

A F T
**ACTA
FACULTATIS
TECHNICAE**



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

2

ROČNÍK: XVII

ZVOLEN 2012

OBSAH

VEDECKÉ ČLÁNKY

SLEDOVANIE MNOŽSTVA KOVOVÝCH PRVKOV V MOTOROVÝCH OLEJOCH VYBRANÝMI TRIBOTECHNICKÝMI METÓDAMI

MONITORING THE METAL ELEMENTS IN MOTOR OILS SELECTED OF TRIBOTECHNICAL METHODS..... 7

Jozef ČUCHRAN – Marián KUČERA – Zdeněk ALEŠ

HODNOTENIE KVALITY SEJBY SEJAČKY

JOHN DEERE MAX EMERGE PRI POUŽITÍ OSÍV S RÔZNYMI VLASTNOSTAMI

QUALITY EVALUATION OF SOWING BY SOWING-MACHINE JOHN DEERE MAX EMERGE WITHIN USAGE OF SEEDS WITH DIFFERENT ATTRIBUTES..... 17

Pavol FINDURA – Ján Jobbágy – Marek Angelovič – Branislav ŽIDEK – Marek JAKUBEC – Marcel PRÍSTAVKA

SYNERGICKÉ PÔSOBNIE RIZIKOVÝCH FAKTOROV V PRACOVNOM PROSTREDÍ A SPÔSOBY ICH HODNOTENIA

SYNERGY EFFECT OF RISK FACTORS IN WORKING ENVIRONMENT AND METHODS THEIR ASSESSMENT 25

Richard HNILICA

VPLYV PREDSPRACOVANIA NA ANALÝZU ŠPECIÁLNYCH OBRAZOV

INFLUENCE OF PREPROCESSING ON THE SPECIAL IMAGE ANALYSIS 35

Mária HRČKOVÁ

TRIEDENIE GULATINY OVPLYVŇUJE VÝŤAŽ V PROCESE PÍLENIA

SAW LOGS SORTING INFLUENCE THE YIELD 45

Mária KRAJČOVIČOVÁ

MERANIE VÝŠKY TELES POMOCOU DVOCH KAMIER

MEASURING OF BODY HEIGHT BY TWO CAMERAS 55

Pavol KOLEDÁ – Ľubomír NAŠČÁK

ZÁŤAŽOVÉ CHARAKTERISTIKY TRAKTORA FENDT 926 VARIO PRE SIMULÁCIU NA EXPERIMENTÉLNOM ZARIADENÍ

LOAD CHARACTERISTICS OF TRACTOR FENDT 926 VARIO FOR SIMULATION ON THE EXPERIMENTAL DEVICE 63

Ján KOSIBA – František VARGA – Miroslav MOJŽIŠ – Ľubomír BUREŠ

SLEDOVANIE SPOTREBY POHONNÝCH LÁTKO OBJEMOVÝM PRIETOKOMEROM

MONITORING CONSUMPTION OF FUEL WITH VOLUMETRIC METERS 73

Jozef KRILEK – Lucia DOBROTOVÁ

ZAŤAŽOVANIE EKOLOGICKÝCH KVAPALÍN PREVÁDZKOVÝM TLAKOM V LABORATÓRNYCH PODMIENKACH

THE LOADING OF BIODEGRADABLE FLUID WITH OPERATING LOAD UNDER LABORATORY CONDITIONS 83

Radoslav MAJDAN – Pavol CVÍČELA – Rudolf ABRAHÁM – Dana KROČKOVÁ – Vladimír ŠINSKÝ

– Bohuslav STANČÍK – Ivan ŠTULAJTER

PRÍSPEVOK K NAVRHOVANIU SERVISNÝCH ROBOTOV V LESNÍCTVE CONTRIBUTION TO PROJECTING OF SERVICE ROBOTS IN FORESTRY	93
Anton PALKO	

VIZUALIZÁCIA A VYHODNOTENIE OBRAZOV KONCENTRAČNÝCH POLÍ VISUALISATION AND CONCENTRATION FIELDS IMAGES EVALUATION	101
Elena PIVARČIOVÁ – Jozef ČERNECKÝ – Ján KONIAR	

THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE NUMBER OF TEETH OF THE CIRCULAR-SAW BLADE ON THE CRITICAL ROTATION SPEED ANALÝZA VPLYVU POČTU ZUBOV PÍLOVÉHO KOTÚČA NA KRITICKÉ OTÁČKY	109
Ján SVOREŇ	

REFERÁTY

EXPERIMENTÁLNE MERANIE ŤAHOVÝCH VLASTNOSTÍ A PREKLZU PNEUMATÍK STROJOV V LESNOM HOSPODÁRSTVE PRI ZMENE TLAKU HUSTENIA EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF TRACTION CHARACTERISTICS A PRESSURE	121
Peter DOBROTA – Milan MIKLEŠ – Matúš FRANTA	

METODIKA EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA TRECÍCH SÍL KLZNÝCH LOŽÍSK NA TRIBOTESTERI M 86 METHODIK EXPERIMENTELLEN MESSUNGEN DER REIBUNGSKRÄFTE VON GLEITLAGERN 131 IN TRIBOTESTER M86.....	131
Mária REMPEROVÁ – Pavel BEŇO	

VEDECKÉ ČLÁNKY

SLEDOVANIE MNOŽSTVA KOVOVÝCH PRVKOV V MOTOROVÝCH OLEJOCH VYBRANÝMI TRIBOTECHNICKÝMI METÓDAMI

MONITORING THE METAL ELEMENTS IN MOTOR OILS SELECTED OF TRIBOTECHNICAL METHODS

Jozef ČUCHRAN – Marián KUČERA – Zdeněk ALEŠ

ABSTRACT: This writing deals with tribotechnical methods and results of state friction nodes of the engine in IVECO TRAKKER. Engine condition monitoring is carried out by using the methods of tribotechnical diagnostics. To detect wear of the friction nodes were used AAS and ferrographic analysis methods.

Keywords: engine oil, vehicle, tribodiagnostics

ABSTRAKT: V predloženom príspevku sú prezentované spôsoby a výsledky hodnotenia stavu trecích uzlov motora v odvoznej súprave IVECO TRAKKER. Sledovanie stavu motora sa uskutočňuje pomocou metód tribotechnickej diagnostiky. Na zistenie opotrebenia trecích uzlov boli použité metódy AAS a ferografická analýza.

Kľúčové slová: motorový olej, dopravný prostriedok, tribodiagnostika

1 ÚVOD

Stanovenie prevádzkovej spoľahlivosti a zisťovanie technického stavu pozostáva z určenia odchýliek od normálneho stavu, analýzy druhov a príčin vzniku týchto odchýliek a následného diagnostického záveru. Význam diagnostiky spočíva v objektivite rozhodovania, zrýchlení opráv, lokalizácii poruchy, zmenšení počtu porúch rozpoznaním predporuchového stavu, predchádzaní havarijným stavom a predĺžení fyzickej životnosti zariadení (Majdan et al., 2010).

Tribotechnická diagnostika je časťou bezdemontážnej diagnostiky zaoberajúca sa zisťovaním technického stavu trecích uzlov na základe odobranej vzorky maziva, ktorým sú tieto uzly mazané. Umožňuje nám určiť nielen technický stav trecích uzlov, ale taktiež samotný stav degradácie mazacej náplne diagnostikovaného stroja, vhodnosť daného maziva a výmenné intervaly. Dlhodobejším sledovaním strojného celku je možné vytvárať prognózu ďalšieho opotrebenia (Turis et al., 2004).

Techniku na kontrolu činnosti uzlov strojov možno deliť nasledovne:

- tribometrickú techniku na sledovanie funkcie tribosystému,
- tribometrickú techniku na sledovanie štruktúry tribosystému.

Jednotlivé metódy, ktoré sa v tribodiagnostike využívajú, možno rozdeliť:

- vizuálne metódy kontroly,
- metódy kontroly vibrácie,
- **metódy sledovania častíc opotrebenia,**
- prevádzkové metódy sledovania strojov a ich častí (Blaškovič et al., 1990).

V budúcnosti je z hľadiska diagnostiky tribologických systémov možné predpokladať zvýšenú pozornosť venovanú vývoju a uplatneniu prevádzkových diagnostických systémov zaručujúcich bezpečnú prevádzku a včasnú identifikáciu vznikajúcich porúch. K tomu patrí aj vývoj novej meracej prevádzkovej aj laboratórnej techniky pracujúcej nezávisle od ľudskej obsluhy (Sekereš et al., 2009).

2 MATERIÁL A METODIKA

Objektom posudzovania prevádzkovej spoľahlivosti bol motor pracujúci vo vozidle IVECO TRAKKER, obrázok 1, s olejovou náplňou TOP TEC 4600 spoločnosti LIQUI MOLY s viskozitnou triedou 5W-30, ktorej špecifikáciu a základné parametre uvádza tabuľka 1.



Obrázok 1 Odvozná súprava IVECO TRAKKER

Tabuľka 1 Špecifikácia a základné parametre motorového oleja TOP TEC 4600

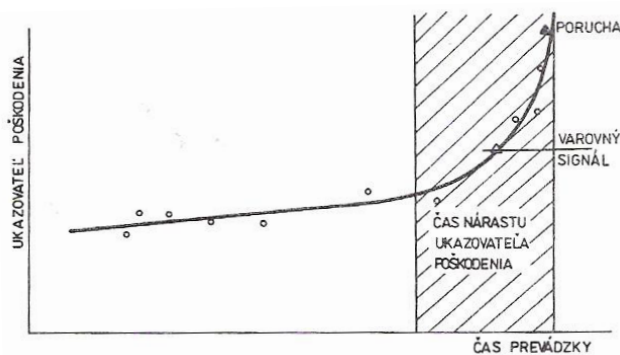
Parameter	TOP TEC 4600
Špecifikácia	API SM/CF, ACEA C3-08, MB-Approval 229.51, BMW Longlife-04, VW 502 00 / 505 00 / 505 01 Ford WSS M2C 917-A, Opel GM LL-A-025, GM LL-B-025, ACEA A3-04/B4-04
Viskozitná trieda	SAE 5W-30
Kinematická viskozita pri 40 °C (mm ² .s ⁻¹) pri 100 °C (mm ² .s ⁻¹)	64 11,6
Hustota pri 15 °C (kg.m ⁻³)	855
Bod vzplanutia (°C)	232
Bod tuhnutia (°C)	-36

2.1 Metódy analýzy stavu trecích uzlov

Existujú diagnostické signály, ktoré pri vhodnom výbere ukazovateľa a kontrolného časového intervalu umožnia priebežne charakterizovať technický stav príslušného uzla. Pravidelnou kontrolou a meraním s narastaním času prevádzky stroja alebo uzla sa zvyčajne získa charakteristická závislosť ukazovateľa poškodenia od času prevádzky, obrázok 2 (Blaškovič et al., 1990).

V rámci metodiky sledovania a vyhodnocovania množstva prvkov by sa mali sledovať také prvky, ktoré sú dominantne obsiahnuté v trecích uzloch. Pri vyberaní konkrétnych prvkov, ktoré majú byť stanovené zo vzorky by malo dochádzať k rovnováhe medzi nákladmi na vykonanie rozboru a dôležitosťou takto získanej informácie. Nemusí dochádzať k stanoveniu všetkých prvkov obsiahnutých v materiáloch, stačí vybrať tie najdominantnejšie prvky a prvky s najväčšou vypovedacou schopnosťou.

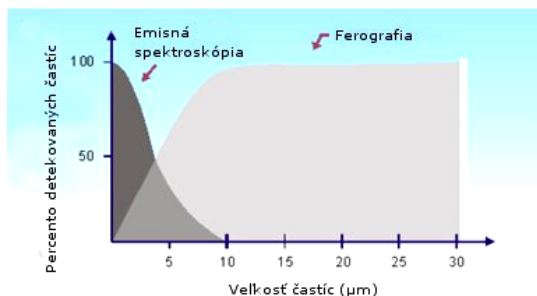
Všeobecne doporučované prvky pre sledovanie množstva oterových kovov vo vznetových motoroch s ich limitnými koncentráciami sú uvedené v tabuľke 2.



Obrázok 2 Všeobecný priebeh ukazovateľa poškodenia v závislosti od času prevádzky (Blaškovič et al. 1990)

Častice opotrebenia môžeme analyzovať rôznymi metódami, a to:

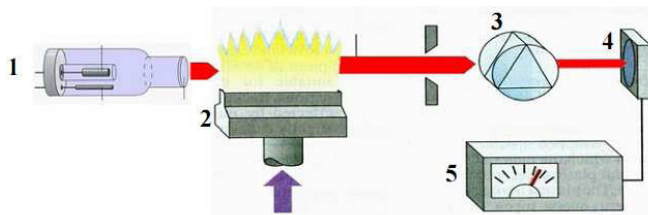
- kvantitatívne – určuje sa veľkosť častíc, rozdelenie veľkosti, koncentrácia častíc, zloženie,
- kvalitatívne – určuje sa stav častíc, napríklad oxidácia, morfológia, farba a pod. (Blaškovič et al., 1990).



Obrázok 3 Priebeh pravdepodobnosti detekovania častíc v závislosti na veľkosti pre ferografiu a emisnú spektroskopiu (Holek, Aleš, 2010)

2.1.1 Atómová absorbčná spektroskopia (AAS)

Princípom absorbčnej spektrofotometrie je meranie intenzity katódou emitovaného žiarenia o presnej vlnovej dĺžke, ktorá je príbuzná žiareniu sledovaného prvku. Toto žiarenie je absorbované atómami kovu, ktorý sa nachádza vo vzorke. Pokles intenzity žiarenia je priamo úmerný koncentrácii prvku vo vzorke, obrázok 4 (Grinč a Strážovec, 1996).



Obrázok 4 Atómový absorpčný spektrometer (Halászová, 2009)
1 – zdroj žiarenia, 2 – atomizátor, 3 – monochromátor, 4 – detektor, 5 – indikačný prístroj

Tabuľka 2 Limitné koncentrácie prvkov podľa Iléninovej¹ a Černého²

Koncentrácia prvkov	(ppm)		
	Fe	Cu	Al
Normálna ²	pod 50	pod 30	pod 25
Zvýšená ²	50–75	30–45	25–35
Nebezpečná ²	nad 75	nad 45	nad 35
Limitné hodnoty ¹	100	40	40

2.1.2 Analytická ferografia

Princípom ferografie je rozdelenie kovových oterových častíc podľa ich veľkosti v silnom magnetickom poli. Slúži pre posúdenie intenzity opotrebenia trecích uzlov agregátu. Vzorka skúmaného maziva steká po šikmej podložke, obrázok 5, ktorá je umiestnená v magnetickom poli. Najväčšie častice sa usadzujú na začiatku podložky a ďalej sa častice usadzujú postupne podľa svojej veľkosti a tvaru. Dôležitá je taktiež orientácia na ferograme, povrch a tvar častíc.



Obrázok 5 Príprava ferogramu a jeho vyhodnotenie

Pripravený ferogram sa vyhodnocuje pod mikroskopom, obrázok 5, pričom sa vyhodnocovanie začína na pozícii L (veľkých) častíc.

2.1.3 Ferografia s priamym odčítaním

Princíp ferografie s priamym odčítaním zostáva rovnaký, ako pri vyššie uvedenej metóde, len namiesto sklíčka je použitá tenkostenná sklenená kapilára zafixovaná v divergentnom magnetickom poli špeciálneho magnetu. Kapilárou preteká skúšaný olej. V dvoch miestach, kde sa usadzujú veľké a malé častice, sú napevno zabudované zdroje žiarenia a snímače, ktoré snímajú úbytok intenzity žiarenia. Ten je priamo úmerný stupňu pokrytia steny kapiláry časticami. Na ferografe s priamym odčítaním trvá analýza 1. vzorky asi 7 až 10 minút (Interný predpis ŽSR).



Obrázok 6 Kapilárny ferograf PMA 90S

Vyhodnotenie sa vykonáva výpočtom podľa Al Hakima z hodnôt odčítaných na displeji prístroja pre veľké častice D_L a malé častice D_S .

$$WPC = \frac{D_L + D_S}{1800} \cdot 100(\%) \quad (1)$$

$$PLP = \frac{D_L \cdot k}{D_L + D_S} \cdot 100(\%) \quad (2)$$

WPC – hladina opotrebovania,

PLP – intenzita opotrebovania,

k – koeficient udávajúci intenzitu opotrebovania.

V prípade, že počet veľkých oterových častíc $D_L \leq 100$, potom je koeficient intenzity opotrebovania $k = 0,01$. Ak počet veľkých oterových častíc D_L je v intervale 100 až 900,

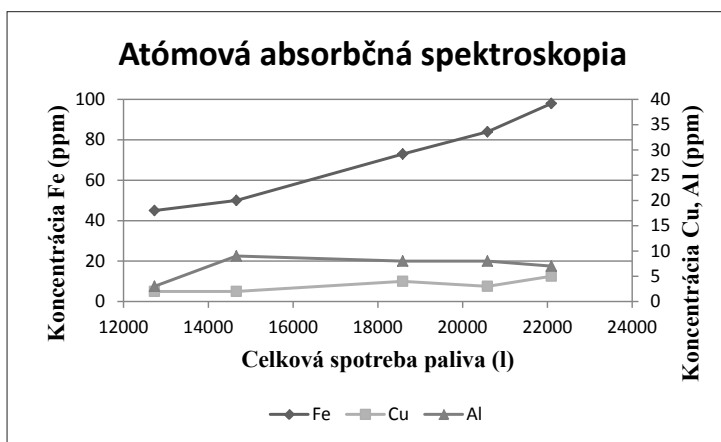
potom sa hodnota koeficienta pohybuje v rozsahu $k = 0,1$ až $0,9$ (napríklad ak $D_L = 500$, potom $k = 0,5$) (Dobrǎnsky et al., 2007).

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

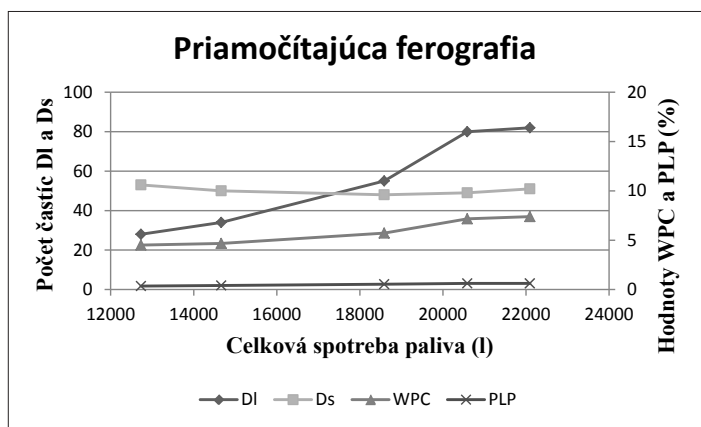
Ako je možné sledovať v tabuľke 3 a na diagrame AAS, obrázok 7, so zvyšujúcou spotrebou vozidla dochádza vplyvom prirodzeného opotrebenia k nárastu koncentrácie častíc Fe. Tento nárast je najprv pozvoľný a pri dosiahnutí určitej spotreby dochádza ku skokovému nárastu až dochádza k priblíženiu k limitnej hodnote 100 ppm. Ďalšie prvky ako je Cu a Al menia svoje hodnoty len nepatrne.

Tabuľka 3 Namerané a vypočítané hodnoty

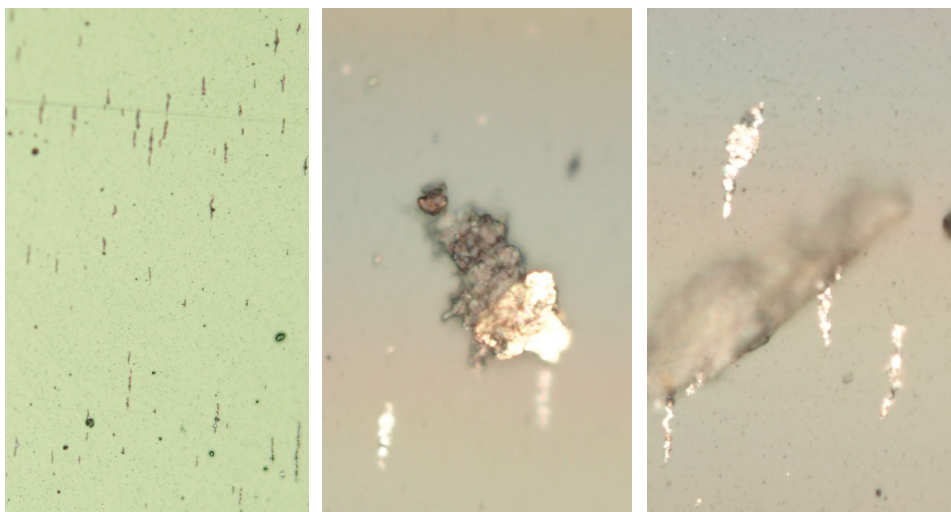
P.č.	Spotreba od výmeny oleja (l)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Al (ppm)	DI	Ds	WPC (%)	PLP (%)
1	12730,71	45	2	3	28	53	4,50	0,35
2	14661,71	50	2	9	34	50	4,67	0,40
3	18587,61	73	4	8	55	48	5,72	0,53
4	20586,85	84	3	8	80	49	7,17	0,62
5	22092,25	98	5	7	82	51	7,39	0,62



Obrázok 7 Koncentrácia dominantných častíc stanovená metódou AAS



Obrázok 8 Priebeh ferografického opotrebenia motora



zváženie 200× zváženie 500× – 33 μm zváženie 500×
pozícia S častíc kovová častica kovové častice do 15 μm

Obrázok 9 Záznam analytickej ferografickej analýzy oterových častíc

Priamočítajúca ferografia kopíruje v podstate výsledky metódy AAS. Jedná sa tu hlavne o nárast počtu častíc Fe s rozmerom nad 15 μm, obrázok 8, častice s rozmerom menším ako 5 μm vykazujú v podstate klesajúci charakter. Tento proces popisuje aj Kovář vo svojej práci, kde hovorí o zvýšenom opotrebení prejavujúcom sa nárastom väčších častíc a postupným poklesom malých častíc. Tento stav môžeme prisúdiť dlhodobému použitiu olejovej náplne a teda normálnemu nárastu častíc vplyvom opotrebenia trecích uzlov a olejovej náplne, čo je podložené nízkym WPC a PLP, pričom hraničné hodnoty predstavujú podľa Hakima pre WPC = 20 % a PLP = 15 %.

Kovář tiež popisuje medzný stav prejavujúci sa časticami rozmerov nad 30 µm a stratou retiazok malých častíc. Ako je možné sledovať na obrázku 9 dochádza pri vzorkách k strate malých retiazok a zároveň k nárastu väčších častíc, avšak tento stav nemožno považovať za medzný, keďže tieto častice nie sú prevažne výrazne trojrozmerné a ich množstvo je nízke. Taktiež nebola sledovaná posledná fáza, kedy by vznikali havarijné častice, čiže častice veľké trojrozmerné s typickým ryhovaným povrchom majúcim „temperovanú“ farbu prechádzajúcu do bronzovej či fialovej, ale hlavne tieto častice poznáme podľa jednostranne orientovanej ostrej hrany akoby useknutej s pomerom dĺžky k šírke 1:10.

4 ZÁVER

Záverom je možné konštatovať vhodnosť kombinácie týchto metód pre posúdenie opotrebenia trecích uzlov komplexne, t. j. detekovania častíc od niekoľko µm až po trojrozmerné havarijné častice o veľkosti niekoľko sto µm. Keďže dochádzalo pri týchto výsledkoch hlavne k nárastu koncentrácie množstva častíc Fe pri metóde AAS a ostatné dve metódy nepreukázali kritické opotrebenie, je možné hodnotiť stav trecích uzlov motora vozidla IVECO TRAKKER ako normálny a odporúčať výmenu olejovej náplne vzhľadom k hraničnej hodnote Fe pri metóde AAS.

LITERATÚRA

1. BLAŠKOVIČ, P. – BALLA, J. – DZIMKO, M. Tribológia. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1990. 360 s. ISBN 80-05-00 633-0.
2. ČERNÝ, J. 2006. Vlastnosti motorových olejů. Díl desátý – Otěrové kovy. In AutoExpert [online]. Vydavateľstvo: Autopress, s. r. o. 2006, prosinec 2006, s. 34–36 [cit. 2011-11-2]. Dostupné na internete: <http://znalec.tym.cz/12_oter.pdf>. ISSN: 1211-2380.
3. DOBRÁNSKY, J. – RUŽBARSKÝ, J. – AL HAKIM, H. 2007. Analýza stavu opotrebenia prevodového mechanizmu linky na balenie tavených syrov počas zábehovej prevádzky. In Výrobné inžinierstvo [online]. Košice: Technická univerzita Košice. 2007, roč. 6, č. 1, s. 47–48 [cit. 2009-04-14]. Dostupné na internete: <<http://web.tuke.sk/fvtpo/casopis/skindex.htm>>. ISSN 1335-7972.
4. GRINČ, L. – STRÁŽOVEC, I.: Citlivosť hydraulických prvkov na nečistoty. Žilina: Žilinská univerzita, 1996. 142 s. ISBN 80-7100-376-X.
5. HOLEK, M. – ALEŠ, Z. – PEXA, M. Sledování množství otěrových kovů v mazacích olejích. In: Tribotechnika v provozu a údržbě; Sněžné Milovy, 2010, 29 s. [cit. 2012-01-20]. Dostupné na http://www.crc.cz/data/publications/sledovani_oterovych_kovu_v_mazacich_olejich.pdf
6. HALÁSZOVÁ, S. Atómová absorpčná spektrometria. [online]. [cit. 2009-1-12]. Dostupné na internete: <www.analytika.sk/skripta/anlc2_halko/SP08.ppt>.
7. ILENINOVÁ, J. – KOŠTALÍKOVÁ, D. 2008. Hodnotenie stavu olejov osobných automobilov. In Výrobné inžinierstvo [online]. Košice: Technická univerzita Košice. 2008, roč. 7, č. 3, s. 35–37 [cit. 2012-01-20]. Dostupné na internete: <<http://web.tuke.sk/fvtpo/journal/pdf08/3i-str-35-37.pdf>>. ISSN 1335-7972.
8. KOVÁŘ, J. Úloha časticové analýzy v tribotechnické diagnostice. Praha: Vysoká škola zemědělská, Čs. redakce VN MON, 1986. 55 s.

9. MAJDAN, R. – CVÍČELA, P. – DRABANT, Š. – TKÁČ, Z. – KOSIBA, J. – ABRAHÁM, R. Hodnotenie ekologických prevodovo-hydraulických kvapalín na základe skúšok prevádzkovým zaťažením. Vedecká monografia. SPU v Nitre: Technická fakulta, 2010, 127 s. ISBN 978-80-552-0656-1.
10. TURIS, J. – SEKEREŠ, J. 2004. Representative sample – superior means of ferrography. In: Medzinárodné vedecké sympóziu „Kvalita a spoľahlivosť strojov“. Nitra: SPU v Nitre, 2004, s. 383–387, ISBN 80- 8069-369-2.
11. SEKEREŠ, J. – TURIS, J. 2009. Tribológia ako súčasť návrhu strojových uzlov. Vedecká monografia. Zvolen: Vydavateľstvo TU, 2009, 73 s., ISBN 978-80-228-2089-9.
12. Železnice Slovenskej republiky. Motorová nafta, motorové oleje pre naftové motory mimozáručných hnacích dráhových vozidiel. 48 s.

Kontaktná adresa:

Ing. Jozef Čuchran, doc. Ing. Marián Kučera, PhD.,
Katedra lesnej a mobilnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen,
e-mail: jozef25@pobox.sk

Ing. Zdeněk Aleš, PhD.
Technická fakulta, česká zemědělská univerzita v Praze,
Kamýčká 129, 16500 Praha-Suchbát, e-mail: ales.zdenek@email.cz

HODNOTENIE KVALITY SEJBY SEJAČKY JOHN DEERE MAX EMERGE PRI POUŽITÍ OSÍV S RÔZNYMI VLASTNOSTAMI

QUALITY EVALUATION OF SOWING BY SOWING-MACHINE JOHN DEERE MAX EMERGE WITHIN USAGE OF SEEDS WITH DIFFERENT ATTRIBUTES

**Pavol FINDURA – Ján JOBBÁGY – Marek ANGELOVIČ
– Branislav ŽIDEK – Marek JAKUBEC – Marcel PRÍSTAVKA**

ABSTRACT: Modern sowing-machines should be able to put seeds into the soil with minimum damage. Sowing quality means required depth and areal spacing of seeds in the soil. Seeds' attributes, soil processing, type of sowing unit and other effect the sowing quality. Object of the contribution is the evaluation of sowing quality of maize by sowing-machine John Deere MaxEmerge 1760 within usage of seeds with different dimensional attributes. Evaluation of sowing quality was performed according to the standard ISO 7256/1. Higher sowing quality resulted from the sowing-machine John Deere MaxEmerge 1760 with seeds PR 37 N01 LR and PR 37N01 MR in the area of distance variability of plants. Worse results that were defined by higher value of standard deviation of distance variability of plants in the row were reached by the sowing-machine at sowing with seeds of approximately angular shape – PR 37 N01 MF.

This paper was prepared in the frame of research project funded from the European Union under title: ITEPAg: Application of information technologies to increase the environmental and economical efficiency of production agrosystem.

Key words: maize, sowing-machine, seeds' attributes

ABSTRAKT: Kvalita sejby je významná operácia ovplyvňujúca výšku budúcej úrody. Cieľom príspevku je zhodnotenie kvality sejby kukurice pomocou hodnotenia rozmiestnení rastlín v riadku pri sejačke John Deere MaxEmerge 1760. Hodnotenie kvality sejby prebiehalo v zmysle normy ISO 7256/1. V oblasti variability vzdialenosti rastlín vyššiu kvalitu sejby vykazovala sejačka John Deere MaxEmerge 1760 s osivami PR 37 N01 LR a PR 37N01 MR. Horšie výsledky vyjadrené vyššou hodnotou štandardnej odchýlky variability vzdialeností rastlín v riadku dosahovala sejačka pri sejbe s osivom približne hranatého tvaru – PR 37 N01 MF.

Kľúčové slová: kukurica, sejačka, vlastnosti osív

1. ÚVOD

Dosiahnutie vysokej klíčivosti a rovnomerné vzhádzanie porastu je základ pre dosahovanie vysokých úrod. Naši poľnohospodári používajú pri sejbe osív rôznych výrobcov. Tieto osívá bývajú často rozmerovo nevyrovnané, čo má okrem iných faktorov ako sú napríklad kvalita predsejbovej prípravy pôdy významný vplyv na kvalitu sejby (Gorzela-ny et al, 1998, 1999, 2009, Židek, 2005).

Pod kvalitou sejby budeme rozumieť požadované vertikálne (hlbkové) a horizontálne (plošné) rozmiestnenie semien v pôde pri minimálnom poškodení osíva. Horizontálne rozmiestnenie semien je dané vzdialenosťou medzi riadkami a vzdialenosťou semien v riadku. Vzdialenosť medzi riadkami je nastaviteľná na sejačke podľa vysievanej plodiny, v našom prípade sme sa zamerali na sejbú kukurice (0,762 m). Keďže vzdialenosť medzi riadkami sa v priebehu sejby nemení, kritériom hodnotenia presnosti horizontálneho rozmiestnenia semien bude vzdialenosť medzi semenami v riadku. Variabilita semien v riadku je ovplyvňovaná prípravou pôdy, fyzikálnymi vlastnosťami osív, parametrami výsevnej jednotky, pracovnou rýchlosťou atď. (Findura et al. 2008, Kretschmar, 1988). Z technických parametrov sejačky bude na vzdialenosť semien v riadku vplývať:

- spôsob uchytenia výsevnej jednotky na ráme sejačky (paralelogramové),
- parametre výsevnej jednotky (tvar výsevnej pätky, výsledná rýchlosť pri výpade semena z výsevného kotúča a i.),
- typ výsevného ústrojenstva,
- vertikálne zrýchlenie výsevnej jednotky a pracovná rýchlosť stroja a i.

Cieľom príspevku je zhodnotenie a porovnanie kvality sejby sejačky John Deere Max Emerge (obr. 1) s pneumatickým podtlakovým plnením naberačích otvorov pri použití osív s rôznymi rozmerovými a tvarovými vlastnosťami v poľných podmienkach.

2. MATERIÁL A METÓDY

Merania sa uskutočnili na poľnohospodárskom podniku Agrodívizia Selice, s. r. o. Pôdotvorný proces vytvoril pôdy černoziemného typu – v prevažnej miere černozem karbo-nátová. Sú to pôdy s hlbokým humusovým horizontom. Sú to hlinito-piesočnaté až hlinité pôdy so striedaním zrnitosti v horizontoch pôdneho profilu. Obsah humusu v ornici je 1,3–3 %. Pôdna reakcia v ornici je pH 7,1–7,6. Pre odoberanie pôdnych vzoriek bola použitá súprava NH 90 v spojení s mobilnou energetickou jednotkou Polaris 550 EFI X2 (obr. 2A). Uvedené zariadenie je schopné odoberať neporušené vzorky až do hĺbky 90 cm.

Hodnotenie kvality sejby sa vykonalo u sejačky John Deere Max Emerge umožňujúcej sejbú širokoriadkových plodín ako v rámci konvenčnej tak aj pôdoochranej technológie. Sejačka John Deere Max Emerge pracuje na pneumatickom podtlakovom princípe plnenia výsevných otvorov, kde osívo je prisávané podtlakom na otvory výsevného kotúča a v mieste výpadu osíva je podtlak prerušený.

