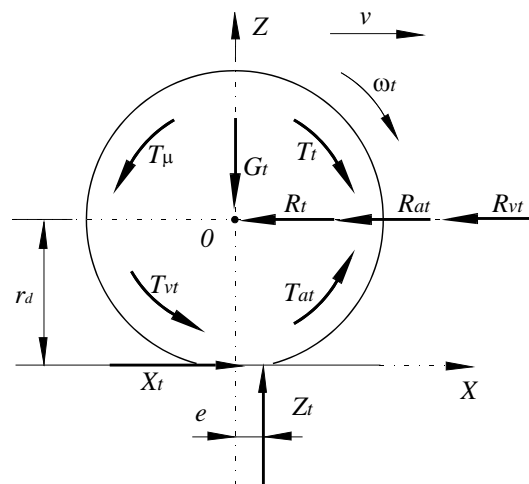


МИЛАН КОСЕВСКИ

ЗБИРКА ЗАДАЧИ ПО ТЕОРИЈА НА ДВИЖЕЊЕТО НА МОТОРНИТЕ ВОЗИЛА



Скопје, 2016

Одобрено од УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ како учебно
помагало

Рецензенти:

Проф. д-р Дарко Данев

Доц. д-р Александар Костиќ

Милан Ќосевски

Збирка задачи по теорија на движењето на моторните возила /

Милан Ќосевски , - Скопје:

Машински факултет , 2016

ISBN 978-608-4624-23-3

СОДРЖИНА

| | Стр. |
|---|------|
| 1. Тркалање | 1 |
| 2. Сили кои го оптоваруваат возилото | 18 |
| 3. Сили и динамика за друмско возило со механички преносник | 34 |
| 4. Сили и динамика за трактори | 68 |
| 5. Сили и динамика на возило со хидродинамички преносник | 79 |
| 6. Кочење | 86 |
| 7. Стабилност и комбинирани задачи | 119 |
| 8. Задачи за вежбање | 137 |

ЗАДАЧА 1.1:

Еластично погонско тркало се тркала по крута хоризонтална подлога. Познати се следните податоци:

- Делот од масата на возилото, вклучително масата на тркалото која го оптоварува тркалото $m = 500 [kg]$,
- Масата на тркалото со оската $m_t = 30 [kg]$,
- Хоризонтална сила од отпорот на надградбата $R_t = 1000 [N]$,
- Коефициент на прилепување $\varphi = 0,6$,
- Коефициент на отпор на тркалање $f = 0,02$,
- Момент на инерција на тркалото $J_t = 8 [kgm^2]$,
- Динамички полупречник на тркалото $r_d = 0,34 [m]$.

Потребно е да се определи:

а) Колкав погонски вртежен момент T_t , односно периферна сила на тркалото е потребен за да се совлада отпорот R_t при рамномерно тркалање на тркалото? Колкава е притоа тангентната реакција на тлото X_t ?

б) Исто како под а), само при забрзано движење на тркалото со трансляторно забрзување од $a = 2 [m/s^2]$.

в) До која граница може да се зголемува отпорот од наградбата R_t , а да не дојде до пролизгување на тркалото при рамномерно и при забрзано движење?

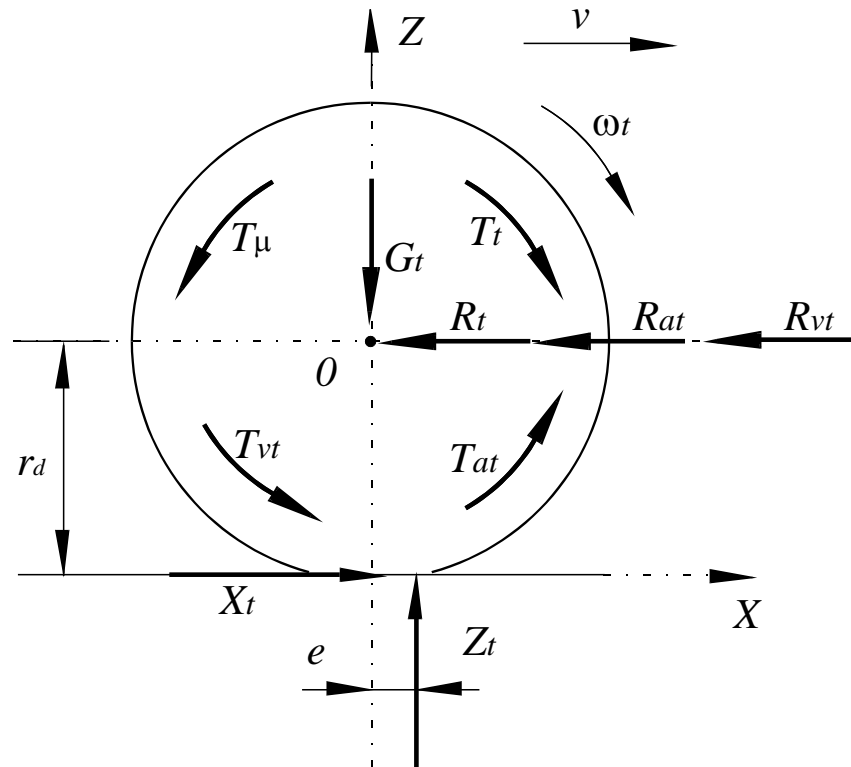
г) Кој услов мора да е исполнет за да тркалото престане да биде погонско?

д) Во кои граници може да се движи вредноста на погонскиот момент за да тркалото се тркала без пролизгување?

ѓ) Колкава погонска силина е потребно да се доведе на тркалото за случајот под а), ако брзина на движење изнесува $v = 2 [m/s]$?

Решение :

На сл. 1.1.1. е дадена шема на тркалото, силите и моментите што дејствуваат на него.



Сл. 1.1.1

Применетите ознаки значат:

$T_{at} = I_t \frac{d\omega_t}{dt}$ - момент на отпор поради инерцијалниот момент на тркалото во услови на променлива аголна брзина.

$R_{at} = m_t \frac{dv}{dt}$ - инерцијална сила на тркалото поради појава на трансляторно забрзување.

R_{vt} - отпор на воздухот на тркалото ($R_{vt} \approx 0$).

$T_{\mu t}$ - момент на триење во лежиштата на тркалото ($T_{\mu t} \approx 0$).

$$F_t = \frac{T_t}{r_d} = \frac{373,4}{0,34} = 1098 \quad [N]$$

$$X_t = R_t = 1000 \quad [N]$$

б) при забрзано движење на тркалото $R_{at} \neq 0$ и $T_{at} \neq 0$, па равенките на рамнотежа ќе бидат:

$$\Sigma M_o = 0:$$

$$T_t - Z_t e - X_t r_d - T_{at} = 0 ;$$

$$T_t = Z_t e + X_t r_d + T_{at} \dots \dots \dots (6)$$

$$\Sigma X = 0:$$

$$X_t - R_t - R_{at} = 0, \text{ каде:}$$

$$R_{at} = m_t \frac{dv}{dt}, \text{ па следи:}$$

$$X_t = R_t + m_t \frac{dv}{dt} \dots \dots \dots (7)$$

$$\Sigma Z = 0 :$$

$$Z_t = G_t \dots \dots \dots (8)$$

Моментот на отпорот на тркалото кон ротационото забрзување изнесува:

$$T_{at} = I_t \frac{d\omega_t}{dt}$$

Ако нема лизгање на тркалото важи:

$$v = \omega_t \cdot r_d, \text{ односно } \frac{dv}{dt} = r_d \frac{d\omega_t}{dt} \text{ или } \frac{d\omega_t}{dt} = \frac{1}{r_d} \cdot \frac{dv}{dt}$$

Сега:

$$T_{at} = I_t \cdot \frac{1}{r_d} \frac{d\omega_t}{dt} \dots \dots \dots (9)$$

По замената на равенките (7), (8) и (9) во (6) се добива:

$$T_t = G_t \cdot f \cdot r_d + (R_t + m_t \frac{dv}{dt}) r_d + I_t \frac{1}{r_d} \cdot \frac{dv}{dt}$$

Силата на периферијата на тркалото е:

$$F_t = \frac{T_t}{r_d} = G_t f + R_t + m_t \frac{dv}{dt} + I_t \frac{1}{r_d^2} \frac{dv}{dt}$$

Тангентната реакција на подлогата е:

$$X_t = R_t + m_t \frac{dv}{dt}$$

Со замена на зададените, се добиваат бараните бројни вредности:

$$T_t = 500 \cdot g \cdot 0,02 \cdot 0,34 + (1000 + 30 \cdot 2) \cdot 0,34 + \frac{8}{0,34} \cdot 2 = \\ = 441 [Nm]$$

$$F_t = \frac{T_t}{r_d} = 1296 [N]$$

в) Најголемата тангентна реакција која подлогата може да ја прифати, а тркалото да не пролизгува, изнесува:

$$X_{t \max} = Z_t \cdot \varphi = G_t \cdot \varphi = m \cdot g \cdot \varphi$$

При рамномерно движење, од равенката (2) се добива:

$$R_{t \max} = X_{t \max} = G_t \cdot \varphi = m \cdot g \cdot \varphi = 500 \cdot g \cdot 0,6 = 2943 [N]$$

При забрзано движење, според од равенката (7):

$$R_{t \max} = X_{t \max} - m_t \frac{dv}{dt} = 2943 - 30 \cdot 2 = 2883 \text{ [N]}$$

г) Потребен услов тркалото да престане да биде погонско (во тој случај е неутрално) е да не совладува корисен отпор од надградбата ($R_t=0$), а да ги совладува сопствените отпори на движење.

- при рамномерно движење:

$$T_t = Z_t \cdot e = Z_t \cdot f \cdot r_d = T_{ft} \quad (X_t = R_t = 0)$$

$$T_t = G_t \cdot f \cdot r_d = m \cdot g \cdot f \cdot r_d = 500 \cdot g \cdot 0,02 \cdot 0,34 = 33,35 \text{ [Nm]}$$

- при забрзано движење:

$$T_t = Z_t \cdot e + X_t \cdot r_d + T_{at}$$

сега е $X_t = R_d$, па следи:

$$\begin{aligned} T_t &= G_t \cdot f \cdot r_d + m_t \frac{dv}{dt} r_d + I_t \frac{1}{r_d} \frac{dv}{dt} = \\ &= m \cdot g \cdot f \cdot r_d + m_t \frac{dv}{dt} r_d + I_t \frac{1}{r_d} \frac{dv}{dt} \end{aligned}$$

За конкретните бројни вредности се добива:

$$T_t = 500 \cdot g \cdot 0,02 \cdot 0,34 + 30 \cdot 2 \cdot 0,34 + 8 \cdot \frac{1}{0,34} \cdot 2 = 100,8 \text{ [Nm]}$$

д) Границите во кои може да се движи погонскиот момент T_t за тркалото да се движи, а да не пролизгува се определуваат на следниов начин:

- долната граница се определува со минималниот потребен момент да се оствари движење, односно да се совлада отпорот на тркалање и евентуалните отпори на забрзување,

- горната граница на моментот е определена како збир од напред опишаниот момент и потребниот момент да се совлада најголемата можна (на границите на прилепувањето) тангентна реакција на подлогата.

Конкретно:

- при рамномерно движење

$$G_t \cdot f \cdot r_d \leq T_t \leq G_t f \cdot r_d + G_t \varphi r_d$$

$$m \cdot g \cdot f \cdot r_d \leq T_t \leq m \cdot g \cdot (f + \varphi) \cdot r_d$$

$$33,35 \leq T_t \leq 1033,97$$

- при забрзано движење

$$G_t f r_d + m_t \frac{dv}{dt} r_d + I_t \frac{1}{r_d} \frac{dv}{dt} \leq T_t \leq G_t f r_d + G_t \varphi r_d + I_t \frac{1}{r_d} \frac{dv}{dt}$$

$$m \cdot g \cdot f \cdot r_d + m_t \frac{dv}{dt} r_d + I_t \frac{1}{r_d} \frac{dv}{dt} \leq T_t \leq m \cdot g \cdot (f + \varphi) \cdot r_d + I_t \frac{1}{r_d} \frac{dv}{dt}$$

$$100,81 \leq T_t \leq 1081,03$$

ĥ) Потребната силина за движење на тркалото изнесува:

$$P_t = T_t \omega_t = T_t v / r_d = 373,4 \cdot 2 / 034 = 2196,5 \quad [W]$$

$$P_t = 2,19 \quad [kW]$$

ЗАДАЧА 1.2:

За еластично тркало кое се тркала на крута хоризонтална подлога се познати следните податоци:

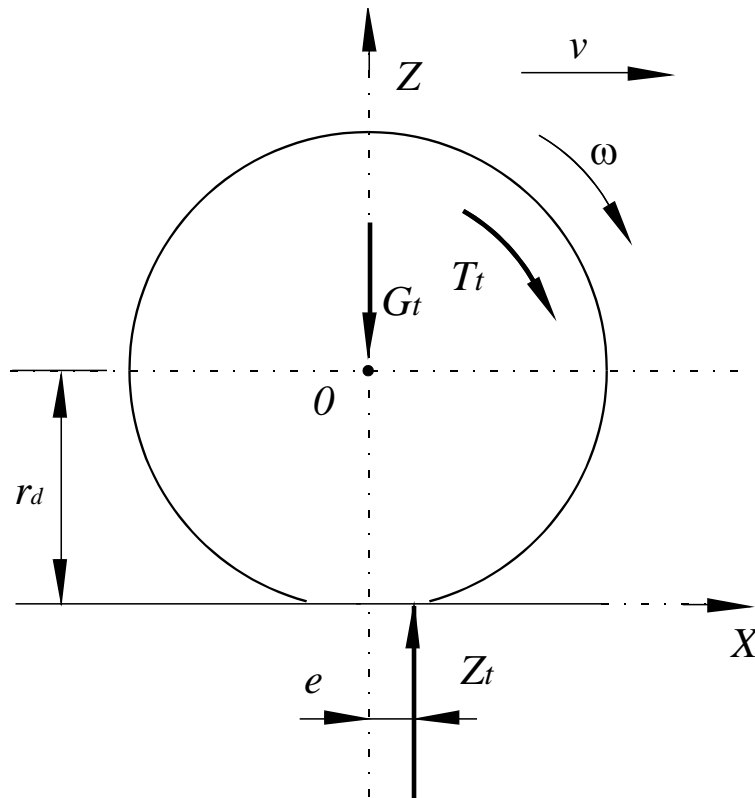
- Вкупна маса која го оптоварува тркалото $m_t = 500 [kg]$
- Динамички полупречник на тркалото $r_d = 0,35 [m]$
- Коефициент на отпор на тркалање $f = 0,02$

Ако на тркалото дејствува погонски вртежен момент $T_t = 20 [Nm]$, потребно е да се определи:

- а) Дали тркалото може рамномерно да се тркала со постојниот погонски момент?
- б) Со уште колкава сила во неговата оска треба да се дејствува, покрај постојниот вртежен момент, за да се оствари рамномерно движење на тркалото?
- в) Колкава е притоа тангентната реакција на тлото и во која насока дејствува?

Отпорите на триење во лежиштето на тркалото и отпорот на воздухот да се занемарат.

Решение:



Сл. 1.2.1

а) Потребниот вртежен момент за движење на тркалото го определуваме од големината на отпорите кои треба да ги совлада (сл. 1.2.1).

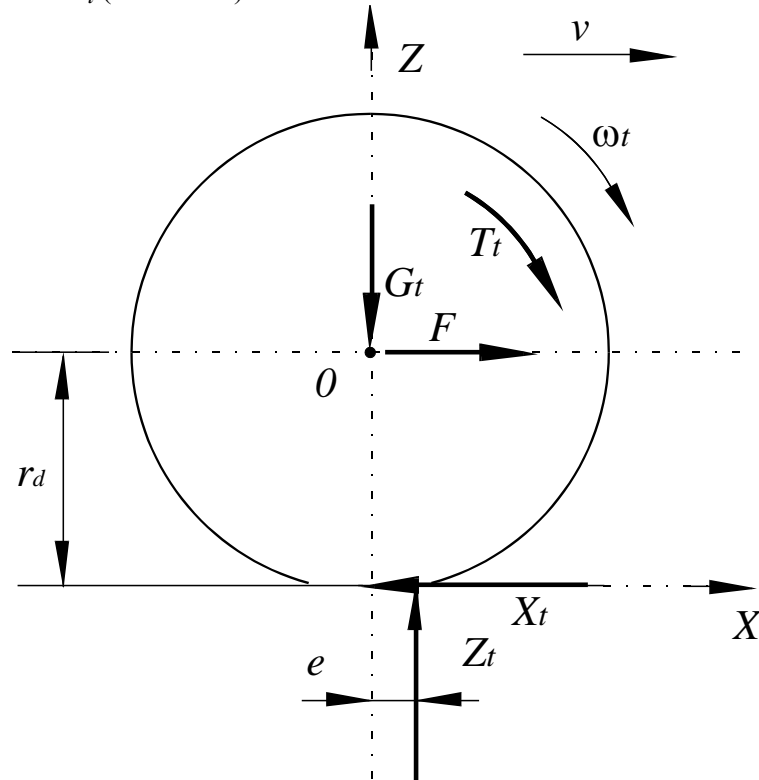
$$\Sigma M_o = 0:$$

$$T_{tp} - Z_t \cdot e = 0$$

$$T_{tp} = Z_t \cdot e = G_t \cdot f \cdot r_d = 500 \cdot g \cdot 0,02 \cdot 0,35 = 34,34 [Nm]$$

Бидејќи приведениот вртежен момент е помал од потребниот (20 < 34,34), следи дека движењето не е можно.

б) Донесувањето на силата F во оската на тркалото во насоката на саканото движење ќе предизвика појава на тангентна реакција на подлогата X_t (Сл. 1.2.2).



Сл. 1.2.2

Повторно ги поставуваме равенките на рамнотежа на системот:

$$\sum M_o = 0:$$

$$T_t \cdot Z_t \cdot e + X_t \cdot r_d = 0 \quad (1)$$

$$\sum X = 0:$$

$$F - X_t = 0, \text{ следи}$$

$$X_t = F$$

со замена во (1), се добива:

$$T_t - G_t \cdot f \cdot r_d + F \cdot r_d = 0$$

следи:

$$F = \frac{G_t \cdot f \cdot r_d - T_t}{r_d} = \frac{500 \cdot g \cdot 0,02 \cdot 0,35 - 20}{0,35}$$

$$F = 40,96 \text{ [N]}$$

в) Силата $X_t = F = 40,96 \text{ [N]}$ и дејствува во спротивна насока од насоката на движење.

ЗАДАЧА 1.3:

Круто тркало се тркала по крута хоризонтална подлога со константна брзина. Масата која го оптоварува тркалото е $m_t=900[\text{kg}]$ (ја вклучува и сопствената маса на тркалото). На тркалото дејствува хоризонтална сила на отпорот на надградбата $R_t=1800[\text{N}]$. Познати се уште следните податоци:

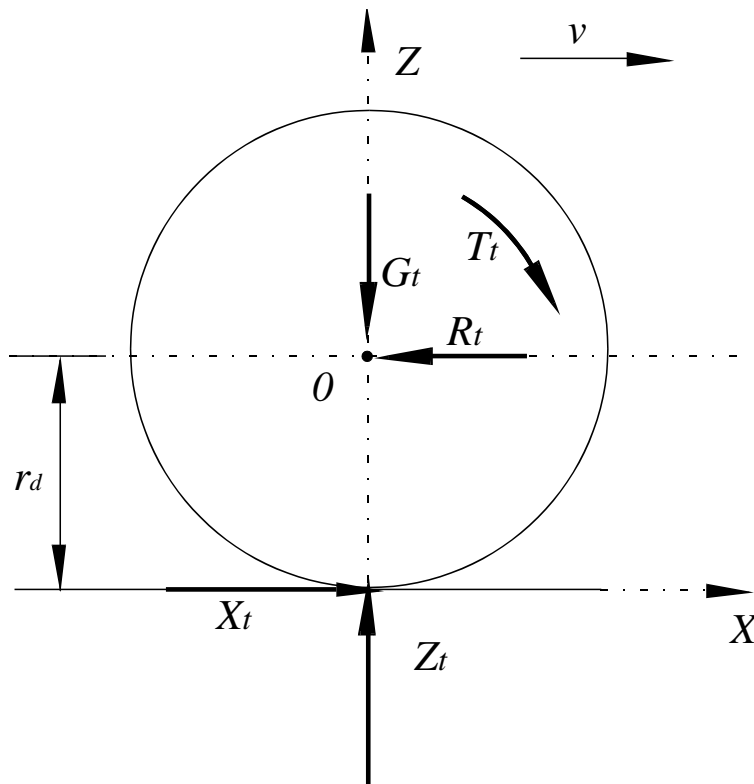
- Динамички полупречник на тркалото $r_d = 0,28 [\text{m}]$
- Коефициент на отпор на тркалање $f = 0,018$
- Коефициент на прилепување $\varphi = 0,7$

Потребно е да се определи:

- а) Потребниот погонски момент на тркалото за да се совлада отпорот на надградбата R_t . Отпорот на воздухот и во лежиштата да се занемари.
- б) Колкав е минималниот погонски момент $T_{t \min}$ при $R_t = 0$.
- в) Колкав е максималниот вртежен момент $T_{t\varphi}$ кој може да се приведе на тркалото, а да не дојде до негово аглово пролизгување. Ако тркалото е деформабилно во радијален правец, колкав е тогаш $T_{t\varphi}$?
- г) Колкави се влечните сили (тангентните реакции на плото) за случаите под а), б) и в)?

Решение:

а)



Сл. 1.3.1

Од рамнотежните равенки се добива:

$$\Sigma M_o = 0 :$$

$$T_t - X_t \cdot r_d = 0$$

$$T_t = X_t \cdot r_d$$

$$\Sigma X = 0 :$$

$$X_t = R_t, \text{ па следи}$$

$$T_t = R_t \cdot r_d = 1800 \cdot 0,28 = 504 [Nm]$$

б) Ако $R_t = 0$, потребниот вртежен момент за движење на тркалото е:

$$T_t = R_t \cdot r_t = 0$$

Потребно е да се забележи дека поради крутоста на тркалото Z_t дејствува во неговата оска, а истотака се занемарени отпорот на воздухот и отпорот во лежиштата.

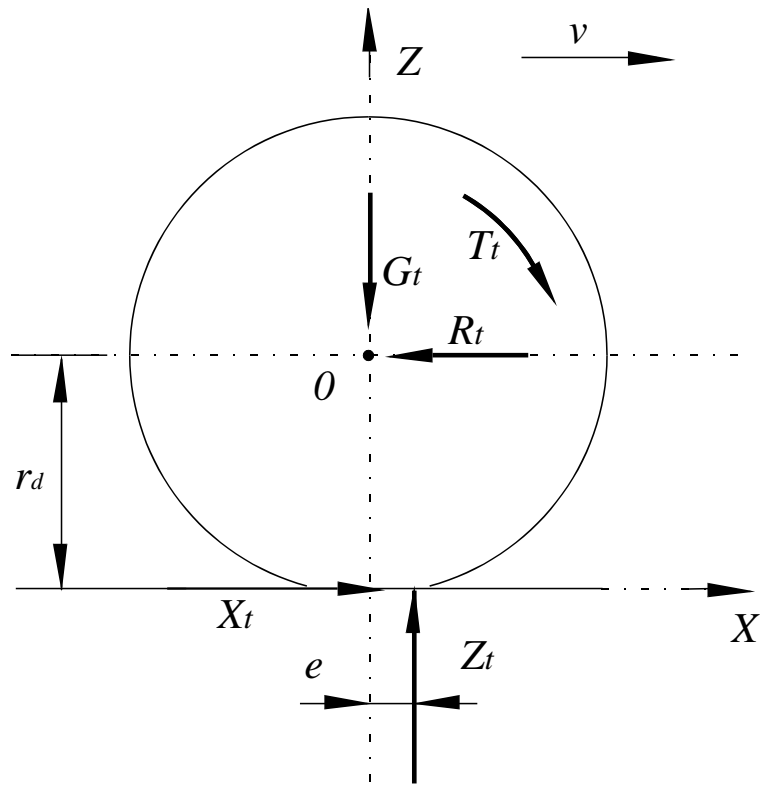
в) За круто тркало:

$$T_{t\varphi} = X_{t\varphi} \cdot r_d = Z_t \cdot \varphi \cdot r_d = G_t \cdot \varphi \cdot r_d =$$

$$= m_t \cdot g \cdot \varphi \cdot r_d =$$

$$= 900 \cdot g \cdot 0,7 \cdot 0,28 = 1730,5 \text{ [Nm]}$$

За деформирано тркало (Сл. 1.3.2):



Сл. 1.3.2

$$\begin{aligned}T_{t\varphi} &= Z_t \cdot e + X_{t\varphi} \cdot r_d = Z_t \cdot f \cdot r_d + Z_t \cdot \varphi \cdot r_d = \\&= m_t \cdot g \cdot f \cdot r_d + m_t \cdot g \cdot \varphi \cdot r_d = \\&= 900 \cdot g \cdot 0,018 \cdot 0,28 + 900 \cdot g \cdot 0,7 \cdot 0,28 = 1775 \quad [Nm]\end{aligned}$$

г) За случајот а):

$$X_t = R_t = 1800 \quad [N]$$

за б) :

$$X_t = 0$$

за в) :

$$X_t = X_{t\varphi} = Z_t \cdot \varphi = G_t \cdot \varphi = m_t \cdot g \cdot \varphi = 900 \cdot g \cdot 0,7$$

$$X_t = 6180 \quad [N]$$

ЗАДАЧА 1.4:

Автомобилско тркало со динамички полупречник $r_d = 0,62 [m]$ се движи по хоризонтален пат со $f = 0,04$ со константна брзина $v = 2 [m/s]$ под дејство на вртежен момент $T_t = 1400 [Nm]$. Вкупната маса која го оптоварува тркалото изнесува $m_t = 1200 [kg]$ (ја вклучува и масата на тркалото), а агловата брзина изнесува $\omega_t = 3,95 [s^{-1}]$.

Потребно е да се определи:

- а) Степенот на корисност во однос на тркалањето
- б) Степенот на корисност во однос на пролизгувањето.
- в) Вкупниот степен на корисност.
- г) Процентот на аголно лизгање.
- д) Силината донесена до тркалото.
- ѓ) Кинематскиот полупречник на тркалото.

Решение:

- а) Степенот на корисност во однос на тркалањето изнесува:

$$\eta_f = \frac{T_t - T_f}{T_t} = \frac{T_t - G_f \cdot f \cdot r_d}{T_t} = \frac{T_t - m_t \cdot g \cdot f \cdot r_d}{T_t} =$$
$$= \frac{1400 - 1200 \cdot g \cdot 0,04 \cdot 0,062}{1400} = 0,79$$

- б) Степенот на корисност во однос на лизгањето е:

$$\eta_\lambda = \frac{v}{v_t} = \frac{v}{r_d \cdot \omega_t} = \frac{2,0}{0,62 \cdot 3,95} = 0,82$$

- в) Вкупниот степен на корисност е:

$$\eta_t = \eta_f \cdot \eta_\lambda = 0,79 \cdot 0,88 = 0,695$$

г) Процентот на аголното лизгање е:

$$\lambda = 1 - \frac{v}{v_t} = 1 - \eta_t = 1 - 0,82 = 0,18 \quad \Rightarrow 18 [\%]$$

д) Силината на тркалото е:

$$P_t = T_t \cdot \omega_t = 1400 \cdot 3,95 = 5.530 [W]$$

ѓ) Кинематскиот полупречник се определува како пречник по кој се тркала тркалото без лизгање и притоа неговата брзина е еднаква на зададената стварна брзина, а агловата брзина е ω_t :

$$v = r \cdot \omega_t; \quad V_t = r_d \cdot \omega_t$$

$$\frac{v}{r} = \frac{v_t}{r_d} \Rightarrow r = r_d \cdot \frac{v}{v_t} = r_d \cdot \eta_\lambda = 0,62 \cdot 0,82 = 0,508 [m]$$

ЗАДАЧА 2.1:

За моторно возило се познати следните податоци:

- челна површина на возилото $A=1,73[m^2]$,
- маса на возилото $m=1100[kg]$,
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p=0,9$,
- коефициент на аеродинамичност $C_x=0,43$,
- густина на воздухот $\rho=1,22[kg/m^3]$
- коефициент на отпор на тркалањето $f=0,02$

Ако возилото се движи со рамномерна брзина од $v=20[m/s]$, на пат со нагорнина $\alpha=5[\%]$, да се најде:

- а) Кои и колкави отпори дејствуваат на возилото?
- б) Колкава силина е потребна за совладување на одделните отпори и колкава силина развива моторот при тоа?

Решение:

а) Во зададениот режим на движење на возилото дејствуваат следниве отпори:

-отпор на тркалањето

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

$$\text{за } \alpha = 5 \%, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{5}{100} = 0,05$$

$$\alpha = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,05 = 2,86^\circ$$

$$R_f = 1100 \cdot g \cdot 0,02 \cdot \cos 2,86^\circ = 216 \text{ [N]}$$

- отпор на нагорнината

$$R_\alpha = G \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 1100 \cdot g \cdot \sin 2,86^\circ = 538 \text{ [N]}$$

- отпор на воздухот:

$$R_v = \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot A \cdot v^2 = \frac{0,43 \cdot 1,22}{2} \cdot 1,73 \cdot 20^2 = 182 \text{ [N]}$$

б) Потребната силина за совладување на одделните отпори е:

$$P_f = R_f \cdot v = 216 \cdot 20 = 4.320 \text{ [W]}$$

$$P_\alpha = R_\alpha \cdot v = 538 \cdot 20 = 10.760 \text{ [W]}$$

$$P_v = P_v \cdot v = 182 \cdot 20 = 3.640 \text{ [W]}$$

Силината што треба да се донесе на тркалата е:

$$P_t = \sum P_r = P_f + P_\alpha + P_v = 4.320 + 10.760 + 3.640 = 18.720 \text{ [W]}$$

Силината што ја развива моторот притоа е:

$$P_e = \frac{P_t}{\eta_p} = \frac{18.720}{0,9} = 20,8 \text{ [kW]}$$

ЗАДАЧА 2.2:

За друмско моторно возило се познати следните податоци:

- вкупна маса на возилото $m = 1250 [kg]$
- динамичкиот радиус на тркалата $r_d = 0,36 [m]$
- коефициентот на отпорот на тркалање $f = 0,02$
- материјалниот момент на инерција на предните (непогонски) тркала $I_{tp} = 8 [kgm^2]$
- возилото има погон на задните тркала.

