

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

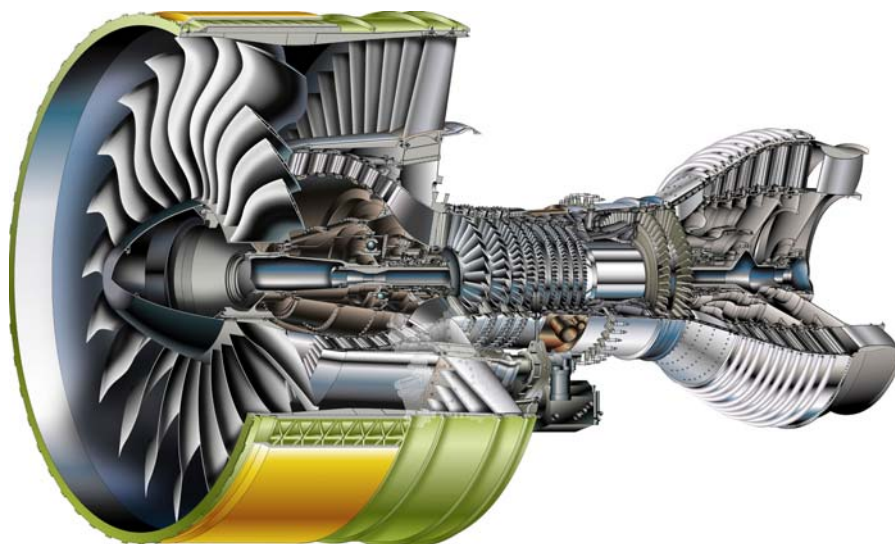
Ευάγγελος Καρέλας, Ιωάννης Τριαντάφυλλος, Γρηγόριος Φρέσκος

# Κινητήρες Αεροσκαφών Ι

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

Β΄ Τάξη 1<sup>ου</sup> Κύκλου

*Ειδικότητα Μηχανοσυνθετών Αεροσκαφών*



ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ

Ο.Ε.Δ.Β.  
ΑΘΗΝΑ 2004



# **Κινητήρες Αεροσκαφών Ι**

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

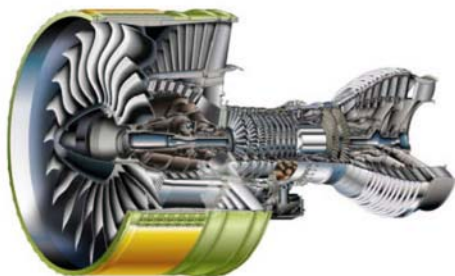
Ευάγγελος Καρέλας, Γεώργιος Τριαντάφυλλος, Γρηγόριος Φρέσκοι

# Κινητήρες Αεροσκαφών Ι

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

Β' Τάξη 1<sup>ου</sup> Κύκλου

*Ειδικότητα: Μηχανοσυνθετών Αεροσκαφών*



ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ

Ο.Ε.Δ.Β.  
ΑΘΗΝΑ 2004

Με απόφαση της ελληνικής κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Ευάγγελος Καρέλας, Ιωάννης Τριαντάφυλλος, Γρηγόριος Φρέσκος

# Κινητήρες Αεροσκαφών Ι

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

Β' Τάξη 1<sup>ου</sup> Κύκλου

*Ειδικότητα Μηχανοσυνθετών Αεροσκαφών*

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ  
Ο.Ε.Δ.Β.

## **ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ**

**Ευάγγελος Καρέλας**, *Αεροναυπηγός Μηχανικός, M. Sc.*  
**Ιωάννης Τριαντάφυλλος**, *Μηχανολόγος Μηχανικός, M. Sc.*  
**Γρηγόριος Φρέσκος**, *Μηχανολόγος Μηχανικός, D.E.A., Ph.D.*

## **ΚΡΙΤΕΣ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ**

**Νικόλαος Αδαμόπουλος**, *Μηχανολόγος - Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΕΜΠ*  
**Ιορδάνης Αντωνιάδης**, *Εκπαιδευτικός, Μηχανολόγος Μηχανικός Αεροσκαφών*  
**Κωνσταντίνος Μαθιουδάκης**, *Μηχανολόγος Μηχανικός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ*

**Μιχαήλ Στραβοπόδης**, *Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π. υπεύθυνος του Π.Ι.*

## **ΓΛΩΣΣΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ Π.Ι.**

**Θεοδώρα Καμαρούδη**, *φιλόλογος - εκπαιδευτικός, αποσπασμένη στο Π.Ι.*

### **ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ**

**Ολύμπιος Δαφέρμος**

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό απευθύνεται στους σπουδαστές της Β' τάξης του 1<sup>ου</sup> κύκλου του μηχανολογικού τομέα των ΤΕΕ, της ειδικότητας «Μηχανοσυνθετών Αεροσκαφών» και γράφτηκε για τη διδασκαλία του μαθήματος «Κινητήρες Αεροσκαφών Ι».

