
4 Σχεδιασμός Διάταξης Αεροσκάφους

Περιεχόμενα

4.1 Κύριες Επιλογές Διάταξης Αεροσκάφους	86
4.1.1 Συνολική διάταξη.....	88
4.1.2 Διάταξη Πτέρυγας.....	91
4.1.3 Σχεδίαση της Ατράκτου	95
Σχεδίαση Πιλοτηρίου.....	102
4.1.4 Διάταξη Ουραίου	103
4.2 Επιλογή Κινητήρων	105
4.2.1 Επιλογή Έλικας.....	112
4.3 Διάταξη Συστήματος Προσγείωσης.....	115
4.4 Κύρια Χαρακτηριστικά για Κάθε Κατηγορία Αεροσκάφους.....	118
4.4.1 Μονοκινητήρια Ελικοφόρα Αεροσκάφη	118
4.4.2 Δικινητήρια Ελικοφόρα Αεροσκάφη	120
4.4.3 Ψεκαστικά Αεροσκάφη.....	121
4.4.4 Αεροσκάφη με Ελικοστροβίλους (Turboprop).....	123
4.4.5 Μικρά Επιβατηγά Αεριωθούμενα (Business jets)	124
4.4.6 Μεγάλα Επιβατηγά Αεριωθούμενα (Jet Transports)	126
4.4.7 Μαχητικά Αεροσκάφη	127
4.4.8 Υπερηχητικά Επιβατηγά	129

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή ή η μετάφραση όλου ή οποιουδήποτε τμήματος του βιβλίου και με οποιοδήποτε τρόπο χωρίς την γραπτή άδεια του συγγραφέα.

Η δουλειά που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια είχε σαν στόχο την αρχική εκτίμηση για τις πιο βασικές παραμέτρους που χαρακτηρίζουν το υπό σχεδίαση αεροσκάφος. Αυτές οι παράμετροι ήταν το βάρος απογείωσης, ο μέγιστος συντελεστής άντωσης, η πτερυγική επιφάνεια και η ώση απογείωσης. Τα δεδομένα αυτά προσδιορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις επιδόσεις του αεροσκάφους αλλά φυσικά δεν σχετίζονται άμεσα με τη μορφή που αυτό θα έχει. Το επόμενο βήμα λοιπόν είναι ο προσδιορισμός της ίδιας της γεωμετρίας του αεροσκάφους με βάση τις τιμές που έχουν προσδιοριστεί μέχρι αυτό το σημείο. Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται έμφαση στις επιλογές που πρέπει να γίνουν για την διαμόρφωση του αεροσκάφους.

4.1 Κύριες Επιλογές Διάταξης Αεροσκάφους

Καθώς η διαδικασία σχεδίασης του αεροσκάφους προχωράει σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά, καλό είναι να γίνουν κατανοητά τα κύρια μέρη ενός αεροσκάφους και να παρουσιαστεί η ορολογία τους. Τα μέρη αυτά όπως και οι κύριες επιφάνειες ελέγχου παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.1.

Αναλυτικότερα αυτά είναι:

- Άτρακτος (“Fuselage”): Το κύριο μέρος του αεροσκάφους πάνω στο οποίο στηρίζονται όλα τα επιμέρους τμήματά του.
- Θάλαμος Διακυβέρνησης (“Cockpit”): Τμήμα της ατράκτου στο οποίο βρίσκονται τα χειριστήρια, τα όργανα και οι θέσεις των πιλότων.
- Πτέρυγα (“Wing”): Παράγει το κύριο μέρος της απαιτούμενης άντωσης για την πτήση.
- Οριζόντιος Σταθεροποιητής (“Horizontal Stabilizer”): Σταθερή επιφάνεια για την ευστάθεια και έλεγχο στον εγκάρσιο άξονα (άξονα πρόνευσης).
- Πηδάλιο Ανόδου / Καθόδου (“Elevator”): Κινούμενη επιφάνεια για την πρόνευση του αεροσκάφους.
- Κατακόρυφος Σταθεροποιητής (“Vertical Stabilizer”): Σταθερή επιφάνεια για την ευστάθεια και έλεγχο στον κατακόρυφο άξονα (άξονα εκτροπής).
- Πηδάλιο Διεύθυνσης (“Rudder”): Κινούμενη επιφάνεια για την εκτροπή του αεροσκάφους.
- Πηδάλιο Κλίσης (“Aileron”): Κινούμενη επιφάνεια για την κίνηση στον διαμήκη άξονα (άξονα κλίσης).

- Μεταπτερύγιο (“Flap”): Διάταξη στο πίσω μέρος της πτέρυγας η οποία αλλάζει την καμπυλότητά της και αυξάνει την άντωση αλλά και την οπισθέλκουσα.
- Προπτερύγιο (“Slat”): Διάταξη στο εμπρόσθιο τμήμα της πτέρυγας η οποία αυξάνει τον μέγιστο συντελεστή άντωσης.
- Φθορέας Άντωσης (“Spoiler”): Μειώνει την άντωση της πτέρυγας, αυξάνει την οπισθέλκουσα αλλά και συμμετέχει στην περιστροφή του αεροσκάφους γύρω από τον διαμήκη και κατακόρυφο άξονα.
- Μηχανή Ώσης (“Powerplant”): Το σύστημα προώθησης του αεροσκάφους.



Σχήμα 4.1: Κύρια μέρη και επιφάνειες ελέγχου συμβατικού αεροσκάφους.

Για την διαδικασία σχεδίασης ενός αεροσκάφους από το σημείο αυτό και στην συνέχεια θα πρέπει να πραγματοποιηθούν τα παρακάτω βασικά βήματα:

1. Επιλογή της όλης διάταξης (συμβατική διάταξη, διάταξη “Canard”, κ.λ.π.).
2. Σχεδίαση της ατράκτου, συμπεριλαμβανομένου του πιλοτηρίου.
3. Επιλογή προωθητικού συστήματος και συγκεκριμένα του τύπου, αριθμού, ισχύος και θέσης των μηχανών.
4. Σχεδίαση της κύριας πτέρυγας και του ουραίου τμήματος.
5. Σχεδίαση των υπεραντωντικών διατάξεων (τύπος, θέση και μέγεθος).

6. Σχεδίαση του συστήματος προσγείωσης (τύπος, θέση τροχών και τρόπος αναδίπλωσής τους).

4.1.1 Συνολική διάταξη

Η επιλογή της συνολικής διάταξης είναι ίσως το πιο σημαντικό βήμα αυτής της φάσης της σχεδίασης του αεροσκάφους. Οι σωστές επιλογές σε αυτό το σημείο μπορούν να επηρεάσουν πολύ σοβαρά την επιτυχία της σχεδίασης και η επιτυχία στην επιλογή σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την εμπειρία του σχεδιαστή. Μια εικόνα του πώς επηρεάζεται η συνολική διάταξη από την ταχύτητα πτήσης ενός αεροσκάφους δίνεται από το Σχήμα 4.2.

Εκτός από μεμονωμένες περιπτώσεις μη συμβατικών διατάξεων οι πιο συνήθεις συνολικές διατάξεις απεικονίζονται στο Σχήμα 4.3. Αυτές είναι :

- Συμβατική διάταξη.
- Διάταξη πτέρυγας δέλτα.
- Διάταξη ιπτάμενης πτέρυγας.
- Διάταξη “Canard”.
- Διάταξη τριών επιφανειών (“Three Surface”).

Η πιο συνήθης διάταξη είναι η *συμβατική*. Κατά τη διάταξη αυτή η κύρια αντωτική επιφάνεια, η πτέρυγα, βρίσκεται κοντά στο μέσο της ατράκτου, περιοχή στην οποία εντοπίζεται και το κέντρο βάρους του αεροσκάφους. Η διαμήκης ευστάθεια του αεροσκάφους εξασφαλίζεται από τον πίσω τοποθετημένο οριζόντιο σταθεροποιητή. Η διάταξη αυτή είναι εξαιρετικά διαδεδομένη κυρίως λόγω της εγγενούς της ευστάθειας.

Οι σταθεροποιητικές επιφάνειες εξασφαλίζουν την ευστάθεια ενός αεροσκάφους αλλά αυξάνουν την οπισθέλκουσα. Έτσι από πολύ νωρίς έγιναν προσπάθειες αφαίρεσής τους για να επιτευχθούν ανώτερες επιδόσεις. Αφού η αεροδυναμική έρευνα προσέφερε κατάλληλες αεροτομές οι οποίες από μόνες τους συνεισφέρουν στην ευστάθεια, προέκυψαν νέες συνολικές διατάξεις αεροσκαφών που δεν ενσωμάτωναν σταθεροποιητικές επιφάνειες. Η πιο συνήθης από αυτές τις περιπτώσεις είναι η διάταξη *δέλτα*. Η διάταξη αυτή από νωρίς χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων καθώς προσέφερε χαμηλή οπισθέλκουσα τόσο λόγω της οπισθόκλισής της όσο και λόγω της απουσίας σταθεροποιητικών επιφανειών.

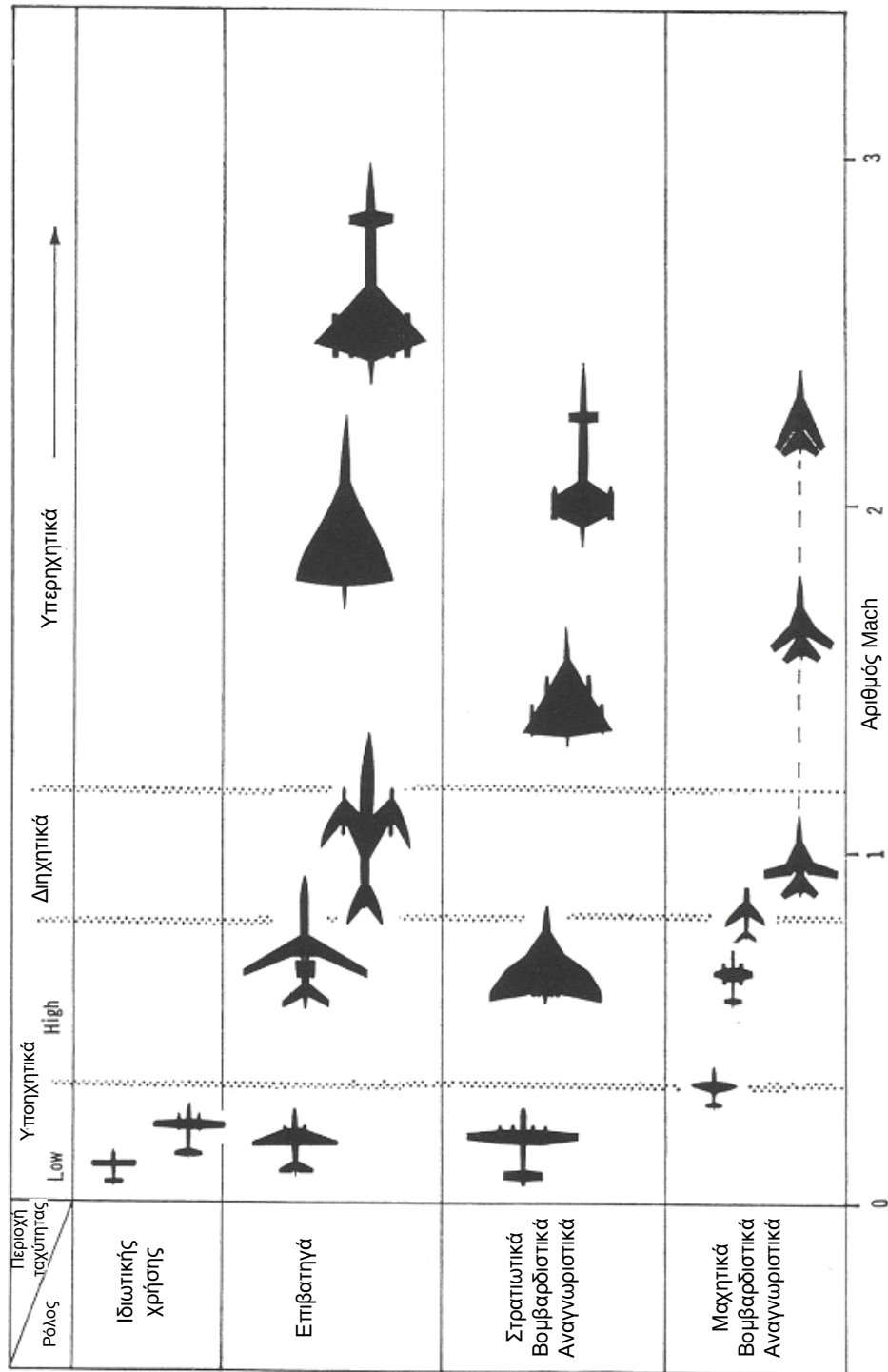
Μια παρόμοια διάταξη είναι και αυτή της *ιπτάμενης πτέρυγας*. Σε αυτήν την περίπτωση η άτρακτος του αεροσκάφους ενσωματώνεται στην πτέρυγα με αποτέλεσμα

την σημαντική βελτίωση του αεροδυναμικού λόγου. Η διάταξη αυτή τελικά δεν είχε μεγάλη απήχηση εξαιτίας των κατασκευαστικών προβλημάτων και του μικρού διαθέσιμου χώρου για τους επιβάτες και τα συστήματα του αεροσκάφους. Η διάταξη όμως αυτή πήρε νέα αξία επειδή παρουσιάζει πολύ μικρό ηλεκτρομαγνητικό ίχνος για τα επίγεια ραντάρ και έτσι επιλέγεται σε ορισμένες στρατιωτικές εφαρμογές.

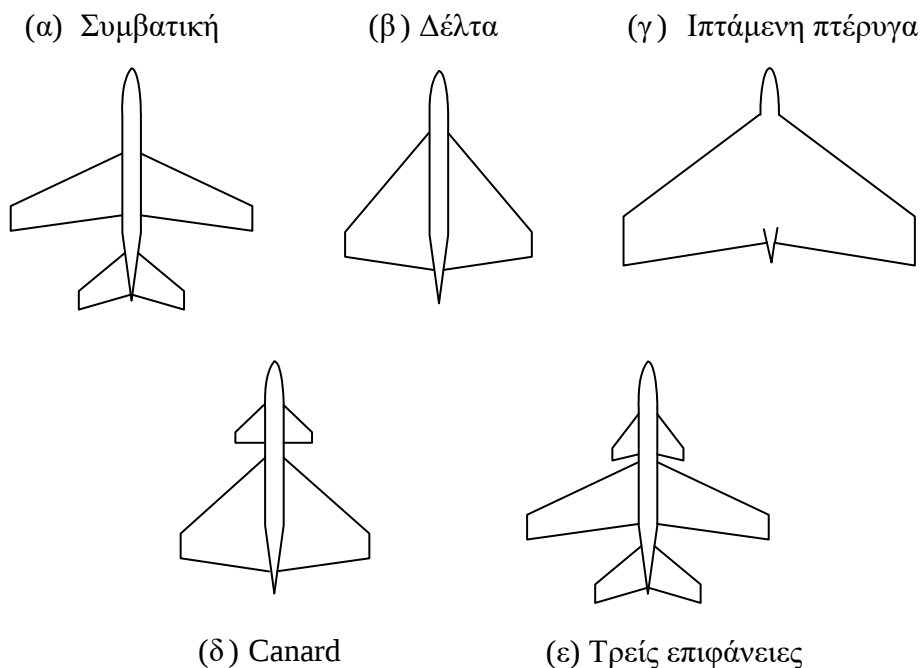
Η διάταξη *Canard* αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως μια μέθοδος βελτίωσης της αεροδυναμικής. Ως σταθερά πτερυγία μπροστά από την πτέρυγα, τα Canards μπορούν να επιδράσουν στη ροή της πτέρυγας σε μεγάλες γωνίες προσβολής καθυστερώντας την απώλεια στήριξης. Η βελτίωση αυτή είναι ακόμα μεγαλύτερη όταν αυτά έχουν κινητές επιφάνειες ή κινούνται ολόκληρα. Η χρήση όμως αυτών των επιφανειών λόγω της θέσης τους μετατοπίζει το αεροδυναμικό κέντρο του αεροσκάφους προς τα εμπρός με αποτέλεσμα τη μείωση της διαμήκους αεροδυναμικής ευστάθειας. Αυτό είναι σε μερικές περιπτώσεις επιθυμητό, όπως σε μαχητικά αεροσκάφη. Στα αεροσκάφη αυτά τα Canards τοποθετούνται αρκετά μπροστά ως κύριες επιφάνειες ελέγχου.

