

## VYUŽITIE VYSOKORÝCHLOSTNEJ KAMERY NA IDENTIFIKÁCIU RÝCHLYCH DEJOV

Silvester POLJAK<sup>1</sup> – Ronald Bašťovanský<sup>2</sup> - Marián LEITMAN<sup>3</sup> - Stanislav SMOLKA<sup>4</sup>

### *High speed camera using for high speed processes*

*Understanding the rapid processes is necessary today, as often occur in industry or research. Using high speed cameras is one of the easiest and most effective ways to achieve the desired information. When you play a track of high-speed cameras, or even stop and examine a particular shot, we can see details that would remain unnoticed at large. In practical terms, it can be stated that some projects of science and research addressed in the research activities carried out is unthinkable without the use of the recording techniques. Results recording rapid process provide important information to clarify border phenomena and conditions in mechanical, technical systems and bionic buildings.*

**Key words:** *high speed video, analysis, drop test*

### 1. ÚVOD

Vysokorýchlostná kamera je zariadenie používané na snímanie filmových záznamov rýchlych dejov. Film je zaznamenávaný s normálnou rýchlosťou 24 obrázkov za sekundu (fps). Televízia využíva 25 fps (kódovanie PAL) až po 30 fps (kódovanie NTSC). Vysokorýchlostné kamery môžu nahrávať až rýchlosťou 1 000 000 fps a to vďaka tomu, že obraz sa premieta cez rotačný hranol alebo zrkadlo namiesto klapky, ktorá sa využíva v bežných fotokamerách. Ešte rýchlejšie je možné za pomoci špeciálnej elektroniky CCD – systému, ktorý môže zaznamenávať až rýchlosťou 25 mil. snímkov za sekundu. Pochopenie rýchlych dejov je v dnešnej dobe nevyhnutné, keďže sa často vyskytujú v priemysle alebo vo výskume. Použitím vysokorýchlostných kamier je jedna z najľahších a najefektívnejších ciest ako dosiahnuť požadované informácie. Keď prehráme nahrávku z vysokorýchlostnej kamery alebo dokonca zastavíme a skúmame konkrétny záber, môžeme vidieť detaily, ktoré by za veľkých rýchlostí ostali nepovšimnuté. Takto sa môžeme dozvedieť veľa o pohybujúcich sa objektoch. Použijeme príklad havárie auta – je úplne jasné, že ak by sme chceli skúmať čo sa deje počas samotnej havárie, tak z nahrávky normálnej kamery by sme sa toho veľa nedozvedeli (bolo by to veľmi ťažké, ak nie až nemožné proces analyzovať). Použitie vysokorýchlostnej kamery je limitované vonkajšími podmienkami z hľadiska parametrov záznamu, agresivity vonkajšieho prostredia, únikom mechanických častíc, únikom agresívnych spaľín a pod.

Ak je kdekoľvek potrebné zachytiť akýkoľvek dej, ktorý je pre ľudské oko alebo iné záznamové zariadenie príliš rýchly, je potrebné použiť prístroj, ktorý by toto dokázal. Takýmito prístrojmi sú práve vysokorýchlostné digitálne kamery. Jedná sa o prenosné aj stacionárne kamery, ktoré umožňujú záznam s frekvenciou až 150 000 snímkov za sekundu možnosťou nastavenia elektronickej uzávierky až do 20 násobku záznamovej rýchlosti. To dovoľuje zaznamenať naozaj veľmi rýchle deje do jedného alebo viacerých súborov v dvoch verejných formátoch (AVI bez kompresie a MPEG s kompresiou), ktoré potom možno ľahko analyzovať snímku po snímke.

<sup>1</sup>Ing. Silvester POLJAK, PhD., KKČS, Strojnícka fakulta, ŽU v Žiline

<sup>2</sup>Ing. Ronald BAŠŤOVANSKÝ, PhD., KKČS, Strojnícka fakulta, ŽU v Žiline

<sup>3</sup>Ing. Marián LEITMAN, PhD., KKČS, Strojnícka fakulta, ŽU v Žiline

Recenzent: doc. Ing. Silvester POLJAK, PhD.

