγεται μέσω της Εικόνας 6.11.

Για εφαρμογές με τύπο ελέγχου 1) όπως παρουσιάζεται παραπάνω, η τιμή του συντελεστή $\phi_{2\max}$ θα πρέπει να βασίζεται στην τιμή της ταχύτητας h_v η οποία προκύπτει από την μέγιστη ονομαστική ταχύτητα του κινητήρα χωρίς φορτίο. Για εφαρμογές με τύπο ελέγχου 2), η τιμή

του φ_{2max} για την κλάση ανύψωσης θα πρέπει να βασίζεται στην τιμή της h_v παραγόμενη από μια τιμή η οποία δεν είναι μικρότερη από 0,5 φορές της μέγιστης ονομαστικής ταχύτητας του κινητήρα ή της μηχανής σε λειτουργία χωρίς φορτίο.



Εικόνα 6.11 - Συντελεστής φ_2

Φορτία κατά την περίπτωση αιφνίδιας ελάττωσης φορτίου

Για εφαρμογές ανύψωσης που απελευθερώνουν τμήμα του ωφέλιμου φορτίου τους, ως μια κανονική λειτουργία εργασίας, όπως είναι οι αρπάγες ή μαγνήτες που χρησιμοποιούνται, η μεγαλύτερη δυναμική επίδραση στην εφαρμογή μπορεί να προσομοιωθεί πολλαπλασιάζοντας το ωφέλιμο φορτίο από έναν συντελεστή φ_3 (βλ. Εικόνα 6.12).

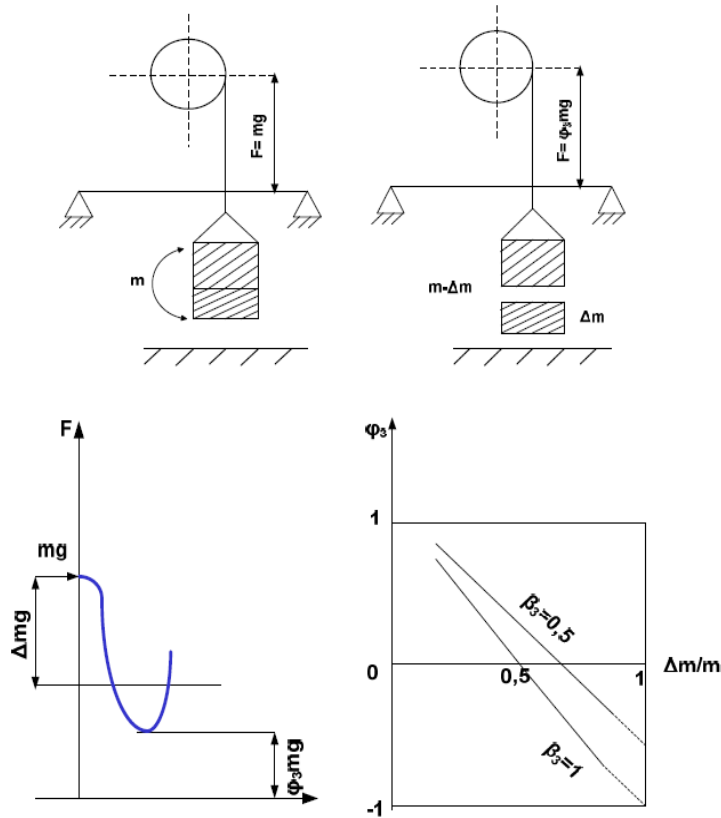
Η τιμή του συντελεστή φ_3 δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\varphi_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m} * (1 + \beta_3)$$

Όπου:

- Δm είναι το μέρος της μάζας που αποσπάται από το ωφέλιμο φορτίο.

- m είναι ολόκληρη η μάζα του φορτίου, β_3 είναι ίσος με 0,5 για εφαρμογές με αρπάγες ή άλλες συσκευές βραδείας λειτουργίας, ενώ είναι ίσος με 1 όταν σε εφαρμογές ανύψωσης χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητική ή κάποια άλλη παρόμοια συσκευή ταχείας λειτουργίας.



Εικόνα 6.12 - Συντελεστής β_3

Φορτία που προκαλούνται κατά την κίνηση σε ανομοιόμορφη επιφάνεια

1) Περίπτωση κίνησης πάνω σε οδόστρωμα

Οι επιδράσεις σε κίνηση πάνω σε οδόστρωμα με ή χωρίς φορτίο, εξαρτώνται από την διαμόρφωση της εφαρμογής (κατανομή μάζας), την ελαστική συμπεριφορά της εφαρμογής, την ταχύτητα κίνησης και στις ιδιότητες και τις συνθήκες πάνω στην επιφάνεια κίνησης. Οι δυναμικές επιδράσεις θα πρέπει να εκτιμώνται σύμφωνα με την εμπειρία, τις δοκιμές, ή από τους υπολογισμούς με την χρήση ενός κατάλληλου μοντέλου για την εφαρμογή και την επιφάνεια κίνησης.

2) Περίπτωση κίνησης πάνω σε σιδηροτροχιές

Οι επιδράσεις από την κίνηση πάνω σε σιδηροτροχιές, με ή χωρίς φορτίο έχουν γεωμετρικά χαρακτηριστικά ελαστικής συμπεριφοράς που προκαλούν επιταχύνσεις στους τροχούς οι οποίες εξαρτώνται από την διαμόρφωση της εφαρμογής (κατανομή μάζας, ελαστικότητα), ταχύτητα κίνησης και την διάμετρο των τροχών. Θα πρέπει να εκτιμώνται σύμφωνα με την εμπειρία, τις δοκιμές, ή με υπολογισμούς με ένα κατάλληλο μοντέλο για την εφαρμογή. Οι επιταχύνσεις που δημιουργούνται μπορεί να λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς, πολλαπλασιάζοντας τις δυνάμεις βαρύτητας που εμφανίζονται από την μάζα ανύψωσης και το ωφέλιμο φορτίο από έναν συντελεστή ϕ_4 . Για μεμονωμένες εφαρμογές η συγκεκριμένη παράγραφος καθορίζει ανοχές για τις σιδηροτροχιές και εκτιμήσεις για τις συνθήκες για τις οποίες η τιμή του συντελεστή ϕ_4 να λαμβάνεται ίση με 1.