Na variabilitu vzdialeností semien resp. neskôr rastlín v riadku budú pôsobiť rôzne vplyvy, ktoré vo väčšej alebo menšej miere budú spôsobovať nepresnosti rozmiestnenia semien. Okrem vplyvu výsevného ústrojenstva budú pôsobiť aj ostatné pracovné časti

výsevnej jednotky pri ukladaní, zahrňovaní a zatlačovaní vysiatych semien do výsevnej brázdičky. Nežiadúce odval'ovanie semien a teda nepresnosti v rozmiestnení semien v brázdičke spôsobuje okrem faktorov uvedených v úvode i výpadová výška semien (tab. 1).

Tab. 1: Niektoré technické údaje o skúšaných sejačkách

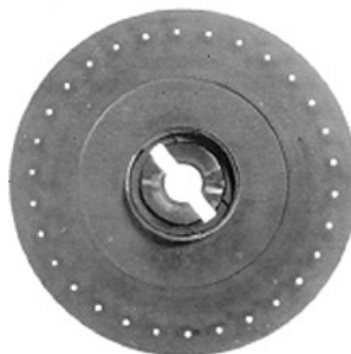
Tab. 1: Some of the technical data of tested sowing-machines

Typ sejačky	Výpadová výška osiva v mm	Priemer výsevneho kotúča v mm	Počet naberacích otvorov	Uchytenie výsevnej jednotky	Hĺbkové vedenie výsevnej pätky	Typ výsevnej pätky
John Deere Max Emerge 1760	510	260	30	paralelogram	oporné koleso	dvojkotúčová

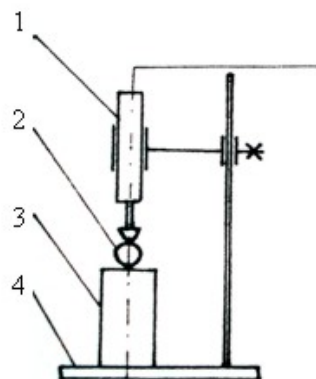
Na spoľahlivom naberaní semien a tým i dosahovaní pravidelných vzdialeností v riadku majú vplyv i rozmerové a tvarové vlastnosti použitých semien. Na meranie rozmerových charakteristik zrnín sme použili zariadenie iM1610 a prevodník so zosilňovačom (obr. 2B). Naším cieľom bolo zdigitalizovať proces merania. Ako základ poslužil znova A/D prevodník MA-UNI so zosilňovačom a meracím zariadením z datalogerom. Snímač v tomto prípade bol použitý od firmy HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik) typ W50 s vysokou presnosťou merania (0,2 %). Ide o snímač pracujúci na indukčnom princípe merania polohy.

Po nakalibrování snímača a nastavení programu NextView 2,5 boli údaje automaticky nahrávané do datového súboru jednotlivo v poradí: hrúbka, šírka a dĺžka. Tým sa zabezpečila okamžitá digitalizácia informácií o rozmerovej charakteristike sledovaných zrn. Taktiež sa týmto spôsobom znížilo riziko chýb spôsobených človekom pri meraní z dôvodu nesprávneho odčítania informácií.

Merania boli uskutočnené v zmysle normy ISO 7256/1 v poľných podmienkach pričom priemerná rýchlosť bola $3,09 \text{ m.s}^{-1}$.



Obr. 1 A. Sejačka John Deere MaxEmerge, B. detail výsevneho kotúča
Fig. 1 A. Sowing-machine John Deere MaxEmerge, B. detail of sowing system



Obr. 2 A. Zariadenie na odobranie pôdnych vzoriek NH 90. B. Spôsob merania rozmerových charakteristík zŕn: 1 – indukčný snímač, 2 – zrno, 3 – podložka, 4 – laboratórny kovový držiak
 Fig. 2 A. Soil measurement equipment NH-90. B. Technique of measurement of grains' dimensional characteristics: 1 – induction sensor, 2 – grain, 3 – rest, 4 – laboratory metal holder

Pri hodnotení *horizontálneho rozmiestnenia semien* v poľných podmienkach roztriedime namerané vzdialenosti v riadku b_{ri} na:

- dvojaky, kde pre vzdialenosť b_{ri} platí

$$0 \leq b_{ri} < 0,5 \text{ (EVR)} - \text{počet } n_0 \quad (1)$$

- rozmiestnenie v požadovaných vzdialenostiach

$$0,5 \text{ (EVR)} \leq b_{ri} < 1,5 \text{ (EVR)} - \text{počet } n_1 \quad (2)$$

- jednonásobné vynechávky

$$1,5 \text{ (EVR)} \leq b_{ri} < 2,5 \text{ (EVR)} - \text{počet } n_2 \quad (3)$$

- dvojnásobné vynechávky

$$2,5 \text{ (EVR)} \leq b_{ri} < 3,5 \text{ (EVR)} - \text{počet } n_3 \quad (4)$$

- $(k - 1)$ násobné vynechávky

$$(k - 1) \text{ (EVR)} \leq b_{ri} < (k + 0,5) \text{ (EVR)} - \text{počet } n_k \quad (5)$$

Kde: EVR – je efektívna vzdialenosť rastlín, ktorú určíme výpočtom ako strednú hodnotu nameraných vzdialeností b_{ri} . Rozdiel medzi skutočne nameranou hodnotou b_{ri} a vypočítanou efektívnou vzdialenosťou rastlín EVR vyjadríme štandardnou odchýlkou, ktorá vyjadruje mieru variability rozmiestnenia rastlín (Páltik, 2002).

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

V príspevku sme sa zamerali na:

- charakterizovanie rozmerových a tvarových vlastností semien,
- zhodnotenie a porovnanie kvality sejby sejačky s mechanickým princípom plnenia výsevných otvorov v poľných podmienkach.

Rozmerové a tvarové vlastnosti použitých osív

Pre meranie bolo použité osivo kukurice od firmy Pioneer Hi-Breed Slovakia, jednalo sa o hybrid PR 37N01. Počas skúšok bola priemerná úroda zrna $9,45 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Hybrid má vynikajúcu úrodnosť v suchých ako aj v mokrych rokoch. Je určený pre kukuričnú výrobnú oblasť. Má dobrú odolnosť voči stresu z tepla. Hybrid si vie podržať dlhšie asimilačnú plochu v období sucha. Dozrieva na zelenom stebľe, čo je jednou z veľkých výhod v prípade sucha alebo pri vyššom napadnutí rastlín víjačkou. Vyslovene rýchle počiatkové fázy vývinu a dobrá tolerancia na chlad ho predurčujú ku skorému výsevu.

Pri experimentoch sme použili osivá veľkej a strednej frakcie, približne guľovitého a hranatého tvaru.

Tab. 2: Rozmerové vlastnosti použitého osiva

Tab. 2: Dimensional attributes of used seeds

Odroda (kalibrácia)	Klíčivosť	Rozmery semien		
		Dĺžka $\bar{l}$	Šírka $\bar{s}$	Hrúbka $\bar{h}$
	%	mm	mm	mm
PR 37 N01 LF (veľké hranaté)	99	10,98	8,78	4,89
PR 37N01 MF (stredné hranaté)	98	10,75	7,87	4,69
PR 37 N01 LR (veľké guľaté)	99	10,11	8,84	6,44
PR 37N01 MR (stredné guľaté)	99	8,89	8,01	6,53

$\bar{l}$, $\bar{s}$, $\bar{h}$ – priemerná dĺžka, šírka a hrúbka semien,

$\bar{l}$, $\bar{s}$, $\bar{h}$ – average length, width, thickness.

Tvarové vlastnosti vyjadrujeme pomocou tvarových koeficientov $k_1 - k_4$, čím viac budú vzájomné hodnoty koeficientov vyrovnannejšie, tým bude mať osivo ideálnejší (guľatý) tvar. V tab. 2 sú znázornené priemerné hodnoty dĺžky, hrúbky, šírky a tvarové koeficienty použitých osív sú v tab. 3.

Zhodnotenie kvality sejby vybraných sejačiek z pohľadu horizontálneho rozmiestnenia semien

Pri moderných technológiách pestovania kukurice sa používa tak ako aj pri iných širokoriadkových plodinách takmer výhradne výsev na konečnú vzdialenosť. Predpokladom úspechu tejto technológie okrem iného je použitie kvalitného osiva, ktoré rozmiestňujeme v riadku do požadovanej hĺbky a v požadovanej vzdialenosti. Pravidelnosť týchto vzdialeností sa bude meniť v závislosti od nerovnosti povrchu, od spôsobu uchytenia výsevnej jednotky i od pracovnej rýchlosti (tab. 4).

Tab. 3: Tvarové vlastnosti použitého osiva

Tab. 3: Form attributes of used seeds

Odroda (kalibrácia)	Tvarové koeficienty				Hmotnosť 1000 semien
	$k_1 = \frac{l+s}{h}$	$k_2 = \frac{s}{h}$	$k_3 = \frac{l}{h}$	$k_4 = \frac{l}{s}$	
mm	–	–	–	–	g
PR 37 N01 LF (veľké hranaté)	2,02	1,79	2,24	1,25	324,82
PR 37N01 MF (stredné hranaté)	1,98	1,67	2,29	1,36	256,60
PR 37 N01 LR (veľké guľaté)	1,47	1,37	1,56	1,14	361,88
PR 37N01 MR (stredné guľaté)	1,29	1,22	1,36	1,10	250,98

k_1, k_2, k_3, k_4 – tvarové koeficienty semien

k_1, k_2, k_3, k_4 – dimensional coefficients of seeds

Tab. 4: Parametre kvality sejby v poľných podmienkach sledovaného výsevného ústrojenstva pri rôznych vlastnostiach osív

Tab. 4: Selected seeding quality parameters in field conditions of observed seeding mechanisms at various attributes seeds

Stroj	Osivo (kalibrácia)	Pojzdová rýchlosť	PVR	EVR	s	Rozmiestnenie rastlín				
						PRR	DRR	JV	DV	TV
	–	m.s ⁻¹	mm	mm	mm	%	%	%	%	%
John Deere Max Emerge 1760	PR 37 N01 LF (veľké hranaté)	3,12	194	195,4	47,46	82,44	3,67	9,36	4,01	0,52
	PR 37N01 MF (stredné hranaté)	3,18	194	191,1	50,76	70,90	2,45	15,57	7,37	3,71
	PR 37 N01 LR (veľké guľaté)	3,30	194	188,0	47,43	74,33	0,75	17,73	4,90	2,29
	PR 37N01 MR (stredné guľaté)	2,90	194	195,9	48,73	77,15	2,24	14,23	3,74	2,64

PVR – požadovaná vzdialenosť rastlín, EV – efektívna vzdialenosť rastlín, s – štandardná odchýlka, PRR, DRR – požadované resp. dvojité rozmiestnenie rastlín, JV, DV, TV – jednoduché, dvojité, trojité vynechávky
PVR – required plant distance, EVR – effective plant distance, s – standard deviation, PRR, DRR – required, double plant spacing, JV, DV, TV – single, double, triple skips

Hodnotiacim kritériom variability vzdialenosti semien resp. rastlín v riadku bola hodnota štandardnej odchýlky nameraných vzdialeností v riadku, zastúpenie požadovaných a dvojitých rozmiestnení semien a percentuálne zastúpenie vynechávok.

Hodnota štandardnej odchýlky pri výseve cukrovej repy na vzdialenosť v riadku 200 mm by sa mala pohybovať pri výsevných ústrojenstvách v rozsahu 18–30 mm v závislosti od pracovnej rýchlosti, osive a druhu výsevnej jednotky (Páltik, 2002). U sejby

kukurice sa táto hodnota štandardnej odchýlky zvyšuje nad 30 mm. Pri väčšom zastúpení rastlinných zvyškov môžeme túto hranicu štandardnej odchýlky ešte posunúť.

Pri sejačke John Deere Max Emerge 1750 sa hodnota štandardnej odchýlky sa u osív hranatých pohybovala v rozsahu od 47,43–50,76 mm. Hodnota štandardnej odchýlky je ukazovateľ „presnosti sejby“. U osív s hranatým tvarom PR 37 N01 LF a PR 37N01 MF bola zaznamenaná priemerná hodnota odchýlky 49,11 mm. Osivá s označením PR 37 N01 LR a PR 37N01 MR približne guľovitého tvaru sú pre tento typ výsevného ústrojenstva vhodnejšie nakoľko priemerná hodnota štandardnej odchýlky bola 48,08 mm (tab. 4).

Ďalším hodnotiacim kritériom je dvojnásobné vysievacie semien resp. rastlín (DRR), kde u osív s hranatým tvarom bola dosiahnutá priemerná hodnota 3,06 % a u osív s približne guľovitým tvarom 1,49 %. Čo sa týka výsledkov vynechávok resp. nenabrátí osiva, sejba s osivom s hranatým tvarom a u osív s guľatým tvarom sú rozdiely navzájom medzi osivami menej významné.

4. ZÁVER

Na základe dosiahnutých výsledkov poľných meraní pri hodnotení pneumatickej sejačky John Deere MaxEmerge 1760 z pohľadu kvality sejby pri použití osív s rôznymi rozmerovými a tvarovými vlastnosťami osív môžeme vysloviť nasledujúce závery:

- rozmerové vlastnosti osiva zodpovedajú kalibrácii predpísanej výrobcom. Sejačka John Deere MaxEmerge 1760 je schopná vysievať všetky skúšané osivá v požadovanej kvalite,
- sejačka John Deere MaxEmerge 1760 dosahovala dobré výsledky kvality sejby predovšetkým pri použití osiva s guľovitým tvarom. Pri osive PR 37 N01 LR sme dosiahli kvalitu sejby hodnotenú štandardnou odchýlkou 47,43 mm a u osiva PR 37N01 MR 48,73 mm. Ďalším hodnotiacim kritériom je dvojnásobné vysievacie semien resp. rastlín (DRR), kde u osív s hranatým tvarom bola dosiahnutá priemerná hodnota 3,06 % a u osív s približne guľovitým tvarom 1,49 %.

LITERATÚRA

1. FINDURA, P. – TÓTH, P. – PONJICAN, O. – TURAN, J. 2008. Planting depth from the sugar beet seeding quality viewpoint. In: Savremena poljoprivredna tehnika. Vol. 34. No. 1–2, Novi Sad, s. 47, ISSN 0350-2953.
2. GORZELANY J. – NAWOROL, M. 1998. Badane zmienności cech fizycznych korzeni buraków cukrowych mających wpływ na wartość siły potrzebnej do ich wyciągnięcia z gleby. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, z. 54, 1998 s. 573–577, ISSN 0239-9342.
3. GORZELANY J. – BZOWSKA-BAKALARZ M. 1999. Effect of soil conditions and mechanical characteristics of sugar beet roots of the value of force necessary for puling them out. Int. Agrophysics, 13, 1999, s. 439–444, ISSN 0236-8722.
4. GORZELANY, J. 2009. Koszty i energochłonność procesów produkcji buraków cukrowych. X Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej”. Polanica Zdrój 16–19. 6. 2009 (doniesienie). ISBN 978-83-60574-54-6.

5. KRETSCHMAR, S. 1988. Untersuchungen an Drillscharen zur Einzelkornsaat von Zuckerrübensaatgut. In: *Disertation*, Berlin – Wartenberg, 1988, s. 10–26.
6. PÁLTIK, J. – MAGA, J. – FINDURA, P. 2002. Hodnotenie kvality rozmiestnenia rastlín po sebe repy rôznymi sejačkami. In: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie „Agrotech 2002, SPU v Nitre, 2002, str. 254–260.
7. ŽIDEK, B. – KUBOVIČ, M. 2005. Evaluation quality work the after-harvest line. In VII. International Conference of Young Scientists 2005 conference proceedings, 5.–7. 9. 2005, Praha, Česká republika. – Praha : Česká zemědělská univerzita, 2005. s. 244–250. ISBN 80-213-1368-4.

Predložený příspěvek súvisí sriešením projektu ITEPAg „Aplikácia informačných technológií na zvýšenie environmentálnej a ekonomickej udržateľnosti produkčného agrosystému“ riešeného na KSaVS SPU v Nitre.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Pavol Findura, PhD.,
Katedra strojov a výrobných systémov, TF SPU v Nitre,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra,
tel: 037/6508478, fax: 037/741 70 03,
e-mail: pavol.findura@uniag.sk

SYNERGICKÉ PÔSOBENIE RIZIKOVÝCH FAKTOROV V PRACOVNOM PROSTREDÍ A SPÔSOBY ICH HODNOTENIA

SYNERGY EFFECT OF RISK FACTORS IN WORKING ENVIRONMENT AND METHODS THEIR ASSESSMENT

Richard HNILICA

ABSTRACT: The aim of paper is to mention on possible approaches for assessment of combined effects of working environment factors assessment. It is widely known that individual factors of working environment can significantly affect human behaviour. Assurance of suitable work environment culture is basic presumption for complex assessment. This contribution defines the possibilities of using different methods whit which it would be possible to complex assess the effect of risk factors in the working environment to human.

Key words: working environment, risk, complex assessment, statistics, mathematical model

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá možnými prístupmi ku komplexnému posudzovaniu rizikových faktorov pracovného prostredia. Je všeobecne známe, že jednotlivé faktory pracovného prostredia môžu významne ovplyvniť ľudské správanie. Zabezpečenie vhodnej kultúry pracovného prostredia je základným predpokladom pre komplexné posudzovanie. Uvedený príspevok definuje možnosti využitia rôznych metód, pomocou ktorých by bolo možné komplexne posúdiť pôsobenie rizikových faktorov pracovného prostredia na človeka.

Kľúčové slová: pracovné prostredie, riziko, komplexné hodnotenie, štatistika, matematický model

ÚVOD

Ergonómia pracovného prostredia je veda o prispôsobovaní pracovného prostredia potrebám človeka, pričom cieľom je nájsť správny súlad medzi fyzickými potrebami, prostredím a vybavením pracoviska s ohľadom na environmentálne faktory (držanie tela, záťaž, hluk, osvetlenie, mikroklimatické podmienky, výpary a pod.). Sledovanie pracovného komfortu alebo úrovne bezpečnosti a ochrany zdravia ľudí pri práci má význam pre úpravu a navrhovanie pracovných podmienok na existujúcich prípadne novovytvorených pracoviskách.

Pri hodnotení pracovného prostredia je potrebné hlavne stanoviť intenzitu a trvanie vplyvu hodnotených parametrov pracovného prostredia na organizmus človeka, čiže

stanoviť, či dané pracovné prostredie na človeka pôsobí škodlivo alebo nie. Kvantifikovať vplyv jednotlivých parametrov pracovného prostredia na zdravie človeka je veľmi ťažké. Každý človek je jedinečná osobnosť, ktorá znáša riziká na neho pôsobiace individuálne. Jedným z kľúčových faktorov vstupujúcich do tohto procesu hodnotenia je dĺžka pôsobenia jednotlivých rizikových faktorov. O to zložitejšie je nájsť matematickú závislosť medzi úrovňou pracovného prostredia ako celku a jeho účinkami na človeka.

Komplexné hodnotenie úrovne pracovného prostredia vychádza z kvalitatívnej a kvantitatívnej analýzy faktorov pracovného prostredia.

Kvalitatívna analýza parametrov pracovného prostredia predstavuje realizáciu týchto hlavných čiastkových činností:

- určenie najjednoduchšej podmienky, tzv. porovnávacej základne,
- vymedzenie hlavných znakov, podľa ktorých sa bude rozlišovať úroveň jednotlivých faktorov, t. j. ručenie kritérií hodnotenia,
- porovnávacia analýza, t. j. určenie, o koľko sa líši úroveň daného faktora od porovnávacej základne (kvantifikácie).

Kvantitatívna analýza parametrov pracovného prostredia je zameraná na určenie množstva, resp. rozsahu daného faktora [11].

Kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie spolu vytvára systém hodnotenia rizikových parametrov pracovného prostredia, ktorý bude zohľadňovať:

- charakter vplyvu parametrov pracovného prostredia,
- čas trvania vplyvu,
- rozsah (počet) súčasne pôsobiacich faktorov,
- závažnosť (váha) vplyvu jednotlivých parametrov pracovného prostredia.

1. MATERIÁL A METÓDY

Hodnotenie rizika je proces vyhodnocovania pravdepodobnosti a závažnosti škodlivého účinku na človeka v dôsledku expozície nebezpečnému faktoru za definovaných podmienok z definovaných zdrojov, ktorý pozostáva z určenia nebezpečenstva, zhodnotenia expozície, posúdenia vzťahu dávky a účinku, charakterizácie rizika a stanovenia neistôt vyhodnotenia.

K metódam komplexného hodnotenia pracovného prostredia je možné zaradiť viacero metód, ktoré svojím charakterom môžu spĺňať požiadavky na posúdenie jednotlivých rizikových faktorov a ich interakciu. Medzi takéto metódy patria:

- dotazníková metóda,
- bodová metóda,
- metóda hodnotenia pracovného prostredia pomocou koeficientov,
- matematické metódy.

2. METÓDY HODNOTENIA

2.1 Dotazníková metóda

Táto metóda patrí k subjektívnym metódam komplexného hodnotenia pracovného prostredia. Získané výsledky dávajú základné informácie o pracovnom prostredí a rizikách pôsobiacich na zamestnancov v danom prostredí a tým získania spätnej väzby od zamestnancov. Základnou a nosnou ideou tejto metódy je zistiť spokojnosť zamestnancov s pracovným prostredím, v ktorom pracujú.

Je to metóda, ktorá zhromažďovanie údajov zakladá na kladení otázok (vyplnení dotazníka) zamestnancom. Charakterizuje sa tým, že je určená pre hromadné získavanie údajov pre štatistické spracovanie. Takto je možné zachytiť názory zamestnancov takmer presne k danému problému a vyzvať ich okrem iného aj na možnosť navrhnúť zlepšenia pracovného prostredia. Správne použitie metódy dotazníka vyžaduje náležitú teoretickú prípravu. Základnou podmienkou účelného koncipovania dotazníka je presná formulácia konkrétneho cieľa a úloh dotazníka vo vzťahu k zamestnancom, resp. k pracovnému prostrediu.

Základnou podmienkou pri tejto metóde je, aby boli oslovení všetci relevantní zamestnanci, ktorí zasahujú do hodnoteného pracovného procesu. Veľmi dôležitá je tu však zásada anonymity (môže sa uviesť pracovná pozícia, ale nie konkrétne meno).

V dotazníku sa môžu vytvoriť na meranie zisťovaných javov vhodné škály. Tie majú pevne stanovené alternatívy, umiestňujú respondenta na niektorý bod na škále. Respondent tu neovplyvňuje ani obsah, ani formu odpovede. Vyberá z ponúkaných, presne formulovaných odpovedí. Tvorba takéhoto dotazníka je však náročná pre autorov. Je potrebné dbať hlavne na to, aby sa vystihli všetky aspekty problému. *Jednotlivé škály môžu byť:* 1 – veľmi spokojný, 2 – spokojný, 3 – nespokojný, 4 – veľmi nespokojný.

Pri tvorbe dotazníka je najdôležitejšia príprava, čiže stanovenie takých otázok, ktoré by mali sledovať vzťah otázok k cieľu a k základným problémom pracovného prostredia. Otázky by mali byť formulované jasne, presne, výstižne, aby vychádzali z problémov, hypotéz a z celkového cieľa výskumu, čím by pri ich vyhodnocovaní nemohlo dôjsť k neobjektívnemu a nejednoznačnému interpretovaniu údajov. Respondenti by pri znení otázok nemali byť navádzaní k určitým odpovediam. Z dôvodu vyhnutia sa nedostatkom je nutné dôkladne poznať danú problematiku, hlavne pochopiť jadro problému.

Potrebné je vyhnúť sa nepresným formuláciám v otázkach. Otázky, ktoré sa netýkajú daného problému, môžu spôsobiť, že sa nedosiahne požadovaný výsledok, čiže nezistí sa konkrétny problém pracovného prostredia, príp. výsledok bude skreslený (nepresný).

2.2 Bodová metóda

Bodová metóda patrí medzi analytické metódy. Je založená na pomerne jednoduchom postupe posudzovania pracovného prostredia, so snahou kvalifikovať a kvantifikovať rizikové faktory, ktoré zhoršujú pracovné prostredie. Pri tejto metóde je veľmi dôležité zvládnutie dvoch základných problémov:

- identifikovať všetky rizikové faktory,
- správne klasifikovať rizikové faktory (priradenie bodov).

Pri bodovej metóde sa v prvom kroku identifikujú všetky rizikové faktory pôsobiace na človeka v danej pracovnej pozícii. Jednotlivé rizikové faktory sa potom posudzujú tak, že každému rizikovému faktoru sa priradí určitá hodnota (body) podľa závažnosti rizikového faktora (ovplyvňujú alebo neovplyvňujú zamestnanca z hľadiska potenciálnych následkov). Postup bude nasledovný:

- určia sa všetky rizikové faktory,
- zistí sa čas pôsobenia rizikových faktorov,
- posúdi sa vplyv rizikových faktorov na zamestnanca, čiže či pôsobia alebo nepôsobia pozitívne, t. j. zlepšujú pracovný výkon či pracovnú pohodu zamestnanca, alebo naopak negatívne, t. j. pôsobia na zamestnanca rušivo, alebo ich účinky spôsobia zlyhanie a tým zvýšenie rizika vzniku chyby, chorobu z povolania či dokonca vznik úrazu,
- určia sa váhy (pozri Tabuľku 1) jednotlivých rizikových faktorov na základe predchádzajúcich skúseností, dotazníkov, odhadu a spolupráce s odborníkmi z viacerých vedných disciplín (ergonómia, BOZP, medicína, fyziológia a psychológia práce),
- určia sa výsledky hodnôt rizikových faktorov v bodoch podľa vzorca (1):

$$X = \Sigma m / \Sigma n \quad (1)$$

kde m sú body jednotlivých rizikových faktorov,
 n je počet faktorov.

Na základe týchto výsledkov sa určí, či dané pracovné prostredie vyhovuje alebo nevyhovuje (pozri Tabuľku 2). Bez ohľadu na to, či pracovné prostredie vyhovuje, resp. nevyhovuje, je potrebné urobiť nápravné opatrenia tých rizikových faktorov, ktorých závažnosť je väčšia ako 2.

Výhodou bodovej metódy je jej rýchla realizácia hodnotenia a jednoduchosť. Nevýhodou je pomerne dosť vysoká nepresnosť, subjektivnosť pri voľbe požiadaviek a ich váh.

Tabuľka 1 Určenie váhy rizikového faktora

Závažnosť	Body
veľmi vysoká	5
vysoká	4
stredná	3
nízka	2
veľmi nízka	1

Tabuľka 2 Posúdenie pracovného prostredia

Bodové rozpätie	Opis pracovného prostredia	Kritérium zlepšenia
5–4	nevhodné pracovné prostredie	okamžitá úprava pracovného prostredia, zníženie rizikových faktorov (napr. zmena technológie)
3–2	nevhodné pracovné prostredie	potreba zníženia rizikových faktorov, používanie OOPP
1–0	vhodné pracovné prostredie	faktory neovplyvňujú na zamestnancov škodlivo

2.3 Metóda hodnotenia pracovného prostredia pomocou koeficientov

Miera (veľkosť) sledovaného zaťaženia sa vyhodnocuje pomocou nepriamej veličiny Q_{dif} čiže faktora (koeficienta) obtiažnosti, ktorý vyjadruje, koľkokrát je skutočné zaťaženie väčšie ako prípustné zaťaženie [13].

$$Q_{dif} = \frac{Z^r}{Z^p} \quad (2)$$

kde Z^r je hodnota skutočného zaťaženia,
 Z^p je hodnota prípustného zaťaženia.

Počas práce na človeka pôsobí viac faktorov pracovného prostredia. Celková záťaž Z je teda výslednicou pôsobenia jednotlivých zaťažujúcich faktorov $Z_{ij} = 1, 2, \dots, n$. Jednotlivé faktory pôsobia na človeka rôznou mierou a je im teda možné prisúdiť prislúchajúcu významnosť. Možno preto predpokladať, že zaťažujúci faktor Z_j sa na celkovej záťaži podieľa mierou α_1 , zaťažujúci faktor Z_2 mierou α_2 , atď., až zaťažujúci faktor Z_n mierou α_n , za podmienky [8]:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1 \quad \alpha_j \in (0 \div 1) \quad (3)$$

Koeficienty α_j , kde $j = 1, 2, \dots, n$ sa nazývajú koeficienty závažnosti vplyvu jednotlivých zaťažujúcich faktorov Z_j pracovného prostredia, pričom vyjadrujú skutočnosť, aký má konkrétny zaťažujúci faktor vplyv vzhľadom k ostatným zaťažujúcim faktorom:

- α_j blízke 0 $\rightarrow$ zaťažujúci faktor Z_j má nevýrazný vplyv,
- α_j blízke 1 $\rightarrow$ zaťažujúci faktor Z_j má výrazný vplyv.

Uvedený koeficient má dôležitý význam pre výpočet stupňa komplexného zaťaženia, ktorý výrazným podielom kvantitatívne charakterizuje pracovné prostredie. Konkrétne hodnoty jednotlivých koeficientov závažnosti sa stanovujú na základe zdravotníckej štatistiky chorôb z povolania alebo ohrozenia chorobou z povolania a vplyvu jednotlivých faktorov pracovného prostredia na úrazovosť v tej ktorej priemyselnej prevádzke.

Pri stanovení koeficientov závažnosti je potrebné vychádzať aj z faktu, že vlastné hodnotenie úrovne pracovného prostredia zohľadňuje tieto hlavné ergonomické hľadiská:

- hygienické (vplyv na zdravie),
- bezpečnostné (zaťaženie organizmu a BOZP),
- výkonnostné (zníženie výkonnosti – produktivity práce).

Možný prehľad úrovní hodnotenia jednotlivých parametrov pracovného prostredia a zodpovedajúcich hodnôt koeficientov podľa vyššie spomenutých základných ergonomických hľadísk je uvedený v tabuľke 3 [11].

Tabuľka 3 Hľadiská a kritériá hodnotenia pracovného prostredia [11]

Vplyv na zdravie	Zaťaženie organizmu a BOZP	Produktivita práce	Hodnotenie stavu	Koeficient
Bez vplyvu			optimálny	0
Bezvýznamný – bez trvalejších následkov	možnosť zvýšenej námahy	možný sporadický pokles výkonnosti	dobrý	0,2
Malý – možnosť ľahkých následkov na zdraví	citeľné zaťaženie organizmu	pokles produktivity práce	vyhovujúci	0,4
Stredný – závažnejšie následky na zdraví	výskyt rizikovosti	citeľné zníženie produktivity práce	prístupný	0,6
Závažný – trvalé následky na zdraví	práca vysoko riziková	nízky stupeň produktivity práce	nepriaznivý	0,8
Veľmi veľký – smrť	vznik smrteľných úrazov	výkon práce takmer nemožný	neprípustný	1

Ako už bolo spomenuté, pre komplexné hodnotenie pracovného prostredia majú veľký význam koeficienty závažnosti α_j , ktoré vyjadrujú, akou mierou sa na celkovom pracovnom zaťažení organizmu človeka podieľajú jednotlivé faktory.

Hodnoty koeficientov závažnosti α_j a koeficientov obtiažnosti Q_{difj} tvoria podkladový materiál pre výpočet stupňa okamžitého komplexného zaťaženia q_c podľa rovnice (4):

$$q_c = \sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{Z_j^r}{Z_j^p} \quad (4)$$

kde výraz $\alpha_j \frac{Z_j^r}{Z_j^p}$ definuje stupeň reálneho zaťaženia ľudského organizmu zaťažujúcim faktorom Z_j z celkového zaťaženia všetkými zaťažujúcimi faktormi $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ [8].

V tabuľke 4 sú uvedené rozdelenia pásiem škodlivého účinku na zdravie v závislosti od veľkosti komplexného zaťaženia faktormi pracovného prostredia [2, 9].

Tabuľka 4 Vplyv komplexného zaťaženia q_c na ohrozenie zdravia človeka

Komplexné zaťaženie q_c	Pásma ohrozenia zdravia pri práci
$q_c < 1$	Optimálne pásmo
$q_c = 1$	Prípustné pásmo s mierne škodlivým účinkom
$q_c > 1$	Pásmo s vysokým škodlivým účinkom

2.4 Matematické metódy

K perspektívnym metódam komplexného hodnotenia pracovného prostredia patria matematické metódy, ktoré vychádzajú zo štatistiky. Tieto metódy patria medzi objektívne metódy, pričom ich výhodou je presnosť.

Štatistika sa definuje ako veda o metódach kvantitatívneho hodnotenia vlastností hromadných javov. Základnou (prvotnou) úlohou štatistickej práce je stanovenie cieľa – čo sa

ide skúmať. Záverečnou úlohou je prijatie rozhodnutí na základe výsledkov. Medzi týmito základnými úlohami je štatistické spracovávanie údajov.

Podľa toho, či sa do modelu včleňuje faktor času alebo nie, rozoznávame modely statické a dynamické. Statické modely vplyv času neuvažujú, dynamické modely vyjadrujú sledované vzťahy v čase. Podľa charakteru vstupujúcich parametrov delíme modely na deterministické a stochastické. Vstupné veličiny v deterministických modeloch sú dané jednoznačne (deterministické veličiny), v stochastických modeloch majú charakter náhodný. Vzhľadom na matematické vzťahy medzi veličinami rozdeľujeme modely na lineárne a nelineárne. V lineárnych modeloch sú všetky vzťahy lineárne a opačne, v nelineárnych modeloch majú tendenciu nelineárnu. Modely, v ktorých je obmedzená použiteľnosť a účinnosť rýdzo formalizovaných postupov a ktoré pri využívaní empirických znalostí uplatňujú tvorivé prvky, opierajúce sa o bohaté životné skúsenosti (intuícia, imaginácia a odborný cit), nazývame heuristické modely. Často sa stretávame so situáciami, pre ktoré ešte nepoznáme vhodné exaktné algoritmy riešenia. Takéto situácie možno v niektorých prípadoch umelo vytvoriť – simulovať – pomocou počítača. Simulačné metódy tvoria osobitnú skupinu matematických modelov hodiacich sa najmä pre úlohy dynamického a stochastického charakteru [7].