Το περιεχόμενο του βιβλίου είναι σύμφωνο με το πλαίσιο του προγράμματος σπουδών, το οποίο προτάθηκε από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και εγκρίθηκε από το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων.

Σκοπός του βιβλίου αυτού είναι να γνωρίσουν οι σπουδαστές τις βασικές αρχές λειτουργίας των αεροπορικών κινητήρων, να κατανοήσουν τη λειτουργία των διάφορων συστημάτων τους και να αποκτήσουν τις βασικές γνώσεις που απαιτούνται για τη συναρμολόγηση, την επιθεώρηση, την επισκευή και την επανασυναρμολόγηση των κινητήρων και των συστημάτων τους. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται με τη μελέτη των θεωρητικών εδαφίων αλλά και με τις κατάλληλες εργαστηριακές ασκήσεις που συνοδεύουν και συμπληρώνουν την ύλη του κάθε κεφαλαίου.

Η ύλη του μαθήματος είναι κατανεμημένη σε δύο κεφάλαια, τα οποία ανταποκρίνονται στους επιδιωκόμενους στόχους, όπως αυτοί προσδιορίζονται στην αρχή του κάθε κεφαλαίου. Στο τέλος κάθε κεφαλαίου παρατίθενται ανακεφαλαίωση και ερωτήσεις που σκοπό έχουν να βοηθήσουν τους σπουδαστές να κατανοήσουν τη διδακτέα ύλη.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναδρομή στην ιστορική εξέλιξη των εμβολοφόρων κινητήρων, στις αρχές θερμοδυναμικής που διέπουν τη λειτουργία τους καθώς και περιγραφή των διαφόρων τύπων εμβολοφόρων κινητήρων και του τρόπου λειτουργίας αυτών και των συστημάτων τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους αεριοστρόβιλους κινητήρες, την ιστορική εξέλιξή τους, τις αρχές που διέπουν τη λειτουργία τους καθώς και περιγραφή των διαφόρων τύπων κινητήρων. Επίσης περιγράφονται αναλυτικά τα μέρη που τους αποτελούν και ο ρόλος τους στην λειτουργία ενός αεριοστρόβιλου κινητήρα.

Οι συγγραφείς του βιβλίου αισθάνονται την υποχρέωση να ευχαριστήσουν το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο για την εμπιστοσύνη που τους επέδειξε με την ανάθεση της συγγραφής του βιβλίου αυτού και τους κριτές για τις εύστοχες και εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους. Ιδιαίτερος αναγνωρίζεται επίσης η συμβολή της Επιχειρησιακής Μονάδας Συντήρησης Αεροκινητήρων της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας. Τέλος, οι συγγραφείς θέλουν να ευχαριστήσουν τις οικογένειές τους για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόηση.





**Πίνακας Περιεχομένων**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ... 6**

<i>Διδακτικοί Στόχοι</i> .....	6
<i>1.1 Ιστορική εξέλιξη κινητήρων –είδη κινητήρων</i> .....	6
1.1.1 Ιστορική εξέλιξη κινητήρων .....	6
1.1.2 Είδη κινητήρων εσωτερικής καύσης.....	11
1.1.3 Τύποι εμβολοφόρων κινητήρων .....	13
1.1.4 Ειδικοί ορισμοί για τη βασική λειτουργία του εμβολοφόρου κινητήρα .....	14
1.1.5 Βασικά στοιχεία θερμοδυναμικής.....	16
<i>1.2 Βενζινοκινητήρες – Πετρελαιοκινητήρες</i> .....	18
1.2.1 Τα στοιχειώδη μέρη του βενζινοκινητήρα - πετρελαιοκινητήρα.....	18
1.2.2 Διάκριση τετράχρονων και δίχρονων κινητήρων .....	21
1.2.3 Τετράχρονος βενζινοκινητήρας .....	22
1.2.4 Ο τετράχρονος πετρελαιοκινητήρας .....	27
1.2.5 Στοιχειώδη μέρη του δίχρονου βενζινοκινητήρα και πετρελαιοκινητήρα.....	30
1.2.6 Ο δίχρονος βενζινοκινητήρας .....	31
1.2.7 Ο δίχρονος πετρελαιοκινητήρας .....	35
<i>1.3 Περιγραφή – λειτουργία τμημάτων – εξαρτημάτων τετράχρονων βενζινοκινητήρων</i> .....	39
1.3.1 Γενικά.....	39
1.3.2 Στροφαλοθάλαμος.....	39
1.3.3 Έδρανα ή Τριβείς.....	42
1.3.4 Στροφαλοφόρος άξονας ή στρόφαλος .....	46
1.3.5 Διωστήρας.....	49
1.3.6 Έμβολο – πείρος – τα ελατήρια του εμβόλου.....	51
1.3.7 Κύλινδροι – Κεφαλές κυλίνδρων.....	53
1.3.8 Βαλβίδες.....	58
1.3.9 Σύστημα κίνησης βαλβίδων και εκκεντροφόρος άξονας... 61	61
<i>1.4 Λίπανση –Συστήματα Λίπανσης</i> .....	64
1.4.1 Χαρακτηριστικά του λιπαντικού μέσου.....	64
1.4.2 Συστήματα λίπανσης.....	69
<i>1.5 Συστήματα ψύξης</i> .....	74
1.5.2 Αερόψυκτοι κινητήρες.....	75
1.5.3 Υγρόψυκτοι κινητήρες.....	78

