

Haize tunel batean, eskalazko entsegu bat egiten da autoko prototipo bateko erresistentzia koefizientea neurtzeko. Auto prototipo horretako erresistentzia aerodinamikoa zein den aztertu nahi da, errepide batean 90 km/h-ko erreferentzia-abiaduraz zirkulatzen ari denean eta 20 °C-ko batezbesteko tenperaturan. Erresistentzia aurreikustea oso garrantzitsua da auto horretan sartuko den motorra aukeratzeko. Aipatutako prototipoan, ibilgailuaren mugimenduaren norabide perpendikularrean proiektatutako sekzioa laukizuzen formakoa dela suposa daiteke, eta sekzio hori 1,35 m²-koa da. Karrozeriaren akabera eta autoa gaineztatuko duen pintura mota direla eta autoaren gainazala leuna dela kontsidera daiteke.

Helburua lortzeko entseguak egin dira eskalazko ibilgailu batekin, presio atmosferikoan eta 20 °C-ko tenperaturan dagoen haize tunel batean. Entseguak egin eta gero diseinuko C_D-a 0,23 dela deduzitzen da.

1. Aipatutako erreferentzia abiaduraz, prototipoak errepidean jasoko duen erresistentzia indarra kalkulatu (2 pt).
2. Baldintza hauetan airearen erresistentziaren aurka joateko kontsumitutako potentzia kalkulatu (2 pt).
3. Entseguak antzekotasun murriztuan (Re erabiliz) diseinatu dira. Prototipoaren eta ereduaren arteko eskala geometrikoaren faktore maximoa zein izan beharko den kalkulatu konprimagarritasunaren efektuak mespretxatzeko (3 pt).
4. 3. ataleko baldintzatan, entseguetan ereduaren ikusitako erresistentzia indarra (N) kalkulatu. (3 pt).

Datuak:

$$\rho_{\text{aire}} \text{ 20}^\circ \text{ C-tan} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$R^?_{\text{aire}} = 29,27 \text{ m/K}$$

$$k_{\text{aire}} = 1,4$$

En un túnel de viento, se realiza un ensayo a escala para medir el coeficiente de resistencia de un prototipo de coche. Se trata de estimar la resistencia aerodinámica a vencer cuando este coche circule en carretera a una velocidad de referencia de 90 km/h y temperatura media de 20°C. La estimación de dicha resistencia será importante en la selección del tipo de motor con que la casa equipará el vehículo final. En dicho prototipo, la sección proyectada perpendicular a la dirección del movimiento del vehículo final se aproxima a un rectángulo de 1.35 m² de sección. El acabado de la carrocería y el tipo de pintura que recubrirá el coche, hace que se pueda considerar que la superficie sea prácticamente lisa y sin rugosidad.

A tal fin, se construye un vehículo a escala que es ensayado en un túnel de viento con aire a presión atmosférica y a la misma temperatura de 20°C. Fruto de los ensayos se deduce que el Cd del diseño es de valor Cd=0.23.

1. Calcular la fuerza de resistencia que el prototipo final encontrará en carretera a la velocidad de referencia **(2 ptos)**.
2. Calcular la potencia que en estas condiciones, consumirá en vencer la resistencia del aire **(2 ptos)**.
3. Los ensayos se han diseñado con semejanza restringida gobernada por Re. Calcular el factor máximo de escala geométrica que existirá entre modelo y prototipo para que los efectos de compresibilidad en los ensayos sean despreciables **(3 ptos)**.
4. En las condiciones del punto 3, calcular la fuerza de resistencia (N) al avance del modelo observada en los ensayos **(3 ptos)**.

Datos:

$$\rho_{\text{aire}} \text{ a } 20^{\circ} \text{ C} = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$R'_{\text{aire}} = 29.27 \text{ m/K}$$

$$k_{\text{aire}} = 1.4$$

SOLUCION:

$$U_p = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

$$1. F_{d_p} = 0.5 C_d A_p \rho_p U_p^2 = 0.5 \times 0.23 \times 1.35 \times 1.2 \times 25^2 = 116.5 \text{ N}$$

$$2. P_{ot_p} = F_{d_p} \times U_p = 116.4 \times 25 = 2910.9 \text{ w}$$

3. Si Re rige la semejanza (efectos de rugosidad superficial despreciables), $Re_m = Re_p$ y al ser el mismo fluido en ambos casos, la igualdad de números de Reynolds queda $U_m D_m = U_p D_p$ siendo D cualquier dimensión comparable entre modelo y prototipo aunque una referencia habitual en estos ensayos suele ser la diagonal de la sección proyectada.

Si $U_p = 25 \text{ m/s}$ la velocidad del ensayo en el modelo debe ser

$$U_m = U_p D_p / D_m$$

La velocidad del sonido en el ensayo es

$$C_m = (kgR'T)^{0.5} = (1.4 \times 9.8 \times 29.27 \times (273.15 + 20))^{0.5} = 343.1 \text{ m/s}$$

Al ser el mismo gas y misma temperatura en modelo y prototipo también ocurrirá que $C_p = 343.1 \text{ m/s}$

Por otra parte, si no deben aparecer efectos apreciables de compresibilidad en el ensayo, significa que el número de Mach $M = < 0.2$. Esto es lógico ya que la velocidad de referencia del prototipo (25 m/s) se encuentra en la zona asimilable a incompresible $M_p = 25/343.1 = 0,072 \ll \ll 2$

En la frontera de compresibilidad con $M = 0.2$ la velocidad del ensayo U_m será:

$U_m = 0.2 * C_m = 68.62 \text{ m/s}$ y ésta habrá de ser la velocidad semejante según Re a la velocidad el prototipo $U_p = 25 \text{ m/s}$ a la escala frontera que estamos buscando.

Entrando con este valor en $U_m = U_p D_p / D_m$

Queda que el factor máximo de escala $\lambda = D_p / D_m = U_m / U_p = 68.62 / 25 = 2.745$ está asociado al máximo factor de escala al cual se pueden hacer los ensayos sin que aparezcan de manera apreciable los efectos de compresibilidad que no están presentes en el prototipo a la velocidad de referencia. Dicho de otra manera, los ensayos no se pueden hacer con modelos 2.745 veces más pequeños que el prototipo.

4. Para este factor de escala frontera el ensayo en semejanza sería

$$U_m = 68.62 \text{ m/s (manteniendo Re)}$$

$$D_p / D_m = 2.745 \text{ por lo que } A_p / A_m = 2.745^2 = 7.56: A_m = 1.35 / 7.56 = 0.179 \text{ m}^2$$

$$F_{d_m} = 0.5 C_d A_m \rho_m U_m^2 = 0.5 \times 0.23 \times 0.179 \times 1.2 \times 68.62^2 = 116.5 \text{ N}$$