Ако возилото појде од место со забрзување од $a=2 [m/s^2]$, потребно е :

а) да се определи инерцијалната сила на возилото во дадените услови. Да се објасни кои од инерцијалните сили на возилото се земаат предвид, а кои не и зошто.

б) колкава е потребната периферна сила на погонските тркала F_t за да се оствари бараното забрзување на хоризонтален пат?

Решение:

а) При забрзување на возилото, отпор кон него (инерција) покажуваат сите маси кои се забрзуваат транслаторно или ротационо. Тоа се однесува на транслаторното забрзување на вкупната маса на возилото и ротационото забрзување на моторот, трансмисијата, погонските и непогонските тркала. Кои од овие инерцијални сили ќе бидат земени во предвид зависи од тоа на кое место се врши билансирањето, односно урамнотежувањето на внатрешните и надворешните сили. Во овој случај тој биланс се прави на обемот на погонските тркала, па внатрешни сили притоа се инерцијалните сили од забрзувањето на моторот, спојката, менувачот, трансмисијата, вклучувајќи ги притоа и самите погонски тркала. Надворешни инерцијални сили (кои треба покрај останатите отпори да ги совлада периферната сила) тука се: силата за транслаторно забрзување на целото возило и силата потребна за ротационо забрзување на предните - непогонски тркала.

Со други зборови, од аспект на билансот на енергијата, може да се каже: од вкупната енергија со која располага моторот, за совладување на надворешните отпори се користи само оној дел кој ќе остане откако претходно ќе се совладаат отпорите на триење во трансмисијата на возилото, како и отпорите на нејзиното забрзување, вклучувајќи ги и погонските тркала.

Така, инерцијалната сила ќе биде:

$$R_a = R_{at} + R_{ar}, \text{ каде се:}$$

$$R_{at} = m \frac{dv}{dt} = \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} - \text{инерцијална сила за транслаторно}$$

забрзување на целото возило, и

$R_{ar} = \frac{I}{r_d^2} J_{tp} \frac{dv}{dt}$ - инерцијални сила за ротационо забрзување на едно предно непогонско тркало.

$$R_a = m \frac{dv}{dt} + 2 \frac{I}{r_d^2} J_{tp} \frac{dv}{dt} = 1250 \cdot 2 + 2 \cdot \frac{I}{0,36^2} \cdot 8 \cdot 2$$

$$R_a = 2746,9 \text{ [N]}$$

б) Периферната сила ќе биде еднаква на вкупните отпори кои треба да ги совлада:

$$\begin{aligned} F_t &= R_f + R_a = G \cdot f + R_a = m \cdot g \cdot f + R_a = \\ &= 1250 \cdot g \cdot 0,02 + 2746,9 = 2992,2 \text{ [N]} \end{aligned}$$

ЗАДАЧА 2.3

За моторно возило е позната вкупната маса $m=1680$ [kg], и делот што отстаѓа на задната оска $m_z=890$ [kg], како и висината на тежиштето $h_c=0,69$ [m] и меѓуоскиното растојание $l=2,78$ [m].

Потребно е да се определи:

а) Колкави се оптоварувањата на двете оски во состојба на мирување на хоризонтален пат и на кое растојание се наоѓа тежиштето во однос на двете оски ?

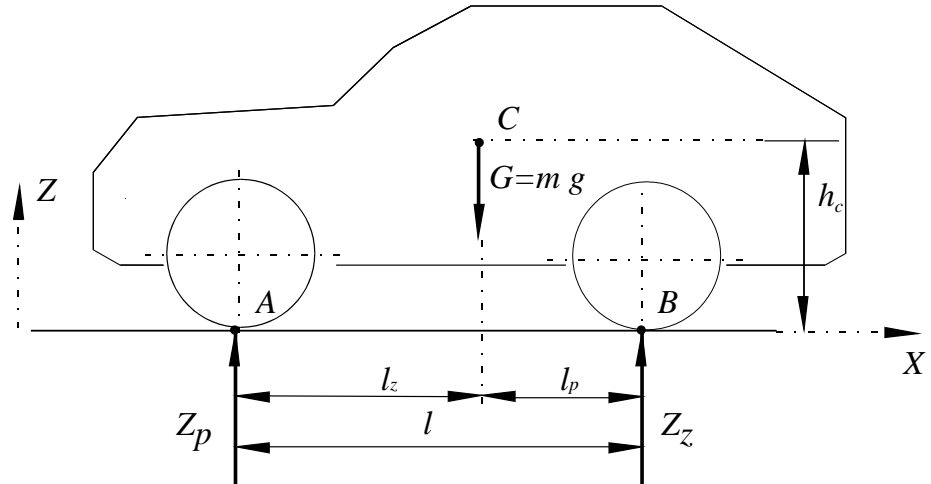
б) Како се менуваат оптоварувањата на оските (нормалните реакции на подлогата) ако возилото стои на пат со нагорнина од 29[%].

в) Колкава сила на кочење на периферијата на кочените тркала е потребно возилото да се задржи во мирување во условите под б) ако коефициентот на отпорот на тркалање е $f=0,02$?

г) Колкав треба да биде најмалку коефициентот на прилепување за да не настане лизгање на кочените тркала ако кочењето се изведува само со предните, само со задните и со сите тркала ?

Решение:

а) Поаѓајќи од релацијата $G=m \cdot g$ и $Z_z=m_z \cdot g$, и со поставување на условите на рамнотежа (сл. 2.3.1), следува:



Сл. 2.3.1

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Z_z \cdot l - G \cdot l_p = 0, \text{ од каде:}$$

$$l_p = \frac{Z_z}{G} \cdot l = \frac{m_z \cdot g}{m \cdot g} \cdot l = \frac{890}{1680} \cdot 2,78 = 1,47 \text{ [m]}$$

Соодветно од $\Sigma M_B = 0$ се добива:

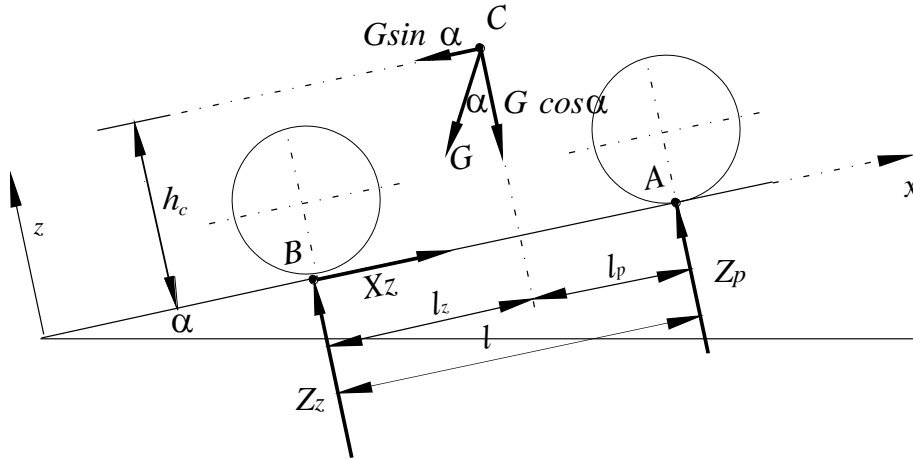
$$l_z \frac{(m - m_z)}{m} \cdot l = 1,31 \text{ [m]}$$

Оптоварувањата на оските се:

$$Z_z = m_z \cdot g = 890 \cdot g = 8731 \text{ [N]}$$

$$Z_p = (m - m_z) \cdot g = 7750 \text{ [N]}$$

б) Возилото и силите кои дејствуваат на него кога стои на нагорнина се дадени на сл. 2.3.2.



Сл. 2.3.2.

Од $\Sigma M_A = 0$ следува:

$$Z_z \cdot l - G \cdot \sin \alpha \cdot h_c - G \cdot \cos \alpha \cdot l_p = 0$$

$$Z_z = \frac{m \cdot g \cdot (h_c \cdot \sin \alpha + l_p \cos \alpha)}{l}$$

Знаеќи дека:

$$\alpha [^\circ] = \arctg \frac{\alpha [\%]}{100} = \arctg 0,29 = 16,17 [^\circ]$$

и заменувајќи ги дадените вредности се добива:

$$Z_z = \frac{1680 \cdot g \cdot (0,69 \cdot \sin 16,17^\circ + 1,47 \cdot \cos 16,17^\circ)}{2,78} = 9509,14 [N]$$

Од $\Sigma Z = 0$ следува:

$$Z_p + Z_z = G \cdot \cos \alpha, \text{ односно:}$$

$$Z_p = G \cdot \cos \alpha - Z_z = m \cdot g \cdot \cos \alpha - Z_z, \text{ или за дадените вредности:}$$

$$Z_p = 1680 \cdot g \cdot \cos 16,17 - 9509,14 = 6319,50 \text{ [N]}$$

в) Возилото го напаѓа силата $R_\alpha = G \cdot \sin \alpha$ и отпорот на тркалање.

Од $\Sigma X = 0$, следува:

$$F_k + R_f = G \cdot \sin \alpha, \text{ или}$$

$$F_k = G \cdot \sin \alpha - G \cdot f \cdot \cos \alpha = m \cdot g (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha)$$

За дадените, бараната сила на кочење ќе биде:

$$F_k = 1680 \cdot g (\sin 16,17^\circ - 0,02 \cdot \cos 16,17^\circ) = 4273,7 \text{ [N]}$$

г) За да се оствари пресметаната сила на кочење, мора тангентната реакција на тркалата во гранични услови на прилепување да биде еднаква или поголема од неа.

Тоа значи:

г₁) се кочат само предните тркала:

$$X_{kp\varphi} = Z_p \cdot \varphi \geq F_k, \text{ односно}$$

$$\varphi \geq \frac{F_k}{Z_p} = \frac{4273,7}{6319,5} = 0,676$$

г₂) се кочат само задните тркала:

$$X_{kz\varphi} = Z_z \cdot \varphi \geq F_k, \text{ односно}$$

$$\varphi \geq \frac{F_k}{Z_z} = \frac{4273,7}{9509,14} = 0,449 \text{ и}$$

г₃) се кочат сите тркала:

$$X_{k\varphi} = Z_z \cdot \varphi + Z_p \cdot \varphi = (Z_z + Z_p) \cdot \varphi = G \cdot \cos \alpha \cdot \varphi \geq F_k, \text{ односно}$$

$$\varphi \geq \frac{F_k}{m \cdot g \cdot \cos \alpha} = \frac{4273,7}{1680 \cdot g \cdot \cos 16,17} = 0,270$$

ЗАДАЧА 2.4

На камион-тегнач треба да се постави седло-приклучок за тегнење на полуприколка. Тегначот е двоосен со следните параметри:

- сопствена маса $m_s = 8 \text{ t}$
- меѓуоскино растојание $l = 3800 \text{ mm}$
- висина на тежиштето $h_c = 0,85 \text{ m}$
- висина на седлото-приклучокот $h_p = 1400 \text{ mm}$
- оптоварување на задната оска на тегначот без полуприколка $m_{z \text{ sop.st}} = 3,078 \text{ t}$
- дозволено најголемо оптоварување на задната оска
 $m_{z \text{ max}} = 11,5 \text{ t}$
- дозволено најголемо оптоварување на предната оска
 $m_{p \text{ max}} = 6,5 \text{ t}$

Полуприколката е троосна со систем за потпирање кој овозможува урамнотежување на оптоварувањето помеѓу оските.

Познати се уште и следните податоци:

- вкупна маса $m'_{vk} = 34 \text{ t}$
- вкупно оптоварување на трите оски $m'_{st} = 24 \text{ t}$
- растојание од приклучокот до средната оска $l' = 7.610 \text{ mm}$
- висина на тежиштето $h'_c = 1,8 \text{ m}$
- висина на приклучокот $h'_p = 1,8 \text{ m}$
- коефициент на отпор на тркалање $f = 0,02$

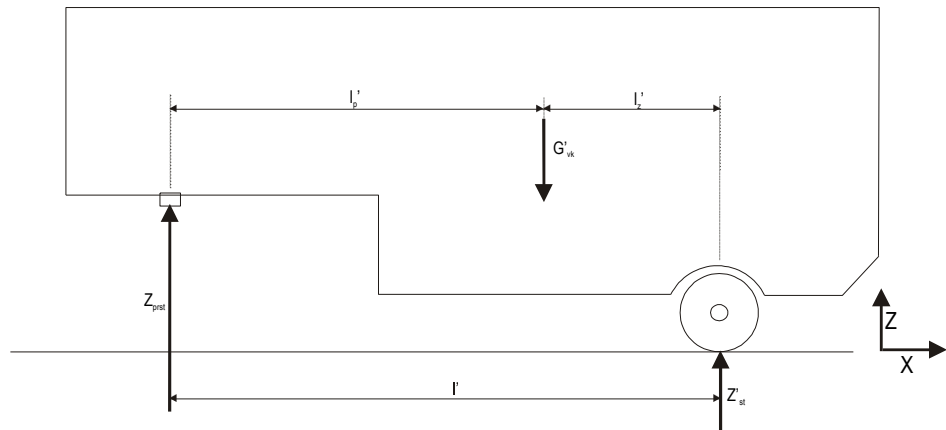
Потребно е да се определи:

а) Положбата на приклучокот-седлото l_s , така да распределбата на оптоварувањето по оските на тегначот во мирување биде во рамките на дозволените вредности.

б) Вертикално оптоварување на оските на тегначот и полуприколката, како и силите во приклучниот уред при поаѓање од место со забрзување од $0,9 \text{ m/s}^2$.

Решение:

а) Најпрво треба да се определи оптоварувањето кое полуприколката го предава на приклучокот



сл. 2.4.1

Бидејќи трите оски на полуприколката имаат систем за урамнотежување на оптоварувањето, полуприколката може да се посматра како едноосна при што за единствена оска се зема средната од трите оски (сл. 2.4.1).

Од условот за рамнотежа $\Sigma Z = 0$: следи:

$$Z_{pr\ st} = G'_{vk} - Z'_{st} = m'_{vk} \cdot g - m'_{z\ st} \cdot g = 34.000 \cdot g - 24.000 \cdot g = 98.100\ N$$

Добиената сила со обратна насока се пренесува на приклучокот-седлото на тегначот (сл. 2.4.2)

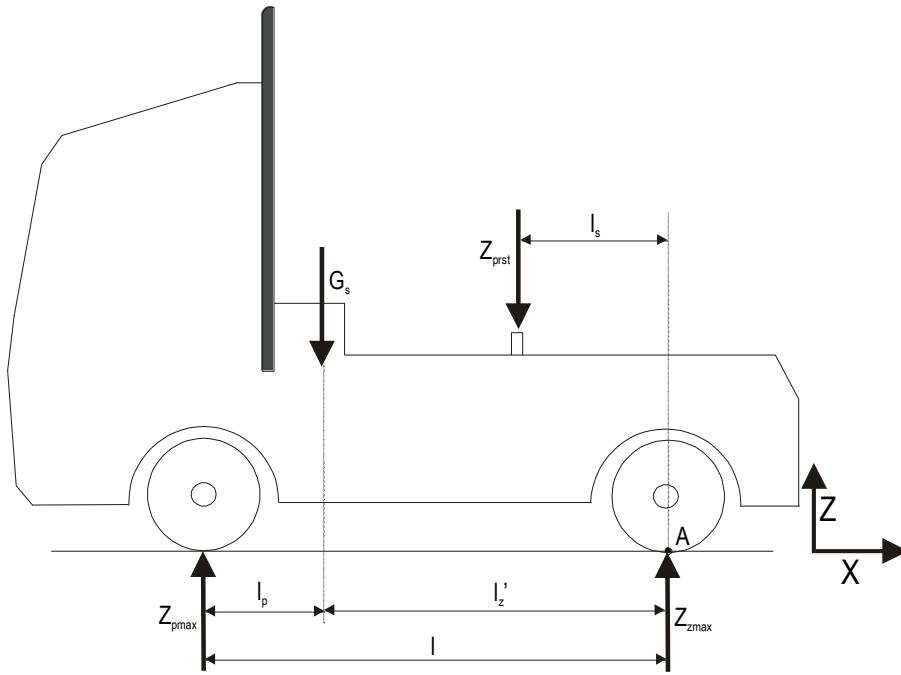
Од условот за рамнотежа $\Sigma Z = 0$ може да се провери дали сопствената тежина на тегначот и пренесената сила од полуприколката се во рамките на дозволените вкупни оптоварувања на оските на тегначот.

$$G_s + Z_{pr} = m_s \cdot g + Z_{pr\ st} = 8.000 \cdot g + 98.100 = 176.580\ N$$

$$Z_{p\ max} + Z_{z\ max} = m_{p\ max} + m_{z\ max} = 6.500 \cdot g + 11.500 \cdot g = 176.580\ N$$

Значи $G_s + Z_{pr} = Z_{p\ max} + Z_{z\ max}$, што е повољно.

За да се постигне и саканиот распоред на оптоварувањето по оските, потребно е да е исполнет и следниот услов за рамнотежа:



Сл. 2.4.2

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Z_{p \max} \cdot l - G_s \cdot l_z - Z_{pr \ st} \cdot l_s = 0$$

Бараното растојание l_s од тука ќе биде:

$$l_s = \frac{Z_{p \max} \cdot l - G_s \cdot l_z}{Z_{pr \ st}}$$

Растојанието l_z на тежиштето на тегначот без полуприколка се определува од распоредот на оптоварувањето:

$$\begin{aligned} l_z &= \frac{z_{p \ sop \ st}}{G_s} l = \frac{G_s - z_{z \ sop \ st}}{G_s} l = \frac{(m_s - m_{z \ sop \ st}) \cdot g}{m_s \cdot g} \cdot l = \\ &= \frac{8.000 - 3078}{8.000} \cdot 3.800 = 2338 \text{ mm} \end{aligned}$$

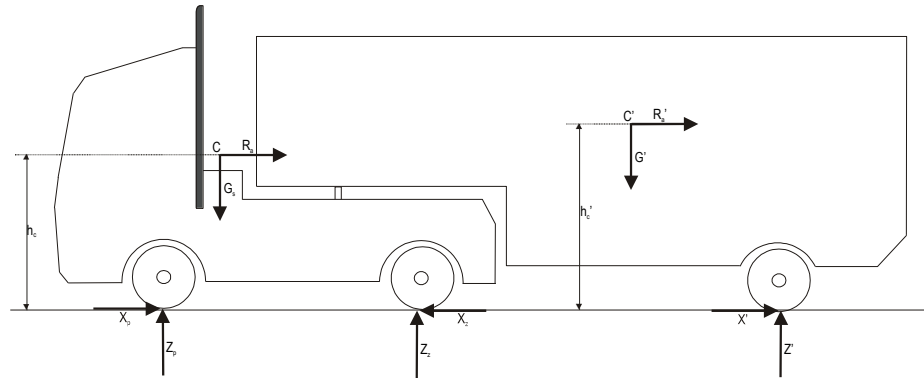
Сега:

$$l_s = \frac{Z_{p \max} \cdot l - G_s \cdot l_z}{z_{prst}} = \frac{m_{p \max} \cdot g \cdot l - m_s \cdot g \cdot l_z}{z_{prst}} =$$

$$= \frac{6.500 \cdot g \cdot 3800 - 8000 \cdot g \cdot 2330}{98.100}$$

$$l_s = 599,6 \text{ mm}$$

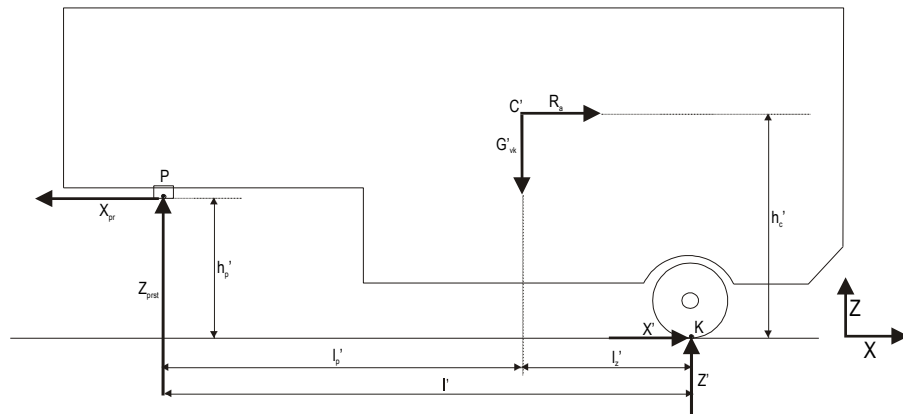
б)



Сл. 2.4.3

При поаѓање од место со определено забрзување на хоризонтален пат, на влечниот спрег делуваат силите кои се дадени на сл. 2.4.3. Очигледно е дека отпорот на воздухот е занемарен, што заради малата брзина на движење е оправдано.

За определување на бараните сили го раздвојуваме тегначот од полуприколката (сл. 2.4.4 и 2.4.5).



Сл. 2.4.4

Инерцијалната сила на полуприколката R'_a е :

$$R'_a = m'_{vk} \frac{dv}{dt} = 34.000 \cdot 0,9 = 30.600 \text{ N}$$

Оптоварувањето ба оската (оските) за полуприколката ќе го определиме од следната рамнотежна равенка:

$$\Sigma M_P = 0:$$

$$Z' \cdot l' + X' \cdot h'_p - G'_{vk} \cdot l'_p - R'_a \cdot (h'_c - h'_p) = 0$$

Непознатото растојание l'_p ќе се определи од рамнотежата на возилото во мирување (сл 2.4.1):

$$G'_{vk} \cdot l'_p = Z'_{st} \cdot l'$$

$$l'_p = \frac{Z'_{st}}{G'_{vk}} \cdot l' = \frac{m'_{vk}}{m'_{zst}} \cdot l' = \frac{24}{34} \cdot 7 \cdot 610 = 5372 \text{ mm}$$

Тангентната реакција на подлогата е:

$$X' = R'_f = Z' \cdot f$$

Така следи:

$$Z' \cdot l' + Z' \cdot f \cdot h'_p - G'_{vk} \cdot l'_p - m'_{vk} \cdot \frac{dv}{dt} (h'_c - h'_p) = 0$$

Или:

$$\begin{aligned} Z' &= \frac{m'_{vk} \cdot l'_p + m'_{vk} \cdot \frac{dv}{dt} (h'_c - h'_p)}{l' + f \cdot h'_p} = \\ &= \frac{34.000 \cdot g \cdot 5372 + 34.000 \cdot 0,9 \cdot (1800 - 1400)}{7.610 + 0,02 \cdot 1400} = 236.189 \text{ N} \end{aligned}$$

Вертикалното оптоварување на седлото (приклучокот) може да се определи од условот :

$$\Sigma Z = 0, \text{ или:}$$

$$Z' + Z_{pr} - G'_{vk} = 0$$

$$Z_{pr} = G'_{vk} - z' = 34.000 \cdot g - 236.189 = 97.351 \text{ N}$$

Хоризонталното оптоварување на приклучокот може да се определи од условот:

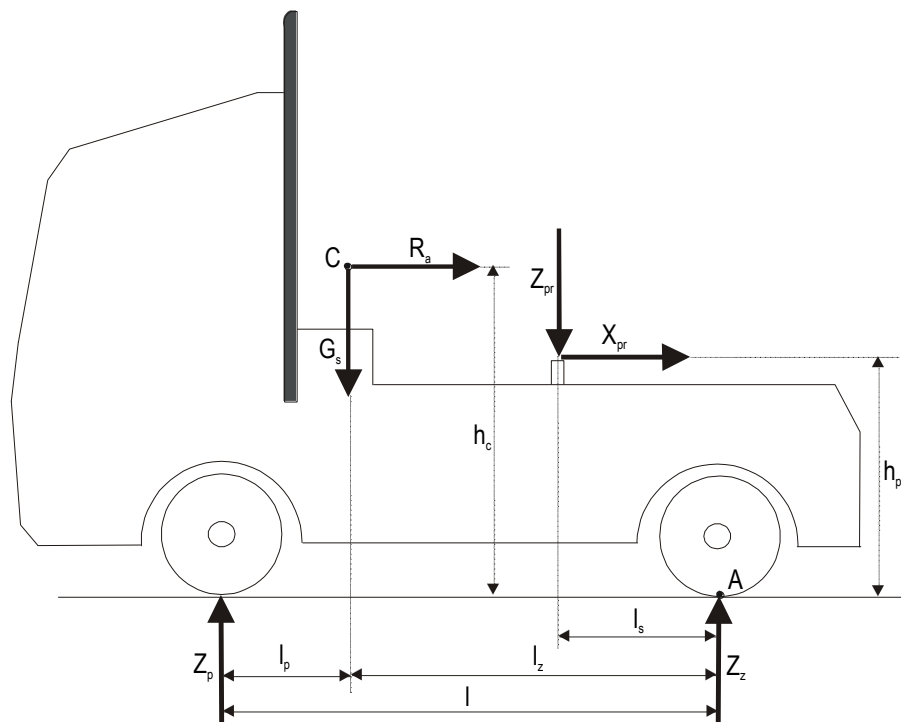
$$\Sigma X = 0, \text{ или:}$$

$$X_{pr} - X' - R'_a = 0$$

$$X_{pr} = Z' \cdot f + m'_{vk} \cdot (dv/dt) = 236.189 \cdot 0,02 + 34.000 \cdot 0,9$$

$$X_{pr} = 35.324 \text{ N}$$

Ако силите на приклучокот се нанесат со обратна насока на тегнамот, ќе може да се определат неговите оскини оптоварувања (сл. 2.4.5).



Сл. 2.4.5

Од условите за рамнотежа се добива:

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Z_p \cdot l - G_s \cdot l_z - Z_{pr} \cdot l_s + R_a \cdot h_c + X_{pr} \cdot h_p = 0$$

$$Z_p = \frac{m_g \cdot g \cdot l_z + Z_{pr} \cdot l_s - m_s \cdot \frac{dv}{dt} \cdot h_c - x_{pr} \cdot h_p}{l} =$$

$$= \frac{8.000 \cdot g \cdot 2338 + 97.351 \cdot 599,6 - 8.000 \cdot 0,9 \cdot 0,85 - 35.324 \cdot 1.400}{3.800}$$

$$Z_p = 50.631 \text{ N}$$

Од $\Sigma Z = 0$ следи:

$$Z_p + Z_z - G_{vk} - Z_{pr} = 0, \text{ или}$$

$$Z_z = G_{vk} + Z_{pr} - Z_p = m_{vk} \cdot g + Z_{pr} - Z_p = 8.000 \cdot g + 97.351 - 50.631$$

$$Z_z = 125.200 \text{ N}$$

ЗАДАЧА 3.1

За моторно возило со погон на задните тркала е дадено:

- Максимална силина на моторот $P_{e\max} = 20 [KW]$
- Максимален вртежен момент на моторот $T_{e\max} = 56 [Nm]$
- Вкупна маса на возилото $m = 1000 [kg]$
- Меѓусокино растојание $l = 2 [m]$
- Растојание на тежиштето од предната оска $l_p = 1,2 [m]$
- Висина на тежиштето $h_c = 0,6 [m]$
- Челна површина $A = 1,5 [m^2]$
- Преносен однос во првиот степен на пренос $i_l = 3,4$
- Преносен однос во главниот преносник $i_o = 5,4$
- Максимална брзина на возилото $v_{\max} = 30 [m/s]$
- Динамички полупречник на тркалото $r_d = 0,271 [m]$
- Степен на корисност на трансмисијата $\eta_p = 0,88$
- Коэффициент на прилепување $\varphi = 0,6$
- Коэффициент на отпор на тркалање $f = 0,02$

Да се определи:

- Редуцираниот коэффициент на отпор на воздухот.
- Максималната нагорнина која возилото може да ја совлада во првиот степен на пренос (да се усвои $f \cdot \cos \alpha = 0,019$ и $R_v = 0$).
- Дали таквата нагорнина може да ја совлада возилото од аспект на прилепувањето (да се усвои $R_v = 0$) ?