Φορτία που προκαλούνται επιταχύνσεις για όλους τους μηχανισμούς κίνησης στους γεραμούς συμπεριλαμβάνοντας και τον μηχανισμό ανύψωσης

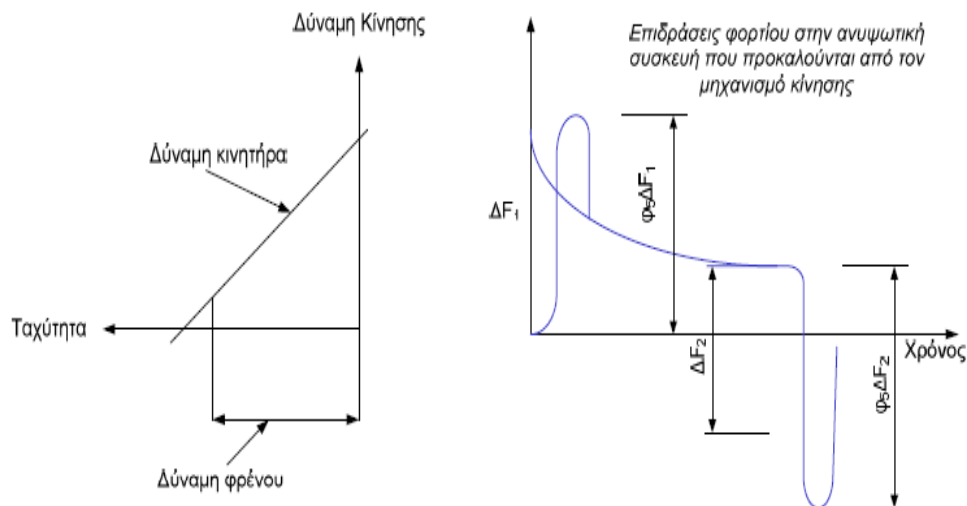
Φορτία που δημιουργούνται από επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις, οι οποίες προκαλούνται από τον μηχανισμό κίνησης μπορούν να υπολογιστούν με την χρήση μοντέλων που βασίζονται στην κινηματική ανάλυση στερεού σώματος, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους τις ιδιότητες των υλικών, την κατανομή της μάζας της ανυψωτικής λειτουργίας, και όπου αυτό είναι δυνατόν να δίνουν αποτελέσματα για τις εσωτερικές απώλειες λόγω τριβής.

Για αυτό τον λόγο, το μεικτό φορτίο λαμβάνεται στην κορυφή του ιστού του γερανού ή κάτω από το βαρούλκο. Μια ανάλυση στερεού σώματος δεν αντικατοπτρίζει άμεσα ελαστικές επιδράσεις. Για να γίνει αυτό, οι αλλαγές στην δύναμη κίνησης ($\&F$), οι οποίες δημιουργείται από επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις, μπορούν να πολλαπλασιαστούν από έναν συντελεστή ϕ_5 και να προστεθούν αλγεβρικά στις δυνάμεις που υπήρχαν προτού την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση. Αυτή η ενισχυμένη δύναμη εφαρμόζεται μετά στις συνιστώσες που εμφανίζονται στο σύστημα κίνησης και όπου αυτό είναι δυνατόν στην συσκευή και στο μεικτό φορτίο επίσης. (Βλ. Εικόνα 6.13).

Το εύρος των τιμών του συντελεστή ϕ_5 είναι $1 \leq \phi_5 \leq 2$. Η τιμή που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τον βαθμό αλλαγής της ταχύτητας στο σύστημα κίνησης ή την δύναμη κατά το φρενάρισμα και την κατανομή της μάζας καθώς και την ελαστική συμπεριφορά του συστήματος. Γενικά, οι χαμηλές τιμές είναι αντιπροσωπευτικές σε συστήματα όπου οι

δυνάμεις μεταβάλλονται ομαλά και οι υψηλές τιμές σε εκείνα τα συστήματα όπου εμφανίζονται παρουσιάζουν απότομες αλλαγές.

Σε φυγοκεντρικές δυνάμεις, ο συντελεστής μπορεί να λαμβάνεται ίσος με την μονάδα. Όταν μια δύναμη μπορεί να μεταδίδεται σε ένα σύστημα, να περιορίζεται από τις τριβές ή από την φύση του μηχανισμού κίνησης, θα πρέπει να χρησιμοποιείται η περιορισμένη αυτή δύναμη και ένας κατάλληλος συντελεστής ϕ_5 .



Εικόνα 6.13 - Συντελεστής ϕ_5

Φορτία που προκαλούνται λόγω μετατοπίσεων

Θα πρέπει να γίνονται υπολογισμοί για τα φορτία που αυξάνονται λόγω των μετατοπίσεων συμπεριλαμβάνοντας και αυτά που προκύπτουν κατά τον σχεδιασμό όπως είναι από προεντάσεις και αυτά που είναι ικανά να προκαλέσουν στρεβλώσεις. Άλλα φορτία που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι εκείνα τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν από αύξηση των μετατοπίσεων, που πρέπει να είναι σε περιορισμένες οριακές τιμές όπως είναι στις μεταβολές των φορτίων ανάμεσα των σιδηροτροχιών και στις στηρίξεις.

Τυχαία φορτία

Φορτία ανέμου στην κατάσταση λειτουργίας

Τα φορτία ανέμου στην κατάσταση λειτουργίας θα πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 4302.

Φορτία χιονιού και πάγου

Όπου είναι αναγκαίο τα φορτία χιονιού και πάγου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Θα πρέπει να μελετάται η επιφάνεια που εκτίθεται στα φορτία αυτά και αυξάνεται με την επίδραση του ανέμου.

Φορτία που προκαλούνται από μεταβολές της θερμοκρασίας

Φορτία που προκαλούνται από την συστολή ή την διαστολή εξαρτημάτων της κατασκευής λόγω της μεταβολής στην θερμοκρασία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό.

