



ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ
ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

ΙΩΑΝΝΗ Κ. ΔΑΓΚΙΝΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ

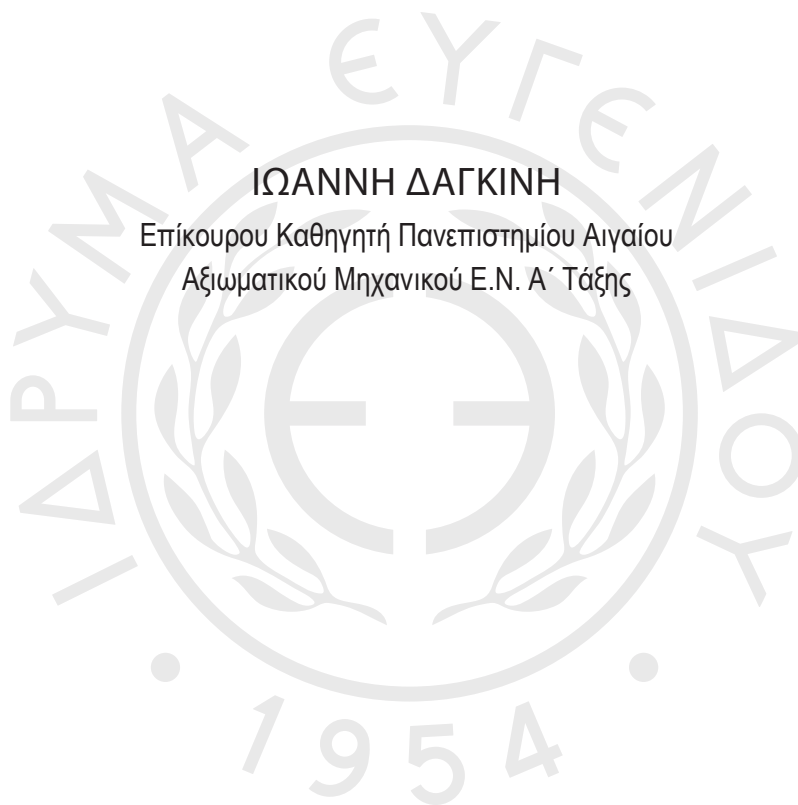
ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

ΙΩΑΝΝΗ ΔΑΓΚΙΝΗ

Επίκουρου Καθηγητή Πανεπιστημίου Αιγαίου
Αξιωματικού Μηχανικού Ε.Ν. Α΄ Τάξης



ΑΘΗΝΑ
2026



Α΄ ΕΚΔΟΣΗ 2026

ISBN: 978-960-337-248-6

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 «να συμβάλῃ εἰς τὴν ἐκπαίδευσιν νέων ἑλληνικῆς ὑψηλότητος ἐν τῷ ἐπιστημονικῷ καὶ τεχνικῷ πεδίῳ». Ο ιδρυτής και χορηγός του Ιδρύματος Ευγενίδου ορθά προέβλεψε ότι αναγκαίο παράγοντα για την πρόοδο της Ελλάδος αποτελεί η άρτια κατάρτιση των Ελλήνων τεχνιτών κατά τα πρότυπα της επαγγελματικής εκπαίδευσης άλλων ευρωπαϊκών χωρών.

Την 23η Φεβρουαρίου του 1956 εγκρίθηκε η σύσταση του κοινωφελούς Ιδρύματος Ευγενίδου, την διοίκηση και διαχείριση του οποίου κατά την ρητή επιθυμία του ιδρυτή του ανέλαβε η αδελφή του Μαριάνθη Σίμου (1895-1981). Τότε ξεκίνησε η υλοποίηση του σκοπού του Ιδρύματος και η εκπλήρωση μίας από τις βασικότερες ανάγκες του εθνικού μας βίου από την Μαριάνθη Σίμου και τους επιστημονικούς συνεργάτες της.

Το έργο της Μαριάνθης Σίμου συνέχισε από το 1981 ο πολύτιμος συνεργάτης και διάδοχος του Ευγενίου Ευγενίδη, Νικόλαος Βερνίκος-Ευγενίδης (1920-2000). Από το 2000 το έργο του Ιδρύματος Ευγενίδου συνεχίζει ο Λεωνίδας Δημητριάδης-Ευγενίδης, ο οποίος υλοποιεί τον σκοπό του Ιδρύματος προσαρμόζοντας το όραμα του ιδρυτή του στις σύγχρονες εξελίξεις.

Μία από τις πρώτες δραστηριότητες του Ιδρύματος Ευγενίδου, ευθύς μετά την ίδρυσή του, υπήρξε η συγγραφή και έκδοση εκπαιδευτικών βιβλίων για τους μαθητές των τεχνικών σχολών, καθώς διαπιστώθηκε ότι αποτελεί πρωταρχική ανάγκη ο εφοδιασμός τους με σειρές από βιβλία, τα οποία θα έθεταν τα ορθά θεμέλια για την παιδεία τους και θα αποτελούσαν συγχρόνως πολύτιμη βιβλιοθήκη για κάθε τεχνικό. Καρπός αυτής της δραστηριότητας είναι η Βιβλιοθήκη του Τεχνίτη, η οποία αριθμεί 32 τίτλους, η Βιβλιοθήκη του Τεχνικού, που περιλαμβάνει 50 τίτλους, η Τεχνική Βιβλιοθήκη με 11 τίτλους και η Βιβλιοθήκη του Τεχνικού Βοηθού Χημικού με 3 τίτλους. Επιπλέον, από το 1977 μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί 171 τίτλοι για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων και 16 για τους μαθητές των Σχολών Μέσης Τεχνικής και Επαγγελματικής εκπαίδευσης.

Ξεχωριστή σειρά βιβλίων του Ιδρύματος Ευγενίδου αποτελεί η Βιβλιοθήκη του Ναυτικού (1967 έως σήμερα), η οποία είναι το αποτέλεσμα της συνεργασίας του Ιδρύματος Ευγενίδου με την Διεύθυνση Εκπαίδευσης Ναυτικών του Υπουργείου Ναυτιλίας. Η συγγραφή και έκδοση των εκπαιδευτικών βιβλίων για τους σπουδαστές των ναυτικών σχολών ανατέθηκε στο Ίδρυμα Ευγενίδου με την υπ' αριθμ. 61288/5031/9.8.1966 απόφαση του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, οπότε και λειτούργησε η αρμόδια Επιτροπή Εκδόσεων, η οποία είχε συσταθεί ήδη από το 1958. Η συνεργασία Ιδρύματος Ευγενίδου και Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας ανανεώθηκε και επικαιροποιήθηκε με Υπουργικές Αποφάσεις το 1999 και το 2005, με τις οποίες το ΥΕΝ ανέθεσε στο Ίδρυμα Ευγενίδου την συγγραφή των εκπαιδευτικών βοηθημάτων για τις Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτικού (Α.Ε.Ν.). Η ανάθεση της αρμοδιότητας για την έκδοση των διδακτικών βιβλίων για τις Ακαδημίες επαναβεβαιώθηκε με νομοθετική ρύθμιση τον Μάρτιο του 2020 (Ν. 4676).

Στην Βιβλιοθήκη του Ναυτικού περιλαμβάνονται 178 διδακτικά βιβλία ναυτικής εκπαίδευσης, καθώς και σχετικές έρευνες και πρακτικά συνεδρίων. Όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Ναυτικού ανταποκρίνονται στις ανάγκες των σπουδαστών των ΑΕΝ και είναι γενικότερα χρήσιμα για όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, που ασκούν το επάγγελμα ή εξελίσσονται στην ιεραρχία. Επιπλέον οι συγγραφείς και η Επιτροπή Εκδόσεων καταβάλλουν κάθε προσπάθεια ώστε τα διδακτικά βιβλία να είναι επιστημονικώς άρτια, να επικαιροποιούνται με βάση τα εκάστοτε αναλυτικά προγράμματα σπουδών των Α.Ε.Ν. και να παραμένουν συμβατά με τις μεταβαλλόμενες διεθνείς απαιτήσεις.

Η διαχρονική συμβολή του Ιδρύματος Ευγενίδου στη Ναυτική Εκπαίδευση επιτυγχάνεται όχι μόνο με την έκδοση των σχετικών εκπαιδευτικών βιβλίων αλλά και με δωρεές στις Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτι-

κού, υποτροφίες σε αξιωματικούς του Λιμενικού Σώματος, εκπόνηση μελετών/ερευνών 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 εκδόσεων 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 ευεργέτη 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 για το βιβλίο «Ατμοστρόβιλοι», **Στυλιανός Κοκολιάς**, Αρχιμηχανικός.

Διατελέσαντα μέλη της Επιτροπής

Πρόεδροι

Α. Παππιάς (1955-1983) καθηγητής ΕΜΠ, *Μ. Αγγελόπουλος* (1983-2003) ομ. καθηγητής ΕΜΠ, *Α. Σταυρόπουλος* ομ. καθηγητής Πανεπ. Πειραιώς (2003-2008), *Ε. Δρης*, 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. Φουστέρης* (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. Τσαντήλας* (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. Μπαρκατσάς* (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. Κοκορέτσας* (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. Ρεντζεπέρης* (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. Ματσάγγος* (2009-2011) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ. – (2012-2025) Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α), *Ι. Σέρρης* (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. Τσελίκη* (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. Νιάνιας (1956-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, *Κ. Αγγ. Μανάφης* (1966-2018), ομ. Καθηγ. Φιλοσ. Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

Η εκπαίδευση των Μηχανικών του Εμπορικού Ναυτικού απαιτεί τη συστηματική κατανόηση των μηχανημάτων και των ενεργειακών συστημάτων που εξασφαλίζουν την ασφαλή, αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία του πλοίου. Ανάμεσα στα συστήματα αυτά, οι ατμοστρόβιλοι διατηρούν ιδιαίτερη εκπαιδευτική και τεχνολογική σημασία, καθώς αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα θερμικής μηχανής, στην οποία η ενέργεια του ατμού μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με συνεχή και ελεγχόμενο τρόπο.

