

ΠΕΤΩΝΤΑΣ ΜΕ ΑΥΤΟΓΥΡΟ



*Όσα πρέπει να γνωρίζετε για
να χειρίζεστε με ασφάλεια και
σιγουριά ένα Αυτόγυρο.*



Επιμέλεια Έκδοσης
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ Υ.Π.Α.Μ.
ΑΕΡΟΛΕΣΧΗΣ ΑΓΡΙΝΙΟΥ



Εκπαιδευτικό Κέντρο Υ.Π.Α.Μ. ΑΕΡΟΛΕΣΧΗΣ ΑΓΡΙΝΙΟΥ

Οι φωτογραφίες πάρθηκαν στους χώρους δράσης της Αερολέσχης Αग्रινίου.

Το βιβλίο αυτό γράφτηκε για να βοηθήσει τους εκπαιδευόμενους χειριστές στην κατανόηση του χειρισμού του Αυτογύρου, ώστε να πετάνε με ασφάλεια και σιγουριά.

Όμως αποτελεί ένα καλό βοήθημα για όλους όσους ασχολούνται με τις πτήσεις.

Ιστοσελίδα Αερολέσχης Αग्रινίου <http://alag.gr> email: info@alag.gr

Για την μετάφραση επιμελήθηκε ο εκπαιδευτής Αυτογύρου Απόστολος Κατσούγιας.

Το βιβλίο αυτό αναδιοργανώθηκε και ψηφιοποιήθηκε με την βοήθεια του Κωνσταντίνου Σαμψών (www.kSamson.gr)

Αग्रίνιο, Ιανουάριος 2011



Πρόλογος

Τί είναι το Αυτόγυρο ή αλλιώς Γυροπλάνο	7
Αυτόγυρο: Ο πρόγονος του ελικοπτέρου	7

2ο Κεφάλαιο

Βασικές αρχές αεροδυναμικής	9
2.1 Αντί εισαγωγής	9
2.2 Σχετικά με την επιστήμη της αεροδυναμικής	9
2.3 Χαρακτηριστικά του αέρα	10
2.4 Το οριακό στρώμα	13
2.5 Η προέλευση της άντωσης	13
2.5.1 Η Αρχή του Μπερνούλλι	13
2.5.2 Ο Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα	14
2.5.3 Θεωρία της Κυκλοφορίας	15
2.6 Λειτουργική Αεροδυναμική	16
2.6.1 Βασικοί Αεροδυναμικοί Όροι	16
2.6.2 Η Άντωση και Η Αντίσταση (οπισθέλκουσα)	19
2.6.3 Διανυσματική ανάλυση της δημιουργίας της άντωσης	21
2.6.4 Άντωση, Οπισθέλκουσα (Αντίσταση) και το Αυτόγυρο	23
2.6.5 Ανάλυση των αντιστάσεων	25
2.7. Το Αυτόγυρο και οι διάφοροι τύποι ενέργειας	26
2.7.1 Μεταφορά Ενέργειας	28
2.7.2 Άνοδος και κάθοδος	29
2.7.3 Αντίσταση και Ισχύς	29
2.8 Επιδόσεις και Περιορισμοί	32
2.8.1 Περιορισμοί	33
2.8.2 Επιδόσεις	35
2.9 Υψόμετρο και ταχύτητα	37
2.9.1. Βασικές έννοιες γύρω από την μέτρηση του ύψους	38
2.9.1.1 Το βαρομετρικό υψομετρικό όργανο	38
2.9.1.2 Ρύθμιση του υψομετρικού οργάνου	39
2.9.1.3 Ύψος, υψόμετρο, ύψος πτήσης	40
2.9.2 Σχετικά με τις ταχύτητες	41
2.9.3 Φαινόμενη ταχύτητα και πραγματική ταχύτητα	43

3ο Κεφάλαιο

Η Αυτοπεριστροφή: η αεροδυναμική του ρότορα	44
3.1 Η αεροδυναμική της πτέρυγας ενός ρότορα	44
3.1.1. Ο ανεμόμυλος	45
3.1.2. Κατανομή των ταχυτήτων στην πτέρυγα ενός ρότορα	46
3.1.3. Κυκλική κατανομή των γωνιών προσβολής μιας πτέρυγας	49
3.1.3.1. Κάθετη ταχύτητα της πτέρυγας	52

3.2.	Δημιουργία της αυτοπεριστροφής	53
3.3.	Πως δημιουργείται η άντωση	55
3.4.	Αεροδυναμική του κυκλικού δίσκου του ρότορα	56
3.4.1	Πητικά χαρακτηριστικά ενός ρότορα σε αυτοπεριστροφή	56
3.4.2.	Η κάθετη αυτοπεριστοοφή	59
3.4.3	Συμπέρασμα: απαιτήσεις του ρότορα ενός αυτόγυρου	60
3.5	Ο ημιάκαμπτος ρότορας	61
3.5.1.	Η Βασική Αρχή	62
3.5.2.	Δυνάμεις και τάσεις στον ρότορα	62
3.5.3.	Περιορισμοί στην λειτουργία του ημιάκαμπτου ρότορα	63
3.6.	Οι χαρακτηριστικές γυροσκοπικές ιδιότητες του ρότορα	64

5ο Κεφάλαιο

	Τεχνική πτήσης και ανάλυση των βασικών ελιγμών του Αυτόγυρου	68
5.1	Εισαγωγή	68
5.2	Το να πετάς με Αυτόγυρο	68
5.2.2	Ρυθμός (regimea) περιστροφής του ρότορα	69
5.2.2	Πτήση	69
5.2.3	Χρήση των χειριστηρίων	70

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τί είναι το Αυτόγυρο ή αλλιώς Γυροπλάνο

Ιπτάμενο όχημα το οποίο -αντί να έχει σταθερά φτερά όπως το αεροπλάνο- βασίζεται για τη δημιουργία άνωσης και την ανύψωση του σε ένα κατακόρυφο στροφείο (δηλαδή σε έλικα), περίπου όπως το ελικόπτερο, με τη διαφορά όμως ότι στο **αυτόγυρο** ο έλικας είναι μη ενεργειοδοτούμενος και περιστρέφεται μόνο παθητικά (χάρη στην αεροδυναμική) και όχι ενεργητικά με τη χρήση κινητήρα. Το **αυτόγυρο** χρησιμοποιεί, συνήθως, συμβατικό κινητήρα με έλικα για την οριζόντια προώθηση του, όπως και τα αεροπλάνα.

Αυτόγυρο: Ο πρόγονος του ελικοπτέρου



Το αυτόγυρο είναι κάτι μεταξύ αεροπλάνου και ελικοπτέρου. Εφευρέθηκε από τον ισπανό αεροναυπηγό και πιλότο Χουάν ντε λα Θιέρβα, ο οποίος -μετά την πτώση ενός τρικινητήριου αεροπλάνου που είχε κατασκευάσει τέσσερα χρόνια νωρίτερα, λόγω απώλειας στήριξης- αποζητούσε ένα πιο ασφαλές πτητικό μέσο, που να πραγματοποιεί κάθετες απογειώσεις και προσγειώσεις σε χαμηλές ταχύτητες.

Ο Θιέρβα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η λύση βρισκόταν στα φτερά και όχι στο σώμα του αεροπλάνου. Έτσι, άρχισε να πειραματίζεται το 1920 με την κατασκευή ενός αεροσκάφους με περιστρεφόμενο πτερύγιο, θεωρώντας το ως μία πιο σταθερή κατασκευή από το αεροπλάνο. Η πρώτη επιτυχημένη επίδειξη έγινε στο αεροδρόμιο «Κουάτρο Βιέντος» της Μαδρίτης στις 9 Ιανουαρίου 1923.

Το αυτόγυρο ήταν εφοδιασμένο με μια συμβατική μηχανή για την πτήση και ένα περιστρεφόμενο πτερύγιο, στηριγμένο σ' ένα ιστό που μπορούσε να κρατήσει σε ευστάθεια το αεροσκάφος κατά τη διάρκεια της πτήσης. Φυσικά ήταν νωρίς ακόμη για κάθετες προσαπογειώσεις. Η τεχνολογική αυτή λύση αποτέλεσε τομή στην αεροναυτική, καθώς πάνω της στηρίχθηκε η κατασκευή του ελικοπτέρου, είκοσι χρόνια αργότερα, από τον ρώσο Εμιγκρέ Ιγκόρ Σικόρσκι.

Ο Χουάν Ντε Λα Θιέρβα άφησε την Ισπανία για τη Σκωτία το 1925, όπου με τη χρηματοδότηση ενός ντόπιου βιομηχάνου, του Τζέιμς Γουίρ, ίδρυσε μια εταιρεία κατασκευής αυτόγυρων. Πέθανε το 1936, σε ηλικία μόλις 41 ετών, σε αεροπορικό δυστύχημα. Πολλοί πιστεύουν ότι αν ζούσε θα είχε αυτός την πρωτιά της κατασκευής του ελικοπτέρου και όχι ο Σικόρσκι.



2ο Κεφάλαιο

Βασικές αρχές αεροδυναμικής

2.1 Αντί εισαγωγής

Παρόλο που θα μπορούσε κανείς να πει πως δεν χρειάζεται ένα κεφάλαιο αφιερωμένο στην αεροδυναμική σε ένα βιβλίο που απευθύνεται σε εκπαιδευτές, πιλότους και μελλοντικούς πιλότους αυτογύρων, θεώρησα απαραίτητο να το συμπεριλάβω για εκείνους τους αναγνώστες που δεν γνωρίζουν το θέμα, μια και κάποιες έννοιες είναι απαραίτητες για να γίνουν κατανοητές οι εξηγήσεις που δίνονται σε άλλα κεφάλαια, και ειδικότερα στο κεφάλαιο 3.

Επίσης μολονότι υποτίθεται πως κάθε πιλότος κατέχει τις βασικές αρχές σε αυτό το θέμα, η εμπειρία μου έχει δείξει πως πολλοί ιδιώτες πιλότοι δεν γνωρίζουν αυτές τις βασικές αρχές και, πράγμα πολύ σοβαρότερο, δεν έχουν επίγνωση των ελλείψεων τους. Γιατί, λοιπόν, να μην παρουσιαστούν αυτές οι βασικές αρχές σε ένα βιβλίο που απευθύνεται σε αυτούς;

Ελπίζω, λοιπόν, πως αυτή η προσπάθεια θα αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο στα χέρια εκπαιδευτών, πιλότων και μαθητευόμενων.

Όπως και να έχει, αυτό είναι ένα κεφάλαιο δευτερεύουσας σημασίας για τους αναγνώστες που γνωρίζουν τις βασικές αρχές της αεροδυναμικής. Όμως δεν θα κλείσω αυτή την εισαγωγή πριν εκφράσω μια σκέψη ακόμα. Είναι απόλυτα δυνατό να πετάει ένα αεροσκάφος (και δεν έχει σημασία αν πρόκειται για αεροπλάνο, ελικόπτερο ή αυτόγυρο) χωρίς ο πιλότος του να έχει ιδέα από αεροδυναμική, μια και η πτήση είναι μια κινητική δεξιότητα η οποία αποκτάται μέσω της εμπειρίας» Ένας πιλότος, με άλλα λόγια, μπορεί να πετάει μια ολόκληρη ζωή χωρίς δυσάρεστες εκπλήξεις, αλλά αυτό είναι σαν το παιχνίδι της ρώσικης ρουλέτας.» αν συμβεί κάτι ξαφνικό ή αλλάξουν οι συνθήκες πτήσεις στις οποίες είναι εξοικειωμένος αυτός ο πιλότος, πώς θα αντιδράσει;

Από την άλλη πλευρά, στις πτήσεις αποδεικνύεται συνέχεια το ρητό "η άγνοια σκοτώνει". Φτάνει μόνο να αναλύσουμε με κριτικό μάτι τα περισσότερα ατυχήματα στον χώρο.

2.2 Σχετικά με την επιστήμη της αεροδυναμικής

Από καταβολής κόσμου ο άνθρωπος ονειρευόταν να πετάξει αλλά η ιστορία των πρώτων πτήσεων ήταν μια αλυσίδα από απόπειρες και πειραματισμούς βασισμένους σε συλλογισμούς ή θεωρίες λιγότερο ή περισσότερο εύστοχους. Το σίγουρο είναι πως η ανάπτυξη της αεροναυτικής στις μέρες μας δεν είναι πολύ διαφορετική, μια και βασίζεται, κυρίως, στην αποκτηθείσα εμπειρία. Απόδειξη αποτελεί το γεγονός ότι η πλειοψηφία των πρότυπων αεροσκαφών είναι απαραίτητο να δοκιμάζονται και να βελτιώνονται πριν γίνουν ασφαλή και αξιόπιστα.

Η αεροδυναμική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την μελέτη των νόμων και των σχέσεων που διέπουν την κίνηση των αερίων και αποτελεί ένα μόνο μέρος της μηχανικής των ρευστών. Αλλά δεν ήταν η μελέτη της αεροδυναμικής αυτή

που έλυσε το πρόβλημα της πτήσης στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Στην πραγματικότητα, στην επιστημονική κοινότητα επικρατούσε η ιδέα πως η πτήση ήταν αδύνατη. Ήταν οι λίγοι άνθρωποι, που σε αρκετές περιπτώσεις αντιμετωπίστηκαν ως οραματιστές, αυτοί που με την αποφασιστικότητα τους και μετά από πολλές απόπειρες (σε πολλές από τις οποίες κάποιοι έχασαν τη ζωή τους) κατάφεραν να πετάξουν.

Όταν πραγματοποιήθηκε η πρώτη μηχανοκίνητη πτήση των αδελφών **Ράιτ**, δεν υπήρχε ακόμα ένα θεωρητικό μοντέλο ικανό να την εξηγήσει, παρόλο που ήταν γνωστά τα πιο σχετικά φαινόμενα, όπως η απώλεια άντωσης, από μελέτες στις πρώτες **αεροσήραγγες**.

Για την δική μας μελέτη, η αεροδυναμική για την οποία ενδιαφερόμαστε, είναι αυτή που μας εξηγεί την συμπεριφορά και τις αλληλεπιδράσεις των αεροδυναμικών επιφανειών σε σχέση με την ταχύτητα, την αντίσταση κατά την προώθηση και την διαθέσιμη ισχύ. Και είναι αυτός ο τύπος αεροδυναμικής, δηλαδή ο λειτουργικός, στον οποίο πρόκειται να δώσουμε ιδιαίτερη σημασία. Όμως, πριν από οτιδήποτε άλλο, ας αφιερώσουμε λίγες γραμμές στα βασικά χαρακτηριστικά του αέρα και ας σχολιάσουμε σύντομα τις θεωρίες της άντωσης.

2.3 Χαρακτηριστικά του αέρα

Ο αέρας είναι ένα μείγμα από διαφορετικά αέρια σε ποικίλες αναλογίες, με πιο σημαντικά από αυτά το οξυγόνο (21%), το άζωτο (78%) και τους υδρατμούς (0-0,5%). Περιβάλλει όλη την επιφάνεια της Γης σε ένα είδος αέρινου ωκεανού με στρώματα διαφορετικών χαρακτηριστικών και σύνθεσης. Εμάς μας ενδιαφέρει μόνο το στρώμα που βρίσκεται κοντύτερα στην επιφάνεια της Γης, ένα στρώμα **30.000** με **60.000** ποδιών (10 με 20 χλμ), και που περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του ατμοσφαιρικού αέρα.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του αέρα στην ατμόσφαιρα είναι η ατμοσφαιρική πίεση, η θερμοκρασία του, η πυκνότητα του και η ποσότητα υγρασίας που περιέχει. Αυτά τα τέσσερα χαρακτηριστικά επηρεάζουν την αεροδυναμική συμπεριφορά όλων των αεροσκαφών.

Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι ιδιαίτερα ευμετάβλητα, όχι μόνο απλώς από το ένα μέρος της γήινης επιφάνειας στο άλλο (λόγω αλλαγής ύψους, για παράδειγμα) αλλά και στο ίδιο σημείο σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Για να επιτευχθεί μια σταθερή αναφορά που να χρησιμοποιείται για να μετριέται η συμπεριφορά των αεροσκαφών και να είναι δυνατές διάφορες συγκρίσεις, έχουν οριστεί (από τον Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας) τα χαρακτηριστικά του αέρα συμβατικού τύπου, του ονομαζόμενου "κανονική ατμόσφαιρα". Στο επίπεδο της θάλασσας παρουσιάζει θερμοκρασία 15° C, πίεση 1013 μιλιμπάρ, ειδικό βάρος 0,0765 λίβρες ανά κυβικό πόδι και δεν περιέχει υγρασία. Επίσης θεωρείται πως η μεταβολή της θερμοκρασίας (μεταβολή καθώς αλλάζει το ύψος) είναι της τάξης των -2° C ανά 1000 πόδια και της πίεσης -1 μιλιμπάρ ανά 30 πόδια

Η ατμοσφαιρική πίεση είναι αποτέλεσμα του βάρους του ατμοσφαιρικού αέρα που βρίσκεται επάνω από το σημείο μέτρησης της και είναι μια δύναμη η οποία ασκείται εξίσου σε όλες τις διευθύνσεις. Δεδομένου του ότι ο αέρας είναι ένα

ρευστό το οποίο μπορεί να συμπιεστεί, ο αέρας συμπιέζεται λόγω αυτής της πίεσης, επηρεάζοντας άμεσα την πυκνότητα που εμφανίζει. Άλλος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την πυκνότητα του αέρα είναι η θερμοκρασία και η υγρασία που περιέχει. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στις πτήσεις επειδή οι μετρήσεις της ταχύτητας και του ύψους γίνονται έμμεσα πάνω σε πιέσεις και επηρεάζουν σημαντικά τις επιδόσεις των αεροσκαφών. Πιο κάτω θα μελετήσουμε διεξοδικά αυτές τις σχέσεις.

Τα πιο σημαντικά φυσικά χαρακτηριστικά αυτής της μάζας αερίων που ονομάζουμε αέρα είναι η ελαστικότητα και η συνεκτικότητα (το ιξώδες, η εσωτερική τριβή των ρευστών).

Ο άνεμος είναι αέρας σε κίνηση. Η ατμόσφαιρα οργώνεται από ρεύματα αέρα. ποικίλων όγκων, διευθύνσεων και ύψους. Όμως παρατηρώντας απλώς αυτά τα ρεύματα που βρίσκονται σε επαφή με την επιφάνεια της Γης αντιλαμβανόμαστε την ελαστικότητα και τη συνεκτικότητα του αέρα, Ελαστικότητα, που επιτρέπει στον άνεμο να προσαρμόζεται τέλεια σε όλους τους τύπους ανάγλυφου και στενών κοιλάδων προκαλώντας αύξηση της ταχύτητας του, η οποία μειώνεται πάλι μόλις ο άνεμος διασχίσει την στενή δίοδο. Και συνεκτικότητα, την οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε στην ικανότητα του αέρα να σηκώνει την σκόνη ή το χιόνι από το έδαφος, των οποίων οι κόκκοι ή οι νιφάδες θα μας μαστιγώσουν το πρόσωπο. Αν ξαπλώσουμε στο έδαφος, όπου ο αέρας είναι πιο ήρεμος, θα διαπιστώσουμε πως οι κόκκοι μας χτυπούν με πολύ μικρότερη δύναμη. Η συνεκτικότητα είναι το αποτέλεσμα της αντίστασης του αέρα (ή οποιουδήποτε ρευστού) στην κίνηση.



Φωτο 1. Διθέσιο Αυτόγυρο τύπου ELA-07 στην στιγμή της απογείωσης.

2.4 Το οριακό στρώμα

Άμεση συνέπεια της συνεκτικότητας τού αέρα είναι η ύπαρξη του οριακού στρώματος. Αυτό παρουσιάζεται όταν ο άνεμος ρέει πάνω σε οποιονδήποτε τύπο επιφάνειας. Η ταχύτητα του αέρα σε κάποιο ύψος, ακόμα και αν είναι μικρό, θεωρείται άνεμος. Όμως αν μετρήσουμε την ταχύτητα του αέρα μόνο σε ένα κλάσμα του χιλιοστού της επιφάνειας, θα διαπιστώσουμε ότι είναι πρακτικά μηδενική. Αν συνεχίσουμε να μετράμε αυτή την ταχύτητα σε διαφορετικά ύψη ανά χιλιοστό, θα δούμε ότι η ταχύτητα αυξάνεται ραγδαία και, μετά από κάποια εκατοστά, θεωρείται πια άνεμος.

Ταχύτητα του ανέμου

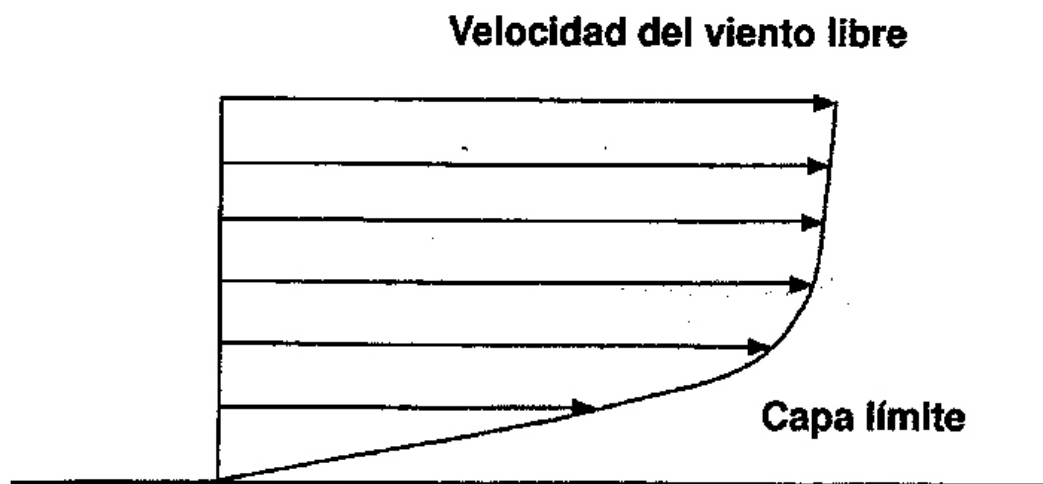


Figura 2.1. Distribución velocidades del viento y capa límite.

Σχήμα 1. Κατανομή του ανέμου και οριακά στρώματα

2.5 Η προέλευση της άντωσης

Πειραματικά είναι πολύ εύκολο να δειχθεί η ύπαρξη της **άντωσης**. Φτάνει να βγάλουμε το χέρι μας έξω από το παράθυρο ενός αυτοκινήτου που κινείται. Αν κρατήσουμε το χέρι μας σε οριζόντια θέση θα αντιληφθούμε την τριβή του αέρα αλλά τίποτα παραπάνω. Αν αρχίσουμε να κλίνουμε το χέρι μας προς τα επάνω, θα διαπιστώσουμε αμέσως μια δύναμη που τείνει να το ανυψώσει. Η κάθετη συνιστώσα αυτής της δύναμης είναι αυτό που ονομάζουμε άντωση.

2.5.1 Η Αρχή του Μπερνούλλι

Η κλασική και πιο διαδεδομένη αεροδυναμική θεωρία στηρίζεται στην αρχή του Μπερνούλλι. Αυτή η αρχή βασίζεται στην διατήρηση της ενέργειας. Μια μάζα αέρα που κινείται μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύστημα με δύο διαφορετικούς τύπους ενέργειας: την ενέργεια της πίεσης (που οφείλεται στην στατική - ή ατμοσφαιρική- πίεση) και στην κινητική ενέργεια (που οφείλεται στην ταχύτητα της μάζας του αέρα). Αν δεν υπάρξει εξωτερική αύξηση ή ελάττωση της

ενέργειας της μάζας του αέρα, αν αυξηθεί η ταχύτητά της (επειδή, για παράδειγμα, διανύει μια στενή δίοδο) πρέπει να μειωθεί η στατική πίεση ώστε η ενέργεια του συστήματος να παραμείνει σταθερή.

EL AUTOGIRO Y SU VUELO

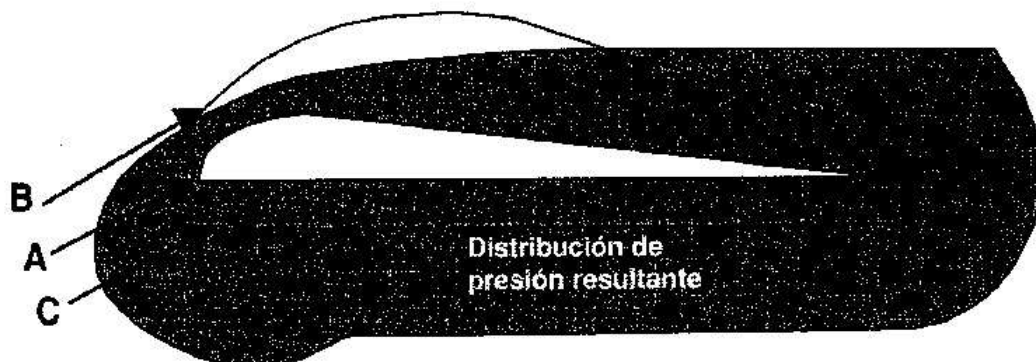


Figura 2.2. Perfil alar velocidades-presiones.

Σχήμα 2. Πλάγια όψη πτέρυγας ταχύτητες – πιέσεις

Εφαρμόζοντας την αρχή του Μπερνούλι σε μια πτέρυγα που υπόκειται σε ένα πλάγιο ρεύμα αέρα και θεωρώντας ότι τα μόρια του, λόγω αδράνειας, θα τείνουν να διατηρήσουν τις σχετικές τους θέσεις στον χώρο, ο αέρας θα υποχρεωθεί να χωριστεί και να ακολουθήσει το περίγραμμα της πτέρυγας.

Αν αναλύσουμε τις ταχύτητες των διαφορετικών μορίων του αέρα που βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις ως προς την πτέρυγα μια δεδομένη χρονική στιγμή θα εξάγουμε τα παρακάτω συμπεράσματα:

1^{ον}: Το μόριο Α, το οποίο προσκρούει στην ακμή προσβολής του μπροστινού τμήματος της πτέρυγας, θα μειώσει την ταχύτητα του στο 0 και έτσι η στατική πίεση στο σημείο αυτό θα είναι η μέγιστη (πρόκειται για ένα σημείο ανάπαυσης),

2^{ον}: Το μόριο που περιβάλλει το επάνω μέρος της πτέρυγας (υπεράντυγας, εξωρράχιο), θα αυξήσει την ταχύτητα του λόγω του ρεύματος αέρα μεγαλύτερης αναλογίας από αυτό που κυκλοφορεί στο κάτω μέρος (άντυγας, εσωρράχιο), και έτσι η πίεση πάνω στη πτέρυγα θα είναι μικρότερη από την πίεση κάτω από αυτή. Το αποτέλεσμα αυτής της κυκλοφορίας και της διαφοροποίησης των ταχυτήτων, είναι η κατανομή των πιέσεων που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.

2.5.2 Ο Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα

Η εξήγηση που βασίζεται στον Τρίτο Νόμο είναι πιο διαισθητική και πιο εύκολη από την προηγούμενη. Σύμφωνα με αυτήν την θεωρία, η άντωση δημιουργείται ως αντίσταση στην ροή του αέρα που εκτρέπεται προς τα κάτω από τις αεροδυναμικές επιφάνειες.

Έτσι μια πτέρυγα είναι απλά ένας μηχανισμός που εκτρέπει τον αέρα προς τα

κάτω και οι τιμές της άντωσης είναι συνάρτηση της ποσότητας και της ταχύτητας του εκτρεπόμενου αέρα.

2.5.3- Θεωρία της Κυκλοφορίας

Όταν οι παραπάνω θεωρίες ήταν ακόμα αντικείμενο συζήτησης, η πτήση ήταν ήδη μια πραγματικότητα και κάθε μια από αυτές, τις θεωρίες εξηγούσε ικανοποιητικά κάποια από τα αεροδυναμικά φαινόμενα αλλά δεν ήταν σε θέση να εξηγήσει κάποια άλλα.

Έτσι, η Αρχή του Μπερνούλι εξηγεί πολύ καλά το πώς δημιουργείται η άντωση σε συνάρτηση με την γωνία προσβολής, την διαφορετική αποδοτικότητα ανάλογα με την αεροτομή της πτέρυγας., το οριακό στρώμα και το φαινόμενο της αεροδυναμικής απώλειας. Όμως, σύμφωνα με αυτήν την Αρχή, αν τα μόρια του αέρα, που διαμοιράζονται από την πτέρυγα και που πρέπει να ακολουθήσουν διαδρομές διαφορετικού μήκους, πρέπει να ενωθούν ξανά στο όριο εξόδου, δεν είναι δυνατόν να υπάρξει σχετική καθοδική ροή. Αυτή η ροή, ωστόσο, υπάρχει, είναι γνωστή ως απόρριψη (rebuff, _ ριμπάφ), και είναι πολύ εύκολο να παρατηρηθεί. Η γνώση αυτού του φαινομένου είναι απαραίτητη για κάθε πιλότο λόγω του ενδεχόμενου κινδύνου που κρύβει στην περίπτωση που επηρεάσει άλλα αεροσκάφη κοντά στο έδαφος (σε απογειώσεις ή προσγειώσεις).