Φορτία που δημιουργούνται από στρεβλώσεις

Αυτή η παράγραφος ασχολείται με τα φορτία που δημιουργούνται από τις στρεβλώσεις, οι οποίες εμφανίζονται στους οδηγούς (όπως είναι οι τροχίσκοι και οι φλάντζες των τροχών) σε συσκευές ανύψωσης που είναι εφοδιασμένες με τροχούς, για την κίνηση ή την μεταφορά με σταθερή κατάσταση λειτουργίας. Αυτά τα φορτία προκαλούνται από αντιδράσεις των μέσων οδήγησης τα οποία αναγκάζουν τους τροχούς να αποκλίνουν από την κανονική τους διεύθυνση.

Όμοια φορτία προκαλούνται και από επιταχύνσεις οι οποίες δρουν σε αδρανειακές μάζες και μπορούν επίσης να προκαλέσουν στρεβλώσεις στην συσκευή ανύψωσης. Τα φορτία από στρεβλώσεις όπως ορίζονται από τα παραπάνω συνήθως λαμβάνονται ως τυχαία φορτία, όμως η συχνότητα εμφάνισής τους ποικίλει ανάλογα με την διαμόρφωση και την συντήρηση της συσκευής. Σε μεμονωμένες περιπτώσεις η συχνότητα αυτή μπορεί να καθορίσει εάν έχουν ληφθεί τα φορτία ως τυχαία φορτία ή κανονικά φορτία.

Για την εκτίμηση του μέτρου των φορτίων στρέβλωσης και την κατηγορία στην οποία ανήκουν δίνονται πληροφορίες στα ξεχωριστά μέρη του ISO 8686, που αφορούν ξεχωριστές μορφές ανύψωσης.

Κατ' εξαίρεση φορτία

Φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας

Όταν μελετάμε φορτία εκτός κατάστασης λειτουργίας, οι δυνάμεις βαρύτητας στο τμήμα της μάζας nm για το οποίο το σύστημα ανύψωσης παραμένει σε αναστολή, θα πρέπει να υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση: $nm = m - \Delta m$, όπου $m - \Delta m$ είναι το τμήμα του μεικτού βάρους το οποίο παραμένει σε αναστολή και m είναι η μάζα του μεικτού βάρους.

Φορτία ελέγχου

Οι τιμές των φορτίων σε συνθήκες ελέγχου θα λαμβάνονται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 4310. Τα φορτία των δυναμικών και στατικών ελέγχων απαιτούνται να είναι στο ελάχιστο από αυτά που δίνονται από το διεθνές πρότυπο ISO 4310, οι υπολογισμοί για την αντοχή των ελέγχων αυτών μπορεί να κριθεί απαραίτητη. Σε αυτήν την περίπτωση το δυναμικό φορτίο που προκύπτει από τις δοκιμές θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί από έναν συντελεστή ϕ_6 .

Φορτία κλίσης

Εάν η συσκευή ανύψωσης με περιορισμό στην οριζόντια διεύθυνση του φορτίου γέρνει όταν το φορτίο ή το εξάρτημα της ανύψωσης συγκρούεται με ένα εμπόδιο, οι δυναμικές φορτίσεις που προκύπτουν θα πρέπει να καθοριστούν. Εάν μια συσκευή που γέρνει μπορεί να επανέλθει στην αρχική της κατάσταση χωρίς έλεγχο, οι συνέπειες της σύγκρουσης στην κατασκευή στήριξης θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη.

Φόρτια από διακοπή της λειτουργίας λόγω κινδύνου

Τα φορτία που προκαλούνται από διακοπή της λειτουργίας λόγω κινδύνου θα πρέπει να εκτιμώνται, και να λαμβάνονται στις πιο ανεπιθύμητες καταστάσεις για τον μηχανισμό κίνησης (π.χ. δυσμενής συνδυασμός επιταχύνσεων και φορτίσεων) και κατά την διάρκεια της διακοπής. Η επιλογή του συντελεστή ϕ_5 θα είναι ανάμεσα στα όρια $\phi_5 1,5 \leq \phi_5 \leq 2$.

Φορτία που προκαλούνται από θραύση του μηχανισμού κίνησης ή από τα μηχανικά στοιχεία του

Όπου παρέχεται ασφάλεια με φρένα έκτακτης ανάγκης αντί για φρένα ασφαλείας, αστοχία και ενεργοποίηση της πέδησης έκτακτης ανάγκης θα λαμβάνονται στις πιο δυσμενείς συνθήκες φόρτισης. Όπου υπάρχουν δυο συστήματα μηχανισμών για λόγους ασφαλείας, υποθέτουμε πως η αστοχία θα εμφανιστεί σε κάθε τμήμα των δύο συστημάτων. Και στις δύο περιπτώσεις, τα φορτία που προκύπτουν θα εκτιμώνται λαμβάνοντας υπόψη πιθανές συγκρούσεις κατά την μεταφορά των δυνάμεων.

Φορτία που προκαλούνται από διέγερση της θεμελίωσης της ανυψωτικής συσκευής

Παραδείγματα τέτοιων φαινομένων αποτελούν οι σεισμοί ή ταλαντώσεις που προκαλούνται από κύματα. Τα φορτία που προκαλούνται από τέτοιου είδους διέγερση θα λαμβάνονται υπόψη μόνο όταν αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την ανυψωτική συσκευή.

Ειδικά φορτία

Φορτία που προκαλούνται κατά την συναρμολόγηση, διάλυση και μεταφορά

Τα φορτία που ενεργούν σε κάθε στάδιο της συναρμολόγησης και της διάλυσης του γερανού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, συμπεριλαμβάνοντας και εκείνα τα φορτία που εμφανίζονται για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 8,3 m/s. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να χρειαστεί να συμπεριλάβουμε και τα φορτία που εμφανίζονται κατά την μεταφορά.

Φορτία σε πλατφόρμες και σε άλλα μέσα που παρέχουν πρόσβαση

Τα φορτία που εμφανίζονται σε αυτήν κατηγορία θεωρούνται τοπικά, που δρουν στις εγκαταστάσεις και στα στοιχεία στήριξης τους.

