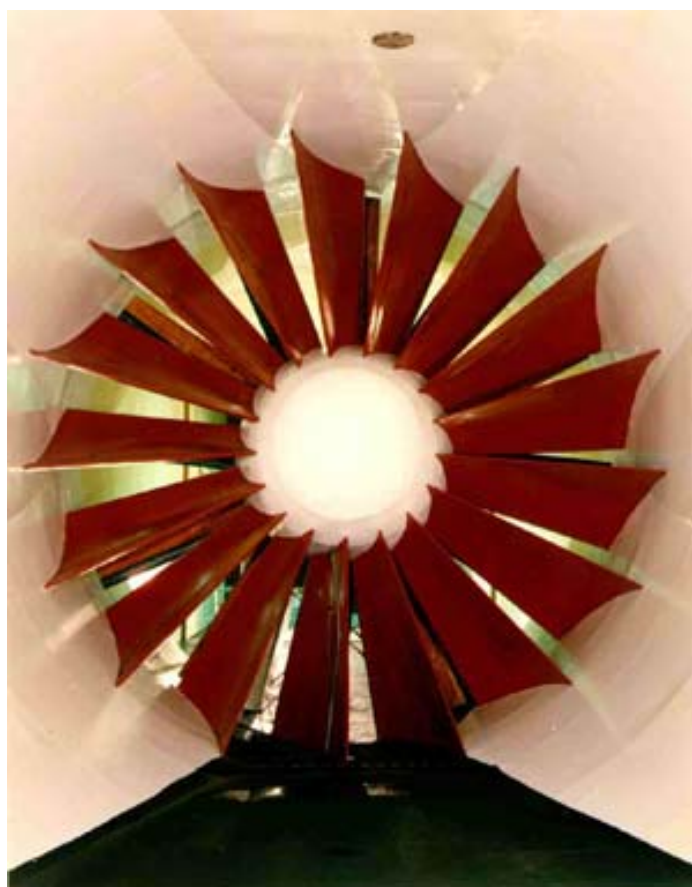


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΔΙΑΤΑΞΗΣ
ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ**



**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΡΒΑΝΙΤΗ ΖΩΗ
Α.Μ 193
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΝΤΑΞΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ
ΜΑΙΟΣ 2004**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	7
ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ.....	7
ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ	8
ΤΥΠΟΙ ΡΟΗΣ.....	9
Η αρχή του Bernoulli.....	10
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	12
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	13
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ	13
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	14
Μέθοδοι και νόμοι της αεροδυναμικής	14
Θερμικό φράγμα.....	15
Αεροδυναμικές δυνάμεις.....	16
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	19
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	20
Εισαγωγή	21
Πτέρυγες	24
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΕΡΟΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΦΤΕΡΩΝ.....	25
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΚΥΒΕΡΝΟΥΝ ΤΙΣ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	27
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΕΡΟΤΟΜΗΣ	27
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	29
ΑΕΡΟΣΗΡΑΓΓΑ.....	29
Αεροδυναμική σήραγγα	30
Είδη Αεροσηράγγων	33
ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΕΡΟΣΗΡΑΓΓΑΣ (ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ).....	34
ΤΜΗΜΑ 1 (ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ-ΣΥΓΚΛΙΝΩΝ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ).....	35
ΤΜΗΜΑ 2 (ΧΩΡΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ).....	35
ΤΜΗΜΑ3 (ΔΙΑΧΥΤΗΣ- ΑΠΟΚΛΙΝΩΝ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ)	36
Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	39
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	40
LOAD CELL	40
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	42
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	43
ΜΕΛΕΤΗ	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	58
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ :	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	59

**Χάρισε τον εαυτό σου στο όνειρο σου
&
ακολούθησε το σε όποιες μεγαλειώδεις
αναζητήσεις κι αν σε οδηγεί.....**

Λες Μπράουν

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας αυτής είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός συστήματος μέτρησης φορτίων, το οποίο προορίζεται για το πεδίο δοκιμών μιας αεροσήραγγας.

Η εν λόγω εργασία χωρίζεται στα ακόλουθα στάδια:

- 1) Σωστή και επαρκής γνώση των βασικών αρχών της αεροδυναμικής
- 2) Κατανόηση του ζητουμένου και προς μελέτη θέματος. Στην προκειμένη περίπτωση, αναγκαίο είναι να μελετηθούν όλοι οι ικανοί τρόποι που θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η κατασκευή ώστε να πληρεί ορισμένες προϋποθέσεις:
 - Χαμηλό κόστος
 - Όχι πολύπλοκη κατασκευή
 - Να κατασκευαστεί σε μικρό χρονικό (σχετικά) διάστημα
 - Εύκολο καλιμπράρισμα
 - Χωρίς μεγάλο σχετικό σφάλμα και αποκλίσεις στις μετρήσεις.
 - Αξιοπιστία
 - Διάρκεια ζωής
- 3) Μετά τον προσδιορισμό της λογικής που θα ακολουθήσει ,τα επόμενα βήματα του σχεδιασμού και της κατασκευής είναι σχετικά εύκολα. Το δυσκολότερο κομμάτι κάθε τέτοιου είδους μελέτης είναι ο προσανατολισμός στο χώρο και η λήψη αποφάσεων.

Στο τρίτο βήμα θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα CATIA της DASSAULT SYSTEMES με του οποίου τη βοήθεια τα σχέδια θα πάρουν τρισδιάστατη μορφή και θα ολοκληρωθούν έτσι ώστε η πραγματοποιούμενη κατασκευή (στο επόμενο βήμα) να ολοκληρωθεί με ακρίβεια.

- 4) Το βήμα που μας απομένει είναι η κατασκευή και το καλιμπράρισμα της διάταξης ώστε εν τέλει να έχουμε κατασκευασμένη τη διάταξη που μελετήσαμε και η διάταξη αυτή να είναι αξιόπιστη και έτοιμη προς χρήση.

Μέσα σε λίγες γραμμές καλύψαμε ένα μεγάλο κεφάλαιο που περιλαμβάνει τρεις σημαντικές ενότητες:

ΜΕΛΕΤΗ- ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Ελάτε να ανοίξουμε μαζί την πόρτα της κάθε ενότητας και να δούμε διεξοδικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν.

Η συνεργασία και οι παρατηρήσεις είναι απολύτως δεκτές ώστε το εγχείρημα αυτό να γίνει σφαιρικά άρτιο και ικανό να χρησιμοποιηθεί και να βοηθήσει και κάποιον άλλο μαθητή ή σπουδαστή που θα θελήσει να εμβαθύνει στο αντικείμενο αυτό.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

Ένα ρευστό μπορεί να είναι είτε υγρό είτε αέριο. Όταν σε ένα ρευστό ασκηθούν δυνάμεις είναι πολύ πιθανό να παρατηρηθεί ροή. Το αντικείμενο της δυναμικής των ρευστών αφορά τις δυνάμεις των ρευστών κατά την κίνηση τους, η οποία είναι αποτέλεσμα αυτών των δυνάμεων.

Η δυναμική των ρευστών διακρίνεται σε υδροδυναμική και σε αεροδυναμική με την οποία και θα ασχοληθούμε ιδιαίτερα και η οποία μελετά την κίνηση των αερίων.

Η ροή γύρω από τα διάφορα σώματα μπορεί να καθοριστεί λαμβάνοντας υπ' όψιν κάποιους χαρακτηριστικούς αριθμούς, που προσδιορίζουν την συμπεριφορά αυτής. Οι τρεις χαρακτηριστικοί αριθμοί της ροής είναι οι παρακάτω:

- Αριθμός Reynolds $Re = \rho * V * l / \mu$
- Αριθμός Mach $M = V / \alpha$
- Αριθμός Froude $F = (l * g)^{-1/2} * V$

Όπου : ρ η πυκνότητα του ρευστού

V η ταχύτητα που χαρακτηρίζει το πεδίο ροής

l μία χαρακτηριστική διάσταση του σώματος

μ η δυναμική συνεκτικότητα του ρευστού

α η ταχύτητα του ήχου

g η επιτάχυνση της βαρύτητας

Ο αριθμός Reynolds είναι βασική αδιάστατη παράμετρος, όπου καθορίζει τη ροή σε κλειστούς αγωγούς. Αποτελεί δε μέτρο σύγκρισης της δύναμης αδράνειας με τη δύναμη του ιξώδους.

Ανάλογα ο αριθμός Froude αποτελεί βασική αδιάστατη παράμετρο, όπου καθορίζει τη ροή σε ανοικτούς αγωγούς. Ο εν λόγω αριθμός πραγματοποιεί μια σύγκριση του μεγέθους της δύναμης της αδράνειας με το μέγεθος της δύναμης της βαρύτητας.

Ο αριθμός Mach εκφράζει την σχέση μεταξύ της δύναμης της αδράνειας με τη δύναμη της ελαστικότητας του ρευστού

Παρόλο που τα όρια πολλές φορές δεν είναι ευκρινή, μπορούμε να πούμε ότι:

Αριθμός Mach $\leq 0,4$	—————>	Υποηχητική ροή
$0,4 \leq$ Αριθμός Mach $\leq 1,3$	—————>	Ροή σε ταχύτητα ήχου
$1,3 \leq$ Αριθμός Mach	—————>	Υπερηχητική ροή

ΤΥΠΟΙ ΡΟΗΣ

Τα ρευστά έχουν την δυνατότητα να ρέουν με πολλούς τρόπους . Στην ομαλή ροή τα σωματίδια αναγκάζουν το ρευστό να ρέει με συνεχή και κανονικό τρόπο. Τα σωματίδια κινούνται είτε με σταθερή ταχύτητα , είτε με ταχύτητες που μεταβάλλονται με σταθερό ρυθμό.

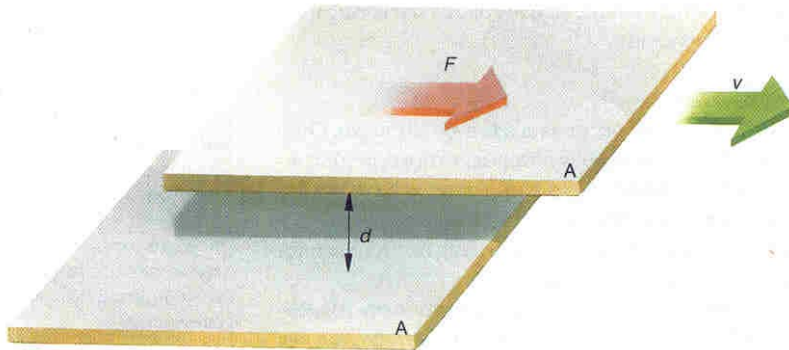
Η στρωτή ροή είναι ένα είδος ομαλής ροής κατά την οποία δυο διαδοχικά σωματίδια του ρευστού διέρχονται από το ίδιο σημείο με την ίδια ταχύτητα.

Αντίθετα η τυρβώδης ροή είναι αυτή κατά την οποία τα σωματίδια του ρευστού κινούνται με ακανόνιστο και κυμαινόμενο τρόπο .Σε αντίθεση με την περίπτωση της μη τυρβώδους ροής , είναι δύσκολο να παραχθεί μια θεωρία ανάλυσης σχετικά με την τυρβώδη ροή.

Αν και δεν υπάρχει ακόμη λεπτομερής θεωρία σχετικά με την τύρβη, στοιχεία της περιλαμβάνονται στη θεωρία του χάους και την κλασματική γεωμετρία. Η μετάπτωση από την στρωτή ροή στην τυρβώδη, λόγω μεταβολής συνθηκών αποτελεί παράδειγμα φασικής μετάπτωσης.

Ιξώδες

Μία από τις σημαντικότερες ιδιότητες των ρευστών είναι το ιξώδες , που αποτελεί μέτρο της αντίστασης της ροής . Οι μεταβολές του ιξώδους ενός ρευστού εξαρτώνται από το αν χαρακτηρίζεται νευτώνειο ρευστό ή μη νευτώνειο ρευστό.



Νευτώνειο ρευστό

Α είναι το εμβαδόν δύο επιπέδων που πρόσκεινται σε ένα ρευστό, d είναι η μεταξύ τους απόσταση, f η δύναμη που ασκείται σε κάθε επίπεδο και v η σχετική ταχύτητα του ενός επιπέδου ως προς το άλλο.

Σχήμα 1.1 Νευτώνιο ρευστό

Στα νευτώνεια ρευστά η κλίση της ταχύτητας στις γειτονικές στιβάδες εξαρτάται από την διατμητική τάση. Αν θεωρήσουμε δυο γειτονικά επίπεδα ενός ρευστού εμβαδού A , τα οποία κινούνται το ένα ως προς το άλλο με ταχύτητα V , η δύναμη που απαιτείται για την διατήρηση της κλίσης της ταχύτητας dV/dx είναι F . Η διατμητική τάση δίνεται με την σχέση F/A .

Για τα νευτώνεια ρευστά η διατμητική τάση είναι ευθέως ανάλογη προς την κλίση της ταχύτητας, σύμφωνα με την σχέση $F/A = n dV/dx$, όπου n είναι η σταθερά που ονομάζεται συντελεστής ιξώδους. Η μονάδα μέτρησης του ιξώδους είναι $\text{pascal} \cdot \text{sec}$.

Η αρχή του Bernoulli

Αυτή η βασική αρχή της δυναμικής των ρευστών ισοδυναμεί με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, διατυπώθηκε το 1738 από τον Ελβετό φυσικό Daniel Bernoulli (1700-1782)

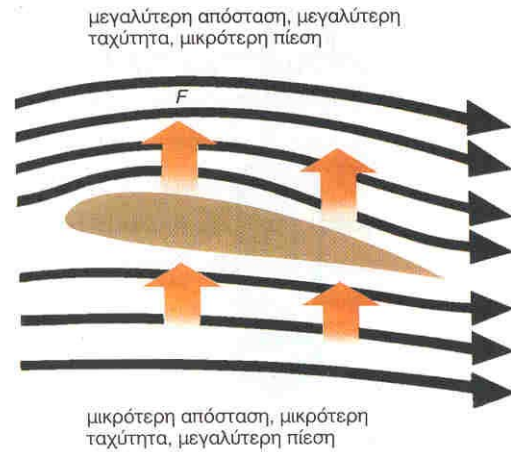
Σύμφωνα με την αρχή του Bernoulli, σε οποιοδήποτε σημείο μιας ομαλής ροής υγρού το άθροισμα της κινητικής, της δυναμικής και της ενέργειας λόγω πίεσης, δεδομένης της μάζας του ρευστού, είναι σταθερό.

Σημαντική εφαρμογή βρίσκει η αρχή αυτή στην αεροναυπηγική, όπως για παράδειγμα στην κατασκευή φτερών αεροσκαφών.

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$

Η αρχή του Bernoulli

Όταν ο αέρας περνά πάνω από το φτερό του αεροσκάφους, επιταχύνεται, αφού τα μόρια του αέρα που περνούν από πάνω πρέπει να διανύουν μεγαλύτερη απόσταση από τα μόρια του αέρα που περνούν από κάτω. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, η αύξηση της ταχύτητας στο πάνω μέρος του φτερού δηλώνει ότι στην επιφάνεια αυτή ασκείται μικρότερη πίεση. Το αποτέλεσμα είναι η άσκηση μιας κατακόρυφης δύναμης στο φτερό με φορά προς τα κάτω.



Σχήμα 1.2 αετοτομή υπο την επιδραση του αέρα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. AERODYNAMICS FOR ENGINEERING STUDENTS, Houghton & Brock, ISBN: 0713133953.
2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ 1 Χατζηγιάννης Μ. Βασίλειος ΟΕΔΒ.
3. ΠΕΡΙΚΛΗ ΣΠ. ΚΟΡΩΝΑΚΗ: Μηχανική Ρευστών ΙΙ. ΟΕΔΒ.
4. ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ BRITANNICA.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

1. <http://orn-lab.ekol.lu.se/birdmigration/wintunnel/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ



ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Ο κλάδος αυτός της μηχανικής των ρευστών εξετάζει τα φαινόμενα που προκαλούνται με κίνηση στερεών σωμάτων μέσα σε αέριες μάζες ή με μετατόπιση των αερίων μαζών επάνω στην επιφάνεια στερεών σωμάτων. Εξετάζει επίσης και τους νόμους που ακολουθούν τα φαινόμενα αυτά.