Το παρόν βιβλίο, με τίτλο «Ατμοστρόβιλοι», εκπονήθηκε με σκοπό να υποστηρίξει τη διδασκαλία του αντίστοιχου γνωστικού αντικείμενου στις Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτικού, στην κατεύθυνση Μηχανικών. Η ύλη οργανώθηκε με τρόπο ώστε να παρουσιάζει σταδιακά τις βασικές αρχές λειτουργίας των ατμοστροβίλων, τη ροή του ατμού, τα κύρια μέρη, τους βασικούς τύπους, την ισχύ, την κατανάλωση, τα βοηθητικά μηχανήματα, τα εξαρτήματα ελέγχου, τα δίκτυα λειτουργίας, καθώς και τις διαδικασίες επιθεώρησης, ελέγχου και συντήρησης.

Κατά τη συγγραφή δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη σύνδεση της θεωρητικής γνώσης με τη λειτουργική πραγματικότητα του πλοίου. Η κατανόηση αυτής της αλληλεξάρτησης είναι απαραίτητη για τον μελλοντικό μηχανικό, ο οποίος καλείται να αξιολογεί ενδείξεις, να αναγνωρίζει αποκλίσεις, να προλαμβάνει δυσλειτουργίες και να ενεργεί με τεχνική κρίση.

Η οργάνωση και η ανάπτυξη της ύλης έγιναν με γνώμονα τις εκπαιδευτικές ανάγκες των σπουδαστών και την ανάγκη διαμόρφωσης ενός κειμένου σαφούς, λειτουργικού και τεχνικά τεκμηριωμένου. Για τον σκοπό αυτό, οι έννοιες παρουσιάζονται με προοδευτική σειρά, με χρήση ελληνικής τεχνικής ορολογίας και με τρόπο που διευκολύνει τόσο τη διδασκαλία όσο και την αυτοτελή μελέτη.

Η μελέτη των ατμοστροβίλων συμβάλλει όχι μόνο στη γνώση μιας συγκεκριμένης κατηγορίας θερμικών μηχανών, αλλά και στη γενικότερη κατανόηση της λειτουργίας των ναυτικών ενεργειακών εγκαταστάσεων. Μέσα από την ανάλυση της παραγωγής έργου, της εκτόνωσης του ατμού, της συμπίκνωσης, της ανακυκλοφορίας του νερού, της λίπανσης, της ψύξης και των μηχανισμών προστασίας, ο σπουδαστής αποκτά μια συνολική εικόνα μεταξύ θεωρίας, μηχανολογικής διάταξης και πρακτικής λειτουργίας.

Ευελπιστώ ότι το βιβλίο θα αποτελέσει χρήσιμο εκπαιδευτικό βοήθημα για τους σπουδαστές των ΑΕΝ Μηχανικών, αλλά και πρακτικό σημείο αναφοράς για όσους επιθυμούν να κατανοήσουν τη λειτουργία, την επιτήρηση και τη συντήρηση εγκαταστάσεων ατμοστροβίλων. Η αξία ενός τεχνικού βιβλίου ενισχύεται όταν αξιοποιείται στην εκπαιδευτική πράξη και βελτιώνεται μέσα από την εμπειρία, τις παρατηρήσεις και τις ανάγκες των αναγνωστών του.

Κλείνοντας, εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στην Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου, στον επιστημονικό σύμβουλο του βιβλίου κ. Στέλιο Δ. Κοκολιά, Αρχιμηχανικό, για την συνεργασία και τις ουσιαστικές προτάσεις του, καθώς και τους συνεργάτες της Ομάδας Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου για την άψογη συνεργασία τους και την πολύτιμη συμβολή τους στην ολοκλήρωση της παρούσας έκδοσης. Ευχαριστώ επίσης την οικογένειά μου για τη στήριξη και την κατανόησή της καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφικής προσπάθειας.

Κάθε παρατήρηση ή πρόταση που θα μπορούσε να συμβάλει στη βελτίωση του βιβλίου είναι ευπρόσδεκτη και θα ληφθεί υπόψη σε μελλοντική έκδοση.



Βιογραφικό Συγγραφέα

Ο Δρ. **Ιωάννης Κ. Δάγκινης** είναι Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου, με επιστημονικό αντικείμενο τη ναυτιλιακή τεχνολογία, τα ηλεκτρονικά και μηχανικά συστήματα πλοίων, τα συστήματα ΑΠΕ και τις υπεράκτιες κατασκευές. Είναι Διπλωματούχος Αξιωματικός Μηχανικός Ε.Ν. Α΄ τάξης, με πολυετή θαλάσσια υπηρεσία σε ποντοπόρα δεξαμενόπλοια. Το διδακτικό και ερευνητικό του έργο εστιάζει στη ναυτιλία, στα ενεργειακά συστήματα, στις νέες τεχνολογίες, στα ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου και στη μελέτη και ενίσχυση της αξιοπιστίας τους. Έχει ενεργό ρόλο στη διαμόρφωση και επιτυχή διεκδίκηση ερευνητικών και ευρωπαϊκών έργων, στα περισσότερα εκ των οποίων έχει την επιστημονική ευθύνη. Το συγγραφικό του έργο περιλαμβάνει δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά, κεφάλαια σε συλλογικούς τόμους και εκπαιδευτικά βιβλία του Ιδρύματος Ευγενίδου για τις Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτικού.

Κεφ. 01 | Εισαγωγή στους ατμοστροβίλους

1.1 Τι είναι ο ατμοστροβίλος	1
1.2 Βασικές έννοιες ροής ατμού.....	2
1.3 Σταθερή ροή και εξισώσεις συνέχειας ροής – ολικής ενέργειας – ορμής.....	4
1.3.1 Εξίσωση συνέχειας.....	5
1.3.2 Εξίσωση ενέργειας σταθερής ροής	5
1.3.3 Εξίσωση ολικής ενέργειας.....	5
1.3.4 Εξίσωση ορμής	6
1.4 Στοιχεία απλού ατμοστροβίλου.....	8
1.5 Δράση και αντίδραση στους ατμοστροβίλους.....	11
1.5.1 Αρχή της Δράσης	11
1.5.2 Αρχή της Αντίδρασης	12
1.6 Κατάταξη ατμοστροβίλων	13

Κεφ. 02 | Ροή ατμού – Ακροφύσια

2.1 Εισαγωγή	15
2.2 Γενικά για ακροφύσια.....	15
2.3 Κρίσιμη πίεση και ταχύτητα.....	18
2.3.1 Η έννοια της κρίσιμης κατάστασης	18
2.3.2 Κρίσιμη πίεση P^* και όριο στομίωσης	19
2.3.3 Κρίσιμες θερμοδυναμικές σχέσεις (ισεντροπική ροή).....	19
2.3.4 Κρίσιμη ταχύτητα και ταχύτητα ήχου	20
2.3.5 Φυσική ερμηνεία του φαινομένου της στομίωσης.....	20
2.3.6 Επίδραση της κρίσιμης κατάστασης στους ατμοστροβίλους.....	21
2.4 Ισεντροπική ροή του ατμού σε ατμοστροβίλους.....	22
2.5 Σχήμα ακροφυσίου και σχέση ταχύτητας–όγκου	23
2.5.1 Τύποι ακροφυσίων ατμοστροβίλων.....	23
2.5.2 Επιτάχυνση του ρευστού μέσα σε ένα ακροφύσιο.....	24
2.5.3 Η σχέση μεταξύ γεωμετρίας ακροφυσίου και αριθμού Mach	25
2.6 Απώλειες και πραγματική ροή – Βαθμοί απόδοσης	26
2.6.1 Φύση των απωλειών στα ακροφύσια ατμοστροβίλων	27
2.6.2 Επιπτώσεις των απωλειών στη συμπεριφορά της ροής	27
2.6.3 Συντελεστής ταχύτητας και βαθμός απόδοσης ακροφυσίου.....	28
2.6.4 Γραφική απεικόνιση ιδανικής ισεντροπικής εκτόνωσης και πραγματικής εκτόνωσης ατμού στο ακροφύσιο	28
2.6.5 Συνολικός βαθμός απόδοσης σταδίου	29
2.7 Σχεδιαστικές πρακτικές για ελαχιστοποίηση απωλειών	29
2.8 Προσδιορισμός μεγεθών ακροφυσίων	29

Κεφ. 03 | Ροή ατμού μέσα από πτερύγια

3.1 Γενικά	31
3.2 Στοιχεία πτερυγίων ατμοστροβίλων	31
3.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά πτερυγίων.....	32
3.4 Η επίδραση της Αρχής της Δράσης και της Αντίδρασης στα πτερύγια	34
3.4.1 Απόλυτες και σχετικές ταχύτητες.....	34
3.4.2 Αρχή της Δράσης – Ανάλυση δύναμης και ισχύος στα πτερύγια	36
3.4.3 Αρχή της Αντίδρασης στα πτερύγια.....	39
3.5 Θεμελιώδης εξίσωση Euler	42
3.6 Δυνάμεις στα πτερύγια.....	42
3.7 Περιφερειακό έργο	43
3.8 Δράση και αντίδραση στους ατμοστροβίλους.....	43

3.9 Υπολογισμός του έργου απλής πτερυγίωσης δράσης	44
3.10 Βαθμός απόδοσης των πτερυγίων	46
3.11 Συντελεστής ταχύτητας πτερυγίων	46
3.12 Ανάλυση της απόδοσης πτερυγίων σε βαθμίδα δράσης	46
3.13 Βαθμός απόδοσης ατμοστροβίλου αντίδρασης	50
3.14 Οριακοί όροι και απώλειες έργου	54
3.15 Προσδιορισμός μεγέθους πτερυγίων	55

