

CALCUL REFROIDISSEMENT MOTEUR

Calcul des Surfaces entrée (S₁) et Sortie (S₂) d'air de refroidissement.

1) Surface d'entrée :

Les données nécessaires au calcul sont :

- Vitesse **V_y** (ou V_{OM} en km/h -Vitesse optimum de montée qui est le cas le plus défavorable pour le refroidissement).
- Température extérieure max. **T_e** (on prendra 38 ° C en été).
- Débit d'air de refroidissement **Q₁** (en m³ /s) prescrit par le constructeur du moteur (dans les conditions normales de température et pression).
- Densité de l'air en conditions standard (niveau mer et 15° C :
 $r = 0,002378$
- Densité de l'air à 38°C selon courbes : $r' = 0,00221$.

La formule vient alors :

$$S_1 \text{ (en cm}^2 \text{)} = \frac{Q_1}{V_y} \cdot \frac{r}{r'} \cdot 5,14 \cdot 10^4$$

Cette formule tient compte d'un rendement de l'entrée d'air estimé à 0,7.

Nous avons pris comme exemple le calcul des entrée et sortie d'air du bipoutre Macaon dont les caractéristiques sont les suivantes :

- V_y = 130 km/h
- Q₁ = 1,2743 m³ /s. = 2700 cu.ft / mn (pour un moteur Lycoming O 360 de 180 Ch. à pleine puissance)

Ce qui donne une surface d'entrée d'air de **542 cm²** .Il appartient ensuite de voir s'il est préférable de créer 2 entrées d'air de section moitié disposées de chaque côté de l'hélice pour bénéficier de sa pression dynamique ou une seule plus inportante avec la totalité de la section.

Il faut se rappeler que la pression dynamique au centre de l'hélice est très faible,d'où la présence de cône d'hélice qui éloigne les filets d'air dans une zone à plus forte pression.

Les entrées d'air seront situées au delà d'un cercle de rayon égal au rayon du cône d'hélice + 3 cm environ.

Théoriquement pour bénéficier pleinement de la pression dynamique il faudrait se situer en dehors d'un cercle de diamètre $d/4$, d étant le diamètre de l'hélice soit environ 0 m 45 de diamètre. En réalité,et compte tenu de la distance entre les cylindres en vue de face, cette valeur est prohibitive et l'on trouve couramment des cône d'environ 300mm de diamètre.

Nota : 1) Il existe une formule permettant de dégrossir la section d'entrée d'air en fonction de la puissance du moteur :

$$S_1 \text{ (en cm}^2 \text{)} = 2,89 \times \text{Pce moteur (en Ch.)}$$

Cette formule approximative est due à Tony Bingelis (dans notre exemple elle donnerait 520 cm²).

2) Une autre formule approximative due à John Thorp permet de calculer le débit d'air nécessaire par cheval pour refroidir un moteur :

$$Q_1 = 9,439 \cdot 10^3 \text{ m}^3 / \text{s. / Ch.}$$

Cette formule est un peu optimiste car elle donne Q1= 1,7 m³ /s. au lieu de 1,27 m³/s préconisé par Lycoming dans notre cas.

2) Surface de sortie d'air : L'air entrant à une température maxi de 38°C va se réchauffer d'environ 40°C en traversant le moteur et les accessoires.

A débit constant ,et du fait de l'augmentation de température donc de volume,la vitesse de l'air va augmenter ;

Nous allons calculer le rapport des sections entrée/ sortie en Utilisant l'équation des gaz parfaits :

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Les températures T₁ et T₂ entrée / sortie sont exprimées en d° kelvin soit :

$$T_1 = 273 + 38^\circ\text{C} = 311^\circ \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 38^\circ\text{C} + 40^\circ \text{ C} = 351^\circ \text{ K}$$

Les débits d'air étant constants, entre entrée et sortie , les sections de passage seront dans le même rapport que les volumes d'air :

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1 \cdot T_2}{P_2 \cdot T_1}$$

Prenons dans l'exemple P₁ = 1006 mbar en entrée et P₂ = 972 mbar en sortie, soit une différence de 34 mbar (ou 347 mm CE) (1 mbar = 10, 197 mm CE).

Il vient alors : $\frac{S_2}{S_1} = \frac{1006 \times 351}{972 \times 311} = 1,168$ en arrondissant :

$$\frac{S_2}{S_1} = 1,2$$

En poursuivant l'exemple avec une section d'entrée de 542 cm² , la section de sortie sera alors de **650 cm²** ; nous prendrons par commodité :

2 Sorties d'air circulaires de 325 cm² chacune

Soit un diamètre de **20 cm**

Nota 1) : Les différences de pression entre entrée et sortie (RAM en Anglais) sont aussi des valeurs caractéristiques.

Lycoming spécifie pour ses moteurs les valeurs suivantes :

O 320 : 5 "1 / 2 d'eau soit 0,201 psi = **140** mm CE = **13,86** mb

O 360 : 6 "1 / 2 d'eau soit 0,238 psi = **165** mm CE = **16,41** mb

Les pertes de pression internes à l'intérieur du circuit de refroidissement peuvent se répartir de la façon suivante pour un O 320 :

Entrées d'air :.....32 mm CE
Déflexion vers le bas :.....16 mm CE
Traversée des cylindres..... .78 mm CE
Sorties12 mm CE

Total :..140 mm CE

2) : **Points importants à surveiller** :

- Veiller à avoir un écartement maxi des entrées d'air pour bénéficier d'une bonne pression dynamique de l'hélice à l'avant. Utiliser un cône de diamètre > 300mm.
- L'angle entre les faces des parois à l'entrée doit être inférieur à 6 ° pour un taux de diffusion inférieur à 1,35.
- Assurer une étanchéité parfaite entre les compartiments et les capotages à l'intérieur du moteur, la pression entre entrée et sortie étant faible on peut se permettre la moindre fuite.
- Essayer d'utiliser au maximum des capotages métalliques (AG3 ou AU4G) pour profiter de la bonne conductibilité thermique du métal et de l'évacuation des calories.
- Réaliser une sortie d'air chaud vers l'arrière perpendiculaire au flux d'air du fuselage et non pas tangentiel, pour utiliser la dépression au maximum.

Notice Technique Lycoming : - Cooling Air Requirements

- Specifications n°2283 B for engine 03 20 D2A