1.6	Καύσιμα και συστήματα αναμεικτών αέρα - καυσίμου.....	80
1.6.1	Αεροπορικά καύσιμα .....	80
1.6.2	Συστήματα ανάμειξης αέρα – καυσίμου.....	81
1.7	Συστήματα υπερσυμπίεσης.....	102
1.7.1	Γενικά.....	102
1.7.2	Τα διάφορα συστήματα υπερσυμπίεσης.....	104
1.7.3	Ψύξη του παρεχόμενου αέρα (intercooler).....	108
1.8	Συστήματα ανάφλεξης.....	108
1.8.1	Γενικά.....	108
1.8.2	Συστήματα ανάφλεξης με μπαταρία .....	109
1.8.3	Συστήματα ανάφλεξης με μανιατό.....	109
1.8.4	Ανάλυση κυκλώματος και λειτουργίας μανιατό.....	112
1.8.5	Βοηθητικά συστήματα ανάφλεξης.....	119
1.8.6	Σπινθηριστές (μπουζί).....	121
1.9	Συστήματα εκκίνησης.....	124
1.10	Συστήματα πυρόσβεσης.....	126
1.10.1	Το σύστημα πυρανίχνευσης του κινητήρα.....	127
1.10.2	Το σύστημα πυρόσβεσης του κινητήρα.....	129
	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	132
	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ .....	136
	ΕΡΓΑΣΙΕΣ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.....	147
	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ.....	148
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.1: Αναγνώριση εξαρτημάτων.....</i>	<i>148</i>
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.2: Αναγνώριση και χρήση γενικών εργαλείων.....</i>	<i>151</i>
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.3: Σύσφιξη κοχλιών με δεδομένη ροπή (ροπομέτρηση) και ασφάλιση αυτών με τη μέθοδο της συρματασφάλισης .....</i>	<i>162</i>
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.4: Φθαρμένα και κατεστραμμένα σπειρώματα .....</i>	<i>180</i>
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.5: Αφαίρεση από αεροσκάφος αεροπορικού εμβολοφόρου κινητήρα.....</i>	<i>184</i>
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.6: Αποσυναρμολόγηση αεροπορικού εμβολοφόρου κινητήρα.....</i>	<i>188</i>
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.7: Αφαίρεση, επιθεώρηση και συναρμολόγηση εξαρτημάτων συστήματος λίπανσης.....</i>	<i>202</i>
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.8: Αφαίρεση, επιθεώρηση και συναρμολόγηση αντλίας καυσίμου αεροπορικού εμβολοφόρου βενζινοκινητήρα.....</i>	<i>208</i>
	<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.9: Πληροφορίες για τη σωστή διαχείριση των εδράνων κύλισης κατά τη διαδικασία συντήρησής τους.....</i>	<i>214</i>