Άλλο φαινόμενο που συνδέεται με την ύπαρξη της απόρριψης και που δεν εξηγείται από την Αρχή του Μπερνούλι είναι το φαινόμενο εδάφους, το οποίο μπορεί να περιγραφεί ως μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα των αεροδυναμικών επιφανειών κοντά στην επιφάνεια της Γης, Αυτό το φαινόμενο επιτρέπει σε ένα αεροσκάφος να πετάει σε ταχύτητες μικρότερες ακόμα και από αυτήν της απώλειας ύψους και με πολύ χαμηλές ρυθμίσεις ισχύος. Κατά την προσγείωση γίνεται αισθητό από τον πιλότο ως μια τάση που έχει το αεροπλάνο να «πλανάρει», να αντιστέκεται στο να «καθίσει» στην πίστα»

Η αρχή της δράσης και της αντίδρασης, από την μεριά της, παρόλο που εξηγεί ικανοποιητικά τα προηγούμενα σημεία δεν είναι ικανή να μελετήσει τις διαφορετικές αεροτομές, ούτε να εξηγήσει το φαινόμενο της απώλειας,

Στην πραγματικότητα, και οι δύο θεωρίες είναι έγκυρες αν και συμπληρωματικές.

Ο Μπερνούλι εξηγεί την συμπεριφορά των αεροτομών. Ο Τρίτος Νόμος εξηγεί τη συμπεριφορά μιας πτέρυγας συνολικά. Αλλά πώς να συνδυαστούν αυτές οι δύο θεωρίες; Αυτό το πέτυχαν ο Γερμανός μαθηματικός Willhem Kutta και ο Ρώσος καθηγητής της Μηχανικής Nikolai Yukoski.

Αυτή η θεωρία βασίζεται στη συνεκτικότητα του αέρα και στην Αρχή του Μπερνούλι. Παίρνουμε μια μπάλα και την πετάμε έτσι ώστε να περιστρέφεται. Ο αέρας που μένει πάνω στην επιφάνεια της μπάλας που στριφογυρίζει προστίθεται στην ταχύτητα της κίνησης, ενώ από την αντίθετη μεριά αφαιρείται από αυτήν, δημιουργώντας μια διαφορά στις ταχύτητες (και στις πιέσεις) που τελικά θα κάνει την μπάλα να διαγράψει καμπύλη τροχιά.

Αν πάρουμε σαν δεδομένη μια κυκλοφορία του αέρα ανάλογη με αυτήν που περιγράψαμε, αυτή την φορά πάνω σε μια πτέρυγα, το αποτέλεσμα είναι οι περιδινήσεις στην απόληξη της και την εκτροπή του αέρα προς τα κάτω.

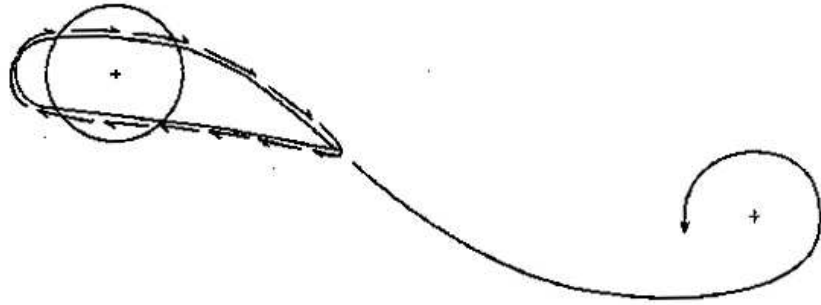


Figura 2.3. Teoría de la circulación y torbellino de salida.

² Vuelo con Ultraligeros. Michael A. Makowski, página 123.

Σχήμα 3. Θεωρία της κυκλοφορίας και περιδίνηση εξόδου

2.6 Λειτουργική Αεροδυναμική

Σε αυτό το μέρος πρόκειται να ξεκινήσουμε εξηγώντας τους βασικούς αεροδυναμικούς όρους, θα προχωρήσουμε εκθέτοντας τα εργαλεία (κυρίως γραφικές παραστάσεις) που μας επιτρέπουν να σχηματίσουμε μια νοερή εικόνα της πτήσης κάτω από διαφορετικές συνθήκες και θα τελειώσουμε κατανοώντας όλη τη δυναμική συμπεριφορά ενός αυτόγυρου σε διαφορετικούς τρόπους πτήσης και τις επιδόσεις και τους περιορισμούς τους, στηριζόμενοι σε αυτά τα εργαλεία.

2.6.1 Βασικοί Αεροδυναμικοί Όροι

Όλες οι εξηγήσεις που δίνονται σε αυτό το βιβλίο, βασίζονται σε ένα υποθετικό αυτόγυρο γενικού τύπου, που διαθέτει έναν ρότορα ημιάκαμπτο (*Ρότορας δύο πτερυγίων που αντικαθιστά την άρθρωση μεταβαλλόμενης γωνίας με έναν άξονα εξισορρόπησης στον οποίο ενώνονται σταθερά δύο πτερύγια, σχήμα στη σελίδα-70*). που περιστρέφεται αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού, προωθείται από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με προωθητική έλικα τοποθετημένη στο πίσω μέρος του αεροσκάφους και που διαθέτει ένα σύστημα προσγείωσης τριών τροχών και επιφάνειες σταθεροποίησης βάθους και παρέκλισης.

Για να ορίσουμε με ευκολία και ακρίβεια την θέση των πτερυγίων στον κυκλικό δίσκο του ρότορα, φανταζόμαστε πως ο ρότορας είναι ο δίσκος ενός ρολογιού όπου στις 12 βρίσκονται στο μπροστινό μέρος, στις 6 στο πίσω, στις 4 στα δεξιά και στις 9 στα αριστερά κ.ο.κ. Στην συνέχεια θα περιγράψουμε μια σειρά από όρους και γενικές αρχές που είναι ευρέως διαδεδομένοι στον κόσμο της αεροναυτικής.

ΣΧΕΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, αγγλικά: RELATIVE SPEED

Είναι η ταχύτητα που έχει το Α σε σχέση με την μάζα αέρα στην οποία κινείται.

Ισπανικά : MOMENTO

Ένα «» είναι μια δύναμη που ασκείται σε ένα σημείο μέσω ενός μοχλού, σαν να

λέμε, μια δύναμη πολλαπλασιασμένη επί τη απόσταση από το σημείο όπου ασκείται.

ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ, αγγλικά: CENTRE OF GRAVITY

Το κέντρο βάρους ενός οποιουδήποτε σώματος είναι το σημείο ισορροπίας όλων των δυνάμεων που ενεργούν πάνω σε αυτό. Κάθε δύναμη που ασκείται πάνω σε ένα αντικείμενο αποτελεί ένα «» πάνω στο κέντρο βάρους του,

ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ,

Δεδομένου ότι η αεροδυναμική ενός ρότορα είναι πολύπλοκη, και συνεπάγεται μια συνεχόμενη και κυκλική αλλαγή των παραμέτρων που επιδρούν σε κάθε τμήμα μιας πτέρυγας, είναι απαραίτητο να την χωρίσουμε σε θεωρητικά τμήματα για να μπορούμε να επικεντρώνουμε την προσοχή μας σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της, στο οποίο όλες οι παράμετροι να είναι διακριτές (μια μόνο τιμή) για κάθε θέση του αζιμούθιου. Αυτά τα θεωρητικά τμήματα τα ονομάζουμε «τμήματα της πτέρυγας».

ΡΟΗ ΤΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΝΤΑ ΑΕΡΑ, αγγλικά: RESULTANT AIR FLOW

Είναι το ρεύμα αέρα που επιδρά πάνω σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της πτέρυγας μια δεδομένη χρονική στιγμή, ώντας το αποτέλεσμα της ροής του αέρα πάνω στον ρότορα συν την κάθετη ταχύτητα που επιδρά πάνω στο τμήμα της πτέρυγας,

ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ,

Κάθε επιφάνεια η οποία όταν εκτίθεται σε ένα ρεύμα αέρα με την κατάλληλη γωνία προσβολής, δημιουργεί περισσότερη άντωση από αντίσταση.

ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΑΚΜΗ, αγγλικά: LEADING EDGE

Κεντρικός άξονας του μπροστινού τμήματος μιας αεροδυναμικής επιφάνειας.

ΑΚΜΗ ΕΞΟΔΟΥ, αγγλικά: EXIT EDGE

Κεντρικός άξονας του πίσω τμήματος μιας αεροδυναμικής επιφάνειας»

ΥΠΕΡΑΝΤΥΓΑΣ, ΕΞΩΡΡΑΧΙΟ ΤΟΞΟΥ, Επάνω τμήμα μιας πτέρυγας.

ΑΝΤΥΓΑΣ, ΕΣΩΡΡΑΧΙΟ ΤΟΞΟΥ, Κάτω τμήμα μιας πτέρυγας.

ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ, αγγλικά: ANGLE OF ATTACK

Είναι η γωνία που δημιουργείται από τον σχετικό άνεμο και την χορδή,

ΧΟΡΔΗ, Ευθεία γραμμή που ενώνει τον κεντρικό άξονα του μπροστινού τμήματος με τον κεντρικό άξονα του πίσω τμήματος μιας πτέρυγας ή ενός τμήματος πτέρυγας.

ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΣΑ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ δύναμη,

Είναι το σύνολο των αεροδυναμικών δυνάμεων, σε μέγεθος και κατεύθυνση, η οποία δρα πάνω στο κέντρο πίεσεως μιας αεροδυναμικής επιφάνειας.



Φωτο 2. Ο εκπαιδευτής (Απόστολος Κατσύγιας) ετοιμάζεται με τον μοθητή του για απογείωση.

ΑΝΤΩΣΗ,

Είναι η συνιστώσα, χρήσιμη για την πτήση, της αεροδυναμικής δύναμης. Ορίζεται ως η συνιστώσα της προκύπτουσας αεροδυναμικής δύναμης, κάθετη προς την ροή του αέρα,

ΚΕΝΤΡΟ ΠΙΕΣΗΣ,

Είναι το σημείο εφαρμογής της προκύπτουσας αεροδυναμικής δύναμης πάνω σε μια αεροδυναμική επιφάνεια,

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ, ΟΠΙΣΘΕΛΚΟΥΣΑ,

Είναι η 2^η συνιστώσα της προκύπτουσας αεροδυναμικής δύναμης. Δες το σχήμα 5.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΡΕΪΝΟΑΝΤΣ,

Είναι μια σχέση **αδιάστατη**, που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κατάσταση του οριακού στρώματος (ελατότητα, ανατάραξη, ενέργεια που περιέχει κ.λ.π) και η οποία αποτελείται από την σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις κινητικές δυνάμεις που δρουν επάνω στην πτέρυγα και στις συνεκτικές δυνάμεις.

$RN = \rho v I / u$ ρ : πυκνότητα του αέρα

v : σχετική ταχύτητα

I : Χορδή

ΠΤΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ,

Είναι η περιγραφή των επιχειρησιακών δυνατοτήτων ενός αεροσκάφους. Πιο συγκεκριμένα, είναι το σύνολο των ταχυτήτων συντελεστών φορτίου (Ω ς «συντελεστής φορτίου» (*factor de carga*) ορίζεται στο τέλος του βιβλίου «η κάθετη επιτάχυνση στην οποία υπόκειται ένα αεροσκάφος»), γωνιών προσβολής και διαμορφώσεων,

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ (διάταξη - μορφοποίηση), .

Είναι το σύνολο των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών δομής, μάζας και ευστάθειας, μέσα από το σύνολο όλων των δυνατών συνδυασμών τους, τα οποία έχει μια δεδομένη χρονική στιγμή ένα αεροσκάφος που πετάει. Μια διαμόρφωση προσγείωσης, για παράδειγμα, περιλαμβάνει παράγοντες όπως το βάρος του αεροσκάφους, την θέση του κέντρου βάρους, το σύστημα προσγείωσης, την θέση των φλαπς και των πτερυγίων αντιστάθμισης κ.λ.π.

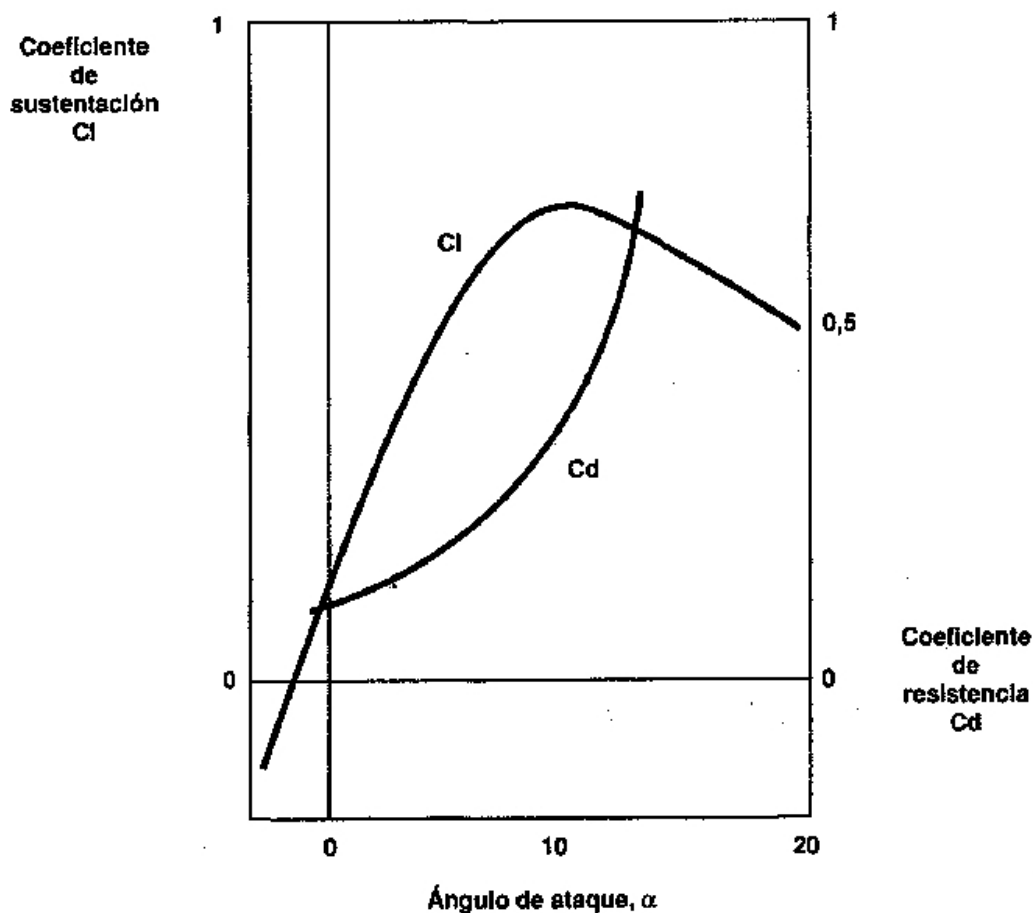
2.6.2 Η Άντωση και Η Αντίσταση (οπισθέλκουσα)

Αν υποβάλουμε μια αεροδυναμική επιφάνεια σε ένα ρεύμα αέρα με την κατάλληλη γωνία προσβολής, θα δημιουργηθεί άντωση (σχήμα 4). Στην συνέχεια, πρόκειται να μελετήσουμε την σχέση, που υπάρχει ανάμεσα στην άντωση, την γωνία προσβολής και την αντίσταση.

Εν πάσει περιπτώσει, και μολονότι θα εστιάσουμε την προσοχή μας σε αυτές τις τρεις παραμέτρους, είναι δεδομένο ότι η αεροδυναμική απόδοση μιας ανυψούμενης επιφάνειας εξαρτάται, επίσης, από το σχήμα της αεροτομής της και από μια άλλη σειρά παραμέτρων που εκφράζονται με τον αριθμό ΡΕΪΝΟΑΝΤΣ (RN).

Η μελέτη των ιδιοτήτων ανύψωσης μιας αεροδυναμικής επιφάνειας γίνεται μέσω μιας γραφικής παράστασης που ονομάζεται χαρακτηριστική καμπύλη άντωσης. Κάθε αεροτομή έχει μια διαφορετική χαρακτηριστική καμπύλη για κάθε διαφορετικό αριθμό ΡΕΪΝΟΑΝΤΣ.

Σε αυτή εκφράζονται ο συντελεστής άντωσης (C_l) και ο συντελεστής αντίστασης (C_d) σε σχέση με την γωνία προσβολής (α).



Σχήμα 4. Χαρακτηριστική καμπύλη

Ο συντελεστής άντωσης (C_l), καθορίζει πόσο αποδοτική είναι μια αεροδυναμική επιφάνεια στο να δημιουργεί άντωση. Βλέπουμε στην χαρακτηριστική καμπύλη ότι με το που η α γίνεται διάφορη του μηδενός, η αεροτομή αρχίζει να δημιουργεί άντωση. Η αύξηση της ανυψωτικής ικανότητας είναι στην πράξη γραμμική μέχρι να φτάσει στην μεγαλύτερη τιμή της (όπου έχουμε απώλεια στήριξης).

Ο συντελεστής αντίστασης (C_d) από την πλευρά του δεν αυξάνει γραμμικά. Υπάρχει μια κατώτατη τιμή η οποία αντιστοιχεί στην παράσιτη αντίσταση της

αεροτομής.

Κάθε αύξηση πάνω από αυτή την κατώτατη αντίσταση οφείλεται στην δράση της άντωσης και ονομάζεται προκαλούμενη αντίσταση (*Ο συγγραφέας χρησιμοποιεί τον όρο «resistencia inducida». Ίσως εννοεί «φαινόμενη αντίσταση»*).

Σε πολύ μικρές γωνίες προσβολής, η αντίσταση παραμένει σχεδόν σταθερή, με τιμή σχεδόν παρόμοια με αυτή της παράσιτης αντίστασης. Από μια συγκεκριμένη γωνία και ύστερα (8,5° στο παράδειγμα) δημιουργείται ένα σημείο διακύμανσης και ο Cd αυξάνεται πολύ ταχύτερα. Τέλος, μετά την απώλεια στήριξης, ο Cd συνεχίζει να αυξάνεται καθώς αυξάνεται η γωνία προσβολής και η κλίση της καμπύλης γίνεται σχεδόν κάθετη.

Από την ανάλυση της χαρακτηριστικής καμπύλης εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

1° .- Η δημιουργία άντωσης έχει ως επακόλουθο την δημιουργία αντίστασης.

2° .- Σε μεγαλύτερες γωνίες προσβολής, μεγαλύτερη άντωση και μεγαλύτερη αντίσταση,

3° .- Υπάρχει ένα ανώτατο όριο άντωσης που μπορεί να επιτευχθεί που αντιστοιχεί στη γωνία προσβολής της απώλειας στήριξης. Ο Cd αυξάνεται εντυπωσιακά πριν φτάσει σε απώλεια στήριξης.

4°.- Κάθε αεροτομή (και κάθε αεροδυναμική επιφάνεια) εμφανίζει μια συγκεκριμένη γωνία προσβολής στην οποία η αναλογία C_l/C_d είναι η μέγιστη. Αυτή είναι η γωνία της μεγαλύτερης αεροδυναμικής απόδοσης της αεροτομής.

2.6.3 Διανυσματική ανάλυση της δημιουργίας της άντωσης

Είναι μια συνηθισμένη παραδοχή ότι η δύναμη της άντωσης έχει διεύθυνση κάθετη προς τη ροή του σχετικού αέρα και κατευθύνεται προς τα πάνω.

Πειραματικά αποδεικνύεται πως η Αεροδυναμική Δύναμη που δημιουργείται όταν εισάγουμε μια αεροδυναμική επιφάνεια, με θετική γωνία προσβολής σε ένα ρεύμα αέρα (Προκύπτουσα Αεροδυναμική Δύναμη, ή ΠΑΔ - στα ισπανικά: Fuerza Aerodinamica Resultante ή FAR) αυτή κατευθύνεται πλαγίως προς τα πάνω και προς τα πίσω»

Η διανυσματική σύνθεση της Δύναμης της Άντωσης απαιτεί μια δύναμη επιπλέον για να δημιουργηθεί η ΠΑΔ (ισπανικά: FAR). Αυτή, η τρίτη δύναμη που, έχει την ίδια διεύθυνση και φορά με την το ρεύμα του σχετικού αέρα είναι η Δύναμη της Αντίστασης. Αυτή; η ανάλυση των δυνάμεων, μολονότι είναι συμβατικού τύπου, είναι απολύτως έγκυρη, μια και ανταποκρίνεται στην ανάγκη του να είναι γνωστά δυο θεμελιώδη στοιχεία για την πτήση:

1° .- Πιο είναι το ακριβές μέγεθος της ωφέλιμης ενέργειας που κάνει ένα αεροσκάφος να. πέτα (Δύναμη Άντωσης).

2°.- Τι δύναμη πρέπει να υπερνικήσουμε (ή πόση ισχύς απαιτείται) για να συνεχίσει να πετά ένα αεροσκάφος.

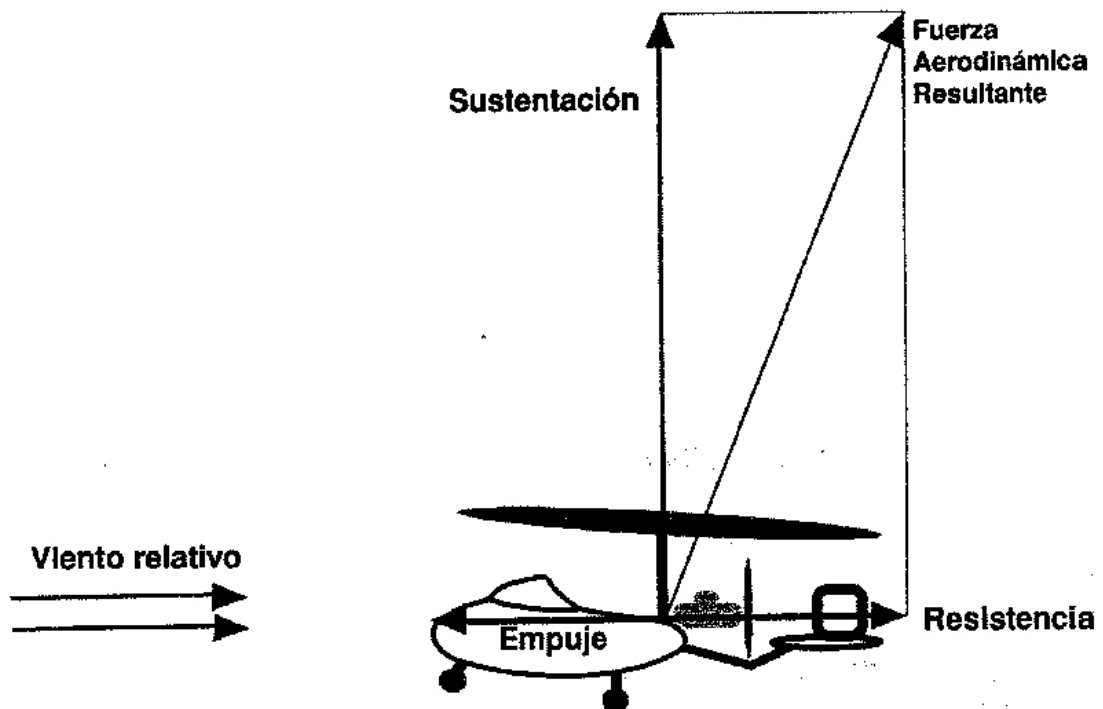


Figura 2.5. Descomposición vectorial de la fuerza de sustentación.

Σχήμα 5. Διανυσματική ανάλυση της δύναμης της άντωσης

Το πιο σημαντικό συμπέρασμα των όσων είπαμε είναι το ότι δεν είναι δυνατό να δημιουργηθεί άντωση χωρίς να υπερνικηθεί η αντίσταση η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την δημιουργία της πρώτης (της άντωσης),

Ωστόσο, δεν έχει όλη η αντίσταση την ίδια προέλευση. Ήδη έχουμε δει στην χαρακτηριστική καμπύλη της άντωσης, πως υπάρχει μια αντίσταση πάντα παρούσα ακόμα και εάν ο συντελεστής της άντωσης είναι 0, φτάνει να υπάρχει κάποια ταχύτητα μέσα σε μια μάζα αέρα. Αυτό οφείλεται στο ότι το ίδιο η αεροδυναμική αεροτομή παρουσιάζει αντίσταση από την επαφή του με το ρεύμα του αέρα. Ένα ατόγυρο ή ένα αεροπλάνο έχουν πολλά στοιχεία στην κατασκευή τους που δημιουργούν αντίσταση αυτού του τύπου (η άτρακτος, το σύστημα προσγείωσης, τα αντιστηρίγματα, οι τομές των αεροδυναμικών επιφανειών, οι κινητήρες, η έλικα κ.λ.π.) είναι μόνο μερικά από αυτά).

Το σύνολο όλων αυτών των αντιστάσεων που δεν οφείλονται στη δημιουργία της άντωσης ονομάζονται Παράσιτη Αντίσταση. Η αντίσταση που είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη δημιουργία της άντωσης ονομάζεται Προκαλούμενη Αντίσταση (R_i) και σε αυτήν θα αναφερόμαστε συνέχεια στα επόμενα κεφάλαια.

2.6.4 Αντωση, Οπισθέλκουσα (Αντίσταση) και το Αυτόγυρο

Το να εφαρμόσουμε όλες αυτές τις αρχές σε ένα αυτόγυρο μπορεί να φαίνεται πολύπλοκο μια και το αεροσκάφος αυτό πετάει με την βοήθεια ενός ρότορα, που επιπλέον, λειτουργεί σε αυτοπεριστροφή. Όμως δεν είναι έτσι τα πράγματα.

Καταρχάς, πρόκειται να δούμε ποιο είναι το αποτέλεσμα αυτών των δυνάμεων πάνω στον ρότορα. Τα πτερύγια είναι αεροδυναμικές επιφάνειες που έχουν τη δική τους Προκύπτουσα Αεροδυναμική Δύναμη ή ΠΑΔ (στα ισπανικά: Fuerza Aerodinamica Resultante ή FAR) της οποίας η δύναμη άντωσης τείνει όχι μόνο να ανυψώνει αλλά και να προκαλεί περιστροφή στον ρότορα. Η αντίσταση (τόσο η προκαλούμενη όσο και η παράσιτη) θα τείνουν να φρενάρουν τον ρότορα, έχοντας ως αποτέλεσμα έναν ρυθμό περιστροφής σταθερό που εξισορροπεί και τις δυο δυνάμεις. (Το πώς και το γιατί αυτού του φαινομένου εξηγείται με λεπτομέρεια στο 3^ο κεφάλαιο).

Το κομμάτι της δύναμης ανύψωσης που δεν χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει αυτοπεριστροφή, ασκείται πάνω στον άξονα του ρότορα με κατεύθυνση προς τα πάνω και με μεταβλητή διεύθυνση. Μπορούμε να θεωρήσουμε τον κυκλικό δίσκο του ρότορα σαν να πρόκειται για σταθερή πτέρυγα: η άντωση θα εξαρτάται από το μέγεθος της γωνίας προσβολής, και χωρίς επιταχύνσεις, σε κάθε ταχύτητα θα αντιστοιχεί μια γωνία προσβολής, που θα μεγαλώνει όσο μικραίνει η ταχύτητα. Με αυτά που γνωρίζουμε ως τώρα μπορούμε να εξηγήσουμε τον μηχανισμό στον οποίο οφείλεται το ότι σε κάθε ταχύτητα αντιστοιχεί μια μόνο γωνία προσβολής σε ισορροπία. Σε ένα αυτόγυρο που πετά σε σταθερό ύψος και με σταθερή ταχύτητα, αυξάνοντας την γωνία προσβολής του ρότορα (με το πηδάλιο διακυβέρνησης) θα συμβούν κατά σειρά τα παρακάτω φαινόμενα:

1. Θα αυξηθεί η προκαλούμενη αντίσταση (και όλη η αντίσταση) λόγω της αύξησης της δύναμης της άντωσης.
2. Το αυτόγυρο θα έχει την τάση να ανυψωθεί και θα μειωθεί η ταχύτητα του (περισσότερη άντωση και περισσότερη αντίσταση).
3. Με την μείωση της ταχύτητας του θα μειωθεί και η παράσιτη αντίσταση, καθώς θα μειωθεί η γωνία προσβολής και η προκαλούμενη αντίσταση
4. Η συνολική αντίσταση του ρότορα, μεγαλύτερη από την αρχικής θα μειώνεται μαζί με την ταχύτητα. Όταν η συνολική αντίσταση του ρότορα εξισωθεί με την αρχική, ο ρότορας θα σταθεροποιηθεί σε αυτή την νέα ταχύτητα η οποία θα είναι μικρότερη από την αρχική,

Σε σύγκριση με ένα αεροπλάνο είναι απαραίτητο να ξεκαθαριστεί ότι:

1^ο Η αντίσταση είναι μεγαλύτερη από αυτής της σταθερής πτέρυγας για όλες τις γωνίες προσβολής.



Φωτο 3. Χαμηλή διέλευση με μονοθέσιο Αυτόγυρο από τον Ντίνο Αυγερινό.

2° Είναι δυνατό να υποβάλουμε τον ρότορα σε γωνίες προσβολής ως και 90° χωρίς να μπει σε απώλεια στήριξης. Σε αυτή την συγκεκριμένη περίπτωση (που ονομάζεται κάθετη αυτοπεριστροφή) η άντωση του ρότορα δρα προς την ίδια διεύθυνση και με τον ίδιο τρόπο όπως η αντίσταση στην προώθηση του κυκλικού δίσκου του ρότορα, που συμπεριφέρεται σαν αλεξίπτωτο.

