

VĚDECKÉ SPISY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ

Edice PhD Thesis, sv. 366

ISSN 1213-4198

thesis IS

Ing. Aleš Vémola

**Problematika znalecké analýzy
jízdy a brzdění vozidla
v obecném prostorovém oblouku**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta strojního inženýrství

Ústav soudního inženýrství

Ing. Aleš Vémola

**PROBLEMATIKA ZNALECKÉ ANALÝZY JÍZDY A BRZDĚNÍ
VOZIDLA V OBECNÉM PROSTOROVÉM OBLOUKU**

ASPECTS OF EXPERT ANALYSIS OF DRIVING AND BRAKING
OF THE VEHICLE IN A GENERAL SPATIAL ARC

ZKRÁCENÁ VERZE PH.D. THESIS

Obor: Soudní inženýrství
Školitel: Prof. Ing. Milan Forejt, CSc.
Oponenti: Prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.
Ing. Pavel Pustina, Ph.D.
Ing. Petr Ptáček, Ph.D.

Datum obhajoby: 29. 11. 2005

KLÍČOVÁ SLOVA:

jízda v oblouku, boční zrychlení, adheze v podélném a příčném směru, mezní rychlost, naměřené hodnoty, analytické výpočty, simulace pohybu

KEY WORDS:

driving in arc, lateral acceleration, adhesion in longitudinal and lateral direction, critical velocity, measured values, analytical calculations, simulation of motion

MÍSTO ULOŽENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE:

Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 244/53, 602 00 Brno

OBSAH

1. ÚVOD	4
2. Současný stav řešené problematiky, formulování problému	5
2.1 Současný stav řešené problematiky	5
2.2 Formulování problému.....	7
3. Charakteristika zvolených metod řešení	8
3.1 Výpočet podle vzorců, odvození mezních rychlostí vozidla	8
3.2 Experimentální měření jízdy vozidla v oblouku	10
3.3 Simulační program.....	12
4. Vyhodnocení získaných poznatků	13
4.1 Vyhodnocení měření na mezi adheze	14
5. Závěry disertační práce, přínos	17
LITERATURA.....	20
CURRICULUM VITAE	21
ABSTRACT.....	23
PŘÍLOHY	24

1. ÚVOD

Obecná teorie pohybu vozidla při jízdě a brzdění pro rekonstrukci a technický rozbor silničních nehod je popsána v mnoha odborných publikacích. Již ne tak často, spíše ojediněle, je v literatuře popsána problematika jízdy a brzdění vozidla v obecném prostorovém oblouku.

Asi od poloviny devadesátých let se v České republice při rekonstrukci silničních nehod začínají stále více uplatňovat počítačové programy, které využívají nejrůznější dynamické modely, mimo jiné i pro dopřednou simulaci pohybu vozidel. Výpočetní programy umožňují při analýze, rekonstrukci a simulaci nehod využití daleko širší oblasti fyzikálních a dynamických vlastností vozidel a jejich jízdní dynamiky, než to umožňují „klasické“ analytické výpočty. S podporou výpočetního programu lze přesněji a rychleji popsat pohyb vozidel v nehodovém ději.

Motorová vozidla, moderní automobily vyráběné v současnosti, zejména jejich podvozkové skupiny jsou konstrukčně natolik dokonalé a jsou stále častěji vybaveny elektronickými systémy, že „klasickým“ analytickým výpočtem pohybu vozidla v zatáčce bude možno stanovit mezní rychlost vozidla danou fyzikálními podmínkami, avšak stanovení vlivu elektronického řídicího systému je dnes pro soudní inženýrství neprozkoumanou problematikou. Například chování automobilu vybaveného systémem ESP - Electronic Stability Programme, při nestandardním zásahu do řízení není pro znaleckou veřejnost zcela zřejmé. Tento systém ESP pomáhá nezkušenému začátečníkovi i ostřílenému profesionálovi stabilizovat začínající smyk. ESP dokáže podle natáčení volantů a rychlosti jízdy vypočítat optimální podmínky, za nichž by mělo vozidlo projet zatáčku. Podle statistik by šlo každé desáté nehodě zabránit, pokud by byly všechny automobily vybaveny systémem ESP; více [12].

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY, FORMULOVÁNÍ PROBLÉMU

2.1 Současný stav řešené problematiky

V literatuře [1] z roku 1981, zpracované v Evropě nejuznávanějšími autoritami v oblasti výzkumu a analýzy silničních nehod, je pojednáno o předmětné problematice v rámci kapitol o účincích bočního větru a převrácení vozidel jen velmi okrajově. Mezní rychlost, jako důležitá hodnota pro ověření příčin ztráty stability – vyvolání smyku, který doprovází velký počet nehod při průjezdu zatáčkou právě vlivem překročení mezní rychlosti jízdy, zde není zmiňována.

Vliv jednotlivých veličin při jízdě obloukem, setrvačné síly, dostředivého zrychlení, sklonu svahu a dalších veličin je mj. popsán v [2], v kapitole Křivočarý pohyb bodu. Odvozené vztahy nemají obecný tvar, neboť jsou odvozeny pro řešení konkrétních příkladů, avšak ukázka jejich odvození může být dobrým výchozím teoretickým základem pro další podrobné odvození obecných vztahů v dané problematice.

Poprvé byly vztahy pro výpočet mezní rychlosti, kterou lze plynule (bez brzdění a akcelerace) projíždět obloukem, uvedeny v [3]. Vztahy jsou uvedeny bez výchozího obrázku nebo schématu sil působících na vozidlo jedoucí po vrcholovém prostorovém oblouku, jejich složek a odvození vzorců pro mezní rychlosti vozidla, pro různé kombinace vlivu úhlu podélného sklonu vozovky α , příčného sklonu vozovky β a vertikálního oblouku r při jízdě obloukem o poloměru horizontálního oblouku R . Dále je zde uvedeno, že obvykle využívaný součinitel adheze při bezpečné jízdě obloukem lze informativně odečíst z uvedeného obrázku v citované literatuře, ve kterém jsou zahrnuty i vlivy psychologické. Hodnoty součinitele adheze, využívané za dobrých podmínek, dosahují při rychlosti jízdy 50 až 60 km/h velikosti 0,4; za špatných podmínek 0,3. Na tuto literaturu (BRADÁČ, A.: *Analytika silničních nehod II*, Dům techniky ČSVTS Ostrava 1985) se mimo jiné odvolává i

program [7] Ústavu soudního inženýrství Žilinské univerzity v Žilině, který uvedené vzorce používá ve vyčerpávajícím souboru výpočtových možností pro běžnou znaleckou činnost.

V další rozšířené publikaci [6] se autor zabývá jízdou vozidla v oblouku pouze v kapitole 5.2.1 „Šmyk a prevrátenie vozidla“ a to pouze v nejjednodušším případě jízdy vozidla v rovinném oblouku, bez sklonů a bez vrcholového oblouku při odvození podmínek převrácení vozidla. Mezní rychlosti při průjezdu zatáčkou z pohledu ztráty stability se autor nezabývá.

Autoři [8] se v kapitole 2.3.3 „Jazda vozidla v oblúku“ zabývají mezní rychlostí na hranici smyku, avšak pouze v rovinné zatáčce s poloměrem R a s příčným sklonem dráhy β , bez vlivu podélného sklonu dráhy α a vertikálního oblouku r . Dále je v této publikaci bez uvedení zdroje konstatováno, že měření na osobních automobilech ukázala, že v zatáčkách s poloměrem větším než 30 m hodnota maximálně dosažitelného bočního součinitele smykového tření pneumatik (součinitele adheze, *poznámka autora*) nezávisí na rychlosti vozidla a poloměru zatáčky. S různými automobily, které nejsou specifikovány, bylo dosaženo hodnot maximálního bočního součinitele smykového tření (adheze) na hranici smyku (závodní automobily 1,25, sportovní automobily 0,90, osobní automobily 0,75).

V současné době je problematika znalecké analýzy jízdy a brzdění vozidla v obecném prostorovém oblouku nejvíce popsána v [5], v kapitole 23.6 Zásady výpočtu pohybu vozidla v nehodovém ději. Mimo jiné je zde uvedeno, že mezní rychlost je taková, kdy vozidlo jede po vodorovném (horizontálním) oblouku, případně včetně svislého (vertikálního) oblouku konstantní rychlostí, při maximálním využití dostředivého zrychlení. Z různých podmínek a rovnováhy sil rovnoběžných s vozovkou, znázorněných v přehledném obrázku, jsou v tabulce, bez odvození, uvedeny vztahy pro výpočet mezních rychlostí pro různé podmínky.