Решение:

а) Редуцираниот коэффициент на отпорот на воздухот се определува со користење на равенката на билансот на силината во режим на движење на возилото со максималната брзина (моторот притоа работи во режимот на максимална силина).

$$\eta_p \cdot P_{e\max} = P_{t\max} = P_f + P_v = G \cdot f \cdot v_{\max} + k \cdot A \cdot v_{\max}^3$$

или

$$\eta_p \cdot P_{e\max} = G \cdot f \cdot v_{\max} + k \cdot A \cdot v_{\max}^3$$

Од тука бараниот редуциран коефициент на отпорот на воздух ќе биде:

$$k = \frac{\eta_p \cdot P_{e\max} - m \cdot g \cdot f \cdot v_{\max}}{A \cdot v_{\max}^3} = \frac{0,88 \cdot 20 \cdot 1000 - 1000 \cdot g \cdot 0,02 \cdot 30}{1,5 \cdot 30^3}$$

$$k = 0,289 \text{ [kg/m}^3 \text{]}$$

б) Максималната нагорнина возилото може да ја оствари во режимот на работа на моторот со максимален вртежен момент, па одтаму:

$$\frac{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_{I^0} \cdot i_o}{r_d} = F_{t\max} = R_f + R_{\alpha\max} + R_v$$

Респектирајќи ги забелешките дека $f \cdot \cos \alpha_{\max} = 0,019$ и $R_v = 0$, следи:

$$\frac{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_{I^0} \cdot i_o}{r_d} = G \cdot f \cdot \cos \alpha_{\max} + G \cdot \sin \alpha_{\max} = m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha_{\max} + m \cdot g \cdot \sin \alpha_{\max}$$

или

$$\sin \alpha_{\max} = \left(\frac{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_{I^0} \cdot i_o}{r_d} - m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha_{\max} \right) \cdot \frac{1}{m \cdot g}$$

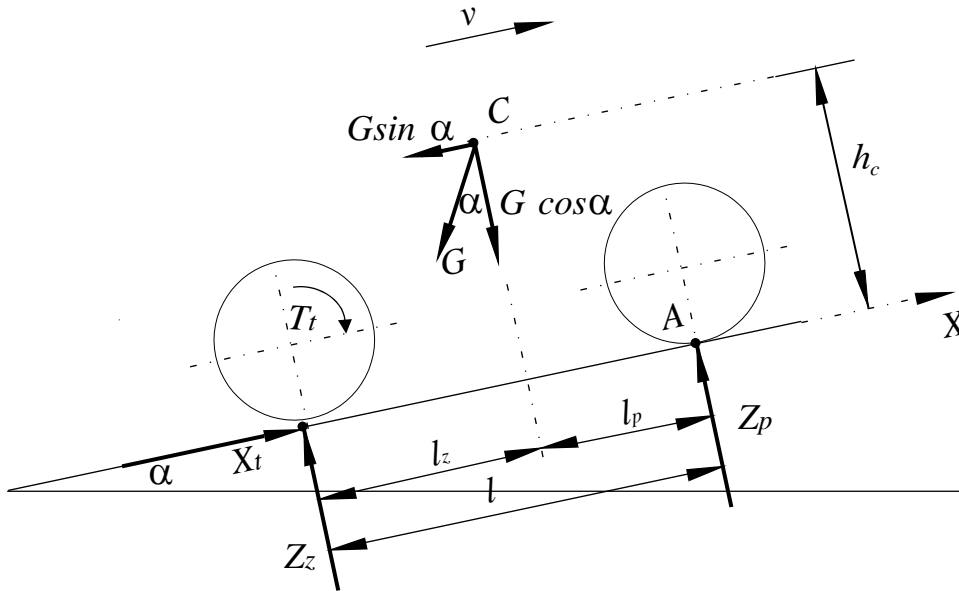
$$\sin \alpha_{\max} = \left(\frac{56 \cdot 0,88 \cdot 3,4 \cdot 5,4}{0,271} - 1000 \cdot g \cdot 0,019 \right) \cdot \frac{1}{1000 \cdot 9,81}$$

$$\sin \alpha_{\max} = 0,321$$

$$\alpha_{\max} = 18,74^\circ, \text{ или } 33,9\%$$

в) За да се провери дали пресметаната нагорнина возилото може да ја совлада од аспект на прилепувањето, потребно е максималната влечна сила да се спореди со најголемата тангентна реакција што подлогата може да ја прифати.

Нормалната и тангентната реакција на задните погонски тркала се определуваат од условите на рамнотежа (сл. 3.1.1):



Сл. 3.1.1

Од $\Sigma M_A = 0$ следи:

$$Z_z \cdot l - G \cdot \cos \alpha \cdot l_p - G \cdot \sin \alpha \cdot h_c = 0$$

$$Z_z = \frac{G \cdot \cos \alpha \cdot l_p + G \cdot \sin \alpha \cdot h_c}{l} = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot l_p + m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot h_c}{l}$$

$$Z_z = \frac{1000 \cdot g \cdot \cos 18,74^\circ \cdot 1,2 + 1000 \cdot g \cdot \sin 18,74^\circ \cdot 0,6}{2}$$

$$Z_z = 6519,47 [N]$$

Најголемата тангентна реакција е:

$$X_{t \max} = Z_z \cdot \varphi = 6519,47 \cdot 0,6 = 3911,68 [N]$$

Максималната влечна сила во тој режим е:

$$F_{t \max} = \frac{T_{e \max} \cdot \eta_p \cdot i_{I^o} \cdot i_o}{r_d} = \frac{56 \cdot 0,88 \cdot 3,4 \cdot 5,4}{0,271} = 3338,67 \quad [N]$$

Бидејќи $F_{t \max} < X_{t \max}$ следи заклучокот дека подлогата може да ја прифати влечната сила без лизгање, односно дека возилото ќе може да ја совлада пресметаната нагорнина.

ЗАДАЧА 3.2

За патничко возило се познати следните податоци:

- периферна сила на погонските тркала $F_t=1,2 [KN]$, при брзина $v=22[m/s]$
- коефициент на отпор на тркалање $f=0,02$,
- фактор на аеродинамичност $k \cdot A=0,49[kg m^{-1}]$.

Потребно е да се определи:

а) Колкава треба да биде масата на возилото за при движење со брзина од $22[m/s]$ да се оствари вишок на влечна сила $\Delta F_t=750[N]$?

б) Како треба да се реконструира даденото возило, така да задржувајќи го истиот мотор, преносен систем, облик на каросерија и услови на патот, вишокот на влечната сила при движење со брзината од $22[m/s]$ да се зголеми за $5[\%]$ во однос на точката а)?

Решение:

а) При движењето на возилото периферната - влечната сила мора да ги совлада отпорите на движење, т.е. :

$$F_t = \Sigma R$$

Во условот на задачата е поставено барањето покрај совладувањето на актуелните отпори возилото да оствари и резерва на влечната сила ΔF_t . Тоа значи:

$$F_t = R_f + R_v + \Delta F_t = m \cdot g \cdot f + k \cdot A \cdot V^2 + \Delta F_t$$

Масата на возилото ќе биде:

$$m = \frac{F_t - \Delta F_t - k \cdot A \cdot V^2}{g \cdot f} = \frac{1200 - 750 - 0,49 \cdot 22^2}{g \cdot 0,02}$$

$$m=1084,8 [kg]$$

б) При задржување на моторот и трансмисијата (влечната сила останува иста) и обликот на каросеријата (факторот на аеродинамичност останува ист), вишокот - резервата на влечната сила може да се зголеми само на сметка на смалување на масата на возилото.

$$F_t = R_f + R_v + 1,05 \cdot \Delta F_t = m' \cdot g \cdot f + k \cdot A \cdot V^2 + 1,05 \cdot \Delta F_t$$

Масата на возилото сега ќе биде:

$$m' = \frac{F_t - 1,05 \cdot \Delta F_t - k \cdot A \cdot V^2}{g \cdot f} = \frac{1200 - 1,05 \cdot 750 - 0,49 \cdot 22^2}{g \cdot 0,02}$$

$$m' = 893,7 \quad [\text{kg}]$$

ЗАДАЧА 3.3

За патничко возило се познати следните карактеристики:

- вкупна маса на возилото $m=1130[\text{kg}]$
- фактор на аеродинамичност $k \cdot A=0,49[\text{kg/m}]$
- коефициент на отпор на тркалање $f=0,02$
- максимална брзина $v_{\max}=30 [\text{m/s}]$

Потребно е да се определи:

а) Колкава треба да биде масата на возилото за максималната брзина од $30[\text{m/s}]$ да се зголеми на $31[\text{m/s}]$, при сите други параметри непроменети?

б) Ако преносниот однос во главниот преносник се зголеми за 25% ($i'_o = 1,25 \cdot i_o$), а моторот го задржи истиот режим како и во точката а) за $v_{\max}=30 [\text{m/s}]$, колкав вишок на влечна сила ќе се оствари? Колкава ќе биде притоа брзината на движење?

Решение:

а) Најпрво е потребно да се најде силината која возилото ја развива на погонските тркала при зададената маса и $V_{\max} = 30 [\text{m/s}]$. Таа се определува од равенката за билансот на силината:

$$\begin{aligned}P_t &= P_f + P_v = m \cdot g \cdot f \cdot v_{\max} + k \cdot A \cdot v_{\max}^3 \\P_t &= 1130 \cdot g \cdot 0,02 \cdot 30 + 0,49 \cdot 30^3 \\P_t &= 19881,2 \quad [\text{W}]\end{aligned}$$

Ако максималната брзина се зголеми на $V'_{\max} = 31 [\text{m/s}]$, масата m' која ќе треба да ја има во тој режим се определува повторно од равенката на билансот на силината во новите услови:

$$\begin{aligned}P_t &= P'_f + P'_v = m' \cdot g \cdot f \cdot v'^2_{\max} + kA \cdot v'^3_{\max} \\m' &= \frac{P_t - k \cdot A \cdot V'^3_{\max}}{g \cdot f \cdot V'_{\max}} = \frac{19881,2 - 0,49 \cdot 31^3}{g \cdot 0,02 \cdot 31} \\m' &= 868,7 [\text{kg}]\end{aligned}$$

б) Влечната сила се пресметува од изразот:

$$F_t = \frac{T_e \cdot \eta_p \cdot i_m \cdot i_o}{r_d}$$

За $i'_o = 1,25 \cdot i_o$, следи:

$$F'_t = \frac{T_e \cdot \eta_p \cdot i_m \cdot 1,25 \cdot i_o}{r_d} = F_t \cdot 1,25$$

Значи, со промена на преносниот однос во главниот преносник на $i'_o = 1,25 \cdot i_o$, ќе се појави влечна сила поголема за 25% од влечната сила која е потребна за дадениот режим на движење (пред промената на преносниот однос во главниот преносник):

$$F_t = \Sigma R = R_f + R_v = m \cdot g \cdot f + k \cdot A \cdot v_{max}^2$$

$$F_t = 1130 \cdot g \cdot 0,02 + 0,49 \cdot 30^2 = 662,7 \quad [N]$$

Значи:

$$F'_t = 1,25 \cdot F_t = F_t + F_{t rez} = 828,4 \quad [N]$$

Брзината на движење од кинематски аспект, е:

$$v = \omega_t \cdot r_d = 2 \cdot \pi \cdot n_t \cdot r_d = 2 \cdot \pi \cdot r_d \frac{n_e}{i_m \cdot i_o}$$

По промената на преносниот однос $i'_o = 1,25 \cdot i_o$, следи:

$$V' = 2 \cdot \pi \cdot r_d \frac{n_e}{i_m \cdot i_o \cdot 1,25} = \frac{V}{1,25}$$

За дадениот режим :

$$V'_{max} = \frac{V_{max}}{1,25} = \frac{30}{1,25} = 24 \quad [m/s]$$

Поради промената на брзината на движење, отпорот на воздухот ќе се промени и ќе изнесува:

$$R_{vv'}_{\max} = k \cdot A \cdot v_{\max}^2 = 0,49 \cdot 24^2 = 282,24 \text{ N}$$

Така, резервата на влечната сила ќе биде:

$$F_{\text{trez}} = F_t - (R_f + R_{vv'}_{\max}) = 828,4 - (1130 \cdot g \cdot 0,02 + 282,24) = 324,45 \text{ N}$$

ЗАДАЧА 3.4

За моторно возило се познати следните податоци:

- челна површина на возилото $A=1,73[m^2]$
- маса на возилото $m=1100 [kg]$
- динамички полупречник на тркалата $r_d=0,307[m]$
- преносен однос во првиот степен на пренос $i_1=3,6$
- преносен однос во третот степен на пренос $i_3=1,2$
- преносен однос во четвртиот степен на пренос $i_4=0,82$
- преносен однос во главниот преносник $i_o=4,4$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p=0,9$
- коефициент на аеродинамичност $C_x=0,43$
- густина на воздухот $\rho =1,22[kg/m^3]$
- коефициент на отпор на тркалање $f=0,02$

Брзинската карактеристика на моторот е дадена со следните податоци:

| | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| $n_e[vr/min]$ | 1800 | 2200 | 2600 | 3000 | 3400 | 3600 |
| $P_e[KW]$ | 26,2 | 32,1 | 36,4 | 39,6 | 40,8 | 40,2 |

Да се определи:

- Дијаграмот на влечење за дадените степени на пренос.
- Најголемата брзина на движење која возилото може да ја оствари на пат со нагорнина 5% , користејќи ги дијаграмските податоци од дијаграмот на влечење.

Решение:

а) За цртање на дијаграмот на влечење е потребно да се определи промената на влечната сила и отпорите на движењето зависно од брзината.

а₁) Влечната сила зависи од брзинската карактеристика на моторот, карактеристиките на трансмисијата и динамичкиот радиус на тркалата:

$$F_t = \frac{T_e \cdot \eta_p \cdot i_m \cdot i_o}{r_d}; \quad \text{каде} \quad T_e = \frac{P_e}{2 \cdot \pi \cdot n_e}$$

Брзината на возилото е во кинематска врска со бројот на вртежи на моторот:

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_m \cdot i_o}$$

Промената на брзината и влечната сила за зададените точки од брзинската карактеристика на моторот и дадените степени на пренос се пресметани според напред дадените изрази е дадена во табелата Т.3.4.1.

Т.3.4.1.

| | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| n_e | 1800 | 2200 | 2600 | 3000 | 3400 | 3600 |
| $n_e [vr / sec]$ | 30.00 | 36.67 | 43.33 | 50.00 | 56.67 | 60.00 |
| $P_e [kW]$ | 26200 | 32100 | 36400 | 39600 | 40800 | 40200 |
| $T_e = \frac{P_e}{2\pi \cdot n_e} [Nm]$ | 139.00 | 139.34 | 133.69 | 126.05 | 114.59 | 106.64 |
| $V_{1^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_{1^o} i_o} [m/s]$ | 3.65 | 4.47 | 5.28 | 6.09 | 6.90 | 7.31 |
| $F_{t1^o} = \frac{T_e \eta_p i_{1^o} i_o}{r_d} [N]$ | 6454.6 | 6470.32 | 6208.28 | 5853.52 | 5321.39 | 4951.85 |
| $V_{3^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_{3^o} i_o} [m/s]$ | 10.96 | 13.40 | 15.83 | 18.27 | 20.70 | 21.92 |

| | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $F_{t3^o} = \frac{T_e \eta_p i_3^o i_0}{r_d} [N]$ | 2151.55 | 2156.77 | 2069.43 | 1951.17 | 1773.80 | 1650.62 |
| $V_{4^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_4^o i_0} [m/s]$ | 16.04 | 19.60 | 23.17 | 26.73 | 30.29 | 32.08 |
| $F_{t4^o} = \frac{T_e \eta_p i_4^o i_0}{r_d} [N]$ | 1470.22 | 1473.80 | 1414.11 | 1333.30 | 1212.09 | 1127.92 |

a2) Отпорите на движењето кои се внесуваат на влечниот дијаграм се:

- отпорот на тркалање:

$$R_f = G \cdot f = m \cdot g \cdot f = 1100 \cdot g \cdot 0,02 = 215,8 [N]$$

- отпорот на нагорнината:

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

За очекуваните големини на нагорнината, вредностите на R_α се дадени во табелата Т. 3.4.2.

Т. 3.4.2.

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha[\%]$ | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| $R_\alpha = G \sin \alpha [N]$ | 219,9 | 549,9 | 1094,5 | 1631,7 | 2157,3 | 2667,9 | 3160,8 | 3633,8 |

- отпорот на воздухот:

$$R_v = \frac{c_x \cdot \rho}{2} \cdot A \cdot V^2$$

Во дијапазонот на очекуваните брзини на движење на возилото, промената на отпорот на воздухот е дадена во табелата Т. 3.4.3

Т. 3.4.3

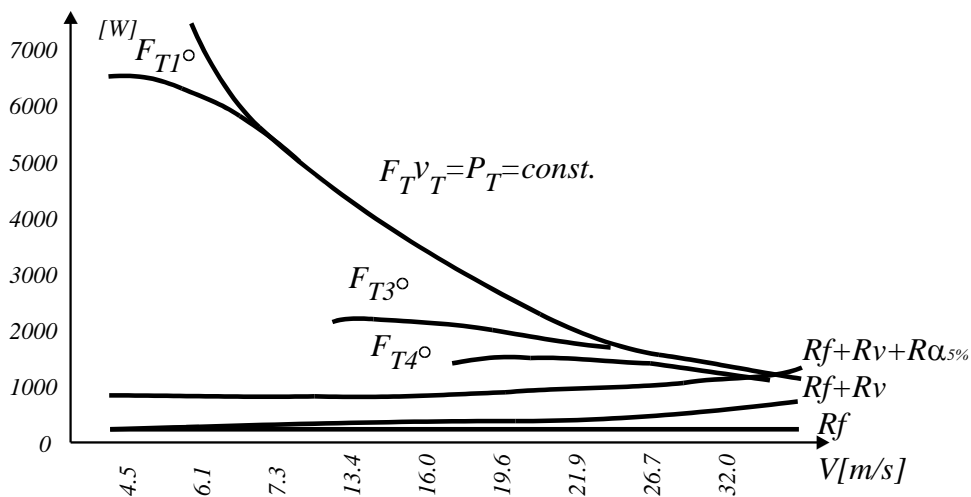
| | | | | | | |
|-------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $V[m/s]$ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| $R_v = \frac{C_x \rho}{2} AV^2 [N]$ | 45,3 | 102,1 | 181,5 | 283,6 | 408,4 | 555,9 |

Збирните отпори на движењето се дадени во табелата Т.3.4.4.

T.3.4.4

| v [m/s] | 0 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| R_f [N] | 215.82 | 215.82 | 215.82 | 215.82 | 215.82 | 215.82 | 215.82 |
| R_f+R_v [N] | 215.82 | 261.20 | 317.92 | 397.33 | 499.43 | 624.22 | 771.70 |
| $R_f+R_v+R_{\alpha}$ [N] | 755.15 | 800.52 | 857.25 | 936.66 | 1038.76 | 1163.55 | 1311.02 |

Вредностите кои се добиени за влечните сили и отпорите на движењето се прикажуваат во координатен систем брзина сила и на тој начин се добива влечниот дијаграм (сл. 3.4.1).



Сл. 3.4.1

Одговорот на прашањето со која најголема брзина возилото може да ја совлада нагорнината од 5% ќе го најдеме во точката во која се сечат отпорите $\Sigma R = R_f + R_{\alpha 5\%}$ и влечната сила на возилото. Со спуштање на апсисната оска се отчитува бараната брзина $v = 28,6 [m/s]$.

ЗАДАЧА 3.5

За моторно возило се познати следните податоци:

- максимална сила на моторот $P_{emax} = 44 [KW]$
- број на вртежи при максимална сила $n_{Pemax} = 100 [vr/s]$
- максимална брзина на возилото $v_{max} = 40 [m/s]$ (се постигнува при P_{emax})
- преносен однос во четвртиот (последен) степен на пренос $i_4 = 1$
- преносен однос во главниот преносник $i_o = 4,4$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p = 0,9$,
- вкупна маса на возилото $m = 1100 [kg]$ и
- коефициент на отпор на тркалање $f = 0,02$.

Доколку на возилото се вградат тркала со динамички полупречник за 3 [%] помал од оној со кој се остваруваат наведените перформанси, потребно е да се определи:

а) Колкава ќе биде брзината на возилото во режим на работа на моторот со P_{emax} ?

б) При движење со така пресметаната брзина дали може да се зголеми масата на возилото и колку ќе изнесува истата?

Решение:

а) Промената на динамичкиот радиус кон помал од оној со кој се постигнува најголемата брзина на возилото ќе предизвика нејзино смалување од кинематски аспект.

Бидејќи:

$$v_{max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_d \cdot n_{Pemax}}{i_o \cdot i_m}, \quad \text{за } r'_d = 0,97 \cdot r_d, \text{ следи:}$$

$$v'_{max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,97 \cdot r_d \cdot n_{Pemax}}{i_o \cdot i_m} = 0,97 \cdot v_{max} = 0,97 \cdot 40 = 38,8 \quad [m/s]$$

б) Бидејќи при иста сила која е на располагање на тркалата се намалува брзината на движење, можна е корекција на масата на возилото. Новата маса ќе се определи од билансот на силата:

$P_t = \Sigma P'_r$, или:

$$P_{t \max} = P_{e \max} \cdot \eta_p = P'_f + P'_v = m' \cdot g \cdot f \cdot v_{\max}' + k \cdot A \cdot v_{\max}'^3$$

$$m' = \frac{\eta_p \cdot P_{e \max} - k \cdot A \cdot v_{\max}'^3}{g \cdot f \cdot v_{\max}'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Непозната вредност на факторот на аеродинамичност $k \cdot A$ ќе се определи од билансот на силината пред замената на тркалата:

$$P_{t \max} = P_{e \max} \cdot \eta_p = m' \cdot g \cdot f \cdot v_{\max}' + k \cdot A \cdot v_{\max}'^3$$

следи:

$$k \cdot A = \frac{\eta_p \cdot P_{e \max} - m' \cdot g \cdot f \cdot v_{\max}'}{v_{\max}'^3} = \frac{4400 \cdot 0,9 - 1100 \cdot g \cdot 0,02 \cdot 40}{40^3}$$

$$k \cdot A = 0,484 \text{ [kg/m]}$$

Со замена да добиената вредност во (1), следи:

$$m' = \frac{0,9 \cdot 44000 - 0,484 \cdot 38,8^3}{g \cdot 0,02 \cdot 38,8} = 1488 \text{ [kg]}$$

Значи, после замената на тркалата најголемата брзина на возилото (во режим на моторот $P_{e \max}$) ќе се намали и ќе изнесува $v_{\max}' = 38,8 \text{ [m/s]}$, но истовремено масата на возилото може да се зголеми до $m' = 1488 \text{ [kg]}$.

ЗАДАЧА 3.6

Патничко возило се движи по пат со коефициент на отпор на тркалање $f=0,018$. За возилото е дадена динамичката карактеристика за првиот и последниот степен на пренос во вид на табела:

1 степен на пренос:

| | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| брзина $v[m/s]$ | 1,59 | 4,77 | 7,96 | 11,14 |
| D_1 | 0,378 | 0,417 | 0,402 | 0,331 |

4 степен на пренос

| | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| брзина $v[m/s]$ | 5,56 | 16,67 | 27,78 | 38,89 |
| D_4 | 0,107 | 0,1072 | 0,0811 | 0,0277 |

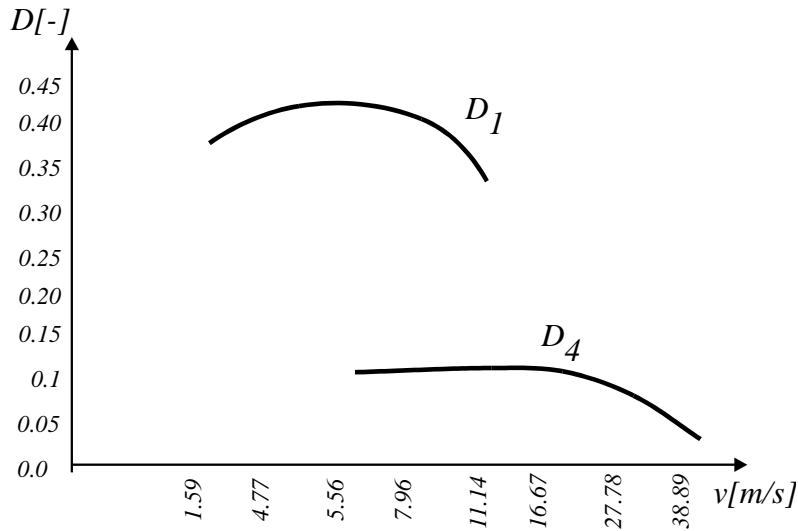
Користејќи ја динамичката карактеристика, потребно е:

а) Да се определи колкава најголема нагорнина може возилото да совлада во првиот степен на пренос при константна брзина.

б) Да се најде колкаво забрзување може да оствари возилото во последниот (директен) степен на пренос при брзина од $16,67 [m/s]$, ако коефициентот на вкупните отпори на патот изнесува $\psi = 0,05$ и коефициентот на влијание на ротирните маси е $\delta = 1$.

Решение:

За решавање на равенката е неопходно прво да се нацрта динамичката карактеристика на возилото според дадените податоци (Сл. 3.6.1).



Сл. 3.6.1

а) При движење по нагорнина (со $v=const$), на возилото дејствуваат отпорите:

$$\Sigma R = R_f + R_a + R_v, \text{ па следи:}$$

$$F_t = \Sigma R = R_f + R_a + R_v$$

Од изразот за динамичката карактеристика со замена на изразот за F_t следи:

$$\begin{aligned} D &= \frac{F_t - R_v}{G} = \frac{R_f + R_a + R_v - R_v}{G} = \\ &= \frac{G \cdot f \cdot \sin \alpha + G \cdot \sin \alpha}{G} = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \end{aligned}$$

Со усвојување дека $\cos \alpha \approx 1$ и $\sin \alpha \approx \tan \alpha$, се добива:

$$D = f + \tan \alpha$$

Бидејќи се бара најголемата нагорнина кога возилото може да ја совлада во првиот степен на пренос, ќе важи:

$$D_{1 \max} = f + \tan \alpha_{\max} \text{ односно:}$$

$$\tan \alpha_{\max} = D_{1 \max} - f$$

Со користење на податоците за D_1 и f се добива:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = 0,417 - 0,018 = 0,399 \quad , \text{ т.е. } \alpha_{\max} = 39,9 [\%]$$

б) Во услови на забрзано движење на возилото, влечната сила ќе ги совлада следните отпори:

$$F_t = \Sigma R = R_f + R_a + R_v$$

Со замената на оваа вредност на F_t во изразот за D се добива:

$$\begin{aligned} D &= \frac{F_t - R_v}{G} = \frac{R_f + R_a + R_v - R_v}{G} = \\ &= \frac{G \cdot f \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha + \delta \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt}}{G} = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha + \frac{\delta}{g} \cdot \frac{dV}{dt} = \\ &= \Psi + \frac{\rho}{g} \cdot \frac{dV}{dt} \end{aligned}$$

Најголемото забрзување кое возилото може да го оствари во четвртиот степен на пренос се добива со трансформација на последниот израз и со користење на зададените податоци:

$$\left(\frac{dV}{dt} \right)_{4 \max} = (D_{4 \max} - \Psi) \frac{g}{\delta} = (0,1072 - 0,05) \frac{g}{1} = 0,56 [m/s^2]$$

ЗАДАЧА 3.7

За едно возило е познато:

- вкупна маса на возилото $m = 1400 [kg]$,
- меѓуоскино растојание $l = 2,4 [m]$,
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p = 1,3 [m]$,
- висина на тежиштето $h_c = 0,61 [m]$,
- максимален вртежен момент на моторот $T_{emax} = 90 [Nm]$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p = 0,92$
- преносен однос во главниот преносник $i_o = 4,1$
- динамички полупречник на тркалата $r_d = 0,29 [m]$,
- коефициент на отпор на тркалање $f = 0,02$
- коефициент на прилепување $\varphi = 0,65$.

Потребно е:

- Да се определи колкав треба да биде преносниот однос во првиот степен на пренос за возилото да совлада нагорнина од $34 [\%]$.
- Да се провери дали таквото движење може да се оствари ако се:
 - предните тркала погонски,
 - задните тркала погонски и
 - сите тркала погонски.

Решение:

Најголемата нагорнина се совладува кога на тркалата се остварува најголемата влечна сила, а тоа значи дека моторот треба да работи во режимот $T_{e\ max}$.

$$F_{t\ max} = \frac{T_{emax} \cdot \eta_p \cdot i_1 \cdot i_o}{r_d}$$

Отпорите кои возилото треба да ги совлада притоа се (брзината константна, а R_v занемарлив)

$$\Sigma R = R_f + R_a = G \cdot f \cdot \cos \alpha_{max} + G \cdot \sin \alpha_{max}$$

Значи:

$F_{t\max} = \Sigma R$, од што се добива:

$$\frac{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_1^0 \cdot i_0}{r_d} = G \cdot f \cdot \cos \alpha_{\max} + G \cdot \sin \alpha_{\max}$$

Бараниот преносен однос во првиот степен на пренос е :

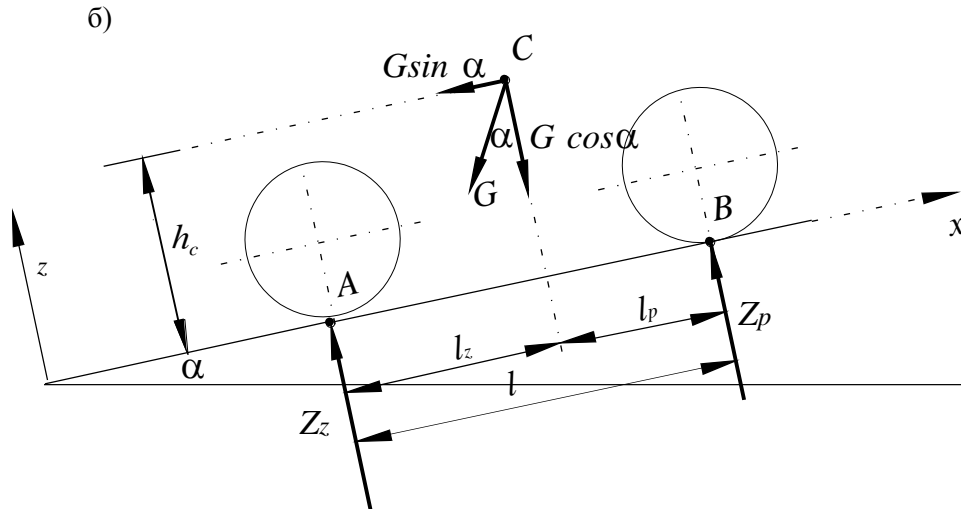
$$i_1^0 = \frac{r_d \cdot (m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha_{\max} + m \cdot g \cdot \sin \alpha_{\max})}{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_0}$$

За зададениот $\alpha_{\max} = 34$ [%] следи:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{34}{100} = 0,34; \quad \alpha_{\max} = 18,78^\circ$$

Конкретно:

$$i_1^0 = \frac{0,29 \cdot (1400 \cdot g \cdot 0,02 \cdot \cos 18,78^\circ + 1400 \cdot g \cdot \sin 18,78^\circ)}{90 \cdot 0,92 \cdot 4,1} = 3,99$$



Сл. 3.7.1

За да може возилото да се движи, потребно е периферната - влечната сила да биде помала или еднаква на најголемата тангентна реакција на подлогата.

Тоа значи:

$$F_{t \max} \leq X_{t \max} = Z_t \cdot \varphi$$

б₁) Ако предните тркала се погонски треба:

$$F_{t \max} \leq X_{p \max} = Z_p \cdot \varphi$$

Нормалната реакција Z_p ќе се определи од условите на рамнотежа:

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Z_p \cdot l - G \cdot \cos \alpha \cdot l_z + G \cdot \sin \alpha \cdot h_c = 0$$

$$Z_p = \frac{m \cdot g \cdot (l_z \cdot \cos \alpha - h_c \cdot \sin \alpha)}{l} =$$

$$= \frac{1400 \cdot g (1,1 \cdot \cos 18,78^\circ - 0,61 \cdot \sin 18,78^\circ)}{2,4} = 4836 [N]$$

$$X_{p \max} = Z_p \cdot \varphi = 4836 \cdot 0,65 = 3143 [N]$$

$$F_{t \max} = \frac{T_{e \max} \cdot \eta_p \cdot i_1 \cdot i_0}{r_d} = \frac{90 \cdot 0,92 \cdot 3,99 \cdot 4,1}{0,29} = 4681 [N]$$

Бидејќи $F_{t \max} > X_{p \max}$, тоа значи дека предните погонски тркала ќе пролизгаат, односно возилото нема да ја совлада нагорнината.