Μέθοδοι και νόμοι της αεροδυναμικής

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της , η αεροδυναμική χρησιμοποιεί θεωρητικές και πειραματικές μεθόδους έρευνας. Στις πειραματικές έρευνες χρησιμοποιούνται μικρών διαστάσεων πρότυπα πτητικών συσκευών (αερομοντέλα), δοκιμαστικοί σωλήνες, σωλήνες κρούσεως και ειδικές πολυσύνθετες εγκαταστάσεις (αεροδυναμικές σήραγγες) εφοδιασμένες με οπτικά όργανα που επιτρέπουν την παρατήρηση και την φωτογράφιση των εικόνων της κινήσεως των αερίων.

Από την άποψη της μηχανικής , βασική ιδιότητα η οποία διακρίνει τα αέρια από τα υγρά , είναι η συμπιεστότητα, η δυνατότητα δηλαδή να μεταβάλλουν τον όγκο τους κατά την μεταβολή της πίεσεως.

Η συμπιεστότητα των αερίων πρακτικά εκδηλώνεται όταν , κατά την κίνηση των αερίων προκαλούνται τόσο μεγάλες διαφορές πιέσεων , ώστε οι διαφορές αυτές μπορούν να συγκριθούν με το μέγεθος της πίεσεως του αερίου. Π.χ. όταν ένα αέριο ρέει από οπή που ενώνει δυο στοιχεία , στο ένα από τα οποία το αέριο βρίσκεται σε πίεση δυο ατμοσφαιρών και στο άλλο σε πίεση μίας ατμόσφαιρας η διαφορά των πιέσεων είναι δυνατό να συγκριθεί με την πίεση που υπάρχει στα δοχεία και γι αυτό η συμπιεστότητα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν, η διαφορά των πιέσεων προκαλεί δυνάμεις.

Μεγάλες διαφορές πιέσεων δημιουργούνται όταν μέσα σε αέριο κινούνται σώματα με μεγάλες ταχύτητες, καθώς και στην περίπτωση που μεταδίδονται στο αέριο ισχυρές διαταραχές τύπου κυμάτων εκρήξεως. Στις περιπτώσεις αυτές , ή το αέριο κινείται με μεγάλη ταχύτητα ή μέσα στο αέριο κινούνται με μεγάλη ταχύτητα τα σώμα ή μεταδίδονται στο αέριο με μεγάλη ταχύτητα οι διαταραχές.

Με την μελέτη των φαινομένων αυτών , η αεροδυναμική πετυχαίνει:

A. Να προσδιορίζει τις δυνάμεις που ενεργούν στα σώματα τα κινούμενα μέσα σε αέριο (αεροπλάνα, πύραυλοι, βλήματα),

B. Να καθορίζει του νόμους κινήσεως των αερίων μέσα στους σωλήνες,

Γ. Να ανευρίσκει μεθόδους με τις οποίες προσδίδονται μεγάλες ταχύτητες στα αέρια. Πετυχαίνει τέλος ,να διατυπώνει νόμους, σύμφωνα με τους οποίους διαδίδονται ισχυρές διαταραχές (εκρηκτικές, εκτονωτικές κ.λ.π.).

Οι νόμοι συμπίεσεως των αερίων είναι θέμα της θερμοδυναμικής, στη οποία κατά ένα μεγάλο μέρος βασίζεται η αεροδυναμική. Την ταχεία μεταβολή του όγκου και της πίεσεως αερίου ακολουθούν πάντοτε σημαντικές μεταβολές της θερμοκρασίας. Όταν π.χ. διασταλεί το αέριο η ταχύτητα του αυξάνεται , η πίεση ελαττώνεται και η θερμοκρασία πέφτει.

Οι μεταβολές της πίεσεως και της θερμοκρασίας, οι οποίες παρατηρούνται έπειτα από κάθε μεταβολή της ταχύτητας του αέρα, έχουν μεγάλη σημασία για την αεροπορία.

Ο αέρας, κατά την διαδρομή του αεροπλάνου ,του πυραύλου ή του βλήματος συμπιέζεται, οπότε η πίεση και η θερμοκρασία του αυξάνονται. Η διαφορά όμως πίεσεως, η οποία δημιουργείται , προκαλεί την ανυψωτική δύναμη και την δύναμη αντιστάσεως, την οποία δέχεται κατά την κίνηση του το σώμα. Για την αεροδυναμική, ένα μέγεθος με μεγάλη σημασία είναι η ταχύτητα μεταδόσεως του ήχου, η οποία είναι διαταραχή με πολύ μικρή ένταση. Η ταχύτητα του ήχου μέσα σε ένα ορισμένο αέριο εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία. Για τον αέρα, η ταχύτητα του ήχου είναι 332m/sec σε θερμοκρασία 0°C.

Θερμικό φράγμα.

Η ραγδαία ανύψωση της θερμοκρασίας κατά την πτήση με υπερηχητική ταχύτητα καλείται θερμικό φράγμα. Το θερμικό φράγμα περιορίζει την αύξηση της ταχύτητας του αεροπλάνου, όταν το αεροπλάνο πετά στη ατμόσφαιρα. Γι' αυτό οι τεχνητοί δορυφόροι της γης και οι βαλλιστικοί διηπειρωτικοί πύραυλοι κινούνται στα αραιότερα μόνο στρώματα ατμόσφαιρας ή πέρα από αυτή.

Αεροδυναμικές δυνάμεις.

Πάνω στα αεροπλάνα, στους πυραύλους, στα βλήματα και σε άλλα σώματα που κινούνται μέσα στον ατμοσφαιρικό αέρα, εξασκούνται δυνάμεις που ονομάζονται αεροδυναμικές. Κάθε φορά που ταξιδεύουμε με ένα όχημα και βγάζουμε το πρόσωπο μας έξω από το παράθυρο, αισθανόμαστε τις αεροδυναμικές δυνάμεις. Η δύναμη που δρα επάνω στα δέντρα και τα ξεριζώνει, η θύελλα, η δύναμη που φρενάρει σιγά τους τεχνητούς δορυφόρους της γης, η δύναμη που δρα στις πτέρυγες των πτηνών ή των αεροπλάνων και τα συγκρατεί στον αέρα, είναι όλες οι δυνάμεις που αφορούν την αεροδυναμική.

Αεροδυναμικές όμως δυνάμεις ή αεροδυνάμεις δεν εξασκούνται μόνο στην περίπτωση που το σώμα κινείται στον αέρα, αλλά και όταν ο αέρας μόνο κινείται ενώ το σώμα που βρίσκεται μέσα σε αυτόν μένει ακίνητο.

Σε κάθε σώμα ασκείται μία δύναμη αεροδυναμικής φύσης και μία ροπή. Τη δύναμη αυτή για δική μας ευκολία στους υπολογισμούς και στην κατανόηση την αναλύουμε σε συνιστώσες..

Τη συνολική αεροδυναμική R μπορούμε να την αναλύσουμε σε τρεις συνιστώσες

1. Στην αεροδυναμική αντίσταση T_a , που έχει την ίδια κατεύθυνση με την ταχύτητα ροής U ,
2. Στην δύναμη της ανώσεως A , που έχει κάθετη κατεύθυνση προς την T ,

Και 3. Σε πλευρική δύναμη P , κάθετη και προς τις δύο συνιστώσες A και T .



Εικόνα 2.1
Αεροδυναμικό μοντέλο σε χώρο δοκιμών

Το μέγεθος της δύναμης της αντίστασης είναι δυνατόν να μειωθεί σημαντικά, όταν στο κινούμενο σώμα δοθούν κατάλληλα σχήματα.

Τη μεγαλύτερη αντίσταση την δέχεται το ημισφαιρικό σώμα που έχει στραμμένο το κοίλο του μέρος προς την κατεύθυνση του ανέμου. Σημαντικά πιο μικρή είναι η αντίσταση που δοκιμάζει η σφαίρα τη μικρότερη όμως αντίσταση δέχονται τα επιμήκη σώματα με ατρακτοειδές σχήμα και λεία επιφάνεια.

Τέτοιο σχήμα έχουν τα αεροπλάνα και τα αεροδυναμικά αυτοκίνητα. Ας σημειωθεί εδώ μόνο για σύγκριση, ότι καθώς έχει διαπιστωθεί πειραματικά,, την ίδια αντίσταση δοκιμάζουν ατρακτοειδές σώμα με διάμετρο πάνω από 4 cm και μια σφαίρα με διάμετρο 1cm γι αυτό και δίνουν τέτοιο ακριβώς σχήμα στις οβίδες και στους πυραύλους, με πειράματα που έκαναν στις αεροδυναμικές σήραγγες, οι ειδικοί επιστήμονες βρήκαν τα αίτια τα οποία προκαλούν τις αεροδυναμικές δυνάμεις. Τα αίτια αυτά είναι:

- Η τριβή
- Η περιδίνηση
- Η δημιουργία κυμάτων

Οι δυνάμεις τριβής προκαλούνται από την προστριβή των μορίων του αέρος με το κινούμενο σώμα. Η περιοχή του αέρος η οποία βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του σώματος ή των τοιχωμάτων και στην οποία δρουν οι δυνάμεις αντιστάσεως λέγεται «οριακό στρώμα».

Το σώμα όπως κινείται μέσα στον αέρα, τον διασχίζει και ωθεί συνεχώς νέες μάζες αέρος προς τα εμπρός και προς τα πλάγια. Κατά την κίνηση δημιουργούνται σημεία « ανακοπής» της ροής, και έτσι σε άλλα σημεία η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται, σε άλλα ελαττώνεται με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται υπερπιέσεις και υποπιέσεις πού η διαφορά τους προκαλεί δυνάμεις

Όταν το σώμα κινείται με μεγάλη ταχύτητα, το αέριο αυτό στρώμα δεν κατορθώνει να προσπεράσει την ακμή, αποσπάται από αυτή και σχηματίζει δύνες.

Οι δύνες του νερού, που σχηματίζονται στις άκρες των κουπιών κατά την κωπηλασία φαίνονται με γυμνό μάτι. Οι δύνες όμως του αέρα γίνονται αντιληπτές και φωτογραφίζονται αν στο ρεύμα του αέρα διασκορπίσουμε σκόνη π.χ. αλουμινίου.

Κατά τις υπερηχητικές ταχύτητες, εκτός από τις δυνάμεις τριβής και από τις δύνες στον αέρα παρουσιάζονται και κύματα όπως αυτά που σχηματίζονται στην επιφάνεια του νερού από την πλώρα του πλοίου. Όταν η ταχύτητα ενός σώματος δεν υπερβαίνει την ταχύτητα του ήχου δεν δημιουργούνται τέτοια κύματα. Ο αέρας συμπυκνώνεται και

αραιώνεται σιγά, δημιουργούνται δηλαδή (διαδοχικά πυκνώματα και αραιώματα) και η πίεση του αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό.

Η πίεση που ασκεί το σώμα στον ατμοσφαιρικό αέρα όταν κινείται μέσα σε αυτόν ,μεταδίδεται με ταχύτητα ίση προς την ταχύτητα του ήχου.

Όταν η ταχύτητα κίνησης είναι ίση προς την ταχύτητα του ήχου , οι μετατοπιζόμενες αέριες μάζες προφθένουν να «πληροφορηθούν» το πλησίασμα του σώματος, η ταχύτητα τους αρχίζει να μεταβάλλεται όχι μόνο ως προς το μέγεθος αλλά και ως προς την κατεύθυνση, και ο αέρας ασκεί την πίεση του επάνω στο σώμα.

Όταν όμως η ταχύτητα κινήσεως είναι υπερηχητική ($M > 1$) η πίεση που μεταδίδεται με ταχύτητα ήχου δεν προφθενει να φτάσει τις κινούμενες μάζες αέρος και να μεταβάλει την ταχύτητα τους.. Έτσι η πίεση, η θερμοκρασία και η πυκνότητα του αέρα αυξάνονται: εμφανίζεται κρουστικό κύμα.

Η αυξανόμενη πίεση η οποία δημιουργείται ύστερα από κύμα κρούσεως δρα επάνω στο μπροστινό μέρος του σώματος και προκαλεί την αντίσταση διακυμάνσεως.

Τα σώματα που δεν καταλήγουν σε ουρά αλλά έχουν σφαιρικό σχήμα, μας προκαλούν ισχυρά κύματα κρούσεως και δέχονται μεγαλύτερη αντίσταση διακυμάνσεως από όση δέχονται τα οξύληκτα π.χ. τα βλήματα και οι πύραυλοι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

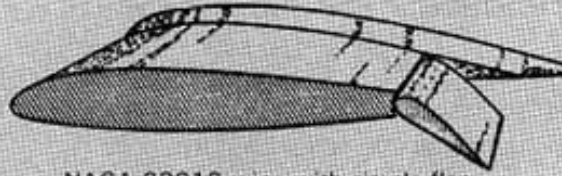
5. A.C. KERMODE: Mechanics of Flight 10th Edition. Prentice Hall
6. WILLIAM H. RAE Jr, ALAN POPE: Low- speed Wind Tunnel Testing 2nd Edition. Wiley- Interscience
7. ΠΕΡΙΚΛΗ ΣΠ. ΚΟΡΩΝΑΚΗ: Μηχανική Ρευστών ΙΙ. ΟΕΔΒ.
8. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΠΕΡΓΕΛΕΣ: Η Αεροδυναμική του Υποηχητικού Αεροσκάφους. Παπασωτηρίου

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

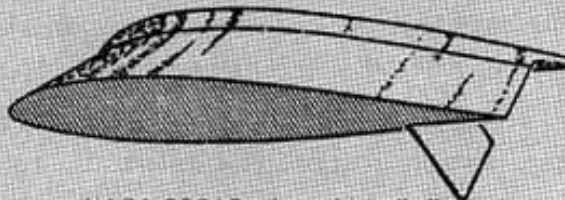
2. www.windpower.org
3. www.planemath.com
4. www.onera.fr
5. www.si.edu/resource/faq/nmnh/buginfo/insflight.htm
6. www.boeing.com



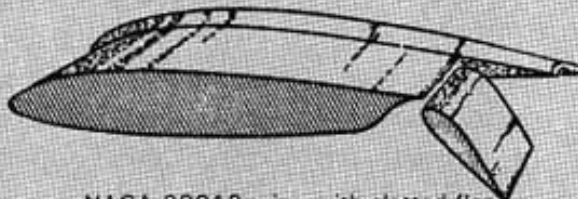
NACA 23012 wing developed at Langley Laboratory in 1934
Landing $V = 100$ mph



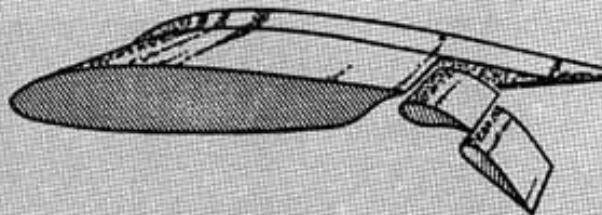
NACA 23012 wing with simple flap
Landing $V = 81$ mph



NACA 23012 wing with split flap
Landing $V = 78$ mph



NACA 23012 wing with slotted flap
Landing $V = 75$ mph



NACA 23012 wing with double slotted flap
Landing $V = 70$ mph

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΕΡΟΤΟΜΕΣ

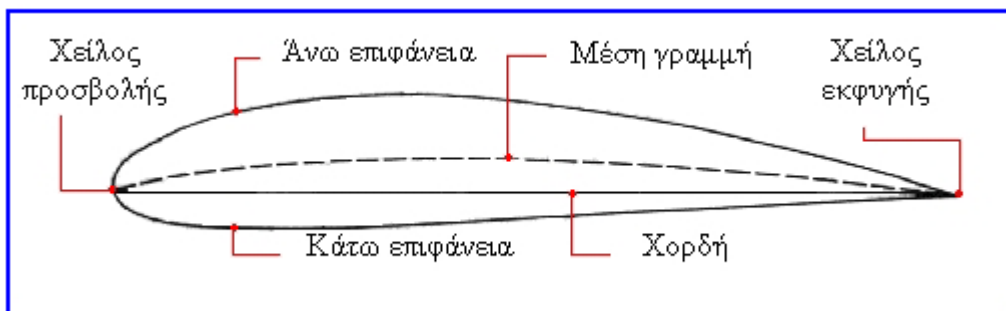
Εισαγωγή

Εάν τοποθετήσουμε μία πτέρυγα σε οριζόντια θέση και πραγματοποιήσουμε τομή αυτής στο διαμήκη άξονα, το γεωμετρικό σχήμα που θα προκύψει είναι μία **αεροτομή** (airfoil section), σχήμα 2.1.



