



INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2005

NÁRODNÍ KONFERENCE

s mezinárodní účastí

Svratka, Česká republika, 9. - 12. května 2005

DRAFT OF VIRTUAL ROADWAY GENERATION BY MEANS OF COMPUTER SIMULATIONS

M. Hejman *

Summary: *The article describes principles of creation and application of virtual roadway. Differences between fatigue damage due to big unevenness and homogeneous part of roadway are presented. The possible errors in each stage of simulations are discussed.*

1. Úvod

S rozvojem výpočetních a experimentálních metod vyvstávají nové otázky při hodnocení únavové životnosti vozidel. Jedním ze směrů je tvorba matematického popisu povrchu vozovky. Příkladem použití matematického popisu povrchu vozovky může být únavová zkouška vozidla nebo jeho prototypu na zkušebním standu ještě před provozními zkouškami. Vhodná je i jeho aplikace pro porovnání agresivity vozovek na zkušební trati a na trati kde bude vozidlo provozováno.

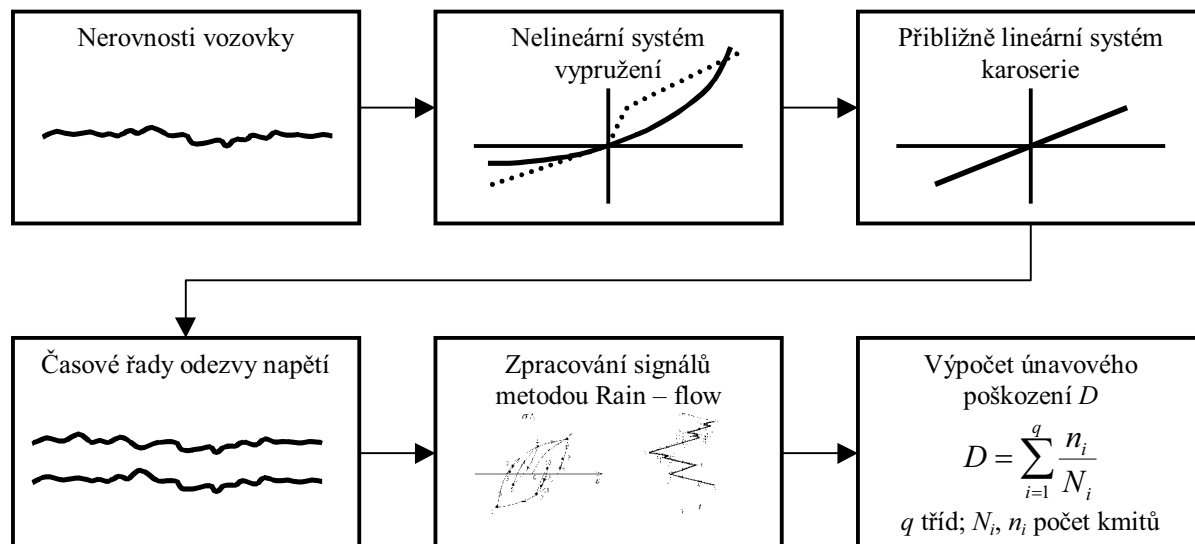
Současný postup odhadu změny agresivity je založen na měření časových průběhů zrychlení na kole vozidla na posuzovaných tratích. Předpokladem je, že sběr signálů zrychlení byl na obou tratích proveden na stejném nebo podobném vozidle. Porovnání se provede pro zvolenou fiktivní hodnotu napětí přiřazené velikosti zrychlení 1 G. Aplikujeme-li zvolený vztah na změřené časové průběhy zrychlení, lze vypočítat fiktivní průběhy namáhání pro posuzované okruhy. Fiktivní časové řady namáhání pak lze zpracovat metodou stékání deště do rainflow (RF) matic a dále provést jejich porovnání výpočtem fiktivního únavového poškození s využitím S-N křivky například Eurocode 3 nebo British Standard. Tento postup dává jistou představu o tom jak se změní namáhání vozidla na jiném okruhu oproti okruhu, kde bylo provedeno detailní měření, nicméně zcela zanedbává nelineární vlastnosti vozidla viz dále.