б₂) Од $\Sigma M_B = 0$ следи:

$$Z_z \cdot l - G \cdot \cos \alpha \cdot l_p - G \cdot \sin \alpha \cdot h_c = 0$$

$$\begin{aligned} Z_z &= \frac{m \cdot g \cdot (l_p \cdot \cos \alpha + h_c \cdot \sin \alpha)}{l} = \\ &= \frac{1400 \cdot 9,81 \cdot (1,3 \cdot \cos 18,78^\circ + 0,61 \cdot \sin 18,78^\circ)}{2,4} = 8167 [N] \end{aligned}$$

$$X_{z \max} = Z_z \cdot \varphi = 8167 \cdot 0,65 = 5308 [N]$$

Бидејќи $F_{t \max} < X_{z \max}$, задните погонски тркала нема да про-лизгаат, односно движењето на возилото ќе биде можно.

б₃) Бидејќи движењето со задни погонски тркала е можно, при погон на сите тркала тоа истотака е можно со уште поголема резерва во вкупната тангентна реакција на подлогата.

$$\begin{aligned} X_{p \max} + X_{z \max} &= Z_p \cdot \varphi + Z_z \cdot \varphi = (Z_p + Z_z) \cdot \varphi = G \cdot \cos \alpha \cdot \varphi = \\ &= m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \varphi = 1400 \cdot g \cdot \cos 18,78 \cdot 0,65 = 8452 [N] \end{aligned}$$

$$F_{t \max} < X_{p \max} + X_{z \max}$$

ЗАДАЧА 3.8

За моторно возило е познато:

- вкупна маса $m=1800[kg]$
- меѓуоскино растојание $l=3[m]$
- висина на тежиштето $h_c=0,8[m]$
- коефициент на прилепување $\varphi=0,6$
- коефициент на отпор на тркалање $f=0,02$

Да се определи:

- а) Колкаво треба да биде оптоварувањето на задните погонски тркала за да возилото може да совладува трајна нагорнина од $40[\%]$, при што истите тркала се на границата на прилепување?
- б) Колкаво е притоа растојанието на тежиштето од предната оска?

Решение:

а) Совладувањето на трајната нагорнина од $40[\%]$ укажува дека брзината на движење на возилото ќе биде константна ($R_a=0$) и ниска ($R_v \approx 0$). Така влечната сила ќе мора да ги совлада отпорите на тркалање и нагорнината:

$$\begin{aligned} F_t &= \Sigma R = R_f + R_a = G \cdot f \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha = \\ &= m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha + m \cdot g \cdot \sin \alpha = \\ &= 1800 \cdot g \cdot 0,02 \cdot \cos 21,8^\circ + 1800 \cdot g \cdot \sin 21,8^\circ = 6886 [N] \end{aligned}$$

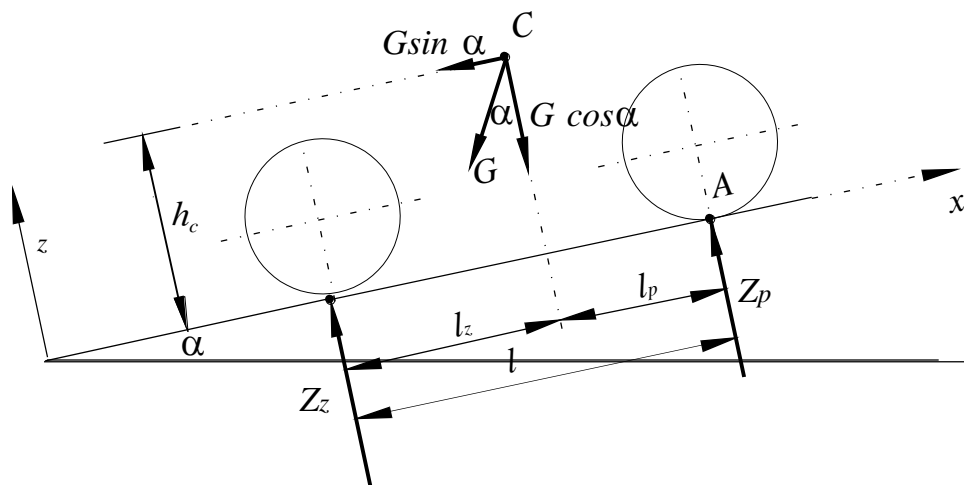
За тркалата да се наоѓаат на границата на прилепувањето е потребно:

$$F_t = X_{z \max} = Z_z \cdot \varphi$$

Нормалната реакција, односно оптоварувањето на задните погонски тркала на возилото е:

$$Z_z = \frac{F_t}{\varphi} = \frac{6886}{0,6} = 11.477 [N]$$

б) Бараното растојание на тежиштето од предната оска l_p се определува од условите на рамнотежа на возилото (сл. 3.8.1).



Сл. 3.8.1

Од $\Sigma M_A = 0$, следи:

$$Z_z \cdot l - G \cdot \cos \alpha \cdot l_p - G \cdot \sin \alpha \cdot h_c = 0$$

$$l_p = \frac{Z_z \cdot l - m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot h_c}{m \cdot g \cdot \cos \alpha} = \frac{11.477 \cdot 3 - 1800 \cdot g \cdot \sin 21,8^\circ \cdot 0,8}{1800 \cdot g \cdot \cos 21,8^\circ}$$

$$l_p = 1,78 \text{ [m]}$$

ЗАДАЧА 3.9

За две возила се познати следните податоци:

| Карактеристика | Возило 1 | Возило 2 |
|--|----------|----------|
| вкупна маса m [kg] | 6000 | 1100 |
| макс. вртежен момент на моторот T_{emax} [Nm] | 294 | 90 |
| преносен однос во последниот ст. на пренос i_4 | 0,82 | 1 |
| преносен однос во главниот преносник i_0 | 7,1 | 4,4 |
| динамички полупречник на тркалата r_d [m] | 0,5 | 0,3 |
| челна површина на возилото A [m ²] | 4,0 | 1,73 |
| коэффициент на аеродинамичност C_x | 0,79 | 0,43 |
| степен на користност на трансмисијата η_p | 0,85 | 0,9 |

Двете возила се движат во воздушна средина со густина на воздухот $\rho_o=1,22[N s^2 m^{-4}]$ и по патна подлога со коэффициент на отпор на тркалање $f=0,02$ и коэффициент на прилепување $\varphi = 0,6$.

Потребно е да се определи:

Ако двете возила во последниот степен на пренос при режим на работа на моторот со T_{emax} развиваат иста брзина $v=20[m/s]$, кое возило во тој момент има подобри влечни перформанси?

Решение:

Влечните перформанси, односно динамичките својства, на две различни возила можат да се споредуваат само преку нивните динамички карактеристики.

За возилото 1, најголемата можна динамичка карактеристика во зададениот режим е:

$$D_{1max} = \frac{F_{tmax} - R_v}{G} = \frac{\frac{T_{emax} \cdot \eta_p \cdot i_4 \cdot i_0}{r_d} - \frac{C_x \cdot \rho \cdot A \cdot v^2}{2}}{m \cdot g}$$

За зададените вредности следува:

$$D_{1max} = \frac{\frac{294 \cdot 0,85 \cdot 0,82 \cdot 7,1}{0,5} - \frac{0,79 \cdot 1,22}{2} \cdot 4 \cdot 20^2}{6000 \cdot g} = 0,0363 [-]$$

За возилото 2, соодветната вредност на динамичката карактеристика изнесува:

$$D_{2max} = \frac{\frac{T_{e\ max} \cdot \eta_p \cdot i_4 \cdot i_0}{r_d} - \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot A \cdot v^2}{m \cdot g} =$$
$$= \frac{\frac{90 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 4,4}{0,3} - \frac{0,43 \cdot 1,22}{2} \cdot 1,73 \cdot 20^2}{1100 \cdot g} = 0,0933 [-]$$

Очигледно е дека влечните перформанси на возилото 2 во тој режим се знатно подобри.

ЗАДАЧА 3.10

За моторно возило со погон на задната оска е познато:

- сопствена маса на возилото $m=5000 [kg]$
- максимален вртежен момент на моторот $T_{emax}=290 [Nm]$
- преносен однос во првиот степен на пренос $i_1=6,1$
- преносен однос во главниот преносник $i_o=7,1$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p=0,89$
- динамички полупречник на тркалата $r_d=0,5 [m]$
- коефициент на отпор на тркалањето $f=0,02$
- коефициент на прилепување $\varphi = 0,7$
- меѓуоскино растојание $l = 4 [m]$
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p= 2,4 [m]$
- висина на тежиштето $h_c= 0,85 [m]$
- висина на приклучокот $h_p= 0,5 [m]$
- агол на потезницата кон патот $\gamma = 0$.

Потребно е да се определи:

Дали ова возило може да влече приколка со вкупна маса $m'=8000[kg]$ по нагорнина од $\alpha=15[^\circ]$?

Решение:

Контролата дали возилото може да ја влече приколката во дадениот режим ќе се спроведе за првиот степен на пренос кога брзините се ниски па може да се усвои дека $R_v \approx 0$.

Останатите отпори кои возилото треба да ги совлада се:

- отпорот на тркалањето :

$$R_{fvk} = R_f + R'_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha + G' \cdot f \cdot \cos \alpha = \\ = (m + m') \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha$$

- отпорот на нагорнината:

$$R_{\alpha vk} = R_\alpha + R'_\alpha = G \cdot \sin \alpha + G' \cdot \sin \alpha = (m + m') \cdot g \cdot \sin \alpha$$

Сумата од таквите отпори е:

$$\Sigma R = R_{f\text{vk}} + R_{\alpha\text{vk}} = (m + m') \cdot g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)$$

За нагорнината од 15%, важи:

$$\alpha = \arccrg \frac{15}{100} = 8,53^\circ$$

За дадените вредности се добива:

$$\Sigma R = (5000 + 8000) \cdot 9,81 \cdot (0,02 \cdot \cos 8,53^\circ + \sin 8,53^\circ)$$

$$\Sigma R = 21.438,56 \text{ [N]}$$

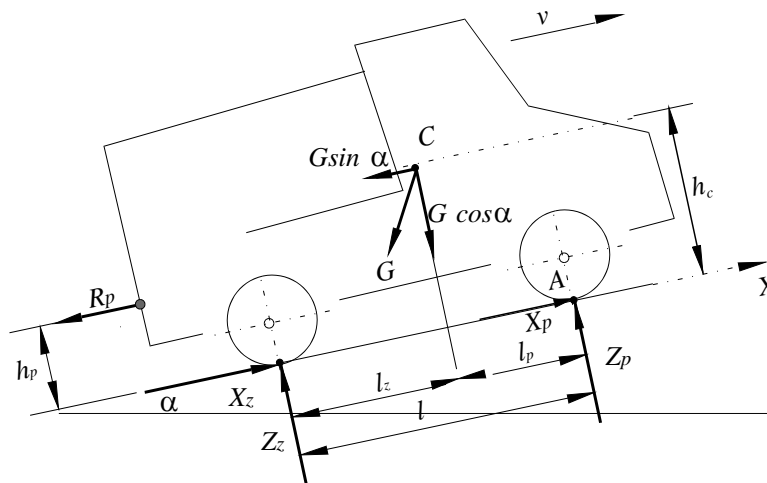
Од друга страна, најголемата влечна сила која возилото може да ја оствари изнесува:

$$F_{T\text{max}1^0} = \frac{T_{e\text{max}} \cdot \eta_p \cdot i_1 \cdot i_0}{r_d} = \frac{290 \cdot 0,89 \cdot 6,1 \cdot 7,1}{0,5}$$

$$F_{T\text{max}1^0} = 22.356,62 \text{ [N]}$$

Бидејќи $F_{T\text{max}1^0} > \Sigma R$, очигледно е дека возилото има доволно влечна сила да го сотвари саканото движење.

За да може движењето да се оствари е потребно уште и погонските тркала да не пролизгуваат. Ова ќе се провери со анализа на силите кои дејствуваат на возилото (Сл. 3.10.1.).



Сл. 3.10.1.

За да нема лизгање е потребно:

$$X_{z\max} = X_{z\varphi} = Z_z \cdot \varphi \geq F_{T\max} l^0$$

За да се открие бараното Z_z , се користат условите за рамнотежа:

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Z_z \cdot l - R_p \cdot h_p - G \cdot \sin \alpha \cdot h_c - G \cdot \cos \alpha \cdot l_p = 0$$

каде што:

$$R_p = R'_f + R'_\alpha = m \cdot g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$R_p = 8.000 \cdot g \cdot (0,02 \cdot \cos 8,53^\circ + \sin 8,53^\circ) = 13192,98 [N]$$

така, за дадените вредности:

$$\begin{aligned} Z_z &= \frac{R_p \cdot h_p + m \cdot g \cdot (h_c \cdot \sin \alpha + l_p \cdot \cos \alpha)}{l} = \\ &= \frac{13192,98 \cdot 0,5 + 5.000 \cdot g \cdot (0,85 \cdot \sin 8,53^\circ + 2,4 \cdot \cos 8,53^\circ)}{4} \end{aligned}$$

$$Z_z = 32299,61 [N]$$

$$X_{z\max} = Z_z \cdot \varphi = 32.299,61 \cdot 0,7 = 22.609,73 [N]$$

Бидејќи $F_{T\max} l^0 < X_{z\max}$ движењето ќе биде можно.

ЗАДАЧА 3.11

Заради подготовки на возило за спортски натпревари е потребно да се определи:

а) Колкав треба да биде преносниот однос во главниот преносник за да возилото може при поаѓање од место на хоризонтален пат да оствари максимално забрзување $a = 4,5 [m/s^2]$ (Отпорот на воздухот да се занемари).

б) Дали таквото забрзување може да се оствари ако се погонски само предните тркала, односно само задните тркала?

в) Колкав треба да биде преносниот однос во главниот преносник за возилото својата максимална брзина да ја оствари во петтиот степен на пренос при максимална сила на моторот?

Дадени податоци:

$$P_{e\ max} = 90 [kW], \text{ при } n_{Pe\ max} = 6000 [vr/min]$$

$$T_{e\ max} = 145 [Nm], \text{ при } n_{Te\ max} = 4000 [vr/min]$$

$$i_j^o = 2,95 - \text{ преносен однос во менувачот во првиот степен на пренос}$$

$$i_5^o = 0,89 - \text{ преносен однос во менувачот во петтиот степен на пренос}$$

$$m_{vk} = 1290 [kg] - \text{ вкупна маса на возилото}$$

$$l = 2,8 [m] - \text{ меѓуоскино растојание}$$

$$Z_{z\ st}/G_{vk} = 0,65$$

$$h_c = 0,4 [m] - \text{ висина на тежиште}$$

$$C_x = 0,27 - \text{ коефициент на аеродинамичност}$$

$$A = 1,62 [m^2] - \text{ челна површина на возилото}$$

$$\rho = 1,25 [kg/m^3] - \text{ густина на воздухот}$$

$$r_d = 0,325 [m] - \text{ динамички полупречник на тркалата}$$

$$\delta = 1,05 - \text{ коефициент на влијание на ротираните маси}$$

$$\eta_p = 0,91 - \text{ степен на корисност на трансмисијата}$$

$$f = 0,018 - \text{ коефициент на отпор на тркалање}$$

$$\varphi = 0,9 - \text{ коефициент на прилепување}$$

Решение:

а) Максималното забрзување ќе се оствари во режимот на $T_{e\max}$ на моторот. Тогаш влечната сила во првиот степен на пренос ќе биде:

$$F_{t\max 1^{\circ}} = \frac{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_{1^{\circ}} \cdot i_0}{r_d}$$

Од друга страна, за да се оствари бараното забрзување, влечната сила мора да ги совлада отпорите кои притоа се појавуваат:

$$\Sigma R = R_f + R_a = G_{vk} \cdot f + \delta \cdot m_{vk} \cdot a_{\max 1^{\circ}} = m_{vk} \cdot g \cdot f + \delta \cdot m_{vk} \cdot a_{\max 1^{\circ}}$$

Од условот:

$$F_{t\max 1^{\circ}} = \Sigma R, \text{ следи:}$$

$$\frac{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_{1^{\circ}} \cdot i_0}{r_d} = m_{vk} \cdot g \cdot f + \delta \cdot m_{vk} \cdot a_{\max 1^{\circ}}$$

Бараниот преносен однос во главниот преносник ќе биде:

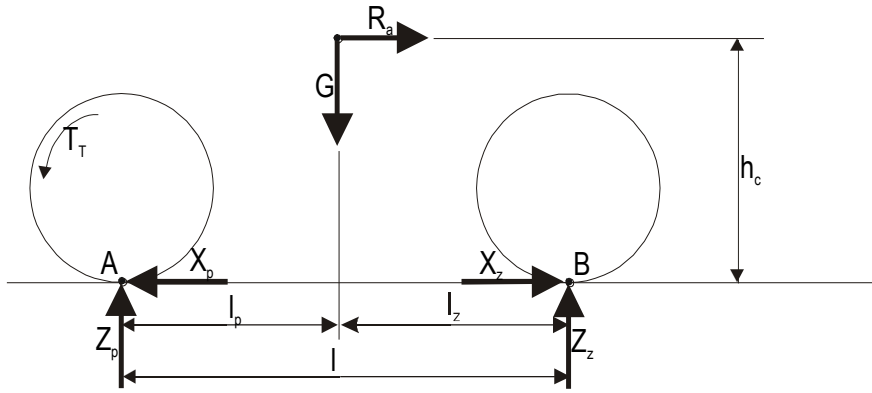
$$i_0 = \frac{r_d}{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_{1^{\circ}}} \cdot (m_{vk} \cdot g \cdot f + \delta \cdot m_{vk} \cdot a_{\max 1^{\circ}}),$$

$$i_0 = \frac{0,325}{145 \cdot 0,91 \cdot 2,95} \cdot (1290 \cdot g \cdot 0,018 + 1,05 \cdot 1290 \cdot 4,5)$$

Конечно:

$$i_0 = 5,28$$

б) Ќе се направи проверка дали подлогата може да соопшти тангентна реакција на погонските тркала која е еднаква или поголема од влечната сила во саканиот ражим (што е услов за движење без лизгање).



Сл. 3.11.1

При погон на предните тркала се контролира дали $X_{pmax} = X_{p\phi} \geq F_{imax} l^o$.

Од Сл. 3.11.1 и условите на рамнотежа следи:

$$\Sigma M_B = 0$$

$$Z_p \cdot l - G \cdot l_z + R_a \cdot h_c = 0$$

Каде што:

$$R_a = m_{vk} \cdot \delta \cdot \frac{dv}{dt} = m_{vk} \cdot \delta \cdot a_{max} l^o$$

Од условот: $Z_{zst}/G_{vk} = 0,65$ следи:

$$l_p = 0,65 \cdot l \quad , \quad \text{односно} \quad l_z = 0,35 \cdot l$$

Со соодветните замени се добива:

$$\begin{aligned} Z_p &= \frac{G \cdot l_z - R_a \cdot h_c}{l} = \frac{m_{vk} \cdot g \cdot l_z - m_{vk} \cdot \delta \cdot \frac{dv}{dt} \cdot h_c}{l} = \\ &= \frac{1290 \cdot g \cdot 0,35 \cdot 2,8 - 1290 \cdot 1 \cdot 4,5 \cdot 0,4}{2,8} = 3599,93 [N] \end{aligned}$$

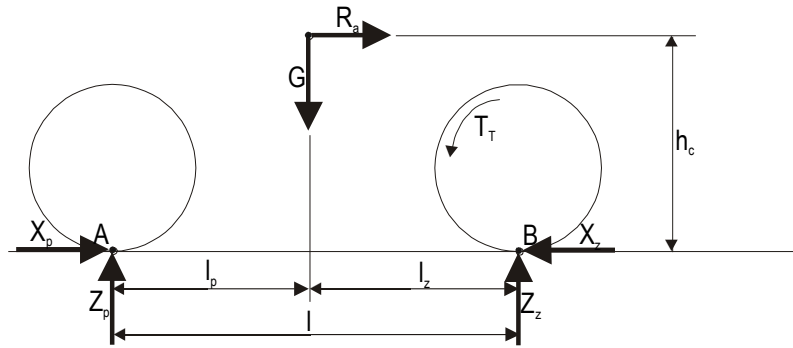
Следи:

$$X_{p\max} = X_{p\varphi} = Z_p \cdot \varphi = 3599,93 \cdot 0,9 = 3239,93 \text{ [N]}$$

Влечната сила е:

$$F_{t\max}^{\circ} = \frac{T_{e\max} \cdot \eta_p \cdot i_{1^{\circ}} \cdot i_0}{r_d} = \frac{145 \cdot 0,91 \cdot 2,95 \cdot 5,28}{0,325} = 632385 \text{ [N]}$$

Очигледно е дека $X_{p\max} < F_{t\max}^{\circ}$, што значи дека предните погонски тркала ќе пролизгаат и возилото нема да го оствари саканото забрзување. При погон на задните тркала се контролира дали $X_{z\max} = X_{z\varphi} \geq F_{t\max}^{\circ}$.



Сл. 3.11.2

Бидејќи во вертикална насока силите не се променети (сл. 3.11.2) во однос на случајот кога погонот е на предните тркала, и од условите за рамнотежа се добива:

Од $\Sigma Z = 0$:

$$Z_p + Z_z = G$$

$$Z_z = G - Z_p = m_{vk} \cdot g - Z_p = 1290 \cdot g - 3041,8 = 7651,1 \text{ [N]}$$

$$X_{z\max} = X_{z\varphi} = Z_z \cdot \varphi = 7651,1 \cdot 0,9 = 6885,99 \text{ [N]}$$

Бидејќи $X_{zmax} > F_{maxl}^o$, движењето може да се оствари без пролизгување.

в) За да се утврди бараниот преносен однос, најпрво се определува максималната брзина на возилото. За таа цел ќе се искористи равенката на билансот на силината:

$$P_{e\max} \cdot \eta_p = \Sigma P_R = P_f + P_v$$

$$P_{e\max} \cdot \eta_p = G \cdot f \cdot v_{\max} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot A \cdot v_{\max}^3$$

$$90.000 \cdot 0,91 = 1290 \cdot g \cdot 0,018 \cdot v_{\max} + \frac{0,27 \cdot 1,25}{2} \cdot 1,62 \cdot v_{\max}^3$$

Следи $v_{\max} \approx 63 [m/s]$.

Од условот за кинематска усогласеност на бројот на вртежи на моторот и тркалата следи:

$$v_{\max} = r_d \cdot \omega_{t\max} = 2 \cdot \pi \cdot r_d \cdot n_{t\max} = 2 \cdot \pi \cdot r_d \cdot \frac{n_{Pe\max}}{i_{5^o} \cdot i_0}$$

$$i_0 = 2 \cdot \pi \cdot r_d \cdot \frac{n_{Pe\max}}{i_{5^o} \cdot v_{\max}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,325 \cdot \frac{6000}{0,89 \cdot 63}$$

$$i_0 = 3,64$$

ЗАДАЧА 4.1

За еден трактор на тркала е познато:

- Степен на корисност на трансмисијата $\eta_p = 0,86$
- Динамички полупречник на погонските тркала $r_d = 0,74 [m]$
- Коефициент на отпорот на тркалање $f = 0,04$
- Максимална силина на моторот $P_{emax} = 20 [KW]$
- Број на вртежи при максимална силина $n_{P_{emax}} = 35 [vr/s]$

Ако тракторот се движи со режим на моторот при P_{emax} и притоа неговиот влечен степен на корисност изнесува $\eta_v = 0,7$, стварната брзина $v_s = 1,1 [m/s]$ и лизгањето $\lambda = 13 [\%]$, да се определи:

- Колкава е силата на приклучокот ?
- Колкав вкупен преносен однос во трансмисијата е потребен за тоа ?
- Колкава е масата на тракторот ?
- Колкав е степенот на корисност на тркалањето ?

Решение:

- Од изразот за влечниот степен на корисност

$$\eta_v = \frac{P_p}{P_e}; \text{ за зададениот режим на работа } (P_{emax}), \text{ следи:}$$

$$P_p = \eta_v \cdot P_{e \max} = 0,7 \cdot 20 = 14 [kW]$$

Од друга страна, силината на приклучокот е:

$$P_p = R_p \cdot v_s, \text{ па бараната сила на приклучокот е:}$$

$$R_p = \frac{P_p}{v_s} = \frac{14 \cdot 1000}{1,1} = 12.727 [N]$$

б. Потребниот вкупен преносен однос во трансмисијата се определува по кинематски пат:

$$v_t = \omega_t \cdot r_d = 2\pi \cdot r_d \cdot n_t = 2\pi \cdot r_d \cdot \frac{n_e}{i_{vk}}$$

$$i_{vk} = 2\pi \cdot r_d \cdot \frac{n_e}{v_t}$$

Потребно е да се определи v_t и во претходната равенка да се примени дадениот режим на работа на моторот ($n_{Pe\ max}$).

Од $\eta_\lambda = \frac{v_s}{v_t}$ следи $v_t = \frac{v_s}{\eta_\lambda}$

Бидејќи $\eta_\lambda = 1 - \lambda$, се добива:

$$v_t = \frac{v_s}{1 - \lambda} = \frac{1,1}{1 - 0,13} = 1,26 [m/s]$$

Сега i_{vk} ќе биде:

$$i_{vk} = 2\pi \cdot r_d \cdot \frac{n_{Pe\ max}}{v_t} = 2\pi \cdot 0,74 \cdot \frac{35}{1,26} = 129,15$$

в) Масата на тракторот може да се определи од билансот на силината:

$$\eta_p \cdot P_e = P_t = \Sigma P_r = P_f + P_p + P_\lambda, \text{ за дадениот режим:}$$

$$\eta_p \cdot P_{e\ max} = R_f \cdot v_s + R_p \cdot v_s + (R_f + R_p) \cdot v_\lambda$$

Брзината на лизгање v_λ е:

$$v_\lambda = v_t - v_s = \frac{v_s}{1 - \lambda} - v_s = \frac{\lambda \cdot v_s}{1 - \lambda}$$

Следи:

$$\eta_p \cdot P_{e\ max} = m \cdot g \cdot f \cdot v_s + R_p \cdot v_s + m \cdot g \cdot f \cdot \frac{\lambda \cdot v_s}{1 - \lambda} + R_p \cdot \frac{\lambda \cdot v_s}{1 - \lambda}$$

односно:

$$m = \left(\eta_p \cdot P_{e\ max} - R_p \cdot \frac{v_s}{1 - \lambda} \right) \cdot \frac{1 - \lambda}{g \cdot f \cdot v_s} =$$

$$= \left(0,86 \cdot 20 \cdot 1000 - 12,727 \cdot \frac{1,1}{1 - 0,13} \right) \cdot \frac{1 - 0,13}{g \cdot 0,04 \cdot 1,1} = 2,2234 [kg]$$

г) Степенот на корисност на тркалање е:

$$\eta_f = \frac{R_p}{R_f + R_p} = \frac{R_p}{m \cdot g \cdot f + R_p} = \frac{12.727}{2.234 \cdot g \cdot 0,04 + 12.727} = 0,936$$

На друг начин

$$\eta_v = \eta_p \cdot \eta_\lambda \cdot \eta_f$$

$$\eta_f = \frac{\eta_v}{\eta_p \cdot \eta_\lambda} = \frac{0,7}{0,86 \cdot 0,87} = 0,936$$

ЗАДАЧА 4.2

За еден трактор на тркала се познати следните податоци:

- Вкупна маса на тракторот $m = 1850 [kg]$
- Максимална силина на моторот $P_{emax} = 38 [KW]$
- Степен на корисност на трансмисијата $\eta_p = 0,89$

Тракторот се движи на подлога со коефициент на отпор на тркалање $f = 0,09$, остварувајќи на приклучокот влечна сила $R_p = 12100 [N]$ при што лизгањето на погонските тркала изнесува $\lambda = 14 [\%]$.

Потребно е да се определи:

- а) Вкупниот влечен степен на корисност на тракторот η_v .
- б) Силина на приклучокот P_p .
- в) Стварната брзина на движење на тракторот во овие услови v_s .