Κεφ. 04 | Βασικοί τύποι ατμοστροβίλων

4.1 Εισαγωγή	57
4.2 Διαμόρφωση βαθμίδων και ενεργειακή μετατροπή σε ατμοστρόβιλους	57
4.3 Βασικά χαρακτηριστικά τύπων ατμοστροβίλων δράσης	60
4.3.1 Ατμοστρόβιλος De Laval	61
4.3.2 Ατμοστρόβιλος Curtis	63
4.3.3 Ατμοστρόβιλος Rateau	64
4.4 Βασικά χαρακτηριστικά ατμοστροβίλων αντίδρασης	65
4.5 Μικτοί ατμοστρόβιλοι: ανάλυση και λειτουργία	69
4.6 Σύνθετοι ατμοστρόβιλοι	71
4.7 Ανάστροφη λειτουργία ατμοστροβίλου	73
4.8 Συγκριτική ανάλυση τύπων ατμοστροβίλων	74
4.9 Κύριοι ατμοστρόβιλοι πρόωσης στα πλοία	75
4.10 Ατμοστρόβιλοι αναπόδοσης στα πλοία	77
4.11 Διαγράμματα ενθαλπίας-εντροπίας	79

Κεφ. 05 | Ατμοστρόβιλοι βοηθητικών μηχανημάτων

5.1 Εισαγωγή	83
5.2 Ταξινόμηση και λειτουργία ατμοστροβίλων βοηθητικών μηχανημάτων	83
5.2.1 Κριτήρια και ταξινόμηση ατμοστροβίλων βοηθητικών μηχανημάτων	83
5.2.2 Λειτουργικά χαρακτηριστικά	84
5.3 Ατμοστρόβιλοι βοηθητικών μηχανημάτων υποστήριξης κύκλου νερού-ατμού	86
5.3.1 Ατμοστρόβιλος αντλίας κυκλοφορίας κύριου ψυγείου συμπύκνωσης του ατμού	86
5.3.2 Ατμοστρόβιλος αντλίας συμπυκνώματος κύριου ψυγείου	88
5.3.3 Ατμοστρόβιλος κύριας αντλίας τροφοδότησης λεβήτων	89
5.4 Ατμοστρόβιλοι βοηθητικών μηχανημάτων παραγωγής βοηθητικής ισχύος	90
5.4.1 Ατμοστρόβιλος ηλεκτρογεννήτριας πλοίου	90
5.4.2 Ατμοστρόβιλοι κίνησης αεροσυμπιεστών	93
5.5 Ατμοστρόβιλοι βοηθητικών μηχανημάτων υποστήριξης καύσης και λειτουργίας ατμολεβήτων	94
5.5.1 Ατμοστρόβιλοι κίνησης ανεμιστήρων τεχνητού ελκυσμού	94
5.5.2 Ατμοστρόβιλοι κίνησης αντλιών καυσίμου	95
5.6 Ατμοστρόβιλοι βοηθητικών μηχανημάτων εξυπηρέτησης συστημάτων φορτίου Δ/Ξ	96

Κεφ. 06 | Ισχύς ατμοστροβίλων

6.1 Εισαγωγή	99
6.2 Θεωρητική ισχύς ατμοστροβίλου	99
6.3 Περιφερειακή ισχύς και έργο πτερυγίων	100
6.4 Εσωτερική ισχύς και εσωτερικές απώλειες	101
6.5 Πραγματική ισχύς και ωφέλιμη απόδοση ατμοστροβίλου	102
6.6 Ειδική κατανάλωση ατμού και οικονομική λειτουργία ατμοστροβίλων	102
6.7 Συνολική αξιολόγηση απόδοσης ατμοστροβίλων	104
6.8 Χαρακτηριστικές καμπύλες απόδοσης ατμοστροβίλων	104

Κεφ. 07 | Κατανάλωση ατμοστροβίλων

7.1 Εισαγωγή	109
7.2 Κατανάλωση ατμού	109
7.3 Ειδική κατανάλωση καυσίμου	110
7.3.1 Σχέση ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και θερμικού βαθμού απόδοσης.....	110
7.3.2 Σχέση κατανάλωσης ατμού και κατανάλωσης καυσίμου.....	111
7.3.3 Τυπικές τιμές ειδικής κατανάλωσης καυσίμου	112
7.3.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ειδική κατανάλωση καυσίμου.....	112
7.4 Σύγκριση των ατμοστροβίλων με άλλες θερμικές μηχανές.....	112

Κεφ. 08 | Εξαρτήματα και όργανα ελέγχου περιεχομένων

8.1 Εισαγωγή	115
8.2 Εξαρτήματα ρύθμισης της παροχής ατμού	115
8.2.1 Κιβώτια παροχής ατμού.....	115
8.2.2 Ατμοφράκτες και κύριος ατμοφράκτης.....	117
8.2.3 Βαλβίδες καταμερισμού και ρύθμισης παροχής.....	117
8.2.4 Σερβομηχανισμοί.....	118
8.2.5 Αυτόματοι ρυθμιστές στροφών.....	120
8.3 Εξαρτήματα ασφαλούς διαχείρισης του ατμού, των υγρών και των συμπυκνωμάτων	121
8.3.1 Βαλβίδες υγρών και αποστραγγίσεων.....	122
8.3.2 Ατμοπαγίδες – Κρουνοί – Επιστόμια	122
8.3.3 Αυτόματες βαλβίδες εκτόνωσης	123
8.3.4 Βαλβίδες παράκαμψης.....	124
8.3.5 Ασφαλιστικές βαλβίδες.....	124
8.3.6 Ατμοφράκτης παροχής ατμού στις συσκευές στεγανότητας	124
8.3.7 Μειωτήρες ατμού.....	124
8.4 Εξαρτήματα προστασίας από υπέρβαση της επιτρεπτής πίεσης, υπερτάχυνση και δυσλειτουργίες	125
8.4.1 Ασφαλιστικά επιστόμια.....	125
8.4.2 Προστατευτικές βαλβίδες ταχείας εκτόνωσης ή απόρριψης ατμού	125
8.4.3 Αυτόματος διακόπτης υπερτάχυνσης	126
8.4.4 Αυτόματοι διακόπτες λόγω πτώσης ελαίου και κενού	126
8.4.5 Αυτόματοι διακόπτες ελέγχου ηλεκτρογεννήτριας.....	127
8.5 Εξαρτήματα παρακολούθησης, μέτρησης λειτουργικών παραμέτρων και αυτοματοποιημένου ελέγχου	128
8.5.1 Μανόμετρα, θλιβόμετρα	128
8.5.2 Θερμόμετρα.....	128
8.5.3 Στροφόμετρα.....	128
8.5.4 Αυτοματοποιημένη εγκατάσταση ατμοστροβίλων πρόωσης.....	128
8.6 Λειτουργική αλληλουχία ελέγχου και προστασίας ατμοστροβίλου	130

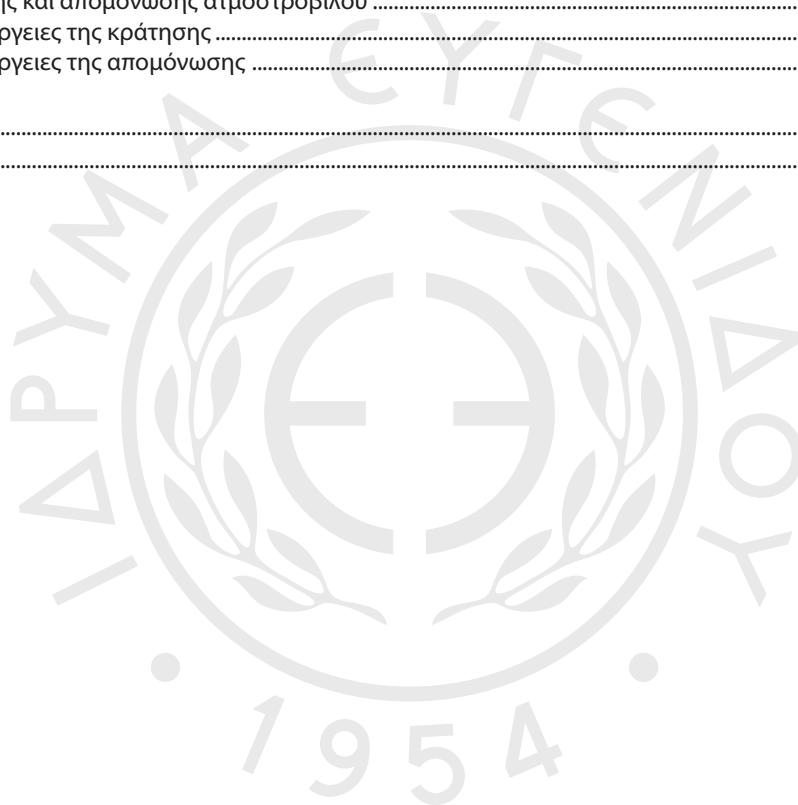
Κεφ. 09 | Δίκτυα εγκαταστάσεων ατμοστροβίλων

9.1 Εισαγωγή	131
9.2 Δίκτυα ατμού και συμπυκνωμάτων	131
9.2.1 Δίκτυο ατμού.....	131
9.2.2 Δίκτυο απομάστευσης	132
9.2.3 Δίκτυο συμπυκνωμάτων μετά τον ατμοστρόβιλο	134
9.2.4 Δίκτυο αποστράγγισης συμπυκνωμάτων δικτύων	136
9.3 Δίκτυο λίπανσης	137
9.4 Δίκτυο τροφοδοτικού νερού.....	138
9.5 Δίκτυο ψύξης	139