Σχήμα 3.1 Εξαγωγή αεροτομής από πτέρυγα

Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν μία πτέρυγα όπως άνωση, αντίσταση κ.τ.λ. καθορίζονται από τη γεωμετρία των αεροτομών που συνθέτουν την πτέρυγα αυτή. Γεωμετρικές παράμετροι όπως η ακτίνα του **χείλους προσβολής**, η κυρτότητα της **μέσης γραμμής**, η θέση **μέγιστης κυρτότητας** της μέσης γραμμής, η **κατανομή πάχους**, η θέση **μέγιστου πάχους** κ.α. μεταβάλουν καθοριστικά τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά της αεροτομής και συνεπώς της πτέρυγας.



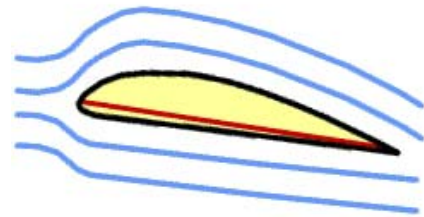
Σχήμα 3.2 Βασικά στοιχεία αεροτομής

Οι μορφές αεροτομών που έχουν καθιερωθεί, για υποηχητικές εφαρμογές, αποτελούν άμεση ή έμμεση απόρροια των ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στο Gottingen κατά τη διάρκεια του 1^{ου} παγκοσμίου πολέμου. Οι προηγούμενες αυτών αεροτομές είχαν αναπτυχθεί με βάση εμπειρικά στοιχεία. Κατά τη διάρκεια του 2^{ου} παγκοσμίου πολέμου, σε εργαστήρια διαφόρων χωρών,

πραγματοποιούνταν διάφορες μελέτες, με αυτές της NACA να ξεχωρίζουν. Οι έρευνες της NACA, στηριζόμενες στη θεωρία των αεροτομών Joukowski, συστηματοποίησαν τη μελέτη του αντικειμένου, ερευνώντας τα αποτελέσματα από τη μεταβολή της καμπυλότητας και της κατανομής πάχους στις αεροτομές ανεξάρτητα.

Παράλληλα τα πειράματα πραγματοποιούνταν σε μεγάλες τιμές του αριθμού Reynolds, προσεγγίζοντας αυτές που συναντώνται στην πραγματικότητα.

Οι έρευνες που πραγματοποιούνταν είχαν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι μεγάλη άνωση επιτυγχάνεται, συγκριτικά με την τιμή της αντίστασης, χρησιμοποιώντας επιφάνειες που η γεωμετρία αυτών διέπεται από μία κυρτότητα σε αντίθεση από κάποιες που είναι επίπεδες.



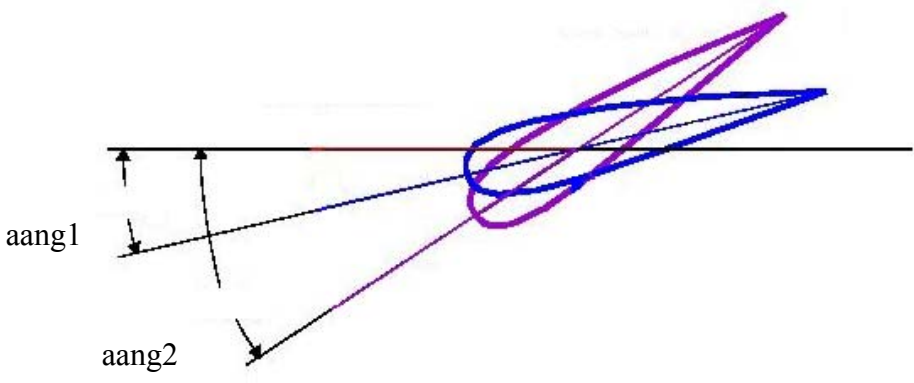
Σχήμα 3.3 αεροτομή με εμφανή κυρτότητα



Σχήμα 3.4 Ταχύτητες ροής στην άνω και κάτω επιφάνεια αεροτομής

Παράλληλα, συνειδητοποιήθηκε ότι η ροή στην άνω επιφάνεια της αεροτομής χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ταχύτητα απ' ότι η ροή της κάτω επιφάνειας, οδηγώντας νομοτελειακά σε δημιουργία υποπίεσης στην άνω επιφάνεια και υπερπίεσης στην κάτω επιφάνεια της αεροτομής, σχήμα 2.4. Απόρροια του εν λόγω φαινομένου αποτελεί η δημιουργία μίας δύναμης που αναγκάζει το υπό έρευνα γεωμετρικό σχήμα να κινηθεί προς τα επάνω. Η δύναμη αυτή είναι η άνωση.

Ωστόσο, μεγάλη σημασία έχει και η γωνία μεταξύ ενός άξονα αναφοράς της αεροτομής και του νοητού άξονα της διεύθυνσης του ανέμου που βλέπει η αεροτομή. Λαμβάνοντας ως άξονα αναφοράς της αεροτομής την χορδή αυτής, η γωνία που σχηματίζεται και είναι εμφανής στο σχήμα 2.5, ονομάζεται **γωνία προσβολής** (angle of attack).

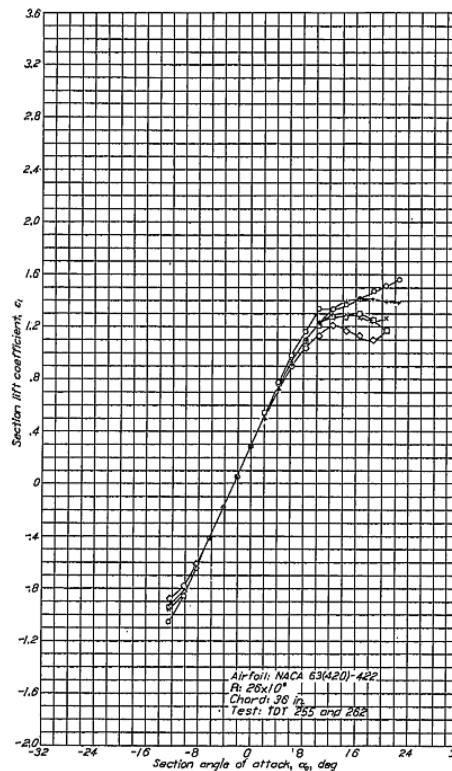


Σχήμα 3.5 Γωνίες προσβολής αεροτομών

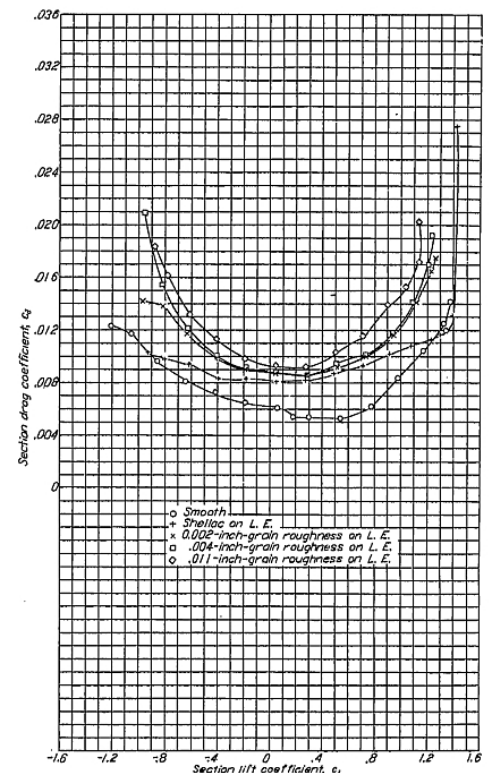
Προσδίδοντας μικρές θετικές τιμές στην γωνία προσβολής επιτυγχάνουμε τη μεγιστοποίηση του λόγου L/D της κάθε αεροτομής. Στα σχήματα 2.6 και 2.7 φαίνονται τα διαγράμματα του συντελεστή ανώσεως-γωνίας προσβολής και του συντελεστή αντίστασης-συντελεστή ανώσεως, αντίστοιχα για διάφορες τιμές της τραχύτητας της επιφάνειας.

Σε περίπτωση όμως που

η τιμή της εν λόγω γωνίας γίνει αρκετά μεγάλη (από 15° και άνω περίπου), παρατηρείται **αποκόλληση της ροής** από την αεροτομή και έντονη αύξηση της αντίστασης αυτής, σχήμα 2.8.



Σχήμα 3.6 Διάγραμμα συντελεστή ανώσεως αεροτομής



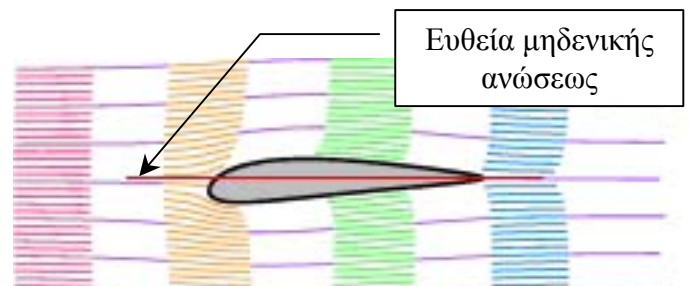
Σχήμα 3.7 Διάγραμμα συντελεστή αντίστασης- συντελεστή ανώσεως αεροτομής



Σχήμα 3.8 Αποκόλληση ροής σε αεροτομή

Ολοκληρώνοντας, αναφέρουμε ότι η αεροτομή και η θέση αυτή στο πεδίο ροής, μπορεί να χαρακτηριστεί από τρεις συντελεστές οι οποίοι είναι:

Μεταβαλλόμενης της γωνίας προσβολής μπορούμε να βρούμε μία αρνητική τιμή αυτής, όπου η κάθε αεροτομή παρουσιάζει μηδενική άνοση. Η ευθεία που διέρχεται από την αεροτομή, παράλληλα στη διεύθυνση της ροής και περνάει από το χείλος εκφυγής, ονομάζεται **ευθεία μηδενικής ανώσεως** και αποτελεί ένα ακριβέστερο αλλά όχι τόσο ευκρινή άξονα για τη μέτρηση της γωνίας προσβολής, σε σύγκριση με τη χρήση της χορδής της αεροτομής, σχήμα 2.9.



Σχήμα 3.9 Ευθεία μηδενικής ανώσεως αεροτομής

Ο συντελεστής αντίστασης:

$$C_d = D / (1/2 * \rho * V^2 * S) \quad (2.1)$$

Ο συντελεστής ανώσεως:

$$C_l = L / (1/2 * \rho * V^2 * S) \quad (2.2)$$

Ο συντελεστής ροπής

$$C_m = M / (1/2 * \rho * V^2 * S * ch) \quad (2.3)$$

Όπου:

C_d = συντελεστής αντίστασης

D = δύναμη αντίστασης

ρ = πυκνότητα του αέρα

V = ταχύτητα ρευστού

S =επιφάνεια αεροτομής που προβάλλεται στο επίπεδο χορδής

C_l = συντελεστής άνωσης

L =δύναμη άνωσης

C_m =συντελεστής ροπής

M =μέγιστη τεταγμένη της μέσης γραμμής ως ποσοστό της χορδής

ch =χορδή αεροτομής

Πτέρυγες

Τα αεροπλάνα και τα πτηνά πετούν χάρη στην αεροδυναμική ανυψώσεως (δυναμική άνωσης). Η δυναμική άνωση δημιουργείται , όταν το ρεύμα του ανέμου πέφτει επάνω στις πτέρυγες υπό κατάλληλη γωνία.

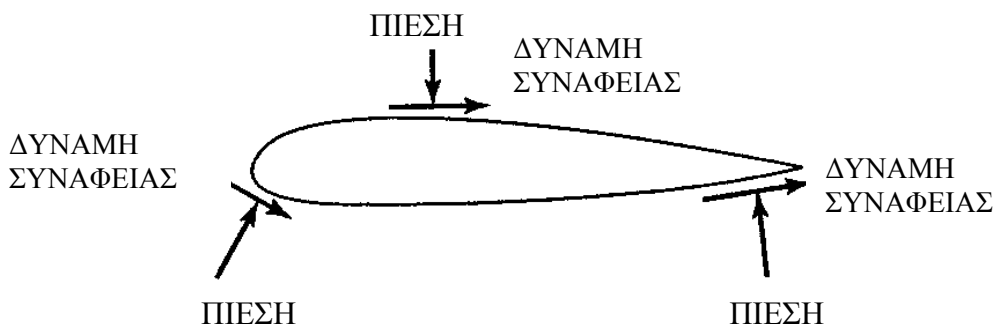
Η γωνία αυτή η οποία σχηματίζεται από την χορδή και από την διεύθυνση του ανέμου καλείται γωνία προσβολής. Η κατατομή της πτέρυγας έχει αρκετά πολύπλοκη γεωμετρία. Η κατασκευή αυτή ποικίλει ανάλογα με την ταχύτητα που θέλουν να επιτύχουν τα αεροπλάνα. Η πτέρυγα αεροπλάνου με ταχύτητα $M < 1$ έχει σχήμα ορθογωνίου τριγώνου ή ελλείψεως . οι πτέρυγες των υπερηχητικών και των ισοηχητικών αεροπλάνων έχουν σχήμα βέλους, δέλτα ή τριγώνου. Και αυτό γιατί με το σχήμα αυτό δημιουργούν ασθενέστερα κρουστικά κύματα.

Για τα αεροπλάνα μεγάλων υπερηχητικών ταχυτήτων κατασκευάζονται πτέρυγες σχήματος W, M και ορθογωνίου τριγώνου.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΕΡΟΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΦΤΕΡΩΝ

Η κίνηση του αέρα γύρω από μια λεπτή αεροτομή παράγει μεταβολές της πίεσης και της ταχύτητας μέσω του τομέα ροής. Αν και το ιξώδες είναι μια ιδιότητα των ρευστών και, επομένως, ενεργεί σε όλο τον τομέα ροής, οι δυνάμεις που προκαλούνται από το ιξώδες και ενεργούν στην αεροτομή εξαρτώνται από τις κλίσεις ταχύτητας κοντά στην επιφάνεια καθώς επίσης και από το ίδιο το ιξώδες.

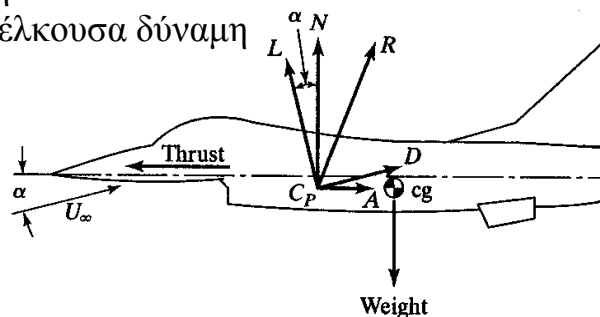
Οι κανονικές δυνάμεις (πίεσης) και οι εφαπτόμενες δυνάμεις (συνάφειας), που ενεργούν στην επιφάνεια λόγω της κίνησης του αέρα γύρω από την αεροτομή, παρουσιάζονται στο σχήμα 1. Η πίεση και οι δυνάμεις συνάφειας μπορούν να ενσωματωθούν στην επιφάνεια στην οποία ενεργούν προκειμένου να παραχθεί η επακόλουθη αεροδυναμική δύναμη (R), η οποία ενεργεί στο κέντρο πίεσης (c_p) του αεροδυναμικού τμήματος.



