

THE MULTIBODY SIMULATION OF DYNAMIC EFFECTS IN PASSANGER CAR TRAILER

J. Blekta*, J. Mevald*

Summary: *The aim of this article is to refer to numerical problems during multibody simulations. In the first part of the article, there is a three-dimensional model of a car with trailer in the software MSC.ADAMS using module Car. The second part gives a two-dimensional model of towing bracket which is compered with the model in the first part. Force effects trasmitted by towing bracket while crossing known terrain obstacle are solved.*

1. Úvod

Cílem příspěvku je upozornit na numerické problémy, které vznikají při simulaci podobných úloh. Byl vytvořen multibody model tažného zařízení, který je složený z pružných těles a následně je implementován do modelu osobního automobilu s přívěsem. Model bude využit pro minimalizaci silových účinků, které se během jízdy automobilu po nerovné vozovce přenáší z přívěsu do karoserie vozidla.

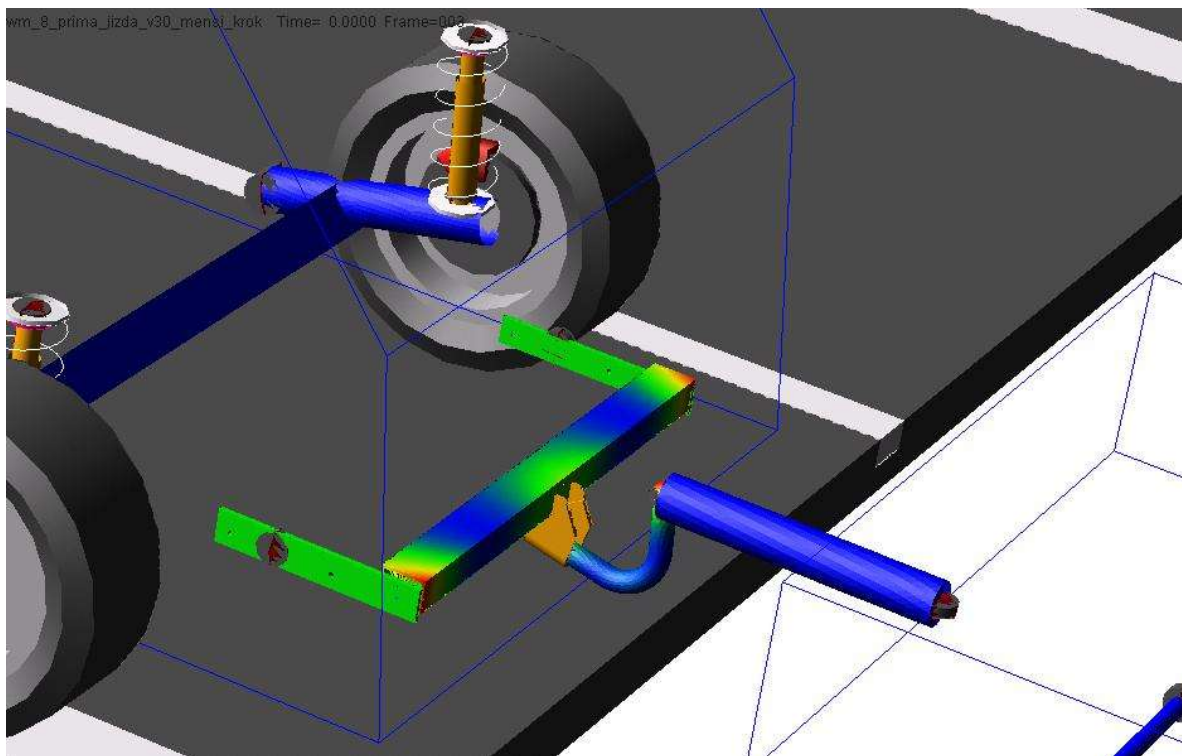
2. Model automobilu s přívěsem v prostředí MSC.ADAMS

Vozidlo s přívěsem je vytvořeno v prostředí MSC.ADAMS/Car. Jedná se o automobil Škoda Fabia. Nutno však upozornit, že se zatím nepodařilo získat konkrétní charakteristiky tlumičů a pružin skutečného automobilu, proto jsou zde dosazeny naměřené charakteristiky příslušných prvků z vozidla Škoda Favorit. Vzhledem k tomu, že hmotnost Fabie je větší, byly křivky, které jednotlivé tuhosti a tlumení popisují, vynásobeny určitými koeficienty (většími než jedna). Hmotnostní a dynamické vlastnosti vozidla odpovídají skutečnosti.