2.2 Formulování problému

V úvodu PhD Thesis je uvedeno, že se při rekonstrukci silničních nehod stále více využívají počítačové programy, které pracují mimo jiné s nejrůznějšími matematickými modely pro dopřednou dynamickou simulaci pohybu vozidel. Tyto programy umožňují rekonstrukci a simulaci pohybu vozidel při technickém objasňování nehod, při využití daleko širší oblasti fyzikálních a dynamických vlastností vozidel, jejich jízdní dynamiky, než to umožňují „klasické“ analytické výpočty. S podporou výpočetního programu lze přesněji a rychleji popsat pohyb vozidel v nehodovém ději. Jako příklad, při využití kinetického modelu, je možno uvést klopení a klonění karoserie vozidla a změnu radiálního zatížení kol náprav při brzdění nebo průjezdu zatáčkou, vliv tuhosti pérování a tlumení náprav nebo modelu pneumatik na směrovou stabilitu vozidla atd.

Z výše uvedeného bylo možno formulovat základní problém tématu disertace:

- *Zjistit, do jaké míry se shodují analytické výpočty pro znaleckou analýzu pohybu vozidla v obecném prostorovém oblouku se skutečnými naměřenými hodnotami při průjezdu vozidla zatáčkou a s možnostmi konkrétního simulačního programu.*
- *Z těchto zjištění potom formulovat základní kritéria pro získávání vstupních parametrů a využívání výpočtových modelů při analýze a rekonstrukci pohybu vozidla v nehodovém ději při zpracovávání znaleckých posudků o technických příčinách silničních nehod.*

Ve znalecké praxi obvykle hledáme mimo jiné příčinu ztráty stability vozidla v nehodovém ději, která předcházela například vyjetí vozidla mimo vozovku. To znamená, že podle [4] je dán následek a hledáme jeho příčinu, možné překročení mezní rychlosti při pohybu vozidla v oblouku, což je tedy problém nepřímý.

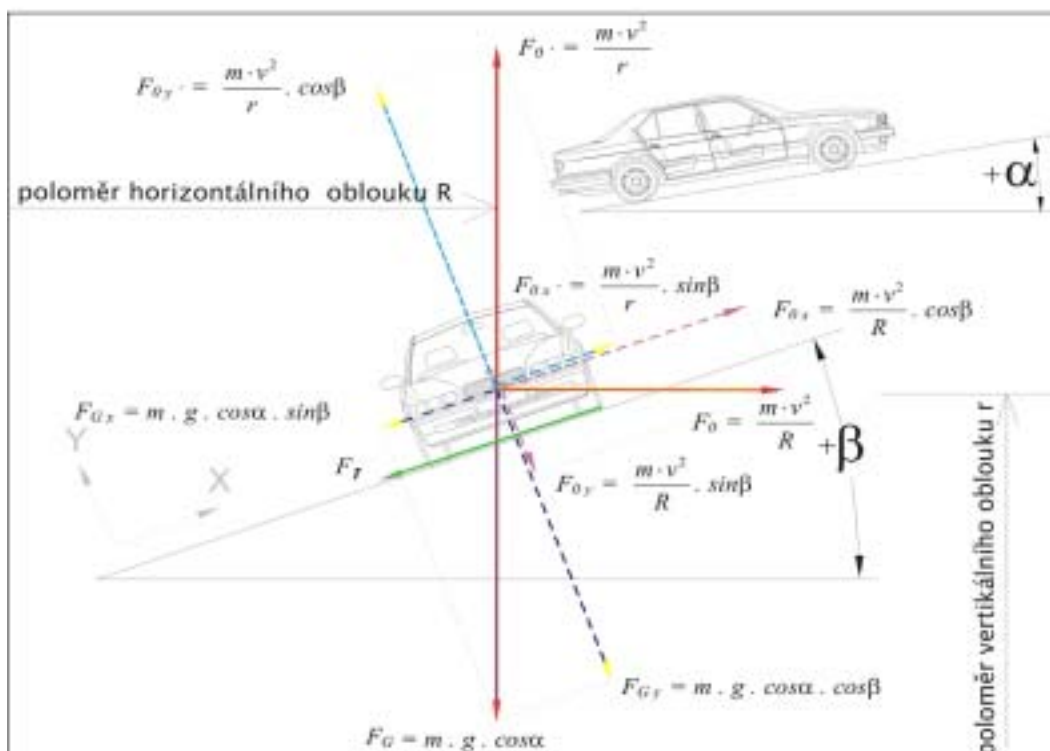
3. CHARAKTERISTIKA ZVOLENÝCH METOD ŘEŠENÍ

Pro řešení problematiky tématu disertace bylo provedeno porovnání výsledků dosažených klasickým výpočtem mezní rychlosti podle odvozených analytických vztahů s výsledky z provedených jízdních zkoušek na zkušební dráze a výsledků provedených rekonstrukcí a simulací s podporou výpočtového programu PC-Crash.

3.1 Výpočet podle vzorců, odvození mezních rychlostí vozidla

Analytické vztahy pro výpočet mezní rychlosti byly publikovány bez odvození v [3] a [5], viz kapitola 2.1 Současný stav řešené problematiky.

Síly působící na vozidlo jedoucí po vrcholovém prostorovém oblouku a jejich složky jsou znázorněny na **obr. 1**.



Obr. 1: Síly působící na vozidlo jedoucí po vrcholovém prostorovém oblouku, jejich složky

Kde na **obr. 1** a dále v textu jednotlivé symboly značí:

- v - rychlost jízdy vozidla [$m \cdot s^{-1}$, $km \cdot h^{-1}$]
- α - podélný sklon dráhy, $\alpha > 0$ proti svahu [$^\circ$]

β - příčný sklon dráhy, $\beta > 0$ dostředivý [$^\circ$]

R - poloměr horizontálního oblouku [m]

r - poloměr vertikálního oblouku, $r > 0$ [m]

m - hmotnost vozidla [kg]

g - tíhové zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]

μ_y - součinitel adheze v příčném směru (v další - jiné literatuře rovněž d) [1]

F_O - odstředivá síla, respektive její složky v osách x, y [N]

F_G - tíhová síla, respektive její složky [N]

F_T - třecí síla v rovině dráhy [N]

F_N - výslednice normálních sil [N]

Potom můžeme odvodit obecný vztah pro mezní rychlost vozidla (v obecném prostorovém oblouku), pokud jsou vstupní parametry: $\alpha \neq 0$, $\beta \neq 0$, $R \neq 0$, $r \neq 0$.

Síly působící na vozidlo:

Na vozidlo působí v tomto případě následující výslednice sil, viz **obr. 1**:

$$F_{O'} = \frac{m \cdot v^2}{r}, \quad F_{Ox'} = \frac{m \cdot v^2}{r} \cdot \sin\beta, \quad F_{Oy'} = \frac{m \cdot v^2}{r} \cdot \cos\beta, \quad F_O = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad F_{Ox} = \frac{m \cdot v^2}{R} \cdot \cos\beta$$

$$F_{Oy} = \frac{m \cdot v^2}{R} \cdot \sin\beta, \quad F_T = F_N \cdot \mu_y, \quad F_G = m \cdot g \cdot \cos\alpha, \quad F_{Gx} = m \cdot g \cdot \sin\beta \cdot \cos\alpha$$

$$F_{Gy} = m \cdot g \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta, \quad \text{potom:}$$

$$F_T = F_N \cdot \mu_y = (F_{Gy} + F_{Oy} - F_{Oy'}) \cdot \mu_y = (m \cdot g \cdot \cos\beta \cdot \cos\alpha + \frac{m \cdot v^2}{R} \cdot \sin\beta - \frac{m \cdot v^2}{r} \cdot \cos\beta) \mu_y$$

Odvození vztahu pro mezní rychlost v_m :

Mezní rychlost vozidla odvodíme z podmínky rovnováhy sil v příčném směru,

$$\text{tj. } F_T + F_{Gx} = F_{Ox} + F_{Ox'}$$

Po dosazení a úpravách:

$$v = v_m = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot r \cdot \cos\alpha \cdot (\mu_y + \text{tg}\beta)}{r \cdot (1 - \mu_y \cdot \text{tg}\beta) + R \cdot (\mu_y + \text{tg}\beta)}}$$

Použití v praxi:

Pro praktický výpočet mezní rychlosti vozidla v zatáčce s vrcholovým obloukem, podélným a příčným sklonem (obecný prostorový oblouk) je možno mj. využít programu Mathcad nebo tabulkového procesoru MS Excel (**příloha č. 1**).