Κεφ. 10 | Επιθεωρήσεις – Έλεγχοι – Συντήρηση

10.1 Εισαγωγή.....	141
--------------------	-----

10.2 Έλεγχοι φυλακής.....	141
10.2.1 Σκοπός των ελέγχων φυλακής.....	142
10.2.2 Έλεγχοι βασικών παραμέτρων λειτουργίας.....	142
10.3 Ακινησία ατμοστρόβιλου και σχετικές διαδικασίες.....	143
10.4 Δεξαμενισμός.....	145
10.5 Δυσλειτουργία και βλάβες.....	146
10.5.1 Διαγνωστική προσέγγιση των ενδείξεων δυσλειτουργίας.....	148
10.5.2 Κύριες μορφές βλαβών και τεχνική ερμηνεία.....	148
10.5.3 Αντιμετώπιση κρίσιμων δυσλειτουργιών, τεχνικός έλεγχος και πρόληψη επανάληψης.....	150
10.6 Λειτουργία έκτακτης ανάγκης.....	151
10.7 Εργασίες ελέγχου και επιθεώρησης.....	152
10.7.1 Ανύψωση κελύφων.....	152
10.7.2 Μετρήσεις διακένων.....	153
10.7.3 Ζυγοστάθμιση.....	155
10.8 Ενέργειες προετοιμασίας απόπλου.....	156
10.9 Ενέργειες κράτησης και απομόνωσης ατμοστρόβιλου.....	157
10.9.1 Σκοπός και ενέργειες της κράτησης.....	157
10.9.2 Σκοπός και ενέργειες της απομόνωσης.....	159
Ευρετήριο όρων.....	161
Βιβλιογραφία.....	164



1.1 Τι είναι ο ατμοστρόβιλος

Ο **ατμοστρόβιλος** είναι μια θερμική μηχανή η οποία λειτουργεί αξιοποιώντας τη θερμότητα, που αποσπά από τον ατμό και τη μετατρέπει σε μηχανικό έργο. Η θερμότητα και το μηχανικό έργο αποτελούν μορφές ενέργειας και, επομένως, μπορούν να μετατραπούν η μία στην άλλη με κατάλληλους μηχανισμούς. Κάθε συσκευή που μετατρέπει θερμική ενέργεια σε μηχανικό έργο ονομάζεται **θερμική μηχανή**. Ο ατμοστρόβιλος ανήκει στην ίδια κατηγορία με την ατμομηχανή και την μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Ωστόσο, διαφέρει στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιεί αυτή τη μετατροπή, αυτή δηλαδή της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο που παρουσιάζεται στο παρόν βιβλίο, καθώς και οι θεμελιώδεις αρχές λειτουργίας του.

Ο ατμοστρόβιλος θεωρείται η πρώτη μορφή θερμικής μηχανής. Η αρχαιότερη αναφορά σε τέτοιο μηχανισμό ήταν η εφεύρεση του Ήρωνα του Αλεξανδρινού (Έλληνα μηχανικού και γεωμέτρη) (γύρω στο 150 π.Χ. ή τον 1 μ.Χ. αι.), όπου περιγράφεται μια ατμοκίνητη συσκευή, γνωστή και ως **αιολικός κινητήρας** του Ήρωνα, **αιολόσφαιρα** ή **ατμοστρόβιλος** (σχ. 1.1).



Σχ. 1.1

Ομοίωμα της αιολόσφαιρας του Ήρωνα του Αλεξανδρινού

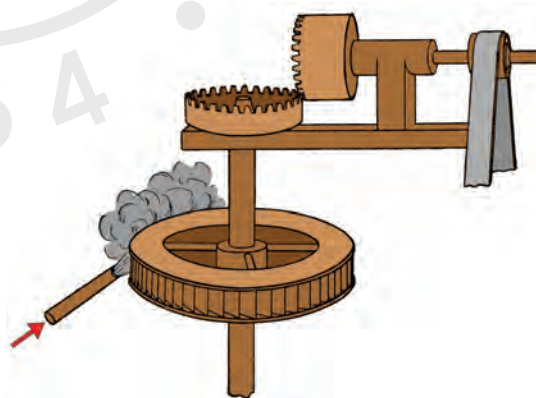
Πηγή: <https://c8.alamy.com>

Η επόμενη σημαντική εξέλιξη προέρχεται από τον Ιταλό αρχιτέκτονα και μηχανικό της Αναγέννησης Giovanni Branca (1629)¹ (σχ. 1.2).

Το 1831 εκδόθηκε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ατμοστρόβιλο στις Ηνωμένες Πολιτείες και βάσει αυτού κατασκευάστηκαν αρκετές συσκευές, οι οποίες λειτούργησαν ικανοποιητικά, αλλά είχαν μικρή διάρκεια ζωής. Η πραγματική εμπορική επιτυχία του ατμο-



(α)



(β)

Σχ. 1.2

(α) Ομοίωμα του ατμοστρόβιλου Branca και
(β) σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας του

Πηγή: α) National Museum of American History και
β) Florida Center for Instructional Technology

1. Ο Giovanni Branca στο έργο του *Le Machine* παρουσίασε ένα από τα πρώτα σχέδια ατμοκίνητης μηχανής (μια πρώιμη μορφή ατμοστρόβιλου).

2.1 Εισαγωγή

Τα **ακροφύσια** (nozzles) είναι ειδικά σχεδιασμένοι αγωγοί που λειτουργούν ως μηχανισμοί επιτάχυνσης ενός συμπιεστού ρευστού, διαμορφώνοντας την επιθυμητή κατανομή ταχυτήτων και πιέσεων. Στην παλαιότερη ελληνική και ευρωπαϊκή τεχνική βιβλιογραφία απαντάται και ο όρος **προφύσια**. Ο όρος αυτός περιέγραφε την περιοχή εισόδου του καναλιού ροής πριν από το ακροφύσιο, όπου η ροή του ρευστού ομαλοποιείται, κατευθύνεται και προετοιμάζεται υδροδυναμικά. Στη σύγχρονη ορολογία, η περιοχή εισόδου αντιστοιχεί στο nozzle inlet ή flow conditioning section και δεν αποτελεί ανεξάρτητο λειτουργικό στοιχείο.

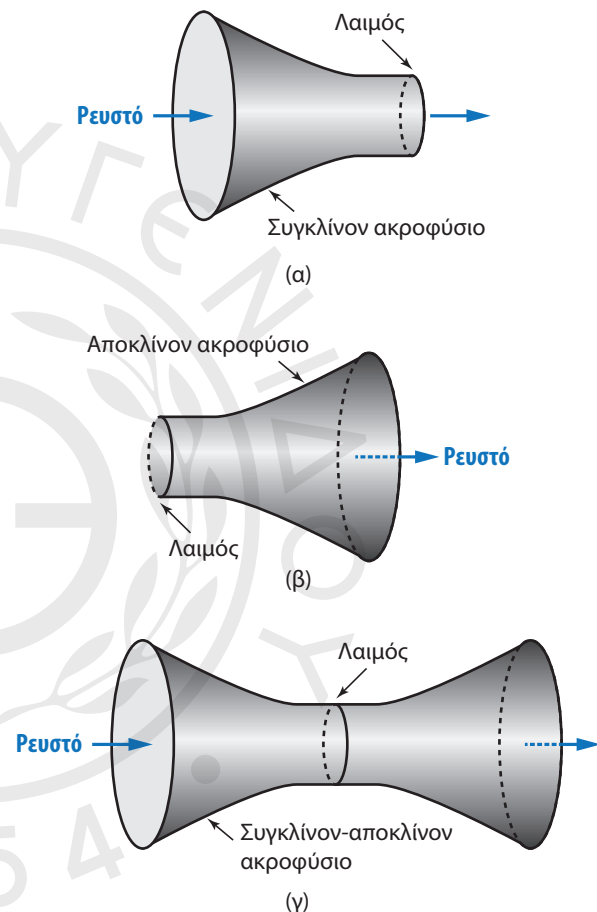
Στους ατμοστροβίλους, είναι σχεδιασμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μετατρέπουν τη διαθέσιμη ενέργεια του ατμού σε κινητική ενέργεια. Η θεωρία που περιγράφει τη ροή στα ακροφύσια ατμού είναι ουσιαστικά η ίδια με τη θεωρία της συμπιεστής ροής στα αέρια, γεγονός που επιτρέπει την ενιαία ανάλυση των φαινομένων. Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τη θεωρία λειτουργίας των ακροφυσίων σε συστήματα ατμοστροβίλων, ενσωματώνοντας τις εξελίξεις στη σύγχρονη μηχανική ρευστών και τη θερμοδυναμική.

2.2 Γενικά για ακροφύσια

Η λειτουργία του ατμοστροβίλου βασίζεται στη μετατροπή της διαθέσιμης θερμικής ενέργειας του ατμού σε μηχανικό έργο. Τα **ακροφύσια** αποτελούν τα στοιχεία που πραγματοποιούν ελεγχόμενη μετατροπή της ενέργειας ενός συμπιεστού ρευστού σε κινητική ενέργεια. Δηλαδή ένα ακροφύσιο έχει **διαμορφωμένη γεωμετρία μεταβλητής διατομής** (σχ. 2.1), αποτελώντας το κύριο στοιχείο εκτόνωσης και επιτάχυνσης.

Τα ακροφύσια τοποθετούνται στο σταθερό κέλυφος, στην είσοδο του ατμού στον ατμοστροβίλο, και κατευθύνουν τον ατμό προς τα πτερύγια (σχ. 2.2).

