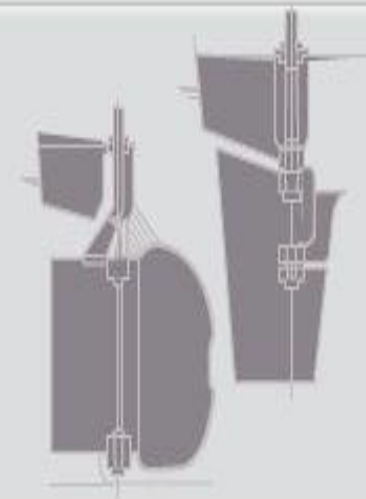


Κεφάλαιο 14

Πηδάλια



Εισαγωγή.

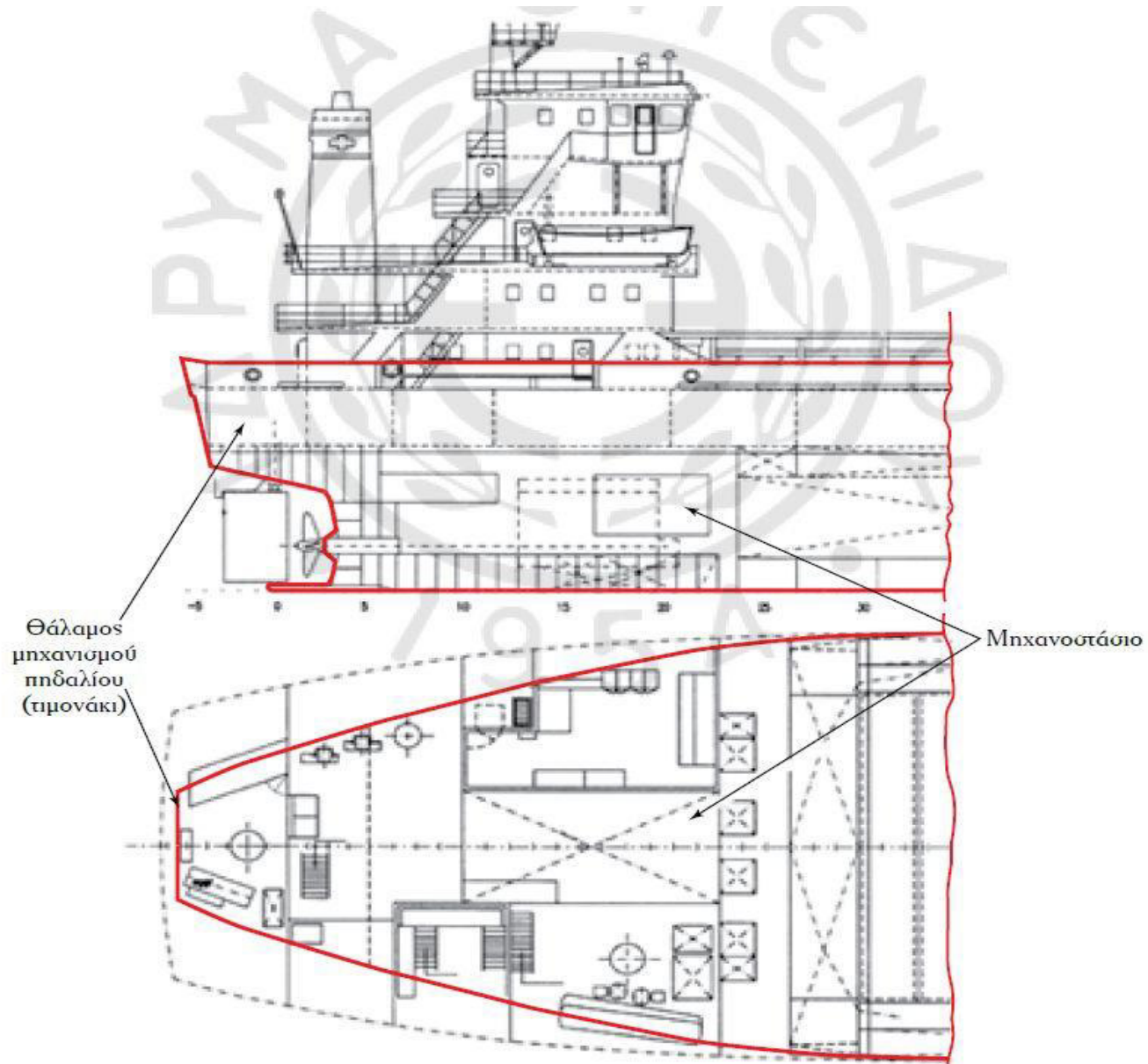
Ο **μηχανισμός πηδαλίου** (steering gear) στα πλοία είναι η διάταξη που εξασφαλίζει την περιστροφή του πηδαλίου και κατά συνέπεια την αλλαγή της πορείας του πλοίου.

Οι εντολές αλλαγής της πορείας δίνονται από τη **γέφυρα** (bridge)

και εκτελούνται από τον θάλαμο μηχανισμού πηδαλίου κοινώς τιμονάκι (steering gear room),

που βρίσκεται στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου συνήθως πίσω από το μηχανοστάσιο.

Κάτω από τον μηχανισμό πηδαλίου
και εξωτερικά της γάστρας του πλοίου
βρίσκεται το *πτερύγιο πηδαλίου* (rudder ή rudder blade).



Σχ. 14.1

Τμήμα από το σχέδιο γενικής διατάξεως πλοίου, όπου φαίνεται ο θάλαμος μηχανισμού πηδαλίου σε σχέση με το μηχανοστάσιο.

Το σύστημα της πηδαλιουχίας θεωρητικά απαρτίζεται από τρία υποσυστήματα:

το **σύστημα ελέγχου** (control equipment),

το **σύστημα παραγωγής ισχύος** (power unit)

και τέλος το **σύστημα μεταφοράς της απαιτούμενης ροπής στον άξονα του πηδαλίου** (transmission to the rudder stock).

