



# МОТОРНА ВОЗИЛА

Предметни наставник

Др Бранислав Александровић, дипл. инж.

професор струковних студија

Асистент

Васиљевић Саша, маст. инж. маш.

# Статус предмета и опште информације о предмету МОТОРНА ВОЗИЛА

**Статус предмета: ИЗБОРНИ ПРЕДМЕТ**

**НАЧИН ПОЛАГАЊА ЗАВРШНОГ ИСПИТА  
УСМЕНО ПОЛАГАЊЕ**

**Број ЕСПБ: 6**

**УСЛОВ ЗА СЛУШАЊЕ ИСПИТА:**

=

# НАСТАВА ИЗ ПРЕДМЕТА МОТОРНА ВОЗИЛА

ТЕОРИЈСКА НАСТАВА

ПРАКТИЧНА НАСТАВА

2

+

2

# УСЛОВ ЗА ПОЛАГАЊЕ ИСПИТА И ПРЕДИСПИТНЕ ОБАВЕЗЕ

Активност у току предавања

5 ПОЕНА

Практична настава

5 ПОЕНА

Колоквијум-и

20 ПОЕНА

Семинар-и

20 ПОЕНА

МИНИМАЛАН БРОЈ ПОЕНА ПОТРЕБАН ЗА ИЗЛАЗАК НА ИСПИТ ЈЕ 30!

**ЗАВРШНИ ИСПИТ СЕ ПОЛАЖЕ УСМЕНО** И МАКСИМАЛАН БРОЈ ПОЕНА НА УСМЕНОМ  
ИСПИТУ ЈЕ 50 ПОЕНА!

# ЦИЉ И ИСХОД ПРЕДМЕТА МОТОРНА ВОЗИЛА

## ЦИЉ ПРЕДМЕТА

СТИЦАЊЕ ЗНАЊА О ДРУМСКИМ МОТОРНИМ ВОЗИЛИМА (ВРСТЕ, ДИНАМИКА И ПОНАШАЊЕ У ВОЖЊИ КОНСТРУКЦИОНЕ, ЕКСПЛОАТАЦИОНЕ И БЕЗБЕДНОСНЕ КАРАКТЕРИТИКЕ И ФУНКЦИОНИСАЊУ ОСНОВНИХ СИСТЕМА), ИНЖЕЊЕРСКА АНАЛИЗА КАРАКТЕРИСТИКА ВОЗИЛА, РЕШАВАЊА БЕЗБЕДНОСНИХ ПРОБЛЕМА ВОЗИЛА, ИЗВОЂЕЊА ЛАБОРАТОРИЈСКИХ И ПУТНИХ ИСПИТИВАЊА И ОРГАНИЗОВАЊА ТРАНСПОРТА

## ИСХОД ПРЕДМЕТА

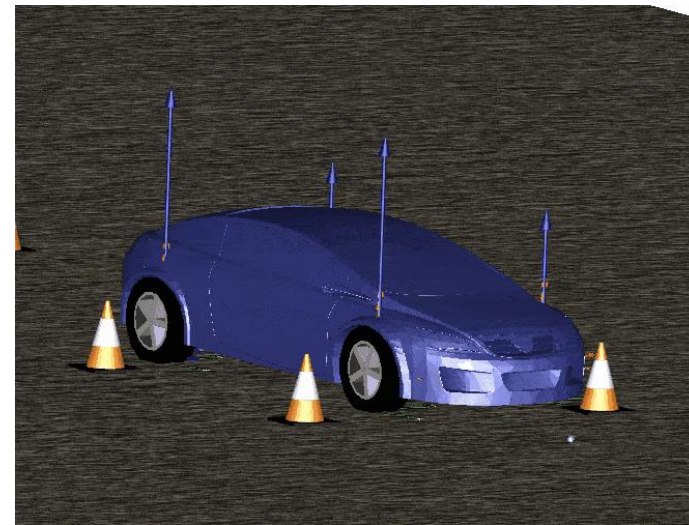
Студент разуме функционисање савременог возила и решава инжењерске проблеме из кретања, експлоатације и безбедности друмских моторних возила.

# ТЕМАТСКЕ ЦЕЛИНЕ У ЦИЉУ ПОСТИЗАЊА ИСХОДА И ЦИЉЕВА ПРЕДМЕТА

Историјски развој друмских моторних возила.



Динамичке реакција точка.



# ТЕМАТСКЕ ЦЕЛИНЕ У ЦИЉУ ПОСТИЗАЊА ИСХОДА И ЦИЉЕВА ПРЕДМЕТА

Стабилност возила.



Дефиниције возила и поделе.





# ТЕМАТСКЕ ЦЕЛИНЕ У ЦИЉУ ПОСТИЗАЊА ИСХОДА И ЦИЉЕВА ПРЕДМЕТА

Котрљање точка аутомобила и кочење аутомобила.



Управљање аутомобила.



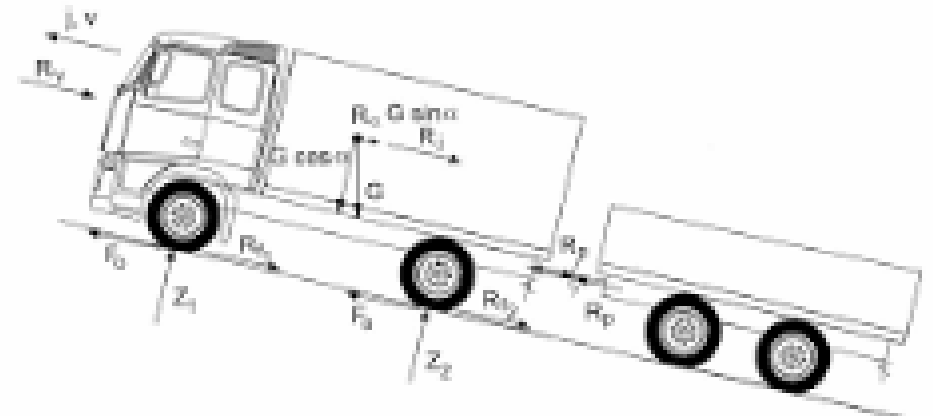


# ТЕМАТСКЕ ЦЕЛИНЕ У ЦИЉУ ПОСТИЗАЊА ИСХОДА И ЦИЉЕВА ПРЕДМЕТА

Безбедност аутомобила.



Силе отпора при кретању аутомобила



# Практична настава – аудиторне вежбе из предмета

## МОТОРНА ВОЗИЛА

Решавање практичних задатака из области отпора при кретању возила

Решавање практичних задатака из области динамичких реакција тла

Решавање практичних задатака из области расподеле маса и тежишта возила

Израда семинарског рада и презентирање резултата семинарског рада.

Приказ практичних примера.

ИТД.

# Препоручена литература

Ђорђевић М., Друмска моторна возила, Висока техничка школа струковних студија, Крагујевац, 2011, наставна публикација-скрипта.

Симић Д.; Моторна возила, Научна књига, Београд, 1988.

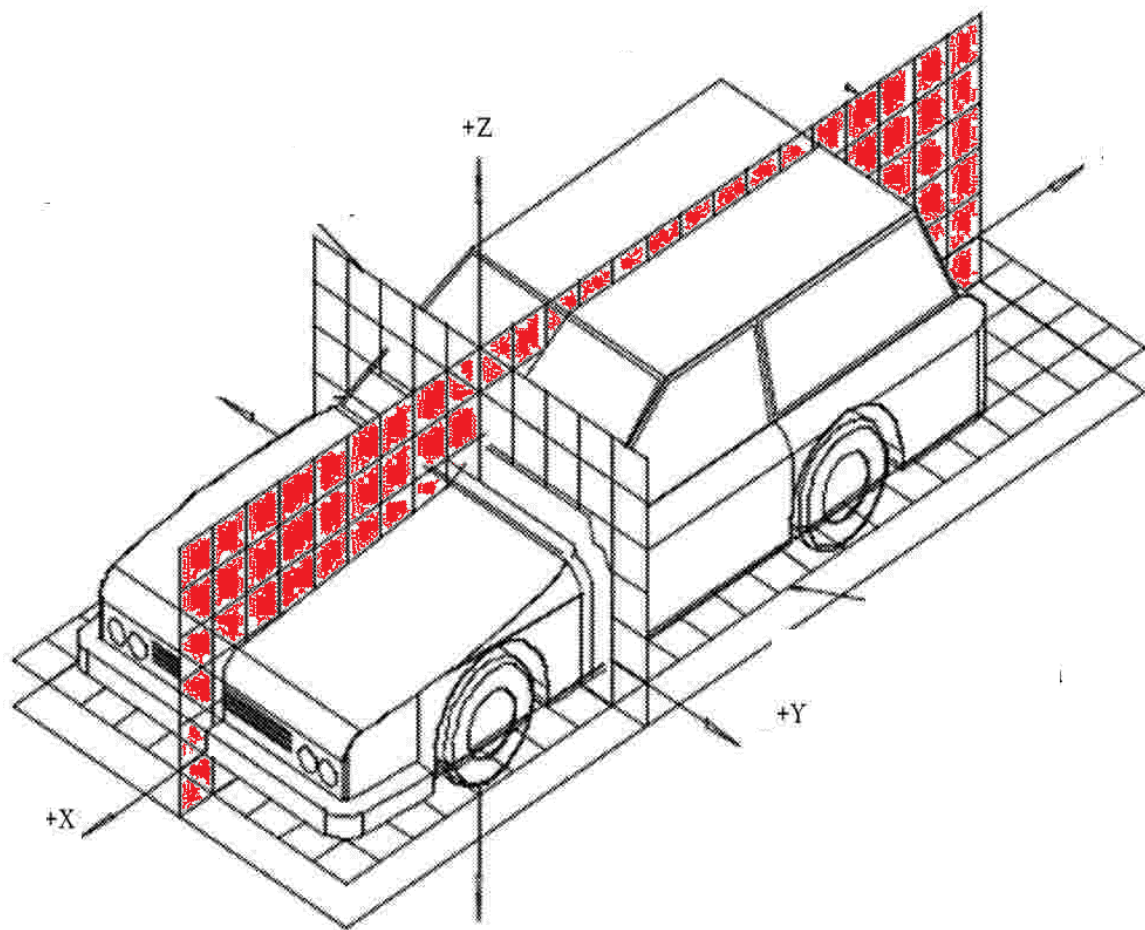
Јанићијевић Н., Јанковић Д., Тодоровић Ј.: Конструкција моторних возила, Машински факултет, Београд, 2000.