Kamery môžu pracovať ako samostatné zariadenie, keď sa ukladanie vykonáva ručne (na CF kartu), alebo je možné ju prepojiť priamo s PC a ovládať kameru prostredníctvom LAN konektora. Štart záznamu je tiež možné vykonať prostredníctvom externého triggeru (niekoľko možností spustenia záznamu). Navyše je možné súčasne prepojiť niekoľko kamier, synchronizovať ich a ovládať z jedného PC. Použitie viac synchronizovaných kamier má výhodu záznamu rýchleho deja z rôznych pohľadov, ale v rovnakom čase, čím sa docíli ucelený pohľad na zaznamenávaný objekt. Kamery sú vybavené CDU ovládacou jednotkou s LCD displejom a tiež video výstupom s možnosťou pripojenia externého monitora / televízie.

Zaznamenané videá možno prezerať a analyzovať dodávaným programom, alebo ho jednoducho prehrať vo voľne dostupných prehliadačoch (napr. Windows Media Player). Navyše je možné videá spracovávať profesionálnym programom s kompletným vyhodnotením.

Hlavné oblasti použitia vysokorýchlostných kamier sú napríklad:

v priemysle

- Redukcia výpadkov
- Zrýchlenie nastavenia liniek a technologických zmien
- Zníženie poruchovosti a výrobných nákladov
- Zníženie dób odstávok a nákladov na údržbu

v laboratóriu

- Vývoj a konštrukcia nových výrobkov
- Výskum biomechaniky v polybe
- Analýza správania zvierat
- Štúdie vizualizácie prúdenia / toku

v teréne

- Testovanie vojenských systémov a zbraní
- Športový tréning a jeho analýza
- Automatizácie a výskum procesov
- Nárazový test

## 2. PRAKTICKÉ VYUŽITIE VYSOKORÝCHLOSTNEJ KAMERY PRI STANOVENÍ RÝCHLOSTI STRELY A TLMIAČEHO ÚČINKU PREKÁŽKY

V súčasnosti na Katedre konštruovania a častí strojov v laboratóriu Bioniky využívame vysokorýchlostnú kameru zn. OLYMPUS I-Speed 3 (obr.č.1) Jedná sa o vysokorýchlostnú kameru s maximálnym rozlíšením 1280x1024 (možnosť nahrávania videí v HD kvalite do rýchlosti 2000fps) a maximálnym počtom snímkov 150000fps. Kamera obsahuje CMOS snímač veľkosti APS-C, nahrávané dáta je možné ukladať na CompactFlash kartu a ovládanie je zabezpečené pomocou CDU jednotky (obr.č.2). Kameru možno ovládať aj pomocou LAN pripojenia cez PC, prípadne zapojiť viacej kamier k jednému PC. Výmenou optického systému je možné eliminovať prípadné negatívne podmienky v záznamovom prostredí. Ani najdokonalejší osvetľovací systém nenahradí prirodzené osvetlenie s ohľadom na spektrálnu a svetelnú intenzitu vyžarovacieho zdroja. Z praktického hľadiska možno konštatovať, že niektoré projekty vedy a výskumu riešené v rámci vedeckovýskumnej činnosti je nepredstaviteľné realizovať bez použitia uvedenej záznamovej techniky. Výsledky záznamu rýchleho deja poskytujú informácie dôležité pre upresnenie hraničných javov a podmienok v mechanických, technických systémoch a bionických objektoch.