Στη Διεθνή Συνθήκη για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη θάλασσα SOLAS* (Safety Of Life At Sea) του IMO

προβλέπονται οι ελάχιστες απαραίτητες προϋποθέσεις για πλοία, που εκτελούν διεθνείς πλόες ή οι κανονισμοί σχετικά με τη συμμόρφωση των μηχανισμών πηδαλίων των πλοίων.

Το σύστημα ελέγχου παράγει το επιθυμητό σήμα από τη γέφυρα του πλοίου.

Στη συνέχεια, το σήμα ενεργοποιεί το σύστημα παραγωγής ισχύος και έτσι δημιουργείται η απαιτούμενη ροπή από το σύστημα μεταδόσεως, προκειμένου να περιστραφεί το πηδάλιο στην επιθυμητή γωνία.

Το πηδάλιο είναι μια ενισχυμένη κατασκευή με υδροδυναμικό σχήμα (hydrofoil), έτσι ώστε να δημιουργεί τη μέγιστη απαιτούμενη δύναμη για την αλλαγή της πορείας του πλοίου με τη λιγότερη δυνατή κατανάλωση ισχύος.

Βασικοί κανόνες της SOLAS είναι οι παρακάτω:

- α) Να υπάρχει εκτός του κύριου μηχανισμού πηδαλίου και ένα βοηθητικό πλήρες σύστημα και αντίστοιχης ιπποδυνάμεως, το οποίο να μπορεί να τεθεί σε λειτουργία σε περίπτωση βλάβης του κύριου,
- β) Το σύστημα μηχανισμού πηδαλίου και το πηδάλιο πρέπει να είναι σχεδιασμένα, έτσι ώστε να αντέχουν υδραυλικές πιέσεις και δυνάμεις στο 125% των συνθηκών σχεδιάσεως.

γ) Η γωνία στροφής του πηδαλίου πρέπει να είναι από -35° έως $+35^{\circ}$ (σύνολο 70°) και στο βύθισμα σχεδιάσεως του πλοίου πρέπει ο χρόνος στροφής να μην υπερβαίνει τα 28 s για συνολική γωνία στροφής 65° .

δ) Η ελάχιστη διάμετρος του άξονα πηδαλίου πρέπει να είναι 120 mm, εκτός αν το πλοίο είναι σχεδιασμένο να πλέει σε θάλασσα με πάγους, που στην περίπτωση αυτή θα είναι μεγαλύτερη.

ε) Τα Δ/Ξ άνω των 10.000 κόρων ολικής χωρητικότητας (κοχ²) πρέπει να έχουν δύο ανεξάρτητα συστήματα ελέγχου στη γέφυρα του πλοίου.

στ) Σε όλους τους τύπους πλοίων άνω των 70.000 κοχ και ειδικά στα Δ/Ξ άνω των 10.000 κοχ πρέπει να υπάρχουν δύο όμοια κύρια συστήματα παραγωγής ισχύος.

ζ) Σε περίπτωση αστοχίας του κύριου συστήματος μηχανισμού πηδαλίου, πρέπει να υπάρχει οπτική και ηχητική ειδοποίηση στη γέφυρα και να τίθεται αυτόματα σε λειτουργία το βοηθητικό σύστημα, το αργότερο σε 45 s.

η) Πρέπει να υπάρχει σύστημα επικοινωνίας μεταξύ της γέφυρας και θαλάμου συστήματος πηδαλιουχίσεως.

Ο τύπος και η αρχή λειτουργίας του συστήματος μηχανισμού πηδαλίου μπορεί να είναι

υδραυλικός (ηλεκτρούδραυλικός, telemotor),

μηχανικός

ή ηλεκτρικός

Παλαιότερα, γινόταν χρήση του ατμοκίνητου πηδαλίου,

όταν ο ατμός ήταν το βασικό μέσο παραγωγής ισχύος στα πλοία.

Το ατμοκίνητο πηδάλιο κατασκευάστηκε από τον Αμερικανό μηχανολόγο Frederick Sickel (1819-1895) το 1853

και εγκαταστάθηκε σε πολλά ατμοκίνητα πλοία, όπως ο Τιτανικός και ο Βρετανικός.

Η εταιρεία Brown Bros. Co. Ltd στο Εδιμβούργο εξέλιξε την πατέντα του Sickel,

κατασκευάζοντας σχεδόν όλα τα ατμοκίνητα πηδάλια που εγκαταστάθηκαν έκτοτε στα πλοία.

Γεωμετρία πηδαλίου - Τύποι πηδαλίων.

Το πηδάλιο είναι το μέσο με το οποίο το πλοίο μπορεί να αλλάζει κατεύθυνση και να ακολουθεί την επιθυμητή πορεία.

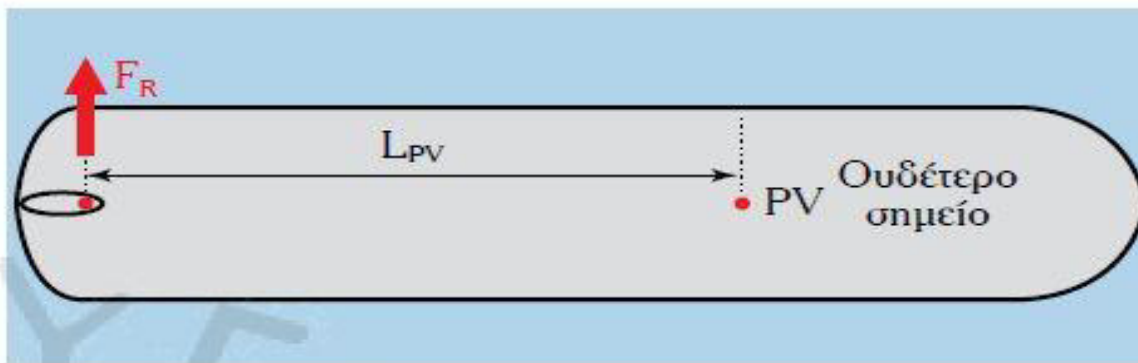
Βασικά στοιχεία στον υπολογισμό του τύπου και του μεγέθους του πηδαλίου είναι:

- α) Η μέγιστη ταχύτητα του πλοίου.
- β) Η ευθύγραμμη απόσταση του *άξονα του πηδαλίου* (rudder stock) από το **σημείο στροφής** ή **ουδέτερο σημείο** (pivoting point)³ του πλοίου L_{PV} .
- γ) Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της γάστρας του πλοίου.

