

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ

Λαζάρου Χ. Κλιάνη • Ιωάννη Κ. Νικολού • Ιωάννη Α. Σιδέρη
Επικαιροποίηση-αναθεώρηση γ' έκδοσης Ι. Κ. Νικολός

γ' έκδοση

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ
Γ' ΕΚΔΟΣΗ

ΚΛΙΑΝΗ Χ. ΛΑΖΑΡΟΥ
τ. Καθηγήτῃ Εφαρμογών ΤΕΙ Αθηνών

ΝΙΚΟΛΟΥ Κ. ΙΩΑΝΝΗ
Δρ. Μηχανολόγου - Μηχανικού,
Καθηγήτῃ Πολυτεχνείου Κρήτης

ΣΙΔΕΡΗ Α. ΙΩΑΝΝΗ
τ. Καθηγήτῃ Εφαρμογών ΤΕΙ Αθηνών
Μηχανικού Ε.Ν.

ΑΘΗΝΑ
2026



Α' ΕΚΔΟΣΗ 2002

Β' ΕΚΔΟΣΗ 2017

Γ' ΕΚΔΟΣΗ 2026

ISBN: (SET) 978-960-337-251-6
978-960-337-250-9

Copyright © 2026 Ίδρυμα Ευγενίδου

Απαγορεύεται η ολική ή μερική ανατύπωση του βιβλίου και των εικόνων με κάθε μέσο καθώς και η διασκευή, η προσαρμογή, η μετατροπή και η κυκλοφορία του (Άρθρο 3 του ν. 2121/1993).

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Το 1952 ο Ευγένιος Ευγενίδης (1882-1954) όρισε με τη διαθήκη του τη σύσταση του Ιδρύματος Ευγενίδου, του οποίου ως μοναδικό σκοπό έταξε «νὰ συμβάλῃ εἰς τὴν ἐκπαίδευσιν νέων ἑλληνικῆς ὑπηκοότητος ἐν τῷ ἐπιστημονικῷ καὶ τεχνικῷ πεδίῳ». Ο ιδρυτὴς και χορηγὸς του Ιδρύματος Ευγενίδου ορθά προέβλεψε ὅτι αναγκαῖο παράγοντα για τὴν πρόοδο τῆς Ελλάδος ἀποτελεῖ ἡ ἀρτια κατάρτιση τῶν Ἑλλήνων τεχνιῶν κατὰ τὰ πρότυπα τῆς επαγγελματικῆς ἐκπαίδευσης ἄλλων ευρωπαϊκῶν χωρῶν.

Τὴν 23η Φεβρουαρίου του 1956 ἐγκρίθηκε ἡ σύσταση του κοινωφελούς Ιδρύματος Ευγενίδου, τὴν διοίκηση και διαχείριση του οποίου κατὰ τὴν ρητὴ ἐπιθυμία του ιδρυτὴ του ἀνέλαβε ἡ ἀδελφὴ του Μαριάνθη Σίμου (1895-1981). Τότε ξεκίνησε ἡ υλοποίηση του σκοποῦ του Ιδρύματος και ἡ εκπλήρωση μίας ἀπὸ τὶς βασικότερες ἀνάγκες του ἐθνικοῦ μας βίου ἀπὸ τὴν Μαριάνθη Σίμου και τοὺς ἐπιστημονικοὺς συνεργάτες τῆς.

Τὸ ἔργο τῆς Μαριάνθης Σίμου συνέχισε ἀπὸ τὸ 1981 ὁ πολὺτιμος συνεργάτης και διάδοχος του Ευγενίου Ευγενίδη, Νικόλαος Βερνίκος-Ευγενίδης (1920-2000). Ἀπὸ τὸ 2000 τὸ ἔργο του Ιδρύματος Ευγενίδου συνεχίζει ὁ Λεωνίδας Δημητριάδης-Ευγενίδης, ὁ οποίος υλοποιεῖ τὸν σκοπὸ του Ιδρύματος προσαρμόζοντας τὸ ὅραμα του ιδρυτὴ του σὲς σύγχρονες ἐξελίξεις.

Μία ἀπὸ τὶς πρώτες δραστηριότητες του Ιδρύματος Ευγενίδου, εὐθὺς μετὰ τὴν ἰδρύσῃ του, υπήρξε ἡ συγγραφή και ἐκδοση εκπαιδευτικῶν βιβλίων για τοὺς μαθητὲς τῶν τεχνικῶν σχολῶν, καθὼς διαπιστώθηκε ὅτι ἀποτελεῖ πρωταρχικὴ ἀνάγκη ὁ εφοδιασμός τοὺς με σειρές ἀπὸ βιβλία, τὰ οποία θὰ ἐθεῖαν τὰ ορθὰ θεμέλια για τὴν παιδεία τοὺς και θὰ ἀποτελούσαν συγχρόνως πολὺτιμη βιβλιοθήκη για κάθε τεχνικό. Καρπὸς αὐτῆς τῆς δραστηριότητος εἶναι ἡ Βιβλιοθήκη του Τεχνίτη, ἡ οποία ἀριθμεῖ 32 τίλους, ἡ Βιβλιοθήκη του Τεχνικοῦ, που περιλαμβάνει 50 τίλους, ἡ Τεχνικὴ Βιβλιοθήκη με 11 τίλους και ἡ Βιβλιοθήκη του Τεχνικοῦ Βοηθοῦ Χημικοῦ με 3 τίλους. Επιπλέον, ἀπὸ τὸ 1977 μέχρι σήμερα ἔχουν ἐκδοθεῖ 171 τίλοι για τοὺς μαθητὲς τῶν Τεχνικῶν και Επαγγελματικῶν Λυκείων και 16 για τοὺς μαθητὲς τῶν Σχολῶν Μέσης Τεχνικῆς και Επαγγελματικῆς ἐκπαίδευσης.

Ξεχωριστὴ σειρά βιβλίων του Ιδρύματος Ευγενίδου ἀποτελεῖ ἡ Βιβλιοθήκη του Ναυτικοῦ (1967 ἕως σήμερα), ἡ οποία εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συνεργασίας του Ιδρύματος Ευγενίδου με τὴν Διεύθυνση Ἐκπαίδευσης Ναυτικῶν του Υπουργείου Ναυτιλίας. Ἡ συγγραφή και ἐκδοση τῶν εκπαιδευτικῶν βιβλίων για τοὺς σπουδαστὲς τῶν ναυτικῶν σχολῶν ἀνατέθηκε στο Ἰδρυμα Ευγενίδου με τὴν υπ' ἀριθμ. 61288/5031/9.8.1966 ἀπόφαση του Υπουργείου Ἐμπορικῆς Ναυτιλίας, ὁπότε και λειπούργησε ἡ ἀρμόδια Ἐπιτροπὴ Ἐκδόσεων, ἡ οποία εἶχε συσταθεῖ ἤδη ἀπὸ τὸ 1958. Ἡ συνεργασία Ιδρύματος Ευγενίδου και Υπουργείου Ἐμπορικῆς Ναυτιλίας ἀνανεώθηκε και επικαιροποιήθηκε με Υπουργικὲς Ἀποφάσεις τὸ 1999 και τὸ 2005, με τὶς οποίες τὸ ΥΕΝ ἀνέθεσε στο Ἰδρυμα Ευγενίδου τὴν συγγραφή τῶν εκπαιδευτικῶν βοηθημάτων για τὶς Ἀκαδημίες Ἐμπορικοῦ Ναυτικοῦ (Α.Ε.Ν.). Ἡ ἀνάθεση τῆς ἀρμοδιότητος για τὴν ἐκδοση τῶν διδακτικῶν βιβλίων για τὶς Ἀκαδημίες ἐπαναβεβαιώθηκε με νομοθετικὴ ρύθμιση τὸν Μάρτιο του 2020 (Ν. 4676).

Στὴν Βιβλιοθήκη του Ναυτικοῦ περιλαμβάνονται 178 διδακτικὰ βιβλία ναυτικῆς ἐκπαίδευσης, καθὼς και οχεικὲς ἐρευνες και πρακτικὰ συνεδρίων. Ὅλα τὰ βιβλία τῆς Βιβλιοθήκης του Ναυτικοῦ ἀνταποκρίνονται σὲς ἀνάγκες τῶν σπουδαστῶν τῶν ΑΕΝ και εἶναι γενικότερα χρῆσιμα για ὅλους τοὺς ἀξιωματικοὺς του Ἐμπορικοῦ Ναυτικοῦ, που ασκοῦν τὸ ἐπάγγελμα ἢ ἐξελίσσονται στὴν ἱεραρχία. Επιπλέον οἱ συγγραφεῖς και ἡ Ἐπιτροπὴ Ἐκδόσεων καταβάλλουν κάθε προσπάθεια ὥστε τὰ διδακτικὰ βιβλία να εἶναι ἐπιστημονικῶς ἀρτια, να επικαιροποιούνται με βάση τὰ ἐκάστοτε ἀναλυτικὰ προγράμματα σπουδῶν τῶν Α.Ε.Ν. και να παραμένουν συμβατὰ με τὶς μεταβαλλόμενες διεθνεῖς ἀπαιτήσεις.

Ἡ διαχρονικὴ συμβολὴ του Ιδρύματος Ευγενίδου στὴ Ναυτικὴ Ἐκπαίδευση επιτυγχάνεται ὄχι μόνο με τὴν ἐκδοση τῶν οχεικῶν εκπαιδευτικῶν βιβλίων ἀλλὰ και με δωρεές σὲς Ἀκαδημίες Ἐμπορικοῦ Ναυτικοῦ, υποτροφίες σὲ ἀξιωματικοὺς του Λιμενικοῦ Σώματος, ἐκπόνηση μελετῶν/ἐρευνῶν και διεξαγωγή συνεδρίων

για την ναυτική εκπαίδευση και την ναυτιλία γενικότερα, καθώς και παροχή πρόσβασης σε κορυφαίες ναυτιλιακές βάσεις δεδομένων μέσω της Βιβλιοθήκης του.

Με την προσφορά των εκδόσεών του στους καθηγητές, στους σπουδαστές των ΑΕΝ και σε όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, αλλά και με την πλειάδα εκδόσεων για Τεχνικούς, το Ίδρυμα Ευγενίδου συνεχίζει να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση της Ελλάδος, υλοποιώντας επί 60 και πλέον χρόνια το όραμα του ιδρυτή του, αείμνηστου ενεργέτη Ευγένιου Ευγενίδη.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ιωάννης Γκόλιας, ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Γεώργιος Γεωργούλης, Πλοίαρχος Α' Ε.Ν., Ε.Δι.Π. Παν/μίου Αιγαίου.

Ευρυβιάδης Σαπουνάς, Υποναύαρχος Λ.Σ. (ε.α.).

Κωνσταντίνος Σαβιολίδης, Πλοίαρχος Λ.Σ., Διευθυντής Ναυτικής Εκπαίδευσης, Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής.

Χρήστος Βαγιωνάκης, Προϊστάμενος Τμήματος Κανονισμών και Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων, Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Ελευθερία Τελειώνη**.

Επιστημονικός Σύμβουλος της Α' και Γ' έκδοσης του βιβλίου «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης» ο κ. **Ξενοφών Βουβαλίδης**, Μηχανικός Α' Ακαδημίας Εμπορικού Ναυτικού Μακεδονίας.

Διατελέσαντα μέλη της Επιτροπής

Πρόεδροι

Α. Παπιάς (1955-1983) καθηγητής ΕΜΠ, Μ. Αγγελόπουλος (1983-2003) ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Α. Σταυρόπουλος ομ. καθηγητής Πανεπ. Πειραιώς (2003-2008), Ε. Δρπς, Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ (2008-2020)

Λοιπά μέλη

Γ. Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Α. Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Χ. Καβουνίδης (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Μ. Αγγελόπουλος (1970-1983), Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, Σπ. Γουλιέλμος (1958) Αντιπλοίαρχος, Ξ. Αντωνιάδης (1959-1966) Αντιπλοίαρχος, Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Π. Γ. Τσακίρης (1967-1969) Πλοίαρχος, Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Ελλ. Σίδερης (1967-1969) Υποναύαρχος, Π. Φουσιέρης (1969-1971) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Αλ. Μοσχονάς (1971-1972) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Ι. Χρυσανθακόπουλος (1972-1974) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Αθαν. Σωτηρόπουλος (1974-1977) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Γ. Σπαρτιώτης (1977) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., προσωρινός Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Θ. Πουλάκης (1977-1979) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Π. Λυκούδης (1979-1981) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Αναστ. Δημαράκης (1981-1982) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Κ. Τσαντίλας (1982-1984) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Ε. Τζαβέλας (1984-1986) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Γ. Γρηγοράκος (1986-1988) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Α. Μπαρκασιός (1988-1989) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Κ. Παπαναστασίου (1989) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Γ. Λάμπρου (1989-1992) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Κ. Κοκορέτσιος (1992-1993) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Κ. Μαρκάκης (1993-1994) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Ι. Ζουμπούλης (1994-1995) Πλοίαρχος Λ.Σ., Φ. Ψαρράς (1995-1996) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Γ. Καλαρώνης (1996-1998) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Θ. Ρενιζεπέρης (1998-2000) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Ι. Στεφανάκης (2000-2001) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Κ. Μαρίνος (2001) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Π. Εξαρχόπουλος (2001-2003) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Κ. Μπριλάκης (2003-2004) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Ν. Θεμέλαρος (2003-2004) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Π. Κουβέλης (2004-2005) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Δ. Βασιλάκης (2005-2008) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Π. Πετρόπουλος (2008-2009) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Α. Ματοάγγος (2009-2011) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ. – (2012-2025) Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α), Ι. Σέργης (2011-2012) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Ι. Τζαβάρας, (2004-2013) Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α), Ι. Τεγόπουλος (1988-2013) Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, Α. Θεοφανόπουλος (2012-2014) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Β. Καλλιπολίτου (2014-2017) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντρια Ναυτ. Εκπαίδ., Σ. Μπέλλας (2017-2018) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Α. Τσελίκης (2018-2019) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Α. Βουτσινάς, Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Ε. Πετρόπουλος (2020-2024) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., Φ. Κιάμος (2024-2025), Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ.

Σύμβουλοι επί των Εκδόσεων

Δ. Γ. Νιάνιαν (1956-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, Κ. Αγγ. Μανάφης (1966-2018), ομ. Καθηγ. Φίλος. Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ Α' ΕΚΔΟΣΗΣ

Ο πρώτος αυτός τόμος του βιβλίου «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης» απευθύνεται στους σπουδαστές των Ναυτικών Ακαδημιών και έχει γραφεί σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα διδασκαλίας. Θα ακολουθήσει ο δεύτερος τόμος με τον οποίο ολοκληρώνεται η προβλεπόμενη ύλη του μαθήματος. Ο διατιθέμενος χρόνος διδασκαλίας του μαθήματος περιόρισε την έκταση της ανάπτυξης ορισμένων θεμάτων. Γι' αυτό στο τέλος του τόμου περιλαμβάνονται παραρτήματα, που περιέχουν ειδικά θέματα, απαραίτητα για την πληρότητα του βιβλίου, χωρίς όμως να είναι υποχρεωτική η διδασκαλία τους.

Η επιλογή της ύλης και η βαρύτητα που δόθηκε στην ανάπτυξη ορισμένων αντικειμένων έγινε με κριτήριο τη βαθύτερη κατανόηση από τους σπουδαστές των αρχών κατασκευής και λειτουργίας των ναυτικών πετρελαιομηχανών. Επειδή η πρακτική γνώση χωρίς θεωρητικό υπόβαθρο πολλές φορές αποδεικνύεται κενή, δόθηκε αρκετή βαρύτητα σε θεωρητικά θέματα. Καταβλήθηκε επίσης προσπάθεια, ώστε τα θέματα που αναπτύσσονται στο βιβλίο, να υποστηρίζονται με επαρκή αριθμό σχημάτων, διαγραμμάτων και πινάκων, για να είναι ευκολότερη η αφομοίωση και εμπέδωση της ύλης. Χωρίς να παραλείπουμε την αναφορά στις παλαιότερες εγκαταστάσεις εμβολοφόρων ΜΕΚ, δόθηκε μεγαλύτερο βάρος στα σύγχρονα συστήματα και τεχνολογίες, με τα οποία θα έρθουν σε επαφή οι σπουδαστές των Ναυτικών Ακαδημιών στη μελλοντική τους σταδιοδρομία.

Ευελπιστούμε ότι το βιβλίο αυτό θα αποτελέσει γι' αυτούς σημαντικό βοήθημα, αλλά και βάση επάνω στην οποία θα στηρίζουν τις γνώσεις και τις εμπειρίες που θα αποκτήσουν στη διάρκεια της σταδιοδρομίας τους, ως αξιωματικοί του Εμπορικού Ναυτικού.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας και το Ίδρυμα Ευγενίδου, που μας επέλεξαν μετά την προκήρυξη του σχετικού διαγωνισμού για την συγγραφή του παρόντος βιβλίου. Ευχαριστούμε τους συνεργάτες του Τμήματος Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου για τις ιδιαίτερα φιλότιμες προσπάθειες που κατέβαλαν για την πληρέστερη παρουσίαση των κειμένων και εικόνων του βιβλίου. Επίσης ευχαριστούμε τον κ. Βουβαλίδη, για τις εύστοχες παρατηρήσεις του κατά την αξιολόγηση του κειμένου.

Ευχαριστούμε θερμά τις εταιρείες MAN B&W, WARTSILA NSD, ROBERT BOSCH, ABB, MTU, YANMAR, DAIHATSU DIESEL, CASTROL, ALFA LAVAL, EXXON, SUZUKI MARINE, HONDA MARINE, VOLVO PENTA, MERCURY, καθώς και τις ελληνικές αντιπροσωπείες τους, για την άμεση ανταπόκριση στο αίτημά μας για αποστολή πληροφοριακού υλικού και την αμέριστη βοήθειά τους στην ανάπτυξη ειδικών θεμάτων. Ευχαριστούμε την εταιρεία ANEK LINES για το πληροφοριακό υλικό που μας παραχώρησε και την άδεια φωτογραφήσεως του μηχανοστασίου του πλοίου Olympic Champion.

Ζητούμε την κατανόηση των αναγνωστών για τυχόν λάθη και παραλείψεις. Θα είναι ιδιαίτερα ευπρόσδεκτες τυχόν παρατηρήσεις και σχόλια, τα οποία θα βοηθήσουν στην αρτιότερη παρουσίαση του θέματος σε επόμενη έκδοση.

Οι συγγραφείς

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ Β' ΕΚΔΟΣΗΣ

Στην παρούσα δεύτερη έκδοση του βιβλίου *Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Τόμος Ι*, πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες αλλαγές για τη βελτίωση και την επικαιροποίηση του περιεχομένου του, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνολογικές εξελίξεις που επήλθαν στο συγκεκριμένο αντικείμενο μετά την πρώτη έκδοση του βιβλίου, καθώς και τις μεταβολές σε σχεπικά διεθνή πρότυπα και κανονισμούς. Επιπλέον, η ύλη του βιβλίου αναδιατάχθηκε, κατὰ το δυνατόν, ώστε να συμφωνεί με το πρόσφατο εγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών των ΑΕΝ.