Obr.č.1 Vysokorychlostná kamera



Obr.č.2 Zobrazovacia jednotka

V rámci riešenia výskumnej úlohy budeme demonštrovať možnosti využitia vysokorychlostného záznamu pri pozorovaní účinku vodnej bariéry na šírenie rýchlosti strely pri použití dvoch rôznych typov strelných zbraní. Na porovnanie sme využili dve vzduchové zbrane, SLAVIA 631 (obr.č.3) a LOV 21 (obr.č.4). Jednotlivé technické parametre použitých vzduchových zbraní sú uvedené v tab.č.1.

Tab.č.1

	SLAVIA 631	LOV 21
<b>Kaliber</b>	4,5 mm	4,5 mm
<b>Strelivo</b>	Olovené diabolo	Olovené diabolo
<b>Typ mechanizmu</b>	CO <sub>2</sub> plyn	Pružina - piest
<b>Úst'ová rýchlosť</b>	190 m/s	120 m/s
<b>Hmotnosť</b>	3,1 kg	0,722 kg

Pri jednotlivých experimentoch bola použitá vodná bariéra pozostávajúca z dvoch litrov vody napustených v gumovom balóne. Do každého balóna bolo strieľané zo vzdialenosti približne 0,5 metra. Táto vzdialenosť bola zvolená vzhľadom na limitované možnosti snímania vysokorychlostnej kamery. Experiment bol opakovaný 3 krát. Na snímanie bol využitý vysoko svetelný objektív s ohniskovou vzdialenosťou 70 mm. V oboch prípadoch bola použitá rovnaká rýchlosť záznamu kamery a to 10000fps, aby bola možnosť vyhodnotiť jednotlivé fázy dráhy pohybu jednotlivých striel. Ako kalibračné meradlo slúžila hlavne jednotlivých zbraní, jej priemer. Na analýzu jednotlivých videí bol využitý softvér TRACKER, ktorý umožňuje používateľom merať a sledovať rýchlosť, polohu, zrýchlenie a ďalšie charakteristiky. Výsledky analýzy môžu byť okamžite interpretované v grafoch a prehodnocované pri porovnávaní s externými údajmi a môžu byť exportované do rôznych výstupných formátov pre ďalšie spracovanie a reprezentatívne účely. Pri analýze v programe Tracker bola využitý nástroj automatického vyhľadávania sledovaných bodov, využívajúci algoritmus sledovania zmeny obrazu.

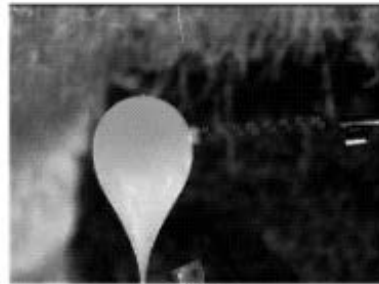


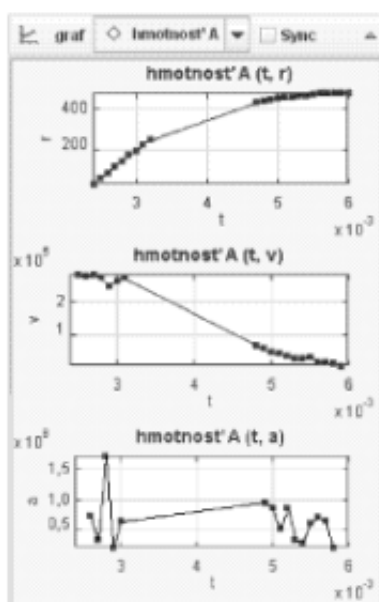
Obr.č.3 SLAVIA 631



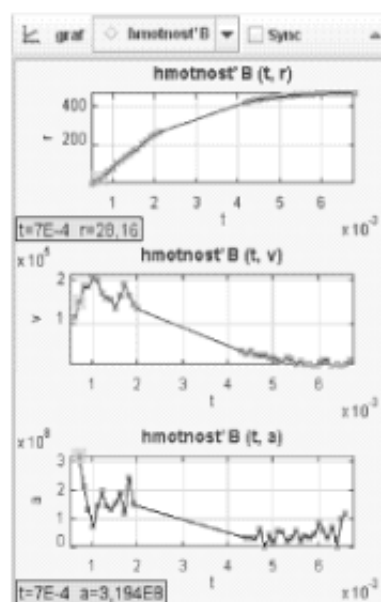
Obr.č.4 LOV 21

Jednotlivé fázy pohybu striel pre SLAVIA 631 sú uvedené na Obr.č.5a – 5b a pre LOV 21 na Obr.č.6a – 6b. Pri snímaní je dráha strely je využité sekvenčné snímanie obrazu viditeľné na Obr.č.5 a Obr.č.6.