Εκτός από επιφάνειες ελέγχου, τα Canards μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να προσφέρουν σημαντικό μέρος (15%-25%) της συνολικής άντωσης του αεροσκάφους ελαττώνοντας την άντωση που απαιτείται από την πτέρυγα. Σε αυτή την περίπτωση, για να εξασφαλιστεί η ευστάθεια του αεροσκάφους, πρέπει να σχεδιαστούν ώστε να εμφανίζουν απώλεια στήριξης νωρίτερα (σε μικρότερες γωνίες πρόσπτωσης) από την πτέρυγα.

Ένας συνδυασμός της συμβατικής διάταξης με την διάταξη Canard είναι και η *διάταξη τριών επιφανειών* που φαίνεται στο Σχήμα 4.3(ε). Η διάταξη αυτή διατηρεί τα πλεονεκτήματα της συμβατικής διάταξης και αποκτά τα πλεονεκτήματα που προσδίδει το Canard στη βελτίωση της ροής στην πτέρυγα. Οι επιπλέον επιφάνειες ελέγχου σε αυτή τη διάταξη όμως, έχουν το σημαντικό μειονέκτημα ότι δημιουργούν δομικές και μηχανικές περιπλοκές στη σχεδίαση.



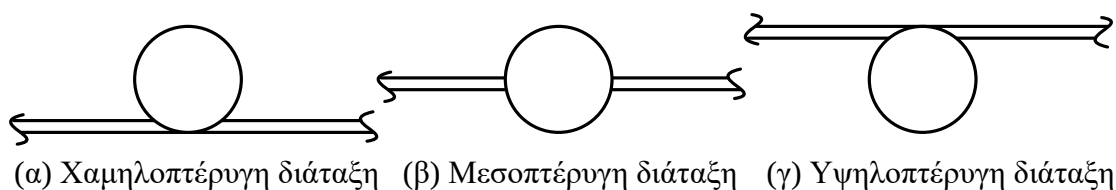
Σχήμα 4.2: Διάταξη και περιοχή πτήσης κυριότερων κατηγοριών αεροσκαφών [1].



Σχήμα 4.3: Τυπικές διατάξεις αεροσκαφών.

4.1.2 Διάταξη Πτέρυγας

Η πτέρυγα ενός αεροσκάφους αποτελεί την κύρια αντωτική του επιφάνεια και ως το πιο σημαντικό κομμάτι της αεροδυναμικής σχεδίασης έχουν δοκιμαστεί για αυτήν πάρα πολλές σχεδιαστικές επιλογές. Μια πτέρυγα αναφορικά με την τοποθέτησή της σε σχέση με την άτρακτο του αεροσκάφους μπορεί να είναι τοποθετημένη *χαμηλά*, *στο μέσο*, ή *ψηλά*. Στο Σχήμα 4.4 απεικονίζονται οι διαμορφώσεις αυτές.



Σχήμα 4.4: Θέσεις πτέρυγας σχετικά με την άτρακτο του αεροσκάφους.

Για την λήψη απόφασης σε ότι αφορά την τοποθέτηση της πτέρυγας υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Από την πλευρά της αεροδυναμικής η καλύτερη επιλογή είναι η τοποθέτηση της πτέρυγας στο μέσο επίπεδο της ατράκτου καθώς έτσι ελαχιστοποιείται η αύξηση της οπισθέλκουσας λόγω αλληλεπίδρασης

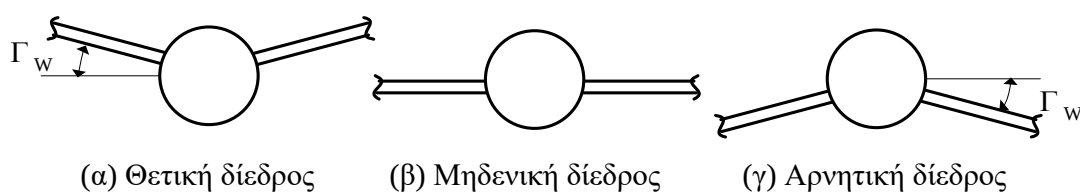
ατράκτου πτέρυγας. Η αυξημένη οπισθέλκουσα οφείλεται στη μεγαλύτερη απόκλιση της ροής στην περιοχή που ενώνεται η πτέρυγα με την άτρακτο. Η απόκλιση αυτή είναι πιο έντονη στις περιπτώσεις της χαμηλοπτέρυγης και της υψηλοπτέρυγης διάταξης. Παρόλα αυτά η μεσοπτέρυγη διάταξη εμφανίζει πρόβλημα υποστήριξης της πτέρυγας στην άτρακτο. Στις άλλες δύο περιπτώσεις η στήριξη γίνεται συνήθως με συνέχιση της δομής της πτέρυγας μέσα στην άτρακτο το οποίο όμως στη μεσοπτέρυγη διάταξη θα δημιουργούσε το πρόβλημα της δέσμευσης πολύτιμου χώρου της ατράκτου. Για να αποφευχθεί αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν ισχυρά δακτυλίδια γύρω από την άτρακτο όπου και να στηρίζεται η πτέρυγα, τα οποία όμως αυξάνουν σημαντικά το βάρος του αεροσκάφους. Έτσι στα επιβατικά και μεταφορικά αεροσκάφη όπως και σε άλλες πολλές περιπτώσεις είμαστε αναγκασμένοι να απορρίψουμε την μεσοπτέρυγη διάταξη και να υιοθετήσουμε μια από τις άλλες δύο. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χαμηλοπτέρυγης διάταξης είναι ο συνδυασμός της με το σύστημα των τροχών (ελάττωση βάρους λόγω δομικής συνέργειας) και την εύκολη αναδίπλωση των σκελών τους στην πτέρυγα.

Η τοποθέτηση της πτέρυγας επιδρά σε μεγάλο βαθμό και στην ευστάθεια γύρω από τον *διαμήκη* άξονα. Συγκεκριμένα, η υψηλοπτέρυγη διάταξη παρουσιάζει εγγενή ευστάθεια σε αντίθεση με την χαμηλοπτέρυγη διάταξη που είναι ασταθής ενώ η μεσοπτέρυγη διάταξη ουδέτερη. Φυσικά η τοποθέτηση της πτέρυγας εξαρτάται και από το πόσο κοντά στο έδαφος θα πρέπει να είναι. Για παράδειγμα, στα περισσότερα πολιτικά αεροσκάφη για επίτευξη εύκολων διαδικασιών συντήρησης των συστημάτων της πτέρυγας είναι επιθυμητή η μικρή απόσταση από το έδαφος και έτσι επιλέγεται η χαμηλοπτέρυγη διάταξη. Στα μεταγωγικά αεροσκάφη η υψηλοπτέρυγη διάταξη επιτρέπει την "τοποθέτηση" της ατράκτου πιο κοντά στο έδαφος το οποίο διευκολύνει την φόρτωση / εκφόρτωση. Σε άλλα αεροσκάφη είναι απαραίτητη η μεγάλη απόσταση, όπως είναι στα υδροπλάνα που σημασία έχει η προστασία της πτέρυγας και των κινητήρων από την επίδραση του νερού, και έτσι επιλέγεται η υψηλοπτέρυγη διάταξη. Στον Πίνακα 4.1 ανακεφαλαιώνεται η αξιολόγηση των επιλογών τοποθέτησης της πτέρυγας. Η αξιολόγηση αυτή δεν είναι απόλυτη, εκφράζει όμως την πλειοψηφία των συμβατικών αεροσκαφών.

Θέση πτέρυγας	Ψηλά	Μέση	Χαμηλά
Οπισθέλκουσα αλληλεπίδρασης	2	1	3
Εγκάρσια Ευστάθεια	1	2	3
Βάρος σκελών προσγείωσης	3	2	1

Πίνακας 4.1: Αξιολόγηση σχεδιαστικών επιλογών για τη θέση της πτέρυγας ως προς διάφορες παραμέτρους (1: καλύτερη επιλογή).

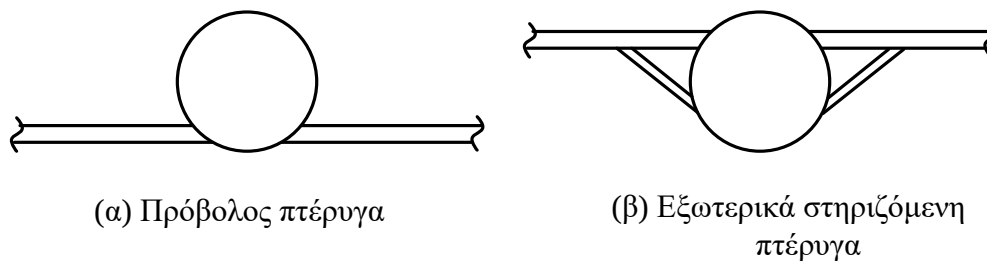
Σε συνδυασμό με την τοποθέτηση της πτέρυγας έρχεται και η επιλογή της διέδρου γωνίας Γ_w . Οι διαθέσιμες επιλογές απεικονίζονται στο Σχήμα 4.5. Όπως φαίνεται μπορούμε να έχουμε θετική διέδρο γωνία, μηδενική ή και αρνητική. Η κάθε περίπτωση έχει και τις επιπτώσεις της στην ευστάθεια ως προς τον διαμήκη άξονα με την επιλογή της θετικής διέδρου να την αυξάνει. Η αρνητική διέδρος μειώνει την ευστάθεια, ενώ η μηδενική παρουσιάζει ουδέτερη εγκάρσια ευστάθεια. Η διέδρος γωνία σε πολλές περιπτώσεις επιλέγεται σε συνδυασμό και με άλλα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα στα περισσότερα πολιτικά επιβατικά αεροσκάφη που είναι χαμηλοπτέρυγα επιλέγεται η θετική διέδρος ώστε από την μία να αυξάνεται η εγκάρσια ευστάθεια (που είναι επιβαρημένη από την επιλογή της χαμηλοπτερυγής διαμόρφωσης) και από την άλλη να επιτυγχάνεται αρκετή απόσταση της πτέρυγας από το έδαφος στα σημεία όπου αναρτώνται οι κινητήρες. Στην υψηλοπτερυγή διάταξη συναντάμε συνήθως αρνητικές διέδρους, αφού η διάταξη μπορεί να είναι υπερβολικά ευσταθής οπότε χρειάζεται να μειώσουμε την ευστάθεια στον διαμήκη άξονα για τον ευκολότερο χειρισμό του αεροσκάφους. Τέλος, ας σημειωθεί ότι η ύπαρξη ακροπτερυγίων (winglets) δημιουργεί παρόμοιο ευνοϊκό αποτέλεσμα στην ευστάθεια με την θετική διέδρο.



Σχήμα 4.5: Επιλογές διέδρου γωνίας πτέρυγας..

Σε ότι αφορά την υποστήριξη της πτέρυγας υφίστανται οι δύο βασικές διατάξεις που απεικονίζονται στο Σχήμα 4.6. Η μία περίπτωση είναι η περίπτωση *προβόλου*

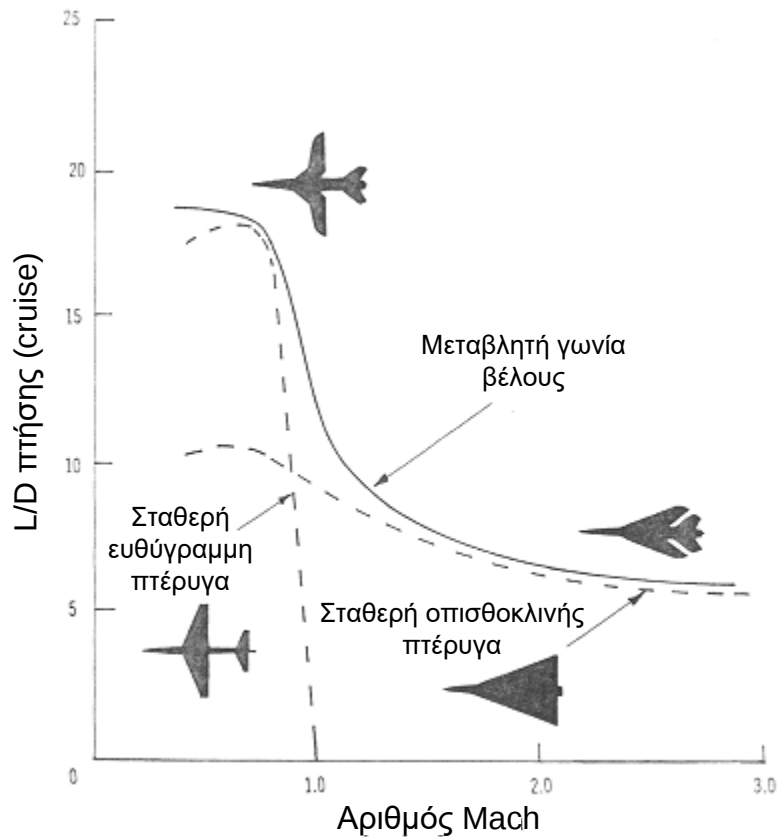
(“cantilever”) πτέρυγας. Η “καθαρή αεροδυναμική” αυτής της περίπτωσης την καθιστά ιδανική για τις μεγαλύτερες ταχύτητες. Στην περίπτωση μικρών αεροσκαφών όπου και οι ταχύτητες είναι αρκετά χαμηλές χρησιμοποιείται και η επιλογή της εξωτερικά υποστηριζόμενης πτέρυγας (“braced/strutted”). Αυτή η διάταξη επιτρέπει αρκετά μικρότερο βάρος της πτέρυγας χωρίς μεγάλη οπισθέλκουσα λόγω των μικρών ταχυτήτων. Γενικά σε ταχύτητες μικρότερες των 250 knots έχουμε μικρή αύξηση της οπισθέλκουσας λόγω της εξωτερικής στήριξης. Σημειώνεται ότι όταν επιλέγεται αυτή η διάταξη οι υποστηρικτικές δοκοί είναι προτιμότερο να τοποθετούνται στο κάτω μέρος της πτέρυγας καθώς έτσι δεν διαταράσσεται το επάνω μέρος της που είναι το πιο σημαντικό στην παραγωγή άντωσης.



Σχήμα 4.6: Επιλογές στήριξης πτέρυγας.

Για μια πτέρυγα μπορεί να γίνει και ένας μεγάλος ακόμα αριθμός σχεδιαστικών επιλογών για πολλά χαρακτηριστικά της τα οποία θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της που θα πρέπει εδώ να αναφερθεί είναι η οπισθοκλίση. Αυτή παίζει σημαντικό ρόλο για την ταχύτητα του αεροσκάφους και μπορούμε να έχουμε είτε ευθύγραμμη πτέρυγα (με μηδενική γωνία βέλους), είτε οπισθοκλινή ή ακόμα και εμπροσθοκλινή πτέρυγα.

Η επιλογή της διαμόρφωσης σε κάθε περίπτωση επηρεάζεται από τον αριθμό Mach της πτήσης. Ένα βοήθημα σε αυτή την επιλογή είναι και το Σχήμα 4.7. Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι τιμές του αεροδυναμικού λόγου L/D ανάλογα με τη διαμόρφωση που έχει επιλεγεί.



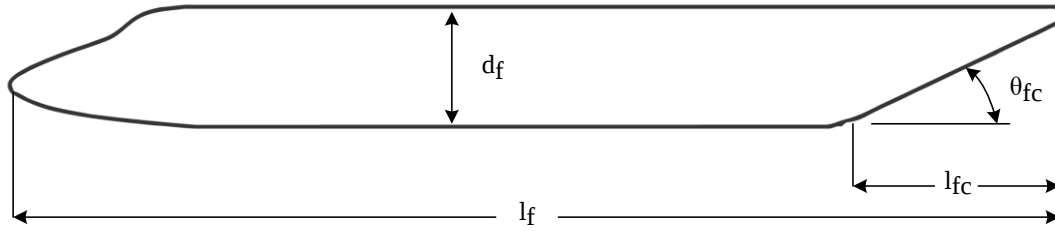
Σχήμα 4.7: Μεταβολή του λόγου (L/D) πλεύσης συναρτήσει του αριθμού $Mach$ για διαφορετικό βαθμό οπισθοκλίσης πτέρυγας [1].

4.1.3 Σχεδίαση της Ατράκτου

Κατά τη σχεδίαση της ατράκτου ενός αεροσκάφους, οι κύριοι στόχοι μας είναι:

1. Η ελαχιστοποίηση της περιβρεχόμενης επιφάνειας (“wetted area”).
2. Η χρήση ομαλών αεροδυναμικών γραμμών για την αποφυγή της αποκόλλησης της ροής και της αυξημένης αντίστασης σε υπερηχητικές πτήσεις.
3. Η ελαχιστοποίηση των σημείων που αλληλεπιδρούν αεροδυναμικά μεταξύ τους αυξάνοντας την οπισθέλκουσα (“interference drag”).

Στο Σχήμα 4.8 απεικονίζεται μια τυπική άτρακτος επιβατηγού αεροσκάφους και χαρακτηριστικές διαστάσεις της. Το μήκος l_f της ατράκτου καθορίζεται κυρίως από τον αριθμό σειρών καθισμάτων καθώς και από την απόσταση μεταξύ των σειρών.