ΣΧΗΜΑ 3.10
Δυνάμεις συνάφειας

Η δύναμη R που συναντάται σε αεροδυναμικά σώματα (δημιουργείται λόγω πιέσεων και δυνάμεων συνάφειας στο σώμα) αναλύεται ως εξής:

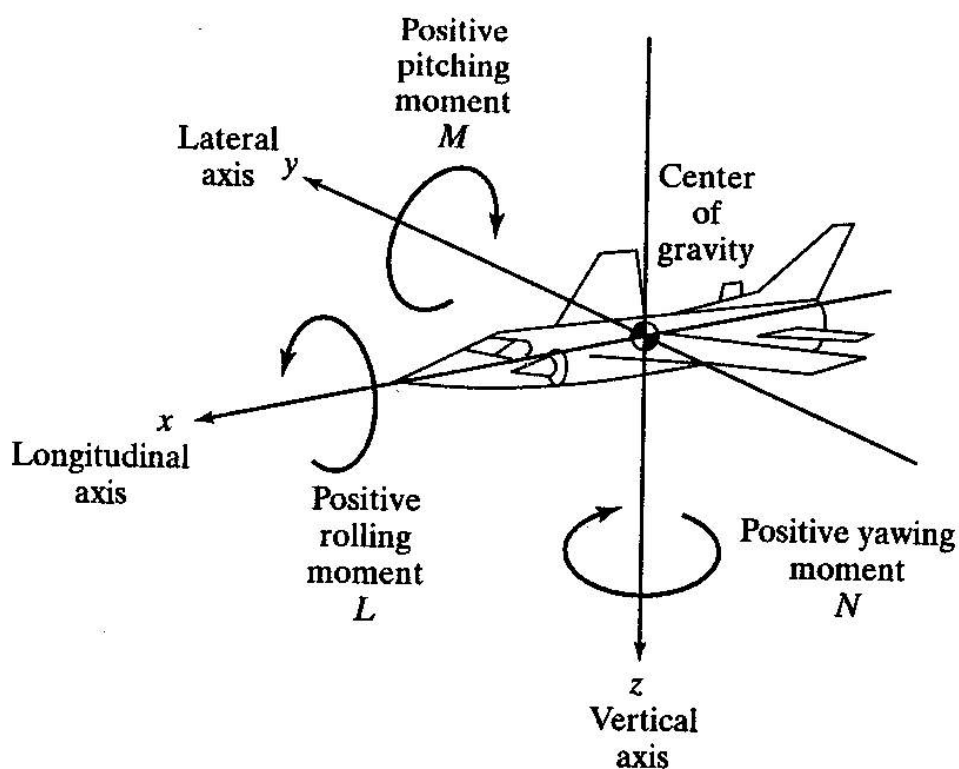
- L =άνωση
- D =οπισθέλκουσα δύναμη



ΣΧΗΜΑ 3.11
Συνιστώσες δύναμης R

Πέραν των δυνάμεων που εμφανίζονται στο κέντρο βάρους του αεροδυναμικού μας μοντέλου, την κίνηση και την ευστάθεια της αεροτομής μας επηρεάζουν και τρεις ροπές που εμφανίζονται πάνω στο σώμα από την επίδραση του αέρα. Έτσι οι ροπές αυτές είναι:

1. **Ροπή πρόνευσης (pitching moment).** Στην πρόνευση το αεροδυναμικό μοντέλο περιστρέφεται γύρω από τον εγκάρσιο άξονα .
2. **Ροπή διατοιχισμού (rolling moment).** Η ροπή για το διαμήκη άξονα της αεροτομής (ο άξονας X) είναι η ροπή διατοιχισμού. Η οποία ως αποτέλεσμα πάνω στην αεροτομή είναι να εμφανίζει κλίση προς την μια ή την άλλη πλευρά.
3. **Ροπή εκτροπής(yawing moment).** Η ροπή για τον κάθετο άξονα του αεροπλάνου (ο άξονας ζ) είναι η ροπή εκτροπής από την πορεία. Μια θετική ροπή παρέκκλισης από την πορεία τείνει να περιστραφεί η μύτη του αεροδυναμικού μοντέλου.



ΣΧΗΜΑ 3.12 Ροπές γύρω από του κύριους άξονες του αεροσκάφους

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΚΥΒΕΡΝΟΥΝ ΤΙΣ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Το μέγεθος των δυνάμεων και των ροπών που ενεργούν σε ένα όχημα εξαρτάται από τα συνδυασμένα αποτελέσματα πολλών διαφορετικών μεταβλητών. Οι προσωπικές παρατηρήσεις των αεροδυναμικών δυνάμεων που ενεργούν σε έναν βραχίονα που επεκτείνεται από ένα παράθυρο αυτοκινήτου ή σε μια σφαίρα καταδεικνύουν κατά την πτήση την επίδραση της ταχύτητας και της γεωμετρίας του σώματος. Οι παράμετροι που κυβερνούν τις αεροδυναμικές δυνάμεις και τις ροπές που εμφανίζονται είναι:

- Γεωμετρία σώματος
- Γωνία προσβολής
- Μέγεθος οχημάτων ή πρότυπη κλίμακα
- Ταχύτητα ρευστού
- Πυκνότητα του ανενόχλητου αέρα
- Mach αριθμός

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΕΡΟΤΟΜΗΣ

Η μορφή της αεροτομής είναι ένα από τα κύρια αίτια που επηρεάζουν την συμπεριφορά της πτέρυγας κοντά στην απώλεια στήριξης. Σε μερικές αεροτομές η απώλεια στήριξης συμβαίνει πολύ απότομα οπότε και η ελάττωση της άνωσης είναι σημαντική. Σε άλλες η προσέγγιση στην απώλεια στήριξης γίνεται περισσότερο βαθμιαία και η ελάττωση της άνωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. IRAH H. ABBOTT, ALBERT E. VON DOENHOFF : Theory of Wing Sections. Dover
2. EASTMAN N. JACOBS, KENNETH E. WARD, ROBERT M. PINKERTON: The Characteristics of 78 Related Airfoil Sections from Tests in the Variable-Density Wind Tunnel. Report No 460. NACA
3. EASTMAN N. JACOBS, ROBERT M. PINKERTON: Tests in the Variable-Density Wind Tunnel of Related Airfoils Having the Maximum Camber Unusually Far Forward. Report No 537. NACA
4. JOHN STACK: Tests of Airfoils Designed to Delay the Compressibility Burble. TN No 976. NACA
5. LAURENCEK LOFTIN Jr, KENNETH S. COHEN: Aerodynamic Characteristics of a Number of Modified NACA Four-Digit-Series Airfoil Sections. TN No 1591. NACA
6. EASTMAN N. JACOBS, ROBERT M. PINKERTON, HARRY GREENBERG: Tests of Related Forward-Camber Airfoils in the Variable-Density Wind Tunnel. Rep No 610. NACA
7. JOHN STACK, ALBERT E. VON DOENHOFF: Tests of 16 Related Airfoils at High Speeds. Rep No 492. NACA
8. BERTIN SMITH: Aerodynamics for Engineers 2nd Edition. Prentice Hall
9. A.C. KERMODE: Mechanics of Flight 10th Edition. Prentice Hall
10. JACK LAMBIE: Composite Construction for Homebuilt Aircraft 2nd Edition. Aviation Publishers
11. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΠΕΡΓΕΛΕΣ: Η Αεροδυναμική του Υποηχητικού Αεροσκάφους. Παπασωτηρίου

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

1. www.aerodes.com/AERODES/helico-a/pale-helicoptere.htm#aerodynamique
2. www.hq.nasa.gov
3. users.aber.ac.uk/iri/WIND/TECH/WPcourse/
4. www.planemath.com
5. www.nasg.com/afdb/insert-group.phtml
6. www.monmouth.com/~jsd/how/htm/airfoils.html

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΕΡΟΣΗΡΑΓΓΑ



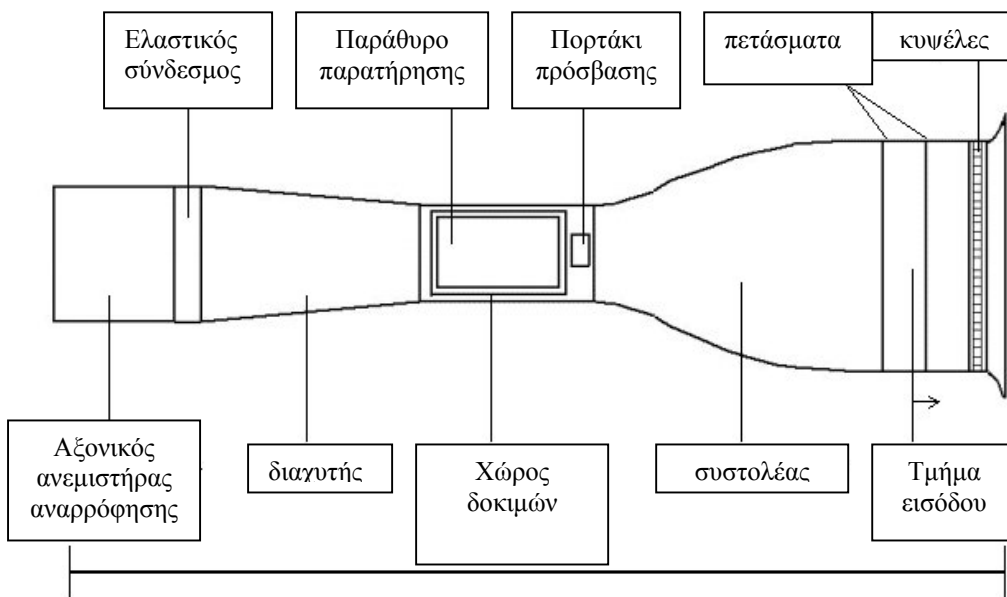
Αεροδυναμική σήραγγα

(αεροδυναμικός δοκιμαστικός σωλήνας)

ΑΕΡΟΣΗΡΑΓΓΑ είναι μια κατασκευή η οποία επιτρέπει στους ερευνητές να προσομοιώσουν τις ίδιες συνθήκες με εκείνες που θα μπορούσε να αντιμετωπίσει ένα αεροπλάνο ή οποιοδήποτε αεροδυναμικό μοντέλο.

Είναι σύνθετη εγκατάσταση μέσα στην οποία μελετώνται τα αεροδυναμικά φαινόμενα . Στην εγκατάσταση αυτή που την λειτουργία της την παρακολουθούν επιστήμονες παράγεται ρεύμα αέρος με επιθυμητές συνθήκες. Το αέριο αυτό ρεύμα ενεργεί επάνω σε μικρές πρότυπες πτητικές μηχανές (μοντέλα) αλλά και σε άλλα σώματα τα οποία φέρονται μέσα σε αυτό και συγκρατούνται σταθερά με ειδικούς συνδέσμους (π.χ. ράβδους, σχοινιά κ.λ.π.)

Οι σύνδεσμοι μεταδίδουν τις δυνάμεις που πρέπει να υπολογισθούν σε ειδικούς ζυγούς , τους λεγόμενους αεροδυναμικούς ζυγούς.



Σχέδιο 4.1 τμήματα αεροδυναμικής σήραγγας

Όταν το αεροδυναμικό μοντέλο τοποθετείται μέσα στο χώρο δοκιμών (test section), το μοντέλο αυτό καλύπτεται με αισθητήρια που μπορούν να μετρούν την αντίδραση των μοντέλων. Τα αισθητήρια αυτά έχουν την ικανότητα να μετρούν τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο αεροδυναμικό μοντέλο όπως επίσης και το κέντρο βάρους του προς μέτρηση αντικειμένου.

Οι αεροσήραγγες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε :

- Ανοικτού τύπου (open return)
- Κλειστού τύπου (closed return)

Επίσης πολλές φορές συναντάμε αεροσήραγγες εξειδικευμένης χρήσης (κρυογονικές ,μεταβλητής πίεσης κ.α.)ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας που πραγματοποιείται στον εκάστοτε χώρο.

Η αεροσήραγγα στην οποία θα επικεντρωθούμε είναι ανοικτού τύπου. Ας προχωρήσουμε σε μια μικρή αλλά εκτενή περιγραφή των τμημάτων από τα οποία αποτελείται

Η αεροδυναμική σήραγγα είναι η βάση κάθε εργαστηρίου που ασχολείται με αεροδυναμικά θέματα, έχει σκοπό την παραγωγή ομαλού ρεύματος ή φλέβας αέρα της αναγκαίας ταχύτητας, μέσα στο οποίο στερεώνεται το μελετώμενο δοκίμιο ή μοντέλο (ομοίωμα σε κλίμακα πτέρυγας, άλλου σώματος , ολόκληρου αεροσκάφους κ.λ.π.). με κατάλληλες μανομετρικές διατάξεις μελετάται η διανομή των πιέσεων και η ροή γύρω από το σώμα ,ερευνάται το οριακό στρώμα κ.λ.π. στις μετρήσεις μέσα στην αεροδυναμική σήραγγα και καταγραφές τους εφαρμόζονται σε αυξημένη κλίμακα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

Οι πρώτες σήραγγες που επινοήθηκαν είναι οι ανοικτού τύπου, όπου το ρεύμα αέρα αφού περάσει από το δοκίμιο, διασκορπίζεται στον περιβάλλοντα χώρο. Εξάλλου , οι σήραγγες αυτές λειτουργούν με αναρρόφηση του αέρα δηλ. έχουν τον ανεμιστήρα τοποθετημένο υπήνεμα του χώρου δοκιμών.

Ένα είδος σήραγγας του παραπάνω τύπου, χαρακτηριζόμενο από μόνιμα ανοικτό τμήμα δοκιμών (που περιβάλλεται από ένα μικρό στεγανό δωμάτιο) είναι αυτό που οφείλεται στον Eiffel (1909. Το άλλο είδος , όπου το τμήμα δοκιμών είναι κλειστό , δηλ. αποτελεί μέρος του αγωγού που συνδέει τον συλλέκτη με τον διάχυτη , είναι ο τύπος NRL (1910) που συχνά περιβάλλεται από ορθογώνιο κτίριο μεγάλων διαστάσεων.

Ενώ εξακολουθούν να κατασκευάζονται και να χρησιμοποιούνται σήραγγες ανοικτού κυκλώματος σε σχετικά μικρά μεγέθη και κυρίως για εκπαιδευτικούς λόγους , η σημερινή ερευνητική υποηχητική

αεροσήραγγα είναι τύπου κλειστού κυκλώματος ή με επιστροφή, με κλειστή ή συχνότερα μ' ανοιχτή διατομή, με βάση την αρχική ιδέα του Prandtl (1909) η οποία υλοποιήθηκε στο γερμανικό πολυτεχνείο του Gottingen.

Στη σήραγγα αυτή επίγειος ή υπόγειος αγωγός μεγάλης διατομής καθοδηγεί και επαναφέρει το ρεύμα του αέρα από την εξαγωγή του ανεμιστήρα πάλι στον συλλέκτη μέσα από τον διαστολέα. Στις 4 γωνίες του αγωγού, όπου ο αέρας κάνει καμπή 90° υπάρχουν κατάλληλα πτερύγια και πίσω από τον ανεμιστήρα ευθυντές για την αποφυγή δινών και τύρβωσης της φλέβας αέρα δοκιμών.