Решение:

- а) Вкупниот влечен степен на корисност на тракторот е:

$$\eta_v = \eta_p \cdot \eta_f \cdot \eta_\lambda$$

Степенот на корисност на тркалањето е:

$$\eta_f = \frac{R_p}{R_p + R_f} = \frac{R_p}{R_p + G \cdot f} = \frac{12100}{12100 + 1850 \cdot g \cdot 0,09} = 0,881$$

Степенот на корисност во однос на лизгањето е:

$$\eta_\lambda = 1 - \lambda = 1 - \frac{14}{100} = 0,86$$

Бараниот η_v изнесува:

$$\eta_v = \eta_p \cdot \eta_f \cdot \eta_\lambda = 0,89 \cdot 0,881 \cdot 0,86 = 0,674$$

- б) Силината на приклучокот е:

$$P_p = \eta_v \cdot P_e = 0,674 \cdot 38 = 25,6 [kW]$$

в) Стварната брзина на движење се добива од следниот израз:

$$P_p = R_p \cdot v_s$$

$$v_s = \frac{P_p}{R_p} = \frac{25,6 \cdot 1000}{1200} = 2,12 \left[\frac{m}{s} \right]$$

ЗАДАЧА 4.3

За трактор на тркала се познати следните податоци:

- маса $m=1950[\text{kg}]$
- меѓуоскино растојание $l=2,1 [\text{m}]$
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p=1,4[\text{m}]$
- висина на тежиштето $h_c=0,5[\text{m}]$
- висина на прикличукот $h_p=0,5[\text{m}]$
- максимална силина на моторот $P_{\text{max}}=36[\text{KW}]$
- број на вртежи при максимална силина $n_{P_{\text{max}}}=33[\text{vrt/s}]$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p=0,87$
- динамички полупречник на тркалата $r_d=0,6 [\text{m}]$
- коефициент на отпор на тркалање $f=0,1$

Потребно е да се определи:

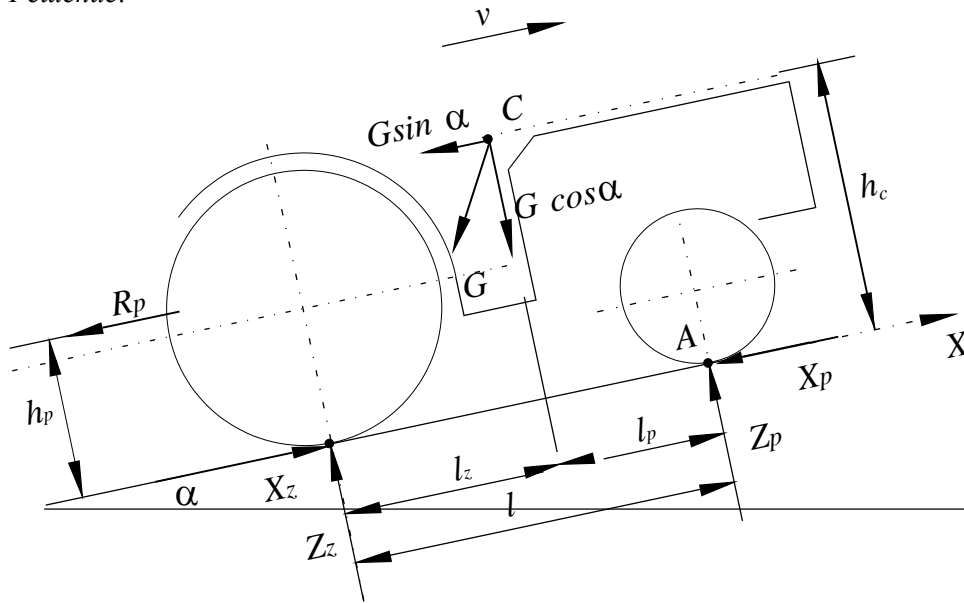
а) Колкава најголема маса на приколката тракторот може да влече на нагорнина од $10[\%]$, а притоа да не дојде до пролизгување на неговите задни погонски тркала, ако коефициентот на прилепување е $\varphi = 0,6$ ($X_p=R_{fp}=0$) ?

б) Исто како и под а), само за случај да погонот е преку сите четири тркала.

в) Колкава е разликата во големината на масата на приколката во однос на точките а) и б) ?

г) Да се определи вкупниот степен на пренос помеѓу моторот и тркалата за случајот под а) ако моторот работи во режим на максимална силина.

Решение:



Сл. 4.3.1.

Според скицата од сл. 4.3.1. со користење на условите на рамнотежа следи:

$$\sum Z=0:$$

$$Z_p + Z_z = G \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$\sum X=0:$$

$$X_z - R_p - G \cdot \sin \alpha - X_p = 0$$

Знаејќи дека тангентните реакции на подлогата се:

$$X_z = Z_z \cdot \varphi$$

$$X_p = Z_p \cdot f$$

се добива:

$$Z_z \cdot \varphi - R_p - G \cdot \sin \alpha - Z_p \cdot f = 0,$$

односно:

$$Z_z \cdot \varphi - R_p - G \cdot \sin \alpha - (G \cdot \cos \alpha - Z_z) \cdot f = 0.$$

Со натамошно средување се добива:

$$Z_z \cdot (\varphi + f) = R_p + G \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)$$

односно:

$$Z_z = \frac{R_p + G \cdot (f \cos \alpha + \sin \alpha)}{\varphi + f} \quad \dots \quad (1)$$

Од условот за рамнотежа на моменти следи:

$$\sum M_A = 0:$$

$$Z_z \cdot -R_p \cdot h_p - G \cos \alpha \cdot p - G \sin \alpha \cdot h_c = 0$$

од каде:

$$Z_z = \frac{R_p + G \cos \alpha \cdot l_p + G \sin \alpha \cdot h_c}{l}$$

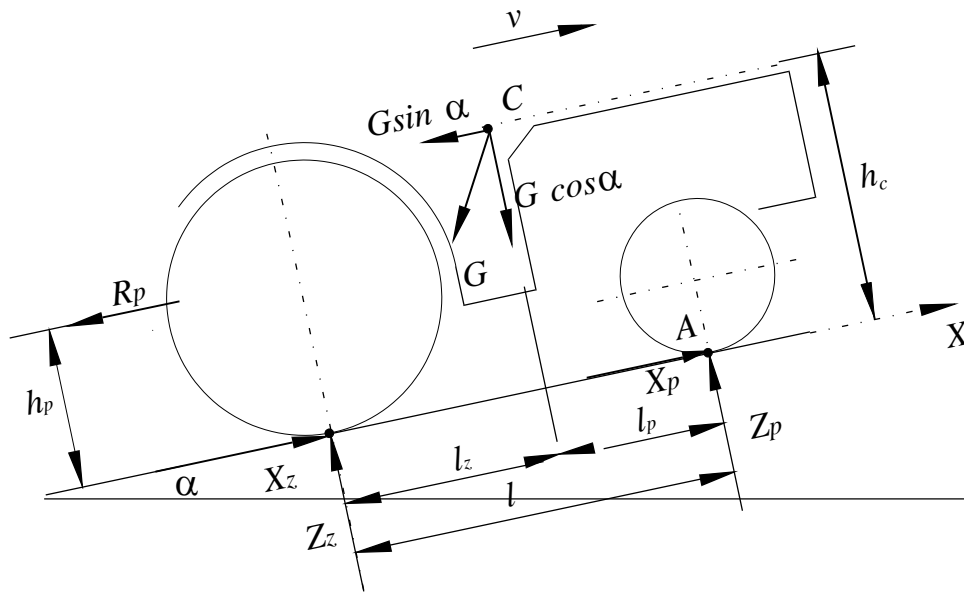
Бидејќи левите страни на равенките (1) и (2) се исти, со изедначување на десните се добива:

$$R_p = \frac{(h_c \sin \alpha + l_p \cos \alpha) \cdot (\varphi + f) - (f \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot l}{l - h_p(\varphi + f)} \cdot G$$

Со замена се добива:

$$R_p = \frac{(0,5 \cdot 0,0995 + 1,4 \cdot 0,995) \cdot (0,6 + 0,1) - (0,1 \cdot 0,995 + 0,0995) \cdot 2,1}{2,1 - 0,5 \cdot (0,6 + 0,1)} \cdot 1950 \cdot g$$

$$R_p = 6471,5 [N]$$



Сл. 4.3.2

б) При погон на сите четири тркала се менува вредноста и насоката на тангентната реакција на предните тркала (Сл. 4.3.2).

Сега $X_p = Z_p \cdot \varphi$, а равенките на рамнотежа даваат:

$$\Sigma Z = 0 :$$

$$Z_p + Z_z = G \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$\Sigma X = 0 :$$

$$X_z + X_p - R_p - G \cdot \sin \alpha = 0$$

односно:

$$Z_z \cdot \varphi + Z_p \cdot \varphi - R_p - G \cdot \sin \alpha = 0.$$

Заменувајќи $Z_p + Z_z = G \cdot \cos \alpha$, следи:

$$G \cdot \cos \alpha \cdot \varphi - R_p - G \cdot \sin \alpha = 0$$

Бараната сила на приклучокот сега е:

$$R_p = G \cdot \cos \alpha \cdot \varphi - G \cdot \sin \alpha, \text{ или}$$

$$R_p = G (\cos \alpha \cdot \varphi - \sin \alpha) = m \cdot g (\cos \alpha \cdot \varphi - \sin \alpha)$$

Со замена на конкретните вредности се добива:

$$R_p = 1950 \cdot g \cdot (0,6 \cdot 0,995 - 0,0995) = 9516,9 \text{ [N]}$$

в) Масата на приколката ќе се определи од големината на силата R_p бидејќи таа мора да ги совлада отпорите на нејзиното движење.

Тоа значи:

$$R_p = \Sigma R' = R'_f + R'_\alpha = G' \cdot f \cdot \cos \alpha + G' \cdot \sin \alpha = G' (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) =$$

$$= m' \cdot g (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Бараната маса на приколката сега е:

$$m' = \frac{R_p}{g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

Кога погонот е само на задната оска (точка а) следи:

$$m'_a = \frac{6471,5}{g \cdot (0,1 \cdot 0,995 + 0,0995)} = 3315 \text{ [kg]}$$

Кога погонот е на сите четири тркала (точка б) следи:

$$m'_b = \frac{9516,9}{g \cdot (0,1 \cdot 0,995 + 0,0995)} = 4875 \text{ [kg]}$$

Разликата на масата на приколката е:

$$\Delta m' = m'_b - m'_a = 4875 - 3315 = 1560 \text{ [kg]}$$

Од равенката на билансот на силината се добива:

$$\eta_p \cdot P_{e \max} = \Sigma P_R = P_f + P_p + P_\lambda$$

$$\eta_p \cdot P_{e \max} = R_f \cdot v_s + R_p \cdot v_s + (R_f + R_p) \cdot v_\lambda$$

$$\eta_p \cdot P_{e \max} = R_f \cdot (v_s + v_\lambda) + R_p \cdot (v_s + v_\lambda)$$

$$\eta_p \cdot P_{e \max} = (R_f + R_p) \cdot (v_s + v_\lambda)$$

Бидејќи:

$$v_t = \omega_t \cdot r_d = 2\pi \cdot r_d \cdot n_t = 2\pi \cdot r_d \cdot \frac{n_e}{i_{vk}},$$

следи:

$$\eta_p \cdot P_{emax} = (R_f + R_p) \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_{Pemax}}{i_{vk}},$$

односно:

$$i_{vk} = (R_f + R_p) \frac{2\pi r_d \cdot n_{Pemax}}{\eta_p \cdot P_{emax}}$$

Бидејќи е:

$$R_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha = 1950 \cdot g \cdot 0,1 \cdot 0,995 = 1903,4 [N]$$

Следи:

$$i_{vk} = (1903,4 + 6471,5) \frac{2\pi \cdot 0,6 \cdot 33}{0,87 \cdot 36000}$$

$$i_{vk} = 33,25$$

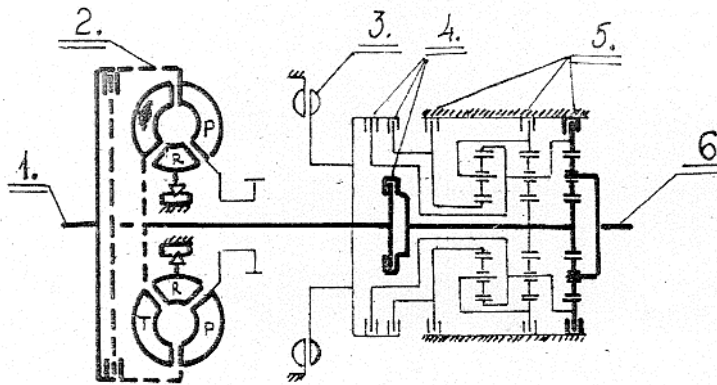
ЗАДАЧА 5.1

За зглобен градски автобус опремен со автоматски хидро-механички менувач се познати следните податоци:

- Вкупна маса $m = 26.035 [kg]$
- Фактор на аеродинамичност $kA = 0,46,814 [Ns^2m^{-2}]$
- Преносни односи во механичкиот дел од менувачот:
 $i_1 = 8,23 ; i_2 = 4,82 ; i_3 = 3,43 ; i_4 = 2,01 ; i_5 = 1,42 ; i_6 = 1,00$
- Преносен однос во главниот преносник:
 $i_0 = 5,198$
- Степен на корисност на механичкиот дел од трансмисијата $\eta_m = 0,89$
- Динамички полупречник на тркалата $r_d = 0,6 [m]$
- Коефициент на отпор на тркалање $f = 0,018$
- Надворешната брзинска карактеристика на моторот е дадена преку табеларен приказ на промената на вртежниот момент:

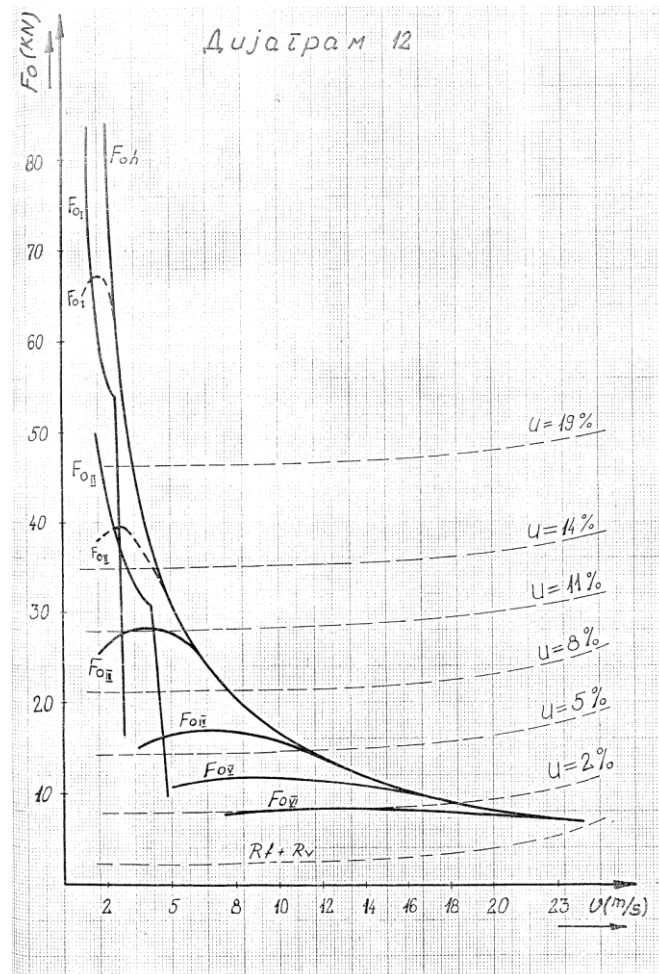
| | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| n_e [vr/min] | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 |
| T_e [Nm] | 860 | 870 | 870 | 855 | 835 | 810 | 775 |

Хидро-динамичкиот менувач (конвертор) е производ - марка и тип: ZFW 360-10/1.1.1. Градбата на хидро-механичкиот менувач е даден на слика Сл. 5.1.1.



Сл. 5.1.1

Карактеристиките на заедничката работа моторот и менувачот се дадени на дијаграмот од Сл. 5.1.2.



Сл. 5. 1. 2

За даденото возило да се нацрта влечниот дијаграм ако автоматскиот менувач го вклучува првиот и вториот степен на пренос преку хидрауличкиот менувач, а останатите директно на механичкиот менувач преку фриктиона спојка.

Решение:

За цртање на влечниот дијаграм е потребно да се определат промената на влечната сила и отпорите во зависност од брзината на движење.

Најпрво ќе биде определена промената на влечната сила.

Доколку менувачот беше чист механички (без хидродинамички конвертор), влечната сила и соодветната брзина се определуваат според следните познати релации:

$$F_t = \frac{T_e \cdot \eta_m \cdot i_m \cdot i_0}{r_d} \quad \text{и} \quad v = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_m \cdot i_0}$$

Начинот на пресметка и добиените вредности за зададените вредности се дадени во табелата Т.5.1.1.

Т.5.1.1

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| n_e [vr/min] | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 |
| n_e [vr/sec] | 16,67 | 20,00 | 23,20 | 26,67 | 30,00 | 33,33 | 36,67 |
| T_e [Nm] | 860 | 870 | 870 | 855 | 835 | 810 | 775 |
| $v_{1^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_{1^o} \cdot i_0} \left[\frac{m}{s} \right]$ | 1,27 | 1,52 | 1,77 | 2,03 | 2,29 | 2,54 | 2,79 |
| $F_{t1^o} = \frac{T_e \cdot \eta_m \cdot i_1 \cdot i_0}{r_d} [N]$ | 63089 | 63823 | 63823 | 6272 | 61255 | 59421 | 56854 |
| $v_{2^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_{2^o} \cdot i_0} \left[\frac{m}{s} \right]$ | 2,17 | 2,60 | 3,00 | 3,47 | 3,90 | 4,34 | 4,77 |
| $F_{t2^o} = \frac{T_e \cdot \eta_m \cdot i_2 \cdot i_0}{r_d} [N]$ | 36949 | 37379 | 37379 | 36734 | 35875 | 34801 | 33297 |
| $v_{3^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_{3^o} \cdot i_0} \left[\frac{m}{s} \right]$ | 3,04 | 3,65 | 4,26 | 4,87 | 5,48 | 6,09 | 6,70 |
| $F_{t3^o} = \frac{T_e \cdot \eta_m \cdot i_3 \cdot i_0}{r_d} [N]$ | 26294 | 26599 | 26599 | 26141 | 25529 | 24765 | 23695 |
| $v_{4^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_{4^o} \cdot i_0} \left[\frac{m}{s} \right]$ | 5,20 | 6,24 | 7,28 | 8,32 | 9,36 | 10,40 | 11,44 |
| $F_{t4^o} = \frac{T_e \cdot \eta_m \cdot i_4 \cdot i_0}{r_d} [N]$ | 15408 | 15587 | 15587 | 15319 | 14960 | 14512 | 13885 |
| $v_{5^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_{5^o} \cdot i_0} \left[\frac{m}{s} \right]$ | 7,36 | 8,80 | 10,30 | 11,78 | 13,25 | 14,72 | 16,19 |
| $F_{t5^o} = \frac{T_e \cdot \eta_m \cdot i_5 \cdot i_0}{r_d} [N]$ | 10885 | 11012 | 11012 | 10822 | 10569 | 10252 | 9810 |
| $v_{6^o} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_{6^o} \cdot i_0} \left[\frac{m}{s} \right]$ | 10,45 | 12,54 | 14,63 | 16,72 | 18,81 | 20,90 | 22,99 |
| $F_{t6^o} = \frac{T_e \cdot \eta_m \cdot i_6 \cdot i_0}{r_d} [N]$ | 7665 | 7755 | 7755 | 7621 | 7443 | 7220 | 6908 |

Вредностите за брзината на движење и влечната сила дадени во табелата Т.5.1.1 одговараат на реалните кога автоматскиот менувач работи во 3, 4, 5 и 6-от степен на пренос. Во тие степени на пренос

силината не проаѓа низ хидрауличниот преносник кој е премостен со фрикциона спојка.

Во првиот и вториот степен на пренос фрикционата спојка е исклучена, а силината поминува низ турбо-конверторот.

Познато е дека турбо-конверторот врши промена на вртежниот момент кој го добива на пумпното колце во различен (во поголемиот дел од работното подрачје - поголем) вртежен момент на турбинското колце. Добиениот вртежен момент на турбинското колце потоа проаѓа и низ механичкиот дел од преносникот.

Трансформацијата на вртежниот момент на моторот низ хидродинамичкиот менувач е сложен процес и се илустрира со т.н. дијаграм на заедничката работа на моторот и хидродинамичкиот преносник. Тој дијаграм се добива со испитување на моторот и преносникот и за конкретниот случај е даден на слика Сл.5.1.1. Треба да се обрне внимание дека наспроти поволностите како што се: меко поаѓање од место без посебно командување од страна на возачот и поволниот - висок вртежен момент во почетокот T_T , хидродинамичкиот преносник има и големи загуби на силина - P_v , односно лош степен на корисно дејство, особено во почетокот.

За да определат влечните сили во првиот степен на пренос, како и нивната зависност од брзината, ќе се користи дијаграмот од Сл.5.1.1.

Од апцисната оска ќе бидат отчитувани вредностите на бројот на вртежи на турбинското колце (што е и влезен број на вртежи за механичкиот дел од преносникот), а од ординатната оска ќе се отчитуваат соодветните вредности на вртежниот момент на турбинското колце, кој исто така е влезен вртежен момент во механичкиот дел од преносникот.

Во табелата Т.5.1.2 се дадени отчитаните податоци за промената на вртежниот момент на турбинското колце T_T , во зависност од неговиот број на вртежи n_T .

Т.5.1.2

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| n_T [vr/min] | 0 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 |
| T_T [Nm] | 1830 | 1640 | 1460 | 1280 | 1120 | 1010 | 915 | 820 | 740 | 710 | 570 | 230 |

Следниот чекор е пресметка на влечните сили и соодветните брзини во првиот степен на пренос (кога силината е пренесена преку хидродинамичкиот и механичкиот дел од преносникот). За тоа ќе се користат релациите:

$$F_{th} = \frac{T_T \cdot \eta_{m_i} \cdot i_m \cdot i_0}{r_d} \quad \text{и} \quad v_h = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_T}{i_{m_i} \cdot i_0}$$

каде што се:

- T_T - вртежен момент на турбинското коло на турбо конверторот;
- n_T - број на вртежи на турбинското коло.

Резултатите од пресметката за 1-от степен на пренос се дадени во табела Т.5.1.3, а за 2-от степен на пренос во табелата Т.5.1.4.

Т. 5.1.3

| | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| $v_{1^o h} \left[\frac{m}{s} \right]$ | 0 | 0,25 | 0,51 | 0,76 | 1,01 | 1,27 | 1,52 |
| $F_{r1^o h} [Nm]$ | 134248 | 120310 | 107105 | 93901 | 82163 | 74093 | 67124 |
| | | | | | | | |
| | | | 1,78 | 2,03 | 2,29 | 2,54 | 4,77 |
| | | | 60155 | 54286 | 52086 | 41815 | 16872 |

Т. 5.1.4.

| | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $v_{2^o h} \left[\frac{m}{s} \right]$ | 0 | 0,43 | 0,87 | 1,30 | 1,73 | 2,17 | 2,60 |
| $F_{r2^o h} [Nm]$ | 78624 | 70461 | 62728 | 54994 | 48120 | 43394 | 39312 |
| | | | | | | | |
| | | | 3,04 | 3,47 | 3,90 | 4,34 | 4,77 |
| | | | 35230 | 31793 | 30504 | 14490 | 9882 |

За комплетирање на влечниот дијаграм, покрај веќе пресметаните сили на влечење, потребно е да се определат и отпорите што дејствуваат на возилото.

При претпоставка да коефициентот на отпор на тркалање ($f=0,018$), отпорот на тркалање ќе биде исто така константен:

$$R_f = Gf = m g f = 26035 \cdot g \cdot 0,018 = 4597 \text{ N}$$

Отпорот на воздухот ќе зависи од врзината:

$$R_v = k \cdot A \cdot v^2 \quad (\text{Табела Т.5.1.5})$$

Т.5.1.5

| | | | | | | |
|-------------------|---|-------|--------|--------|---------|---------|
| $v \text{ [m/s]}$ | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| $R_v \text{ [N]}$ | 0 | 68,14 | 272,56 | 613,26 | 1090,24 | 1703,50 |

Промената на отпорот на нагорнината зависно од аголот на наклонот ($R_\alpha = G \cdot \sin\alpha$) е дадена во табелата Т.5.1.6.

Т.5.1.6

| | | | | | | | | |
|----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| α [%] | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| R_α [N] | 5107 | 12754 | 25414 | 37887 | 50089 | 61944 | 73350 | 84372 |

Сега, на база на пресметаните сили и отпори може да се нацрта влечниот дијаграм (Сл.5.1.3). Во влечниот дијаграм е прикажана и идеалната влечна хипербола добиена преку изразот $P_{tmax} = P_{emax} = F_t \cdot v = \text{const}$.

ЗАДАЧА 6.1

За двоосно моторно возило се познати следните карактеристики:

- Вкупна тежина на возилото $m = 1.500 [kg]$
- Статичко оптоварување на задната оска $Z_{zst} = 0,6 G$
- Меѓуоскино растојание $l = 2,6 [m]$
- Висина на тежиштето $h_c = 0,5 [m]$
- Коефициент на влијание на ротираните маси $\delta' = 1$.

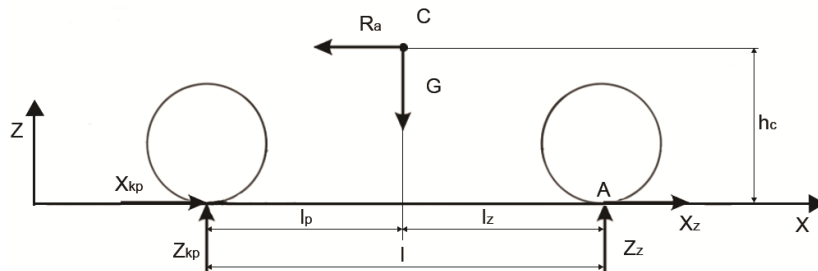
При движење на возилото по пат со коефициент на отпор на тркалање $f = 0,018$ и коефициент на прилепување $\varphi = 0,6$, да се определи:

- а) Максималното забавување ако возилото кочи само со тркалата од предната оска, само со задната оска и со сите тркала.
- б) Нормалните реакции на подлогата при кочење со сите тркала во условите од точката а).
- в) Теоретскиот минимален пат на кочење при кочење со сите тркала, под условите од точката а), за почетна брзина од $15 [m/s]$ до целосно запирање.

Забелешка: отпорот на воздухот да се занемари.

Решение:

а₁) На сл. 6.1.1. е дадена скица на возилото со силите што дејствуваат на него кога кочат само тркалата од предната оска.



Сл. 6.1.1.

Од условите за рамнотежа на системот се добива:

$$\Sigma X = 0:$$

$$X_{kp} + X_z - R_a = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$\Sigma Z = 0:$$

$$Z_{kp} + Z_z = G = m \cdot g \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Z_{kp} \cdot l - R_a \cdot h_c - G \cdot l_z = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Покрај тоа, познато е уште дека:

$$R_a = \delta' \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = \delta' m \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$X_{kp} = Z_{kp} \cdot \varphi + R_{fp} = Z_{kp} \cdot \varphi + Z_{kp} \cdot f$$

$$X_z = Z_z \cdot f$$

Збирот на тангентните реакции на подлогата сега е:

$$X_{kp} + X_z = Z_{kp} \cdot \varphi + Z_{kp} \cdot f + Z_z \cdot f = Z_{kp} \cdot \varphi + (Z_{kp} + Z_z) \cdot f$$

Бидејќи од равенката (2) $Z_{kp} + Z_z = G = m \cdot g$, следува:

$$X_{kp} + X_z = Z_{kp} \cdot \varphi + G \cdot f$$

Сега равенката се (1) трансформира во:

$$Z_{kp} \cdot \varphi + G \cdot f - R_a = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Од равенката (3) следува:

$$Z_{kp} = \frac{1}{l} \cdot (G \cdot l_z + R_a \cdot h_c) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Со замена на (5) во (4) се добива:

$$(G \cdot l_z + R_a \cdot h_c) \frac{\varphi}{l} + G \cdot f - R_a = 0, \text{ или}$$

$$G \cdot l_z \cdot \varphi + R_a \cdot h_c \cdot \varphi + G \cdot f \cdot l - R_a \cdot l = 0$$

односно:

$$R_a \cdot (l - h_c \cdot \varphi) = G \cdot (l_z \cdot \varphi + l \cdot f), \text{ или}$$

$$m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot (l - h_c \cdot \varphi) = m \cdot g \cdot (l_z \cdot \varphi + l \cdot f)$$

Конечно, бараното забавување се добива:

$$\left(\frac{dv}{dt} \right)_{p \max} = g \cdot \frac{l_z \cdot \varphi + l \cdot f}{l - h_c \cdot \varphi} \quad \dots \quad (6)$$

Бидејќи во статичките услови:

$$l_p = \frac{Z_{\text{st}}}{G} \cdot l = 0,6 \cdot l = 1,56 \text{ [m]}, \text{ и}$$

$l_z = l - l_p = 1,04 \text{ [m]}$, со замена на зададените податоци се добива:

$$\left(\frac{dv}{dt} \right)_{p \max} = g \cdot \frac{1,04 \cdot 0,6 + 2,6 \cdot 0,018}{2,6 - 0,5 \cdot 0,6} = 2,86 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

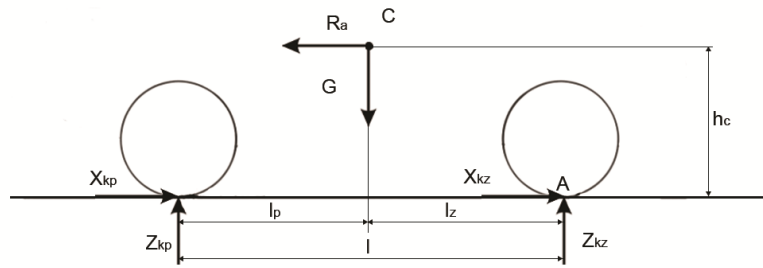
а₂) Доколку возилото кочи само со задните тркала, низ идентична постапка се доаѓа до следниот израз во најголемото забавување:

$$\left(\frac{dv}{dt} \right)_{z \max} = g \cdot \frac{l_p \cdot \varphi + l \cdot f}{l + h_c \cdot \varphi} \quad \dots \quad (7)$$

За дадените податоци:

$$\left(\frac{dv}{dt} \right)_{z \max} = g \cdot \frac{1,56 \cdot 0,6 + 2,6 \cdot 0,018}{2,6 + 0,5 \cdot 0,6} = 3,32 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

а₃) При кочење со сите тркала (сл. 6.1.2.) со користење на условите за рамнотежа се добива:



Сл. 6.1.2

$$\Sigma X = 0;$$

$$X_{kp} + X_{kz} - R_a = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

каде се:

$$X_{kp} = Z_{kp} \cdot (\varphi + f) \text{ и } X_{kz} = Z_{kz} \cdot (\varphi + f)$$

$$R_a = \delta' \cdot m \frac{dv}{dt}$$

$$X_{kp} + X_{kz} = (Z_{kp} + Z_{kz}) \cdot (\varphi + f) = G \cdot (\varphi + f) = m \cdot g \cdot (\varphi + f)$$

Со замена во (8) се добива:

$$m \cdot g \cdot (\varphi + f) - \delta' \cdot m \cdot \frac{dv}{dt} = 0$$

Со оглед дека $\delta' = 1$ и за дадените податоци се добива:

$$\left(\frac{dv}{dt} \right)_{max} = g \cdot (\varphi + f) = g \cdot (0,6 + 0,018) = 6,06 \quad [m/s^2]$$

б) Нормалната реакција на подлогата при кочење со сите тркала ќе се најдат од равенките на рамнотежа на возилото (сл. 6.1.2.)

