

ВЕЖБЕ
МОТОРНА ВОЗИЛА

-06.04.2020. године-

**ЗАДАЦИ ИЗ ОБЛАСТИ
СИЛЕ ОТПОРА КОЈЕ ДЕЛУЈУ НА ВОЗИЛО**

Ове седмице обрађени су начини прорачуна сила отпора које делују на возило као и могуће варијанте прорачуна са којима ћемо се сусрести током прорачуна у задацима.

У овој презентацији обрађен је начин прорачуна процентуалног учешћа појединих отпора у укупним отпорима.

Такође обрађен је и начин прорачуна потребне снаге за савладавање појединих отпора и потребне снаге мотора.

ПРОРАЧУН УКУПНИХ ОТПОРА КОЈИ ДЕЛУЈУ НА ВОЗИЛО

На самом почетку потребно је поставити једначину укупних отпора (R_U) који делују на возила и она гласи:

$$R_U = R_f + R_v \pm R_\alpha \pm R_i + R_p$$

Силе отпора успона и инерционих сила могу да имају променљиви предзнак, те је сила отпора успона позитивна уколико је возило на успону а негативна када је на низбрдици. Исто тако, инерциона сила је позитивна приликом убрзања а негативна је приликом кочења.

Битно је знати чињеницу да немамо увек све отпоре већ зависи од конкретног услова кретања па тако следи:

Сила отпора котрљања (R_f) је сила која увек делује на возило па је потребно исту и рачунати у задацима.

Сила отпора вадуха (R_v) је сила која увек делује на возило па је потребно увек ову силу и рачунати у задацима.

Сила отпора успона (R_α) је сила која делује на возило само у случају када се возило креће на путу са успоном или на низбрдици.

Сила отпора инерцијалних сила (R_i) је сила која делује на возило само у случају када возило убрзава или када кочи.

Сила отпора прикључног возила (R_p) је сила која делује на возило само у случају када вуче прикључно возило

Силе које увек
делују на возило и
које се увек
рачунају

Силе које делују
на возило само у
посебним
условима
(не делују увек на
возило)

Када утврдимо који отпори делују на возило потребно је почети са прорачуном сваког од отпора који делује на возило.

Потребно је сваки отпор уцртати на скици на самом почетку односно приказати како он делује, па ће у наставку за сваки отпор бити приказан и начин приказивања. Силе ће у задацима бити уцртане на једној скици док у овом случају-примеру биће приказано за сваки отпор посебна слика.

СИЛА ОТПОРА ПРИ КОТРЉАЊУ, R_f

Отпор котрљања увек делује на возило па је увек потребно и рачунати овај отпор. Наведени отпор се супротставља котрљању точка а приликом кретања возила точкови се увек котрљају.

За случај кретања возила по хоризонталној подлози рачуна као:

$$R_f = G \cdot f = m \cdot g \cdot f$$

За случај кретања возила на путу под нагибом или низбрдици рачуна се као:

$$R_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha$$

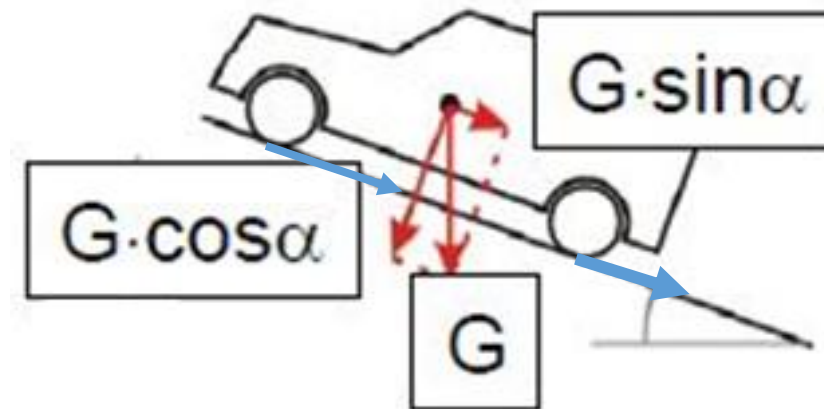
У једначини је:

G – тежина возила

f – коефицијент отпора котрљању (зависи од врсте пенуматика и од пута)

Отпор R_f се може рачунати и посебно за сваки точак, а на крају се сви отпори саберу

Наведени отпор се увек уцртава супротно од смера кретања возила и то у контакту подлоге и точка



СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, R_v

Сила отпора ваздуха је увек присутна када се тело креће и увек делује супротно од смера кретања возила. Можемо је уцртати да делује у тежишту возила.



СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, R_v

Отпор ваздуха се рачуна као

$$R_v = c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot (v \pm w)^n$$

Где су:

c_x [-] - фактор аеродинамичности,

ρ [kg/m^3] - густина ваздуха, увек узимамо вредност од $1,25 kg/m^3$

A [m^2] - чеона површина возила (површина пројекције чеоне површине на управну равну)

v ; w [m/s] - резултујућа брзина возила односно ветра,

n [-] - експонент који зависи од брзине (за дозвучне брзине $n = 2$),

СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, R_v

Можемо рећи да је коефицијент ваздуха:

$$K = c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left[\frac{N \cdot s^2}{m^4} \right]$$

У овом случају једначина гласи за брзину u [m/s]:

$$R_v = K \cdot A \cdot (v \pm w)^2 :$$

СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, R_v

- БРЗИНА ВЕТРА-

Знак је позитиван уколико ветар дува у супротном смеру од кретања возила док је негативан уколико ветар дува у смеру кретања возила.



СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, R_v

- ЧЕОНА ПОВРШИНА ВОЗИЛА -

ЗА СЛУЧАЈ ПУТНИЧКОГ ВОЗИЛА ЧЕОНА ПОВРШИНА СЕ РАЧУНА КАО:

$$A = 0,78 \cdot b \cdot h [m^2]$$

За теретна возила и аутобусе
чеона површина се рачуна:

Уколико је дата ширина
возила

$$A = 0,9 \cdot h \cdot b [m^2]$$

Уколико је дат предњи траг
точкова

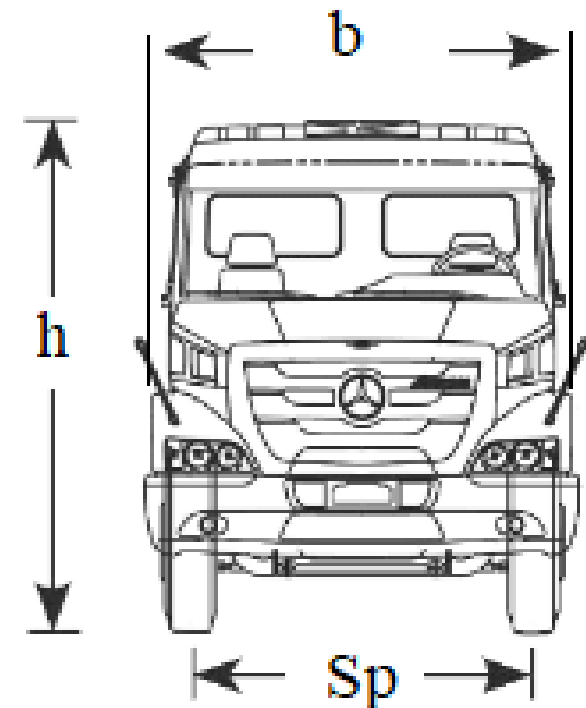
$$A = (0,96 - 1,1) \cdot h \cdot s_p [m^2]$$

Где су:

b - ширина возила

h - висина возила

S_p - предњи траг возила

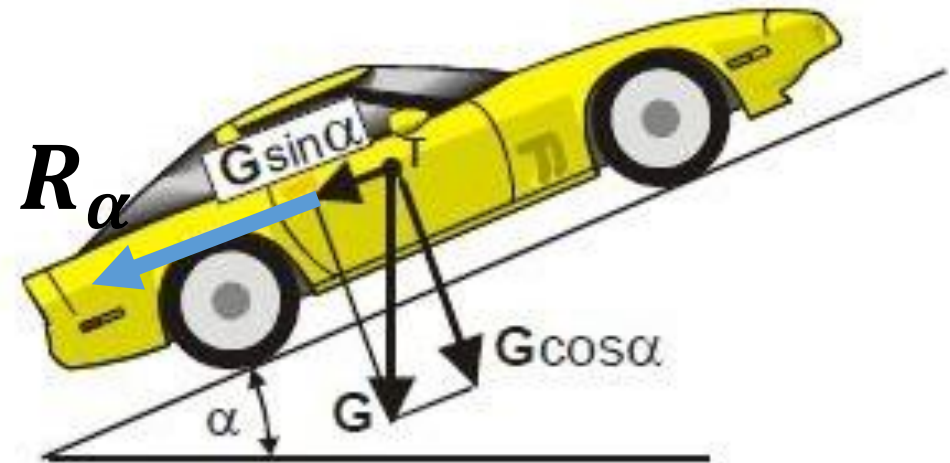


СИЛА ОТПОРА КРЕТАЊА НА УСПОНУ, R_α

Отпор успона делује на возило и рачуна се једино када се возило креће на путу под нагибом (на успону). Увек делује у смеру деловања силе $G \cdot \sin \alpha$.