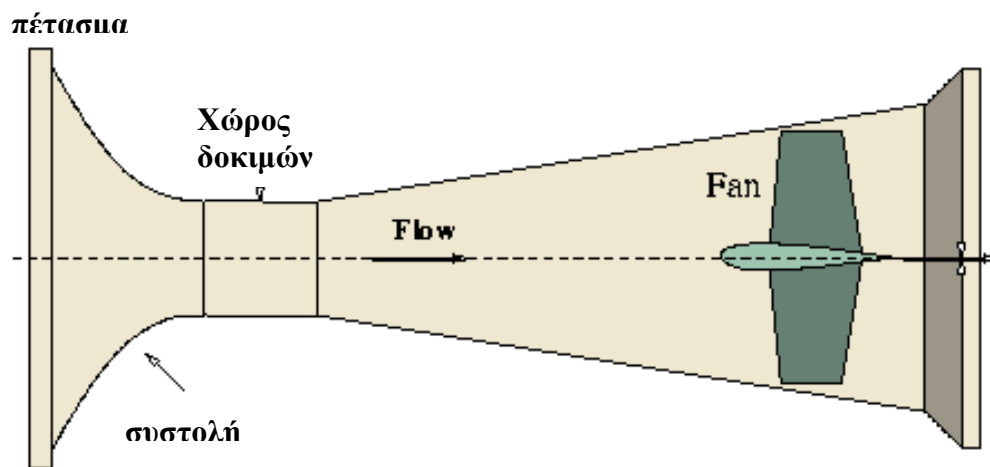
Ενώ στην σήραγγα ανοικτού κυκλώματος έχουμε συνεχή ολική απώλεια της ενέργειας του ρεύματος την οποία του έδωσε το συγκρότημα ανεμιστήρα- ηλεκτροκινητήρα, στην σήραγγα με επιστροφή το συγκρότημα αυτό μόνο συμπληρώνει το μέρος της κινητικής ενέργειας του ρεύματος που μετατράπηκε σε θερμότητα εξαιτίας τριβών του πάνω στα τοιχώματα του αγωγού. Όμως η διαφορά δαπάνης ενέργειας ανάμεσα στις δύο αυτές αρχές δεν είναι σημαντική γιατί στην περίπτωση του κλειστού κυκλώματος οι τριβές είναι πολύ σοβαρές. Επιπλέον, τα έξοδα αγοράς (ή κατασκευής), εγκατάστασης και απόσβεσης της σήραγγας κλειστού κυκλώματος είναι πολύ μεγαλύτερα από εκείνα του ανοικτού κυκλώματος.

Ωστόσο υπάρχει και περαιτέρω ταξινόμηση:

- Υποηχητικές (80% της ταχύτητας του ήχου)
- Ηχητικές (περίπου στην ταχύτητα του ήχου)
- Υπερηχητικές (πάνω από 6 φορές την ταχύτητα του ήχου)
- Υπερταχύτητας (πάνω από 92 φορές την ταχύτητα του ήχου)

Είδη Αεροσήραγγων

1) Ανοικτού Τύπου

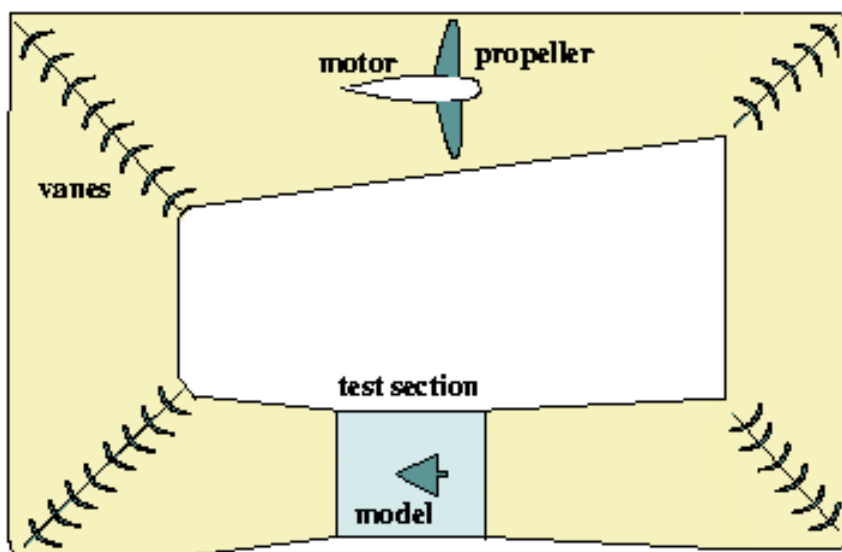


Σχήμα 4.2 Αεροσήραγγα

Τα τμήματα στα οποία διαιρείται η αεροσήραγγα ανοικτού τύπου είναι:

- Συλλέκτης
- Κυψέλες
- Τμήμα δοκιμών
- Διαχύτης
- Ανεμιστήρας
- Ηλεκτροκινητήρας

2) Κλειστού Τύπου

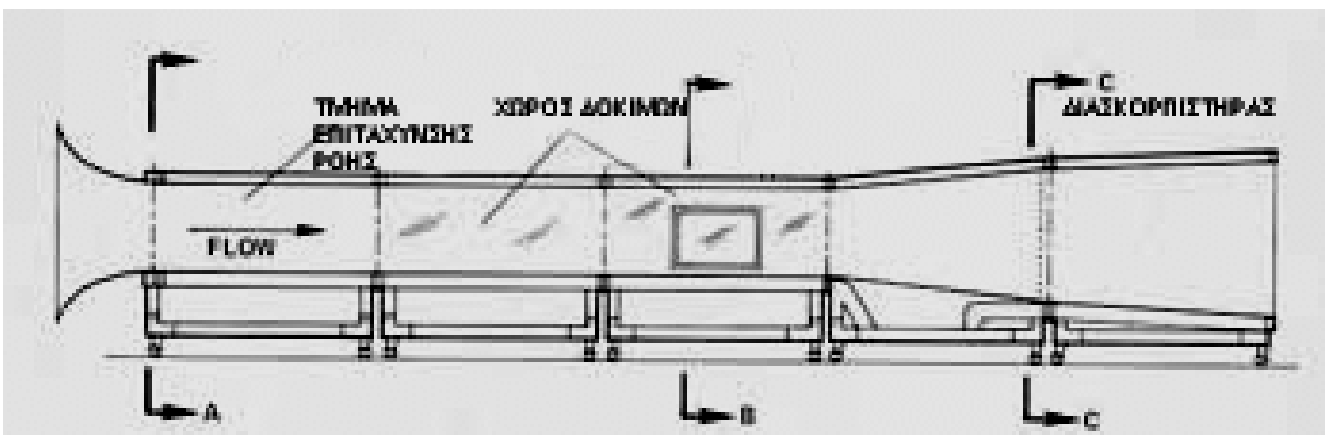


Σχήμα 4.3 Αεροσήραγγα κλειστού

Τα τμήματα στα οποία διαιρείται η αεροσήραγγα κλειστού τύπου είναι:

- Συλλέκτης
- Κυψέλες
- Διαχύτης
- Ανεμιστήρας
- Ηλεκτροκινητήρας
- Χώρος δοκιμών
- Πτερύγια καμπής
- Ευθυντές

ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΕΡΟΣΗΡΑΓΓΑΣ (ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ)



Σχήμα 4.4 Αεροσήραγγα ανοικτού τύπου

Η σήραγγα αέρα περιέχει τρία κύρια μέρη:

- Τον συστολέα (συγκλίνον ακροφύσιο)
- Το τμήμα δοκιμής
- Και τον διαχυτή (αποκλίνον ακροφύσιο)

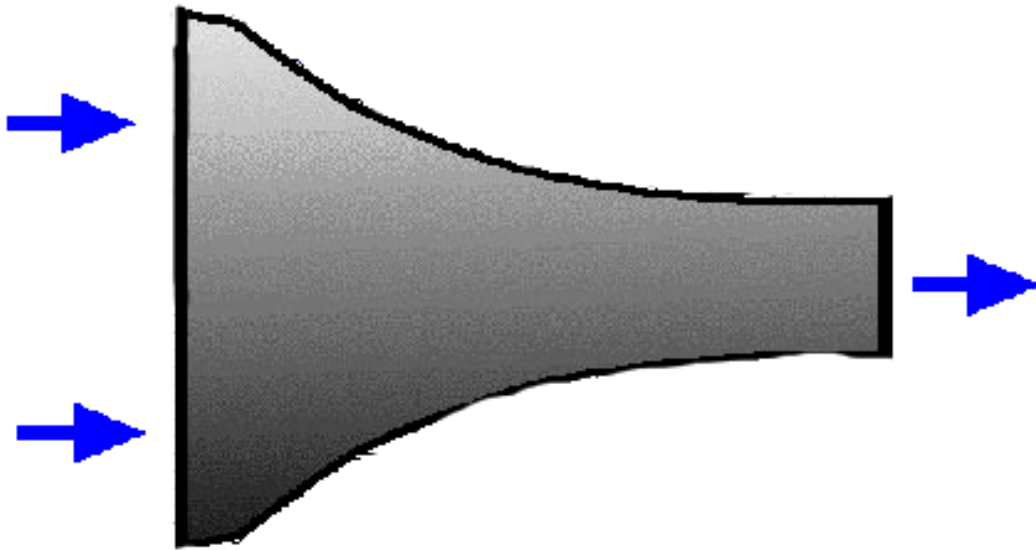
Αν θέλουμε να κάνουμε μια αναλυτικότερη περιγραφή των τμημάτων μιας αεροσήραγγας τότε έχουμε

- A. ΚΩΝΟΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ
- B. ΤΜΗΜΑ ΔΟΚΙΜΗΣ
- C. ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΧΥΤΩΝ
- D. ΤΜΗΜΑ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ
- E. ΜΗΧΑΝΗ

Ε. ΕΝΟΡΓΑΝΩΣΗ (όπου ενοργάνωση περιλαμβάνει τους μετατροπείς πίεσης)

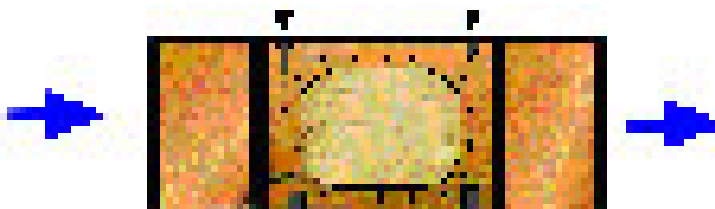
ΤΜΗΜΑ 1 (ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ-ΣΥΓΚΛΙΝΟΝ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ)

Είναι ένας συστολικός κώδωνας που προκαλεί ελαστική ροή και αποτρέπει την τυρβώδη ροή.



Σχήμα 4.5 Συγκλίνον ακροφύσιο

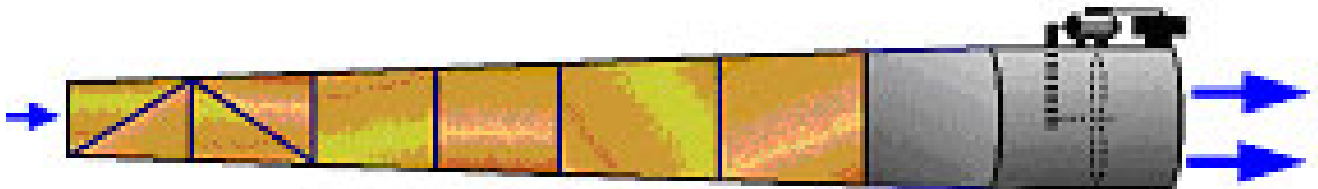
ΤΜΗΜΑ 2 (ΧΩΡΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ)



Σχήμα 4.6 Χώρος δοκιμών

Το τμήμα δοκιμής συνήθως κατασκευάζεται από κόντρα πλακέ με παράθυρα εξέτασης από plexiglass

ΤΜΗΜΑ3 (ΔΙΑΧΥΤΗΣ- ΑΠΟΚΛΙΝΩΝ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ)



Σχήμα 4.7 Διαχυτής

Είναι το τμήμα αυτό κατά το οποίο πέφτει η ταχύτητα του αέρα ώστε να εξέλθει ομαλότερα από την αεροσήραγγα και να γίνει ένα με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Χαμηλής ταχύτητας αεροσήραγγες

Χρησιμοποιούνται για πολύ μικρό αριθμό Mach με ταχύτητες στο χώρο δοκιμών πάνω από 400Km/h ($M=0,3$) είναι ή ανοικτού τύπου ή επιστρεφόμενης ροής. Ο αέρας κινείται με ένα προωθητικό σύστημα το οποίο είναι φτιαγμένο από αξονικούς ανεμιστήρες, οι οποίοι αυξάνουν τη δυναμική πίεση για να υπερνικήσουμε (υπερβούμε) τις απώλειες λόγω ιξώδους.

Στις αρχές του 17^{ου} αιώνα οι σχεδιαστές αεροπλάνων θεώρησαν ότι για να φτιάξουν ένα αεροπλάνο που θα μπορούσε να πετάξει, αρκούσε μόνο να καταλάβουν πως ο αέρας μετακινούσε προς τα πάνω τις αεροδυναμικές επιφάνειες. Αν και παρατήρησαν τα πουλιά και προσπάθησαν να προσομοιώσουν τις πτήσεις των αεροπλάνων με αυτές των πουλιών δυστυχώς απέτυχαν.

Το πέταγμα των πουλιών δεν παρείχε τις πληροφορίες που χρειαζόνταν. Έτσι κατάλαβαν ότι για να πάρουν τις απαραίτητες πληροφορίες είχαν δυο επιλογές:

- Μπορούσαν να κινούν τα δοκιμαστικά αεροπλάνα τους σε επιθυμητή ταχύτητα ή να προσάγουν αέρα σε ένα στατικό μοντέλο.
- Η να προσομοιώσουν πτήσεις σε κατασκευές που ονομάζονται αεροσήραγγες

Ο πρώτος που ασχολήθηκε με το σχεδιασμό μιας αεροσήραγγας ήταν ο Frank H. Wenham ένας αυτοδίδακτος Βρετανός Μηχανικός του οποίου τα ενδιαφέροντα άγγιζαν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Ένα μέλος της αεροναυτικής κοινωνίας της Μεγάλης Βρετανίας έπεισε τον οργανισμό να καλύψει τις οικονομικές ανάγκες για την κατασκευή μιας αεροσήραγγας. Κι έτσι η πρώτη κατασκευάστηκε το 1871.

Είχε μήκος 3,7 μέτρα και επιφάνεια 45,7 τετραγωνικά εκατοστά. Η μέγιστη ταχύτητα που μπορούσε να αναπτύξει ο αέρας ήταν 64,4 χιλιόμετρα ανά ώρα.

Επιτυχημένες εξίσου προσπάθειες για την κατασκευή αεροσηράγγων έκαναν ο Hiram Maxim το 1894, ο Horatio Philips το 1880, ο Gustave Eiffel και τέλος οι αδερφοί Wright που με την χρήση της αεροσήραγγας κατάφεραν να κατασκευάσουν με επιτυχία την πρώτη ιπτάμενη μηχανή

Επιγραμματικά αναφέρουμε τα ονόματα όλων αυτών που ανέπτυξαν την αεροδυναμική

- Ισαάκ Νεύτων
- Λεονάρντο Νταβίντσι
- Γαλιλαίος
- Χούγκενς
- Σαν Βενάν
- Μπ. Ρίμαν και Λουδ
- Πράντλ
- Τσαπλυγκιν
- Στοντολ
- Ρεϊνολτς
- Μαγιέυσκι
- Κ. Λαβάλ
- Ντανιέλ Μπερνούλι
- Ντ. Άλαμπερ
- κ.α



Σχήμα 4.8 Leonardo da Vinci



Σχήμα 4.9 sir George Cayley

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. WIND TUNNELS OF NASA: Baals, Donald & Corliss, William R.
2. TECHNICAL MEMORANDUMS, NATIONAL ADVISORY COMMITTEE FOR AERONAUTICS: C. Wieselsberger
3. THE SCIENCE OF FLIGHT: Maxwell Air force Base
4. AERODYNAMICS : Wind tunnel Design W.J. Maybury

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

5. www.windpower.org
6. www.boeing.com



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

LOAD CELL

Στη διάταξη μας για την μέτρηση των αεροδυναμικών φορτίων που εφαρμόζονται στην αεροτομή χρησιμοποιούμε αισθητήρια τα οποία είναι ικανά να λάβουν ελάχιστες παραμορφώσεις και μπορούν να τις μεταφράσουν σε συγκρίσιμη έξοδο (τάση).