Σχήμα 4.8: Γεωμετρικές παράμετροι συμβατικής ατράκτου.

Το μήκος l_{fc} αφορά τον κώνο κατάληξης της ατράκτου ο οποίος είναι ένα από τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της που επηρεάζουν την αεροδυναμική της. Μακρύς κώνος συνεπάγεται μεγάλη αντίσταση λόγω τριβής ("friction drag"), ενώ μικρός κώνος συνεπάγεται αυξημένη αντίσταση λόγω διαφοράς πίεσης ("pressure drag"). Επίσης, ο μακρύς κώνος επιτρέπει μικρότερη επιφάνεια των ουραίων τμημάτων λόγω του μεγαλύτερου μοχλοβραχίονα της εξασκούμενης από αυτά ροπής.

Η γωνία του κώνου θ_{fc} σχετίζεται με τη κλίση του αεροσκάφους κατά την απογείωση και προσγείωση ώστε να μην ακουμπήσει το πίσω μέρος στο έδαφος. Πρέπει όμως να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, ειδικά όταν πρόκειται για αεροσκάφη που πετούν σε μεγάλες ταχύτητες. Ο Πίνακας 4.2 δίνει τυπικές τιμές για τα μεγέθη $\frac{l_f}{d_f}$

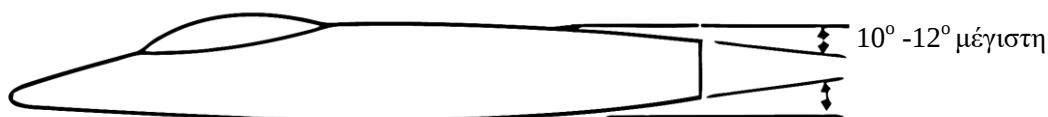
, $\frac{l_{fc}}{d_f}$, και θ_{fc} .

Τύπος Αεροσκάφους	l_f / d_f	l_{fc} / d_f	θ_{fc} (deg.)
Ιδιοκατασκευές	4-8	3*	2-9
Μονοκινητήρια Ελικοφόρα	5-8	3-4	3-9
Δικινητήρια Ελικοφόρα	3.6-8	2.6-4	6-13
Αγροτικά	5-8	3-4	1-7
Επιχειρηματικά Αεριοθούμενα	7-9.5	2.5-5	6-11
Στροβιλοφόρα περιφερειακών αερογραμμών	5.6-10	2-4	15-19
Αεριοθούμενα επιβατηγά	6.8-11.5	2.6-4	11-16
Στρατιωτικά εκπαιδευτικά	5.4-7.5	3	μέχρι 14
Μαχητικά	7-11	3-5	0-8
Στρατιωτικά μεταγωγικά Πυροβολικά και βομβαρδιστικά	6-13	2.5-6	7-25
Αμφίβια	6-11	3-6	8-14
Υπερηχητικά	12-25	6-8	2-9

Πίνακας 4.2: Γεωμετρικές παράμετροι ατράκτου για διάφορους τύπους αεροσκαφών.

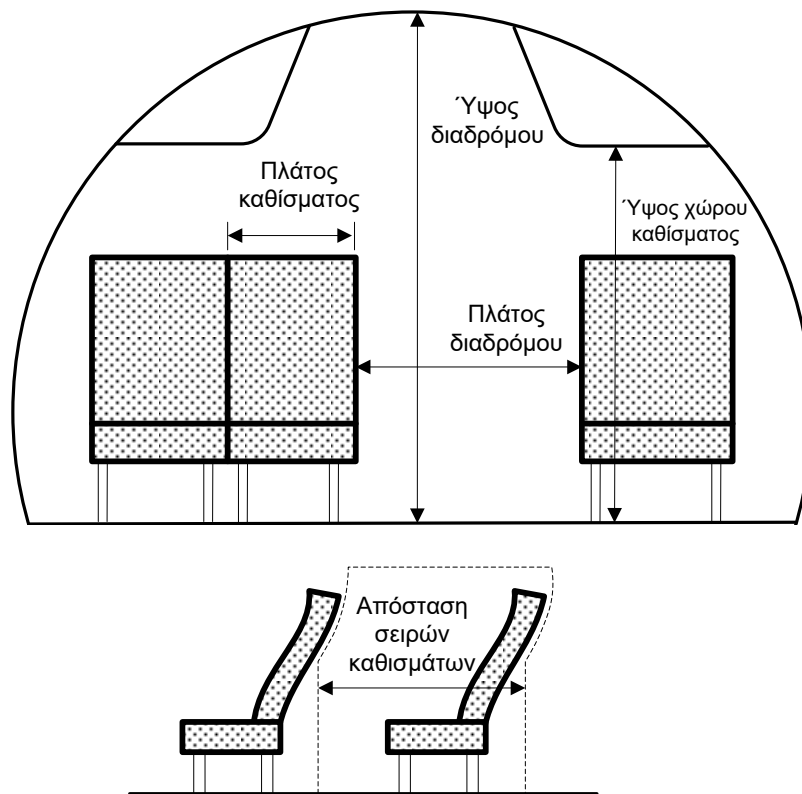
Κατά το σχεδιασμό του πίσω μέρους της αλλά και γενικότερα ολόκληρης της ατράκτου, θα πρέπει όλες οι ακμές να είναι ελαφρά καμπυλωμένες για την αποφυγή δημιουργίας ανεπιθύμητων στροβίλων.

Στα αεροσκάφη που η άτρακτος δεν καταλήγει σε κώνο, πρέπει να προσέξουμε το πίσω μέρος της ατράκτου και τη γωνία που σχηματίζει με την ελεύθερη ροή. Για να μειώσουμε την αεροδυναμική αντίσταση πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι η γωνία κατάληξης θα είναι μέσα στα επιθυμητά όρια, όπως δείχνει το Σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9: Γωνία κατάληξης ατράκτου.

Η απόσταση μεταξύ των σειρών απεικονίζεται στο Σχήμα 4.10 όπως και άλλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εσωτερικής διαμόρφωσης καμπίνας επιβατηγού αεροσκάφους. Ο Πίνακας 4.3 δίνει παραδείγματα εσωτερικής διάταξης θέσεων και ο Πίνακας 4.4 δίνει τυπικές διαστάσεις και άλλα στοιχεία για τον χώρο των επιβατών και τις αποσκευές.



Σχήμα 4.10: Ορισμός χαρακτηριστικών διαστάσεων της καμπίνας επιβατών.

Αριθμός Επιβατών	Διάμετρος Ατράκτου (in)	Εγκάρσια Διάταξη Θέσεων	Παραδείγματα Αεροσκαφών
4-9	64	1+1	<i>Citation V</i>
10-20	58	1+1	<i>Beech 1900</i>
	94	2+1	<i>Gulfstream II</i>
20-50	91	2+1	<i>Saab 340</i>
50-75	106	2+2	<i>DHC-8/300</i>
75-190	130	2+3	<i>MD-80</i>
	148	3+3	<i>Boeing 757</i>
190-270	198	2+3+2	<i>Boeing 767</i>
	222	2+4+2	<i>Airbus A300</i>
270-360	222	2+4+2	<i>Airbus A330</i>
	236	2+5+2	<i>DC-10, Boeing 777</i>
360-450	256	3+4+3	<i>Boeing 747</i>

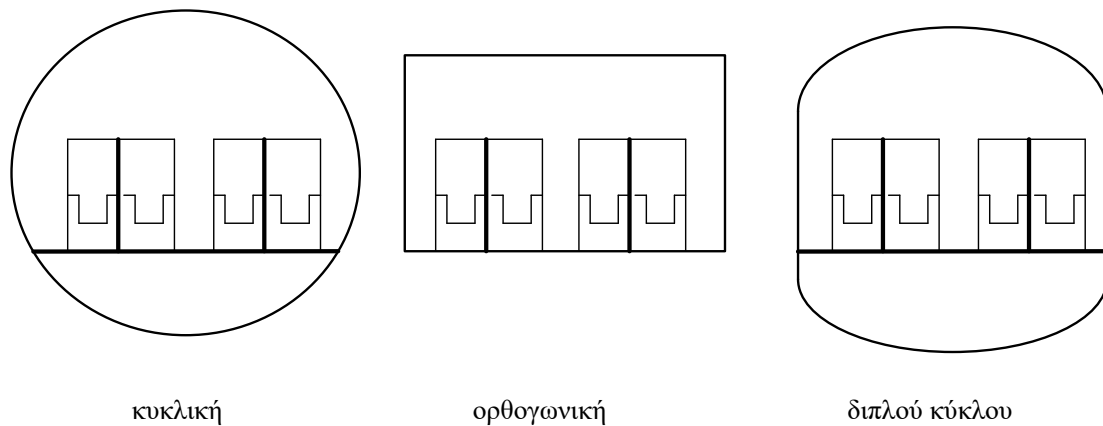
Πίνακας 4.3: Παραδείγματα διάταξης καθισμάτων επιβατηγών αεροσκαφών.

Διάσταση	Μεγάλη Εμβέλεια	Μικρή Εμβέλεια
Πλάτος καθίσματος (in)	17-28	16-18
Απόσταση σειρών (in)	34-40	30-32
Ύψος χώρου καθίσματος	> 65	-
Πλάτος διαδρόμου (in)	20-28	> 15
Ύψος διαδρόμου (in)	> 76	> 60
*Τουαλέτες / επιβάτη	1/ (10-20)	1/ (40-50)
*Αποσκευή / επιβάτη (lbs)	40-60	40

Πίνακας 4.4: Τυπικές τιμές των χαρακτηριστικών διαστάσεων της καμπίνας επιβατών.

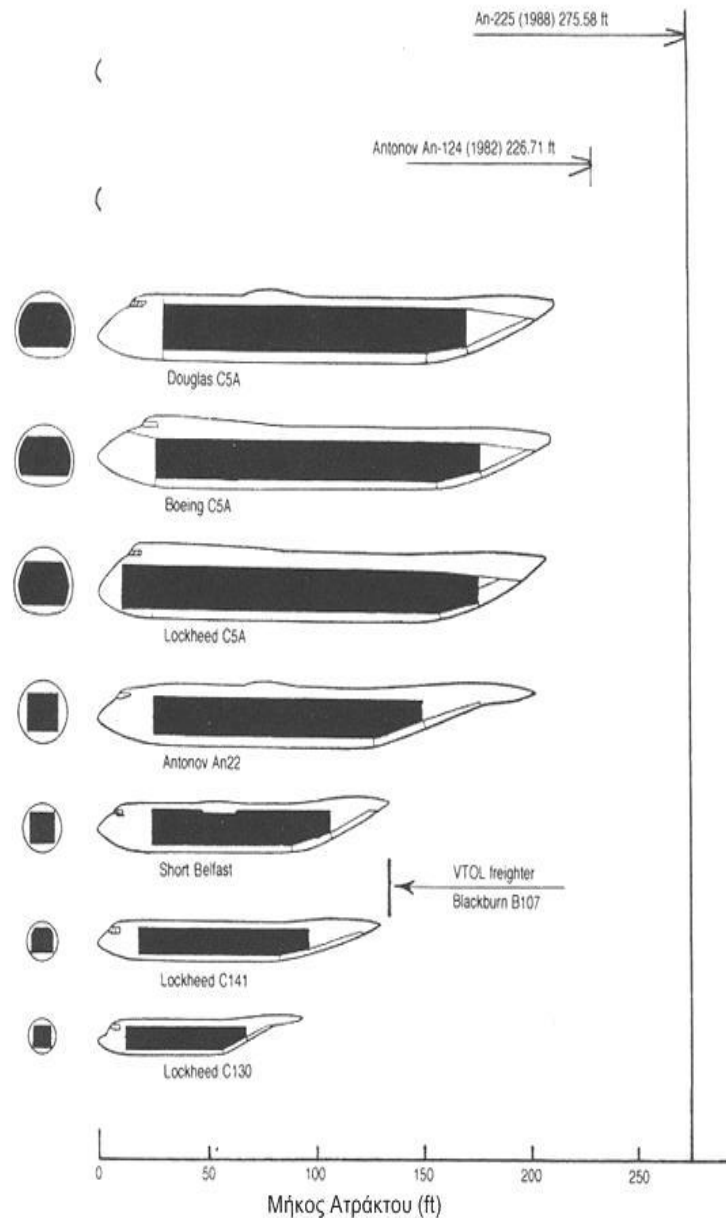
Σχήμα Διατομής Ατράκτου

Το σχήμα της διατομής της ατράκτου είναι σημαντικό για την άνεση των επιβατών, το βάρος αεροσκάφους W_E , καθώς και την περιβρεχόμενη επιφάνεια S_{wet} η οποία επηρεάζει την οπισθέλκουσα. Ιδανικό σχήμα για συμπιεζόμενη ("pressurized") καμπίνα είναι το κυκλικό, ενώ ιδανικό σχήμα για άνεση επιβατών είναι το ορθογώνιο. Το σχήμα διατομής του "διπλού κύκλου" είναι ένας συμβιβασμός που χρησιμοποιείται. Στο Σχήμα 4.11 φαίνονται τα είδη αυτά των διατομών.



Σχήμα 4.11: Είδη Διατομών Ατράκτου.

Στο Σχήμα 4.12 φαίνονται οι άτρακτοι και οι αντίστοιχες διατομές διαφόρων στρατιωτικών μεταγωγικών.



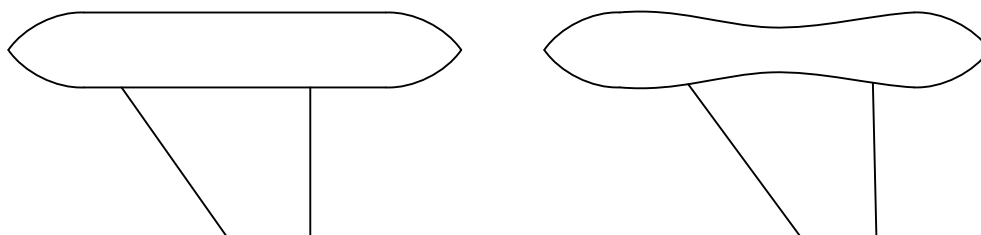
Σχήμα 4.12: Ατράκτος και διατομές στρατιωτικών μεταγωγικών [1].

Άλλα θέματα που πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν κατά το σχεδιασμό της ατράκτου είναι:

1. Η θέση του πατώματος της καμπίνας.
2. Η θέση των εξόδων.
3. Η θέση τουαλετών, αποθηκευτικών χώρων, κλπ.

Για την περίπτωση μάλιστα υπερηχητικών αεροσκαφών σημαντικές μειώσεις της οπισθέλκουσας λόγω συμπίεστικότητας μπορούν να επιτευχθούν με τον Κανόνα της Επιφάνειας (“Area Rule”). Ο εμπειρικός αυτός κανόνας απαιτεί ομαλή μεταβολή της εγκάρσιας διατομής του αεροσκάφους κατά το μήκος του. Στο Σχήμα 4.13 φαίνεται η

επίπτωση του κανόνα στην σχεδίαση της ατράκτου. Παρατηρούμε ότι η εγκάρσια διατομή της ατράκτου στην περιοχή της πτέρυγας μειώνεται έτσι ώστε να ισοσταθμίσει την αύξηση της συνολικής εγκάρσιας διατομής λόγω της ύπαρξης της πτέρυγας. Με αυτόν τον τρόπο ελαττώνεται η οπισθέλκουσα που εμφανίζεται σε διηχητικές και υπερηχητικές ταχύτητες. Η μείωση αυτή μπορεί να φτάσει ακόμα και το 50% σε σχέση με τις συμβατικές ατράκτους σταθερής διατομής.

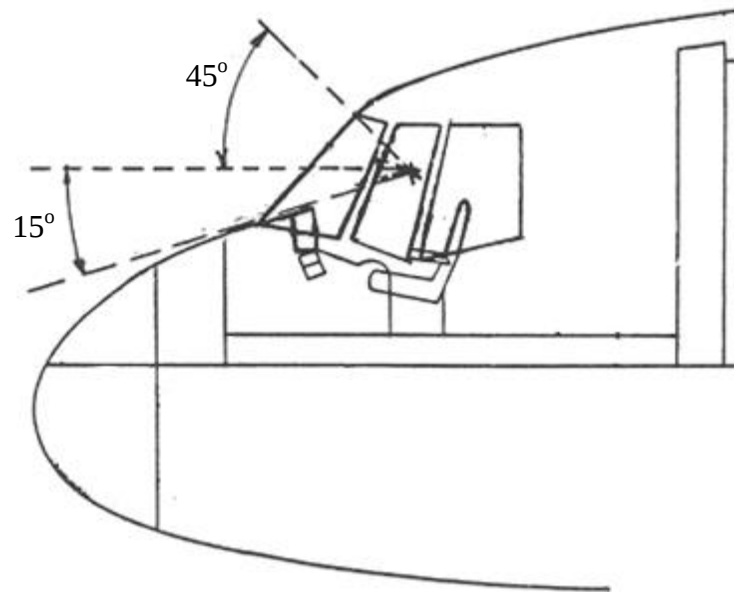


Σχήμα 4.13: Συμβατική άτρακτος και άτρακτος με διάταξη "Area Rule".