*Obr.č.5a**Obr.č.6a**Obr.č.5b**Obr.č.6b*



Graf č.1 – SLAVIA 631



Graf č.2 – LOV 21

Obrazový záznam bol transformovaný do grafov č.1 a č.2 generovaných programom TRACKER. Grafické záznamy umožňujú porovnanie sledovaných parametrov. V každom z grafov je znázornená závislosť dráhy, rýchlosti a zrýchlenia v závislosti na čase. Jedná sa o nespojitú dynamickú javy. Zo záznamu možno usúdiť vyššiu priernu schopnosť zbrane SLAVIA 631 v porovnaní so zbraňou LOV 21. Podľa predpokladu sa potvrdilo, že chovanie strely pri prakticky rovnakej ústovej rýchlosti je ovplyvnené nielen energiou strely ale aj rotáciou. Program TRACKER umožňuje spracovanie a vyhodnotenie rýchlych záznamových dejov a procesov pomocou prenosu a následného spracovania záznamu s dostatočnou presnosťou získaných údajov. V súčasnosti sa na trhu nachádza viacero programov pre analýzu vysokorychlostného záznamu, ale dostupné programové riešenia sú finančne veľmi náročné.

### 3. ZÁVER

Výsledky použitia vysokorychlostnej kamery na záznam rýchlych dejov ukazuje, že niektoré faktory vplyvajúce na chod technologického, resp. výrobného procesu je možné na základe analýzy výsledkov zo záznamu efektívne korigovať podľa požiadaviek zadávateľa úlohy. Pre prezentáciu našich výsledkov boli zvolené ukážky s ohľadom na zrozumiteľnosť a pochopenie princípu snímania.

V praxi sa môže vyskytnúť problém ťažko opakovateľného deja s obťažným opakovaným záznamom. Preto každému snímaniu predchádza zodpovedná a dôkladná príprava snímanej scény. Je potrebné dbať na rozdielne podmienky vyskytujúce sa vo výrobnjej prevádzke a laboratórnych podmienkach s ohľadom na prašnosť a klimatické podmienky resp. únik pevných častíc do priestoru.

Naše skúsenosti potvrdili vysokú spoľahlivosť použitého zariadenia na snímanie rýchlych dejov. Uchovanie záznamu je podmienené použitým záznamovým médiom ktorých vývoj je všeobecne známy.

Tento článok vznikol v rámci projektu APVV LPP 0242-09 – Inovácie inšpirované prírodou – Bionika a v rámci projektu VEGA 1/0564/10 Výskum štruktúr, morfológií povrchov a vlastností prírodných materiálov ako zdroj inšpirácií pre nekonvenčné konštrukčné materiály.

#### LITERATÚRA

[1] Olympus service manual, 2009, UK

[2] Piersol, A. G., - Shock and Vibration Handbook, 2010, McGraw-Hill, ISBN 978-0-07-163343