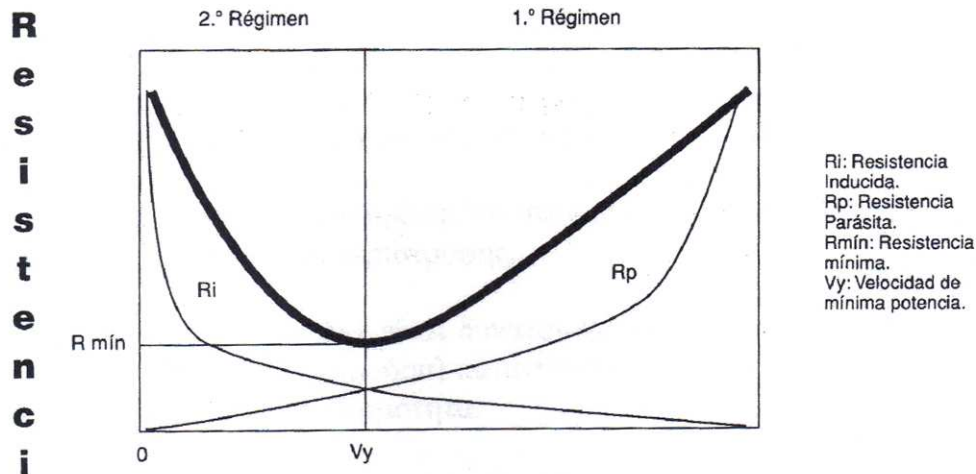
3° Η διεύθυνση του διανύσματος της άντωσης του όλου κυκλικού δίσκου του ρότορα δεν είναι υποχρεωτικό να είναι κάθετη ως προς το ρεύμα αέρα. Στην πραγματικότητα, έχει πάντα διεύθυνση κάθετη προς το επίπεδο του ρότορα και κατευθύνεται προς τα πάνω. Στο αυτόγυρο, ο έλεγχος του αεροσκάφους επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου προσανατολισμού αυτής της ανυψωτικής δύναμης.

2.6.5 Ανάλυση των αντιστάσεων

Η γραφική παράσταση του σχήματος 6 έχει χαρακτήρα πολύ πιο πρακτικό από αυτές που έχουμε δει ως τώρα. Σε αυτήν εμφανίζονται η παράσιτη αντίσταση και η προκαλούμενη αντίσταση σε σχέση με την ταχύτητα και το σύνολο και των δύο» Προφανώς αυτές οι καμπύλες καθορίζονται από την μορφοποίηση της πτήσης του αεροσκάφους στο οποίο αναφέρονται»

Η παράσιτη αντίσταση παίρνει την χαμηλότερη τιμή της στη μικρότερη ταχύτητα πτήσης την οποία είναι ικανό να διατηρήσει το αεροσκάφος. Αυτή η ελάχιστη ταχύτητα, ωστόσο, είναι μεγαλύτερη στα ελικόπτερα και στα αυτόγυρα από ότι στα αεροπλάνα, παρόλο που δεν μπορούν να πετάξουν με ταχύτητα μικρότερη από αυτήν της απώλειας στήριξης. Η αύξηση αυτής της αντίστασης με την ταχύτητα είναι συνεχής και προοδευτική, και τα αποτελέσματά της γίνονται ιδιαίτερα εμφανή σε υψηλές ταχύτητες.

Η προκαλούμενη αντίσταση, ωστόσο, συμπεριφέρεται με τρόπο αντίστροφο της παράσιτης σε σχέση με την ταχύτητα, παίρνοντας την μέγιστη τιμή της στην μικρότερη ταχύτητα πτήσης και την ελάχιστη τιμή της στην μεγαλύτερη ταχύτητα πτήσης. Πρέπει να θυμόμαστε πως η μικρότερη ταχύτητα αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη γωνία προσβολής, και μια μεγαλύτερη γωνία προσβολής αντιστοιχεί σε μεγαλύτερο συντελεστή άντωσης (CI). Κοιτάζοντας την χαρακτηριστική καμπύλη (σχήμα 5) αποδεικνύεται πως σε μεγαλύτερο συντελεστή άντωσης (CI) αντιστοιχεί μεγαλύτερη προκαλούμενη αντίσταση (ανάλογη του συντελεστή αντίστασης (Cd)).



Σχήμα 6. Καμπύλες αντιστάσεων

Στα αεροπλάνα δεν έχει νόημα να μιλάμε για προκαλούμενη αντίσταση, κάτω από την ταχύτητα απόλειψης στήριξης μια και αυτή η τελευταία θα δημιουργήσει την μέγιστη.

Για το ελικόπτερο η προκαλούμενη αντίσταση θα είναι ή μέγιστη όταν αυτό πετά ακίνητο (μηδενική ταχύτητα), παρόλο που η παράσιτη αντίσταση σε αυτές τις συνθήκες θα είναι η ελάχιστη. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στην περίπτωση του αυτόγυρου, υπό τον όρο ότι η ελάχιστη ταχύτητα του θα είναι αυτή που του επιτρέπει η συνολική διαθέσιμη ισχύς, όπως θα δείξουμε παρακάτω.

Αν παρατηρήσουμε την συνολική αντίσταση., θα δούμε πως αυτή είναι ελάχιστη σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα. Σε αυτή την ταχύτητα ισχύει πάντα η σχέση όπου η προκαλούμενη αντίσταση έχει την ίδια τιμή με την παράσιτη, και αντιστοιχεί σε μια γωνία προσβολής συγκεκριμένη (αυτή της μέγιστης αεροδυναμικής ικανότητας).

Αυτή η ταχύτητα, επιπλέον, αντιστοιχεί σε αυτήν της μέγιστης αεροδυναμικής απόδοσης, δηλαδή είναι η ταχύτητα η σχετική με την γωνία προσβολής στην οποία η αναλογία CI/ Cd είναι η μέγιστη (δεξ: 2.6.2). Σε αυτή την ταχύτητα θα επιτευχθεί η μεγαλύτερη απόσταση πλανάρωντας ή με μηχανική ώθηση, αλλά πρέπει να τονίσουμε πως η μεγαλύτερη απόδοση σχετίζεται με μια γωνία προσβολής και όχι με μια ταχύτητα. Έτσι, όταν αυξάνουμε το βάρος, η ταχύτητα που απαιτείται για να διατηρηθεί αυτή η γωνία προσβολής θα αυξάνεται επίσης, αν και με τα συνήθη βάρη των ULM αυτή η επίδραση είναι σχεδόν αμελητέα.

2.7 Το Αυτόγυρο και οι διάφοροι τύποι ενέργειας

Θα δούμε τώρα την πτήση των αυτόγυρων (ή οποιουδήποτε τύπου αεροσκάφους) από μια εντελώς διαφορετική οπτική γωνία, που όμως είναι πολύ πρακτική και πραγματική: τις δυνάμεις που το επιδρούν σε αυτό και τις αλληλεπιδράσεις τους. Κάτω από αυτό το πρίσμα ο πιλότος μετατρέπεται σε ένα όργανο που διαχειρίζεται δυνάμεις οι οποίες, όπως είναι γνωστό ούτε δημιουργούνται ούτε

καταστρέφονται: απλά μετασχηματίζονται.

Ότι θα πούμε παρακάτω ισχύει και για ελικόπτερα και για αεροπλάνα, με τη διαφορά πως τα αεροπλάνα δεν διαθέτουν περιστροφική ενέργεια.

Ένα αυτόγυρο σε σταθερή πτήση που κινείται με σταθερή ταχύτητα και σε σταθερό ύψος θεωρούμε πως είναι ένα σύστημα που παρουσιάζει τρεις τύπους ενέργειας:

1° Κινητική ενέργεια, που οφείλεται στην ταχύτητα μετατόπισης του σε σχέση με το έδαφος.

2° Δυναμική ενέργεια, που ορίζεται από την απόσταση που το χωρίζει από το έδαφος (ύψος).

3° Περιστροφική ενέργεια, αποθηκευμένη στον ρότορα με τη μορφή μιας μάζας που περιστρέφεται με έναν ρυθμό περιστροφής.

Αυτό το σύστημα, ωστόσο, δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί επ' άπειρον, μια και η αντίσταση (που είναι πάντα παρούσα) καταναλώνει ενέργεια η οποία λόγω της τριβής με τον αέρα μετατρέπεται σε θερμότητα.

Αν, λοιπόν, θέλουμε να διατηρήσουμε την κινητική και την περιστροφική ενέργεια δεν έχουμε άλλη λύση από το να αναπληρώσουμε την καταναλωθείσα ενέργεια αφαιρώντας την από την δυναμική ενέργεια, δηλαδή, μέσω της καθόδου του αεροσκάφους. Αυτό είναι το πιο σημαντικό αποτέλεσμα της αντίστασης: κάνει το αεροσκάφος να κατεβαίνει. Εκτός και αν... Επιδιώκουμε να διατηρήσουμε το ύψος αυξάνοντας προοδευτικά την γωνία προσβολής του ρότορα. Το αποτέλεσμα θα είναι η μείωση της ταχύτητας: αντισταθμίζουμε την αντίσταση με την κινητική ενέργεια. Αλλά όταν πια δεν μας μένει ταχύτητα θα είναι ανώφελο να συνεχίζουμε να τραβάμε το πηδάλιο διακυβέρνησης: το αυτόγυρο δεν μπορεί παρά να πέσει σε κάθετη αυτοπεριστροφή στην οποία θα ανταλλάξει την εναπομείνουσα δυναμική ενέργεια με την θερμική που εκλύεται από την αντίσταση του συστήματος του ρότορα. Αν επρόκειτο για αεροπλάνο, θα έπεφτε αναπόφευκτα μόλις έφτανε στην ταχύτητα απώλειας στήριξης, αντισταθμίζοντας την δυναμική ενέργεια με κινητική ενέργεια, αυτή της κάθετης πτώσης που θα διασκορπιζόταν βίαια την στιγμή της πρόσκρουσης με το έδαφος. Το ελικόπτερο, από την πλευρά του, έχει την ικανότητα να μπορεί να χρησιμοποιήσει την περιστροφική ενέργεια με τρόπο άμεσα ελεγχόμενο από τον πιλότο, ακόμα και με μηδενική ταχύτητα, και έτσι μπορεί ακόμα να διατηρήσει ύψος εις βάρος των στροφών του ρότορα για λίγα δευτερόλεπτα... πριν την πτώση, ή μπορεί να βρεθεί σε αυτοπεριστροφή μιας μορφής παρόμοιας με αυτή του αυτόγυρου.

Πρέπει να τονιστεί, ωστόσο, πως αυτές οι κάθετες κάθοδοι σε αυτοπεριστροφή ενός αυτόγορου ή ενός ελικοπτέρου, επιτρέπουν την προσέγγιση στο έδαφος με έναν ρυθμό καθόδου σταθεροποιημένο, αλλά **τόσο απότομο ώστε να μην επιτρέπει ασφαλή προσγείωση**. Στα κεφάλαια 5 και 6, θα εξηγηθεί το πώς μπορεί κανείς να διαχειριστεί πρακτικά αυτούς τους διαφορετικούς τύπους

ενέργειας ώστε να επιτευχθεί μια ομαλή και αποτελεσματική προσγείωση, ακόμα και στην περίπτωση απώλειας του κινητήρα.

Συνοψίζοντας, σε ένα αεροσκάφος που πετάει με συγκεκριμένη ταχύτητα, θα υπάρχει μια κατανάλωση ενέργειας που θα οφείλεται, αποκλειστικά, στην αντίσταση στην προώθηση. Αν δεν αντισταθμιστεί αυτή η κατανάλωση ενέργειας από κάποια άλλη εξωτερική πηγή, το αεροσκάφος θα καταλήξει στο έδαφος αφού ξοδέψει όλη τη διαθέσιμη ενέργεια. Στα μηχανοκίνητα αεροσκάφη είναι ο κινητήρας αυτός που δίνει με τρόπο σταθερό την ισχύ που είναι απαραίτητη για να αντισταθμίσει την αντίσταση και που κάνει σταθερό το σύστημα που παρουσιάσαμε *(Τα ανεμοπλάνα χωρίς κινητήρα-παίρνουν την ενέργεια που χρειάζονται από την μάζα του αέρα μέσα στην οποία πετούν)*.

2.7.1 Μεταφορά ενέργειας

Τώρα θα έχουμε ως αφετηρία το ενεργειακό σύστημα που παρουσιάσαμε στην αρχή αυτού του μέρους, αλλά σταθεροποιημένο, μέσω ενός κινητήρα που προσφέρει όση ενέργεια χάνεται λόγω της αντίστασης. Με αυτό τον τρόπο το αυτόγυρο θα είναι σε θέση να παραμείνει σε πτήση επ' άπειρον.

Αν ο πιλότος αποφασίσει να πραγματοποιήσει μια κίνηση, να τραβήξει (προς το μέρος του) το πηδάλιο διακυβέρνησης, παραδείγματος χάριν, θα κερδίσει σε ύψος αλλά θα χάσει σε ταχύτητα. Προκαλείται, δηλαδή μια ενεργειακή ανταλλαγή μια και ο πιλότος ανταλλάσει κινητική ενέργεια με δυναμική ενέργεια. Στο τέλος ο πιλότος θα πετά το αυτόγυρο του σε μεγαλύτερο ύψος και σε ταχύτητα μικρότερη από ότι πριν, Αν το τράβηγμα του μοχλού γίνει πιο απότομο, θα προκληθεί η ανταλλαγή, αυτή πιο γρήγορα και, επιπλέον, θα αλλάξει (θα αυξηθεί) ο ρυθμός περιστροφής και μέρος της κινητικής ενέργειας θα μετατραπεί σε περιστροφική.

Η κινητική ενέργεια, τελικά, είναι εύκολα μετατρέψιμη σε περιστροφική ενέργεια ή δυναμική ενέργεια, Η Περιστροφική είναι μετατρέψιμη σε ενέργεια δυναμική μέσω της δύναμης της άντωσης, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης στο να μειώσει την ταχύτητα και τον ρυθμό καθόδου του αεροσκάφους (κινητική ενέργεια).

Η ιδιομορφία που παρουσιάζει το αυτόγυρο από πλευράς ενέργειας αν το συγκρίνουμε με ένα αεροπλάνο, είναι πως, όπως και το ελικόπτερο, μπορεί να αποθηκεύσει κάποια ποσότητα ενέργειας στον ρότορα, την οποία μπορεί να πάρει τόσο από την κινητική ενέργεια όσο και από την δυναμική. Είναι αυτό το χαρακτηριστικό που δίνει σε αυτόν τον τύπο αεροσκάφους μεγαλύτερη ικανότητα επιβίωσης σε μια αναγκαστική προσγείωση εκτός αεροδρομίου. Πλησιάζοντας στο έδαφος, μεταφέρεται όλη η κινητική ενέργεια στον ρότορα, φτάνοντας σχεδόν στην πλήρη ακινητοποίηση του αυτόγυρου, και αυτή την ενέργεια θα χρησιμοποιήσουμε για να «κρατήσουμε» την κάθοδο του μέχρι να το θέσουμε στο έδαφος με ταχύτητα πολύ μικρή και απόλυτη ασφάλεια (Κεφάλαιο 5).

2.7.2 Άνοδος και κάθοδος

Μολονότι μπορεί κανείς να ανέβει ή να κατέβει χρησιμοποιώντας το πηδάλιο διακυβέρνησης, αυτός δεν είναι ο σωστός τρόπος, μια και στις δύο περιπτώσεις (άνοδο ή κάθοδο) πρέπει να διατηρηθεί η ταχύτητα ώστε να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα (μεγαλύτερη ακτίνα δράσης, μεγαλύτερη αυτονομία, μεγαλύτερος ρυθμός ανόδου, κ.λ.π.).

Ο σωστός τρόπος ανόδου ή καθόδου, είναι η διατάραξη της ισορροπίας ανάμεσα στην παρεχόμενη ισχύ και στην δύναμη που χάνεται λόγω της αντίστασης. Έτσι, αν αυξήσουμε την ισχύ περισσότερο από όσο απαιτείται για την εξουδετέρωση της αντίστασης, ανεβαίνουμε, και αν την μειώσουμε, κατεβαίνουμε

Αν διατηρούμε το ύψος μας, μπορούμε να ακολουθήσουμε μια παρόμοια συλλογιστική για την ταχύτητα, αλλά σε αυτή την περίπτωση πρέπει και να χειριστούμε το πηδάλιο διακυβέρνησης με τέτοιο τρόπο ώστε και να αυξήσουμε ή να μειώσουμε ταχύτητα και να αυξήσουμε ή να μειώσουμε την ισχύ.

Για αυτόν τον λόγο το χειριστήριο του γκαζιού είναι το πρωταρχικό χειριστήριο ελέγχου του ρυθμού ανόδου/καθόδου, ενώ το πηδάλιο διακυβέρνησης είναι το πρωταρχικό χειριστήριο ελέγχου της ταχύτητας (θυμόμαστε πως σε κάθε ταχύτητα αντιστοιχεί μια μόνο γωνία προσβολής σε ισορροπία). Στο κεφάλαιο 5 θα ασχοληθούμε λεπτομερώς με όλα αυτά τα θέματα.

2.7.3 Αντίσταση και Ισχύς

Από την μελέτη του ενεργειακού συστήματος που αντιπροσωπεύει ένα αεροσκάφος εν πτήση, εξάγεται ένα συμπέρασμα: η αντίσταση είναι αυτή που το κάνει να κατεβαίνει. Ο ρυθμός καθόδου είναι, για αυτόν τον λόγο, άμεσα συνδεδεμένος με το μέγεθος της αντίστασης.

Έχουμε δει επίσης πως ο μοναδικός τρόπος αντιστάθμισης αυτής της επίδρασης είναι μέσω της παροχής εξωτερικής ενέργειας, στο σύστημα. Αυτή την παροχή ενέργειας την ονομάζουμε ισχύ,

Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, και με δεδομένο το ότι στην μελέτη της αντίστασης έχουμε δει πως υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες: η προκαλούμενη αντίσταση (*resistencia inducida*) και η παράσιτη αντίσταση (*resistencia parasita*), μπορούμε να βάλουμε την ισχύ που είναι απαραίτητη για την πτήση ενός αεροσκάφους σε αυτές τις δύο κατηγορίες: προκαλούμενη ισχύς (*potencia inducida*) και παράσιτη ισχύς (*potencia parasita*).

Έτσι, μπορούμε να ξανασχεδιάσουμε την γραφική παράσταση των αντιστάσεων του σχήματος 6, αλλά τώρα θα ονομάσουμε τις καμπύλες αντίστασης, καμπύλες απαιτούμενης ισχύος, με το σύνολο τους να αποτελεί την συνολική απαιτούμενη ισχύ για κάθε ταχύτητα πτήσης. Αυτή η γραφική παράσταση ονομάζεται πολική καμπύλη ταχυτήτων ή καμπύλη της απαιτούμενης ισχύος, και απεικονίζει την απαραίτητη ισχύ για την διατήρηση της κάθε δυνατής ταχύτητας πτήσης με τρόπο σταθερό και χωρίς άνοδο ή κάθοδο.

Οι καμπύλες της απαιτούμενης ισχύος, όπως φαίνεται στο σχήμα 7, βρίσκονται



Φωτο 4. Ο Κώστας Γεωργίου πιάζει μπροστά από της δικής του κατασκευής Αυτόγυρο τύπου «Domonator».

προς τα αριστερά ως προς τις καμπύλες των αντιστάσεων, Αυτό οφείλεται στο ότι η ισχύς είναι συνάρτηση της ταχύτητας υψωμένης στον κύβο, ενώ η αντίσταση εξαρτάται από την ταχύτητα υψωμένη στο τετράγωνο.

Θυμόμαστε πως: Ισχύς είναι το έργο που πραγματοποιείται σε μια μονάδα χρόνου και έργο είναι δύναμη προς απόσταση. Έτσι, η απαιτούμενη ισχύς θα ισούται με την δύναμη της αντίστασης πολλαπλασιαζόμενης επί την απόσταση και διαιρούμενης δια του χρόνου.

$$\text{Ισχύς} = \frac{\text{Αντίσταση} \times \text{Έργο}}{\text{Χρόνος}} = \text{Αντίσταση} \times \text{Ταχύτητα}$$

$P = R \times e / t = R \times \text{Velocidad}$, όπου:

$P = \text{Potencia (Ισχύς)} = \text{Resistencia (Αντίσταση)}$, $e = \text{Trabajo (Έργο)}$, $t = \text{Tiempo (χρόνος)}$, $\text{Velocidad (Ταχύτητα)}$

Η ανάλυση και η γνώση αυτής της καμπύλης που αντιστοιχεί στο αεροσκάφος το οποίο χειριζόμαστε είναι απαραίτητες για να το πετάμε με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Η καμπύλη που παρουσιάζεται στο σχήμα 7 είναι αυτή ενός ατόγυρου.

Όπως βλέπουμε., η καμπύλη είναι ασύμπτωτη (δηλαδή πλησιάζει, χωρίς όμως να φτάνει ποτέ να αγγίξει) ως προς τον κάθετο άξονα. Αυτό σημαίνει πως είναι αδύνατη η πτήση με ταχύτητα 0 (με ταυτόχρονη διατήρηση του ύψους) για ένα ατόγυρο, μια και η απαιτούμενη ισχύς θα ήταν άπειρη.

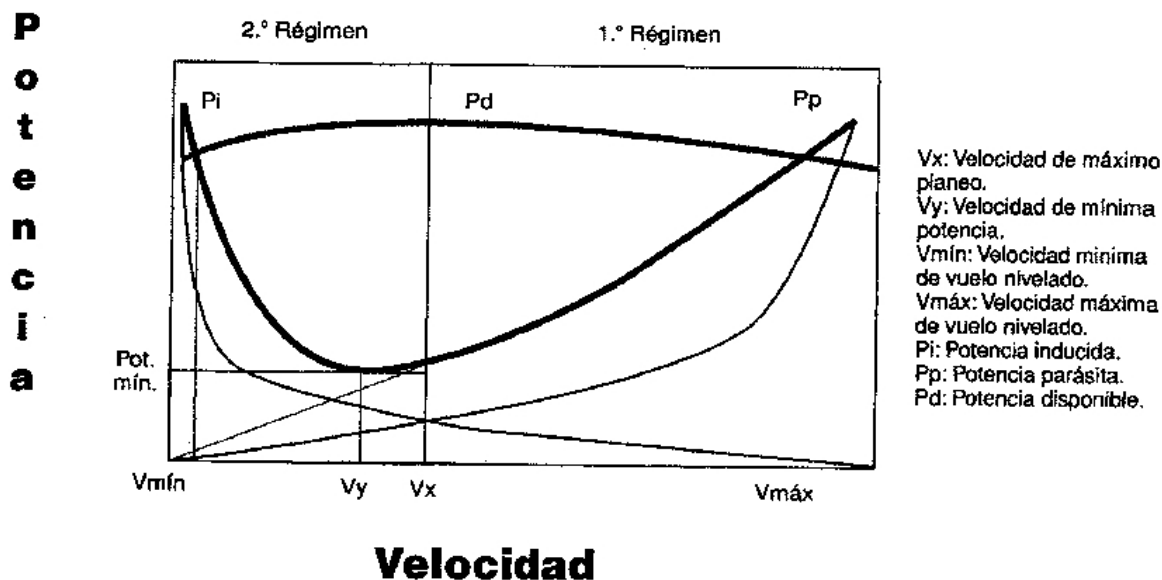


Figura 2.7. Polar de las velocidades.

Σχήμα 7. Πολικό των ταχυτήτων

Όσον αφορά την μέγιστη ταχύτητα υπάρχει κατασκευαστικό όριο, που ισούται, με την μέγιστη αντίσταση για την οποία είναι υπολογισμένο να αντέχει το ατόγυρο.

Αυτή η ταχύτητα ονομάζεται Ταχύτητα Μη Υπερβάσιμη (V_{ne}) και είναι απαραίτητο να κινούμαστε πάντα με ταχύτητα μικρότερη της.

Μια τρίτη ιδιαίτερη, ταχύτητα είναι η Ταχύτητα Ελάχιστης Απαιτούμενης Ισχύος (V_y). Σε αυτήν την ταχύτητα είναι δυνατή η πτήση με την ελάχιστη ισχύ, με μικρότερη ισχύ θα είναι, αδύνατη η διατήρηση του ύψους. Για οποιαδήποτε ισχύ μεγαλύτερη αυτής που απαιτείται για αυτή την ταχύτητα υπάρχουν δύο δυνατές ταχύτητες,

Στην πολική καμπύλη υπάρχουν δύο τομείς που στα δεξιά και στα αριστερά της Ταχύτητας Ελάχιστης Απαιτούμενης Ισχύος (V_y) ορίζουν τις περιοχές πτήσης κατά τον πρώτο και τον δεύτερο ρυθμό πτήσης αντίστοιχα. Αν πετάμε με τον πρώτο ρυθμό πτήσης, η συμπεριφορά του αυτόγυρου θα είναι σταθερή ως προς την ταχύτητα και την ισχύ. Αν αυξήσουμε την ισχύ το αεροσκάφος θα επιταχύνει ώσπου να φτάσει σε ένα νέο σημείο ισορροπίας με την αντίσταση σε μια ταχύτητα μεγαλύτερη από την αρχική. Αν την μειώσουμε, το σημείο ισορροπίας θα σταθεροποιηθεί σε μια ταχύτητα μικρότερη από την αρχική.

Τα πράγματα αλλάζουν δραματικά: όταν βρισκόμαστε στον δεύτερο ρυθμό πτήσης. Σε αυτήν την περίπτωση το σύστημα είναι ασταθές, μια και σε μια μείωση της ισχύος, που θα προκαλέσει επιβράδυνση κατά την προσπάθεια του συστήματος να διατηρήσει την ενεργειακή του ισορροπία, η απαιτούμενη ισχύς θα είναι όλο και μεγαλύτερη. Σε αυτή την περίπτωση το αυτόγυρο θα επιβραδύνει και θα φτάσει να χάσει όλη την κινητική του ενέργεια, χάνοντας ύψος, ανεπανόρθωτα, εξαντλώντας επίσης την δυναμική του ενέργεια. Θα επανέρθουμε σε αυτό το θέμα στο κεφάλαιο 5.

2.8 Επιδόσεις και Περιορισμοί

Οι επιδόσεις ενός αεροσκάφους μας δίδονται ως πληροφορίες με μορφή διαγραμμάτων (που περιέχονται σε πίνακες) ή περιγραφικά (ταχύτητα ρυθμού, ταχύτητα ελάχιστης ισχύος, κ.λ.π.) που ο πιλότος χρησιμοποιεί για να επιλύσει δυο διαφορετικούς τύπους προβλημάτων:

1^ο.- Να πετάξει το αεροσκάφος του με τον τρόπο που του δείχνει ο κατασκευαστής, και χρησιμοποιώντας την κατάλληλη χρήση των περιγραφικών στοιχείων, να εξάγει το καλύτερο δυνατό επιχειρησιακό αποτέλεσμα,

2^ο.- Να προβλέψει τις πραγματικές δυνατότητες του αεροσκάφους ώστε να κινηθεί σε συγκεκριμένες καιρικές/περιβαλλοντολογικές συνθήκες σε συνάρτηση με το συνολικό βάρος του αεροσκάφους,

Στην πράξη περιγράφουν την συμπεριφορά εν πτήση του αεροσκάφους σε όλες τις πιθανές συνθήκες μέσα στο χώρο των εγκεκριμένων πτήσεων. Περιέχονται σε ένα επίσημο έγγραφο το οποίο εκδίδεται από τον κατασκευαστή και ονομάζεται Εγχειρίδιο Πτήσης* Στην πραγματικότητα, τα εγχειρίδια πτήσης των υπερελαφρών αεροσκαφών (ULM), όπως και της πλειοψηφίας των αεροσκαφών που χρησιμοποιούνται γενικά στην αεροπλοΐα, είναι ιδιαίτερα λακωνικά και

δίνουν πολύ περιορισμένες πληροφορίες. Η γνώση του ίδιου του αεροσκάφους και η πτητική εμπειρία μας επιτρέπουν να συμπληρώσουμε τις άγνωστες παραμέτρους του μηχανήματος που χειριζόμαστε, πληροφορίες που κάθε πιλότος οφείλει να γνωρίζει.

Μολονότι αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συγκρίσεις της απόδοσης διαφορετικών αεροσκαφών, η βασική τους λειτουργία είναι το να παρέχουν στον πιλότο πραγματικές και αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με το τι μπορεί να περιμένει από το αεροσκάφος του σε συγκεκριμένες συνθήκες. Παρέχουν απαντήσεις σε ερωτήσεις όπως:

Πόσο βάρος μπορώ να φορτώσω για να απογειωθώ από αυτό το αεροδρόμιο και να προσγειωθώ σε εκείνο;

Πόσο διάδρομο χρειάζομαι για να απογειωθώ;

Μπορώ να ανέβω στο απαραίτητο ύψος για να ξεπεράσω με σιγουριά εκείνη την οροσειρά;

Πόσο θα καταναλώσω; Ή Πόσο καύσιμο πρέπει να απορρίψω;

Πόσο μπορώ να ολισθήσω σε περίπτωση απώλειας του κινητήρα;

Ή Ποια είναι η καλύτερη ταχύτητα ολίσθησης; ... και πολλές άλλες ακόμη.

Όλα τα εγχειρίδια πτήσης έχουν ένα κεφάλαιο αφιερωμένο στις επιδόσεις, και άλλο αφιερωμένο στους περιορισμούς, παρόλο που η διαφορά έγκειται περισσότερο στην οπτική γωνία από την οποία παρατηρούμε ένα χαρακτηριστικό παρά στο ίδιο το χαρακτηριστικό. Έτσι, το ανώτατο βάρος κατά την απογείωση μπορεί να συμπεριληφθεί στις επιδόσεις, όταν αναφέρεται στην ικανότητα φόρτωσης ή στους περιορισμούς, όταν αναφέρεται στα βάρη με τα οποία δεν μπορούμε να πετάξουμε.

Όπως και να έχει συνήθως θεωρούνται ως επιδόσεις οι περιγραφικές παράμετροι, και ως περιορισμοί οι παράμετροι που επιδρούν άμεσα στην ασφάλεια της πτήσης έτσι και δεν τηρηθούν. Αυτά τα στοιχεία συνήθως παρουσιάζονται με μορφή πινάκων, μια και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι τιμές τους είναι μεταβλητές και εξαρτώνται από τη μορφοποίηση του αεροσκάφους και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

2.8.1 Περιορισμοί

- **Ανώτατο Βάρος κατά την Απογείωση**

Αυτός ο περιορισμός παρουσιάζει δυο μεταβλητές, την δομική (απόλυτο ανώτατο βάρος που μπορεί να φέρει το αεροσκάφος), και αυτήν που εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες προς την διαθέσιμη ισχύ και την αεροδυναμική απόδοση (και που φυσιολογικά είναι μικρότερη).