Σχεδίαση Πιλοτηρίου

Στα πλαίσια του σχεδιασμού του πιλοτηρίου τοποθετούμε τους πιλότους και τους μηχανικούς σε θέσεις όσο το δυνατόν πιο λειτουργικές. Ακόμη, πρέπει να δοθεί προσοχή και στη σχεδίαση των παραθύρων, ώστε να εξασφαλιστεί η καλή ορατότητα των χειριστών (βλ. Σχήμα 4.14). Αεροσκάφη τα οποία προσγειώνονται με σχετικά μεγάλη γωνία μπορεί να απαιτήσουν και "κατέβασμα" της μύτης του αεροσκάφους (nose drop) προκειμένου να έχει ορατότητα ο χειριστής.

Απαραίτητο είναι επίσης να γίνει ομαλή σύνδεση της εξωτερικής μορφής του πιλοτηρίου με την άτρακτο, ώστε να ελαχιστοποιήσουμε την οπισθέλκουσα στο συγκεκριμένο σημείο.



Σχήμα 4.14: Γωνίες απαραίτητες για την καλή ορατότητα των χειριστών.

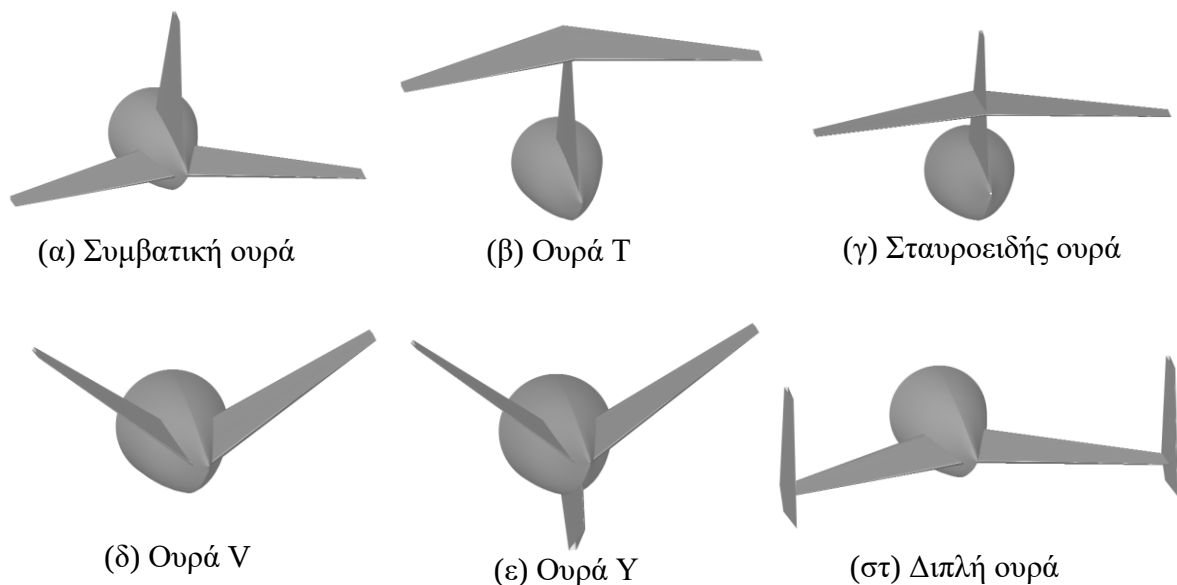
4.1.4 Διάταξη Ουραίου

Η ουρά ενός αεροσκάφους παίζει καθοριστικό ρόλο στην ευστάθειά του αφού σε αυτήν υπάρχουν οι σταθεροποιητικές επιφάνειες που εξασφαλίζουν την ευστάθεια γύρω από τον κατακόρυφο και εγκάρσιο άξονα του αεροσκάφους και οι οποίες ονομάζονται *πορείακή* και *διαμήκης ευστάθεια*, αντίστοιχα. Οι διαμορφώσεις που μπορούμε να έχουμε εδώ είναι πολλές με κάποιες από τις πιο συνήθεις να απεικονίζονται στο Σχήμα 4.15.

Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι η (α) του Σχήματος 4.15. Σε αυτήν την κλασική διάταξη στο πίσω άκρο της ατράκτου και στο επάνω της μέρος είναι τοποθετημένος ο κατακόρυφος σταθεροποιητής. Στην ίδια περιοχή της ατράκτου τοποθετείται και ο οριζόντιος σταθεροποιητής. Και οι δύο επιφάνειες είναι τόσο περισσότερο αποδοτικές στον ρόλο τους στην ευστάθεια όσο πιο μεγάλες είναι και όσο πιο μακριά είναι από το κέντρο βάρους του αεροσκάφους ώστε να δίνουν τις μεγαλύτερες δυνατές ροπές. Συνήθως έχουν μικρότερους λόγους διατάματος από την πτέρυγα. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι το χαμηλό βάρος το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ευστάθεια του αεροσκάφους.

Με την διάταξη Γ που απεικονίζεται στο Σχήμα 4.15(β) ο οριζόντιος σταθεροποιητής τοποθετείται στην κορυφή του κατακόρυφου. Έτσι εκμεταλλευόμενοι την οπισθόκλιση του κατακόρυφου σταθεροποιητή ο οριζόντιος τοποθετείται ακόμα

πιο πίσω σε σχέση με το κέντρο βάρους αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητά του. Παράλληλα αυξάνεται και η αεροδυναμική απόδοση του κατακόρυφου σταθεροποιητή εξαιτίας του γεγονότος ότι ο οριζόντιος αποτρέπει την δημιουργία ακροστροβίλων στην περιοχή. Επίσης ο οριζόντιος σταθεροποιητής με αυτήν την διάταξη διατηρείται μακριά από το απόρρευμα της πτέρυγας. Το αρνητικό όμως σε αυτή τη διάταξη είναι η καταπόνηση της κατασκευής του κατακόρυφου σταθεροποιητή με τα φορτία του οριζόντιου κάτι που έχει ως αποτέλεσμα τελικά την βαρύτερη κατασκευή.



Σχήμα 4.15: Τυπικές διατάξεις ουραίου.

Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται μερικώς με την σταυροειδή διάταξη που αναπαριστάται στο Σχήμα 4.15(γ).

Οι επιφάνειες της ουράς προσθέτουν στην ολική οπισθέλκουσα του αεροσκάφους. Για την μείωση της οπισθέλκουσας της ουράς μια προσέγγιση επιβάλλει την ελαχιστοποίηση των εκτιθέμενων επιφανειών. Ένας τρόπος να επιτευχθεί αυτό είναι και με την διάταξη του Σχήματος 4.15(δ) όπου η κατάλληλη τοποθέτηση δύο επιφανειών μπορεί να προσφέρει το αποτέλεσμα των τριών.

Σε κάποιες περιπτώσεις το μέγεθος του κατακόρυφου σταθεροποιητή δεν επαρκεί και χρειάζεται περισσότερη επιφάνεια. Μερικές φορές αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ενός πτερυγίου στο κάτω μέρος της ατράκτου (ventral fin) όπως αυτό που φαίνεται στο 4.15(ε). Αυτή η λύση είναι πολύτιμη όταν θέλουμε μια επιφάνεια που να είναι απαλλαγμένη από τα ροϊκά φαινόμενα που μπορεί να συμβαίνουν στο πάνω μέρος

της ουράς και όταν προσπαθούμε να περιορίσουμε το ύψος του κατακόρυφου σταθεροποιητή. Όταν το πρόβλημα είναι το μέγεθος του κατακόρυφου σταθεροποιητή που απαιτείται, μια καλή λύση είναι και η χρήση της διπλής ουράς όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4.15(στ). Η λύση αυτή είναι ιδιαίτερα δημοφιλής σε μαχητικά αεροσκάφη αφού έτσι επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του κατακόρυφου σταθεροποιητή από το απόρρευμα της ατράκτου σε μεγάλες γωνίες πρόσπτωσης.

Οι σταθεροποιητικές επιφάνειες φέρουν επάνω τους και κινητά μέρη που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του αεροσκάφους. Στη γενική περίπτωση ο οριζόντιος σταθεροποιητής φέρει τα πηδάλια ύψους-βάθους (“elevators”) ενώ ο κατακόρυφος το πηδάλιο διεύθυνσης (“rudder”). Περισσότερα για τις σταθεροποιητικές επιφάνειες και τα πηδάλια ελέγχου παρατίθενται σε επόμενο κεφάλαιο.

4.2 Επιλογή Κινητήρων

Οι σχεδιαστικές επιλογές που αφορούν το προωστικό σύστημα κινούνται σε τρεις βασικούς άξονες:

1. το είδος του κινητήρα,
2. τον αριθμό κινητήρων, και
3. την ενσωμάτωσή τους στην υπόλοιπη σχεδίαση.

Οι κύριοι τύποι μηχανών είναι:

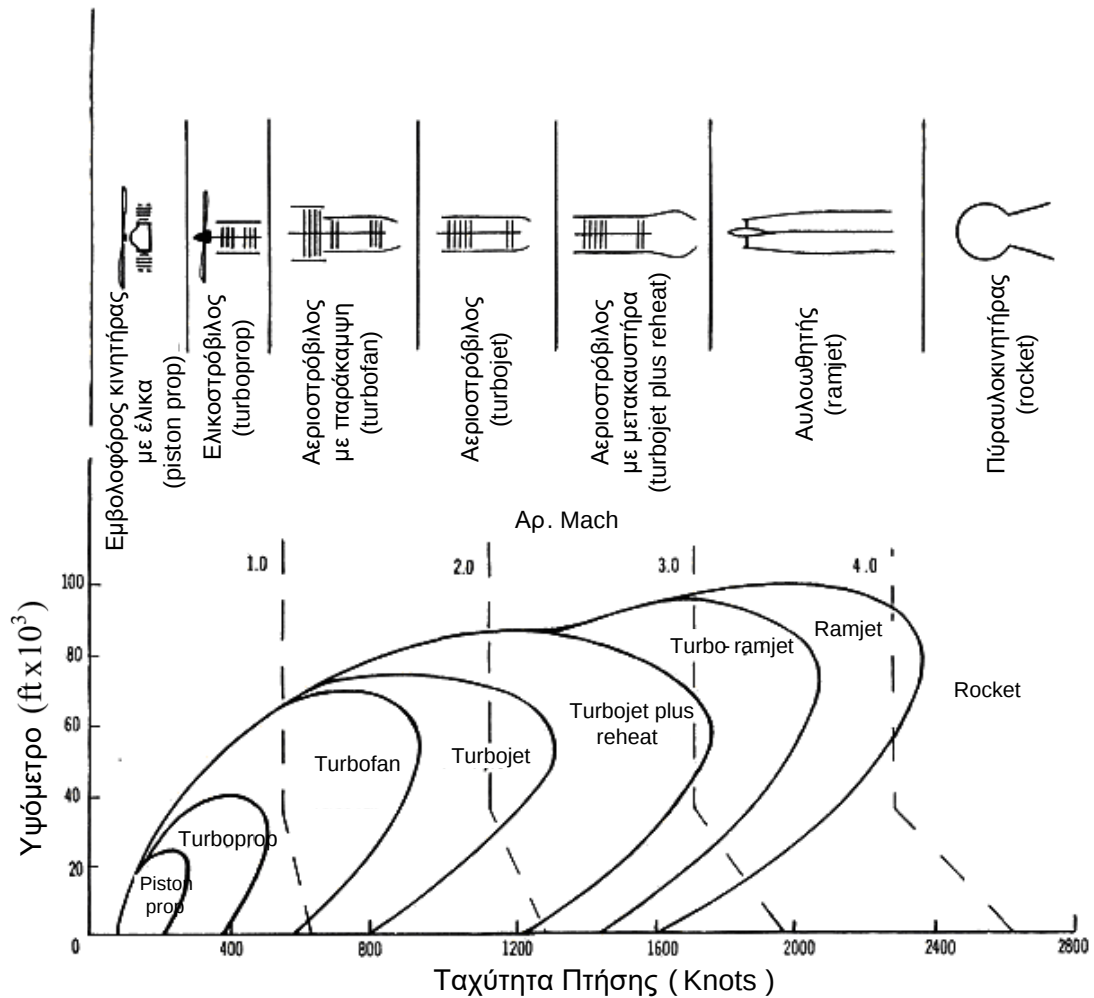
- Εμβολοφόροι
- Ελικοστρόβιλοι (“Turboprop”)
- Στροβιλοαντιδραστήρες (“Turbojet”)
- Στροβιλοανεμιστήρες (“Turbofan”)
- Αυλωθητές (“Ramjet”)
- Πυραυλοκινητήρες (“Rocket”)

Από τους παραπάνω τύπους όλοι πλην του τελευταίου ανήκουν στη κατηγορία των *αερόβιων* μηχανών με κύρια διαφοροποίηση το μεγάλο μέγεθος και τη μικρή κατανάλωση καυσίμου σχετικά με τους πυραυλοκινητήρες. Ως αποτέλεσμα, οι

αερόβιες μηχανές έχουν μεγάλη χρονική διάρκεια λειτουργίας, ενώ οι πυραυλοκινητήρες χρησιμοποιούνται συνήθως για περιορισμένα χρονικά διαστήματα ή και σε συνθήκες πολύ αραιής ατμόσφαιρας.

Πιο συγκεκριμένα, οι *εμβολοφόροι* κινητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρά ελαφρά αεροσκάφη με ταχύτητες πτήσης μικρότερες του Mach 0.3, ενώ οι *ελικοστρόβιλοι* για μεγαλύτερα αεροσκάφη και για ταχύτητες ως Mach 0.65. Οι *στροβιλοαντιδραστήρες* χρησιμοποιούνται για αεροσκάφη με ταχύτητες έως Mach 3.0 ενώ χαρακτηρίζονται από υψηλή κατανάλωση καυσίμου και υψηλά επίπεδα θορύβου. Με τη χρήση *μετακαυστήρα* για μικρές περιόδους, μπορεί να μειωθεί το μέγεθος του στροβιλοαντιδραστήρα για συγκεκριμένη απαιτούμενη ώση. Οι *στροβιλοανεμιστήρες* χαρακτηρίζονται από την σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση και επίπεδο θορύβου σε σχέση με τους στροβιλοαντιδραστήρες και χρησιμοποιούνται κυρίως σε επιβατηγά αεροσκάφη. Οι *αυλωθητές* χαρακτηρίζονται από την έλλειψη κινούμενων μελών, όμως λειτουργούν μόνο πάνω από Mach 2.0 και έως Mach 7.0. Τέλος, οι *πυραυλοκινητήρες* χωρίζονται ανάλογα με τη χρήση στερεών ή υγρών καυσίμων με τους τελευταίους να επιτρέπουν μεγαλύτερους πυραύλους αλλά με υψηλότερο κόστος και μειωμένη αξιοπιστία λόγω περιπλοκότητας.

Η επιλογή του τύπου του κινητήρα εξαρτάται από την αποστολή για την οποία προορίζεται το υπό σχεδίαση αεροσκάφος. Έτσι αφού ληφθούν υπόψη οι ταχύτητες και τα υψόμετρα της πτήσης μπορεί να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος από ένα διάγραμμα όπως αυτό που απεικονίζεται στο Σχήμα 4.16. Το διάγραμμα αυτό δίνει τις πρώτες γενικές πληροφορίες για το είδος προωστικού συστήματος που θα ήταν καλύτερο να χρησιμοποιηθεί βασιζόμενοι στις περιοχές αποδοτικής λειτουργίας (φάκελοι λειτουργίας) του κάθε είδους προωστικού.