Model tažného zařízení na obrázku 1 byl vytvořen v prostředí MSC.ADAMS/View implementovaném v modulu Car. Tažné zařízení tvoří příčný nosník a hák (pružná tělesa), která jsou navzájem spojena tuhou objímkou. Příčný nosník je pevně vetknut na obou koncích do karoserie. Obě pružná tělesa byla vytvořena v modulu AutoFlex.

Aby bylo možné sledovat vliv tuhosti tažného zařízení na přenos sil do karoserie, bylo třeba vytvořit několik příčných nosníků s rozdílnou tuhostí (konkrétně deset). Aktivace či deaktivace všech příčných nosníků je vázána na jeden parametr. Jeho hodnota určuje, který z nosníků bude pro danou simulaci aktivní. Vše je vytvořeno pomocí skupin (GROUP) v prostředí modulu View.

* Ing. Jiří Blekta, doc. Ing. Josef Mevald, CSc: Katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, tel.: +420 485354149, fax.: +420 485354160
 e-mail: jiri.blekta@vslib.cz



Obrázek 1. Model tažného zařízení osobního automobilu

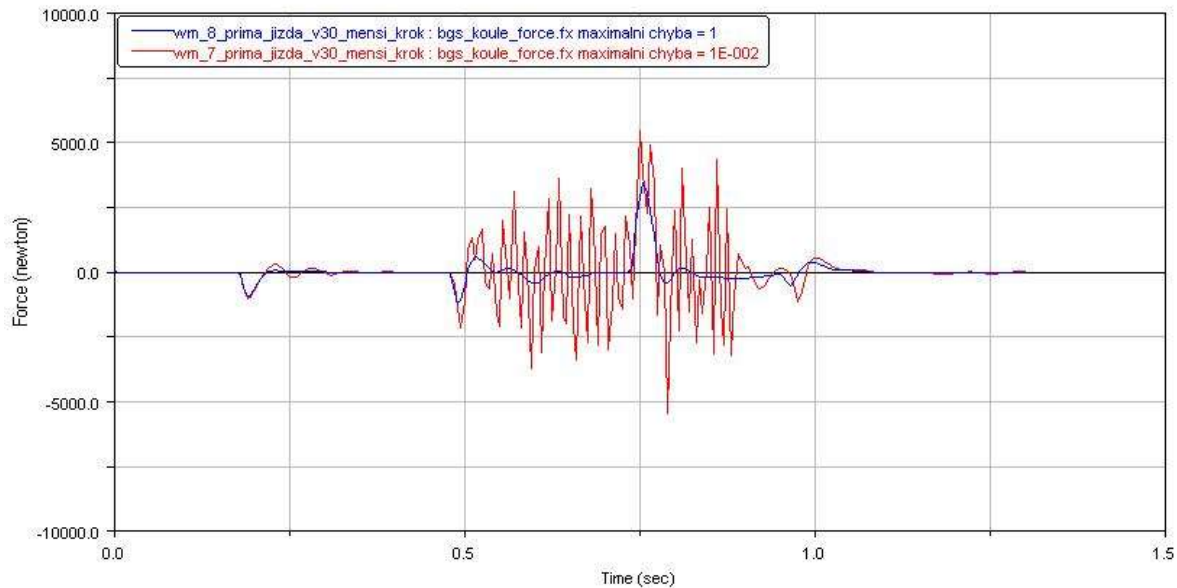
3. Simulace

Výpočet probíhá pro přejezd překážky tvaru rampy s výškou 50 mm, délkou 500 mm a nájezdovými hranami skloněnými pod úhlem 45° . Rychlost přejezdu vozidla je 30 km.hod^{-1} . Automobil startuje v poloze, která je dána řešením statické rovnováhy.