- **Ανώτατο Βάρος κατά την Προσγείωση**

Είναι ένας όρος ανάλογος με τον προηγούμενο αλλά αφορά την προσγείωση. Κάποια αεροσκάφη με δεξαμενές στα φτερά έχουν άλλο περιορισμό βάρους κατά την προσγείωση από αυτόν της απογείωσης.

- **Ελάχιστο Βάρος κατά την Απογείωση**

Στα αυτόγυρα είναι σημαντικό, μια και ένα πολύ μικρό βάρος θα εμπόδιζε τον ρότορα να περιστραφεί με έναν ρυθμό αρκετά υψηλό καθ' όλες τις συνθήκες πτήσης, καθιστώντας έτσι τον ρότορα δυνητικά ασταθή.

- Περιοχή Κέντρου Βάρους

Ακραία όρια στα οποία μπορεί να βρεθεί το κέντρο βάρους

- Παράγοντες μέγιστου και ελάχιστου φορτίου

Περιγράφει τις οριακές επιταχύνσεις, ανώτατη, κατώτατη, θετική και αρνητική, στις οποίες μπορεί να εκτεθεί ένα αεροσκάφος χωρίς να διατρέξει δομικό κίνδυνο. Παραμένει μυστήριο το ότι αυτός ο περιορισμός φηγουράει σε πολλά αεροσκάφη τα οποία όμως δεν διαθέτουν ένδειξη φορτίου στα όργανα τους (Μάτια που δεν βλέπουνε...)

- Επιχειρησιακός χώρος

Μέγιστο ύψος στο οποίο μπορεί να ανέλθει ένα αεροσκάφος, σε συνάρτηση με τη μορφοποίηση πτήσης του και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Συνήθως προσδιορίζει ένα απόλυτο ανώτατο όριο το οποίο συνήθως ανταποκρίνεται στις ανάγκες του κινητήρα (ή του συστήματος που παρουσιάζει τους περισσότερους περιορισμούς) ώστε να μπορεί να συνεχίζει να λειτουργεί.

- Ταχύτητα Μη Υπέρβασιμη

Ταχύτητα κατά την οποία φτάνουμε στο ανώτατο επίπεδο αντίστασης για το οποία είναι κατασκευασμένο το αεροσκάφος. Στη περίπτωση αεροσκάφους με περιστρεφόμενη πτέρυγα μπορεί να ανταποκρίνεται σε περιορισμούς που οφείλονται στην αεροδυναμική απώλεια της πτέρυγας που υποχωρεί ή στο διηχητικό ρυθμό (regimen transonico) αυτής. που. προωθείται, και αλλάζει ανάλογα με την πυκνότητα του αέρα.

- Ανώτατη ταχύτητα τροχοδρόμησης

Αυτονόητη, πολλές φορές ορίζεται από την ανώτατη ταχύτητα κατά την οποία μπορεί κανείς να φρενάρει.

- Περιοχή Ύψους - Ταχύτητας

Αυτός είναι ένας χαρακτηριστικός περιορισμός σε ελικόπτερα. Εκφράζει την δυνατότητα πραγματοποίησης μιας ασφαλούς προσγείωσης σε συνάρτηση με το ύψος και την ταχύτητα στην περίπτωση απώλειας του κινητήρα. Το αυτόγυρο, δεδομένης της δυνατότητας του να πετά με ταχύτητες ιδιαίτερα χαμηλές, παρουσιάζει παρόμοιους περιορισμούς, που αξίζει να μελετηθούν και να παρουσιαστούν δεόντως στα εγχειρίδια πτήσης του. Θα εξηγήσουμε αυτόν τον περιορισμό σε μια εκδοχή του που έχει εφαρμογή και στο αυτόγυρο, στο κεφάλαιο 6.

2.8.2 Επιδόσεις

- Κατώτατη ταχύτητα πτήσης

Εξαρτάται από την μορφοποίηση του αυτόγυρου και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, και είναι η κατώτατη ταχύτητα κατά την οποία μπορεί να πετά οριζόντια.

- Ταχύτητα ελάχιστης ισχύος

Κάθε αεροσκάφος βαρύτερο από τον αέρα, είτε είναι αυτό αεροπλάνο, είτε είναι ελικόπτερο ή αυτόγυρο, απαιτεί ισχύ για να μπορέσει να πετάξει. Η ποσότητα απαιτούμενης ισχύος σε μια συγκεκριμένη μορφοποίηση βάρους και ζυγίσματος σε σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες, εξαρτάται από την ταχύτητα πτήσης του αεροσκάφους και παρουσιάζεται στην πολική γραφική παράσταση των ταχυτήτων (σχήματα 6 και 7).

Σε αυτή την γραφική παράσταση φαίνεται το πως η παράσιτη αντίσταση αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα, ενώ η προκαλούμενη αντίσταση (που σχετίζεται με την παραγωγή της άντωσης) μειώνεται. Αυτή η γραφική παράσταση παρουσιάζει μια σειρά από ιδιαίτερα σημαντικά σημεία για την επαρκή κατανόηση της συμπεριφοράς των αεροσκαφών.

Το πρώτο ιδιαίτερο σημείο είναι η ταχύτητα στην οποία το σύνολο και των δυο αντιστάσεων είναι το κατώτατο (V_y), και που εκφράζει την ταχύτητα στην οποία το αεροσκάφος μας απαιτεί την μικρότερη ισχύ για να πετάει σταθερά. Για να πετάξει γρηγορότερα χρειαζόμαστε μεγαλύτερη ισχύ (κάτι που είναι εύκολα κατανοητό).

Αλλά, και παρόλο που δεν είναι τόσο προφανές πρέπει να ξέρουμε πως για να διατηρήσουμε μικρότερη ταχύτητα απαιτείται επίσης τόσο μεγαλύτερη ισχύς όσο μικρότερη είναι αυτή σε σχέση με την V_y . Αυτή η κατάσταση είναι ασταθής, μια και αν για να ξεπεράσουμε ένα εμπόδιο μετά την απογείωση, ανεβάσουμε υπερβολικά το ρύγχος και η ταχύτητα πέσει κάτω από την V_y , θα μειωθεί ο ρυθμός ανόδου μας ή θα σταματήσουμε να ανεβαίνουμε, και έτσι θα είναι αδύνατο να τα καταφέρουμε.

Αυτή η ταχύτητα εκφράζει στην πραγματικότητα την ταχύτητα της ελάχιστης αντίστασης, στην οποία θα επιτευχθεί ο μικρότερος ρυθμός καθόδου σε ολίσθηση. Η απόδοση του συνόλου κινητήρα - έλικα, που είναι πάντα ένας συμβιβασμός ανάμεσα στις απαιτήσεις για διαφορετικές δυνατές ταχύτητες πτήσης, καθιστούν στην πράξη την ταχύτητα ελάχιστης ισχύος λίγο μεγαλύτερη από αυτή της ελάχιστης αντίστασης, μολονότι στην περίπτωση πολύ αργών αεροσκαφών (όπως τα ULM) μπορεί να θεωρηθεί ως ίση.

- Ταχύτητα μέγιστης ολίσθησης (V_x)

Είναι η ταχύτητα στην οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη απόσταση στην οποία μπορεί να φτάσει με σβηστή μηχανή. Εξαρτάται από τον αέρα, και είναι περίπου ισοδύναμη με 1.2 φορές τη $V_y + V_w$, όπου V_w είναι ο συντελεστής αέρα, ευνοϊκού (οπότε αφαιρείται) ή αντίθετου (οπότε προστίθεται). Δεν θα εξετάσουμε αυτό το θέμα, το οποίο παρουσιάζεται στις «ολικές γραφικές παραστάσεις των ταχυτήτων και των αντιστάσεων. Αυτό που θα τονίσουμε όμως, για να αποφευχθεί η σύγχυση, είναι το ότι με ευνοϊκό (ούριο) άνεμο η ταχύτητα



Φωτο 5. Ο Νικόλας Καραολίδης (Ιδρυτής της εταιρείας "AVIOMANIA AIRCRAFT" κάνει τον πρό πτήσης έλεγχο πριν αρχίσει τους θεαματικούς ακροβατικούς ελιγμούς με το δικής του κατασκευής σκάφος "G1sa Genesis Solo" Αυτόγυρο.

μέγιστης απόστασης είναι μικρότερη (παρόλο που η απόσταση είναι μεγαλύτερη) από ότι χωρίς άνεμο. Παρομοίως, με αντίθετο (αντίπρωρο) άνεμο η ταχύτητα θα είναι μεγαλύτερη από ότι χωρίς άνεμο, αλλά η απόσταση, θα είναι μικρότερη.

- Ταχύτητα μέγιστης κλίσης (V_s)

Είναι η ταχύτητα στην οποία επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή κλίση ανόδου. Είναι πάντα κατώτερη, της V_y , μια και, παρόλο που ο ρυθμός ανόδου θα είναι λίγο χαμηλότερος, η μικρότερη ταχύτητα το αντισταθμίζει επαρκώς. Στα αεροσκάφη ULM, και οι δυο ταχύτητες είναι σχεδόν παρόμοιες, έχοντας μεγαλύτερη σημασία στα αεροσκάφη με περιστρεφόμενη πτέρυγα, που μπορούν να διατηρήσουν με ασφάλεια ταχύτητες πάρα πολύ μικρότερες από την V_y (αν και με τις προφυλάξεις που εμπεριέχονται στην πτήση με τον 2^ο Ρυθμό,

- Ταχύτητα μέγιστης ακτίνας δράσης

Είναι η ταχύτητα στην οποία επιτυγχάνεται η κάλυψη της μεγαλύτερης δυνατής απόστασης με μια δεδομένη ποσότητα καυσίμων. Είναι περίπου 13 φορές η V_y ,

- Ταχύτητα μέγιστης αυτονομίας

Είναι η ταχύτητα με την οποία ένα αεροσκάφος είναι δυνατό να πετά για το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα με μια δεδομένη ποσότητα καυσίμων. Είναι περίπου ίση με την V_y . Αξίζει να σημειωθεί πως με ταχύτητα V_y μπορεί να παραμείνει κανείς περισσότερο χρόνο στον αέρα από ότι με ταχύτητα μέγιστης αυτονομίας, αλλά η απόσταση που θα διανυθεί, ωστόσο, θα είναι μικρότερη,

- Ταχύτητα προσγείωσης

Είναι η ταχύτητα που ένα αεροσκάφος πρέπει να έχει στην τελική φάση προσέγγισης για προσγείωση. Αυτή η ταχύτητα είναι ένας συγκερασμός μεταξύ της κινητικής ενέργειας που απαιτείται για να επιβραδύνει το αεροσκάφος κατά την κάθοδο (ώστε να έχουμε ασφαλή προσγείωση) και της ανάγκης να συγκρατηθεί το αεροσκάφος αφότου αρχίσει η τροchioδρόμηση (ώστε το αεροσκάφος να σταματήσει μέσα στα όρια του διαδρόμου προσγείωσης).

2.9 Υψόμετρο και ταχύτητα

Μολονότι αυτά τα θέματα δεν αποτελούν κομμάτι της αεροδυναμικής, αξίζει να τα εξετάσουμε ώστε να αποφύγουμε λάθη που μπορεί να. θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια μιας πτήσης, μια και αφορούν τον τρόπο μέτρησης του υψόμετρου και της ταχύτητας πτήσης, κάτι ιό οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για να έχουμε επαρκή απόσταση από το έδαφος και να διατηρούμε τον έλεγχο του αεροσκάφους.

Το βέβαιο είναι πως τόσο η μέτρηση του ύψους όσο και η ταχύτητα είναι θέματα για τα οποία θα μπορούσαμε να αφιερώσουμε από ένα ξεχωριστό κεφάλαιο σε κάθε ένα. Αλλά ένα τέτοιο επίπεδο λεπτομέρειας είναι έξω από τον στόχο αυτού

του βιβλίου, που δεν είναι άλλος από την πτήση του αυτόγυρου. Για αυτό και έχουν συμπεριληφθεί σε αυτό το κεφάλαιο λίγες γενικές έννοιες γύρω από αυτά τα θέματα, που σκοπό έχουν να δώσουν περεταίρω χρήσιμες και επαρκείς πληροφορίες ώστε να πετούμε με μεγαλύτερη ασφάλεια.

2.9.1 Βασικές έννοιες γύρω από την μέτρηση του ύψους

Ένας σημαντικός παράγοντας που συντελεί στο να πετάμε με ασφάλεια είναι η διατήρηση επαρκούς απόστασης από το έδαφος. Παρόλο που μπορεί να φαίνεται πως είναι πολύ εύκολο να το καταφέρουμε όταν πραγματοποιούμε οπτική πτήση (VFR), υπάρχουν δυο περιπτώσεις οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στον πιλότο που δεν τις έλαβε υπ' όψη του έγκαιρα, κατά τον σχεδιασμό της πτήσης του.

Όταν πετάμε στην περιοχή γύρω από το αεροδρόμιο που χρησιμοποιούμε τακτικά (πτήσεις που στην καθημερινή μας κουβέντα τις ονομάζουμε πτήσεις από τον περιστερώννα), συνήθως ρυθμίζουμε το υψομετρικό μας όργανο ώστε να δείχνει στο αεροδρόμιο μας.

Αλλά αν με αυτή την ρύθμιση ταξιδέψουμε σε άλλο αεροδρόμιο, πως μπορούμε να ξέρουμε σε τι ύψος πετάμε πάνω από το έδαφος; Και μόλις φτάσουμε στο αεροδρόμιο του προορισμού μας, πως θα κινηθούμε σε κατάλληλο ύψος, που να μας εξασφαλίζει μια καλή τελική προσέγγιση;

Η υψομετρία, που πραγματεύεται τις μετρήσεις του ύψους με βαρομετρικές μεθόδους, μας προσφέρει τις απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις.

2.9.1.1 Το βαρομετρικό υψομετρικό όργανο

Το υψομετρικό όργανο, αυτό το τόσο δημοφιλές όργανο πτήσης, δεν είναι τίποτα παραπάνω από ένα απλό βαρόμετρο, δηλαδή ένας μετρητής της ατμοσφαιρικής πίεσης, την οποία, εκμεταλλευόμενο την σχεδόν σταθερή μεταβολή της στην ατμόσφαιρα, την παρουσιάζει ως ύψος. Έτσι, όσο μικρότερη η πίεση τόσο μεγαλύτερο θα είναι το ύψος που θα διαβάζουμε στο όργανο.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι υψομετρικών οργάνων και διάφορες κλίμακες μέτρησης, αλλά θα δείξουμε μόνο το πιο γνωστό. Η πιο διαδεδομένη μονάδα μέτρησης ύψους στην αεροναυτιλία είναι τα πόδια, και παρόλο που υπάρχουν υψομετρικά όργανα με διαβάθμιση σε μέτρα εμείς θα δείξουμε αυτά που αναφέραμε πρώτα. Τα δεύτερα των προαναφερόμενων συνήθως χρησιμοποιούν υποδιαίρεσεις σε εκατοστά του μέτρου και είναι πολύ λιγότερο ακριβή και πρακτικά, παρόλο που χρησιμοποιούνται και για οπτική πτήση.

Το υψομετρικό όργανο πρέπει να είναι συνδεδεμένο στην στατική εισαγωγή του ανεμοβαρομετρικού κυκλώματος. Στα υπερελαφρά η συνήθης πρακτική είναι να μην συνδέονται. Σε αυτή την περίπτωση το υψομετρικό όργανο καταγράφει την ατμοσφαιρική πίεση της καμπίνας και είναι δυνατόν να παρουσιαστεί σημαντικό σφάλμα στη μέτρηση στα γρήγορα υπερελαφρά,



Figura 2.8. El altímetro.

Σχήμα 8. Υψόμετρο όργανο

Όλα τα υψομετρικά όργανα διαθέτουν ένα σύστημα ρύθμισης που μας επιτρέπει να επιλέξουμε την ατμοσφαιρική πίεση που θα αντιστοιχεί στην ένδειξη ύψους 0. Μολονότι ο τρόπος παρουσίασης του ύψους μπορεί να διαφέρει από όργανο σε όργανο, υπάρχουν όργανα με δυο βελονοδείκτες (ικανούς να μετρούν μέχρι τα 10.000 πόδια) ή με τρεις βελονοδείκτες (ικανούς να μετρούν μέχρι τα 60.000 πόδια). Ο δίσκος του οργάνου είναι χωρισμένος σε 10 βασικές υποδιαιρέσεις, από το 0 μέχρι το 9 (βλέπε σχήμα 8). Κάθε μια από αυτές τις υποδιαιρέσεις αντιπροσωπεύει 100 πόδια για τον βελονοδείκτη των εκατοντάδων, 1000 πόδια για τον βελονοδείκτη των χιλιάδων και 10.000 πόδια για τον βελονοδείκτη των δεκάδων χιλιάδων (ο τελευταίος καταλήγει σε κύκλο).

2.9.1.2 Ρύθμιση του υψομετρικού οργάνου

Ήδη έχουμε αναφέρει πως όλα τα υψομετρικά όργανα διαθέτουν ένα μηχανικό σύστημα που επιτρέπει να αλλάζουμε το σημείο από το οποίο αρχίζει να μετρά το ύψος.

Η πιο απλή ρύθμιση του υψομετρικού οργάνου που υπάρχει είναι να το βάλουμε στα 0 πόδια στο αεροδρόμιο αναχώρησης. Αν το κάνουμε αυτό, η πίεση που θα αναγράφεται στο παραθυράκι Kollsman θα είναι η ατμοσφαιρική πίεση που επικρατεί στο αεροδρόμιο. Αυτή η ρύθμιση ονομάζεται QFE, και μας επιτρέπει να γνωρίζουμε το ύψος πτήσης πάνω από το αεροδρόμιο αναχώρησης,

Ο περιορισμός αυτού του τύπου ρύθμισης βρίσκεται στην τεράστια δυσκολία που θα συναντήσουμε όταν θα χρειαστεί να μάθουμε το πραγματικό μας ύψος από το έδαφος μόλις απομακρυνθούμε από το αεροδρόμιο,

Η κατάλληλη ρύθμιση αν πρόκειται να κάνουμε κάτι παραπάνω από απλές διελεύσεις είναι η **QNH**. Αυτή η ρύθμιση έγκειται στο να βάλουμε το υψομετρικό όργανο να δείχνει την υψομετρική διαφορά του αεροδρομίου αναχώρησης από την επιφάνεια της θάλασσας. Σε αυτή την περίπτωση η πίεση που αναγράφεται στο παραθυράκι θα είναι η ατμοσφαιρική πίεση που θα επικρατούσε στο αεροδρόμιο αν αυτό βρισκόταν στο ίδιο επίπεδο με την επιφάνεια της θάλασσας (μειωμένη ατμοσφαιρική πίεση, αφετηρία της επίσημης κλίμακας μέτρησης ατμοσφαιρικής πίεσης, καθιερωμένης από τον Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής αεροπορίας).

Με αυτή την ρύθμιση θα γνωρίζουμε το υψόμετρο στο οποίο πετάμε σε σχέση με την επιφάνεια της θάλασσας, ανεξάρτητα από την περιοχή πάνω από την οποία πετάμε. Έτσι, και εφόσον γνωρίζουμε το υψόμετρο της περιοχής (πληροφορία που παίρνουμε συνήθως από τον χάρτη), θα γνωρίζουμε και το πραγματικό μας ύψος από το έδαφος.

Ομοίως, μας επιτρέπει να προσεγγίσουμε το αεροδρόμιο του προορισμού μας στο κατάλληλο ύψος (υψόμετρο + 500 πόδια). Το υψόμετρο του αεροδρομίου του προορισμού μας το μαθαίνουμε από αεροναυτικά έντυπα.

Η QFE και η QNH είναι οι μοναδικές πρακτικές υψομετρικές ρυθμίσεις για τα ULM, αλλά έχουν τους περιορισμούς τους. Αυτοί είναι αποτέλεσμα της διαφοροποίησης της ατμοσφαιρικής πίεσης τόσο στον χώρο όσο και στον χρόνο, ειδικά με την εμφάνιση ατμοσφαιρικών μετώπων. Αυτό το φαινόμενο μπορούμε να το παρατηρήσουμε στην εναλλαγή του υψόμετρου που δείχνουν τα υψομετρικά όργανα αεροπλάνων που βρίσκονται σταθμευμένα σε ένα αεροδρόμιο κατά την διάρκεια λίγων ωρών.

Ο μόνος τρόπος να ξεπεράσουμε αυτή την αβεβαιότητα είναι να μας δώσουν το τρέχον QNE πριν μπούμε στην ζώνη του αεροδρομίου του προορισμού μας, αλλά για αυτό είναι απαραίτητος ο ασύρματος. Υπάρχουν επιπλέον, μια σειρά από μετεωρολογικά δελτία που εκπέμπονται σε συγκεκριμένες συχνότητες για να εξυπηρετούν την αεροναυτία.

2.9.1.3 Ύψος, υψόμετρο, ύψος πτήσης

Για να αποφύγουμε λάθη τα οποία μπορεί να φτάσουν να είναι επικίνδυνα και για να μαθαίνουμε την ορολογία της αεροναυτικής, αξίζει να διακρίνουμε και να χρησιμοποιούμε σωστά αυτούς τους όρους.

Ύψος είναι η απόσταση που υπάρχει ανάμεσα από το αεροσκάφος μας και την επιφάνεια της γης πάνω από την οποία πετάμε. Τα ύψη εκφράζονται με νούμερα που αποτελούνται μέχρι και από τέσσερα ψηφία, στα οποία προστίθεται η συντομογραφία AGL (στα αγγλικά above ground level, πάνω από την επιφάνεια του εδάφους).

Υψόμετρο είναι η απόσταση που υπάρχει ανάμεσα από ένα αεροσκάφος και την επιφάνεια της θάλασσας (ανεξάρτητα από το έδαφος πάνω από το οποίο πετάμε). Εκφράζεται με τον ίδιο τρόπο όπως και το ύψος, αλλά προστίθεται η συντομογραφία MSL (στα αγγλικά medium sea level, μέση στάθμη επιφάνειας

της θάλασσας).

Στην Ισπανία τα ULM επιτρέπεται να πετάνε μόνο στην ζώνη ελεύθερης κυκλοφορίας. Για αυτόν τον λόγο οι μόνες πρακτικές ρυθμίσεις είναι οι QNH και QFE. Αλλά αυτές οι ρυθμίσεις δεν μπορούν να εγγυηθούν την απόσταση από το έδαφος του τεράστιου όγκου κυκλοφορίας που υπάρχει στον εναέριο χώρο, και είναι απαραίτητο όλα τα αεροσκάφη να χρησιμοποιούν πάντα την ίδια αναφορά στο ίδιο χώρο. Για αυτόν τον λόγο όλα τα αεροσκάφη που πετούν κάτω από ένα υψόμετρο χρησιμοποιούν την ρύθμιση τοπικής QNH και πάνω από αυτό με μια ρύθμιση που μετρά το ύψος με βάση ένα υποτιθέμενο στρώμα που αντιστοιχεί στο υψόμετρο της ατμοσφαιρικής πίεσης των 1013 μιλιμπάρ. Αυτό το ύψος ονομάζεται ύψος μετάβασης και στην Ισπανία βρίσκεται σε υψόμετρο 6000 πόδια με εξαίρεση την Περιοχή της Γρανάδας όπου βρίσκεται στα 7000 πόδια.

Τα ύψη πάνω από το στρώμα των 1013 μιλιμπάρ ονομάζονται ύψη πτήσης και εκφράζονται με ένα νούμερο δύο ή τριών ψηφίων που αντιπροσωπεύουν εκατοντάδες ποδιών και την συντομογραφία FL (στα αγγλικά flight level, ύψος πτήσης)» Έτσι το ύψος πτήσης 80 γράφεται ως FL 80 και σημαίνει πως πετάμε στα 8000 πόδια πάνω από το στρώμα των 1013 μιλιμπάρ.

2.9.2 Σχετικά με τις ταχύτητες

Όλα τα αεροσκάφη που είναι βαρύτερα από τον αέρα πετούν, όπως έχουμε δει σε αυτό το κεφάλαιο, χάρη στη διαφορική κατανομή πιέσεων ανάμεσα στο πάνω και στο κάτω τμήμα μιας αεροδυναμικής επιφάνειας (είναι το ίδιο είτε πρόκειται για πτερύγιο ρότορα είτε πρόκειται για φτερό αεροσκάφους).

Ήδη από τις πρώτες μέρες της αεροπλοΐας παρουσιάστηκε η ανάγκη μέτρησης και εκτίμησης σε πραγματικό χρόνο την κατάσταση πτήσης του αεροσκάφους, για να μπορεί ο πιλότος να αποφασίσει με ασφάλεια ποια στιγμή να αυξήσει τις στροφές για να απογειωθεί ή πως να διατηρήσει μια πορεία καθόδου κατάλληλη ώστε να μπορέσει να προσγειώσει το αεροσκάφος Με ασφάλεια σε διαδρόμους που κάποιες φορές δεν έχουν αρκετό μήκος.

Η πραγματική κατάσταση πτήσης μιας αεροδυναμικής επιφάνειας ορίζεται με ακρίβεια, όπως έχουμε δει, από δύο παραμέτρους: την γωνία προσβολής και την πίεση της πρόσκρουσης της μάζας του αέρα πάνω στην αεροδυναμική επιφάνεια, μια και ο συνδυασμός των δύο είναι αυτός που γεννά την διαφορική κατανομή πιέσεων πάνω στις αεροδυναμικές επιφάνειες.

Η άμεση μέτρηση της γωνίας προσβολής είναι δυνατή, αλλά σύνθετη. Η πλειοψηφία των αεροπλάνων φέρουν έναν μετρητή περιορισμένης ακρίβειας ο οποίος δίνει ηχητικό σήμα όταν η γωνία προσβολής πλησιάζει το σημείο απώλειας στήριξης. Τα ULM συνήθως δεν φέρουν καν αυτήν την προειδοποιητική συσκευή και τα ελικόπτερα και τα αυτόγυρα δεν τη χρειάζονται μια και δεν μπορούν να βρεθούν σε απώλεια στήριξης (Τουλάχιστον όχι με την συμβατική έννοια του όρου, μία και θα μπορούσαν να φτάσουν σε απώλεια στήριξης όταν η πτέρυγα περιστρέφεται ανάστροφα, (κεφάλαιο 3)). Τα ελικόπτερα φέρουν έναν μηχανικό μετρητή βήματος, το οποίο μόνο κάτω από πολύ συγκεκριμένες συνθήκες είναι δυνατόν να φτάσει να ισοδυναμεί με την γωνία προσβολής, αλλά

που σε περισσότερες από τις 99% των περιπτώσεων δεν συμπίπτει καθόλου (θα μελετηθεί στο επόμενο κεφάλαιο).

Η άμεση μέτρηση της πίεσης της πρόσκρουσης είναι δυνατή, μέσω ενός απλού βαρόμετρου το οποίο μετρά την διαφορά πίεσης ανάμεσα στην στατική πίεση που περιβάλλει το αεροσκάφος και μια τιμή της δυναμικής πίεσης που την παίρνει από ένα σημείο το οποίο δεν διαταράσσεται από την ροή του αέρα. Αυτή είναι η μέτρηση, που δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια πίεση, που εμφανίζεται στον πιλότο ως ταχύτητα από το ανεμόμετρο, Αυτή είναι η φαινόμενη (αναγραφόμενη) ταχύτητα (IAS).

Όταν πετάμε με ένα αεροπλάνο με σταθερή φαινόμενη ταχύτητα, με ρυθμό ανόδου ή καθόδου σταθερό και πορεία ευθύγραμμη (δηλαδή χωρίς επιταχύνσεις), σε αυτή την IAS αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη γωνία προσβολής, που εξαρτάται μόνο από το βάρος του αεροπλάνου. Όσον αφορά το αυτόγυρο, μπορούμε να πούμε ότι ισχύει το ίδιο για την γωνία προσβολής του κυβικού δίσκου του ρότορα (*επιφάνεια που δημιουργείται από τον περιστρεφόμενο ρότορα.*), ενώ στην περίπτωση του ελικοπτέρου τα πράγματα είναι πολύ πιο περίπλοκα. Για αυτούς τους λόγους χρησιμοποιείται η IAS ως θεμελιώδης παράμετρος στο να γνωρίζουμε την πραγματική κατάσταση πτήσης ενός αεροσκάφους, μια και μας πληροφορεί και για την γωνία προσβολής και για την δυναμική πίεση.

Όμως αυτό οδηγεί σε λάθη όταν θεωρούμε πως η ταχύτητα έχει μέτρο πάντοτε ανάλογο με την γωνία προσβολής, ενώ αυτό γίνεται μόνο σε ένα συγκεκριμένο βάρος και πετώντας χωρίς επιταχύνσεις. Το πιο επικίνδυνο λάθος είναι αυτό που σχετίζεται με την ταχύτητα απώλειας στήριξης.

Ονομάζουμε ταχύτητα απώλειας στήριξης εκείνη την ταχύτητα η οποία για ένα συγκεκριμένο αεροπλάνο που πετάει χωρίς επιταχύνσεις, συσχετίζεται με μια γωνία προσβολής που αντιστοιχεί στην αεροδυναμική απώλεια στήριξης. Για αυτόν τον λόγο, στην βασική εκπαίδευση τονίζεται συνεχώς η μεγάλη σημασία της διατήρησης της ταχύτητας.

