



## DYNAMIC LOADING SIMULATION OF VEHICLE TRACK

**M. Chalupa, J. Veverka\***

**Summary:** *The paper describes one of possible design way of vehicle track computation model and basic steps of dynamic loading simulation of the vehicle track. The computational model is built for computational simulating system MSC. ADAMS, Tracked Vehicle Toolkit. The model consists of all parts of real vehicle undercarriage design and is used for basic choosing of vehicle track design changing.*

### 1. Úvod

Příspěvek popisuje sestavení výpočtového modelu podvozku bojového pásového vozidla BVP – 2, ve kterém je podrobně propracován popis konstrukce kolejového pásu. Dále popisuje určení jedné z možností porušování podélné stability při jízdě vozidla a provedení úvodních simulačních výpočtů dynamické zátěže části podvozku při jízdě.

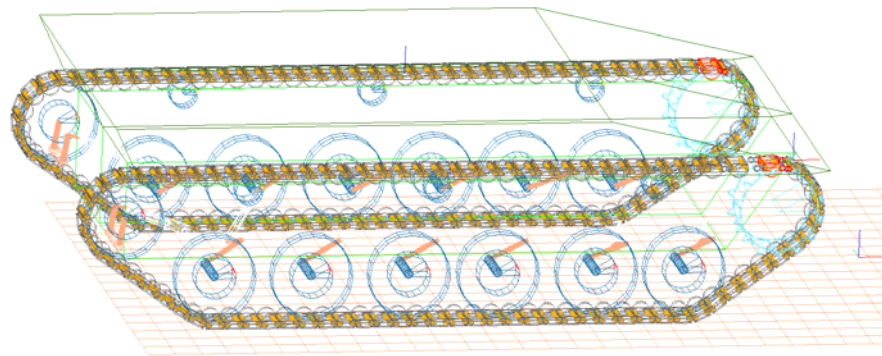
Model podvozku je sestavený pro výpočetní systém MSC.ADAMS Tracked Vehicle Toolkit. Je určen ke zjišťování dynamických vlastností podvozku a chování pásu při změnách konstrukce a režimů provozu při jízdě vozidla. Konečným výsledkem prací má být návrh změn konstrukčních parametrů podvozku, které umožní zlepšení směrové stability vozidla při současném zvýšení jeho maximální rychlosti. Nejprve je však třeba vytipovat ty konstrukční parametry částí podvozku, které mohou mít na změnu podélné stability při jízdě vozidla významný vliv.

Pro provádění výpočtových simulací mělo být původně využito výpočetního systému PRO/MECHANICA verze 20.0. Tento systém se však pro zamýšlené sestavení matematického modelu neosvědčil. Hlavním problémem zde byla nestabilita výpočtů, způsobená velkým počtem definovaných těles a především příliš vysoký počtem vazeb. Proto bylo přistoupeno k sestavení matematického modelu ve výpočetním systému MSC.ADAMS Tracked Vehicle Toolkit, který je též určen k provádění analýz dynamických vlastností mechanických soustav a jejich animaci a práce s ním není provázána podobnými problémy.

## 2. Popis výpočtového modelu

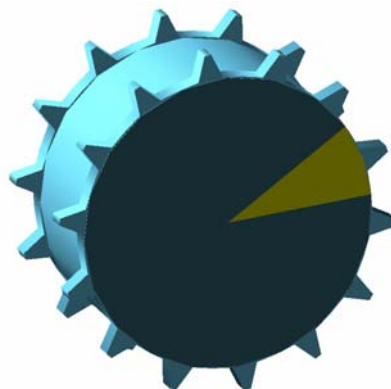
### 2.1 Geometrický výpočtový model

Výpočtový geometrický model celého vozidla (obr.1) je tvořen základními částmi pásového pohybového a závěsného ústrojí vozidla.



Obr.1 Geometrický model vozidla

Jsou to pojezdná kola, nosné kladky, hnací kola (obr.2), vodící a napínací kola, po kterých se pohybují jednotlivé články pásu, spojené mezi sebou sponami. Jsou definovány jako typ komponentů s přesným geometrickým tvarem. Pro tento typ geometrie je určující dodržení tvaru z hlediska kontaktních ploch.