Од $\Sigma M_A = 0$:

$$Z_{kp} \cdot l - R_a \cdot h_c - G \cdot l_z = 0$$

$$Z_{kp} = \frac{R_a \cdot h_c + G \cdot l_z}{l} = \frac{\delta' \cdot m \cdot \left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} \cdot h_c + m \cdot g \cdot l_z}{l}$$

За конкретните вредности се добива:

$$Z_{kp} = \frac{1500 \cdot 6,06 \cdot 0,5 + 1500 \cdot 9,81 \cdot 1,04}{2,6} = 7634 \text{ [N]}$$

Од $\Sigma Z = 0$ следува:

$$Z_{kp} + Z_{kz} - G = 0, \text{ значи}$$

$$Z_{kz} = G - Z_{kp} = m \cdot g - Z_{kp}$$

Конкретно:

$$Z_{kz} = 1500 \cdot 9,81 - 7.634 = 7081 \text{ [N]}$$

Патот на кочење е определен со изразот:

$$S_{k \min} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot \left(\frac{dv}{dt}\right)_{max}}$$

При кочењето за кое се бара конкретен резултат вредностите се:

$$v_1 = 15 \text{ [m/s]}$$

$$v_2 = 0 \text{ [m/s]}$$

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} = 6,06 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$S_{k \min} = \frac{15^2}{2 \cdot 6,06} = 18,56 \text{ [m]}$$

ЗАДАЧА 6.2

За влечен воз, тегнач со полуприколка, се познати следните податоци:

Тегнач:

- маса без полуприколка $m=6800$ [kg]
- растојание на оските $l=3,7$ [m]
- висина на тежиштето $h_c=1,1$ [m]
- растојанието на тежиштето од предната оска $l_p=1,4$ [m]
- растојанието на потпората на приклучокот од задната оска $e=0,9$ [m]
- висина на приклучокот $h_p=1,3$ [m]

Полуприколка:

- маса $m'=19.000$ [kg]
- висина на тежиштето $h_c'=1,5$ [m]
- растојание на тежиштето од потпората (приклучокот) $l_p'=4$ [m]
- растојание на тежиштето од оската на полуприколката $l_z'=3,4$ [m]

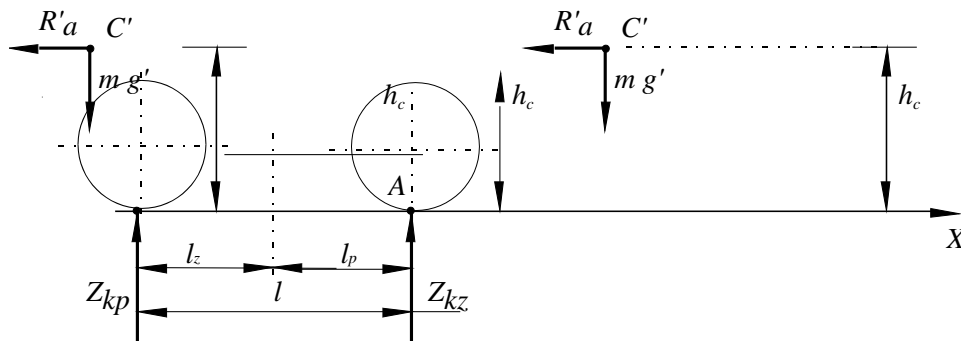
Ако влечниот воз се движи по хоризонтален пат од 5[%], коефициент на отпор на тркалање $f=0,015$ и коефициент на прилепување $\varphi=0,6$, под услов да се кочат само тркалата на теглачот, а полуприколката не се кочи, потребно е да се определи:

а) Максимално можното забавување на влечниот воз во дадените услови.

б) оптоварување на оските на тегначот и полуприколката и силите во приклучокот, при условите под точката а).

Решение:

Скица на возилото со силите кои дејствуваат на него во процесот на кочење е даден на Сл. 6.2.1 (отпорот на воздухот е занемарен).



Сл. 6.2.1

а) Максималното забавување ќе се бара за услови кочените тркала (само на тегначот) да се наоѓаат на границата на прилепување.

Од условот за рамнотежа на силите во правец на x-оската следува:

$$X_{kp} + X_{kz} + X_p' - R_a - R_a' = 0 \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Силите во приклучокот во вака разгледуваниот систем се внатрешни и се поништуваат.

Инерцијалните сили на тегначот и полуприколката се:

$$R_a = m \frac{dv}{dt}; \quad R_a' = m' \frac{dv}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Тангентната реакција на оската на полуприколката (чии тркала не се кочат) изнесува:

$$X_p' = Z_p' \cdot f \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Тангентните реакции на подлогата на оските на теглачот (чии тркала се кочат и се на граница на прилепување) изнесуваат:

$$X_{kp} = Z_{kp} \cdot \varphi; \quad X_{kz} = Z_{kz} \cdot \varphi$$

Од условот за рамнотежа на силите во вертикален правец само за тегначот следува:

$$Z'_p = \frac{m' \cdot g \cdot l'_p - m' \cdot (h'_c - h_p) \cdot \frac{dv}{dt}}{l' + f \cdot h_p} \dots \dots \dots (8)$$

Со замена на (8) во (7) и средување се добива:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{(m \cdot g + m' \cdot g) \cdot (l' + f \cdot h_p) \cdot \varphi - m' \cdot g \cdot l'_p \cdot (\varphi - f)}{(m + m') \cdot (l' + f \cdot h_p) - m' \cdot (h'_c - h_p) \cdot (\varphi - f)}$$

За конкретните вредности се добива:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{(6.800 \cdot g + 19.000 \cdot g) \cdot (7,4 + 0,015 \cdot 1,3) \cdot -19.000 \cdot g \cdot 4 \cdot (0,6 - 0,015)}{(6.800 + 19.00) \cdot (7,4 + 0,015 \cdot 1,3) - 19.000 \cdot (1,5 - 1,3) \cdot (0,6 - 0,015)}$$

$$\frac{dv}{dt} = 3,65 [m / s^2]$$

б) Оптоварувањето на оската на полуприколката ќе се пресмета со користење на равенката (8):

$$Z'_p = \frac{m' \cdot g \cdot l'_p - m' \cdot (h'_c - h_p) \frac{dv}{dt}}{l' + f \cdot h_p}, \text{ односно}$$

$$Z'_p = \frac{19.000 \cdot g \cdot 4 + 19.000 \cdot (1,5 - 1,3) \cdot 3,65}{7,4 + 0,015 \cdot 1,3}$$

$$Z'_p = 102362,85 [N]$$

Од рамнотежата на силите во вертикален правец на полу-приколката се добива:

$$\Sigma Z = 0:$$

$$Z'_p + R_{pz} - m' \cdot g = 0$$

$$R_{pz} = m' \cdot g - Z'_p$$

Со замена:

$$R_{pz} = 19.000 \cdot g - 102362,85$$

$$R_{pz} = 84027,15 [N]$$

Од рамнотежата на силите во хоризонтален правец на полуприколката се добива:

$$\Sigma X = 0:$$

$$R_{px} - R'_a + X'_p = 0$$

$$R_{px} = m' \frac{dv}{dt} - Z'_p \cdot f = 0$$

Со замена:

$$R_{px} = 19000 \cdot 3,65 - 102362,85 \cdot 0,015$$

$$R_{px} = 67.814,56 \text{ [N]}$$

Оптоварувањето на оските на тегначот ќе ги оопределиме од условот за рамнотежа:

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Z_{kz} \cdot l + R_a \cdot h_c + R_{px} \cdot h_p - m \cdot g \cdot l_p - R_{pz} \cdot (l - n) = 0$$

$$Z_{kz} = \frac{m \cdot g \cdot l_p + R_{pz} \cdot (l - n) - R_{px} \cdot h_p - m \frac{dv}{dt} \cdot h_v}{l}$$

заменето:

$$Z_{kz} = \frac{6,800 \cdot g \cdot 1,4 + 84027,15 \cdot (3,7 - 0,4) - 67.814,56 \cdot 1,3 - 6800 \cdot 3,65 \cdot 1,1}{3,7}$$

$$Z_{kz} = 68978,34 \text{ [N]}$$

Од ΣZ за тегначот следи:

$$Z_{kp} + Z_{kz} - m \cdot g - R_{pz} = 0$$

Од тука:

$$Z_{kz} = m \cdot g + R_{pz} - Z_{kp} = 6.800 \cdot g + 84027,15 - 68978,34$$

$$Z_{kp} = 81756,81 \text{ [N]}$$

ЗАДАЧА 6.3

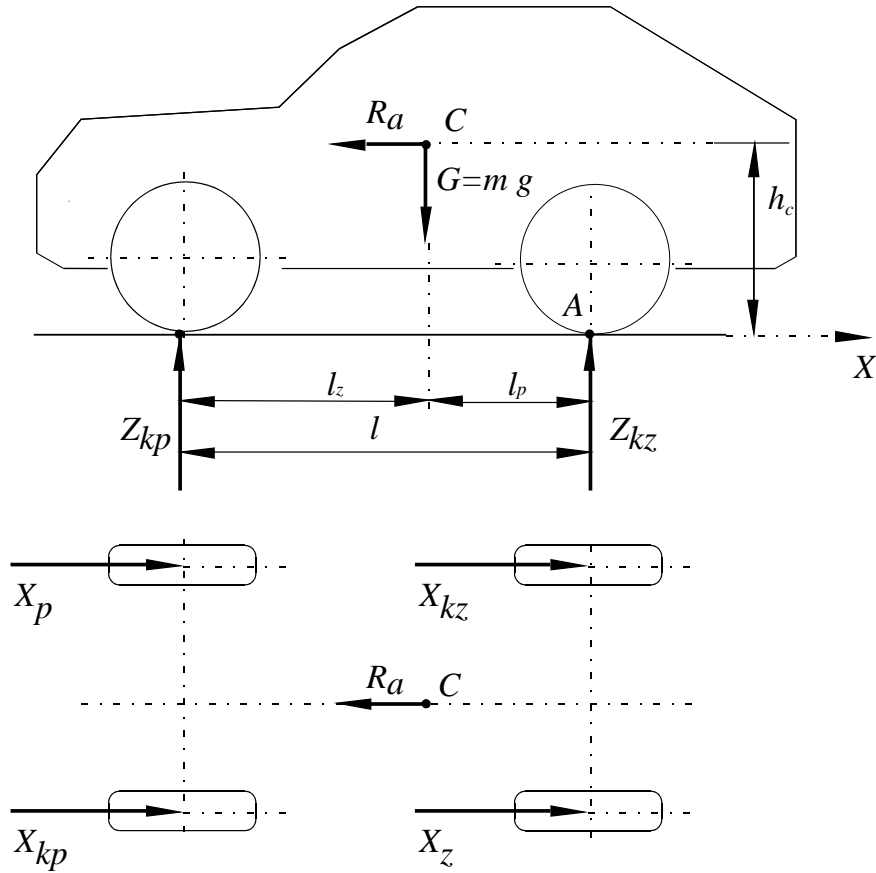
Патничко моторно возило има двокружен - дијагонален систем за кочење. Во услови на движење по хоризонтална подлога со отказ во едниот круг на системот на кочење, и под услов дека кочените тркала се наоѓаат на границата на прилепување, да се одговори:

а) Колкаво е најголемото забавување кое може да се оствари во овие услови?

б) Дали таквото забавување зависи од тоа кој круг од системот за кочење откажал?

Решение:

а) На Сл. 6.3.1 е дадена скица на возилото со силите што дејствуваат на него кога кочи предното лево и задното десно тркало, а останатите две не кочат. Отпорот на воздухот е занемарен.



Сл. 6.3.1

Од $\Sigma X = 0$ следува:

$$X_{kp} + X_p + X_{kz} + X_z - R_a = 0 \quad \dots \quad (1)$$

Под претпоставка дека оптоварувањето на оските равномерно се дели на двете тркала, тангентните реакции на подлогата ќе бидат:

$$X_{kp} = \frac{1}{2} \cdot Z_{kp} \cdot (\varphi + f) \text{ - за коченото тркало кое се наоѓа на граница на прилепување.}$$

$$X_p = \frac{1}{2} \cdot Z_{kp} \cdot (\varphi + f) \quad - \text{ за некоченото тркало.}$$

Соодветно на задната оска:

$$X_{kz} = \frac{1}{2} \cdot Z_{kz} \cdot (\varphi + f)$$

$$X_z = \frac{1}{2} \cdot Z_{kz} \cdot (\varphi + f)$$

Вкупната тангентна реакција на предната оска ќе биде:

$$X_{kp} + X_p = \frac{1}{2} \cdot Z_{kp} (\varphi + 2 \cdot f) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Соодветно за задната оска:

$$X_{kz} + X_z = \frac{1}{2} \cdot Z_{kz} (\varphi + 2 \cdot f) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Инерцијалната сила изнесува:

$$R_a = \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Со замена на (2), (3) и (4) во (1) се добива:

$$\frac{1}{2} \cdot Z_{kp} \cdot (\varphi + 2 \cdot f) + \frac{1}{2} \cdot Z_{kz} \cdot (\varphi + 2 \cdot f) = \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

односно:

$$(Z_{kp} + Z_{kz}) \cdot \frac{\varphi + 2 \cdot f}{2} = \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

Од тука, бараното најголемо забавање во дадените услови на кочење изнесува:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{2} \cdot (\varphi + 2 \cdot f)$$

б) При сите услови исти (исти коефициенти на прилепување и коефициенти на отпор на тркалање за сите тркала на возилото, симетрична положба на тежиштето во однос на надолжната оска, непроменети масени и

геометриски параметри) забавањето ќе биде исто, независно од тоа кој од двата дијагонални кругови во системот за кочење откажал.

ЗАДАЧА 6.4

Да се споредат карактеристиките на кочење (максимално забавање, време на кочење и минимален пат на кочење) за камион при движење на хоризонтален пат, по нагорнина од 8% и по надолнина од 8%. Познати се следните податоци:

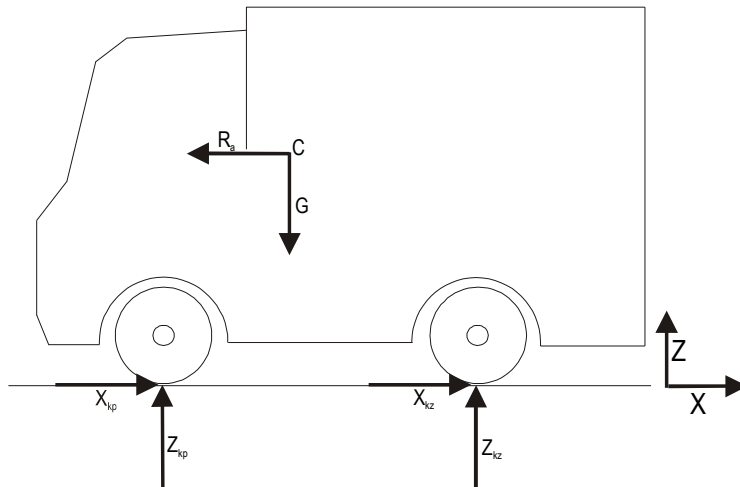
- Вкупна маса $m_{vk} = 22.000 \text{ kg}$
- Коефициент на влијание на ротирните маси $\rho' = 1$
- Коефициент на прилепување $\varphi = 0,7$

Возилото кочи со сите тркала, а распределбата на силите на кочење во сите случаи е таква да сите тркала се наоѓаат на границата на прилепување. Почетната брзина е 15 [m/s] , а кочењето се одвива до целосно запирање. Отпорот на тркалање и отпорот на воздухот да се занемарат.

Решение:

а) Хоризонтален пат

На Сл. 6.4.1 е дадена шема на силите кои дејствуваат на возилото при кочење на хоризонтален пат.



Сл. 6.4.1.

Од $\Sigma X=0$ следи:

$$R_a = X_{kp} + X_{kz} = \varphi \cdot Z_{kp} + \varphi \cdot Z_{kz} = \varphi \cdot (Z_{kp} + Z_{kz})$$

Од $\Sigma Z=0$ следи:

$$Z_{kp} + Z_{kz} = G = m_{vk} \cdot g$$

Бидејќи $R_a = \delta' m_{vk} \frac{dv}{dt}$, се добива:

$$\delta' m_{vk} \frac{dv}{dt} = \varphi \cdot m_{vk} \cdot g$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{\delta'} \cdot \varphi \cdot g, \text{ или за конкретните вредности}$$

$$a_{\max} = \left(\frac{dv}{dt} \right)_{\max} = 1 \cdot 0,7 \cdot g = 6,867 \frac{m}{s^2}$$

Времето на кочење за равномерно забавено движење од почетна брзина $15 [m/s]$, до целосно запирање се добива од релацијата:

$$t = \frac{v_I}{a_{\max}} = \frac{v_I}{g \cdot \varphi} = \frac{15}{g \cdot 0,7} = 2,18 \text{ sec}$$

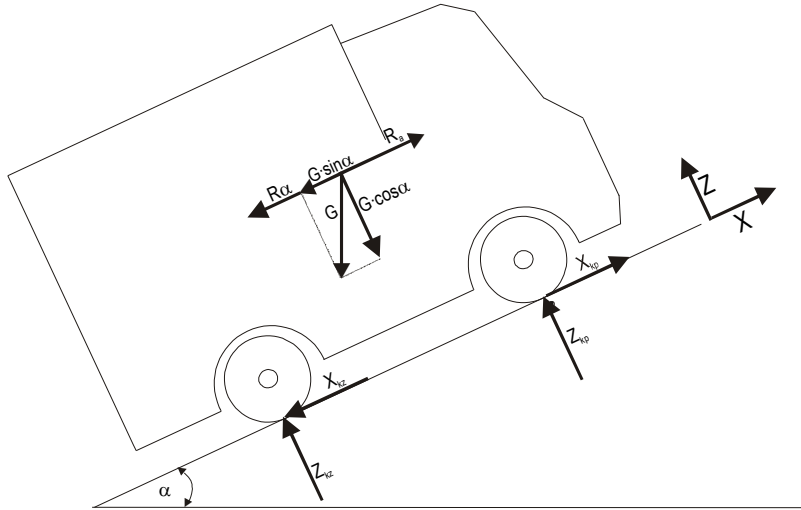
Патот на кочење при такво забаванање се добива од изразот:
б) нагорнина (Сл. 6.4.2)

Од $\Sigma X=0$ следи:

$$R_a - R_\alpha - X_{kp} - X_{kz} = 0$$

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

$$X_{kp} + X_{kz} = \varphi \cdot Z_{kp} + \varphi \cdot Z_{kz} = \varphi \cdot (Z_{kp} + Z_{kz})$$



Сл. 6.4.2

Од $\Sigma Z=0$ следи:

$$Z_{kp} + Z_{kz} = G \cdot \cos \alpha$$

Ако се воведат замените следи:

$$R_a = \delta' \cdot m_{vk} \cdot \frac{dv}{dt}, \text{ односно}$$

$$\delta' \cdot m_{vk} \cdot \frac{dv}{dt} = G \cdot \sin \alpha + \varphi \cdot \cos \alpha =$$

$$= G \cdot (\sin \alpha + \varphi \cdot \cos \alpha) = m_{vk} \cdot g \cdot (\sin \alpha + \varphi \cdot \cos \alpha)$$

За $\alpha=8\%$, , аголот изразен во степени е:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{8}{100} = 4,57^\circ$$

$$a_{\max} = \frac{dv}{dt} = \frac{1}{\delta'} \cdot g \cdot (\sin \alpha + \varphi \cdot \cos \alpha) = 1 \cdot g \cdot (\sin 4,57^\circ + 0,7 \cdot \cos 4,57^\circ)$$

$$a_{\max} = \frac{dv}{dt} = 7,63 \frac{m}{s^2}$$

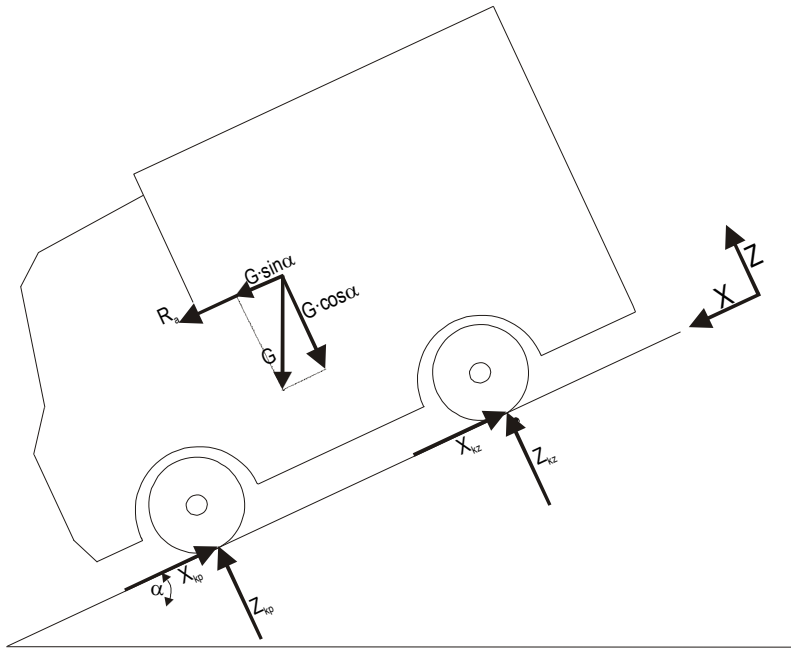
Времето на кочењето е:

$$t = \frac{v_1}{a_{\max}} = \frac{15}{7,63} = 1,96 \text{ sec}$$

Патот на кочењето е:

$$S_{k \min} = \frac{v_1^2}{2 \cdot a_{\max}} = \frac{15^2}{2 \cdot 7,63} = 14,74 \text{ m}$$

в) Надолнина (Сл. 6.4.3)



Сл. 6.4.3.

Со идентична постапка се добива:

$$R_a = \varphi \cdot (Z_{kp} + Z_{kv}) - G \cdot \sin \alpha, \text{ односно:}$$

$$\delta' \cdot m_{vk} \cdot \frac{dv}{dt} = m_{vk} \cdot g \cdot (\varphi \cdot \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$a_{\max} = \frac{dv}{dt} = \frac{1}{\delta'} \cdot g \cdot (\varphi \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) = 1 \cdot g \cdot (0,7 \cdot \cos 4,57^\circ - \sin 4,57^\circ)$$

$$a_{\max} = \frac{dv}{dt} = 6,06 \frac{m}{s^2}$$

Времето на кочењето е:

$$t = \frac{v_1}{a_{\max}} = \frac{15}{6,06} = 2,47 \text{ sec}$$

Патот на кочењето е:

$$S_{k \min} = \frac{v_1^2}{2 \cdot a_{\max}} = \frac{15^2}{2 \cdot 6,06} = 18,56 \text{ m}$$

ЗАДАЧА 6.5

За камион со хидро-пневматски систем за кочење се познати следните карактеристики:

- Вкупна маса на возилото $m = 5000 \text{ [kg]}$
- Статичко оптоварување на задната оска $Z_{zst} = 0,6 \cdot G$
- Меѓуоскино растојание $l = 5,6 \text{ [m]}$
- Висина на тежиште $h_c = 1,5 \text{ [m]}$
- Коэффициент на влијание на роторните маси $\delta' = 1$.

При движење на возилото по хоризонтален пат со $f = 0,018$ и $\varphi = 0,6$, да се определи:

а) Минималниот пат на кочење на возилото од почетна брзина 15 [m/s] до потполно запирање при кочење со: сите тркала, само со предните и само со задните.

б) Минималното време на кочење при кочење со сите тркала со истата почетна брзина.

в) Стварниот пат на кочење при кочење со сите тркала под условите од точката а).

Решение:

а₁) Ако возилото кочи со сите четири тркала, минималниот пат на кочење се определува од изразот:

$$S_{k \min 4} = \frac{v_I^2 \cdot \delta'}{2 \cdot a_{\max}} = \frac{v_I^2 \cdot \delta'}{2g \cdot \varphi}$$

За дадените вредности:

$$S_{k \min 4} = \frac{15^2 \cdot 1}{2 \cdot g \cdot 0,6} = 19,11 \text{ [m]}$$

а₂) При кочење само со предните тркала, минималниот пат на кочење се определува од изразот:

$$S_{k \min p} = \frac{\delta' \cdot v_I^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{l - \varphi \cdot h_c}{l_z \cdot \varphi}$$

Бидејќи:

$Z_{zst} = 0,6 \cdot G$, следува:

$$l_p = \frac{z_{zst}}{G} \cdot l = 0,6 \cdot l = 0,6 \cdot 5,6 = 3,36 \text{ [m]}$$

$$l_z = l - l_p = 2,24 \text{ [m]}$$

За конкретните вредности се добива:

$$S_{k \min p} = \frac{1 \cdot 15^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{5,6 - 0,6 \cdot 1,5}{2,24 \cdot 0,6} = 40,10 \text{ [m]}$$

а) При кочење со задните тркала, изразот и конкретните вредности за минималниот пат на кочење се како што следува:

$$S_{k \min z} = \frac{\delta \cdot v_I^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{l + \varphi \cdot h_c}{l_p \cdot \varphi}$$

$$S_{k \min p} = \frac{1 \cdot 15^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{5,6 + 0,6 \cdot 1,5}{3,36 \cdot 0,6} = 36,97 \text{ [m]}$$

б) Времето за кое се одвива кочењето со сите тркала произлегува од претпоставките дека се работи за равномерно забавено движење:

$$t_{\min} = \frac{v_I}{a_{\max}} = \frac{v_I}{g \cdot \varphi} = \frac{15}{g \cdot 0,6} = 2,548 \text{ [s]}$$

в) Вистинскиот (вкупен) пат на кочење го содржи пресметаниот минимален пат на кочење, но и патот кој возилото ќе го помине од моментот во кој настанува потребата од кочење, се до постигнувањето на максималното забавување (т.н. дополнителен пат на кочење):

$$S_k = S_{dop} + S_{k \min}$$

Дополнителниот пат на кочење ги содржи компонентите на пат кој се поминува заради инерцијата на возачот и системот за кочење:

$$S_{dop} = v_I \cdot \left(t_1 + t_2' + \frac{t_2''}{2} \right)$$

каде се:

t_1 - време на реакција на возачот

t'_2 - време од моментот кога возачот ќе ја притисне педалата на кочницата до појавата на почетното забавување.

t''_2 - време од почетното до најголемото забавување.

Уسوени се следните конкретни вредности:

$t_1=0,8 [sec]$ - за возач со просечни реакции

$t'_2 = 0,5 [sec]$ и $t''_2 = 0,8 [sec]$ - за хидропневматски систем за кочење.

$$S_{dop} = 15 \cdot \left(0,8 + 0,5 + \frac{0,8}{2} \right) = 25,5 [m]$$

Вкупниот вистински пат на кочење ќе биде:

$$S_k = S_{dop} + S_{kmin4} = 25,5 + 19,11 = 44,61 [m]$$

ЗАДАЧА 6.6

За две возила се познати следните податоци:

| Карактеристика | Возило 1 | Возило 2 |
|--|----------|----------|
| Вкупна маса m [kg] | 6000 | 1100 |
| Меѓуоскино растојание l [mm] | 4200 | 2400 |
| Растојание на тежиштето од задната оска l_z [mm] | 1500 | 1200 |
| Висина на тежиштето h_c [mm] | 900 | 500 |

Двете возила се движат по патна подлога со коефициент на отпор на тркалање $f=0,02$ и коефициент на прилепување $\varphi = 0,6$.

Потребно е да се определи:

- Кое возило при кочење со сите тркала на граница на прилепување може да оствари поголемо забавување, односно кое има покус пат на кочење на хоризонтален пат, ако кочат со сите тркала од иста почетна брзина?
- Каква ќе биде состојбата во однос на максималното забавување и минималниот пат на кочење доколку возилата кочат само со тркалата од задната оска на хоризонтален пат од иста почетна брзина?
- Дали при движење по надолнина, или нагорнина и кочење со сите тркала максималното забавување и минималниот пат на кочење на двете возила ќе се разликуваат?

Решение:

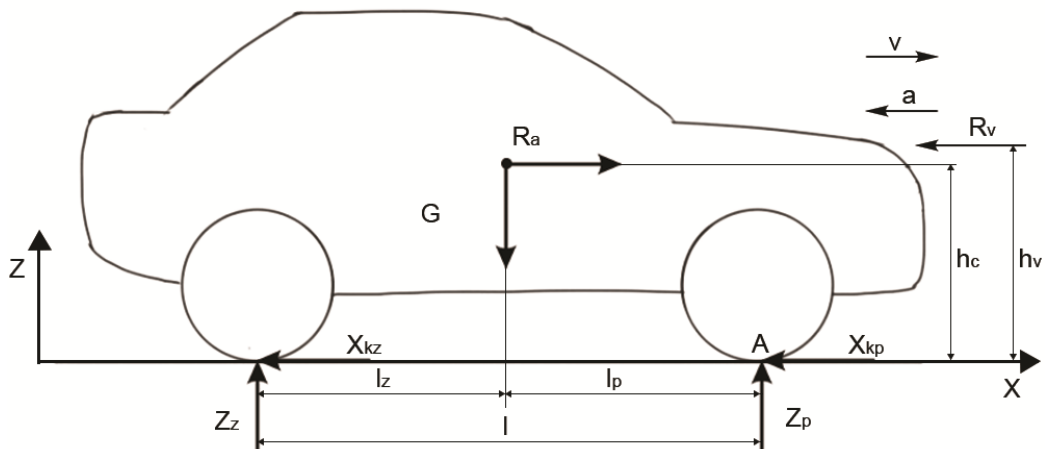
а)

При идеализирани услови на кочење (сите тркала на возилото се кочат и се наоѓаат на границата на прилепување), максималното забавување се определува според познатиот израз:

$$a_{max} = g \cdot (\varphi + f) \approx g \cdot \varphi$$

Како што се гледа на a_{max} не влијаат масените, геометриските и останатите параметри на возилото. Тоа значи дека двете возила ќе остварат исто најголемо забавување, што при иста почетна брзина ќе даде ист минимален пат на кочење.

б)



Сл. 6.6.1

Силите што дејствуваат на возилото во опишаните услови се прикажани на слика 6.6.1.