δ) Το σχήμα της πρύμης του πλοίου

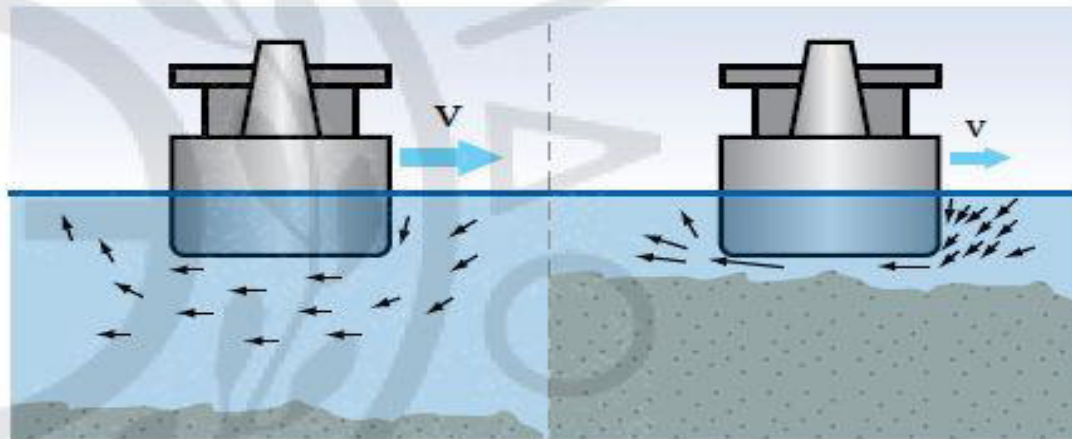
ε) Το εμβαδόν της προβολής της βρεχόμενης επιφάνειας του πλοίου και η θέση του **κέντρου εγκάρσιας αντιστάσεως** (centre of lateral resistance)

στ) Το βάθος του νερού.



Σχ. 14.2α

Το πλοίο περιστρέφεται γύρω από το σημείο στροφής. Η ροπή που στρέφει το πλοίο είναι ανάλογη της δύναμης F από το πηδάλιο και της αποστάσεως L_{PV} .



Σχ. 14.2β

Ροή γύρω από την γάστρα του πλοίου σε βαθύ ή ρηχό νερό.

Το βάθος του νερού ή καλύτερα η απόσταση του πυθμένα του πλοίου από τον πυθμένα του βυθού

είναι βασική συνιστώσα στην αλλαγή κατευθύνσεως του πλοίου.

Ο βασικός λόγος είναι η ύπαρξη ροής του νερού κάτω από τον πυθμένα του πλοίου.

Όσο μικρότερη είναι η απόσταση,
τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ροής του νερού.
Το γεγονός αυτό αυξάνει την εγκάρσια αντίσταση του πλοίου,
δηλαδή τη δυνατότητα να αλλάξει κατεύθυνση.

Από τη σχεδίαση του πλοίου, πριν τη ναυπήγησή του,
είναι γνωστά τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του
και επομένως το απαιτούμενο μέγεθος του πηδαλίου,
τα οποία σε σχέση με τον απαιτούμενο χώρο για το πτερύγιο του (των)
πηδαλίου (-λίων)
καθορίζουν την επιλογή του τύπου του σχήματος του πηδαλίου.
Έτσι, καταλήγομε να επιλέξομε:

α) Μη ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο πολλαπλής εδράσεως (non balanced rudder)

Αυτός ο τύπος πηδαλίου απαιτεί τη μέγιστη ροπή στρέψεως, καθώς είναι μη ζυγοσταθμισμένο, δηλαδή όλη η επιφάνειά του βρίσκεται πίσω από τον άξονά του. Επίσης, η ροπή κάμψεως στον άξονα του πηδαλίου είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τους τύπους των πηδαλίων με υποβραχιόνιο.

β) Ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο διπλής εδρασεως (balanced rudder).

Στο πηδάλιο αυτό η επιφάνεια του πηδαλίου εκτείνεται και στο μπροστινό τμήμα του άξονα.

Με αυτήν τη γεωμετρία χρειάζεται μικρότερη ροπή στρέψεως από τον μηχανισμό πηδαλίου.

Η καμπτική ροπή στον άξονα είναι όμοια με την προηγούμενη περίπτωση.

γ) Κρεμαστό ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο με υποβραχιόνιο (balanced rudder with sole piece)

Σε αυτό το πηδάλιο, το υποβραχιόνιο εξυπηρετεί έτσι, ώστε να μειώνεται η καμπική ροπή του άξονα του πηδαλίου. Αντίστοιχα, υπάρχει ο ίδιος τύπος πηδαλίου χωρίς υποβραχιόνιο

δ) *Ημιζυγοσταθμισμένο πηδάλιο με ποδόστημα* (semi balanced spade rudder with rudder horn)

