



Διπλωματική εργασία με τίτλο:

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ Μ.Ε.Α.

Σχεδιασμός, ανάλυση, βελτιστοποίηση και κατασκευή από σύνθετα υλικά της δομικής μονάδας της πτέρυγας

**Εκπόνηση:** Μπαμπαλούκας Κωνσταντίνος, 1026810, **Επίβλεψη:** Κωστόπουλος Βασίλειος, Καθηγητής

Οκτώβριος 2020

**Σκοπός εργασίας :** Η εργασία έχει ως αντικείμενο τον δομικό σχεδιασμό και τη κατασκευή πτέρυγας μη επανδρωμένου αεροσκάφους από σύνθετα υλικά με βασικό στόχο τη μείωση του βάρους. Οι προδιαγραφές του αεροσκάφους ορίζονται στα πλαίσια του διαγωνισμού Air Cargo Challenge. Με χρήση των οκτέσεων μηχανικής πτήσης εξάγονται οι βασικές διαστάσεις. Στη συνέχεια αναπτύσσεται σε περιβάλλον MATLAB, κώδικας υπολογισμού της δυσκαμψίας της πτέρυγας, των τοπικών παραμορφώσεων και των δεικτών αστοχίας καταλήγοντας στην τελική διάταξη των στρώσεων της κύριας δοκού. Σε επόμενο στάδιο αντλώντας στοιχεία από τη βιβλιογραφία αναπτύσσονται δύο μέθοδοι κατασκευής της πτέρυγας και παρουσιάζονται οι παραγόμενες δοκοί.

**Προκαταρκτικός σχεδιασμός:** Ο σχεδιασμός της πτέρυγας γίνεται με γνώμονα την εκπλήρωση των κριτηρίων:

- ταχύτητας απώλειας στήριξης

$$\left(\frac{W}{S}\right) = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{L_{\max}}$$

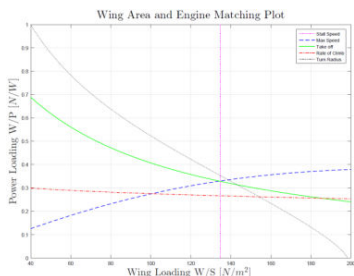
- μέγιστης ταχύτητας

$$\left(\frac{W}{P}\right)_{v_{\max}} = \frac{\eta_p}{\frac{1}{2} V_{\max}^3 C_{D_0} \left(\frac{1}{S}\right) + \frac{2K}{\rho V_{\max}} \left(\frac{W}{S}\right)}$$

- μήκος διαδρόμου απογείωσης

$$\left(\frac{W}{P}\right)_{s_{to}} = \frac{\eta_p}{V_{to}} \frac{1 - \exp\left(0.6 \rho g C_{D_0} S_{to} \frac{1}{(W/S)}\right)}{\mu - \left(\mu + \frac{C_{D_0}}{C_{L_k}}\right) \exp\left(0.6 \rho g C_{D_0} S_{to} \frac{1}{(W/S)}\right)}$$

- Η ταυτόχρονη εκπλήρωση των κριτηρίων αποτυπώνεται στο διάγραμμα επιδόσεων



- Εκπέτασμα πτέρυγας 4,3m,  $S_{\text{wing}} = 1.29\text{m}^2$
- Μέγιστο βάρος απογείωσης 14kg
- Στόχος για κατασκευή πτέρυγας ελαφρύτερης των 2,2kg

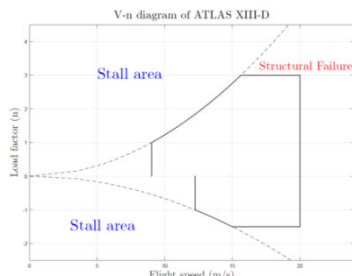
- ταχύτητας ανόδου

$$\left(\frac{W}{P}\right)_{ROC} = \frac{ROC}{\eta_p} \frac{1}{\rho \sqrt{\frac{2}{3 C_{D_0}} \left(\frac{W}{S}\right) \frac{1.155}{(L/D)_{\max} \eta_p}}}$$