Obr.2 Geometrický model ozubení hnacího kola

Hlavními částmi článku pásu (obr.3) je těleso, na kterém jsou dále dva vodící ozuby a dvě spojovací oka s čepy, spojkami a pojistnými šrouby. Počet článků v jednom pásu je 84.



Obr.3 Geometrický model článku

Vahadla, torzní tyče a tlumiče pérování, jsou definovány jako komponenty se zjednodušeným tvarem jako součásti bez kontaktu. Tento typ komponentů je tvořen také z nabídky jednotlivých součástí podvozku systému obecného pásového vozidla, ale je definován zadáním vstupních hodnot, jako jsou základní konstrukční rozměry, hmotnost, moment setrvačnosti, tuhost, tlumení, souřadnice bodu umístění součástí na korbě vozidla a počet těchto součástí.

Složitost původního výpočtového modelu určeného pro simulační výpočty ve výpočetním systému PRO/MECHANICA, nejlépe ilustruje množství těles a především počet vazeb, které bylo nutné mezi jednotlivými tělesy definovat. Výpočtový model tvořilo celkem 182 těles mezi nimiž bylo definováno 1201 vazeb.

## 2.2 Kontaktní výpočtový model

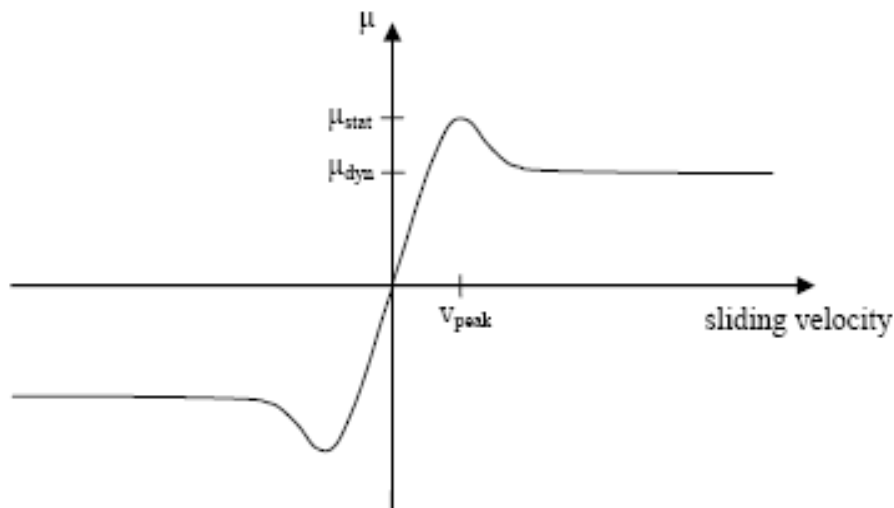
Kontaktní výpočtový model předpokládá kontaktní síly mezi články a koly (hnací, napínací, vodící) a dále mezi články pásu a vozovkou.

Tyto kontaktní síly jsou v systému ADAMS popsány pomocí tzv. impaktní síly (impact force):

$$F = -k'(q - q_0)^n - c\dot{q}$$

Kde:  $q - q_0$  je průnik nebo prolínání (penetration) kontaktních těles  
 $k$  ... kontaktní tuhost  
 $c$  ... tlumení  
 $\dot{q}$  ... rychlost posuvu kont. těles (sliding velocity)  
 $n$  ... exponent ( $n=1.5$  ... Hertzova teorie)

Třecí model je popsán také závislostí rychlosti posuvu na součiniteli tření.



Obr.4 Třecí model

Kde:  $\mu_{stat}$  ... statický součinitel tření  
 $\mu_{dyn}$  ... dynamický součinitel tření

### 3. Popis simulačních výpočtů

Cílem provedení simulačních výpočtů bylo potvrdit nebo vyloučit vliv výšky záběrového žebra článků pásu, na změny sledované vlastnosti podvozku vozidla, kterou byla reakční síla v osách opěrných kladek. Jejich změna jednoznačně ukazuje na pokles, či vzrůst odporů proti pohybu pásu i celého vozidla.