Δεν πρέπει να ξεγελιόμαστε από την χρήση και την κατάχρηση της έκφρασης ταχύτητα απώλειας στήριξης. Η απώλεια στήριξης δημιουργείται σε μια γωνία προσβολής, όχι σε μια ταχύτητα. Πράγματι, αν τραβήξουμε πολύ το πηδάλιο διακυβέρνησης, το αεροπλάνο θα βρεθεί σε απώλεια στήριξης και με ταχύτητα πολύ μεγαλύτερη από αυτή που φαίνεται στη γραφική παράσταση. Όταν μιλάμε για ταχύτητα απώλειας αναφερόμαστε σε εξισορροπημένη κατάσταση πτήσης (συντελεστής φορτίου = 1g) και στο βάρος και κέντρο βάρους του συγκεκριμένου αεροπλάνου. Αν αυξήσουμε το βάρος, η ταχύτητα απώλειας (V_p) αυξάνεται. Αν μεταφερθεί το κέντρο βάρους προς τα εμπρός, η V_p αυξάνεται. Αν βρισκόμαστε σε άνοδο, η V_p αυξάνεται. Αν στρίβουμε, η V_p αυξάνεται.

Τέλος, πρέπει να παίρνουμε την V_p ως σημείο αναφοράς, όχι σαν απόλυτη αλήθεια, πρέπει να κινούμαστε μέσα στα κατάλληλα όρια ασφαλείας και να γνωρίζουμε τα συμπτώματα πάνω στα χειριστήρια μας ώστε να μπορέσουμε να την αποφύγουμε πριν βρεθούμε σε αυτή...

2.9.3 Φαινόμενη ταχύτητα και πραγματική ταχύτητα

Ακολούθως παρουσιάζουμε τους ορισμούς των διαφορετικών εννοιών της ταχύτητας που χρησιμοποιούνται περισσότερο στην αεροπλοΐα.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, (αγγλικά: IAS)

Είναι η ταχύτητα που δείχνει το ανέμοβαρομετρικό σύστημα του αεροσκάφους (Indicated Air Speed).

ΚΑΛΙΜΠΡΑΡΙΣΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, (αγγλικά: CAS)

Είναι η φαινόμενη ταχύτητα, IAS, με διορθωμένο το εγγενές σφάλμα του ανεμοβαρομετρικού συστήματος του αεροσκάφους (Calibrated Air Speed).

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, (αγγλικά: TAS)

Είναι η CAS αφού διορθώσουμε το σφάλμα που αποδίδεται στην διαφορετική πυκνότητα του αέρα μέσα στον οποίο το ανέμοβαρομετρικό σύστημα παίρνει τις μετρήσεις του (κυρίως η ατμοσφαιρική πίεση και η θερμοκρασία του αέρα).

Στην πράξη και για τους συνηθισμένους σκοπούς πτήσης με ULM, το εγγενές σφάλμα στο ανέμοβαρομετρικό σύστημα του αεροσκάφους είναι αμελητέο, μια και οι ταχύτητες είναι πολύ χαμηλές. Πράγματι οι ενδείξεις στην πλειοψηφία των ανεμόμετρων σε ULM είναι αρκετά ανακριβείς, αλλά αν γνωρίζουμε τις χαρακτηριστικές ταχύτητες του αεροπλάνου για το συγκεκριμένο σύστημα το οποίο είναι εγκαταστημένο σε αυτό, αρκούν. Για αυτούς τους λόγους, σε αυτό το βιβλίο θα αναφερόμαστε πάντα στην IAS αντί για την CAS.

Άλλο θέμα πολύ διαφορετικό είναι αυτό της TAS (πραγματικής ταχύτητας). Όπως έχουμε εξηγήσει ήδη, η IAS μας ενημερώνει σχετικά με την κατάσταση πτήσης του αεροσκάφους με την μορφή μιας ταχύτητας, που στην πραγματικότητα είναι μια πίεση,

Η κλίμακα των ανεμόμετρων των αεροπλάνων είναι υπολογισμένη έτσι ώστε η μέτρηση της ταχύτητας που γίνεται με αυτόν τον τρόπο να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερη σε συγκεκριμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες και σε μικρά ύψη (κοντά στο επίπεδο της επιφάνειας της θάλασσας).

Όταν το ύψος πτήσης αυξάνεται, η πυκνότητα του αέρα μειώνεται. Όμως, τι συμβαίνει με την φαινόμενη ταχύτητα;

Η TAS για την πτήση του αεροσκάφους μας θα παραμείνει η IAS, η οποία είναι μια πίεση που μας δείχνει την κατάσταση πτήσης του αεροσκάφους μας. Όμως, μια και η πυκνότητα του αέρα είναι μικρότερη, για να έχουμε την ίδια τιμή IAS θα πρέπει να κινηθούμε με μεγαλύτερη ταχύτητα μέσα στην μάζα του αέρα,

Η διαφορά ανάμεσα στην TAS και την IAS είναι σημαντική όταν πετάμε σε μεγάλα ύψη. Στα συνηθισμένα επιχειρησιακά ύψη των ULM η διαφορά είναι πολύ μικρή. Όμως αν πρόκειται να πετάξουμε σε μεγάλα ύψη (πάνω από 3000 πόδια) πρέπει να λάβουμε υπ' όψη μας τα αποτελέσματα της μικρότερης πυκνότητας του αέρα. Όχι μόνο θα μεγαλώσει η διανυόμενη απόσταση κατά την απογείωση μια και θα πρέπει να φτάσει το αεροπλάνο σε μεγαλύτερη ταχύτητα (αλλά και κατά την προσγείωση μια και θα πρέπει να επιβραδυνθεί περισσότερο) αλλά, επιπλέον, η απόδοση του κινητήρα και της έλικας θα είναι

μικρότερη για αυτό και η διαθέσιμη επιτάχυνση θα είναι, επίσης, χαμηλότερη. Αυτή η απώλεια απόδοσης είναι ακόμα μεγαλύτερη σε αεροσκάφη με περιστρεφόμενη πτέρυγα.

3ο Κεφάλαιο

Η Αυτοπεριστροφή: η αεροδυναμική του ρότορα

Σε ένα αεροσκάφος σταθερής πτέρυγας η δημιουργία, δυνάμεων άντωσης σημαίνει την αυτόματη εμφάνιση ευθέως αναλόγων δυνάμεων αντίστασης: την προκαλούμενη αντίσταση. Προφανώς, μια πτέρυγα που χάρη στην περιστροφική της κίνηση δημιουργεί άντωση, θα δημιουργεί επίσης προκαλούμενη αντίσταση που θα έχει την τάση να την φρενάρει. Σε αυτό το κεφάλαιο δεν θα αναφερθούμε σε βασικές έννοιες αεροδυναμικής, που είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε για να μπορέσουμε να καταλάβουμε αυτό που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια. Για αυτό αναπτύσσεται το θέμα της βασικής αεροδυναμικής στο κεφάλαιο 2.

Το πρόβλημα που παρουσιάστηκε στον Jean de la Cierνα (*Ο άνθρωπος ο οποίος συνέλαβε την ιδέα του αυτόγυρου την δεκαετία του 20*) ήταν το να κατασκευάσει έναν ρότορα ικανό να δημιουργεί αυτοπεριστροφή και συμπληρωματική και ταυτόχρονη άντωση. Εδώ βρίσκεται το βασικό σημείο πάνω στο οποίο στηρίζεται η αρχή του αυτόγυρου.

Το θέμα δεν είναι ούτε εύκολο ούτε μπορεί να προσεγγισθεί διαισθητικά αλλά στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιάσουμε ξεχωριστά τον κάθε ένα από τους διαφορετικούς παράγοντες που εμπλέκονται στην λειτουργία ενός ρότορα σε αυτοπεριστροφή. Ο τελικός μας στόχος είναι να κατανοήσουμε πως περιστρέφεται και δημιουργεί άντωση ο ρότορας του αυτόγυρου. Όμως, να μην γελιόμαστε, αυτό θα είναι αδύνατο να επιτευχθεί χωρίς μια σημαντική διανοητική προσπάθεια από την μεριά του αναγνώστη.

Πριν ξεκινήσουμε, ας ξεκαθαρίσουμε πως ο μόνος τρόπος με τον οποίο μπορούμε να εξετάσουμε το φαινόμενο της αυτοπεριστροφής είναι μέσω της μελέτης των διαφορετικών δυνάμεων που επενεργούν σε ένα τμήμα της πτέρυγας και των διακυμάνσεών τους, καθώς μελετούμε διαφορετικά τομείς κατά μήκος της πτέρυγας. Το μαθηματικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για αυτό είναι ο απειροστικός λογισμός, μια και είναι άπειρος ο αριθμός των τμημάτων που συνθέτουν μια πτέρυγα.

Όμως ας ηρεμήσουμε... ο μαθηματικός υπολογισμός δεν είναι ο στόχος μας. Έτσι, και παρόλο που θα μας πάρει περισσότερο χρόνο και χώρο από όσο αν γράφαμε τέσσερις μαθηματικούς τύπους, θα προσεγγίσουμε το θέμα μας μέσω της μεμονωμένης μελέτης διαφορετικών τμημάτων της πτέρυγας, σε διαφορετικές συνθήκες, και θα κατανοήσουμε το γιατί υπάρχουν διαφορές και διακυμάνσεις ανάμεσα τους. Τέλος, η συμπεριφορά της κάθε πτέρυγας αποτελεί την ανυσματική σύνθεση όλων των αεροδυναμικών δυνάμεων που επενεργούν πάνω της όπως αυτές ασκούνται πάνω σε ένα συγκεκριμένο σημείο της: το αεροδυναμικό της κέντρο, και το σύνολο των δυνάμεων που σχετίζονται με την μάζα, το βάρος και τις τάσεις αδράνειας που ασκούνται σε άλλο ιδιαίτερο

σημείο: το κέντρο βάρους.

Για αυτόν τον λόγο θα αρχίσουμε μελετώντας την αεροδυναμική μιας πτέρυγας για να περάσουμε ύστερα στην μελέτη της συμπεριφοράς ολόκληρου του ρότορα. Πρέπει να πούμε πως η μελέτη της πτέρυγας θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε την αυτοπεριστροφή και την άντωση, ενώ η μελέτη του ρότορα θα μας επιτρέψει να κατανοήσουμε τα διαφορετικά φαινόμενα που επιδρούν στην πτήση μας, κάνοντας την γνώση τους ζωτικής σημασίας για τον ασφαλή χειρισμό αεροσκαφών με περιστρεφόμενη πτέρυγα.

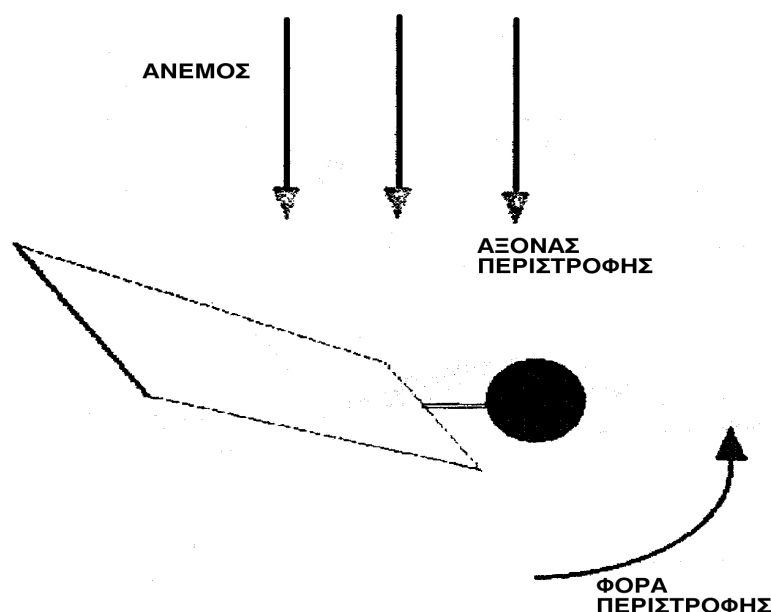
Θα κλείσουμε, τέλος, με την μελέτη του ημιάκαμπτου ρότορα, που σε αντίθεση με τον αρθρωτό που είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, ακόμα δεν έχει αναλυθεί, και είναι αυτός που στην πράξη έχει σχεδόν το σύνολο των σύγχρονων ULM, όπως επίσης και τα πιο δημοφιλή ελικόπτερα).

3.1 Η αεροδυναμική της πτέρυγας ενός ρότορα

Πριν από όλα είναι απαραίτητο να ξεκαθαρίσουμε πως ο ρότορας ενός αυτόγυρου περιστρέφεται για λόγους τελείως διαφορετικούς από αυτούς που δημιουργούν την περιστροφή του ρότορα σε έναν ανεμόμυλο. Είναι απαραίτητο να το αναφέρουμε αυτό και ως διδακτική εισαγωγή αλλά και για να διορθώσουμε την πολύ διαδεδομένη ιδέα (δημοσιευμένη ακόμα και σε βιβλία) πως οι δύο ρότορες περιστρέφονται για τους ίδιους λόγους.

3.1.1 Ο ανεμόμυλος

Ο ανεμόμυλος χρησιμοποιεί την δύναμη της αντίστασης που δημιουργείται από την πρόσκρουση του αέρα πάνω στις πτέρυγες του για να παράγει μηχανικό έργο. Για αυτό είναι απαραίτητο οι πτέρυγες του ρότορα του να βρίσκονται σε αρνητική γωνία ως προς το επίπεδο της περιστροφής (μηχανικό βήμα), ο αέρας, δηλαδή, να βρίσκει την επάνω επιφάνεια της πτέρυγας. Η αρνητική αυτή γωνία πρέπει επίσης να είναι πολύ μεγάλη.



Σχήμα 1. Πτέρυγα Ανεμόμυλου

Ένας ρότορας κατασκευασμένος με αυτόν τον τρόπο δεν είναι δυνατόν να παράγει επαρκή άντωση για τους παρακάτω λόγους:

1°.- Ο ρότορας θα έπρεπε να τοποθετηθεί σε οριζόντια θέση και ο αέρας να έρχεται από κάτω για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί ως δύναμη άντωσης η κατακόρυφη ως προς το επίπεδο περιστροφής δύναμη που δημιουργείται από την δυναμική πρόσκρουση του αέρα στο κάτω μέρος του ρότορα.

2°.- Το μέγεθος αυτής της δύναμης, που δεν είναι αεροδυναμικής προέλευσης και που οφείλεται αποκλειστικά στην δύναμη του αέρα που προσκρούει πάνω στην επίπεδη επιφάνεια, είναι τόσο μικρό που δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στην πράξη,

3°.- Ότι αναφέρθηκε προηγουμένως θα συμβεί μόνο στην περίπτωση κατακόρυφης πτώσης (ροή του αέρα κάθετη προς τον κυκλικό δίσκο του ρότορα), Αν κάναμε τον ρότορα να προχωρά οριζοντίως, θα δημιουργούσαμε αρνητική άντωση και ο ρότορας θα επιβράδυνε όσο θα αυξάναμε την ταχύτητα μετάθεσης. Αν συνεχίζαμε να αυξάνουμε την ταχύτητα αυτής ο ρότορας θα σταματούσε και ο τρόπος περιστροφής θα αντιστρεφόταν τη στιγμή που η δύναμη της πρόσκρουσης πάνω στο επάνω τμήμα των πτερύγων που παράγεται από τον οριζόντιο άνεμο θα ξεπερνούσε σε ισχύ την δύναμη πρόσκρουσης που παράγεται από τον κάθετο άνεμο.

Εκείνη τη στιγμή θα είχαμε έναν ρότορα ο οποίος θα περιστρεφόταν σε αυτοπεριστροφή ικανή να δημιουργήσει θετική άντωση. Αλλά αυτός ο ρότορας θα είχε ένα σοβαρό μειονέκτημα: δεν θα μπορούσε να περιστραφεί με τρόπο αρκετά γρήγορο και να δημιουργήσει αρκετή άντωση ώστε να κάνει να πετάξει οποιοδήποτε αεροσκάφος, μια και η γωνία του μηχανικού βήματος του θα ήταν υπερβολικά μεγάλη. Στις επόμενες σελίδες θα δωθούν οι σχετικές εξηγήσεις για αυτό το θέμα.

Για να μας δώσει ένας ρότορας τόση δύναμη άντωσης ώστε να είναι πρακτικά χρήσιμη είναι απαραίτητο να καταφύγουμε στην αεροδυναμική άντωση, πράγμα για το οποίο είναι απαραίτητο ο συγκεκριμένος ρότορας να βλέπει τον σχετικό αέρα στις πτέρυγες του με γωνία προσβολής τόσο μικρή ώστε να μη δημιουργείται αεροδυναμική απώλεια.

Είναι προφανές πως για να δημιουργήσει ο ρότορας δύναμη άντωσης είναι απαραίτητο να υπερνικηθεί η αντίσταση προώθησης των πτερύγων του, πέραν της παράσιτης αντίστασης που οφείλεται στην τριβή του αέρα. Αυτό το σχήμα αντί να προκαλεί περιστροφή στον ρότορα αυτό που κάνει είναι να τον σταματά,

3.1.2 κατανομή των ταχυτήτων στην πτέρυγα ενός ρότορα

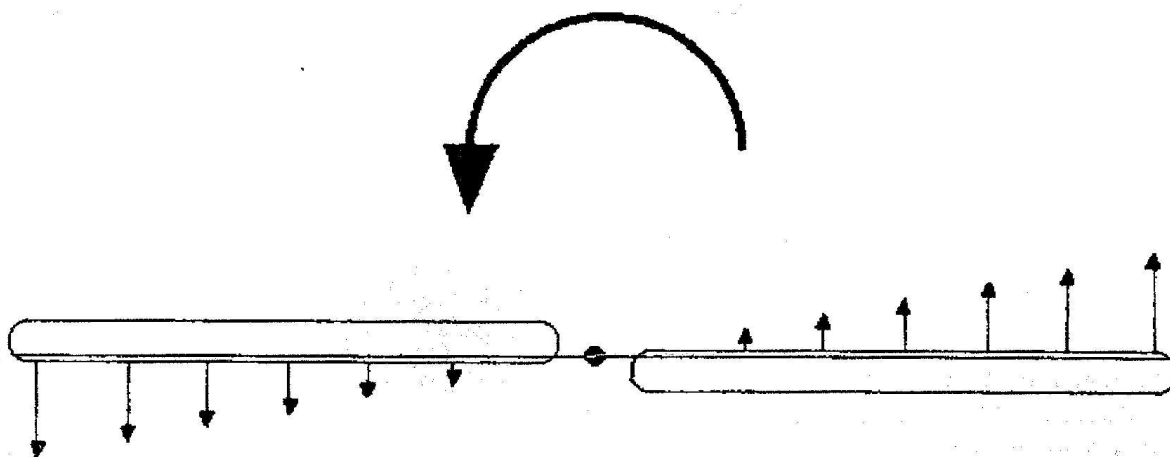
Θα ξεκινήσουμε την μελέτη μας κάνοντας την υπόθεση πως η πτέρυγα μας περιστρέφεται σε έναν ρότορα ο οποίος είναι ακίνητος, χωρίς καθόλου κίνηση μετατόπισης.

Για να κατανοούμε, την θέση της πτέρυγας θα χρησιμοποιήσουμε από εδώ και στο εξής την παρομοίωση του ρολογιού. Έτσι η πτέρυγα που βρίσκεται στα δεξιά (κοιτώντας πάντα προς τα εμπρός) θα πούμε πως βρίσκεται στις 3, η πίσω

πτέρυγα στις 6 και η μπροστινή στις 12, Ο θεωρητικός μας ρότορας θα είναι ένας διπτέρυγος αριστερόστροφος ρότορας (αντίθετα από τους δείκτες του ρολογιού).

Το πρώτο θεμελιώδες χαρακτηριστικό κάθε πτέρυγας που περιστρέφεται σε έναν ρότορα με σταθερό ρυθμό, είναι το ότι κάθε τμήμα της προσβάλλει τον αέρα με διαφορετική ταχύτητα η οποία μεγαλώνει όσο απομακρυνόμαστε από τον άξονα του ρότορα.

Αυτή η κατανομή των ταχυτήτων είναι σταθερή και ανεξάρτητη από την θέση της πτέρυγας στον κυκλικό-δίσκο του ρότορα,



Σχήμα 2. Κατανομή οριζοντίων ταχυτήτων σε μια πτέρυγα

Κάθε τμήμα της πτέρυγας θα βλέπει την ροή του αέρα με την ίδια ταχύτητα και την ίδια γωνία προσβολής (ακριβώς το μηχανικό βήμα της πτέρυγας). Όμως αυτή είναι μια ιδανική κατάσταση στην οποία είναι αδύνατο να έχουμε σε έναν ρότορα σε αυτοπεριστροφή, μια και άντωση ικανή να παράγει την αυτοπεριστροφή του ρότορα δεν υπάρχει. Ένας τέτοιος ρότορας μπορεί μόνο να είναι αυτός ενός ελικοπτερού που πετά ακίνητο και χωρίς άνεμο,

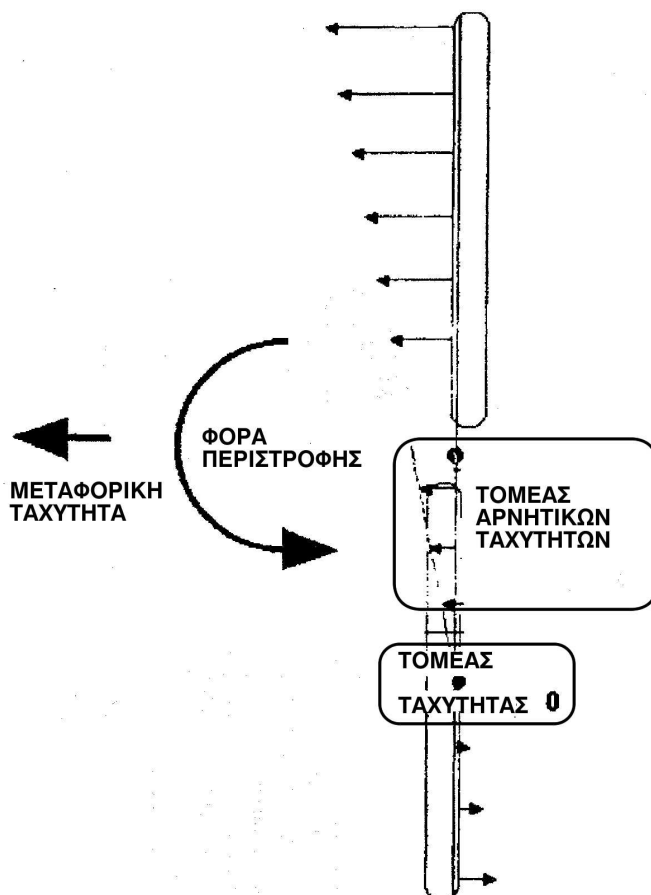
Αν τώρα κάνουμε αυτόν τον ρότορα να κινηθεί προς την ίδια κατεύθυνση με αυτή του επιπέδου περιστροφής, η σταθερή κατανομή των ταχυτήτων θα διαταραχθεί αμέσως. Η πτέρυγα που κινείται προς τα εμπρός (και που ας πούμε ότι βρίσκεται στις 3) θα δει όλα τις τα τμήματα να έχουν τελικές ταχύτητες που θα προκύπτουν από το άθροισμα της γραμμικής ταχύτητας που οφείλεται στην περιστροφή και της ταχύτητας μετατόπισης. Στη θέση που αντιστοιχεί στις 6 η κατανομή ταχυτήτων της πτέρυγας θα είναι αυτή ακριβώς που είχε και όταν ήταν ακίνητη, και κάθε τομέας της θα βλέπει να επιταχύνεται η ροή του αέρα μέχρι το μέγιστο στις 3 και στη συνέχεια θα επιβραδύνεται μέχρι να φτάσει στην τιμή που είχε στις 12.

Από τις 12 και μετά η κατάσταση αλλάζει δραματικά. Τώρα ο σχετικός άνεμος που προκαλείται από την μετατόπιση θα αφαιρείται από την γραμμική ταχύτητα που δημιουργείται από την περιστροφή του ρότορα. Αν παγώσουμε την πτέρυγα στις 9 θα δούμε πως από το τμήμα 0 (του οποίου η γραμμική ταχύτητα είναι ίση με αυτή της μετατόπισης, και για αυτό το τμήμα αυτό έχει ταχύτητα 0) μέχρι



Φωτο 6. Χαμηλή διέυση πάνω από το Αεροδρόμιο της Αερολέσχης Αγρινίου, η οποία έχει την πρώτη επίσημη σχολή για το αυτόγυρο.

τον άξονα του ρότορα οι ταχύτητες είναι αρνητικές. Με άλλα λόγια, η πτέρυγα σε αυτά τα τμήματα δέχεται τον άνεμο από το χείλος εξόδου με γωνία προσβολής μεγαλύτερη των 90°.



Σχήμα 3. Απεικόνιση των ταχυτήτων κατά την μετατόπιση

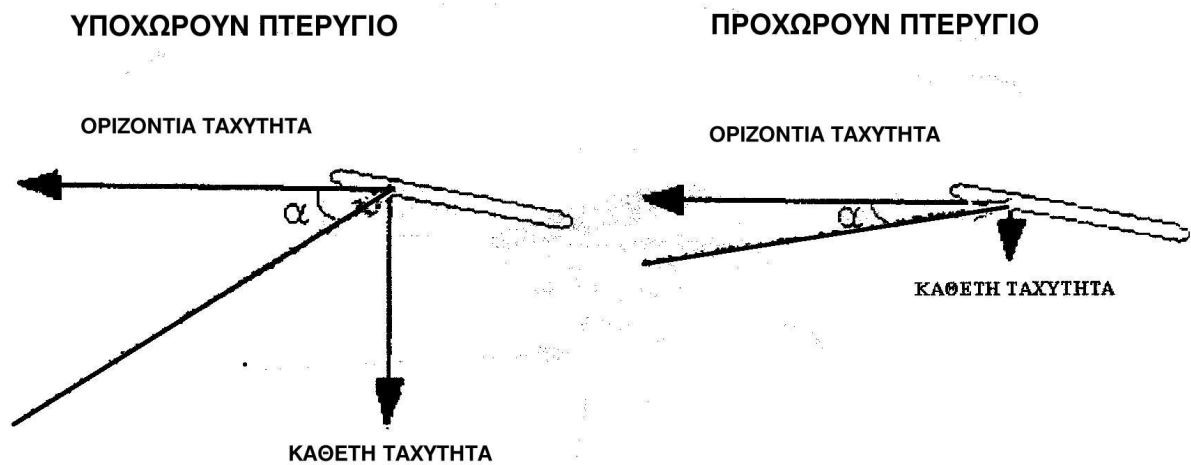
Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα μετατόπισης τόσο μεγαλύτερη θα είναι η περιοχή εκείνη του ρότορα όπου οι πτέρυγες θα βρίσκονται σε αρνητική ροή ανέμου. Είναι ξεκάθαρο πως αυτός ο άνεμος ωθεί την πτέρυγα και αποτελεί παράγοντα που συνεισφέρει στην αυτοπεριστροφή. Όμως, ας μην ξεγελιόμαστε, το μέγεθος της ώθησης που παράγεται από αυτή την αντίστροφη ροή είναι ανεπαρκές να διατηρήσει σε περιστροφή έναν ρότορα του οποίου οι πτέρυγες επιβραδύνονται κατά το μεγαλύτερο μέρος του μήκους τους από την προκαλούμενη αντίσταση.

Όμως μέχρι τώρα έχουμε υποθέσει πως αυτός ο ρότορας κινείται σε μια κατεύθυνση παράλληλη με αυτή του επιπέδου περιστροφής. Τι συμβαίνει όταν δώσουμε στον ρότορα κλίση προς τα εμπρός;

3.1.3 Κυκλική κατανομή των γωνιών προσβολής μιας πτέρυγας

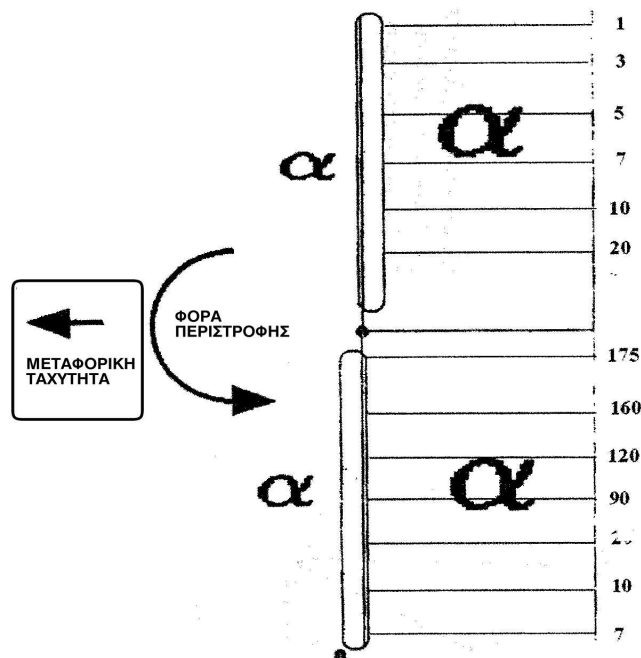
Το πρώτο αποτέλεσμα είναι πως η πτέρυγα μας, δεν κινείται πια σε ροή του αέρα στο ίδιο με αυτή επίπεδο αλλά θα ανέβει προς τα πάνω ανάμεσα στις 6 και στις 12 (πτέρυγα που προχωρά) και θα κατέβει, προς τα κάτω ανάμεσα στις 12 και στις 6 (πτέρυγα που υποχωρεί). Ως αποτέλεσμα, ένα οποιοδήποτε τμήμα της

πτέρυγας μας όχι. μόνο θα βλέπει αλλαγή στην ταχύτητα του σχετικού ανέμου που την προσβάλλει αλλά, επίσης, θα βλέπει αλλαγή της διεύθυνσης του (στην γωνία προσβολής).