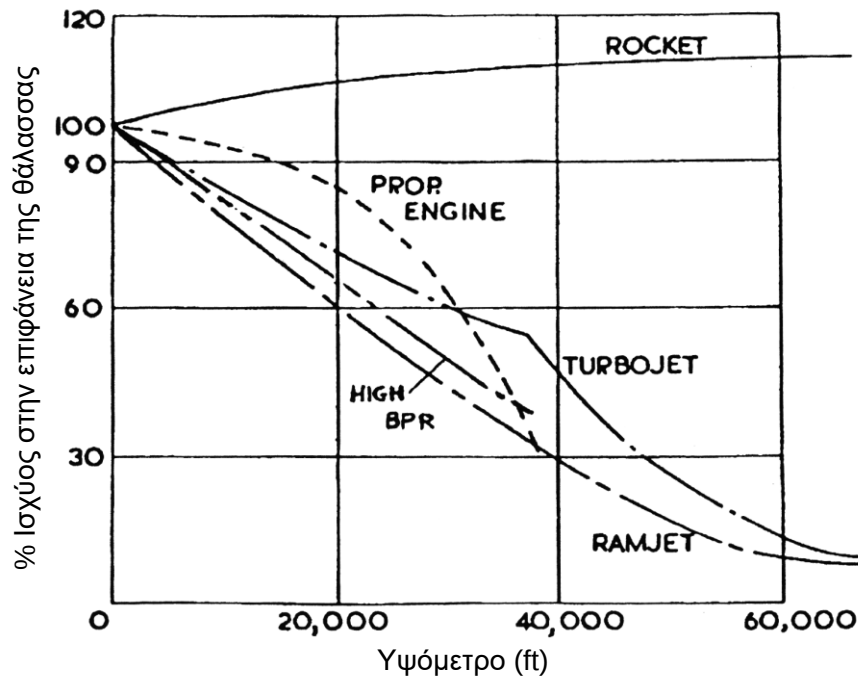


Σχήμα 4.16: Ύψη και ταχύτητες πτήσης για τους διάφορους τύπους μηχανών [1].

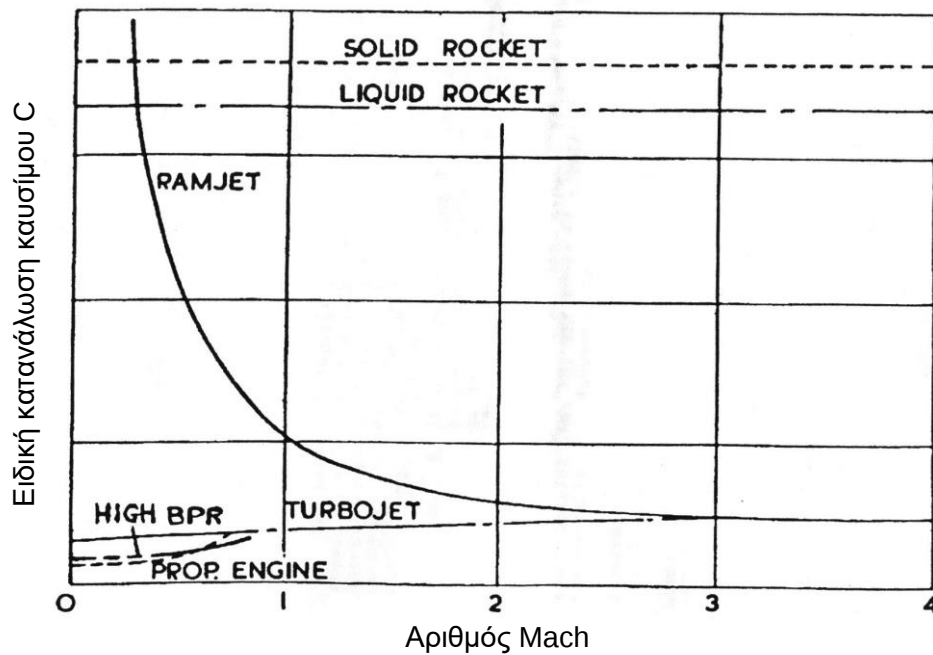
Πέρα όμως από τους φακέλους λειτουργίας πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλα χαρακτηριστικά με γνώμονα πάντα τις σχεδιαστικές προδιαγραφές. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι που θα βοηθήσουν και στην εκλογή συγκεκριμένου κινητήρα και είναι:

1. οικονομία καυσίμου (SFC),
2. βάρος μηχανής,
3. ταχύτητα πτήσης,
4. μέγιστο επιτρεπτό ύψος πτήσης,
5. εμβέλεια,
6. FAR 36 κανονισμοί θορύβου,
7. κόστος αγοράς, καθώς και
8. αξιοπιστία/συντήρηση.

Στα Σχήματα 4.17 και 4.18 παρατηρούμε πως επιδρούν κάποια από τα χαρακτηριστικά μεγέθη της πτήσης στην ισχύ και την κατανάλωση καυσίμου αντίστοιχα των διαφόρων τύπων κινητήρων.



Σχήμα 4.17: Σχετική ισχύς κινητήρων σε διάφορα ύψη.



Σχήμα 4.18: Ειδική κατανάλωση καυσίμου κινητήρων σε σχέση με την ταχύτητα πτήσης.

Από την στιγμή που έχει επιλεγεί ο τύπος του προωστικού συστήματος μπορεί να γίνει και η επιλογή του αριθμού των κινητήρων που χρειαζόμαστε καθώς είναι ήδη γνωστή η απαιτούμενη ώση (T_{TO}) για αεριωθούμενα ή η ισχύς (P_{TO}) για ελικοφόρα. Υποθέτοντας ίδιες μηχανές, διαιρούμε την T_{TO} ή την P_{TO} με τον αριθμό των μηχανών. Συνήθως δεν χρησιμοποιούνται πάνω από 4 μηχανές για λόγους συντήρησης και πιθανότητας βλαβών που συνεπάγεται ο μεγάλος αριθμός μηχανών. Ο επιθυμητός συντελεστής ασφαλείας και το κόστος είναι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την επιλογή του αριθμού μηχανών. Το αποτέλεσμα της διαίρεσης το συγκρίνουμε με τις ώσεις / ισχύεις υπαρχόντων μηχανών και διαλέγουμε μία από αυτές. Στο [6] δίνονται Πίνακες μηχανών.

Αφού λοιπόν επιλεγεί ο αριθμός των κινητήρων, το επόμενο βήμα είναι η ενσωμάτωσή τους στην υπόλοιπη σχεδίαση δηλαδή, να ληφθούν αποφάσεις για το πού και πώς θα τοποθετηθούν. Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της θέσης των μηχανών είναι:

1. Η ευστάθεια και ο έλεγχος του αεροσκάφους σε περίπτωση αστοχίας μιας μηχανής.
2. Η οπισθέλκουσα εξαιτίας της θέσης της μηχανής.
3. Η επίδραση στο κέντρο βάρους.
4. Η ευκολία πρόσβασης για συντήρηση και επισκευή.

Οι πιο συνηθισμένες θέσεις των μηχανών είναι:

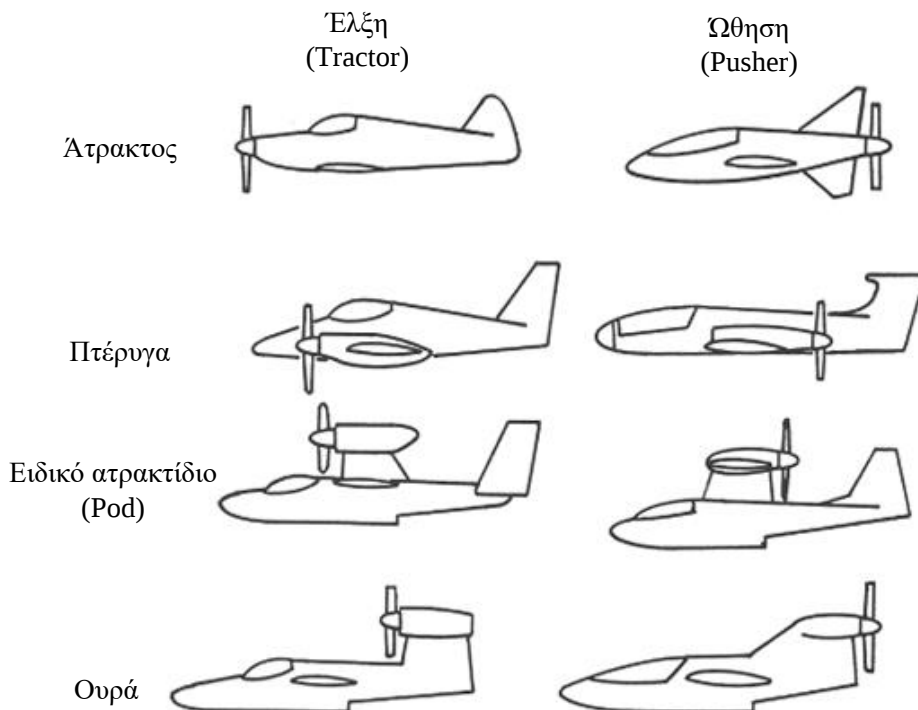
1. στην πτέρυγα (κυρίως από κάτω),
2. στο μπροστά μέρος της ατράκτου,
3. στο ουραίο τμήμα,
4. συνδυασμός των παραπάνω.

Η θέση και ο τρόπος σύνδεσης του *ατρακτιδίου* του κινητήρα πάνω στην αεροσκάφος επηρεάζουν άμεσα:

1. Την αντίσταση αλληλεπίδρασης του ατρακτιδίου του κινητήρα (interference drag).
2. Την απόσταση του περιστρεφόμενου έλικα από το έδαφος (ground clearance).
3. Το μήκος του συστήματος προσγείωσης. Αυξανόμενο μήκος των σκελών συνεπάγεται i) μεγαλύτερο βάρος, ii) δυσκολία στο μάζεμα των τροχών, iii)

ανάγκη εγκατάστασης συστήματος διαφυγής των επιβατών (escape slide), το οποίο συνήθως παίρνει χώρο καθισμάτων.

Στο Σχήμα 4.19 φαίνονται διάφορες δυνατές θέσεις μηχανής σε ελικοφόρα αεροσκάφη. Παρατηρούμε ότι διαχωρίζουμε δύο μεγάλες κατηγορίες: τη διάταξη έλξης (“tractor”) και τη διάταξη ώθησης (“pusher”). Η πρώτη έχει το πλεονέκτημα ότι ο βαρύς κινητήρας βρίσκεται γενικά μπροστά όπου επιδρά ευνοϊκά στο συνολικό κέντρο βάρους του αεροσκάφους, ενώ παράλληλα η έλικα λειτουργεί με “καθαρή” ροή χωρίς την αλληλεπίδραση με τα άλλα μέρη του αεροσκάφους που θα προκαλούσε η τοποθέτηση της μηχανής στο απόρρευμα της ατράκτου ή της πτέρυγας. Αντιστρόφως, η διάταξη ώθησης έχει τα πλεονεκτήματα της ανεπηρέαστης ροής στη πτέρυγα και στην άτρακτο από το απόρρευμα της μηχανής ενώ βελτιώνεται επίσης η ορατότητα του πιλότου και το επίπεδο θορύβου στην καμπίνα του αεροσκάφους. Η έλικα τοποθετημένη πίσω προκαλεί μείωση της πίεσης της ροής προς αυτήν το οποίο μειώνει την πιθανότητα αποκόλλησης του οριακού στρώματος, επιτρέποντας έτσι να “κλείσει” η άτρακτος πίσω πιο απότομα (με μεγαλύτερη γωνία) πετυχαίνοντας έτσι περισσότερο χώρο με σχετικά μικρότερο μήκος ατράκτου.



Σχήμα 4.19: Δυνατές θέσεις μηχανής σε ελικοφόρα αεροσκάφη.

Στην περίπτωση των ελικοφόρων αεροσκαφών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η επίδραση του απορρεύματος της έλικας (“slipstream”) στη λειτουργία των επιφανειών ελέγχου του αεροσκάφους. Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί ανάλογη μέριμνα και για την απόσταση που θα πρέπει να έχει το ρεύμα των καυσαερίων ενός στροβιλοκινητήρα από τα υπόλοιπα μέρη του αεροσκάφους ώστε να μην καταπονούνται ή να μην επηρεάζεται η ροή σε αυτά τα τμήματα σημαντικά. Στην περίπτωση των στροβιλοκινητήρων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι αεροεισαγωγές τους θα πρέπει να μην βρίσκονται υπερβολικά κοντά στο έδαφος ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος εισρόφησης ξένων σωμάτων.

Σε πάρα πολλές περιπτώσεις σχεδιασμού αεροσκαφών το βασικό ερώτημα για το πρόβλημα της ενσωμάτωσης του προωστικού συστήματος στο αεροσκάφος είναι το αν θα τοποθετηθούν οι κινητήρες στην άτρακτο ή αν θα αναρτηθούν στην πτέρυγα. Μια σύνοψη των σχεδιαστικών πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των δύο διαμορφώσεων αυτών δίνεται στον Πίνακα 4.5.

Κριτήριο	Ανάρτηση σε πτέρυγα	Ανάρτηση σε άτρακτο
Απόσταση από έδαφος	Πιθανά προβλήματα.	Καλό
Εσωτερικός θόρυβος	Ικανοποιητικό	Καλό
Ακουστική κόπωση	Πιθανά προβλήματα σε πτέρυγα και μεταπτερύγια.	Πιθανά προβλήματα σε άτρακτο.
Ασφάλεια σε συντριβή	Καλό	Πιθανά προβλήματα.
Ασύμμετρη ώση	Κακό	Καλό
Βάρος	Ανακούφιση καμπτικής και στρεπτικής ροπής πτέρυγας.	Βαριά ουρά, βαριά κατασκευή ατράκτου.
Συντήρηση	Συνήθως καλό	Πρόβλημα λόγω απόστασης από έδαφος.
Αεροδυναμική απόδοση πτέρυγας	Πιθανές περικοπές επιφανειών μεταπτερυγίων και προπτερυγίων. Επίσης, επίδραση καυσαερίων ή απορρεύματος έλικας στην αεροδυναμική της πτέρυγας.	Πολύ καλό
DTροφοδοσία κινητήρων με καύσιμο	Καλό	Σωληνώσεις περνούν κοντά από την καμπίνα επιβατών
Προστασία από παγοποίηση πτέρυγας	Εύκολο να χρησιμοποιηθεί θερμός αέρας στην πτέρυγα.	Αγωγοί αέρα περνούν από καμπίνα επιβατών

Πίνακας 4.5: Σύγκριση ανάμεσα σε ανάρτηση κινητήρα σε πτέρυγα και άτρακτο.

4.2.1 Επιλογή Έλικας

Για την περίπτωση ενός ελικοφόρου ή ελικοστροβιλοφόρου αεροσκάφους, ένα σημαντικό μέγεθος για τον σχεδιασμό της διάταξης είναι η διάμετρος της έλικας αφού όπως προαναφέρθηκε αυτή θα καθορίσει την απόσταση που χρειαζόμαστε από το έδαφος και άρα το μήκος και βάρος του συστήματος προσγείωσης. Γενικά, η μεγαλύτερη διάμετρος αυξάνει την απόδοση της έλικας, αλλά αυξάνει και το βάρος του συστήματος προσγείωσης. Αυξάνοντας των αριθμό των πτερυγίων επίσης πετυχαίνουμε καλύτερη απόδοση της έλικας.

Η επιλογή της έλικας μπορεί να γίνει με χρήση των Πινάκων 4.6 και 4.7. Επιλέγουμε τον αριθμό πτερυγίων n_{bl} και το φορτίο πτερυγίου P_{bl} ("blade power loading")

σύμφωνα με τη ισχύ $P_{\max}$ της μηχανής που έχει προσδιοριστεί από τη διαδικασία του Κεφαλαίου 3. Το φορτίο του πτερυγίου είναι ένα χαρακτηριστικό που έχει σχέση με την αντοχή του και συνδέεται με το $P_{\max}$ με τη σχέση:

$$P_{\max} = n_{bl} P_{bl} \frac{\pi D_p^2}{4} \quad (4.1)$$

Έτσι, παίρνουμε τη διάμετρο της έλικας από την

$$D_p = \sqrt{\frac{4 P_{\max}}{\pi n_{bl} P_{bl}}} \quad (4.2)$$

Τύπος Αεροσκάφους	Μέγιστη Ισχύς ανά Μηχανή $P_{\max}$ (hp)	Διάμετρος Έλικας D_p (ft)	Αριθμός Πτερυγίων n_{bl}	Φορτίο Πτερυγίου P_{bl} (hp / ft ²)
P 38 Lightning	550	7.7	3	3.9
MOONEY				
Mooney 201	200	6.2	2	3.3
Mooney 301	360	6.5	3	3.6
PIPER				
PA 28 Warrior II	160	6.2	2	2.6
PA-31 Navajo	325	6.7	3	3.1
PA-31T Chey. II	620	7.8	3	4.3
CESSNA				
152	108	5.8	2	2.0
Skyhawk	160	6.3	2	2.6
Skylane	230	6.8	2	3.2
Skywagon (185)	300	6.7	3	3.7
Caravan I	600	8.3	3	3.7
T303	250	6.2	3	2.8
340A	310	6.4	3	3.2
BEECH				
Conquest I	450	7.8	3	3.1
Conquest II	636	7.5	3	4.8
V 35 B Bonanza	285	7.0	2	3.7
Baron 95-B55	260	6.5	2	3.9
Duke B60	380	6.2	3	4.2
King Air C90-1	550	7.8	3	3.8
BN2B Islander	260	6.5	2	3.9

Πίνακας 4.6: Τιμές των μεγεθών $P_{\max}$, D_p , n_{bl} και P_{bl} για μονοκινητήρια αεροσκάφη πιστοποίησης FAR 23.