Matematický model komplexného hodnotenia pracovného prostredia bude potom vychádzať z kombinácie predchádzajúcich metód a využitia štatistiky. Ako už bolo spomenuté, základnou úlohou štatistickej práce je stanovenie cieľa (čo ideme skúmať). Vychádzajúc z tejto podmienky je nutné si stanoviť určitú referenčnú hodnotu, ktorá bude tvoriť základ pri tvorbe matematického modelu.

Pri tvorbe možného matematického modelu sa bude vychádzať z viackriteriálnej (multikriteriálnej) metódy, ktorá sa bude kombinovať s metódou hodnotenia pracovného prostredia pomocou koeficientov. Existuje viacero multikriteriálnych rozhodovacích metód, ktoré majú rovnaký cieľ, a to posúdiť niekoľko variantov riešenia zadaného problému podľa zvolených kritérií a stanovenie ich poradia. Jednotlivé metódy sa líšia hlavne podľa toho, ako sa určuje váha jednotlivých kritérií.

Celý proces rozhodovania má dve časti. V prvej časti je potrebné určiť váhy jednotlivých kritérií hodnotenia, ktoré číselne vyjadrujú význam týchto kritérií (resp. dôležitosť sledovaných cieľov). Čím je kritérium významnejšie, tým je aj jeho váha vyššia. Pre dosiahnutie porovnateľnosti váh kritérií sa tieto váhy spravidla normujú tak, aby ich súčet bol rovný jednej. Normovanie sa vykonáva tak, že sa stanoví súčet váh všetkých kritérií a váhy jednotlivých kritérií sa delia ich súčtom.

Medzi základné metódy určovania váh multikriteriálneho rozhodovania patria:

- bodová metóda – každému kritériu sa priradí určitý počet bodov zo zvolenej stupnice v súlade s tým, akú významnosť má dané kritérium. Táto metóda je jednoduchá a prehľadná;
- Fullerova metóda – používa párové porovnanie variant. Nevýhodou však je to, že kritéria variant sú porovnávané na základe „lepšie – horšie“ a nezohľadňujú mieru preferencií jednej varianty pred druhou;
- Saatyho metóda – porovnáva preferenčné vzťahy dvojíc kritérií usporiadaných v Saatyho tabuľke. Na rozdiel od Fullerovej metódy sa však okrem samotných

preferencií kritérií určuje aj veľkosť týchto preferencií, čiže neurčuje sa len to, ktorý variant je lepší, ale aj o koľko je lepší.

V ďalšom kroku by sa postupovalo ako v kapitole 2.3, kedy by sa vypočítalo komplexné zaťaženie q_c podľa vzťahu (4) a určil jeho vplyv na ohrozenie zdravia človeka.

V skutočnosti je možné konštatovať, že ak sa zistí prekročenie prípustnej hodnoty čo i len jedného faktora, musí sa to hneď riešiť, keďže podľa legislatívy každý rizikový faktor musí byť v nejakom prípustnom intervale. Čiže prekročenie prípustnej hodnoty sa už riešiť nemusí a bude sa predpokladať, že hodnoty sú v norme u každého sledovaného rizikového faktora. Prekročenie prípustnej hodnoty znamená, že zlomok $\frac{Z_i^r}{Z_i^p}$ bude mať hodnotu väčšiu ako 1. Ak zlomok bude práve 1, znamená to, že hodnota faktora je práve na prípustnej hodnote. V skúmaných meraniach by mala byť hodnota zlomku $\frac{Z_i^r}{Z_i^p} < 1$, čo teda znamená, že hodnota faktora je v norme a malo by to platiť pre každý rizikový faktor.

Tu si je potrebné potom položiť otázku „Ako to vplyva na celkové hodnotenie q_c ?“ Ak sú všetky faktory v norme, teda všetky príslušné zlomky < 1 , potom q_c je tiež < 1 . Ak by boli všetky faktory práve na prípustných hodnotách (veľmi špecifický prípad), potom $q_c = 1$. Hodnota $q_c = 1$ (iný, ako prípad v predchádzajúcej vete) alebo $q_c > 1$ potom znamená, že aspoň jeden faktor prekročil prípustnú hodnotu. Tu ide potom o situáciu, ktorá by v skutočnosti nemala nastať, pretože porovnávať hodnotu q_c s 1 v prípade, že všetky rizikové faktory sú v norme, nemá žiaden význam.

Ďalšie možné riešenie (model) by spočívalo v čiastočnej úprave vzťahu (4). Čiže mohlo by sa robiť porovnanie nie s prípustnou hodnotou, ale s nejakou optimálnou hodnotou. To by znamenalo, ak je hodnota $q_c = 1$, tak to znamená, že všetky faktory sú okolo optimálnej hodnoty. V prípade, že by hodnota $q_c > 1$, tak by bolo možné hovoriť o stave, že aspoň jeden faktor je už nad optimálnou hodnotou a je potrebné byť opatrný, príp. je potrebné začať robiť nápravné opatrenia na zlepšenie stavu.

Iné riešenie (model) by mohlo byť založené na porovnaní q_c s inou hodnotou. Tu je však na mieste otázka „Ale s akou?“ Odpoveďou na danú otázku by mohla byť podmienka, že by museli byť k dispozícii merania všetkých sledovaných rizikových faktorov a k tomu nejaké meranie, podľa ktorého by bolo možné definovať, že pri danej činnosti už dochádza k negatívnemu vplyvu na zdravie. Tu si je však nutné uvedomiť, o aké meranie by malo ísť. Mohol by to byť napríklad výstup z dotazníka (založený na zisťovaní subjektívneho pocitu únavy, preťaženia atď.). Ak by bolo k dispozícii meranie, podľa ktorého by sa hodnotil vplyv na zdravie, mohla by sa hľadať kritická hodnota q_c , ktorou by sa v budúcnosti mohli robiť porovnania. „Ako by sa hľadala kritická hodnota q_c ?“ Pri rôznych kritických hodnotách q_c by sa merania rozdelili do dvoch skupín a to skupina s $q_c < \text{kritická hodnota}$ a $q_c > \text{kritická hodnota}$. V skupine $q_c > \text{kritická hodnota}$ by sa sledoval podiel tých meraní, kde je negatívny vplyv na zdravie a podmienkou je, aby tento podiel bol čo najväčší. V skupine $q_c < \text{kritická hodnota}$ by sa sledoval podiel tých meraní, kde nie je negatívny vplyv na zdravie s podmienkou, aby bol tento podiel čo najväčší. Navzájom

sa tieto sledované podiely priečia a ich pozorovaním by bolo možné nájsť optimálne kritické q_c .

Jeden z možných matematických modelov môže byť založený na analýze závislej intervalovej premennej y od nezávislých intervalových premenných x . Pôjde o korelácie medzi hodnotami rizikových faktorov a hodnotou dotazníka (hodnotením zdravia).

Mohlo by sa napríklad vychádzať z lineárneho modelu typu:

$$y = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_1 x_2 + \alpha_4 \quad (5)$$

kde x_1 je napr. hluk,

x_2 je napr. energetický výdaj,

y je výsledok dotazníka.

Hodnoty koeficientov α_i hovoria o významnosti faktorov a ich sile. Koeficienty α_1 , α_2 , α_3 a α_4 by sa vypočítali z meraní, pričom ich hodnoty môžu byť ľubovoľné reálne čísla (kladné aj záporné, malé aj veľké), α_1 vo vzťahu (5) znamená hodnotu, o ktorú by sa zmenilo y (výsledok dotazníka), ak by sa x_1 (hluk) zmenil o jednotku. Výsledkom by nakoniec bola funkcia, pomocou ktorej by bolo možné dokázať odhadnúť výsledok y pri zvolených hodnotách faktorov x_i .

Tento model by mohol slúžiť na simulácie, kde napr. pri jednom fixnom faktore je možné sledovať vývoj ostatných faktorov a ich vplyv na zdravie. Prípadne by bolo možné na dátach vyskúšať aj inak zostavené modely.

ZÁVER

Záverom je možné konštatovať, že ani v prípade dodržania hygienických limitov pre jednotlivé rizikové faktory, ktorým je človek vystavený, nemôže zaistiť celkovú bezpečnosť a spoľahlivosť človeka v pracovnom systéme v prípade exponovania viacerým faktorom súčasne. Z tohto dôvodu by sa v praxi malo prihliadať aj na tieto potenciálne vplyvy a nebrať ich na ľahkú váhu. Vhodným prostriedkom k zisteniu, či môže dochádzať ku kumulatívnomu pôsobeniu faktorov pracovného prostredia, je kvalitne spracovaná analýza a hodnotenie rizík. Na základe tejto analýzy je možné posúdiť všetky rizikové faktory a ich pôsobenie na človeka.

Uvedený príspevok dáva určitý prehľad o využití rôznych metód, pomocou ktorých by bolo možné komplexne posúdiť pôsobenie rizikových faktorov pracovného prostredia na človeka. Ako najperspektívnejšie sa zdá použitie matematických modelov. Ich využitie je v súčasnej dobe náplňou ďalšieho skúmania.

LITERATÚRA

- [1] Buchancová, J. a kol. 2003. *Pracovné lekárstvo a toxikológia*. Vydavateľstvo Osveta, Martin: 2003. 1133 s. ISBN 80-8063-113-1.
- [2] Cikrt, M., Málek, B. 1995. *Pracovní lékařství I. Hygiena práce*. Praha: CIVOP, 1995. 253 s.

- [3] Dado, M., Šípoš, J., Schwarz, M. 2011. Comparison of measurement strategies for determination of workplace noise exposure in sawmill. In *Woodworking techniques : proceedings of the 4th international science conference* : ČZU v Praze, 2011. ISBN 978-80-213-2182-3. s. 60–66.
- [4] Dado, M. 2008. Deduktívny prístup k posudzovaniu rizík pri práci s neželaným dopadom ľudským In *Bezpečnosť práce*. ISSN 1335-4078. roč. 8, č. 11, s. 13–16.
- [5] Hnilica, R., Dado, M. 2009. Komplexné hodnotenie kvality pracovného prostredia v drevospracujúcom priemysle. In *Acta facultatis technicae: vedecký časopis Fakulty environmentálnej a výrobných techník*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2009, roč. 12, č. 2, s. 119–130. ISSN 1336-4472.
- [6] Hnilica, R., Dado, M. 2009. Úvod do komplexného hodnotenia kvality pracovného prostredia v strojárskych priemyselných prevádzkach pri zvarení. In *XI. Medzinárodná vedecká konferencia mladých 2009*. Zvolen: TU, 2009, ISBN 978-80-228-1994-7.
- [7] Hřebíček, J., Škrdla, M. 2006. *Úvod do matematického modelování*. 2006. 79 s. [online] [cit. 2011-07-27]. Dostupné na internete: <<https://is.muni.cz/el/1431/podzim2007/Bi3101/um/skripta.pdf>>.
- [8] Kapustová, M. 2005. The mathematical model for comfort at work determination in engineering production. In *Acta Metallurgica Slovaca*, 11, 1/2005. Košice: TU, s. 126–133. ISSN 1335-1532.
- [9] Lehder, G. 2000. Pracovné prostredie, hygiena práce a ergonómia. *Projekt TEMPUS-PHARE IB JEP 13406-98*. Modul 4.6. Košice: TU, 2000.
- [10] Rimarčík, M. Analýza závislej intervalovej premennej Y na nezávislých intervalových premenných X. [online] [cit. 2012-01-12]. Dostupné na internete: <<http://rimarcik.com/navigator/mr.html>>.
- [11] Sablik, J. 1990. *Ergonómia*. Bratislava: Edičné stredisko SVŠT, 1990. 213 s. ISBN 80-227-0299-4.
- [12] Sujová, E. 2008. Analýza úrazovosti v organizáciách spracovania dreva v pôsobnosti inšpekcie torátu práce Banská Bystrica. In *Rizikové faktory pracovného prostredia v drevospracujúcom priemysle* : kolokvium ku grantovej úlohe VEGA 1/3445/06 : TU Zvolen, 2008. ISBN 978-80-228-1959-6. s. 81–86.
- [13] Škrášek, J., Tichý, Z. 1986. *Základy aplikovanej matematiky*. Praha: SNTL, 1986.

*Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia vedeckého grantového projektu
KEGA 016TUZVO-4/2011 „Tvorba modelov pre posudzovanie miery rizika práce
v lesníckych činnostiach a strojárskych prevádzkach“.*

Adresa autora:

Ing. Richard Hnilica, PhD.,
Katedra výrobných technológií a materiálov, FEVT, TU vo Zvolene,
Študentská 26, 960 53 Zvolen,
tel.: +421-455206596,
e-mail: hnilica@vsld.tuzvo.sk

VPLYV PREDSPRACOVANIA NA ANALÝZU ŠPECIÁLNYCH OBRAZOV

INFLUENCE OF PREPROCESSING ON THE SPECIAL IMAGE ANALYSIS

Mária HRČKOVÁ

ABSTRACT: The article deals with the issue of the image preprocessing and its influence on consequent image recognition. Theoretical basis of preprocessing methods is introduced together with the description of their implementation. It is followed by an application that deals with images containing scenes plastic models and consequent processing of these images by edge operators. Obtained results are evaluated and form a basis for formulation of recommendations

Key words: image, preprocessing, recognition, filtration, edge operator

ABSTRAKT: Článok sa venuje problematike predspracovania špeciálnych obrazov a jeho vplyvu na ich následné rozpoznávanie. Po uvedení teoretického základu metód predspracovania je popísaný postup ich realizácie. Nasleduje praktická aplikácia na obrazy obsahujúce scény s plastovými modelmi a následné spracovanie týchto obrazov hranovými operátormi. Získané výsledky sú vyhodnotené a na ich základe sú formulované odporúčania.

Kľúčové slová: obraz, predspracovanie, rozpoznávanie, filtrovanie, hranový operátor

1. ÚVOD

Metodika spracovania obrazu predstavuje rozsiahlu vednú disciplínu pozostávajúcu z viacerých súčastí. Výrazné zvýšenie kvality modernej výpočtovej techniky rozvíja snahu človeka preniesť na technické systémy čo najviac schopností živých organizmov s jediným cieľom, aby obraz mohol byť využívaný v technickej praxi v plnej miere z hľadiska porozumenia informácii, ktorú nesie. Naplniť tento zámer nie je jednoduché.

V procese získavania obrazového signálu, jeho prenosu, jednotlivých etáp spracovania a vyhodnotenia sú do obrazu vnášané rôzne neočakávané vplyvy. Každý z nich môže rôzne nepredvídateľným spôsobom ovplyvňovať kvalitu obrazu a následne aj všetky operácie s týmto obrazom uskutočňované. Obraz tak už od prvého momentu, ktorým je jeho vznik môže obsahovať informáciu znižujúcu jeho kvalitu. Ak jej vplyv chceme minimalizovať, prípadne potlačiť úplne je nevyhnutné aplikovať na obraz celý rad postupov, ktoré môžeme zhrnúť pod spoločný názov t. j. predspracovanie obrazu. Uplatnením metód predspracovania nezískame novú informáciu, iba niektoré informácie v obrazovom

signáli (významné) zvýrazníme a iné (bezvýznamné a chybové) potlačíme. Predspracovanie teda umožňuje okrem eliminovania nesprávnych informácií, extrahovanie tých informácií z obrazu, ktoré sú smerodajné pre jeho porozumenie na základe vopred zadáných požiadaviek. V mnohých prípadoch sú výsledky predspracovania len čiastočné, prípadne z dôvodov nedostatku času a nedostatočného výkonu snímacích a výpočtových systémov je nerealizovateľná aplikácia týchto metód. Vzhľadom na tieto okolnosti môže nastať situácia, keď sa obraz musí spracovať a vyhodnotiť aj s existujúcimi chybovými vplyvmi.

2. MATERIÁL A METÓDY

Problematika predspracovania obrazu je rozsiahla. Vo všeobecnosti sa jedná o operácie s obrazmi na nízkej úrovni abstrakcie. Účelom ich použitia je zlepšiť kvalitu obrazového signálu, potlačiť neželané chyby, deformácie a skreslenia, prípadne zvýrazniť niektoré črty obrazu, ktoré sú dôležité z hľadiska ďalšieho spracovania. Metódy predspracovania môžeme rozdeliť na (Ftáčnik, 2012):

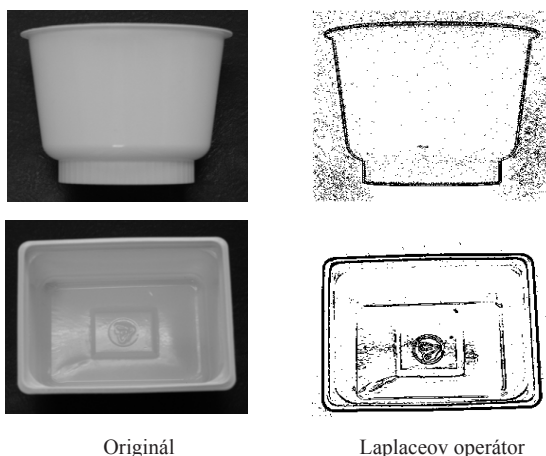
- jasové transformácie,
- geometrické transformácie,
- lokálne predspracovanie,
- rekonštrukcia obrazu.

Z hľadiska zamerania príspevku sa budeme zaoberať predovšetkým postupmi lokálneho predspracovania. Pod lokálnym predspracovaním rozumieme dve skupiny metód, ktoré majú navzájom protikladné účinky. Sú to metódy vyhladzovania a gradientné operácie. Účelom vyhladzovania je zminimalizovať v nasnímanom obraze šum, prípadne iné malé zmeny v obraze (Kumar, 2010). Negatívnym sprievodným znakom je súčasné potláčanie všetkých náhlych zmien jasovej funkcie, čím dochádza k strate niektorých významných informácií. Gradientné operácie vyhľadávajú v obraze body, v ktorých nastáva prudká zmena jasovej funkcie, čo znamená, že jasová funkcia v nich má veľký modul gradientu. K takýmto bodom patria aj tie, ktoré obsahujú šum a teda dôsledkom aplikácie gradientných operácií nastane jeho nárast. Výber adekvátnych metód je potrebné vždy podriaďovať stanovenému cieľu a určiť, prípadne experimentálne vyhľadať takú ich kombináciu, ktorá bude optimálna a jej výsledky budú vhodným vstupom do ďalšej etapy analýzy spracovávaného obrazu.

Zámerom nášho experimentu bolo overiť vplyv algoritmov predspracovania so zameraním na hranové operátory pri rozpoznávaní obrazov obsahujúcich rôzne typy objektov z plastového materiálu. Ako vstup boli použité vzorky obrazov rôznych plastových materiálov. Vstupné obrazy boli získané pri rôznych typoch osvetlenia. Boli použité dva typy predspracovania:

- vyhladzovanie pomocou Mediánového a Wienerovho filtra.
- gradientné operácie (Sobel, Prewitt, Roberts, LaG a Canny).

Vo všeobecnosti platí, že pri výbere hranového operátora je nutné hľadať kompromis medzi komplikovanosťou výpočtu a kvalitou získaných výsledkov (Hrčková, 2009). Z tohto dôvodu boli použité rôznorodé typy operátorov. Príklady dosiahnutých výsledkov pri experimentoch s hranovými operátormi sú na Obrázku 1.

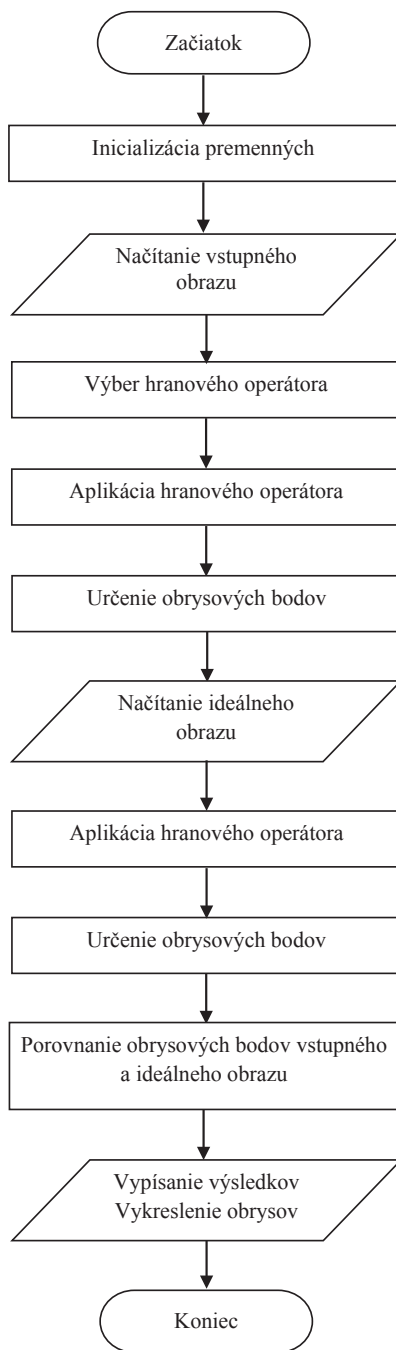


Obrázok 1: Príklady experimentov s hranovými operátormi

Experimenty s obrazmi boli uskutočnené rôznymi spôsobmi:

1. porovnanie hranových operátorov bez predchádzajúcej úpravy vyhladením,
2. porovnanie hranových operátorov po vyhladení,
 - Mediánovým filtrom,
 - Wienerovým filtrom.

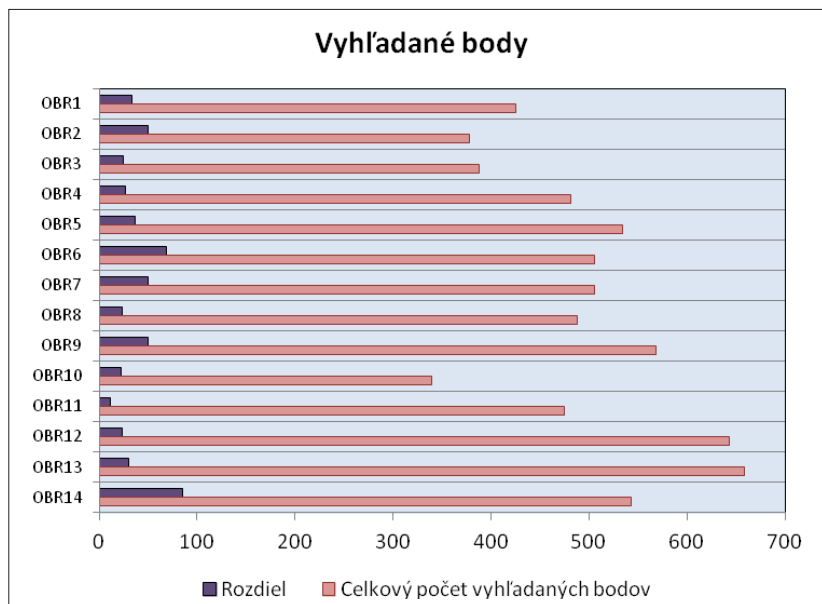
Pri oboch typoch použitých filtrov boli aplikované rôzne veľkosti masky: 3×3 , 5×5 a 7×7 . Samotný výpočet s hranovými operátormi bol realizovaný v prostredí MATLAB na základe vývojového diagramu (Obrázok 2). Vytvorená aplikácia nám umožnila výber vstupného obrazu a výber typu hranového operátora. Pre jednotlivé hranové operátory sme mohli použiť preddefinovanú hodnotu prahu, ktorá bola zistená experimentálnym spôsobom alebo sme si nastavili veľkosť prahu individuálne. Výsledky, ktoré sme získali sú reprezentované dobou trvania výpočtu a percentuálnou zhodou so vzorom. Ako vzory boli využité tzv. ideálne obrazy, ktoré boli nadobudnuté z východiskových obrazov obsahujúcich plastové materiály (Obrázok 3) vyhľadaním obrysových hrán objektov, ich vyplnením bodmi s úrovňou jasu zloženou z zložiek $R = 0$, $G = 0$, $B = 0$. Pri vyhľadávaní hrán na ideálnych obrazoch je minimálna pravdepodobnosť výskytu neočakávanej hrany, poškodenia, či zašumenia obrazu a preto sa dá predpokladať, že dosiahnuté počty vyhľadaných bodov obrysu budú pri použití akéhokoľvek typu hranového operátora rovnaké alebo rozdiel medzi nimi bude minimálny. Tento predpoklad potvrdzuje Obrázok 4, na ktorom vidieť rozdiely vzniknuté použitím rôznych operátorov voči priemernému počtu bodov ideálneho obrysu.



Obrázok 2: Vývojový diagram aplikácie



Obrázok 3: Príklady ideálnych obrazov



Obrázok 4: Počet vyhľadanych bodov hranovým operátorom

3. VÝSLEDKY

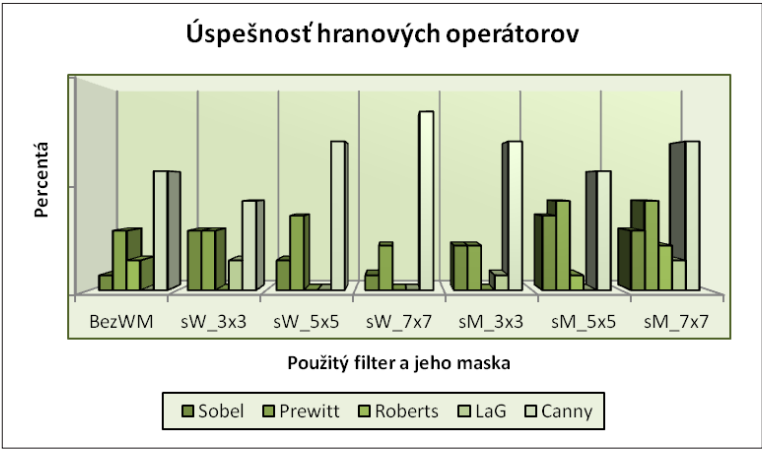
Vyhodnotenie účinnosti jednotlivých hranových operátorov sme stanovili porovnaním výsledkov získaných na reálnych obrazoch s výsledkami získanými na obrazoch ideálnych. Východiskom boli vyhľadané počty bodov obrysu na reálnych obrazoch a body vyhľadane na obrazoch ideálnych. Na základe ich porovnania boli stanovené hranové operátory, ktoré najkvalitnejšie vyhodnotili daný obraz. Samotné experimenty boli realizované opakovane, vždy pre iný typ predspracovania. V príspevku uvádzame výsledky získané po predspracovaní Mediánovým filtrom s maskou 7×7 . Vyjadruje ich Tabuľka 1. V niektorých prípadoch percentuálny pomer bodov obrysu reálneho a ideálneho obrazu prekročil 100 %. Táto skutočnosť nastala vtedy, keď u reálneho obrazu boli do obrysových bodov zahrnuté aj tie body, ktoré obrys v skutočnosti netvorí. Vzhľadom na rozsah experimentu sú získané výsledky úspešnosti hranových operátorov rozsiahle a vzhľadom

na rozsah príspevku ich nie je možné uviesť kompletne. Ich komplexné vyhodnotenie je prehľadne uvedené na Obrázku 5.

Tabuľka 1: Úspešnosť operátorov po predspracovaní Mediánovým filtrom s maskou 7×7

	SOBEL P[%]	PREWITT P[%]	ROBERTS P[%]	LaG P[%]	CANNY P[%]
OBR1	55	55	56	56	63
OBR2	65	77	59	58	80
OBR3	10	13	9	11	14
OBR4	25	28	22	19	15
OBR5	63	69	48	47	79
OBR6	80	83	60	75	83
OBR7	100	100	96	100	97
OBR8	98	99	98	98	100
OBR9	86	86	80	78	84
OBR10	102	101	103	85	98
OBR11	99	99	99	99	99
OBR12	95	95	95	83	95
OBR13	92	92	83	84	95
OBR14	98	98	94	91	101

P[%] – počet bodov obrysu reálneho obrazu/počet bodov obrysu ideálneho obrazu

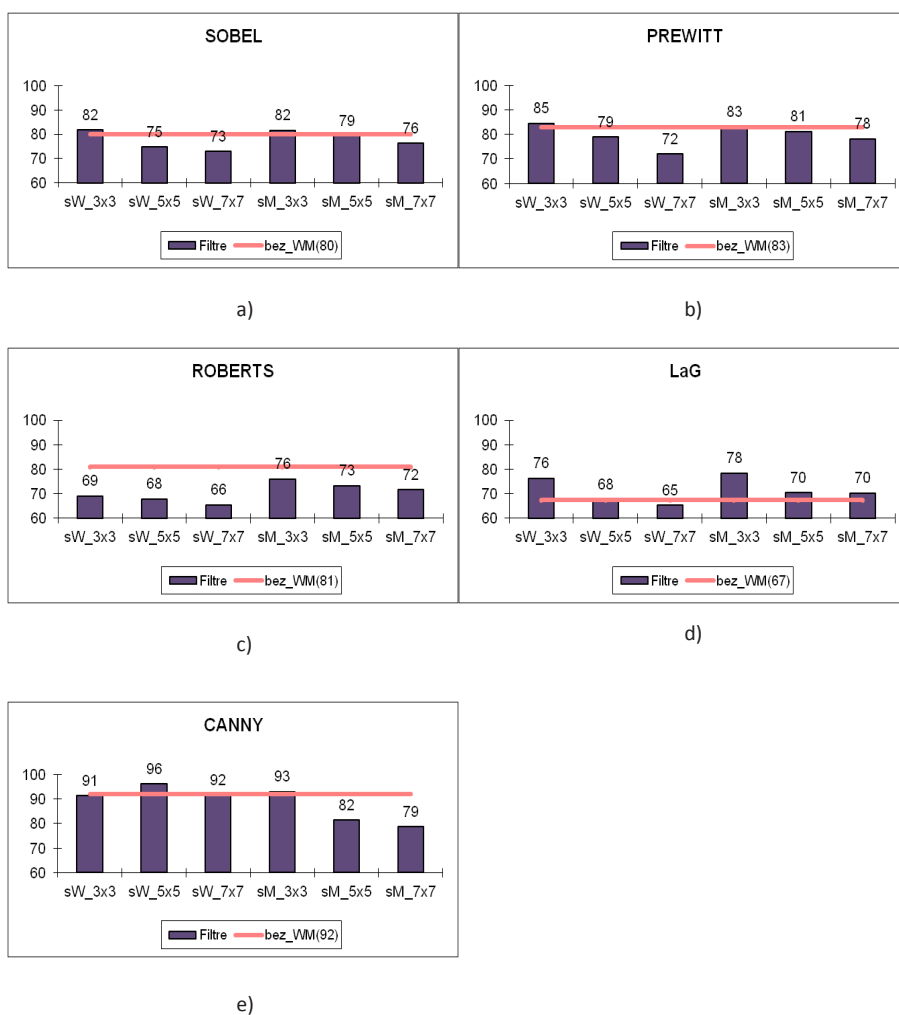


Obrázok 5: Úspešnosť hranových operátorov

4. DISKUSIA

Obrázok 5 zohľadňuje všetky realizované experimenty. Najlepšie výsledky boli dosiahnuté s hranovým operátorom (HO) Canny. V prípadoch, keď sa vyžaduje rýchla

časová odozva a teda nevyhovuje HO Canny, ktorý je časovo náročný, je vhodné použiť HO Prewitt, ktorý bol v poradí úspešnosti druhý. Ako úplne nevhodný sa pre použitý typ vstupných obrazov ukazuje HO Roberts. Vhodnosť zaradenia filtrov Wiener a Median do procesu hľadania hrán a vplyv veľkosti masiek u týchto filtrov zaznamenáva Obrázok 6. Ako vidieť z uvedeného Obrázka 6, môže kvalita vyhľadávania hrán po uplatnení filtrácie narastať, ale aj klesať v závislosti na type a kvalite vstupného obrazu. Výnimkou je HO Roberts, kde neustále dochádza k poklesu kvality, čo je výsledkom toho, že po uplatnení filtrov, ktoré odstraňujú šum a degradáciu obrazu, obraz býva čiastočne rozmazaný a maska HO Roberts, ktorá má veľkosť 2×2 nedostatočne eliminuje vzniknuté rozostrenie obrazu. U ostatných HO v niektorých prípadoch nastáva pokles kvality detekcie hrán, u iných vzostup. Prehľadne to vidíme v Tabuľke 2.



Obrázok 6: Vhodnosť zaradenia filtrov Wiener a Median

Tabuľka 2: Vhodnosť zaradenia filtrácie Wiener a Median

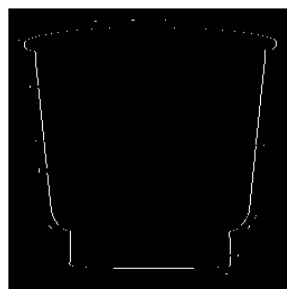
Hranový operátor		Sobel	Prewitt	LoG	Canny
Typ použitého filtra	W 3'3	+	+	+	—
	W 5'5	—	—	+	+
	W 7'7	—	—	—	+
	M 3'3	+	+	+	+
	M 5'5	—	—	+	—
	M 7'7	—	—	+	—

+	nárast kvality
—	pokles kvality

Pri vyhodnotení najvhodnejšieho predspracovania vo všeobecnosti a komplexne pre všetky hranové operátory použité v experimentoch môžeme skonštatovať, že u všetkých operátorov dochádza k zlepšeniu výsledkov po použití filtra Medián s maskou o veľkosti 3×3 . Pokiaľ chceme pristúpiť k určeniu celkového výsledku a to: najvhodnejšieho HO, najvhodnejšieho filtra, najvhodnejšej masky pre daný filter, podľa Obrázku 6 to je HO Canny, pred aplikáciou ktorého bol zaradený Wienerov filter s maskou 5×5 . Pri tomto spracovaní sa úspešnosť vyhľadania bodov na reálnych obrazoch pohybovala v priemere na úrovni 96 % voči obrazom ideálnym. Na Obrázku 7 a Obrázku 8 sú uvedené príklady.