Ειδικότερα, η ύλη του Παραρτήματος Γ της πρώτης έκδοσης ενσωματώθηκε στο 6ο Κεφάλαιο του βιβλίου, όπως και μέρος του Παραρτήματος Β. Επιπρόσθετα, η Εισαγωγή ενσωματώθηκε στο 1ο Κεφάλαιο. Πολλά σχήματα διορθώθηκαν ή αντικαταστάθηκαν από πιο σύγχρονα, ώστε οι περιγραφές να αντικατοπτρίζουν τις σύγχρονες τάσεις και εξελίξεις στην τεχνολογία των ναυτικών ΜΕΚ. Επιπλέον, προστέθηκαν ιστορικά στοιχεία που αφορούν στην εξέλιξη τόσο των εμβολοφόρων ΜΕΚ όσο και των αεριοσιτροβίλων, καθώς και βιογραφικά στοιχεία κάποιων εκ των βασικών συντελεστών της ανάπτυξης των μηχανών αυτών. Προστέθηκε επίσης ευρετήριο όρων.

Σε συμφωνία με το Τμήμα Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου αποφασίστηκε κάποιες παράγραφοι του βιβλίου να σελιδοποιηθούν με τη χρήση μικρότερης γραμματοσειράς, σε σχέση με την κύρια γραμματοσειρά του σώματος του βιβλίου. Αυτό έγινε για τις παραγράφους εκείνες που δρούν υποστηρικτικά για την ορθότερη κατανόηση της διδακτέας ύλης του προγράμματος σπουδών των ΑΕΝ, ή ως πηγές πρόσθετης πληροφόρησης για τους σπουδαστές.

Επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε όλες τις εταιρίες, καθώς και τις ελληνικές αντιπροσωπείες τους, οι οποίες ανταποκρίθηκαν άμεσα στο αίτημά μας για παραχώρηση πληροφοριακού υλικού. Στις λεζάντες των σχημάτων του βιβλίου έχει προστεθεί η πηγή του συγκεκριμένου υλικού, όπου ήταν δυνατόν. Η επιλογή των εικόνων και των σχημάτων πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά με γνώμονα την υποστήριξη του κειμένου, την ευκρίνεια και την εκπαιδευτική τους αξία, χωρίς να υποδηλώνει κάποιας μορφής προτίμηση των συγγραφέων.

Επιθυμούμε επίσης να ευχαριστήσουμε θερμά το προσωπικό του Τμήματος Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου, το οποίο με τον κόπο του, τις εύστοχες παρατηρήσεις και την άψογη συνεργασία του, συνέβαλε ουσιαστικά στην προσπάθειά μας για μια βελτιωμένη και εμπλουτισμένη δεύτερη έκδοση.

Ζητούμε προκαταβολικά την κατανόηση των αναγνωστών για πιθανά λάθη και αβλεψίες, ενώ παρατηρήσεις και σχόλια θα είναι ιδιαίτερα ευπρόσδεκτα.

Οι συγγραφείς

ΠΡΟΛΟΓΟΣ Γ' ΕΚΔΟΣΗΣ

Στην παρούσα τρίτη έκδοση του βιβλίου *Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Τόμος Ι*, πραγματοποιήθηκαν επιπλέον αλλαγές σε σχέση με τις προηγούμενες δύο εκδόσεις, ώστε να βελτιωθεί και να επικαιροποιηθεί το περιεχόμενο του βιβλίου. Λήφθηκε υπόψη η πρόοδος της σχετικής τεχνολογίας, καθώς και οι σημαντικές μεταβολές που επήλθαν τα τελευταία χρόνια στους διεθνείς κανονισμούς, που αφορούν κυρίως στη μείωση των παραγόμενων ρύπων στη ναυτιλία, καθώς και στην προώθηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων. Επιπλέον, ενσωματώθηκαν στα κεφάλαια του βιβλίου οι εκπαιδευτικοί στόχοι κάθε κεφαλαίου, περίληψη της επεξήγησης των σημαντικότερων όρων του εκάστοτε κεφαλαίου, περίληψη του κεφαλαίου, επαναληπτικές ερωτήσεις στο τέλος κάθε κεφαλαίου, καθώς και συγκεντρωτικός πίνακας με τις μαθηματικές σχέσεις που εμφανίζονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο, μαζί με επεξηγήσεις των όρων κάθε σχέσης. Τα παραπάνω προστέθηκαν για να διευκολύνουν τόσο τους σπουδαστές, όσο και τους διδάσκοντες στη μαθησιακή διαδικασία. Επιπρόσθετα, σε κάθε κεφάλαιο ενσωματώθηκαν διαδικτυακοί σύνδεσμοι, οι οποίοι παραπέμπουν σε ιστοσελίδες με εκπαιδευτικές παρουσιάσεις, οι οποίες πιστεύουμε ότι θα βοηθήσουν τους σπουδαστές στην κατανόηση συγκεκριμένων, σημαντικών, αντικειμένων του βιβλίου.

Για μια ακόμη φορά επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε όλες τις εταιρίες, καθώς και τις ελληνικές αντιπροσωπείες τους, οι οποίες ανταποκρίθηκαν άμεσα στο αίτημά μας για παραχώρηση πληροφοριακού υλικού. Ειδικά για τις εικόνες, στις αντίστοιχες λεζάντες αναφέρεται η πηγή, όπου ήταν αυτό δυνατόν. Η αντίστοιχη επιλογή των εικόνων και των σχημάτων πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά με γνώμονα την υποστήριξη του κειμένου, την ευκρίνεια και την εκπαιδευτική τους αξία, χωρίς να υποδηλώνει κάποιας μορφής προτίμηση των συγγραφέων.

Επιθυμούμε, για μία ακόμη φορά, να ευχαριστήσουμε θερμά το προσωπικό του Τμήματος Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου, για την αμέριστη υποστήριξη, τις άοκνες προσπάθειες, τις εύστοχες παρατηρήσεις και την άψογη συνεργασία που είχαμε όλα αυτά τα χρόνια, από την Α' έκδοση του βιβλίου έως και σήμερα. Ειδικές ευχαριστίες απευθύνονται στον επισημονικό σύμβουλο της έκδοσης κ. Ξενοφώνια Βουβαλίδη, για την πολύ εποικοδομητική συνεργασία μας, τις ιδιαίτερα εύστοχες παρατηρήσεις του και τις ουσιαστικές συζητήσεις που είχαμε μαζί του.

Ζητούμε προκαταβολικά την κατανόηση των αναγνωστών για πιθανές αβλεψίες και λάθη, τα οποία θα διορθωθούν σε επόμενη έκδοση. Σχόλια, διορθώσεις και παρατηρήσεις θα είναι ιδιαίτερα ευπρόσδεκτα.

Επιμελητής της Γ' έκδοσης
Ιωάννης Νικολός

Βιογραφικά Συγγραφέων

Ο **Λάζαρος Κλιάνης** είναι Τεχνολόγος Μηχανικός Οχημάτων, απόφοιτος του Κέντρου Ανωτέρας Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαιδεύσεως (Κ.Α.Τ.Ε.Ε.) Κοζάνης (1979). Εργάστηκε από το 1977 έως το 1979 ως Εργαστηριακός Βοηθός στο Κ.Α.Τ.Ε.Ε. Κοζάνης. Από το 1981 έως το 1983 εργάστηκε ως ωρομίσθιος διδάσκων στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι.) Αθήνας, ενώ από το 1984 έως το 2014 εργάστηκε ως μόνιμος Καθηγητής Εφαρμογών στο Τμήμα Ενεργειακής Τεχνολογίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας. Παράλληλα, από το 2004 έως το 2006 δίδαξε στην Σχολή Μονίμων Υπαξιωματικών του Πολεμικού Ναυτικού και από το 2004 έως το 2011 στη Σχολή Τεχνικών Υπαξιωματικών Αεροπορίας (Σ.Τ.Υ.Α.) της Πολεμικής Αεροπορίας. Επιπλέον έχει διδάξει σε ΙΕΚ του Υπ. Παιδείας και του Ο.Α.Ε.Δ., ενώ έχει συγγράψει διδακτικές σημειώσεις στα αντικείμενα των Πετρελαιομηχανών Μεγάλης Ισχύος και της Τεχνολογίας Οχημάτων, καθώς και δύο τόμους βιβλίων στο αντικείμενο των Μηχανών Εσωτερικής Καύσης για το Ίδρυμα Ευγενίδου.

Ο Δρ. **Ιωάννης Κ. Νικολός** είναι Μηχανολόγος Μηχανικός (Δίπλωμα: 1990, Διδακτορικό Δίπλωμα: 1996, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο) και υπηρετεί ως Καθηγητής Α' Βαθμίδας στη Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Είναι Διευθυντής του «Εργαστηρίου Στροβιλομηχανών & Ρευστοδυναμικής» και Διευθυντής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στη «Σχεδίαση και Παραγωγή Προϊόντων», της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Διαθέτει πάνω από 35 έτη εμπειρίας σε προγράμματα Έρευνας και Ανάπτυξης, χρηματοδοτούμενα από την Ευρωπαϊκή Ένωση, τη Βιομηχανία και το Ελληνικό Κράτος. Έχει συντονίσει πάνω από 40 ερευνητικά προγράμματα, ενώ έχει συμμετάσχει ως ερευνητής σε επιπλέον 13. Η επιστημονική του έρευνα εντοπίζεται στους τομείς της Υπολογιστικής Ρευστοδυναμικής, της Αεριοδυναμικής, των Στροβιλομηχανών, της Βέλτιστης Μηχανολογικής Σχεδίασης και της Μοντελοποίησης Ροής Οχημάτων. Είναι συν-συγγραφέας ενός διεθνούς Διπλώματος Ευρεσιτεχνίας, ενώ έχει συμμετάσχει στη συγγραφή τριών βιβλίων, 67 επιστημονικών δημοσιεύσεων σε περιοδικά και κεφάλαια βιβλίων, πάνω από 120 δημοσιεύσεων σε πρακτικά συνεδρίων, καθώς και 16 posters. Οι επιστημονικές του εργασίες διαθέτουν πάνω από 4450 αναφορές. Είναι μέλος των Επιστημονικών Οργανισμών AIAA, ASME, και IEEE. Έχει διατελέσει Guest Editor και Associate Editor στο Επιστημονικό Περιοδικό «ASME Journal of Fluids Engineering», ως Associate Editor στο Επιστημονικό Περιοδικό «ASME Open Journal of Engineering (AOJE)» και ως Guest Editor στα Επιστημονικά Περιοδικά «International Journal of Advanced Intelligence Paradigms (IJAIIP)», «Advances in Engineering Software (ADES)», και «Water».

Ο **Ιωάννης Σιδέρης** είναι Μηχανολόγος Μηχανικός Τ.Ε., απόφοιτος του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (Τ.Ε.Ι.) Αθήνας (1978) και απόφοιτος της Σχολής Μηχανικών Εμπορικού Ναυτικού Ασπροπύργου (1972). Εργάστηκε σε διάφορες ναυτιλιακές εταιρείες ως Μηχανικός πληρώματος, Μηχανικός συνεργείου επισκευών και ως Μηχανικός παραλαβής νεότευκτων πλοίων από ναυπηγεία του εξωτερικού, για χρονικό διάστημα πέντε ετών. Από το 1979 εργάστηκε στο Τ.Ε.Ι. Αθήνας, αρχικά ως συμβασιούχος διδάσκων και εν συνεχεία ως Καθηγητής Εφαρμογών, στα Εργαστήρια Εργαλειομηχανών, Αιμολεβήτων & Αιμοστροβίλων, καθώς και Υδροδυναμικών Μηχανών, όπου σε συνεργασία με συναδέλφους συμμετείχε στην επίβλεψη δεκάδων Πτυχιακών Εργασιών. Έχει συγγράψει διδακτικές σημειώσεις για τα Εργαστηριακά Μαθήματα των Υδροδυναμικών Μηχανών και της Ρευστομηχανικής στο Τ.Ε.Ι. Αθήνας, καθώς και δύο τόμους βιβλίων στο αντικείμενο των Μηχανών Εσωτερικής Καύσης για το Ίδρυμα Ευγενίδου. Συνιαξιοδοτήθηκε το 2014.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

1.1 Ιστορική εξέλιξη των εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσης.....	3
1.2 Ιστορική εξέλιξη των αεριοστροβίλων	7
1.3 Βιογραφικά στοιχεία	12
1.3.1 Nikolaus August Otto.....	12
1.3.2 Rudolf Christian Karl Diesel	12
1.3.3 Hans Joachim Pabst von Ohain	13
1.3.4 Sir Frank Whittle	13
1.4 Γενική κατάταξη των MEK	14
1.5 Χρήση των πετρελαιοκινητήρων	15
1.6 Χρήση των βενζινοκινητήρων	17
1.7 Αρχές λειτουργίας και απλή περιγραφή μονοκύλινδρου εμβολοφόρου παλινδρομικής MEK	18
1.8 Στοιχειώδης λειτουργία τετράχρονου πετρελαιομηχανής.....	19
1.9 Στοιχειώδης λειτουργία δίχρονου πετρελαιομηχανής.....	23
1.10 Στοιχειώδης λειτουργία τετράχρονου βενζινομηχανής	26
1.11 Στοιχειώδης λειτουργία δίχρονου βενζινομηχανής.....	30
1.12 Βασικές αρχές λειτουργίας αεριοστροβίλων.....	34
1.12.1 Λειτουργία των αεριοστροβίλων.....	34
1.12.2 Σύγκριση των αεριοστροβίλων με τις εμβολοφόρες MEK.....	36
1.12.3 Τύποι αεριοστροβίλων	37
1.13 Ντιζελοηλεκτρική πρόωση.....	40
Ερωτήσεις επανάληψης.....	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ MEK

2.1 Κορμός μηχανής.....	47
2.1.1 Σκελετός.....	47
2.1.2 Βάση	49
2.1.3 Σώμα κυλίνδρων	49
2.1.4 Συνδέτες.....	50
2.2 Χιτώνια.....	51
2.3 Κεφαλή (πώμα) κυλίνδρων.....	52
2.4 Βαλβίδες – Μηχανισμοί κίνησης	54
2.4.1 Βαλβίδες	54
2.4.2 Ελατήρια βαλβίδων.....	54
2.4.3 Οστήρια – Οστικές ράβδοι και ζύγωθρα.....	55
2.5 Έμβολα – Ελατήρια εμβόλων.....	56
2.5.1 Έμβολο	56
2.5.2 Ελατήρια εμβόλων.....	57
2.6 Διωστήρας.....	58
2.7 Βάκτρο – Στυπιοθλίπτης – Ζύγωμα	59
2.7.1 Βάκτρο	59
2.7.2 Ζύγωμα.....	59
2.7.3 Στυπιοθλίπτης.....	60
2.8 Στροφαλοφόρος άξονας	60
2.9 Εκκεντροφόρος άξονας	61
2.9.1 Γενικά.....	61
2.9.2 Μετάδοση κίνησης	62
2.10 Τριβείς.....	62
2.10.1 Κύριοι τριβείς βάσης.....	62
2.10.2 Τριβείς διωστήρων.....	63
2.10.3 Οστικός τριβέας (ωστικό έδρανο)	63
Ερωτήσεις επανάληψης.....	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ MEK

3.1 Καύση.....	71
----------------	----

3.1.1 Γενικά	71
3.1.2 Καύσιμα	71
3.1.3 Χημικές αντιδράσεις καύσης	73
3.1.4 Χαρακτηρισμός μείγματος	73
3.1.5 Θερμογόνος δύναμη καυσίμων	74
3.1.6 Η καύση στους βενζινοκινητήρες	75
3.1.7 Η καύση στους πετρελαιοκινητήρες	76
3.1.8 Παράγοντες που επηρεάζουν την καύση	77
3.2 Σάρωση	80
3.2.1 Γενικά	80
3.2.2 Συστήματα σάρωσης	81
3.2.3 Αντλίες σάρωσης	84
3.3 Υπερπλήρωση	87
3.3.1 Γενικά	87
3.3.2 Ο στροβιλοϋπερπληρωτής	88
3.3.3 Υπερπλήρωση τετραχρόνων μηχανών	93
3.3.4 Υπερπλήρωση διχρόνων μηχανών	95
3.4 Σύστημα έγχυσης καυσίμου σε πετρελαιομηχανές	97
3.4.1 Γενικά	97
3.4.2 Εγχυτήρας καυσίμου	99
3.4.3 Είδη εγχυτήρων	101
3.4.4 Σχηματισμός του νέφους σωματιδίων	102
3.5 Εγκατάσταση (δίκτυο) πετρελαίου	104
3.5.1 Δίκτυο πετρελαίου MDO	104
3.5.2 Δίκτυο βαρέος πετρελαίου (HFO)	105
Ερωτήσεις επανάληψης	109

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΜΕΚ

4.1 Θερμοδυναμικές έννοιες	115
4.1.1 Γενικά	115
4.1.2 Θερμοδυναμικά μεγέθη	116
4.1.3 Ο μηδενικός Νόμος της θερμοδυναμικής	117
4.1.4 Η καταστατική εξίσωση	117
4.1.5 Ειδικές περιπτώσεις θερμοδυναμικών μεταβολών	118
4.1.6 Το έργο	119
4.1.7 Θερμότητα	122
4.1.8 Ο Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος	122
4.1.9 Ειδική θερμοχωρητικότητα	123
4.1.10 Θερμοδοχεία, θερμικές και ψυκτικές μηχανές	124
4.1.11 Δεύτερος Θερμοδυναμικός Νόμος	124
4.1.12 Αντιστρεπτές και μη αντιστρεπτές διεργασίες	125
4.1.13 Ο κύκλος Carnot	125
4.1.14 Η ανισότητα του Clausius και η εντροπία	125
4.1.15 Η μεταβολή της εντροπίας στον κύκλο Carnot	126
4.2 Θεωρητικοί κύκλοι αέρα	127
4.2.1 Γενικά	127
4.2.2 Ο ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα Otto	128
4.2.3 Ο ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα Diesel	130
4.2.4 Ο μικτός ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα	131
4.2.5 Διαπιστώσεις επί των ιδανικών προτύπων κύκλων αέρα	132
4.3 Πρότυποι κύκλοι αέρα-καυσίμου και προσαρμοσμένοι κύκλοι	134
4.3.1 Πρότυποι κύκλοι αέρα-καυσίμου	134
4.3.2 Ισοδύναμοι θεωρητικοί (προσαρμοσμένοι) κύκλοι	136
4.3.3 Ισοδύναμος ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα για 2-X κινητήρα	138
4.4 Πραγματικοί κύκλοι	139
4.4.1 Δυναμοδεικτικό διάγραμμα πραγματικής λειτουργίας	139
4.4.2 Η πραγματική φάση εναλλαγής των αερίων στον 4-X κινητήρα	141
4.4.3 Η φάση εναλλαγής των αερίων στον 2-X κινητήρα	143
4.4.4 Η φάση συμπίεσης	143

4.4.5 Η φάση της καύσης στους βενζινοκινητήρες	144
4.4.6 Η φάση της εκτόνωσης	145
4.4.7 Μέγιστος Ωφέλιμος Λόγος Συμπίεσης.....	146
Ερωτήσεις επανάληψης	148