За израду семинарских радова и едукацију могуће је користити и другу литературу везану за МОТОРНА ВОЗИЛА.

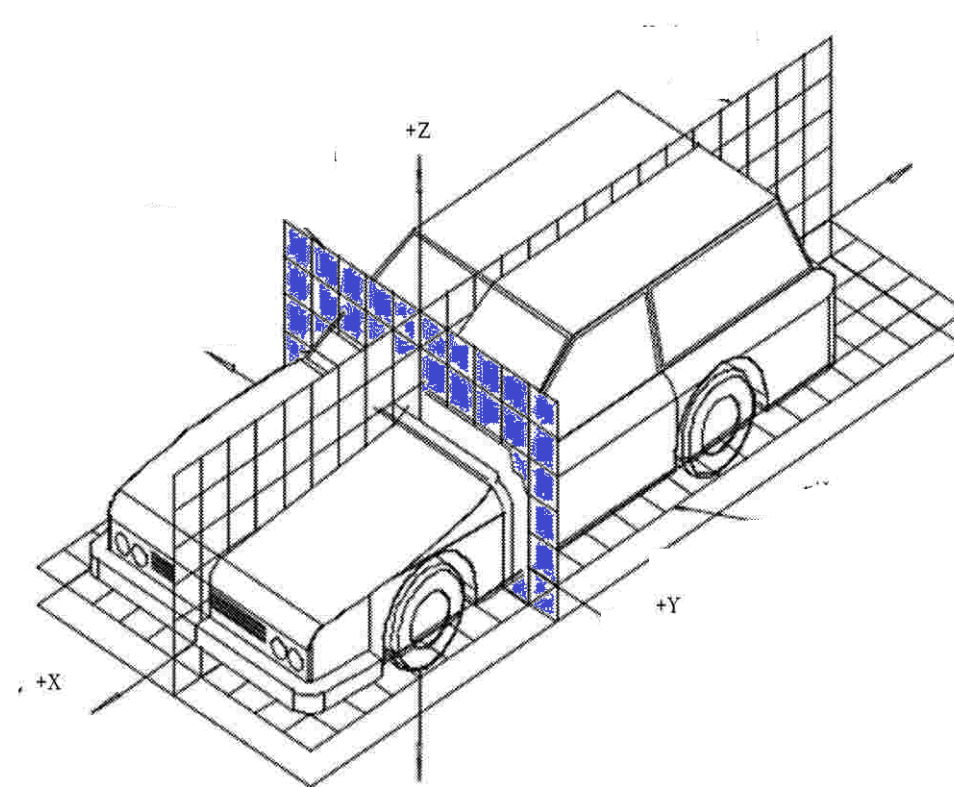
ТЕЖИШТЕ ВОЗИЛА  
И РАСПОДЕЛА  
ТЕЖИНА

# Можемо посматрати у

Подужној равни возила



Попречној равни возила



Возило представља сложен механички систем који се састоји од више целина, оптерећен не само сопственом масом, већ и масом путника и терета који превози. Сваки од наведених елемената има сопствено тежиште, тако да јединствено тежиште возила заправо представља место деловања резултанте свих појединачних сила тежине, које се одређује према правилима статике.

Понашања возила на путу, управљање, његове перформансе, али и понашање у току саобраћане незгоде, значајно су повезани са положајем тежишта возила. Стога произвођачи аутомобила у фази развоја врше мерења, али се ови подаци најчешће односе на празно возило са познатим распоредом оптерећења. Међутим, током коришћења возила распоред маса по основу положаја путника и терета може бити променљив. Сходно томе, када се оптерећење возила мења, долази и до промене положаја његовог тежишта. Стога произвођачи узимају ту чињеницу у обзир и врше бројна сложена путна испитивања и провере.

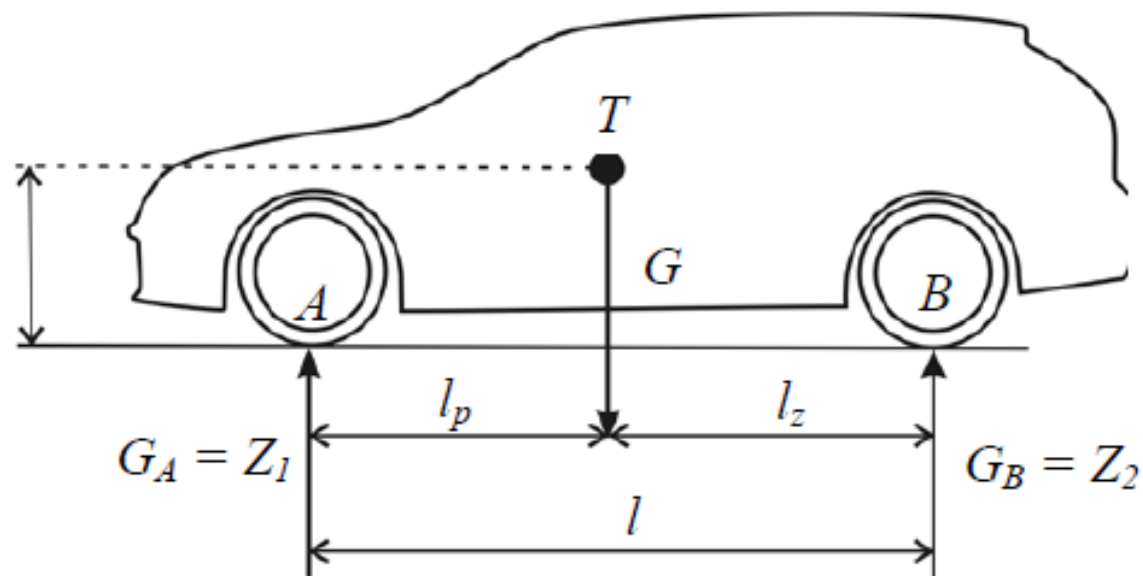
Код путничких возила, маса путника односно терета у односу на масу возила је обично таква да се промена положаја тежишта при промени оптерећења може занемарити, што није случај код теретних возила, где су разлике у маси празног и оптерећеног возила знатне.



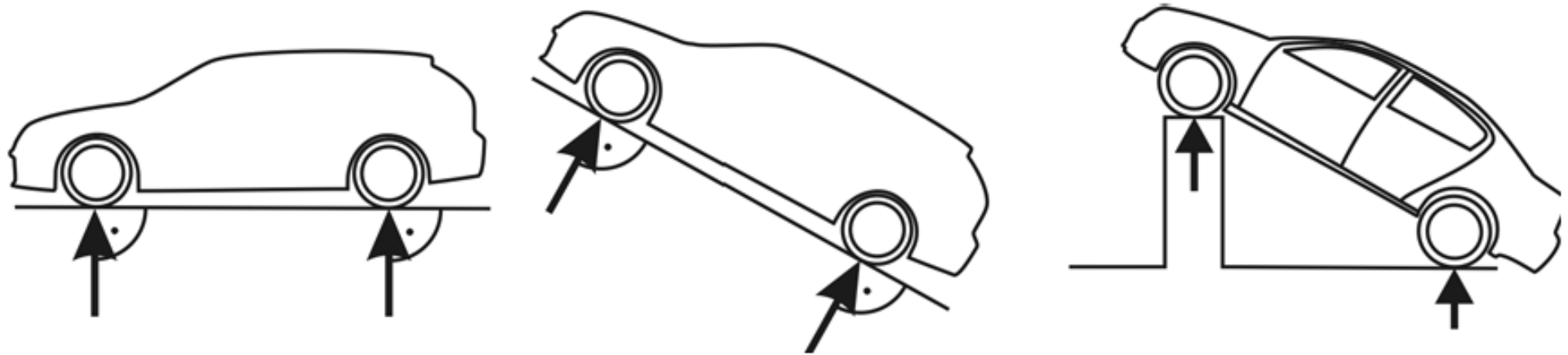
- За возило на хоризонталној подлози, изрази момената за тачке В и А су:

$$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow Z_1 \cdot l - G \cdot l_z = 0 \Rightarrow Z_1 = \frac{G \cdot l_z}{l} = G_A$$