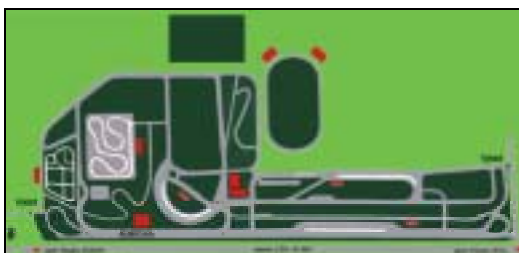
3.2 Experimentální měření jízdy vozidla v oblouku

Při řešení problematiky disertace byla provedena řada experimentálních měření a naměřená data byla podrobně analyzována s výsledky z analytických výpočtových vztahů a provedených simulací jízdy vozidla pomocí počítačového programu.

Cílem prováděných experimentů bylo mimo shromáždění naměřených dat i vytvoření takové metodiky, aby opakovaná a další prováděná měření byla co nejvíce porovnatelná. Shodně jako při znaleckém zkoumání byly rozhodující z jednotlivých obecných prvků systému „člověk – stroj – prostředí“ zejména dva a to „stroj“ a „prostředí“. Vliv „člověka“ – řidiče byl rovněž sledován, avšak jeho vliv byl co nejvíce eliminován požadovaným standardním způsobem jízdy.

Pro „stroj“ – vozidlo musí být vždy uvedeny technické parametry vyčerpávajícím způsobem s důrazem na pneumatiky. Pro tento účel byly již dříve na ÚSI navrženy protokoly, které lze pro jednotlivá měření podle potřeby obměňovat. Pro vozidlo je formulář univerzální a pro provedená měření má pro konkrétní vozidlo podobu vyplněné tabulky, ve kterých jsou mj. i odkazy na konkrétní technické údaje vozidel.

Třetím obecným prvkem zkoumaného systému – „prostředím“ byla pro předmětnou problematiku zkušební dráha. Všechna měření byla provedena na zkušební dráze, mimo běžný provoz, na autocvičišti Autodromu ve Vysokém Mýtě, **obr. 2**. Kruhová výseč dráhy je z části pokryta nátěrem, který je kropený vodou a má podstatně sníženou adhezi. Široký asfaltový pruh na vnější straně kruhové výseče přitom zaručuje dostatečnou bezpečnost při případné ztrátě stability zkušebního vozidla, viz fotografie na **obr. 3**.



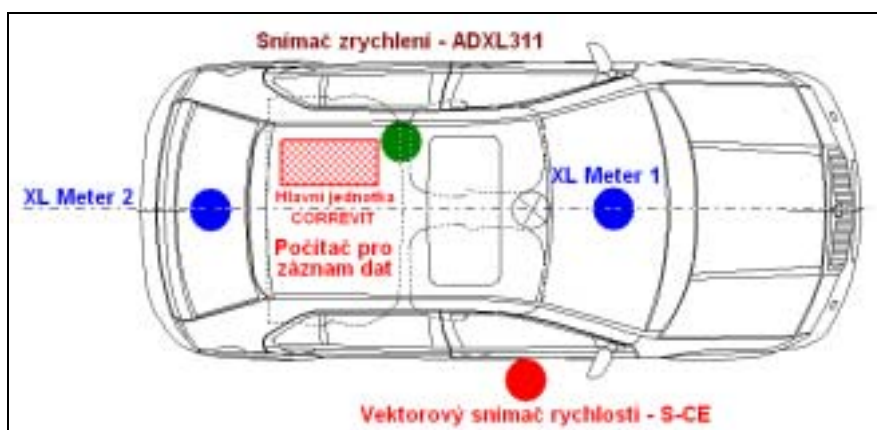
Obr. 2: Schéma zkušební dráhy



Obr. 3: Foto zkušební dráhy ve Vysokém Mýtě

Geometrický tvar, včetně spádových poměrů zkušební dráhy, byl zaměřen elektronickou totální stanicí Topcon GTS 212. Totální stanice použitá pro zaměření zkušební dráhy je kombinací elektronického teodolitu a laserového dálkoměru. Při zaměření bodu, zaměří jeho sférické souřadnice, vzdálenost, vodorovný a svislý úhel. Pro rekonstrukci a simulaci pohybu vozidla v programu PC-Crash bylo použito polygonů sklonů ve formátu DXF, vytvořených z dat naměřených totální stanicí. Podélný a příčný sklon lze rovněž z naměřených hodnot vypočítat, nebo odečíst přímo z údajů polohy vozidla postaveného na zkušební dráze.

Jednotlivé jízdy byly zaznamenávány na videozáznam. Z těchto videozáznamů může být hodnocen způsob jízdy, zda bylo dosaženo ztráty stability při překročení mezní rychlosti atd. Ve vozidle byly umístěny dva přístroje XL Meter maďarské firmy Inventure, Inc., které měřily zrychlení ve dvou osách. Na zadním sedadle bylo při měření ve dnech 20. a 21.04.2004 umístěno měřicí zařízení MBOX, při měření dne 15.10.2004 bylo na zadním sedadle vozidla umístěno měřicí zařízení Correvit firmy CORRSYS – DATRON. Na karoserii vozidla v oblasti pravých předních dveří byl upevněn vektorový snímač S-CE firmy Correvit pro měření rychlosti, na podlaze za sedadlem řidiče byl umístěn dvouosý snímač zrychlení ADXL311 firmy ANALOG DEVICES, dále jen Correvit. Měřicí zařízení bylo ovládáno prostřednictvím programu připojeného notebooku druhým spolujezdcem, sedícím na pravém zadním sedadle. Umístění snímačů XL Meterů, Correvit a ADXL311 na a ve vozidle Fabia je zřejmé ze schématu na **obr. 4**.



Obr. 4: Schéma umístění snímačů

3.3 Simulační program

Jako třetí metoda, která byla zvolena pro podporu řešení předemtné problematiky, je program pro simulaci dopravních nehod PC-Crash firmy Dr. Steffan Datentechnik, Linz, Rakousko.

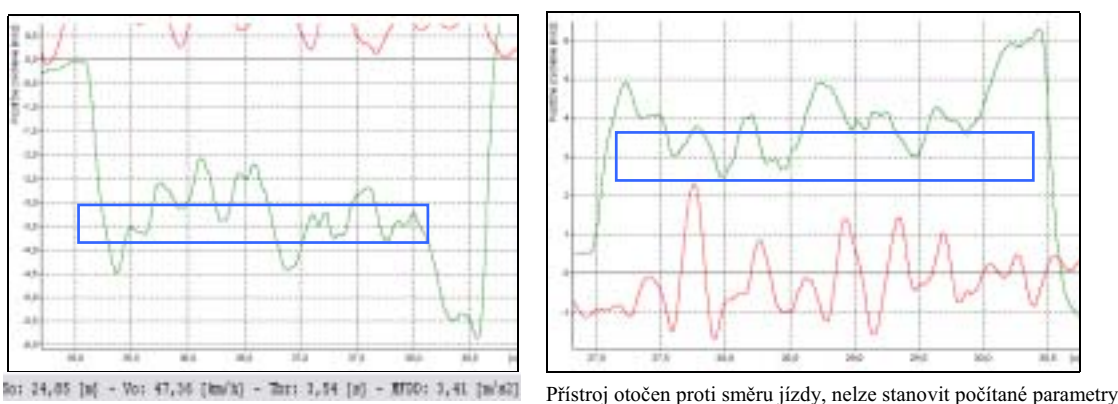
Pro řešení problematiky jízdy vozidla s podporou programu PC-Crash je výhodou, že umožňuje simulaci, výpočet na konkrétním geometrickém tvaru dráhy (v praxi na přesném konkrétním geometrickém tvaru vozovky) s možností volby součinitele adheze povrchu, dále mj. s možností volby tuhosti odpružení podvozku vozidla, charakteristiky pneumatik tak, že zvolený model pneumatiky se přiblíží v simulaci k experimentu, což výpočty podle analytických matematických vztahů v [5] nemohou zohledňovat. V programu je možno zadat základní parametry pneumatik, např. rozměr, průměr, dvojmontáž atd., pro každou nápravu zvlášť s tím, že je dále možno volit mezi dvěma modely pneumatik. Standardně je nastaven lineární model, umožňující nastavení maximální směrové úchytky pro každé kolo zvlášť. Druhý model pneumatiky, publikován pod názvem TM-Easy, lze volit v programu pod záložkou STM – model, umožňuje volit nelineární vlastnosti – charakteristiky pneumatiky.