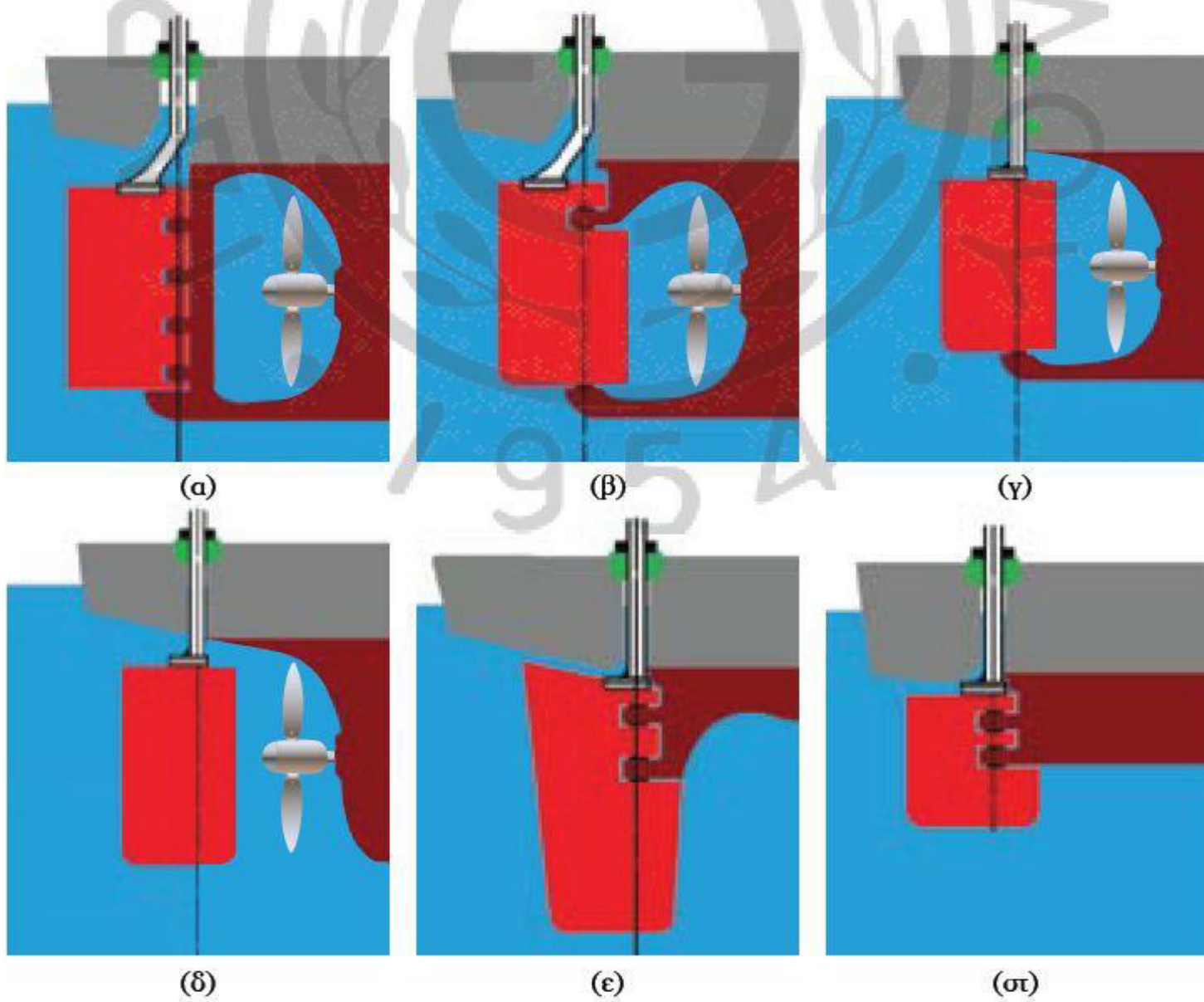
και *ημιζυγοσταθμισμένο πηδάλιο δύο τριβέων με ποδόστημα.*

Σε αυτήν την περίπτωση,

έχομε μείωση τόσο της ροπής στρέψεως από τον μηχανισμό πηδαλίου,

όσο και της καμπτικής ροπής στον άξονα

λόγω του ποδοστήματος.



Σχ. 14.2γ
Τύποι πηδαλίων.

Ως *βαθμός ζυγοσταθμίσεως*

χαρακτηρίζεται ο λόγος της επιφάνειας του πηδαλίου που βρίσκεται μπροστά από τον άξονά του προς τη συνολική επιφάνεια του πηδαλίου.

Ο λόγος αυτός κυμαίνεται περίπου από 0,10 έως 0,35.

Τα πρώτα πηδάλια που χρησιμοποιήθηκαν σε πλοία ήταν επίπεδα και αρθρωτά στο μπροστινό τμήμα τους, επάνω στη γάστρα του πλοίου.

Με την περιστροφή του πηδαλίου μεταβαλλόταν η ροή του νερού, με αποτέλεσμα να εγείρεται η επιθυμητή δύναμη στην πρύμνη του πλοίου έτσι, ώστε να αλλάζει κατεύθυνση.

Η εισαγωγή του ζυγοσταθμισμένου πηδαλίου

ουσιαστικά μετατόπισε τον άξονα περιστροφής του περίπου στο 50% του μήκους του πηδαλίου.

Έτσι, κατά την περιστροφή του πηδαλίου,

η ροή του νερού στην επιφάνεια μπροστά από τον άξονα περιστροφής υποβοηθά την περιστροφή του πηδαλίου.

Μ' αυτόν τον τρόπο χρειάζεται λιγότερη ροπή στον άξονα περιστροφής του.

Το ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο τοποθετήθηκε για πρώτη φορά στο πολεμικό πλοίο USS Monitor το 1862.

Μία εξέλιξη των συμβατικών πηδαλίων όπως αυτά που παρουσιάζονται στο σχήμα 14.2δ είναι τα πηδάλια με **ουραία πτερύγια** (flap rudders).

Τα πηδάλια αυτά τοποθετούνται κυρίως σε γρήγορα πλοία με σχετικά μικρό συντελεστή γάστρας C_B

όπως είναι τα επιβατηγά ή τα πλοία εμπορευματοκιβωτίων.