2. Základní předpoklady

Únavové poškození D_i konkrétního místa vozidla je způsobeno kinematickým buzením vozovky. Toto buzení je přenášeno přes silně nelineární členy vypružení do karoserie.

* Ing. Marek Hejman, Ph.D.: ŠKODA VÝZKUM s.r.o.; Tylova 57; 316 00 Plzeň; tel.: +420 378 132 702; fax: +420 378 133 217; e-mail: marek.hejman@skoda.cz

Jednotlivá místa karoserie mají odezvu závislou na charakteru buzení a vybuzeném vlastním tvaru kmitu konstrukce. Hodnocení únavového poškození konstrukce je provedeno standardně zpracováním vypočtené odezvy napětí do RF matice a jejím dosazení do S-N křivky viz schéma na obr. 1.



Obr. 1 Schéma nutných kroků od kinematického profilu vozovky k výpočtu únavového poškození D

Stejnorodé úseky vozovek lze klasifikovat do definovaných tříd jako hladká vozovka, hrubý asfalt, záplaty v rovině vozovky, záplaty vystupující nad vozovku, kostky apod.

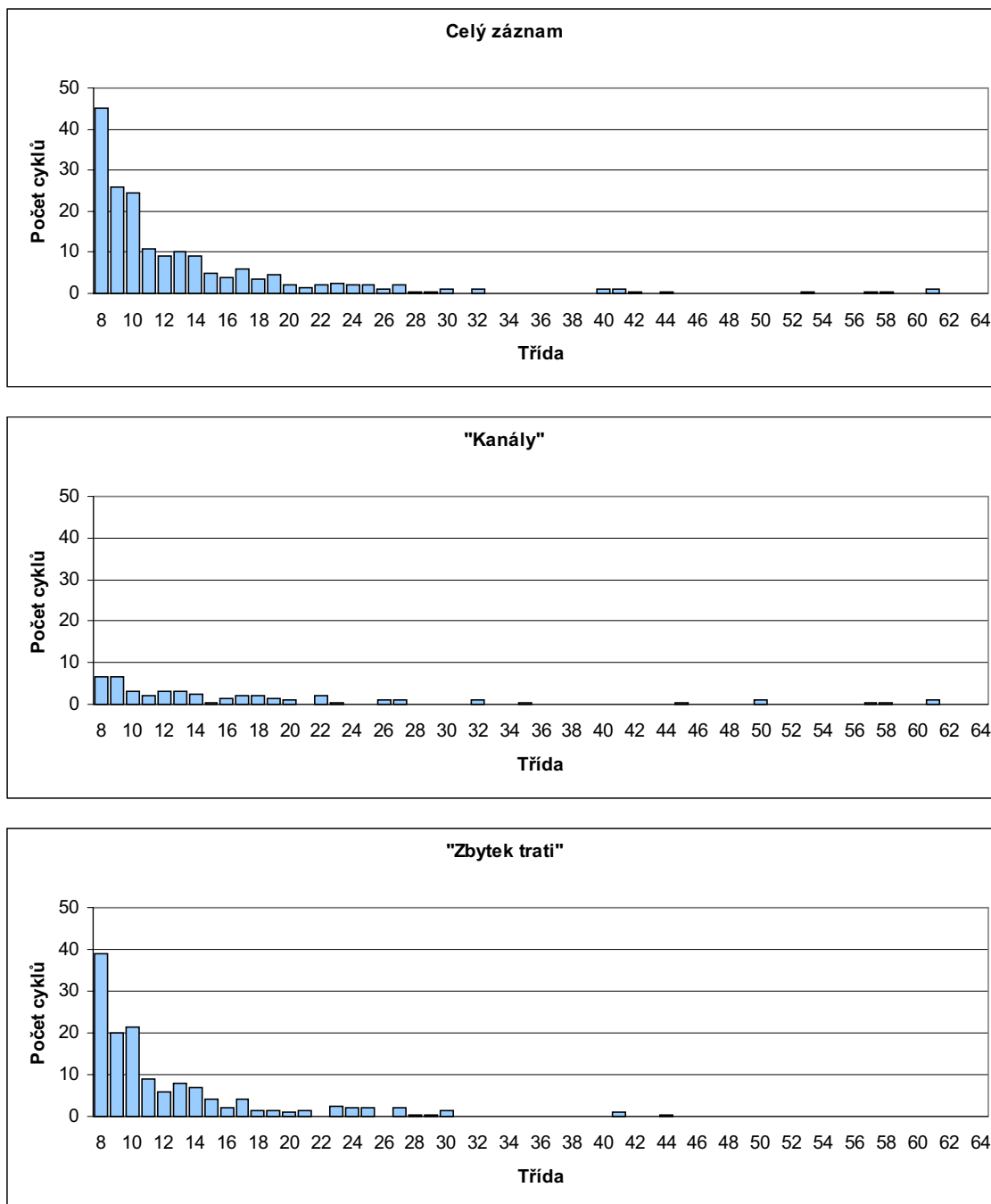
Tvar výrazných nerovností jako kanály, retardéry, výtluky apod. lze změřit. Pro naše účely byla vyvinuta optická metoda identifikace tvaru překážky.



