

OTPORI KRETANJA DRUMSKIH VOZILA



OTPORI KRETANJA DRUMSKIH VOZILA

- Otpor kotrljanja
- Otpor vazduha

UVEK PRISUTNI

Pri manjim brzinama
zanemarljiv

- Otpor uspona
- Otpor inercije
- Otpor priključnog vozila

**JAVLJAJU SE U
ODREĐENIM USLOVIMA**

Otpor kotrljanja

Sila otpora kotrljanja za pojedinačni točak: $F_f = f \cdot G_T$

Sila otpora kotrljanja za celo vozilo: $F_f = f \cdot \sum G_{Ti} = f \cdot G$

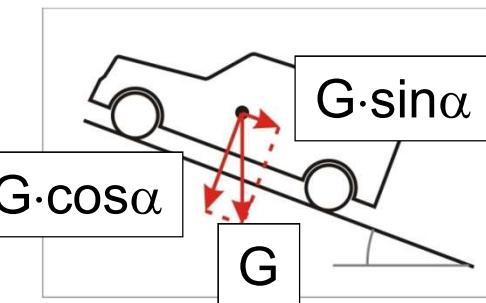
$$F_f = f \cdot G$$

→ ZA HORIZONTALNU PODLOGU

~ 1%

Prilikom vožnje na uzdužnom nagibu, za otpor kotrljanja merodavna je komponenta sile težine normalna na podlogu!

$$F_f = f \cdot G \cdot \cos\alpha$$



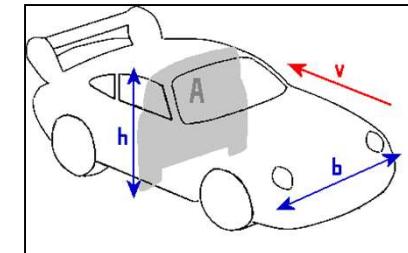
$$f = 0,01 + 5,4 \cdot 10^{-6} \cdot v + 10^{-11} \cdot v^4$$

→ v [km/h]

Otpor vazduha

$$F_w = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

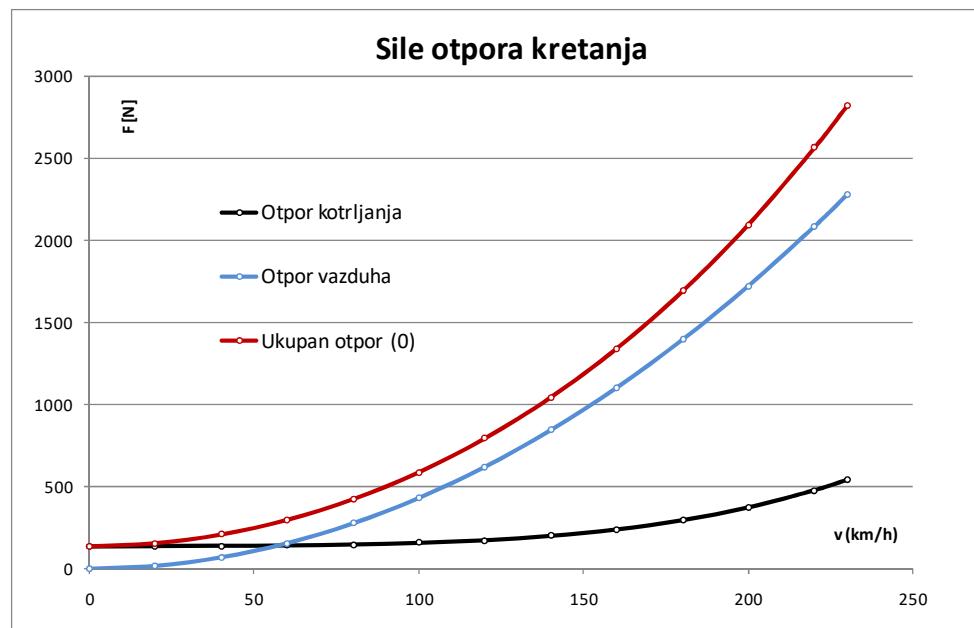
→ Za osnovne jedinice



$$F_w \approx 0,05 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

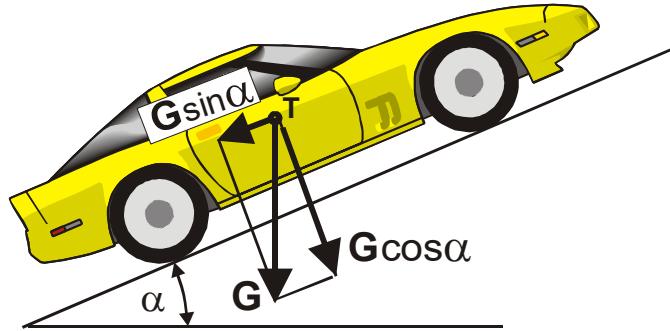
0,0473

za: $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$, ($w=60\%$, $t=15^\circ\text{C}$)
 $F_w(\text{N})$, $c_w(-)$, $A(\text{m}^2)$, $v(\text{km/h})$