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΜΕΚ

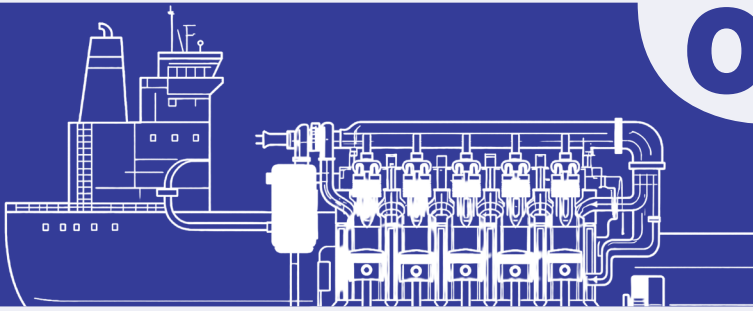
5.1 Αργόστροφες και μεσόστροφες πετρελαιομηχανές.....	153
5.1.1 Αργόστροφες πετρελαιομηχανές	153
5.1.2 Μεσόστροφες πετρελαιομηχανές	155
5.2 Κορμός μηχανής.....	158
5.2.1 Αργόστροφες πετρελαιομηχανές	158
5.2.2 Μεσόστροφες πετρελαιομηχανές	165
5.3 Χιτώνια	167
5.3.1 Είδη χιτωνίων	167
5.3.2 Κατασκευή χιτωνίων – Υλικά.....	168
5.3.3 Καταπονήσεις χιτωνίων – θερμικές τάσεις	170
5.3.4 Φθορές χιτωνίων	170
5.4 Κεφαλή (πώμα) κυλίνδρων.....	174
5.4.1 Γενικά	174
5.4.2 Υλικό κατασκευής – Κατασκευή πωμάτων.....	175
5.4.3 Καταπόνηση πωμάτων	176
5.4.4 Βλάβες πωμάτων	177
5.5 Βαλβίδες – Μηχανισμοί κίνησης	179
5.5.1 Βαλβίδα εξαγωγής αργοστρόφων πετρελαιομηχανών.....	179
5.5.2 Βαλβίδες μεσοστρόφων μηχανών.....	182
5.6 Έμβολο – Ελατήρια εμβόλων.....	188
5.6.1 Έμβολο	188
5.6.2 Ελατήρια εμβόλων	193
5.7 Διωστήρας.....	201
5.7.1 Κατασκευή διωστήρα	201
5.7.2 Καταπόνηση διωστήρων	203
5.7.3 Λίπανση εδράνων διωστήρα.....	204
5.8 Βάκτρο – Ζύγωμα – Στυπιοθλίπτης	205
5.8.1 Βάκτρο	206
5.8.2 Ζύγωμα	206
5.8.3 Στυπιοθλίπτης.....	207
5.9 Στροφαλοφόρος άξονας	208
5.9.1 Αργόστροφες πετρελαιομηχανές	208
5.9.2 Μεσόστροφες πετρελαιομηχανές	210
5.9.3 Καταπόνηση στροφαλοφόρου άξονα	211
5.9.4 Λίπανση στροφαλοφόρου	212
5.9.5 Φθορές – Βλάβες	213
5.9.6 Έλεγχος απόκλισης στροφαλοφόρου άξονα	214
5.9.7 Ο σφόνδυλος	215
5.9.8 Διάταξη στροφάλων.....	216
5.10 Εκκεντροφόρος άξονας	217
5.10.1 Γενικά.....	217
5.10.2 Κατασκευή εκκεντροφόρου άξονα	218
5.10.3 Μετάδοση κίνησης	220
5.10.4 Ρυθμίσεις εκκεντροφόρου άξονα	222
5.11 Τριβείς	222
5.11.1 Τριβή	222
5.11.2 Λίπανση	224
5.11.3 Τριβείς στις εμβολοφόρες ΜΕΚ.....	227
5.11.4 Ειδική φόρτιση εδράνων διωστήρα	233
5.12 Ποιοτικός έλεγχος μεταλλικών τεμαχίων με μη καταστροφικές μεθόδους	233
5.13 Δυναμική καταπόνηση κοχλιών	235

5.14 Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου.....	237
5.14.1 Κινητήρες χωρίς εκκεντροφόρο/Common-Rail.....	237
5.14.2 Διαχείριση κινητήρα και παρακολούθηση κατάστασης.....	238
5.14.3 Ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης.....	238
5.15 Νέα υλικά και επικαλύψεις.....	238
5.15.1 Κράματα υψηλών θερμοκρασιών.....	238
5.15.2 Επικαλύψεις θερμικού φραγμού.....	238
5.15.3 Κεραμικές επικαλύψεις και επιφανειακές επεξεργασίες.....	239
5.15.4 Σύνθετα υλικά σε δομές κινητήρα.....	239
5.15.5 Κράματα ανθεκτικά στη διάβρωση για εναλλακτικά καύσιμα.....	239
5.16 Προηγμένη παραγωγή και τεχνολογίες κατασκευής.....	239
5.16.1 Ψηφιακή κατασκευή και Industry 4.0.....	239
5.16.2 Προσθετική κατασκευή.....	239
5.16.3 Υπολογιστική ρευστοδυναμική και εικονικές δοκιμές.....	240
5.16.4 Ρομποτική και αυτοματισμός στη συναρμολόγηση.....	240
Ερωτήσεις επανάληψης.....	243

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΚΤΥΑ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

6.1 Εισαγωγή στα δίκτυα των ΜΕΚ.....	250
6.1.1 Αντλίες.....	250
6.1.2 Φυγοκεντρικοί διαχωριστές πετρελαίου και ελαίου.....	254
6.1.3 Εναλλάκτες θερμότητας.....	259
6.1.4 Προθερμαντήρες.....	259
6.1.5 Ψυγεία.....	262
6.1.6 Δεξαμενές.....	264
6.1.7 Φίλτρα πετρελαίου.....	264
6.1.8 Φίλτρα λαδιού.....	264
6.2 Καύσιμα.....	265
6.2.1 Μέθοδοι παραγωγής.....	265
6.2.2 Γενικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες πετρελαίου.....	267
6.2.3 Τύποι ναυτικών καυσίμων.....	277
6.2.4 Επίδραση των ιδιοτήτων στη λειτουργία της μηχανής.....	278
6.3 Λιπαντικά – Λίπανση ναυτικών κινητήρων.....	279
6.3.1 Γενικά.....	279
6.3.2 Λιπαντικά.....	280
6.3.3 Ιδιότητες λιπαντικών.....	281
6.3.4 Βελτιωτικά πρόσθετα.....	285
6.3.5 Έλεγχοι χρησιμοποιημένων λιπαντικών.....	285
6.4 Το νερό.....	287
6.4.1 Γενικά.....	287
6.4.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού.....	287
6.4.3 Σκληρότητα του νερού.....	288
6.4.4 Αποσκλήρυνση του νερού.....	289
6.4.5 Χαρακτηριστικές ιδιότητες του θαλασσινού νερού.....	289
6.4.6 Το νερό ως ψυκτικό μέσο των ΜΕΚ.....	292
6.5 Δίκτυο πετρελαίου.....	293
6.5.1 Υποσύστημα πλήρωσης και μεταφοράς.....	293
6.5.2 Υποσύστημα επεξεργασίας καυσίμου.....	293
6.5.3 Υποσύστημα τροφοδότησης καυσίμου.....	296
6.6 Δίκτυο λίπανσης.....	298
6.6.1 Συστήματα αποθήκευσης, μεταφοράς και καθαρισμού λαδιού λίπανσης.....	298
6.6.2 Σύστημα λίπανσης κύριας μηχανής.....	300
6.6.3 Σύστημα κυλινδρελαίου κύριας μηχανής.....	302
6.6.4 Σύστημα λίπανσης στροβιλοϋπερπληρωτών.....	303
6.6.5 Έλεγχος του δικτύου λίπανσης.....	304
6.6.6 Καθαρισμός του δικτύου λίπανσης.....	304
6.6.7 Μέτρα προς αποφυγή της πρόωρης αποσύνθεσης του λαδιού.....	304
6.7 Δίκτυο πεπιεσμένου αέρα.....	305
6.8 Συστήματα ανάκτησης θερμότητας.....	307
6.9 Συστήματα ψύξης με γλυκό νερό.....	310

6.9.1 Υποσύστημα νερού ψύξης χιτωνίων.....	311
6.9.2 Υποσύστημα νερού ψύξης εμβόλων.....	312
6.9.3 Υποσύστημα ψύξης εγχυτήρων καυσίμου	312
6.9.4 Σύστημα ψύξης ηλεκτροπαραγωγών ζευγών	312
6.9.5 Απαγωγή θερμότητας με το νερό ψύξης και το λιπαντικό.....	314
6.10 Συστήματα ψύξης με θαλασσινό νερό	315
6.11 Συστήματα ατμού.....	317
6.12 Δίκτυα σεντινών	318
6.13 Δίκτυο αερισμού μηχανοστασίου	321
6.14 Η ροή στο σύστημα εισαγωγής αέρα της μηχανής	322
6.15 Τεχνολογία κινητήρων διπλού και πολλαπλού καυσίμου	324
6.15.1 Αρχές λειτουργίας διπλού καυσίμου	324
6.15.2 Κινητήρες διπλού καυσίμου μεθανόλης	324
6.15.3 Κινητήρες διπλού καυσίμου αμμωνίας.....	325
6.15.4 Κινητήρες πολλαπλού/τριπλού καυσίμου.....	326
6.16 Εναλλακτικά καύσιμα για ναυτική πρόωση	327
6.16.1 Υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG)	327
6.16.2 Μεθανόλη	327
6.16.3 Αμμωνία	327
6.16.4 Υδρογόνο.....	328
6.16.5 Βιοκαύσιμα	328
6.17 Σύγχρονες τεχνολογίες μείωσης εκπομπών	329
6.17.1 Εκλεκτική καταλυτική αναγωγή	329
6.17.2 Ανακυκλοφορία Καυσαερίων.....	329
6.17.3 Πλυντρίδες καυσαερίων SOx.....	330
6.17.4 Δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα επί του πλοίου	331
6.18 Σύγχρονες τεχνολογίες ανάκτησης απολυμένης θερμότητας.....	334
6.18.1 Συστήματα turbo compound και Power Turbine Generator (PTG)	334
6.18.2 Θερμοδυναμικός κύκλος Organic Rankine (ORC) και θερμοδυναμικός κύκλος Steam Rankine.....	335
6.18.3 Θερμοηλεκτρικές γεννήτριες	335
6.19 Κανονιστικό πλαίσιο του IMO	338
6.19.1 Κανονισμοί Θείου — IMO 2020	338
6.19.2 Κανονισμοί NOx Tier III.....	338
6.19.3 EEDI	339
6.19.4 EEXI και CII (από το 2023)	339
6.19.5 Η Στρατηγική Greenhouse Gas (GHG) του IMO του 2023.....	339
6.19.6 Κανονισμός FuelEU Maritime της ΕΕ.....	339
6.19.7 Μεσοπρόθεσμα μέτρα IMO και Παγκόσμιο Πρότυπο Καυσίμων.....	340
6.20 Ηλεκτρική και υβριδική-ηλεκτρική πρόωση	340
6.20.1 Πλοία ηλεκτρικής πρόωσης από συσσωρευτές	340
6.20.2 Υβριδικά Συστήματα Diesel-Electric και LNG-Electric	340
6.20.3 Πρόωση κυψελών καυσίμου.....	341
6.21 Τάσεις της βιομηχανίας και η πορεία προς τις μηδενικές καθαρές εκπομπές	341
6.21.1 Δομική μετατόπιση στις παραγγελίες νέων κατασκευών.....	341
6.21.2 Οδοί απανθρακοποίησης στόλου	341
6.21.3 Συστήματα πρόωσης υποβοηθούμενης από άνεμο	341
6.21.4 Ψηφιακά εργαλεία απανθρακοποίησης	342
6.21.5 Κυριαρχία Ασίας-Ειρηνικού στη ναυπηγική και παραγωγή κινητήρων	342
6.21.6 Συμπεράσματα	342
Ερωτήσεις επανάληψης	347
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	349
Ευρετήριο	373
Βιβλιογραφία.....	377

ΕΙΣΑΓΩΓΗ -
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Εκπαιδευτικοί στόχοι κεφαλαίου

Με την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου οι σπουδαστές θα είναι ικανοί να:

- ▶ **περιγράφουν** την ιστορική εξέλιξη των εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ), καθώς και των αεριοστροβίλων,
- ▶ **κατανοούν** και να **περιγράφουν** την γενική κατάσταση των ΜΕΚ, καθώς και την χρήση των πετρελαιοκινητήρων και των βενζινοκινητήρων,
- ▶ **κατανοούν**, να **αναλύουν** και να **περιγράφουν** τη δομή και τις αρχές λειτουργίας μονοκύλινδρης εμβολοφόρου παλινδρομικής ΜΕΚ,
- ▶ **κατανοούν**, να **αναλύουν** και να **περιγράφουν** τη στοιχειώδη λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομχανής, της δίχρονης πετρελαιομχανής, της τετράχρονης βενζινομχανής και της δίχρονης βενζινομχανής,
- ▶ **περιγράφουν**, να **κατανοούν** και να **αναλύουν** τις βασικές αρχές λειτουργίας των αεριοστροβίλων, τους τύπους τους, καθώς και τις διαφορές τους από τις εμβολοφόρες ΜΕΚ, και να **περιγράφουν** και να **αναλύουν** τις βασικές αρχές της ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης.

Όροι και ορισμοί κεφαλαίου

Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) και **Κάτω Νεκρό Σημείο** (ΚΝΣ): αποτελούν τις δύο ακραίες θέσεις μετακίνησης του εμβόλου εντός του κυλίνδρου. Ορίζονται από την περιστροφική κίνηση του στροφάλου και το διπλάσιο της ακτίνας του.

Βαθμός συμπίεσης της μηχανής: ο λόγος του αρχικού όγκου εντός του κυλίνδρου (έμβολο στο ΚΝΣ) προς τον τελικό όγκο εντός του κυλίνδρου (έμβολο στο ΑΝΣ) κατά τη φάση της συμπίεσης.

Βάκτρο (Piston rod): το συγκρότημα του βάκτρου με το ζύγωμα είναι τμήμα του κινηματικού μηχανισμού του κινητήρα και μεταφέρει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου στον διωστήρα, μέσω του ζυγώματος. Συναντάται στις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομχανές μεγάλης ισχύος. Το βάκτρο είναι ένας χαλύβδινος σφυρήλατος βραχίονας, του οποίου το κάτω άκρο συνδέεται με το ζύγωμα, ενώ το άνω συνδέεται σταθερά στο κάτω μέρος του εμβόλου.

Βαλβίδες εισαγωγής: ρυθμίζουν με την παλινδρομική, κατάλληλα ρυθμιζόμενη, κίνησή τους την είσοδο στον κύλινδρο του αέρα ή του μείγματος αέρα-καυσίμου.

Βαλβίδες εξαγωγής: ρυθμίζουν με την παλινδρομική, κατάλληλα ρυθμιζόμενη, κίνησή τους την έξοδο των καυσαερίων από τον κύλινδρο.

Βραδυπορία εισαγωγής: η καθυστέρηση στο κλείσιμο της βαλβίδας (ή των βαλβίδων) εισαγωγής.

Διαδρομή εμβόλου (piston stroke): η απόσταση μεταξύ ΑΝΣ και ΚΝΣ.

Διωστήρας (Connecting rod): αποτελείται από την

κεφαλή, το στέλεχος και το πόδι. Μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική κίνηση στον στροφαλοφόρο άξονα, διότι κατά τα 2/3 παλινδρομεί (κεφαλή, στέλεχος) ενώ κατά το 1/3 περιστρέφεται (πόδι). Συνδέεται είτε άμεσα με το έμβολο μέσω του πείρου του εμβόλου (τετράχρονες μεσόστροφες μηχανές), είτε με το βάκτρο, στο ζύγωμα, μέσω του αντίστοιχου κομβίου (δίχρονες αργόστροφες μηχανές).

Έμβολο (Piston): από τα σημαντικότερα παλινδρομούμενα μέρη των εμβολοφόρων ΜΕΚ. Με την παλινδρομική του κίνηση εντός του κυλίνδρου, μετατρέπει την πίεση των καυσαερίων, κατά την φάση της εκτόνωσης, σε μηχανικό έργο.

Ζύγωμα (Crosshead): συναντάται στις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομχανές. Αποτελείται από τον πύρο με τα κομβία. Στις άκρες του προσαρμόζονται πέδματα με τα πέδιλα ολίσθησης. Τα πέδιλα έχουν επίστρωση λευκού μετάλλου για μείωση της τριβής ολίσθησης. Ολισθαίνει κατακόρυφα πάνω στις ευθυντηρίες του σώματος της μηχανής.

Ηλεκτρικός σπινθηριστής (μπουζί): διάταξη που χρησιμοποιείται στους βενζινοκινητήρες για την ελεγχόμενη έναυση του μείγματος αέρα-καυσίμου.

Θάλαμος καύσης αεριοστροβίλου: ο χώρος εντός του οποίου λαμβάνει χώρα η ανάμειξη του καυσίμου με τον συμπιεσμένο αέρα και η ακόλουθη καύση του.

Θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής (παλαιό σύστημα): χρησιμοποιούνταν στις δίχρονες αργόστροφες ΜΕΚ για τον έλεγχο των ροών (αντί για τις αντίστοιχες βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής). Ο έλεγχος του ανοίγματος και του κλεισίματος των θυρίδων (άρα και της

ροής του αέρα και των καυσαερίων) πραγματοποιούνταν με την κίνηση του εμβόλου. Σήμερα όλες οι δίχρονοι αργόστροφες μηχανές έχουν αντί για θυρίδες εξαγωγής βαλβίδα εξαγωγής. Ο λόγος είναι ότι με βαλβίδα εξαγωγής έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα ανά μονάδα παραγόμενης ισχύος να καταναλώνουν λιγότερο καύσιμο, εξαιτίας της ευθύγραμμης σάρωσης.

Κορμός μηχανής: στην περίπτωση δίχρονος αργόστροφης εμβολοφόρου MEK αποτελείται από τρία διακριτά τμήματα: (α) Βάση, (β) Σκελετός, (γ) Σώμα κυλίνδρων. Στην περίπτωση τετράχρονος μεσόστροφης εμβολοφόρου MEK, ο κορμός της μηχανής αποτελεί συνήθως ενιαίο τμήμα (κατασκευή monoblock).

Όγκος εμβολισμού: ο όγκος εντός του κυλίνδρου που σαρώνεται κατά την διαδρομή του εμβόλου από το ΚΝΣ έως το ΑΝΣ. Ισούται με το γινόμενο της διαδρομής του εμβόλου επί το εμβαδόν της διατομής του κυλίνδρου.

Όγκος θαλάμου καύσης ή επιζήμιος όγκος ή διάκενο συμπίεσης: ο όγκος εντός του κυλίνδρου που περιέχεται μεταξύ της άνω επιφάνειας του εμβόλου στο ΑΝΣ και της κάτω επιφάνειας του πώματος.