Το σχήμα 2.3 παρουσιάζει μια απεικόνιση της ροής ατμού μέσα από το ακροφύσιο και στη συνέχεια μέσα από τα κινητά πτερύγια μιας βαθμίδας ατμοστροβίλου. Στο ακροφύσιο, ο ατμός εκτονώνεται, με απο-



Σχ. 2.1
Γεωμετρία ακροφυσίων

τέλεσμα η πίεση και η θερμοκρασία του (P_0, T_0) να μειώνονται, ενώ η ταχύτητα του ατμού αυξάνεται σημαντικά, αποκτώντας έτσι υψηλή ταχύτητα (v). Αυτή η υψηλή ταχύτητα χρησιμοποιείται για να προσδώσει κινητική ενέργεια στα κινητά πτερύγια, όπου η ροή εκτρέπεται και η ορμή του ατμού αλλάζει, παράγοντας έργο στον δρομέα. Μετά την εκτόνωση στο ακροφύσιο, ο ατμός φτάνει σε χαμηλότερη στατική πίεση και θερμοκρασία (P_s, T_s), ενώ η μορφή των πτερυγίων καθοδηγεί τη ροή προκειμένου να μεταφερθεί η μέγιστη δυνατή ενέργεια στη βαθμίδα.

3.1 Γενικά

Η ροή του ατμού ανάμεσα από τα πτερύγια αποτελεί τη βασική φυσική διεργασία λειτουργίας των ατμοστροβίλων και, γενικότερα, των στροβιλομηχανών. Κατά τη διέλευση του ατμού από τα σταθερά και τα κινητά πτερύγια, η ενεργειακή του κατάσταση μεταβάλλεται, με αποτέλεσμα τη μετατροπή μέρους της ενέργειάς του σε μηχανικό έργο στον άξονα της μηχανής. Η μετατροπή αυτή επιτυγχάνεται μέσω της μεταβολής τόσο του μέτρου, όσο και της διεύθυνσης της ταχύτητας της ροής, καθώς ο ατμός διέρχεται από τις διαμορφωμένες διόδους της πτερυγίωσης.

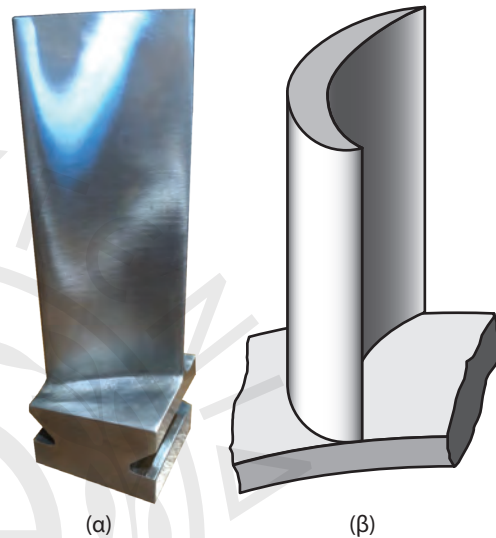
Η κατανόηση της λειτουργίας των βαθμίδων ενός ατμοστροβίλου απαιτεί τη μελέτη της γεωμετρίας των πτερυγίων, των χαρακτηριστικών της ροής που αναπτύσσεται μεταξύ τους, καθώς και των βασικών φυσικών αρχών που διέπουν την αλληλεπίδραση ρευστού και πτερυγίωσης. Οι αρχές αυτές βρίσκουν άμεση εφαρμογή στους ατμοστροβίλους που χρησιμοποιούνται στη ναυτική πρόωση, καθώς και σε βοηθητικά συστήματα παραγωγής ισχύος επί των πλοίων, όπου η αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πτερυγίων και ακολουθεί η ανάλυση της ροής μέσω των ταχυτήτων, των αρχών δράσης και αντίδρασης, καθώς και των θεμελιωδών σχέσεων που διέπουν την παραγωγή έργου στους ατμοστροβίλους.

3.2 Στοιχεία πτερυγίων ατμοστροβίλων

Τα πτερύγια των ατμοστροβίλων, κινητά και σταθερά, αποτελούν τα βασικά στοιχεία μέσω των οποίων αξιοποιείται η κινητική ενέργεια που αποκτά ο ατμός, καθώς εξέρχεται από τα ακροφύσια. Για να επιτευχθεί υψηλή απόδοση, κατασκευάζονται από ανθεκτικά μεταλλικά υλικά με μεγάλη ακρίβεια και ειδική επεξεργασία, και διαμορφώνονται σε κατάλληλο αεροδυναμικό σχήμα (σχ. 3.1).

Τα **κινητά πτερύγια** τοποθετούνται περιμετρικά πάνω σε δίσκους ή τύμπανα στον άξονα του δρομέα (ή στροφείου), σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, ώστε να δημιουργούνται ομοιόμορφες **διόδους** (αυ-



Σχ. 3.1
Τυπικό πτερύγιο ατμοστροβίλου

λακώσεις). Από αυτές τις διόδους διέρχεται ο ατμός κατά τη λειτουργία του ατμοστροβίλου. Η συμπεριφορά του ατμού πάνω στα πτερύγια εξαρτάται από τη γεωμετρία τους και επομένως καθορίζει τον τύπο λειτουργίας του ατμοστροβίλου. Με βάση αυτό το κριτήριο διακρίνουμε **ατμοστροβίλους δράσης** και **ατμοστροβίλους αντίδρασης**, καθώς και τα αντίστοιχα πτερύγια.

Τα **σταθερά πτερύγια** στερεώνονται στο εσωτερικό του κελύφους και η μορφή τους σχεδιάζεται σύμφωνα με τον ρόλο που επιτελούν σε συνδυασμό με τα κινητά πτερύγια και τα ακροφύσια. Όταν ο σκοπός τους είναι απλώς η καθοδήγηση της ροής του ατμού χωρίς να μεταβάλλονται τα θερμοδυναμικά του χαρακτηριστικά (π.χ. πίεση, θερμοκρασία, ταχύτητα), προσδιορίζονται ως **οδηγητικά** και συναντώνται σε ατμοστροβίλους δράσης.

Αντίθετα, όταν ανάμεσα στις διόδους των πτερυγίων πραγματοποιείται και εκτόνωση του ατμού, με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητάς του, τότε τα πτερύγια ονομάζονται **εκτονωτικά** και χρησιμοποιούνται σε στροβίλους αντίδρασης.

Στο σχήμα 3.2 απεικονίζονται συγκριτικά οι μορφές διόδου και πτερυγίων για τις δύο περιπτώσεις.

4.1 Εισαγωγή

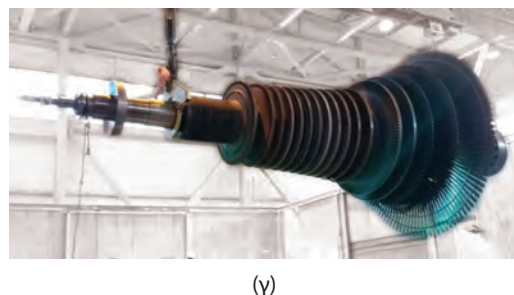
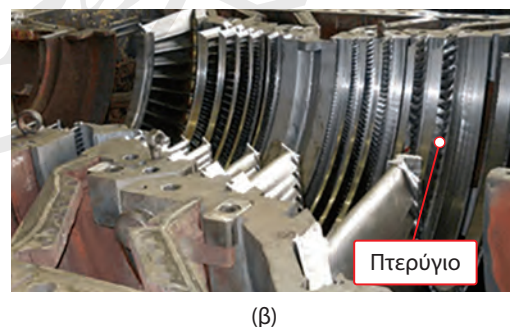
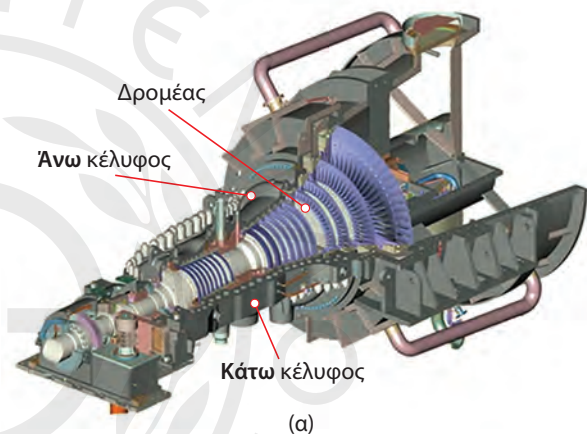
Οι ατμοστροβίλοι αποτελούν μία από τις σημαντικότερες θερμικές μηχανές για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας και λειτουργίας των συστημάτων που περιλαμβάνουν την πρόωση, αλλά και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η λειτουργία τους βασίζεται στη μετατροπή της θερμικής ενέργειας του ατμού σε μηχανικό έργο, μέσω της περιστροφής του δρομέα, που στη συνέχεια μεταδίδει την κίνηση στη διάταξη που πρόκειται να λειτουργήσει. Στις ναυτιλιακές εφαρμογές, η σύνδεση των ατμοστροβίλων με την έλικα πραγματοποιείται μέσω μειωτήρα στροφών, λόγω της διαφοράς μεταξύ των υψηλών στροφών λειτουργίας του ατμοστροβίλου και των απαιτούμενων χαμηλών στροφών της έλικας. Η κατανόηση των διαφορετικών τύπων ατμοστροβίλων αποτελεί βασική γνώση για τον μηχανικό, καθώς επιτρέπει την αναγνώριση των λειτουργικών τους χαρακτηριστικών, την αιτιολόγηση της επιλογής τους σε ένα συγκεκριμένο σύστημα, καθώς και τον ορθό σχεδιασμό της συντήρησης των εγκαταστάσεων.

Η ταξινόμησή τους βασίζεται κυρίως στον τρόπο εκτόνωσης του ατμού και στη διαμόρφωση των βαθμίδων, η οποία επηρεάζει τόσο τη λειτουργία όσο και την απόδοσή τους. Επομένως, οι ατμοστροβίλοι διακρίνονται σε **μονοβάθμιους** και **πολυβάθμιους** (ή πολυσταδιακούς), ενώ οι κύριες κατηγορίες τους περιλαμβάνουν τους **ατμοστροβίλους δράσης**, **αντίδρασης**, **μικτούς** και **σύνθετους**. Ορισμένοι τύποι ατμοστροβίλων φέρουν την ονομασία του πρώτου κατασκευαστή ή του σχεδιαστή τους, όπως οι De Laval, Curtis και Rateau, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένες κατασκευαστικές και λειτουργικές διατάξεις. Σε ειδικές περιπτώσεις έχουν αναπτυχθεί και ατμοστροβίλοι εφαπτομενικής ή ελικοειδούς ροής, στους οποίους η ροή του ατμού ακολουθεί σπειροειδή διαδρομή. Οι διατάξεις αυτές δεν χρησιμοποιούνται στα πλοία και έχουν περιορισμένη εφαρμογή, κυρίως σε πειραματικά ή ειδικά συστήματα.