**Vysoká škola báňská - Technická  
univerzita Ostrava**

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů



## **SBORNÍK REFERÁTŮ**

**52. KONFERENCE KATEDER ČÁSTÍ A MECHANISMŮ STROJŮ  
S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ**

**6. - 9. 9. 2011**

**OSTRAVICE, horský hotel Sepetná**



**Vysoká škola báňská – Technická  
univerzita Ostrava**

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů



## **SBORNÍK REFERÁTŮ**

**52. KONFERENCE KATEDER ČÁSTÍ A MECHANISMŮ STROJŮ  
S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ**

**6. – 9. 9. 2011**

**OSTRAVICE, horský hotel Sepetná**



ISBN 978-80-248-2450-5

**Odborné zaměření konference**

- zaměření a špičkové výsledky pracoviště
- pohony a převody
- základní prvky strojů
- konstrukce strojů a skupin
- moderní metody výuky v oboru
- materiály v částech strojů
- dynamické jevy v částech strojů
- měření a experiment
- ostatní problémy v částech strojů

**Patronát nad konferencí**

**prof. Ing. Radim FARANA, CSc.**, děkan Fakulty strojní, VŠB-TU Ostrava

**Garant konference**

**prof. Dr. Ing. Miloš NĚMČEK**, vedoucí katedry částí a mechanismů strojů, FS, VŠB-TU Ostrava

**Odborná garance konference**

**prof. Ing. Miroslav BOŠANSKÝ, CSc.** (STU Bratislava)

**prof. Ing. Zdeněk DEJL, CSc.** (VŠB-TU Ostrava)

**prof. Ing. Vojtěch DYNBYL, CSc.** (ČVUT Praha)

**prof. Ing. Jaroslav HOMIŠIN, CSc.** (TU Košice)

**prof. Ing. Stanislav HOSNEDL, CSc.** (ZČU Plzeň)

**prof. Ing. Ladislav MÁLIK, CSc.** (ŽU v Žilině)

**doc. Ing. Pavel MAZAL, CSc.** (VUT Brno)

**prof. Ing. Štefan MEDVECKÝ, Ph.D.** (ŽU v Žilině)

**prof. Ing. Vladimír MORAVEC, CSc.** (VŠB-TU Ostrava)

**prof. Ing. Lubomír PEŠÍK, CSc.** (TU Liberec)

**prof. Ing. Ladislav ŠEVČÍK, CSc.** (TU Liberec)

**prof. Ing. Miroslav VEREŠ, CSc.** (STU Bratislava)

<b>32. Libor NOHÁL:</b> APLIKACE MERICÍHO ZARÍZENÍ KONTINUÁLNĚ SNÍMAJÍCÍ SIGNÁL AKUSTICKÉ EMISIE <i>Application of Continuous Measuring Device Sampling Acoustic Emission Signal...</i>	181
<b>33. Josef OLEKSIK, Květoslav KALÁB:</b> PROBABILITY CALCULATION OF LIFESPAN WITH THE SBRA METHOD <i>Pravděpodobnostní výpočet životnosti metodou SBRA</i>	185
<b>34. Lubomír PEŠEK, Antonín SKAROLEK, Martin VANČURA:</b> PODSTAVEC SEDADLA ŘIDIČE SE ŘÍZENOU ZATĚŽOVACÍ CHARAKTERISTIKOU	191
<b>35. Karel PETR, Pavel SYROVÁTKA, Pavel MOSSÓCZY:</b> ZKŮŠEBNÍ ZARÍZENÍ PRO ZKOUŠENÍ PŘEVODOVEK KOLEJOVÝCH VOZIDEL DO 500kW <i>Test Rig for Testing of Transmissions of The Rolling Stocks up to 500 kW</i>	195
<b>36. Jan PETŘÍK, Rudolf MARTONKA:</b> MEASURING PLATFORM FOR SEAT TESTING <i>Měřicí platforma pro měření sedadel</i>	199