Pro výpočty je použit úplný výpočtový model. Omezující podmínky zatěžování pásu při těchto výpočtech je možno popsat tak, že určované parametry konstrukce pásu vozidla jsou stanovovány postupně se změnami, při kterých je dosaženo dostatečných změn výsledků výpočtů sledované veličiny, či vlastnosti podvozku tak, aby mohlo být provedeno jasné vyhodnocení sledovaných veličin a mohly být prvotně stanoveny vlivy určovaných konstrukčních parametrů. Na základě těchto informací je potom možno rozhodnout o tom, zda je vhodné, se v dalších výpočtech určovanými i sledovanými parametry zabývat, či nikoliv. Pás vozidla je simulačně roztáčen zadáním počátečních otáček hnacího kola zajišťujících požadovanou rychlost pohybu vozidla. Zrychlení vodorovnou složkou hmotnosti vozidla při jízdě ze svahu není ve výpočtech uvažováno.

#### 4. Provedení simulačních výpočtů

Simulační výpočty sledovaly zjišťování vlivu změny výšky záběrových žebër článků pásu na hodnoty reakčních sil v osách opěrných kladek. Pro výpočty byly stanoveny tři hodnoty výšky záběrových žebër. Byly to hodnoty 10, 20 a 30 mm.

#### 4.1 Výsledky simulací vlivu změny výšky záběrových žebër článků pásu na hodnoty reakčních sil v osách opěrných kladek.

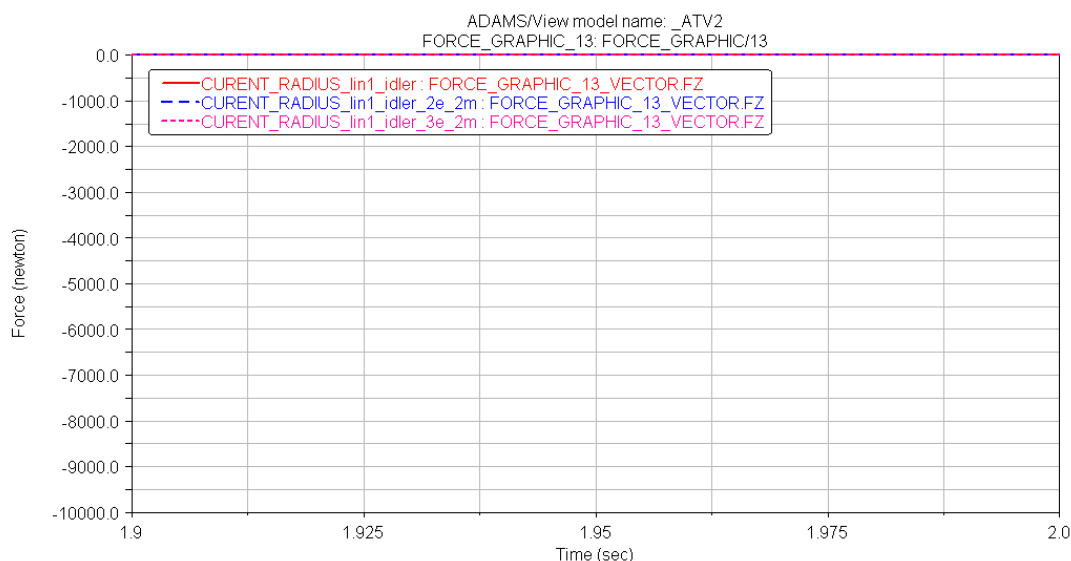
##### 4.1.1 Specifikace vstupních parametrů modelů

Pro zjištění vlivu změny geometrie oblouků pásu na sledované veličiny byly zadány následující vstupní parametry:

- parametry modelu pásu : zadané hodnoty konstrukčních parametrů
- rychlost vozidla: 40 km/h
- vodorovná rovina
- symetrická polovina modelu
- geometrie modelu viz. Obr. 1-4
- modely ADAMS/AVT
- počáteční rychlost: 11.11 m/s
- geometrie článků a hnacího kola: zadané hodnoty reálných konstrukčních parametrů

##### 4.1.2 Průběhy sledovaných veličin – vliv změny výšky záběrových žebër článků pásu na hodnotě reakčních sil v osách opěrných kladek

Na dalších obrázcích (obr. 5, 6 a 7) jsou ilustrovány změny hodnot reakčních sil působících v osách opěrných kladek v závislosti na změnách hodnoty výšky záběrového žebër článků pásu.