4.2 Διαμόρφωση βαθμίδων και ενεργειακή μετατροπή σε ατμοστροβίλους

Η έννοια της **βαθμίδας** αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο για την κατανόηση της λειτουργίας των ατμοστρο-

βίλων τόσο στους δράσης όσο και στους αντίδρασης. Κάθε βαθμίδα μπορεί να αποτελείται από μια ομάδα ακροφυσίων, η οποία ακολουθείται από μια σειρά πτερυγίων ή μια σειρά σταθερών πτερυγίων, η οποία ακολουθείται από μια σειρά κινητών πτερυγίων (σχ. 4.1).



Σχ. 4.1

(α) Βαθμίδες ατμοστροβίλου, (β) σταθερά πτερύγια και (γ) δρομέας με κινητά πτερύγια

Πηγές: (α) <https://power.mhi.com>, (β) <https://savree-storage.s3.amazonaws.com> και (γ) <https://media.licdn.com>

5.1 Εισαγωγή

Οι ατμοστροβίλοι βοηθητικών μηχανημάτων αποτελούν μέρος των ναυτικών μηχανολογικών συστημάτων, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην αύξηση της αποδοτικότητας και στη λειτουργική αξιοπιστία των πλοίων. Σε πολλές εφαρμογές, συναντώνται, κυρίως σε πλοία με ατμοστροβιλική εγκατάσταση πρόωσης, λόγω της διαθεσιμότητας μεγάλης ποσότητας ατμού. Αυτές οι εφαρμογές εξυπηρετούν τις εγκαταστάσεις πρόωσης που υποστηρίζουν τα βοηθητικά μηχανήματα όπως αντλίες, ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού λεβήτων, αεροσυμπιεστές και ηλεκτρογεννήτριες. Η κίνηση των βοηθητικών μηχανημάτων επιτυγχάνεται με μικρούς ατμοστροβίλους, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από περιορισμένο αριθμό βαθμίδων –σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και μία μόνο– και συνεπώς λειτουργούν σε υψηλές στροφές. Επειδή όμως τα κινούμενα μηχανήματα αποδίδουν καλύτερα σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής, παρεμβάλλονται συνήθως μειωτήρες στροφών με οδοντωτούς τροχούς για την ομαλή και αποδοτική μετάδοση της κίνησης.

Ο εξερχόμενος ατμός από τους ατμοστροβίλους αυτούς (εξάτμιση), δεν επιστρέφει απευθείας στο κύριο ψυγείο, αλλά διοχετεύεται σε ξεχωριστό δίκτυο εξατμίσεων βοηθητικών μηχανημάτων, όπου αξιοποιείται για λειτουργίες χαμηλής πίεσης ατμού, όπως η προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού, η λειτουργία αποστακτήρων και η στεγανότητα των ατμοστροβίλων πρόωσης. Η περίσσεια ατμού οδηγείται τελικά στον συμπυκνωτή για υγροποίηση, μέσω αυτόματων βαλβίδων, οι οποίες διατηρούν σταθερή πίεση στο δίκτυο, εξασφαλίζοντας έτσι την ομαλή λειτουργία των επιμέρους συστημάτων. Παρά την αξιοπιστία και τα λειτουργικά τους πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα αυξημένων απαιτήσεων ασφάλειας, οι βοηθητικοί ατμοστροβίλοι εμφανίζουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης σε σύγκριση με τους κύριους ατμοστροβίλους πρόωσης. Αυτό συμβαίνει με αντίθλιψη, εφόσον ο ατμός δεν εκτονώνεται πλήρως έως την πίεση συμπύκνωσης, αλλά εξέρχεται σε ελεγχόμενη,

σχετικά υψηλότερη πίεση, ώστε να αξιοποιείται περαιτέρω σε δευτερεύουσες θερμικές διεργασίες του πλοίου. Επίσης, η αποδοτικότητά τους περιορίζεται, λόγω του περιορισμένου αριθμού βαθμίδων. Ως εκ τούτου, η κατανόηση των χαρακτηριστικών τους και η ορθολογική ενσωμάτωσή τους στα συστήματα των πλοίων, αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για τον σύγχρονο μηχανικό.

5.2 Ταξινόμηση και λειτουργία ατμοστροβίλων βοηθητικών μηχανημάτων

Η μελέτη των ατμοστροβίλων βοηθητικών μηχανημάτων αποτελεί συνέχεια της ανάλυσης των βασικών τύπων ατμοστροβίλων που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, στα οποία εξετάστηκαν οι αρχές λειτουργίας, η διαμόρφωση των βαθμίδων και η μετατροπή της θερμικής ενέργειας του ατμού σε μηχανικό έργο. Στην ενότητα αυτή η ανάλυση επικεντρώνεται στις ναυτικές εφαρμογές βοηθητικών ατμοστροβίλων που καλύπτουν περιοχές *μικρής ισχύος* (low-power), συνήθως έως περίπου 500 kW, καθώς και *μέσης ισχύος* (medium-power), από περίπου 500 kW – 5 MW, ιδιαίτερα στις ατμοστροβιλοκίνητες ηλεκτρογεννήτριες.

5.2.1 Κριτήρια και ταξινόμηση ατμοστροβίλων βοηθητικών μηχανημάτων

Οι ατμοστροβίλοι βοηθητικών μηχανημάτων λειτουργούν με τις ίδιες θερμοδυναμικές αρχές που διέπουν τη λειτουργία των κύριων ατμοστροβίλων, διαφοροποιούνται όμως σημαντικά ως προς τη διαμόρφωση, την ισχύ και τον λειτουργικό τους ρόλο στο πλοίο. Η ταξινόμησή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

1) Τον **αριθμό των βαθμίδων** (stages number), αφού οι περισσότεροι βοηθητικοί ατμοστροβίλοι είναι μονοβάθμιοι ή περιορισμένων βαθμίδων. Η επιλογή αυτή συνδέεται άμεσα με την ανάγκη για μικρό βάρος και περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης. Σε αντίθεση, πολυβάθμιοι ατμοστροβίλοι χρησιμοποιούνται κυ-

6.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκαν οι βασικές αρχές λειτουργίας των ατμοστροβίλων, η ροή του ατμού, οι τύποι βαθμίδων και οι κατασκευαστικές διαμορφώσεις τους.

Στο παρόν κεφάλαιο η ανάλυση επικεντρώνεται πλέον στην ενεργειακή αξιολόγηση της λειτουργίας τους, δηλαδή στον υπολογισμό της ισχύος που μπορεί να αποδώσει ένας ατμοστρόβιλος και στον τρόπο με τον οποίο οι διάφορες απώλειες επηρεάζουν την τελική πραγματική απόδοση της εγκατάστασής τους στα πλοία.

Στη μελέτη των ατμοστροβίλων υπό ιδανικές συνθήκες, ολόκληρη η διαθέσιμη πτώση ενθαλπίας του ατμού θα μετατρέποταν σε μηχανικό έργο. Στην πραγματικότητα όμως, κατά τη λειτουργία ενός ατμοστρόβιλου εμφανίζονται θερμοδυναμικές, αεροδυναμικές και μηχανικές απώλειες, οι οποίες μειώνουν την τελική ωφέλιμη ισχύ που αποδίδεται στον άξονα. Για τον λόγο αυτό, στις ενότητες του κεφαλαίου, γίνεται διάκριση μεταξύ θεωρητικής, περιφερειακής, εσωτερικής και πραγματικής ισχύος, καθώς κάθε μία εκφράζει διαφορετικό στάδιο μετατροπής της ενέργειας μέσα στον ατμοστρόβιλο.

Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο για τη μελέτη όσο και για τη λειτουργική αξιολόγηση των ατμοστροβίλων, διότι επιτρέπει:

- 1) Τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης.
- 2) Τη σύγκριση διαφορετικών τύπων ατμοστροβίλων.
- 3) Την εκτίμηση των απωλειών, καθώς και
- 4) τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των ναυτικών εγκαταστάσεων.

Επιπλέον, η ανάλυση της ισχύος συνδέεται άμεσα με την ειδική κατανάλωση ατμού και τους βαθμούς απόδοσης, μεγέθη τα οποία αποτελούν βασικά κριτήρια οικονομίας και ενεργειακής αποδοτικότητας σε κάθε σύγχρονη εγκατάσταση ατμοστροβίλων. Για τον λόγο αυτό, η κατανόηση των επιμέρους μορφών ισχύος και των αντίστοιχων απωλειών αποτελεί θεμελιώδη γνώση για τη διαχείριση κατά τη λειτουργία και τη συντήρηση των ατμοστροβίλων.

6.2 Θεωρητική ισχύς ατμοστρόβιλου

Η λειτουργία του ατμοστρόβιλου βασίζεται στην αξιοποίηση της διαθέσιμης θερμικής ενέργειας του ατμού μέσω της εκτόνωσής του από υψηλή πίεση και θερμοκρασία σε χαμηλότερες. Κατά την εκτόνωση αυτή πραγματοποιείται πτώση της **ειδικής ενθαλπίας του ατμού** (h σε kJ/kg), η οποία αντιπροσωπεύει το διαθέσιμο ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό έργο.