Během výpočtu se ukázala velká citlivost výsledku řešení na zvolené parametry integrační metody. Příčina je zřejmě v typu modelu, konkrétně v interakci tuhých těles s poddajnými. Ukazuje se, že v mnoha případech nastavení solveru výsledek buď nekonverguje k cíli, nebo má soustava rovnic tak špatně podmíněnou matici, že je řešení neúměrně citlivé k jakékoliv nepatrné změně na vstupu do soustavy. Výsledkem je pak „rozkmitané“ řešení, které nelze žádným způsobem využít pro identifikaci dějů, které v modelu probíhají. Nezbyvá proto než hledat takové kombinace parametrů, které u správně zvolené integrační metody zajistí co nejvěrnější výsledky numerického výpočtu.

S výše uvedeným přímo souvisí také citlivost stability řešení k jakékoliv změně, která v modelu nastane. Proto je v našem případě zapotřebí pro každý příčný nosník hledat optimální nastavení parametrů řešiče. Vedle toho je ovšem také nutné dbát na to, zda-li rozkmitání daného řešení opravdu způsobila numerická nestabilita výpočtu. Při práci s pružnými tělesy totiž ADAMS výsledný deformovaný tvar skládá z jednotlivých vlastních tvarů kmitů daného tělesa. Obsahuje-li proto popis tělesa vlastní tvary s příliš velkými vlastními frekvencemi, je možné, že právě tyto frekvence mají v celkové deformační energii tělesa značný podíl.

Na následujícím obrázku je ukázán příklad vlivu dvou různých nastavení parametru maximální chyby na průběh síly (ve směru jízdy) mezi tažným zařízením a přívěsem.



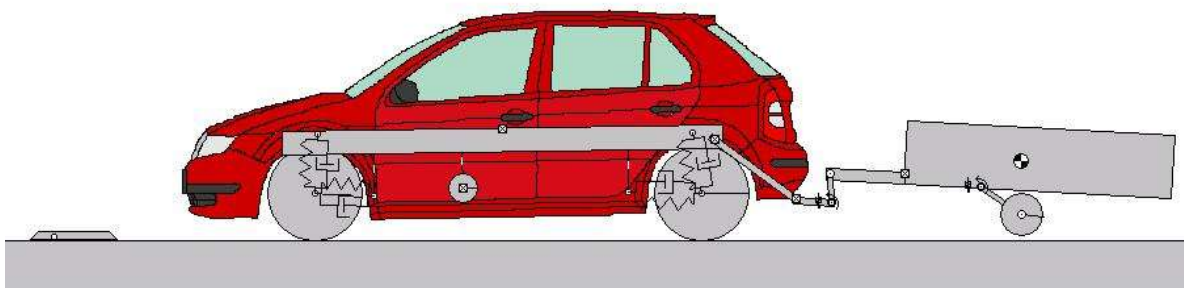
Obrázek 2. Vliv nastavení maximální chyby numerického výpočtu na průběh síly

4. Model automobilu s přívěsem v prostředí WM2D

Aby bylo možné alespoň orientačně ověřit simulované průběhy získaných závislostí v prostředí MSC.ADAMS, byl vytvořen podobný model automobilu s přívěsem a tažným zařízením v programu Working Model 2D. Jedná se o rovinný model dle obrázku 3.