Τύπος Αεροσκάφους	Μέγιστη Ισχύς ανά Μηχανή $P_{\max}$ (hp)	Διάμετρος Έλικας D_p (ft)	Αριθμός πτερυγίων n_{bl}	Φορτίο Πτερυγίου P_{bl} (hp / ft ²)
EMB-110 Bandar.	750	7.8	3	5.2
EMB-120 Brasil.	1,500	10.5	4	4.3
SF-340	1,630	10.5	4	4.7
Fokker F27-200	2,140	11.5	4	5.2
Brit.Aer.748	2,280	12.0	4	5.0
Casa Nurt. 235	1,700	10.8	4	4.6
Beech C99	715	7.8	3	5.0
Beech 1900	1,100	9.1	4	4.2
ATR-42	1,800	13.0	4	3.4
IAI Arava 201	750	8.5	3	4.4

Πίνακας 4.7: Τιμές των μεγεθών $P_{\max}$, D_p , n_{bl} και P_{bl} για αεροσκάφη πιστοποίησης FAR 25 με ελικοστροβίλους (turbo-prop).

Από την Σχέση (4.2) μπορούμε να δούμε ότι για δεδομένη ισχύ μηχανής είναι δυνατόν να μειώσουμε την διάμετρο της έλικας αυξάνοντας τον αριθμό ή / και την φόρτιση των πτερυγίων. Για την σωστή αεροδυναμική λειτουργία της έλικας πρέπει να ελέγξουμε ότι η ταχύτητα του άκρου της έλικας (ίση με το διανυσματικό άθροισμα από την δεδομένη περιστροφική ταχύτητα της μηχανής και την ταχύτητα κανονικής πτήσης) είναι αρκετά χαμηλότερη της ταχύτητας του ήχου. Πρακτικά, για να μην ελαττωθεί πολύ η απόδοση της έλικας λόγω φαινομένων συμπίεστικότητας η ταχύτητα στο άκρο των πτερυγίων πρέπει να είναι μικρότερη από 0.8 Mach. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να μειώσουμε την διάμετρο της έλικας (και άρα την ταχύτητα περιστροφής του άκρου της) αυξάνοντας τον αριθμό των πτερυγίων ή/και επιλέγοντας πτερύγια με υψηλότερη φόρτιση.

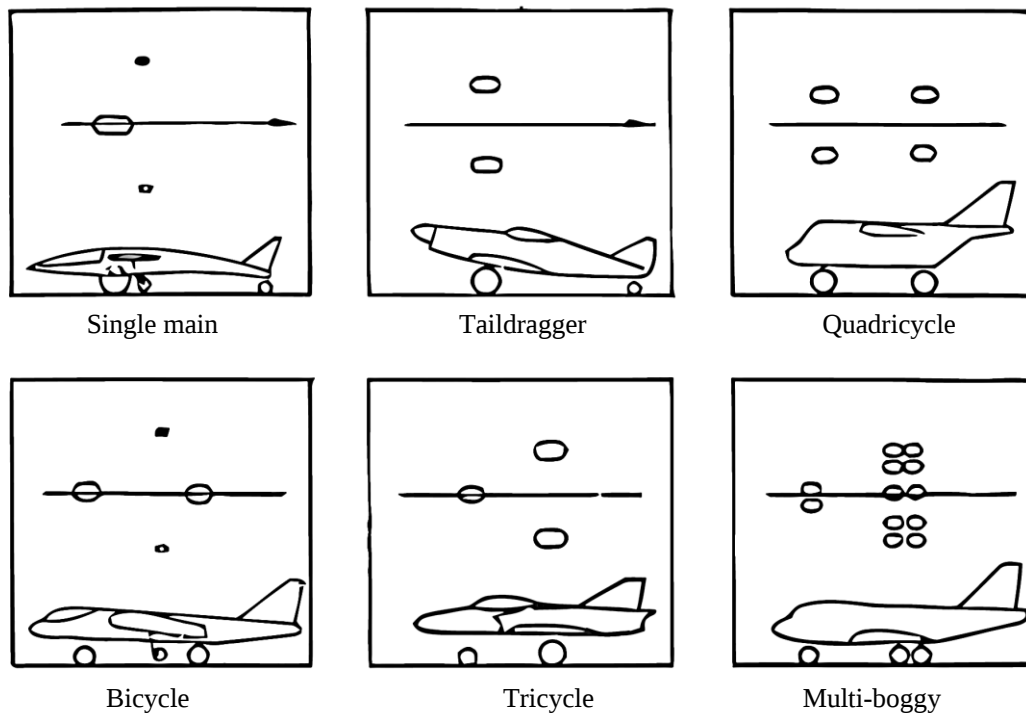
4.3 Διάταξη Συστήματος Προσγείωσης

Οι βασικότερες διατάξεις κατά τις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν οι τροχοί προσγείωσης σε ένα αεροσκάφος είναι:

1. Συμβατική (“taildragger”),
2. Τρίκυκλο (“tricycle”),
3. Δίκυκλο (“bicycle”).

Οι παραπάνω διατάξεις τροχών καθώς και κάποιες άλλες απεικονίζονται στο Σχήμα 4.20. Η επιλογή της κατάλληλης διάταξης εξαρτάται πρωταρχικά από το μήκος του διαδρόμου καθώς και από το είδος (άσφαλτος, χώμα, αεροπλανοφόρο, κλπ) του αεροδρομίου από το οποίο καλείται να επιχειρεί το αεροσκάφος. Εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας είναι και το εκτιμώμενο βάρος του.

Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι αυτή της *τρίκυκλης* διάταξης. Η διάταξη αυτή είναι απλή στην κατασκευή και δεν παρουσιάζει δυσκολίες στον χειρισμό του αεροσκάφους στο έδαφος. Επίσης, η συμβατική διάταξη είναι μια καλή λύση όταν το κέντρο βάρους του αεροσκάφους είναι πολύ μπροστά ή όταν το αεροσκάφος επιχειρεί από χωμάτινους διαδρόμους. Παρουσιάζει όμως προβλήματα αστάθειας κατά την πέδηση του αεροσκάφους. Σε περιπτώσεις όπου κύρια επιδίωξη είναι η μείωση του βάρους μπορεί και να χρησιμοποιείται και μόνο ένα σκέλος συστήματος προσγείωσης το οποίο συνοδεύεται από κατάλληλα τοποθετημένους μικρούς τροχούς που βοηθούν στην ισορροπία του αεροσκάφους στο έδαφος όταν αυτό είναι ακίνητο ή κινείται με μικρή ταχύτητα. Σε μεγάλα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται περισσότερα από τρία σκέλη προσγείωσης εξαιτίας του μεγάλου βάρους που πρέπει να υποστηρίξουν.



Σχήμα 4.20: Διατάξεις τροχών προσγείωσης.

Για την επιλογή σταθερών ή ανασυρόμενων τροχών προσγείωσης χρησιμοποιούμε τον γενικό κανόνα: όταν η ταχύτητα πτήσης V_{cruise} είναι μεγαλύτερη των 150 kts, επιλέγουμε ανασυρόμενο σύστημα προσγείωσης, καθώς η οπισθέλκουσα των τροχών σε αυτές τις ταχύτητες είναι μεγάλη.

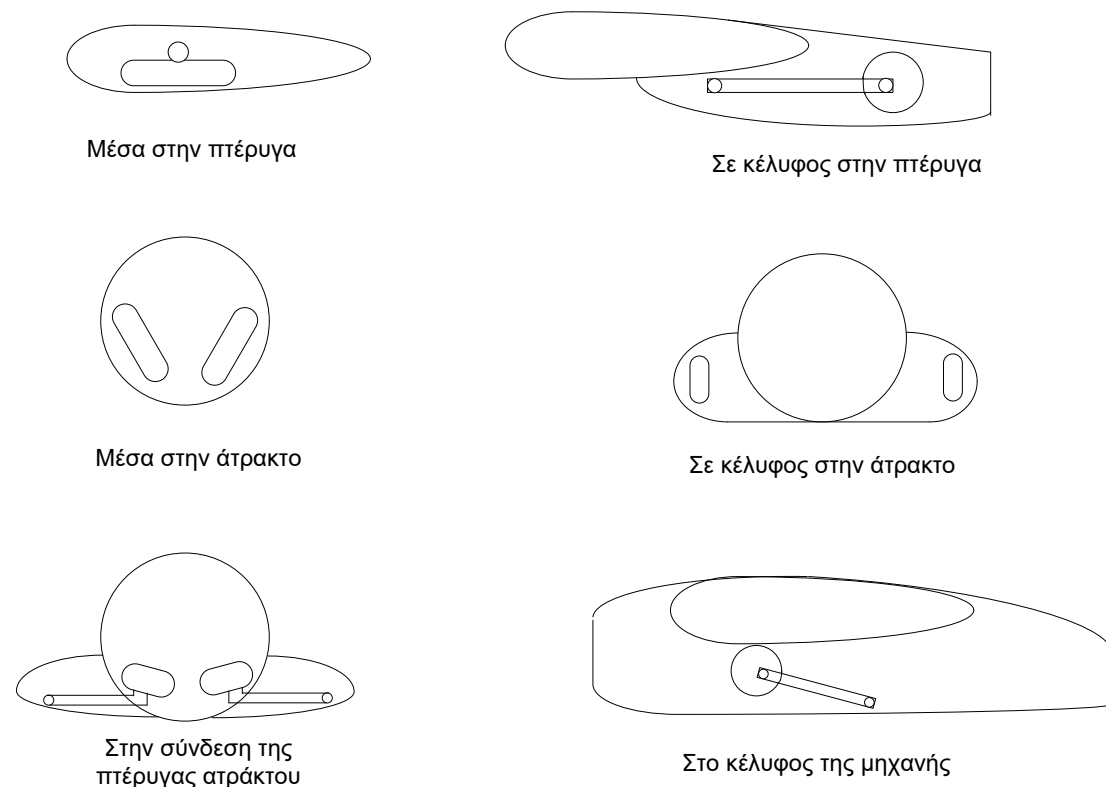
Οι συνήθειες θέσεις αναδίπλωσης των τροχών είναι:

1. στην πτέρυγα,
2. σε κελύφη επί της πτέρυγας,
3. στην άτρακτο,
4. σε κελύφη επί της ατράκτου (“blister fairings”),
5. στη σύνδεση της πτέρυγας με την άτρακτο, και
6. στα ατρακτίδια των μηχανών.

Τα παραπάνω φαίνονται σχηματικά στο Σχήμα 4.21. Η ανάσυρση του συστήματος προσγείωσης μέσα στην πτέρυγα πλεονεκτεί στο γεγονός ότι έχουμε καθαρές αεροδυναμικές γραμμές, ωστόσο η δομική σχεδίαση της πτέρυγας δεν μπορεί να είναι η καλύτερη δυνατή με αποτέλεσμα το μεγάλο της βάρος. Η τοποθέτησή τους σε κελύφη

της πτέρυγας επιλύει το δομικό πρόβλημα αλλά παρουσιάζει αεροδυναμικό κόστος. Πολύ καλή επιλογή είναι η ανάσυρση στην σύνδεση πτέρυγας-ατράκτου. Η διάταξη αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε χαμηλοπτέρυγες διατάξεις. Αντίθετα σε υψηλοπτέρυγες διατάξεις για να έχουμε μικρό μήκος σκελών είναι συνήθως απαραίτητο να γίνεται ανάσυρση του συστήματος προσγείωσης στην άτρακτο. Αυτό έχει ως μειονέκτημα τη μείωση του ωφέλιμου εσωτερικού χώρου της ατράκτου και δημιουργεί σχεδιαστικά προβλήματα όταν η άτρακτος έχει συμπιεζόμενη καμπίνα. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με τη χρήση κελυφών στην άτρακτο (“blister fairings”) τα οποία μπορούν να φέρουν το σύστημα προσγείωσης (Σχήμα 4.21) με αεροδυναμικό όμως κόστος.

Για το μέγεθος των σκελών του συστήματος προσγείωσης όπως και την τοποθέτησή τους είναι απαραίτητο να είναι γνωστή και η θέση των υπόλοιπων βασικών τμημάτων του αεροσκάφους καθώς και το κέντρο βάρους, κάτι που παρουσιάζεται σε επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 4.21: Θέσεις αναδίπλωσης των σκελών προσγείωσης.

4.4 Κύρια Χαρακτηριστικά για Κάθε Κατηγορία Αεροσκάφους

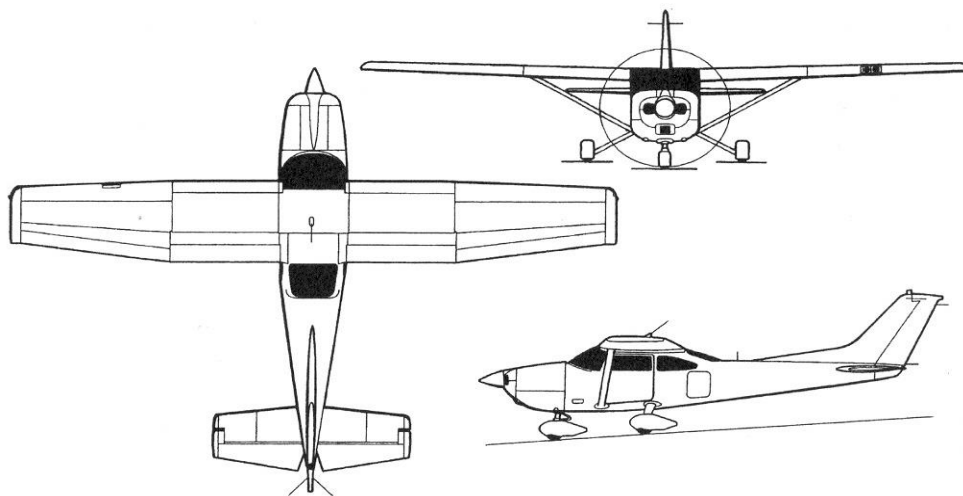
Οι κυριότερες κατηγορίες αεροσκαφών είναι:

1. Ιδιοκατασκευές.
2. Μονοκινητήρια με έλικα.
3. Δικινητήρια με έλικα.
4. Επιβατηγά με ελικοστροβιλομηχανές (“Turboprop”).
5. Αγροτικά/Ψεκαστικά.
6. Μικρά επιβατηγά αεριωθούμενα.
7. Μεγάλα επιβατηγά αεριωθούμενα.
8. Υπερηχητικά επιβατηγά.
9. Μαχητικά.
10. Περιπολικά, βομβαρδιστικά, μεταγωγικά.
11. Υδροπλάνα, αμφίβια.

Στη συνέχεια αναφέρονται κύρια χαρακτηριστικά της διάταξης για τις σημαντικότερες από τις παραπάνω κατηγορίες αεροσκαφών.

4.4.1 Μονοκινητήρια Ελικοφόρα Αεροσκάφη

Μια τυπική διάταξη για μονοκινητήριο ελικοφόρο αεροσκάφος φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 4.22.



Σχήμα 4.22: Τυπική διάταξη μονοκινητήριου ελικοφόρου αεροσκάφους (Cessna 182T Skylane)[5].

Εξετάζοντας τα επιμέρους τμήματα της διάταξης, θα μπορούσαμε να σημειώσουμε τα εξής:

Θέση πτέρυγας

Στα περισσότερα αεροσκάφη αυτής της κατηγορίας η πτέρυγα βρίσκεται χαμηλά, ενώ μικρότερος αριθμός αεροσκαφών έχει την πτέρυγα πακτωμένη στο πάνω μέρος της ατράκτου. Σε πολλές περιπτώσεις η πτέρυγα στηρίζεται και από εξωτερικές δοκούς (strut braced).

Θέση οριζόντιου σταθεροποιητή

Στα περισσότερα αεροσκάφη ο οριζόντιος σταθεροποιητής βρίσκεται στην ρίζα του κατακόρυφου σταθεροποιητή ενώ σε ορισμένα είναι τοποθετημένη ψηλά σχηματίζοντας ουρά σχήματος T (“T-tail”).

Τύπος κατακόρυφου σταθεροποιητή

Στην πλειοψηφία τους τα μονοκινητήρια αεροσκάφη έχουν κατακόρυφο σταθεροποιητή ο οποίος παρουσιάζει οπισθόκλιση, με σκοπό να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του πηδαλίου διεύθυνσης, δηλαδή, η ροπή που δίνει ως προς το κέντρο βάρους του αεροσκάφους.