Υπό ιδανικές συνθήκες λειτουργίας, θεωρείται ότι:

- 1) Η εκτόνωση του ατμού πραγματοποιείται χωρίς απώλειες,
- 2) δεν υπάρχουν τριβές,
- 3) δεν εμφανίζονται διαρροές,
- 4) η ροή είναι σταθερή, και η
- 5) όλη η διαθέσιμη πτώση ενθαλπίας μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο.

Η ισχύς που αντιστοιχεί σε αυτή την ιδανική κατάσταση ονομάζεται **θεωρητική ισχύς** του ατμοστρόβιλου. Αντίστοιχα, το **θεωρητικό ειδικό έργο** που παράγεται από τον ατμοστρόβιλο ισούται με τη διαφορά της ειδικής ενθαλπίας μεταξύ εισόδου και εξόδου, το οποίο ορίζεται ως:

$$w_{th} = h_1 - h_2 \quad (1)$$

όπου: w_{th} το θεωρητικό ειδικό έργο (kJ/kg), h_1 η ειδική ενθαλπία ατμού στην είσοδο (kJ/kg) και h_2 η ειδική ενθαλπία ατμού στην έξοδο (kJ/kg).

Η σχέση αυτή εκφράζει ότι κάθε κιλό (kg) ατμού που διέρχεται από τον ατμοστρόβιλο αποδίδει έργο ίσο με την πτώση της ενθαλπίας του κατά την εκτόνωση.

Σε πραγματικές όμως εγκαταστάσεις, ενδιαφέρει κυρίως η ισχύς που παράγεται ανά μονάδα χρόνου. Για τον λόγο αυτό, η **θεωρητική ισχύς** του ατμοστρόβιλου προσδιορίζεται από το γινόμενο της παροχής μάζας ατμού επί το θεωρητικό ειδικό έργο και ορίζεται ως:

$$P_{th} = \dot{m}(h_1 - h_2) \quad (2)$$

όπου: P_{th} η θεωρητική ισχύς ατμοστρόβιλου (kW), $\dot{m}$ η παροχή μάζας ατμού (kg/s) και $h_1 - h_2$ η θεωρητική πτώση ενθαλπίας (kJ/kg).

7.1 Εισαγωγή

Μετά την ανάλυση της λειτουργίας, της κατασκευής και των επιμέρους στοιχείων των ατμοστροβίλων, ιδιαίτερη σημασία αποκτά η αξιολόγηση της οικονομίας κατά τη λειτουργία τους. Η οικονομία εκφράζεται κυρίως μέσω της κατανάλωσης ατμού, δηλαδή της ποσότητας ατμού που απαιτείται για την παραγωγή συγκεκριμένης μηχανικής ισχύος.

7.2 Κατανάλωση ατμού

Η κατανάλωση ατμού αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους δείκτες απόδοσης μιας εγκατάστασης ατμοστροβίλου. Στην πράξη, η συνολική αυτή κατανάλωση ατμού εκφράζει τη μάζα ατμού που διέρχεται από τον ατμοστροβίλο ανά μονάδα χρόνου, συμβολίζεται με $\dot{m}_s$, ενώ εκφράζεται σε kg/s, kg/h ή t/h. Η τιμή της συνδέεται άμεσα με το φορτίο της εγκατάστασης, καθώς η αύξηση της απαιτούμενης ισχύος συνεπάγεται αύξηση της παροχής ατμού. Ωστόσο, η μεταβολή αυτή δεν είναι πάντοτε ανάλογη, επειδή επηρεάζεται από τον βαθμό απόδοσης του στροβίλου, τις συνθήκες εισόδου του ατμού και τη συνολική απόδοση του θερμοδυναμικού κύκλου.

Πιο αναλυτικά, για δεδομένη ισχύ εξόδου P (ρυθμό παραγωγής έργου $\dot{W}$)¹, όσο μικρότερη είναι η απαιτούμενη παροχή ατμού, τόσο αποτελεσματικότερα αξιοποιείται το ενεργειακό περιεχόμενο του ατμού και τόσο οικονομικότερη είναι η λειτουργία της εγκατάστασης. Για τον λόγο αυτό η κατανάλωση ατμού χρησιμοποιείται ως βασικό κριτήριο σύγκρισης διαφορετικών τύπων ατμοστροβίλων, αλλά και διαφορετικών

συνθηκών λειτουργίας του ίδιου στροβίλου.

Η σχέση μεταξύ της παραγόμενης ισχύος (ή του ρυθμού παραγωγής έργου), της παροχής ατμού και του ειδικού έργου του ατμοστροβίλου, όπως προκύπτει από τη θεωρία που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, δίνεται ως:

$$w = \frac{P}{\dot{m}_s}$$

ή

$$P = \dot{m}_s w \quad (1)$$

όπου: P , ισχύς ατμοστροβίλου (kW), $\dot{m}_s$ παροχή ατμού (kg/s), w ειδικό έργο (kJ/kg)

άρα προκύπτει ότι:

$$\dot{m}_s = \frac{\dot{P}}{w} \quad (2)$$

παρουσιάζοντας ότι η απαιτούμενη κατανάλωση ατμού για δεδομένη ισχύ εξαρτάται άμεσα από το έργο που μπορεί να αποδώσει κάθε κιλό ατμού κατά την εκτόνωσή του μέσα στον ατμοστροβίλο. Όσο μεγαλύτερο είναι το ειδικό έργο, τόσο μικρότερη ποσότητα ατμού απαιτείται για την παραγωγή της ίδιας ισχύος.

Στην πραγματική λειτουργία, το ειδικό έργο επηρεάζεται από τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης του στροβίλου και από την πραγματική πτώση ενθαλπίας του ατμού. Έτσι, μπορεί να γραφεί προσεγγιστικά ως:

$$w \approx \eta_i (h_1 - h_2)$$

και επομένως:

$$\dot{m}_s = \frac{\dot{W}}{\eta_i (h_1 - h_2)} \quad (3)$$

Η εξίσωση αυτή αναδεικνύει τη σημασία της πτώ-

1. Σύμφωνα με τις σχέσεις που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, ο συμβολισμός $\dot{W}$ για την έκφραση του ρυθμού παραγωγής έργου (rate of work), δηλαδή της ισχύος που αποδίδει ο ατμοστροβίλος. Σύμφωνα με τον ορισμό της ισχύος στη θερμοδυναμική $\dot{W} = \frac{dW}{dt}$, όπου W είναι το έργο (kJ) και t είναι ο χρόνος (s). Στη διεθνή βιβλιογραφία των ατμοστροβίλων η ισχύς συχνά συμβολίζεται επίσης με P (Power). Εφόσον η ισχύς ορίζεται ως ο ρυθμός παραγωγής έργου, προκύπτει ότι $P = \frac{dW}{dt} = \dot{W}$, και επομένως οι δύο συμβολισμοί εκφράζουν το ίδιο φυσικό μέγεθος. Για έναν ατμοστροβίλο μόνιμης ροής, η ισχύς συνδέεται με την παροχή μάζας ατμού και το ειδικό έργο μέσω της σχέσης $\dot{W} = \dot{m}_s w$ ή ισοδύναμα $\dot{m}_s = \frac{P}{w}$, επομένως $\dot{m}_s = \frac{\dot{W}}{w}$ ή ισοδύναμα $\dot{m}_s = \frac{\dot{W}}{w}$.

8.1 Εισαγωγή

Τα εξαρτήματα και όργανα ελέγχου, αποτελούν τον ενδιάμεσο κρίκο μεταξύ του δικτύου ατμού, του ατμοστρόβιλου και των βοηθητικών συστημάτων. Μέσω αυτών επιτυγχάνεται η παροχή ατμού στον στρόβιλο, η ρύθμιση των στροφών, η προστασία από υπερτάχυνση, η απομάκρυνση συμπυκνωμάτων, η μείωση της πίεσης ατμού για βοηθητικές χρήσεις, η μέτρηση κρίσιμων παραμέτρων και η αυτόματη διακοπή λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης. Άρα ο ρόλος τους είναι να εξυπηρετούν την κανονική λειτουργία, δηλαδή την εκκίνηση, την αύξηση ή μείωση φορτίου, τη ρύθμιση στροφών και την ομαλή κράτηση του ατμοστρόβιλου και παράλληλα να λειτουργούν ως μέσα προστασίας, αφού μπορούν να απομονώσουν άμεσα τον ατμοστρόβιλο σε περίπτωση υπερτάχυνσης, χαμηλής πίεσης λιπαντικού, εισροής νερού, απώλειας κενού ή άλλης σοβαρής δυσλειτουργίας. Επομένως, τα όργανα και οι μηχανισμοί ελέγχου δεν αποτελούν βοηθητικά στοιχεία δευτερεύουσας σημασίας, αλλά ουσιώδες μέρος της λειτουργικής ασφάλειας του ατμοστρόβιλου.

Γι' αυτό, στις σύγχρονες ναυτικές εγκαταστάσεις, όπου ο ατμοστρόβιλος χρησιμοποιείται για πρόωση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή κίνηση βοηθητικών μηχανημάτων, η αξιοπιστία των εξαρτημάτων ελέγχου είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Το κεφάλαιο αυτό εξετάζει τα βασικά εξαρτήματα και όργανα ελέγχου της λειτουργίας των ατμοστροβίλων στα οποία περιλαμβάνονται τα κιβώτια παροχής ατμού, τους κύριους ατμοφράκτες, τους σερβομηχανισμούς χειριστηρίων, τις βαλβίδες καταμερισμού, βραχυκύκλωσης και υγρών, τα επιστόμια, τις ατμοπαγίδες, τους κρουνοί, τους μειωτήρες ατμού, τις αυτόματες βαλβίδες εκφόρτωσης, τα ασφαλιστικά επιστόμια, τα όργανα μέτρησης, τα στροφόμετρα, τους αυτόματους ρυθμιστές στροφών και τους αυτόματους διακόπτες προστασίας. Για την ανάλυσή τους, ταξινομούνται σε τέσσερεις βασικές λειτουργικές ομάδες ως ακολούθως:

1) Η **πρώτη** ομάδα αφορά στη **ρύθμιση της παροχής ατμού**.