Obrázok 7: OBR07_Canny_W_5 $\times$ 5



Obrázok 8: OBR12_Canny_W_5 $\times$ 5

5. ZÁVER

Pri vyhodnocovaní metód predspracovania sme sa zamerali na to, aby výsledky, ktoré aplikáciou týchto metód dosiahneme boli vhodným vstupom pre ďalšie spracovanie obrazov, ktorým je rozpoznávanie špeciálnych objektov v obraze. V prvom rade sme experimentálne overovali filtre, pomocou ktorých je možné odstrániť prípadné poruchy obrazu, ktoré mohli vzniknúť v procese snímania obrazu. Zamerali sme sa na filter Medián a na filter Wiener. Obidva tieto filtre je možné bližšie nastavovať z hľadiska veľkosti masky, ktorú uvedené filtre používajú. Samotné vyhodnotenie bolo uskutočnené až po aplikácii ďalšieho druhu predspracovania a to konkrétne po aplikácii hranového operátora,

pretože výstup po aplikácii hranového operátora hovorí nielen o kvalite daného hranového operátora, ale aj o kvalite aplikovaného filtra. Experimenty boli realizované s piatimi typmi HO. V rámci experimentov boli odskúšané všetky kombinácie použitých filtrov a ich masiek s piatimi HO. Z podkladov získaných z experimentov je jednoznačné, že nie vždy aplikácia filtra prináša zvýšenie kvality. Dôkazom je HO Roberts, ktorý po aplikácii predspracovania filtrácie (a to u oboch filtrov s rôznymi maskami) priniesol výrazne zníženie kvality z hľadiska konečných výsledkov. Na druhej strane u HO LaG a Canny výsledky dosiahnuté po aplikácii filtrácie ukazujú zvýšenie kvality obrazu. Najvyššia úspešnosť bola zaznamenaná po aplikácii Wienerovho filtra s maskou 5×5 a dosiahla až 96 %. Na základe experimentmi podložených výsledkov ako najvhodnejšie predspracovanie odporúčame použiť do reťazca spracovania obrazu obsahujúceho plastové materiály filtráciu Wienerovým filtrom s maskou o veľkosti 5×5 a HO Canny. V prípade nutnosti zníženia časovej náročnosti na predspracovanie a súčasne zachovania požiadavky na pomerne vysokú úspešnosť hľadania bodov tvoriacich obrysové hrany sa ukázal najvhodnejší HO Prewitt. U tohto operátora aplikácia filtrácie nezabezpečila také zvýšenie kvality obrazu, ktoré by ovplyvnilo konečné výsledky. Z toho vyplýva, že tento operátor je možné použiť bez predchádzajúcej filtrácie. Navrhnuté metódy predspracovania (kombinácia Wienerovho filtra s maskou o veľkosti 5×5 a hranového operátora Canny) je možné aplikovať v praxi pri návrhu triediacich postupov pri spracovaní plastových materiálov.

LITERATÚRA

- [1] BLÁZSOVITS, G.: *Interaktívna učebnica spracovania obrazu*. <http://dip.sccg.sk/>, 25. 1. 2012.
- [2] FTÁČNIK, M.: *Computer Vision*. <http://www.sccg.sk/~ftacnik/PV3.doc>, 26. 1. 2012.
- [3] HLAVÁČ, V.; SEDLÁČEK, M.: *Zpracování signálů a obrazů*. Vydavatelství ČVUT, Praha 2001, ISBN 80-01-02114-9.
- [4] HRČKOVÁ, M.; ŠURIANSKY, J.: *Analýza rozpoznávania špeciálnych objektov s využitím modelov*. Vedecká monografia. Tripsoft Trnava, 2009, ISBN 978-80-89291-33-5.
- [5] KUMAR, S.; KUMAR, P.; GUPTA, M.; NAGAWAT, K. A.: 2010. Performance Comparison of Median and Wiener Filter in image denoising. *International Journal of Computer Application* (0975–8887), Volume 12 – No. 4, November 2010.
- [6] NICOLAE, M. C.; MORARU, L.: 2011. Image Analysis of Kidney Using Wavelet Transform. *Annals of the University of Craiova, Mathematics and Computer Science Series*, Volume 38(1), pages 27–34, ISSN: 1223-6934.

Kontaktná adresa:

Ing. Mária Hrčková, PhD.,
Katedra informatiky a automatizačnej techniky,
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita Zvolen, T. G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen

TRIEDENIE GUĽATINY OVPLYVNĽUJE VÝŤAŽ V PROCESE PÍLENIA

SAW LOGS SORTING INFLUENCE THE YIELD

Mária KRAJČOVIČOVÁ

ABSTARCT: Technology plays an important role in any production process. Also takes an important position in sawmills. Choice schemes and choice affect the average timber yield and the positive or negative depending on the suitability of choice. This article is aimed precisely at sorting logs according to the size of its diameter. Handling it with the proper storage of the whole process can speed up and improve. The result of proper sorting and handling of logs is a higher yield of the center and side timber. An example of such an adjustment process of manufacture is given in this article, the results show the importance of compliance with the grading of logs to two centimeters in diameter.

Key words: saw logs sorting, manipulation with material, saw logs, yield

ABSTRAKT: Technologický postup zohráva dôležitú úlohu v akomkoľvek výrobnom procese. Významnú pozíciu zastáva aj pri prvospracovaní guľatiny na pilniciach. Voľba perezových schém ako aj výber priemeru guľatiny ovplyvňujú výťaž a to pozitívne alebo negatívne v závislosti vhodnosti výberu. Tento príspevok je zameraný práve na triedenie guľatiny podľa veľkosti jej priemeru. Manipulácia s ňou po správnom uskladnení môže celý proces urýchliť a skvalitniť. Výsledkom správneho roztriedenia ako aj manipulácie s guľatinou je aj vyššia výťaž stredového a bočného reziva. Príklad takéhoto nastavenia procesu výroby je uvedený v príspevku, pričom výsledky poukazujú na dôležitosť dodržania triedenia guľatiny po dvoch centimetroch na priemere.

Kľúčové slová: triedenie guľatiny pred perezom, manipulácia s materiálom, guľatina, výťaž

1. ÚVOD

Každý podnik sa snaží o čo najvyšší možný zisk, pričom pri projektovaní sa nie vždy podarí odhaliť všetky miesta, ktoré môžu tento proces negatívne ovplyvniť po spustení prevádzky. Niekedy je to maličkosť, ktorá sa ani nejaví ako dôležitá, či podstatná, no pritom dokáže obráť firmu o materiál, a tým aj peňažný zisk. Takýmto miestom môže byť na pilnici napríklad sklad guľatiny. Správne roztriedenie guľatiny ako aj následná manipulácia s ňou môže nielen skrátiť, alebo predĺžiť celý proces, ale môže aj pozitívne, alebo negatívne ovplyvniť výstupný materiál, či zisk.

Ako sa ukazuje, a to nielen z ekonomického, ale aj z ekologického hľadiska je veľmi dôležité neopomenúť žiadnu časť výroby. Určite sú aj iné faktory, ktoré ale nie je možné predvídať, ale tie sa dajú upraviť. Takýmto faktorom je efektívnosť práce jednotlivcov,

pretože ľudský faktor je dôležitou zložkou, ktorá rozhoduje o tom, či a ako sa firme bude dariť.

2. METODIKA RIEŠENIA OPTIMALIZÁCIE PROCESU VÝROBY

Pri analýze a návrhu materiálového toku ako aj skladových parametrov sa vychádzalo z poznatkov, ktoré boli získané z konkrétneho podniku. Na Slovensku ešte stále sú prevádzky, ktoré nie sú plne automatizované ani im finančná situácia neumožňuje takto investovať do modernizácie podniku. Kríza zasiahla aj tento odbor, a to dosť výrazne, a preto sa hľadajú, čo najmenej finančne náročné cesty, ktoré by pomohli firme k lepšiemu ekonomickému výsledku. Je dôležité pri poreze pozerieť na kvalitu reziva (obr. 1) ako aj na čo najlepšiu výťaž. Na riešenie takéhoto problému bola navrhnutá nasledovná metodika postupu výpočtu výťaž:

- vplyv dĺžky guľatiny na výťaž,
- určenie priemeru guľatiny na užšom konci,
- vplyv porezovej schémy na výťažnosť z daného kusa guľatiny,
- vyjadrenie čistého objemu reziva z jedného kmeňa,
- vyhodnotenie zisteného stavu,
- navrhnutie opatrení.

Výpočet výťaž:

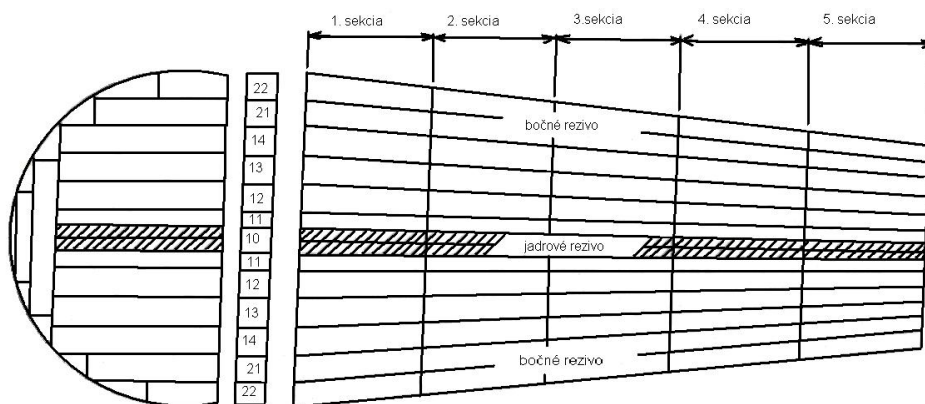
Postup pri výpočte je nasledovný:

- Určí sa plošný podiel nominálnych rozmerov výrobku prierezu tenšieho konca podľa určitých zásad a princípov.
- Vypočítaný podiel vo vzťahu k zbíhavosti a dĺžke výrezu sa upraví základným koeficientom zbíhavosti.
- Podiel pilín v závislosti od rozmerov reziva a veľkosti reznej škáry sa vypočíta podľa vzorca:

$$K_p = \frac{P_2}{P_1} 100 \quad (1)$$

$$K_p = \frac{r(h + \check{s} + r)}{h.\check{s}} 100 \quad (2)$$

kde: h – hrúbka dosky [m],
 $\check{s}$ – šírka dosky [m],
 r – rezná škára [m],
 K_p – podiel pilín [%].



Obrázok 1. Základná sieť pre sledovanie kvality reziva

Riešením výťažku je tiež používať vzorec na výpočet ideálneho rozmeru ϕd (tenšieho konca guľatiny) pre už stanovené rozmery reziva. Tento rozmer guľatiny vypočítame pomocou vzorca:

$$\phi d = v \times \sqrt{2} \quad (3)$$

v – výška prizmy [m],

d – priemer výrezu na tenšom konci [m].

Určenie priemeru guľatiny na užšom konci zo vzťahu:

$$\phi d = \sqrt{2} \cdot v \quad [m] \quad (4)$$

Pričom: d – priemer na užšom konci guľatiny [m],

v – výška prizmy [m].

Stanovenie počtu reziva z (rozmerovo) danej konkrétnej guľatiny určitého priemeru:

$$\phi d_{\min}^2 - v^2 = a^2 \quad [m] \quad (5)$$

$$k = a / (h + 4) \quad [ks] \quad (6)$$

Pričom: $d_{\min}$ – priemer na tenšom konci [m],

v – výška prizmy [m],

a – hodnota šírky prizmy vyplývajúca z pravouhlého trojuholníka [m],

h – hrúbka reziva [m],

4 – číslo vyjadrujúce šírku zubovej medzery,

k – počet reziva z hmoty jedného výrezu [ks].

Vyjadrenie celkového objemu jedného kmeňa guľatiny:

$$\frac{\phi d_{str}^2 \cdot \pi}{4} \cdot l = V_1 \quad [m^3] \quad (7)$$

Pričom: d_{str} – stredný priemer guľatiny stanovený na základe jej minimálneho priemeru a dĺžky [m],

π – Ludolfovo číslo [3,14],

l – dĺžka guľatiny [m],

V_1 – celkový objem jedného výrezu [m³].

Vyjadrenie čistého objemu reziva z jedného kmeňa guľatiny:

$$k \cdot h \cdot v \cdot l = V_2 \quad [m^3] \quad (8)$$

Pričom: k – počet reziva z hmoty jedného výrezu [ks],

h – hrúbka reziva [m],

v – výška prizmy (šírka reziva) [m],

l – dĺžka reziva [m],

V_2 – čistý objem stredového reziva z hmoty jedného výrezu [m³].

Výpočet výťaže stredového reziva:

$$\frac{V_1}{V_2} = W \quad [\%] \quad (9)$$

Pričom: V_1 – celkový objem jedného výrezu [m³],

V_2 – čistý objem stredového reziva z hmoty jedného výrezu [m³],

W – výťaž stredového reziva v [%].

3. POSTUP VÝPOČTU VÝŤAŽE PRE STANOVENIE NAJVVHODNEJŠIEHO PRIEMERU PRE REZANIE PODĽA POREZOVEJ SCHÉMY

V prvej časti praktických výpočtov bol vykonaný konkrétny výpočet výťaže.

V druhej časti boli vytvorené tabuľky s konkrétnymi výsledkami za jednotlivé mesiace, pričom v článku uvádzame dva najdôležitejšie.

V tretej časti boli vyhodnotené výsledky a stanovenie opatrení pre kvalitnejší priebeh procesu pílenia za účelom dosiahnutia vyššej výťaže a lepších ekonomických výsledkov. Pre jasnejší obraz toho ako prebieha vyhodnocovaný proces je dôležité dodať, že je pílené ihličnaté drevo a že v procese pílenia je na rámovej pile najskôr vypílená prizma a tá je následne na ďalšej rámovej pile rozmietaná na rezivo.

Postup pri výpočte:

Rozmer: $h \times v \times l$

Rozmer: $0,078 \times 0,153 \times 6$

$$\phi d = \sqrt{2} \cdot v \Rightarrow \phi d = \sqrt{2} \cdot 0,153 \Rightarrow \phi d = 0,22 \text{ m} - \text{doporučený priemer}$$

Keďže $l = 6 \text{ m}$

$$\phi d_{str} = 0,24 \text{ m}$$

Na perez bola vybraná guľatina priemerov $\phi d = 0,24 \div 0,26 \text{ m}$ pričom stredný priemer bol určený ako $\phi d_{str} = 0,28 \text{ m}$. Z týchto údajov bol nasledovným postupom vyjadrený počet dosák, ktoré boli na pile porené a z pomeru objemov bola stanovená výťaž, ktorá bola pri danom type pílenia dosiahnutá.

$$\begin{aligned} \sqrt{0,24^2 - 0,153^2} &= \sqrt{0,034191} \Rightarrow a = 0,1849 \Rightarrow k = 0,18491 / (0,078 + 0,004) \Rightarrow k = 2 \text{ ks} \\ 2 \cdot 0,078 \cdot 0,153 \cdot 6 &= 0,1432 \Rightarrow V_1 = 0,1432 \text{ m}^3 \\ (0,28^2 \cdot \pi) \cdot (6/4) &= 0,36945 \Rightarrow V_2 = 0,36945 \text{ m}^3 \\ W &= 0,1432 / 0,36945 \Rightarrow W = 39 \% \end{aligned}$$

Keďže už bola navrhnutá guľatina, z ktorej by sa mohlo rezať rezivo tých istých rozmerov, je vypočítaná výťaž aj v tomto prípade.

$$\begin{aligned} 0,22^2 - 0,153^2 &= \sqrt{0,02499} \Rightarrow a = 0,1581 \Rightarrow k = 0,1581 / (0,078 + 0,004) \Rightarrow k = 2 \text{ ks} \\ 2 \cdot 0,078 \cdot 0,153 \cdot 6 &= 0,1432 \Rightarrow V_1 = 0,1432 \text{ m}^3 \\ (0,24^2 \cdot \pi) \cdot (6/4) &= 0,27143 \Rightarrow V_2 = 0,27143 \text{ m}^3 \\ W &= 0,1432 / 0,27143 \Rightarrow W = 53 \% \end{aligned}$$

Z príkladových výpočtov nám vyplýva, že použitie vzorca na stanovenie priemeru na tenšom konci môže byť užitočné.

Tabuľka 1 Výpočet výťaž v sledovaných mesiacoch

Rozmer reziva [h × v × l] (m)	Rezaný priemer guľatiny (m)	Stredný priem. závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Doporučený priemer pri optim. rozmeroch (m)	Stredný priemer závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Rozdiel v (%)
JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR
0,08×0,155×7	0,24–0,26	0,28	2	40	0,22	0,24	2	55	15
0,08×0,155×8	0,24–0,26	0,29	2	38	0,22	0,25	2	51	13
0,05×0,257×6	0,37–0,39	0,41	5	49	0,36	0,38	5	57	8
0,068×0,14×7	0,21–0,23	0,25	2	39	0,2	0,22	2	50	11
0,055×0,118×6	0,35–0,36	0,38	6	34	0,17	0,19	2	46	12
0,068×0,138×6	0,27–0,29	0,31	3	37	0,2	0,22	2	49	12
0,12×0,2×6	0,32–0,34	0,36	2	47	0,28	0,3	1	34	*13
0,12×0,2×7	0,32–0,34	0,37	2	45	0,28	0,31	1	32	*13
0,12×0,2×8	0,32–0,34	0,38	2	42	0,28	0,32	1	30	*12
0,12×0,16×6	0,30–0,31	0,33	2	45	0,23	0,26	1	36	*9
0,12×0,16×7	0,30–0,31	0,34	2	42	0,23	0,26	1	36	*6
0,1×0,16×4	0,27–0,29	0,3	1	23	0,23	0,25	1	33	10

Tabuľka 1 Pokračovanie

Rozmer reza [h × v × l] (m)	Rezaný priemer guľatiny (m)	Stredný priem. závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Doporuče- ný priemer pri optim. rozmeroch (m)	Stredný priemer závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Rozdiel v (%)
JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR	JANUÁR
0,1×0,16×5	0,27–0,29	0,31	1	21	0,23	0,25	1	33	12
0,1×0,16×6	0,27–0,29	0,32	1	20	0,23	0,26	1	30	10
0,1×0,16×7	0,27–0,29	0,32	1	20	0,23	0,26	1	30	10
0,1×0,16×8	0,39–0,41	0,45	2	20	0,23	0,27	1	28	8
0,12×0,16×5	0,42→	0,44	3	38	0,23	0,25	1	33	*5
0,1×0,16×6	0,39–0,41	0,44	2	21	0,23	0,26	1	30	9
0,1×0,16×7	0,39–0,41	0,44	2	21	0,23	0,26	1	30	9
0,1×0,16×8	0,39–0,41	0,45	2	20	0,23	0,27	1	28	8
0,036×0,225×4	0,34–0,35	0,37	6	45	0,32	0,34	5	45	0
0,036×0,225×5	0,32–0,34	0,37	5	38	0,32	0,34	5	45	7
0,036×0,225×6	0,28–0,30	0,33	4	38	0,32	0,35	5	42	4
0,036×0,225×3	0,39–0,41	0,42	7	41	0,32	0,33	5	47	6
0,036×0,225×4	0,31–0,33	0,35	5	42	0,32	0,34	5	45	3
0,036×0,225×4	0,28–0,30	0,32	4	40	0,32	0,34	5	45	5
0,036×0,225×4	0,44–0,46	0,48	9	40	0,32	0,34	5	45	5
0,036×0,225×4	0,36–0,38	0,4	7	45	0,32	0,34	5	45	0
0,036×0,225×4	0,47→	0,49	10	43	0,32	0,34	5	45	2
0,036×0,225×6	0,30–0,31	0,34	4	36	0,32	0,35	5	42	6
0,12×0,2×7	0,32–0,34	0,37	2	45	0,28	0,31	1	32	*13
0,12×0,2×8	0,32–0,34	0,38	2	42	0,28	0,32	1	30	*12
0,12×0,2×6	0,32–0,34	0,37	2	45	0,28	0,31	1	32	*13
0,12×0,2×6	0,37–0,38	0,41	2	36	0,28	0,31	1	32	*4
0,12×0,2×7	0,37–0,39	0,42	2	35	0,28	0,31	1	32	*3
0,028×0,126×5	0,18–0,21	0,23	4	34	0,18	0,2	4	45	11
0,028×0,126×6	0,18–0,21	0,24	4	31	0,18	0,21	4	41	10
0,028×0,126×5	0,22–0,23	0,25	5	36	0,18	0,2	4	45	9
0,028×0,126×6	0,22–0,23	0,26	5	33	0,18	0,21	4	41	8
0,028×0,126×7	0,24–0,26	0,29	6	32	0,18	0,21	4	41	9
0,028×0,126×6	0,24–0,26	0,29	6	32	0,18	0,21	4	41	9
0,028×0,126×7	0,16–0,17	0,2	3	34	0,18	0,21	4	41	7
0,044×0,205×5	0,34–0,36	0,38	5	40	0,29	0,31	4	48	8
0,057×0,118×5	0,18–0,19	0,21	2	39	0,17	0,19	2	47	8
0,057×0,118×6	0,18–0,19	0,22	2	35	0,17	0,2	2	43	8
0,057×0,118×4	0,18–0,19	0,21	2	39	0,17	0,19	2	47	8
Rozmer reza [h × v × l] (m)	Rezaný priemer guľatiny (m)	Stredný priem. závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Doporuče- ný priemer pri optim. rozmeroch (m)	Stredný priemer závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Rozdiel v (%)
JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN
0,057×0,125×6	0,28–0,29	0,31	4	38	0,18	0,21	2	41	3

Tabuľka 1 Pokračovanie

Rozmer reziva [h × v × l] (m)	Rezaný priemer guľatiny (m)	Stredný priem. závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Doporuče- ný priemer pri optim. rozmeroch (m)	Stredný priemer závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Rozdiel v (%)
JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN
0,057×0,125×6	0,24–0,26	0,28	3	35	0,18	0,21	2	41	6
0,057×0,125×5	0,18–0,23	0,22	2	38	0,18	0,2	2	45	7
0,057×0,125×5,5	0,18–0,23	0,2	2	38	0,18	0,21	2	41	3
0,057×0,125×5	0,24–0,27	0,28	3	35	0,18	0,2	2	45	10
0,057×0,125×5,5	0,24–0,27	0,28	3	35	0,18	0,21	2	41	6
0,057×0,125×5,5	0,18–0,23	0,22	2	38	0,18	0,21	2	41	3
0,05×0,255×4	0,35–0,36	0,38	4	47	0,36	0,38	4	45	*2
0,05×0,255×6	0,35–0,36	0,37	4	47	0,36	0,39	4	43	*4
0,05×0,255×4	0,35–0,38	0,38	4	45	0,36	0,38	4	45	0
0,05×0,255×6	0,35–0,38	0,38	4	45	0,36	0,39	4	43	*2
0,05×0,255×4	0,39–0,41	0,42	5	46	0,36	0,38	4	50	4
0,05×0,255×6	0,42 . 0,47	0,5	7	45	0,36	0,39	4	43	*2
0,05×0,255×4	0,42–0,46	0,47	6	44	0,36	0,38	4	45	1
0,05×0,255×4	0,36–0,38	0,39	4	43	0,36	0,38	4	45	2
0,05×0,255×4	0,42–0,47	0,47	6	44	0,36	0,38	4	45	1
0,05×0,255×4	0,34–0,35	0,36	4	50	0,36	0,38	4	45	*5
0,05×0,1×5,5	0,22–0,23	0,24	3	33	0,14	0,16	1	25	*8
0,05×0,1×6	0,22–0,23	0,25	3	31	0,14	0,17	1	22	*9
0,05×0,16×8	0,23–0,26	0,29	3	36	0,23	0,27	3	42	6
0,05×0,225×4	0,31–0,33	0,35	3	35	0,32	0,34	4	50	15
0,05×0,310×4	0,37→	0,39	3	40	0,44	0,46	5	47	7
0,05×0,310×4	0,47	0,49	6	49	0,44	0,46	5	47	*2
0,048×0,238×5	0,34–0,36	0,37	4	43	0,34	0,36	4	45	2
0,055×0,115×5	0,18–0,21	0,22	2	33	0,16	0,18	1	25	*8
0,055×0,115×6	0,18–0,21	0,23	2	30	0,16	0,19	1	22	*8
0,055×0,115×4	0,18–0,21	0,22	2	33	0,16	0,18	1	25	*8
0,036×0,225×4	0,26–0,27	0,29	3	37	0,32	0,34	5	45	8
0,036×0,225×4	0,28–0,30	0,31	4	43	0,32	0,34	5	45	2
0,036×0,225×4	0,34–0,35	0,36	6	48	0,32	0,34	5	45	*3
0,036×0,225×4	0,31–0,33	0,34	5	45	0,32	0,34	5	45	0
0,048×0,146×4	0,24–0,25	0,26	3	40	0,21	0,23	2	34	*6
0,048×0,146×5	0,24–0,25	0,26	3	40	0,21	0,23	2	34	*6
0,08×0,08×5	0,15–0,17	0,18	1	25	0,11	0,13	1	48	23
0,08×0,08×4	0,15–0,17	0,18	1	25	0,11	0,13	1	48	23
0,08×0,08×6	0,15–0,17	0,19	1	23	0,11	0,14	1	42	19
0,08×0,08×6	0,13–0,17	0,18	1	25	0,11	0,14	1	42	17
0,08×0,08×3	0,13–0,17	0,17	1	28	0,11	0,12	1	57	29
0,08×0,08×4	0,13–0,17	0,17	1	28	0,11	0,13	1	48	20
0,053×0,17×4	0,26–0,27	0,28	3	43	0,24	0,26	3	51	8
0,078×0,21×6	0,27–0,31	0,32	2	41	0,3	0,33	2	38	*3

Tabuľka 1 Pokračovanie

Rozmer reziva [h × v × l] (m)	Rezáný priemer guľatiny (m)	Stredný priem. závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Doporučený priemer pri optim. rozmeroch (m)	Stredný priem. závislý od dĺžky (m)	Počet dosiek (ks)	Výťaž v (%)	Rozdiel v (%)
JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN	JÚN
0,078×0,11×5	0,28–0,30	0,31	3	31	0,16	0,18	1	43	12
0,11×0,11×5	0,37→	0,39	3	30	0,16	0,18	1	48	18
0,11×0,11×5	0,15–0,17	0,18	1	48	0,16	0,18	1	48	0
0,05×0,32×5	0,37→	0,39	3	40	0,42	0,44	5	53	12
0,044×0,17×6	0,30–0,31	0,33	5	44	0,24	0,27	3	40	*4
0,08×0,13×4	0,22–0,25	0,26	2	39	0,18	0,2	1	33	*6
0,08×0,13×5	0,22–0,25	0,26	2	39	0,18	0,2	1	33	*6
0,08×0,13×5	0,37–0,46	0,48	5	29	0,18	0,2	1	33	4
0,08×0,13×6	0,22–0,25	0,27	2	36	0,18	0,21	1	30	*6
0,08×0,13×6	0,37–0,46	0,49	5	28	0,18	0,21	1	30	2
0,08×0,13×5	0,28–0,31	0,32	2	25	0,18	0,2	1	33	8
0,08×0,13×5	0,22–0,27	0,29	2	31	0,18	0,2	1	33	2
0,08×0,13×6	0,28–0,31	0,33	2	24	0,18	0,21	1	30	6
0,08×0,13×6	0,22–0,27	0,29	2	30	0,18	0,21	1	30	0
0,065×0,135×7	0,20–0,21	0,25	2	36	0,19	0,2	1	23	*13
0,065×0,135×7	0,25–0,28	0,3	3	37	0,19	0,22	1	23	*14
0,075×0,145×7	0,22–0,23	0,26	2	40	0,21	0,24	1	24	*16
0,075×0,145×8	0,22–0,23	0,27	2	38	0,21	0,25	1	22	*16
0,075×0,145×7	0,22–0,24	0,27	2	38	0,21	0,24	1	24	*14
0,075×0,145×7	0,28–0,32	0,34	3	36	0,21	0,24	1	24	*12
0,075×0,145×7	0,29–0,32	0,34	3	36	0,21	0,24	1	24	*12
0,075×0,145×8	0,22–0,24	0,27	2	38	0,21	0,25	1	22	*16
0,075×0,145×8	0,28–0,32	0,35	3	34	0,21	0,25	1	22	*12
0,075×0,145×8	0,28–0,32	0,35	3	34	0,21	0,25	1	22	*12
0,038×0,058×4	0,24–0,25	0,27	5	19	0,08	0,1	1	28	9
0,029×0,1×4	0,18–0,19	0,21	4	33	0,14	0,16	2	29	*4
0,029×0,12×4	0,20–0,21	0,23	4	34	0,17	0,19	3	37	4
0,029×0,17×4	0,26–0,27	0,29	5	37	0,24	0,26	5	46	9
0,029×0,2×4	0,28–0,30	0,31	5	38	0,28	0,3	5	41	3
0,029×0,2×4	0,26–0,27	0,29	5	44	0,28	0,3	6	62	18
0,078×0,19×7	0,32–0,37	0,4	3	35	0,27	0,3	2	62	27
0,078×0,19×8	0,32–0,37	0,4	3	35	0,27	0,31	2	39	25
0,052×0,225×6	0,32–0,34	0,36	4	46	0,32	0,35	4	49	3
0,08×0,16×4	0,24–0,25	0,27	2	45	0,23	0,25	1	26	*19
0,08×0,16×5	0,24–0,27	0,28	2	42	0,23	0,25	1	26	*16
0,08×0,16×5	0,47	0,49	5	34	0,23	0,25	1	26	*8
0,08×0,16×6	0,24–0,27	0,29	2	39	0,23	0,26	1	24	*15
0,08×0,16×6	0,47	0,5	5	33	0,23	0,26	1	24	*9

* výťaž skutočná väčšia ako odhad, a preto je nutné voliť aj iné alternatívy ako kvalitne pripraviť porezový plán

Druhá vec, ktorú nie je možné opomenúť, či nevšimnúť si je, že triediť guľatinu by sa oplátilo po centimetri. Na jeden meter dĺžky je pridávaný jeden centimeter na priemere guľatiny. Pri výťazi sú $2 \div 3 \%$ vyjadrené hodnotou jedného centimetra odzrkadľujúceho sa na hrúbke.

Z uvedeného v tabuľke 1 vyplýva, že určovanie priemeru na užšom konci guľatiny pomocou vzorca $\phi d = \sqrt{2} \cdot v$ môže byť smerodajné, ale nie záväzné, a to z dôvodu, že na pilnici, kde je toto porovnanie urobené sa rozmery reziva len málokedy približovali rozmerom pri poreze do štvorca. Avšak aj napriek tejto skutočnosti (tabuľka 1) je možné vychádzať pri príprave porezu z už spomenutého vzorca. Každopádne stanovenie správneho porezového plánu je predpokladom úspechu v dosiahnutí prinajmenšom optimálnej výťaze, ktorá je pre stredové rezivo okolo 40 %. Celková výťaž by mala byť aspoň 60 %.

Týmto výpočtom, ako dokazujú aj výsledky v tabuľke, kde sú spracované a porovnávané dva mesiace, a to mesiac s najvyššou výťažou a mesiac s najnižšou výťažou, sa potvrdila jedna z teórií uvedených na začiatku tohto zhodnotenia a síce, že triedenie výrezov by bolo najideálnejšie vykonávať po centimetri.

ZÁVER

Prepočty a porovnanie ukázali, že veľký vplyv na výťažnosť má práve uskladnenie guľatiny. Ak k tomu pripočítame aj manipuláciu a nastavenie porezových schém v pilnici, ktorá nie je zmodernizovaná podľa súčasných možností, zistíme, aké veľké rezervy nám vznikajú práve v oblasti uskladnenia, či manipulácie a dopravy guľatiny do porezu. Určite by bolo zaujímavé vyhodnotiť tieto zistenia aj optimalizačnými matematickými metódami, ako napríklad pomocou lineárneho programovania, avšak toto môže byť predmetom ďalšieho skúmania. V konečnom hodnotení návrhu modernizácie pilnice z hľadiska zvýšenia kvality, výťaze ako aj kapacity sa dospelo k veľmi dobrým výsledkom. Ak bude možné v praxi overiť tieto výsledky, čiže, ak bude prax naklonená urobiť zmeny aspoň v triedení guľatiny, bude určite veľmi zaujímavé sledovať diferencie, ktoré vzniknú, pretože ideálny stav nie je možné nikdy dosiahnuť, ale dá sa k nemu priblížiť. Úspech totižto závisí aj od množstva a druhu objednávok. Preto je vždy potrebné porezový plán prispôbiť týmto požiadavkám, čo môže vypočítané hodnoty znížiť, čím sa znížia konečné výnosy a výsledky budú slabšie.

