
VÝPOČET VZÁJEMNÉHO POHYBU PRI KONTAKTE VOZIDLA S TELOM
CHODCA

CALCULATION OF THE RELATIVE MOVEMENT OF THE VEHICLE IN
CONTACT WITH THE PEDESTRIAN

Gustáv Kasanický⁴³, Pavol Kohút⁴⁴

ABSTRAKT:

Predmetný príspevok sa zaoberá problematikou výpočtu vzájomného kontaktu MPV vozidla a figuríny. Na základe vykonaných crash-testov medzi vozidlami MPV a figurínami bol vykonaný výpočet pohybu figuríny a ustálené hodnoty súčiniteľa šmykového trenia medzi figurínou a vozidlom, a medzi figurínou a vozovkou. Tiež bol vypočítaný koeficient reštitúcie figuríny pri danom teste.

ABSTRACT:

This article deals about the calculation of mutual contact of the MPV vehicle and dummy. Based on the carried out crash tests between MPV vehicles and dummy the calculation of movement the dummy was performed and evaluated coefficient of friction between the dummy and the vehicle, and between the dummy and the road. Also, the coefficient of restitution for dummy was calculated for a given tests.

KLÚČOVÉ SLOVÁ:

Crash-test, figurína, súčiniteľ šmykového trenia medzi vozidlom a figurínou, súčiniteľ šmykového trenia medzi figurínou a vozovkou, koeficient reštitúcie figuríny.

KEYWORDS:

Crash-test, dummy, the coefficient of friction between the vehicle and the dummy, the coefficient of friction between the dummy and the road, the coefficient of restitution dummy.

1 ÚVOD

Pri analýze nehodového deja je častou úlohou vypočítať rýchlosť vozidla pri zrážke s vozidlom. Pre riešenie tejto úlohy je potrebné poznať okrajové (geometrické a materiálové) podmienky pre vozidlo a telo chodca. Za účelom zistenia materiálových okrajových podmienok pri zrážke vozidla MPV s chodcom pri plnom prekrytí bola vykonaná séria testov vozidiel VW Sharan (I. generácia) a Ford Galaxy (I. generácia). Boli použité dve rôzne konštrukcie dummy figurín: figurína vyvinutá ÚSI-ŽU (USI figurína) a figurína vyvinutá Dipl. Ing. Michael Weyde, PhD. (BD figurína).

USI figurína má železnú konštrukciu, ktorá je obalená pomerne tvrdou gumou „svalovinou“ a je schopná samostatne stáť. BD figurína má drevenú kosť, svalovina a vnútorné orgány sú z akrylu a silikónu, figurína je zavesená na pomocnom ráme a je spúšťaná tesne pred nárazom pomocou uvoľňovacieho mechanizmu.

⁴³⁾ Kasanický Gustáv, prof. Ing. CSc. – 1. autor, Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania, ul. 1. Mája č. 32, 010 01 Žilina, 00421-41 513 6901, gustav.kasanicky@usi.sk

⁴⁴⁾ Kohút, Pavol, doc. Ing. PhD. – 2. autor, Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania, ul. 1. Mája č. 32, 010 01 Žilina, 00421-41 513 6947, pavol.kohut@usi.sk

Cieľom testov bolo okrem iného porovnať vlastnosti BD figuríny a USI figuríny, preto boli testy naplánované tak, aby s každou z figurín bol vykonaný test s podobnou rýchlosťou (cca 20 km/h, cca 40 km/h a cca 60 km/h).

Cieľom testov bolo následne vyhodnotiť materiálové okrajové podmienky ako súčiniteľ šmykového trenia medzi vozidlom a figurínou, súčiniteľ šmykového trenia medzi figurínou a vozovkou a koeficient hysterézie medzi vozidlom a figurínou.



Obr. 1 – Vozidlá použité pri crash-teste

Fig. 1 – The cars used for crash-test



Obr. 2 – BD figurína (vľavo), USI figurína (vpravo)

Fig. 2 – BD dummy (felt), USI dummy (right)

2 CRASHTESTY

V nasledujúcich kapitolách sú postupne uvedené jednotlivé testy pričom číslo testu označuje poradie v akom boli testy vykonané. Testy sú však uvedené vzostupne od najnižšej po najvyššiu nárazovú rýchlosť.