Obr. 2 Příklad výrazné nerovnosti

Pro provedené měření na voze, lze nalézt úseky výrazných nerovností. Porovnáme-li jednoparametrickou RF matici (histogram četnosti) amplitud napětí pro zvolený úsek trati je vidět že záznam „výrazných nerovností vozovky“ má výrazně menší počet cyklů v jednotlivých třídách, než ve „zbytku trati“. Naproti tomu se zde objevují cykly i na hladinách s vyšším namáháním. Únavové poškození je pro přejezdy výrazných nerovností větší, než pro jízdu po

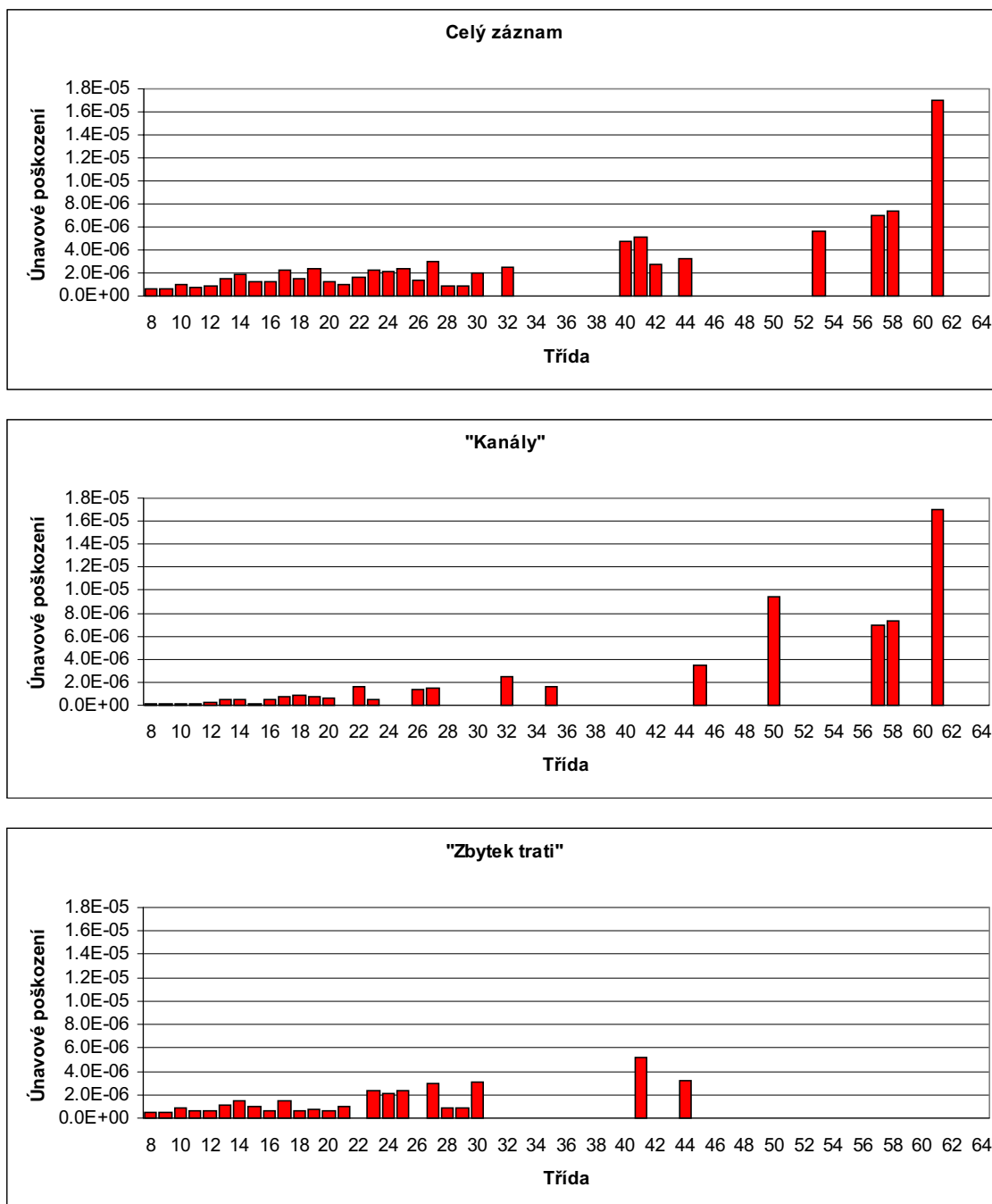
vozovkách, byť i nejhorší kvality. To je dokumentováno na obr. 3 a obr. 4. Pro daný měřený úsek jízdy městem byly na časovém záznamu napětí na vybraném tenzometru vybrány jako „Výrazné nerovnosti vozovky“ pouze přejezdy kanálů. Ostatní výrazné nerovnosti jako překopaná či prasklá vozovka, byly ve „zbytku trati“ ponechány.



Obr. 3 Počty cyklů pro jednotlivé třídy, pro měřený úsek trati

Pro jednotlivé třídy bylo vypočteno únavové poškození s využitím Palmgen-Minerova pravidla lineární kumulace únavového poškození a zvolené křivky normy Eurokódu 3.

Poškození na jednotlivých hladinách lze sečíst a získat tak celkové poškození daného záznamu. Únavové poškození na sledovaném tenzometru bylo pro přejezd výrazných nerovností „kanály“ 1.7 krát větší než pro jízdu na „zbytku trati“. Podrobnějším rozбором trati a výběrem i dalších významných nerovností nebo jízdních manévřů bychom získali rozdíl poškození ještě větší.



Obr. 4 Vypočtené únavové poškození pro jednotlivé třídy

Pozn. Třídy 1 až 7 byly ve výpočtu zanedbány protože se nacházeli pod prahovou hodnotou rozkmitu napětí. Dle normy Eurocode 3 se únavové poškození pro tyto hodnoty zanedbává.