2) Η **δεύτερη** ομάδα αφορά στην **ασφαλή διαχείριση του ατμού, των υγρών και των συμπυκνωμάτων**.

3) Η **τρίτη** ομάδα αφορά στην **προστασία από υπέρβαση της επιτρεπτής πίεσης, στην υπερτάχυνση και στις συνθήκες δυσλειτουργίας**.

4) Η **τέταρτη** ομάδα αφορά στην **παρακολούθηση, στη μέτρηση λειτουργικών παραμέτρων και στον αυτοματοποιημένο έλεγχο**.

8.2 Εξαρτήματα ρύθμισης της παροχής ατμού

Στην πρώτη ομάδα εξαρτημάτων ρύθμισης της παροχής ατμού, ανήκουν τα κιβώτια παροχής ατμού, ο κύριος ατμοφράκτης, οι ατμοφράκτες απομόνωσης, οι βαλβίδες καταμερισμού ατμού και ρύθμισης παροχής, οι σερβομηχανισμοί ελέγχου χειριστηρίων και οι αυτόματοι ρυθμιστές στροφών. Τα εξαρτήματα αυτά καθορίζουν την ποσότητα ατμού που εισέρχεται στον στρόβιλο ή κατευθύνεται σε επιμέρους κλάδους του δικτύου.

8.2.1 Κιβώτια παροχής ατμού

Τα **κιβώτια παροχής ατμού** (steam chests) (σχ. 8.1), γνωστά και ως κιβώτια ατμού ή θάλαμοι παροχής ατμού, αποτελούν τμήματα διανομής του ατμού πριν αυτός οδηγηθεί προς τα ακροφύσια και τις πρώτες βαθμίδες του ατμοστρόβιλου.

Ο ατμός φθάνει στην περιοχή εισαγωγής του ατμοστρόβιλου μέσω του κύριου ατμαγωγού και των αντίστοιχων βαλβίδων απομόνωσης και ελέγχου. Ανάλογα με τη σχεδίαση της εγκατάστασης, μπορεί να οδηγηθεί σε **θάλαμο βαλβίδων** ή **κιβώτιο ατμού** (steam chest ή control valve chest) και στη συνέχεια, μέσω ρυθμιστικών βαλβίδων και **αγωγών ατμού** (steam leads), προς τα **κιβώτια ακροφυσίων** (nozzle boxes) και τα ακροφύσια της πρώτης βαθμίδας. Σε απλούστερες διατάξεις, το ίδιο κιβώτιο μπορεί να λειτουργεί ως βασικός θάλαμος διανομής πριν από τα ακροφύσια, ενώ σε μεγαλύτερους ή πιο σύνθετους ατμοστροβίλους τα επιμέρους τμήματα εισαγωγής, οι βαλβίδες ελέγχου

9.1 Εισαγωγή

Η λειτουργία ενός ατμοστροβίλου δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη σχεδίαση του δρομέα, των ακροφυσίων, των πτερυγίων και των εδράνων του. Εξαρτάται σε εξίσου σημαντικό βαθμό από τα κύρια και βοηθητικά δίκτυα που υποστηρίζουν τη λειτουργία του, εξασφαλίζοντας την παροχή ατμού, τη λίπανση, την ψύξη, την απομάκρυνση των συμπυκνωμάτων και την επιστροφή του νερού στον κύκλο νερού-ατμού στον ατμολέβητα της εγκατάστασης. Για τον λόγο αυτό, σε πλοία με εγκατάσταση ατμοστροβίλου για την πρόωση, την παραγωγή ηλεκτρική ισχύος ή άλλες βοηθητικές λειτουργίες, ο ατμοστροβίλος πρέπει να εξετάζεται ως μέρος ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού συστήματος, στο οποίο συνεργάζονται ο ατμολέβητας, οι ατμαγωγοί, οι βαλβίδες, ο κύριος συμπυκνωτής, οι αντλίες, οι προθερμαντήρες, το σύστημα λίπανσης, το δίκτυο ψύξης και τα όργανα ελέγχου και αυτοματισμού.

Επομένως, η συστηματική μελέτη της διάταξης και της ροής των ρευστών στα δίκτυα είναι απαραίτητη, διότι η δυσλειτουργία σε αυτά μπορεί να επηρεάσει άμεσα τη λειτουργική σταθερότητα, την απόδοση και την ασφάλεια του ατμοστροβιλικού συστήματος. Ενδεικτικά, η ανεπαρκής παροχή ατμού, η μείωση της παροχής τροφοδοτικού νερού προς τον ατμολέβητα, η ανεπαρκής ψύξη στον κύριο συμπυκνωτή, η ανεπαρκής παροχή ελαίου λίπανσης ή η παρουσία νερού στους ατμαγωγούς, επηρεάζουν συνολικά την εγκατάσταση. Ειδικότερα, η εμφάνιση αυτών των φαινομένων, καταδεικνύει ότι τα δίκτυα δεν αποτελούν δευτερεύοντα στοιχεία της εγκατάστασης, αλλά κρίσιμα υποσυστήματα για την ασφαλή, αξιόπιστη λειτουργία του ατμοστροβίλου (ή των ατμοστροβίλων).

Για τον λόγο αυτό, στις επόμενες ενότητες, με έμφαση στις εφαρμογές στα πλοία, παρουσιάζεται η τυπική διάταξη των βασικών δικτύων που υποστηρίζουν τη λειτουργία των ατμοστροβίλων. Ο διαχωρισμός τους γίνεται με βάση το ρευστό που κυκλοφορεί στα δίκτυα και τη λειτουργική τους χρησιμότητα.

9.2 Δίκτυα ατμού και συμπυκνωμάτων

Τα δίκτυα αυτά είναι αλληλένδετα και διαδοχικά, ώστε ο ατμός που παράγεται στον λέβητα να αποδώσει την ενέργεια που μεταφέρει στον κύριο ατμοστροβίλο, τους ατμοστροβίλους των βοηθητικών μηχανημάτων και στις υπόλοιπες θερμικές καταναλώσεις του πλοίου όπως προθερμαντήρες κ.λπ. και να επιστρέψει εκ νέου στον ατμολέβητα. Τα δίκτυα αυτά είναι του ατμού, της απομάστευσης, των συμπυκνωμάτων ατμού και των αποστραγγίσεων συμπυκνωμάτων δικτύων.

9.2.1 Δίκτυο ατμού

Το δίκτυο ατμού αποτελεί το κύριο δίκτυο παροχής του προς τον ατμοστροβίλο. Η παροχή και η πίεση του ατμού αποτελούν σημαντικές παραμέτρους της ορθής και αποδοτικής λειτουργίας του ατμοστροβίλου, γ' αυτό και θα πρέπει να τηρούνται στις προβλεπόμενες από τον κατασκευαστή τιμές καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας των ατμοστροβίλων.

Ο ατμός παράγεται στον ατμολέβητα και οδηγείται, μέσω κατάλληλων ατμαγωγών, επιστομιών και ρυθμιστικών βαλβίδων, προς τα ακροφύσια και τις βαθμίδες του στροβίλου. Εκεί πραγματοποιείται η εκτόνωσή του, και η μετατροπή της ενέργειάς του σε κινητική ενέργεια και μηχανικό έργο στον δρομέα.

Στη βασική του διάταξη σε ένα δικτύου ατμού (σχ. 9.1) συναντώνται, οι ατμολέβητες (1, 2), οι αγωγοί που περιλαμβάνουν τον κύριο ατμαγωγό με τους κλάδους παροχής προς τον κύριο ατμοστροβίλο υψηλής και χαμηλής πίεσης (3, 4), το δίκτυο απομάστευσης από τον κύριο ατμοστροβίλο προς τα συστήματα που λειτουργούν με υψηλή πίεση ατμού (9), το δίκτυο απομάστευσης από τον ατμοστροβίλο χαμηλής πίεσης προς τα συστήματα που λειτουργούν με χαμηλή πίεση ατμού (10), τους βοηθητικούς ατμοστροβίλους (5, 6) ηλεκτρογεννητριών (14, 15), τον βοηθητικό ατμοστροβίλο (7) λειτουργίας της τροφοδοτικής αντλίας (8), τον κύριο συμπυκνωτή (11), την αντλία συμπυκνώματος (13) και το θερμοδοχείο-δεξαμενή επιστροφών συμπυκνώματος (12). Η διάταξη αυτή πρέπει να εξασφαλίζει

Τυπική διάταξη ναυτικής εγκατάστασης ατμοστροβίλου στην οποία παρουσιάζεται η λειτουργική αλληλεξάρτηση ατμοστροβίλου, λέβητα, συμπυκνωτή, μειωτήρα και έλικας

Οι ατμοστροβίλοι ως χαρακτηριστικό παράδειγμα θερμικών μηχανών, στους οποίους η ενέργεια του ατμού μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με συνεχή και ελεγχόμενο τρόπο, αποτελούν σημαντικό τμήμα των εγκαταστάσεων πρόωσης και παραγωγής ισχύος στις ναυτικές ενεργειακές εγκαταστάσεις. Το παρόν βιβλίο, απευθύνεται στους σπουδαστές των Ακαδημιών Εμπορικού Ναυτικού Μηχανικών, και αποτελεί χρήσιμο βοήθημα αφού παρουσιάζονται οι αρχές λειτουργίας των ατμοστροβίλων, τα κύρια μέρη τους, τα δίκτυα λειτουργίας, η ροή του ατμού, η ισχύς, η απόδοση και η κατανάλωση καθώς και οι διαδικασίες επιθεώρησης, ελέγχου και συντήρησης και βασικά θέματα ελέγχου, ακινησίας, δεξαμενισμού και αντιμετώπισης των βλαβών τους.