2.1 Test č. 1

Test č. 1 bol vykonaný za nasledovných podmienok:

Vozidlo: VW-Sharan

Figurína: BD

Nárazová rýchlosť: 21 km/h

Vodič sa snažil tesne pred zrážkou udržiavať konštantnú rýchlosť a začať brzdiť až po zrážke.

Poškodenie vozidla po teste č. 1 je zobrazené na obr. č. 3. Pri predmetnom teste vzniklo špecifické poškodenie čelného skla (označené žltou šípkou na obr. 3). V danom mieste nebol kontakt medzi vozidlom a figurínou. Predmetné poškodenie je možné vysvetliť len tzv. nepriamym mechanizmom – bez silového kontaktu v mieste poškodenia.



Obr. 3 – Poškodenie vozidla po zrážke
Fig. 3 – Damage of the car after test

Odhodenie figuríny po teste:

Pozdĺžne odhodenie: 5,3 m

Priečne odhodenie: 0,9 m

Celkové odhodenie: 5,4 m

Parametre pre simuláciu:

Pre korektnú simuláciu (rovnaká dráha letu a rovnaká dráha šmýkania v simulácii a pri teste) bolo potrebné zvýšiť prednastavenú hodnotu trenia medzi figurínou a vozovkou z 0,4 na 0,5. Jednotlivé testy boli vykonané na špecifickom povrchu: betón – výrazne opotrebovaný s vystúpenými kamienkami.



Obr. 4 – Povrch na ktorom boli vykonávané testy
Fig. 4 – The surface for the tests

2.2 Test č. 5

Test č. 5 bol vykonaný za nasledovných podmienok:

Vozidlo: Ford Galaxy

Figurína: USI

Nárazová rýchlosť: 23 km/h

Vodič sa snažil tesne pred zrážkou udržiavať konštantnú rýchlosť a začať brzdiť až po zrážke.

Poškodenie vozidla po teste č. 5 je zobrazené na obr. č. 5.



Obr. 5 – Poškodenie vozidla po zrážke
Fig. 5 – Damage of the car after test

Odhodenie figuríny po teste:

Pozdĺžne odhodenie: 7,8 m

Priečne odhodenie: 0,1 m

Celkové odhodenie: 7,8 m

Parametre pre simuláciu:

Pre korektnú simuláciu (rovnaká dráha letu a rovnaká dráha šmýkania v simulácii a pri teste) bolo potrebné zvýšiť prednastavenú hodnotu trenia medzi figurínou a vozovkou z 0,4 na 0,6. Jednotlivé testy boli vykonané na špecifickom povrchu: betón – výrazne opotrebovaný s vystúpenými kamienkami.

Vzhľadom na vlastnosti figuríny (značná tuhosť v kĺboch) bolo pre korektnú simuláciu potrebné zablokovat' kĺby v kolenách, v panve a trupe. Ďalej bolo potrebné znížiť koeficient reštitúcie z prednastavenej hodnoty 0,1 na 0,05.

2.3 Test č. 6

Test č. 6 bol vykonaný za nasledovných podmienok:

Vozidlo: VW-Sharan

Figurína: USI

Nárazová rýchlosť: 40,5 km/h

Vodič sa snažil tesne pred zrážkou udržiavať konštantnú rýchlosť a začať brzdiť až po zrážke.

Poškodenie vozidla po teste č. 6 je zobrazené na obr. č. 6.



Obr. 6 – Poškodenie vozidla po zrážke
Fig. 6 – Damage of the car after test

Odhodenie figuríny po teste:

Pozdĺžne odhodenie: 16,6 m

Priečne odhodenie: 1,2 m

Celkové odhodenie: 16,6 m

Parametre pre simuláciu:

Pre korektnú simuláciu (rovnaká dráha letu a rovnaká dráha šmýkania v simulácii a pri teste) bolo potrebné zvýšiť prednastavenú hodnotu trenia medzi figurínou a vozovkou z 0,4 na 0,78. Jednotlivé testy boli vykonané na špecifickom povrchu: betón – výrazne opotrebovaný s vystúpenými kamienkami.