Τα αισθητήρια αυτά ονομάζονται load cells ή με τον ελληνικό όρο «δυναμοκυψέλες». Η αρχή λειτουργίας των δυναμοκυψελών βασίζεται στην δύναμη που προκαλεί παραμόρφωση. Πάνω στις δυναμοκυψέλες στηρίζεται μια γέφυρα από strain-gauges, δηλαδή ένα λεπτό μεταλλικό αγωγό.

Όταν ασκήσουμε δύναμη το strain-gauge παραμορφώνεται ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλεται το μήκος του μεταλλικού αγωγού και η αντίστασή του. Κατά την μεταβολή της αντίστασης εμφανίζεται τάση εξόδου.

Οι αισθητήρες που μετρούν δύναμη και επιτάχυνση είναι οι πιο διαδεδομένοι και βασίζονται στην αντίδραση των πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων.

Είναι ένα από τα σημαντικότερα τμήματα της μελέτης μας καθώς σε κάθε πλευρά στήριξης του αεροδυναμικού μοντέλου τοποθετούνται τρία load cells που το κάθε ένα λαμβάνει διαφορετική παραμόρφωση και «μεταφράζεται» η έξοδος του κάθε ενός ως η μία από τις τρεις δυνάμεις που ασκεί ο αέρας στο υπό εξέταση μοντέλο μέσα στο χώρο δοκιμών της αεροσήραγγας μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ :σημειώσεις εργαστηρίου Βλησίδα Α.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

2. www.industryservice.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΛΕΤΗ



ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ ΙΔΕΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο σκοπός της πτυχιακής εργασίας αυτής είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός μέτρησης φορτίων, το οποίο προορίζεται για το πεδίο δοκιμών μιας αεροσήραγγας οπότε θα πρέπει να καταλήξουμε μέσω μιας μεθόδου στον βέλτιστο σχεδιασμό της διάταξης αυτής (πληρώντας συγκεκριμένες προδιαγραφές).

Το σύστημα μέτρησης των δυνάμεων και των ροπών έχει βαθμιαία μορφοποιηθεί σε τρεις διαφορετικούς θεμελιακούς τύπους που ο καθένας έχει κάποια προτερήματα σε σχέση με τους άλλους.

Ανάλογα με τον τρόπο στήριξης στην κάθε περίπτωση, ονομάζονται και ανάλογα.

Έτσι οι τρεις τύποι αυτοί είναι :

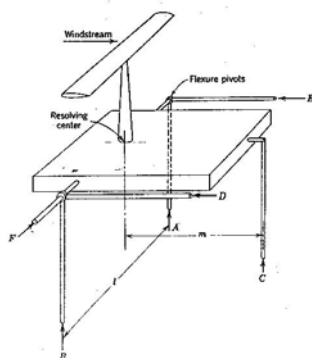


FIGURE 4.5. Platform balance.

A) PLATFORM (πλατφόρμα)

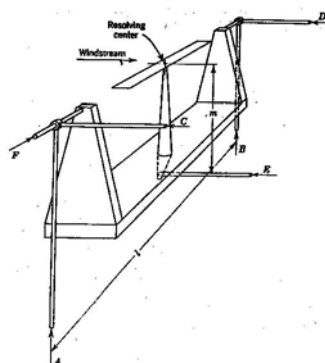


FIGURE 4.6. Yoke balance.

B) YOKE (ζευκτήρας)

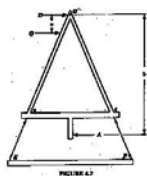
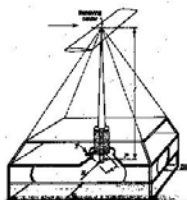


FIGURE 4.7

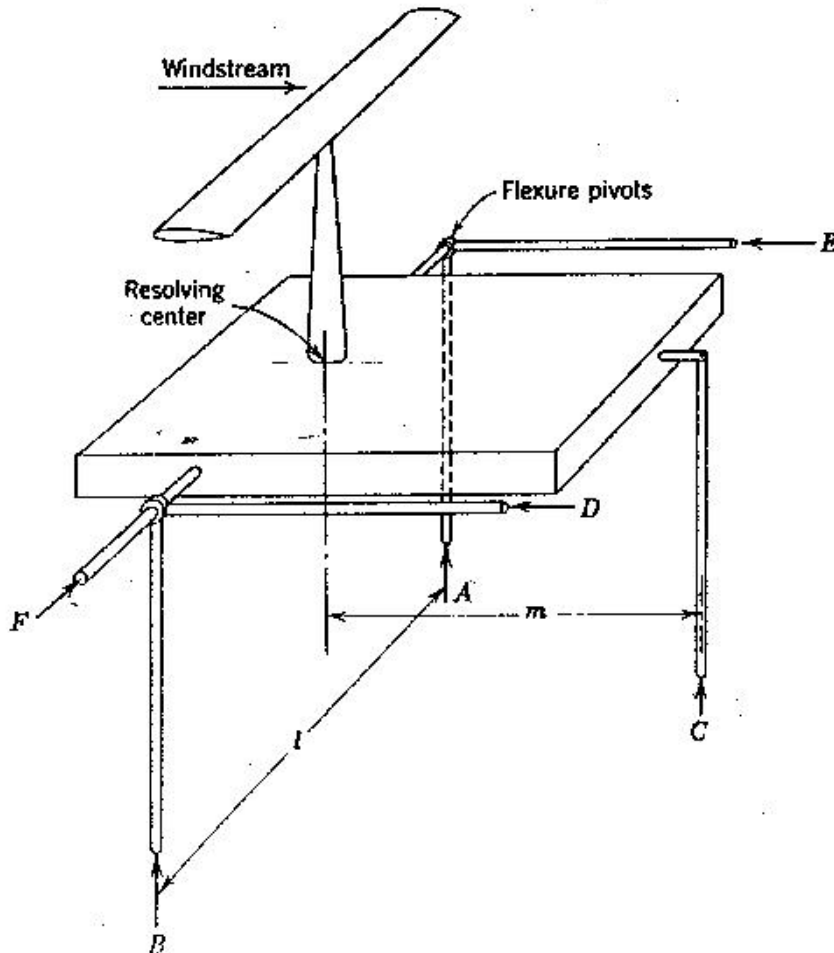


Γ) PYRAMIDAL (πυραμιδικό)

A) PLATFORM (πλατφόρμα)

Το σύστημα στήριξης με πλατφόρμα χρησιμοποιεί τρία ή τέσσερα πόδια που στηρίζουν το κύριο πλαίσιο.

Για τον τύπο αυτό με τα τρία στηρίγματα, οι δυνάμεις και οι ροπές είναι:



Σχήμα 6.1 Πλατφόρμα

Τρόπος μέτρησης δυνάμεων σε διατάξεις τύπου πλατφόρμας

- Lift (άνωση) = $-(A+B+C)$
- Drag (οπισθέλκουσα) = $D+E$
- Side force (πλευρική δύναμη) = $-F$
- Rolling moment (ροπή διατοιχισμού) = $(A+B)(1/2)$
- Yawing moment (ροπή εκτροπής) = $(E-D)(1/2)$
- Pitching moment (ροπή πρόνευσης) = $C \times m$

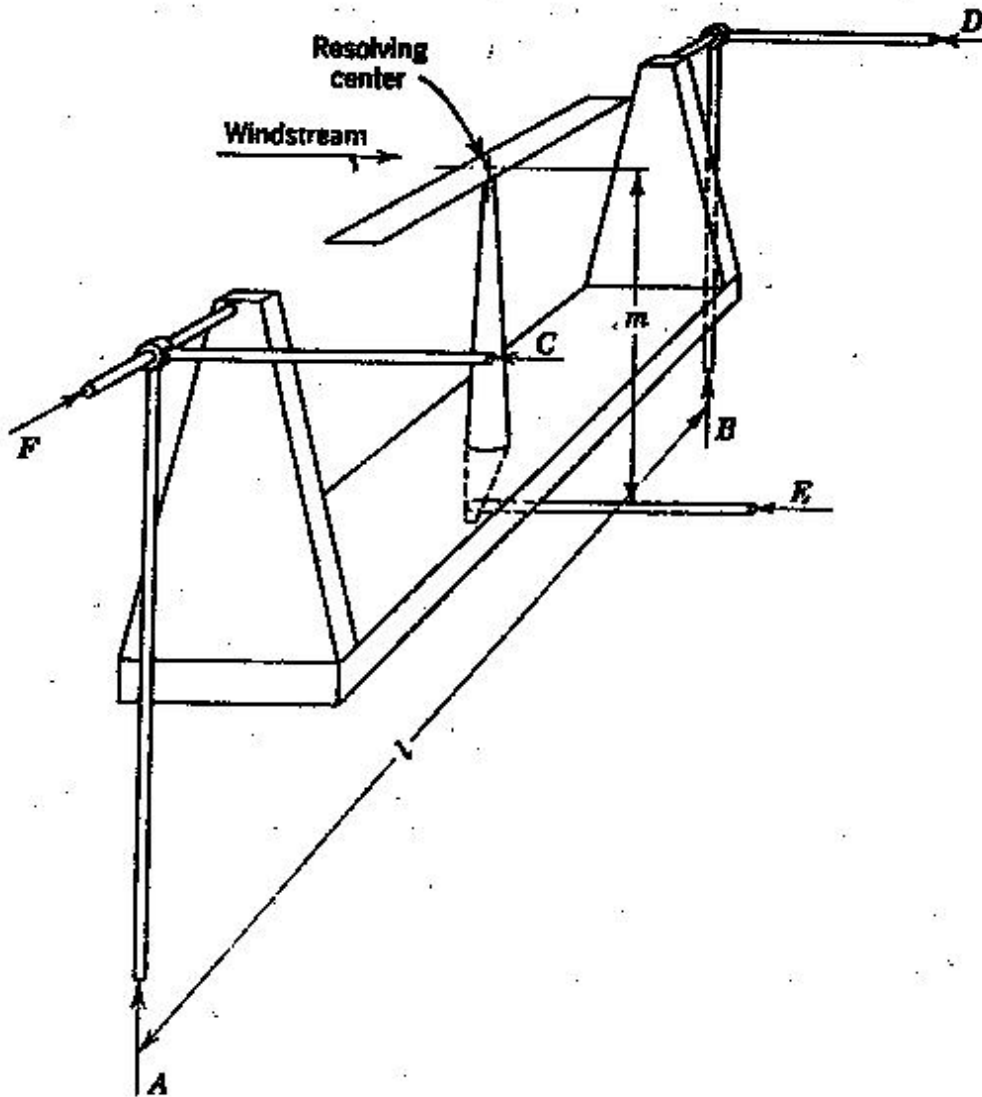
Η μέθοδος στήριξης με πλατφόρμα για την μέτρηση των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύσσονται στο μοντέλο μας είναι ευρέως διαδεδομένο. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά κατασκευής της είναι πως ο βαθμός δυσκολίας της κατασκευής αυτής είναι πολύ μικρός καθώς το μόνο που χρειάζεται είναι ένα ορθογωνικό καλοφτιαγμένο πλαίσιο., Σίγουρα όμως έχει και τα μειονεκτήματά της σαν κατασκευή.

- i. Οι ροπές εμφανίζονται ως μικρές διαφορές των μεγάλων δυνάμεων, αυτό την χαρακτηρίζει ως μια κακή διάταξη.
- ii. Το σημείο λήψης των δυνάμεων δεν βρίσκεται πάνω στο μοντέλο και έτσι η ροπή πρόνευσης πρέπει να μεταφερθεί
- iii. Η άνωση και η πλευρική δύναμη συγγέονται σαν μετρήσεις με τις ροπές διατοιχισμού και πρόνευσης, το σφάλμα των μετρήσεων αυτών πρέπει να αφαιρεθεί.

B) YOKE (ζευκτήρας)

Το σύστημα στήριξης YOKE (ζευκτήρας) έχει ένα προτέρημα σε σχέση με τη μέθοδο πλατφόρμας. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ότι οι ροπές εφαρμόζονται και μετρώνται πάνω στο μοντέλο και δεν χρειάζεται να μεταφερθούν, όπως στην πρώτη περίπτωση. Παρόλα αυτά το κατασκευαστικό σχέδιο αυτής της μεθόδου οδηγεί σε μεγαλύτερου όγκου δομή, μιας και το πλαίσιο που λαμβάνει τις δυνάμεις πρέπει να προεκταθεί και έξω από τον χώρο δοκιμών, με σκοπό οι δυο άνω βραχίονες στήριξης να τοποθετηθούν στην κατάλληλη θέση. Πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι οι τελικές δυνάμεις πρέπει να αθροιστούν:

- Η οπισθέλκουσα είναι η σύνθεση τριών δυνάμεων
- Και η άνωση είναι το άθροισμα δύο.



Σχήμα 6.2 Ζευκτήρας

Έτσι οι δυνάμεις και οι ροπές είναι:

Τρόπος μέτρησης δυνάμεων σε διατάξεις τύπου YOKE

- Lift (άνωση) = $-(A+B)$
- Drag (οπισθέλκουσα) = $C+D+E$
- Side force (πλευρική δύναμη) = $-F$
- Rolling moment (ροπή διατοιχισμού) = $(B-A)(l/2)$
- Yawing moment (ροπή εκτροπής) = $-E \times m$
- Pitching moment (ροπή πρόνευσης) = $(D - C)(l/2)$

Γ) PYRAMIDAL (πυραμιδικό)

Η χρήση των δυο παραπάνω μεθόδων δημιούργησε πολλά παράπονα . Όλα τα προβλήματα που ενέκυψαν με την χρήση της μεθόδου platform και yoke λύθηκαν με την πυραμιδική μέθοδο.

Όπως σε κάθε περίπτωση , έτσι και σε αυτή δεν γινόταν να μην προκύψουν προβλήματα.

Τα προτερήματα αυτής της διάταξης είναι;

- Με την μέθοδο αυτή μετράμε τις ροπές στο κέντρο επίλυσης του συστήματος
- Οι έξι συνιστώσες είναι πλήρως διαχωρισμένες μεταξύ τους και μπορούμε απευθείας να διαβάσουμε όποια από τις 6 μετρήσεις θέλουμε.
- Δεν χρειάζονται επιπρόσθετες συνιστώσες να προστεθούν , να αφαιρεθούν ή να πολλαπλασιαστούν.

Το μεγάλο μειονέκτημα της κατασκευής αυτής είναι :

- Αποτελεί την δυσκολότερη σε κατασκευή διάταξη και αυτό δυσκολεύει και τον τρόπο μείωσης του σφάλματος κατά τις μετρήσεις.