Θα πρέπει να γίνεται έλεγχος στα παρακάτω φορτία:

- 3000N για τα υλικά που τοποθετούνται σε πλατφόρμες
- 1500N για τα μέσα πρόσβασης

- και όχι λιγότερο από 300 N για οριζόντια κίνηση σε σιδηροτροχιές, ανάλογα με την τοποθεσία και την χρήση.

Συνδυασμός φορτίων

Τα φορτία που εμφανίζονται σε έναν γερανό θα συνδυαστούν για καθορίσουν τις τάσεις κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας σύμφωνα με τους υπολογισμούς στην ελαστική και στατική συμπεριφορά του.

- 1) Η κατασκευή θα λαμβάνεται στην πιο δυσμενή της κατάσταση και διαμόρφωση, ενώ τα φορτία θεωρούμε πως ενεργούν κατά μέτρο, θέση και διεύθυνση προκαλώντας τις πιο δυσμενείς τάσεις σε κρίσιμα σημεία της κατασκευής που επιλέγονται για την εκτίμηση της μηχανολογικής μελέτης.
- 2) Τα φορτία μπορούν να συνδυαστούν με τις τιμές που ορίζονται σε αυτήν την παράγραφο, ή όταν αυτό είναι δυνατόν να συνδυαστούν με κάποια φορτία τα οποία θα μπορούν να προσεγγίζουν σε καλό βαθμό τις συνθήκες φόρτισης που ισχύουν στην πραγματικότητα. Οι συνδυασμοί φορτίων για ξεχωριστά είδη ανύψωσης θα συνδυάζονται με τις προδιαγραφές που ορίζονται και παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 2. Να σημειώσουμε εδώ πως για κάθε από τις 4 κατηγορίες γεραμών ο παρακάτω πίνακας είναι σχεδιασμένος και για τις δύο μεθόδους υπολογισμού φορτίων και για την Μέθοδο της επιτρεπόμενης τάσης (ASD) καθώς για την Μέθοδο της οριακής τάσης (ULS).

Πίνακας 2 - Φορτία και συνδυασμός φορτίων

1	2		3				4					5							6						
			Συνδυασμός φορτίων Α				Συνδυασμός φορτίων Β					Συνδυασμός φορτίων C													
Κατηγορίες φορτίων	Φορτία F		Υ _p	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Υ _B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	Υ _p	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	γραμμή		
Κανονικά φορτία	Βαρέπτας επιπαχύνσεις συγκρούσεις	1) Μάζα της ανυψωτικής κατασκευής	Υ _{RA1}	Φ ₁	Φ ₁	1	-	Υ _{RB1}	Φ ₁	Φ ₁	1	-	-	Υ _{RC1}	Φ ₁	1	Φ ₁	1	1	1	1	1	1	1	
		2) Μάζα του μεικτού βάρους	Υ _{RA2}	Φ ₂	Φ ₂	-	-	Υ _{RB2}	Φ ₂	Φ ₂	-	-	-	-	Υ _{RC2}	Φ ₂	1	-	1	1	1	1	1	1	2
		3) Μάζες της ανυψωτικής συσκευής και φορτίο ανύψωσης, με κίνηση πάνω σε ανομοιομορφή επιφάνεια	Υ _{RA3}	-	-	-	Φ ₃	Υ _{RB3}	-	-	-	Φ ₃	Φ ₃	Υ _{RC3}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Επιπαχύνσεις από τον μηχανισμό κίνησης	α) Με ανυψωτικό μηχανισμό β) Χωρίς ανυψωτικό μηχανισμό	4) Μάζες της ανυψωτικής συσκευής και μεικτό βάρος	Υ _{RA4}	Φ ₄	Φ ₄	-	-	Υ _{RB4}	Φ ₄	Φ ₄	-	-	-	Υ _{RC4}	-	-	Φ ₄	-	-	-	-	-	-	4
			5) Χωρίς ανυψωτικό μηχανισμό	-	-	-	Φ ₅	-	-	Φ ₅	Φ ₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Μετατοπίσεις		Υ _{RA5}	1	1	1	1	Υ _{RB5}	1	1	1	1	1	1	Υ _{RC5}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
Τυχαία φορτία	Κλιματικές συνθήκες	1) Φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας					Υ _{RA6}	1	1	1	1	1	1	Υ _{RC6}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	
		2) Φορτία χιονιού και πάγου					Υ _{RA7}	1	1	1	1	1	1	Υ _{RC7}	-	1	-	-	-	-	-	-	-	8	
		3) Μεταβολές της θερμοκρασίας					Υ _{RA8}	1	1	1	1	1	1	Υ _{RC8}	-	1	-	-	-	-	-	-	-	9	
	Στρεβλώσεις					Υ _{RA9}	-	-	-	-	1	Υ _{RC9}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
Κατ'εξαιρέση φορτία	1) Ανύψωση ελεύθερου βάρους από το έδαφος												Υ _{RC10}	Φ ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	
	2) Φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας												Υ _{RC11}	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
	3) Φορτία ελέγχου												Υ _{RC12}	-	-	Φ ₅	-	-	-	-	-	-	-	13	
	4) Δυνάμεις πρόσκρουσης												Υ _{RC13}	-	-	-	Φ ₇	-	-	-	-	-	-	14	
	5) Δυνάμεις κλίσης												Υ _{RC14}	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	15	
	6) Φορτία έκτακτης διακοπής λόγω κινδύνου												Υ _{RC15}	-	-	-	-	-	Φ ₅	-	-	-	-	16	
	7) Λόγω αστοχίας του μηχανισμού κίνησης												Υ _{RC16}	-	-	-	-	-	-	Φ ₅	-	-	-	17	
	8) Φορτία λόγω διέγερσης της ανυψωτικής συσκευής												Υ _{RC17}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	18	
Συντελεστής αντοχής						Υ _{RA}						Υ _{RB}												19	

Συνδυασμοί φορτίων

A1 και B1: Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, φορτία ανύψωσης και τοποθέτησης, χωρίς φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλων κλιματικών επιδράσεων (A1) και με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (B1). Γενικά ανύψωση, μεταφορά και κίνηση γερανού προς την κατεύθυνση του ανέμου και περιστροφή είναι πιθανό να εμφανιστούν ταυτόχρονα. Ως αποτέλεσμα τα φορτία που προκύπτουν από αυτές τις κινήσεις θα συνδυάζονται έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένες καταστάσεις λειτουργίας του γερανού.