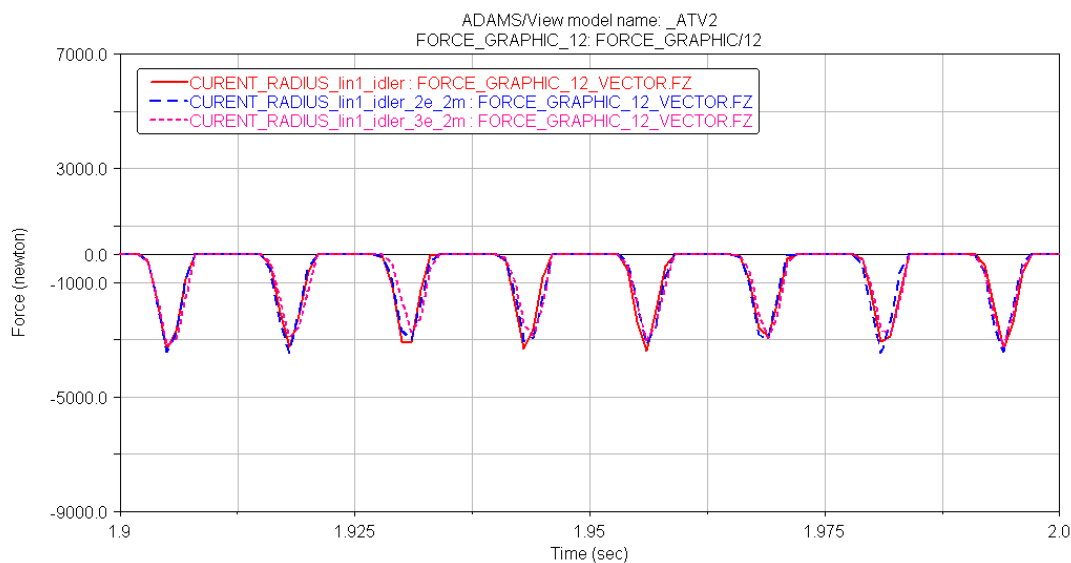


Obr. 5 Reakční síly v první opěrné kladce

Výpis vypočtených hodnot na obrázku 5 zobrazuje vliv změn hodnoty výšky záběrového žebra na hodnoty reakčních sil v první opěrné kladce.

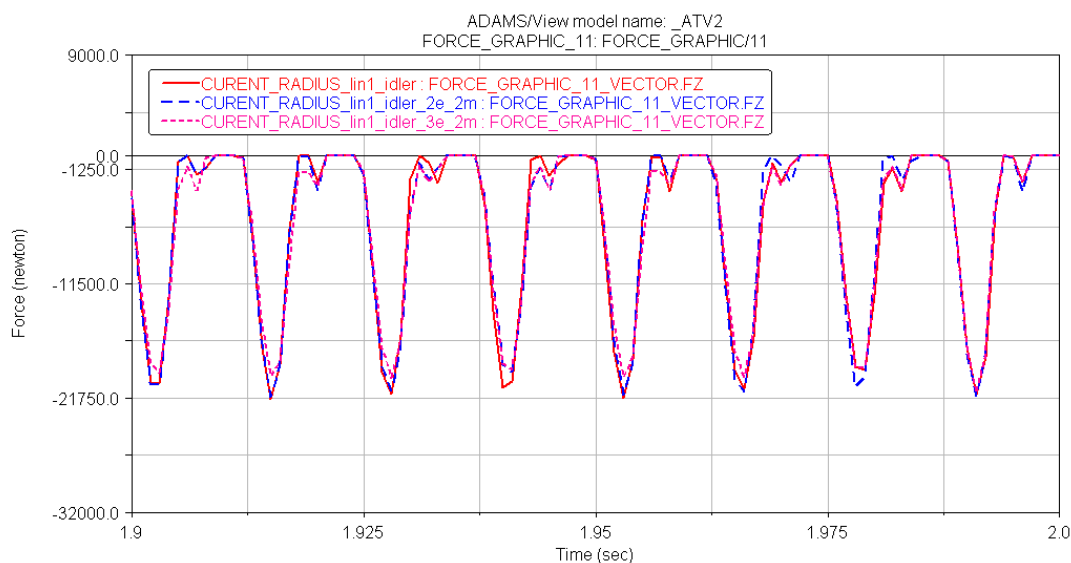
Z obrázku 5 je zřejmé, že první opěrná kladka je bez jakékoliv dynamické zátěže.