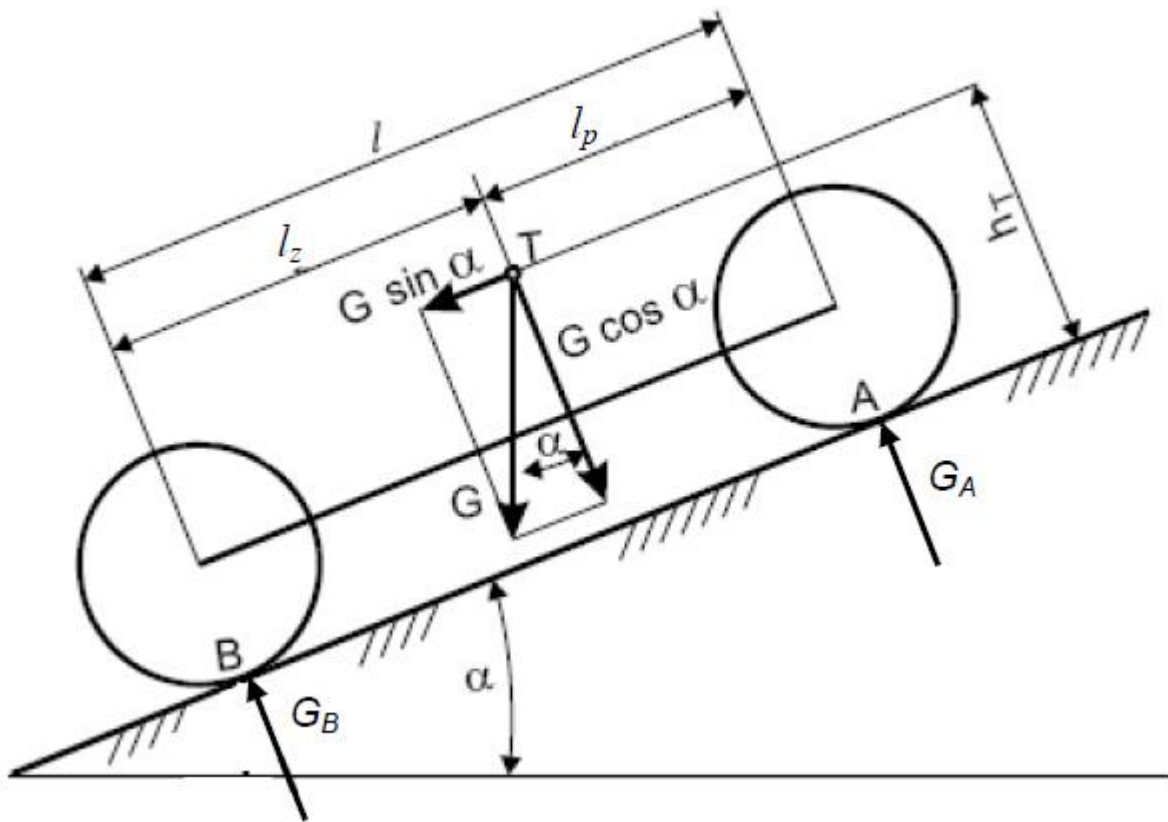
$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow Z_2 \cdot l - G \cdot l_p = 0 \Rightarrow Z_2 = \frac{G \cdot l_p}{l} = G_B$$



Осовинске реакције су по својој природи  
увек нормалне на подлогу!



За возило са четири точка на успону под углом  $\alpha$ , на основу једначина момената за тачке А и В реакције тла  $G_A$  и  $G_B$  су:



$$G_A = \frac{G \cdot l_z}{l} \cos \alpha - \frac{G \cdot h_T}{i} \sin \alpha$$

$$G_B = \frac{G \cdot l_p}{l} \cos \alpha + \frac{G \cdot h_T}{l} \sin \alpha$$

# Одређивање координата тежишта

За случај класичног возила (две осовине, 4 точка), а на основу претходно приказаних израза добијају се следеће релације:

$$\frac{l_p}{l_z} = \frac{G_B}{G_A}; \quad l_p = \frac{G_B}{G} \cdot l; \quad l_z = \frac{G_A}{G} \cdot l$$

Величине „ $l_p$ “ и „ $l_z$ “ називају се подужне координате тежишта. Ове координате се могу најједноставније одредити мерењем тежина  $G_A$ ,  $G_B$  и  $G$  аутомобила који је постављен на хоризонталној равни. При томе се предњи део, задњи део, односно цео аутомобил ослања на вагу која је у нивоу хоризонталног тла.

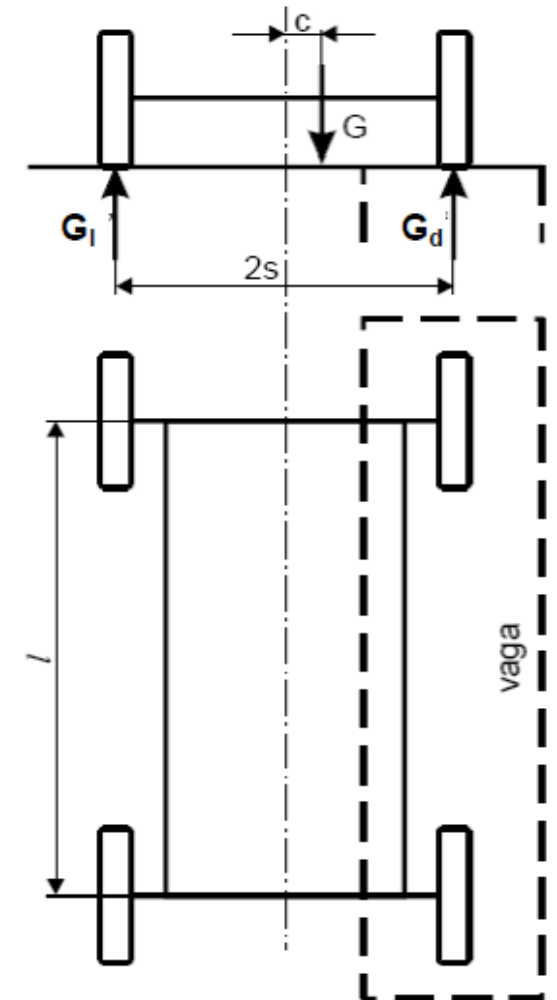
Трећа координата „с“, одређује се, такође, мерењем тежина према слици испод. Возило се једном страном ослања на хоризонталну подлогу док му је друга страна на ваги. На тај начин се одређују статичке реакције тла које делују на леве ( $G_l$ ) и десне ( $G_d$ ) точкове аутомобила.

- Из моментне једначине:

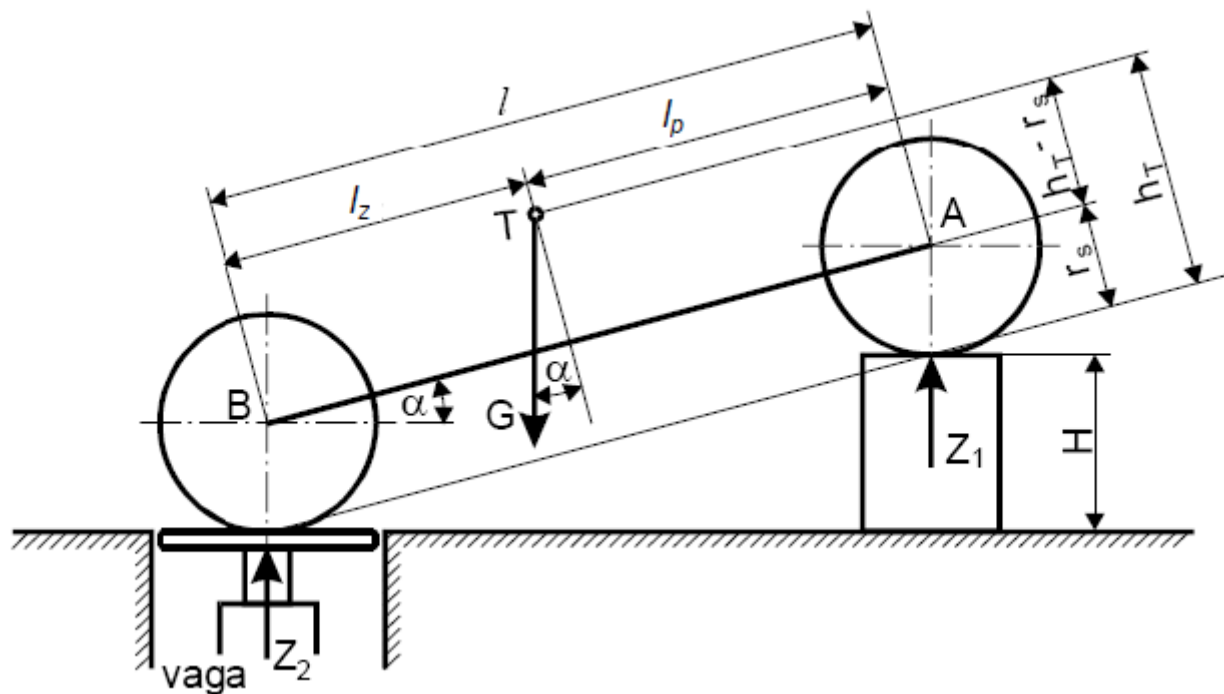
$$G_d \cdot 2 \cdot s - G(s + c) = 0$$

- Следи:

$$c = \left( 2 \cdot \frac{G_d}{G} - 1 \right) \cdot s$$

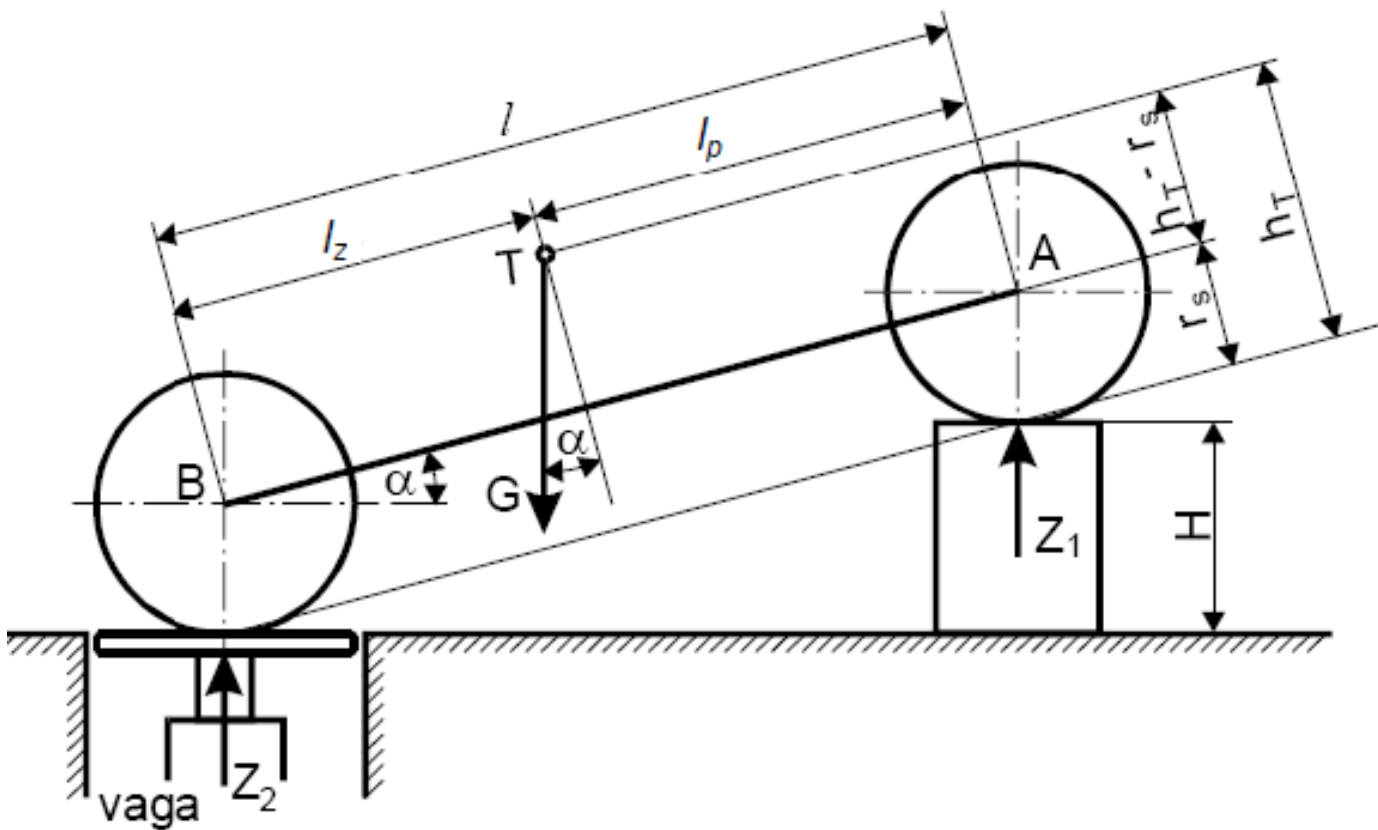


Одређивање висине тежишта  $h_T$  изнад хоризонталне подлоге обично се врши мерењем једног дела аутомобила (предњег или задњег), при подизању другог. Аутомобил се једним својим крајем навезе на вагу која чини део хоризонталне подлоге, а други део се ослања на хоризонталну подлогу. Сада се „блокира“ огибљење, па се део који је ван ваге подигне на одређену висину  $H$  која може лако да се измери. На следећој слици приказано је мерење када су подигнути предњи тоčkови.





На приказаној слици са  $l_p$  означено је растојање предње осовине од тежишта, а са  $l_z$  растојање од тежишта до осовине задњег точка.



Из услова равнотеже у односу на предњу осовину (A) имамо:

$$G \cdot l_p \cos \alpha + G \cdot (h_T - r_s) \sin \alpha - Z_2 \cdot l \cdot \cos \alpha = 0$$

$$G_B \cdot l + G (h_T - r_s) \operatorname{tg} \alpha - Z_2 \cdot l = 0$$

$$h_T = r_s + \frac{l}{G} \frac{Z_2 - G_B}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$h_T = r_s + l_p \cdot \left( \frac{Z_2}{G_B} \right) \operatorname{ctg} \alpha$$

ВУЧНЕ СИЛЕ

- Приликом кретања возила, на тачкове истог, дејствују силе реакције тла, које своје дејство, зависно од тога да ли је кретање праволинијско или по некој криволинијској путањи, испољавају у сва три правца:
  - хоризонталне или тангенцијалне силе на месту контакта са подлогом  $X_i$
  - вертикалне  $Z_i$
  - бочне  $Y_i$

Класични аутомобил са две осовине имао би следеће реакције тла:

- на предњој осовини  $X_1$ ,  $Y_1$  и  $Z_1$ ,
- на задњој осовини  $X_2$ ,  $Y_2$  и  $Z_2$ .



- Наведене силе настају као реакције тла на дејство сила од стране возила:
  - тежина возила  $G$
  - вучна сила на точку  $F_o$  (обимна сила), настала као последица доведеног вучног обртног момента на погонске точкове:

$$F_o = \frac{M_o}{r_d}$$

На возило делују следеће силе које треба у збиру да буду мање од вучне силе:

- силе отпора при котрљању  $R_f$
- силе отпора ваздуха  $R_v$
- силе отпора при успону  $R_\alpha$
- отпор инерцијалних сила  $R_i$
- сила отпора вуче приколице  $R_p$

Од напред наведених сила, сила отпора котрљању дејствује у равни тла, тако да нема посебног утицаја на оптерећење осовина.

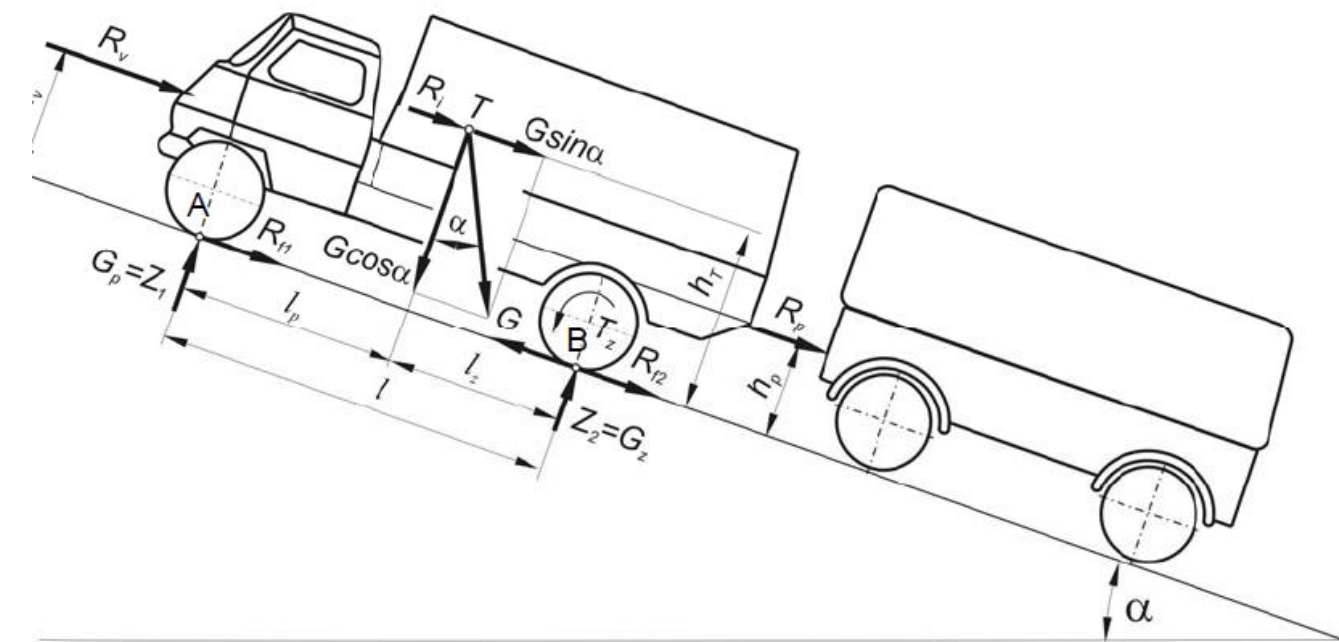
На основу слике, следи да су силе и моменти који дејствују на возило:

- У правцу кретања возила

$$F_o = R_{f1} + R_{f2} + R_v + R_i + G \sin \alpha + R_p$$

- У правцу нормално на тло

$$G \cos \alpha = Z_1 + Z_2$$

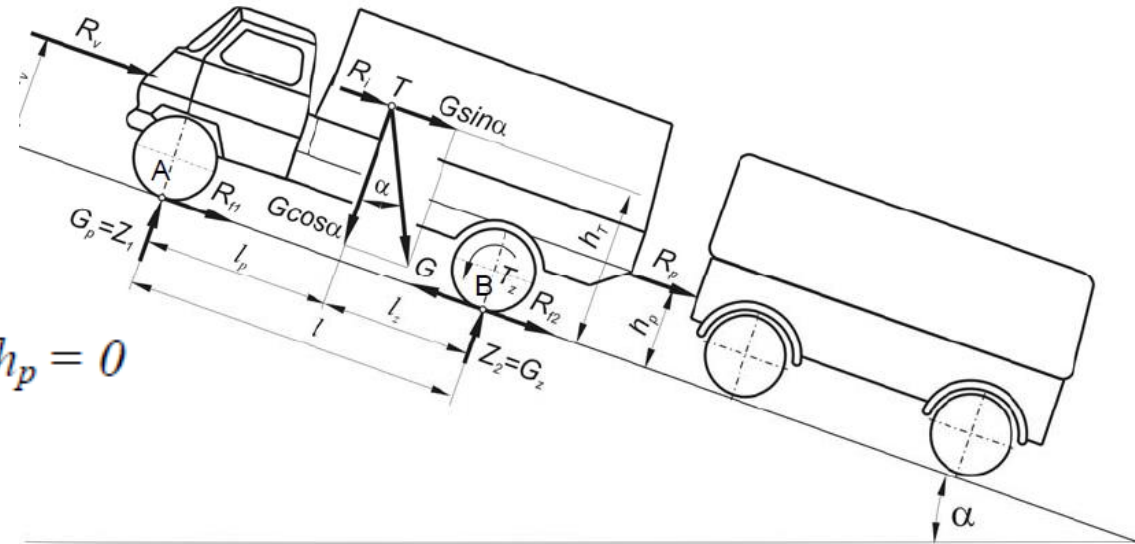


Сума момената за тачку ослоња предњих тачкова (A):

$$Z_2 \cdot l - G l_p \cdot \cos \alpha - G \cdot h_T \cdot \sin \alpha - R_i \cdot h_T - R_v \cdot h_v - R_p \cdot h_p = 0$$