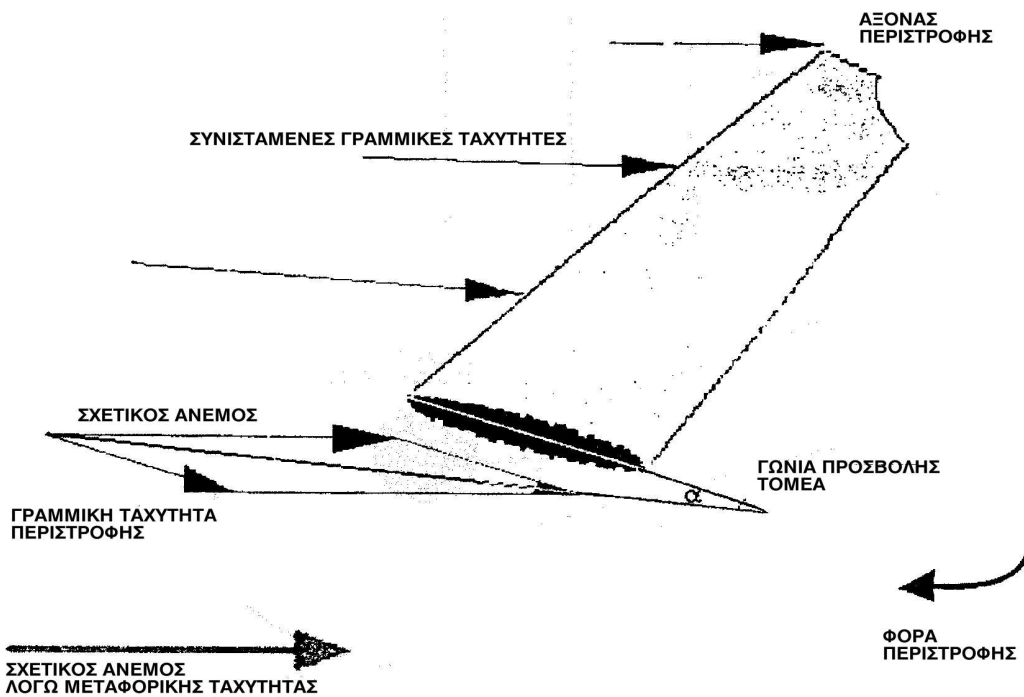
Σχήμα 4. Σύνθεση των κάθετων και οριζοντίων ταχυτήτων και των γωνιών προσβολής σε ένα τμήμα πτέρυγας που προχωρά και σε μια πτέρυγα που υποχωρεί.

Θα ξεκινήσουμε να μελετάμε την κατανομή των γωνιών προσβολής στην πτέρυγα που προχωρά και βρίσκεται στις 3.



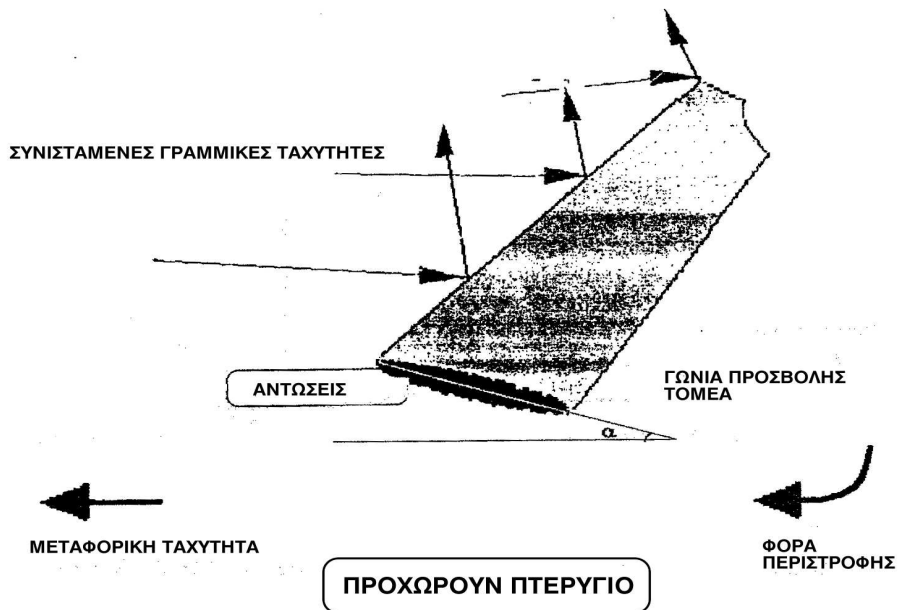
Σχήμα 5. Κατανομή των γωνιών προσβολής (α) στις πτέρυγες στις 4 και στις 9 (οι τιμές που δίνονται δεν είναι πραγματικές, δίνονται μόνο για εκπαιδευτικό σκοπό)

Η α θα είναι το αποτέλεσμα της σύνθεσης της ταχύτητας μετατόπισης (οριζόντια) και της γραμμικής ταχύτητας του τμήματος της πτέρυγας (με κλίση προς τα εμπρός λόγω της γωνίας του κυκλικού δίσκου του ρότορα),



Σχήμα 6. Σύνθεση διανυσματικής γραμμικής ταχύτητας περιστροφής με σχετικό άνεμο.

Αν συνθέσουμε διανυσματικά την δύναμη άντωσης που παράγεται από την ροή του αέρα σε κάθε τμήμα της πτέρυγας (είναι απαραίτητο να τονίσουμε ότι η άντωση είναι πάντοτε κάθετη προς τη ροή του σχετικού αέρα, κεφάλαιο 2), θα έχουμε την ακόλουθη κατανομή άντωσης κατά μήκος της πτέρυγας που προχωρά.



Σχήμα 7. Κατανομή της άντωσης στην πτέρυγα που προχωρά.

Πρέπει να σημειωθεί πως η άντωση είναι σχεδόν κάθετη στην χορδή της πτέρυγας αλλά αποκτά ολο και μεγαλύτερη κλίση προς τα κάτω καθώς πλησιάζουμε στα τμήματα της ρίζας της πτέρυγας,

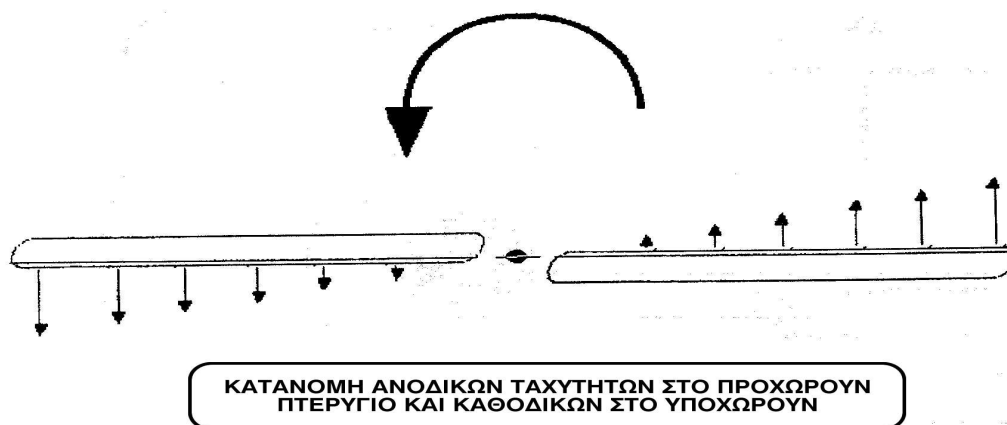
3.1.3.1 Κάθετη ταχύτητα της πτέρυγας

Ένας άλλος τρόπος να δούμε αυτή την διαφοροποίηση στις γωνίες προσβολής στην οποία υπόκεινται τα διαφορετικά τμήματα της πτέρυγας είναι η κάθετη ταχύτητα της πτέρυγας στο σύστημα του ρότορα.

Για να μελετήσουμε τα αποτελέσματα της θα ξεκινήσουμε από τις θέσεις της πτέρυγας που είναι παρόμοιες σε αυτές της περίπτωσης του αμετακίνητου ρότορα, με τις οποίες ξεκινήσαμε αυτό το κεφάλαιο. Είναι εκείνες που η ταχύτητα μετακίνησης που προστίθεται στην γραμμική ταχύτητα η οποία με την σειρά της δημιουργείται από την περιστροφή του ρότορα, είναι 0, δηλαδή, οι θέσεις 6 και 12.

Η γωνία προσβολής και στις δύο θα είναι σταθερή και ισοδύναμη με την γωνία του μηχανικού βήματος (για να απλουστεύσουμε τα πράγματα δεν θα λάβουμε υπ'όψη μας την ροή του αέρα κατά το άνοιγμα της πτέρυγας).

Αν ξεκινήσουμε από την πτέρυγα των 12, στην περιστροφή της θα πρέπει να κατέβει (λόγω της κλίσης του ρότορα προς τα εμπρός) μέχρι την θέση 6. Αυτό θα παράξει μια ταχύτητα καθόδου σε όλη την πτέρυγα και θα αυξάνεται από την αρχική τιμή 0 ως μια μέγιστη τιμή στην θέση 9. Από την θέση 9 και ύστερα θα αρχίσει να φρενάρει την κάθοδο της ώσπου να φτάσει στην μηδενική κάθετη ταχύτητα στη θέση 6. Αυτή η κυκλική κατανομή κάθετων ταχυτήτων προς τα επάνω αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της πτέρυγας. Όμως είναι προφανές πως η κάθετη διαδρομή του άκρου της πτέρυγας στην κάθοδο του είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή της ρίζας. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει κατανομή κάθετων καθοδικών ταχυτήτων κατά μήκος όλου του ανοίγματος της πτέρυγας που υποχωρεί, μια κατανομή που ξεκινά με ελάχιστη τιμή στη ρίζα και φτάνει σε μέγιστη τιμή στο τμήμα του άκρου.



Σχήμα 8. Κατανομή κάθετων ταχυτήτων

Αν, έτσι όπως είδαμε στο σχήμα 6, συνθέσουμε διανυσματικά τις κάθετες και οριζόντιες ταχύτητες του κάθε τμήματος, θα έχουμε τις συνιστάμενες α που παρουσιάζονται στο σχήμα 5.

Εφαρμόζοντας το ίδιο σκεπτικό στην πτέρυγα που προχωρά, σε αυτή την περίπτωση η κατανομή των κάθετων ταχυτήτων θα είναι προς τα επάνω. Συνθέτοντας τις με τις οριζόντιες ταχύτητες που καθορίζουν τις α του σχήματος 5, θα έχουμε μια κατανομή γωνιών προσβολής πολύ μικρότερων από ότι στην περίπτωση της πτέρυγας που υποχωρεί, που θα αυξάνονται προοδευτικά από το άκρο της πτέρυγας προς τη ρίζα. Αυτή η μείωση των γωνιών προσβολής θα αρχίζει στην πτέρυγα στη θέση 6, θα αυξάνεται μέχρι τη θέση 3 και ύστερα θα επιστρέφει στην ονομαστική τιμή της γωνίας του βήματος ανάμεσα στις θέσεις 3 και 12.

Οι συνέπειες της ανόδου και της καθόδου της πτέρυγας καθώς ο ρότορας κλίνει προς τα εμπρός προσθέτονται έτσι στη μεταβλητή κατανομή ταχυτήτων, δημιουργώντας μια κυκλική κατανομή στη οποία μεταβάλεται και η γωνία προσβολής πέρα από την υπάρχουσα καθ'όλο το άνοιγμα της πτέρυγας. Αυτός ο συνδυασμός από κατανομές μεταβλητών γωνιών προσβολής παράγεται με τρόπο σταθερό και συνεχή, άσχετο αν εμείς αναλύσαμε τις γωνίες αυτές ξεχωριστά για λόγους εκπαιδευτικούς.

3.2 Δημιουργία της αυτοπεριστροφής

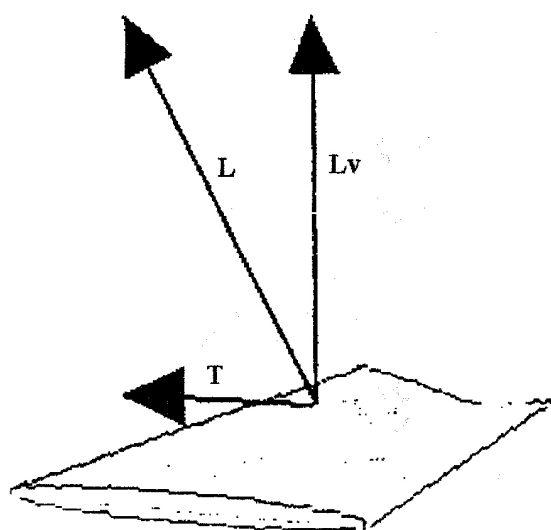
θα εστιάσουμε τώρα την προσοχή μας στον προσανατολισμό της δύναμης της άντωσης (L) σε κάθε τμήμα της πτέρυγας, ως συνισταμένη κάθετη προς την διεύθυνση από την οποία την προσβάλλει ο αέρας (γωνία, προσβολής).

Αν παρατηρήσουμε το σχήμα 7 της προηγούμενης ενότητας, θα δούμε πως στα τμήματα που βρίσκονται πιο κοντά στη ρίζα της πτέρυγας, το διάνυσμα της άντωσης (L) φαίνεται να κλίνει εμφανώς προς τη φορά περιστροφής του ρότορα. Αυτό είναι ακόμα πιο έντονο στην περίπτωση της πτέρυγας, η οποία υποχωρεί. Όπως έχει ήδη εξηγηθεί, ο λόγος αυτής της κλίσης δεν είναι άλλος από την μεγάλη γωνία προσβολής στην οποία υπόκειται αυτό το τμήμα της πτέρυγας. Μένει να αναρωτηθούμε γιατί αυτά τα τμήματα δεν βρίσκονται σε κατάσταση απώλειας στήριξης σε παρόμοιες γωνίες προσβολής (α).

Λοιπόν, στην πραγματικότητα τα τμήματα που υπόκεινται σε πιο ακραίες α ασφαλώς και βρίσκονται σε κατάσταση απώλειας στήριξης. Ωστόσο, το μεγάλο μήκος των πτερυγών συγκρινόμενες με μια συμβατική πτέρυγα, μαζί με την φυγόκεντρο που παράγεται από την περιστροφή του ρότορα (φαινόμενο Koanda) (*Η κυκλοφορία του αέρα στη φορά του ανοίγματος και προς το έξω άκρο της πτέρυγας διατηρεί το οριακό στρώμα κολλημένο στις α που σε άλλη περίπτωση θα περιέρχονταν σε κατάσταση απώλειας στήριξης*), επιτρέπουν στις πτέρυγες να κινούνται σε μεγαλύτερες γωνίες προσβολής χωρίς να περιέρχονται σε κατάσταση απώλειας στήριξης.

Η δύναμη της άντωσης (α) μπορεί να αναλυθεί σε δύο δυνάμεις, μια προσανατολισμένη στην κατεύθυνση, περιστροφής του ρότορα, ή προωθητική δύναμη (T), και άλλη με φορά κατακόρυφη^ άμεσα υπεύθυνη για την άντωση

(Lv).



L: Συνισταμένη Αντωσης
Lv: Κάθετη Συνιστώσα Αντωσης
T: Οριζόντια Συνιστώσα Αντωσης

Σχήμα 9. Ανάλυση της L

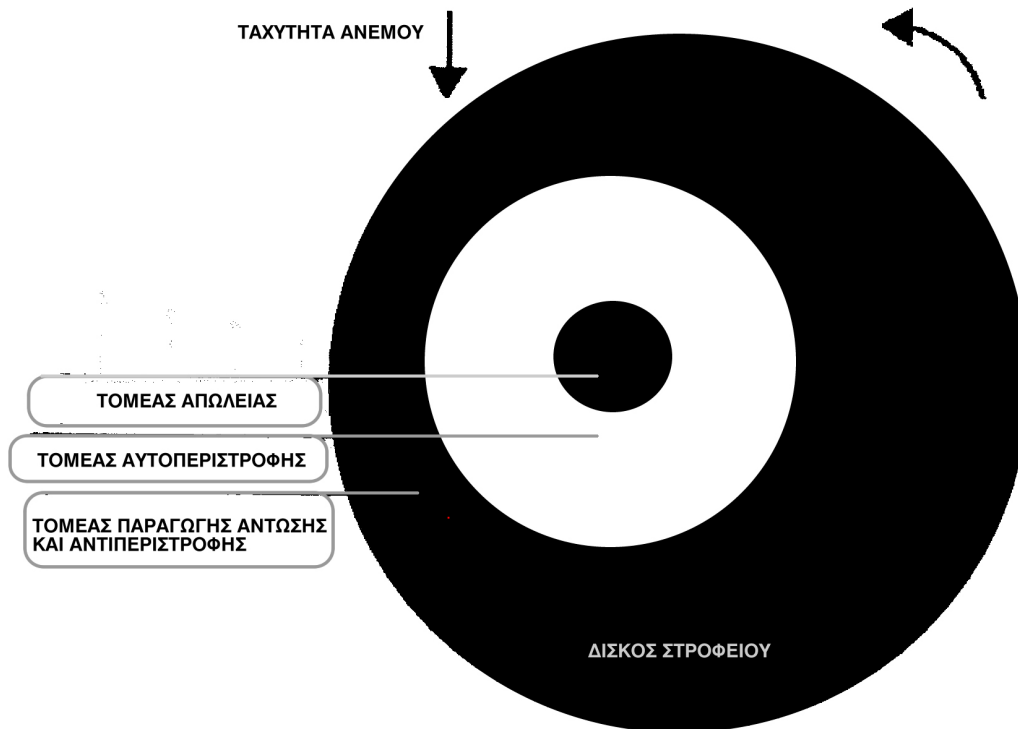
Είναι προφανές πως η συνιστώσα της προώθησης είναι πολύ μεγάλη στα τμήματα που βρίσκονται κοντά στην ρίζα της πτέρυγας που προχωρά, αποτελώντας αυτή την πηγή της δύναμης αυτοπεριστροφής που διατηρεί τον ρότορα σε περιστροφή.

Όμως η κατάσταση είναι ακόμα πιο ενδιαφέρουσα στο τμήμα του ρότορα στο οποίο η πτέρυγα βρίσκεται σε υποχώρηση.

Τα τμήματα αυτής της πτέρυγας που βρίσκονται πιο κοντά στην ρίζα επηρεάζονται από αντίθετη ροή αέρα, δηλαδή προσβάλλονται από το χείλος εξόδου της πτέρυγας. Αυτό είναι έτσι επειδή η ταχύτητα προώθησης ενός ρότορα στον αέρα είναι μεγαλύτερη, σε αυτά τα τμήματα, από την γραμμική ταχύτητα που παράγεται από την περιστροφή του ρότορα. Αυτά τα τμήματα της πτέρυγας, ωθημένα από την αντίθετη ροή αέρα, συνεισφέρουν στο να παραχθεί η δύναμη αυτοπεριστροφής με τρόπο άμεσο και όλο και μικρότερου μεγέθους, καθώς απομακρυνόμαστε από την ρίζα, μέχρι και το τμήμα που έχει μηδενική ροή αέρα (γραμμική ταχύτητα = ταχύτητα μετατόπισης του ρότορα). (Δες σχήμα 3). Εν πάση περιπτώσει, το μέγεθος της δύναμης αυτοπεριστροφής που παράγεται από αυτά τα τμήματα δεν είναι αρκετό για να διατήρηση την αυτοπεριστροφή του ρότορα.

Από το τμήμα με μηδενική ροή αέρα και ύστερα, η κατανομή των γωνιών προσβολής της πτέρυγας που υποχωρεί είναι παρόμοια με αυτή που υπάρχει από τη ρίζα και ύστερα της πτέρυγας που προχωρά, μεγαλύτερου, ωστόσο, μεγέθους, Όμως ένας ρότορας δεν είναι μια πτέρυγα που προχωρά και άλλη μια που υποχωρεί, αλλά μια διάταξη πτερύγων που περνούν από όλες τις δυνατές ακτίνες στον κυκλικό δίσκο του ρότορα τόσες φορές το λεπτό όσες στροφές ανά λεπτό μπορεί να δώσει ο ρότορας. Αυτές οι δύο θέσεις της πτέρυγας δίνουν, απλώς τις ακραίες δυνατές τιμές των ταχυτήτων, των γωνιών προσβολής και της άντωσης,

αλλά για κάθε τμήμα της πτέρυγας αλλάζουν συνεχώς και κυκλικά αυτές οι τιμές καθώς η πτέρυγα περνά από όλες τις δυνατές θέσεις στη διάταξη του ρότορα.



Σχήμα 10. Τομείς αυτοπεριστροφής και αντιπεριστροφής

Αυτή η κυκλική κίνηση των πτερύγων ορίζει τρεις περιοχές στον κυκλικό δίσκο του ρότορα: την περιοχή που επικρατεί η άντωση, την περιοχή που επικρατεί η αυτοπεριστροφή και την περιοχή της απώλειας στήριξης, οι σχέσεις των οποίων θα μελετηθούν στην ενότητα που είναι αφιερωμένη στην αεροδυναμική της διάταξης του ρότορα.

3.3 Πως δημιουργείται η άντωση

Μόλις γίνει κατανοητή η δημιουργία της αυτοπεριστροφής, η άντωση γίνεται πολύ εύκολα κατανοητή. Έχει να κάνει απλά με το να παρατηρήσουμε πως, καθώς πλησιάζουμε στο έξω άκρο της πτέρυγας, η γωνία προσβολής όλο και μικραίνει (γεγονός που οφείλεται στη γραμμική ταχύτητα του τμήματος της πτέρυγας), προκαλώντας έναν προσανατολισμό όλο και πιο κάθετο ως προς το διάνυσμα της άντωσης» (βλέπε σχήματα 7 και 9).

Αν επιστρέψουμε στο σχήμα 10, και απλουστεύοντας πολύ τα πράγματα, δεν είναι περιοχή αυτοπεριστροφής ούτε περιοχή απώλειας στήριξης, είναι περιοχή άντωσης (γνωστή επίσης ως περιοχή αντιπεριστροφής μια και εμφανίζει σημαντική αντίσταση η οποία έχει την τάση να επιβραδύνει την περιστροφή του ρότορα), Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί πως η μετάβαση από την μια περιοχή στην άλλη δεν είναι ξαφνική, και πως τα όρια ανάμεσα στις δυο περιοχές και τα κοντινά τμήματα, ο ρότορας παράγει και άντωση και αυτοπεριστροφή σε σημαντικά μεγέθη. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί πολύ εύκολα βλέποντας την

τιμή των γωνιών προσβολής στους τομείς της πτέρυγας σε αυτά τα τμήματα (είναι οι ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα στις πολύ μεγάλες γωνίες και τις πιο μικρές τιμές των άκρων). Επίσης μπορούμε να παρατηρήσουμε στο ίδιο σχήμα 10, ότι η πτέρυγα που υποχωρεί παρουσιάζει μια αναλογία άντωσης του ρότορα πάρα πολύ μικρότερη από αυτή που αντιστοιχεί στην πτέρυγα που προχωρά. Η δύναμη, άντωσης που παράγεται και στις δυο πλευρές του ρότορα, ωστόσο είναι παρόμοια. Υπεύθυνη για αυτό είναι η άρθρωση αμφιταλάντευσης σε έναν αρθρωτό ρότορα ή ο άξονας του ζύγωθρου σε έναν ημιάκαμπτο (δες κεφάλαιο 1), που επιτρέπουν την εξίσωση της άντωσης μέσω της μείωσης της γωνίας προσβολής της πτέρυγας που προχωρά (μέσω της ανόδου της) και την αύξηση αυτής που υποχωρεί (λόγω της καθόδου της).

Είναι απαραίτητο να τονίσουμε, επιπλέον, πως αυτή η διαφορά των περιοχών άντωσης ανάμεσα και στις δυο πλευρές του ρότορα, μεγαλώνει με την αύξηση της ταχύτητας μετατόπισης μια και μεγαλώνουν οι γωνίες προσβολής στα τμήματα των πτερύγων που βρίσκονται σε υποχώρηση» Αυτό το χαρακτηριστικό, από μόνο του, θέτει ένα όριο στην ταχύτητα μετατόπισης στην οποία μπορεί να εκτεθεί ένας ρότορας, η υπέρβαση της οποίας θα σημαίνει είσοδο σε κατάσταση απώλειας στήριξης της πτέρυγας που υποχωρεί.

Αυτός ο περιορισμός είναι πιο μεγάλος στην περίπτωση της πτώσης των στροφών του ρότορα, μια και η μείωση της γραμμικής ταχύτητας στα διαφορετικά τμήματα της πτέρυγας επιφέρει, αναγκαστικά, αύξηση της γωνίας προσβολής (σχήμα 6). Αν εμφανιστεί αυτή η περίπτωση σε έναν αρθρωτό ρότορα, το αεροσκάφος θα κλίνει απότομα προς τη πλευρά της περιστροφής του ρότορα, με επακόλουθη απώλεια του έλεγχου της πτήσης. Αυτή η περίπτωση, ωστόσο, δεν μπορεί να παρουσιαστεί σε έναν ημιάκαμπτο ρότορα, μια και η ένωση των δυο πτερύγων στο ζύγωθρο περιορίζει την διαδρομή καθόδου της πτέρυγας που υποχωρεί, και με αυτόν τον τρόπο και τις τιμές της γωνίας προσβολής.

3.4 Αεροδυναμική του κυκλικού δίσκου του ρότορα

Μέχρι τώρα μελετήσαμε την αεροδυναμική που επιδρά στις πτέρυγες ενός ρότορα, το οποίο μας επέτρεψε να κατανοήσουμε τον μηχανισμό δημιουργίας της αυτοπεριστροφής και της άντωσης, και τις διακυμάνσεις που έχουν εξαιτίας της ταχύτητας μετατόπισης. Θα αρχίσουμε τώρα την μελέτη ενός θέματος πιο πρακτικού, μια και πια δεν θα ασχοληθούμε με την συμπεριφορά της κάθε μιας πτέρυγας ξεχωριστά, αλλά θα δούμε τις σχέσεις στην διάταξη του ρότορα ως ενιαίο συγκρότημα.

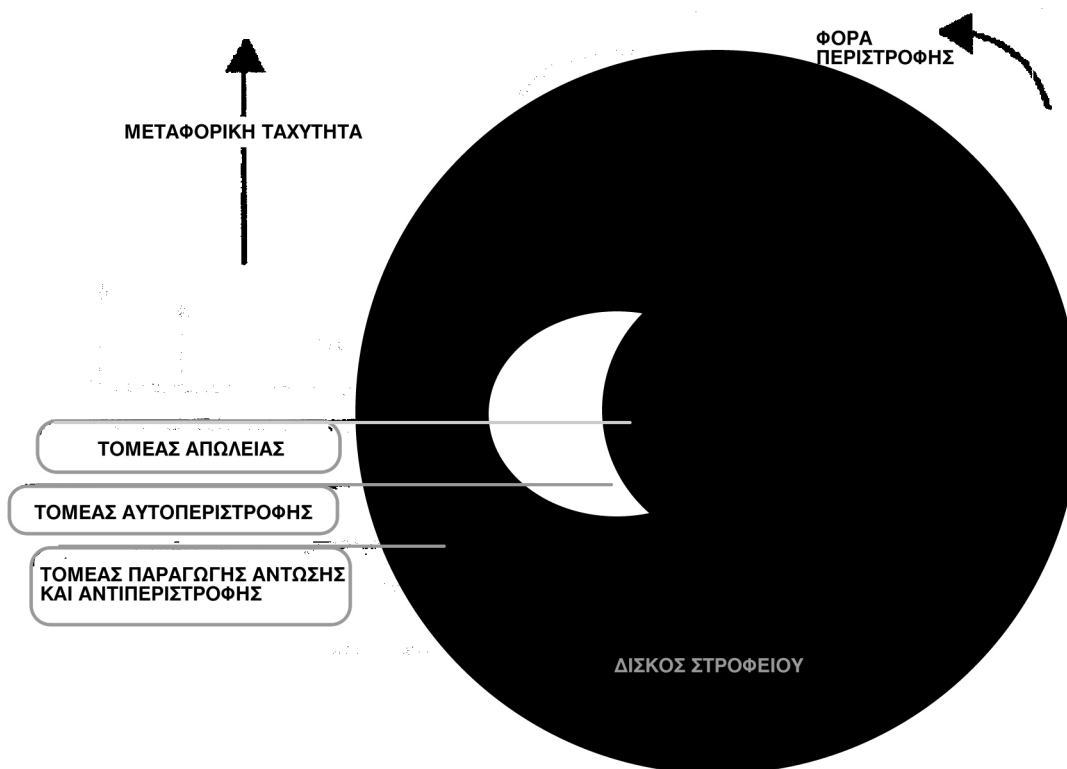
Για αυτό θα έχουμε ως αφετηρία την εικόνα του σχήματος 10, η οποία παρουσιάζει τις περιοχές αυτοπεριστροφής, αντιπεριστροφής (ή άντωσης) και απώλειας στήριξης ενός ρότορα.

3.4.1 Πτητικά χαρακτηριστικά ενός ρότορα σε αυτοπεριστροφή

Στη μελέτη της αεροδυναμικής των πτερύγων, ξεκινήσαμε μελετώντας έναν ρότορα που περιστρέφεται ακίνητος (χωρίς ταχύτητα μετατόπισης). Όμως, όπως συνάγεται από τα όσα έχουμε πει ως τώρα, η περιστροφή αυτή είναι αδύνατη

χωρίς την χρήση εξωτερικής μηχανικής ενέργειας.