Ďalej bolo potrebné znížiť koeficient reštitúcie z prednastavenej hodnoty 0,1 na 0,01 a zvýšiť súčiniteľ šmykového trenia medzi figurínou a vozidlom z prednastavenej hodnoty 0,2 na 0,3.

2.4 Test č. 2

Test č. 2 bol vykonaný za nasledovných podmienok:

Vozidlo: VW-Sharan

Figurína: BD

Nárazová rýchlosť: 41,5 km/h

Vodič sa snažil tesne pred zrážkou udržiavať konštantnú rýchlosť a začať brzdiť až po zrážke.

Poškodenie vozidla po teste č. 2 je zobrazené na obr. č. 7.



Obr. 7 – Poškodenie vozidla po zrážke
Fig. 7 – Damage of the car after test

Odhodenie figúriny po teste:

Pozdĺžne odhodenie: 18,5 m

Priečne odhodenie: 1,5 m

Celkové odhodenie: 18,6 m

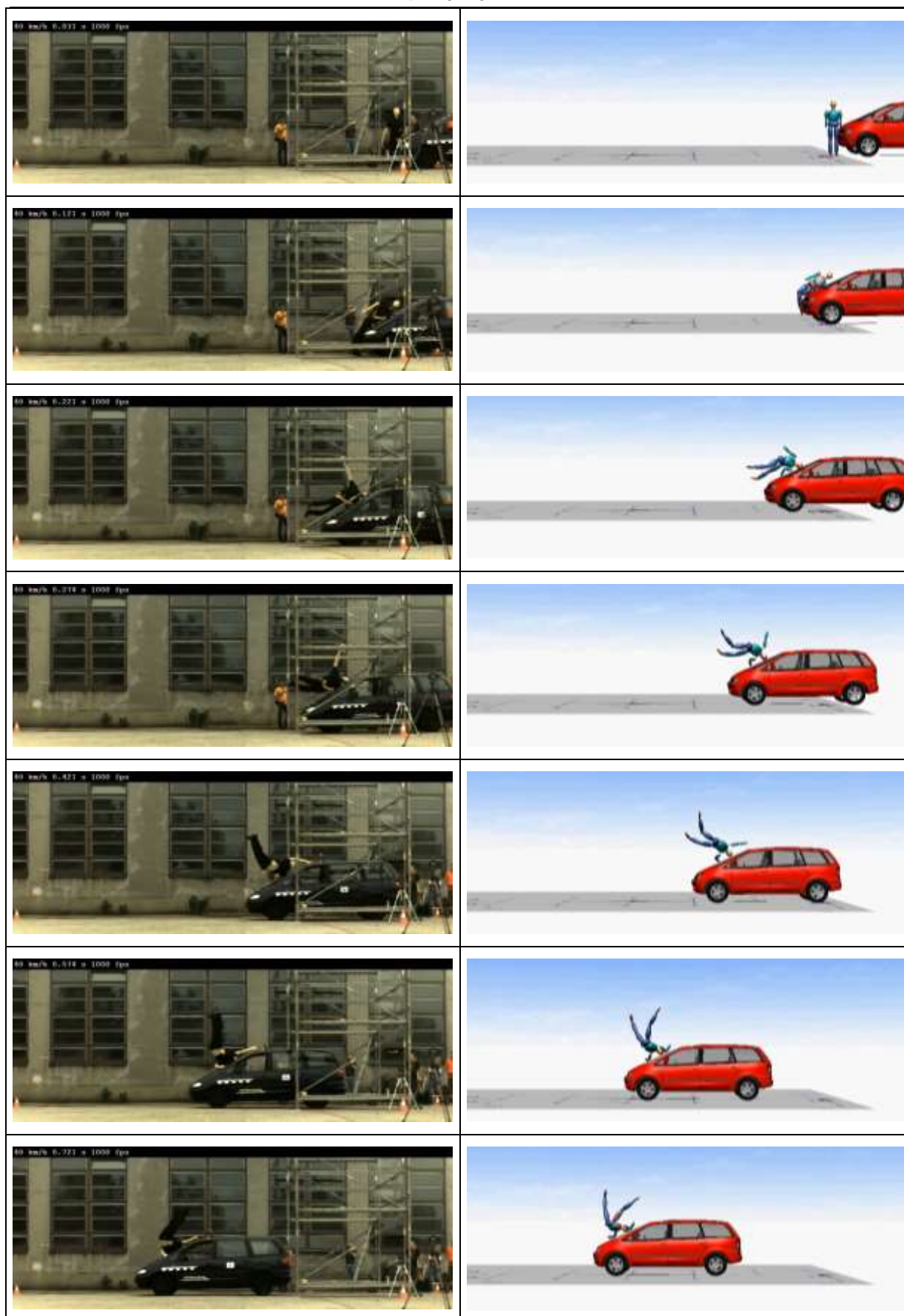
Parametre pre simuláciu:

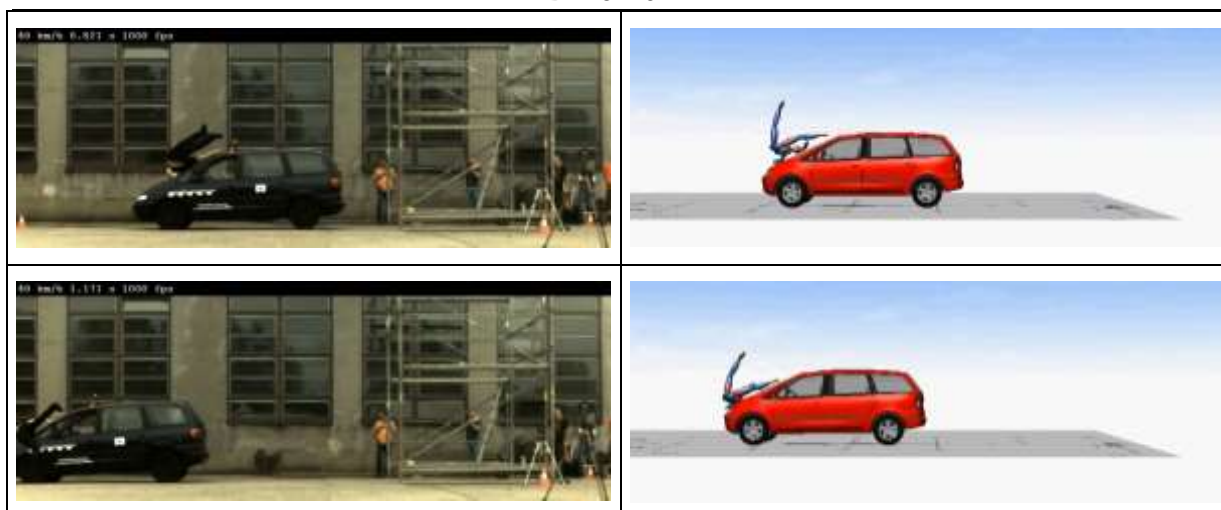
Pre korektnú simuláciu (rovnaká dráha letu a rovnaká dráha šmýkania v simulácii a pri teste) bolo potrebné zvýšiť prednastavenú hodnotu trenia medzi figúrinou a vozovkou z 0,4 na 0,54. Jednotlivé testy boli vykonané na špecifickom povrchu: betón – výrazne opotrebovaný s vystúpenými kamienkami.

Ďalej bolo potrebné znížiť koeficient reštitúcie z prednastavenej hodnoty 0,1 na 0,005 a zvýšiť súčiniteľ šmykového trenia medzi figúrinou a vozidlom z prednastavenej hodnoty 0,2 na 0,4.

Na nasledovných obrázkoch je uvedený záznam z vysokorýchlostnej kamery (stĺpec vľavo) a výsledok simulácie (stĺpec vpravo).

