

Itsasontzi baten helizeen diseinua propulsoarearen etekinean guztiz erabakiorra da, hauek bihurtzen baitute motorrak eragindako biraketa-energia itsasontziaren mugimendurako beharrezkoa den propulsiio indarrean. Gainera, muga fisikoak direla eta, helizearen diametroaren ezarketa oso garrantzitsua da tamaina honen artean eta motorrak helizea, egokia den biraketa abiadurani, birarazteko duen gaitasunaren artean beharrezko den oreka lortzerako unean, honekin ekiditzen baitira, besteak beste, kabitazio arazoak.

Horrela, propulsoareak beharrezko duen (P) potentzia hainbat parametroen araberakoa da, hauen artean garrantzitsuenak hauek direlarik: helizearen (D) diametroa, bere (N) biraketa abiadura, hala nola jariakin bera aurkezten dituen karakteristikak: (ρ) dentsitatea eta (μ) biskositate dinamikoa. Guzti hau kontutan izanik, eskatzen dena:

1. Lortu, analisi dimentsionala erabiliz, potentziaren kalkulurako baliogarria den adierazpena, agertzen diren zenbaki adimentsionalak identifikatu eta baita hauen esanahi fisikoa zein den adierazi ere. Grabitatearen eragina mesprezatu (g).

48 bira minutuko abiadura gaintitu ezina duten 3 helize berdinez osotutako prototipoa aztertu nahi da, 16000 Hp potentzia totala eragin dezakeena. Horretarako, atmosferara zabalik dagoen dimentsio handiko ur-tanke batean optimizatutako helizearen modelo baten gainean saioak egin dira, hau 1200 bira minutuko abiadura daraman motorra elektrikora akoplatua izango delarik. Egoera honetan, eskatzen dena:

2. Kontutan izanik antzekotasun murriztua betetzen dela, zein izan beharko da modeloaren eskala antzekotasun dinamikoa bete dadin?
3. Kalkulatu modeloak aurkeztuko duen helizearen diametroa.

Oharrak:

Kontsideratu helizeak uretan guztiz murgilduta daudela.

Erabili (ρ , N, D) aldagai errepikatu bezala.

Kontsideratu biraketa abiadura denbora unitateko diren bira kopurua bezala.

Kontsideratu bat dela potentziara lotutako zenbaki adimentsionalaren balioa, $\Phi = 1$.

$$1CV = 735 W = 0,986 Hp$$

$$\rho_{\text{itsasoko ura}} = 1030 \text{ kg/m}^3$$

El diseño de las hélices de un barco, influye decisivamente en el rendimiento del propulsor ya que convierten la energía rotacional generada por el motor en el empuje necesario para su desplazamiento. Además, debido a limitaciones físicas, elegir el diámetro de la hélice puede ser un asunto muy importante a la hora de conseguir un equilibrio entre este tamaño y la capacidad del motor para hacerla rotar a su régimen de trabajo idóneo, evitando entre otros los problemas de cavitación.

Así, la potencia (P) necesaria del propulsor depende de muchos parámetros entre los cuales se pueden considerar como los más importantes: el diámetro de la hélice (D), su velocidad de giro (n) así como las características del propio fluido: densidad (ρ) y viscosidad dinámica (μ). Con todo ello, se pide:

4. Obtener mediante análisis dimensional una expresión válida para el cálculo de dicha potencia, identificando los grupos adimensionales que aparecen, así como su significado físico. Despreciar el efecto de la gravedad (g).

Si pretendemos realizar ensayos dentro de un tanque de agua de grandes dimensiones abierto a la atmósfera, sobre un diseño optimizado de modelo de hélice a escala para ser acoplada a un motor eléctrico que gira a 1200 rpm, a fin de estudiar un prototipo que pueda impulsar una potencia total de 16.000 Hp mediante 3 hélices idénticas que no deben superar los 48 rpm de giro, se pide:

5. ¿Cual deberá ser la escala del modelo para que se cumpliese la semejanza dinámica, suponiendo semejanza restringida?.
6. Calcular el diámetro de la hélice de dicho modelo (m).

Notas.

Considerar que las hélices están totalmente sumergidas en el agua.