Ze stručného popisu části simulačního programu PC-Crash a jeho možností využití při řešení předemtné problematiky jízdy vozidla v obecném oblouku, vyplývají zejména možnosti:

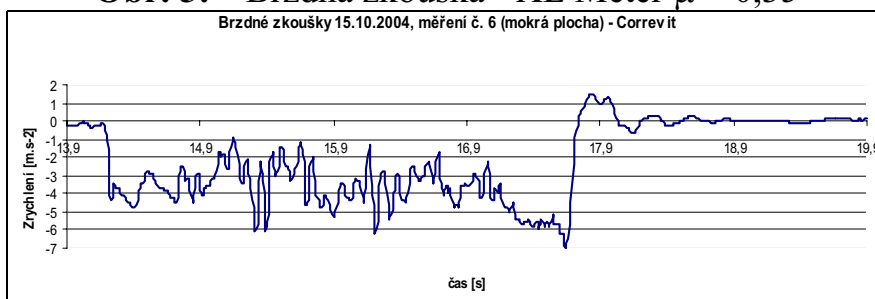
- zobrazit zkušební dráhy nebo vozovky, na kterých byla měření uskutečněna, z naměřených údajů elektronickou totální stanicí,
- velmi jednoduchého odečítání parametrů dráhy nebo vozovky, podélný a příčný sklon, poloměr, respektive poloměry dráhy a podobně,
- vlastní simulace jízdy vozidla a rekonstrukce jeho pohybu, které mohou být využity k rozborům řešené problematiky.

4. VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

Před vlastním měřením, respektive na závěr série provedených měření jízdy v oblouku byly provedeny brzděné zkoušky s cílem zjistit dosažitelné zpomalení vozidla na daném povrchu zkušební dráhy a stanovit její adhezní vlastnosti. Na **obr. 5** je příklad záznamu zpomalení z brzděné zkoušky, zaznamenaný XL Meterem umístěným vpředu a vzadu. Ze zaznamenaného průběhu zpomalení je možno vymezit modrým polem dosažitelné zpomalení, jehož střední hodnota odpovídá adhezi $\mu = 0,35$. Na **obr. 6** je záznam zpomalení ze stejné brzděné zkoušky, zaznamenaný Correvitem pomocí čidla umístěného ve vozidle.



Obr. 5: Brzděná zkouška - XL Meter $\mu = 0,35$



Obr. 6: Brzděná zkouška – Correvit $\mu = 0,35$

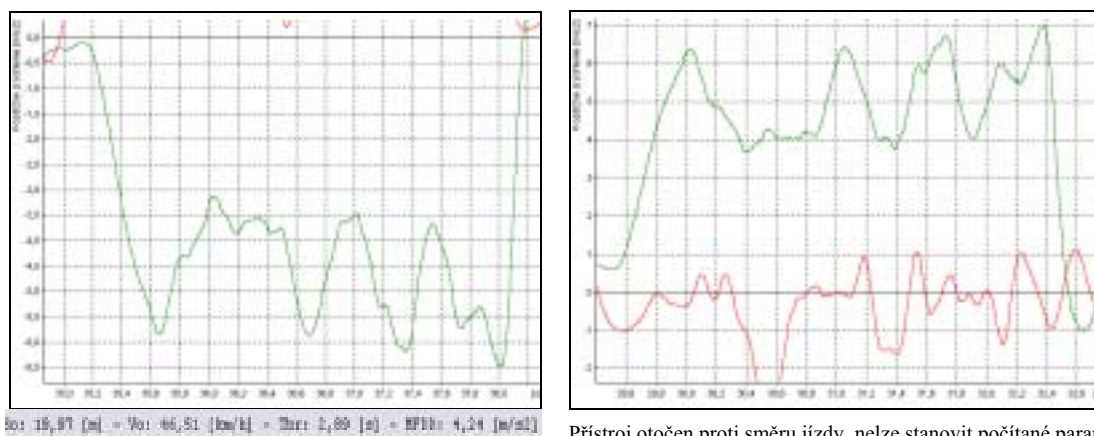
Pokud odečteme z jednotlivých měření dosažitelné zpomalení, ze kterého je možno dále usuzovat na součinitel adheze, můžeme vypočítat mezní rychlost v oblouku v prostředí programu Mathcad i tabulkového procesoru MS Excel pro dříve stanovené poloměry oblouku a součinitele adheze, viz například **příloha č. 1**.

Kompletní souhrn a vyhodnocení provedených měření bočního zrychlení je potom uveden v tabulce - **příloze č. 2**.

4.1 Vyhodnocení měření na mezi adheze

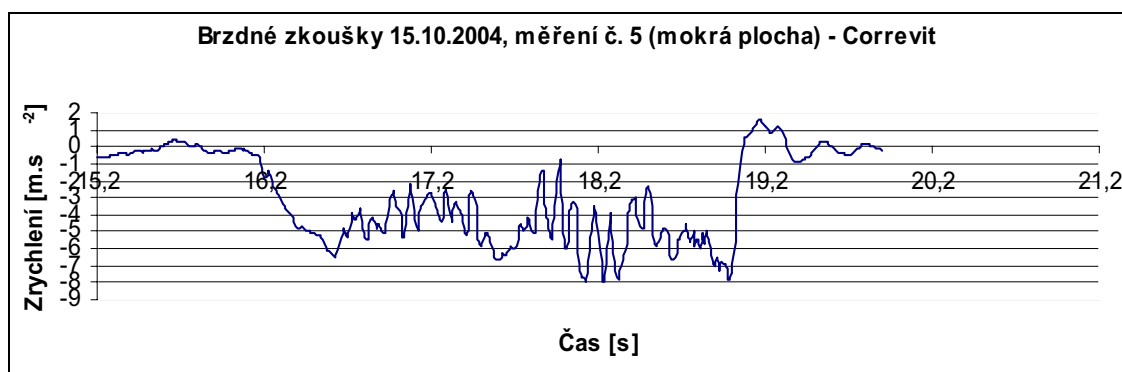
Jako příklad vyhodnocení měření je vybráno měření na mezi adheze ze dne 15.10.2004, jízdy č. 17, **přílohy č. 3**

Pro měření bylo použito vozidlo Škoda Fabia 1,9/96 kW TDI PD RS, viz **příloha č. 4**, s pneumatikami Michelin XSE, 205/45 R 16 83 W, Pilot PRIMACY, navíc zatíženo zařízením Correvit a dalším spolujezdcem, poloměr trajektorie těžiště vozidla na zkušební dráze při této jízdě byl $R = 47$ m.



Přístroj otočen proti směru jízdy, nelze stanovit počítané parametry

Obr. 7: Brzdná zkouška 15.10.2004, měření č. 5, mokrá plocha, XL Meter, ABS



Obr. 8: Brzdná zkouška 15.10.2004, měření č. 5, mokrá plocha, Correvit, ABS

Dosažitelné brzdné zpomalení na dráze za daných adhezních podmínek (mokrá plocha) před měřením bylo asi 4 m.s^{-2} , z toho byla stanovena hodnota adheze na $\mu = 0,40$, hodnoty měření z XL Meterů jsou na **obr. 7**, z Correvitu **obr. 8**.

Z těchto základních vstupních parametrů a dalších hodnot charakterizujících zkušební dráhu (podélný a příčný sklon) byla spočítána mezní rychlost pro průjezd

takto popsaným obloukem v prostředí tabulkového procesoru MS Excel i programu Mathcad - $v_m = 49,3 \text{ km.h}^{-1}$, viz **obr. 9**.