LITERATÚRA

- [1] BIGOŠ, P., KISS, I., RITÓK, J.: 2008. *Materiálové toky a logistika*. Košice : Technická univerzita, Strojnícka fakulta, 2008, 157 s. ISBN 978-80-553-0129-7
- [2] KAFKA E., pod vedením spracoval kolektív autorov: 1989. *Dřevárská příručka 2. část*, Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989, 992 s. ISBN 80-03-0009-2
- [3] KRAJČOVIČOVÁ, M.: 2010. *Optimalizácia materiálového toku pri výrobe drevených stavebníc*. Dizertačná práca. Zvolen: TU, 2010, 123 s.
- [4] NÁPRSTKOVÁ, N., NEDVĚD, F.: 2009. *The rationalization of Production for folding Brakes in concrete Manufacture. Toyotarity. Realization of production/service processes*. 2009, s. 123–132. ISBN 978-966-1507-08-0

- [5] PAVLENKA, M.: 1996. Závazný technologický predpis, Drevovýroba Rojík s. r. o. Liptovská Teplá, 1996
- [6] ŠÁRIKOVÁ, A., DETVAJ, J., DUDASOVÁ, V.: 1995. *Kvantitatívno-kvalitatívna výťaž piliarskych výrobkov z ihličnatej suroviny*. Zvolen : Vydavateľstvo TU, 1995, 55 s. ISBN 80-228-0436-3

Kontaktná adresa:

Ing. Mária Krajčovičová, PhD.
Katedra drevárskych strojov a zariadení
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: krajcovicova@vsld.tuzvo.sk

MERANIE VÝŠKY TELESA POMOCOУ DVOCH KAMIER

MEASURING OF BODY HEIGHT BY TWO CAMERAS

Pavol KOLEDA – Ľubomír NAŠČÁK

ABSTRACT: Measuring of body dimensions by means of optical methods using one camera allows detecting these dimensions only in two axes. For detecting all three dimensions it is necessary to use two cameras. By stereoscopic sampling of particles it is possible to measure not only planar dimensions but also the height of bodies over the base. Two cameras, sampling one scene from two different angles, are used at this sampling.

Key words: Stereoscopic pictures, bodies dimensions measuring, trigonometry

ABSTRAKT: Meranie rozmerov telies pomocou optických metód s použitím jednej kamery umožňuje zisťovať rozmery len v dvoch osiach. Pre zisťovanie všetkých troch rozmerov telies je potrebné použiť dve kamery. Stereoskopickým snímaním častíc je možné merať nie len plošné rozmery, ale aj výšku telies nad podložkou. Pri takomto snímaní sa používajú dve kamery, ktoré snímajú jednu scénu z dvoch rôznych uhlov.

Kľúčové slová: Stereoskopické snímanie, meranie rozmerov telies, trigonometria

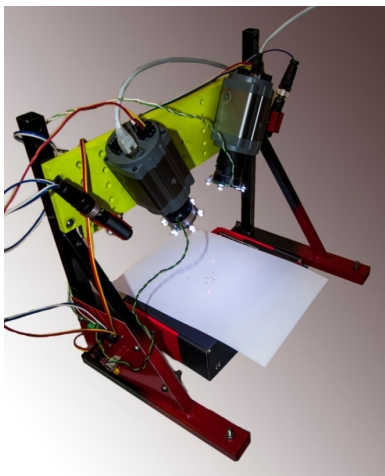
1 ÚVOD

Meranie rozmerov frakčných telies pomocou bežne používaných optických metód neumožňuje zisťovanie všetkých rozmerov týchto telies. Tieto metódy totiž nedokážu zmerať tretí rozmer telesa; tento je buď považovaný za zanedbateľný, prípadne je určený pomocou štatistických metód. Meranie všetkých rozmerov telies, t. j. šírky, dĺžky a výšky, je možné pomocou dvoch kamier snímajúcich rovnakú scénu z rôznych uhlov. Takéto stereoskopické snímanie umožňuje vytvoriť trojrozmerný obraz snímanej scény.

Súčasný vývoj počítačového 3D modelovania umožňuje 3D skenovanie telies s následným vytvorením počítačového modelu, ktorý je plnohodnotný s modelom náročne vytvoreným v počítači. Takýmto spôsobom je možné napríklad vymodelovať a následne vyrobiť poškodené originálne diely strojov, ktoré už nie sú dostupné na trhu.

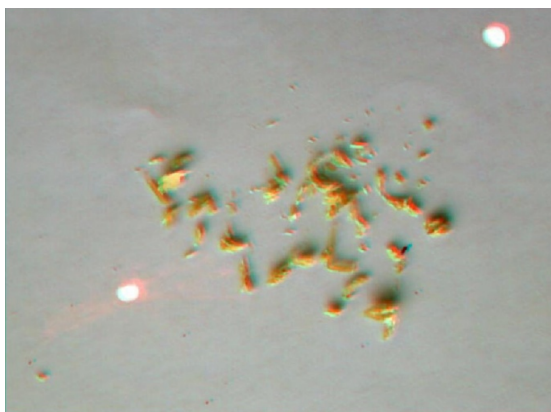
2 STEREOSKOPICKÉ SNÍMANIE

Pri stereoskopickom snímaní sú vytvorené dve snímky zachytávajúce rovnakú scénu z iného uhla. Pre takéto snímanie bolo zhotovené snímacie zariadenie (obrázok 1), ktoré pozostáva z oceľového rámu, na ktorom sú umiestnené dve sieťové kamery a dva laserové ukazovadlá. Na oboch kamerách je založené osvetlenie scény tvorené upravenými LED diódami, ktoré vytvárajú rozptýlené biele svetlo.



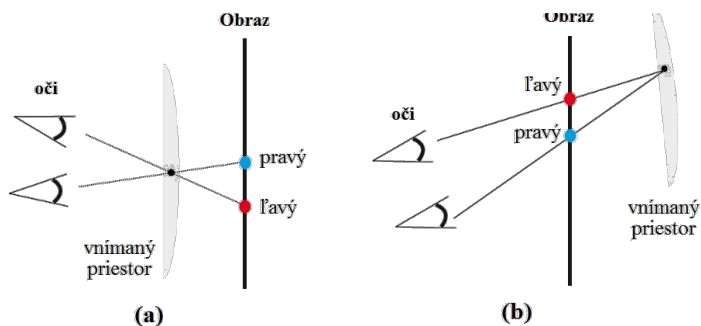
Obrázok 1 Snímacia zostava

Zachytené snímky sa následne zosynchronizujú pomocou určených synchronizačných bodov. Pre vytvorenie synchronizačných bodov je vhodné použiť laserové ukazovadlá, ktoré v snímanom obraze vytvárajú prejasené body. V ďalšom spracovaní sú tieto body v oboch obrazoch identifikované a obrazy sa upravujú tak, aby sa navzájom prekrývali príslušné synchronizačné body (obrázok 2).



Obrázok 2 3D obraz

Spomenuté snímanie vychádza z priestorového videnia, akým vidí človek okolitý svet. Pomocou dvoch očí, ktoré sú od seba vzdialené o určitý rozstup, človek pozoruje objekty okolo seba. Z každého oka má pritom obraz prostredia z iného uhla. Tieto dva obrazy následne mozog vyhodnotí pomocou referenčnej vzdialenosti očí a človek vie približne určiť hĺbku obrazu, t. j. vzdialenosť objektov od pozorovateľa.

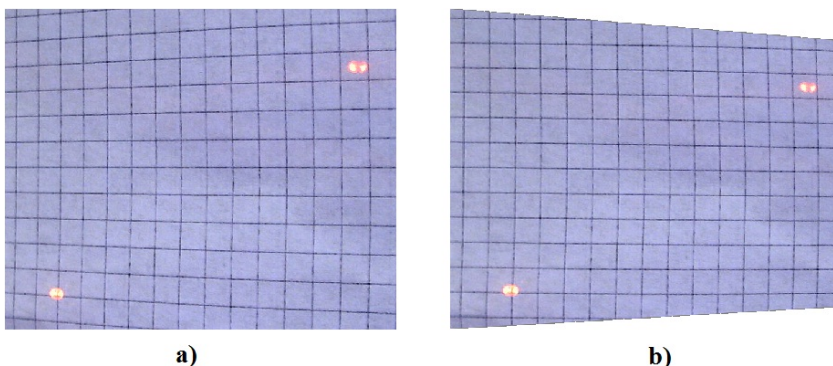


Obrázok 3 Vnímanie priestoru v 3D obraze (Koppal, 2011)

3 MERANIE ROZMEROV TELIES

3.1 Úprava snímok

Pred samotným meraním je nutné obe snímky predspracovať. Vzhľadom k tomu, že kamery snímajú pod určitým uhlom, snímky sú skreslené perspektívou. Pomocou úpravy snímok natáňovaním sa toto skreslenie odstráni (obrázok 4), čím sa obraz javí ako keby bol snímaný kamerou kolmo k podložke.

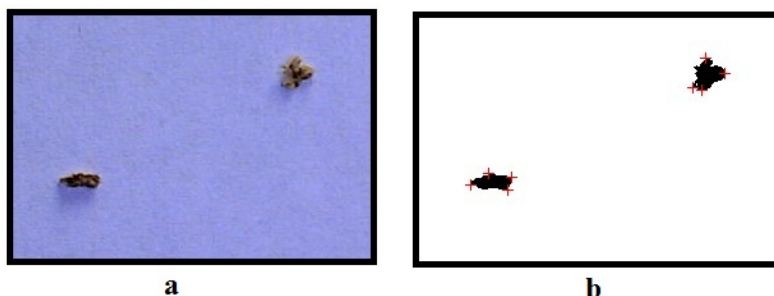


Obrázok 4 Úprava perspektívy: a) pôvodný obraz, b) upravený obraz

3.2 Plošné rozmery telies

Pre meranie plošných rozmerov skúmaných telies je použitá snímka z jednej kamery. V nej sú nájdené hľadané telesá a každému je vypočítaný najväčší horizontálny a vertikálny

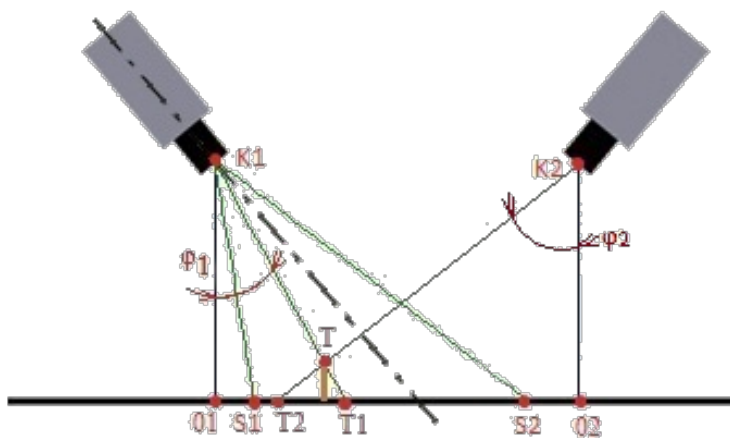
rozmer. V programe MATLAB sú identifikované jednotlivé objekty, ktoré reprezentujú frakčné častice. Pre správne identifikovanie a odfiltrovanie synchronizačných bodov sú objekty hľadané pomocou prahovania modrého farebného kanálu RGB farby obrazu (obrázok 5). V detegovaných objektoch sú nájdené hraničné body, pomocou ktorých je zistený rozmer daného telesa.



Obrázok 5 Meranie plošných rozmerov: a) zosnímané telesá, b) identifikované telesá

3.3 Priestorový rozmer telies

Priestorové rozmery telies sú vypočítavané na základe poznania referenčných vzdialeností umiestnenia kamier (vzdialenosti $|K1\ K2|$, $|K1\ O1|$, $|K2\ O2|$, $|O1\ S1|$ a $|O2\ S2|$ na obrázku 6).



Obrázok 6 Meranie výšky telesa nad podložkou

Po úprave perspektívy v zosnímanom obraze je vytvorená mierka pre prevod obrazových rozmerov (pixlov) do dĺžkových rozmerov (mm). Mierka je vypočítaná podľa vzťahu:

$$M = \frac{|S_{2X} - S_{1X}|}{|S'_{2X} - S'_{1X}|} \quad (1)$$

S_{2X} – x -ová súradnica druhého synchronizačného bodu na podložke [mm],

S_{1X} – x -ová súradnica prvého synchronizačného bodu na podložke [mm],

S'_{2X} – x -ová súradnica druhého synchronizačného bodu na v obraze [px],

S'_{1X} – x -ová súradnica prvého synchronizačného bodu v obraze [px].

Výpočet výšky telesa je zjednodušený na výpočet výšky jedného bodu patriaceho danému telesu. Pomocou vypočítanej mierky je zistená skutočná vzdialenosť jedného bodu v oboch obrazoch od synchronizačných bodov. Výška meraného telesa je vypočítavaná použitím trigonometrických funkcií z trojuholníka T_2, T_1, T (obrázok 6).

Uhol snímania bodu T prvou a druhou kamerou oproti zvislej osi vypočítame vzťahmi

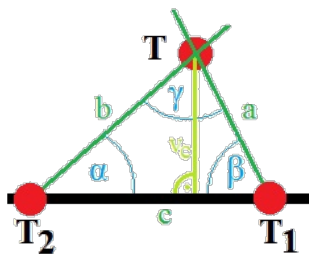
$$\phi_1 = \text{tg}^{-1} \left[(|0_1 S_1| + |S_1 T_1|) / |K_1 0_1| \right] \quad (2)$$

$$\phi_2 = \text{tg}^{-1} \left[(|0_2 S_2| + |S_2 T_2|) / |K_2 0_2| \right] \quad (3)$$

Vzdialenosť obrazov bodu T v oboch obrazoch (body T_1, T_2) je

$$|T_1 T_2| = |0_1 T_1| + |0_1 T_1| - |K_1 K_2| \quad (4)$$

Pre ďalší výpočet sú použité označenia podľa obrázka 7.



Obrázok 7 Výpočet výšky telesa

Hľadaná výška meraného telesa predstavuje vzdialenosť v_c (obrázok 7). Najprv sú vypočítané uhly α, β a γ pomocou vzťahov

$$\begin{aligned} \alpha &= 180 - 90 - \phi_2 \\ \beta &= 180 - 90 - \phi_1 \\ \gamma &= 180 - (\alpha + \beta) \end{aligned} \quad (5)$$

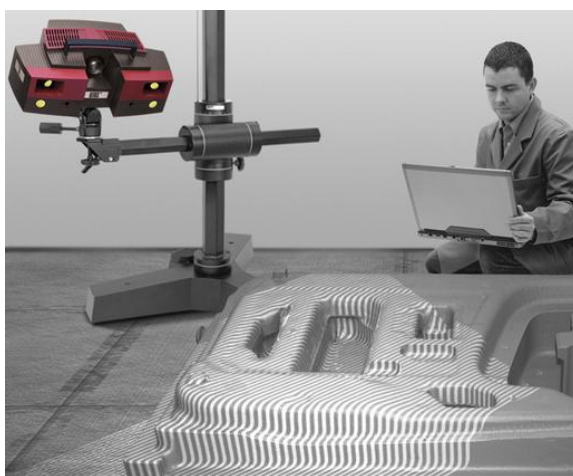
Následne je dopočítaná hľadaná výška

$$\frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} \Rightarrow b = \frac{c \cdot \sin \beta}{\sin \gamma} \quad (6)$$

$$v_c = b \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

Takto vypočítaná výška v_c reprezentuje výšku jedného bodu snímaného telesa nad podložkou. Pre zjednodušenie je výška tohto bodu považovaná za výšku celého telesa, ktorému daný bod patrí.

Pri vhodnom výbere bodov merania výšky, napríklad premietaním mriežky na teleso, je možné pomocou vypočítania výšky priesečníkov mriežky nad podložkou vytvoriť trojrozmerný počítačový model daného telesa.



Obrázok 8 Skenovanie pomocou svetelných pruhov (Čmarada, 2011)

4 ZÁVER

Popísaný spôsob merania rozmerov telies umožňuje bezkontaktné meranie všetkých rozmerov telies. Metóda umožňuje rýchle spracovanie snímok a teda meranie rozmerov frakčných častíc v čase. Oproti bežne používanej metóde merania takýchto častíc – sitovej analýze, nie je potrebná komplikovaná a časovo náročná práca s prípravou vzoriek a s vyhodnocovaním výsledkov.

Snímané telesá by sa nemali v scéne prekrývať, nakoľko nastáva problém s identifikáciou jednotlivých telies v snímkach a vznikajú kolízne situácie, pri ktorých je v oboch obrazoch identifikovaný iný počet telies. Túto podmienku je možné splniť vhodným spôsobom privádzania vzoriek do miesta snímania častíc, napríklad striasacím zariadením, ktoré jednotlivé častice pri ich preprave oddelí.

LITERATÚRA

- ČMARADA, M., HRČKOVÁ, M. 2011. Využitie 3D optických snímacích systémov v automatizovanom výrobnom procese. In. *Informatika a automatizácia v riadení procesov. VII. Vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou*, Zvolen, 13. Október 2011. Technická univerzita vo Zvolene, 2011. S 139–146. ISBN 978-80-228-2267-1
- KOPPAL, S. J., ZITNICK, C. L., COHEN, M. F., KANG, S. B., RESSLER, B., COLBURN, A.: 2011. A viewer-Centric Editor for 3D Movies. In. *IEEE Computer Graphics and Applications*, January/February 2011. Dostupné on-line: <http://www.koppal.com/stereoscopy_files/stereoscopy.pdf>
- Mathworks: Product documentation. On-line: <http://www.mathworks.com/help/techdoc/ref/image_props.htm>

Kontaktná adresa:

Ing. Pavol Koleda

Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnej techniky

Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

E-mail: pavol.koleda@zoznam.sk

doc. Ing. Ľubomír Naščák, CSc.

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnej techniky

Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

Tel: +421 455 206 572

E-mail: nas@vsld.tuzvo.sk

ZÁŤAŽOVÉ CHARAKTERISTIKY TRAKTORA FENDT 926 VARIO PRE SIMULÁCIU NA EXPERIMENTÁLNOМ ZARIADENÍ

LOAD CHARACTERISTICS OF TRACTOR FENDT 926 VARIO FOR SIMULATION ON THE EXPERIMENTAL DEVICE

Ján KOSIBA – František VARGA – Miroslav MOJŽIŠ – Ľubomír BUREŠ

ABSTRACT: This article deals with the measuring of the operating load characteristics of the tractor Fendt 926 Vario. Measurement was made by the most difficult working operations. In the hydraulic circuit of tractor Fendt 926 Vario a mineral oil Shell Tellus S2 M was applied. The maximum pressure was by the lifting a working device, 14.4 MPa. Basically on the chosen regulation was achieved pressure apices maximum distinction of 1.8 MPa. To determine the overall operating characteristic was detected also the temperature in the hydraulic circuit of tractor.

Key words: regulation, pressure, oil, characteristics

ABSTRAKT: Predložený príspevok sa zaoberá meraním prevádzkových záťažových charakteristík traktora Fendt 926 Vario. Meranie bolo uskutočnené pri najťažšej pracovnej operácii. Hydraulickom obvode traktora Fendt 926 Vario bol aplikovaný minerálny olej Shell Tellus S2 M. Maximálny tlak bol dosiahnutý pri zdvihnutí pracovného zariadenia, 14,4 MPa. Na základe zvolenej pracovnej regulácii boli dosiahnuté tlakové špičky maximálnej úrovne 1,8 MPa. Pre určenie celkových prevádzkových charakteristík bola zisťovaná aj teplota v hydraulickom obvode traktora.

Kľúčové slová: regulácia, tlak, olej, charakteristiky

1. ÚVOD

V súčasnosti prebieha tlak na ekologizáciu všetkých odvetví priemyslu. Tieto tlaky sa nevyhýbajú poľnohospodárskej výrobe a tým aj poľnohospodárskej technike využívanej farmármi. Tento príspevok sa zaoberá prevádzkovými záťažovými charakteristikami traktora Fendt 926 Vario, pri najčastejšej vykonávanej pracovnej operácii. Charakteristiky slúžia na skonštruovanie experimentálneho laboratórneho zariadenia pre skúšky biologickej odbúrateľných olejov na rastlinnej báze. Prevádzkové meranie traktorom Fendt 926 Vario bolo uskutočnené na Vysokoškolskom poľnohospodárskom podniku v Oponiciach. Traktor pracoval v agregácii s prídavným zariadením Lemken Rubin 9/400 KUA (Obr. 1).

Väčšina poľnohospodárskych traktorov využíva spoločný prevodovo-hydraulický obvod, kde je obmedzená možnosť aplikácie biologicky odbúrateľných olejov na rastlinnej báze. Traktor Fendt 926 Vario je konštrukčne riešený tak, že má samostatný hydraulický obvod, kde nie sú kladené vysoké požiadavky na univerzálnosť používaných olejov.

Pre konštrukciu experimentálneho zariadenia a následnú simuláciu prevádzkových režimov je nutné poznať prevádzkové záťažové charakteristiky vybraného traktora pri najviac zaťažujúcej vykonávanej operácii. V prevádzkovom pracovnom režime traktora sme sledovali predovšetkým charakteristiky tlakov a teploty oleja v hydraulickom obvode zadného trojbodového závesu. Namerané údaje sú mimoriadne dôležité pre určenie možnosti použitia biologicky odbúrateľného oleja na rastlinnej báze v prevodovom a hydraulickom obvode traktora (Majdan et al., 2008). Výšku tlaku v hydraulickom obvode je dôležité sledovať pre overenie správnej funkcie hydraulického obvodu a činnosti poistného ventilu (Drabant et al., 2005, Jablonický et al., 2007).



Obrázok 1. Traktor Fendt 926 Vario v súprave s diskový kypričom Lemken Rubin 9

2. MATERIÁL A METÓDY

Za účelom merania záťažových charakteristík bol navrhnutý spôsob merania cez vonkajšie vývody hydrauliky traktora. Tlakový senzor HDA 3774-A-600-000 bol umiestnený na výstupnom vedení z hydraulického obvodu do pracovného zariadenia. Teplotný senzor ETS 4144-A-000 bol umiestnený do samostatného hydraulického okruhu (Obr. 2). Na zaznamenávanie nameraných hodnôt bola použitá digitálna záznamová jednotka HMG 2020.



Obrázok 2. Umiestnenie tlakového a teplotného senzora vo vonkajších vývodoch hydrauliky (1 – teplotný senzor, 2 – tlakový senzor)

2.1 Traktor Fendt 926 Vario

Traktor Fendt 926 Vario bol vyrobený spoločnosťou AGCO GmbH, Marktoberdorf v Nemecku. Traktor je vybavený hydraulicky ovládanou plynule radenou prevodovkou Vario. V tabuľke 1 sú základné technické parametre traktora Fendt 926 Vario.

Tabuľka 1. Technické parametre traktora Fendt 926 Vario

Motor	Jednotka	Hodnota
Menovitý výkon	kW	170
Počet valcov		6
Menovité otáčky	min ⁻¹	2200
Zdvihový objem	cm ³	7142
Prevodovka		
Typ		Vario
Najvyššia rýchlosť	km.h ⁻¹	60
Hydraulika		
Typ		Load-sensing
Výkon hydrogenerátora	l.min ⁻¹	160
Pracovný tlak	Mpa	20
Max. odoberané množstvo oleja	l	87
Hydrogenerátor		
Typ		SVA 19114

2.2 Shell Tellus S2 M

Olej Shell Tellus S2 M je štandardný minerálny olej určený pre hydraulické obvody traktorov a manipulačných zariadení. Uvedený olej je odolný veľkému rozsahu teplôt a mechanickému namáhaniu, je štandardne miešateľný s iným hydraulickými olejmi. Bod vzplanutia oleja je 230 °C a bod tuhnutia je – 30 °C. Kinematická viskozita pri 40 °C je 46 mm².s⁻¹.

2.3 Digitálna záznamová jednotka HMG 2020

Na zaznamenávanie nameraných hodnôt bola použitá digitálna záznamová jednotka HMG 2020, ktorá slúži na meranie elektrických veličín a odporu v reálnom čase a záznamu veličín do pamäte s následným prenosom informácií do počítača. Jednotka obsahuje obvody pre prevod analógových signálov do digitálnej formy. Digitálna záznamová jednotka HMG 2020 zaznamenáva namerané hodnoty v rôznych nastaviteľných časových intervaloch.

Pri meraní záťažových charakteristík traktora na digitálnej záznamovej jednotke bol nastavený časový interval zaznamenávania hodnôt na 1 sekundu. Pri prevádzkovom meraní bolo uskutočnené doplňujúce meranie. A to dvíhanie prídavného zariadenia Lemken Rubin 9/400 KUA. Pri týchto meraniach bol na digitálnej záznamovej jednotke nastavený časový interval 0,02 sekundy.

V tabuľke 2 sú základné technické parametre diskového kypríča Lemken Rubin 9/400 KUA.

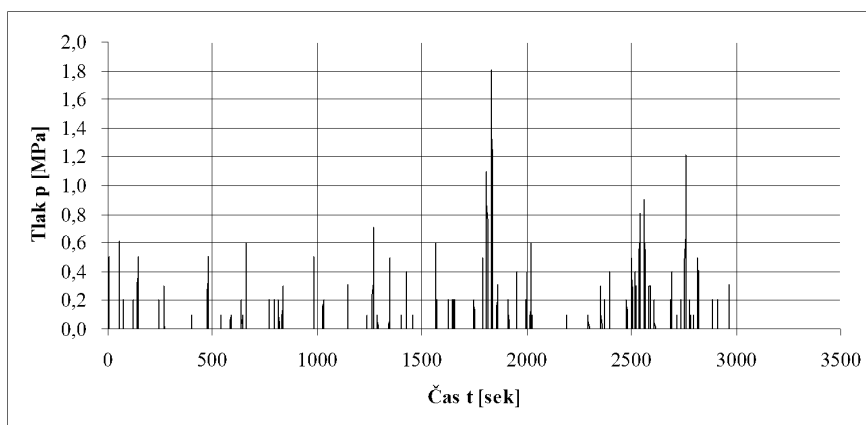
Tabuľka 2. Technické parametre diskového kypríča Lemken Rubin 9/400 KUA

Lemken Rubin 9/400 KUA	Jednotka	Hodnota
Pracovná šírka	cm	400
Hmotnosť	kg	2885
Požadovaný výkon	kW	132
Počet diskov		32
Priemer diskov	mm	610

Meranie uvádzaných záťažových charakteristík traktora trvalo 50 minút. Daná doba trvania merania postačovala na ustálenie teploty v hydraulickom systéme traktora. Meranie tlakového režimu pri dvíhaní pracovného zariadenia trvalo 25 sekúnd. Výsledky merania záťažových charakteristík boli štatisticky vyhodnotené v programe Statistica.

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Popis a podmienky merania: Typ traktora: Fendt 926 Vario Dátum a miesto merania: 19. 10. 2011, Oponice Typ pracovného zariadenia: Diskový kyprič Lemken Rubin 9/400 KUA, Teplota okolitého vzduchu: 18,2 °C Vlhkosť vzduchu: 70 % Pojazdová rýchlosť: 17,5 km.h⁻¹

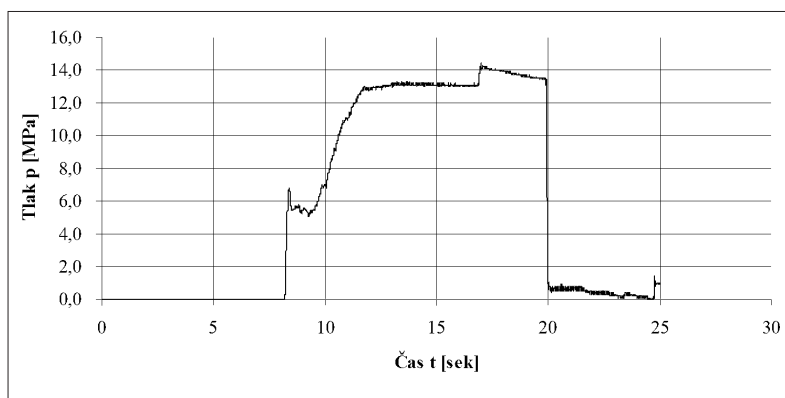


Obrázok 3. Tlakový režim hydraulického obvodu traktora Fendt 926 Vario

Na obrázku 3 je tlakový režim činnosti hydraulického obvodu traktora Fendt 926 Vario pri práci s diskovým kypričom Lemken Rubin 9/400 KUA. Na základe najčastejšie využíwanej regulácie (tlaková regulácia) bol pracovný tlak nulový a dosahovali sa len tlakové špičky pri zvýšenom odpore pôdy resp. pri preklze kolies traktora. Najvyššia hodnota tlakovej špičky bola 1,8 MPa.

Pri traktorovej súprave, ktorú tvoril traktor Zetor Forterra 114 41 a pluh 5-PHN 30 sa pracovný tlak pohyboval od 1,2 po 1,8 MPa. V hydraulickom a prevodovom systéme bol aplikovaný minerálny olej PP 80. Pluh 5-PHN 30 je 5 radlicový jednostranný pluh. Priemerná hĺbka orby bola 30 cm (Cvičela, 2008 et al.).

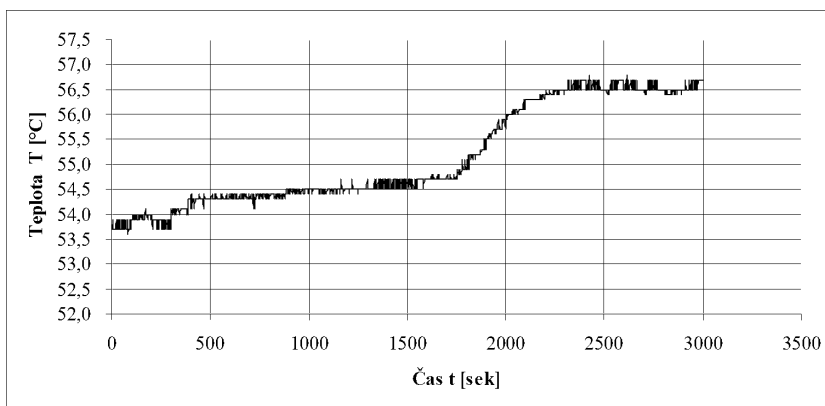
Z obidvoch prevádzkových meraní vyplýva, že na maximálne hodnoty tlakov v hydraulickom obode, pri zvolenom type regulácie nemá zásadný vplyv druh použitého pracovného zariadenia. Keďže namerané hodnoty tlakov nemajú vypovedaciu hodnotu o celkovom resp. maximálnom zaťažení hydraulického obvodu bolo nutné uskutočniť dopĺňujúce meranie charakteristiky tlakového režimu hydraulického obvodu a to pri zdvíhaní a skladaní pracovného zariadenia.



Obrázok 4. Časový priebeh tlaku v hydraulickom obvode pri zdvíhaní a skladaní prídavného zariadenia

Na obrázku 4 je tlakový režim v hydraulickom obvode traktora pri zdvíhaní a skladaní prídavného zariadenia. Maximálny tlak dosiahol hodnotu 14,4 MPa. Maximálna dosiahnuteľná pracovná hodnota tlaku v hydraulickom obvode traktora Fendt 926 Vario je 20 MPa. Ani pri maximálnom možnom predvídateľnom tlakovom zaťažení hydraulického obvodu (pri dvíhaní a skladaní pracovného zariadenia) sa nedosiahla táto úroveň, tzn. do činnosti obvodu nezasiahol tlakový ventil, ktorý je nastavený na nominálnu hodnotu 20 MPa.

Namerané hodnoty tlakov možno po štatistickom vyhodnotení považovať za hodnoty vhodné pre zostavenie experimentálneho zariadenia pre skúšky hydraulických kvapalín na Katedre dopravy a manipulácie Technickej fakulty SPU v Nitre. Pre zostavenie experimentálneho zariadenia pre skúšky biologicky odbúrateľných hydraulických kvapalín na rastlinnej báze je smerodajná okrem tlaku predovšetkým teplota oleja v hydraulickom obvode traktora, nakoľko prekročením pracovnej teploty predmetného biologicky odbúrateľného oleja stanovenej výrobcom, nastávajú fyzikálno-chemické zmeny vlastností oleja. Na obrázku 5 je časový priebeh teploty v hydraulickom obvode traktora.



Obrázok 5. Tlakový režim hydraulického obvodu traktora Fendt 926 Vario
Teplota oleja na začiatku prevádzkového merania v hydraulickom obvode bola

54,3 °C (po hodinovej prevádzke traktora). Teplota oleja s minimálnymi výkyvmi postupne narastal až po úroveň 56,8 °C. Približne po 35 minútach sa teplota oleja ustálila okolo hodnoty 56,7 °C. Dosiahnutá teplota oleja v hydraulickom obvode traktora Fendt 926 Vario nepredstavuje riziko aplikácie biologicky odbúrateľného hydraulického oleja na rastlinnej báze v danom traktore.

4. ŠTATISTICKÉ VYHODNOTENIE ZÁŤAŽOVÝCH CHARAKTERISTÍK

Štatistické vyhodnotenie prevádzkového merania bolo vyhodnotené v programe Statistica v súlade s autorom publikácie Hrubec, J. 2001. Na základe nameraných hodnôt záťažových charakteristík bola vypočítaná smerodajná odchýlka a to nasledovne:

- priemerná hodnota znaku v podskupine:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (1)$$

pre $i = 1, 2, \dots, k$ a pre $j = 1, 2, \dots, n$

- smerodajná odchýlka v podskupine:

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (2)$$

pre $i = 1, 2, \dots, k$ a pre $j = 1, 2, \dots, n$

kde: i – poradové číslo podskupiny,

j – poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine,

n – rozsah podskupiny,

X_{ij} – nameraná hodnota v i -tej podskupine.