Utilizar (ρ , n, D) como variables repetidas.

Considerar la velocidad de giro como número de vueltas por unidad de tiempo.

Considerar como unidad el número adimensional asociado a la potencia $\Phi = 1$.

$$1\text{CV} = 735 \text{ W} = 0,986 \text{ Hp}$$

$$\rho_{\text{agua mar}} = 1.030 \text{ kg/m}^3$$

1.- Análisis dimensional.

Paso 1: Variables relacionadas (5).

Potencia	P	[ML ² T ⁻³]
Diámetro hélice	D	[L]
Velocidad de giro	n	[T ⁻¹]
Viscosidad	μ	[ML ⁻¹ T ⁻¹]
Densidad	ρ	[ML ⁻³]

Paso 2: Variables repetidas (3).

[M, L, T] ρ, n, D (tal y como sugiere el enunciado)

Paso 3: Número de grupos adimensionales (5 - 3 = 2)

$$\pi_1 = \rho^{\alpha_1} \cdot n^{\beta_1} \cdot D^{\gamma_1} \cdot P$$

$$\pi_2 = \rho^{\alpha_2} \cdot n^{\beta_2} \cdot D^{\gamma_2} \cdot \mu$$

Paso 4: Obtención de los exponentes y números adimensionales.

$$\pi_1 = [ML^{-3}]^{\alpha_1} \cdot [T^{-1}]^{\beta_1} \cdot [L]^{\gamma_1} \cdot [ML^2T^{-3}] \quad \underline{\underline{\pi_1}} = \rho^{-1} \cdot n^{-3} \cdot D^{-5} \cdot P = \underline{\underline{\frac{P}{\rho \cdot n^3 \cdot D^5}}}$$

$$\pi_2 = [ML^{-3}]^{\alpha_2} \cdot [T^{-1}]^{\beta_2} \cdot [L]^{\gamma_2} \cdot [ML^{-1}T^{-1}] \quad \pi_2 = \rho^{-1} \cdot n^{-1} \cdot D^{-2} \cdot \mu = \frac{\mu}{\rho \cdot n \cdot D^2} \quad \underline{\underline{\pi'_2}} = \pi_2^{-1} = \underline{\underline{\frac{\rho \cdot n \cdot D^2}{\mu}}}$$

$$v = n \times \frac{D}{2} \Rightarrow \frac{\rho \cdot n \cdot D^2}{\mu} = \frac{\rho \cdot v \cdot D^2}{\mu \cdot D} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = Re_{(D)} \left(= \frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas viscosas}} \right)$$

Por lo tanto el número adimensional de potencia, se puede expresar como:

$$\underline{\underline{\Phi}} = \frac{P}{\rho \cdot n^3 \cdot D^5} = \Psi(Re_{(l)})$$

2.- Semejanza restringida (dinámica):

$$Re_p = Re_m \quad \left(\frac{\rho \cdot n \cdot D^2}{\mu} \right)_p = \left(\frac{\rho \cdot n \cdot D^2}{\mu} \right)_m \quad \underline{\underline{\lambda}} = \frac{D_m}{D_p} = \sqrt{\frac{n_p}{n_m}} = \sqrt{\frac{48}{1200}} = 0,2 = \underline{\underline{\frac{1}{5}}}$$

3.- Dimensionamiento de la hélice del modelo a ensayar en el tanque de agua.

Como son tres hélices, la potencia que desarrolla cada una en el prototipo será:

$$P_p = \frac{P_{TOTAL}}{3} = \frac{11927}{3} = 3975,66 \text{ kW}$$

Sustituyendo en la expresión de la potencia que obtuvimos en el primer apartado, considerando: Φ = 1, se tiene:

$$P_p = 3975,66 \cdot 10^3 = \Phi \cdot \rho \cdot n_p^3 \cdot D_p^5 = 1 \cdot 1.030 \cdot \left(\frac{48}{60} \right)^3 \cdot D_p^5 \Rightarrow D_p = 6 \text{ m} \quad \underline{\underline{D_m}} = \frac{D_p}{5} = \underline{\underline{1,2 \text{ m}}}$$