Esercitazione 7

- **Dimensionamento dei freni del velivolo**

Il numero dei dischi necessari all'arresto del velivolo si calcola applicando un equilibrio energetico tra l'energia cinetica da smaltire durante la frenata e l'energia dissipata nell'impianto frenante. Possiamo quindi scrivere che

(7.1) $$E_c = \frac{1}{2}MV^2 = mc\Delta T = E_d$$

dove m è la massa frenante, c la capacità termica del materiale e ΔT è la differenza massima di temperatura sopportabile dall'impianto. Otteniamo così un valore di Ec = 37500 KJ. Ricordando che il 60 % dell'energia viene smaltita dai freni, e ipotizzando che i dischi del freno siano inizialmente alla temperatura ambiente di 15 °C si ricava la massa totale frenante necessaria per ruota come:

(7.2) $$m = \frac{0,6E_c}{4c\Delta T} = 27,70649Kg$$

Adesso immaginiamo di avere un solo disco di massa m e per calcolarne le dimensioni consideriamo un disco di diametro massimo pari a d_{max} = 34 cm e di diametro minimo pari a d_{min} = 17 cm.
Ricaviamo quindi lo spessore del disco come

(7.3) $$s = \frac{m}{\pi\rho\left(\left(\frac{d_{max}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{min}}{2}\right)^2\right)}$$

dove sostituendo i valori otteniamo s = 0,052165 m. Scegliamo quindi di mettere 4 freni a disco su ciascuna delle 4 ruote ottenendo per ciascun disco le seguenti caratteristiche

diametro massimo di un disco	34 cm
diametro minimo di un disco	17 cm
spessore di un disco	14 mm
massa di un disco	7,436 Kg

- **Dimensionamento delle pastiglie dei freni del velivolo** (consideriamo una sola ruota)

Bilanciando la forza frenante con la forza d'inerzia del velivolo abbiamo

(7.4) $$F_{fr} = F_i = Ma$$

dove F_i = 120000 N. Riferendoci ad una sola ruota possiamo calcolare la coppia frenante come

(7.5) $$C_f = \frac{D}{2n}F_{fr}$$

dove n è il numero di ruote frenante e pari a 4. Otteniamo cosi un valore di C_f = 9000 Nm.

La potenza massima quindi richiesta per la frenata sarà

(7.6) $$W_{\max} = \frac{F_{fr} v}{n}$$

ottenendo un W_{max} = 1500 KW.
L'area minima delle pastiglie sarà immediatamente ricavabile da

(7.7) $$A_{p\min} = \frac{W_{max}}{W_{spec}}$$

e la distanza del baricentro dal mozzo sarà

(7.8) $$b = \frac{1}{2}\left(\frac{d_{\max}}{2} + \frac{d_{\min}}{2}\right)$$

Sostituendo i valori otteniamo A_{pmin} = 0,340136 m^2 e b = 0,1275 m.
Ricaviamo quindi la pressione necessaria per la frenata come

(7.9) $$P = \frac{C_f}{bA_{p\min}\mu}$$

Sostituendo otteniamo P = 691764,7 Pa.

- **Calcolo del numero di atterraggi consentiti** (consideriamo una sola ruota)

Calcoliamo il volume di pastiglie usurato ad ogni atterraggio come

(7.10) $$V_{pu} = \frac{0,6E_c}{nu}$$

dove u è il coefficiente di usura delle pastiglie. Da questo ricaviamo immediatamente lo spessore delle pastiglie usurato

(7.11) $$s_{pu} = \frac{V_{pu}}{\left(A_{p\min}\right)}$$

Otteniamo così un valore di s_{pu} = 0,00520833 mm. Ricaviamo quindi direttamente che con 10 mm di pastiglie posso effettuare un numero di atterraggi pari a circa 1920

- **Dilatazioni del disco**

Per calcolare le dilatazioni del disco ragioniamo in due modi: il primo è quello di considerare l'area imposta costante e calcolare la sola variazione di spessore, mentre la seconda è quella di considerare spessore e diametro interni costanti e calcolare la variazione del diametro esterno. Così facendo non riproduciamo esattamente quello che accade nella realtà ma comunque ci mettiamo a favore della sicurezza in quanto le dilatazioni che calcoleremo saranno massime.
Procediamo quindi con il primo calcolo

La variazione dello spessore è immediatamente ricavabile come

(7.12) $$\Delta s = \alpha s \Delta T_{\max}$$

svolgendo i conti troviamo un $\Delta s = 0{,}081$ mm.
Scriviamo similmente la variazione di volume come

(7.13) $$\Delta V = \alpha V \Delta T_{\max}$$

ricaviamo quindi un $\Delta V = 5548{,}3\ mm^3$.
Ricaviamo quindi il volume del disco dilatato sommando al volume di partenza il ΔV appena ottenuto e quindi ricalcoliamo il diametro esterno, ottenendo $d_{max,dilatato} = 340{,}74$ mm.