- priemer procesu sa vypočíta:

$$\bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i \quad (3)$$

kde: k – počet triednych intervalov

- priemer výberových smerodajných odchýlok jednotlivých podskupín:

$$\bar{s} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \quad (4)$$

V tabuľke 3 sú základné štatistické vyhodnotenia jednotlivých meraní. V tabuľke 4 sú

údaje o množstve hodnôt tlakov nameraných v jednotlivých intervaloch podľa zvolenej štatistickej metódy

Tabuľka 3. Základné štatistické vyhodnotenia prevádzkových meraní

	Priemer	Medián	Modus	Min.	Max.	Rozptyl	Smerod. odchýlka	Smerod. chyba
Prevádzkový tlak	0,02290	0	0	0	1,8	0,01139	0,106741	0,001509
Prevádzková teplota	54,48184	54,3	54,1	53,6	56,8	0,48205	0,694301	0,009818
Tlak pri zdvíhaní	5,60088	0,7	0	0	14,4	37,30610	6,107872	0,086370

Tabuľka 4. Početnosť hodnôt tlakov v jednotlivých intervaloch

Interval	Početnosť	Kumulatívna početnosť	Relatívna početnosť	Kumulatívna početnosť %
$x=0$	1672	1672	33,43331	33,4333
$0 < x \leq 2$	981	2653	19,61608	53,0494
$2 < x \leq 4$	10	2663	0,19996	53,2494
$4 < x \leq 6$	264	2927	5,27894	58,5283
$6 < x \leq 8$	129	3056	2,57948	61,1078
$8 < x \leq 10$	82	3138	1,63967	62,7475
$10 < x \leq 12$	151	3289	3,01940	65,7668
$12 < x \leq 14$	1610	4899	32,19356	97,9604
$14 < x \leq 16$	102	5001	2,03959	100,0000

Štandardná odchýlka je efektívnejší indikátor na vyjadrenie variability procesu, hlavne pre väčšiu podskupinu. Avšak je náročnejšia na kalkuláciu a má nižšiu citlivosť na detekciu definovateľných príčin nestálosti, ktoré prinesú nezvyčajné hodnoty v podskupine (Hrubec, 2001).

5. ZÁVER

Výsledky predloženého príspevku slúžia na simulovanie prevádzkovej záťaže na experimentálnom zariadení na Katedre dopravy a manipulácie Technickej fakulty SPU v Nitre. Navrhované experimentálne zariadenie bude slúžiť predovšetkým na testovanie biologicky odbúrateľných hydraulických olejov na rastlinnej báze. Z tohto dôvodu bolo merané prevádzkové zaťaženie traktora Fendt 926 Vario, ktorý je konštrukčne riešený so samostatným hydraulickým obvodom.

Merali sa dva základné parametre hydraulického obvodu traktora a to teplota a tlak. Namerané hodnoty po štatistickom vyhodnotení budú slúžiť na prevádzkové simulovanie tlakov na navrhovanom zariadení za účelom sledovania parametrov biologicky odbúrateľných olejov a opotrebenia prvkov v hydraulickom obvode. Nami namerané hodnoty teploty

oleja nepredstavujú riziko aplikácie biologicky odbúrateľného oleja v hydraulickom obvode daného traktora.

LITERATÚRA

- CVÍČELA, P., MAJDAN, R., ABRAHÁM, R., JABLONICKÝ, J. 2008. Monitoring the operating loading of a hydrostatic pump UD 25. In *X. International conference of young scientists 2008: Conference Proceedings: Czech University of Life Sciences Prague, 2008.* – ISBN 978-80-213-1812-0. – S. 42–47.
- DRABANT, Š., ABRAHÁM, R., JABLONICKÝ, J., VARGA, D. 2005. Overenie skúšobného stavu pre dynamické zaťažovanie hydrostatických generátorov – Verification testing stand for dynamic loading of hydrostatic pumps. In *Setkání kateder hydromechaniky a termomechaniky 2005* : Blansko, Brno : Vysoké učení technické, 2005.
- HRUBEC, J. 2001. *Riadenie kvality*, Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2001. – 203 s., príl. (14 tab.): Obr., tab., lit. 22. ISBN 80-7137-849-6.
- JABLONICKÝ, J., ABRAHÁM, R., MAJDAN, R., CVÍČELA, P. 2007. Skúšky traktora s biologicky odbúrateľným olejom – Tests of the tractor with biodegradable oil. In *Bezpečnosť – kvalita – spoľahlivosť: 3. medzinárodná vedecká konferencia.* – Košice: Technická univerzita, 2007. – ISBN 80-8073-258-2. – S. 123–127.
- MAJDAN, R., CVÍČELA, P., BOHÁT, M., IVANIŠOVÁ, K. 2008. The observation of hydrostatic pump deterioration during the durability test according to hydraulic fluids contamination In *X. International conference of young scientists 2008: Conference Proceedings, Czech Republic.* – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, 2008. – ISBN 978-80-213-1812-0. – S. 147–153.
- TKÁČ, Z., MAJDAN, R., DRABANT, Š., ABRAHÁM, R., VOZÁROVÁ, V., JABLONICKÝ, J. *Hodnotenie vlastností hydraulických kvapalín na základe skúšok s použitím hydrogenerátora.* – 1. vyd. – Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2010. – 112 s. : grafy, obr., tab. – ISBN 978-80-552-0338-6.
- TKÁČ, Z., MAJDAN, R., DRABANT, Š., JABLONICKÝ, J., ABRAHÁM, R., CVÍČELA, P. The accelerated laboratory test of biodegradable fluid type „ertto“. In *Research in agricultural engineering. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací.* – ISSN 1212-9151. – Vol. 56, no. 1 (2010), s. 18–25.
- TKÁČ, Z., JABLONICKÝ, J., BOLLA, M., HUJO, Ľ. Hydraulic and transmission system of a tractor from ecological consideration. In *5. mezinárodní vědecká konference mladých 2003 = 5th international conference of young scientists 2003* : Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta. – Praha : Česká zemědělská univerzita, 2003. – ISBN 80-213-1054-5. – S. 221–226.
- TKÁČ, Z., ŠKULEC, R., HUJO, Ľ., JABLONICKÝ, J. Skúška traktora s biologicky odbúrateľným olejom EKOUNIVERZAL. In *III. Mezinárodní vědecká konference mladých 2001* : Sborník referátů : Praha 19.–20. 9. 2001. – Praha : Česká zemědělská univerzita, 2001. – ISBN 80-213-0789-7. – s. 127–132.
- VITÁZEK, I. 2005 *Teplotechnika a hydrotechnika.* – 1. vyd. – Nitra : SPU in Nitra, 2005. – 104 s., 114 obr., 4 tab., ISBN 80-8069-509-1.

*Predložený příspěvek je zpracovaný v rámci řešení výskumného projektu VEGA MŠ SR
č. 1/0857/12 „Zníženie nežiaducich vplyvov poľnohospodárskej a dopravnej techniky
na životné prostredie“.*

Kontaktná adresa:

Ing. Ján Kosiba, Ing. František Varga, PhD., Ing. Miroslav Mojžiš, PhD., Bc. Ľubomír Bureš
Katedra dopravy a manipulácie
Technická fakulta, SPU v Nitre,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

SLEDOVANIE SPOTREBY POHONNÝCH LÁTOK OBJEMOVÝM PRIETOKOMEROM

MONITORING CONSUMPTION OF FUEL WITH VOLUMETRIC METERS

Jozef KRILEK – Lucia DOBROTOVÁ

ABSTRAKT: Článok sa zaoberá problematikou merania prevádzkovej spotreby pohonných látok na lesodopravných strojoch na odvoz dreva vzhľadom na ich rentabilnosť v prevádzke. Predkladá metodiku riešenia výskumu spotreby pohonných látok s použitím evidenčného objemového prietokomera EPV 2.2. V závere sa poukazuje na využitie získaných výsledkov pre výskumnú činnosť a pre praktické využitie prevádzkovateľa vozidla.

Kľúčové slová: spotreba, prietokomer, palivo

ABSTRACT: The article deals with the measurement of operational fuel consumption for wood-forwarding machines. Presents the methodology for addressing research fuel consumption by using direct measurement methods for diesel engines without electronic control fuel injection. Finally, it points to the use of the results of research activities and for use with the operator of the vehicle.

Key words: consumption, flow-meter, fuel

1. ÚVOD

Spotreba paliva je dôležitým ukazovateľom hospodárnosti prevádzky každého vozidla a zároveň ukazovateľom jeho technického stavu. Spotrebu paliva je možné zisťovať pri jazdných skúškach alebo tiež v laboratórnych podmienkach na valcových staniciach. (Papoušek, M., Štěrba, P. 2007)

Pri cestných motorových vozidlách sa udáva tzv. základná spotreba paliva podľa STN 30 0510 a spotreba paliva pre nákladné automobily a autobusy STN 30 0515. (Papoušek, M., Štěrba, P. 2007)

Na meranie základnej spotreby sa používajú pomerne jednoduché prenosné prístroje. Jednoduchý merač spotreby má odmerné nádoby, ktoré sa obvykle pripájajú medzi palivovú nádrž a palivové čerpadlo. Jednoduché merače spotreby nie sú príliš presné a sú vhodné pre orientačné meranie. V skúšobníctve vozidiel sa namiesto meračov s odmernými nádobami používajú rôzne prietokomery, ktorých výhody umožňujú priebežné meranie spotreby paliva pri jazde nie len na dlhé vzdialenosti, ale aj pri jednotlivých pracovných

úkonoch. Moderné prístroje umožňujú merať tiež okamžitú spotrebu paliva. Ich ovládanie pri meraní je jednoduché, a ich inštalácia nevyžaduje väčší zásah do konštrukcie vozidla, tým sa stávajú progresívne a zároveň jednoduché meracie zariadenia na meranie spotreby pohonných látok. (Papoušek, M., Štěrba, P. 2007)

Spotreba pohonných hmôt je limitujúcim faktorom pre určenie energetickej náročnosti vykonávaných prác pri prevádzke lesných mechanizačných prostriedkov, obzvlášť špeciálnych lesných strojov, menovite vývoznú súpravu, lesné a univerzálne kolesové ťahače atď. (Krilek, 2011)

Objemové (pulzačné) meradlá pretečeného množstva

Objemová metóda merania pretečeného množstva sa zaraďuje medzi absolútne meracie metódy. Meradlá založené na tejto metóde sa používajú najmä v aplikáciách, kde sa vyžaduje malá dovolená chyba meradla. Často sa využívajú na kalibráciu iných meradiel pretečeného množstva. (Chudý, V., Palenčár, R., Kureková, E., Halaj, M. 1999)

Objemové meradlá pretečeného množstva sa rozdeľujú podľa spôsobu merania na meradlá s prerušovanou a neprerušovanou činnosťou. (Chudý, V., Palenčár, R., Kureková, E., Halaj, M. 1999)

Výpočet spotreby paliva

Ak sa meria spotreba paliva gravimetricky, spotreba sa vyjadří (v litroch na 100 km) prepočítaním nameranej hodnoty M (spotrebované palivo v kilogramoch) pomocou vzorca:

$$C = \frac{100 \cdot M}{D \cdot \rho_g} \quad (\text{l / 100 km}) \quad (1)$$

kde: ρ_g – merná hmotnosť paliva za referenčných podmienok (kg/cm^3);
 D – vzdialenosť prejdená počas testu (km) (Úradný vestník L 375, 2011).

Ak sa meria spotreba paliva volumetricky, stanoví sa spotreba (v litroch na 100 km) pomocou vzorca:

$$C = \frac{V \cdot (1 + \alpha \cdot (T_0 - T_F))}{D} \quad (\text{l / 100 km}) \quad (2)$$

kde: V = objem spotrebovaného paliva;
 α = súčiniteľ objemovej rozťažnosti paliva. Pre motorovú naftu i benzín je 0,001 na $^{\circ}\text{C}$;
 T_0 = referenčná teplota vyjadrená v $^{\circ}\text{C}$;
 T_F = teplota paliva vyjadrená v $^{\circ}\text{C}$ nameraná v bode merania objemu.
 (Úradný vestník L 375, 2011)

2. MATERIÁL A METODIKA

Pri meraní spotreby je potrebné dbať na to, aby palivo dopravované k motoru zariadením, schopným merať spotrebované množstvo s presnosťou $\pm 2\%$; sa vzájomne nerušilo s normálnym prívodom paliva. Ak je merací systém objemový, musí sa v bode merania objemu merať teplota paliva. K rýchlej zmene z normálneho prívodu paliva na merací systém musí byť k dispozícii systém ventilov. Prepnutie nesmie trvať dlhšie ako 0,2 s. (Úradný vestník L 375, 2011).

Meranie je pomerne jednoduché, ale má niektoré problémy, ktoré súvisia predovšetkým s jeho správnym umiestnením do palivovej sústavy meraného spaľovacieho motora a tiež s meraním a načítaním spotreby paliva v priebehu dynamických režimov. Pri pripojení prietokomera nesmú byť ovplyvnené správne prevádzkové parametre palivovej sústavy a musí byť rešpektované spätné vracanie prebytočného paliva do nádrže. Za týchto dvoch podmienok je úplne bezproblémové pripojenie prietokomera do starších sústav vznetových motorov s nepreplachovaným vstrekovacím čerpadlom a zážihových motorov s karburátorom. Problém s preplachovaním sústavy je treba riešiť tak, aby boli zachované všetky funkcie preplachovania a súčasne nebola meraná spotreba paliva preplachovacím množstvom zväčšená. (Pexa, 2005)

Akceleračný spôsob merania spotreby paliva kladie na konštrukciu merača podstatne vyššie nároky, ako je tomu u klasického statického zaťažovania. Predovšetkým sa jedná o presnosť, jemné rozlíšenie a čo najnižšiu zotrvačnosť mechanických a hydraulických systémov použitého prietokomera. (Pexa, 2005)

V súčasnosti sú v štádiu skúšok nové konštrukcie prietokomerov, ktoré sú označované ako aktívne, ale bohužiaľ nedosahujú zatiaľ potrebné presnosti. Aktívne prietokomery reagujú na podtlak v sacej vetve palivovej sústavy. (Pexa, 2005)

Meranie sa vykonáva na TATRE T815 s klanicovou nadstavbou vybavená hydraulickým žeriavom. Na vozidle sa vykonáva dlhodobé meranie spotreby prietokovým meračom trvale zabudovaným do palivového systému. Pracovný cyklus vozidla je rozdelený do štyroch častí, meranie spotreby pri jazde bez nákladu, s nákladom ($l/100\text{ km}$), nakladaním, skladaním kmeňov (l/m^3).



Obrázok 1 Snímač EPV 2.2 inštalovaný na TATRE T815 (vlastné foto)

2.1 Základné technické parametre

Na vozidle je nainštalovaný evidenčný objemový diferenčný prietokomer na meranie pohonných látok typu EPV 2.2.

Evidenčný prietokomer sa skladá z:

- a) objemový prietokomer (odmeriavací mechanizmus) – diferenčný
- b) stabilizačný člen
- c) spojovacie armatúry
- d) hadice
- e) pre základné vyhotovenie: počítadlo s jedným displejom
alternatívne: počítadlo s dvoma displejmi, alebo záznamník časovej spotreby (ZČS)
(Návod na obsluhu EPV, 2005).

Prietokomer na PH pre vozidlá a mechanizmy so vznetový (zážihový) motorom, typ EPV.

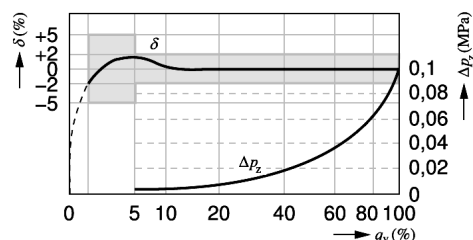
Tabuľka 1 Technické parametre evidenčného objemového diferenčného prietokomera EPV 2.2 (Škrobánek, 2011)

Menovitý tlak	5–551	[bar]
Maximálny prietok	500	[l.h ⁻¹]
Minimálny prietok	4	[l.h ⁻¹]
Min. odčítateľné množstvo	0,01	[l]
Rozmer skrinky	š: 200, v: 195, h: 115	[mm]
Odmeriavaná kvapalina	motorová nafta	
Presnosť merania	do 2 % pre meráciu zostavu	

2.1.1 Opis hlavných častí

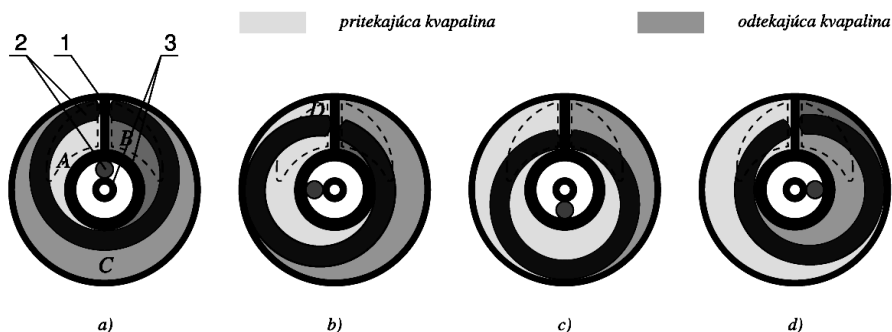
a) objemový prietokomer má dve samostatné odmeriavacie komôrky pracujúce na princípe diferenčného merania. V každej komôrke je osadený krúžkový piest, merajúci prietok paliva samostatne vo vstupnej vetve (do vstrekovacieho čerpadla) a vo výstupnej vetve (vracajúce sa do nádrže) palivovej sústavy. Meradlo pretečeného množstva s krúživým piestom patrí medzi typické mechanické objemové prístroje, vhodné na dostatočne presné meranie pretečeného množstva priemyselných kvapalín. Celý pracovný cyklus meradla pretečeného množstva s krúživým piestom sa dá rozdeliť na štyri časti. V prvej časti cyklu sa pritekajúcou kvapalinou plní priestor A (obr. 3). Priestor B a C sú zaplnené kvapalinou, ktorá tam vnikla v predošlom cykle. Vnikajúci prúd kvapaliny pritom núti prstencovitý piest šmykať sa smerom proti pohybu hodinových ručičiek. V druhej časti cyklu (obr. 3) pokračuje plnenie priestoru A kvapalinou, tá sa zároveň dostáva aj do priestoru D. Súčasne končí vyprázdňovanie priestoru B a naplno sa vyprázdňuje priestor C. V tretej časti cyklu (obr. 3) sa prstencovitý piest nachádza symetricky oproti prepážke. Kvapalinou sa naplňa priestor D, odtieká kvapalina z priestoru C. Priestory A a B sú prepojené a nachádza sa v nich kvapalina, ktorá natiekla v tomto cykle. V štvrtej časti pracovného cyklu (obr. 3) sa vyprázdňujú priestory B a C, kvapalina priteká do priestorov

A a D. Prstencovitý piest dokončuje svoj procesný pohyb a po ukončení štvrtej časti cyklu sa dostáva do východiskovej polohy pre ďalší cyklus.



Obrázok 2 Charakteristika meradla pretečeného množstva s krúživým piestom
(Chudý, V., Palenčár, R., Kureková, E., Halaj, M. 1999)

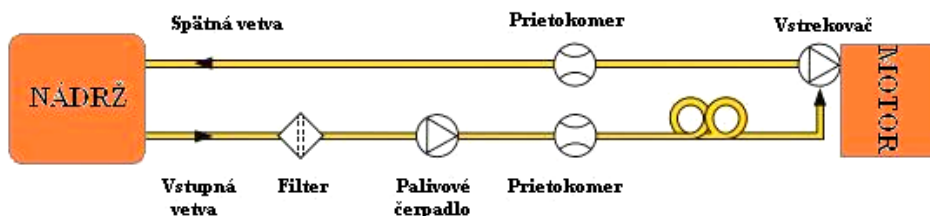
Pretečené množstvo kvapaliny je úmerné počtu otáčavých pohybov krúživého piesta. Jeho pohyb sa prevádza mechanickým prevodom na počítadlo alebo sa sníma elektricky (napríklad indukčným snímačom). Meradlo je pomerne presné pri meraní množstva pretečenej kvapaliny v rozsahu prietokov 3,5 a 7 m³/h. Závislosť dovolených odchýlok δ a trvalej tlakovej straty Δp_z meradla pretečeného množstva s krúživým piestom uvádza obr. 2. Najnižšiu presnosť dosahuje meradlo pri malých prietokoch. Tlakové straty vznikajú vplyvom trenia v tesniacich polohách na stenách komory, deliacej steny a na stredovom vedení. (Chudý, V., Palenčár, R., Kureková, E., Halaj, M. 1999)



Obrázok 3 Pracovný cyklus meradla pretečeného množstva s krúživým piestom
a) prvý takt, b) druhý takt, c) tretí takt, d) štvrtý takt
1) deliaca stena, 2) prstencový piest, 3) čap
(Chudý, V., Palenčár, R., Kureková, E., Halaj, M. 1999)

- b)** stabilizačný člen (slúži na stabilizáciu a odpočítanie prepádového paliva)
- c)** spojovacie armatúry (bežné a atypické armatúry spájajúce ostatné diely prietokomera)
- d)** hadice (bežné palivové hadice DN6, DN8, DN10 podľa potreby) (Návod na obsluhu a údržbu evidenčného prietokomera na PH, 2005)

Tieto diely sú vzájomne prepojené a môžu byť vložené do uzatvorenej krabice. Prietokomer a jeho pripojenie na palivový systém vozidla sú zaplombované. (Návod na obsluhu a údržbu evidenčného prietokomera na PH, 2005)

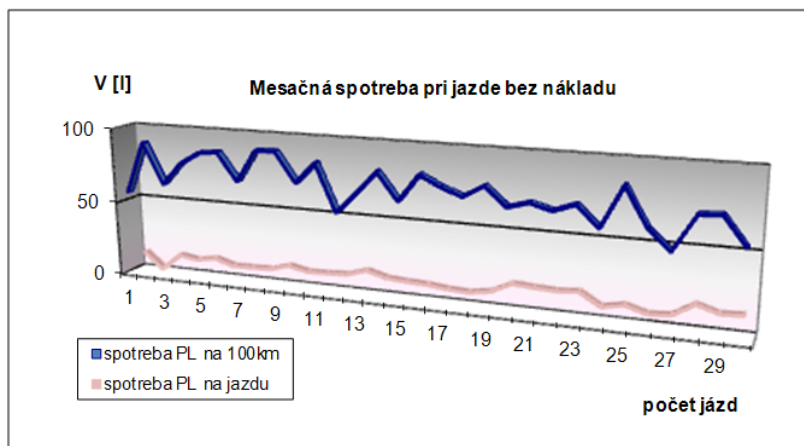


Obrázok 4 Schéma zapojenie evidenčného prietokomera EPV 2.2 (Škrobánek, 2011)

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pri spustení motora vozidla, začatí práce nadstavby (napr. domiešavač betónu, auto-žeriav, hydraulický žeriav...) začne zapisovať údaje na pamäťovú kartu. Pomocou nej sa zaznamenané údaje prenášajú do PC. (Škrobánek, 2011)

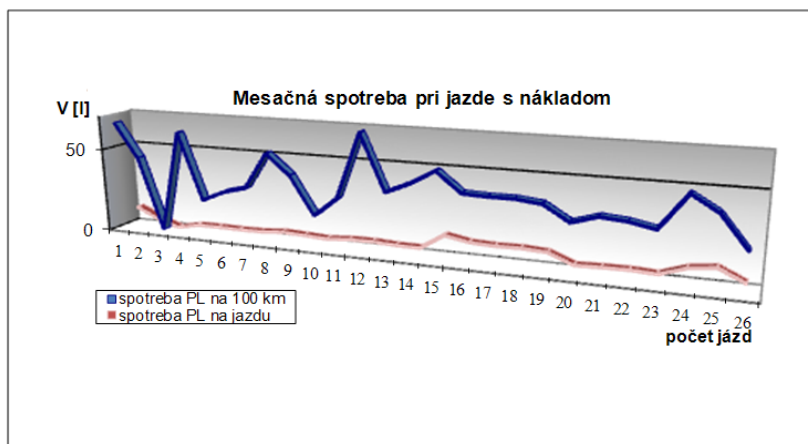
Zaznamenávajú sa dátum a čas, čas začiatku jazdy a konca jazdy, celkový čas jazdy, motohodiny (práca nadstavby, činnosť STJ), spotrebu paliva na jazdu (celková, priemerná), náhly pokles / prírastok hladiny paliva v nádrži, ostatné prevádzkové parametre (použitie majáka, bŕzd, otáčky motora, tlak oleja a pod.), prejdenú vzdialenosť podľa tachografu (tachometra), priemernú rýchlosť. (Škrobánek, 2011)



Graf 1 Graf mesačnej spotreby pohonných látok pri jazde bez nákladu

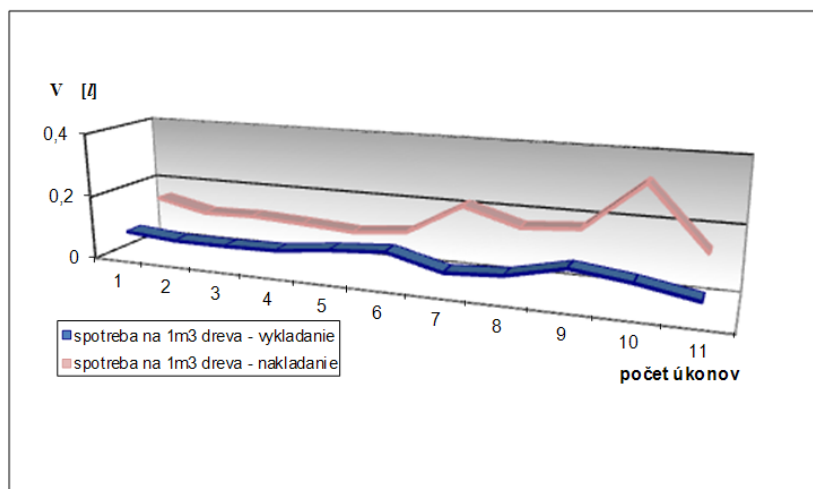
Z grafu č. 1 je badateľné, že spotreba pohonných látok je o 117,47% vyššia ako normovaná spotreba pre daný typ vozidla. Priemerná spotreba pri jazde na prázdno je

73,94 l/100 km. To je zapríčinené prekonávaním vysokých stúpaní (nad 10 %) a vysokým stupňom opotrebovania agregátu. V polovici mesiaca bolo na vozidle vymenené turbodúchadlo, čo sa prejavilo poklesom spotreby pohonných látok o 7 %.



Graf 2 Graf mesačnej spotreby pohonných látok pri jazde s nákladom

Z grafu č. 2 je zobrazená mesačná spotreba s nákladom, kde priemerná hodnota spotreby je 39,19 l/100 km, čím je podstatne nižšia oproti spotrebe bez nákladu o 47 %. Táto skutočnosť je výsledkom toho, že odvozná súprava s nákladom jazdí s vysokým klesaním (dole kopcom).



Graf 3 Graf spotreby pohonných látok na vykladanie a nakladanie

Na grafe č. 3 je znázornená spotreba pohonných látok na nakladanie a vykladanie nákladu na 1 m^3 . Veľkosť spotreby pohonných látok ovplyvňuje hlavne priemer kmeňov, dĺžka, druh dreveniny a krivosť. Norma prídavného zariadenia pre nakladanie je $0,25\sim 0,30\text{ l/m}^3$ a pre skladanie $0,19\sim 0,23\text{ l/m}^3$. Daná spotreba vyhovuje vnútropodnikovej norme VŠLP Zvolen pre prídavné zariadenia.

ZÁVER

Presnosť monitorovania a bilancovania prevádzky vozidiel a strojov je bezpodmienečná pre lesné hospodárstvo, kde nás zaujíma informácia o spotrebe paliva. Spotreba a nestála cena pohonných hmôt sa odzrkadľujú vo výpočtoch cien tovaru a služieb, a preto lesné podniky na ne dôkladne dohliadajú. Často dochádza k stratám a zneužívaniu pohonných hmôt. Aj toto je dôvodom pre potrebu monitorovania zvýšenia a zníženia množstva paliva v palivových nádržiach, respektíve či výstupné informácie súhlasia s reálnym stavom a účinnosťou práce vozidiel, strojov a ostatných zariadení. Spotreba pohonných látok je limitujúcim faktorom pre určenie energetickej náročnosti vykonávaných prác (Čuchran, J., Dobrotová, L., 2011).

Daný príspevok sa zaoberá problematikou merania prevádzkovej spotreby pohonných látok na lesodopravných strojoch na odvoz dreva. Na vozidlo bol inštalovaný objemový prietokomer pre určenie spotreby pohonných látok na nakladanie a skladanie dreva, jazda s nákladom a bez nákladu, zahrievanie. Navrhnutá metodika merania vychádza z vnútropodnikovej normy VŠLP Zvolen. Podstatnou výhodou daného systému je získavanie reálnych hodnôt spotreby pohonných látok v prevádzkových podmienkach, čím je možné sledovať vozidlo, jeho technický stav a zároveň diagnostikovať nevhodné nastavenia palivovej sústavy, prípadné rozdiely spôsobené zmenou obsluhy.

Zavedením danej metódy do prevádzky je možné zodpovedne určiť množstvo spotreby pohonných látok aj nad rámec výrobcom stanovených hodnôt. S využitím monitorovacieho zariadenia a prietokomera sa môže zabezpečiť zvýšenie bezpečnosti a spoľahlivosti spaľovacích motorov. Tento systém je prevenciou vzniku porúch a zneužitia, odcudzenia pohonných látok a je tiež prostriedkom určenia skutočného technického stavu.

Z vyhodnotených výsledkov vyplýva, že dané vozidlo nevyhovuje výrobcom určenou priemernou spotrebou pohonných látok a ani vnútropodnikovým normám na spotrebu pohonných látok VŠLP, nakoľko spotreba pri jazde bez nákladu je $73,94\text{ l/100 km}$ a normovaná spotreba je 34 l/100 km . Spotreba pri jazde s nákladom je $39,19\text{ l/100 km}$ a normovaná spotreba je $37,5\text{ l/100 km}$.

Z daných výsledkov vidieť, že namerané hodnoty s normovanými sa diametrálne odlišujú, čo môže byť spôsobené viacerými faktormi (stav agregátu, nadmorská výška, stúpanie, stav vozovky, množstvo nákladu, teplota, vlhkosť, šofér...). Dlhodobým sledovaním sa došlo ku konštatovaniu, že určiť presnú spotrebu pohonných látok na odvoznú súpravu, ktoré sa pohybujú po lesných cestách a nespevnených povrchoch je veľmi náročné.

Vhodnejšou metódou by bolo určovanie priemernej spotreby na každé vozidlo osobitne a každé odvozné miesto, čo bude predmetom ďalšieho výskumu.

Výhodou danej metodiky a zariadenia je, že majiteľ odvoznej súpravy môže dynamicky reagovať na zmeny cien pohonných látok a tak prispôbiť ceny služieb na *l km*, prípadne si môže nanormovať spotrebu pohonných látok pre jedno vozidlo (odvoznú súpravu) a trasu (sklad-odvozné miesto).

Nakoľko priemerná spotreba nevyhovuje ani po výmene turbodúchadla a nastavení palivovej sústavy, bol vymenený celý agregát odvoznej súpravy, nakoľko priemerná spotreba pohonných látok bola vysoká na lesných cestách ako aj na verejných komunikáciách. Daná odvozná súprava bude naďalej predmetom výskumu pre určenie rentabilnosti prevádzky vozidla pre VŠLP Zvolen.

LITERATÚRA

- CHUDÝ, V., PALEŇČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M.: 1999. Meranie technických veličín. Bratislava: STU v Bratislave, 1999, 688 s. ISBN 80-227-1275-2.
- KRILEK, J.: 2011. Faktory ovplyvňujúce výkonnosť sekačky. In XIII. Mezinárodní vědecká konference mladých 2011 = XIII. International conference of young scientists 2011 : sborník referátů z mezinárodní vědecké konference 19.–20. září 2011, Praha / ed. Jan Malat'ák ; rec. Martin Libra [et al.]. – Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2011. – ISBN 978-80-213-2194-6. – S. 104–110.
- ČUCHRAN, J., Dobrotová, L.: 2011. Diagnostika vozidiel v lesnom hospodárstve a sledovanie spotreby pohonných látok = Vehicle diagnosis in forestry and consumption monitoring fuel consumption / Jozef Čuchran, Lucia Dobrotová. – VEGA 1/0048/09. In Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilných strojov : zborník vedeckých recenzovaných prác : Zvolen, 20. september 2011 / ed. Iveta Puchovanová; rec. Milan Mikleš... [et al.]. – Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011. – ISBN 978-80-228-2265-7. – S. 45–52.
- PAPOUŠEK, M., ŠTĚRBA, P.: 2007. Diagnostika spalovacích motorů, 2. aktualizované vydanie. Brno: Computer Press Brno, 2007, 223 s. ISBN 978-80-251-1697-5.
- PEXA, M.: 2005. Možnosti uplatnění dynamických měření při diagnostice motorových vozidel. Autoreferát k dizertačnej práci. Praha, 2005, 40 s.
- Návod na obsluhu a údržbu evidenčného prietokomera na PH. 2005, Technický opis, Škrobánek. Škrobánek: 2011. [online]. Aktualizované 2011-09-20. [cit. 2011-11-20]. Dostupné na internete: www.skrobanek.sk
- Úradný vestník L 375: 2011. [online]. Smernica Rady zo 16. decembra 1980 o aproximácii právnych predpisov členských štátov týkajúcich sa spotreby paliva motorových vozidiel (80/1268/EHS), 31/12/1980, 36–45 s., Aktualizované 2011-08-10. [cit. 2011-11-20].
- Dostupné na internete:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31980L1268:SK:HTML>

Kontaktná adresa:

Ing. Jozef Krilek, PhD., Ing. Lucia Dobrotová
Katedra lesnej a mobilnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen,
e-mail: jkrilek@gmail.com, luciadobrotova@gmail.com

ZAŤAŽOVANIE EKOLOGICKÝCH KVAPALÍN PREVÁDZKOVÝM TLAKOM V LABORATÓRNYCH PODMIENKACH

THE LOADING OF BIODEGRADABLE FLUID WITH OPERATING LOAD UNDER LABORATORY CONDITIONS

**Radoslav MAJDAN – Pavol CVÍČELA – Rudolf ABRAHÁM
– Dana KROČKOVÁ – Vladimír ŠINSKÝ – Bohuslav STANČÍK
– Ivan ŠTULAJTER**

ABSTRACT: This paper presents a special test bench designed for the research of properties of biodegradable lubricant fluids. The biodegradable lubricant fluids are loading with operation load which was measured under operation conditions of agricultural tractor type Zetor Forterra. Test bench realises the tests of biodegradable lubricants destined for hydraulic and transmission systems of agricultural tractors. The test bench allows loading the fluid with this pressure load in a relatively short time. The main part of the test bench is electro-hydraulically operated pressure proportional valve and tractor hydraulic pump. The personal computer operates whole test. The test bench was successful verified after the design. This is the way how to realise the test of biodegradable fluid with operating pressure load under laboratory conditions.