Η ύπαρξη των πτερυγίων (flaps):

α) Διευκολύνει τη διόρθωση της πορείας του πλοίου, χωρίς μεγάλη κατανάλωση ισχύος, αφού περιστρέφεται μόνο το πτερύγιο, ενώ το κυρίως πηδάλιο παραμένει ακίνητο.

β) Αυξάνει τη δύναμη του πηδαλίου, όταν αυτό στρέφεται σε μεγάλη γωνία, με αποτέλεσμα να έχει καλύτερες ελκτικές ικανότητες.

Η διαμόρφωση του πρυμναίου τμήματος της γάστρας του πλοίου είναι ένας βασικός παράγοντας για την επιλογή του σχήματος του πηδαλίου.

Σε περίπτωση που η γάστρα επιτρέπει την τοποθέτηση δύο πηδαλίων αντί ενός,

τότε, κατόπιν μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις ελιγμών του πλοίου και τους γεωμετρικούς περιορισμούς

(όπως το απαιτούμενο ύψος του πηδαλίου σε σχέση με το βύθισμα του πλοίου),

είναι δυνατόν να τοποθετηθούν δύο πηδάλια (σχ. 14.2ζ).

Διατάξεις και μηχανισμοί πηδαλίων άμεσης και έμμεσης μεταδόσεως.

Η διάταξη του μηχανισμού πηδαλίου, όπως έχει προαναφερθεί, περιλαμβάνει

το σύστημα ελέγχου,

το σύστημα παραγωγής ισχύος

και τέλος το σύστημα μεταφοράς της απαιτούμενης ροπής στον άξονα του πηδαλίου.

Οι τύποι των εγκατεστημένων μηχανισμών πηδαλίων διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- α) Το **ηλεκτρο-υδραυλικό πηδάλιο** (electro hydraulic system - telemotor).
- β) Το **μηχανικό πηδάλιο** (mechanical rudder),
- γ) Το **ηλεκτρικό πηδάλιο** (electric rudder).

