

# 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:  $F_{fT} = f \cdot G_T$

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

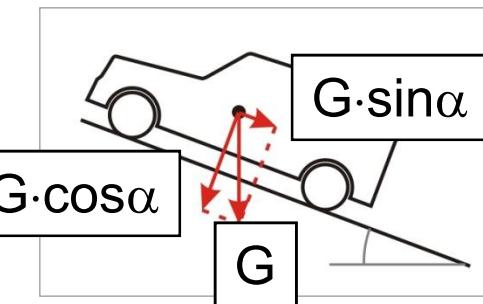
$$F_f = f \cdot G$$

→ ZA HORIZONTALNU PODLOGU

~ 1%

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

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



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

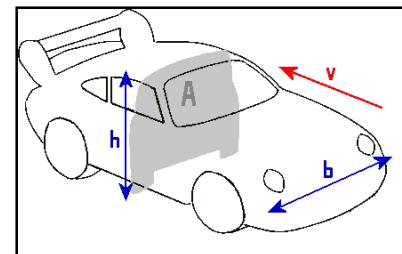
# Otpor vazduha

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

→ Za osnovne jedinice

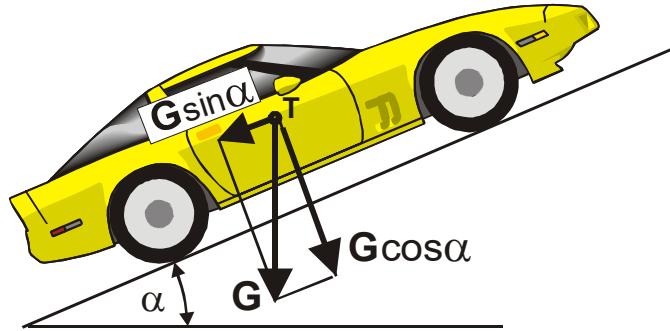
$$F_w = 0,0473 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

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



# Otpor uspona

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



Označavanje uspona u procentima:

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

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

# Otpor uspona

Tabelle 3.5. Maximalsteigungen einiger Pässe in Europa

Pass	$\varphi'_{\max}$	Pass	$\varphi'_{\max}$
<i>Deutschland:</i>		<i>Österreich:</i>	
Achenpass	14 %	Großglockner	12 %
Oberjoch	9 %	Timmelsjoch	13 %
<i>Frankreich:</i>		Turracher Höhe	26 %
Col de Braus	15 %	Wurzenpass	18 %
Iseran	12 %	<i>Schweiz:</i>	
<i>Italien:</i>		Simplon	10 %
Brenner-Bundesstrasse	12 %	St. Bernardino	12 %
Stilfser-Joch	15 %	St. Gotthard	10 %



Izvor: *Fahrzeuggetriebe*

# Otpor uspona

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

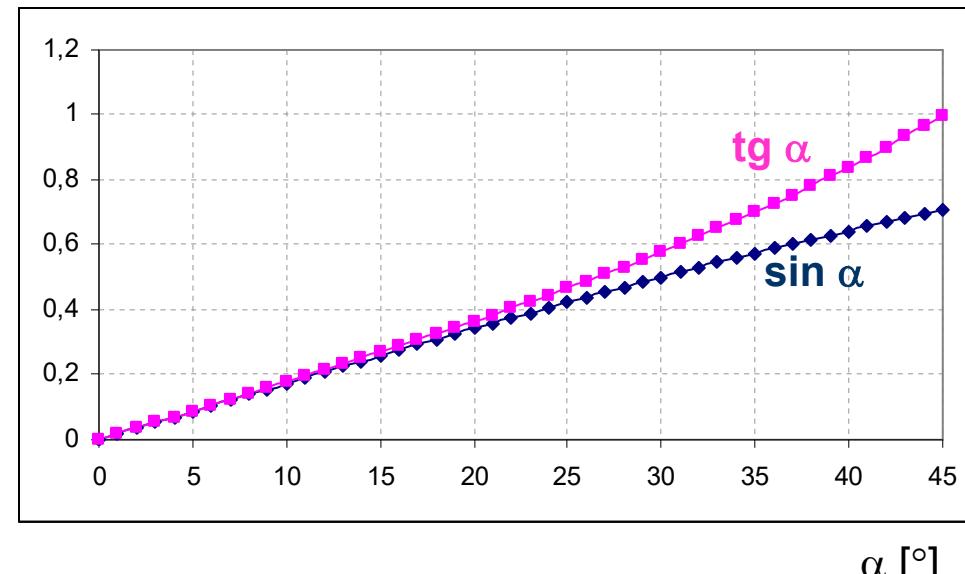
Za male uglove važi:

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

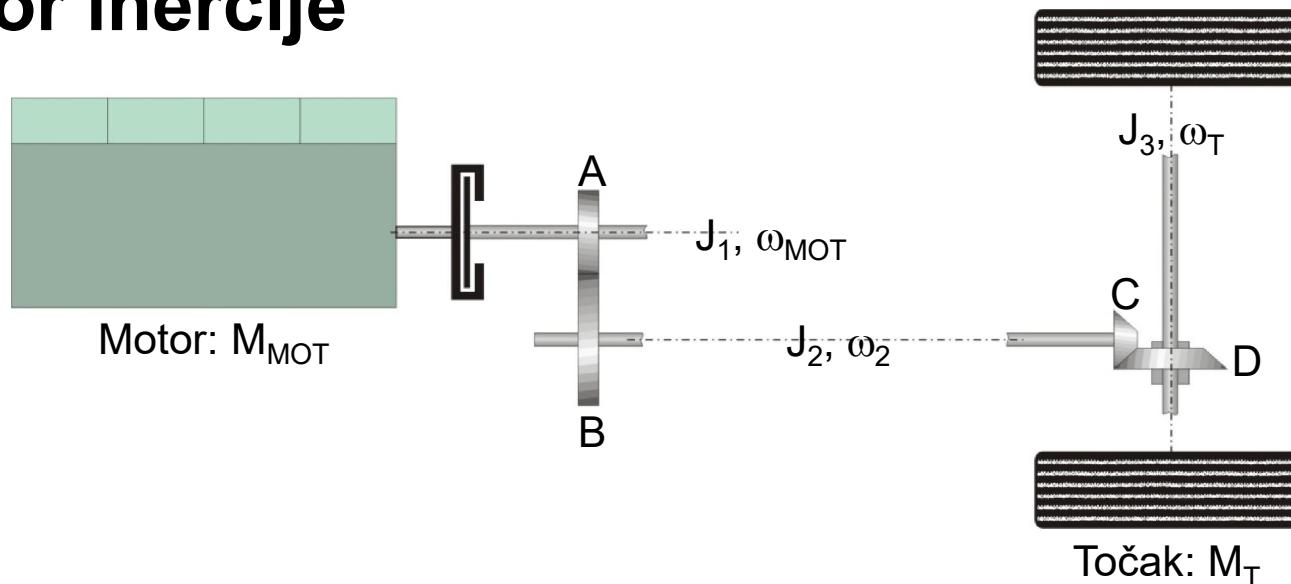
Uspon:  $u = \operatorname{tg} \alpha \cdot 100\%$



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



# Otpor inercije



- Pri ubrzavanju deo pogonskog momenta se “troši” na ubrzavanje rotacionih masa
- Vučna sila na točku je zato nešto manja nego pri ustaljenom kretanju  $\Rightarrow$  utiče na smanjenje translatornog ubrzanja (Drugi Njutnov zakon!)
- Motor “oseti” ne samo otpor translatorne inercije već i otpore inercije obrtnih masa
- Ovaj uticaj se uzima u obzir uvođenjem uvećane EKVIVALENTNE MASE:

$$m_{EKV} = \delta \cdot m$$

**$\delta > 1$  – koeficijent učešća obrtnih masa**

## Otpor inercije

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

$\delta > 1$  – koeficijent učešća obrtnih masa

→ DETALJNIJE U POGLAVLJU O UBRZANJU

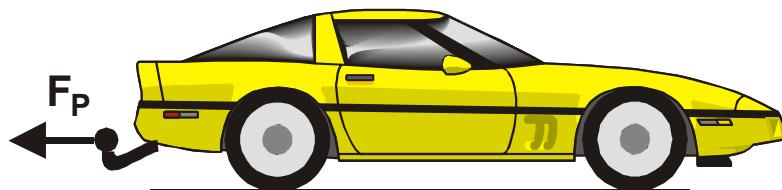
REZIME:

U stvarnosti je pri ubrzavanju vučna sila nešto manja nego pri ustaljenom kretanju (**za isti moment motora!**), jer se deo pogonskog momenta “troši” na ubrzavanje obrtnih masa, pa je zato i translatorno ubrzanje nešto manje.

Ovaj uticaj se uzima u obzir uvođenjem uvećane ekvivalentne mase vozila ( **$\delta \cdot m$** ), pri čemu se uzima neumanjena vrednost vučne sile  $F_O$ .

# 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

$$F_w = 0,0473 \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

- 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