## 2023. gada Latvijas atklātā fizikas olimpiāde

**11.-12. klases komplekts.**

**12. uzdevums.**

“**Helikopters**” Novērtējiet dzinēja jaudu, kas ir nepieciešama, lai noturētu gaisā helikopteru, kura masa *M* = 500 kg, ja tā propellera lāpstiņas garums *L* = 3 m. Pieņemiet, ka zem helikoptera propellera gaiss kustās uz leju homogēnā plūsmā.

**Atrisinājums:**

Uzdevuma jautājums attiecas uz kopējo dzinēja jaudu, taču no uzdevuma dotiem var aprēķināt tikai nepieciešamo lietderīgo jaudu. Elektriskajam dzinējam var pieņemt dzinēja lietderības koeficientu (ieskaitot mehāniskās enerģijas pārvades efektivitāti) par 80%, bet benzīna dzinējam par 25%. Šo faktoru var pielietot uzdevuma beigās pēc lietderīgas jaudas atrašanai.

Helikopters turas gaisā, jo tā pievilkšanas spēku Zemei $F\_{gr}=Mg$ kompensē spēks, kas darbojas uz to no gaisa plūsmas puses. Pēc 3. Ņūtona likuma šis spēks ir vienāds ar spēku, ar kuru uz gaisu darbojas helikoptera lāpstiņas. Katrā laikā vienībā lāpstiņas izmet uz leju gaisa masu $Δm$, kas pēc tam kustās ar ātrumu $v$. Pēc 2. Ņūtona likuma spēks, ar kuru helikopters darbojas uz gaisu, ir vienāds ar gaisa impulsa izmaiņu:

$$F=\frac{Δ\left(mv\right)}{Δt}$$

No lāpstiņām uz leju ar ātrumu $v $kustās gaisa plūsma, kuras šķērsgriezums ir $πL^{2}$. Laikā $Δt$ no tā izplūst cilindrs ar garumu $vΔt$ un apjomu $V=πL^{2}⋅vΔt$. Tā masa ir $Δm=ρV=ρ⋅πL^{2}vΔt$, kur $ρ$ ir gaisa blīvums, kas normālos apstākļos sastāda ap 1,3 kg/m3. Ievietojot 2. Ņūtona likuma šo masas izplūdes ātrumu $Δm/Δt$, iegūsim, ka$Mg=πρL^{2}v^{2}$. No tā var beidzot izteikt plūsmas ātrumu kā $v=\sqrt{Mg/πρL^{2}}$.

Helikoptera lietderīga jauda pāriet uz leju ejošā gaisa kinētiskā enerģijā

$$N=\frac{ΔE}{Δt}=\frac{Δ\left(mv^{2}/2\right)}{Δt}=\frac{Δm}{Δt}⋅\frac{v^{2}}{2}=\frac{ρπL^{2}}{2}⋅\left(\frac{Mg}{πρL^{2}}\right)^{3/2}$$

Šeit mēs neievērojam kinētisko enerģiju, kas ir gaisam, kas pieplūst lāpstiņām no augšas, taču tā ir mazāka par iepriekš minēto enerģiju.

Vienkāršojot iepriekšējo izteiksmi, iegūsim helikoptera lietderīgās jaudas novērtējumu:

$$N=\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{\left(Mg\right)^{3}}{πρ}}$$

Ievietojot skaitliskās vērtības, iegūsim, ka lietderīgai jaudai ir jābūt ap 30 kW.