Овај отпор се рачуна као:

$$R_\alpha = G \cdot \sin \alpha$$



ОТПОР ИНЕРЦИОНИХ СИЛА, R_i

Отпор инерционих сила је отпор који делује на возило једино када возило кочи односно када убрзава. Можемо ову силу представити да делује у тежишту возила

Инерциона сила је позитивна приликом убрзања (има смер супротан од смера кретања возила) а негативна је приликом кочења (има смер исти као и смер кретања возила).

Рачуна се као:

$$R_i = R_i' + R_i''$$

Овде су:

R_i' - потребне силе за једнолико транслаторно убрзавање масе возила,

R_i'' - потребне силе за једнолико ротационо убрзавање обртних маса возила.



Како су силе отпора ротационих маса јако мале отпор инерционих сила возила је:

$$R_i = m \cdot a \cdot \delta = \frac{G}{g} \cdot a \cdot \delta$$

Где су:

m – маса возила;

a – убрзање (успорење) при транслаторном кретању возила

δ – коефицијент учешћа обртних маса, увек је $\delta > 1$

ОТПОР КРЕТАЊУ ПРИКОЛИЦЕ, R_p

Овај отпор делује на возило једино када вуче друго прикључно возило

Сила отпора прикључног возила или приколице делује увек супротно од смера кретања возила и делује на месту где се везују прикључно и вучно возило.

У задацима уколико возило вуче прикључно возило биће дата сила коју оно ствара.

Начин прорачуна и претпоставке је детаљно објашњено на предавањима.



Када се израчунају сви отпори појединачно, онда се сви отпори саберу и добија се вредност укупног отпора, које је возило потребно савлада, како би се кретало

$$R_U = R_f + R_v \pm R_\alpha \pm R_i + R_p$$

ОДРЕЂИВАЊЕ ПРОЦЕНТУЛНОГ
УЧЕШЋА ПОЈЕДИНИХ ОТПОРА У
УКУПНИМ ОТПОРИМА

Учешће појединих отпора се може рачунати тако што се поједини отпор дели са укупним отпорима и помножи са 100. Добија се учешће појединачног отпора у укупним отпорима

$$R_{\%} \text{ ОЗНАКА ОТПОРА КОЈИ СЕ АНАЛИЗИРА} = \frac{\text{ВРЕДНОСТ ОТПОРА КОЈИ СЕ АНАЛИЗИРА}}{\text{ВРЕДНОСТ УКУПНИХ ОТПОРА}} \cdot 100$$

За пример учешћа отпора успона у укупним отпорима једначина је:

$$R_{\alpha\%} = \frac{R_{\alpha}}{R_U} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Пример. Укупни отпори износе 5550 N док отпор инерционих сила износи 2000 N

$$R_{i\%} = \frac{R_i}{R_U} \cdot 100 = \frac{2000}{5550} \cdot 100 = 36,036 \%$$

Отпор инерционих сила учествује у укупним отпорима са 36,036%.

ПОТРЕБНА СНАГА ЗА САВЛАДАВАЊЕ ОТПОРА И ПОТРЕБНА СНАГА МОТОРА

ПОТРЕБНО ЈЕ ЗНАТИ ДА ЈЕ:

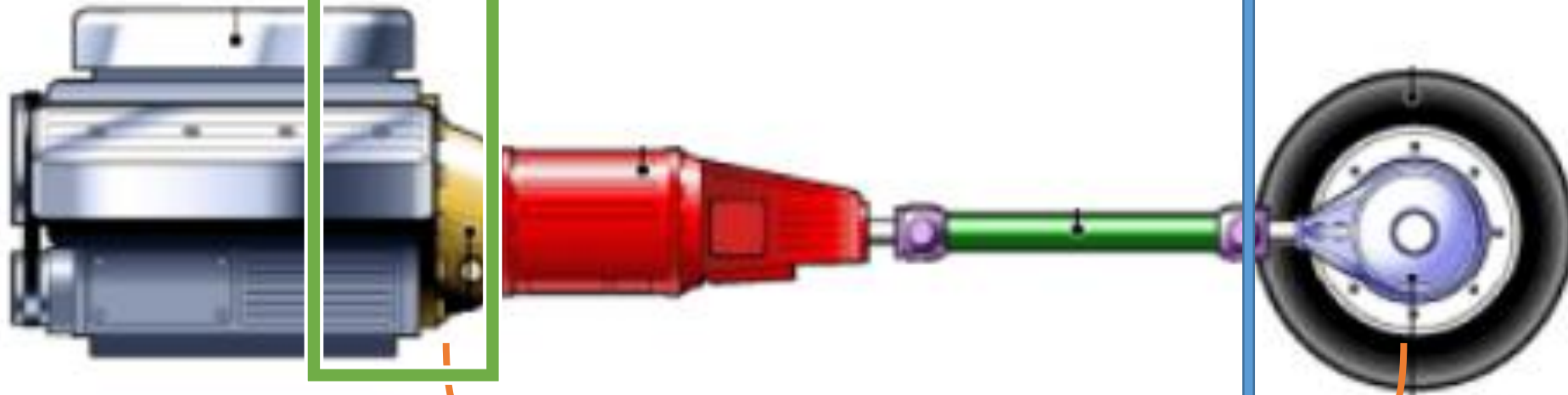
P_o – потребна снага на точковима за савладавање отпора