Предните тркала не кочат, па:

$$X_{kp} = 0$$

Задните тркала се наоѓаат на границата на прилепување:

$$X_{kz} = Z_{kz} \cdot \varphi$$

$$\text{Од } \sum X = 0$$

$$X_{kz} = R_a - R_v = Z_{kz} \cdot \varphi \quad \dots (1)$$

$$\text{Од } \sum M_A = 0$$

$$Z_z \cdot l - G \cdot l_p + R_a \cdot h_c - R_v \cdot h_v = 0 \quad \dots (2)$$

Со оглед на условите на движење (кочење) R_v може да се занемари.

$$Z_{kz} \cdot l - m \cdot g \cdot l_p + m \cdot a \cdot \delta' \cdot h_c = 0$$

$$Z_{kz} = \frac{m \cdot g \cdot l_p + m \cdot a \cdot \delta' \cdot h_c}{l} \quad \dots(3)$$

Со замена на (3) во (1) добиваме:

$$m \cdot a \cdot \delta' = \frac{m \cdot g \cdot l_p + m \cdot a \cdot \delta' \cdot h_c}{l} \cdot \varphi$$

$$a = \frac{g \cdot l_p}{l} \cdot \varphi - \frac{\delta' \cdot h_c \cdot \varphi}{l} \cdot a$$

$$a \cdot \left(1 + \frac{\delta' \cdot h_c \cdot \varphi}{l} \right) = \frac{g \cdot l_p \cdot \varphi}{l}$$

$$a \cdot \frac{l + \delta' \cdot h_c \cdot \varphi}{l} = \frac{g \cdot l_p \cdot \varphi}{l}$$

$$a = \frac{l_p \cdot \varphi}{l + \delta' \cdot h_c \cdot \varphi} \cdot g$$

За $\delta' = 1$;

$$a = \frac{l_p \cdot \varphi}{l + h_c \cdot \varphi} \cdot g \quad \dots(4)$$

Со замена на вредностите од двете возила во равенката (4) се добива:

За возилото 1:

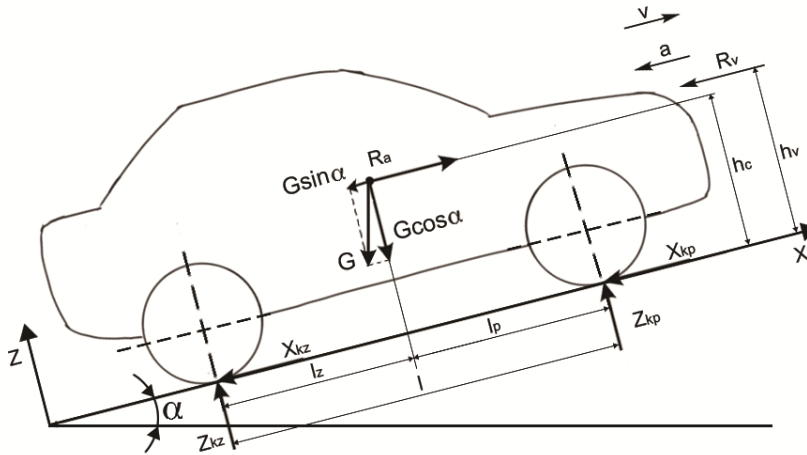
$$a_{max_1} = \frac{(4200 - 1500) \cdot 0.6}{4200 + 900 \cdot 0.6} \cdot 9,81 = 3,35 \text{ m/s}^2$$

За возилото 2:

$$a_{max_1} = \frac{(2400 - 1200) \cdot 0.6}{2400 + 500 \cdot 0.6} \cdot 9,81 = 2,62 \text{ m/s}^2$$

Според резултатите, во дадените услови возилото 1 ќе има поголемо забавување и покус пат на кочење.

в)



Сл. 6.6.2

Состојбата на движење на возило по нагорнина и кочење со сите тркала е покажана на Сл. 6.6.2.

Од $\sum X = 0$ се добива:

$$X_{kp} + X_{kz} = R_a - G \cdot \sin \alpha - R_v \quad \dots(1)$$

Ако се занемари R_v се добива:

$$X_{kp} + X_{kz} = R_a - G \cdot \sin \alpha$$

$$Z_{kp} \cdot \varphi + Z_{kz} \cdot \varphi = R_a - G \cdot \sin \alpha \quad \dots(2)$$

Од $\sum Z = 0$ се добива:

$$Z_{kp} + Z_{kz} = G \cdot \cos \alpha \quad \dots(3)$$

Со замена на (3) во (2) се добива:

$$\varphi \cdot G \cdot \cos \alpha = R_a - G \cdot \sin \alpha$$

$$\varphi \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = m \cdot \delta' \cdot a - m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad \text{ако равенката се подели со } m$$

$$\varphi \cdot g \cdot \cos \alpha = \delta' \cdot a - g \cdot \sin \alpha$$

$$\text{За } \delta' = 1:$$

$$a = g \cdot (\varphi \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \quad \dots(4)$$

Со оглед дека во равенката (4) нема ниеден конструктивен параметар, максималното забавување и минимален пат на кочење за двете возила ќе бидат исти.

Слична е состојбата и при движење на надолнина, а заклучокот е ист.

ЗАДАЧА 6.7

За моторно возило е познато:

- сопствена маса на возилото $m=5000 [kg]$
- коефициент на отпор на тркалањето $f=0,02$
- коефициент на прилепување $\varphi = 0,7$
- меѓуоскино растојание $l = 4 [m]$
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p= 2,4 [m]$
- висина на тежиштето $h_c= 0,85 [m]$
- висина на приклучокот $h_p= 0,5 [m]$
- агол на потезницата кон патот $\gamma = 0$.

Возилото влече приколка со вкупна маса $m'=8000[kg]$ по надолнина од $\alpha=15[\%]$?

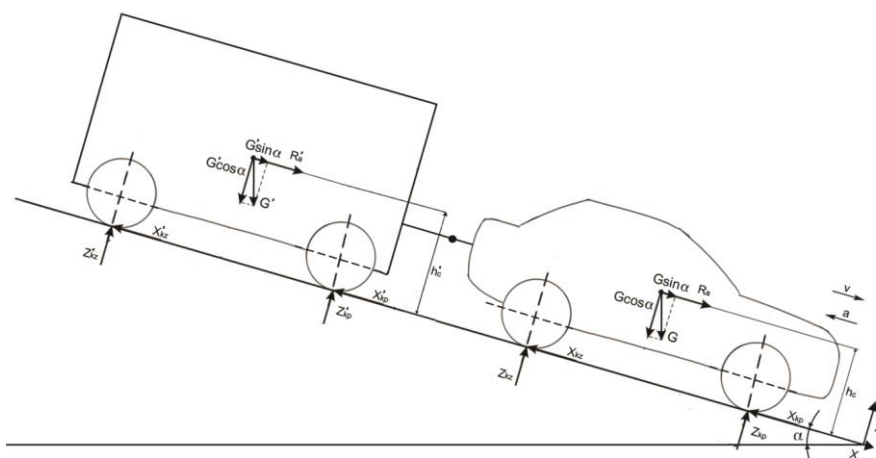
Потребно е да се определи:

а) Колкав е минималниот пат на кочење на возилото со приколката во дадените услови на движење ако влечниот спрег кочи со сите тркала од почетна брзина $v_1=10[m/s]$?

б) Колкав е минималниот пат на кочење во истите услови на движење ако приколката не кочи?

Решение:

а) Доколку влечен спрег кочи со сите тркала и сите се наоѓаат на границата на прилепување, максималното забавување е исто како и кога кочи „соло“ возило (Сл. 6.7.1.):



Сл. 6.7.1

Единствената разлика помеѓу влечен спрег кај кој сите тркала кочат на границата на прилепување и „соло“ возило е во приклучокот помеѓу моторното и приклучното возило. Во приклучокот, од друга страна дејствуваат сили кои се во меѓусебна рамнотежа и не влијаат на однесувањето на целиот влечен спрег. Според тоа, влечниот спрег во овие услови може да се посматра како едно возило со маса која е збир од моторното и приклучното возило.

$\sum X=0$ (со занемарено R_v и R_f):

$$X_{kp} + X_{kz} + X'_{kp} + X'_{kz} = G \cdot \sin \alpha + G' \cdot \sin \alpha + R_a + R_{a'} \quad \dots(1)$$

$$\varphi \cdot (Z_{kp} + Z_{kz}) + \varphi \cdot (Z'_{kp} + Z'_{kz}) = (G + G') \cdot \sin \alpha + (m + m') \cdot a$$

$$\begin{aligned} \varphi \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + \varphi \cdot m' \cdot g \cdot \cos \alpha \\ = (m + m') \cdot g \cdot \sin \alpha + (m + m') \cdot a \end{aligned}$$

$$(m + m') \cdot \varphi \cdot g \cdot \cos \alpha = (m + m') \cdot g \cdot \sin \alpha + (m + m') \cdot a$$

$$\varphi \cdot g \cdot \cos \alpha = g \cdot \sin \alpha + a$$

$$g \cdot (\varphi \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) = a$$

$$a_{max} = g \cdot (\varphi \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) \quad \dots(2)$$

За $\alpha = 15\%$:

$$\alpha [^\circ] = \arctan \frac{15}{100} = 8.53^\circ$$

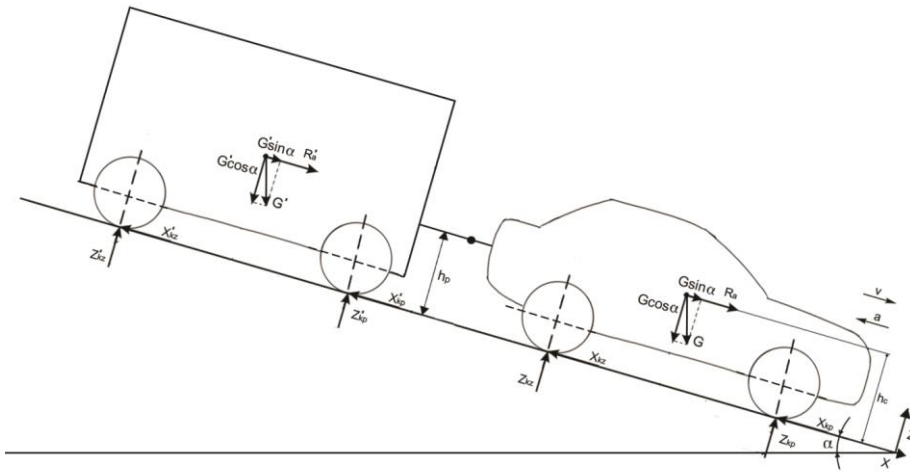
$$a_{max} = 9.81 \cdot (0.7 \cdot \cos 8.53 - \sin 8.53) = 5.33 \frac{m}{s^2}$$

Патот на кочење е:

$$S_{kmin} = \frac{v_1^2}{2 \cdot a_{max}} = \frac{10^2}{2 \cdot 5.33} = 9.38 \text{ m}$$

б) За да се определи минималниот пат на кочење треба најпрво да се определи максималното забавување на влечниот спрег.

Состојбата на силите во дадениот случај е прикажана на Сл. 6.7.2.



Сл. 6.7.2

Од $\sum X=0$ за целиот влечен спрег произлегува: ($R_v = 0$)

$$R'_a + R_a + G' \cdot \sin \alpha + G \cdot \sin \alpha - X'_z - X'_p - X_{kz} - X_{kp} = 0 \quad \dots(1)$$

Со оглед дека приколката и моторното возило не си пренесуваат сили во „3” насока, поставуваме суми на силите во таа насока одвоено:

За приколката:

$$\sum Z=0 ;$$

$$Z'_z + Z'_p = G' \cdot \cos \alpha \quad \dots(2)$$

За моторното возило:

$$\sum Z=0 ; Z_{kz} + Z_{kp} = G \cdot \cos \alpha \quad \dots(3)$$

Приколката не се кочи, па тангентните реакции на контактот на тркалата со подлогата ќе бидат:

$$X'_p = Z'_p \cdot f \quad ; \quad X'_z = Z'_z \cdot f$$

Нивниот збир ќе биде:

$$X'_p + X'_z = (Z'_p + Z'_z) \cdot f \quad \dots(4)$$

Земајќи ја предвид равенката (2), се добива:

$$X'_p + X'_z = G' \cdot \cos \alpha \cdot f \quad \dots(5)$$

Моторното (влечното) возило се кочи, па за него важи:

$$X_{kp} = Z_{kp} \cdot (\varphi + f) \quad ; \quad X_{kz} = Z_{kz} \cdot (\varphi + f)$$

Нивниот збир ќе биде:

$$X_{kp} + X_{kz} = (Z_{kp} + Z_{kz}) \cdot (\varphi + f) \quad \dots(6)$$

Земајќи ја предвид равенката (3) се добива:

$$X_{kp} + X_{kz} = G \cdot \cos \alpha \cdot (\varphi + f) \quad \dots(7)$$

Со замена на (5) и (7) во (1) се добива:

$$R'_a + R_a + G' \cdot \sin \alpha + G \cdot \sin \alpha - G' \cdot \cos \alpha \cdot f - G \cdot \cos \alpha \cdot (\varphi + f) = 0$$

односно:

$$(m + m') \cdot a + (m + m') \cdot g \cdot \sin \alpha - m' \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f + m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot (\varphi + f) = 0$$

$$(m + m') \cdot a + m \cdot [g \cdot \sin \alpha - g \cdot \cos \alpha \cdot (\varphi + f)] + m' \cdot [g \cdot \sin \alpha - g \cdot \cos \alpha \cdot f] = 0$$

Од каде:

$$a_{max} = \frac{g \cdot m}{(m + m')} \cdot [\cos \alpha \cdot (\varphi + f) - \sin \alpha] + \frac{g \cdot m'}{(m + m')} \cdot (\cos \alpha \cdot f - \sin \alpha)$$

$$a_{max} = g \cdot \frac{m}{(m + m')} \cdot [\cos \alpha \cdot (\varphi + f) - \sin \alpha] + g \cdot \frac{m'}{(m + m')} \cdot (\cos \alpha \cdot f - \sin \alpha)$$

$$a_{max} = \frac{g}{m + m'} \{m \cdot [\cos \alpha \cdot (\varphi + f) - \sin \alpha] + m' \cdot (\cos \alpha \cdot f - \sin \alpha)\}$$

$$\text{за } \alpha = 15\% \Rightarrow \alpha [^\circ] = \arctan \frac{15}{100} = 8.53^\circ$$

$$a_{max} = \frac{9.81}{5000 + 8000} \{5000 \cdot [\cos 8.53 \cdot (0.7 + 0.02) - \sin 8.53] + 8000 \cdot (\cos 8.53 \cdot 0.02 - \sin 8.53)\}$$

$$a_{max} = 0.000755 \cdot [5000 \cdot (0.712 - 0.148) + 8000 \cdot (0.0198 - 0.148)]$$

$$a_{max} = 0.000755 \cdot [5000 \cdot 0.564 + 8000 \cdot (-0.1282)]$$

$$a_{max} = 0.000755 \cdot (2820 - 1025.6)$$

$$a_{max} = 1.35 \text{ m/s}^2$$

Патот на кочење ќе биде:

$$S = \frac{v^2}{2 \cdot a_{max}} = \frac{10^2}{2 \cdot 1.35} = 37 \text{ m}$$

ЗАДАЧА 7.1

Патничко возило се движи во кривина со радиус $R = 80 \text{ m}$ со константна брзина $v = 25 \text{ m/s}$.

Познати се следните карактеристики:

- вкупна маса на возилото $m_{vk} = 1750 \text{ kg}$
- меѓуоскино растојание $l = 2900 \text{ mm}$
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p = 1550 \text{ mm}$
- бочна крутост на пневматиците:
 - на предната оска: $k_p = 49500 \text{ N/rad}$
 - на задната оска: $k_z = 50200 \text{ N/rad}$

Потребно е да се определи:

а) Колку треба да се свртат тркалата на предната управувачка оска за да возилото ја совладува дадената кривина, ако тркалата се бочно крути.

б) Доколку тркалата се бочно еластични со дадената крутост, да се провери какви се карактеристиките на свртливоста на возилото.

в) За кој агол треба да се свртени управувачките тркала на возилото за тоа да ја следи зададената кривина, ако тркалата се бочно еластични?

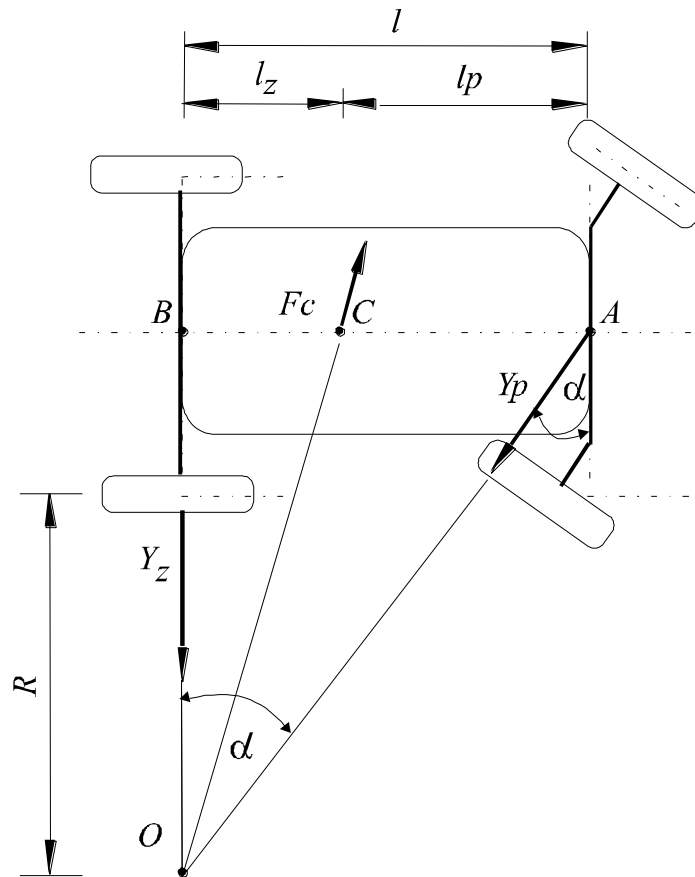
Решение:

а) На Сл. 7.1.1 е дадена скица за свртувањето за возилото со бочно крути тркала.

Аголот на завртување на тркалата на предната управувачка оска α ќе се определи од геометриските релации:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{R} = \frac{2900}{80.000} = 0,036$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} 0,036 = 2,08^\circ = 2^\circ 4'$$



Сл. 7.1.1

б) За да се определи видот на свртливоста на возилото се потребни аглите на подведување на двете оски, а за тоа се потребни бочните сили Y_p и Y_z .

Со користење на условите за рамнотежа и занемарување на (малиот) агол α , се добива (Сл. 7.1.1):

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Y_z \cdot l = F_c \cdot l_p$$

$$Y_z = F_c \cdot \frac{l_p}{l} = m_{vk} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{l - l_z}{l}$$

$$Y_z = 1750 \cdot \frac{25^2}{80} \cdot \frac{1550}{2900} = 7308 \text{ N}$$

Од друга страна:

$$Y_z + Y_p = F_c, \text{ односно}$$

$$F_c = m_{vk} \cdot \frac{v^2}{R} = 1750 \cdot \frac{25^2}{80} = 13672N$$

$$Y_p = F_c - Y_z = 13672 - 7308 = 6364N$$

Пресметаните сили ќе ги предизвикаат следните агли на подведување:

$$\delta_p = \frac{Y_p}{k_p} = \frac{6364}{49500} = 0,128 \text{ rad} = 7,36^\circ = 7^\circ 22'$$

$$\delta_z = \frac{Y_z}{k_z} = \frac{7308}{50200} = 0,146 \text{ rad} = 8,34^\circ = 8^\circ 20'$$

Бидејќи $\delta_z > \delta_p$ возилото има преголема свртливост.

в) За да возилото со еластични тркала ја задржи саканата траекторија ќе мора да се намали аголот за завртеност на управувачките тркала (Сл. 7.1.2)

ЗАДАЧА 7.2

Влечен воз составен од тегнач и полуприколка се движи во кривина со полупречник $R=80 [m]$ и со брзина $v=10 [m/s]$. Патот е хоризонтален со коефициент на отпор на тркалање $f=0,02$.

Познати се следните податоци за влечниот воз:

- Маса на тегначот $m=8.000 kg$.
- Вкупна маса на полуприколката $m'_{vk}=32.000 kg$.
- Висина на тежиштето на тегначот $h_c=1,2 m$.
- Висина на тежиштето на полуприколката $h'_c=1,9 m$.
- Висина на приклучокот-седлото $h_s=1,4 m$.
- Меѓускино растојание на тегначот $l=3.800 mm$.
- Растојание на тежиштето на тегначот од предната оска (без полуприколка) $l_p=1460 mm$.
- Растојание на приклучокот (седлото) пред задната оска на тегначот $l_s=600 mm$.
- Растојание од оската на полуприколката до приклучокот $l'=7.610 mm$.
- Растојание на тежиштето на полуприколката од приклучокот $l=5.380 mm$.
- Трага на тркалата на тегначот: $b = 1940 mm$.

Да се определи:

- а) Бочните реакции на оските на влечниот воз и во приклучок - седлото.
- б) Потребниот агол на завртување на управувачките тркала под претпоставка дека сите тркала се бочно крути.
- в) Да се утврди границата на пролизгување и опасноста од неговата појава на погонската оска (втората од тегначот).
- г) Да се провери која од оските на влечниот воз е најподолжна на бочно пролизгување и при која вредност на коефициентот на прилепување тоа ќе се појави.

Центрифугалните сили на тегначот и полуприколка се:

$$F_c = m \frac{v^2}{R} = 8.000 \frac{10^2}{80} = 10.000 \text{ N}$$

$$F'_c = m'_{vk} \frac{v^2}{R} = 32.000 \frac{10^2}{80} = 40.000 \text{ N}$$

Ако претпоставиме дека силата F'_c дејствува нормално на оската на полуприколката и ја посматраме само неа, од условите за рамнотежа се добива:

$$\Sigma M_S = 0:$$

$$Y'_z \cdot l' = F'_c \cdot l'_p, \text{ односно}$$

$$Y'_z = F'_c \cdot \frac{l'_p}{l'} = 40.000 \cdot \frac{5.380}{7.610} = 28.278 \text{ N}$$

Бочната сила F_s која дејствува во приклучокот ќе ја добиеме од релацијата:

$$Y'_z + F_s = F'_c, \text{ односно}$$

$$F_s = F'_c - Y'_z = 40.000 - 28.278 = 11.722 \text{ N}$$

Ако оваа сила со спротивна насока ја пренесеме на тегначот, и со усвојување на истите претпоставки за нормалност на центрифугалната сила и силата во приклучокот на подолжната оска на возилото, од условите за рамнотежа се добива:

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Y_z \cdot l - F_s \cdot (l - l_s) - F_c \cdot l_p = 0$$

$$Y_z = \frac{F_s \cdot (l - l_s) + F_c \cdot l_p}{l} = \frac{11.722 \cdot (3.800 - 600) + 10.000 \cdot 2340}{3.800}$$

$$Y_z = 16029 \text{ N}$$

Рамнотежата на силите во бочната насока дава:

$$Y_z + Y_p - F_c - F_s = 0, \text{ односно}$$

$$Y_p = F_c + F_s - Y_z = 10.000 + 11.722 - 16.029 = 5.693 \text{ N}$$

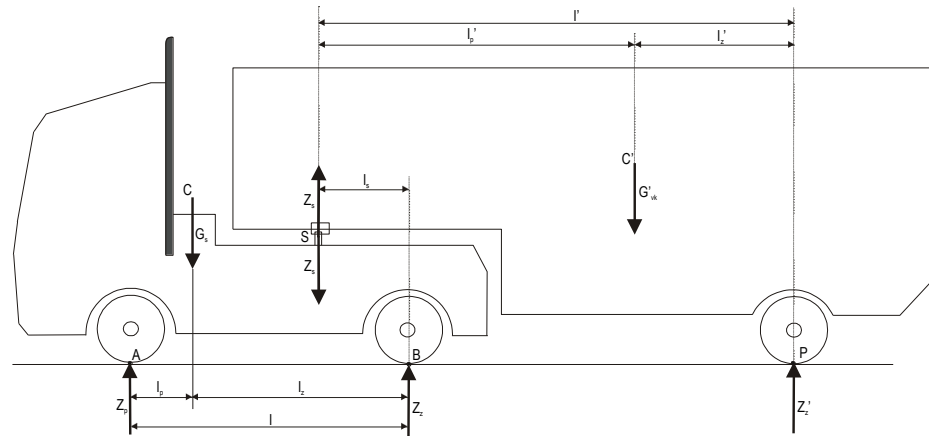
б) Средниот агол на завртеност на управувачките (бочно крути) тркала ќе се определи од геометрските релации (Сл. 7.2.1)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{R}, \text{ или } \alpha = \operatorname{arctg} \frac{l}{R} = \operatorname{arctg} \frac{3.800}{80.000}$$

$$\alpha = 2,72^\circ$$

Забелешка: Добиениот агол е од таков ранг да усвоените претпоставки на нормалност на силите на оската на полуприколката и тегначот не внеле посериозна грешка во пресметките.

в) Потребно е да се определи оптоварувањето по одделните оски. При стационарен режим на движење на хоризонтален пат и занемарување на опорот на воздухот, на влечниот воз во вертикалната подолжна рамнина дејствуваат силите прикажани на Сл. 7.2.2.



Сл. 7.2.2

Од $\Sigma M_P = 0$: само за полуприколката следи:

$$Z_s \cdot l' = G'_{vk} \cdot l'_z$$

$$Z_s = G' \frac{l'_z}{l'} = m'_{vk} \cdot g \frac{l' - l'_p}{l'} = 32.000 \cdot g \frac{7.610 - 5380}{7.610}$$

$$Z_s = 91989 \text{ N}$$

Од $\Sigma Z = 0$ за полуприколката следи:

$$Z'_z + Z_s - G'_{vk} = 0, \text{ односно } Z'_z = G'_{vk} - Z_s, \text{ или:}$$

$$Z'_z = m'_{mk} \cdot g - Z_p = 32.000 \cdot g - 91.989 = 221.931 \text{ N}$$

Со пренесување на силата Z_s на тегначот и користење на равенките за рамнотежа само за него се добива:

$$\Sigma M_A = 0:$$

$$Z_z \cdot l - G \cdot l_p - Z_s \cdot (l - l_s) = 0$$

$$Z_z = \frac{m \cdot g \cdot l_p + Z_s \cdot (l - l_s)}{l} = \frac{8.000 \cdot g \cdot 1.460 + 91.989 \cdot (3.800 - 600)}{3.800}$$

$$Z_z = 107.617 \text{ N}$$

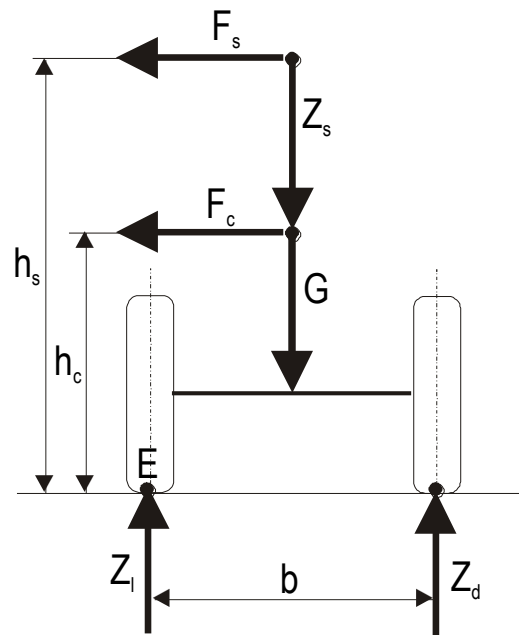
Од $\Sigma Z = 0$ следи:

$$Z_z + Z_p = G + Z_s$$

$$Z_p = m \cdot g + Z_s - Z_z = 8.000 \cdot g + 91.989 - 107.617$$

$$Z_p = 62.852 \text{ N}$$

За проценка на опасноста од пролизгување на погонските тркала е потребно да се пресмета и распоредот на оптоварувањето на двете тркала (лево и десно) на погонската оска. На Сл. 7.2.3 е покажана распределбата лево и десно за целиот тегнач.



Сл. 7.2.3

$$\Sigma M_E = 0:$$

$$Z_d \cdot b + F_c \cdot h_s + F_c \cdot h_c - G \frac{b}{2} - Z_s \frac{b}{2} = 0$$

$$Z_d = \frac{(m \cdot g + Z_s) \frac{b}{2} - F_s \cdot h_s - F_c \cdot h_c}{b}$$

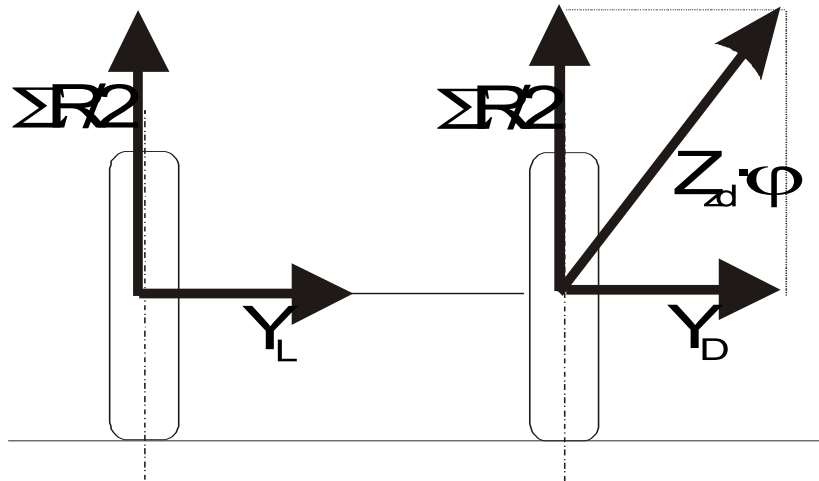
$$Z_d = \frac{(8.000 \cdot g + 91.989) \frac{1940}{2} - 11.722 \cdot 1400 - 10.000 \cdot 1200}{1940}$$

$$Z_d = 70.589 \text{ N}; \quad Z_{\bar{}} = 99.880 \text{ N}$$

Делот што отстаѓа на задната погонска оска е пропорционален на учеството на оптоварувањето на задната оска во вкупното оптоварување на оските на тегначот:

$$\frac{Z_{zd}}{Z_d} = \frac{Z_z}{Z_p + Z_z}, \text{ или } Z_{zd} = \frac{Z_z \cdot Z_d}{Z_p + Z_z} = \frac{107\,617 \cdot 70\,589}{62\,852 + 107\,617}$$

Пресметаната нормална реакција на подлогата е помалата од двете што дејствуваат на двете тркала на погонската оска. На Сл.7.2.4 е даден поглед одозгора на погонската оска со силите во хоризонталната рамнина на десното тркало.