Key words: test bench, ecological lubricants, agricultural tractor, hydraulic circuit, pressure loading

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá návrhom špeciálneho skúšobného zariadenia, ktoré je určené na výskum vlastností ekologických mazacích kvapalín. Ekologické mazacie kvapaliny sú zaťažované prevádzkovým zaťažením, ktoré bolo namerané počas prevádzky poľnohospodárskeho traktora Zetor Forterra. Skúšobné zariadenie je určené na zaťažovanie ekologických kvapalín vhodných do prevodových a hydraulických systémov poľnohospodárskych traktorov. Skúšobné zariadenie umožňuje zaťažovať kvapalinu tlakom počas relatívne krátkeho časového obdobia. Hlavnou časťou zariadenia je elektro-hydraulicky ovládaný proporcionálny tlakový ventil a traktorový hydrogenerátor. Priebeh skúšky je riadený osobným počítačom. Po návrhu bola úspešne overená funkcia zariadenia. V príspevku je prezentovaný jeden zo spôsobov ako skúšať ekologické kvapaliny pomocou zaťažovania prevádzkovým tlakom v laboratórnych podmienkach.

Kľúčové slová: skúšobné zariadenie, ekologické mazivá, poľnohospodársky traktor, hydraulický obvod, tlakové zaťažovanie

1. ÚVOD

Vlastnosti ekologických mazacích kvapalín je možné hodnotiť rôznymi skúškami. Vo svete existujú viaceré mormi, ktoré popisujú podmienky jednotlivých skúšok. Tieto normy zaťažujú skúšanú kvapalinu vybraným priebehom tlakového zaťaženia v danom hydraulickom skúšobnom obvode. Určitou nevýhodou takýchto skúšok je, že nie sú prispôsobené reálnym podmienkam práce konkrétneho stroja, v ktorom sa chystáme ekologickú kvapalinu aplikovať. Na Katedre dopravy a manipulácie, Technickej Fakulty Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre bolo navrhnuté a zostavené špeciálne skúšobné zariadenie prispôbené pre potreby skúšania ekologických prevodovo-hydraulických kvapalín určených do traktorov (Ileninová et al., 2008, Kučera et al., 2008).

Skúšobné zariadenie je tvorené hydraulickým obvodom, v ktorom je použitý traktorový zubový hydrogenerátor typu UD 25 (Jihostroj Velešín, Česká republika) používaný v najnovších traktoroch Zetor Forterra (Zetor Brno, Česká republika). Skúšobné zariadenie umožňuje simulovať priebeh tlaku hydraulického systému traktora v podstatne kratšom čase ako pri prevádzke traktora. Teda na skúšobnom zariadení zaťažujeme ekologickú kvapalinu tlakom, ktorý sme namerali počas prevádzky traktora.

2. MATERIÁL A METÓDY

2.1 Meranie prevádzkových tlakov v hydraulickom systéme traktora

Na meranie prevádzkového zaťaženia traktora bola na základe technickej dokumentácie zostavená súprava pozostávajúca z traktora Zetor Forterra 114 41 a pluhu 5-PHN 30 (obrázok 1). Traktor bol vyrobený spoločnosťou Zetor Brno, Česká republika. Na traktore boli umiestnené snímače tlaku a teploty od firmy Hydac, (obrázok 2). Tieto snímače boli napojené na digitálnu záznamovú jednotku HMG 2020, ktorá zaznamenávala všetky namerané hodnoty tlakov a teplôt. Metodika snímania prevádzkového tlaku bola vypracovaná na základe prác, ktoré publikovali Vitázek (2005), Janoško (1996) a Semetko et al. (2005).



Obrázok 1 Meracia súprava, Zetor Forterra 114 41 a pluh 5-PHN 30



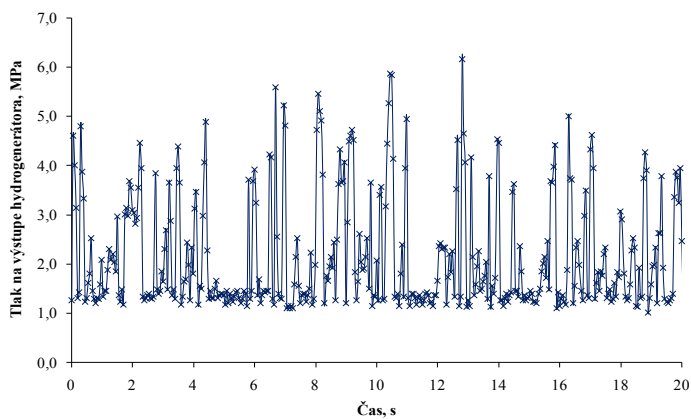
Obrázok 2 Umiestnenie snímačov tlaku a teploty na výstupe hydrogenerátora:
1 – snímač tlaku, 2 – zubový hydrogenerátor typu UD 25

V prípade traktora Zetor Forterra sme merali tlak v hydraulickom systéme na výstupe hydrogenerátora. Keďže sa jedná o spoločnú prevodovo-hydraulickú náplň, zaťaženie kvapaliny tlakom je najväčšie práve na výstupe hydrogenerátora. Traktor používa zubový hydrogenerátor typu UD 25. Na merania tlakov bol použitý snímač s menovitým meracím rozsahom do 40 MPa. Tlak hydraulickej kvapaliny bol meraný pri zdvíhaní a spúšťaní pluhu na mieste a počas orby. Pri prevádzke s návesným pluhom sme nastavili polohovú, silovú a zmiešanú reguláciu trojbodového závesu traktora.

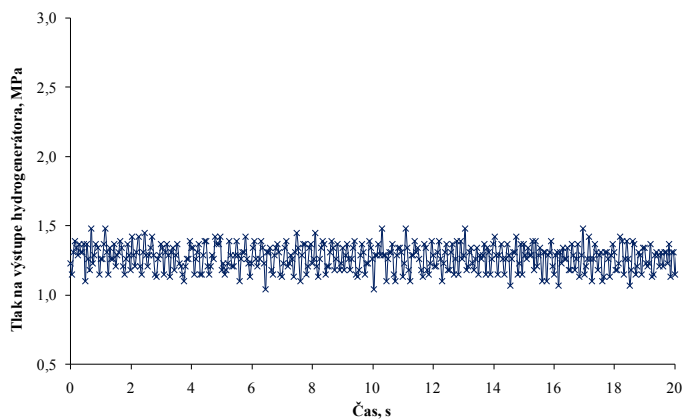
Na záznam meraných veličín bola použitá digitálna záznamová jednotka HMG 2020 od firmy Hydac. Pred vlastným meraním bola podľa predpokladaného celkového času merania tlakov počas jednotlivých prejazdov orbovej súpravy a očakávaného výskytu maximálnej frekvencie meranej veličiny zvolená vzorkovacia frekvencia a celkový počet odobratých vzoriek v súlade so Shannon-Kotelnikovou teóriou tak, aby nedošlo k strate informácie meraného spojitého priebehu tlaku (Jobbágy, et al., 2003, Kučera – Urblík, 2003). Po ukončení príslušnej série meraní, resp. po zaplnení pamäte HMG 2020 a pre ďalšie spracovanie nameraných hodnôt boli namerané údaje uložené na pevný disk počítača. Vybrané časové priebehy tlakov a teplôt meraných v prevodovo-hydraulickom systéme traktora boli následne použité na tvorbu riadiacich programov skúšobného zariadenia.

2.2 Namerané tlakové pomery v prevodovo-hydraulickom systéme traktora

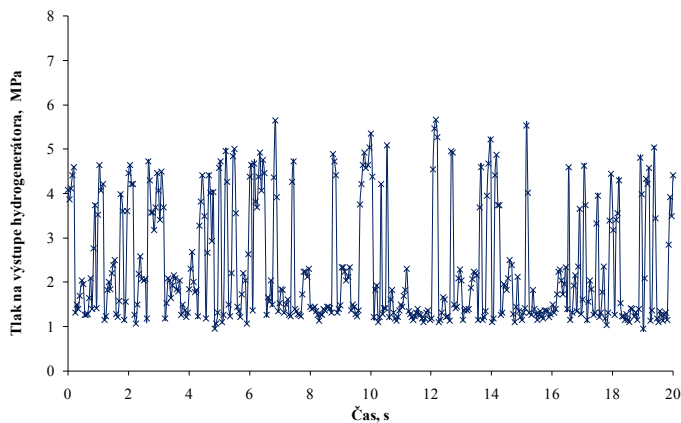
Na obrázkoch 3 až 5 sú zobrazené jednotlivé vzorky nameraných časových priebehov tlakov na výstupe hydrogenerátora traktora Zetor Forterra v súprave s pluhom 5-PHN 30, pri silovej (obrázok 3), polohovej (obrázok 4) a zmiešanej regulácii (obrázok 5).



Obrázok 3 Časový priebeh tlaku prevodovo-hydraulického oleja traktora – silová regulácia



Obrázok 4 Časový priebeh tlaku prevodovo-hydraulického oleja traktora – polohová regulácia



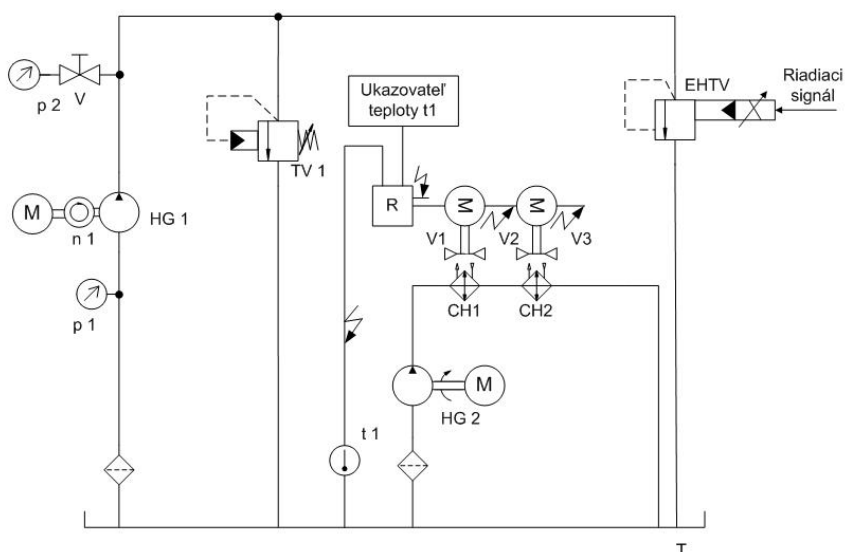
Obrázok 5 Časový priebeh tlaku prevodovo-hydraulického oleja traktora – zmiešaná regulácia

Z dosiahnutých výsledkov nameraných časových priebehov tlakov vyplýva, že každý zásah ovládania hydraulického systému spôsobuje vznik tlakových špičiek, ktorých veľkosť je obmedzená nastavením tlaku poistného ventila. Čas trvania tlakových špičiek je závislý od rýchlosti pohybu ovládacej páky.

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Skúšobné zariadenie na zaťažovanie ekologických kvapalín

Na obrázku 6 je zobrazená schéma skúšobného zariadenia určeného na skúšanie ekologických kvapalín prevádzkovým tlakom. Skúšobné zariadenie bolo navrhnuté na základe práce, ktoré publikovali Kučer-Rousek (2003), Kosiba et al. (2011) a Kosiba et al. (2010).

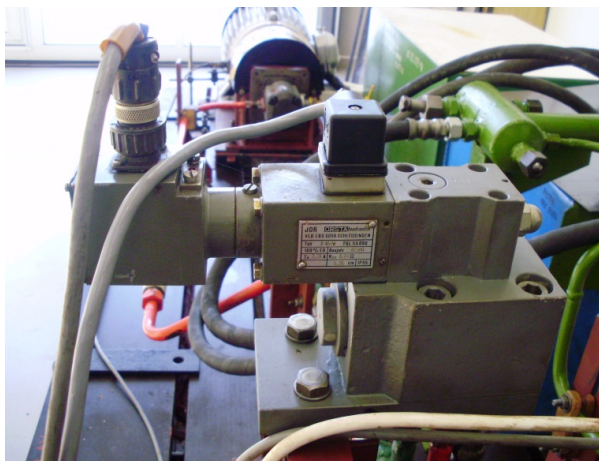


Obr. 6 Schéma skúšobného zariadenia na skúšky ekologických kvapalín dynamickým zaťažením prevádzkovou záťažou:

M – elektromotory, n 1 – snímač otáčok, HG 1 – traktorový hydrogenerátor, TV 1 – poistný ventil pre obmedzenie maximálneho tlaku v obvode, p 2 – tlakomer výstupného tlaku, p 1 – tlakomer pre meranie sacieho podtlaku, EHTV – elektro-hydraulicky ovládaný proporcionálny tlakový ventil, CH1, CH2 – chladiče, HG 2 – hydrogenerátor chladenia, t 1 – snímač teploty oleja v nádrži, R – termostatický regulátor, ktorý zapína ventilátory chladičov, T – nádrž, V – uzatvárací ventil

Zubový hydrogenerátor UD 25 je v schéme označený ako **HG 1**. Pohon hydrogenerátora zabezpečuje elektromotor **M**. Tento hydrogenerátor má menovité otáčky $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ a preto nevyžaduje prevodovku, ale je priamo spojený s elektromotorom. Tlakový ventil **TV 1** je vo funkcii poistného ventilu. Pre určenie tlakového spádu v obvode je tlak meraný dvomi tlakomerami: v sacom potrubí **p 1** a v tlakovom potrubí **p 2**. Dynamické zaťaženie prevádzkovým tlakom zabezpečuje elektro-hydraulicky ovládaný proporcionálny tlakový ventil **EHTV**.

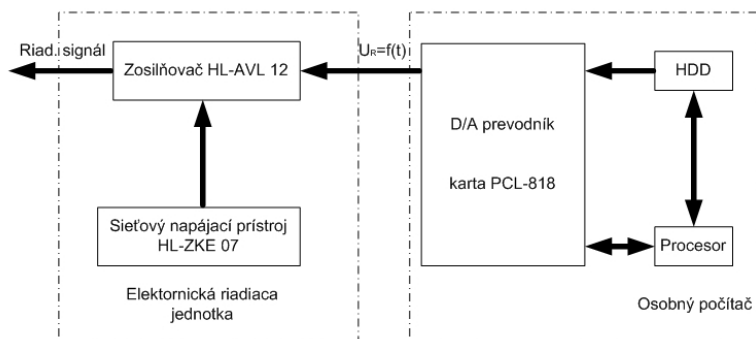
Na simulovanie tlaku nameraného v prevádzke bol v skúšobnom zariadení použitý proporcionálny tlakový ventil zobrazený na obrázok 7. Tento ventil moduluje hydraulické parametre v súlade s privádzanými elektrickými signálmi.



Obrázok 7 Elektro-hydraulicky ovládaný proporcionálny tlakový ventil namontovaný v skúšobnom zariadení

3.2 Riadiaci systém skúšobného zariadenia

Schéma riadiaceho systému je znázornená na obrázku 8. Základnými blokmi riadiaceho systému je osobný počítač PC s osadeným digitálno-analógovým prevodníkom D/A a elektronickou riadiacou jednotkou ERJ. Prevodník D/A prevádza digitálny signál vytvorený počítačom na analógový signál (riadiace napätie U_R), ktorý je funkciou času. Analógový signál $U_R = f(t)$ sa následne zosilňuje v elektronickej riadiacej jednotke ERJ a privádza sa na proporcionálny tlakový ventil EHTV.



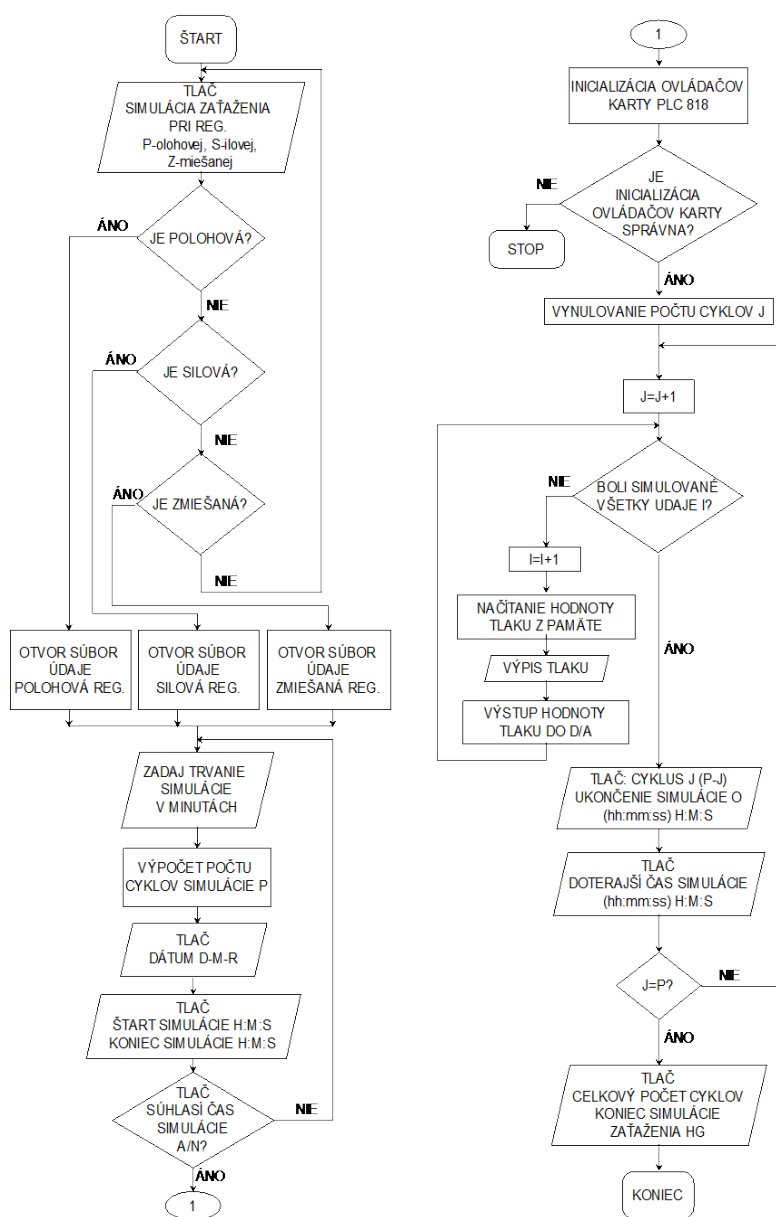
Obrázok 8 Bloková schéma riadiaceho systému skúšobného zariadenia

Na základe získaných časových priebehov tlakov z hydraulického systému traktora boli počítačom navrhnuté a vypracované riadiace programy na simulovanie dynamického zaťaženia ekologických kvapalín počas ich skúšok. Na tento účel bola použitá programovacia karta PCL-818, ktorá je staršieho dátumu výroby (v dnešnej dobe sa už nevyrába) ale pre ovládanie proporcionálneho ventilu dostatočne postačuje. Všetky funkcie karty PCL-818 (Advantech) môžu byť programované cez I/O read/write porty. Karta bola uvedená do činnosti po jej osadení na základnú dosku počítača, obrázok 10.



Obrázok 10 Počítačový riadiaci systém a skúšobné zariadenie

Aby bolo možné previesť namerané údaje tlakov z hydraulického systému traktora do skúšobného zariadenia bolo potrebné vytvoriť počítačový program na základe vývojového diagramu na obr. 11. Skúšobné zariadenia bolo ovládané navrhnutým programom tak, že bolo možné zvoliť zaťažovanie kvapaliny nameraným priebehom tlaku počas orby traktora pri zapnutej silovej, polohovej alebo zmiešanej regulácii trojbodového závesu.



Obrázok 11 Vývojový diagram programu na ovládanie skúšobného zariadenia

4. ZÁVER

Skúšobné zariadenie uvedené v tomto príspevku bolo navrhnuté a zostavené za účelom hodnotenia vlastností ekologických prevodovo-hydraulických kvapalín na základe

ich vplyvu na technickú životnosť hydrogenerátorov. Zaťažovanie ekologickej kvapaliny bolo riešené pomocou elektro-hydraulicky ovládaného proporcionálneho tlakového ventilu a počítačového riadiaceho systému, ktorý mali za úlohu simulovať prevádzkové zaťaženie v laboratórnych podmienkach. V našom prípade išlo o simulovanie orby v skúšobnom zariadení.

5. ZOZNAM CITOVANEJ LITERATÚRY

- DRABANT, Š., KOSIBA, J., JABLONICKÝ, J., TULÍK.: 2010. The durability test of tractor hydrostatic pump type UD 25 under operating load. *Research in agricultural engineering*, 2010, Vol. 56, no. 3, s. 116–121. ISSN 1212-9151.
- ILENINOVÁ, J., MIHALČOVÁ, J., KOŠŤÁLIKOVÁ, D.: 2008. Hodnotenie vlastností hydraulických kvapalín v leteckých motoroch. In.. *REOTRIB 2008 : Kvalita paliv a maziv*. Velké Losiny Praha 28.–30. Května, 2008, S. 118–122. ISBN 978-80-7080-679-1.
- JANOŠKO I.: 1996. *Snímanie a monitorovanie parametrov motorov a traktorov*. Habilitačná práca. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.
- JOBÁGY, J., PETRANSKÝ, I., SIMONÍK, J.: 2003. Tlakové režimy v hydraulike traktorov ZTS v súprave s poľnohospodárskym náradím. In. *Medzinárodná študentská vedecká konferencia*. Nitra, 1.–2. apríla 2003, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, S. 94–101. ISBN 80-8069-178-9.
- KOSIBA, J., TKÁČ, Z., HUJO, L., TULÍK, J.: 2011. Charakteristika hydrogenerátora UD 25 počas prevádzky In. *30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky*. Špindlerův Mlýn, 22.–24. 6. 2011, Technická univerzita v Liberci, s. 109–111. ISBN 978-80-7372-747-5.
- KOSIBA, J., DRABANT, Š., TKÁČ, Z., JABLONICKÝ, J., TULÍK, J.: 2010.: Operating measuring of temperature and perssure in hydraulic circuit of tractor. *Traktori i pogonske mašine*. Novi Sad, Vol 15, no. 1, S. 48–52. ISSN 0354-9496.
- KUČERA, M., MARKO, J.: 2008.: Zvyšovanie spoľahlivosti mobilnej techniky monitorovaním technického stavu hydraulickej kvapaliny. In. *Kolokvium ku grantovej úlohe č. 1/3517/06 : zborník*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 978-80-228-1958-9.
- KUČERA, M., ROUSEK, M.: 2003.: Assessing the recycled biodegradable oils in a hydrostatic system. In.. *Forest and wood-processing technology and the environment I : proceedings of the 2nd International scientific conference fortechenvi*. Brno, Mendel University of Agriculture and Forestry. ISBN 80-7157-665-4.
- KUČERA, M., URBÍK L.: 2003. Consideration influences of the operation parameters hydraulic circuit on the high degradable hydraulic oils. In. *Forest and wood-processing technology and the environment I : proceedings of the 2nd International scientific conference fortechenvi*. Brno, Mendel University of Agriculture and Forestry. ISBN 80-7157-665-4.
- SEMETKO J., JANOŠKO I.: 2005.: *Zisťovanie parametrov traktorov*. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2005. 139 s. ISBN 80-8069-553-9.
- VITÁZEK, I.: 2005.: *Teplotní technika a hydrotechnika*. 1. vyd. Nitra : SPU in Nitra, 2005. 104 s. ISBN 80-8069-509-1.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia grantového projektu Ministerstva školstva Slovenskej republiky VEGA 1/0857/12 „Zníženie nežiaducich vplyvov poľnohospodárskej a dopravnej techniky na životné prostredie“.

Kontaktná adresa:

Ing. Radoslav Majdan, PhD.,
Katedra dopravy a manipulácie,
Technická fakulta, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra,
e-mail: radoslav.majdan@gmail.com

PRÍSPEVOK K NAVRHOVANIU SERVISNÝCH ROBOTOV V LESNÍCTVE

CONTRIBUTION TO PROJECTING OF SERVICE ROBOTS IN FORESTRY

Anton PALKO

ABSTRACT: Forestry can be characterised by high variability and environment complexity, with need to be taken into consideration when designing a service robot. The paper briefly analyses requirements on different robot subsystems and its conclusion it presents selected robot applications in forestry.

Key words: service robot, robot in forestry, mobile robot

ABSTRAKT: Lesníctvo je charakteristické vysokou variabilitou a náročnosťou prostredia, čo je potrebné zohľadniť pri návrhu servisného robota. Článok stručne analyzuje požiadavky na jednotlivé subsystémy robota a v záverečnej časti sú uvedené vybrané aplikácia robotov v lesníctve.

Kľúčové slová: servisný robot, lesnícky robot, mobilný robot

1. ÚVOD

Reálny potenciál a súčasný dynamický trend rozvoja servisnej robotiky potvrdzuje dopad súčasného celosvetového posunu inovačných záujmov z oblasti produkčných úloh do oblasti tzv. servisných úloh, čo potvrdzuje vznik nového sektoru ľudských a ekonomických aktivít, tzv. sektoru servisného priemyslu. Tento trend na báze dostupných informácií z technickej a prevádzkovej praxe domáceho hospodárskeho prostredia potvrdzuje významný nárast požiadaviek na automatizáciu servisných činností, ale aj súčasný nárast ich aplikácií.

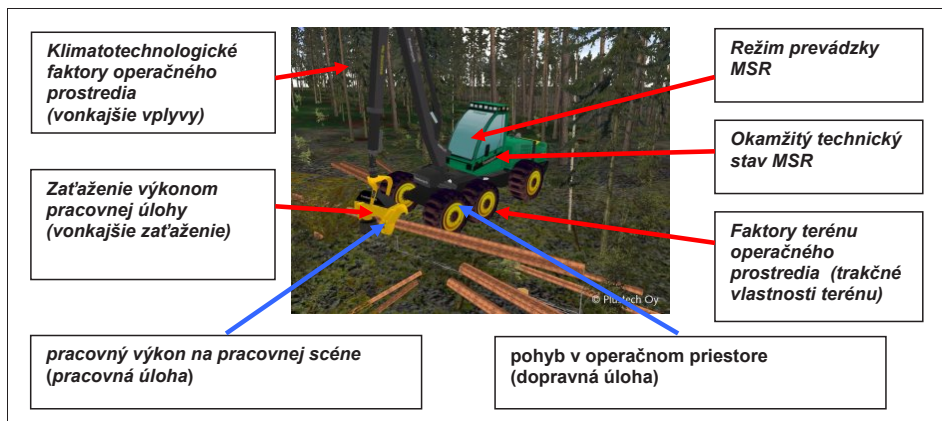
Uvedená skutočnosť otvára otázku o potenciáli a možnostiach využitia servisných robotov (SR) aj v podmienkach slovenského lesníctva. Aplikácie SR v tejto oblasti možno klasifikovať najmä do segmentov, ktoré sú úzko naviazané najmä na výkon odborných úkonov spojených s výkonom vybraných technológií lesníckych prác, technológií ťažby a spracovania drevnej hmoty, ako aj úkonov spojených s výkonom súvisiacich manipulačných operácií a dopravných služieb. Dôvod aplikácie SR v týchto segmentoch je v zefektívňovaní výkonu týchto prác, zaručenie stability kvality ich výkonu ako aj nahradenie

fluktuácie ľudských zdrojov pre výkon týchto prác. Realizácia týchto úloh je viazaná na náročný operačný a pracovný priestor a jeho členitosť.

Z obecných vlastností SR sú pre aplikácie v tejto oblasti zvlášť dôležité: usporiadané obrysové rozmery, dobrá manévrovateľnosť, vhodný pomer vlastnej hmotnosti a nosnosti, úroveň inteligencie správania sa (pohyb) a výkonu pracovnej (servisnej) úlohy, komunikácia s operátorom a prostredím. Úroveň týchto vlastností je formulovaná požiadavkami konkrétnej aplikácie. [2]

2. POŽIADAVKY NA SERVISNÝ ROBOT NASADENÝ DO PODMIENOK LESNÍCTVA

Všeobecne podmienky lesníctva sú charakteristické najmä náročnosťou pracovných podmienok a pracovného prostredia (vonkajšie, exteriér, outdoor, neštruktúrované, neurbanizované). Tieto skutočnosti sú opísateľné súborom n – náhodných veličín tzv. ukazovateľov prevádzky (vlastnosti prostredia, vonkajšia činnosť konštrukcie SR, vnútorná činnosť konštrukcie SR), ktoré vyjadrujú vlastnosti pracovného prostredia (opísateľné rizikovými, resp. štandardnými faktormi prostredia, ktoré ovplyvňujú prevádzku SR), vlastnosti technológie pracovnej úlohy (opísateľné pracovnými podmienkami a parametrami, ktoré zaťažujú SR pri jeho prevádzke) a vlastnosti skutočného technického stavu SR (opísateľné parametrami technického stavu SR, ktoré ovplyvňujú okamžitý výkon a spoľahlivosť prevádzky SR), obr. 1. [3]



Obr. 1 Symbolický model prevádzky SR

SR, ako technický prostriedok určený k aktívnemu pôsobeniu na predmetovú oblasť v okolitej pracovnej a technologickej scéne, plní pri svojej aplikácii dve kategórie základných úloh, ktoré súvisia s jeho priamym určením, menovite pracovnú a dopravnú úlohu.

Takto chápaný a vecne opísaný model prevádzky SR kladie všeobecné požiadavky na konštrukciu a prevádzku SR. Z dopravnej úlohy možno sformulovať reprezentáciu

všeobecných požiadaviek najmä na subsystém mobility SR (ústrojenstvo pre realizáciu pohybu, akčná mobilita – akcelerácia, maximálna rýchlosť, prekonávanie prekážok, taktická mobilita – prepravitel'nosť v priestore nasadenia, strategická mobilita – prepravitel'nosť medzi jednotlivými priestormi nasadenia), tab. 1. [1] [2]

Tab. 1 Rámcové požiadavky na SR (subsystém mobility)

Por. čís.	Požiadavka	Výklad
1	Nízka vlastná hmotnosť, malý špecifický tlak na podložku	Hmotnosť SR, plocha kontaktu subsystému mobility s podložkou. Zaručenie trakčných vlastností na zadanom povrchu terénu pracovného prostredia.
2	Relatívne vysoká nosnosť	Nosnosť subsystému mobility má zodpovedať hmotnosti subsystému akčnej nadstavby, hmotnosti pracovného efektora a hmotnosti manipulovaného bremena.
3	Malé, pomerovo usporiadané obrysové rozmery (pomer šírka / dĺžka / výška)	Minimálne rozmery limitujú priechodzí profil na dopravnej trase. Pomerové usporiadanie má byť konfrontované s vlastnosťami statickej a dynamickej stability.
4	Dobrá manevrovateľnosť (rozvor, rozchod, polomer otáčania)	Manevrovateľnosť v podmienkach horizontálnej a vertikálnej členitosti prostredia.
5	Priechodnosť (svetlosť), prekonávanie prekážok (podľa potreby)	Svetlosť subsystému mobility, resp. jeho schopnosť operatívne meniť (zväčšovať, zmenšovať) svetlosť (kráčajúce, špeciálne podvozky). Prechodnosť v podmienkach horizontálnej členitosti prostredia.
6	Energetická nezávislosť (aspoň po dobu operačného nasadenia)	Koncepcia energeticky závislého SR (energetický zdroj je mimo SR), resp. nezávislého SR (energetický zdroj je na SR).
7	Odolnosť na vplyvy faktorov prostredia	Konštrukčné vyhotovenie SR, odolnosť na faktory prostredia (chemické, radiačné, klimatotechnologické, ...).
8	Inteligencia správania sa (pohyb, výkon pracovnej úlohy) v operačnom a pracovnom priestore	Subsystém riadenia (HW, SW), subsystém vonkajších senzorov podľa požiadaviek na úroveň správanie sa SR.
9	Operačne jednoduché a spoľahlivé riadenie	Subsystém riadenia (HW, SW), subsystém operátora a ich rozhrania (HW, SW). Konfrontovať s požiadavkami odpovedajúcich noriem, predpisov a iných špeciálnych požiadaviek.
10	Prevádzková jednoduchosť, komfort prevádzky a prevádzkovej obsluhy	Požiadavky odpovedajúcich noriem, predpisov a iných špeciálnych požiadaviek najmä na: obsluhu, prípravu na prevádzku, údržbu, hygienu a environmentálnu bezpečnosť prevádzky (hlučnosť, splodiny, ...).

Z pracovnej úlohy možno sformulovať reprezentáciu všeobecných požiadaviek na subsystém akčného mechanizmu aplikačnej nadstavby (akčný mechanizmus na výkon pracovnej úlohy), ale aj na subsystém mobility SR, tab. 2.