Ουσιαστικός βαθμός συμπίεσης δίχρονος μηχανής: ο λόγος του όγκου εντός του κυλίνδρου τη στιγμή της έναρξης της συμπίεσης προς τον τελικό όγκο εντός του κυλίνδρου.

Προπορεία έγχυσης καυσίμου: η πρόωρη έγχυση του καυσίμου πριν το έμβολο ανέλθει στο ΑΝΣ, σε μοίρες στροφαλοφόρου άξονα.

Προπορεία εισαγωγής: το πρόωρο άνοιγμα της βαλβίδας (ή των βαλβίδων) εισαγωγής.

Πώμα κυλίνδρου (Cylinder cover): σε αντίθεση με τις μηχανές μικρής ισχύος, στις μηχανές μέσης και μεγάλης ισχύος αντιστοιχεί ξεχωριστό πώμα για κάθε κύλινδρο της μηχανής. Το πώμα του κυλίνδρου με την κεφαλή του εμβόλου, όταν αυτό βρίσκεται στο ΑΝΣ, σχηματίζουν το διάκενο συμπίεσης (θάλαμο καύσης). Περιλαμβάνει τα ανοίγματα έδρασης των βαλβίδων, τους οχετούς εισαγωγής αέρα και εξαγωγής καυσαερίων, τα ανοίγματα για την τοποθέτηση των εγχυτήρων καυσίμου (μπεκ) και μία σειρά από βάσεις και θέσεις άλλων στοιχείων και οργάνων της κατά περίπτωση μηχανής.

Στρόβιλος αεριοστροβίλου: τα καυσαέρια μετά την εξοδό τους από τον θάλαμο καύσης οδηγούνται στον στρόβιλο. Αποτελείται από διαδοχικές βαθμίδες, όπου κάθε βαθμίδα περιλαμβάνει μία ακίνητη και μία περιστρεφόμενη περύγωση. Απορροφά ισχύ από τα θερμά καυσαέρια, την οποία παρέχει για την περιστροφή του συμπιεστή του αεριοστροβίλου.

Στρόβιλος ισχύος αεριοστροβίλου: απορροφά το τμήμα της ισχύος των καυσαερίων που απομένει για να τη μετατρέψει σε μηχανική ισχύ.

Στροφαλοφόρος άξονας (Crankshaft): παραλαμβάνει την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων, μέσω του αντίστοιχου κινηματικού μηχανισμού, και τη μετατρέπει σε περιστροφική κίνηση. Αποτελείται από (α) τα **στροφαλα**, που έχουν σχήμα Π, με τις **παριές** (κιθάρες) και τα **κομβία** ποδός διωστήρα και (β) τα **κύρια κομβία**, που στηρίζονται στα έδρανα της βάσης της μηχανής. Είναι για τις αργόστροφες μηχανές το βαρύτερο και ακριβότερο τμήμα, αποτελώντας περίπου το 20% του βάρους και το 10% του κόστους της μηχανής.

Στυπαιοθλίπτης (Stuffing box): στις δίχρονες αργόστροφες μηχανές το κάτω μέρος του κυλίνδρου φράζει με διάφραγμα, από το οποίο εισέρχεται διαμέσου του στυπαιοθλίπτη το βάκτρο. Ο στυπαιοθλίπτης, εκτός από στεγανοποίηση, σταθεροποιεί το βάκτρο και ομαλοποιεί την παλινδρόμηση του. Πάνω, και κάτω τοποθετούνται οι ακραίοι δακτύλιοι απόξεσης λαδιού. Πάνω, μετά τον δακτύλιο απόξεσης, τοποθετούνται οι δακτύλιοι στεγανότητας και κάτω οι εσωτερικοί δακτύλιοι απόξεσης.

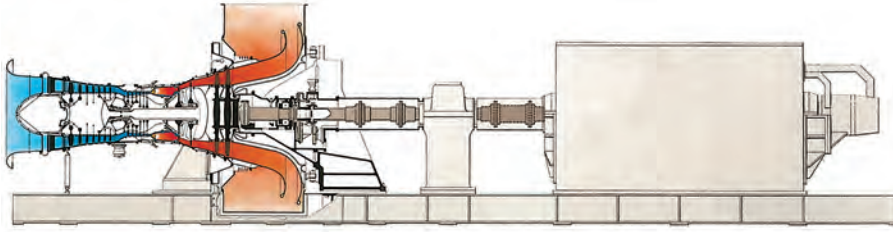
Συμπιεστής αεριοστροβίλου: αποτελείται από διαδοχικές βαθμίδες, που κάθε βαθμίδα περιλαμβάνει μία περιστρεφόμενη και μία ακίνητη περύγωση. Χρησιμοποιείται για την αύξηση της πίεσης του εισερχόμενου αέρα, που οδηγείται στη συνέχεια στον θάλαμο καύσης του αεριοστροβίλου.

Σφόνδυλος: κυλινδρική μεταλλική μάζα, συνδεδεμένη στον στροφαλοφόρο άξονα, που αποταμιεύει ενέργεια κατά την φάση της εκτόνωσης των καυσαερίων, την οποία αποδίδει στις υπόλοιπες φάσεις του κύκλου λειτουργίας της μηχανής.

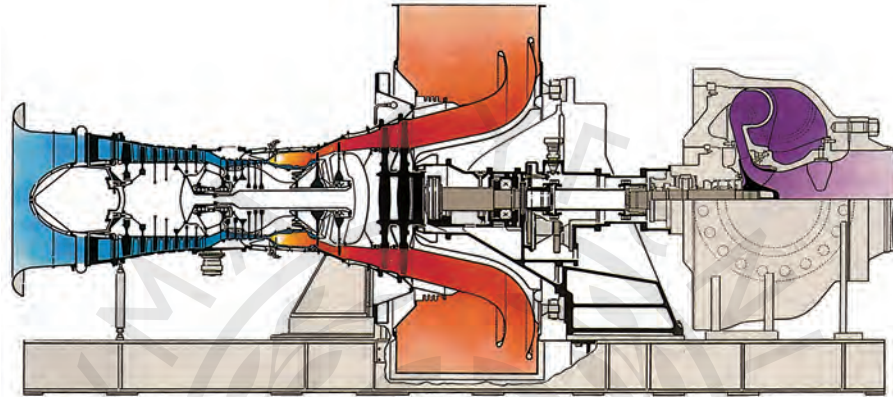
Περίληψη κεφαλαίου

Στο **Πρώτο Κεφάλαιο** περιγράφεται αρχικά η ιστορική εξέλιξη των **εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσης** (MEK), καθώς και των **αεριοστροβίλων**, ενώ παρατίθενται και βιογραφικά στοιχεία των κύριων συντελεστών της εξέλιξής τους. Ακολουθεί η γενική κατάταξη των MEK, με βάση διαφορετικά κριτήρια. Στη συνέχεια περιγράφονται οι διαφορετικές **χρήσεις** των πετρελαιοκινητήρων, καθώς και των βενζινοκινητήρων, ενώ ακολουθούν οι αρχές λειτουργίας και η περιγραφή μιας μονοκύλινδρης εμβολοφόρου παλινδρομικής MEK.

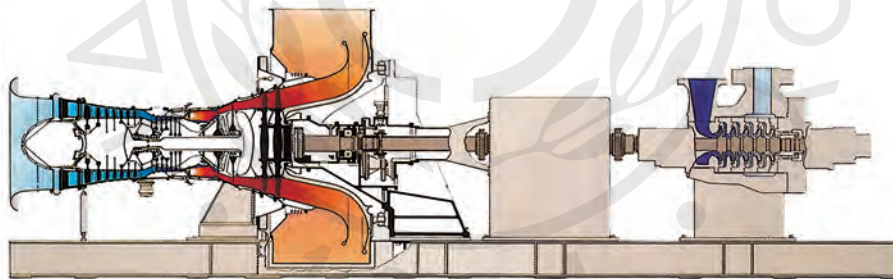
Στη συνέχεια αναλύεται η στοιχειώδης λειτουργία της **τετράχρονης πετρελαιομηχανής**, ακολουθούμενη από την ανάλυση της στοιχειώδους λειτουργίας **δίχρονος πετρελαιομηχανής**. Ακολουθεί η ανάλυση της στοιχειώδους λειτουργίας **τετράχρονης βενζινομηχανής**, καθώς και η στοιχειώδης λειτουργία **δίχρονος βενζινομηχανής**. Κατά τον τρόπο αυτό αναδεικνύονται οι ομοιότητες και οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τύπων εμβολοφόρων MEK. Εν συνεχεία παρουσιάζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας των αεριοστροβίλων, ενώ συγκρίνεται η λειτουργία τους με αυτήν των εμβολοφόρων MEK. Ακολουθεί η περιγραφή των κυριότερων τύπων αεριοστροβίλων. Τέλος, παρατίθενται βασικά στοιχεία της **νιζελοηλεκτρικής πρόωσης**, μαζί με τις κατηγορίες, στις οποίες διακρίνονται τα αντίστοιχα συστήματα.

**Σχ. 1.12**

Αεριοστρόβιλος σε τομή συνδεδεμένος με ηλεκτρογεννήτρια (πηγή: Rolls-Royce)

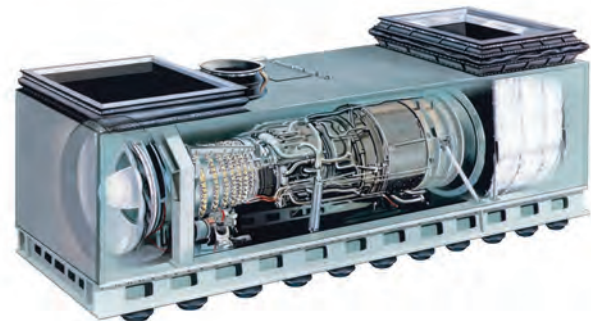
**Σχ. 1.13**

Αεριοστρόβιλος σε τομή συνδεδεμένος με συμπιεστή φυσικού αερίου (πηγή: Rolls-Royce)

**Σχ. 1.14**

Αεριοστρόβιλος σε τομή συνδεδεμένος με πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία (πηγή: Rolls-Royce)

Σήμερα οι ναυτικοί αεριοστρόβιλοι βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε πολεμικά σκάφη (σχ. 1.15). Το μικρό τους μέγεθος και βάρος για δεδομένη ισχύ, η ιδιαίτερα μεγάλη αξιοπιστία τους, η ταχεία είσοδος σε λειτουργία, η λειτουργία χωρίς κραδασμούς, ο πολύ μεγάλος χρόνος μεταξύ επισκευών και το μικρό κόστος συντήρησης, αποτελούν παράγοντες που υπερκαλύπτουν στη συγκεκριμένη χρήση το μειονέκτημα του χειρότερου βαθμού απόδοσης σε σχέση με τους κινητήρες Diesel. Οι αεριοστρόβιλοι βρίσκουν επίσης εφαρμογή σε πλοία αναψυχής και επιβατηγά πλοία, όπου η μεγάλη ταχύτητα που επιτυγχάνουν, το μικρό μέγεθος μηχανοστασίου, η αθόρυβη λειτουργία και οι χαμηλές εκπομπές ρύπων είναι παράγοντες σημα-

**Σχ. 1.15**

Σύγχρονος ναυτικός αεριοστρόβιλος τύπου LM2500 της General Electric, ισχύος 25 MW (πηγή: General Electric)

Χρήσιμοι σύνδεσμοι κεφαλαίου

Στους ακόλουθους σύνδεσμους υπάρχει διαθέσιμη παρουσίαση στην αγγλική γλώσσα, που θα σας βοηθήσει:

α) στην κατανόηση της λειτουργίας τετράχρονου βενζινοκινητήρα:



<https://www.youtube.com/watch?v=Y32gDgLq6hE>

β) στην κατανόηση της λειτουργίας τετράχρονου βενζινοκινητήρα, μαζί με τα υποσυστήματα που υποστηρίζουν τη λειτουργία του:



<https://www.youtube.com/watch?v=ZQvfHyfgBtA>

γ) στην κατανόηση των ομοιοτήτων και των διαφορών μεταξύ των βενζινοκινητήρων και των πετρελαιοκινητήρων:



<https://www.youtube.com/watch?v=aWeqyAxIM2M>

δ) στην κατανόηση της λειτουργίας του ελικοφόρου αεριοστροβίλου:



<https://www.youtube.com/watch?v=QA3Eqhi4bHA>

ε) στην κατανόηση της λειτουργίας των δίχρονων αργόστροφων ναυτικών πετρελαιομηχανών:



<https://www.youtube.com/watch?v=3zRIndR9j40>

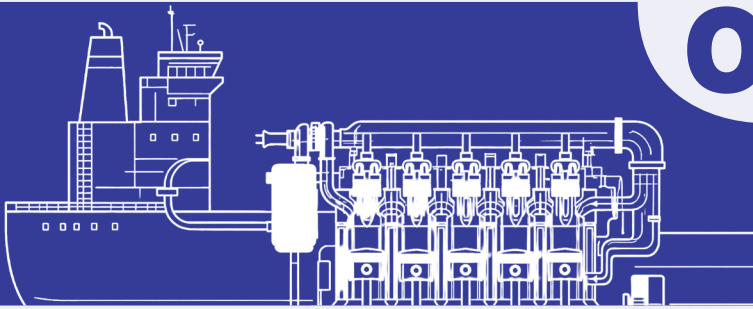
στ) στην κατανόηση της λειτουργίας των τετράχρονων μεσόστροφων ναυτικών πετρελαιομηχανών:



<https://www.youtube.com/watch?v=S68cqWVglPw>

Ερωτήσεις επανάληψης

1. Ποιος μηχανικός πέτυχε μεγάλη αύξηση της αξιοπιστίας στη λειτουργία των εμβολοφόρων MEK τύπου συμπίεσης-ανάφλεξης και με ποιο είδος καυσίμου;
2. Σε ποιον μηχανικό αποδίδονται οι βασικές αρχές λειτουργίας των σύγχρονων βενζινοκινητήρων;
3. Ποιοι δύο μηχανικοί (από διαφορετικές χώρες) και σε ποια χρονική περίοδο ανέπτυξαν τους πρώτους αεροπορικούς αεριοστροβίλους;
4. Πώς κατατάσσονται οι εμβολοφόρες MEK με βάση τον τρόπο ανάφλεξης του καυσίμου;
5. Πώς κατατάσσονται οι εμβολοφόρες MEK με βάση τον αριθμό των διαδρομών του εμβόλου;
6. Πώς κατατάσσονται οι εμβολοφόρες MEK με βάση το είδος του καυσίμου;
7. Πώς κατατάσσονται οι εμβολοφόρες MEK με βάση την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα;
8. Πώς κατατάσσονται οι εμβολοφόρες MEK με βάση τη διάταξη των κυλίνδρων;
9. Πώς κατατάσσονται οι εμβολοφόρες MEK με βάση τον τρόπο σύνδεσης του εμβόλου και του διωστήρα;
10. Να αναφέρετε τις διαφορετικές χρήσεις των πετρελαιοκινητήρων.
11. Να αναφέρετε τις διαφορετικές χρήσεις των βενζινοκινητήρων.
12. Πώς μετατρέπεται η ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική εντός των εμβολοφόρων MEK;
13. Τι είναι το Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) και τι το Κάτω Νεκρό Σημείο (ΚΝΣ) στις εμβολοφόρες MEK;
14. Πώς ορίζεται η διαδρομή (stroke) του εμβόλου;
15. Πώς ορίζεται ο όγκος θαλάμου καύσης μιας εμβολοφόρου MEK; Πώς λέγεται διαφορετικά;
16. Πώς ορίζεται ο όγκος εμβολισμού μιας εμβολοφόρου MEK;
17. Τι είναι οι βαλβίδες (εισαγωγής και εξαγωγής) και τι οι αντίστοιχες θυρίδες; Πού απαντώνται οι δεύτερες και πώς ρυθμίζεται το άνοιγμα και το κλείσιμό τους;
18. Σε τι χρησιμεύει ο σφόνδυλος των MEK;
19. Πώς ορίζεται ο βαθμός συμπίεσης στις MEK;
20. Τι είναι η προπορεία και τι η βραδυπορία εισαγωγής;
21. Τι είναι ο ηλεκτρικός σπινθηριστής και σε ποιες μηχανές χρησιμοποιείται;
22. Από ποια κύρια τμήματα αποτελείται ένας αεριοστροβίλος; Ποιος ο ρόλος τους;
23. Τι είναι ο στρόβιλος ισχύος;
24. Περιγράψτε τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ των αεριοστροβίλων και των εμβολοφόρων MEK.
25. Ποιους τύπους αεριοστροβίλων (για την πρόωση αεροσκαφών) γνωρίζετε; Περιγράψτε τα βασικά τους χαρακτηριστικά.
26. Τι είναι η ντιζελοηλεκτρική πρόωση και σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται τα αντίστοιχα συστήματα;



ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΜΕΚ

Εκπαιδευτικοί στόχοι κεφαλαίου

Με την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου οι σπουδαστές θα είναι ικανοί να:

- ▶ **ανακαλούν** και να **περιγράφουν** τα επιμέρους τμήματα, καθώς και τους μηχανισμούς που απαρτίζουν και συνθέτουν τις δύο κύριες κατηγορίες των ναυτικών πετρελαιομηχανών,
- ▶ **ανακαλούν** και να **περιγράφουν** τα σχεδιαστικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των επιμέρους τμημάτων και μηχανισμών, που απαρτίζουν τις δύο κύριες κατηγορίες των ναυτικών πετρελαιομηχανών, με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια,
- ▶ **αναλύουν** τους τρόπους με τους οποίους τα επιμέρους τμήματα και οι αντίστοιχοι μηχανισμοί, που απαρτίζουν τις δύο κύριες κατηγορίες των ναυτικών πετρελαιομηχανών, αλληλεπιδρούν και συνεργάζονται μεταξύ τους για την ομαλή λειτουργία των αντίστοιχων μηχανών.

Όροι και ορισμοί κεφαλαίου

Βάση μηχανής: στις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές αποτελεί το κατώτερο διακριτό δομικό τμήμα της μηχανής. Πάνω στη βάση χτίζεται ολόκληρη η μηχανή ενώ στα έδρανα της βάσης στηρίζεται ο στροφαλοφόρος άξονας, εξασφαλίζοντας την ευθυγράμμιση, καθώς και τη σωστή έδρασή του. Η βάση έχει κιβωτιοειδή μορφή και κατασκευάζεται από δύο διαμήκεις δοκούς τύπου διπλού Τ, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσιες δοκούς και διάτρητα διαφράγματα.

Βάση, σκελετός, σώμα κυλίνδρων: στις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές αποτελούν διακριτά σταθερά τμήματα του **κορμού** της μηχανής και στηρίζουν και περιβάλλουν όλα τα κινητά μέρη της μηχανής (έμβολα, βάκτρα, ζυγώματα, διωστήρες, εκκεντροφόρο και στροφαλοφόρο άξονα). Είναι κατασκευασμένα από ιδιαίτερα ανθεκτικά υλικά για την παραλαβή των στατικών και δυναμικών φορτίων της μηχανής.