A2 και B2: Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, με αιφνίδια απελευθέρωση τμήματος του φορτίου ανύψωσης, χωρίς φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (A2), και με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (B2). Οι δυνάμεις κίνησης θα συνδυάζονται όπως και στον συνδυασμό A1 και B1.

A3 και B3: Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, επιταχύνοντας το φορτίο που βρίσκεται σε αναστολή, χωρίς φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (A3), και με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (B3). Διάφορες δυνάμεις κίνησης θα συνδυάζονται όπως και στον συνδυασμό A1 και B1 .

A4 και B4: Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, κίνηση πάνω σε ανομοιόμορφη επιφάνεια ή τροχιά, χωρίς φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (A4), και με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις (B4). Οι δυνάμεις κίνησης θα συνδυάζονται όπως και στον συνδυασμό A1 και B1.

B5: Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, κίνηση με σταθερή ταχύτητα πάνω σε ανομοιόμορφη επιφάνεια με κλίση, με φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις .

C1: Ανυψωτικές εφαρμογές σε κατάσταση λειτουργίας για την ανύψωση φορτίου που εδράζεται στο έδαφος με την εξαίρεση της εφαρμογής του συντελεστή φ_2 .

C2: Ανυψωτικές εφαρμογές εκτός κατάστασης λειτουργίας συμπεριλαμβάνοντας φορτία ανέμου εκτός κατάστασης λειτουργίας και άλλες κλιματικές επιδράσεις.

C3: Ανυψωτικές εφαρμογές κάτω από συνθήκες ελέγχου. Οι δυνάμεις κίνησης θα συνδυάζονται όπως και στον συνδυασμό **A1** και **B1**.

C4 έως και **C8:** Ανυψωτικές εφαρμογές με μεικτό φορτίο σε συνδυασμό με φορτία όπως είναι οι δυνάμεις πρόσκρουσης (**C4**), δυνάμεις κλίσης (**C5**), έκτακτης διακοπής της λειτουργίας (**C6**), αστοχίας του μηχανισμού κίνησης (**C7**), και φορτία λόγω διέγερσης της θεμελίωσης της κατασκευής (**C8**).

Ειδικές εφαρμογές φορτίων

Γενικά ο συνδυασμός **A** περιλαμβάνει τα κανονικά φορτία, ο συνδυασμός **B** περιλαμβάνει κανονικά φορτία τα οποία συνδυάζονται με τυχαία φορτία, και τέλος ο συνδυασμός **C** περιλαμβάνει κανονικά φορτία που συνδυάζονται με κατ' εξαίρεση φορτία και ειδικά φορτία. Εκτός όμως από τα παραπάνω είναι πιθανόν να λαμβάνονται υπόψη περισσότερα φορτία όπως γίνεται στις εξής περιπτώσεις:

- Κατά το στάδιο συναρμολόγησης, ανέγερσης και αποσυναρμολόγησης του γερανού
- Κατά την εμφάνιση μετατοπίσεων λόγω ελαστικής συμπεριφοράς του γερανού ή φορέα του
- Κατά την απόδειξη της φέρουσας ικανότητας του γερανού για αντοχή σε κόπωση
- Και για ανυψωτικές εφαρμογές για μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας

Συναρμολόγηση – Ανέγερση – Αποσυναρμολόγηση

Κάθε στάδιο της συναρμολόγησης ανέγερσης και της αποσυναρμολόγησης του θα πρέπει να μελετάται, λαμβάνοντας υπόψη το κατάλληλο φορτίο και τον συνδυασμό φορτίων, που θα καθορίζονται για κάθε είδους γερανό. Ο υπολογισμός της αντοχής θα γίνεται σε κάθε περίπτωση για κάθε σημαντικό φορτίο σε κάθε στοιχείο ή φορέα της κατασκευής. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να κριθεί απαραίτητο να συμπεριλάβουμε φορτία που εμφανίζονται κατά την διαδικασία της μεταφοράς.

Μετατοπίσεις λόγω ελαστικής συμπεριφοράς

Σε μερικές περιπτώσεις, οι μετατοπίσεις καθιστούν την εφαρμογή ακατάλληλη να εκτελέσει τις λειτουργίες της, και μπορούν να επιδράσουν στην ευστάθεια της κατασκευής, ή ακόμη να επεμβαίνουν στην σωστή λειτουργία του μηχανισμού της. Σε αυτές περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η εμφάνιση των μετατοπίσεων στους υπολογισμούς της αντοχής και όπου είναι δυνατόν οι μετρούμενες μετατοπίσεις θα πρέπει να συγκρίνονται με τα επιτρεπόμενα όρια.

Αντοχή σε κόπωση

Όπου είναι απαραίτητο θα πρέπει να γίνεται έλεγχος στην κατασκευή για αντοχή σε κόπωση και θα διεξάγεται πάντα σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Γενικά, οι συνδυασμοί φορτίων A1, A2, A3 και A4 (Κανονικά φορτία) θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στον έλεγχο. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να κριθεί απαραίτητο να συμπεριλάβουμε τυχαία φορτία όπως είναι τα φορτία ανέμου σε κατάσταση λειτουργίας, ειδικά φορτία όπως τα φορτία ελέγχου και φορτία που προκαλούν διέγερση στην θεμελίωση της κατασκευής (π.χ. σεισμός).

Εφαρμογές με μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας

Σε κάποιες περιπτώσεις όπου εμφανίζεται αστοχία λόγω ανθρώπινης παρέμβασης ή διάφορων οικονομικών επιπτώσεων, θα πρέπει να αυξηθεί η επάρκεια της κατασκευής με την χρήση του συντελεστή κινδύνου $n_\gamma > 1$, η τιμή του θα εκλέγεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης κατασκευής.

Με την χρήση της μεθόδου της επιτρεπόμενης τάσης, οι τάσεις θα διαιρούνται από τον συντελεστή n_γ . Ενώ με την μέθοδο της οριακής κατάστασης, τα φορτία θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται από τον συντελεστή ρίσκου n_γ .