Το σύστημα ελέγχου περιλαμβάνει

το **οιακοστρόφιο ή τιμόνι** (rudder wheel),

το οποίο βρίσκεται στη γέφυρα του πλοίου

και ανάλογα με τον τύπο του συστήματος πηδαλίου διακρίνεται

σε μηχανικό

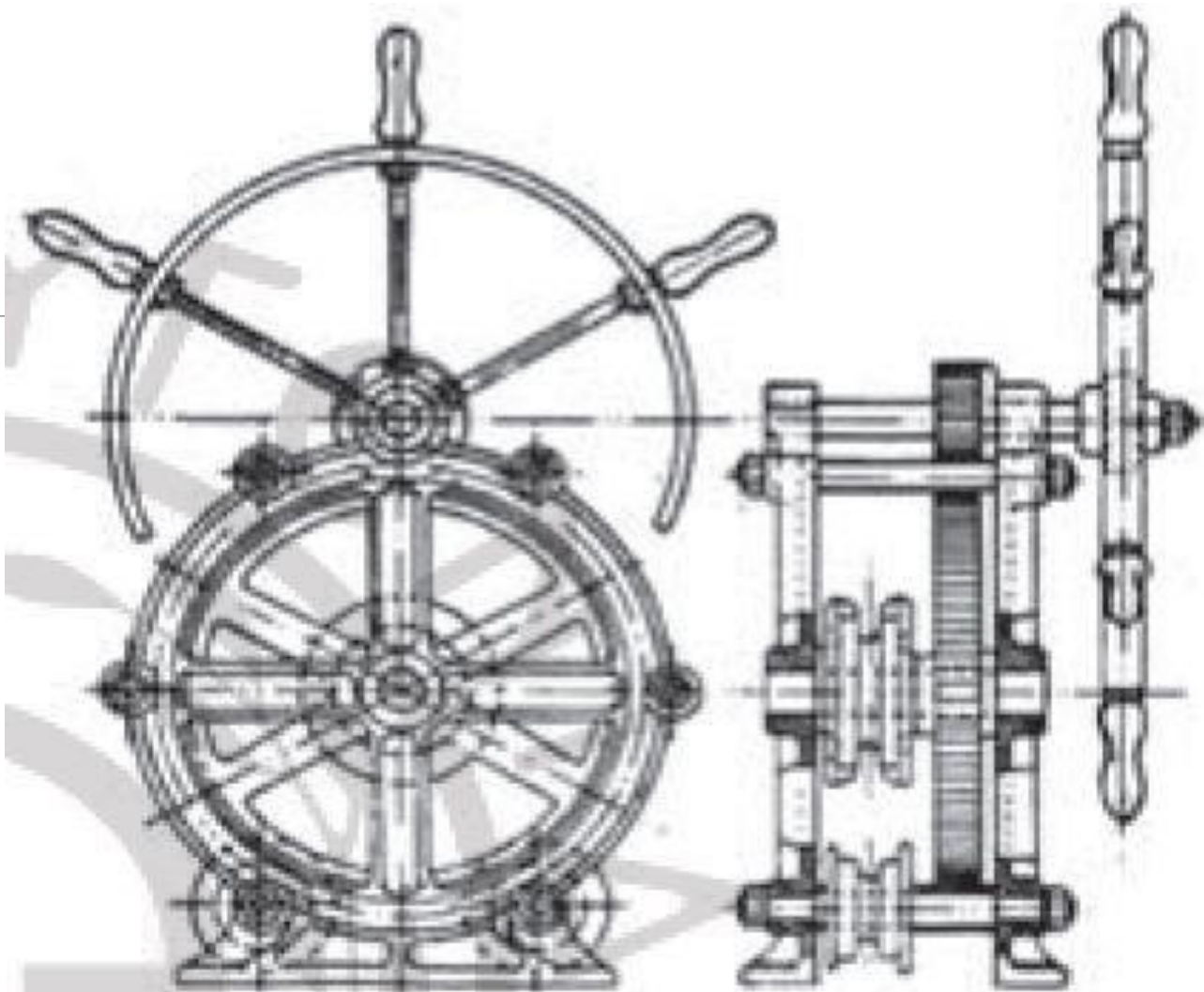
και ηλεκτρικό

ή ηλεκτροϋδραυλικό

Το **μηχανικό πηδάλιο** υπήρχε σε μεγάλα πλοία
πριν από την ανάπτυξη των ηλεκτροϋδραυλικών συστημάτων.
Η κίνηση του χειριστηρίου τροχού (τιμονιού) μεταβιβάζεται
μέσω του συστήματος των γραναζιών στον τυμπανοφόρο άξονα,
ο οποίος φέρει αλυσέλικτρο,
προκειμένου να συνδεθεί αλυσίδα για τη μεταφορά της δυνάμεως στρέψεως
από το τιμόνι στον οίακα,
που βρίσκεται στο διαμέρισμα πηδαλίου,
ακριβώς επάνω από τον άξονα του πηδαλίου.

Ο οίακας αποτελείται από τόξο,
στα άκρα του οποίου προσδένεται η αλυσίδα.
Αντί της αλυσίδας, σε μικρότερα σκάφη,
μπορεί να χρησιμοποιηθεί και συρματοσχοινο
για τη μετάδοση της δυνάμεως.

Ανεξάρτητα από το μέσο μεταφοράς της δυνάμεως
γίνεται χρήση τοπικών τροχαλιών ή αλυσελίκτρων
για την αλλαγή πηδαλίου,
γιατί έχει αντικατασταθεί από την τηλεκίνηση με υδραυλικό σύστημα.
Η χρήση και εγκατάσταση των **υδραυλικών πηδαλίων**
έχει απλουστευθεί πάρα πολύ με την ευρεία διάδοσή τους.
Η πιο απλή εφαρμογή τους είναι αυτή
που εγκαθίσταται σε μικρές λέμβους



Σχ. 14.4α
Μηχανικό σιακοστρόφιο.

Με τη χρήση μίας απλής χειροκίνητης περιστροφικής αντλίας

και ενός εμβόλου επιτυγχάνεται η μεταφορά της δυνάμεως περιστροφής
ατηλαγουδέρα(tiller)

μέσω ενός κλειστού συστήματος υδραυλικού ελαίου

και ενός συστήματος υποβοηθήσεως σερβομοτέρ.

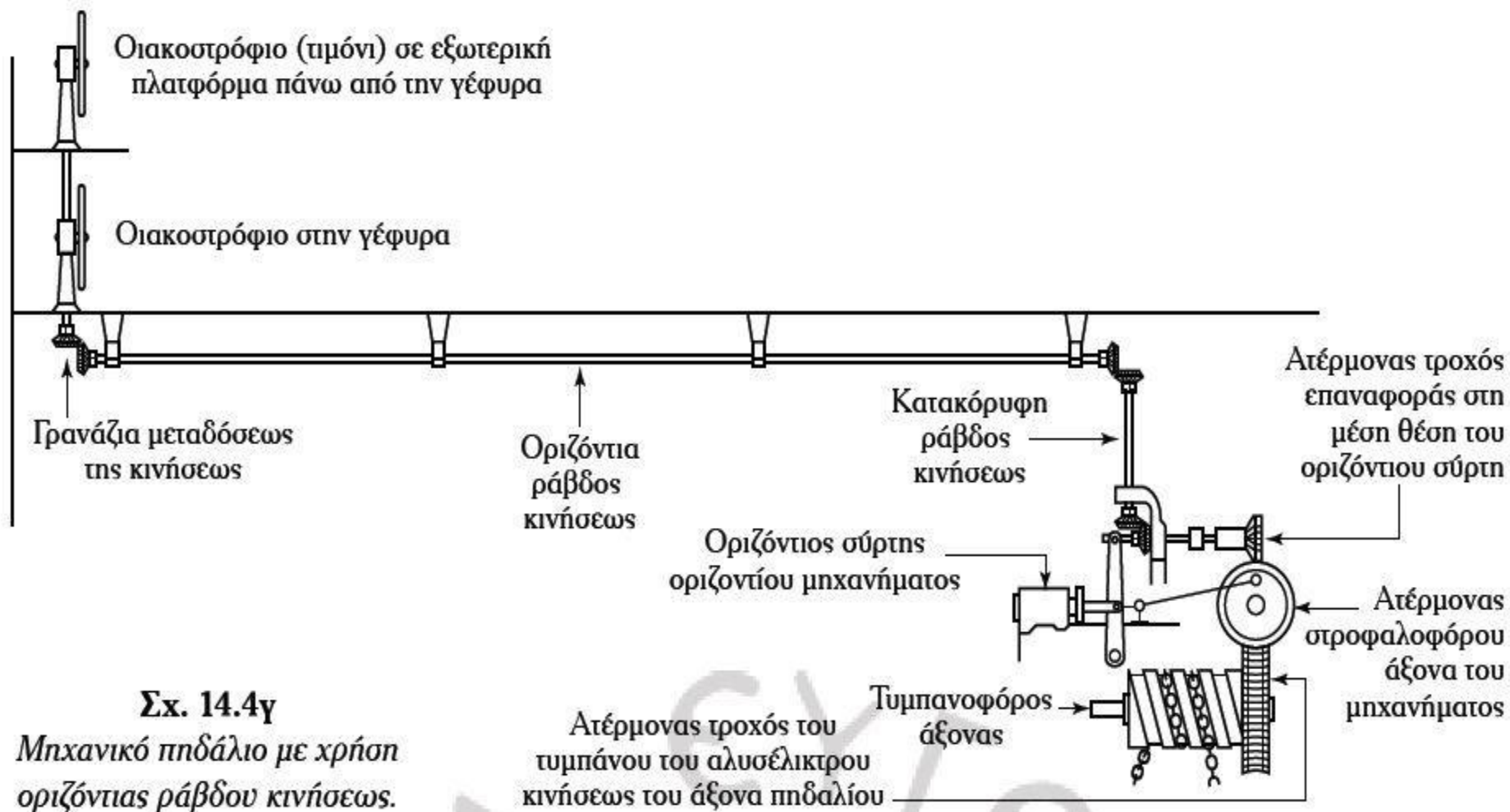
Το σύστημα αυτό εγκαθίσταται σε μικρές λέμβους

και σε μεσαίου μεγέθους εμπορικά πλοία χωρητικότητας μέχρι 500 κοχ.