ExFoS - Expert Forensic Science
XXIII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno 2014





Obr. 8 – Záznam z vysokorýchlostnej kamery (stĺpec vľavo) a výsledok simulácie (stĺpec vpravo)

Fig. 8 – Records of the high-speed camera (left column) and simulation result (right column)

2.5 Test č. 7

Test č. 7 bol vykonaný za nasledovných podmienok:

Vozidlo: VW-Sharan

Figurína: USI

Nárazová rýchlosť: 53 km/h

Vodič sa snažil tesne pred zrážkou udržiavať konštantnú rýchlosť a začať brzdiť až po zrážke.

Poškodenie vozidla po teste č. 7 je zobrazené na obr. č. 8.



Obr. 8 – Poškodenie vozidla po zrážke

Fig. 8 – Damage of the car after test

Odhodenie figuríny po teste:

Pozdĺžne odhodenie: 24,2 m

Priečne odhodenie: 2,5 m

Celkové odhodenie: 24,3 m

Parametre pre simuláciu:

Pre korektnú simuláciu (rovnaká dráha letu a rovnaká dráha šmýkania v simulácii a pri teste) bolo potrebné zvýšiť prednastavenú hodnotu trenia medzi figurínou a vozovkou z 0,4 na 0,75. Jednotlivé testy boli vykonané na špecifickom povrchu: betón – výrazne opotrebovaný s vystúpenými kamienkami.

Ďalej bolo potrebné znížiť koeficient reštitúcie z prednastavenej hodnoty 0,1 na 0,00001 a zvýšiť súčiniteľ šmykového trenia medzi figurínou a vozidlom z prednastavenej hodnoty 0,2 na 0,5.

2.6 Test č. 4

Test č. 4 bol vykonaný za nasledovných podmienok:

Vozidlo: Ford Galaxy

Figurína: BD

Nárazová rýchlosť: 58 km/h

Vodič sa snažil tesne pred zrážkou udržiavať konštantnú rýchlosť a začať brzdiť až po zrážke.

Poškodenie vozidla po teste č. 4 je zobrazené na obr. č. 9.



Obr. 9 – Poškodenie vozidla po zrážke

Fig. 9 – Damage of the car after test

Odhodenie figuríny po teste:

Pozdĺžne odhodenie: 25,2 m

Priečne odhodenie: 0,25 m

Celkové odhodenie: 25,2 m

Parametre pre simuláciu:

Pre korektnú simuláciu (rovnaká dráha letu a rovnaká dráha šmýkania v simulácii a pri teste) bolo potrebné zvýšiť prednastavenú hodnotu trenia medzi figurínou a vozovkou z 0,4 na 0,8. Jednotlivé testy boli vykonané na špecifickom povrchu: betón – výrazne opotrebovaný s vystúpenými kamienkami.

Ďalej bolo potrebné znížiť koeficient reštitúcie z prednastavenej hodnoty 0,1 na 0,00001 a zvýšiť súčiniteľ šmykového trenia medzi figurínou a vozidlom z prednastavenej hodnoty 0,2 na 0,5.

2.7 Test č. 3

Test č. 3 bol vykonaný za nasledovných podmienok:

Vozidlo: VW-Sharan

Figurína: USI

Nárazová rýchlosť: 73 km/h

Vodič sa snažil tesne pred zrážkou udržiavať konštantnú rýchlosť a začať brzdiť až po zrážke.

Poškodenie vozidla po teste č. 3 je zobrazené na obr. č. 10.



Obr. 10 – Poškodenie vozidla po zrážke
Fig. 10 – Damage of the car after test

Odhodenie figúriny po teste:

Pozdĺžne odhodenie: 41,8 m

Priečne odhodenie: 2,6 m

Celkové odhodenie: 41,9 m

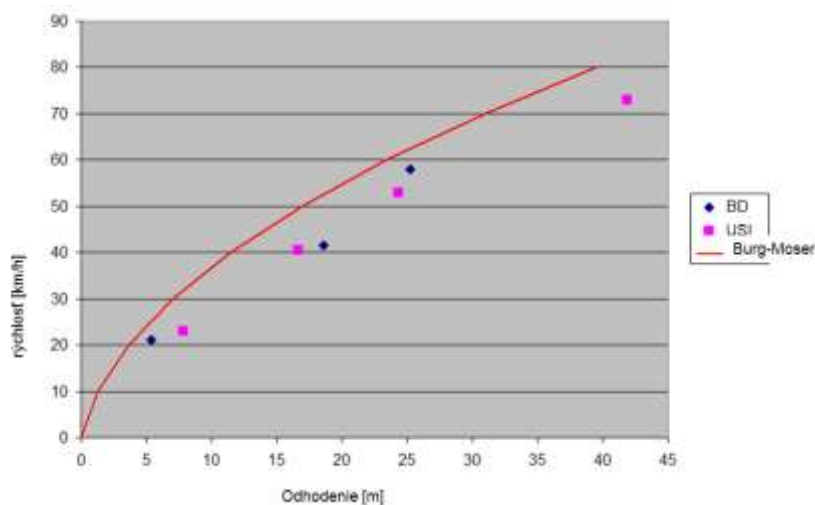
Parametre pre simuláciu:

Pre korektnú simuláciu (rovnaká dráha letu a rovnaká dráha šmýkania v simulácii a pri teste) bolo potrebné zvýšiť prednastavenú hodnotu trenia medzi figúrinou a vozovkou z 0,4 na 0,65. Jednotlivé testy boli vykonané na špecifickom povrchu: betón – výrazne opotrebovaný s vystúpenými kamienkami.

Ďalej bolo potrebné znížiť koeficient reštitúcie z prednastavenej hodnoty 0,1 na 0,00001 a zvýšiť súčiniteľ šmykového trenia medzi figúrinou a vozidlom z prednastavenej hodnoty 0,2 na 0,5.

3 ZÁVER

Na nasledovnom obr. 11 sú vynesené údaje z jednotlivých testov (závislosť nárazovej rýchlosti na dráhe odhodenia), pričom červenou čiarou je zobrazená závislosť nárazovej rýchlosti na dráhe odhodenia publikovaná v literatúre [1]. Mierne „posunutie“ vynesných bodov vpravo je pravdepodobne spôsobené špecifickým tvarom kapoty vozidiel MPV a v niektorých testoch tiež efektom „vezenia“ figúriny na kapote motora.



Obr. 11 – Graf rýchlosť – odhodenie figuríny
Fig. 11 – Graph impact speed - throwing distance of the dummy

Porovnaním výsledkov odhodenia a dráhy letu pri jednotlivých pokusoch možno konštatovať, že BD figurína a USI figurína dosiahli pri podobných podmienkach testu podobnú dráhu letu a dráhu odhodenia.

Porovnaním poškodenia vozidla od figuríny BD a USI možno konštatovať, že BD figurína vykazuje podstatne lepšie zhodu s poškodením, ktoré by vzniklo od ľudského tela oproti poškodeniu, ktoré vzniklo pri figuríne USI. Uvedené je spôsobené konštrukciou USI figuríny a jej značnou tuhosťou.

4 LITERATURA

- [1] Burg, H.; Moser, A. (ed.): *Handbuch Ver-kehrsunfallrekonstruktion, Unfallaufnahme – Fahrdynamik – Simulation*, GWV Fach-verlage GmbH, Wiesbaden 2007, ISBN 978-3-8348-0172-2.
- [2] Kasanický, G. – Kohút, P. – Lukášik, M.: *Impact dynamics theory for the analysis and simulation of collisions*, Žilinská uni-verzita in Žilina, Žilina, ISBN 80-8070-312-4, 2004.
- [3] MOSER, A., STEFFAN, H., HOSCHOPF, H., KASANICKY, G.: *Validation of the PC-Crash Pedestrian Model*, SAE 2000 2000-01-0847.
- [4] MOSER, A., STEFFAN, H., KASANICKY, G.: *Pedestrian model in PC-Crash –The Introduction of multi body system and its validation*. In: *Accident Reconstruction Technology and Animation IX*, 1999, SAE SP-1407.
- [5] MOSER, A., STEFFAN, H. KASANICKY, G.: *The Pedestrian Model in PC-Crash – The Introduction of a Multi Body System and its Validation*, SAE 1999 99B-118.