Εκκεντροφόρος άξονας (Camshaft): μεταδίδει την κίνηση για το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, ενώ παράλληλα μεταδίδει την κίνηση και σε βοηθητικούς μηχανισμούς (αντλίες καυσίμου, βαλβίδες αέρα εκκίνησης, δυναμοδείκτη). Το κύριο στοιχείο του είναι τα έκκεντρα (κνώδακες), τοποθετημένα σε κατάλληλες θέσεις και γωνίες κατά μήκος του. Έχουν πλέον ευρεία εφαρμογή μηχανές πλοίων χωρίς εκκεντροφόρο άξονα (Electronically controlled marine diesel engines). Ο έλεγχος των βαλβίδων και της έγχυσης του καυσίμου πραγματοποιείται με ηλεκτρονικά μέσα.

Ελατήρια βαλβίδων: επαναφέρουν τις βαλβίδες στην κλειστή θέση, όταν παύει η επίδραση των εκκέντρων του εκκεντροφόρου άξονα.

Ελατήρια εμβόλου: είναι δακτυλιοειδούς μορφής και εξασφαλίζουν την απαραίτητη στεγανοποίηση του χώρου καύσης (μεταξύ του εμβόλου και του κυλίνδρου), ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή συμπίεση, να αποφεύγεται η διαφυγή καυσαερίων προς τον στροφαλοθάλαμο και να αποτρέπεται η εισροή λαδιού λίπανσης στον χώρο καύσης. Στις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές στην κεφαλή του εμβόλου τοποθετούνται μόνο ελατήρια συμπίεσης, ενώ στις τετράχρονες μεσόστροφες πετρελαιομηχανές, εκτός των ελατηρίων συμπίεσης, τοποθετούνται και ελατήρια λαδιού.

Κεφαλή (πώμα) κυλίνδρου: προσαρμόζεται στο επάνω μέρος των χιτωνίων (ή του κορμού σε μηχανές μικρής ισχύος), σχηματίζοντας μαζί με τα χιτώνια και το επάνω μέρος του εμβόλου τον χώρο όπου πραγματοποιείται η καύση.

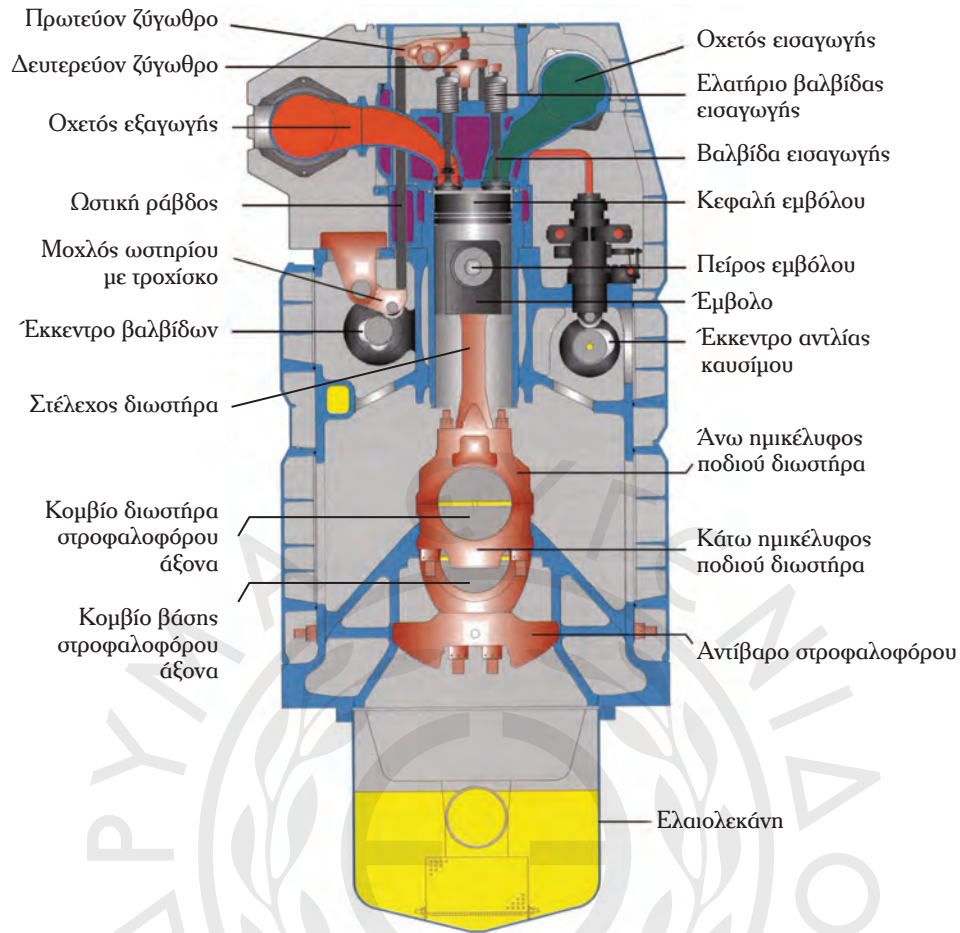
Κεφαλή διωστήρα: το ανώτερο τμήμα του διωστήρα, το οποίο συνδέεται στο έμβολο, μέσω του πύρου του.

Πόδι διωστήρα: σχηματίζει το έδρανο ολίσθησης του διωστήρα, το οποίο περιβάλλει το κομβίο του στροφάλου. Είναι διαιρούμενο και απαρτίζεται από δύο ημικελύφη.

Σκελετός μηχανής: στις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές αποτελεί το κύριο σε όγκο τμήμα του κινητήρα, πάνω στο οποίο προσαρμόζονται όλα τα υπόλοιπα τμήματα και τα βασικά εξαρτήματα της μηχανής. Η δομή του απαρτίζεται από εγκάρσια διαφράγματα (κολόνες - columns) σχήματος Α, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με διαμήκη ελάσματα.

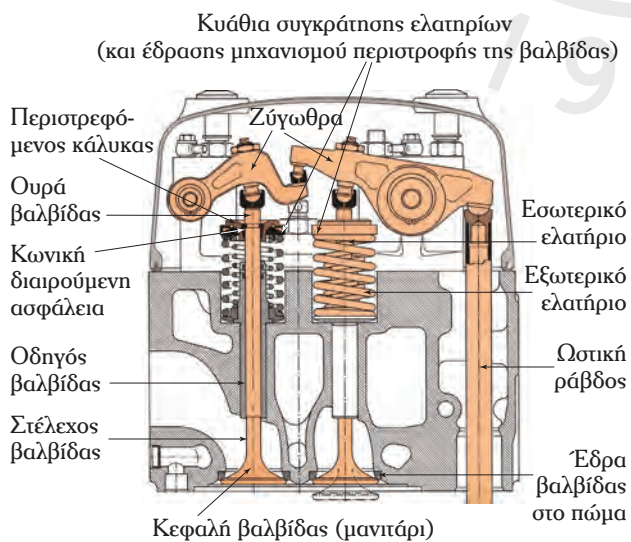
Στέλεχος διωστήρα: η δοκός που συνδέει την κεφαλή του διωστήρα με το πόδι του διωστήρα.

Συνδέτες (Tie Rods): ειδικοί κοχλίες ελαστικής μήκυν-



Σχ. 2.16

Τομή μεσόδοτης τετράχρονης πετρελαιομηχανής



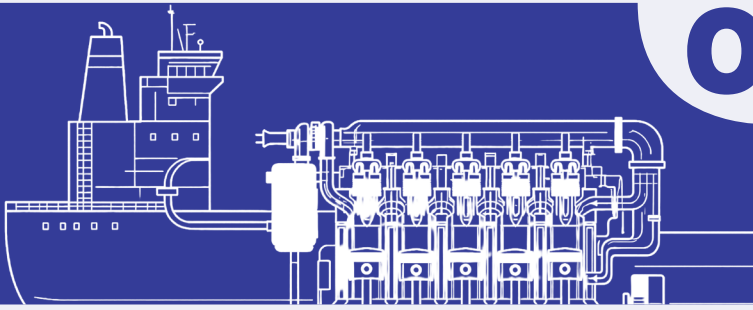
Σχ. 2.17

Μηχανισμός βαλβίδων πετρελαιομηχανής
(με μηχανική περιστροφή)

ειδικό χάλυβα ελατηρίων. Έχουν σπειροειδή μορφή, ενώ ο αριθμός των σπειρών, η διατομή τους και η διάμετρος του ελατηρίου καθορίζουν τη δύναμη (τάση) επαναφοράς τους. Αυτή πρέπει να έχει κατάλληλη τιμή, ώστε να στεγανοποιείται πλήρως ο θάλαμος καύσης του κυλίνδρου και να αποφεύγονται ανεπιθύμητες ταλαντώσεις λόγω συντονισμού, κατά το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας.

2.4.3 Ωστήρια - Ωστικές ράβδοι και ζύγωθρα

Στην περίπτωση που ο εκκεντροφόρος άξονας βρίσκεται στα πλάγια της μηχανής, ο μηχανισμός μετάδοσης της κίνησης από τον εκκεντροφόρο άξονα στις βαλβίδες αποτελείται από τα ωστήρια, τις ωστικές ράβδους και τα ζύγωθρα (σχ. 2.16, 2.17 και 2.18). Το ωστήριο είναι το τμήμα του μηχανισμού που έρχεται σε άμεση επαφή με το έκκεντρο και μέσω της ωστικής ράβδου (καλάμι) μεταδίδει την κίνηση στο ζύγωθρο (κοκοράκι). Το ζύγωθρο είναι μοχλός, στερεωμένος στον άξονα των ζυγώθρων και



ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΜΕΚ

Εκπαιδευτικοί στόχοι κεφαλαίου

Οι σπουδαστές θα πρέπει να είναι ικανοί να:

- ▶ **ανακαλούν** και να **περιγράφουν** τα διαφορετικά είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις ΜΕΚ, καθώς και τις αντίστοιχες χημικές αντιδράσεις καύσης,
- ▶ **ανακαλούν**, να **κατανοούν** και να **περιγράφουν** τα χαρακτηριστικά της καύσης στους πετρελαιοκινητήρες και τους βενζινοκινητήρες, καθώς και να **αναλύουν** τους κύριους παράγοντες που την επηρεάζουν,
- ▶ **ανακαλούν**, να **κατανοούν** και να **περιγράφουν** τα χαρακτηριστικά της σάρωσης στις ναυτικές πετρελαιομηχανές, τα υπάρχοντα συστήματα σάρωσης, καθώς και τις αντλίες σάρωσης,
- ▶ **ανακαλούν**, να **κατανοούν** και να **περιγράφουν** τα χαρακτηριστικά της υπερπλήρωσης, τη λειτουργία του στροβιλοϋπερπληρωτή και τα μέρη από τα οποία αποτελείται, και να **αναδεικνύουν** τις διαφορές στην υπερπλήρωση μεταξύ των δίχρονων και των τετράχρονων πετρελαιομηχανών,
- ▶ **ανακαλούν**, να **κατανοούν** και να **περιγράφουν** τα γενικά χαρακτηριστικά των συστημάτων εγχυσης καυσίμου των πετρελαιομηχανών, συμπεριλαμβανομένων των επιμέρους τμημάτων που τα απαρτίζουν και ειδικά των εγχυτήρων καυσίμου,
- ▶ **ανακαλούν**, να **κατανοούν** και να **περιγράφουν** τα γενικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης (δικτύου) πετρελαίου, καθώς και των επιμέρους τμημάτων που την συνθέτουν και να **αναδεικνύουν** τις διαφορές μεταξύ των δικτύων ελαφρού και βαρέος πετρελαίου.

Όροι και ορισμοί κεφαλαίου

Biodiesel: καύσιμο που παράγεται από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη με κατάλληλη επεξεργασία. Χρησιμοποιείται είτε αυτούσιο είτε σε ανάμειξη με τυπικό καύσιμο ντίζελ, που προέρχεται από απόσταση αργού πετρελαίου.

Marine Diesel Oil (MDO): πετρέλαιο ντίζελ που προορίζεται για χρήση στη ναυτιλία. Είναι γενικής χρήσης πετρέλαιο ντίζελ για καύση στις κύριες μηχανές και στις ηλεκτρομηχανές των πλοίων.

Ανώτερη θερμογόνος δύναμη: αυτή που αντιστοιχεί σε υγρή φάση του παραγόμενου νερού στο τέλος της καύσης.

Αργό ή φυσικό πετρέλαιο: βρίσκεται στη μορφή που λαμβάνεται κατά την άντλησή του από τα φυσικά κοιτάσματα και αποτελείται κατά βάση από μείγμα υδρογονανθράκων.

Αυτανάφλεξη (στους βενζινοκινητήρες): συμβαίνει όταν εκτός του κανονικού μετώπου της φλόγας εμφανίζεται και δεύτερο ή περισσότερα μέτωπα καύσης. Όταν η αυτανάφλεξη προηγείται της κανονικής ανάφλεξης με σπινθήρα, έχουμε το φαινόμενο της **προανάφλεξης**.

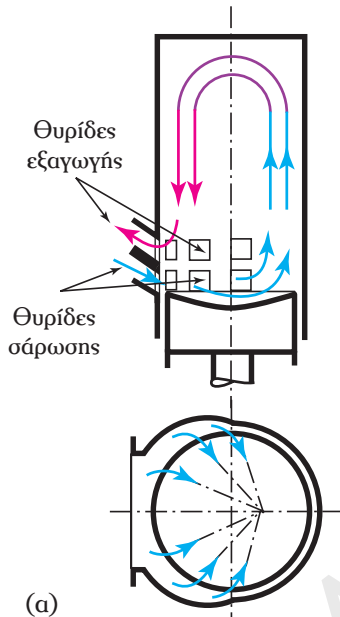
Βαθμός υπερπλήρωσης: είναι ο λόγος της μέσης πίεσης εντός του κυλίνδρου με υπερπλήρωση προς τη μέση πίεση χωρίς υπερπλήρωση.

Βενζίνες: είναι υδρογονάνθρακες με 4-10 άτομα άνθρακα ανά μόριο, έχουν μικρό ειδικό βάρος και πολύ μεγάλη πτητικότητα (σημείο βρασμού 30 – 200 °C). Χρησιμοποιούνται κυρίως ως καύσιμα βενζινομηχανών, με χρήση διαφόρων προσθηκών (παλαιότερα μόλυβδος, αρωματικοί υδρογονάνθρακες κ.λπ.).

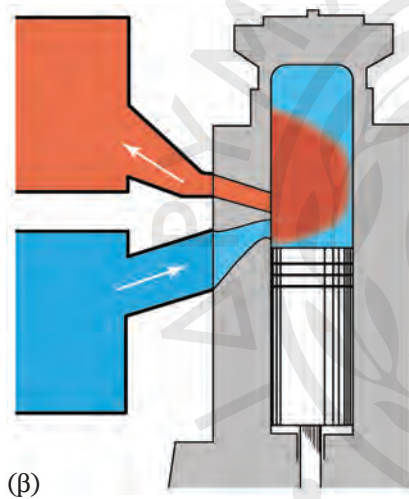
Γωνία καύσης (στους βενζινοκινητήρες): η γωνία στροφάλου μεταξύ της έναυσης του σπινθήρα και της εμφάνισης της μέγιστης πίεσης στον κύλινδρο.

Διάσπαση των καυσαερίων: είναι το φαινόμενο κατά το οποίο τα προϊόντα της καύσης διασπώνται, υπό την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών, απορροφώντας ποσά θερμότητας (ενώ η καύση είναι εξώθερμη αντίδραση, η διάσπαση που είναι η αντίθετη αντίδραση, είναι ενδόθερμη, πραγματοποιείται δηλ. με απορρόφηση θερμότητας).

Δίκτυο βαρέος πετρελαίου (HFO): περιλαμβάνει τις αντίστοιχες δεξαμενές αποθήκευσης (HFO bunker tanks ή Storage tanks), τις δεξαμενές κατακάθισης (settling tanks), τους προθερμαντήρες βαρέος πετρελαίου, τους διαχωριστές καταλοίπων (clarifier και purifier), τη δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης (HFO Service tank), τη δεξαμενή εξαερισμού, ανάμειξης (Vent - Mixing tank), καθώς και αντίστοιχες αντλίες και φίλτρα.



(α)



(β)

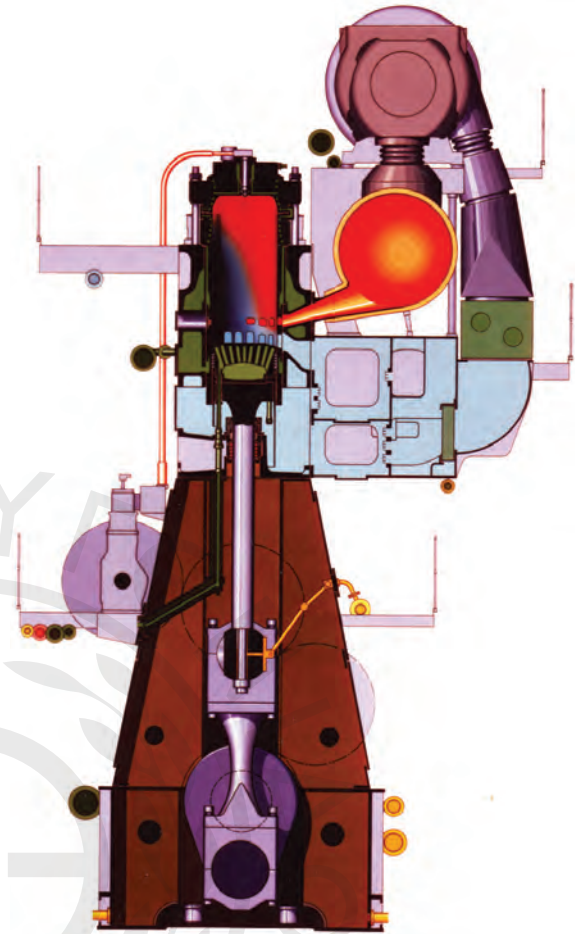
Σχ. 3.9

Σάρωση βρόγχου (ανάστροφη)

ρος του κυλίνδρου και κατευθύνεται στροβιλιζόμενος προς τα πάνω, χωρίς να επιστρέφει. Η εξαγωγή των καυσαερίων γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους:

α) Σάρωση συνεχούς ροής με βαλβίδα εξαγωγής

Ο αέρας εισέρχεται από τις θυρίδες σάρωσης, που βρίσκονται διατεταγμένες στο κάτω μέρος του κυλίνδρου σε όλη την περιφέρειά του. Κατευθύνεται προς τα πάνω, έντονα στροβιλιζόμενος, και ωθεί τα καυσαέρια που εξέρχονται από τη βαλβίδα (ή βαλβίδες) εξαγωγής. Η βαλβίδα βρίσκεται τοποθετημένη κεντρικά στην κορυφή του κυλίνδρου [σχ. 3.11(α),(β)]. Οι θυρίδες εισαγωγής έχουν τέτοια γεωμετρία, ώστε να προκαλούν συστροφή του εισερχόμενου αέρα εντός του κυλίνδρου, με μονή,



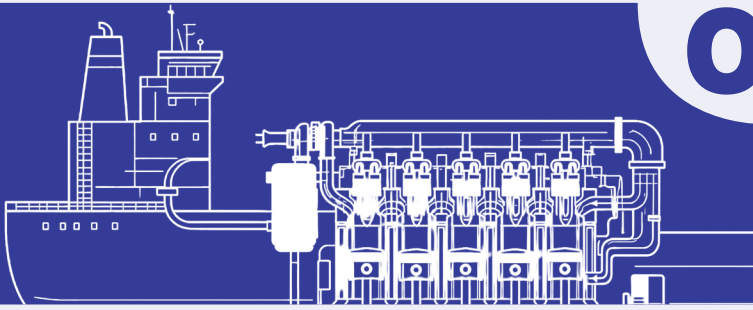
Σχ. 3.10

Δίχρονη πετρελαιομηχανή με σάρωση βρόγχου, όπου διακρίνεται η πορεία του εισερχόμενου αέρα σάρωσης, που εκτοπίζει τα καυσαέρια προς τις θυρίδες εξαγωγής

διπλή, τριπλή ή πολλαπλή σπείρα [λεπτομέρεια σχ. 3.11(γ)]. Με τη δημιουργία πολλαπλών σπειρών στην είσοδο του αέρα μειώνεται σημαντικά η δημιουργία πυρήνα καυσαερίων στο κέντρο του κυλίνδρου και ευμεγέθους στρώματος καυσαερίων στα τοιχώματα του χιτωνίου που δεν απομακρύνονται προς την εξαγωγή. Σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της σάρωσης παίζει το μέγεθος, η θέση και ο αριθμός των βαλβίδων εξαγωγής. Αυτό το σύστημα σάρωσης (με μία βαλβίδα εξαγωγής) είναι το μοναδικό που χρησιμοποιείται σε νέες κατασκευές μεγάλων δίχρονων πετρελαιομηχανών (σχ. 3.12), διότι επιτυγχάνει την καλύτερη ποιότητα σάρωσης σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα.