- ελάχιστης ακτίνας στροφής

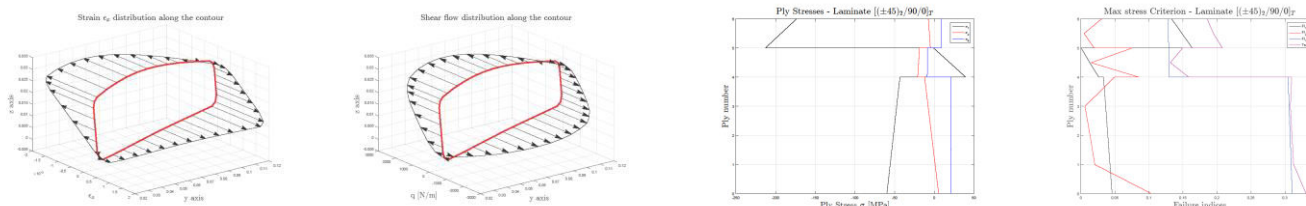
$$\left(\frac{W}{P}\right) = 2 \frac{\eta_p}{\rho} \frac{W/S}{C_{D_0} + C_{L_{\max}^2}} \left[ \left( \frac{1}{2} \frac{\rho C_{L_{\max}}}{W/S} \right)^2 - \left( \frac{1}{R_g} \right)^2 \right]^{3/4}$$

- Αποτύπωση φακέλου πτήσης βάσει των κανονισμών ασφαλείας του διαγωνισμού για δομική ακεραιότητα σε συνθήκες φόρτισης +2.5g

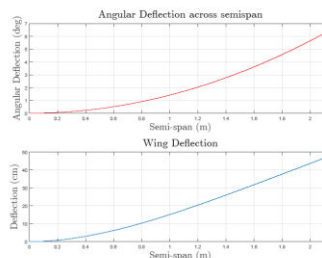


- Ανάπτυξη κώδικα ανάλυσης λεπτότοιχων μονοκυψελικών διατομών από σύνθετα υλικά χρησιμοποιώντας τη κλασσική θεωρία πολύστρωτων πλακών.

- Υπολογισμός φορτίων στην κρίσιμη διατομή, στη ρίζα του φτερού. Διαγράμματα παραμορφώσεων και διατμητικής ροής λόγω διατμητικής δύναμης. Εύρεση τάσεων στα σημεία μέγιστης φόρτισης και εφαρμογή των κριτηρίων αστοχίας: μέγιστης τάσης, μέγιστης παραμόρφωσης, Tsai Hill για διαστρωμάτωση  $[(\pm 45)_2/90/0]_T$ .

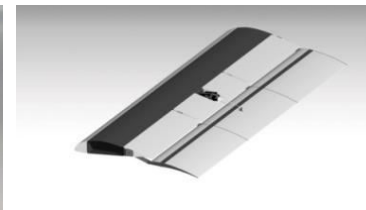
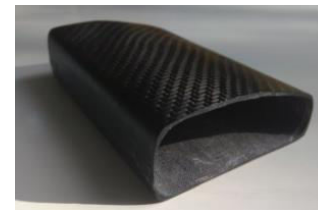


- Εκτίμηση μετατοπίσεων και συστροφής πτέρυγας για διαφορετικά lay up.



| Lay up                                      | GJ <sub>R</sub> (Pa m <sup>2</sup> ) | EI (Nm <sup>2</sup> ) | Deflection (cm) | Twist (deg) |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|
| [0 <sub>4</sub> ]                           | 337                                  | 2.214                 | 20,7            | 18.6°       |
| [0/90] <sub>s</sub>                         | 337                                  | 1.209                 | 38              | 18.6°       |
| [±45/90/0] <sub>T</sub>                     | 565                                  | 851                   | 53,9            | 11,11°      |
| <b>[(±45)<sub>2</sub>/90/0]<sub>T</sub></b> | <b>961</b>                           | <b>953</b>            | <b>48,1</b>     | <b>6,5°</b> |

**Κατασκευή δομικής μονάδας:** Κατά την εκπόνηση της εργασίας αναπτύχθηκε μέθοδος κατασκευής κλειστής μονοκυψελικής δοκού από διαιρούμενο καλούπι από σύνθετα υλικά. Το αποτέλεσμα ήταν η επιτυχής παραγωγή δοκών με ελάχιστη ανηγμένη μάζα έως και 360gr/m.



**Συμπεράσματα:** Τα αποτελέσματα της μελέτης κατέδειξαν την καταλληλότερη διαστρωμάτωση για τη δοκό ώστε να τηρούνται τα κριτήρια αστοχίας, οι απαιτήσεις σε δυσκαμψία, δυστρεψία και στην ελαχιστοποίηση της συνολικής μάζας της. Επιπροσθέτως, η πρωτότυπη μέθοδος κατασκευής που αναπτύχθηκε απέδειξε πως είναι δυνατή η παραγωγή λεπτότοιχης δοκού με πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις εναλλακτικές εκπληρώνοντας την προδιαγραφή για πτέρυγα ελαφρύτερη των 2,2kg.