Otpor uspona

$$F_\alpha = G \cdot \sin\alpha$$



Označavanje uspona u procentima:

$$u = \operatorname{tg}\alpha \cdot 100\%$$

Uspon [%]	Ugao α [°]
5	2,86
10	5,71
15	8,53
20	11,31
100	45

Otpor uspona

$$F_\alpha = G \cdot \sin \alpha$$

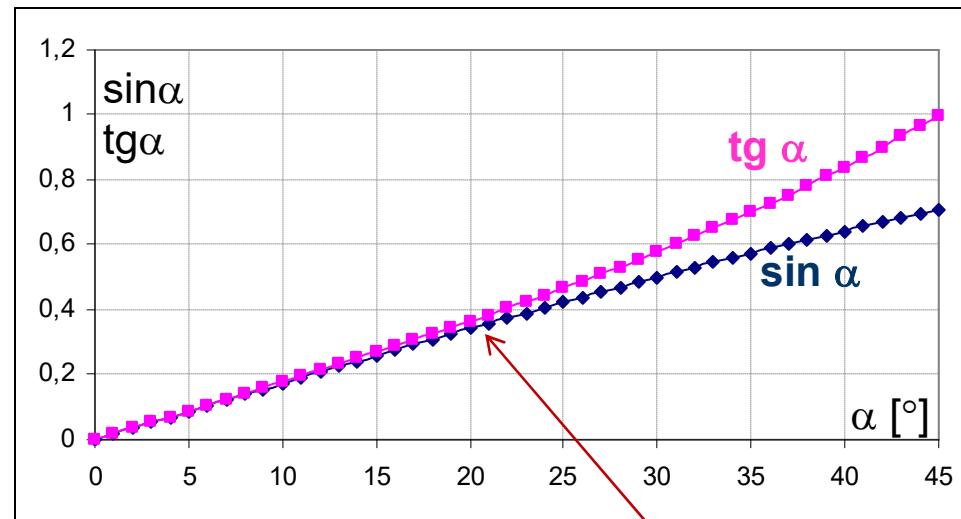
Za male uglove [rad] važi:

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$$

Uspon: $u = \operatorname{tg} \alpha \cdot 100\%$



$$F_\alpha \approx \frac{u}{100} \cdot G \quad u [\%]$$



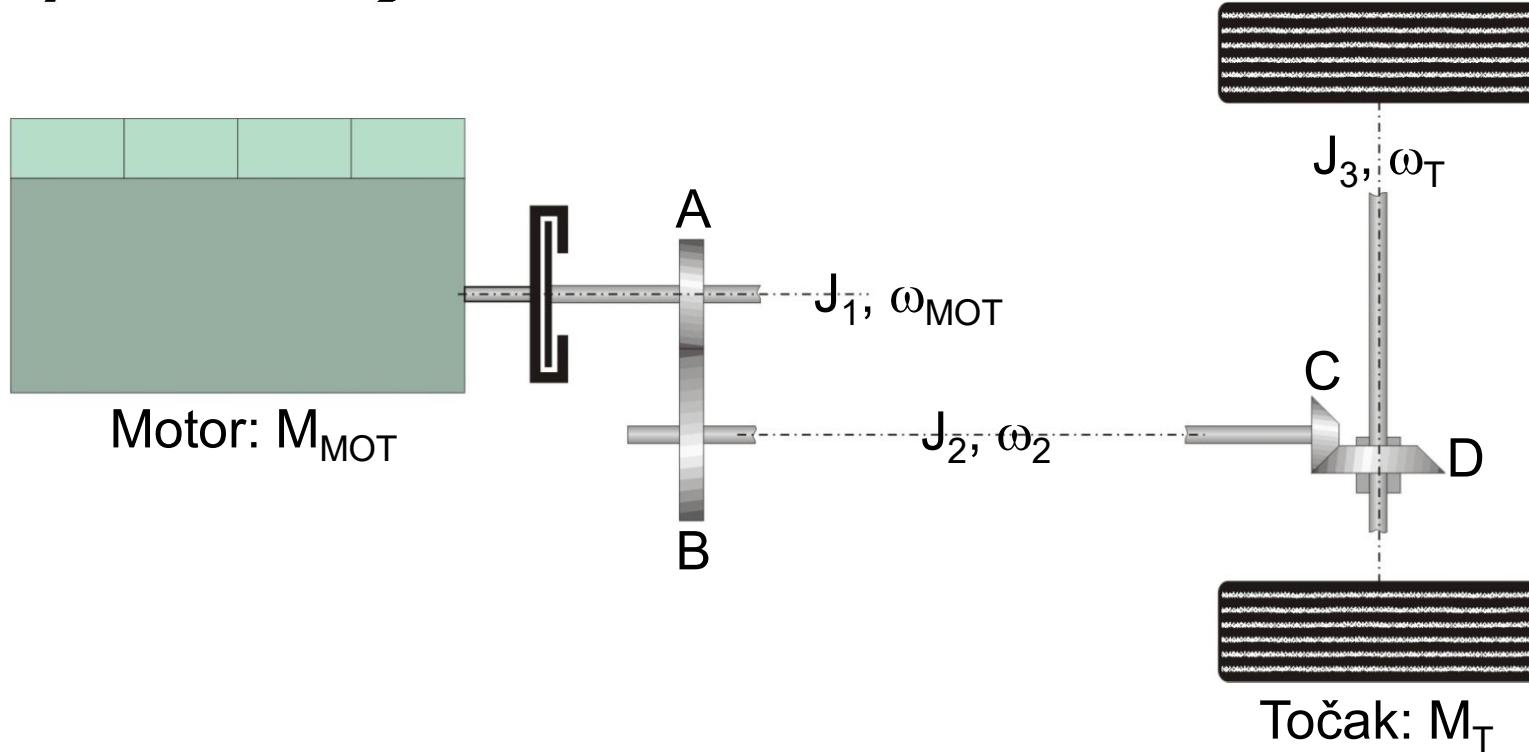
$$\alpha=20^\circ \Rightarrow u=36\%$$

Uspon od 1% $\rightarrow F_\alpha \approx F_f$

Uspon od 5% $\rightarrow F_\alpha \approx 5 \cdot F_f$

Uspon od 12% $\rightarrow F_\alpha \approx 12 \cdot F_f$

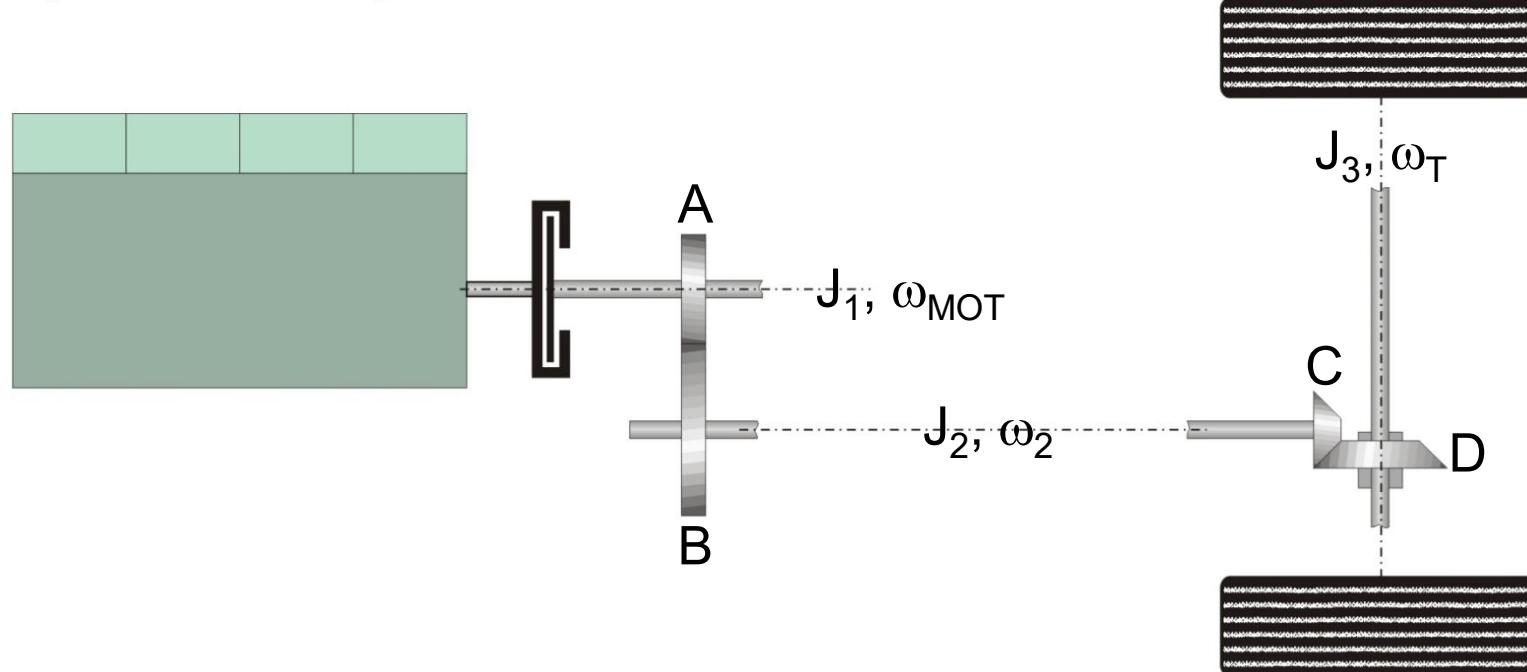
Otpor inercije



Za ustaljeno ($v = \text{const}$) kretanje važi:

$$F_O = \frac{M_T}{r_D} = \frac{M_{MOT} \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

Otpor inercije



$$\begin{aligned} J_1 \cdot \dot{\omega}_{MOT} &= M_{MOT} - M_A \\ J_2 \cdot \dot{\omega}_2 &= M_B - M_C \\ J_3 \cdot \dot{\omega}_T &= M_D - M_T \end{aligned}$$

Prilikom ubrzanja:

$$\begin{aligned} \rightarrow M_A &< M_{MOT} \\ \rightarrow M_C &< M_B \\ \rightarrow M_T &< M_D \end{aligned}$$

$$\Rightarrow F_O < \frac{M_{MOT} \cdot i_{TR} \cdot n_{TR}}{r_D} !$$

Obimna sila je manja nego pri $v = \text{const}$

Otpor inercije

$$F_o < \frac{M_{MOT} \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