Сл. 7.2.4

Бидејќи диференцијалот во погонската оска ја дели влечната сила ($F_t = \Sigma R$) на два еднакви дела, тангентната реакција на подлогата на едно тркало е $\Sigma R/2$, па бидејќи расположливата вкупна хоризонтална реакција на подлогата е $Z_{zd} \cdot \varphi$, бочната реакција ќе биде ограничена до:

$$Y_d = \frac{Y_z}{2} \leq \sqrt{(Z_{zd} \cdot \varphi)^2 - \left(\frac{\Sigma R}{2}\right)^2}$$

г) Односите на бочните и нормалните реакции кај секоја од оските се:

- предна оска на тегначот:

$$\frac{Y_p}{Z_p} = \frac{5693}{62852} = 0,09$$

- задна оска на тегначот:

$$\frac{Y_z}{Z_z} = \frac{16029}{107617} = 0,149$$

- оска на полуприколката

$$\frac{Y'_z}{Z'_z} = \frac{28278}{221931} = 0,127$$

Значи, доколку дојде до намалување на коефициентот на прилепување прва ќе пролизга погонската оска на тегначот и тоа при $\varphi = 0,149$ (доколку се занемари, односно не постои тангентна реакција на подлогата на таа оска).

ЗАДАЧА 7.3

За патничко моторно возило се познати следните податоци:

- вкупна маса $m_{vk}=1910 \text{ kg}$
- меѓуоскино растојание $l=2637 \text{ mm}$
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p=1315 \text{ mm}$
- растојание на метацентарот од предната оска $l_M = 1500 \text{ mm}$
- бочната крутост на предните и задните пневматици е иста и изнесува $k = 49000 \text{ N/rad}$.

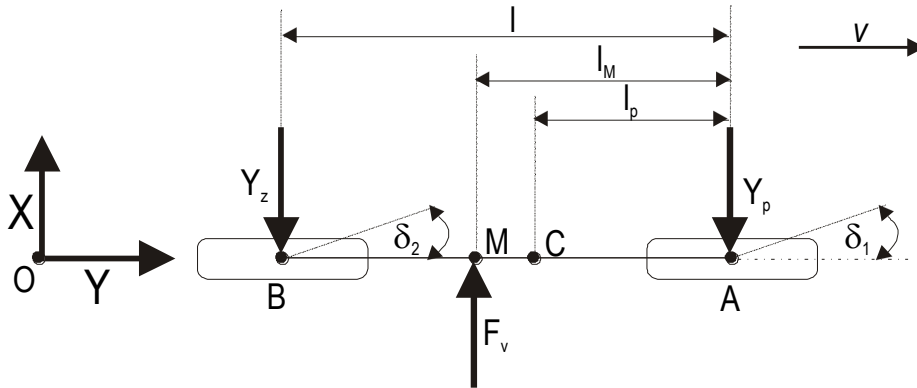
Потребно е да се определи:

а) Ако на возилото дејствува бочен ветар $F_v = 1560 \text{ N}$ од десната страна при движење на прав пат, за кој агол и во која насока треба да се завртат управувачките тркала за да се задржи правецот на движење.

б) Ако истото се случува при движење на возилото во десна кривина со радиус $R = 65 \text{ m}$ и брзина на возилото $v = 20 \text{ m/s}$, каков тогаш треба да биде аголот на управувачките тркала?

Решение:

а) На Сл. 7.3.1 е прикажана поедноставена шема на возилото во дадениот режим (поглед одозгора во рамнина).



Сл. 7.3.1

Од $\Sigma M_A = 0$ следи:

$$Y_z \cdot l - F_v \cdot l_M = 0;$$

$$Y_z = F_v \cdot \frac{l_M}{l} = 1560 \cdot \frac{1500}{2637} = 887 \text{ N}$$

Од $\Sigma Y = 0$ следи:

$$Y_z + Y_p = F_v, \text{ односно } Y_p = F_v - Y_z = 1560 - 887$$

$$Y_p = 673 \text{ N}$$

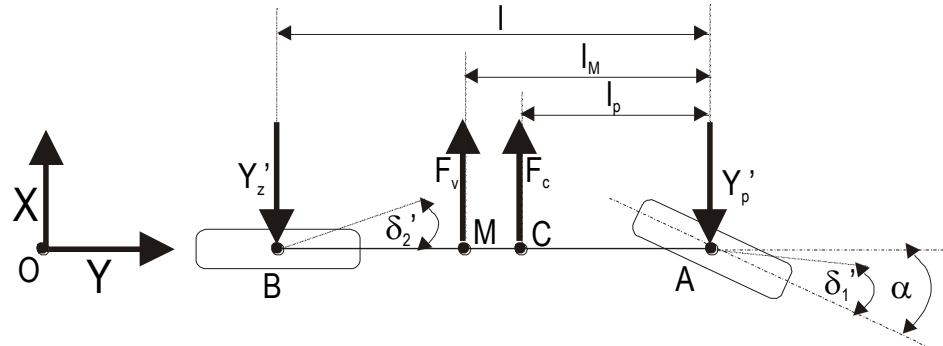
Соодветните агли на подведување на предната и задната оска ќе бидат:

$$\delta_1 = \frac{Y_p}{k} = \frac{673}{49000} = 0,0137 \text{ rad} = 0,78^\circ = 0^\circ 47'$$

$$\delta_2 = \frac{Y_z}{k} = \frac{887}{49000} = 0,0181 \text{ rad} = 1,037^\circ = 1^\circ 2'$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 0^\circ 15'$$

Бидејќи $\delta_2 > \delta_1$, ќе настане свртување на возилото во десно, односно за да тоа се спречи потребно е управувачките тркала да се свртат во лево за $\alpha = \delta_2 - \delta_1 = 0^\circ 15'$.



Сл. 7.3.2

б) Дејството на силите во дадениот режим е даден на Сл. 7.3.2

$$F_c = m_{vk} \cdot \frac{v^2}{R} = 1910 \cdot \frac{20^2}{65} = 11753 \text{ N}$$

Новите бочни реакции ќе се определат од условите за

$$\Sigma M_A = 0$$

рамнотежа: $Y'_z \cdot l - F_v \cdot l_M - F_c \cdot l_p = 0$

$$Y'_z = \frac{F_v \cdot l_M + F_c \cdot l_p}{l} = \frac{1560 \cdot 1500 + 11753 \cdot 1315}{2637} = 6748$$

Од $\Sigma Y = 0$:

$$Y'_z + Y'_p = F_v + F_c$$

$$Y'_p = F_v + F_c - Y'_z = 1560 + 11753 - 6748 = 6565 \text{ N}$$

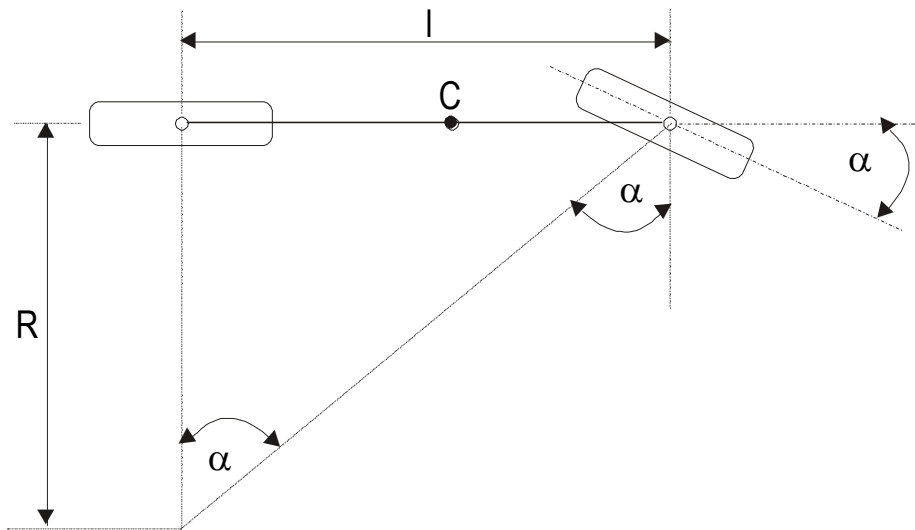
Аглите на подведување се:

$$\delta'_p = \frac{Y'_p}{k} = \frac{6565}{49000} = 0,134 \text{ rad} = 7,67^\circ = 7^\circ 40'$$

$$\delta'_z = \frac{Y'_z}{k} = \frac{6748}{49000} = 0,138 \text{ rad} = 7,89^\circ = 7^\circ 53'$$

И во овој случај $\delta'_z > \delta'_p$, односно возилото има незнатна прекумерна свртливост изразена со $\delta'_z - \delta'_p = 13'$.

Доколку возилото имаше крути тркала, потребниот агол за да се совладува саканата кривина ќе се определи врз база на скицата од Сл. 7.3.3.



Сл. 7.3.3.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{R} = \frac{2637}{65000} = 0,04$$

$$\alpha = 2,32^\circ = 2^\circ 19'$$

Поради прекумерната свртливост овој агол треба да се намали за разликата на аглите $\delta'_z - \delta'_p = 13'$, и конечно ќе изнесува: $\alpha' = 2^\circ 6'$.

ЗАДАЧА 7.4

Моторно возило се движи по хоризонтален пат со полупречник на кривината $R=20 [m]$. За возилото се познати следниве податоци:

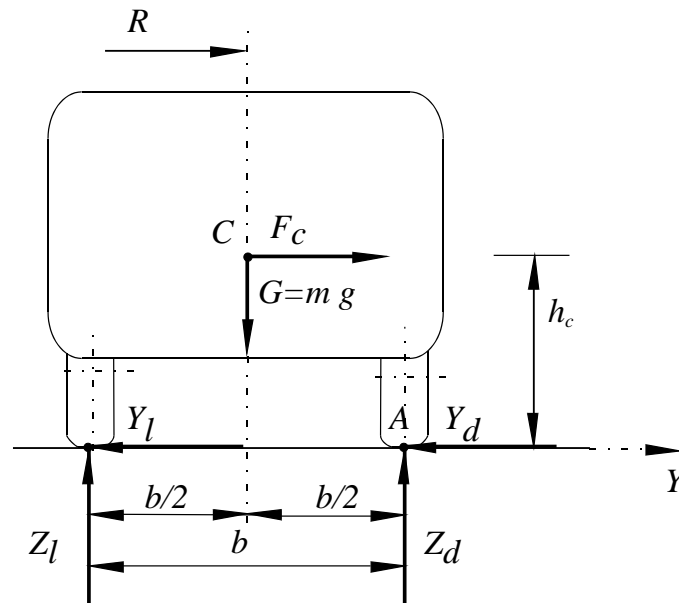
- маса $m=1480 [kg]$
- трага на тркалото $b=1,412 [m]$
- висина на тежиштето $h_c= 0,915 [m]$

Потребно е да се определи:

- гранична брзина во однос на превртувањето.
- колкава е граничната (најголемата) вредност на коефициентот на прилепување до која настапува бочно пролизгување пред превртување.

Решение:

Силите кои дејствуваат на возилото во напречната рамнина се дадени на Сл. 7.4.1.



Сл. 7.4.1

- Граничната брзина во однос на превртување се определува од условите за рамнотежа и граничниот услов внатрешната (лева) нормална реакција на подлогата да биде нула.

Од $\Sigma M_A = 0$ следува:

$$Z_l \cdot b - G \cdot \frac{b}{2} \cdot F_c \cdot h_c = 0$$

Бидејќи $Z_l = 0$, а центрифугалната сила се пресметува од изразот:

$$F_c = m \frac{v^2}{R}, \text{ следува:}$$

$m \frac{v^2}{R} \cdot h_c = m \cdot g \cdot \frac{b}{2}$, од каде граничната брзина во однос на превртувањето ќе биде:

$$v_{gr p} = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot b}{2 \cdot h_c}} \quad (10)$$

За дадените вредности се добива:

$$v_{gr p} = \sqrt{\frac{g \cdot 20 \cdot 1,412}{2 \cdot 0,915}} = 12,3 \text{ [m / s]}, \text{ односно:}$$

$$v_{gr p} = 44,29 \text{ [km / h]}$$

б) За да возилото се наоѓа на границата на бочно пролизгување е потребно збирот на бочните реакции на подлогата да биде еднаков на центрифугалната сила:

$$Y_l + Y_d = F_c \quad (2)$$

Граничните бочни реакции на подлогата се:

$$Y_l = Z_l \cdot \varphi \text{ и } Y_d = Z_d \cdot \varphi, \text{ па:}$$

$$Y_l + Y_d = Z_l \cdot \varphi + Z_d \cdot \varphi = (Z_l + Z_d) \cdot \varphi = G \cdot \varphi = m \cdot g \cdot \varphi$$

Сега равенката (1) го добива обликот:

$$m \cdot g \cdot \varphi = m \frac{v^2}{R} \quad (3)$$

Граничната брзина во однос на прилепувањето од тука изнесува:

$$m \cdot g \cdot \varphi = m \frac{v^2}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Со изедначување на (1) и (4) се добива граничната вредност на коефициентот на прилепувањето до која доаѓа до пролизгување пред превртување:

$$\varphi_{gr} = \frac{b}{2 \cdot h_c} = \frac{1,412}{2 \cdot 0,915} = 0,772$$

Значи за сите вредности на $\varphi \leq 0,772$ попрво ќе настане бочно пролизгување на возилото пред превртување.

ЗАДАЧА 8.1

Еластично тркало се тркала по крута хоризонтална подлога. Познати се следните податоци:

- делот од масата на возилото, вклучувајќи ја и масата на тркалото, која го оптоварува тркалото $m=700\text{ kg}$
- масата на тркалото $m_t=50\text{ kg}$
- хоризонтална сила од отпорот на надградбата $R_t=2000\text{ N}$
- коефициент на прилепување $\varphi=0.7$
- коефициент на отпорот на тркалање $f=0.02$
- момент на инерција на тркалото $J_t=8\text{ kgm}^2$
- динамички полупречник $r_d=0.4\text{ m}$

Да се определи:

- а) Колкав погонски вртежен момент T_t , односно периферна сила на тркалото, е потребен за да се совлада отпорот R_t при забрзано движење на тркалото со транслаторно забрзување од 3 m/s^2 ? Колкава е при тоа тангентната реакција на подлогата X_t ?
- б) До која граница може да се зголемува отпорот на надградбата R_t , а да не дојде до пролизгување на тркалото при рамномерно движење?
- в) Во кои граници може да се движи вртежниот момент за тркалото да се тркала без пролизгување при рамномерно движење?

ЗАДАЧА 8.2

Еластично тркало се движи по крута хоризонтална подлога. На тркалото дејствува хоризонтална сила од надградбата во насока на движењето $F = 2000$ [N]. Познати се уште следните податоци:

- маса на тркалото (ја вклучува масата од возилото што отстаѓа на тоа тркала И сопствената маса на тркалото): $m=580$ kg
- Динамички полупречник на тркалото $r_d = 0,3$ [m]
- Коефициент на отпор на тркалање $f = 0,018$
- Коефициент на прилепување $\varphi = 0,7$

Потребно е да се определи:

- а) Дали опишаното движење на тркалото е можно? Ако е можно, какво ќе биде тоа движење?
- б) Колкав е максималниот вртежен момент T_{max} кој може да се приведе на тркалото во дадените услови, а да не дојде до негово аглово пролизгување?
- в) Колкави се тангентните реакции на подлогата и во која насока дејствуваат во случаите под а) и б)?

ЗАДАЧА 8.3

За едно моторно возило е познато:

- маса $m=1700\text{kg}$;
- фактор на аеродинамичност $K_A=0.55\text{kgm}^{-1}$
- коефициент на влијание на ротирните маси $\delta=1$
- коефициент на отпорот на тркалање $f=0.02$

Да се определи:

- а) Кои и колкави отпори дејствуваат на возилото при движење по нагорнина од 5% со брзина од 15m/s ?
- б) Кои и колкави отпори дејствуваат на возилото доколку истото тргнува од место на хоризонтален пат со забрзување од 1m/s^2 ?
- в) Колкава е периферната сила на погонските тркала и за двата случаи?

ЗАДАЧА 8.4

За моторно возило се познати следните податоци:

- челна површина на возилото $A=1,73[\text{m}^2]$
- маса на возилото $m=1100[\text{kg}]$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p=0,9$
- коефициент на аеродинамичност $c_x=0,43$
- густина на воздухот $\rho=1,22[\text{Ns}^2\text{m}^{-4}]$
- коефициент на отпор на тркалањето $f=0,02$

Ако возилото се движи со рамномерна брзина од $v=20[\text{m/s}]$, на пат со нагорнина $\alpha=5[\%]$, да се најде:

- а) Кои и колкави отпори дејствуваат на возилото?
- б) Колкава силина е потребна за совладување на одделните отпори и колкава силина развива моторот при тоа?

ЗАДАЧА 8.5

За едно моторно возило е познато:

- маса $m=1700\text{kg}$;
- растојание н атежиштето од предната оска $l_p=1,3\text{m}$
- меѓуоскино растојание $l=2,8\text{m}$
- висина н атежиштето $h_c=1,2\text{m}$
- преносен однос во првиот степен на пренос $i_1=4.1$
- преносен однос во главниот преносник $i_0=4.4$
- степен на корисност во трансмисијата $\eta_p=0.95$
- коефициент на прилепување $\varphi=0.7$
- коефициент на отпорот на тркалање $f=0.02$

Да се определи:

а) Колкав вртежен момент треба да развие моторот за возилото да тргне од место по нагорнина од 15% со забрзување од 4m/s^2 ?

б) Дали е тоа возможно од аспект на прилепувањето ако погонот е на задната оска?

ЗАДАЧА 8.6

За едно моторно возило е познато:

- маса $m=1500\text{kg}$;
- нормална реакција на предната оска на мирување на хоризонтален пат $Z_{pst}=8000\text{N}$;
- меѓуоскино растојание $l=2,8\text{m}$;
- висина на тежиштето $h_c=1,2\text{m}$
- коефициент на прилепување $\varphi=0.7$
- коефициент на отпорот на тркалање $f=0.02$
- коефициент на аеродинамичност $c_x=0.35$
- густина на воздухот $\rho=1,22\text{ kg/m}^3$
- челна површина на возилото $A=1,7\text{ m}^2$.

Да се определи:

- Колкава периферна сила е потребна на погонските тркала за возилото при движење по нагорнина од 10% со брзина 15m/s почне да забрзува со 1m/s^2 ?
- Дали е тоа можно од аспект на прилепување доколку погонот е на предната, задната и на двете оски?

ЗАДАЧА 8.7

За моторно возило со погон на сите тркала (распределбата на погонскиот момент е 45% на преднат оска, а 55% на задната оска) е дадено:

- максимална моќност на моторот $P_{\text{emax}} = 125$ [KW]
- максимален вртежен момент на моторот $T_{\text{emax}} = 400$ [Nm]
- вкупна маса на возилото $m = 2500$ [kg]
- меѓуоскино растојание $l = 2,545$ [m]
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p = 1,32$ [m]
- висина на тежиштето $h_c = 0,6$ [m]
- челна површина $A = 1,5$ [m]
- преносен однос во првиот степен на пренос $i_1 = 3,58$
- преносен однос во главниот преносник $i_o = 5,4$
- коефициент на аеродинамичност $c_x = 0,32$
- густина на воздухот $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- динамички полупречник на тркалата $r_d = 0,289$ [mm]
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p = 0,89$
- коефициент на прилепување $\phi = 0,6$
- Коефициент на отпор на тркалање $f = 0,02$

Да се определи:

- а) Максималната нагорнина што возилото може да ја совлада.
- б) Од кој аспект ќе биде ограничена максималната нагорнина определена во точката а)?
- б) Максималната брзина на возилото.
- в) Колкав треба да биде преносниот однос во менувачот во случајот под б)?

ЗАДАЧА 8.8

За патничко возило се познати следните податоци:

- периферна сила на погонските тркала $F_t=1,1$ [kN], при брзина $v=22$ [m/s] ,
- максимална брзина на движење $v_{\max}=30$ [m/s] ,
- коефициент на отпор на тркалање $f=0,02$,
- фактор на аеродинамичност $kA=0,49$ [Ns²m⁻²] .

Потребно е да се определи:

- а) Колкава треба да биде масата на возилото за при движење со брзина од 22[m/s] да се оствари вишок на влечна сила $\delta F_t=750$ [N]?
- б) Како треба да се реконструира даденото возило, така да задржувајќи го истиот мотор, преносен систем, облик на каросерија и услови на патот, вишокот на влечната сила при движење со брзината од 22[m/s] да се зголеми за 5[%] во однос на точката а)?
- в) Како треба да се реконструира возилото, така да под истите услови како во точката б) максималната брзина на возилото да се зголеми на $v_{\max}=32$ [m/s]?

ЗАДАЧА 8.9

За патничко возило се познати следните карактеристики:

- вкупна маса на возилото $m=1130[\text{kg}]$
- фактор на аеродинамичност $k_A=0,49[\text{Ns}^2\text{m}^{-2}]$
- коефициент на отпор на тркалање $f=0,02$

Возилото се движи со брзина $v=20[\text{m/s}]$, при што на обемот на погонските тркала остварува сила $F_t=1000[\text{N}]$.

Потребно е возилото да се реконструира, па во врска со тоа да се определи:

а) Колкава треба да биде максимално дозволената маса на возилото за да вишокот на влечна сила за совладување на дополнителни отпори ($\delta F_t = F_t - R_t - R_v$) при брзина од $20[\text{m/s}]$ се зголеми за $10[\%]$, а притоа сите други параметри да останат непроменети?

б) Колкава треба да биде максималната дозволена маса на возилото за максималната брзина од $30[\text{m/s}]$ да се зголеми на $33[\text{m/s}]$, при сите други параметри непроменети?

в) Колку ќе се зголеми вишокот на влечната сила δF_t од оној при $F_t=1000[\text{N}]$, ако преносниот однос во главниот преносник се зголеми за $25[\%]$ ($i_o' = 1,25i_o$), при зададената маса на возилото? При која брзина тоа ќе се оствари?

ЗАДАЧА 8.10

За моторно возило се познати следните податоци:

- максимална силина на моторот: $P_{\text{emax}} = 35$ [KW]
- максимален вртежен момент на моторот $T_{\text{emax}} = 75$ [Nm]
- вкупна маса на возилото $m = 980$ [kg]
- преносен однос во главниот преносник $i_0 = 5,5$
- преносен однос во првиот степен на пренос $i_2 = 2,27$
- динамички полупречник на тркалата $r_d = 0,28$ [m]
- челна површина на возилото $A = 1,53$ [m²]
- коефициент на аеродинами;ност $c_x = 0,32$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p = 0,89$
- коефициент на отпорот на тркалање $f = 0,019$
- густина на воздухот $\rho = 1,25$ [kg/m³]

Потребно е да се определи:

- а) Максималната брзина на возилото.
- б) Максималното покачување [%] кое возилото може да го совлада во вториот степен на пренос (да се усвои $f \cdot \cos\alpha = f$ и $R_v = 0$).

ЗАДАЧА 8.11

За трактор на тркала се познати следните податоци:

- маса $m=1900[\text{kg}]$
- статичко оптоварување на задната оска $Z_z=15[\text{KN}]$
- меѓуоскино растојание $l=1,9 [\text{m}]$
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p=1,4[\text{m}]$
- висина на тежиштето $h_c=0,5[\text{m}]$
- максимална силина на моторот $P_{\text{emax}}=16[\text{KW}]$
- број на вртежи при максимална силина $n_{P_{\text{emax}}}=2000[\text{vr/min}]$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p=0,87$
- динамичи полупречник на тркалата $r_d=0,6 [\text{m}]$
- коефициент на отпор на тркалање $f=0,017$

Потребно е да се определи:

а) Колкава треба да е висината на приклучокот на тракторот и која најголема маса на приколката тракторот може да влече на нагорнина од 10[%] ($\cos\alpha=1$, $\sin\alpha=0,173$), а притоа да не дојде до пролизгување на неговите задни погонски тркала, ако коефициентот на прилепување е $\varphi=0,6$ ($X_p=R_{fp}=0$)?

б) Исто како и под а), само за случај да погонот е преку сите четири тркала.

в) Колкава е разликата во големината на силата на приклучокот и масата на приколката во однос на точките а) и б) ?

г) Да се определи вкупниот степен на пренос помеѓу моторот и тркалата така да моторот на тракторот при влечење на приколка со вкупна маса $m=2700[\text{kg}]$ работи со 80[%] искористување на својата силина (регулаторската карактеристика е права линија, $n_{p0}=2100[\text{vr/min}]$).

ЗАДАЧА 8.12

За едно моторно возило е познато:

- маса $m=1600\text{kg}$;
- нормална реакција на предната оска во статички услови на хоризонтален пат $Z_{ps}=9000\text{N}$
- меѓуоскино растојание $l=2.8$
- висина на тежиштето $hc=1.3$
- коефициент на влијание на ротираните маси $\delta'=1$
- коефициент на прилепување $\varphi=0.7$
- коефициент на отпорот на тркалање $f=0.02$
- максимална сила на моторот $P_{max}=74\text{KW}$
- фактор на аеродинамичност $K_A=0.4\text{kg/m}$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p=0.95$

Да се определи максималното забавување на возилото ако истото кочи само со тркалата од задната оска на удољнина од 5%. Колкав е при тоа минималниот пат на кочење за почетна брзина од 20m/s до целосно запирање?

Да се определи максималното забавување на возилото ако истото кочи со сите тркала на угорнина од 5%.

Колкаво теоретско забрзување може да оствари возилото доколку се движи по нагорнина од 5% со брзина од 20m/s?

ЗАДАЧА 8.13

За едно моторно возило е познато:

- маса $m=1600\text{kg}$;
- растојание на тежиштето од предната оска $l_p=1.3$
- меѓуоскино растојание $l=2.8$
- висина на тежиштетото $h_c=1.3$
- коефициент на влијание на ротирните маси $\delta'=1$
- коефициент на прилепување $\varphi=0.7$
- коефициент на отпорот на тркалање $f=0.02$
- Трага на тркалата $b=1.7\text{m}$

Потребно е да се определи:

а) Да се определи максималното забавување на возилото ако истото кочи само со тркалата од задната оска на надолнина од 5%. Колкав е при тоа минималниот пат на кочење за почетна брзина од 20m/s до целосно запирање?

б) Да се определи максималното забавување на возилото ако истото кочи со сите тркала на нагорнина од 5%. Колкав е при тоа минималниот пат на кочење за почетна брзина од 20m/s до целосно запирање?

в) Дали стабилноста на возилото е загрозувана и од кој аспект ако возилото влезе во кривина со радиус 30m со брзина 25m/s?

ЗАДАЧА 8.14

За моторно двоосно возило се познати следните карактеристики:

- вкупна маса на возилото $m = 6500$ [kg]
- статичко оптоварување на задната оска $G_{zst} = 0,6 G$
- меѓуоскино растојание $l = 6$ [m]
- висина на тежиштето $h_c = 1,5$ [m]
- коефициент на влијание на ротирните маси $\delta = 1$.

При движење на возилото по пат со надолнина од 5 [%], со коефициент на отпор на тркалање $f = 0,018$ и коефициент на прилепување $\varphi = 0,6$, да се определи:

а) Максималното забавување ако возилото кочи само со тркалата од предната оска, само со задната оска и со сите тркала.

б) Нормалните реакции на подлогата при кочење со сите тркала во условите од точката а).

в) Теоретскиот минимален пат на кочење при кочење со сите тркала, под условите од точката а), за почетна брзина од 15 [m/s] до целосно запирање.

ЗАДАЧА 8.15

За моторно возило е познато:

- сопствена маса на возилото $m=6000[\text{kg}]$
- максимален вртежен момент на моторот $T_{\text{emax}}=294[\text{Nm}]$
- преносен однос во првиот степен на пренос $i_1=6,1$
- преносен однос во главниот преносник $i_o=7,1$
- степен на корисност на трансмисијата $\eta_p=0,85$
- динамички полупречник на тркалата $r_d=0,5[\text{m}]$
- коефициент на отпор на тркалањето $f=0,02$

Потребно е да се определи:

а) Дали ова возило може да влече приколка со вкупна маса $m'=8000[\text{kg}]$ по нагорнина од $\alpha=15[\%]$?

б) Колкав е минималниот пат на кочење на возилото без приколка на хоризонтален пат ако кочи со сите тркала од почетна брзина $v_1=10[\text{m/s}]$?

ЗАДАЧА 8.16

За друмски спрег, тегнач со полуприколка, се познати следните податоци:

Тегнач:

- маса без полуприколка $m=6800$ [kg]
- растојание помеѓу оските $l=3,7$ [m]
- висина на тежиштето $h_c=1,1$ [m]
- растојанието на тежиштето од предната оска $l_p=1,4$ [m]
- растојанието на потпората на приклучокот од задната оска $e=0,9$ [m]
- висина на приклучокот $h_p=1,3$ [m]

Полуприколка:

- маса $m'=19000$ [kg]
- висина на тежиштето $h_c'=1,5$ [m]
- растојание на тежиштето од потпората (приклучокот) $l_p'=4$ [m]
- растојание на тежиштето од оската на полуприколката $l_z'=3,4$ [m]

Ако друмскиот спрег се движи по пат со надолнина од 5[%], коефициент на отпор на тркалање е $f=0,015$ и коефициент на прилепување $\varphi=0,6$, под услов да се кочат само тркалата на тегначот а полуприколката не се кочи, потребно е да се определи:

- а) Максимално можното забавување на друмскиот спрег во дадените услови.
- б) Силите на приклучокот при условите под а).
- в) Оптоварувањето на мостовите на тегначот и полуприколката при условите под а).