Vztah pro výpočet mezní rychlosti vozidla v tomto typu oblouku :

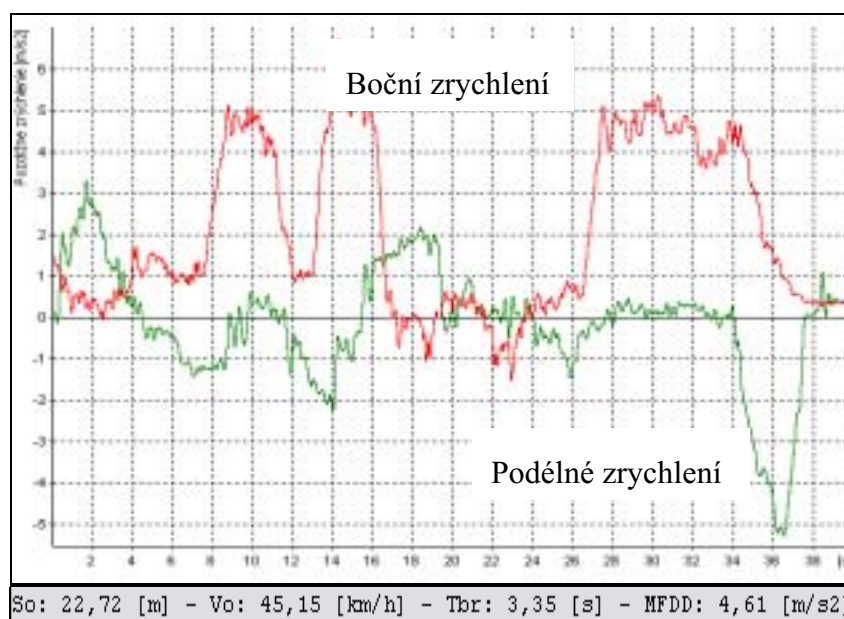
$$v := \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot r \cdot \cos(\alpha) \cdot (\mu_y + \tan(\beta))}{r \cdot (1 - \mu_y \cdot \tan(\beta)) + R \cdot (\mu_y + \tan(\beta))}}$$

Výsledky :

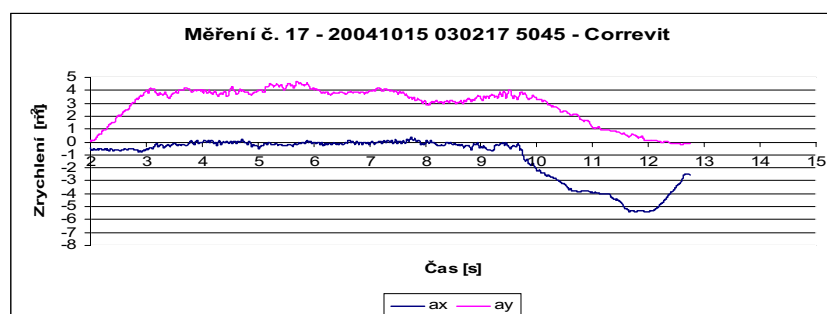
mezní rychlost vozidla v oblouku [m.s ⁻¹] :	$v = 13.696$
mezní rychlost vozidla v oblouku [km.h ⁻¹] :	$v_m = 49.306$

Obr. 9: Výpočet mezní rychlosti pro průjezd obloukem $R = 47 \text{ m}$, $\mu_y = 0,4$

Celý záznam měření č. 17 (při rychlostech 45 až 47 km.h⁻¹) nepřesahují hodnoty 4,5 m.s⁻², z XL Meteru umístěného na předním skle - 20041015 030217 5045 je pro názornost zaznamenaných hodnot a jejich odečítání uveden na následujícím **obr. 10**, **11**.



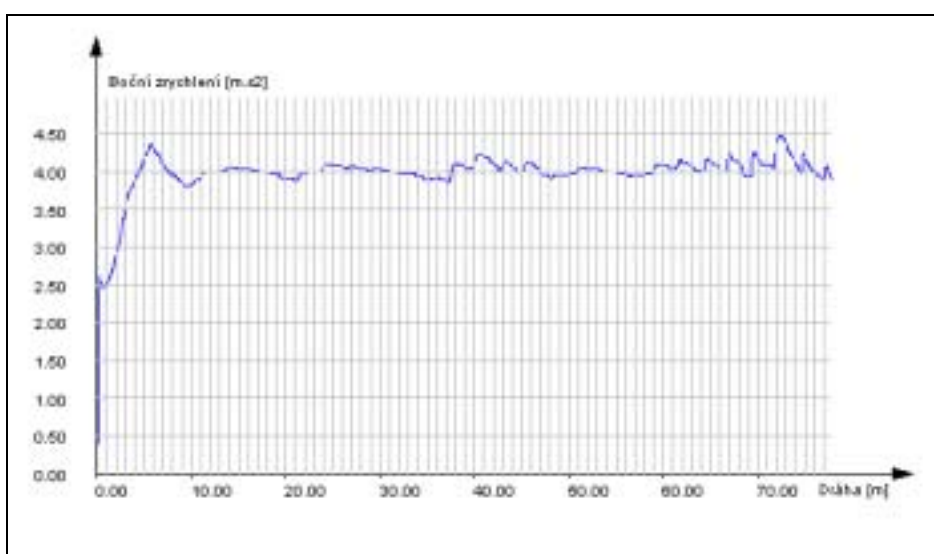
Obr. 10: Měření XL Meterem, kompletní záznam



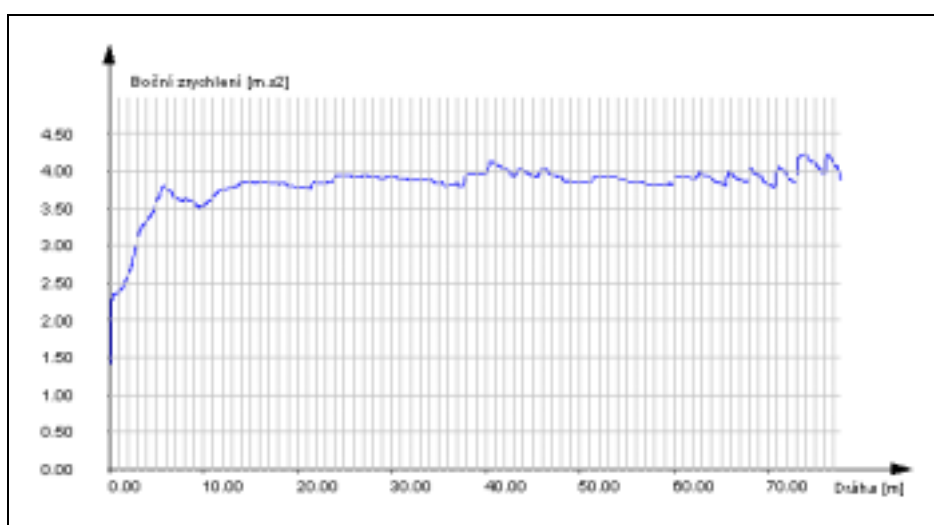
Obr. 11: Měření bočního zrychlení Correvit

Dále byla tato jízdní zkouška simulována s podporou programu PC-Crash s výsledkem, který je zřejmý z **přílohy č. 5 a 6** pro různé modely pneumatik. Ze simulace vyplývá, že tak jako při reálné jízdě by byla tato jízda na mezi adheze, pokud by rychlost při simulaci byla volena jako vypočtená mezní rychlost $49,3 \text{ km.h}^{-1}$.

Průběh bočního zrychlení naměřený při jízdě XL Metery a Correvitem, **obr. 10 a 11** je rovněž v dobré shodě s průběhem bočního zrychlení z provedené simulace pro oba modely pneumatik 4 m.s^{-2} , viz **obr. 12 a 13**.



Obr. 12: Boční zrychlení ze simulace v PC-Crash, lineární model pneu



Obr. 13: Boční zrychlení ze simulace v PC-Crash, STM – model pneu

5. ZÁVĚRY DISERTAČNÍ PRÁCE, PŘÍNOS

Z výsledků získaných vyhodnocením provedených přímých experimentů - měření bočního zrychlení, porovnáním naměřených hodnot s výsledky analytických výpočtů mezních rychlostí a výsledků ze simulací jednotlivých jízd vozidla v obecném prostorovém oblouku v programu PC-Crash lze dovodit, že při dodržení zásad technicky přijatelného rozmezí vstupních hodnot v posuzovaném jízdním manévru, zejména součinitele využitelné adheze (dosažitelného bočního zpomalení), např. při zjištěné adhezi 0,35 – technicky přijatelné rozmezí 0,3 až 0,4 apod., dosahují výsledky výpočtů, jednotlivých měření a výsledků simulace v programu PC-Crash velmi dobré shody. Z grafů sestavených ze souhrnu a vyhodnocení provedených měření v **příloze č. 7**, je zřejmé, že pokud součinitel adheze nepřekročil hodnotu 0,45 a rychlost jízdy asi 50 km/h, byly hodnoty naměřeného bočního zrychlení úměrné adhezi. Při adhezi 0,6 a 0,7 byla hodnota dosažitelného bočního zrychlení při mezní rychlosti o něco nižší než by odpovídalo 100 % využití v příčném směru.