β) Σάρωση συνεχούς ροής αντιθέτων εμβόλων

Το σύστημα αυτό αναφέρεται σε δίχρονες μηχανές ειδικού τύπου, οι οποίες λειτουργούν έχοντας για



ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΜΕΚ

Εκπαιδευτικοί στόχοι κεφαλαίου

Με την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου οι σπουδαστές θα είναι ικανοί να:

- ▶ **κατανοούν** τις βασικές έννοιες και τους Νόμους της Θερμοδυναμικής, τους οποίους να μπορούν να **εφαρμόζουν** στη μοντελοποίηση της λειτουργίας των εμβολοφόρων ΜΕΚ,
- ▶ **κατανοούν** και να **αναλύουν** τους θεωρητικούς κύκλους αέρα, να ερμηνεύουν και να αναδεικνύουν τις διαφορές που υπάρχουν στη λειτουργία των βενζινοκινητήρων και των πετρελαιοκινητήρων,
- ▶ **κατανοούν** και να **αναλύουν** τους πρότυπους κύκλους αέρα-καυσίμου, καθώς και τους ισοδύναμους θεωρητικούς (προσαρμοσμένους) κύκλους (Otto και Diesel),
- ▶ **κατανοούν** και να **περιγράφουν** τους πραγματικούς κύκλους λειτουργίας των εμβολοφόρων ΜΕΚ και να αναδεικνύουν τις διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τύπων εμβολοφόρων ΜΕΚ,
- ▶ **περιγράφουν** τον τρόπο λήψης των δυναμοδεικτικών διαγραμμάτων, καθώς και τις αρχές λειτουργίας του μηχανικού και του ηλεκτρονικού δυναμοδείκτη, και να
- ▶ **περιγράφουν** και να **αναλύουν** τις φάσεις λειτουργίας (εισαγωγή, συμπίεση, έγχυση, καύση, εκτόνωση, εξαγωγή) του πραγματικού κύκλου σε τετράχρονο και δίχρονο κινητήρα και να **ερμηνεύουν** τις διαφορές που εμφανίζονται μεταξύ των διαφορετικών τύπων εμβολοφόρων ΜΕΚ.

Όροι και ορισμοί κεφαλαίου

Αδιαβατικό σύστημα: το θερμοδυναμικό σύστημα, στο οποίο δεν πραγματοποιείται συναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον.

Αέριο: η καθαρή ουσία που βρίσκεται σε αέρια φάση, αλλά απέχει αισθητά από την υγρή φάση.

Ανοικτό σύστημα: το θερμοδυναμικό σύστημα που επιτρέπει τη συναλλαγή μάζας με το περιβάλλον, μέσω των ορίων του.

Αντιστρεπτές διεργασίες: είναι οι θερμοδυναμικές διεργασίες στις οποίες η πορεία μπορεί να αντιστραφεί, έτσι ώστε τόσο το σύστημα όσο και το περιβάλλον να επιστρέψουν στην αρχική τους κατάσταση, χωρίς δηλαδή να απομένει κανένα ενεργειακό υπόλοιπο μεταξύ τους. Για να είναι μια διεργασία αντιστρεπτή, θα πρέπει να είναι οιογενής στατική και χωρίς απώλειες ενέργειας.

Ατμός: η κατάσταση όπου η εξάτμιση της υγρής φάσης δεν έχει ολοκληρωθεί ενδοκοινοχώς πλήρως και μπορεί να έχουμε συνύπαρξη των δύο φάσεων.

Βαθμός απόδοσης: ο λόγος της ωφέλιμης ενέργειας προς την ενέργεια που καταναλώνουμε. Στην περίπτωση της θερμικής μηχανής ορίζουμε τον **θερμικό βαθμό απόδοσης** ως τον λόγο του καθαρού έργου που παράγει το σύστημα προς τη θερμότητα που δίνεται από το θερμοδοχείο. Ο θερμικός βαθμός απόδοσης μιας θερμικής μηχανής είναι πάντα μικρότερος της μονάδας.

Δεύτερος Θερμοδυναμικός Νόμος:

Διατύπωση Kelvin-Planck: Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί θερμική μηχανή, η οποία κατά τη διάρκεια πλήρους κυκλικής διεργασίας να έχει ως μοναδικό αποτέλεσμα την παραλαβή θερμότητας από μοναδικό θερμοδοχείο και την παραγωγή ισόποσου μηχανικού έργου, χωρίς δηλαδή την απόρριψη μέρους της θερμότητας σε ψυχροδοχείο.

Διατύπωση Clausius: Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί ψυκτική μηχανή, η οποία κατά τη διάρκεια πλήρους κυκλικής διεργασίας να έχει ως μοναδικό αποτέλεσμα την αφαίρεση θερμότητας από ψυχροδοχείο και την αποβολή ισόποσης θερμότητας σε θερμοδοχείο, χωρίς δηλαδή την πρόσδοση έργου στο σύστημα.

Δυναμοδεικτικό διάγραμμα λειτουργίας εμβολοφόρου ΜΕΚ: παρέχει την τιμή της πίεσης εντός του κυλίνδρου σε κάθε θέση του εμβόλου. Εναλλακτικός τρόπος λήψης του διαγράμματος της πίεσης είναι ως συνάρτηση της γωνίας στροφάλου.

Ειδικά καταστατικά μεγέθη: είναι εκτατικά μεγέθη διαιρεμένα με την αντίστοιχη μάζα στην οποία αναφέρονται. Τα ειδικά μεγέθη είναι εντατικά μεγέθη.

Ειδική θερμοχωρητικότητα: η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα μάζας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά έναν βαθμό. Για τον ορισμό της ειδικής θερμοχωρητικότητας απαιτείται να προδιαγράψουμε και τη θερμοδυναμική διεργασία που εκτελείται από το σύστημα κατά τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

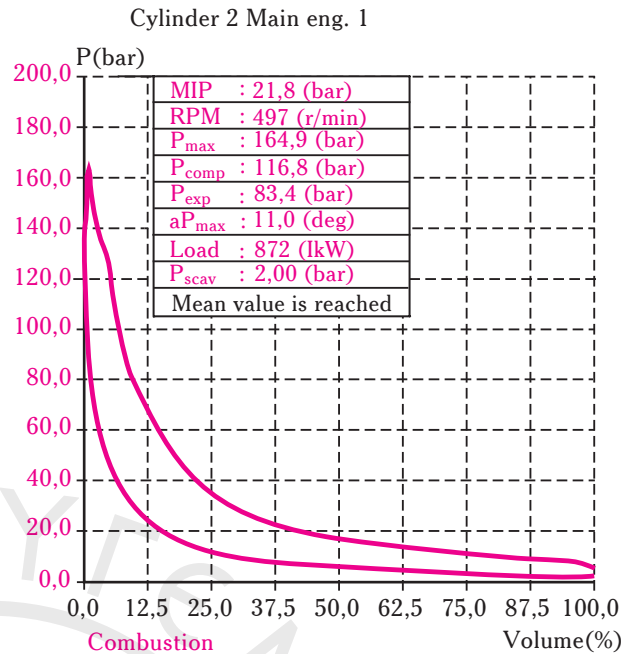
Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις εμβολοφόρων μηχανών μεγάλης ισχύος (πλοία και ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη) είναι εφοδιασμένες με εξελιγμένα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών για την εύκολη λήψη των δυναμοδεικτικών διαγραμμάτων p - ϕ και την αυτόματη μετατροπή τους σε διαγράμματα p - V . Η εμβαδομέτρηση για τον υπολογισμό του ενδεικνύμενου έργου γίνεται αυτόματα, από το οποίο στη συνέχεια υπολογίζονται και άλλες παράμετροι λειτουργίας του κινητήρα. Στα σχήματα 4.26 και 4.27 φαίνονται δύο τέτοια δυναμοδεικτικά διαγράμματα (p - V και p - ϕ) από κύλινδρους μεσόστροφης τετράχρονης ναυτικής πετρελαιομηχανής, σε δύο διαφορετικά σημεία λειτουργίας.

4.4.2 Η πραγματική φάση εναλλαγής των αερίων στον 4-Χ κινητήρα

Η φάση εναλλαγής των αερίων είναι η περίοδος εκείνη, κατά την οποία ο κύλινδρος εκκενώνεται από τα καυσαέρια του προηγούμενου κύκλου και στη συνέχεια πληρώνεται με τον αέρα (ή μείγμα αέρα καυσίμου) για την εκτέλεση του νέου κύκλου. Στον πραγματικό κύκλο (σχ. 4.23) η εναλλαγή των αερίων δεν γίνεται ακαριαία στα νεκρά σημεία, όπως είχαμε υποθέσει στους ιδανικούς κύκλους. Για τη σωστή εκτέλεση της συγκεκριμένης φάσης, σημαντικό ρόλο παίζει ο σωστός χρονισμός του ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής.

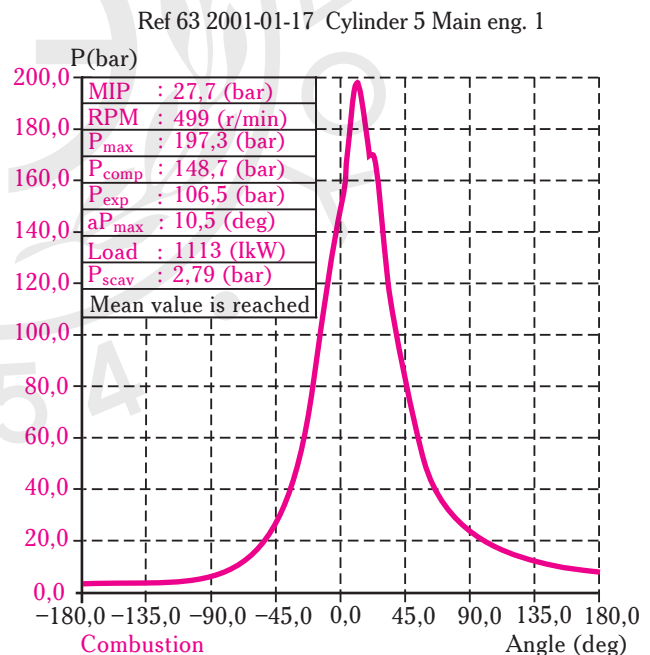
Σε έναν τετράχρονο κινητήρα η περίοδος εκροής ξεκινά με το άνοιγμα των βαλβίδων εξαγωγής, αρκετές μοίρες γωνίας στροφάλου πριν το ΚΝΣ. Εξαιτίας του γεγονότος αυτού εμφανίζεται απώλεια ωφέλιμου έργου, το οποίο θα κερδίζαμε, αν η εκτόνωση γινόταν κανονικά μέχρι το ΚΝΣ, χωρίς το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων εξαγωγής. Το άνοιγμα των βαλβίδων συνοδεύεται από πώση της πίεσης εντός του κυλίνδρου. Η πώση όμως αυτή της πίεσης μειώνει το αναγκαίο έργο, που καταναλώνεται για την εξώθηση των καυσαερίων κατά την άνοδο του εμβόλου από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ. Έτσι, η προπορεία του ανοίγματος των βαλβίδων εξαγωγής αφ' ενός μειώνει το ωφέλιμο έργο λόγω της πρόωρης πτώσεως της πίεσης, αφ' ετέρου εξοικονομεί ωφέλιμο έργο, λόγω της μείωσης του έργου εξώθησης. Έτσι, υπάρχει πάντα κάποια βέλτιστη χρονική στιγμή για το άνοιγμα των βαλβίδων εξαγωγής, που δίνει το μέγιστο ωφέλιμο έργο. Από τη στιγμή του ανοίγματος των βαλβίδων εξαγωγής μέχρι το ΚΝΣ, η ροή των καυσαερίων πραγματοποιείται λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ του κυλίνδρου και της ατμόσφαιρας.

Όταν το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ, ουσιαστικά εκτοπίζει τα καυσαέρια, και η πίεση εντός



Σχ. 4.26

Δυναμοδεικτικό διάγραμμα p - V του 2ου κυλίνδρου τετράχρονης μεσόστροφης πετρελαιομηχανής πλοίου (θεικός βρόγχος)

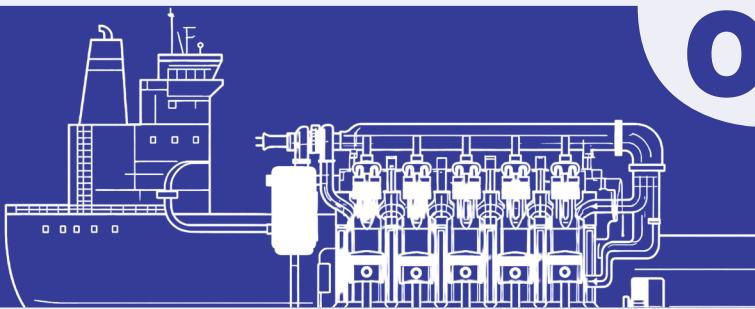


Σχ. 4.27

Δυναμοδεικτικό διάγραμμα p - ϕ του 5ου κυλίνδρου τετράχρονης μεσόστροφης πετρελαιομηχανής πλοίου σε διαφορετικό σημείο λειτουργίας από το προηγούμενο (μόνο 2 από τους 4 χρόνους, συμπίεση, καύση-εκτόνωση)

του κυλίνδρου καθορίζεται από τις απώλειες πίεσης στο κύκλωμα εξαγωγής (τάξης μεγέθους 0,1 bar). Όσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες στο κύκλωμα

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΜΕΚ



Εκπαιδευτικοί στόχοι κεφαλαίου

Με την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου οι σπουδαστές θα είναι ικανοί να:

- ▶ **ανακαλούν** και να **περιγράφουν** τα σχεδιαστικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των επιμέρους τμημάτων και μηχανισμών, που απαρτίζουν τις δύο κύριες κατηγορίες των ναυτικών πετρελαιομηχανών, με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια,
- ▶ **αναγνωρίζουν** και να **κατανοούν** τις σχεδιαστικές και κατασκευαστικές διαφορές μεταξύ των δίχρονων αργόστροφων και των τετράχρονων μεσόστροφων πετρελαιομηχανών,
- ▶ **ανακαλούν**, να **κατανοούν** και να **αναδεικνύουν** τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των εναλλακτικών σχεδιαστικών επιλογών, που εφαρμόζονται στην κατασκευή των επιμέρους τμημάτων των δύο κύριων κατηγοριών ναυτικών πετρελαιομηχανών,
- ▶ **αναλύουν** τους τρόπους με τους οποίους οι σχεδιαστικές και κατασκευαστικές διαφορές μεταξύ δίχρονων αργόστροφων και τετράχρονων μεσόστροφων πετρελαιομηχανών επιδρούν στα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους, στη συχνότητα βλαβών και στις ανάγκες συντήρησής τους,
- ▶ **ανακαλούν** και να **κατανοούν** τις κύριες αιτίες εμφάνισης βλαβών στα παλινδρομούντα, στα περιστρεφόμενα και στα σταθερά τμήματα, που απαρτίζουν τις δύο κύριες κατηγορίες των ναυτικών πετρελαιομηχανών, και να
- ▶ **κατανοούν** και να **εφαρμόζουν** τα διάφορα είδη μετρήσεων, ελέγχων και ρυθμίσεων των επιμέρους τμημάτων, που απαρτίζουν τις δύο κύριες κατηγορίες των ναυτικών πετρελαιομηχανών.

Όροι και ορισμοί κεφαλαίου

Ανθρωποθυρίδες προσπέλασης (access doors): ανοίγματα στον σκελετό της μηχανής, που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του στροφαλοθαλάμου.

Ασφαλιστικά στροφαλοθαλάμου (αντιεκρηκτικές θύρες) (explosion doors): Στον στροφαλοθάλαμο της μηχανής τοποθετούνται αντιεκρηκτικές θύρες. Σε περίπτωση φωτιάς-έκρηξης στροφαλοθαλάμου ανοίγουν, προκειμένου να αποφευχθούν δυσμενέστερες καταστάσεις στην μηχανή. Εσωτερικά έχουν επανατατικό ελατήριο, ώστε με την πίεση της έκρηξης να εξέρχονται τα αέρια. Κατόπιν, λόγω υποπίεσης στον στροφαλοθάλαμο, κλείνουν στεγανά με τη βοήθεια του ελατηρίου.

Γωνία σφήνωσης των στροφάλων: η μικρότερη γωνία μεταξύ των στροφάλων, όπως φαίνεται από τον καθρέφτη της μηχανής.

Έδρανο τύπου Michell: στο συγκεκριμένο ωστικό έδρανο χρησιμοποιείται μοναδικός ωστικός δακτύλιος, ο οποίος περιστρέφεται σε κατάλληλο αύλακα. Στον αύλακα (συνήθως και στις δύο πλευρές του) προσαρμόζονται ειδικά πέδιλα. Κάθε πέδιλο εδράζεται σε ειδική βάση, η οποία του επιτρέπει μικρή γωνιακή μετατόπιση.