Сума момената за тачку ослоња задњих тачкова (B):

$$Z_1 \cdot l - G l_z \cdot \cos \alpha + G \cdot h_T \cdot \sin \alpha + R_i \cdot h_T + R_v \cdot h_v + R_p \cdot h_p = 0$$



Следи да су реакције тла:

$$Z_1 = \frac{G \cdot l_z \cdot \cos \alpha - G \cdot h_T \cdot \sin \alpha - R_i \cdot h_T - R_v \cdot h_v - R_p \cdot h_p}{l}$$

$$Z_2 = \frac{G \cdot l_p \cdot \cos \alpha - G \cdot h_T \cdot \sin \alpha + R_i \cdot h_T + R_v \cdot h_v + R_p \cdot h_p}{l}$$

$(h_T \approx h_v \approx h_p)$

$$Z_1 = \frac{l_z}{l} G \cos \alpha - \frac{h_T}{l} (F_o - R_f)$$

$$Z_2 = \frac{l_p}{l} G \cos \alpha - \frac{h_T}{l} (F_o - R_f)$$



# НАЈВЕЋЕ ВУЧНЕ СИЛЕ НА ТОЧКОВИМА И РЕАКЦИЈЕ ТЛА

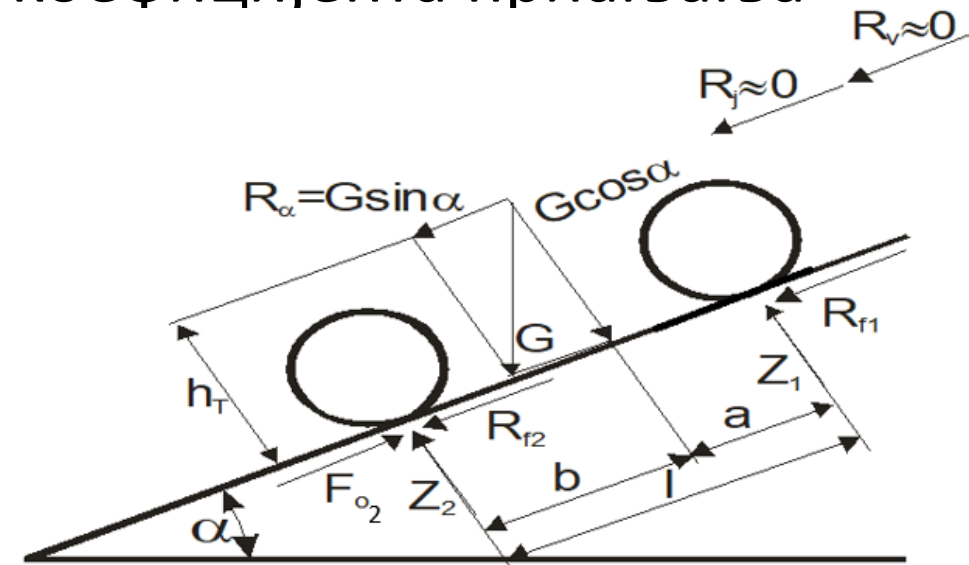
## Погон на задњим точковима

- Максимална тангенцијална реакција погонских точкова може да достигне вредност:

$$F_o \approx X_2 \approx Z_2 \cdot \varphi$$

- Заменом познатих чланова реакција тла и коефицијента приањања добија се:

$$(F_{o2})_{max} = \varphi \frac{G(l_p - h_T \cdot f) \cos \alpha}{l - h_T \cdot \varphi}$$



# НАЈВЕЋЕ ВУЧНЕ СИЛЕ НА ТОЧКОВИМА И РЕАКЦИЈЕ ТЛА

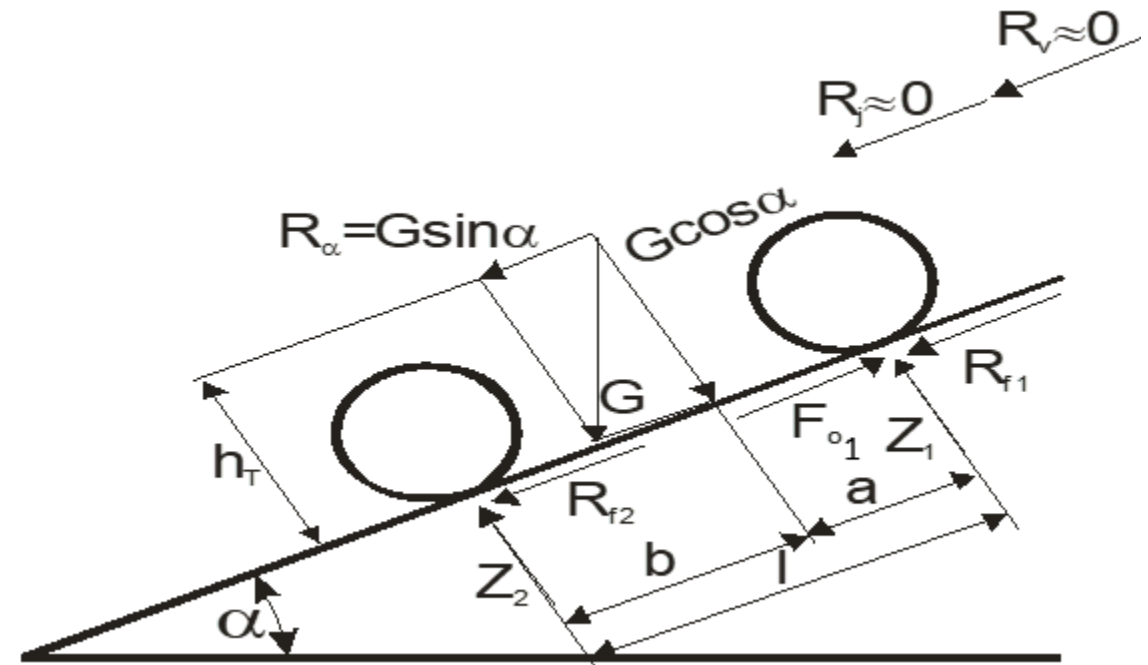
## Погон на предњим точковима

- Аналогно претходном добија се:

$$Z_1 = \frac{G \cdot (l_z + h_T \cdot f) \cdot \cos \alpha}{l + h_T \cdot \varphi}$$

$$Z_1 = \frac{G[l_p - h_T \cdot (\varphi - f)] \cdot \cos \alpha}{l + h_T \cdot \varphi}$$

$$(F_{o1})_{max} = \varphi \frac{G(l_z + h_T \cdot f) \cos \alpha}{l + h_T \cdot \varphi}$$

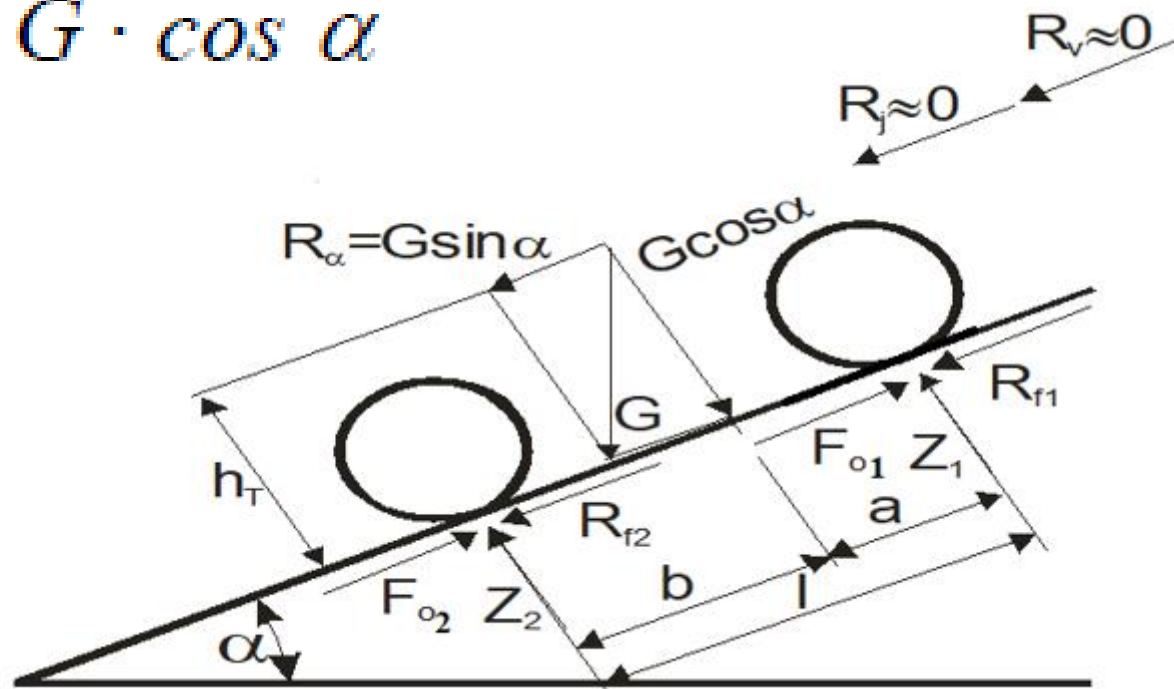


# НАЈВЕЋЕ ВУЧНЕ СИЛЕ НА ТОЧКОВИМА И РЕАКЦИЈЕ ТЛА

Погон на сва четири точка:

- У овом случају највећа вучна сила износи:

$$(F_{o4})_{max} = \varphi \cdot G \cdot \cos \alpha$$



# ГРАНИЧНЕ ВРЕДНОСТИ КРЕТАЊА

- Граничне вредности кретања возила могу да се посматрају са два аспекта:
  - да ли уграђени мотор може да развије довољну снагу за савладавање отпора кретању
  - које су максималне вредности вучних сила са аспекта преношења истих од точка на коловоз, односно која је највећа адхезиона сила која може да се оствари при контакту точка и коловоза.