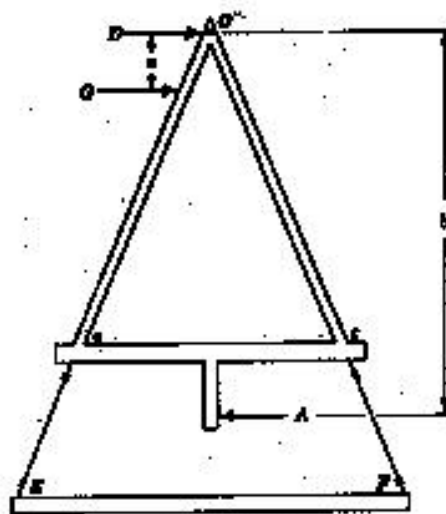
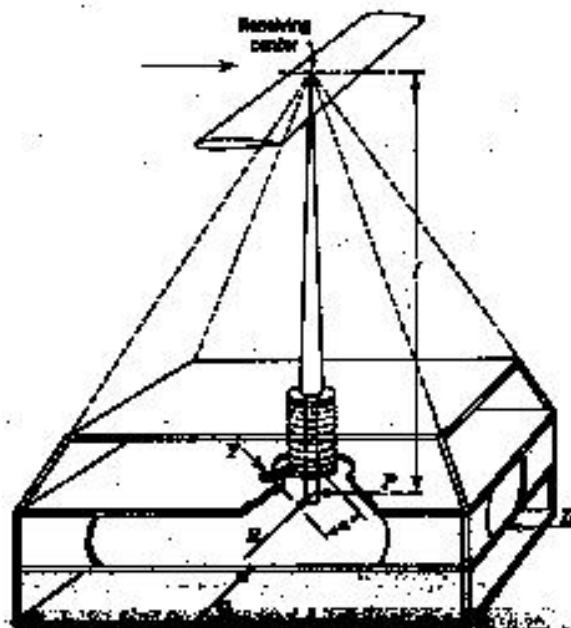


FIGURE 4.7



Σχήμα 6.3 Πυραμδικό

Μέσω του συστήματος αυτού οι δυνάμεις και οι ροπές είναι:

Τρόπος μέτρησης δυνάμεων σε διατάξεις τύπου πυραμίδας

- **Lift (άνωση)** = το συνολικό βάρος που λαμβάνεται στο κατώτερο τραπέζι που στηρίζεται η όλη κατασκευή.
- **Drag (οπισθέλκουσα)** = D

- Side force (πλευρική δύναμη) = -C
- Rolling moment (ροπή διατοιχισμού) = -P x f
- Yawing moment (ροπή εκτροπής) = R x f
- Pitching moment (ροπή πρόνευσης) = Y x a

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ : (πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα)

A) PLATFORM (πλατφόρμα)

- + Είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη
- + Εύκολη στην κατασκευή
- Το κέντρο ισορροπίας δεν είναι στο μοντέλο και πρέπει να μεταφερθεί στο σημείο αναφοράς του συστήματος

B) YOKE (ζευκτήρας)

- + Σε σχέση με την πρώτη μέθοδο το σημείο μετρήσεως βρίσκεται πάνω στο μοντέλο.
- Η κατασκευή είναι μεγάλη

Γ) PYRAMIDAL (πυραμιδικό)

- + Το κέντρο λήψης μετρήσεων είναι πολύ εύκολο να βρεθεί
- + Οι 6 συνιστώσες είναι διακριτές και οι μετρήσεις τους είναι εύκολο να ληφθούν.
- + Δεν χρειάζονται πρόσθετες κατασκευές.
- Δύσκολο στην κατασκευή και στη βαθμονόμηση
- Ο τρόπος αντίδρασης της πυραμίδας είναι πολλές φορές μη υπολογίσιμος.

Οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρεί η δική μας κατασκευή είναι:

- ΕΥΚΟΛΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
- ΜΗ ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΒΑΘΜΟΝΩΜΗΣΗ
- ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
- ΕΥΧΡΗΣΤΟ
- ΧΑΜΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ
- ΜΙΚΡΟ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
- ΟΧΙ ΠΟΛΛΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
- ΕΥΚΟΛΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Έτσι «μετρώντας» τα υπέρ και τα κατά της κάθε μεθόδου παραπάνω έχουμε:

Προδιαγραφές Είδη στήριξης	Εύκολη κατασκευή	Καλιμπράρισμα	Σωστή Μέτρηση	Κόστος	Ευκολία χρήσης	Μέγεθος κατασκευής	Χρήση πρόσθετων	Συντήρηση	ΣΥΝΟΛΟ
Platform balance	3	3	1	3	3	3	0	3	19
Yoke balance	1	1	2	1	2	1	2	2	12
Pyramidal balance	0	0	3	0	1	1	3	1	9

Όπου :

3: +++ (άριστη λύση)

2: ++ (καλή λύση)

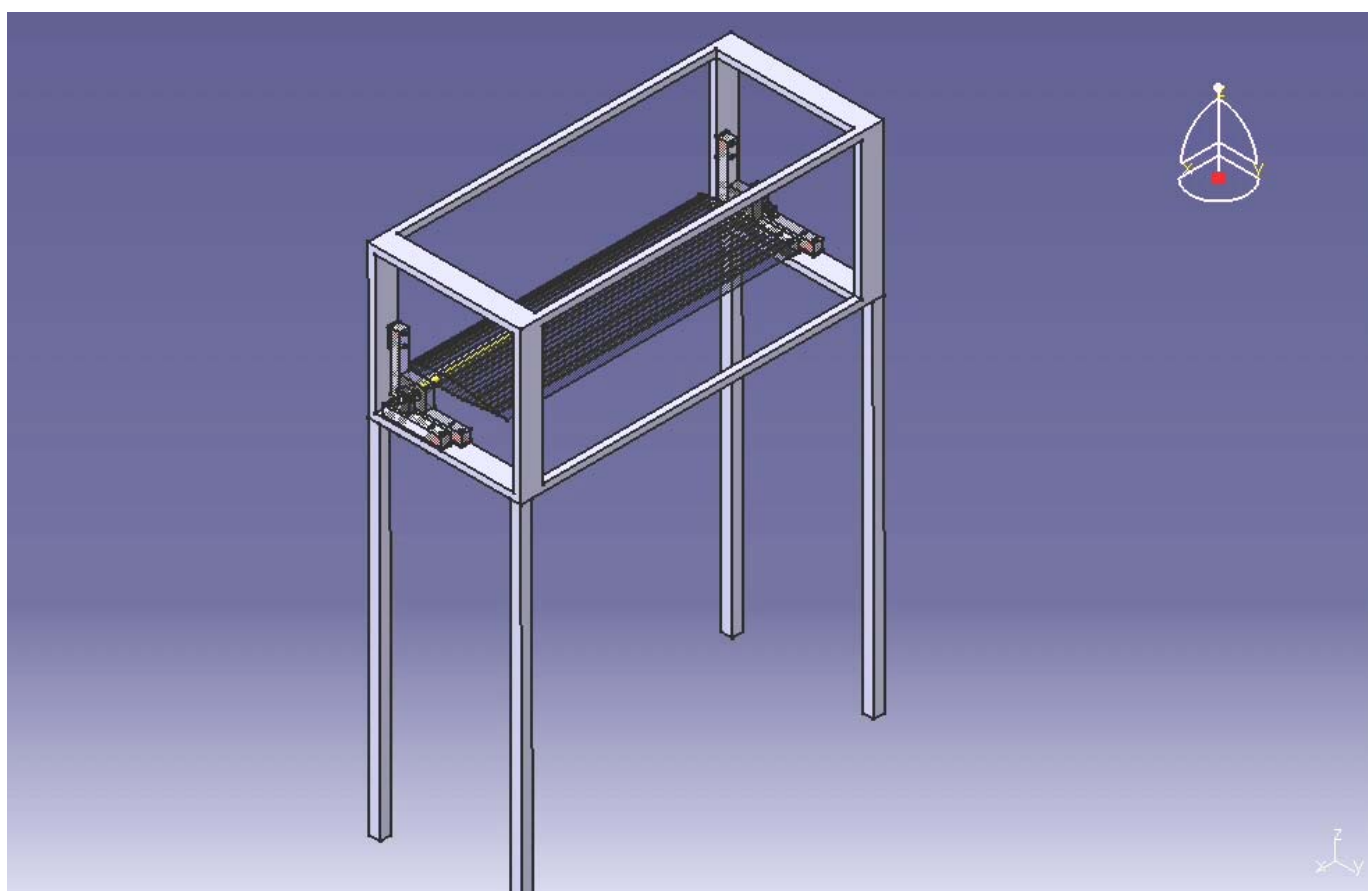
1: + (μέτρια λύση)

0: - (απαράδεκτη λύση)

Από τον πίνακα αξιολόγησης προκύπτει ότι η καλύτερη λύση είναι η χρήση της διάταξης πλατφόρμας. Το πρόβλημα όμως που ανακύπτει είναι ο τρόπος που θα λυθεί η μεταφορά των δυνάμεων με σωστό τρόπο στα μετρητικά συστήματα και η αποφυγή σφαλμάτων.

Η μορφή και ο τρόπος σκέψης μέχρι την τελική απόφαση άλλαξε πολλές φορές.

Το τελικό σχέδιο αποτελεί μια μείξη της πρώτης και της δεύτερης μεθόδου και η μορφή της με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος **Catia** είναι η εξής:



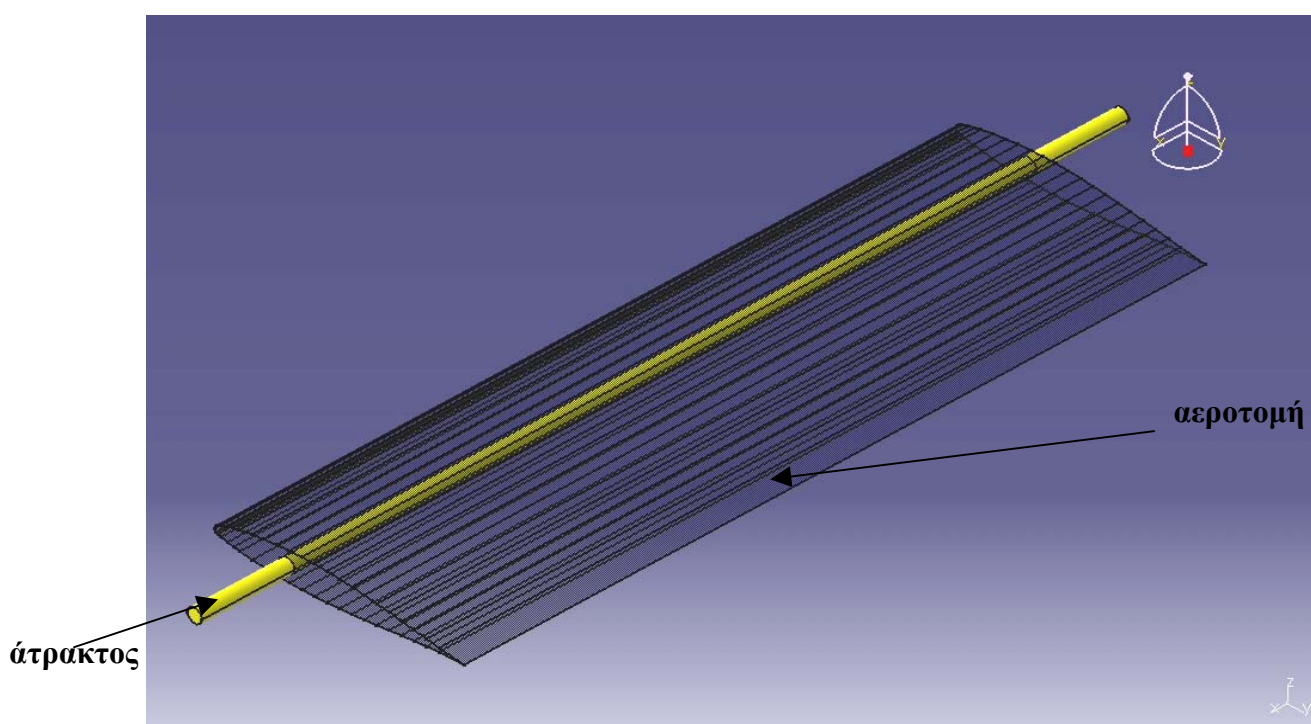
Σχήμα 6.4 Διάταξη μέτρησης
αεροδυναμικών φορτίων

Το σύστημα του σχήματος έχει ως αρχή λειτουργίας την δημιουργία δύο βάσεων που στηρίζονται έξω από τον χώρο δοκιμών και πάνω σε αυτές αμφιπλεύρως είναι πακτωμένες οι δυναμοκυψέλες (load cells), τρεις σε κάθε βάση που μας επιτρέπουν να μετρούμε τις δύο δυνάμεις, οπισθέλκουσα και άνωση και την μία ροπή (ροπή στρέψης).

Κάθε ένα από τα εξαρτήματα της διάταξης είναι κατασκευασμένα με τις ανάλογες προδιαγραφές και οι περαιτέρω λεπτομέρειες για το κάθε αντικείμενο φαίνονται στα συνημμένα σχέδια.

Περιγραφή βέλτιστης λύσης

Μία άτρακτος διαπερνά εγκάρσια την αεροτομή που πρόκειται να μετρηθεί. Η σύνδεση μεταξύ τους είναι μια πάκτωση που αναγκάζει την αεροτομή με τον άξονα να συμπεριφέρονται σαν ένα σώμα και να μην εμφανίζεται καμία σχετική κίνηση μεταξύ τους.

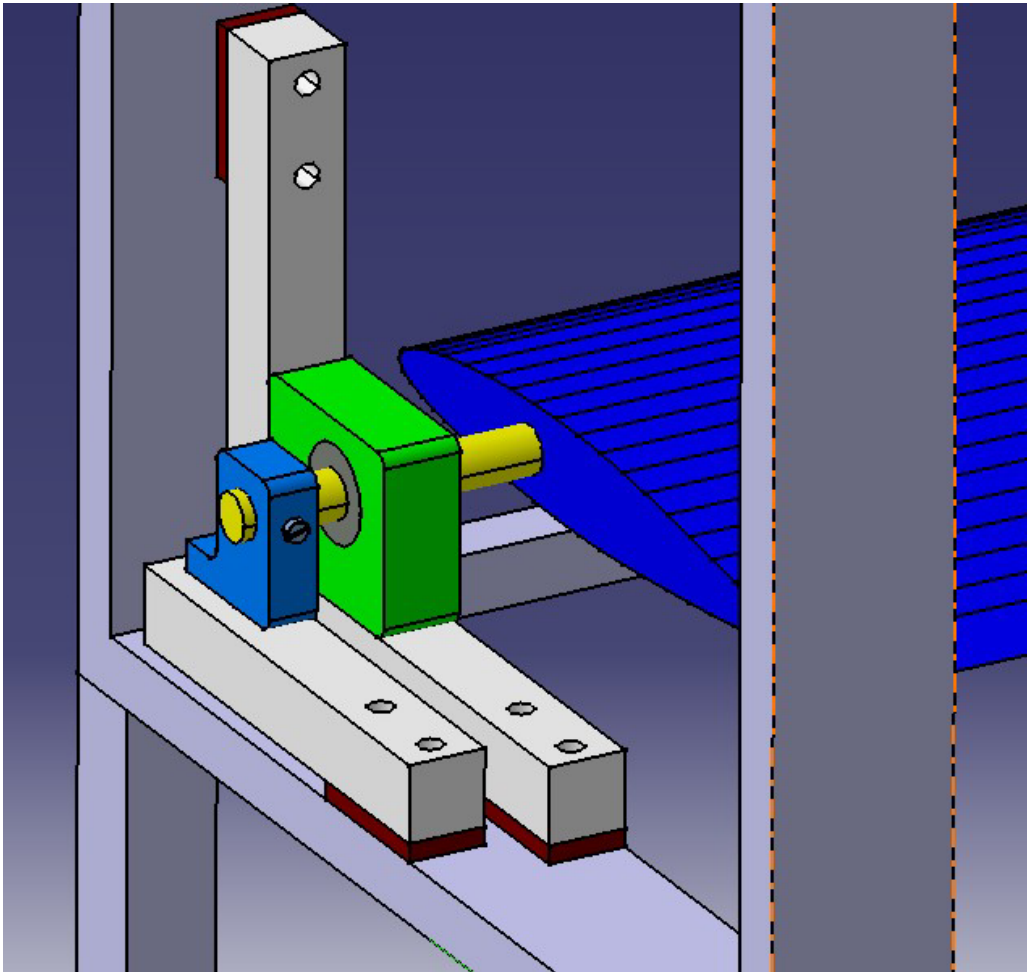


Σχήμα6.5 Αεροτομή και Άτρακτος

Το μήκος της αεροτομής που χρησιμοποιούμε για την μελέτη μας είναι 400 mm μιας και ο χώρος δοκιμών έχει αυτή την διάσταση και οι διαστάσεις του άξονα είναι : 500mm μήκος και διάμετρος 8mm.