Ελατήρια λαδιού εμβόλου: χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του πάχους της λιπαντικής μεμβράνης λαδιού στα τοιχώματα του κυλίνδρου, τη μεταφορά του λαδιού κατά

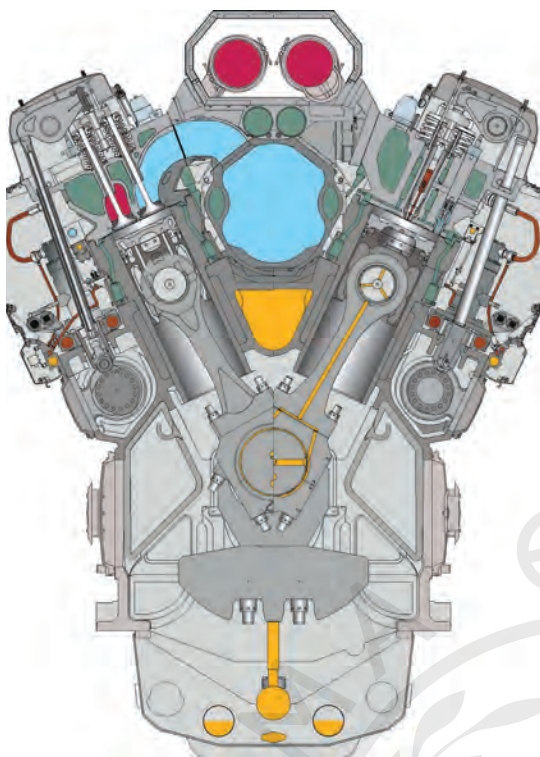
μήκος του κυλίνδρου και την ομοιόμορφη κατανομή του στην περιφέρεια του χιτωνίου.

Ελατήρια συμπίεσης εμβόλου: εξασφαλίζουν την απαραίτητη στεγανοποίηση του χώρου καύσης, για να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή συμπίεση του αέρα, να μην υπάρχει διαφυγή καυσαερίων προς τον στροφαλοθάλαμο και να μην επιτρέπεται η εισροή λαδιού λίπανσης στον χώρο καύσης. Στις αργόστροφες δίχρονες μηχανές τοποθετούνται στην κεφαλή του εμβόλου μόνο ελατήρια συμπίεσης. Στις τετράχρονες μεσόστροφες μηχανές, εκτός των ελατηρίων συμπίεσης, τοποθετούνται και ελατήρια λαδιού.

Ελατήρια των βαλβίδων: είναι σπειροειδή και έχουν ως σκοπό να επαναφέρουν τις βαλβίδες στην κλειστή τους θέση, μετά το πέρας της επίδρασης της ώθησης του εκκέντρου στον μηχανισμό κίνησής τους.

Έλεγχος με μαγνητικά σωματίδια: μη καταστρεπτική μέθοδος ελέγχου των υλικών, που χρησιμοποιείται για την εύρεση ασυνεχειών σε σιδηρομαγνητικά υλικά και κυρίως χάλυβες. Χρησιμοποιείται για την εύρεση δυσδιάκριτων επιφανειακών ατελειών ή ατελειών που βρίσκονται σε μικρό βάθος.

Έλεγχος με δινορρέυματα: μη καταστρεπτική μέθοδος ελέγχου των υλικών, που βρίσκει εφαρμογή σε αγωγίμι μόνο υλικά. Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ελαττωμάτων, ασυνεχειών δομής και χημικής σύστασης και για τη μέτρηση του πάχους επιστρώσεων.



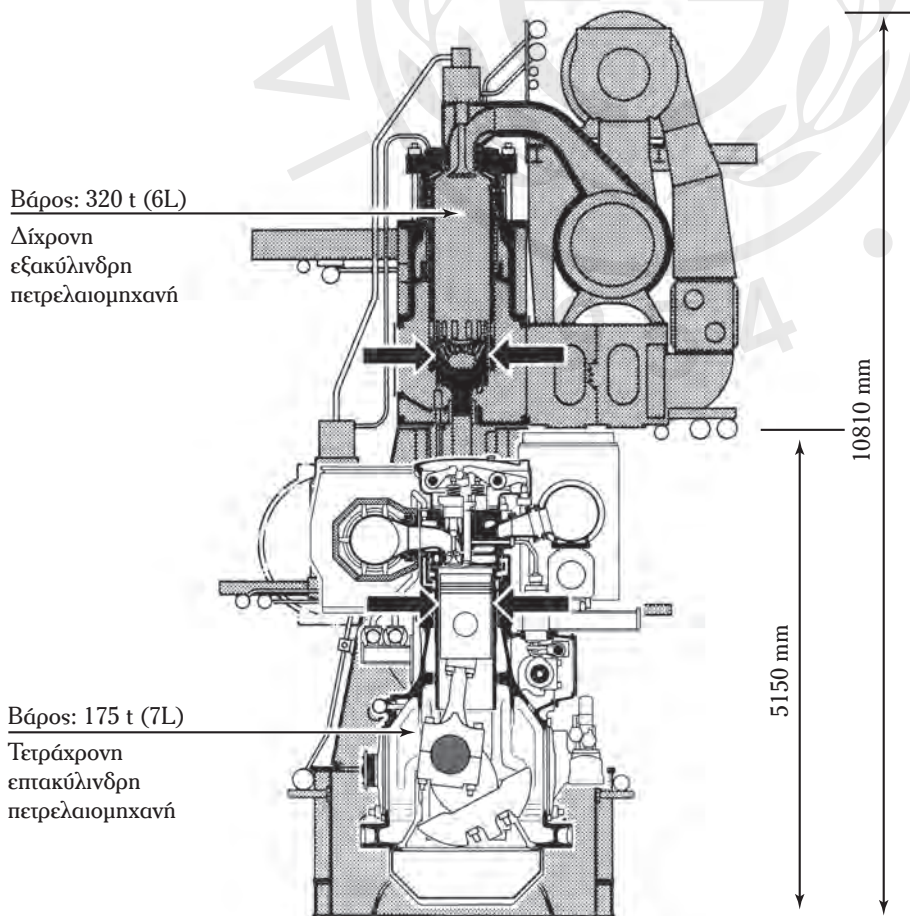
Σχ. 5.3

Τομή μεγάλου μεγέθους τετράχρονης μεσόστροφης πετρελαιομηχανής, τύπου V (πηγή: Wärtsilä)

στη βέλτιστη περιοχή τους. Η χρήση περισσότερων της μίας μηχανής επιτρέπει την πρόωση με περισσότερες έλικες, βελτιώνοντας σημαντικά την ικανότητα ελιγμών. Η ύπαρξη μειωτήρων επιτρέπει τη σύνδεση της μηχανής με γεννήτρια παραγωγής ισχύος, ή με άλλους βοηθητικούς μηχανισμούς (όπως σύστημα παροχής υδραυλικής ισχύος).

Οι μεσόστροφες πετρελαιομηχανές είναι πιο ευπαθείς στη χρήση βαρέων πετρελαίων, ειδικά λόγω της απουσίας σταυρού, οπότε δεν είναι δυνατή η χρήση ειδικού κυλινδρελαίου. Αν και πλέον οι μεσόστροφες μηχανές λειτουργούν κατά κόρον με βαρέα καύσιμα χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, εμφανίζουν μεγαλύτερες φθορές λόγω θερμής διάβρωσης στις βαλβίδες εξαγωγής. Είναι μάλιστα δύσκολο να καταναλώσουν καύσιμα εξαιρετικά χαμηλής ποιότητας, εξ αιτίας του περιορισμένου χρόνου που διατίθεται για την καύση (υψηλότερη ταχύτητα περιστροφής).

Λόγω της λειτουργίας τους σε τέσσερις χρόνους, επιτυγχάνουν καλύτερη λίπανση των ελατηρίων των εμβόλων, κάτι που οδηγεί σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους και συνεπώς, σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα μεταξύ των επιθεωρήσεων των εμβόλων. Αντίθετα, εμφανίζουν συνήθως μεγαλύτερη κατανά-



Σχ. 5.4

Σύγκριση μεγέθους και βάρους δίχρονης και τετράχρονης πετρελαιομηχανής, με ίδια διάμετρο κυλίνδρου (580 mm) και ίδια ισχύ εξόδου (εξακύλινδρη δίχρονη, επιακύλινδρη τετράχρονη) (πηγή: MAN)

Αριθμός κυλίνδρων	Διάγραμμα στροφάλων	Σειρά ανάφλεξης	Αριθμός κυλίνδρων	Διάγραμμα στροφάλων	Σειρά ανάφλεξης	Αριθμός κυλίνδρων	Διάγραμμα στροφάλων	Σειρά ανάφλεξης
1		1	6		1-6-2-4-3-5	9		1-9-2-7-4-5-6-3-8
2		1-2	6		1-6-4-2-5-3	9		1-9-4-3-7-5-2-8-6
3		1-2-3	6		1-5-3-6-2-4	10		1, 10-5, 6-2, 9-3, 8-4, 7 Διπλή ανάφλεξη
4		1-3-2-4	7		1-7-2-5-4-3-6	10		1-10-2-8-4-6-5-7-3-9
5		1-5-2-3-4	7		1-7-4-2-6-3-5	11		1-11-2-9-4-7-6-5-8-3-10
6		1, 6-3, 4-2, 5 Διπλή ανάφλεξη	8		1-8-2-6-4-5-3-7 $x = 36^{\circ}50'$ $0 = 53^{\circ}10'$	12		1-6-8-10-3-5-7-12-2-4-9-11
6		1-5-2-4-3-6 Ανομοιομόρφη ανάφλεξη	8		1-8-2-6-4-5-3-7			

Σχ. 5.104

Σειρά ανάφλεξης και διάταξη στροφάλων σε δίχρονο μηχανές με διάταξη εν σειρά, ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων

5.10 Εκκεντροφόρος άξονας (camshaft)

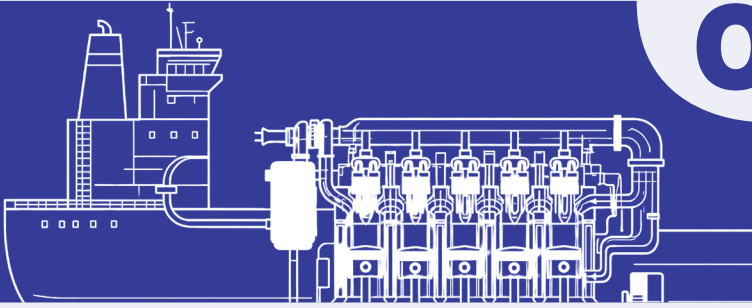
5.10.1 Γενικά

Ο εκκεντροφόρος (κνωδακοφόρος) άξονας μεταδίδει την κίνηση για το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, ενώ παράλληλα μεταδίδει την κίνηση και σε βοηθητικούς μηχανισμούς (αντλίες καυσίμου, βαλβίδες αέρα

$$\Delta\varphi_{\alpha} = \frac{720^{\circ}}{Z/2} = \frac{720^{\circ}}{5} = 144^{\circ}$$

$$\Delta\varphi_{\alpha} - \delta = 144^{\circ} - 45^{\circ} = 99^{\circ}$$

Οι αποστάσεις ανάφλεξης συνεπώς δίνονται:
45°, 99°, 45°, 99°, 45°, 99°, 45°, 99°, 45°, 99°.



Εκπαιδευτικοί στόχοι κεφαλαίου

Με την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου οι σπουδαστές θα είναι ικανοί να:

- ▶ **κατανοούν**, να **περιγράφουν** και να **αναλύουν** τις μεθόδους παραγωγής, τις ιδιότητες και τα γενικά χαρακτηριστικά των πετρελαίων και να **αναγνωρίζουν** τους διαφορετικούς τύπους ναυτικών καυσίμων, καθώς και τις επιδράσεις που έχουν οι ιδιότητές τους στη λειτουργία των ναυτικών MEK,
- ▶ **κατανοούν**, να **περιγράφουν** και να **αναγνωρίζουν** τους διαφορετικούς τύπους και τις ιδιότητες των λιπαντικών των ναυτικών MEK, καθώς και τους τύπους και τις εφαρμογές των αντίστοιχων βελτιωτικών πρόσθετων,
- ▶ **κατανοούν**, να **περιγράφουν** και να **αναλύουν** τους ελέγχους που πρέπει να εφαρμόζονται στα χρησιμοποιημένα λιπαντικά,
- ▶ **κατανοούν**, να **περιγράφουν** και να **αναλύουν** τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού, τις μεθόδους χαρακτηρισμού της σκληρότητάς του, τις μεθόδους αποσκλήρυνσης του νερού, καθώς και τις ιδιότητες του νερού ως ψυκτικού μέσου των ναυτικών MEK,
- ▶ **κατανοούν** και να **περιγράφουν** τις ιδιότητες του θαλασσινού νερού, σε σχέση με τις εφαρμογές του στις ναυτικές μηχανές,
- ▶ **κατανοούν**, να **αναλύουν** και να **αναγνωρίζουν** τις αρχές λειτουργίας και τα βασικότερα συστήματα και υποσυστήματα που απαρτίζουν τα δίκτυα πετρελαίου, τα δίκτυα λίπανσης, καθώς και τα δίκτυα πεπιεσμένου αέρα των MEK,
- ▶ **κατανοούν**, να **αναλύουν** και να **αναγνωρίζουν** τις αρχές λειτουργίας, τις κατηγορίες και τα υποσυστήματα των συστημάτων ανάκτησης θερμότητας των ναυτικών εγκαταστάσεων πρόωσης, των συστημάτων ψύξης με γλυκό και θαλασσινό νερό, των συστημάτων ατμού, των δικτύων σεντινών, καθώς και του δικτύου αερισμού μηχανοστασίου.

Όροι και ορισμοί κεφαλαίου

Αντιοξειδωτικά πρόσθετα: εμποδίζουν ή επιβραδύνουν την οξείδωση του λιπαντικού, η οποία θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της λιπαντικής δυνατότητας και τη διάβρωση των τριβόμενων μεταλλικών επιφανειών.

Αντλίες: αποτελούν βασικά μηχανήματα των ναυτικών εγκαταστάσεων. Χρησιμοποιούνται σε υδραυλικά συστήματα για τη δημιουργία των υψηλών πιέσεων λειτουργίας τους, καθώς και σε δίκτυα κυκλοφορίας υγρών για την πρόσδοση ενέργειας στο υγρό, έτσι ώστε να μπορεί να υπερνικήσει τις αντιστάσεις ροής, τις διαφορές πίεσης και τις υψομετρικές διαφορές. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα της μηχανής κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις αντλίες θετικής εκτόπισης και τις υδροδυναμικές αντλίες.

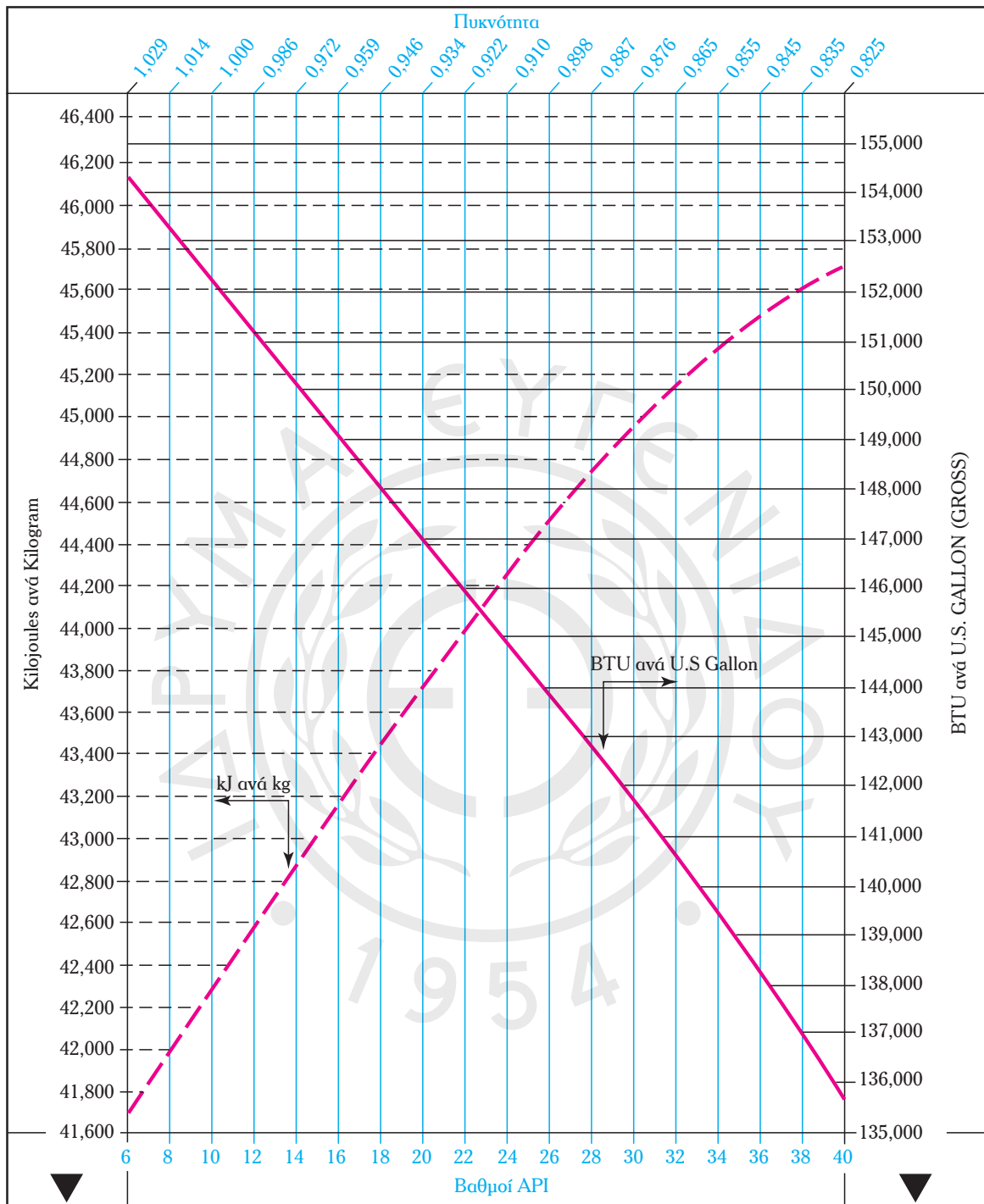
Αλατότητα (salinity): ορίζεται η συνολική ποσότητα σε γραμμάρια των στερεών ουσιών, που είναι διαλυμένες σε ένα χιλιόγραμμο θαλασσινού νερού, όταν θεωρητικά το βρώμιο και το ιώδιο αντικατασταθούν από ίση ποσότητα χλωρίου, τα ανθρακικά μετατραπούν σε οξείδια και όλες οι οργανικές ενώσεις οξειδωθούν πλήρως. Στις περισσότερες

περιοχές των ωκεανών η αλατότητα κυμαίνεται από 34 ‰ έως 37 ‰.

Αλκαλικά πρόσθετα: χρησιμοποιούνται για την προστασία του κυλίνδρου από τη διαβρωτική δράση των οξέων του θείου, το οποίο περιέχεται ειδικά στα βαρύτερα καύσιμα των MEK. Τα κυριότερα από αυτά είναι συνδυασμός μεταλλικών σαπώνων, που μετατρέπονται σε αλκαλικά με προσθήκη ανθρακικού ασβεστίου. Η προσθήκη διασκορπιστών βοηθά στην εξουδετέρωση και αποφυγή των επικαθίσεων. Τα πρόσθετα αυτά αυξάνουν παράλληλα το ιξώδες και την αντοχή του λιπαντικού στις υψηλές θερμοκρασίες και στις πιέσεις του θαλάμου καύσης.