Σε εμπορικά πλοία μεγαλύτερης χωρητικότητας που εκτελούν διεθνείς πλόες
ακολουθούνται οι κανονισμοί της SOLAS για τους μηχανισμούς πηδαλίων.



Σχ. 14.4β
Σύγχρονο οιακοσιτρόφιο τηλεκινήσεως.



Σε μεγάλα πλοία, το σύστημα μεταδόσεως από τη γέφυρα στον μηχανισμό στρέψεως δίνεται μέσω τηλεκινήσεως.

Με τη χρήση υδραυλικής μεταδόσεως,

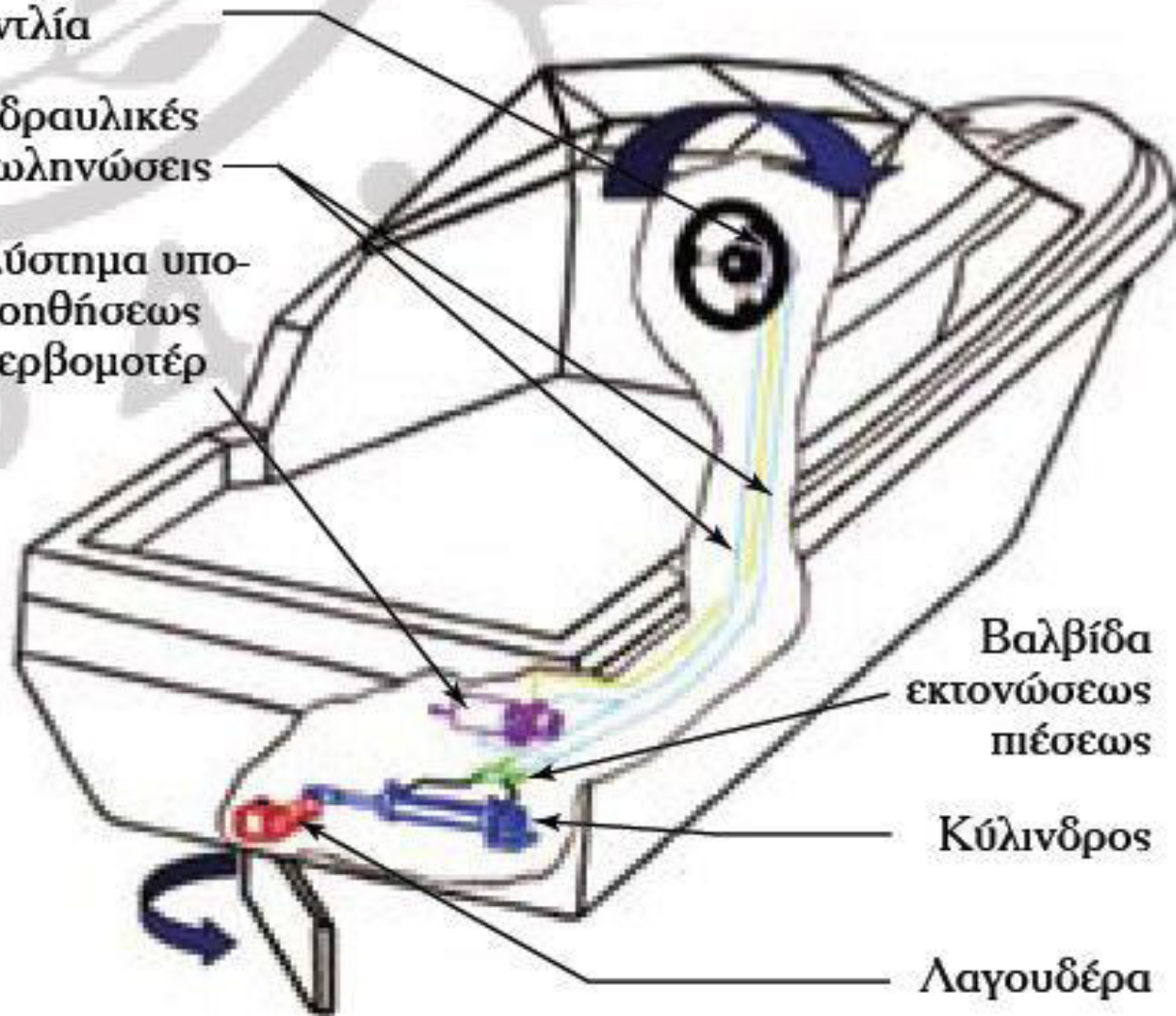
η ροπή στρέψεως του πηδαλίου μεταφέρεται στον άξονα πηδαλίου μέσω **παλινδρομικού** (ram type)

ή **περιστροφικού συστήματος** (rotary vane)

Χειροκίνητη
αντλία

Υδραυλικές
σωληνώσεις

Σύστημα υπο-
βοηθήσεως
σερβομοτέρ



Σχ. 14.48

Υδραυλικό σύστημα πηδαλίου σε λέμβο.

Η μεταφορά της υδραυλικής πιέσεως

από το τιμόνι της γέφυρας στο σύστημα στρέψεως του πηδαλίου γίνεται μέσω υδραυλικού δικτύου γεμάτου με λάδι.