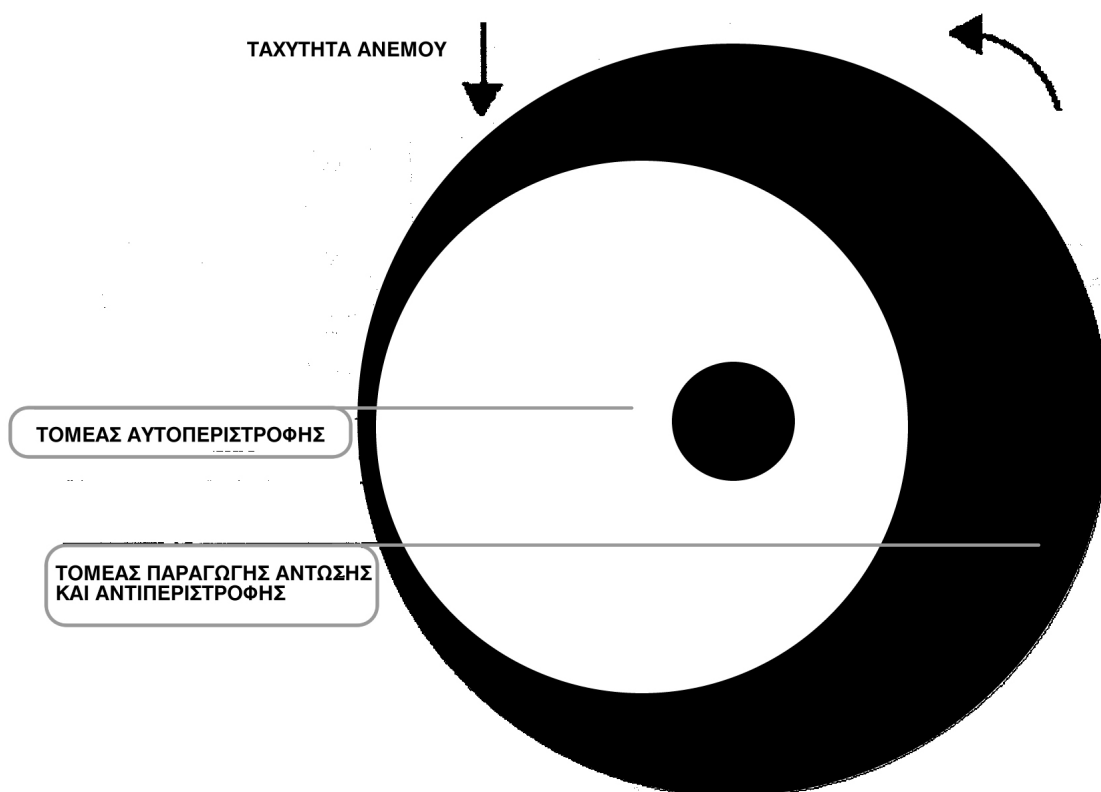
Για να μπορεί ένας ρότορας να είναι σε αυτοπεριστροφή πρέπει να είναι εκτεθειμένος σε ένα ρεύμα αέρα. Όμως, θα εξυπηρετούσε ένα ρεύμα προερχόμενο από οποιαδήποτε κατεύθυνση; Για να αναλύσουμε το θέμα αυτό θα μελετήσουμε διαφορετικές ροές αέρα που επενεργούν στον ρότορα από διαφορετικούς προσανατολισμούς, ξεκινώντας, από τον οριζόντιο και φτάνοντας στον εντελώς κάθετο, περνώντας από ενδιάμεσες πιθανές θέσεις. Αν εκθέσουμε έναν ρότορα που δεν περιστρέφεται σε ένα ρεύμα αέρα εντελώς οριζόντιο (παράλληλο προς τον κυκλικό δίσκο του ρότορα), τα τμήματα της πτέρυγας θα προσβληθούν με γωνία προσβολής αντίστοιχη του μηχανικού βήματος του ρότορα. Όπως έχουμε ήδη δει (ενότητα 3.2), ένας ρότορας σε αυτή την κατάσταση δεν μπορεί να παράγει αυτοπεριστροφή, επειδή η γωνία προσβολής είναι υπερβολικά μικρή. Αν εκθέσουμε στις ίδιες συνθήκες έναν ρότορα που βρίσκεται ήδη σε αυτοπεριστροφή (όπως στην περίπτωση ενός αυτόγυρου που επιβραδύνει για να προσγειωθεί και θέτει τον ρότορα σε εντελώς οριζόντια θέση και κόντρα στον άνεμο), ο ρότορας αυτός θα επιβραδύνει πολύ απότομα στην αρχή και πιο αργά στο τέλος, μέχρι να φτάσει να σταματήσει.



Σχήμα 11. Ροή του αέρα παράλληλη προς τον κυκλικό δίσκο του ρότορα.

Σε αυτή την περίπτωση οι γωνίες προσβολής είναι τόσο μικρές που δεν μπορεί να παραχθεί αυτοπεριστροφή και, παρόλο που υπάρχει μια μικρή περιοχή αυτοπεριστροφής στον κυκλικό δίσκο, μια περιοχή που αντιστοιχεί στην περιοχή της αντίθετης ροής, αυτή δεν είναι ικανή να αντισταθμίσει την αυξημένη αντίσταση της περιοχής αντιπεριστροφής (αντίσταση που μειώνεται σε αναλογία 1:4 προς τις στροφές του κινητήρα).

Αν τώρα, ξεκινώντας με έναν ρότορα σε ανάπαυση τον κλίνουμε, με τέτοιο τρόπο ώστε να βρεθεί σε θετική γωνία προσβολής σε σχέση με την ροή του αέρα, αμέσως θα δημιουργηθεί κυκλική κατανομή των γωνιών προσβολής στις πτέρυγες, το οποίο θα θέσει άμεσα τον ρότορα σε αυτοπεριστροφή.



Σχήμα 12. Ροή του αέρα με θετική γωνία προσβολής πάνω στον κυκλικό δίσκο του ρότορα (πολύ χαμηλές στρ./λεπτό)

Ο ρότορας θα συνεχίσει να επιταχύνει την περιστροφή του, περιστροφή προκαλούμενη από τον τομέα αυτοπεριστροφής. Η περιοχή αυτού του τομέα, αρχικά πολύ μεγάλη, λόγω των αυξημένων γωνιών προσβολής πάνω σε όλο το άνοιγμα των πτερύγων, θα μειώνεται καθώς αυξάνεται ο ρυθμός περιστροφής (η αύξηση της γραμμικής ταχύτητας των πτερύγων επιφέρει μείωση της γωνίας προσβολής, ενότητα 3.1.3). Επιπλέον θα παραχθεί αύξηση της παράσιτης αντίστασης (λόγω της μεγαλύτερης ταχύτητας) και της προκαλούμενης αντίστασης (λόγω της μεγαλύτερης άντωσης), καθώς θα αυξάνει τον τομέα άντωσης ή αντιπεριστροφής. Τελικά θα επιτευχθεί ισορροπία ανάμεσα στις δυνάμεις αυτοπεριστροφής και στις δυνάμεις αντίστασης σε έναν συγκεκριμένο ρυθμό περιστροφής, τον οποίο ο ρότορας θα διατηρήσει με τρόπο συνεχή και αυτόματο όσο δεν παρουσιάζεται καμμία αλλαγή στη ροή του αέρα ή στη γωνία προσβολής του κυκλικού δίσκου του ρότορα.

Αν αυξήσουμε την γωνία προσβολής του κυκλικού δίσκου, κλίνοντας τον ακόμα περισσότερο προς τα εμπρός, θα παρατηρηθεί άμεση αύξηση όλων των γωνιών προσβολής στις πτέρυγες, αυξάνοντας την περιοχή του τομέα αυτοπεριστροφής, το οποίο θα προκαλέσει μια νέα διαδικασία αυτορρυθμιζόμενης επιτάχυνσης ανάλογη με αυτή που εξηγήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, φτάνοντας σε μια νέα ισορροπία, αλλά σε έναν ρυθμό περιστροφής πιο υψηλό από αυτόν της

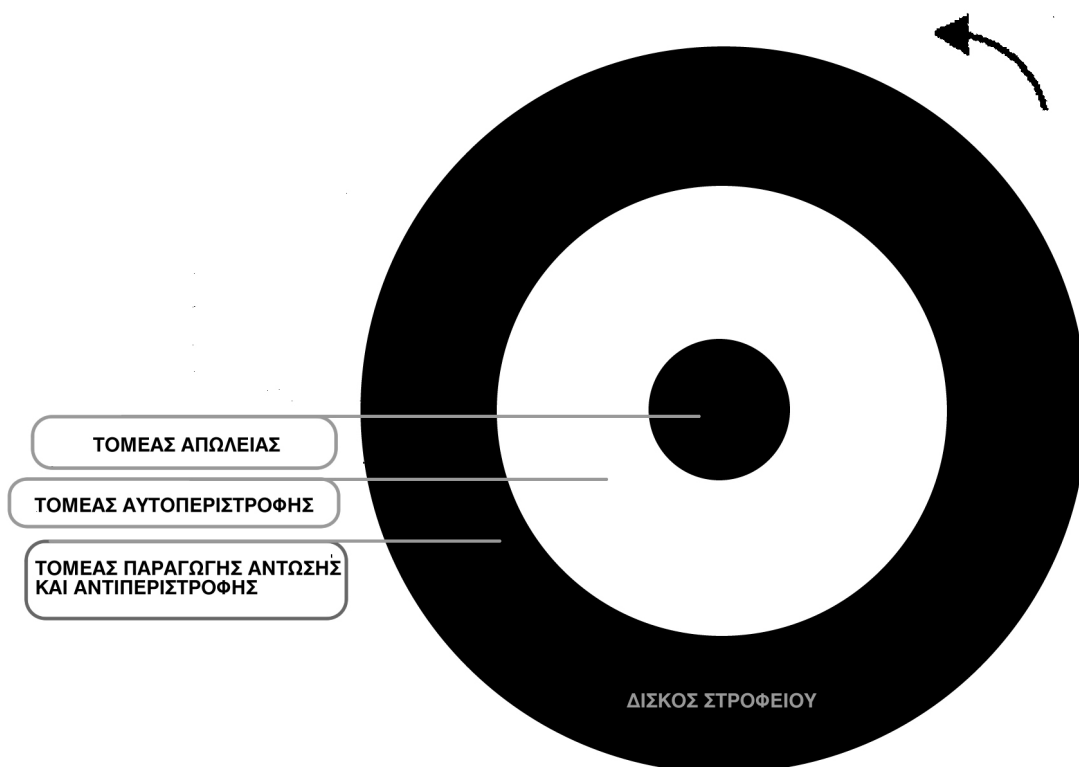
κατάστασης απώλειας στήριξης.

Αν αυξήσουμε την ροή του αέρα που διατρέχει τον ρότορα, η κυκλική κατανομή των γωνιών προσβολής στις πτέρυγες δεν θα διαφοροποιηθεί σημαντικά, αλλά θα εμφανιστεί αύξηση της άντωσης που θα είναι μεγαλύτερη στα τμήματα της πτέρυγας με μεγαλύτερες γωνίες προσβολής (κεφάλαιο 2), δηλ. στον τομέα αυτοπεριστροφής. Θα αυξηθεί, επίσης, η άντωση και η αντίσταση του τομέα αντιπεριστροφής αλλά σε μικρότερη αναλογία (λόγω των μικρότερων γωνιών προσβολής). Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι μια νέα επιτάχυνση του ρότορα μέχρι αυτός να φτάσει σε έναν ρυθμό περιστροφής σταθερό και αυτουθυμιζόμενο, πιο υψηλό από τον αρχικό.

3.4.2 Η κάθετη αυτοπεριστοοφή

Αν θέσουμε την γωνία προσβολής των πτερύγων στο άλλο άκρο από αυτό που χρησιμοποιήσαμε στην αρχή της ανάλυσης μας: 90° ή ροή αέρα κάθετη από κάτω, θα έχουμε την περίπτωση της κάθετης αυτοπεριστροφής. Σε αυτήν η ταχύτητα μετατόπισης είναι 0, αλλά υπάρχει ροή αέρα που διατρέχει τον ρότορα από κάτω προς τα πάνω, που προκαλείται από την κάθοδο της διάταξης του ρότορα. δια μέσου της μάζας του αέρα.

Αν πάρουμε ως σημείο αφετηρίας έναν ρότορα που βρίσκεται ήδη σε αυτοπεριστροφή και πετάει μετατοπιζόμενος και μειώσουμε την ταχύτητα μετατόπισης μέχρι το 0, θα βρεθούμε με μια κατανομή γωνιών προσβολής στον κυκλικό δίσκο του ρότορα απολύτως συμμετρική. (Σε αυτές τις συνθήκες ο ρότορας είναι οριζόντια),



Σχήμα 13. Τομείς ενός ρότορα που περιστρέφεται σε κάθετη αυτοπεριστροφή

Εμφανίζεται ένας τομέας κατάστασης; απώλειας στήριξης κοντά στον άξονα του ρότορα και μεγαλύτερης έκτασης από αυτήν που εμφανίζεται όταν βρισκόμαστε σε μετατόπιση, που προκαλείται από τις γωνίες προσβολής που πλησιάζουν τις 90° . Αυτός ο τομέας είναι τομέας αντίστασης (αντιπεριστροφής), αλλά δεν παράγει άντωση (βρίσκεται σε κατάσταση απώλειας στήριξης).

Στην συνέχεια εμφανίζεται ένας τομέας αυτοπεριστροφής, μεγαλύτερης έκτασης από αυτή που εμφανίζεται όταν βρισκόμαστε σε μετατόπιση. Τέλος εμφανίζεται ο τομέας αντιπεριστροφής ή άντωσης, πολύ μικρότερης έκτασης από αυτήν που εμφανίζεται με ταχύτητα μετατόπισης.

Με αυτή την κατανομή παρατηρούμε πως παρόλο που η περιοχή αυτοπεριστροφής είναι μεγαλύτερη, η συνολική αντίσταση της διάταξης είναι μεγαλύτερη από αυτή της πτήσης με μετατόπιση λόγω της μεγαλύτερης περιοχής απώλειας στήριξης. Το φαινόμενο Koanda είναι ο βασικός υπαίτιος για την μείωση της αντίστασης και την αύξηση της αποτελεσματικότητας του ρότορα κατά την πτήση με μετατόπιση. Ως αποτέλεσμα εμφανίζεται επιβράδυνση του ρότορα ο οποίος θα αυτορυθμιστεί σε έναν ρυθμό μικρότερο από αυτόν της πτήσης με μετατόπιση.

Η μεγαλύτερη περιοχή απώλειας στήριξης, μαζί με τον χαμηλότερο ρυθμό περιστροφής του ρότορα και η απώλεια αποδοτικότητας των πτερυγών λόγω μείωσης του φαινομένου Koanda (*Η ροή του αέρα στον οποίο βρίσκεται ο ρότορας σε πτήση μετατόπισης αυξάνει σημαντικά την αποδοτικότητα του*) δεν μπορούν να αντισταθμιστούν από την αύξηση των γωνιών προσβολής των πτερυγών, και η δύναμη άντωσης μειώνεται σημαντικά.

Επιπλέον, είναι απαραίτητη η κάθοδος για να διατηρηθεί η ροή του αέρα, μια και αν αυτή μειωνόταν, η ταχύτητα περιστροφής θα έπεφτε. Στην υποθετική περίπτωση όπου δεν θα υπήρχε κάθοδος ούτε αυτοπεριστροφή δεν θα μπορούσε να δημιουργηθεί. Η συνολική συμπεριφορά ενός ρότορα σε αυτές τις συνθήκες είναι όπως αυτή ενός αλεξίπτωτου: σταθεροποιεί μια ταχύτητα καθόδου σταθερή (που εξυπηρετεί στο να τροφοδοτεί την αυτοπεριστροφή του ρότορα σε έναν σταθερό ρυθμό).

Όμως η συμπεριφορά του ρότορα αλλάζει ριζικά αν αποπειραθούμε να τον θέσουμε σε κάθετη αυτοπεριστροφή ξεκινώντας, από κατάσταση ηρεμίας. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε διάταξη ανεμόμυλου, που εκθέσαμε στην αρχή του κεφαλαίου: η πρόσκρουση του αέρα πάνω στις πτέρυγες κατά την κάθοδο διαμέσου μιας μάζας αέρα, θα κάνει τον ρότορα να περιστραφεί ... με φορά αντίθετη από αυτή της κανονικής αυτοπεριστροφής!!!

3.4.3 Συμπέρασμα: απαιτήσεις του ρότορα ενός αυτόγυρου

Ήδη γνωρίζουμε όλα τα απαραίτητα για να μπορούμε να συμπεράνουμε το πως θα συμπεριφέρεται και τι όρια έχει ένας ρότορας σε αυτοπεριστροφή:

1°- Είναι απαραίτητο να διαθέτει πολύ μικρό θετικό μηχανικό βήμα.

2°- Απαιτείται ροή αέρα που πρέπει να προσκρούει στον κυκλικό δίσκο του ρότορα με θετική γωνία προσβολής (πλάγια, και από κάτω).

3°- Σε συνάρτηση με την γωνία προσβολής και την ένταση της ροής του αέρα (ταχύτητα μετατόπισης), ο ρότορας θα σταθεροποιήσει τον ρυθμό περιστροφής του με τρόπο ευθέως ανάλογο.

4°- Η γωνία προσβολής του κυκλικού δίσκου του ρότορα αυξάνει την τιμή των α της πτέρυγας που υποχωρεί και μειώνει την τιμή των α της πτέρυγας που προχωρά,

5°- Η κάθετη αυτοπεριστροφή είναι η μοναδική περίπτωση πτήσης στην οποία η ταχύτητα μετατόπισης είναι 0 και η γωνία προσβολής του κυκλικού δίσκου του ρότορα η μέγιστη (90°). Σε αυτή την διάταξη ο ρυθμός περιστροφής του ρότορα είναι σταθερός αλλά μικρότερος από αυτόν της πτήσης με (οριζόντια) μετατόπιση, ίσος με την δύναμη άντωσης»

6°.- Η θέση σε κάθετη αυτοπεριστροφή ενός ρότορα που ξεκινά από κατάσταση ηρεμίας είναι αδύνατη.

3.5 Ο ημιάκαμπτος ρότορας

Ο ημιάκαμπτος ρότορας αποτελεί την πιο απλή σχεδίαση της κεφαλής ρότορα, και κατασκευάστηκε ευρέως και τελειοποιήθηκε από την Bell. Στις μέρες μας τον χρησιμοποιούν πολλές διαφορετικές εταιρείες κατασκευής ελικοπτέρων, ιδιαίτερα στα πιο ελαφριά μοντέλα τους και στο σύνολο των υπερελαφρών αυτόγυρων.

Η ύπαρξη του οφείλεται στην δουλειά του Arthur Young, ο οποίος ξεκινώντας από μαθηματική βάση ανέπτυξε ένα αυτοσταθεροποιούμενο σύστημα ρότορα.

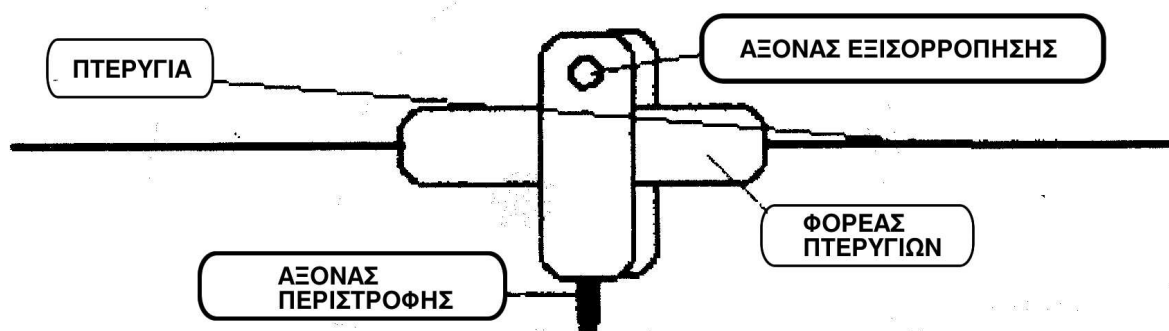
Αυτός ο ρότορας επινοήθηκε για να χρησιμοποιηθεί σε ελικόπτερα (όχι σε αυτόγυρα) και η υπεροχή του επιβεβαιώνεται και με το παραπάνω από την μεγάλη ποσότητα Bell-205 (και τις παραλλαγές του, συμπεριλαμβάνοντας και μοντέλα άλλων εταιρειών) που έχουν παραχθεί και που συνεχίζουν ακόμη να πετούν σε όλο τον κόσμο (κάποια από αυτά με περισσότερα από 50 χρόνια επιχειρησιακής ζωής).

Η πρωτοτυπία του σχεδιασμού του έγκειται στον πολύ μικρό αριθμό κινητών μερών που το απαρτίζουν (εν συγκρίσει με έναν αρθρωτό ρότορα), την υψηλή αεροδυναμική απόδοση (μια και είναι διπτέρυγος, γεγονός που ελαχιστοποιεί τις παρεμβολές ανάμεσα στις πτέρυγες), τη ευκολία υποστεγασιής του και το μειωμένο βάρος του λόγω των μικρότερων δομικών απαιτήσεων.

Η αρχική ιδέα της χρήσης αυτού του τύπου ρότορα στα υπερελαφρά αυτόγυρα αθλητικής χρήσης προήλθε από την Bensen των Ηνωμένων Πολιτειών και εισήχθη στην Ευρώπη (ιδιαίτερα στην Γαλλία) χρόνια μετά. Χάρη στη Bensen υπάρχουν τα υπερελαφρά αυτόγυρα, μια και ο αρθρωτός ρότορας απαιτεί πολύ περισσότερη συντήρηση και θα έθετε την τιμή αυτών των αυτόγυρων πέρα από την σφαίρα της εμπορικής βιωσιμότητας.

3.5.1 Η βασική αργή

Αυτό το σύστημα ρότορα βασίζεται στην τοποθέτηση του άξονα περιστροφής του ρότορα κάτω από το σημείο άρθρωσης του στροφέα της κεφαλής (που επιτρέπει την ταλάντευση των πτερύγων).



Σχήμα 14. Ημιάκαμπτος ρότορας

Συγκρινόμενος με έναν αρθρωτό ρότορα, ο ημιάκαμπτος υποκαθιστά την άρθρωση ταλάντευσης με τον άξονα του ζύγ^θρου και δεν απαιτεί άρθρωση οπισθέλκουσας. Αποτελείται από έναν μακρύ ιστό, στο άκρο του οποίου βρίσκεται το σημείο περιστροφής ή άξονας του ζύγ^θρου και το ζύγ^θρο στο οποίο ενώνονται σταθερά οι δύο πτέρυγες, με τρόπο τέτοιο ώστε όταν η μια ανεβαίνει η άλλη να πρέπει απαραίτητα να κατέβει,

Ο βασικός του περιορισμός είναι η αδυναμία ελέγχου του όταν υπόκειται σε χαμηλούς συντελεστές φορτίου (ώθηση του πηδαλίου διακυβέρνησης), όπως θα δειχθεί στη συνέχεια.

Κάποιοι ρότορες αυτού του τύπου που είναι τοποθετημένοι σε ελικόπτερα διαθέτουν συστήματα σταθεροποίησης του ρότορα, με τη χρήση ράβδων ή βοηθητικών πτερύγιων σταθεροποίησης. Αυτή η σταθεροποίηση είναι αναγκαία σε μεσαίου και μεγάλου βάρους επειδή είναι πολύ ασταθή ως προς όλα τα πτητικά τους χαρακτηριστικά, αλλά κυρίως όταν βρίσκονται σε στάση. Λοιπόν στην πραγματικότητα όλα τα ελικόπτερα είναι ασταθή, αυτό που συμβαίνει είναι πως στα πιο μεγάλα, το μέγεθος των εμπλεκόμενων μαζών περιπλέκει πολύ τα πράγματα για τον κακόμοιρο πιλότο.

Η περίπτωση του αυτόγυρου- είναι διαφορετική, μια και δεν πρόκειται για ένα αεροσκάφος ασταθές, παρά για ένα αεροσκάφος που έχει την τάση να διατηρεί τις συνθήκες πτήσης του, επιστρέφοντας στην θέση αναφοράς στην περίπτωση που υποστεί κάποια ανατάραξη. Δεν απαιτούν, για αυτό, κανένα σύστημα σταθεροποίησης.

3.5.2 Δυνάμεις και τάσεις στον ρότορα.

Στο πρώτο κεφάλαιο είδαμε πως ο Juan de la Cierva υποχρεώθηκε να εισάγει την άρθρωση οπισθέλκουσας με στόχο να αποφύγει το πρόωρο σφάλμα των

περυγών λόγω καταπόνησης. Όμως στην περίπτωση του ημιάκαμπτου ρότορα αυτές οι τάσεις επιδρούν άμεσα πάνω στον άξονα του ζύγωθρου και εκμηδενίζονται από την περιστροφή του ρότορα, αντισταθμίζοντας η μια πτέρυγα την άλλη (η μια που θέλει να επιταχύνει και η άλλη που επιβραδύνει). Μή διαθέτοντας άρθρωση οπισθέλκουσας, επιπλέον, είναι αδύνατο ο ρότορας να βρεθεί σε συντονισμό (*Αν και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις μιλάμε για αυτόγυρο (με ημιάκαμπτο ρότορα) που έχει βρεθεί σε συντονισμό κατά την απογείωση, αυτή η περιγραφή δεν είναι ακριβής μια και πρόκειται για ένα πολύ διαφορετικό φαινόμενο κραδασμών (κεφάλαιο 6)*)

Η τοποθέτηση του άξονα ταλάντευσης σε έναν αρθρωτό ρότορα, πραγματοποιείται πάντα σε διαφορετική θέση σε σχέση με τον άξονα περιστροφής του ρότορα. Αυτό δημιουργεί ορμή στον ρότορα, που πρέπει να μετρηθεί επαρκώς κατασκευαστικά. Στην περίπτωση του ημιάκαμπτου αυτή η ορμή δεν υπάρχει μια και ο άξονας ταλάντευσης βρίσκεται στην προέκταση του άξονα περιστροφής του ρότορα.

3.5.3 Περιορισμοί στην λειτουργία του ημιάκαμπτου ρότορα

Ο ημιάκαμπτος ρότορας, που όπως ήδη γνωρίζουμε, κατασκευάστηκε για να χρησιμοποιηθεί σε ελικόπτερα, προσέλαβε αστραπιαία την φήμη του ότι διαθέτει μεγάλη δυνατότητα ελιγμών και ότι είναι ιδιαίτερα υπάκουος στην δυναμική συμπεριφορά του. Η πρωταρχική αιτία βρίσκεται στο γεγονός ότι η κεφαλή του ρότορα δεν δέχεται τις τάσεις στις οποίες υπόκειται η κεφαλή του αρθρωτού ρότορα, λόγω της αυτοαντιστάθμισης των δυο περυγών.

Άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό είναι ο μικρός βαθμός μεταβίβασης των κινήσεων του ρότορα στον σκελετό του αεροσκάφους, λόγος για τον οποίο εμφανίζει πολύ λιγότερα τραντάγματα από ότι άλλοι τύποι ρότορα. Αυτό οφείλεται στο ότι η άτρακτος αναρτάται από τον άξονα του ζύγωθρου σαν να επρόκειτο για ένα εκκρεμές. Ο Arthur Young εμπιστεύθηκε την ισορροπία του συστήματος ρότορας-σκελετός στο διάνυσμα ώσης, το οποίο είναι προσανατολισμένο προς τα επάνω και εμπρός και προκαλείται από τον ρότορα, το οποίο θα διατηρούσε, με την βοήθεια του βάρους, την άτρακτο του αεροσκάφους στη θέση της.

Και αυτό είναι το πιο σημαντικό και ταυτόχρονα πιο ευαίσθητο σημείο στην λειτουργία αυτού του τύπου ρότορα.

Αν το εκθέσουμε σε συντελεστές φορτίου (βάρος που αντιμετωπίζει ο σκελετός) όλο και πιο μικρούς, η δύναμη του βάρους μικραίνει σε μέγεθος, ενώ ο σκελετός, καθώς μετατοπίζεται από τον αέρα, φρενάρει λόγω της αντίστασης που προβάλλει ενάντια στο να βρεθεί σε θέση πιο πίσω. Αν αυτή η κατάσταση φτάσει στα όρια της, η άτρακτος θα μετακινηθεί προς τα πίσω και προς το πλάι (ωθημένη από τον ουραίο ρότορα, θυμόμαστε ότι μιλάμε για ελικόπτερο) ενώ ο ρότορας θα συνεχίζει στην πορεία πτήσης, προκαλώντας έτσι αντίκτυπο πάνω στον σκελετό.

Πως θα συμπεριφερόταν αυτός ο τύπος ρότορα υπό αυτές τις συνθήκες σε ένα αυτόγυρο;

Η διαφορά με ένα ελικόπτερο είναι προφανής, και τα πράγματα χειροτερεύουν. Κατ' αρχήν, και μια και δεν είναι διαθέσιμη ισχύ που να επιδρά άμεσα πάνω στον ρότορα, θα μειωθεί ο ρυθμός περιστροφής του. Πρέπει να λάβουμε υπ' όψη μας πως μια μείωση του συντελεστή φορτίου μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω της επιτάχυνσης με καθοδική φορά, πράγμα το οποίο σημαίνει μείωση στη ροή του αέρα που διατρέχει τον ρότορα (ή κάτι το οποίο είναι το ίδιο, μείωση όλων των κατανεμημένων γωνιών προσβολής και για αυτόν τον λόγο, μείωση της αυτοπεριστροφικής δύναμης).