Další výpis vypočtených hodnot uvedený na obrázku 6 zobrazuje vliv změn hodnoty výšky záběrového žebra na hodnoty reakčních sil ve druhé opěrné kladce.



Obr. 6 Reakční síly ve druhé opěrné kladce

Je zřejmé, že změny reakčních sil vyvolaných změnou výšky záběrového žebra jsou v rozmezí pouhých 3 - 4 %.



Obr. 7 Reakční síly ve třetí opěrné kladce

Poslední výpis vypočtených hodnot na obrázku 7 zobrazuje vliv změn hodnot výšky záběrových žeber na hodnoty reakčních sil ve třetí opěrné kladce.

I zde je jasně patrné, že změny reakčních sil v osách opěrných kladek, vyvolaných změnou výšky záběrových žeber článků pásu jsou v rozmezí 3 – 4 % a jsou zanedbatelné.

Pro vliv změny výšky záběrových žeber článků pásu na hodnotu reakčních sil v osách opěrných kladek je tedy možno obecně říci, že tato změna způsobuje jen velmi malé a bezvýznamné změny sil působící v osách opěrných kladek pásového pohybového ústrojí. Pro další výpočty je tedy neefektivní, se těmito změnami konstrukce podvozku, nadále zabývat.

## **5. Závěr**

V příspěvku je popsán jeden ze způsobů sestavení výpočtového modelu pásového podvozku pásového vozidla, sestaveného pro možnost provádění simulačních výpočtů dynamické zátěže částí podvozku, ve výpočetním systému MSC.ADAMS Tracked Vehicle Toolkit. Tento model slouží v první fázi výpočtů pro provádění výpočtových simulací ke zjištění základních informací o chování jednotlivých částí pásu a podvozku při jízdě vozidla a vytipování vhodných návrhů změn konstrukce částí podvozku, nebo nastavení tohoto podvozku. Pro konkrétní možnost využití uvedenou v tomto příspěvku je tedy možné říci, že pro testovanou možnost vlivu změny výšky záběrových žeber článků pásu na hodnotu reakčních sil v osách opěrných kladek je tato změna bezvýznamná, protože způsobuje jen velmi malé a bezvýznamné změny sil působící v osách opěrných kladek pásového pohybového ústrojí. Pro další výpočty je tedy neefektivní, se návrhem této změny konstrukce části podvozku, nadále zabývat.

Poté, kdy bude ukončeno vytipování vhodných návrhů změn parametrů konstrukce, nebo provozního nastavení částí podvozku, bude model dále sloužit pro provádění podrobných simulačních výpočtů dynamické zátěže jednotlivých částí podvozku při změnách konstrukce, nebo provozního nastavení podvozku vozidla. Na základě výsledků této hlubší analýzy pak bude možné říci, které konstrukční návrhy změn na podvozku povedou ke zlepšení směrové stability při současném zvýšení maximální rychlosti pásového vozidla.

## 6. Použitá literatura:

ADAMS/Tracked Vehicle Toolkit version 2003.0, *Documentation*, MSC.Software Sweden.

Chalupa, M., Kotek, V., Vlach, R. (2001) *Výzkum konstrukce vozidlového pásu pro vysoké rychlosti*. Závěrečná zpráva z řešení POV MO 03171100014. VA Brno.

Kratochvíl, C. (1997) *Mechanika těles – dynamika*, Brno PC-DIR

Kříž, R., Vávra P. (1995) *Strojírenská příručka, svazek 6*, Scientia, Praha.

Vlach, R., Kotek, V. (2001) *Analysis of behaviour ski for skiing along grass area*. Příspěvek ve sborníku Národní konference s mezinárodní účastí “Inženýrská mechanika 2001”, 14.-17.5. 2001, Svratka, ČR.

Vlach, R., Chalupa, M., Kotek, V. (2002) *Vliv vybraných parametrů na chování lyže pro jízdu po trávě*. Příspěvek ve sborníku Národní konference s mezinárodní účastí “Inženýrská mechanika 2002”, 13.-16.5. 2002, Svratka, ČR.

Vlach, R., Grepl, R., Chalupa, M., Ondrůšek, Č. (2003) *Výpočtové modelování dynamických vlastností pásového vozidla*. Příspěvek ve sborníku Národní konference s mezinárodní účastí “Výpočtová mechanika 2003“, 3.-5. 11. 2003, Nečtiny, ČR.