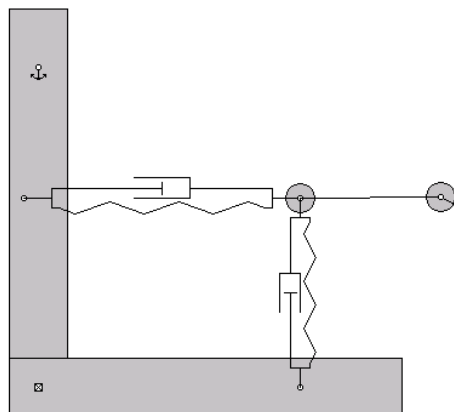
Základním zjednodušením oproti prostorovému modelu v MSC.ADAMS je definice pneumatik, které jsou zde modelovány pouze jako kontakt „tuhého“ tělesa (je možné nastavit součinitel restituce) a vozovky. Další zjednodušení je v modelech pružin a tlumičů. Ty jsou zde popsány pouze lineárními průběhy. Proto byla pracovní oblast naměřené charakteristiky linearizovaná a příslušná hodnota směrnice přímky byla použita ve WM2D jako tuhost, resp. tlumení pružic a tlumící jednotky.

Hmotnostní a ostatní dynamické vlastnosti vozidla s přívěsem byly převzaty z prostorového modelu.

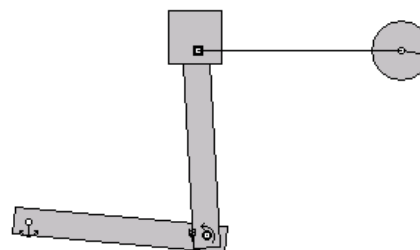


Obrázek 3. Rovinný model automobilu v prostředí WM2D

Další problém představovalo zjištění tuhosti a tlumení tažného zařízení (tyto hodnoty musí být dosazeny do příslušných vazeb ve WM2D). Za tímto účelem byly vytvořeny dva zjednodušené modely tažného zařízení podle následujících obrázků.