Deo momenta motora se “potroši” na ubrzavanje rotacionih masa → nije u celokupnom iznosu za ostvarivanje vučne sile na točku!

Smanjenje vučne sile ⇒ smanjenje ubrzanja

Pojednostavljenje:

Ovo smanjenje uzima se u obzir redukcijom rotacionih masa na pogonski točak, tj. uvećanjem mase čija se inercija savlađuje.

Dakle: uzima se da je $F_o = \frac{M_{MOT} \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$, ali se računa sa fiktivno uvećanom masom vozila!

Umesto $F_{IN} = m \cdot a$, uzima se dakle: $F_{IN} = \delta \cdot m \cdot a$, $\delta > 1$

Otpor inercije

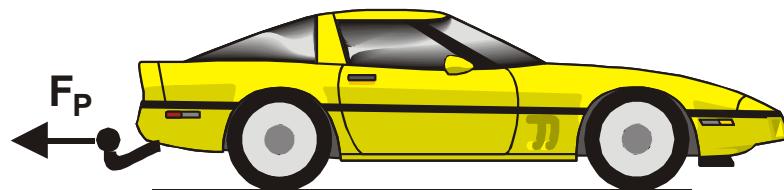
$$F_{IN} = \delta \cdot m \cdot a$$

$\delta > 1$ – koeficijent učešća obrtnih masa

→ DETALJNIJE U POGLAVLJU O UBRZANJU

Otpor priključnog vozila

Vučno vozilo mora savladati i sve komponente otpora kretanja priključnog vozila, ukoliko je spregnuto.



Otpori kretanja drumskih vozila – rezime

- Otpor kotrljanja

$$F_f = f \cdot G \cdot \cos\alpha$$

$$f = f(v)$$

- Otpor vazduha

$$F_w = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

- Otpor uspona

$$F_\alpha = G \cdot \sin\alpha$$

$$F_\alpha \approx \frac{u}{100} \cdot G$$

- Otpor inercije

$$F_{IN} = \delta \cdot m \cdot a$$

- Otpor priključnog vozila