<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.10: Αφαίρεση κυλίνδρων, επιθεώρηση, επανατοποθέτηση.....</i>	223
<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.11: Ρύθμιση διάκενου βαλβίδων.....</i>	233
<i>Εργαστηριακή άσκηση 1.12: Αφαίρεση, επιθεώρηση και επανατοποθέτηση σπινθηριστών.....</i>	239
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ .....</b>	<b>248</b>
<i>Διδακτικοί Στόχοι.....</i>	248
<i>2.1 Γενικά για την αερίωθηση.....</i>	248
2.1.1 Ιστορική εξέλιξη .....	248
2.1.2 Αρχές αερίωθησης .....	252
2.1.3 Ώση .....	254
2.1.4 Μέθοδοι αερίωθησης – Τύποι αεριοθητών .....	256
2.1.5 Οι τύποι του αεριοστρόβιλου.....	261
2.1.6 Σύγκριση μεταξύ των ειδών και των τύπων των κινητήρων . .....	269
2.1.7 Χρήσεις των κινητήρων αερίωθησης.....	271
2.1.8 Σχεδίαση, κατασκευή, υλικά κατασκευής .....	272
<i>2.2 Κύκλος λειτουργίας αεριοστροβίλων .....</i>	274
2.2.1 Γενικά.....	274
2.2.2 Θεωρητικός κύκλος λειτουργίας.....	275
2.2.3 Κριτήρια λειτουργικής απόδοσης .....	277
2.2.4 Πραγματικός κύκλος λειτουργίας.....	279
<i>2.3 Εισαγωγή αέρα .....</i>	282
2.3.1 Γενικά.....	282
2.3.2 Είδη αεραγωγών εισαγωγής.....	283
2.3.3 Φίλτρα κατακράτησης σωματιδίων .....	286
2.3.4 Συστήματα αντί- και από-πάγωσης εισαγωγής αέρα.....	286
<i>2.4 Συμπιεστές .....</i>	287
2.4.1 Γενικά.....	287
2.4.2 Φυγοκεντρικοί συμπιεστές.....	288
2.4.3 Αξονικοί συμπιεστές.....	292
<i>2.5 Διαχύτες.....</i>	307
<i>2.6 Θάλαμοι καύσης .....</i>	308
2.6.1 Η διαδικασία της καύσης.....	308
2.6.2 Παροχή καυσίμου .....	312
2.6.3 Λειτουργικά χαρακτηριστικά του θαλάμου καύσης.....	313
2.6.4 Τύποι θαλάμων καύσης.....	316
<i>2.7 Στρόβιλος .....</i>	320
2.7.1 Περιγραφή και λειτουργία του στροβίλου.....	321

2.7.2	Κατασκευή των εξαρτημάτων του στροβίλου .....	330
2.7.3	Ψύξη των πτερυγίων .....	333
2.8	<i>Εξαγωγή</i> .....	335
2.8.1	Κώνος εξαγωγής .....	336
2.8.2	Αγωγοί εξαγωγής .....	337
2.8.3	Ακροφύσια εξαγωγής.....	338
2.9	<i>Μείωση Θορύβου</i> .....	340
2.9.1	Οι πηγές του θορύβου .....	341
2.9.2	Μέθοδοι μείωσης του θορύβου.....	342
2.9.3	Μειωτές θορύβου .....	343
2.10	<i>Αναστροφή Ώσης</i> .....	345
2.10.1	Επιβράδυνση α/φους κατά την προσγείωση .....	345
2.10.2	Πλεονεκτήματα και αρχή λειτουργίας των αναστροφέων ώσης .....	346
2.10.3	Τύποι αναστροφέων ώσης .....	348
2.10.4	Αρχές σχεδιασμού και κατασκευής των αναστροφέων ώσης .....	350
2.11	<i>Μετάκαυση</i> .....	350
2.11.1	Λειτουργία .....	352
2.11.2	Σύστημα ελέγχου .....	358
2.11.3	Αύξηση της ώσης.....	359
2.11.4	Κατανάλωση καυσίμου.....	360
<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....</b>		<b>361</b>
<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ .....</b>		<b>367</b>
<b>ΕΡΓΑΣΙΕΣ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.....</b>		<b>374</b>
<b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ.....</b>		<b>375</b>
<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.1: Αναγνώριση εξαρτημάτων αεριοστροβίλου κινητήρα τύπου στροβιλοαντιδραστήρα .....</i>		
		<i>375</i>
<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.2: Αναγνώριση εξαρτημάτων αεριοστροβίλου κινητήρα τύπου στροβιλοανεμιστήρα .....</i>		
		<i>383</i>
<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.3: Αναγνώριση εξαρτημάτων αεριοστροβίλου κινητήρα τύπου ελικοστροβίλου .....</i>		
		<i>390</i>
<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.4: Αφαίρεση / τοποθέτηση κινητήρα σε κλίνη εργασίας και κιβώτιο μεταφοράς .....</i>		
		<i>398</i>
<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.5: Αποσυναρμολόγηση αεροπορικού αεριοστροβίλου κινητήρα.....</i>		
		<i>411</i>
<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.6: Αποσυναρμολόγηση βαθμίδων συμπιεστή. Επιθεώρηση, επισκευή και επανασυναρμολόγησης τους. ....</i>		
		<i>434</i>
<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.7: Αποσυναρμολόγηση βαθμίδων στροβίλου. Επιθεώρηση, επισκευή και επανασυναρμολόγησης τους. ....</i>		
		<i>454</i>

<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.8: Αφαίρεση - αποσυναρμολόγηση – συναρμολόγηση - τοποθέτηση μετακαυστήρα, αγωγού και ακροφυσίου εξαγωγής.....</i>	<i>467</i>
<i>Εργαστηριακή άσκηση 2.9: Σκληρομέτρηση - Έλεγχος σκληρότητας εξαρτημάτων αεριοστροβίλου κινητήρα.....</i>	<i>477</i>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ .....</b>	<b>484</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>485</b>