Максимална брзина

Максимални могући успон

Максималано убрзање

$$R_v \approx 0$$

$$Ri = 0$$

# Максимални могући успон

Погон на задњим точковима

$$\operatorname{tg} \alpha = \varphi \frac{l_p - h_T \cdot f}{l - h_T \cdot \varphi} - f$$

→

$$p[\%] = 100 \frac{\varphi \cdot l_p - l \cdot f}{l - h_T \cdot \varphi}$$

Погон на предњим  
точковима

$$\operatorname{tg} \alpha = \varphi \frac{l_z + h_T \cdot f}{l + h_T \cdot \varphi} - f$$

→

$$p[\%] = 100 \frac{\varphi \cdot l_z - l \cdot f}{l + h_T \cdot \varphi}$$

Погон на сва четири точка

$$\operatorname{tg} \alpha = \varphi - f$$

→

$$p[\%] = 100(\varphi - f)$$

# Максимална могућа брзина возила

$$R\alpha = Ri = 0$$

Погон на задњим точковима

$$v_{max} = \sqrt{\frac{G(\varphi \cdot l_p - l \cdot f)}{K \cdot A(l - h_T \cdot \varphi)}} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Погон на предњим  
точковима

$$v_{max} = \sqrt{\frac{G(\varphi \cdot l_z - l \cdot f)}{K \cdot A(l + h_T \cdot \varphi)}} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Погон на сва четири точка

$$v_{max} = \sqrt{\frac{G(\varphi - f)}{K \cdot A}} \left[ \frac{m}{s} \right]$$



# Максимално могуће убрзање возила

$$R_v \approx 0$$

$$R_\alpha \approx 0$$

Погон на задњим точковима

$$a_{max} = \frac{g(l_p \cdot \varphi - f \cdot l)}{l - h_T \cdot \varphi} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

Погон на предњим  
точковима

$$a_{max} = \frac{g(l_z \cdot \varphi - f \cdot l)}{l + h_T \cdot \varphi} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

Погон на сва четири точка

$$a_{max} = \frac{g(l_p \cdot \varphi - f \cdot l)}{l - h_T \cdot \varphi} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

# СИЛЕ ОТПОРА ПРИ КРЕТАЊУ ВОЗИЛА

У најопштијем случају силе отпора које дејствују на возило у кретању могу се поделити на унутрашње и спољашње силе отпора. Под унутрашњим силама отпора подразумевају се све силе које дејствују при преносу снаге од мотора до точка, како инерционе, тако и силе трења елемената трансмисије. Стога се ове силе отпора и зову унутрашњим силама. Њихово дејство се може са довољном тачношћу апроксимирати степеном корисности трансмисије, тако да ће се у даљем разматрању узимати као ефективна сила вуче, она која се добија на погонским точковима возила.

Спољашње силе отпора се могу поделити на:

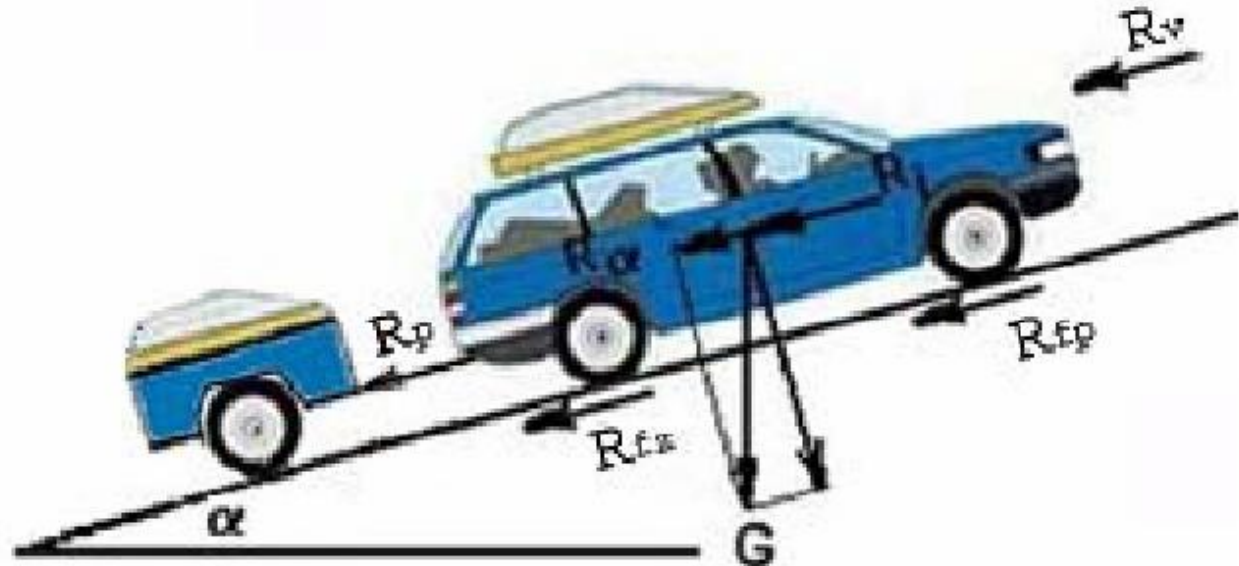
- Силе отпора при кретању возила из места
- Силе отпора при стационарном и нестационарном кретању

Силе отпора при кретању возила из стања мировања (покретање возила из места) зависе од стања коловоза, пнеуматика и масе возила, а потичу од пластичних и еластичних деформација подлоге, еластичних деформација точкова и инерционих сила као и силе отпора убрзању.

- Пример општег случаја:

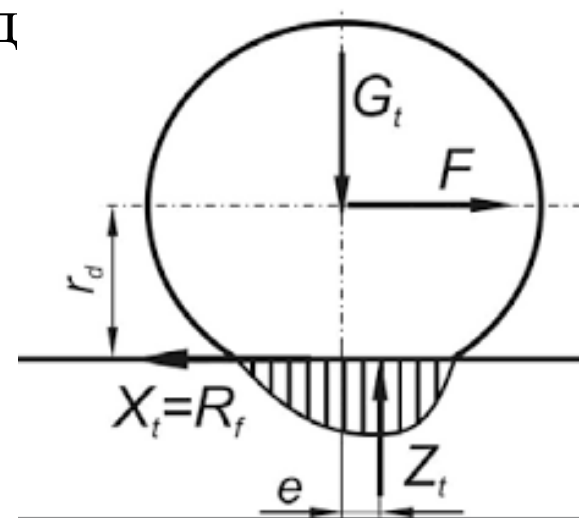
- За општи случај се претпостави кретање возила устаљеном брзином, на успону, а возило вуче приколицу. Кретању возила се супротстављају следеће силе отпора:

- силе отпора при котрљању  $R_f$
- силе отпора ваздуха  $R_v$
- силе отпора од успона  $R_\alpha$
- отпор инерцијалних сила  $R_i$
- сила отпора вуче приколице  $R_p$



# СИЛА ОТПОРА ПРИ КОТРЉАЊУ, $R_f$

- Приликом разматрања котрљања еластичног точка по тврдој подлози закључено је да се активној сили, која проузрокује котрљање, супротставља сила отпора котрљању која је резултат појединачно ангажованих сила на савлађивању отпора услед:
  - унутрашњег трења у пнеуматику (при деформацијама),
  - клизања елемената пнеуматика по површини котрљања,
  - контакт („лепљење“) пнеуматика о површину котрљања итд



# СИЛА ОТПОРА ПРИ КОТРЉАЊУ, $R_f$

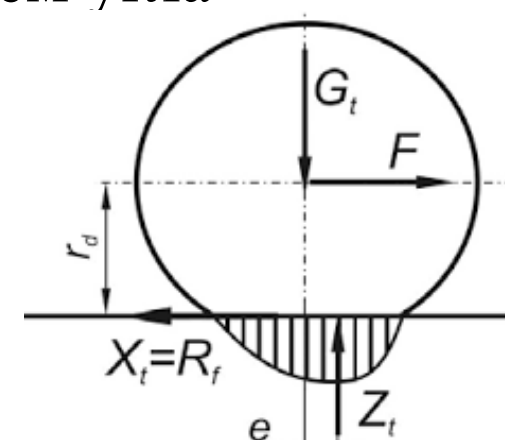
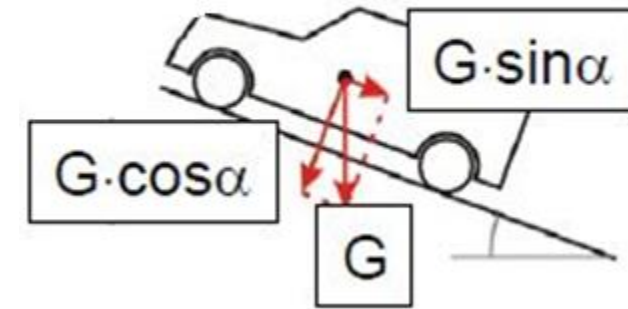
Укупна сила отпора при котрљању точкова аутомобила по хоризонталном тлу је:

$$R_f = f \cdot \Sigma Z_T = f \cdot G$$

За кретање аутомобила на успону, укупни отпор при котрљању:

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

где је производ  $G \cos \alpha$  једнак збиру нормалних реакција тла које дејствују на точкове аутомобила. Очигледно је да се са повећањем угла нагиба подлоге смањује сила отпора при котрљању.



# СИЛА ОТПОРА ПРИ КОТРЉАЊУ, $R_f$

- Коефицијент отпора при котрљању у изразима обухвата и друге губитке који су везани за кретање возила, а поменути су на почетку овог поглавља (трење у лежиштима, разни други унутрашњи отпори и сл.), као и губици услед неравнина пута, трења код вученог возила и др.
- Коефицијент отпора котрљању зависи од пута, пнеуматика, притиска у пнеуматцима, ...

# СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, $R_v$

Отпор ваздуха, односно ветра заузима значајно место, тако да се облику возила, односно аеродинамичности, посвећује посебна пажња. Наведени отпор је значајни фактор који утиче на потрошњу горива и динамичко понашање возила на путу. Посебна пажња се такође посвећује и конструкцији облика бочних површина, с обзиром да сила бочног ветра не дејствује у тежиште површине. Сила делује у метацентар бочне површине, тако да од међусобног положаја тежишта возила и метацентра бочне површине, зависи каква ће бити стабилност возила на бочни ветар.





# СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, $R_v$

Правац силе отпора ваздуха зависи такође и од правца природног струјања ваздуха односно правца ветра. Интезитет резултујуће брзине ваздушне струје износи:

$$v_v = \sqrt{v^2 + w^2 + 2vw \cos \tau}$$

где су:

- $V[m/s]$ ;  $[km/h]$  брзина кретања возила
- $W[m/s]$ ;  $[km/h]$  брзина ветра
- $\tau [^\circ]$  - угао који заклапа смер ветра са смером кретања возила

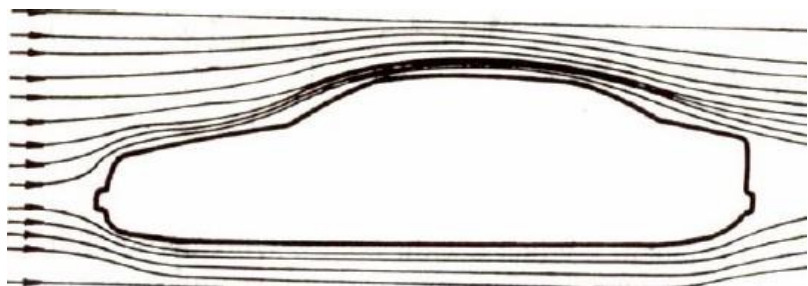
# СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, $R_v$

У општем случају укупан отпор ваздуха може да се подели на:

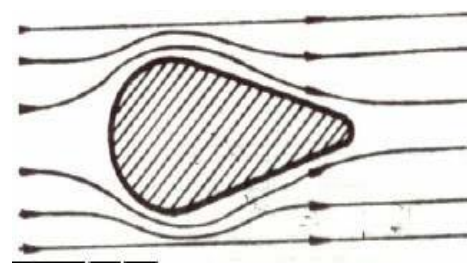
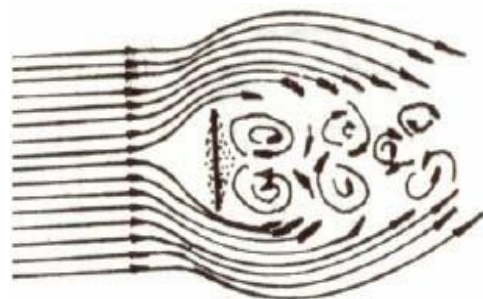
- Чеону силу отпора ваздуха која износи око 65% од укупне силе отпора ваздуха;
- Отпор површинског трења (тангенцијални отпор), који настаје услед трења честица ваздуха о бочне површине возила, који чини око 10% од укупног отпора ваздуха;
- Отпор прострујавања, као компонента отпора услед проласка ваздуха кроз унутрашњост возила (систем за проветравање, пролазак кроз хладњак мотора и слично), који износи око 10% од укупног отпора ваздуха и
- Отпор дисконтинуитета површине возила (прекидне зоне површине возила), који износи око 15% од укупног отпора ваздуха.

# СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, $R_v$

Управо из ових разлога, у процесу конструисања возила се велика важност придаје облику односно аеродинамичности возила.



У стварности прекидне зоне утичу на јављање вртлога из тих површина, које поред повећања отпора кретању, повећавају и буку возила



# СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, $R_v$

Математички израз, којим се израчунава отпор ваздуха при кретању возила је:

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

Где су:

$c_x$  [ - ] – фактор аеродинамичности

$\rho$  [  $kg/m^3$  ] – густина ваздуха,

$A$  [  $m^2$  ] – површине чеоних делова возила (површина пројекције чеоне површине на управну раван)

$v$ ;  $w$  [  $m/s$  ]; [  $km/h$  ] – резултујућа брзина возила односно ветра

$n$  [ - ] – експонент који зависи од брзине, (за вредност „дозвучних брзина“  $n = 2$ ),

Сменом "константних" коефицијената у изразу коефицијентом отпора ваздуха:

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

слиди

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

# СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, $R_v$

За случаје, када се температура ( $T$ ) и притисак ваздуха ( $B$ ) разликују од нормалних вредности ( $p = 1015 \text{ bar}$ ,  $T = 20^\circ\text{C}$ ), користи се кориговани израз за густину ваздуха:

$$\rho = 1,25 \cdot \frac{B}{1015} \cdot \frac{293}{T}$$

Најчешће величине чеоних површина возила се израчунавају из приближног израза:

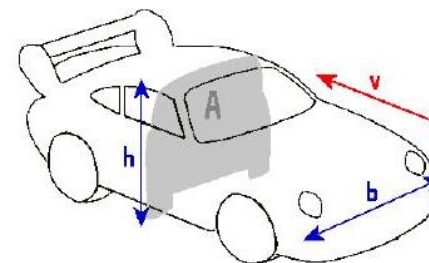
- за путничка возила:  $A = 0,78 \cdot b \cdot h \text{ [m}^2\text{]}$
- за теретна возила и аутобусе:  $A = (0,96-1,1) \cdot h \cdot c_x \text{ [m}^2\text{]}$  или  $A = 0,9 \cdot h \cdot b \text{ [m}^2\text{]}$

где су:

$b$  - ширина возила

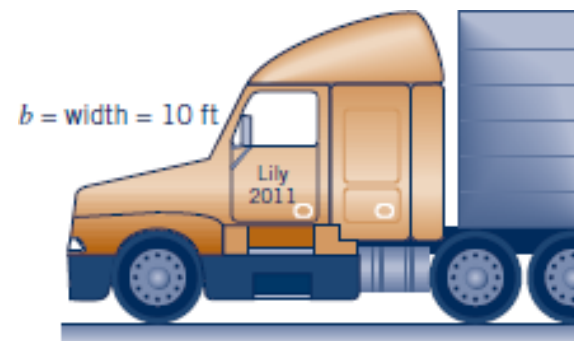
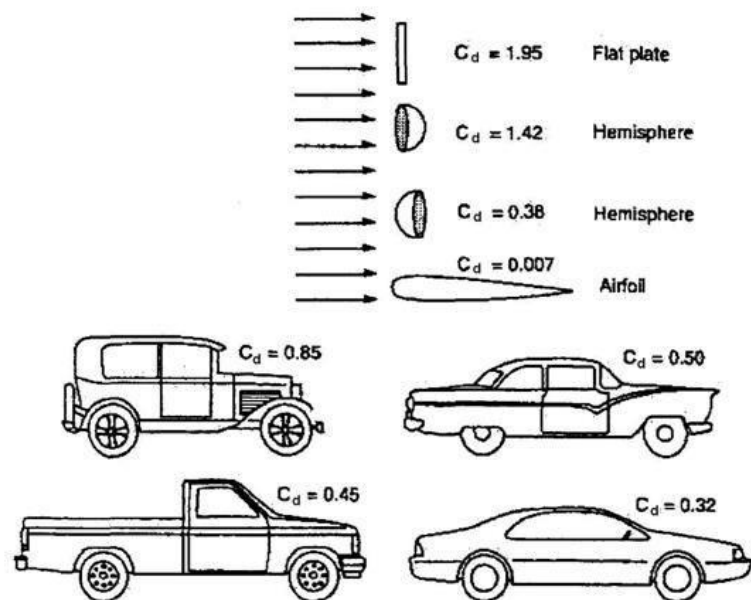
$h$  - висина возила

$c_x$  - предњи траг возила



# СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, $R_v$

Коефицијент аеродинамичности возила ( $C_x$ ) је такође веома утицајна величина, која може тачно да се одреди само испитивањем у аеродинамичном тунелу. Утицајне величина на исту су многобројне, почев од глобалног облика каросерија, па до утицаја разних промена облика и прекидних зона струјања, отвора за прострујавање ваздуха и сличног. Испитивања су показала да и поједини спољни елементи као ретровизори, брисачи стакала чак и антене радио пријемника имају знатног утицаја на укупан коефицијент аеродинамичности и појаву буке и шума код возила.



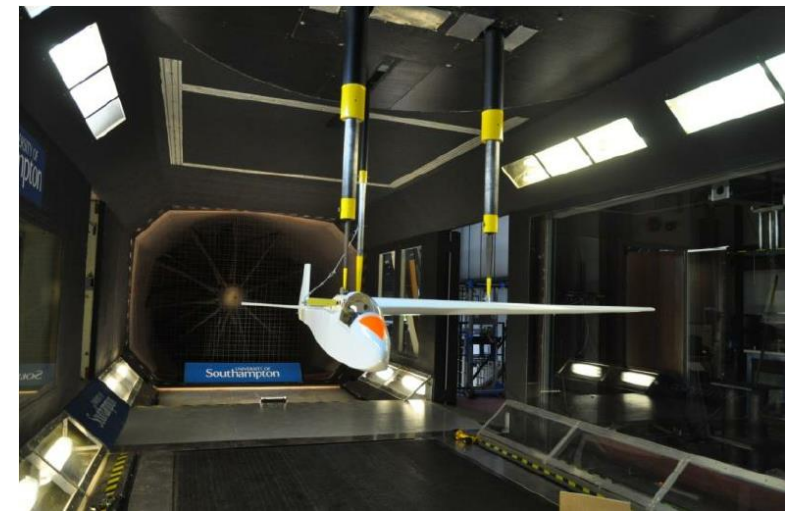
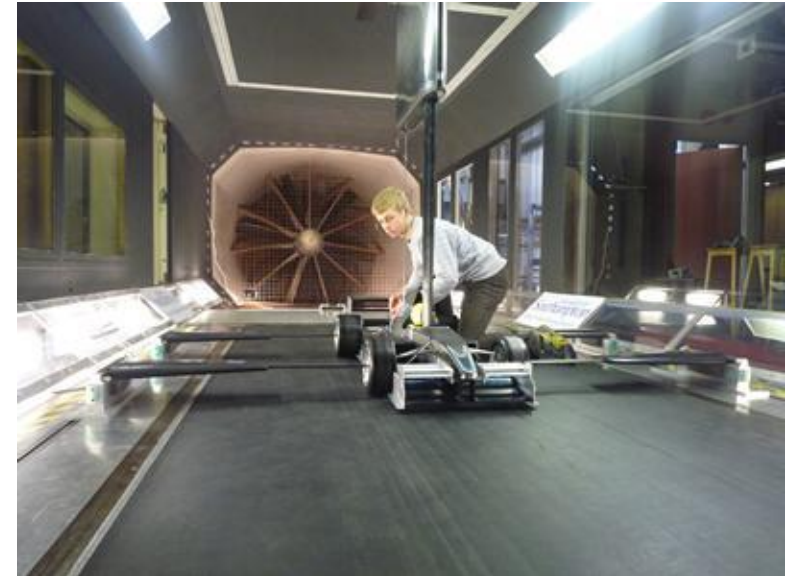
(a)  $C_D = 0.70$