Z provedeného rozboru měření při rychlostech blízcím se mezním rychlostem je zřejmé, že pokud při analýze a rekonstrukci pohybu vozidla v nehodovém ději při zpracovávání znaleckých posudků o příčinách silničních nehod dodržíme zásadu technicky přijatelného rozmezí vstupních hodnot, např. součinitele využitelné adheze 0,6 až 0,7, což je velmi úzké rozmezí, pro poloměr zvolíme střední hodnotu poloměru $R = 53$ m, obdržíme výsledek mezní rychlosti 64 až 69 km.h⁻¹, což je opět velmi úzké rozmezí posuzované rychlosti (střední hodnota 66,5 ± 2,5 km.h⁻¹) s ohledem na množství neznámých vstupních parametrů v praxi posuzovaného konkrétního nehodového děje.

Pokud by byl poloměr trajektorie těžiště vozidla při využitelné adhezi v příčném směru 0,6 zvolen $R = 52$ m, bude mezní rychlost za jinak shodných vstupních parametrů 63,4 km.h⁻¹, respektive pro adhezi 0,7 a poloměr 54 m 69,8 km.h⁻¹, což je tedy o něco širší technicky přijatelné rozmezí mezní rychlosti 63 až 70 km.h⁻¹

(střední hodnota $66,5 \pm 3,5 \text{ km.h}^{-1}$) v daném rozmezí vstupních hodnot. I toto „širší“ technicky přijatelné rozmezí je však menší, než obvykle uvažované, například $\pm 5 \text{ km.h}^{-1}$.

V **příloze č. 8**, je simulace jízdy vozidla v PC-Crash pro spodní hranici uvažovaného technicky přijatelného rozmezí, tj. poloměr oblouku $R = 52 \text{ m}$ a součinitel adheze 0,6, kdy se vozidlo skutečně pohybovalo na pokraji meze adheze - smyku, viz zanechávané stopy kol v simulaci.

Na **příloze č. 9** je simulace jízdy vozidla v PC-Crash pro horní hranici uvažovaného rozmezí, tj. poloměr oblouku $R = 54 \text{ m}$ a součinitel adheze 0,7, kdy se vozidlo rovněž pohybovalo na pokraji meze adheze – smyku, viz stopy kol v simulaci.

Z provedené analýzy výsledků je zřejmé, že při dodržení všech základních obecných zásad znalecké analýzy lze dosáhnout, i při výpočtu jízdního manévru pomocí simulačního programu, výsledku v užším technicky přijatelné rozmezí, než je obvyklé při klasických analytických výpočtech, tak jak je tomu zpravidla i při výpočtech střetů vozidel.

Z učiněných zjištění lze formulovat základní kritérium pro získávání vstupních parametrů a využívání výpočtových modelů při analýze a rekonstrukci pohybu vozidla v nehodovém ději při zpracovávání znaleckých posudků o technických příčinách silničních nehod:

Při využívání výpočtových modelů je třeba získat maximální informace o jednotlivých prvcích posuzovaného systému „*člověk – stroj – prostředí*.“ Zde je třeba si uvědomit, že na rozdíl od experimentů, není splnění tohoto kritéria při běžné znalecké praxi nikterak jednoduché.

Na rozdíl od konkrétních prováděných měření, kdy může být vliv „*člověka*“ – řidiče co nejvíce eliminován požadovaným standardním způsobem jízdy, znalostí charakteru a dovedností řidiče, bude toto ve znalecké praxi zpětně obvykle velmi

obtížně zjistitelné. Z tohoto důvodu je například mj. nutné, aby technický znalec v posudku uváděl formulace „mohl projet, mohl spatřit, mohl reagovat, mohla být“ atd. a vyvaroval se tedy formulací „měl projet, měl spatřit, měl reagovat, byl“ atd.

Pro „*stroj*“ – vozidlo musí být vždy zjištěny technické parametry vyčerpávajícím způsobem s důrazem na pneumatiky a další části vozidla ovlivňující jeho jízdní vlastnosti, např. tuhost odpružení, charakteristiky elektronických systémů podvozků (ABS, ESP, ...). Při množství různých druhů, modelů a typů jednotlivých značek je v současnosti nezbytné, aby měl znalec vždy k dispozici technický průkaz vozidla, jehož a simulaci pohybu řeší.

„*Prostředí*“ – tedy vozovku, po které se vozidlo pohybovalo, lze v současnosti nejlépe popsat zjištěním dosažitelné adheze - přilnavosti povrchu vozovky při kontaktu s pneumatikou vozidla (např. změřením dosažitelného zpomalení při jízdní zkoušce, nebo z literatury) a změřením jejího geometrického tvaru, včetně spádových poměrů (ve znalecké praxi i jejího okolí: krajnic, příkopů, svahů atd.), například elektronickou totální stanicí Topcon GTS 212. Pro rekonstrukci a simulaci pohybu vozidla v programu PC-Crash je možno dále použít polygonů sklonů ve formátu DXF, vytvořených z dat naměřených totální stanicí.

Výše získané poznatky mohou být zobecněny do zásad metodiky postupů analytiků silničních nehod při rozborech obvyklých jízdních vlastností vozidel v nehodovém ději, dále s cílem harmonizace a standardizace postupů ve znalecké praxi. Předpokládaný přínos lze spatřovat v závěrech disertace, kdy získané poznatky a zásady obecné metodiky budou zapracovány do znaleckých standardů, kterými se pracoviště ÚSI VUT v Brně dlouhodobě zabývá. Doplněné znalecké standardy o nové metodické poznatky, ze kterých je zcela zřejmé, jaké zásady je nutno dodržovat při technické analýze jízdy vozidla v nehodovém ději, budou velmi důležitou a potřebnou pomůckou, zejména s ohledem na skutečnosti, jakým dynamickým způsobem jsou při výrobě moderních motorových vozidel zaváděny do praxe stále nové elektronické systémy podvozkových skupin.

LITERATURA

- [1] BURG, H., RAU, H.: *Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion*, Verlag INFORMATION Ambs GmbH, Kippenheim 1981, ISBN 3 88550 020 5
 - [2] MEDUNA, J.: *Aplikovaná mechanika*, učební text PGS technického zručnosti, VUT v Brně ÚSI 1984
 - [3] BRADÁČ, A.: *Analytika silničních nehod II*, Dům techniky ČSVTS Ostrava 1985
 - [4] JANÍČEK, P., ONDRÁČEK, E.: *Řešení problémů modelování*, učební texty vysokých škol VUT v Brně, Fakulta strojní, PC-DIR Real, s.r.o., Brno 1998 ISBN 80-214-1233-X
 - [5] BRADÁČ, A. a kol.: *Soudní inženýrství*, Akademické nakladatelství CERM, Brno 1999, ISBN 80-7204-057-X
 - [6] KASANICKÝ, G.: *Súčasná a perspektívne možnosti analýzy dopravných nehod*, Žilinská univerzita v Žiline ÚSI, Žilina 1999
 - [7] KASANICKÝ, G., KOHÚT, P.: *Program VP-ADN 2000*, Žilinská univerzita v Žiline 2000
 - [8] KASANICKÝ, G., KOHÚT, P., LUKÁŠIK, M.: *Teória pohybu a rázu pri analýze a simulácii nehodového deja*, Žilinská univerzita v Žiline 2001, ISBN 80-7100-597-5
 - [9] STEFAN, H.: *PC-Crash - simulační program pro analýzu nehod*, verze 7.1a – Dec 4 2003, Dr. Steffan Datentechnik, Linc Austria 2003
 - [10] KASANICKÝ, G.: *PC-Crash - Program pre simuláciu dopravných nehod, užívateľská príručka – slovensky*, verzia 7.1, DSD Slovakia spol. s r.o. Kysucké Nové Město, DSD Linz 2003
 - [11] SEMELA, M.: *Porovnání měřených parametrů XL Meterem a Correvitem*. Závěrečná práce – metodická část specializačního studia na ÚSI VUT v Brně, 24/D 2005
 - [12] Internetová adresa www.skoda-auto.cz
- Vlastní publikace k disertaci**
- [13] VÉMOLA, A., KLEDUS, R., PORTEŠ, P., ZELINKA, A.: *Messung von Fahrmanövern von Kraftfahrzeugen*. In sborník CD ROM: 10. Jahrestagung des Europäischen Vereins für Unfallforschung und Unfallanalyse e.v. EVU, Brno, October 2001
 - [14] VÉMOLA, A.: *Analýza nehody a vyšetřovací pokus*, Mezinárodní konference analytiků dopravních nehod, Brno leden 2004
 - [15] VÉMOLA, A.: *Problematika znalecké analýzy jízdy a brzdění vozidla v obecném prostorovém oblouku*, Mezinárodní konference analytiků dopravních nehod, Brno leden 2005