Θέση έλικας

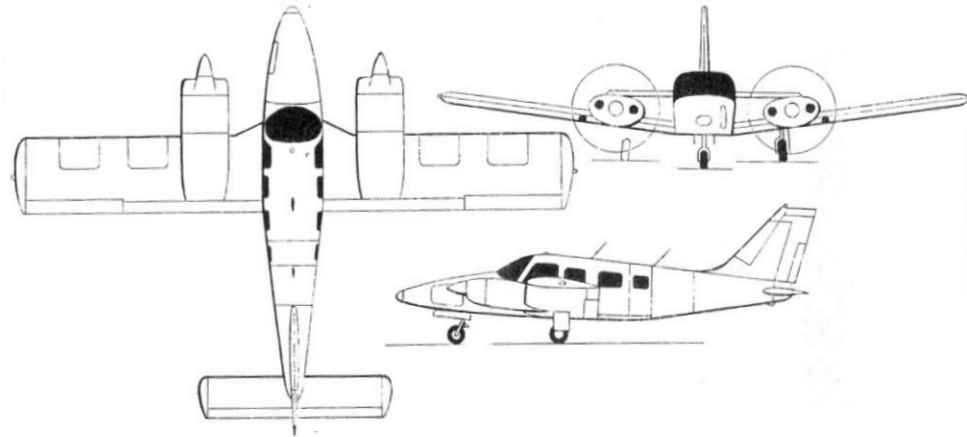
Τα περισσότερα έχουν την έλικα μπροστά (“tractors”), ενώ οι περιπτώσεις που την έχουν στο πίσω μέρος της ατράκτου (“pushers”) είναι ελάχιστες.

Τύπος τροχών προσγείωσης

Οι τροχοί προσγείωσης είναι είτε ανασυρόμενοι, είτε σταθεροί. Η πρώτη επιλογή είναι και η βέλτιστη, καθώς μειώνει την αεροδυναμική αντίσταση του αεροσκάφους. Παρόλα αυτά για λόγους ελαχιστοποίησης του βάρους στα αεροσκάφη της κατηγορίας αυτής συναντούμε αρκετά συχνά σταθερούς τροχούς.

4.4.2 Δικινητήρια Ελικοφόρα Αεροσκάφη

Μια τυπική διάταξη ενός δικινητήριου ελικοφόρου αεροσκάφους φαίνεται στο Σχήμα 4.23.



Σχήμα 4.23: Τυπική διάταξη δικινητήριου ελικοφόρου αεροσκάφους (Piper PA-34-220T Seneca V [5]).

Αναλυτικά, για κάθε τμήμα του αεροσκάφους αναφέρουμε τα παρακάτω:

Θέση πτέρυγας

Στα περισσότερα αεροσκάφη της κατηγορίας αυτής η πτέρυγα είναι χαμηλά. Αυτό επιβάλλει τον κατάλληλο σχεδιασμό για την τοποθέτηση των μηχανών καθώς πρέπει να εξασφαλιστεί μια ελάχιστη απόσταση μεταξύ της περιστρεφόμενης έλικας και του εδάφους.

Θέση οριζόντιου σταθεροποιητή

Στα περισσότερα αεροσκάφη ο οριζόντιος σταθεροποιητής και κατά συνέπεια και το πηδάλιο ανόδου-καθόδου του αεροσκάφους βρίσκονται μέσα στην περιοχή του απορρεύματος των ελικοφόρων μηχανών. Αυτό έχει μεν το πλεονέκτημα ότι η συγκεκριμένη επιφάνεια ελέγχου γίνεται πιο αποτελεσματική ("δέχεται" αυξημένη ταχύτητα ροής), αλλά παράλληλα δημιουργούνται προβλήματα κόπωσης ειδικά σε αεροσκάφη με ισχυρές μηχανές. Στα αεροσκάφη που δεν επιθυμείται η αύξηση της

αποτελεσματικότητας του πηδαλίου ανόδου καθόδου, τοποθετείται ουρά τύπου “T-tail”.

Θέση μηχανών (ελίκων)

Και στα δικινητήρια αεροσκάφη με έλικα οι μηχανές βρίσκονται συνήθως στο εμπρός μέρος του αεροσκάφους ασκώντας δύναμη έλξης (“tractor”). Οι περιπτώσεις που οι μηχανές βρίσκονται στο πίσω μέρος (“pusher”) είναι πολύ λιγότερες. Στην κατηγορία αυτή μπορούμε να συναντήσουμε και συνδυασμό των παραπάνω περιπτώσεων, το λεγόμενο “tractor-pusher”. Τα αεροσκάφη αυτά παρουσιάζουν πλεονεκτήματα στην ευστάθεια σε περίπτωση αστοχίας μιας μηχανής, αλλά και αεροδυναμικά προβλήματα λόγω της επίδρασης του απορρεύματος του εμπρόσθιου έλικα στο ροϊκό πεδίο του πίσω.

Τύπος τροχών προσγείωσης

Οι τροχοί μαζεύουν σχεδόν σε όλα τα αεροσκάφη της κατηγορίας στο εσωτερικό των πτερύγων. Αν και τα πτυσσόμενα σκέλη οδηγούν σε αύξηση του βάρους του αεροσκάφους, η επιλογή αυτή είναι η βέλτιστη λόγω της μειωμένης αντίστασης.

“Πτερύγιο ράχης”

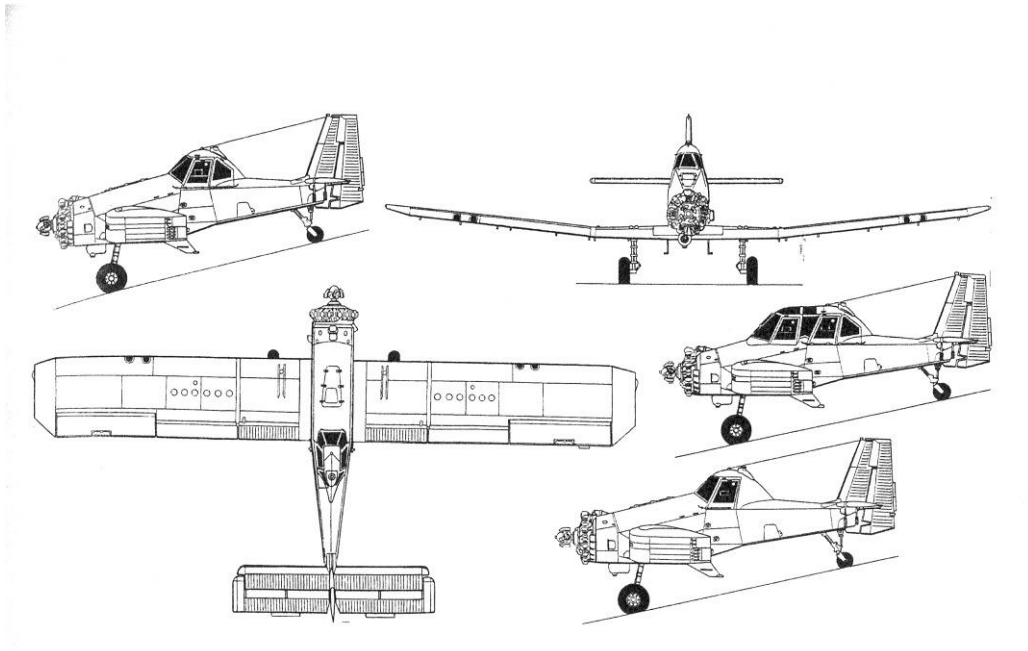
Σε αυτή την κατηγορία αεροσκαφών συναντούμε τα *πτερύγια ράχης* (“dorsal fins”). Πρόκειται για την προέκταση της κατακόρυφης ουράς στο κάτω μέρος της ατράκτου. Βοηθούν στην αύξηση της ευστάθειας ως προς τον κατακόρυφο άξονα (ή άξονα εκτροπής).

4.4.3 Ψεκαστικά Αεροσκάφη

Τα ψεκαστικά ή αγροτικά αεροσκάφη έχουν σχεδόν όλα ένα ελικοφόρο κινητήρα για αυτό και η διάταξη της μηχανής και της ουράς είναι παρόμοια με τα μονοκινητήρια ελικοφόρα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.24. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

Θέση πτέρυγας

Τα περισσότερα έχουν την πτέρυγα χαμηλά, ενώ ορισμένα είναι διπλάνα. Εξωτερικές ενισχύσεις της πτέρυγας ακόμη και της ουράς είναι συνηθισμένες για να επιτευχθεί μειωμένο βάρος της πτέρυγας. Δεν υπάρχει εδώ σημαντικό πρόβλημα αύξησης της οπισθέλκουσας λόγω της μικρής ταχύτητας πτήσης των αεροσκαφών αυτών.



Σχήμα 4.24: Τυπική διάταξη αγροτικού αεροσκάφους (PZL M18B Dromader) [5].

Ψεκαστικό σύστημα

Το απόρρευμα της έλικας και οι στρόβιλοι των άκρων της πτέρυγας βοηθούν στο να διασκορπιστεί το ψεκαστικό. Το σύστημα ψεκασμού βρίσκεται συνήθως κοντά στην ακμή εκφυγής της πτέρυγας.

Πιλοτήριο

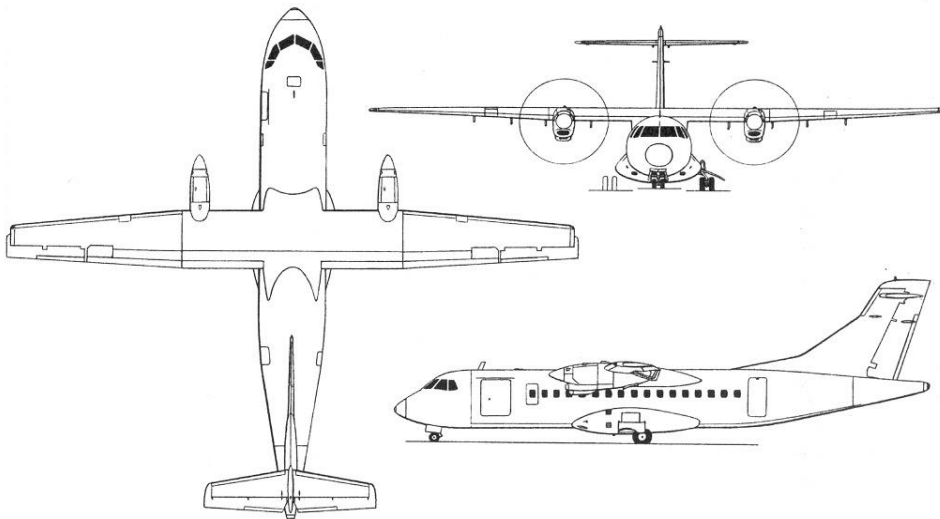
Είναι υπερυψωμένο για να έχει ο χειριστής όσο το δυνατόν καλύτερη ορατότητα. Στα αγροτικά αεροσκάφη η ορατότητα έχει πολύ μεγάλη σημασία καθώς το αεροσκάφος επιχειρεί χαμηλά όπου υπάρχουν πολλά εμπόδια. Το υπερυψωμένο πιλοτήριο έχει ωστόσο το μειονέκτημα ότι αυξάνει την οπισθέλκουσα του αεροσκάφους. Ακόμη τα τζάμια του πιλοτηρίου είναι ειδικά κατασκευασμένα ώστε να αντέχουν στις προσκρούσεις με πουλιά και άλλα εμπόδια.

Τύπος τροχών προσγείωσης

Οι τροχοί είναι σχεδόν σε όλα τα αγροτικά, τύπου “tail-dragger” και δεν μαζεύουν. Η επιλογή αυτού του τύπου τροχών οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα αγροτικά αεροσκάφη χρησιμοποιούν τις περισσότερες φορές χωμάτινους διαδρόμους για την απογείωση και προσγείωσή τους.

4.4.4 Αεροσκάφη με Ελικοστροβίλους (Turboprop)

Τα αεροσκάφη αυτά χαρακτηρίζονται συνήθως σαν “regional turboprop”, δηλαδή αεροσκάφη με ελικοστροβίλους, τα οποία εκτελούν περιφερειακές (μικρής εμβέλειας) πτήσεις. Συνήθως πρόκειται για δικινητήρια και σπανιότερα τετρακινητήρια αεροσκάφη. Η τυπική διάταξη ενός τέτοιου αεροσκάφους φαίνεται στο Σχήμα 4.25.



Σχήμα 4.25: Τυπική διάταξη δικινητήριου αεροσκάφους με ελικοστροβίλους (ATR 42) [5].

Θέση πτέρυγας

Συναντούμε τόσο υψηλοπτέρυγα όσο και χαμηλοπτέρυγα αεροσκάφη σε αυτήν την κατηγορία. Ένα κοινό χαρακτηριστικό των πτερύγων, ανεξάρτητα από τη θέση τους, είναι ο μεγάλος λόγος διατάματος.

Τύπος ουράς

Στα περισσότερα ο οριζόντιος σταθεροποιητής βρίσκεται στη ρίζα του πηδαλίου διεύθυνσης, ωστόσο συναντούμε αρκετά αεροσκάφη να έχουν ουρά τύπου T (“T-tail”).

Η επιλογή αυτή έχει να κάνει με το ότι δεν είναι επιθυμητή η επίδραση του απορρεύματος των ελίκων πάνω στην οριζόντια ουρά.

Θέση μηχανών

Όλα σχεδόν τα αεροσκάφη της κατηγορίας είναι τύπου "tractor", ενώ οι μηχανές βρίσκονται μέσα σε ατρακτίδια τα οποία είναι συνδεδεμένα με την πτέρυγα.

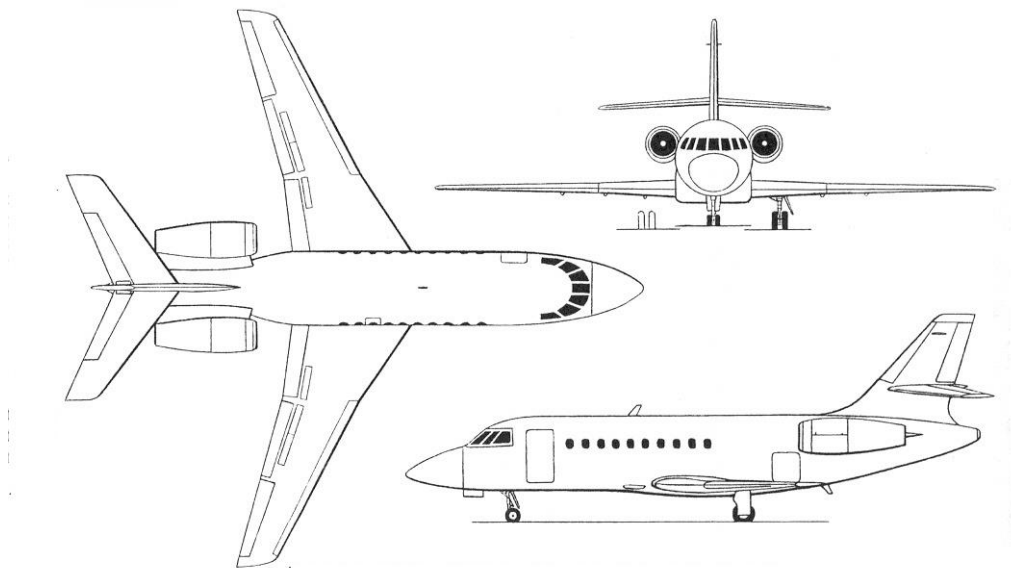
Τροχοί προσγείωσης

Όλα τα αεροσκάφη έχουν τρίκυκλο και πτυσσόμενο σύστημα προσγείωσης. Για τη θέση αναδίπλωσης των τροχών συναντούμε τις εξής λύσεις:

1. Στο κέλυφος της μηχανής, που είναι και η πλέον συνηθισμένη θέση.
2. Σε "blister fairing" στην άτρακτο.

4.4.5 Μικρά Επιβατηγά Αεριοθούμενα (Business jets)

Το Σχήμα 4.26 απεικονίζει τυπική διάταξη ενός μικρού αεριοθούμενου επιβατηγού αεροσκάφους.



Σχήμα 4.26: Τυπική διάταξη μικρού αεριοθούμενου επιβατηγού (Dassault Falcon 2000) [5].

Αριθμός και θέση μηχανών

Τα περισσότερα μικρά αεριωθούμενα επιβατηγά έχουν δύο μηχανές, ενώ σπανιότερα συναντούμε περισσότερες. Συνήθως βρίσκονται εγκατεστημένες σε κελύφη στο πίσω μέρος της ατράκτου.

Επιπλέον δεξαμενές καυσίμου

Για αυξημένη εμβέλεια συναντούμε εξωτερικές δεξαμενές καυσίμου, είτε εγκατεστημένες στα άκρα της πτέρυγας είτε ακόμη και στη μέση αυτής.

Πτέρυγα

Η θέση της πτέρυγας είναι σε όλα σχεδόν τα αεροσκάφη χαμηλά. Οι μεγάλες ταχύτητες πτήσης δικαιολογούν την οπισθόκλιση των πτερύγων στα περισσότερα από αυτά τα αεροσκάφη, ενώ χρησιμοποιούνται και υπερκρίσιμες πτέρυγες με σκοπό την μείωση της αντίστασης σε υψηλές ταχύτητες πτήσης.