Δεύτερον, δεν υπάρχει το διάνυσμα ώσης του ρότορα που, όπως σε ένα ελικόπτερο, τείνει να διατηρεί την άτρακτο σε απόσταση από τον ρότορα (για αυτό και φτάνουν για ένα τέτοιο τύπο συντελεστή φορτίου με μεγάλη ευκολία). Ασφαλώς, υπάρχει αφομοιώσιμο διάνυσμα, αποτέλεσμα της σύνθεσης της άντωσης που δημιουργείται από τον ρότορα με την αντίσταση του (προσανατολισμένη κατακόρυφα και με κλίση προς τα πίσω). Όμως με μείωση του συντελεστή φορτίου η άντωση θα μειωθεί δραματικά και παρόλο που χάρη των γυροσκοπικών του ιδιοτήτων, ο ρότορας θα διατηρήσει κάποια σταθερότητα στον χώρο, δεν θα συνεχίσει να «ωθείται» από την άτρακτο.

Η άτρακτος από την πλευρά της, που θα δίνει το βάρος της να μειώνεται, λόγω της αντίστασης του αέρα και της ώσης του ρότορα, θα κλίνει προς τα κάτω. Το αποτέλεσμα είναι η προσέγγιση του πίσω άκρου του κυκλικού δίσκου του ρότορα στον ουραίο σταθεροποιητή και την έλικα.

Αν σε αυτή την αλυσίδα παραγόντων προσθέσουμε την πτώση στις στροφές που σχολιάσαμε στην αρχή αυτής της ενότητας, φτάσαμε στην τραγωδία: η μικρότερη φυγόκεντρος δύναμη πάνω στις πτέρυγες επιτρέπει τη αύξηση της ταλάντευσης και της κάμψης τους. Στο πίσω μέρος του κυκλικού δίσκου του ρότορα (με κλίση προς τα πίσω) η ταλάντευση και η κάμψη της πτέρυγας θα είναι προς τα κάτω.

Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι η πρόσκρουση της πτέρυγας πάνω στον ουραίο σταθεροποιητή ή στην έλικα.

Είναι προφανές, για αυτόν τον λόγο, πως αυτός ο ρότορας δεν μπορεί να εκτεθεί σε έντονες μειώσεις του συντελεστή φορτίου (ώθηση στο πηδάλιο διακυβέρνησης), μια και ο κίνδυνος του «Mast Bumping» (Όνομα με το οποίο είναι γνωστό αυτό το φαινόμενο, της πρόσκρουσης, δηλαδή, του ρότορα πάνω στον σκελετό του αεροσκάφους) είναι υπαρκτός. Η μόνη απάντηση στο πρόβλημα είναι το να γνωρίζουμε και να σεβόμαστε αυτόν τον περιορισμό. Η μή τήρηση του (πολύ πιθανό λόγω άγνοιας) έχει προκαλέσει ουκ ολίγα ατυχήματα με αυτόγυρα, προσδίδοντας σε αυτά τα αεροσκάφη την άδικη φήμη μηχανών διαβολικά επικίνδυνων.

3.6 Οι χαρακτηριστικές γυροσκοπικές ιδιότητες του ρότορα

Φτάνοντας σε αυτό το σημείο, είναι υποχρεωτικό να εισάγουμε τις χαρακτηριστικές γυροσκοπικές ιδιότητες που επηρεάζουν την συμπεριφορά του ρότορα, μια και έχουν τεράστιο αντίκτυπο πάνω στα δυναμικά χαρακτηριστικά του αυτόγυρου.

Το γυροσκόπιο είναι ένα βαρύ μηχανικό σύστημα σπειροειδούς σχήματος, στο οποίο το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του βρίσκεται στην περιφέρεια, και στο οποίο μεταδίδεται ένας έντονος ρυθμός περιστροφής (συνήθως μέσω ενός ηλεκτρικού κινητήρα), που το μέγεθος του είναι αντιστρόφως ανάλογο της ακτίνας του.

Όλα τα γυροσκόπια παρουσιάζουν ένα σύνολο χαρακτηριστικών, από τα οποία αξίζει να αναφέρουμε τα ακόλουθα δυο:

1° - Η γυροσκοπική αδράνεια. Τείνει να διατηρήσει την θέση του στον χώρο, και αντιστέκεται σε οποιαδήποτε ορμή δεν εφαρμόζεται πάνω στον άξονα περιστροφής του.

2° - Η γυροσκοπική μετάπτωση. Όταν εφαρμόζεται ορμή πάνω στον άξονα περιστροφής του γυροσκοπίου, αυτός θα αντιδράσει προς την ίδια φορά περιστροφής αλλά μετά από ένα τέταρτο της περιστροφής (90°).

Τα γυροσκόπια χρησιμοποιούνται πολύ στην αεροπλοΐα παρέχοντας σταθερά και αμετάβλητα επίπεδα αναφοράς ως προς τον χώρο στον οποίο κινείται το αεροσκάφος. Χρησιμοποιούνται σε όργανα εντός του αεροσκάφους (τεχνητοί ορίζοντες, γοροπυξίδες, ενδεικτικά όργανα αλλαγής κατεύθυνσης), σε πλοηγούς (αδρανειακούς) και σε αυτόματα συστήματα τεχνητής σταθεροποίησης αεροσκαφών (AFCS) (*Automatic Flight Control System, Αυτόματο Σύστημα Πτητικού Ελέγχου*).

Όμως το σίγουρο είναι πως τα γυροσκόπια βρίσκονται πολύ κοντά μας στην καθημερινή μας ζωή, πιο κοντά από όσο θα φανταζόμασταν, και για να εξηγήσουμε την συμπεριφορά τους θα εστιάσουμε την προσοχή μας στο ποδήλατο, μια και αποτελεί ίσως την πιο διαδεδομένη εφαρμογή των γυροσκοπικών ιδιοτήτων.

Οι δυο ρόδες του ποδηλάτου συνιστούν δυο γυροσκόπια όταν περιστρέφονται. Κάθε άτομο που έχει ανέβει σε ποδήλατο ξέρει πως δεν είναι απαραίτητο να είναι κανείς ισορροπιστής για να καταφέρει να ρολλάρει, ακόμα και αν αφήσουμε τα χέρια μας από το τιμόνι. Πράγματι, είναι πάντα πιο δύσκολο να ξεκινήσουμε και να σταματήσουμε.

Αυτή η σταθεροποίηση του ποδηλάτου, που μεγαλώνει όσο μεγαλώνει η ταχύτητα του οφείλεται στην γυροσκοπική δυσκαμψία που εμφανίζουν οι ρόδες του όταν περιστρέφονται. Όταν το ποδήλατο σταματήσει, η περιστροφή παύει, και είναι απαραίτητο να βάλουμε τα πόδια μας στο έδαφος για να διατηρήσουμε την ισορροπία (εκτός και αν είμαστε ισορροπιστές)

Για να καταφέρουμε να κάνουμε να στρίψει ένα ποδήλατο που κινείται με κάποια ταχύτητα, είναι απαραίτητο να του δώσουμε κλίση (να το γείρουμε) προς την πλευρά στην οποία θέλουμε να κατευθυνθούμε. Η πλειοψηφία των αναγνώστών το έχει κάνει πολλές φορές, αλλά Αναρωτηθήκατε ποτέ με ποιόν τρόπο επιτυγχάνεται η κλίση σε αυτή την απλή μηχανή; Η απάντηση βρίσκεται στο ότι πιέζουμε το τιμόνι που βρίσκεται στο οριζόντιο επίπεδο με κατεύθυνση αντίθετη από αυτή στην οποία θέλουμε να κλίνουμε. Αυτό μεταδίδεται στον



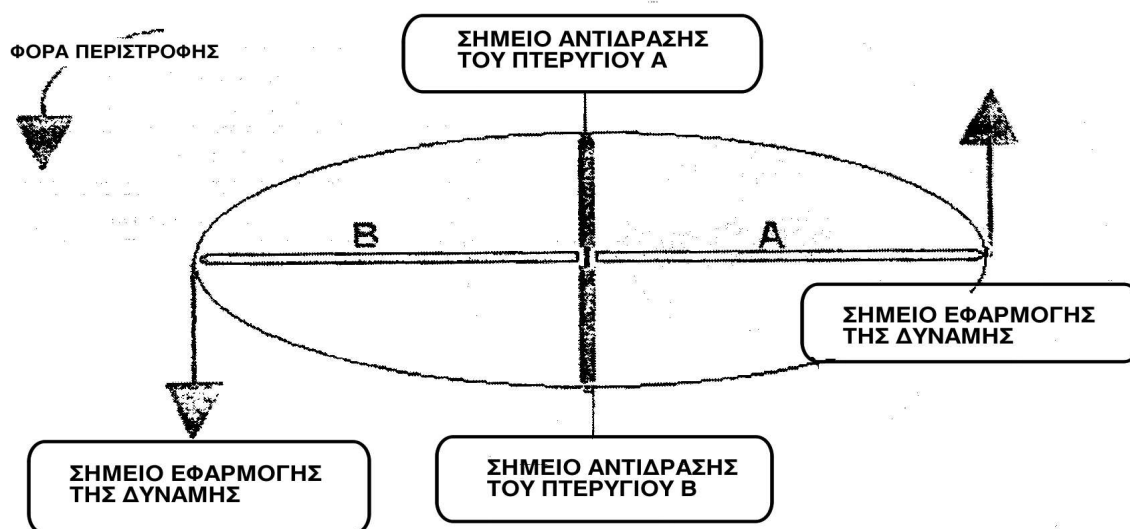
Φωτο 7. Ο Κώστας Γεωργίου με το “Dominator” σε πτήση.

άξονα της μπροστινής ρόδας στον οριζόντιο άξονα του, μέσω του πηρουνιού. Η ρόδα, στην περιστροφή της, μας επιστρέφει την ορμή ένα τέταρτο της περιστροφής μετά, δηλαδή στο κατακόρυφο επίπεδο, δίνοντας στο ποδήλατο κλίση προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Αυτό το φαινόμενο είναι αυτό που είναι γνωστό ως γυροσκοπική μετάπτωση (*Η μετάπτωση είναι η τάση που εμφανίζει ο άξονας περιστροφής του ρότορα να κινείται σε ορθή γωνία ως προς οποιαδήποτε δύναμη ασκούμενη κάθετα προς αυτόν*). Το σύστημα του ρότορα ενός αυτόγυρου είναι κατασκευασμένο από ένα σύνολο βαρέων στοιχείων στα οποία μεταδίδεται ένας μεγάλος ρυθμός περιστροφής (σε σχέση με το μέγεθος τους). Για αυτόν τον λόγο συμπεριφέρεται όπως ένα γυροσκόπιο από πολλές απόψεις, αλλά κυρίως στις δυο ιδιότητες που περιγράψαμε: την αδράνεια και την μετάπτωση.

Η αδράνεια εκδηλώνεται με την έντονη τάση (όσο πιο μεγάλος ο ρυθμός περιστροφής τόσο πιο μεγάλη αυτή η τάση) του αυτόγυρου να διατηρήσει την θέση του στον χώρο. Αυτή η ιδιότητα κάνει το αυτόγυρο ένα από τα πιο σταθερά υπερελαφρά αεροσκάφη.

Η γυροσκοπική μετάπτωση εκδηλώνεται στο ότι ή διαφοροποίηση στην κατανομή των γωνιών προσβολής της πτέρυγας (και για αυτό, και την άντωση που παράγει), θα εκδηλωθεί 1/4 της στροφής αργότερα στην φορά της περιστροφής. Έτσι, αν δώσουμε κλίση στον άξονα του θεωρητικού ρότορα μας προς τα πίσω, θα δημιουργήσουμε την μέγιστη αύξηση της άντωσης στην πτέρυγα που προχωρά και βρίσκεται στην θέση 3, και την ελάχιστη μείωση της άντωσης στην πτέρυγα που υποχωρεί και βρίσκεται στην θέση 9. Η πρώτη πτέρυγα θα φτάσει στο πιο ψηλό της σημείο στη θέση 12 (μετά από 90°), και κατ' αναλογία, η δεύτερη θα φτάσει στο πιο χαμηλό σημείο στη θέση 6.



Σχήμα 15. Αποτελέσματα της γυροσκοπικής μετάπτωσης στις δυνάμεις που εφαρμόζονται πάνω στις πτέρυγες ενός ρότορα.

5ο Κεφάλαιο

Τεχνική πτήσης και ανάλυση των βασικών ελιγμών του Αυτόγυρου

5.1 Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο απευθύνεται ιδιαίτερα στον μαθητή που μόλις ξεκινά να πετά με αυτόγυρο και περιέχει βασικές αρχές πτήσης και την ανάλυση τους για ένα αυτόγυρο γενικού τύπου, διαθέσιο με τη μια θέση πίσω από την άλλη, με ρότορα ημιάκαμπτο (*Έλικα 2 ή 4 πτερυγίων που αντικαθιστά την άρθρωση μεταβαλλόμενης γωνίας με έναν άξονα εξισορρόπησης στον οποίο ενώνονται, σταθερά δύο πτερύγια, σχήμα στη σελίδα 70*)) που περιστρέφεται αντίθετα από την φορά των δεικτών του ρολογιού (ειδωμένο από ψηλά).

Η πτήση δεν είναι μια εγγενής ικανότητα του ανθρώπου και απαιτεί μια περίοδο εκμάθησης η οποία μπορεί να διαφέρει από μαθητή σε μαθητή.. Προφανώς οι ιδιαίτερες δεξιότητες του κάθε μαθητή σχετίζονται άμεσα με την πιθανότητα του να μάθει περισσότερο ή λιγότερο γρήγορα, όμως υπάρχουν και άλλοι παράγοντες το ίδιο ή και περισσότερο σημαντικοί οι οποίοι συχνά θεωρούνται δευτερεύοντες.

Η εκμάθηση της πτήσης προϋποθέτει μια στενή σχέση ανάμεσα στις θεωρητικές γνώσεις, την προετοιμασία του μαθητή μέσω της νοερής επανάληψης των γνώσεων που θα εφαρμοστούν κατά τη διάρκεια της πτήσης και τέλος, την συνέχεια στην πρόσληψη της εκπαίδευσης, που θα επιτρέψει στον μαθητή-πιλότο να αφομοιώσει τις πληροφορίες που έχει δεχτεί. Αν δεν υπάρχει συνέχεια και συχνότητα στις εκπαιδευτικές πτήσεις, ο μαθητής πιλότος θα χρειαστεί χρόνο για να καταγράψει όλα όσα έχει μάθει, και θα χρειαστεί περισσότερες ώρες θεωρητικών μαθημάτων για να φτάσει σε ένα επαρκές επίπεδο δεξιοτεχνίας και αυτοπεποίθησης.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν λίγες εκπαιδευτικές διαδικασίες τόσο εξατομικευμένες όσο αυτές της διδασκαλίας της πτήσης. Ο μαθητής πρέπει να εκμεταλλευτεί αυτό το χαρακτηριστικό και να μιλά για αυτά που αντιλαμβάνεται στη πτήση, για τις αμφιβολίες του ή για όσα του φαίνονται παράξενα. Επιβάλλεται να ρωτά για οτιδήποτε δεν του είναι ξεκάθαρο και αυτό να γίνεται αμέσως μετά το τέλος της πτήσης. Είναι απαραίτητο να αξιοποιεί απόλυτα το κάθε μάθημα και να σιγουρεύεται πως έχει κατανοήσει πλήρως τα λάθη τα οποία έχει διαπράξει.

5.2 Το να πετάς με Αυτόγυρο

Πριν να ξεκινήσουμε ας διευκρινίσουμε το τι θα πει πτήση, από την οπτική γωνία του πιλότου ενός αυτόγυρου.

Υπάρχει η πεποίθηση ότι το αυτόγυρο μπορεί να πετά με ταχύτητες ιδιαίτερα χαμηλές, ακόμα και με μηδενική ταχύτητα. Αυτή η ιδέα είναι όμως λανθασμένη (και έτσι επικίνδυνη) και πρέπει να διερευνηθεί για να μπει σε σωστό πλαίσιο.

Το αυτόγυρο ελέγχεται απόλυτα όποια ταχύτητα και να έχει, με μοναδική προϋπόθεση ο ρότορας να περιστρέφεται μέσα στα κανονικά του όρια (πράγμα που θα συμβαίνει φτάνει να μην μειώσουμε υπερβολικά τον συντελεστή

φορτίου ωθώντας απότομα το πηδάλιο διακυβέρνησης). Όμως, από κάποια ταχύτητα και κάτω, ταχύτητα που εξαρτάται από το αυτόγυρο, τις ρυθμίσεις που του έχουν γίνει, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και την ισχύ που διαθέτει, το αυτόγυρο δεν θα μπορεί να διατηρήσει το ύψος του. Η καθοδική πτήση του υπό αυτές της συνθήκες θα συνεχίσει να είναι ελεγχόμενη, αλλά θα μπορούμε να πετάμε μόνο προς το έδαφος, εκτός και αν ανακτήσουμε την ταχύτητα μας με κάθετη εφόρμηση (εφόσον έχουμε το απαραίτητο ύψος για κάτι τέτοιο).

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου, όταν θα μιλάμε για επιδόσεις και περιορισμούς, θα επιστρέψουμε σε αυτό το θέμα, αλλά το συμπέρασμα είναι πως πετάμε φτάνει να διατηρούμε κάποιο ρυθμό περιστροφής της έλικας, και κάποια ταχύτητα σε σχέση με την μάζα αέρος στην οποία κινούμαστε.

5.2.2 Ρυθμός (regimea) περιστροφής του ρότορα

Κατά το βιβλίο, υπάρχουν 2 τρόποι (regimenes). Πτήση 1^ο τρόπου: πτήση που με ταχύτητες ανώτερες της ταχύτητας ελάχιστης ισχύος (Vy). Πτήση 2^ο τρόπου: πτήση με ταχύτητες μικρότερες της ταχύτητας ελάχιστης ισχύος (Vy). Vy: Ταχύτητα ελάχιστης ισχύος. Σε οποιαδήποτε άλλη ταχύτητα, μεγαλύτερη ή μικρότερη, απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς, [σελίδα 181]

Η διατήρηση του ρυθμού περιστροφής του ρότορα δεν πρέπει να παρουσιάζει κανένα πρόβλημα, μια και ο πιλότος ενός αυτόγυρου δεν έχει κανένα μέσο να ελέγχει με άμεσο τρόπο αυτήν τη παράμετρο πτήσης, και το αυτόγυρο είναι σχεδιασμένο για να διατηρεί αυτόματα σταθερή αυτή την ταχύτητα περιστροφής. Ωστόσο πρέπει να τονίσουμε πως ο (συντελεστής φορτίου που επενεργεί στο σύνολο του αεροσκάφους είναι ανάλογος του ρυθμού περιστροφής του ρότορα, όπως έχουμε εξηγήσει στο κεφάλαιο 3. Έτσι, όταν τραβάμε το πηδάλιο διακυβέρνησης προς το μέρος μας, αυξάνονται για λίγο οι στροφές του ρότορα, και όταν το ωθούμε προς τα εμπρός, μειώνονται. Επίσης, το συνολικό βάρος του αεροσκάφους επιδρά πάνω στον ρυθμό της τελικής περιστροφής με μεγαλύτερα βάρη να οδηγούν σε γρηγορότερο ρυθμό,

Καταλήγοντας, αυτό που πρέπει να κάνει ο πιλότος είναι το εξής:

1^ο - Να μην πετά ποτέ με βάρος, μικρότερο από το ελάχιστο βάρος απογείωσης,

2^ο - Να αποφεύγει τους ελιγμούς, που συνεπάγονται απότομη κίνηση του πηδαλίου διακυβέρνησης προς τα εμπρός: είναι απαγορευτικοί.

5.2.2 Πτήση

Η διατήρηση επαρκούς ταχύτητας πτήσης, είναι η δεύτερη προϋπόθεση για να διατηρηθεί ένα αυτόγυρο εν πτήση. Αλλά, γιατί; Και, πώς επιτυγχάνεται αυτό; Είδαμε στο κεφάλαιο 2 πως για να διατηρήσουμε την πτήση σταθερή είναι απαραίτητο να διατηρήσουμε γωνία προσβολής (Κατά το βιβλίο, γωνία που σχηματίζεται από τον φαινόμενο αέρα και την ευθεία που ενώνει τον κεντρικό άξονα

του πρόσθιου τμήματος με τον κεντρικό άξονα του οπίσθιου τμήματος τον προφίλ του πτερυγίου.) και πίεση πρόσκρουσης αμετάβλητες σε σχέση με την μάζα αέρος στην οποία κινούμαστε. Και είδαμε το πώς η φαινόμενη ταχύτητα μας δίνει μια συνολική μέτρηση αυτών των δυο παραμέτρων. Για αυτό απλουστεύουμε την τεχνική πτήσης περιορίζοντας την στο να διατηρούμε κάποια ταχύτητα σε σχέση με την μάζα αέρος στην οποία κινούμαστε.

Επίσης εξηγήθηκε το πώς σε κάθε γωνία προσβολής του κυκλικού δίσκου του ρότορα (*Disco rotor: επιφάνεια που δημιουργείται από μια περιστρεφόμενη έλικα (σελ. 176)*) αντιστοιχεί μια μοναδική σχετική ταχύτητα μόλις επιτευχθεί σταθεροποίηση της πτήσης.

Για αυτό, για να επιτύχουμε μια συγκεκριμένη ταχύτητα πτήσης με ένα αυτόγυρο, πρέπει να επιλέξουμε με το πηδάλιο διακυβέρνησης την γωνία προσβολής του κυκλικού δίσκου του ρότορα της οποίας η ταχύτητα ισορροπίας να είναι ακριβώς η επιθυμητή,

Η τεχνική για να το επιτύχουμε είναι να αυξήσουμε την γωνία προσβολής για να μειώσουμε την ταχύτητα, (να τραβήξουμε το πηδάλιο διακυβέρνησης προς τα πίσω) ή να μειώσουμε την

γωνία αυτή για να αυξήσουμε, την ταχύτητα (ωθώντας το πηδάλιο διακυβέρνησης προς τα εμπρός). Το τελικό συμπέρασμα είναι πως ο πιλότος επιλέγει μια κλίση του ρότορα σε σχέση με την μάζα του αέρα. Το αυτόγυρο ανταποκρίνεται σε αυτή την επιλογή παίρνοντας μια θέση στον χώρο ακολουθώντας την κίνηση του ρότορα, Η θέση του αεροσκάφους στον χώρο, την οποία ονομάζουμε «θέση πτήσης», είναι αυτή που ο πιλότος σέβεται και διατηρεί για κάθε ταχύτητα, με το ρύγχος ψηλά για μικρές ταχύτητες και το ρύγχος χαμηλά για μεγάλες ταχύτητες.

Το να πετάς ένα αυτόγυρο σημαίνει να διατηρείς την κατάλληλη «θέση πτήσης» ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή πτήση. Παρακάτω θα αναλύσουμε όλες τις τεχνικές πτυχές της τέχνης του να πετάς, οι οποίες θα μας επιτρέψουν, τελικά, να επιλέξουμε την κατάλληλη θέση, έχοντας πλήρη γνώση του γιατί,

5.2.3 Χρήση των χειριστηρίων

Το αυτόγυρο έχει δύο διαφορετικές επιφάνειες ελέγχου (τον ρότορα και το [drift]), που διαμοιράζονται σε τρεις χειρισμούς: πλευρική κίνηση του πηδαλίου διακυβέρνησης (στρέβλωση [warp]), διαμήκη κίνηση του πηδαλίου διακυβέρνησης (βύθιση [depth]) και πίεση στα πετάλια (παρέκκλιση από πορεία [wink]). Κάθε ένας από αυτούς έχει την δική του επίδραση στη θέση του αυτόγυρου και ελέγχει την κίνηση σε σχέση με έναν από τους τρεις άξονες (πλευρικός, διαμήκης και κατακόρυφος άξονας αντίστοιχα). Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την επίδραση τους για να ελέγχουμε το αυτόγυρο και να παίρνουμε την επιθυμητή ανταπόκριση από τα χειριστήρια, λαμβάνοντας υπ'όψη ότι θα έχουν πάντα την ίδια επίδραση φτάνει η πτήση να γίνεται πάντα με θετικούς συντελεστές φορτίου. Ο εκπαιδευτής θα παρουσιάσει την χρήση των χειριστηρίων πραγματοποιώντας, στην αρχή, πτήσεις σε ευθεία, σε σταθερό ύψος και με σταθερή ταχύτητα. Ο μαθητής πρέπει να καταλάβει πως αυτός είναι

ο κεντρικός άξονας με βάση τον οποίο θα πραγματοποιούνται όλες οι αλλαγές θέσης πτήσης.

Είναι απαραίτητο να τονιστεί, και από εδώ ξεκινά μια από τις μεγαλύτερες δυσκολίες στην εκμάθηση της τεχνικής της πτήσης, ότι καμιά από τις κινήσεις αυτών των χειριστηρίων δεν πραγματοποιεί από μόνη της έναν ελιγμό, μια και για να πετά κανείς σωστά πρέπει να ασκεί μια συντονισμένη επίδραση και στους τρεις άξονες ταυτοχρόνως. Αυτό αποκαλείται συντονισμός χειρισμών και έχει άμεσο αντίκτυπο στην ομαλότητα και την ασφάλεια της πτήσης,

Επίσης πρέπει να ληφθεί υπ' όψη ότι η χρήση των χειριστηρίων γίνεται πιέζοντας - ποτέ με απότομες κινήσεις.

Το πηδάλιο διακυβέρνησης πρέπει να κρατιέται ελαφρά, με τα δάκτυλα, δεν πρέπει να το σφίγγουμε, παρά να το κρατάμε απαλά. Οι μύες του χεριού και του βραχίονα είναι σημαντικό να είναι χαλαροί ώστε να μπορούμε να έχουμε αίσθηση της όποιας πίεσης ασκηθεί πάνω στο χέρι μας από το πηδάλιο διακυβέρνησης,

Τα πόδια θα πρέπει να μην τα κρατάμε αστήρικτα πάνω από τα πετάλια αλλά να τα έχουμε σε άνετη θέση, με όλο το βάρος τους να πέφτει στις φτέρνες, πράγμα το οποίο επιτρέπει να έχουμε την μεγαλύτερη δυνατή ευαισθησία κατά την επαφή των ποδιών με τα πετάλια.

Για να μετακινήσουμε ένα χειριστήριο από την ουδέτερη του (νεκρή) θέση είναι απαραίτητο να ασκήσουμε πίεση. Αυτή η πίεση οφείλεται στην πίεση που η ίδια η ροή του αέρα ασκεί πάνω στην επιφάνεια του ρότορα ή του πηδαλίου διεύθυνσης, που έχουμε βγάλει από την θέση ισορροπίας τους. Κατά συνέπεια, η μετακίνηση των χειριστηρίων θα είναι ανάλογη των πιέσεων που ασκούνται πάνω στα ίδια.

Το σύνολο των πιέσεων που ασκούνται πάνω στο πηδάλιο διακυβέρνησης και τα πετάλια κάνει το αυτόγυρο να κινείται ως προς τους τρεις άξονες. Αλλά στη συμπεριφορά του αυτόγυρου, εκτός από αυτό το σύνολο πιέσεων υπάρχει ένας επιπρόσθετος παράγοντας που περιπλέκει τα πράγματα σε σύγκριση με το αεροπλάνο, ένας παράγοντας που θα πρέπει να μάθουμε να ελέγχουμε: η αργή ανταπόκριση του αυτόγυρου,

Όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 3, οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω στον ρότορα ασκούνται λόγω της γυροσκοπικής μετάπτωσης¹. Αυτό σημαίνει πως είναι απαραίτητη μια πλήρης περιστροφή του ρότορα μέχρι αυτός να αποκτήσει την κλίση που του ζητάμε πιέζοντας το πηδάλιο διακυβέρνησης μας. Στις 360 στρ/λεπτό αυτός ο χρόνος είναι 0,15 δευτερόλεπτα, Όταν πετάμε ένα αεροσκάφος αυτό το χρονικό διάστημα είναι μεγάλο και όσοι έχουν κυβερνήσει αεροπλάνο σίγουρα το έχουν παρατηρήσει. Ωστόσο, μόλις θέσουμε τον ρότορα στην επιθυμητή κλίση, μένει ακόμα να περιμένουμε να ακολουθήσει και η άτρακτος, κάτι που θα συμβεί μετά από ένα κλάσμα του δευτερολέπτου, μεγαλώνοντας ακόμα περισσότερο τον χρόνο ανταπόκρισης. Αν σε αυτό προσθέσουμε το ότι το μέγεθος των πιέσεων που απαιτούνται είναι πολύ μικρότερο από αυτές που απαιτεί η πτήση με αεροπλάνο, μπορούμε να καταλάβουμε την ιδιαίτερη δυσκολία που παρουσιάζει η εκμάθηση της τεχνικής της πτήσης αυτού του είδους αεροσκαφών. Αλλά δεν πρέπει να ανησυχούμε, μέσα σε λίγες ώρες θα ελέγχουμε το αυτόγυρο μας χωρίς να θυμόμαστε καν τις αρχικές δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσαμε.

ΧΩΡΟΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΩΝ

ΠΕΤΩΝΤΑΣ ΜΕ ΑΥΤΟΓΥΡΟ

*Βασικές Αρχές Αεροδυναμικής
Η αυτοπεριστροφή
Η δυναμική του Ρότορα
Τεχνική Πτήσης
Βασικοί Ελιγμοί του Αυτόγυρου*

Μετάφραση απ το Ισπανικό βιβλίο
EL AUTOGIRO Y SU VUELO

Επιμέλεια για την μετάφραση
Απόστολος Κατσούγιας
Εκπαιδευτής ΥΠΑΜ (Αυτόγυρου)



Επιμέλεια Εκδοσης
Εκπαιδευτικό Κέντρο Υ.Π.Α.Μ. - ΑΕΡΟΛΕΣΧΗΣ ΑΓΡΙΝΙΟΥ
<http://alag.gr>

Αγρίνιο, Ιανουάριος 2011