Παλαιότερα, γινόταν χρήση διαλύματος νερού και γλυκερίνης, έτσι ώστε να ελαττώνεται το σημείο πήξεως και να μην πήζει το διάλυμα σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Η χρήση του διαλύματος γλυκερίνης δημιουργούσε προβλήματα οξειδώσεως λόγω του νερού και για τον λόγο αυτόν καταργήθηκε.



(α)

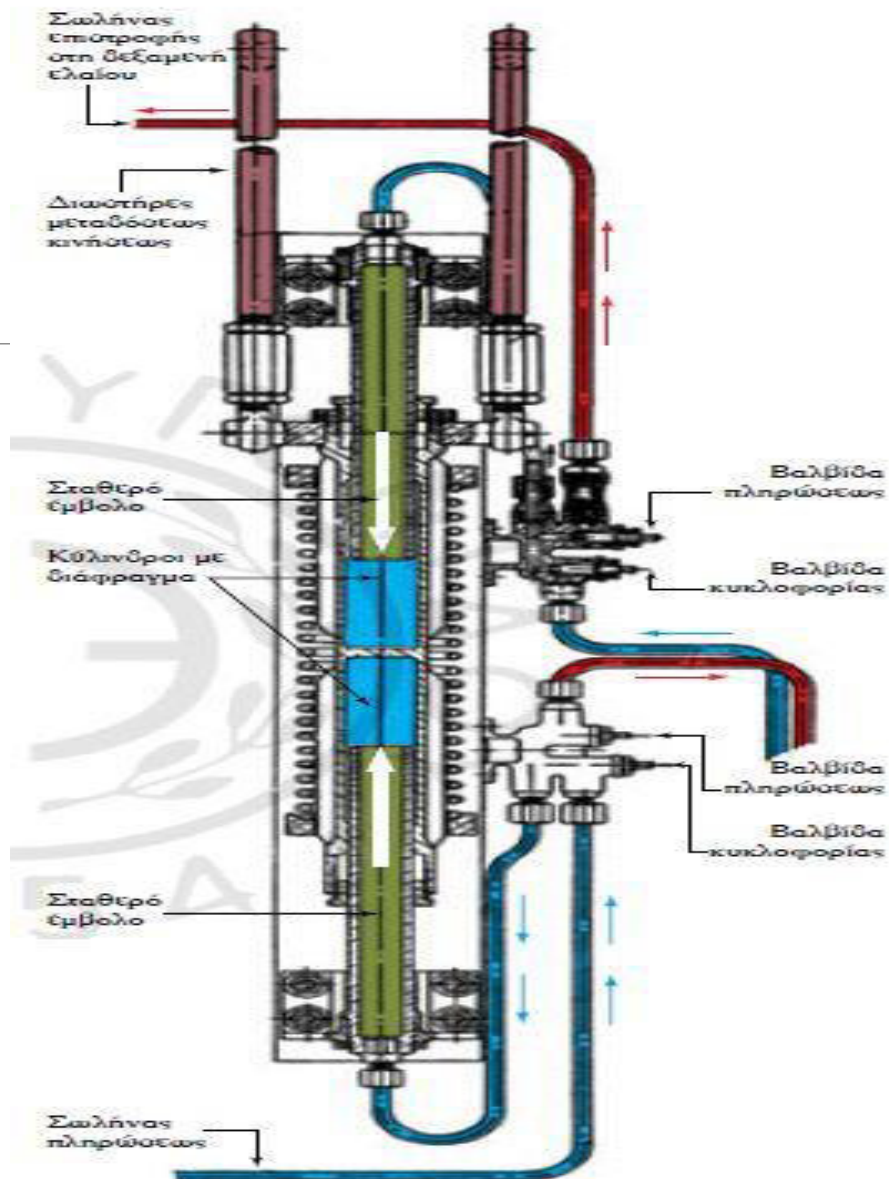


(β)

Σχ. 14.4ε

*Διατάξεις μηχανισμών στρέψεως του άξονα του πηδαλίου
(α) παλινδρομικού και (β) περιστροφικού τύπου.*

Το πιο διαδεδομένο σύστημα υδραυλικής τηλεκινήσεως
είναι αυτό της εταιρείας Brown Bros Co. Ltd (σχ. 14.4στ)
με πατέντα που κατοχυρώθηκε στις 14/04/1919 στο Ηνωμένο Βασίλειο.
Το σύστημα αυτό αποτελείται από δυο κοίλα έμβολα,
τα οποία είναι σταθερά πακτωμένα στο σκάφος.
Τα έμβολα αυτά περιβάλλονται από κύλινδρο,
ο οποίος είναι χωρισμένος με διάφραγμα στη μέση.



Σχ. 14.4στ
Υδραυλικός τηλεκινητήρας δέκτη
της εταιρείας Brown Bros Co.

Όταν ασκηθεί πίεση από τον τηλεκινητήρα μεταδότη από τη γέφυρα του πλοίου,

τότε η πίεση μεταβιβάζεται στο ένα τμήμα του κυλίνδρου ασκώντας πίεση, ενώ ταυτόχρονα στο άλλο τμήμα του κυλίνδρου ασκείται υποπίεση ίσου απόλυτου μεγέθους με την πίεση.

Τότε, ο κύλινδρος μετατοπίζεται και μέσω των διωστήρων μεταφέρεται η κίνηση στον μηχανισμό στρέψεως του πηδαλίου.

Αντίστοιχης κατασκευής και αρχής λειτουργίας είναι το σύστημα μεταδότη δέκτη Mactaggart-Scott,

με πατέντα που αναγνωρίστηκε στις 24/02/1920 από τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

Σε όλα τα συστήματα υδραυλικής τηλεκινήσεως

πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στον εξαερισμό του υδραυλικού συστήματος,

ούτως ώστε να αποφεύγεται η παρουσία αέρα στο σύστημα

προκείμενου να έχει άμεση απόκριση

κατά τους χειρισμούς απο τη γέφυρα ελέγχου του πλοίου.