P_e – потребна ефективна снага мотора

η_{tr} - коефицијент искоришћења трансмисије

P_e – Ефективна снага мотора – снага на излазу из мотора

P_o – потребна снага на точковима за савладавање отпора (снага која стигне до точкава)



У току преноса снаге део снаге се губи!
Ефикасност система да пренесе снагу од мотора до точкава се изражава преко коефицијента искоришћења трансмисије (η_{tr})

Потребна снага за савладавање појединих отпора се може израчунати на основу следећих једначина. Добија се вредност снаге у [kW].

$$P_f = \frac{R_f \cdot v}{1000} = \frac{G \cdot f \cdot \cos \alpha \cdot v}{1000}$$

$$P_\alpha = \frac{R_\alpha \cdot v}{1000} = \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot v}{1000}$$

$$P_v = \frac{R_v \cdot v}{1000} = \frac{KA \cdot v^3}{1000}$$

$$P_i = \frac{R_i \cdot v}{1000} = \frac{\frac{\delta}{g} G \cdot a \cdot v}{1000}$$

v JE ПОТРЕБНО
ИЗРАЗИТИ У [M/S]

Укупну снагу на точковима (P_o) можемо за савлађивање свих отпора можемо израчунати као збир свих снага потребних за савлађивање појединих отпора:

$$P_o = P_f + P_\alpha + P_v + P_i$$

Или као

$$P_o = \frac{R_u \cdot v}{1000} \quad [kW]$$

$$\eta_{TR} = \frac{P_o}{P_e} = \frac{P_e - P_r}{P_e} < 1$$

Ефективна снага се може израчунати из једначине:

$$P_e = \frac{P_o}{\eta_{tr}}$$

Односно:

$$P_o = P_e \cdot \eta_{tr}$$

Одредити укупне отпоре за путничко возило чеоне површине $2,2m^2$ и фактора аеродинамичности $0,25$, које се креће брзином од $15 m/s$ и чија је маса $1200kg$. Возило се креће на хоризонталном путу и коефицијент отпора котрљања износи $0,02$. Узимамо у обзир да је убрзање земљине теже $10 m/s^2$.

Постављамо основну (почетну) једначину укупних отпора

$$R_U = R_f + R_v \pm R_a \pm R_i + R_p$$

Возило се креће ха хоризонталном путу што значи да не рачунамо отпор успона. Возило не убрзава и не кочи што значи да немамо ни отпор инерционих сила. Возило не вуче прикључно возило. Значи рачунамо само отпор котрљања и отпор ваздуха. Тако да једначина укупних отпора гласи:

$$R_u = R_f + R_v$$

$$G = m \cdot g$$

$$G = 1200 \cdot 10$$

$$G = 12000 \text{ N}$$

Рачунамо отпор котрљању:

$$R_f = G \cdot f$$

$$R_f = 12000 \cdot 0,02$$

$$R_f = 240 \text{ N}$$

Рачунамо отпор ваздуха:

$$R_v = \frac{\rho}{2} \cdot C_x \cdot A \cdot (V + W)^2$$

*Имајући у виду да су познате све вредности, исте уврстимо у израз.
Битно је напоменути да нема ветра тако да је $W=0$.*

$$R_v = \frac{1,25}{2} \cdot 0,25 \cdot 2,2 \cdot (15)^2$$

$$R_v = 77,34 \text{ N}$$

Рачунамо укупне отпоре

$$R_u = R_f + R_v$$

$$R_u = 240 + 77,34$$

$$\underline{R_u = 317,34 \text{ N}}$$