Αντιαφριστικά: πρόσθετα που εμποδίζουν τη δημιουργία φυσαλίδων κατά την ανάμειξη του λιπαντικού με τον αέρα. Οι φυσαλίδες αυτές θα είχαν ως συνέπεια τη μείωση της λιπαντικής του ικανότητας.

Αντλίες θετικής εκτόπισης (positive displacement pumps): προκαλούν τη συμπίεση και μετακίνηση του υγρού με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων κοιλοτήτων ή θαλάμων, εντός των οποίων παγιδεύεται το υγρό, με αποτέλεσμα τη μετακίνησή του από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη.

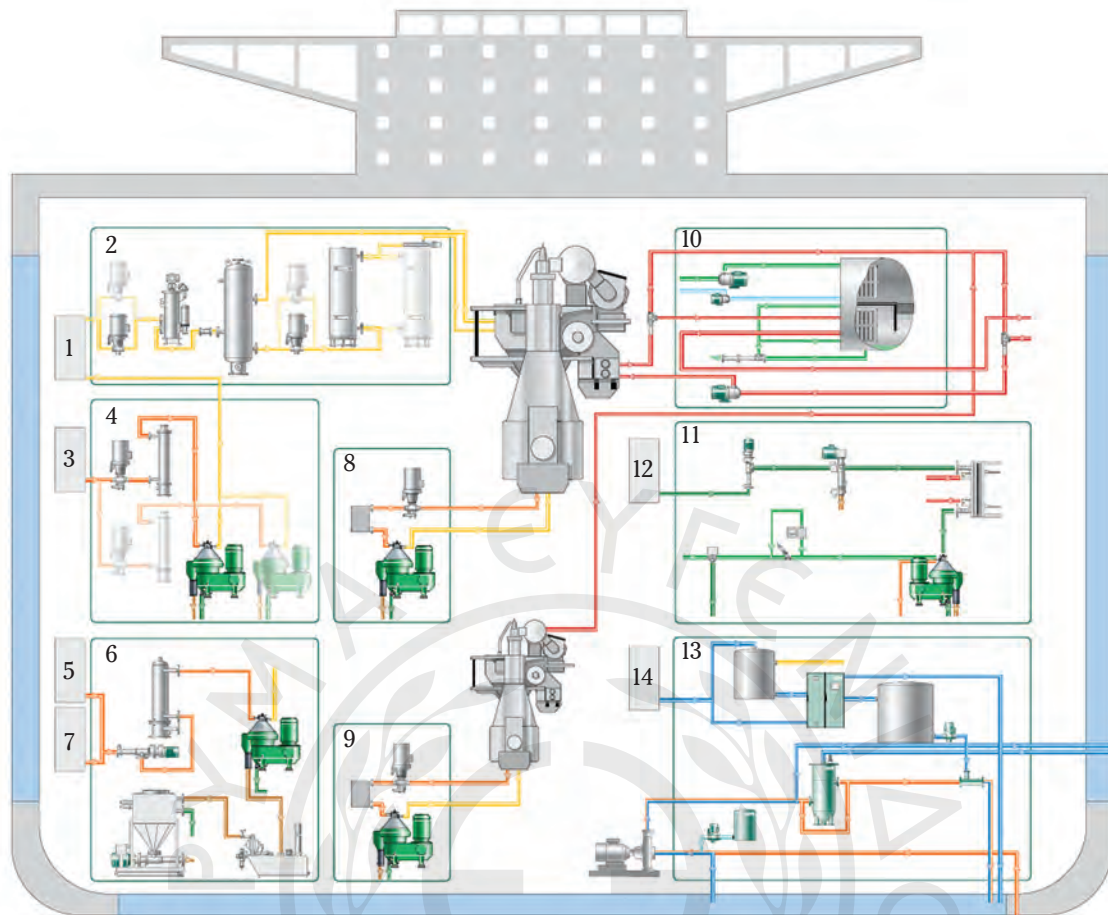


Πολλαπλασιάστε με 0,001 ώστε να προκύψουν Megajoules/kg
Πολλαπλασιάστε με 0,4299 ώστε να προκύψουν Btu/lb.

Πολλαπλασιάστε με 0,0666 ώστε να προκύψουν kg-cal/l
Πολλαπλασιάστε με 0,2787 ώστε να προκύψουν kJ/kg.

Σχ. 6.24

Διάγραμμα για τον προσεγγιστικό υπολογισμό της θερμογόνου δύναμης
ναυτικών καυσίμων με βάση την πυκνότητα (πηγή: EXXON)



- | | |
|---|--|
| 1. Δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης. | 9. Σύστημα επεξεργασίας ιζήματος λαδιού ηλεκτρομηχανών. |
| 2. Σύστημα τροφοδότησης καυσίμου. | 10. Σύστημα αφαλάτωσης νερού. |
| 3. Δεξαμενή καθίζησης καυσίμου. | 11. Σύστημα καθαρισμού υγρού σεντινών. |
| 4. Σύστημα επεξεργασίας καυσίμου. | 12. Δεξαμενή υγρού σεντινών. |
| 5. Δεξαμενή ιζήματος πετρελαίου. | 13. Σύστημα επεξεργασίας νερού δεξαμενών έρματος (ρύθμισης ευστάθειας) |
| 6. Σύστημα επεξεργασίας ιζήματος πετρελαίου. | 14. Δεξαμενή νερού |
| 7. Δεξαμενή ιζήματος λαδιού. | |
| 8. Σύστημα επεξεργασίας ιζήματος λαδιού κύριας μηχανής. | |

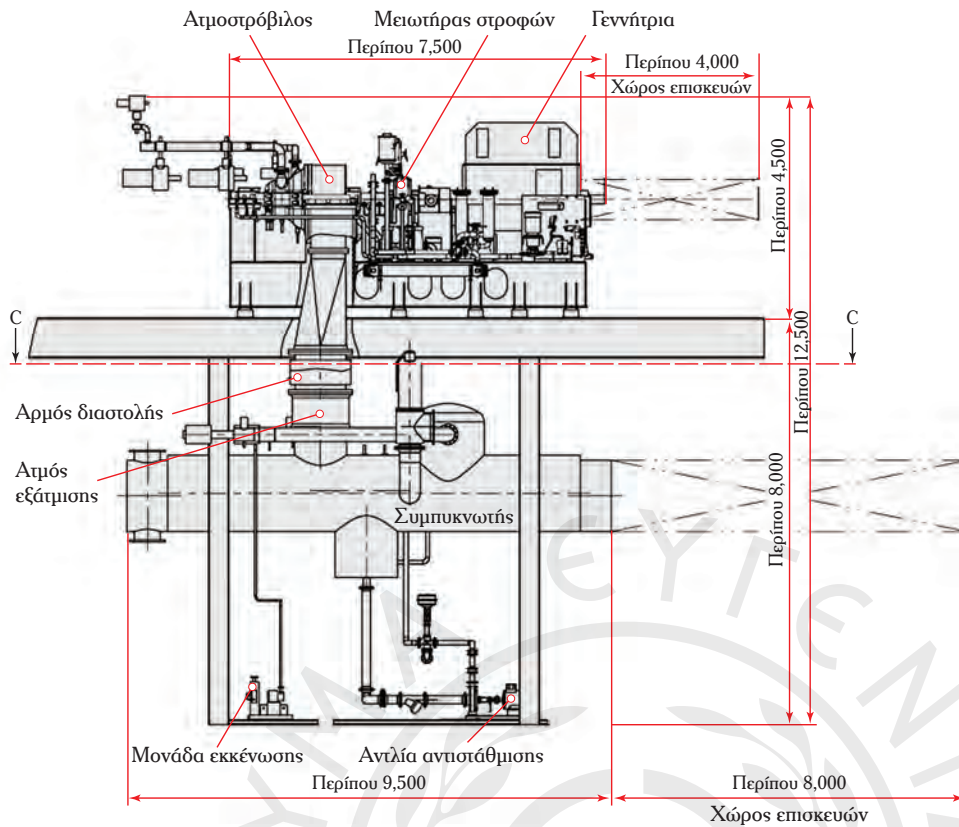
Σχ. 6.27

*Σχηματική παρουσίαση τυπικού δικτύου πετρελαίου και των συστημάτων από τα οποία αποτελείται
(πηγή: GEA Westfalia separator group GmbH)*

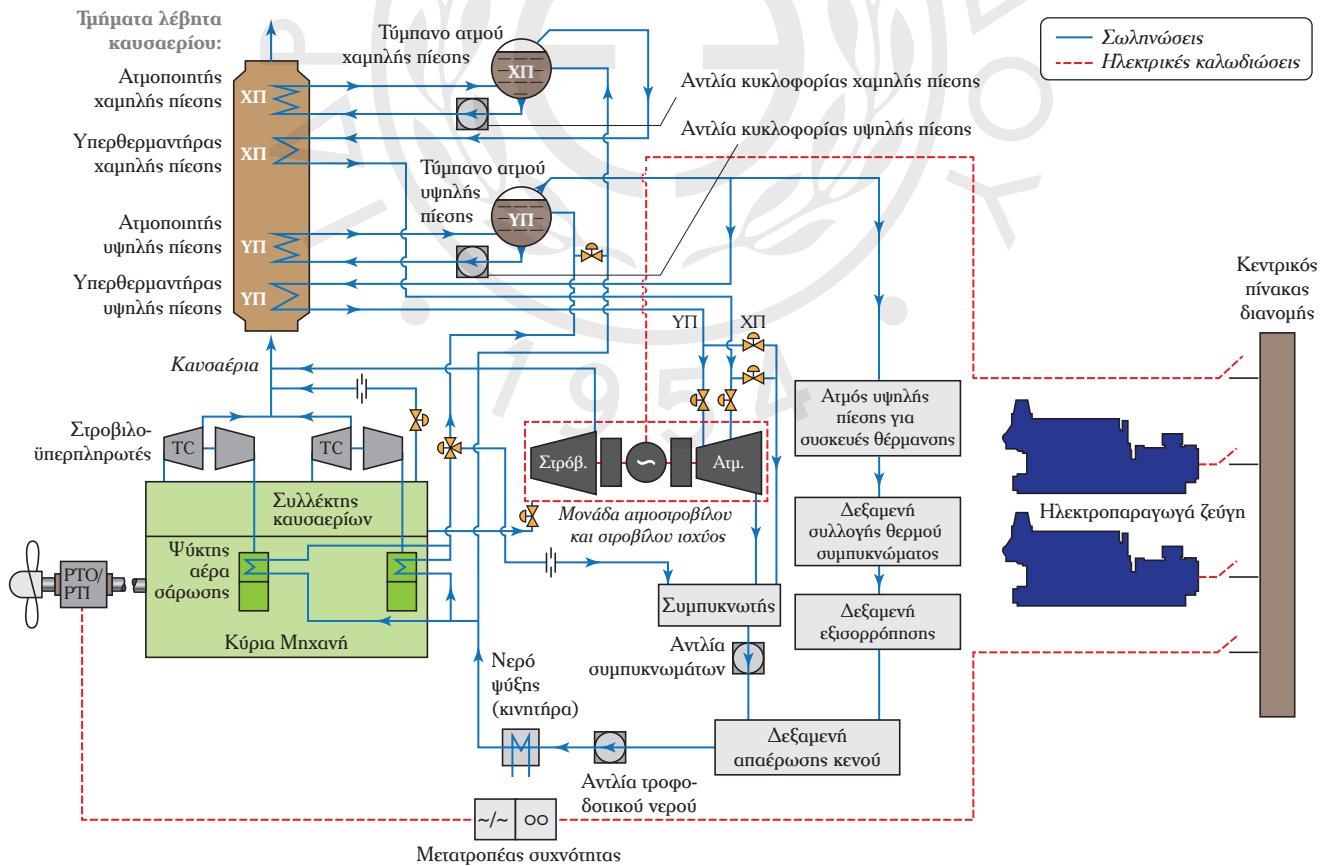
οι δεξαμενές καθίζησης πρέπει να έχουν επικλινή πυθμένα και το στόμιο αναρρόφησης να βρίσκεται από την υψηλότερη πλευρά του πυθμένα, σε απόσταση τουλάχιστον 50 mm από αυτόν.

Ενώ μερικές φορές το καύσιμο Diesel θεωρείται κατάλληλο για καύση χωρίς επιπλέον επεξεργασία, πέρα από την καθίζηση και την διήθηση, συνιστάται η εφαρμογή φυγοκεντρικού διαχωρισμού. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας το καύσιμο μεταφέρεται στις δεξαμενές καθίζησης απευθείας από τις δεξαμενές αποθήκευσης, αλλά φθάνει στη δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης αφού περάσει από τους διαχωριστές.

Από τη δεξαμενή καθίζησης το βαρύ καύσιμο, αφού περάσει από φίλτρα, αντλείται (με αντλίες θετικής μετατόπισης) προς τους προθερμαντήρες. Οι προθερμαντήρες πρέπει να έχουν την δυνατότητα να ρυθμίζουν με μεγάλη ακρίβεια τη θερμοκρασία του καυσίμου (με ακρίβεια 2 °C), γιατί από τη θερμοκρασία εξαρτάται το ιξώδες του. Το ιξώδες πρέπει να έχει συγκεκριμένες τιμές για τον αποτελεσματικό διαχωρισμό του καυσίμου από τα στερεά κατάλοιπα. Η συνήθης θερμοκρασία προθέρμανσης του βαρέος πετρελαίου είναι 98 °C. Πριν την είσοδο του καυσίμου στους διαχωριστές συνήθως παρεμβάλλονται μετρητικά όργανα μέτρησης της πίεσης και της θερμοκρασίας.



Σχ. 6.72
*Steam Turbine
 Generator (STG)*
 (πηγή: Everllence
 B&W)



Σχ. 6.73

Σχηματικό διάγραμμα εγκατάστασης συνδυασμού PTG και STG σε δίχρονη αργόστροφη πετρελαιομηχανή
 (πηγή: Everllence B&W)



Σχ. 6.76
Εναλλακτικά συστήματα WAPS
(πηγή: DNV)

6.21.4 Ψηφιακά εργαλεία απανθρακοποίησης

Πλατφόρμες λογισμικού διαχείρισης στόλου που ενσωματώνουν δεδομένα AIS σε πραγματικό χρόνο, weather routing, παρακολούθηση απόδοσης κινητήρα, λογιστική καυσίμων και παρακολούθηση συμμόρφωσης CII/EECI γίνονται πλέον καθιερωμένη πρακτική για διαχειριστές στόλων. Εταιρείες όπως η Wärtsilä (Voyage, Eniram), η Kongsberg (Vessel Insight) και η ABB (Ability™ Marine Advisory System) ανταγωνίζονται σε αυτήν την ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά. Η βελτιστοποίηση ταξιδιού με τεχνητή νοημοσύνη έχει αποδείξει εξοικονομήσεις καυσίμου 5% έως 15% σε εμπορικές πλέον εφαρμογές.

6.21.5 Κυριαρχία Ασίας-Ειρηνικού στη ναυπηγική και παραγωγή κινητήρων

Η Νότια Κορέα (Hyundai Heavy Industries, Samsung Heavy Industries, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering), η Κίνα (COSCO Shipping Heavy Industry, New Times Shipbuilding, CSSC) και η Ιαπωνία (Mitsui, Imabari, Oshima) κυριαρ-

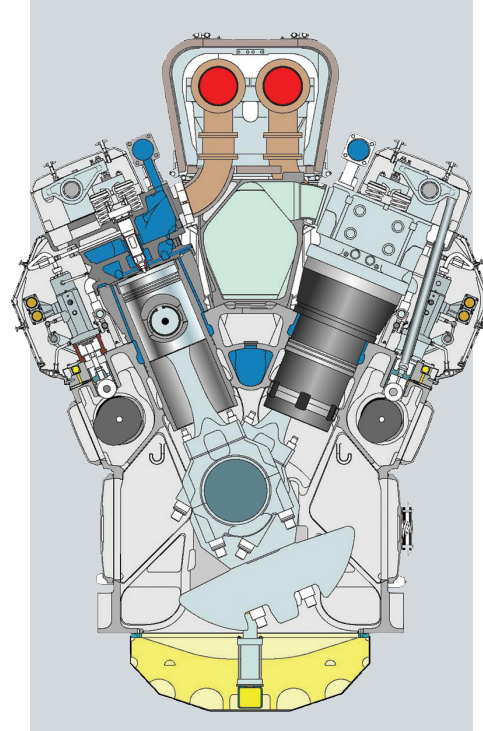
χούν συλλογικά στην παγκόσμια εμπορική ναυπηγική. Τα κινεζικά ναυπηγεία έχουν αναφέρει σημαντικές μειώσεις στο κόστος κατασκευής πλοίων με LNG μέσω εντοπιότητας και οικονομιών κλίμακας.

6.21.6 Συμπεράσματα

Ο τομέας των ναυτικών κινητήρων diesel βρίσκεται σε καθοριστικό σημείο καμπής (πίν. 6.7). Τη δεκαετία 2015-2025 η τεχνική βάση για μια ναυτιλιακή βιομηχανία με ποικιλομορφία καυσίμων και χαμηλές εκπομπές έχει θεμελιωθεί σταθερά στις ακόλουθες τεχνολογίες:

- 1) ηλεκτρονικά ελεγχόμενοι κινητήρες χωρίς εκκεντροφόρο ικανοί να λειτουργούν με πολλαπλά καύσιμα,
- 2) δοκιμασμένα συστήματα διπλού καυσίμου LNG με εκατομμύρια ώρες λειτουργίας,
- 3) εμπορικοί κινητήρες διπλού καυσίμου μεθανόλης,
- 4) κινητήρες αμμωνίας (παραδίδονται ήδη οι πρώτες εμπορικές μονάδες τους), και
- 5) υβριδικά-ηλεκτρικά και πλήρως ηλεκτρικά συστήματα.

Το παρόν βιβλίο αποτελεί ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό βοήθημα για τις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης και απευθύνεται στους σπουδαστές των Ακαδημιών Εμπορικού Ναυτικού Μηχανικών. Καλύπτει συστηματικά τη θεωρία και την πράξη του αντικειμένου: από την ιστορική εξέλιξη και τις βασικές θερμοδυναμικές αρχές, μέχρι την αναλυτική περιγραφή της δομής, των βασικών τμημάτων και των δικτύων των εμβολοφόρων ναυτικών πετρελαιομηχανών. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα σύγχρονα καύσιμα, στη λίπανση, καθώς και στο κανονιστικό πλαίσιο περιβαλλοντικής προστασίας (IMO, MARPOL, FuelEU Maritime). Με σαφή δομή, πλούσια εικονογράφηση και επικαιροποιημένο περιεχόμενο, αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για την επιστημονική και επαγγελματική κατάρτιση των μελλοντικών μηχανικών του Εμπορικού Ναυτικού.



ISBN (SET) 978-960-337-251-6
978-960-337-250-9