CURRICULUM VITAE

Jméno: Ing. Aleš Vémola
Narozen: 15.11.1952 ve Svitavách
Kontakt: ales.vemola@usi.vutbr.cz

Vzdělání

1972 maturita na gymnáziu na Koněvově ulici
1972 – 1977 Strojní fakultu VUT v Brně, katedra spalovacích motorů a motorových vozidel
1987 absolvoval postgraduální studium technického znalectví na ÚSI VUT v Brně, pro obory doprava, strojírenství a ekonomika
1997 absolvoval doplňkové pedagogické studium na Vojenské akademii v Brně
1998 – 2004 doktorské studium, obor Soudní inženýrství FSI a ÚSI VUT v Brně
2004 absolvoval studium v programu celoživotního vzdělávání na Centru distančního vzdělávání UP v Olomouci absolvováním kurzu Distanční minimum

Pracovní zkušenosti

1977 – 1978 výrobní konstrukce motorů Zbrojovky Brno
1978 – 1989 podnik Služeb města Brna, technik půjčovny aut Brnocar
1987 jmenován znalcem, pro základní obor doprava, ekonomika, strojírenství, v uvedených oborech externě spolupracoval při zpracování znaleckých posudků s ÚSI,
1989 - 1998 střední odborné učiliště a Integrovaná střední škola automobilní v Brně na Hybešové ulici
1998 dosud zaměstnanec ÚSI VUT v Brně jako odborný pracovník,

Odborná a vědecká činnost a zaměření

1999 – dosud odborný garant konferencí analytiků dopravních nehod pořádaných ÚSI VUT v Brně a EVU - NS v ČR (Evropské společnosti pro výzkum a analýzu nehod – Národní skupiny v ČR)

2000 – 2001 spoluřešitel výzkumného projektu GAČR *Experimentální ověrování jízdních manévřů vozidel - GAČR 103/00/0722*

2000 – 2002 spoluřešitel výzkumného projektu GAČR *Standardizace a harmonizace postupů soudních znalců při analýze silničních nehod - GAČR 103/00/1748*

Členství v odborných a vědeckých společnostech

Člen Asociace znalců a odhadců ČR

Člen předsednictva EVU - NS v ČR (Evropské společnosti pro výzkum a analýzu nehod – Národní skupiny v ČR)

Pedagogické činnost

- stáž na ÚSI Žilinské univerzity v Žilině, listopad 1999
- výuka odborných předmětů: Soudní inženýrství, Metodika nálezu, Případové studie, Diagnostická zařízení a technologie opravárenství, Výpočetní technika ve znalecké praxi ve specializačních kurzech technického znalectví na ÚSI VUT v Brně, průběžně od akademického roku 1997/1998
- výuka předmětu Soudní inženýrství mj. v prezenčním a distančním magisterském studiu na katedře kriminalistiky Policejní akademie ČR Praha, od akademického roku 2001/2002
- externí pracovník katedry kriminalistiky Policejní akademie ČR Praha, od 01.01.2005
- výuka v rámci předmětu Soudní lékařství na Ústavu soudního lékařství Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno, průběžně od akademického roku 2002/2003
- iniciátor a vedoucí kurzu pořádaného ÚSI VUT v Brně „Metodické zdokonalování znalecké analýzy silničních nehod s podporou simulačního programu PC-Crash“, průběžně od akademického roku 2002/2003

ABSTRACT

For the purpose of the submitted dissertation, 66 measurements were carried out on two different models of the Skoda Fabia car. The results of the lateral acceleration measurements were compared with the analytical calculations and the simulations processed by PC-Crash. The comparison has shown that as long as the principles of technically acceptable range of input values are kept (the adhesion coefficient and the reachable lateral acceleration in particular), there is very good agreement between the measurement results and the analytical calculations and the simulations of motion.

When making use of the software models, it is vital to gather as much information as possible about individual elements of the evaluated system “person – machine – environment”. It is necessary to emphasize that unlike in the experiments, the fulfilment of this criterion in current expert practice is not easy at all.

The findings of this dissertation can be generalized into methodological principles that will be used by road accident experts for analyzing the current driving properties of vehicles within the accident action, with the aim of harmonizing and standardizing the procedures in the expert practice. The expert standards supplemented with the new methodological findings will become a very important and useful tool, especially with regard to the dynamic way of introducing new electronic systems into the car chassis in the production of modern vehicles.

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA č. 1

Výpočet mezní rychlosti v obecném prostorovém oblouku v prostředí programu Mathcad

pro $\mu_y = 0,30$ a $R = 44$ m

Výpočet mezní rychlosti vozidla v oblouku

Vstupní podmínky:

úhel alfa - nenulový
úhel beta - nenulový
horizontální poloměr R - nenulový
vertikální poloměr r - nulový

Zadání : součinitel adheze [-]: $\mu_y := 0.30$
horizontální poloměr oblouku [m]: $R := 44$
vertikální poloměr oblouku [m]: $r := 10000000000$
tíhové zrychlení [m.s⁻²]: $g := 9.81$
úhel alfa [stupeň]: $\alpha_{st} := -1$
úhel beta [stupeň]: $\beta_{st} := 0.34$

Vztah pro výpočet mezní rychlosti vozidla v tomto typu oblouku :

$$v := \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot r \cdot \cos(\alpha) \cdot (\mu_y + \tan(\beta))}{r \cdot (1 - \mu_y \cdot \tan(\beta)) + R \cdot (\mu_y + \tan(\beta))}}$$

Výsledky :

mezní rychlost vozidla v oblouku [m.s⁻¹]: $v = 11.501$
mezní rychlost vozidla v oblouku [km.h⁻¹]: $v_m = 41.403$

Výpočet jízdy a brzdění v obecném prostorovém oblouku v prostředí tabulkového procesoru

MS Excel pro $\mu_y = 0,30$ a $R = 44$ m

Zadání vstupních hodnot - nutno zadat všechny hodnoty

poloměr daného úseku v horizontální rovině $R = 44$ m
poloměr daného úseku ve vertikální rovině $r = 1,E+10$ m
(pro rovný úsek nutno zadat $r = 10^{10}$ m)
úhel sklonu vozovky v podélném směru $\alpha = -1,00$ deg
úhel sklonu vozovky v příčném směru $\beta = 0,34$ deg
koeficient max. dostupné adheze v podélném směru $c = 0,3$
koeficient max. dostupné adheze v příčném směru $d = 0,3$
tíhové zrychlení $g = 9,81$ m.s⁻²

Výpočet mezní rychlosti vozidla pro průjezd daným úsekem

$$v_m = \sqrt{\frac{R \cdot r \cdot g \cdot (d + \operatorname{tg} \beta) \cdot \cos \alpha}{r \cdot (1 - d \cdot \operatorname{tg} \beta) + R \cdot (d + \operatorname{tg} \beta)}} = 11,5008 \text{ m.s}^{-1} = 41,4 \text{ km.h}^{-1}$$