Ακροπτερύγια

Στα συγκεκριμένα αεροσκάφη είναι πολύ συνηθισμένα τα ακροπτερύγια (winglets), τα οποία αποτελούν διατάξεις στα άκρα της πτέρυγας που αποσκοπούν στην ελάττωση της επαγώμενης αντίστασης του αεροσκάφους.

Τροχοί προσγείωσης

Όλα τα αεροσκάφη χρησιμοποιούν τρίκυκλο σύστημα προσγείωσης με πτυσσόμενα σκέλη. Η θέση αναδίπλωσης των τροχών βρίσκεται είτε στην πτέρυγα, είτε στο σημείο σύνδεσης της πτέρυγας με την άτρακτο. Συναντούμε συχνά δυο τροχούς ανά σκέλος προσγείωσης.

Θέση οριζόντιας ουράς

Στα business jets συναντούμε όλους τους τύπους ουράς. Συνηθέστερο είναι η οριζόντια ουρά να βρίσκεται στη ρίζα του πηδαλίου, ωστόσο αρκετά αεροσκάφη έχουν ουρά “T-tail”, ή έχουν τον οριζόντιο ουραίο στη μέση του πηδαλίου σχηματίζοντας σταυρό (“cruciform”).

4.4.6 Μεγάλα Επιβατηγά Αεριοθούμενα (Jet Transports)

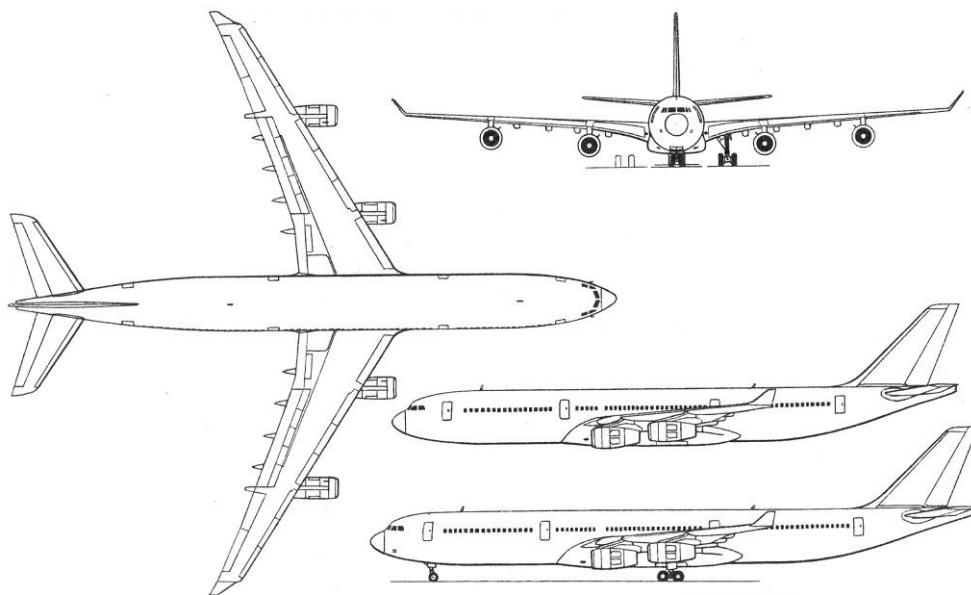
Τα μεγάλα επιβατηγά τζετ είναι τα μεγαλύτερα σε χρήση αεροσκάφη. Η διάταξη ενός αεροσκάφους αυτής της κατηγορίας απεικονίζεται στο Σχήμα 4.27.

Θέση πτέρυγας

Η πτέρυγα στη συντριπτική πλειοψηφία των αεροσκαφών αυτών βρίσκεται χαμηλά, πακτωμένη στην άτρακτο.

Θέση μηχανών

Οι μηχανές βρίσκονται εγκατεστημένες σε κελύφη στο πίσω μέρος της ατράκτου ή κάτω από την πτέρυγα. Συνήθως ο αριθμός των μηχανών είναι άρτιος (2 ή 4). Σε όσα έχουν τρεις μηχανές, η τρίτη μηχανή βρίσκεται στη ρίζα του πηδαλίου διεύθυνσης.



Σχήμα 4.27: Τυπική διάταξη μεγάλου αεριοθούμενου επιβατηγού (Airbus A340-300) [5].

Τροχοί προσγείωσης

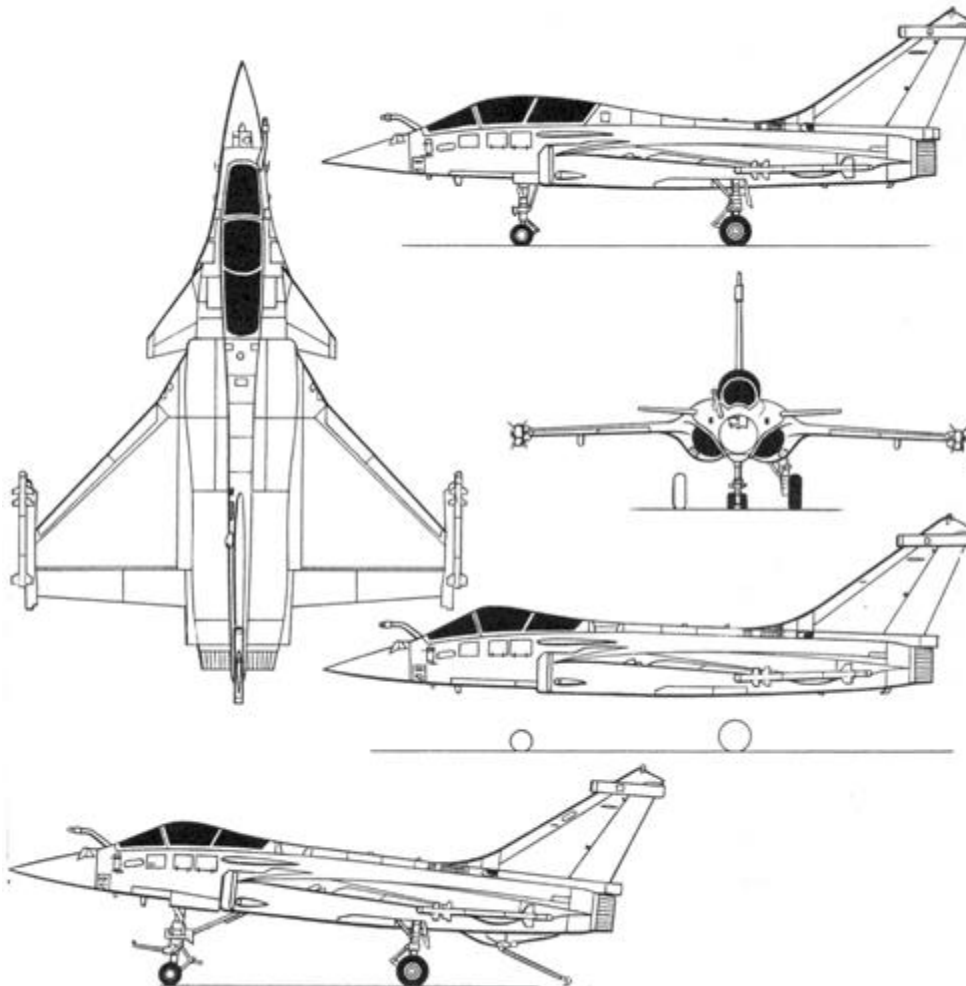
Όλα τα αεροσκάφη έχουν τρίκυκλο σύστημα προσγείωσης με πτυσσόμενα σκέλη, τα οποία κατά κανόνα αναδιπλώνονται στο σημείο που ενώνεται η πτέρυγα με την άτρακτο του αεροσκάφους. Σε κάθε σκέλος συναντούμε 3 ή 4 τροχούς.

Θέση οριζόντιας ουράς

Συχνότερα η οριζόντια ουρά τοποθετείται χαμηλά στη ρίζα του πηδαλίου, ενώ πιο σπάνια συναντούμε διατάξεις “T-tail”.

4.4.7 Μαχητικά Αεροσκάφη

Ο σχεδιασμός των μαχητικών αεροσκαφών διαφέρει κατά πολύ από αυτόν των επιβατηγών λόγω των διαφορετικών επιχειρησιακών απαιτήσεων. Στο Σχήμα 4.28 απεικονίζεται η διάταξη ενός μαχητικού αεροσκάφους.



Σχήμα 4.28: Τυπική διάταξη μαχητικού αεροσκάφους (Dassault Rafale B) [5].

Οι βασικές διαφορές στις απαιτήσεις που πρέπει να πληροί ένα μαχητικό είναι:

1. Ικανότητα να φέρει πλήγματα και αστοχίες σε μεγαλύτερο βαθμό από την αντίστοιχη των πολιτικών αεροσκαφών.
2. Αισθητά ψηλότερες επιδόσεις και αυξημένη ευελιξία (maneuverability).

Η δεύτερη απαίτηση οδηγεί σε σχεδιασμό με μεγαλύτερες τιμές λόγου T/W από αεροδυναμικά παρόμοιες σχεδιάσεις πολιτικών αεροσκαφών.

Μηχανές

Τα μαχητικά αεροσκάφη φέρουν μία ή δύο στροβιλομηχανές. Παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό μηχανών είναι η ακριβής αποστολή του αεροσκάφους και οι επιδόσεις του (βάρος, εμβέλεια, κατανάλωση). Τα δικινητήρια έχουν μεγαλύτερο συντελεστή ασφαλείας και για αυτό γενικά προτιμούνται όταν πρόκειται για χρήση σε αεροπλανοφόρα. Οι μηχανές είναι κοντά στην άτρακτο για (1) μείωση αντίστασης λόγω υψηλής ταχύτητας, και (2) μικρότερη ροπή αν αστοχήσει ένας κινητήρας.

Πτέρυγα

Η πτέρυγα είναι στα περισσότερα μαχητικά οπισθοκλινής ή σχήματος Δέλτα. Πτέρυγες μεταβλητής οπισθόκλισης αποτελούν ιδιαίτερα ακριβή επιλογή και για αυτό χρησιμοποιούνται μόνο σε μαχητικά αεροσκάφη που πρέπει να συμπεριφέρονται ικανοποιητικά σε όλες τις περιοχές ταχυτήτων πτήσης (υποηχητικά, διηχητικά και υπερηχητικά). Διατάξεις που συνδυάζουν πτερύγια “Canard” και πτέρυγα Δέλτα, συναντούνται επίσης λόγω των αεροδυναμικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν.

Τροχοί Προσγείωσης

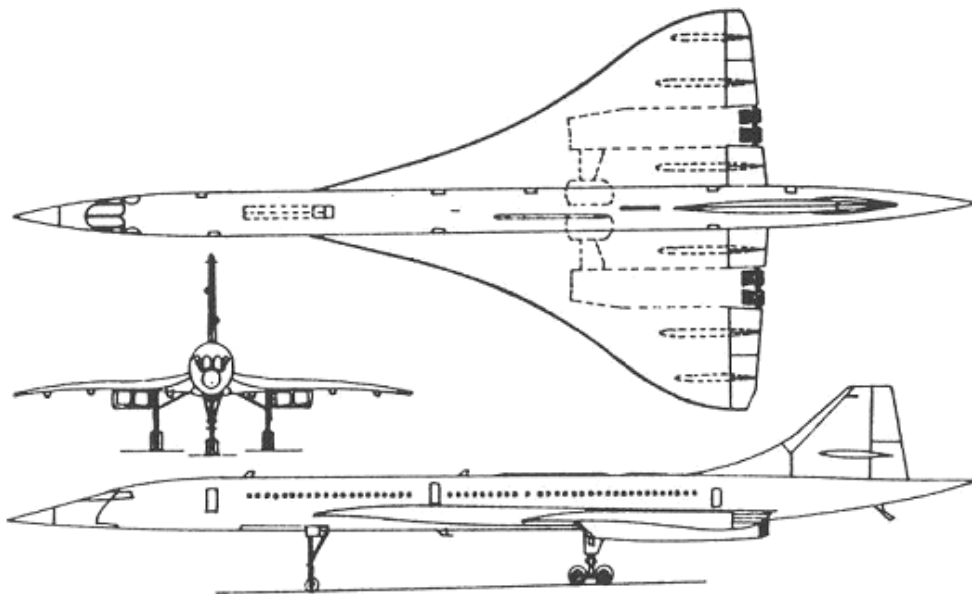
Σχεδόν όλα τα μαχητικά έχουν τρίκυκλο σύστημα προσγείωσης με πτυσσόμενα σκέλη. Συνήθως έχουμε έναν τροχό ανά σκέλος, ωστόσο αρκετές φορές συναντούμε δυο τροχούς στο εμπρόσθιο σκέλος

Κατακόρυφη ουρά

Εκτός της γνωστής διάταξης με μια κατακόρυφη ουρά, συχνά επιλέγεται η λύση των δυο κατακόρυφων πτερυγίων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε μεγάλες γωνίες προσβολής, οι στρόβιλοι που δημιουργούνται από το μπροστινό μέρος του αεροσκάφους επιδρούν στα πηδάλια επηρεάζοντας την ευστάθεια του αεροσκάφους, αλλά και δημιουργώντας ισχυρές καταπονήσεις στην κατακόρυφη ουρά. Είναι επόμενο, δυο μικρότερα κατακόρυφα ουραία πτερύγια να παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά και μεγαλύτερη αντοχή από ένα μεγαλύτερης επιφάνειας. Ακόμη σε πολλά αεροσκάφη παρατηρούμε ενιαίες επιφάνειες ελέγχου, χωρίς τη μορφή μερικώς κινούμενων πτερυγίων.

4.4.8 Υπερηχητικά Επιβατηγά

Τα υπερηχητικά επιβατηγά αεροσκάφη είναι η απάντηση στην απαίτηση για ταχύτατη μεταφορά επιβατών. Η τυπική διάταξη για αυτή τη κατηγορία αεροσκαφών παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.29.



Σχήμα 4.29: Τυπική διάταξη υπερηχητικού επιβατηγού αεροσκάφους (Aerospatiale / BAC Concorde) [5].

Πτέρυγα

Η πτέρυγα στα υπερηχητικά επιβατηγά παρουσιάζει μεγάλη οπισθόκλιση. Αυτό γίνεται σε μια προσπάθεια να ελαττωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η αντίσταση που παρουσιάζεται στις υπερηχητικές ταχύτητες ("wave drag"). Επίσης, δεν χρησιμοποιούνται συμβατικές αεροτομές αλλά αεροτομές σχεδιασμένες για υπερηχητικές ταχύτητες, όπως υπερκρίσιμες ή τριγωνικές.

Θέση πιλοτηρίου

Η μεγάλη οπισθόκλιση της πτέρυγας έχει σαν αποτέλεσμα ο λόγος L/D να παίρνει χαμηλές τιμές της τάξης 7-9. Αυτό σημαίνει ότι η γωνία προσέγγισης κατά την προσγείωση πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη με συνέπεια να δημιουργείται πρόβλημα ορατότητας στον κυβερνήτη του αεροσκάφους. Το πρόβλημα λύνεται με την τοποθέτηση του ρύγχους και του θαλάμου διακυβέρνησης με (σταθερή ή όχι) κλίση προς τα κάτω ("drooped nose").

Θόρυβος

Υπάρχει πρόβλημα ελαχιστοποίησης του θορύβου που προκαλεί η υπερηχητική πτήση πάνω από κατοικημένες περιοχές ("sonic boom"). Για το λόγο αυτό και απαγορεύονται σε πολλά αεροδρόμια οι υπερηχητικές πτήσεις επιβατηγών.

Διαμόρφωση ατράκτου

Για να ελαττωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η οπισθέλκουσα λόγω κρουστικών κυμάτων ("wave drag"), στα υπερηχητικά αεροσκάφη χρησιμοποιείται ο εμπειρικός κανόνας "Area Rule".

Βιβλιογραφία

1. D. Stinton, *"Anatomy of the Aeroplane"*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, Virginia, 1998.
2. P. Raymer, *"Aircraft Design: A Conceptual Approach"*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, Virginia, 1999.
3. J. Roskam, *"Airplane Design"*, DAR Corporation, Lawrence, Kansas, 1997.
4. T. Corke, *"Design of Aircraft"*, Prentice Hall, New Jersey, 2003.
5. P. Jackson et al, *"Jane's All the World's Aircraft 2004-2005"*, Thanet Press Ltd, 2004.
6. Ι. Καλλιντέρης, *"Πίνακες Βασικού Σχεδιασμού Αεροσκαφών - Επιλεγμένα Πολιτικά Αεροσκάφη"*, Πάτρα 2007.