Ο άξονας είναι μεγαλύτερος σε μήκος από ότι η αεροτομή (μοντέλο), που προσδένεται πάνω σε αυτόν για το λόγο ότι πάνω στον άξονα θα τοποθετηθούν και αλλά εξαρτήματα τα οποία βοηθούν στην στήριξη της κατασκευής αυτής πάνω σε μια διάταξη (πλαίσιο) έξω από τον χώρο του πεδίου δοκιμών της αεροσήραγγας, όπου είναι πακτωμένα και τα αισθητήρια δύναμης (load cells) τα οποία θα μας δώσουν τιμές για τις δυνάμεις και τις ροπές που επενεργούν πάνω στο μοντέλο μας .

Αναλυτικά ,στα δυο άκρα του άξονα μας τοποθετούνται αμφίπλευρα τα εξής :



Σχήμα 6.6 Διάταξη μετρήσεως των δυνάμεων και των ροπών

- μοχλοβραχίονας μετάδοσης της περιστροφικής κίνησης που εξαναγκάζεται να κάνει το μοντέλο υπό την επίδραση του ρεύματος αέρα μέσα στο χώρο δοκιμών.

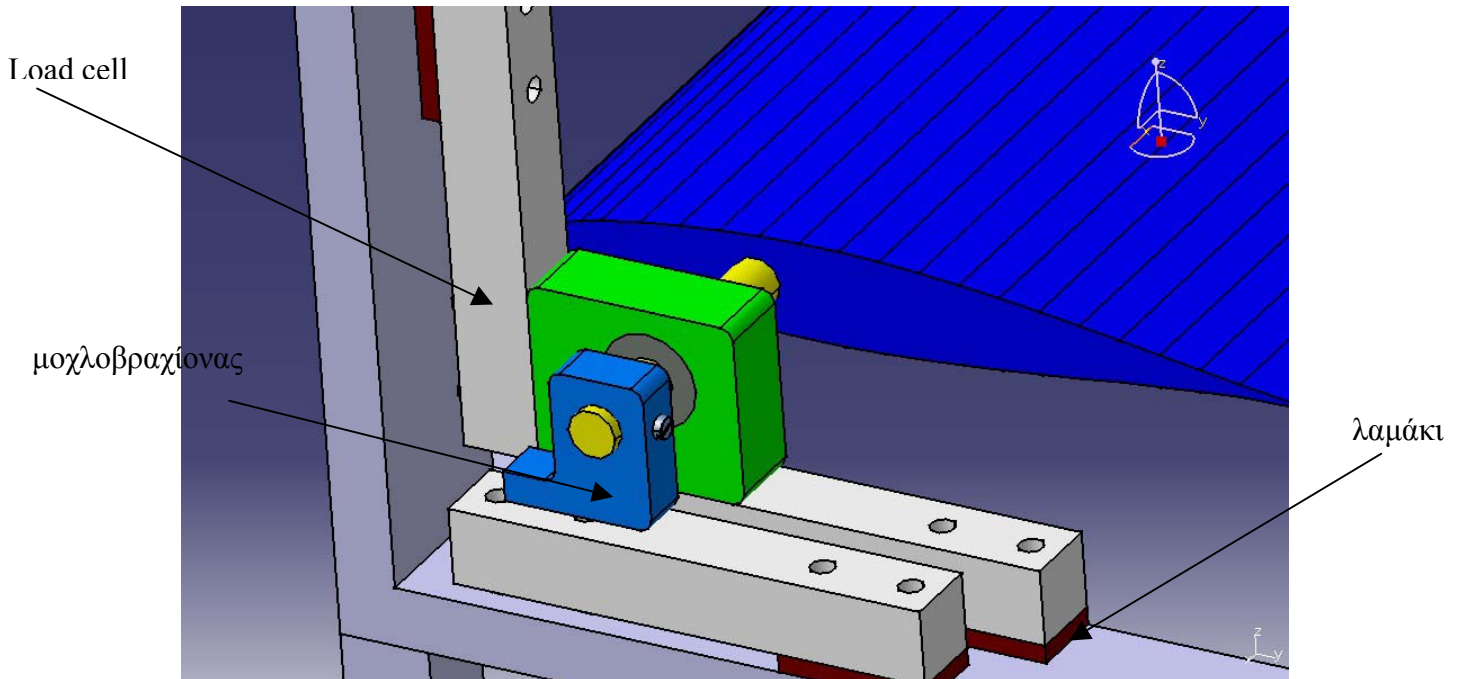
Ο βραχίονας αυτός είναι πακτωμένος στον άξονα που φέρει την αεροτομή. Η διαμόρφωση του εξαρτήματος αυτού με μορφή βραχίονα έγινε για τον λόγο ότι μια τέτοια μορφοποίηση μας δίνει την δυνατότητα λήψης της ροπής και μετατροπής της σε δύναμη.

Στο κάτω μέρος του βραχίονα εμφανίζεται μια σφαίρα που μας προσφέρει σημειακή επαφή με τον αισθητήρα μας (load cell). Η έξοδος που θα μας δώσει αυτό το αισθητήριο επί το μήκος του μοχλοβραχίονα, θα είναι το μέτρο της ροπής εκτροπής (pitching moment).

Μια σημαντική λεπτομέρεια που πρέπει να αναφερθεί για την κατασκευή μας είναι ότι η επιλογή μιας τέτοιας διάταξης μας

περιορίζει στο να μελετάμε δισδιάστατα το μοντέλο μας. Η αρχική μας όμως ανάγκη ήταν η μελέτη και ο σχεδιασμός μιας διάταξης μετρήσεως φορτίων με μοντέλα που θα περιορίζονται στον χώρο των αεροτομών. Οι αεροτομές σαν κατασκευές αποτελούν δισδιάστατα αντικείμενα οπότε η λογική που ακολουθήθηκε αποτελεί την καλλίτερη προσέγγιση των αναγκών μας.

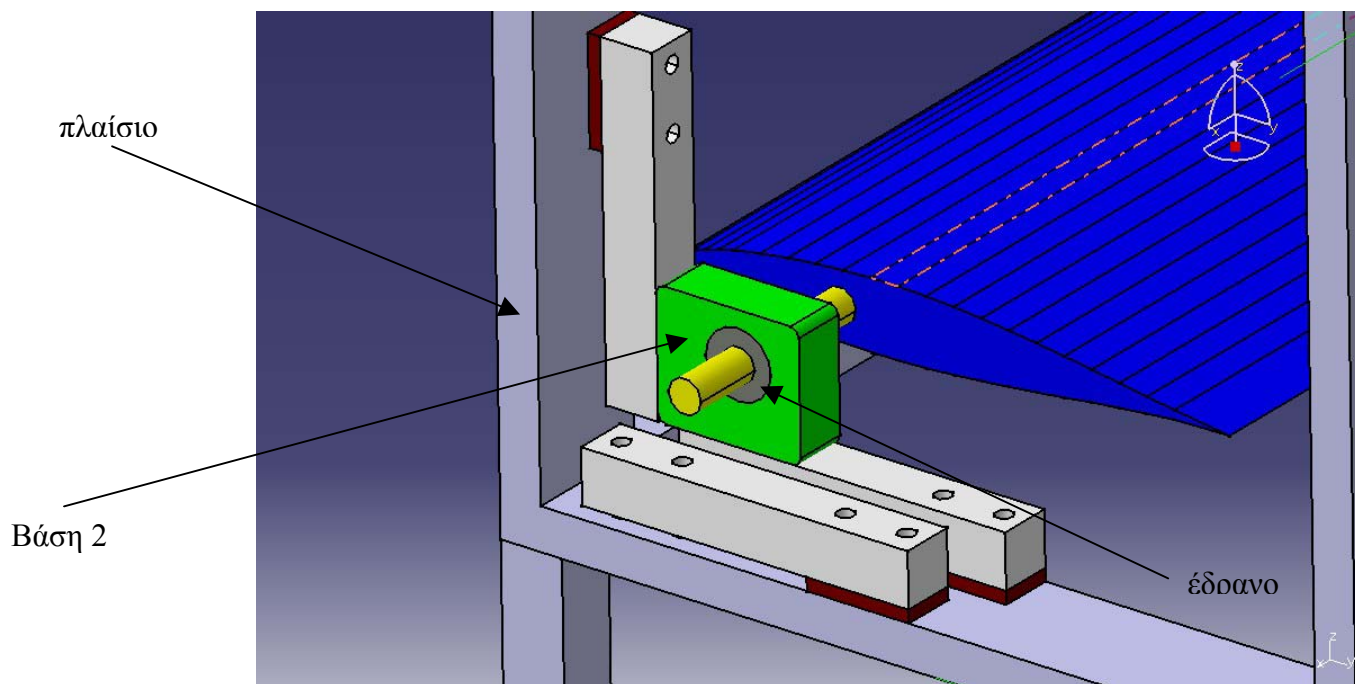
Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιούμε τρία load cell αντιδιαμετρικά του άξονα όπου :



Σχήμα 6.7 Εξαρτήματα μέτρησης των φορτίων

- Το ζεύγος κάθετα στον άξονα $χχ'$ που έρχεται σε σημειακή επαφή με την βάση μετάδοσης περιστροφικής κίνησης (βάση 1) μας δίνει το μέτρο της ροπής εκτροπής (pitching moment).
- Το ζεύγος κάθετα στον άξονα $χχ'$ που είναι πακτωμένο με την κατασκευή(βάση 2) πίσω από την βάση 1 μας δίνει το μέτρο της άνωσης

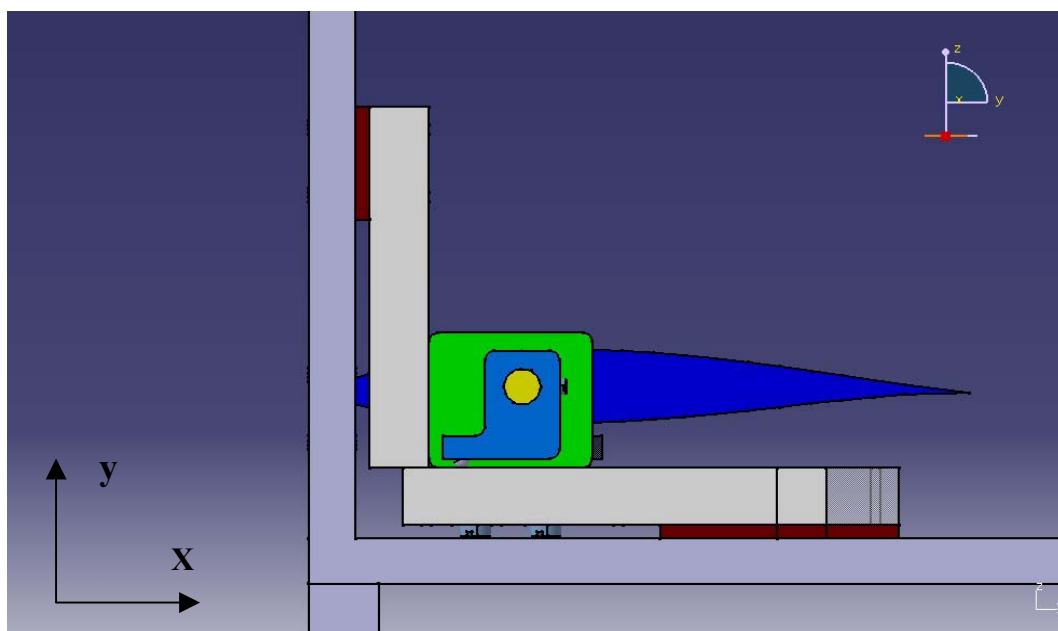
Η βάση αυτή (βάση 2) είναι μια απλή κατασκευή αλλά και πάνω στο αισθητήριο εξασφαλίζοντας έτσι την απόλυτη μετάδοση της κίνησης παραμορφώνοντας το αισθητήριο δίνοντας μας την επιθυμητή έξοδο (μέτρο της άνωσης).



Σχήμα 6.8 Εξαρτήματα μέτρησης των φορτίων

Η κατασκευή αυτή είναι έτσι διαμορφωμένη ώστε να εμφανίζει μια εσωτερική διαβάθμιση που μας βοηθά να τοποθετείται σωστά και σταθερά το έδρανο μας. Η χρήση του εδράνου μεταξύ βραχίονα και άξονα δίνει την δυνατότητα στην διάταξη μας να λαμβάνει χωρίς δυσκολία την ροπή (και να μην παρουσιάζεται καμιά δυσκολία ή αντίσταση κατά την κίνηση αυτή).

- Το ζεύγος κάθετα στον άξονα yy' που είναι πακτωμένο με την κατασκευή (βάση 2) πίσω από την βάση 1 μας δίνει το μέτρο της οπισθέλκουσας δύναμης.



Σχήμα 6.9 Πλάγια όψη διάταξης

Και τα τρία ζεύγη αισθητηρίων είναι πακτωμένα στο πλαίσιο στήριξης της όλης διάταξης. Το πλαίσιο αυτό βρίσκεται εκτός του χώρου έκτασης της αεροσήραγγας και ακολουθεί τις αρχές του YOKE balance, στοιχεία του οποίου παραθέσαμε πιο πάνω.

Οι δυναμοκυψέλες (load cell) που χρησιμοποιήσαμε είναι τύπου DF2S-5/DF2S-3 (αμφιπλεύρως καμπτώμενη δοκός) των οποίων τα τεχνικά χαρακτηριστικά είναι:



DF2S-5

Ονομαστικό φορτίο :	1kg
Κατηγορία ακρίβειας:	0,05%
Υλικό :	αλουμίνιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Μετά την Μετά την μελέτη της διάταξης υπολογίσαμε το κόστος κατασκευής της και έτσι έχουμε τον παρακάτω αναλυτικό πίνακα:

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΤΑΞΗΣ			
A/A	Χαρακτηριστικά	Ποσότητα	Κόστος (ΕΥΡΩ)
ΑΤΡΑΚΤΟΣ	μήκους 500mm & διαμέτρου 8mm από ανοξείδωτο χάλυβα	1	5
ΒΑΣΗ 2	Αλουμίνιο	2	2
ΜΟΧΛΟΒΡΑΧΙΟΝΑΣ	ανοξείδωτος χάλυβας	2	2
ΕΔΡΑΝΑ	τύπου 6Χ8Χ8	2	20
ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΙΡΙΞΗΣ	μεταλλική κατασκευή (St 37)	1	50
ΛΑΜΑΚΙ	ανοξείδωτος χάλυβας	6	1
ΚΟΧΛΙΕΣ	τύπου M4Χ14 8.8	4	6
	τύπου M4Χ25 8.8	21	10
Δυναμοκυψέλες	DF2S-5 (HBM)	6	2400
Μπίλιες	ανοξείδωτος χάλυβας	2	1
	Σύνολο Υλικών		2497
	Εργατοώρες	8	30
	Συνολικό κόστος		2527

Πίνακας 7.1 Αναλυτικό κόστος κατασκευής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΘΕΜΑΤΟΣ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας αυτής είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός συστήματος μέτρησης φορτίων, το οποίο προορίζεται για το πεδίο δοκιμών μιας αεροσήραγγας. Για το βέλτιστο αποτέλεσμα αναγκαία είναι η εκτενής αναφορά βασικών αρχών και κανόνων στις οποίες θα βασιστούμε για την ορθή μελέτη της εργασίας μας, έτσι παρατίθενται βασικές έννοιες των ρευστών, της αεροδυναμικής και πιο εξειδικευμένα των αεροτομών και των αεροσηράγγων. Το τελικό και σπουδαιότερο κομμάτι της αναφοράς αυτής αποτελεί τη βασική ιδέα δημιουργίας μιας τέτοιας διάταξης, ποιες προδιαγραφές πληρεί και ποιες πια τα χαρακτηριστικά που εμφανίζει.

ABSTRACT

The subject of this work is to find a way in order to construct a device which can give us results for the rate of the forces applied on a model been into a test section of a wind tunnel. In order to have the best answer to our problem, we firstly need to have a global aspect to basic concepts and methods. For this reason we firstly mention some general designations on fluid mechanics and aerodynamics and especially on the subject of airfoils and wind tunnels. The last chapter of our review has major meaning to our essay, as it covers our need to find the best way to construct the aerodynamical layout. This can also give you the best answer the abilities and the technical characteristics of this device.