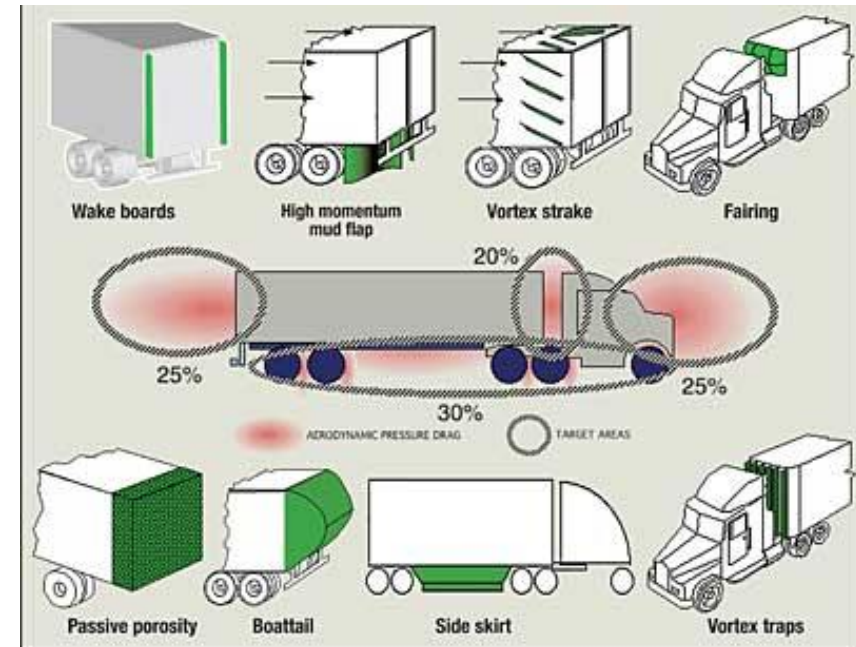
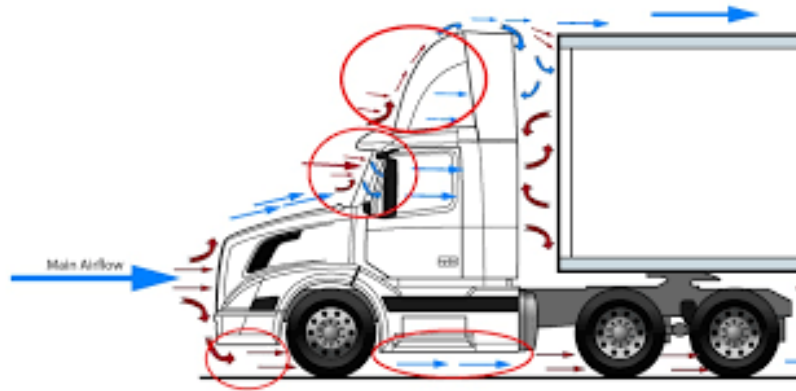
(b)  $C_D = 0.96$



# Испитивање аеродинамичности



# СИЛА ОТПОРА ВАЗДУХА, $R_v$



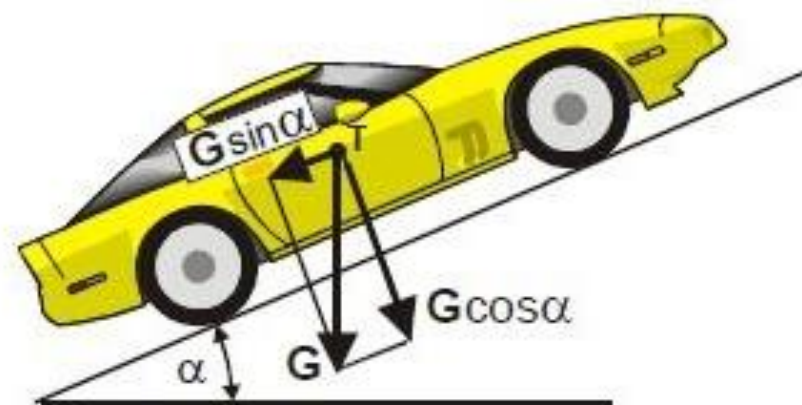


# СИЛА ОТПОРА КРЕТАЊА НА УСПОНУ, $R_\alpha$

Приликом израчунавања силе отпора возила, услед успона, потребно је силу тежине возила, која дејствује у тежишту, разложити на компоненте - једна у правцу управном на подлогу и другу паралелном са подлогом. Управо та сила, која је паралелна са подлогом представља отпор возила на успону. За вредности малих углова, може се узети да је:

$$R_\alpha = G \cdot \sin \alpha \approx G \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

За возила са приколицом, укупан отпор услед кретања на успону једнак је збиру отпора за вучно возило и за приколицу.

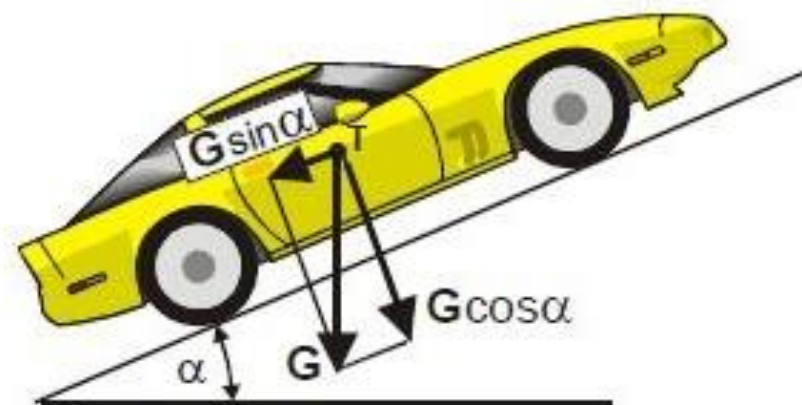


# СИЛА ОТПОРА КРЕТАЊА НА УСПОНУ, $R_{\alpha}$

Како отпор успона и отпор котрљања зависе од тежине возила и карактеристика пута (коефицијента отпора котрљању и угла успона), може да се постави једнакост укупних сила отпора пута као:

$$R_u = R_f + R_{\alpha} = G \cdot f \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha$$

Смањивање отпора пута је стални тренд произвођача возила али и квалитета извођења путева. Постоји стална тежња, да се при изградњи путева успони смање градњом мостова, просецањем или градњом тунела. У процесу конструкције возила, постоји тенденција, да се смањи маса возила, употребом лаких метала, пластике и композитних структура.



# ОТПОР ИНЕРЦИОНИХ СИЛА, $R_i$

Приликом убрзаног или успореног кретања возила, као последица другог Њутновог закона, јавља се сила отпора убрзању, односно успорењу, позната као „инерциона сила“, чије је дејство из тежишта возила. Ова сила има смер увек супротан од смера кретања возила. У процесу убрзања/успорења потребно је убрзати/успорити како транслаторне, тако и ротационе масе. У том процесу маса аутомобила ( $m$ ) добија транслаторно, док систем замајац-точкови ротационо убрзање/успорење. Услед тога, укупна инерциона сила је збир сила насталих од ових двеју маса:

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

Овде су:

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

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

Отпор услед транслаторног убрзавања масе возила је:

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

Где су:

$m$  – маса возила;

$a$  – убрзање при транслаторном кретању возила

# ОТПОР КРЕТАЊУ ПРИКОЛИЦЕ, $R_p$

Приликом прорачуна збирних отпора возила, уобичајено је, да се отпор кретању приколице сматра отпором кретању целог возила. Ово произилази уз чињенице да у изразима, који важе за отпоре котрљању и отпоре на успону, члан  $G$  треба заменити збиром тежине вучног возила и тежине приколице, док код отпора убрзању, односно инерционим силама, члан „ $m$ ”, којим се дефинише маса, треба узети као збир маса вучног возила и приколице. Укупан отпор ваздуха теретних возила са приколицом повећава се за око 25 до 30%, док је за путничка возила, која вуку лаке приколице, отпор ваздуха знатно мањи и не прелази 10 до 15 %, а зависно од величине приколице и облика поклопца исте. Наравно, за случајеве вуче камп приколице путничким возилом, где је чеона површина приколице већа од чеоне површине возила, а маса приколице чак и блиска маси возила, укупан отпор возила се повећава за око 25 до 30% у односу на отпор самог возила (као за теретно возило). Изузетно у случајевима кретања тегљача, односно специјалних вучних возила који вуку посебне терете, отпори кретању вученог возила се посебно рачунају и додају се вучном возилу као сила на потезници.



# Удео појединих отпора у укупној потрошњи горива