Βιβλιογραφία – Δικτυακοί Τόποι

6^ο Κεφαλαίου:

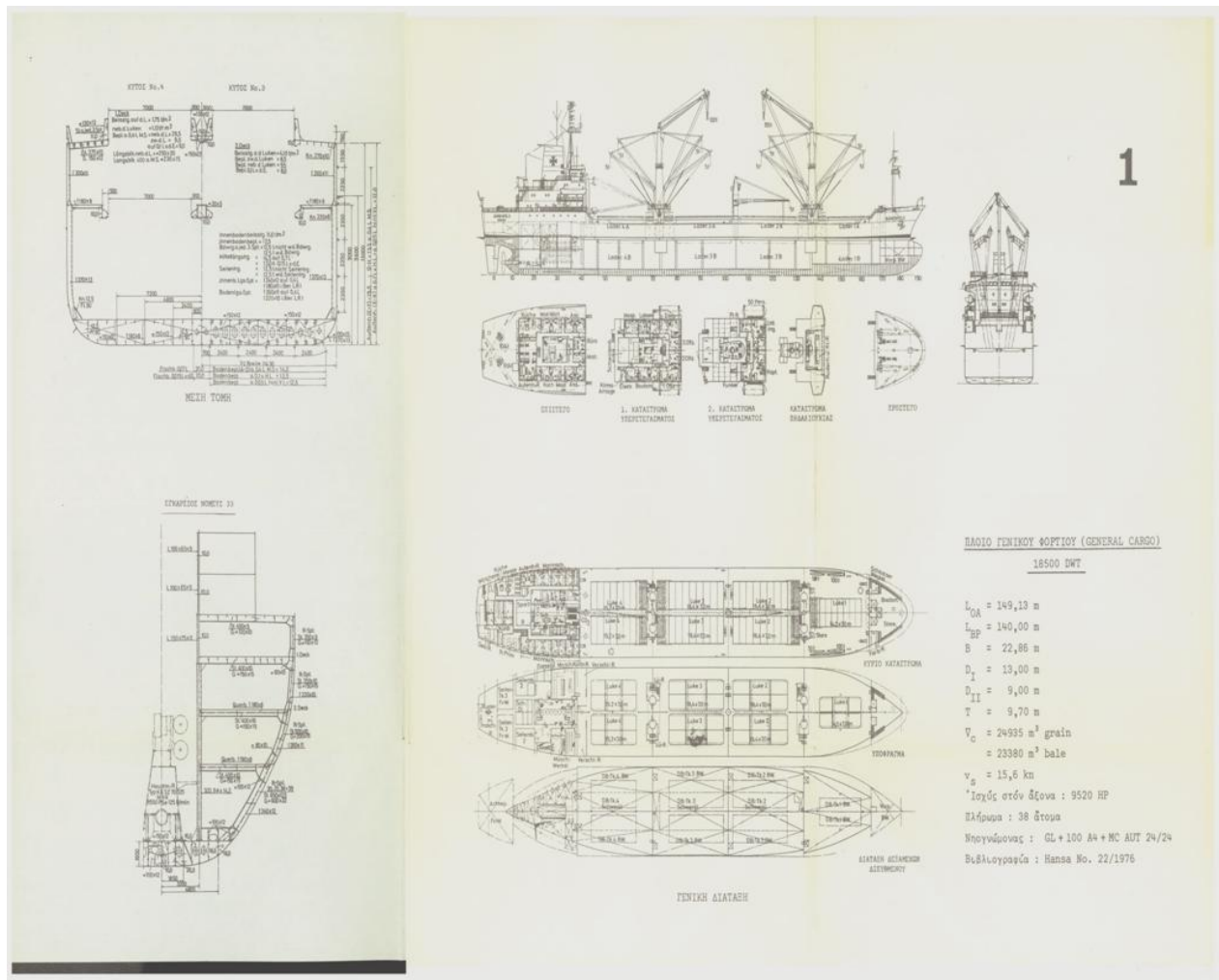
- 1) «ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ Μεταφορικές και ανυψωτικές μηχανές», Π. Δρακάτου, Πάτρα 1980 (Μέρος Α)
- 2) <http://www.cargotec.com/en-global/macgregor/merchant-ships/general-cargo-ships/Pages/default.aspx>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σειρά σχεδίων μεταλλικής κατασκευής πλοίων γενικού φορτίου

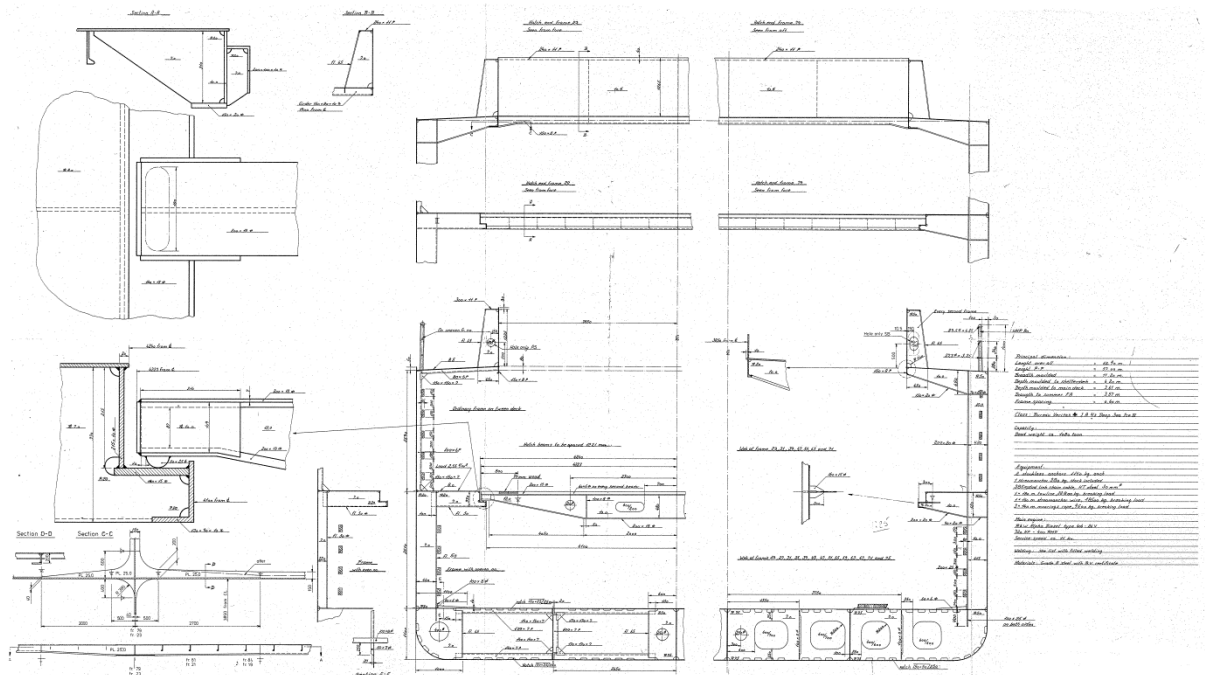
I. Σχέδια πλοίου γενικού φορτίου κατασκευής 1976:

- a) Σχέδιο γενικής διάταξης (δεξιά)
- b) Σχέδιο μέσης τομής και τομή νομέα- περιοχή μηχανοστασίου (αριστερά)

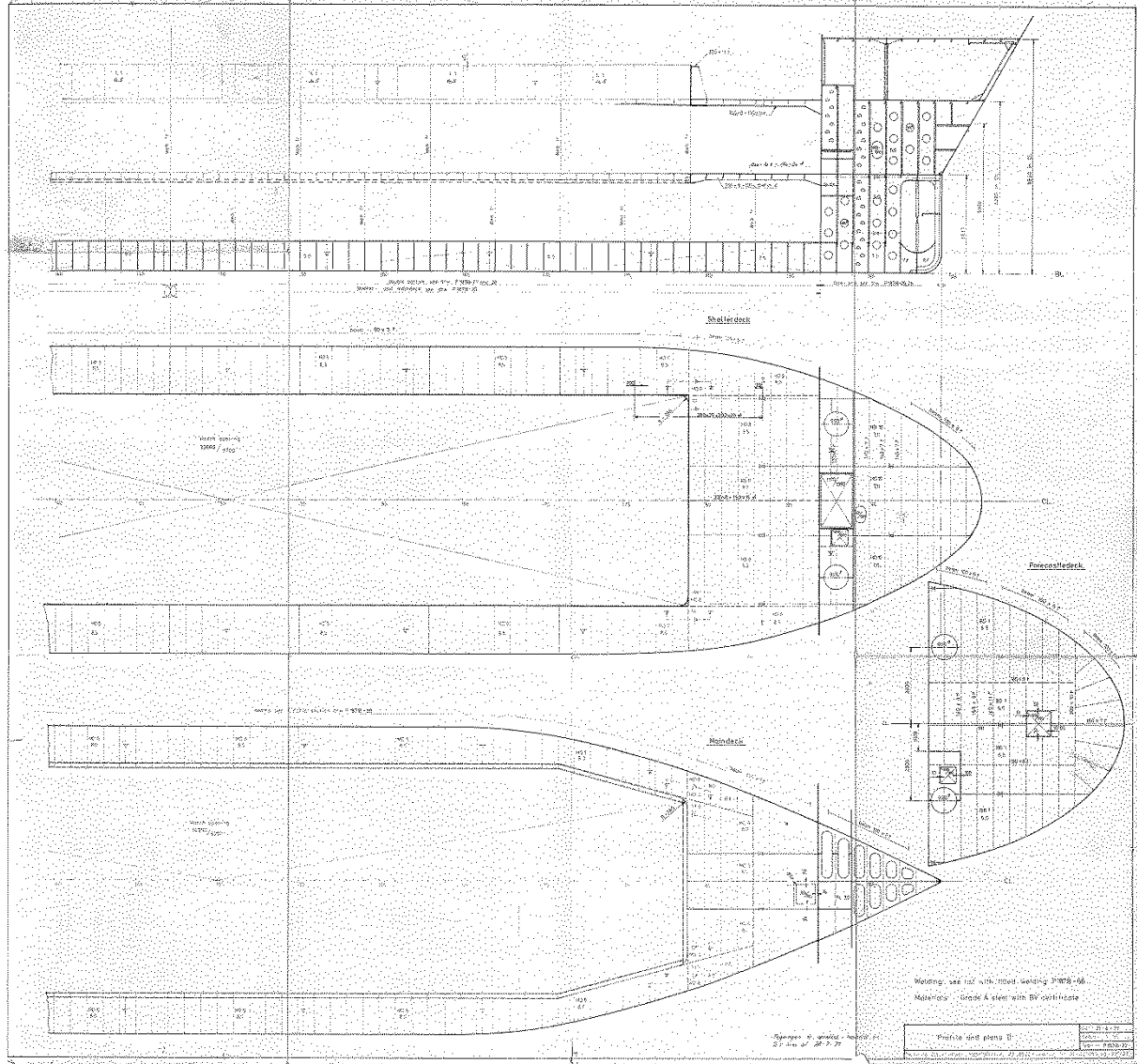


II. Σχέδια πλοίου γενικού φορτίου κατασκευής 1977:

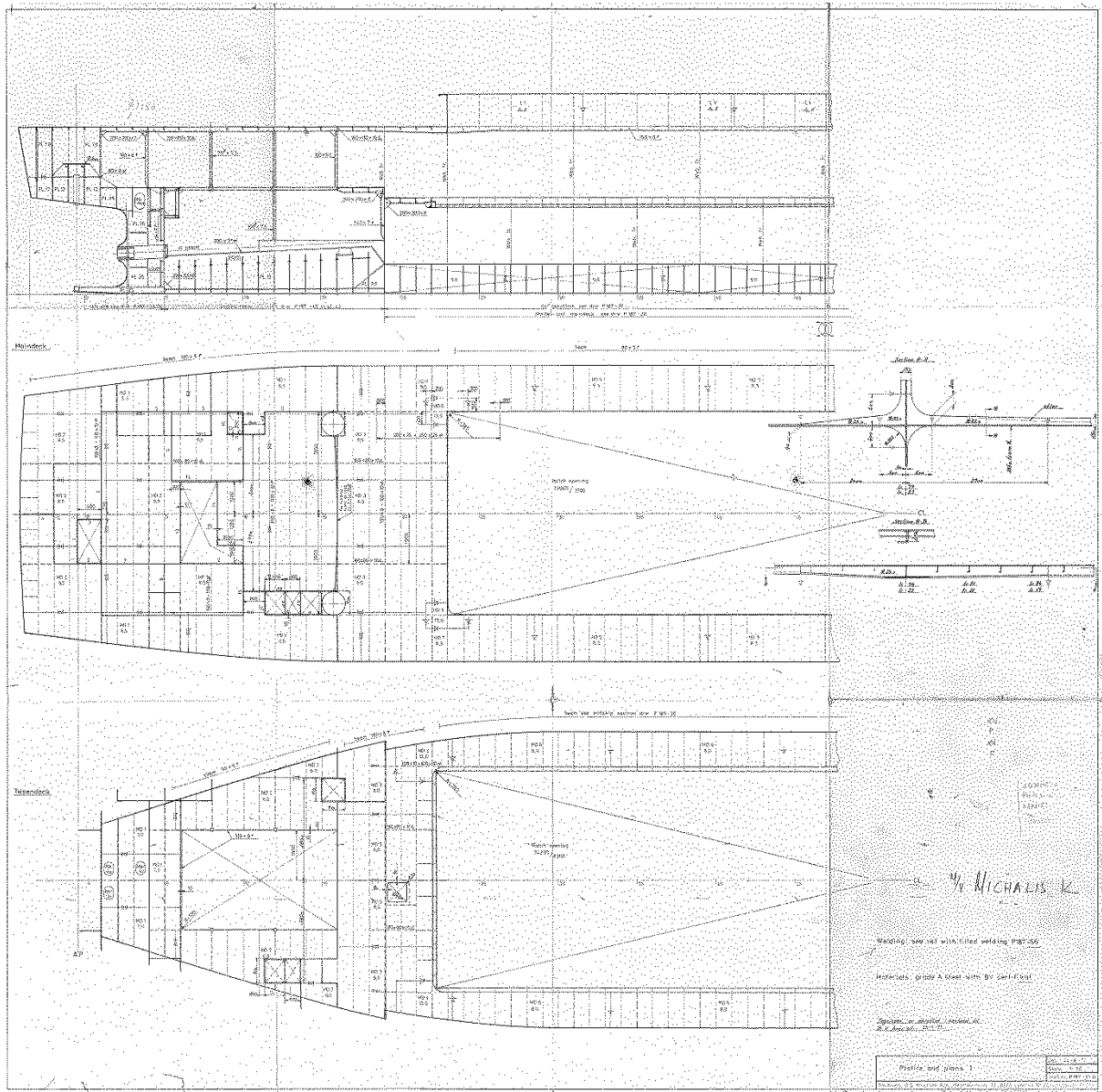
a) Σχέδιο μέσης τομής



b) Σχέδιο τομών προωραίου τμήματος

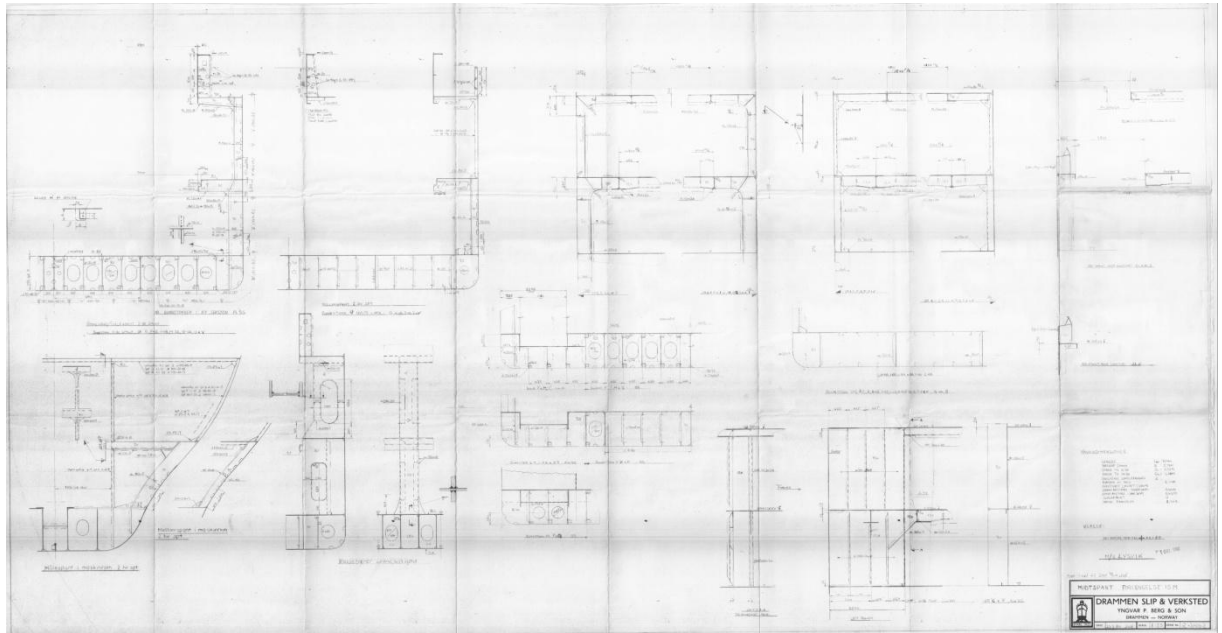


c) Σχέδιο τομών πρυμναίου τμήματος



III. Σχέδια πλοίου γενικού φορτίου κατασκευής 1980:

a) Σχέδιο μέσης τομής



b) Σχέδιο διαμήκους τομής και τομών καταστρωμάτων



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Πέτρο Καρύδη για την καλή συνεργασία και την πολύτιμη και συνεχή βοήθειά του καθ' όλα τα στάδια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην Διεύθυνση της STAM SHIPPING SA για τη διάθεση πολύτιμων πληροφοριών που βοήθησαν στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τα συγγενικά και φιλικά μου πρόσωπα για την απέραντη συμπαράσταση, κατανόηση και στήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.