PŘÍLOHA č. 2

Pořadové číslo	Poloměr oblouku 1, 2, 3			Součinitel adheze z brzděné zkoušky	Mezní rychlost podle analytického vztahu	Příloha č. 4 - 10 (20.04.04) č. 11 - 18 (21.04.04) č. 19 - 25 (15.10.05)	Rychlost při zkoušce / simulaci	Boční zrychlení při mezní rychlosti - XL Meret	Boční zrychlení při mezní rychlosti - Correvit	Boční zrychlení při mezní rychlosti - simulace v PC-Crash	Boční zrychlení při dané rychlosti - XL Meret	Boční zrychlení při dané rychlosti - Correvit	Boční zrychlení při dané rychlosti - simulace v PC-Crash	Boční zrychlení XL Meter, Correvit - porovnání, viz příloha č. 26 / č. měření	Souhrn vyhodnocení jednotlivých měření bočního zrychlení a simulaci, viz graf příloha č. 29	Poznámka
m	1	km.h ⁻¹		km.h ⁻¹	m.s ⁻²	m.s ⁻²	m.s ⁻²	m.s ⁻²	m.s ⁻²	m.s ⁻²	m.s ⁻²	m.s ⁻²	m.s ⁻²	m.s ⁻²		
1	0,35	44,7	4	18/20	x	x	x	0,7	x	0,7		0,7				
2	0,35	44,7	5	29/30	x	x	x	1,6	x	1,6		1,6				
3	0,35	44,7	6	39/40	x	x	x	2,8	x	2,8		2,8				
4	0,35	44,7	7	x/44,7	3,5	x	3,5	x	x	x		3,5			řízený smyk	
5	0,35	44,7	11	18/20	x	x	x	0,7	x	0,7		0,7				
6	0,35	44,7	12	28/28	x	x	x	1,6	x	1,4		1,4			1,5	
7	0,35	44,7	13	39/39	x	x	x	2,7	x	2,6		2,6			2,7	
8	0,45	50,6	14	51/51	4,5	x	4,5	x	x	x		4,5			plynulá jízda	
9	0,45	50,6	15	61/51	4,5	x	4,5	x	x	x		4,5			zastavení se smykem, (asi 50)	
10	0,70	63,0	19	29/30	x	x	x	2,0	x	1,6		1,6			1,8	
11	0,70	63,0	20	51/50	x	x	x	5,0	5,0	4,3	4,7/5	4,7			4,7	
12	0,70	63,0	21	55/60	x	x	x	6,0	6,0	6,2	6,0/8	6,0			6,0	
13	0,70	63,0	21	63	x	x	6,5	x	x	x		6,5			pouze simulace	
14	0,35	46,2	8	47/46,2	3,5	x	3,5	x	x	x		3,5			3,5	
15	0,40	49,3	24	45/49,3	4,5	4,0	4,0	x	x	x	4,0/17	4,0			na mezi adheze	
16	0,40	49,3	25	51/49,3	4,5	4,5	4,0	x	x	x	4,5/21	4,5			řízený smyk	
17	0,45	52,3	9	52/52,3	4,5	x	4,5	x	x	x		4,5			řízený smyk	
18	0,45	52,3	16	54/52,3	4,5	x	4,3	x	x	x		4,4			plynulý smyk, spojka	
19	0,70	65,1	22	49/50	x	x	x	4,8	4,2	4,2	4,5/11	4,5			4,5	
20	0,70	65,1	23	56/60	x	x	x	6,0	5,5	5,8	5,5/14	5,5			dynamické	
21	0,70	65,1	23	65,1	x	x	6,5	x	x	x		5,5			pouze simulace	
22	0,60	64,0	10	63/64	6,0	x	5,5-6,0	x	x	x		5,8			5,8	
23	0,70	69,1	17	54/64	x	x	x	5,5	x	5,5		5,5			5,5	
24	0,70	69,1	18	64/69,1	x	x	6,0-6,5	6,0	x	x		6,2			silně dynamické, bez smyku	

J - den		3.		Protokol zkušebních jízd							
Datum:		15.10.2004				Druh zkoušky					
Vozidlo:		Škoda Fabia RS RZ: 1B8 3300				1	Oblouk 1				
Osazení přístrojů:		XL Meter 2x, Correvit				2	Oblouk 1 + 3 m				
						3	Oblouk 1 + 9 m				
						4					
Parametry dráhy						5	brzdění				
Oblouk 1 - vnitřní okraj		42,3			m						
Oblouk 2 - vnitřní okraj + 3 m		45,3			m	Obsazení vozidla:					
Oblouk 3 - vnitřní okraj + 9 m		51,3			m	řidič	Semela (91 kg)				
Oblouk 1 - poloměr trajektorie těžiště		44			m	spolujezdec	Vémola (86 kg)				
Oblouk 2 - poloměr trajektorie těžiště		47			m	spolujezdec	Zikmund a technika (100 kg)				
Oblouk 3 - poloměr trajektorie těžiště		53			m	spolujezdec	(kg)				
Kalibrace XL metru:		ano, na konci zkušební dráhy									
Číslo jízdy	Čas	Poloměr/suchý/mokrá	Počáteční rychlost brzdě dle XL Metru 1	Předp. nájezdová rychlost	XL Meter/vpředu/vzadu		Data correvit	Pocit z jízdy - řidič	Pocit z jízdy - pozorovat	Poznámky, taktika jízdy, teplota	příloha č. / list
					km/h	vp					
1		1/s	27	30	1	2	ne			sucho	19
2		1/s	28	30	1	2	ne			sucho	
3	9,24	1/s	29	30	1	2	ne			sucho, 7,5 st C	
4		1/s	49	50	1	2	ano			sucho	20
5		1/s	51	50	1	2	ano			sucho	
6	9,34	1/s	47	50	1	2	ano			sucho	
7		1/s	55	60	1	2	ano			sucho	21
8		1/s	55	60	1	2	ano			sucho	
9	9,40	1/s	53	60	1	2	ano			sucho	
10	9,45	2/s	48	50	1	2	ano			sucho	22
11	9,50	2/s	49	50	1	2	ano			sucho	
12	9,51	2/s	52	50	1	2	ano			sucho	
13		2/s	56	60	1	2	ano			sucho, dynamické	23
14		2/s	56	60	1	2	ano			sucho, dynamické	
15	10,00	2/s	55	60	1	2	ano			sucho, dynamické, malý smyk	
16	10,05	2/m	46	50	1	2	ano			mokro	24
17	10,06	2/m	45	50	1	2	ano			na mezi adheze	
18	10,08	2/m	47	50	1	2	ano			na mezi adheze, zvládnuté, 8 st C	
19	10,15	2/m	47	55	1	2	ano			mokro, smyk, nutno řídit	25
20	10,71	2/m	47	55	1	2	ano			mokro, smyk, nutno řídit	
21	10,18	2/m	51	55	1	2	ano			mokro, smyk, nutno řídit	
1	9,07	5/s	?	50	1	2	ne			I. brzdění, 9,5 st C - sucho	3
2	9,10	5/s	48	50	1	2	ano			I. brzdění, 9,5 st C	
3		5/s	46	50	1	2	ano			I. brzdění, 9,5 st C, konec na asfaltu	
4	10,20	5/m	48	50	1	2	ne			II. brzdění - mokro	3
5	10,23	5/m	47	50	1	2	ano			II. brzdění	
6	10,27	5/m	47	50	1	2	ano			II. brzdění	

V - č. 1	Protokol zkušební vozidla	1B8 3300
Datum:		15.10.2004
Značka a typ vozidla	Škoda Fabia 6Y	
Druh vozidla	OA-H-M1	
Výrobní číslo karoserie (VIN)/rok výroby	TMBWUH6Y833896421/2003	
Obsah, druh, výkon motoru	1,9/96 kW TDI PD RS (110 kW)	
Stav počítadla ujetých km (před a po zkoušce)	8 923	
Naplnění palivové nádrže (před a po zkoušce)	3/4	
Kola z lehkých slitin	ano / ne	
Pneumatiky	LP	PP
Výrobce	Michelin XSE	Michelin XSE
Rozměr (označení)	205/45 R 16 83 W	205/45 R 16 83 W
Dezén	Pilot PRIMACY	Pilot PRIMACY
Stav (hloubka dezénu v hl. drážkách)	6,7	6,7
Huštění	2,1	2,1
	LZ	PZ
Výrobce	Michelin XSE	Michelin XSE
Rozměr (označení)	205/45 R 16 83 W	205/45 R 16 83 W
Dezén	Pilot PRIMACY	Pilot PRIMACY
Stav (hloubka dezénu v hl. drážkách)	4,9	4,9
Huštění	2,2	2,2
Mimořádná výbava vozidla, poznámky		
ABS, MSR, ASR, ESP, (EDS 4x4)	ABS, ASR	
speciální nápravy (verze 4x4)		
zvýšená světlá výška vozu		
automatická převodovka		
speciální ochranné kryty (motoru, převodovky)		
airbag (řidič, spolujezdec, boční)		
klimatizace s mech. / elektronickou regulací		
Technický průkaz / OTP - ORV	BF 138 803 / BAA 923 747	
Výbava viz štítek obr. 2, rozměry obr. 4		
<p>ABS - protiblokovací brzdový systém, MSR - systém regulace točivého (vlečného) momentu, ASR - protipokluzový systém hnacích kol, ESP - program stability vozuv kritických jízdních situacích, EDS - elektronická uzávěrka diferenciálu (modely 4x4), brzdy z vozidla Škoda Octavia</p>		
Moment setrvačnosti vozidla		
Pohotovostní hmotnost + posádka a technika [kg]	1427+100	
Okamžitá hmotnost (bez řidiče) [kg]	1 259	