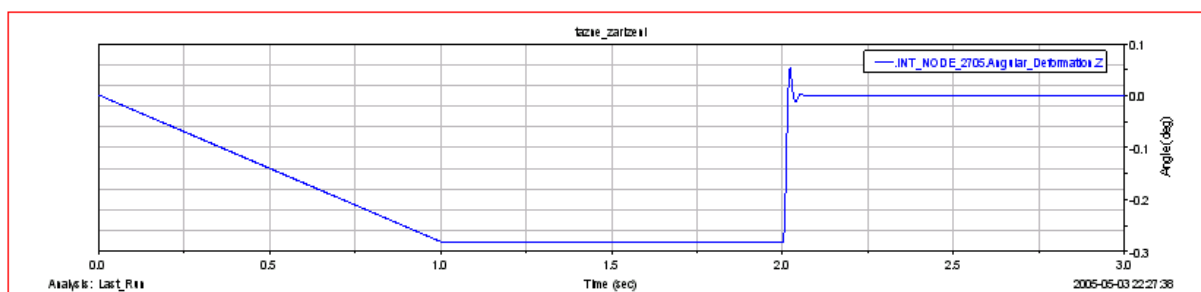
Obrázek 4. První model tažného zařízení



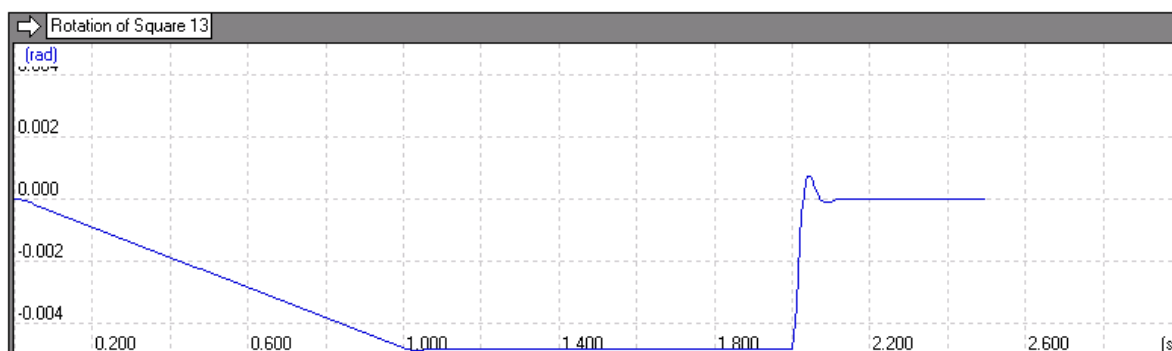
Obrázek 5. Druhý model tažného zařízení

Pro zjištění tuhosti tažného zařízení byl jeho prostorový model v prostředí MSC.ADAMS postupně zatěžován pomalu se měnící silou. Pro první model byly tuhosti v příslušných směrech zjištěny derivací přímkového průběhu závislosti síly na deformaci v daném směru. U druhého modelu byla měněna tuhost torzní pružiny tak, aby výsledné natočení koule háku (na obrázku 5 tuto kouli představuje čtverec) bylo stejné pro prostorový i rovinný model.

Tlumení tažného zařízení bylo zjištěno podobným postupem jen s tím rozdílem, že ke kouli háku byla připojena hmota (o hmotnosti přibližně rovné hmotnosti přívěsu), která mohla konat pouze vodorovný pohyb. Vychýlením této hmoty, prodlevě ve vychýlené pozici (do odeznění přechodového děje) a následným uvolněním došlo k volnému kmitání koule háku. Parametry v rovinném modelu byly nastaveny tak, aby se přibližně shodovala hodnota poměrného útlumu mezi oběma modely.