3. Princip tvorby virtuálního povrchu

Závěr předchozí kapitoly dovoluje formulovat přístup porovnání agresivity různých tratí. Trať je možné kvalifikovat délkou klasifikovaných úseků vozovek. Vozovky lze klasifikovat dle zvolených pravidel. Pro jednotlivé typy vozovek mohou být na základě měření definovány charakteristické RF matice, například v kritickém místě konstrukce. Také lze výpočetně zrealizovat jízdu virtuálním terénem, skládajícím se z překážek různých parametrů. Jejich výběrem a četností pak lze docílit takové odezvy namáhání, že vypočtené RF matice budou podobné jako při experimentu.

Profily výrazných nerovností lze změřit nějakou přímou nebo nepřímou metodou měření. Zkušenosti s využitím skutečně proměřených tvarů výrazných nerovností se zatím získávají. Vypočtené odezvy sil, napětí a následně vypočtené únavové poškození budou porovnány se skutečným měřením. Tvar výrazných nerovností bude vyžadovat pravděpodobně korekce a to vzhledem k použitému typu modelu pneumatiky nebo počátečnímu stavu soustavy ve zvoleném úseku.

Máme-li takto zpracovaný povrch zkušební trati, lze získané zkušenosti využít pro virtuální posouzení vozidla na jiné, například provozní trati. Posuzovaný okruh musí být rozdělen dle zavedené klasifikace vozovek a dále proměřeny tvary výrazných nerovností. Zopakováním výpočetních simulací pro nové zadání, lze získat nový odhad únavového poškození. Tímto způsobem lze porovnat agresivitu zkušební a provozní okruhu.

4. Zdroje chyb a jejich eliminace

Jednotlivé oddíly v obrázku 2 vykazují chyby s různou mírou přínosu do konečného výpočtu únavového poškození D . První chybou je již samotné zjednodušení prostorového tvaru nerovností vozovky do jednoho bodu respektive křivky. Modely pneumatiky uvažující kontakt pneumatiky na styčné ploše pneumatiky s prostorovou nerovností vozovky neexistují. Takový profil vozovky nelze v současné době ani reálně zaznamenat, nehledě na to, že by bylo nutné identifikovat profil pro každé kolo zvlášť a po skutečné dráze pneumatiky. MBS modely mají nepřesnosti v charakteristikách vypružení, ve stanovení tuhostí různých silentbloků, velikosti útlumů atd. MKP modely zjednodušují skutečnost v některých případech natolik, že ztrácejí pro dané místo vypovídací schopnost. U komplikovaných konstrukcí nelze ani zajistit, aby obsahovali všechny části konstrukce.

Výpočetní modely MBS a MKP se ladí zvlášť dle požadavků na výstupní veličiny. MBS model je vhodné ladit na velikosti vychylek respektive na velikosti výstupních sil a dále výrazné frekvence karoserie a vypružení. MKP model je zapotřebí správně vytvořit z pohledu tuhosti a hmotnosti. Tlumení lze vyhodnotit z dostupných experimentálních údajů.

5. Závěr

Model vozovky připravený popsáním postupem je využitelný. Lze jej aplikovat pro výpočetní predikce na vozidlech hmotnostně a konstrukčně podobných nebo jej lze využít pro porovnání únavového poškození vozidla na zkušebních a provozních tratích.

6. Poděkování

Tato práce vznikla jako součást řešení projektu GAČR s názvem „Tvorba virtuálních povrchů a jejich uplatnění pro posuzování životnosti vozidel“, který je registrován pod číslem 101/03/1497. Autoři děkují za finanční podporu GA.

7. Literatura

Hajžman, M. – Polach, P. (2004) Hydraulic Shock absorbers Modelling in Trolejbus Multibody Simulations of Running over a Large Road Unevenness, in: *CD-ROM Proceedings of national Conference with International Participation Engineering Mechanics 2004, Book of Abstracts*, Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Svratka, pp. 103-104.

Polach, P. - Kepka, M. - Kotas, M. (1999) Počítačové simulace s virtuálním MBS modelem autobusu, in: *Proc. konference Spolehlivost a diagnostika v dopravě '99*, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice, str. 15-20.