<b>37. Jaroslav PITOŇÁK, Miroslav GALBAVÝ:</b> VYUŽITÍ SOČASNÝCH VÝPOČTOVÝCH PROSTŘEDKŮ PŘI NÁVRHU DIFERENCIÁLNÝCH TRANSMISÍ <i>Use of existing computing resources for design of differential transmissions</i>	203
<b>38. Jaroslav PITOŇÁK, Miroslav GALBAVÝ:</b> NÁVRH DIFERENCIÁLNĚJ TRANSMISIE S VYŠŠÍM POČTEM PŘEVODOVÝCH STUPŇŮ <i>Design of differential transmission with higher number of gear ratios</i>	209
<b>39. Jozef PRODAJ, Zuzana MÁTKOVÁ, Miloš PERONČÍK:</b> NÁVRH SKŮŠEBNĚHO ZARIADENIA PRE TESTOVANIE TRANSMISÍ URČENÝCH PRE GUMÁRENSKÝ PRIEMYSEL <i>Design of a testing stand destined for the rubber-industry-transmissions</i>	215
<b>40. Radim SLANINA:</b> NÁVRH ZKŮŠEBNÍHO ZARÍZENÍ PRO DOPRAVNÍKOVÉ VÁLEČKY <i>The proposition of Test equipment for Conveyor rollers</i>	219
<b>41. Radim SLANINA, Jiří HAVLÍK:</b> TESTOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI AUTOMOBILOVÝCH ZÁMKŮ <i>Testing lifetime cars' locks</i>	223
<b>42. Stanislav SMOLKA, Silvester POLJAK:</b> EXPERIMENTÁLNÝ NÁVRH POBŮVACA PRIETOKOVEJ REGULÁCIE PRE ELIMINACIU HLUCNOSTI <i>Experimental proposal of slider flow control - for noise reduction</i>	225
<b>43. Silvester POLJAK, Ronald Bařčovanšký, Marián LEFTMAN, Stanislav SMOLKA:</b> VYUŽITIE VYSOKORYCHLOSTNEJ KAMERY NA IDENTIFIKACIU RÝCHLYCH DEJOV <i>Use of high speed camera for identification of fast events</i>	231
<b>44. Patrik SNEHOTA:</b> NÁVRH ZUBOVĚHO PNEUMOTORU S VYUŽITÍM „HCR“ OZUBENÍ <i>Design of a gear air engine with use of „HCR“ gearing</i>	235
<b>45. Pavel SRB, Vítězslav FLIEGEL:</b> NÁHRADY PU FEN PŘEVAŽNĚ URČENÝCH PRO VÝROBU SEDADEL <i>Replacement of PU foam for production seats</i>	241
<b>46. Pavel SYROVÁTKA, Vojtěch DYNBYL, Zdeněk ČEŠPIRO, Miloš JÁRA, Tomáš KUJAN:</b> NÁVRH KUZELOCELNĚ PŘEVODOVKY <i>Design transmission with pair of bevel and pair of spur gear</i>	247
<b>47. Jiří ŠAMŠA:</b> VLIV NEJISTOTY MĚŘENÍ NA MĚŘENÉ HODNOTY TURBÍNOVÉ BRUSKY DO 1KW VÝKONU <i>Influence of uncertainty measurement to measuring parameters of turbine grinder into 1kW power</i>	251
<b>48. Peter ŠČERBA, Tomáš ŠPÁNIK, Gabriela BORSOVÁ, Miroslav MIKITA:</b> SKŮŠKY ŽIVOTNOSTI NÁPRAVOVÝCH LOŽISK ŽELEZNIČNÝCH VOZŇOV PRE VYSOKÉ RÝCHLOSTI <i>Tests of lifetime for axleboxes bearings of railway carriage axleboxes bearing for high speeds</i>	255
<b>49. Peter ŠČERBA, Tomáš ŠPÁNIK, Miroslav MIKITA, Slavomír HRČEN:</b> KONSTRUKČNÝ NÁVRH SKŮŠEBNĚHO ZARIADENIA URČENÉHO PRE SKŮŠKY ŽIVOTNOSTI NÁPRAVOVÝCH LOŽISK ŽELEZNIČNÝCH VOZŇOV PRE VYSOKÉ RÝCHLOSTI <i>Construction design of testing machine for test of lifetime of railway carriage axleboxes bearing for high speed</i>	259