Obrázek 6. Poměrný útlum modelu tažného zařízení v prostředí MSC.ADAMS

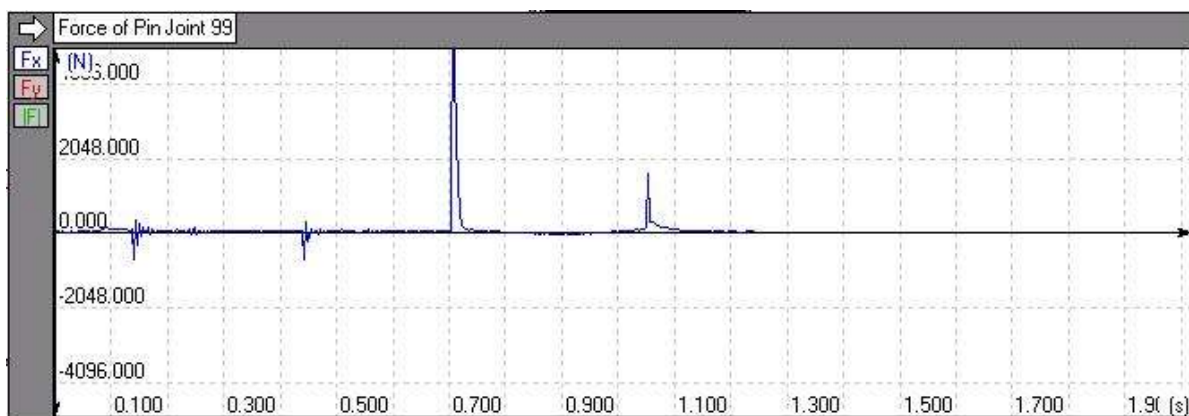


Obrázek 7. Poměrný útlum modelu tažného zařízení v prostředí WM2D

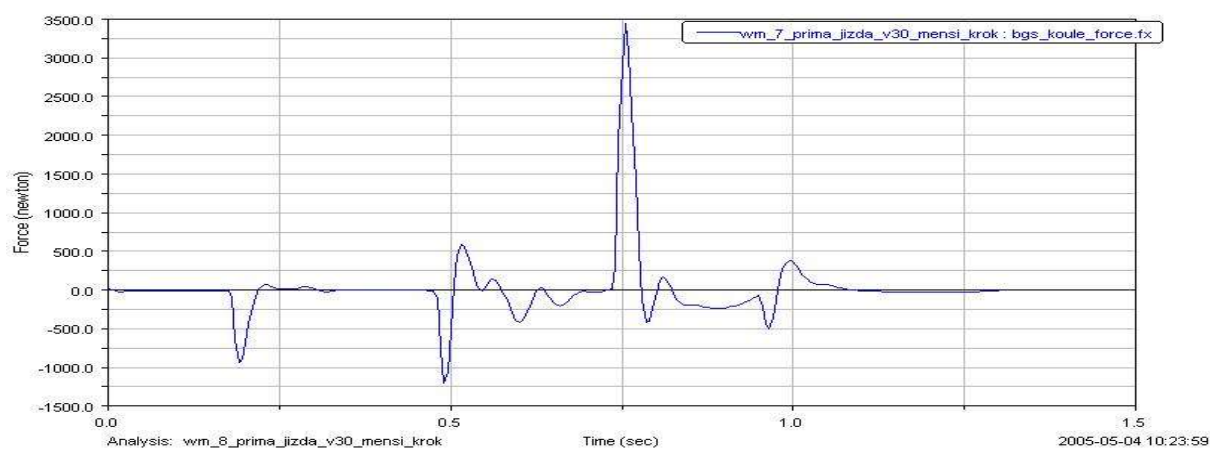
Oba takto navržené modely tažného zařízení (obrázek 4 a 5) byly zakomponovány do celkového modelu vozidla s přívěsem. V následných simulacích však bylo zjištěno, že první model svým chováním neodpovídá kladeným požadavkům. Je to zejm. proto, že ve spojení s přívěsem způsobuje ve všech zkoumaných průbězích stálou kmitavou složku. Další důvod, proč tento model nevyhovuje je ten, že koule háku koná při skutečné deformaci pohyb po „kružnici“. Z výše popsaných důvodů byl proto zvolen druhý model tažného zařízení, který zmiňované nedostatky zcela potlačil.

5. Porovnání výsledků

Simulace v prostředí WM2D byla pro srovnání provedena se stejnými parametry jako v programu MSC.ADAMS (shodná překážka, rychlost přejezdu, dynamické vlastnosti vozidla, ...). Výsledný průběh síly pro velmi tuhý příčný nosník je znázorněn na následujícím obrázku 8. Porovnáme-li tento graf s průběhem získaným v prostředí MSC.ADAMS (na obrázku 9), je zřejmé, že se charaktery těchto průběhů přibližně shodují. Rozdíl je patrný v amplitudě průběhu v čase přibližně 0.7 s, kdy dochází k nájezdu kol přívěsu na překážku. Tuto amplitudu však zcela jistě ovlivňuje zmiňovaný zjednodušený model pneumatiky. Základní, který je patrný v čase přibližně 1 s je způsoben tím, že přívěs po přejezdu překážky na chvíli ztratí kontakt s vozovkou a následně na ni opět dopadne.



Obrázek 8. Průběh síly přenášené z přívěsu do karoserie v prostředí WM2D



Obrázek 9. Síly přenášené z přívěsu do karoserie v prostředí MSC.ADAMS

6. Závěr

Výsledky získané ze softwaru MSC.ADAMS chceme v budoucnosti ověřit také pomocí naměřených dat. Měření na skutečném automobilu s přívěsem již proběhlo - viz příspěvek (Mevald, et. al, 2003) uveřejněný ve sborníku konference Inženýrská mechanika 2003. Dále se budeme zabývat odstraněním numerických problémů, které při simulacích nastávají (aby získané výsledky byly skutečně správné) a v konečné fázi optimalizací tuhosti tažného zařízení z hlediska minimalizace přenosu dynamických účinků z přívěsu do karoserie vozidla při přejezdu terénní nerovnosti.

7. Poděkování

Příspěvek byl podpořen výzkumným záměrem MSM 242100001 Optimalizace vlastností strojů a pracovních procesů.

8. Litaratura

Mevald, J., Barbora, J., Blekta, J., Krutský, T., 2003. Selected problems on car bogie systems simulations. *Konference Inženýrská mechanika 2003*

Vlk, F.: Dynamika motorových vozidel. VLK, Brno 2000