Tab. 2 Rámcové požiadavky na SR (subsystém akčnej nadstavby)

Por. čís.	Požiadavka	Výklad
1	Nízka vlastná hmotnosť	Hmotnosť (súčet hmotnosti subsystému nadstavby a pracovného efektora).
2	Relatívne vysoká nosnosť	Nosnosť má zodpovedať hmotnosti subsystému pracovného efektora a hmotnosti manipulovaného bremena.
3	Malé, pomerovo usporiadané obrysové rozmery (pomer šírka / dĺžka / výška)	Aktuálne pre tzv. „transportnú“ polohu, t. j. v zloženom stave len pre potreby pohybu SR, bez požiadavky na výkon pracovnej úlohy. Pracovný priestor (obrysové rozmery, tvar a poloha) má zodpovedať požiadavke výkonu úlohy, prípadne aj v spolupráci s pohybom SR v lokálnom priestore.
4	Odolnosť na vplyvy faktorov prostredia a vplyv faktorov vznikajúcich pre realizácii pracovnej úlohy	Konštrukčné vyhotovenie SR, odolnosť na faktory prostredia (chemické, radiačné, klimatotechnologické, ...), ale aj vplyv faktorov vznikajúcich pre realizácii pracovnej úlohy (odpady, splodiny, ...).
5	Energetická nezávislosť (aspoň po dobu operačného nasadenia)	Energetická zabezpečenosť môže byť riešená s energetickými zdrojmi pre subsystém mobility, resp. riešená samostatne vlastným zdrojom (zvyšuje požiadavku na nosnosť subsystému mobility).
6	Inteligencia správania sa (výkon pracovne úlohy) v operačnom a pracovnom priestore	Subsystém riadenia (HW, SW), subsystém vonkajších senzorov podľa požiadaviek na úroveň správania sa akčnej nadstavby a subsystému mobility SR v prípade nutnej priamej spolupráce.
7	Operačne jednoduché a spoľahlivé riadenie	Subsystém riadenia (HW, SW), subsystém operátora a ich rozhrania (HW, SW).
8	Prevádzková jednoduchosť, komfort prevádzky a prevádzkovej obsluhy	Konfrontovať s požiadavkami odpovedajúcich noriem, predpisov a iných špeciálnych požiadaviek najmä na : obsluhu, prípravu na prevádzku, údržbu, hygienu a environmentálnu bezpečnosť prevádzky (hlučnosť, splodiny, ...).

Uvedené rámcové požiadavky sa v prípade riešenia SR pre konkrétnu aplikáciu v jednom z uvedených segmentov lesníctva majú transformovať cez zadanie do zostavy konkrétnych parametrov, charakteristík a vlastností (uvedené segmenty vytvárajú parametrický a vecne široký priestor).

3. PRÍKLADY APLIKÁCIE SERVISNÝCH ROBOTOV V PODMIENKACH LESNÍCTVA

Svetová prax potvrdzuje trvalý nárast nasadzovania SR do úloh spojených s výkonom a činnosťou lesníctva. V základnom rozdelení týchto činností možno nasadzovanie SR predstaviť na týchto reálnych príkladoch [2] [3]

- výkon ťažby a spracovania drevnej hmoty – aplikácia SR ako nosiča technológie ťažby a spracovania drevnej hmoty a súčasne ako dopravného prostriedku pre pohyb v operačnom priestore. Aplikácia SR je viazaná na plnenie pracovnej úlohy funkciou jeho akčnej nadstavby (ťažba, odkonárenie, odstránenie kôry, delenie na zadaný rozmer,

značenie), na plnenie dopravnej úlohy funkciou jeho subsystému mobility, podľa charakteru operačného prostredia a podmienok realizácie pohybu (charakter terénu, trakčné vlastnosti), úspešnosť aplikácie je závislá aj na riešení komunikácie s operátorom a prostredím, rozhranie človek – robot – okolie, obr. 3.



Ťažba a spracovanie drevnej hmoty



Ťažba a spracovanie drevnej hmoty



Ťažba a spracovanie drevnej hmoty



Ťažba a spracovanie drevnej hmoty, robotický harvester

Obr. 3 Príklad SR pre technológiu ťažby a spracovania drevnej hmoty

- výkon úloh spojených s monitoringom stavu a ošetrovaním lesa – aplikácia SR ako nosiča technológie ošetrovania lesa a súčasne ako dopravného prostriedku pre pohyb v operačnom priestore. Aplikácia je viazaná na plnenie pracovnej úlohy funkciou jeho akčnej nadstavby (účelový mechanizmus zostavený podľa stanovenej technológie), na plnenie dopravnej úlohy funkciou jeho subsystému mobility, podľa charakteru operačného prostredia a podmienok realizácie pohybu (charakter terénu), sťažené prevádzkové podmienky (charakter prostredia, obmedzené priestory, ...), úspešnosť aplikácie je závislá aj na riešení komunikácie s operátorom a prostredím, rozhranie človek – robot – okolie, obr. 4.



Monitoring a ošetrovanie lesných porastov



Monitoring lesných porastov



Monitoring lesných porastov



Monitoring a ošetrovanie lesných porastov

Obr. 4 Príklad SR pre technológiu monitoringu stavu a ošetrovania lesa

- výkon manipulačných a dopravných úloh – aplikácia SR ako výkonného prostriedku pre realizáciu manipulačných a dopravných úloh spojených najmä s dopravou vytťaženej drevnej hmoty na určené skladovacie miesta. Aplikácia je viazaná na plnenie pracovnej úlohy funkciou jeho akčnej nadstavby (účelový mechanizmus podľa stanovenej technológie manipulácie s drevnou hmotou), na plnenie dopravnej úlohy funkciou jeho subsystému mobility, podľa charakteru operačného prostredia a podmienok realizácie pohybu (charakter terénu), sťažené prevádzkové podmienky (charakter prostredia, obmedzené priestory), úspešnosť aplikácie je závislá aj na riešení komunikácie s operátorom a prostredím, rozhranie človek – robot – okolie, obr. 5.



Obr. 5 Príklad SR pre manipulačné a dopravné úlohy v lese

4. ZÁVER

V článku sú popísané požiadavky, ktoré je potrebné zohľadňovať pri návrhu servisného robota pre práce v prostredí lesníctva. Požiadavky sú špecifikované zvlášť pre subsystém mobility a pre akčný mechanizmus. V záverečnej časti článku sú uvedené príklady vybraných aplikácii servisných robotov v lesníctve.

5. CONCLUSION

The paper describes requirements, with need to be taken into consideration when designing service robot in forestry environment. The requirements have been specified mainly for mobility subsystem and action mechanism. The final part of paper presents example of selected applications of service robots in forestry.

LITERATÚRA

- [1] PALKO, A.: Servisné roboty a ich aplikácie. Edícia vedeckej a odbornej literatúry FVT TU Košice so sídlom v Prešove. Vydavateľstvo Michala Vaška Prešov, ISBN 978-80-7165-859-73, Prešov 2011, str. 173.
- [2] SMRČEK, J. – KÁRNÍK, L.: Robotika. Servisné roboty. Navrhovanie – konštrukcia – riešenia. Edícia ved. a odb. literatúry SJF TU Košice, Vydavateľstvo Michala Vaška Prešov, Košice 2008, ISBN 80-7165-713-2.
- [3] ŠTOLLMANN, V.: Roboty – prostriedok ekologizácie lesníckych činností. Acta Mechanica Slovaca, roč. 10, č. 2-A/2006, SJF TU Košice, [ISSN 1335-2393], Košice 2006, s. 531–534.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Anton Palko, PhD
H. M. Transtech spol. s r. o.
Volgogradská 13B
08001 Prešov
00421517718516
apalko@hmtranstech.sk

VIZUALIZÁCIA A VYHODNOTENIE OBRAZOV KONCENTRAČNÝCH POLÍ

VISUALISATION AND CONCENTRATION FIELDS IMAGES EVALUATION

Elena PIVARČIOVÁ – Jozef ČERNECKÝ – Ján KONIAR

ABSTRACT: In the paper there are described possibilities of holographic interferometry use in diffuse processes tracing. The paper is oriented mainly to the visualisation and analysis of concentration fields. The target was to visualise entire image of the concentration field in macrocuvette and to expand knowledges about the processes running in a phase interface of mineral – water with using of consecutive analysis of the holographic interferograms received images. For the analysis of the holographic interferograms images was used own software.

Keywords: holographic interferometry, coefficient of diffusion, dissolving constant, gypsum

ABSTRAKT: V príspevku sú uvedené možnosti využitia holografickej interferometrie pri sledovaní difúzných procesov. Príspevok je zameraný predovšetkým na vizualizáciu a analýzu koncentračných polí. Cieľom bolo vizualizovať celý obraz koncentračného poľa v makrokyvete a pomocou následnej analýzy získaných obrazov holografických interferogramov rozšíriť poznatky o procesoch prebiehajúcich na fázovom rozhraní minerál – voda. Na analýzu obrazov holografických interferogramov bol použitý vlastný softvér.

Kľúčové slová: holografická interferometria, difúzny koeficient, konštanta rozpúšťania, sadrovec

1 ÚVOD

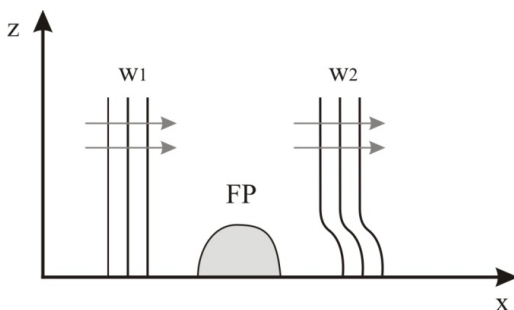
Difúzny koeficient hmoty v kvapaline môže byť stanovený teoreticky alebo môže byť nájdený z dostupných experimentálnych korelácií. Takto získané hodnoty sú len aproximatívne. Ak je potrebná väčšia presnosť, mali by byť aplikované experimentálne metódy, medzi ktoré patrí aj metóda holografickej interferometrie. Metóda holografickej interferometrie sa aplikuje na transparentnú tekutinu a je založená na skutočnosti, že tvoriaca sa koncentrácia v difúznom procese mení optickú dĺžku monochromatického žiarenia, ktoré prechádza optickou nehomogenitou. Toto monochromatické žiarenie interferuje s porovnávacím zväzkom a informácia zakódovaná v interferenčnom vzore môže byť použitá na rekonštrukciu rozloženia koncentrácie, z ktorej môže byť odvodený difúzny koeficient (Riquelme a kol., 2007).

Pomocou holografickej interferometrie sme sledovali proces rozpúšťania a difúzie sadrovca v destilovanej vode, vypočítali sme hodnoty konštanty rozpúšťania k a difúzneho koeficientu D .

2 MATERIÁL A METÓDA

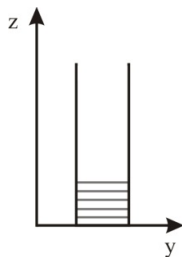
V experimente bol použitý sadrovec ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dihydrát síranu vápenatého) z hlohoveckej tehelne.

Pre vizualizáciu koncentračného poľa bola použitá metóda holografickej interferometrie v reálnom čase. Interferenčná metóda je založená na identifikácii zmeny fázy monochromatickej vlny, ktorá prejde optickou nehomogenitou. Zo zmeny fázy sa určuje rozdelenie indexu lomu. Prostredie s vyššou koncentráciou ako okolie (referenčné prostredie) má vzhľadom k nemu inú hustotu a preto tiež iný index lomu. Určenie veľkosti indexu lomu v rôznych miestach prostredia umožňuje stanoviť jeho koncentráciu.



Obrázok 1 Prechod svetelnej vlny optickou nehomogenitou
FP – fázový predmet, w1 – vlnoplocha pred prechodom optickou nehomogenitou, w2 – svetelná vlnoplocha po prechode optickou nehomogenitou

Prechodom monochromatickej vlny nehomogénnym prostredím sa mení amplitúda aj fáza svetelnej vlny. Amplitúda vlny sa mení veľmi málo, takže sa berie do úvahy len zmena fázy vlny (Obrázok 1). Odtiaľ pochádza názov fázový predmet (FP). Interferenčný obraz vzniká interferenciou objektovej a referenčnej vetvy na holografickej doske. Za hologramom na matnici možno vidieť vytvorené interferenčné prúžky, ktoré vznikli ako následok optickej nehomogenity (koncentračné pole) (Obrázok 2).

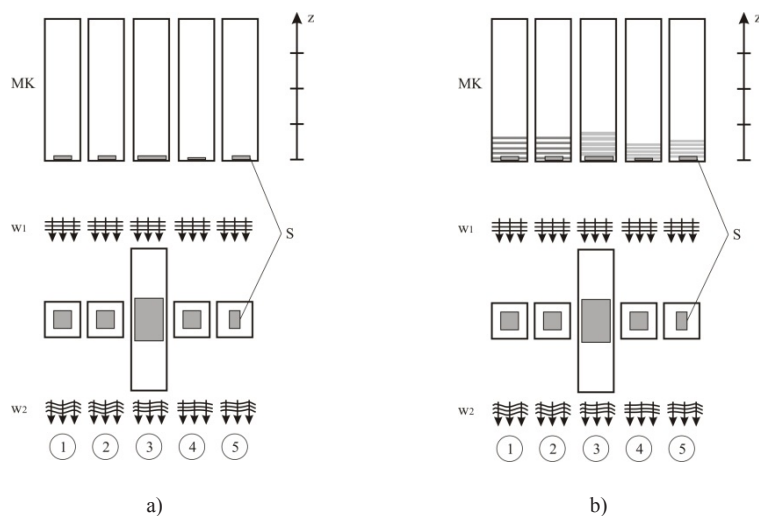


Obrázok 2 Schéma vzniku interferenčných prúžkov na matnici

Merateľnou veličinou v interferometri je zmena interferenčného rádu vzhľadom k nejakému referenčnému stavu, to znamená vznik alebo posunutie interferenčných prúžkov, ktoré súvisia s určitou fyzikálnou zákonitosťou. Takýmito veličinami je napr. hustota, teplota a koncentrácia. V experimente sme sa zaoberali koncentráciami rozpusteného sadrovca. Zmena koncentrácie sadrovca vo vode vyvolá vznik interferenčných prúžkov.

Vyhodnotením obrazu holografického interferogramu sa získa rozloženie koncentračného poľa nad skúmaným minerálom, čiže priradia sa koncentrácie (molality) jednotlivým prúžkom. Na získanie analyzovateľného obrazu treba urobiť celý rad overovacích experimentov (Obrázok 3 a 4), aby bolo možné urobiť kvantitatívnu analýzu koncentračného poľa a teda priradiť jednotlivým interferenčným prúžkom príslušný interferenčný rád. Poloha a rozmiestnenie prúžkov vo vzťahu ku dnu makrokyvety sa určuje pomocou príslušného softvéru. V rámci overovacích experimentov sme porovnávali 4 koncentrácie s nasledujúcimi parametrami (Obrázok 3):

1. makrokyveta s rozmermi $10 \times 10 \times 40$ mm, sadrovec s rozmermi $5 \times 5 \times 1$ mm,
2. makrokyveta s rozmermi $10 \times 10 \times 40$ mm, sadrovec s rozmermi $5 \times 5 \times 1$ mm,
3. makrokyveta s rozmermi $40 \times 10 \times 40$ mm, sadrovec s rozmermi $8 \times 12 \times 1$ mm,
4. makrokyveta s rozmermi $10 \times 10 \times 40$ mm, sadrovec s rozmermi $5 \times 5 \times 0,5$ mm,
5. makrokyveta s rozmermi $10 \times 10 \times 40$ mm, sadrovec s rozmermi $3 \times 5 \times 1$ mm.

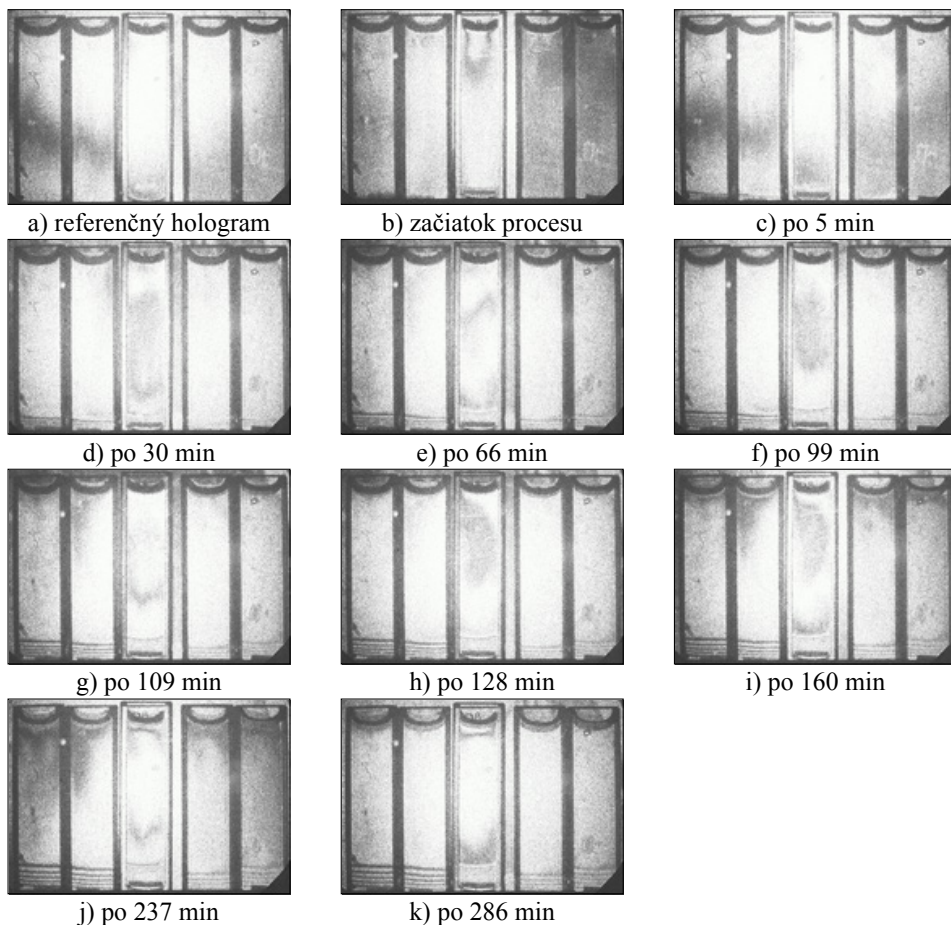


Obrázok 3 Schéma vytvárania interferenčných prúžkov v makrokyvete
a) makrokyveta naplnená destilovanou vodou po vložení sadrovca
b) rozpúšťanie sadrovca spôsobujúce vznik interferenčných prúžkov

MK – makrokyveta ($10 \times 10 \times 40$ mm), w1 – vlnoplocha na vstupe do makrokyvety,
w2 – vlnoplocha na výstupe z makrokyvety, S – sadrovec, 1 až 5 – poradie makrokyviet so sadrovcom

Makrokyvety boli niekoľko hodín pred experimentom naplnené destilovanou vodou, aby bola získaná homogénna teplota systému 25°C , následne bol urobený referenčný hologram. Potom boli do makrokyviet vložené kryštály sadrovcov, ktorých rozmery sú uvedené vyššie. Vložením sadrovca sa začalo rozpúšťanie a difúzny proces, ktorý sme

zaznamenávali kamerou v určitých časových intervaloch (pozri Obrázok 4). Začiatok zá-
znamu obrazu bol urobený v čase $t = 0$ s (Obrázok 4b). Na Obrázku 4 b vidno, že ešte nie
je vytvorený žiadny interferenčný prúžok. Prvé interferenčné prúžky sú voľným okom
pozorovateľné až po 30 minútach. Holografické interferogramy z makrokyviat 3 až 5 ne-
bolo možné kvantitatívne vyhodnocovať.



Obrázok 4 Obrazy interferogramov rozpúšťajúceho sa sadrovca v destilovanej vode

Na dne optickej bunky prebiehala chemická reakcia podľa vzťahu (Langmuir, 1997):



Vzhľadom na súmernosť získaného obrazu, budeme experiment považovať za jedno-
rozmerný pozdĺž vertikálnej osi z.

Na vyhodnotenie molality m pozdĺž vertikálnej súradnice ako funkcie času, bol použitý 2. Fickov zákon:

$$\left(\frac{\partial m}{\partial t}\right)_z = D \left(\frac{\partial^2 m}{\partial z^2}\right)_t, \quad (2)$$

kde D je interdifúzny koeficient roztoku, ktorý sa určuje v určitom priestore a čase.

Riešením rovnice (2) je (Crank, 1975):

$$m(z, t) = m^{\text{sat}} \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{z}{2\sqrt{Dt}} \right) - \exp \left[\frac{k\beta z}{D\rho m^{\text{sat}}} + \left(\frac{k\beta}{D\rho m^{\text{sat}}} \right)^2 Dt \right] \times \operatorname{erfc} \left[\frac{z}{2\sqrt{Dt}} + \frac{k\beta}{D\rho m^{\text{sat}}} \sqrt{Dt} \right] \right], \quad (3)$$

kde ρ je hustota rozpúšťania, $\beta = s_r / s$ je geometrická konštanta, s je plocha úseku kolmého na transport hmoty, s_r je plocha rozpúšťacieho rozhrania, erfc je komplementárna chyba funkcie.

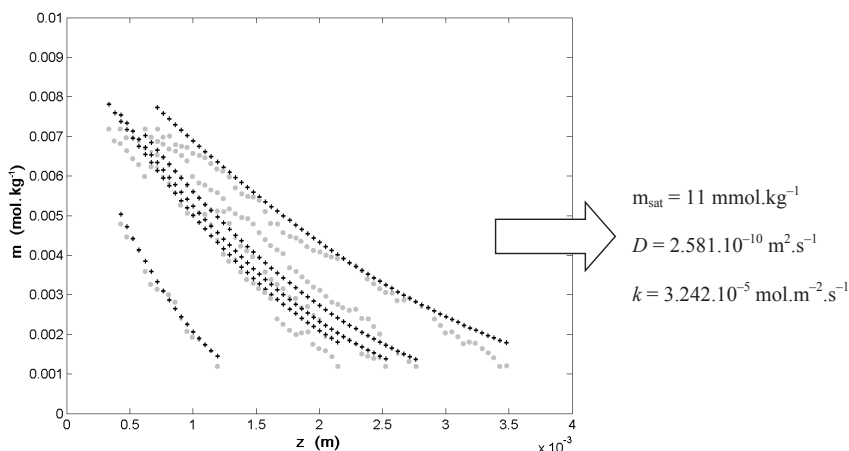
3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na získanie koncentračného poľa z interferogramov je potrebné poznať hodnotu $\partial n / \partial m$. Túto hodnotu možno nájsť v literatúre, alebo zmerať refraktometrom. My sme použili hodnotu $\partial n / \partial m = 0,0222 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ podľa (Colombani, Bert, 2007), ktorí merali index lomu Abbeho refraktometrom vo vode, kde bol rozpustený sadrovec až do nasýtenia pri teplote okolia. Naše merania boli uskutočnené pri teplote 25 °C.

Pri analýze získaných holografických interferogramov sme zistili, že makrokyveta s optickou dĺžkou 40 mm nie je vhodná pre tento experiment, pretože tam vzniká veľký počet jemných interferenčných prúžkov. Záznamové prístroje, ktoré sme mali k dispozícii malo malú rozlišovaciu schopnosť a teda nie je potom možné určiť počty interferenčných prúžkov, ktoré sa tam nachádzali. Tento problém by bolo možné riešiť zväčšením obrazu vhodnou optikou. Koncentrácia v makrokyvetách 3 a 4 je veľmi nízka a prúžky sú nejasné a nevhodné pre vyhodnocovanie. Vyhodnocovali sme preto len koncentračné prúžky v prvých dvoch makrokyvetách. Na Obrázku 5 vidieť grafickú závislosť molality m na osi z v celej makrokyvete. Krúžky predstavujú experimentálne body, + predstavujú teoretické preloženie krivky výrazom (3). Hodnoty m^{sat} , D a k boli získané preložením našej experimentálnej krivky $m(z, t)$ výrazom (3).

Preložníom krivky podľa (3) bola stanovená hodnota $m_{\text{sat}} = 11 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, difúzny koeficient $D = 2.581 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, konštanta rozpúšťania $k = 3.242 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pri teplote 25 °C.

Získané výsledky sa približujú hodnotám uvádzaným v literatúre: (Colombani, Bert, 2007): $m_{\text{sat}} = 15,6 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, difúzny koeficient $D = (1,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, konštanta rozpúšťania $k = (4 \pm 1) \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pri teplote 20 °C. (Barton a Wilde, 1971): $D = 9.1 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ pri teplote 20 °C.



Obrázok 5 Molalita počas experimentu z Obrázku 4

4 ZÁVER

Keďže väčšina sledovaných koncentračných polí sú transparentnými prostrediami, sú pre ľudské oko neviditeľné. Pre vizualizáciu dejov prebiehajúcich pri difúzných procesoch možno použiť metódu holografickej interferometrie. Pomocou tejto metódy sme vykonali sadu overovacích experimentov, pričom pre kvalitatívnu a kvantitatívnu analýzu sme vybrali len obrazy holografických interferogramov koncentračných polí v prvých dvoch kyvetách (1 a 2), ktoré umožnili sledovanie fázového rozhrania voda – minerál vrátane difúzných procesov. Zamerali sme sa hlavne na proces rozpúšťania a difúzie sadrovca v destilovanej vode a následne sme vypočítali hodnoty konštanty rozpúšťania k a difúzneho koeficientu D .

V rámci experimentov bola vypracovaná metodika na zviditeľnenie a kvantifikáciu koncentračných polí. Výsledky získané pomocou vypracovanej metodiky boli porovnávané s experimentálnymi výsledkami iných autorov uvedených v zozname literatúry.

Hlavným prínosom experimentov je, že metóda holografickej interferometrie umožnila zobrazit' celý priebeh procesu od počiatku difúzie až po uvedený čas (286 min.) a teda určiť presnejšie hodnoty k a D sledovaním procesov priamo na rozhraní sadrovec – voda. Takto sme získali hodnoty, ktoré charakterizujú mikroskopickú prenosovú rýchlosť na rozhraní tuhá látka – kvapalina.

LITERATÚRA

- CRANK, J.: 1975. *The Mathematics of Diffusion*. Oxford University Press, Oxford, 1975.
- COLOMBANI, J., BERT, J.: 2007. Holographic interferometry study of the dissolution and diffusion of gypsum in water. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, 2007, p. 1913–1920.
- LANGMUIR, D.: 1997. *Aqueous environmental geochemistry*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 1997, 600 p.

RIQUELME, R., LIRA, I., PÉREZ-LÓPEZ, C., RAYAS, J. A., RODRÍGUEZ-VERA, R.: 2007. Interferometric measurement of a diffusion coefficient: comparison of two methods and uncertainty analysis. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 40 (2007), p. 2769–2776.

*Príspevok bol pripravený v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA 027TUZVO-4/2011
Vizualizačné a meracie metódy pre hodnotenie efektívnych spôsobov prenosu tepla.*

Kontaktná adresa

Mgr. Elena Pivarčiová, PhD.

Katedra informatiky a automatizačnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, epivarci@vsld.tuzvo.sk

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, jcern@vsld.tuzvo.sk

Ing. Ján Koniar, PhD.

Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, koniar@vsld.tuzvo.sk

THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE NUMBER OF TEETH OF THE CIRCULAR-SAW BLADE ON THE CRITICAL ROTATION SPEED

ANALÝZA VPLYVU POČTU ZUBOV PÍLOVÉHO KOTÚČA NA KRITICKÉ OTÁČKY

Ján SVOREŇ

ABSTRACT: In most cases, the cutting of wood is proceeded at high feed speed and high cutting speed of the circular-saw blades. At present time, the asymmetric circular-saw blade is the most commonly used in the cutting process. The results of the measuring the natural frequency of two structurally different circular saw blades are presented in this paper. The types of the circular saw blades are: with six sigmoid compensating slots (24 teeth) and with six sigmoid compensating slots (36 teeth). The diameters of the circular-saw blades were 350 mm. The determinate informations were obtained upon experimental measurements, which are graphically illustrated and referred to in article. The influence of the number of teeth on the critical rotation speed is shown, where if $k = 3$ and $k = 4$ is a small decrease of critical rotation speed (CB1) towards (CB2).

Key words: circular-saw blade, number of teeth, natural frequency, critical rotation speed

ABSTRAKT: Vo väčšine prípadov, sa rezanie dreva realizuje pri vysokej posuvnej rýchlosti a vysokej reznej rýchlosti pílových kotúčov. V súčasnosti je v procese rezania najčastejšie používaný asymetrický pílový kotúč. V článku sú prezentované výsledky merania vlastnej uhlovej frekvencie dvoch konštrukčne rozdielnych pílových kotúčov. Typy pílových kotúčov sú: so šiestimi esovitými kompenzačnými drážkami (24 zubov) a so šiestimi esovitými kompenzačnými drážkami (36 zubov). Priemery pílových kotúčov boli 350 mm. Na základe experimentálnych meraní boli získané určité poznatky, ktoré sú graficky znázornené a uvedené v článku. Preukázal sa vplyv počtu zubov na kritické otáčky, pričom v prípade $k = 3$ a $k = 4$ je malý pokles kritických otáčok (PK1) voči (PK2).

Kľúčové slová: pílový kotúč, počet zubov, vlastná uhlová frekvencia, kritické otáčky

1. INTRODUCTION

The most widely used process in the woodworking industry is the process of cutting wood and wood materials by circular saw. Cutting tools are circular-saw blades. The vibration and noise of circular-saw blades are the fundamental problems of instability in the

process of cutting. The reduction of the amplitude of oscillations is essential for improving the surface quality, precision of cutting, increasing of yield material for longer tool life, but also for noise reduction. In order to limit the whistling and lateral oscillation of circular-saw blade, there were introduced the following methods:

- the prestressing of the circular-saw blade by rolling,
- the using of the high damping alloy on the body of the circular-saw blade,
- the damping of oscillation by air flow,
- the keeping of the circular-saw blade,
- the cutting of slots into the body of the circular-saw blade with laser beam.

At present time, the asymmetric circular-saw blade, in which a number of compensating slots is produced, is the most often used for cutting of wood and wood materials. The influence of the length, the number, the shape and the position of compensating slots on shapes of the lateral oscillation, its natural frequencies and critical rotation speed has been investigated in several research works. We can mention some of these works: Yu and Mote, 1987; Holøyen, 1987; Nishio and Marui, 1996; Svoreň and Naščák, 1997; Raman and Mote, 1999; Stakhiev, 2000; Svoreň, 2001; Svoreň and Danko, 2004; Svoreň and Murín, 2009; Ekevad et al, 2009. In spite of advanced research, all potential effects, which could make further basic research, have not been fully explained yet.

2. MATERIALS AND METHODS

For experimental measurements there were used two circular-saw blades in the research. In the body of the first circular-saw blade (CB1) sigmoid compensating slots were cut by the laser, copper corks and unbalanced pitch of several 24 teeth, repeating after the sixth of the circle (Fig. 1a). The second saw blade (CB2) had in body sigmoid compensating slots, copper corks and unbalanced pitch of several 36 teeth, repeating after the sixth of the circle (Fig. 1b). Teeth of circular-saw blades were fitted with plates of tungsten carbide and were alternately skew ground. Clamping collars, that were used had an external diameter $d_p = 110$ mm. Design differences of circular-saw blades are shown in Fig. 1.

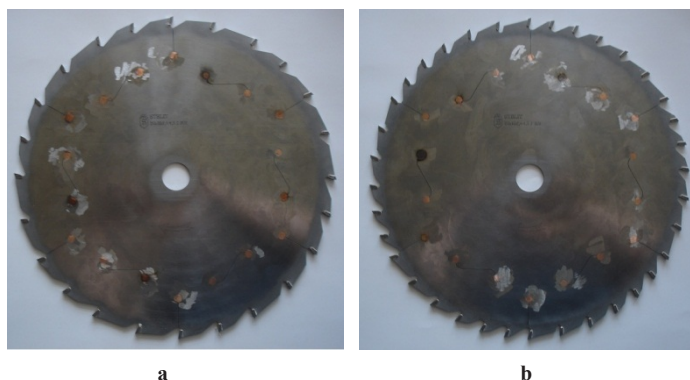


Fig. 1. Used circular-saw blades

Table 1. Basic parameters of the used circular- saw blades

Parameters	CB1	CB2
Outer diameter, mm	350	350
Inner diameter, mm	30	30
Number of teeth	24	36
Thickness, mm	2,4	2,4
Length of cutting edge, mm	4,5	4,5
Height of the tooth, mm	13	13
Pitch of teeth	unbalanced pitch of several teeth	
Geometry of the tooth	$\alpha_f = 15^\circ$	
	$\beta_f = 65^\circ$	
	$\gamma_f = 10^\circ$	
Type of tooth	WZ	

The methods of measurement are based on the theory of vibration of the rotating circular-saw blade. The natural frequency of the rotating circular-saw blade f_d is influenced by the existing angular speed. Thus, the frequency f_d is a function of circular-saw blade speed n , we can write it as $f_d(n)$. The frequencies of forward and backward travelling wave are then expressed by (Nishio and Marui, 1996) as the equations:

$$\text{forward travelling wave: } f_1 = f_d(n) + \frac{k \cdot n}{60}, \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

$$\text{backward travelling wave: } f_2 = f_d(n) - \frac{k \cdot n}{60}, \quad [\text{Hz}] \quad (2)$$

In the case, that the rotation speed of circular-saw blade increased, the frequency of the backward travelling wave at certain working speed (except of the nodal diameters $k = 0$ and 1) was zero. This working speed is called „critical rotation speed“. At this critical rotation speed, the angular speed of circular-saw blade is equal to the speed of wave in the circular-saw blade and the backward travelling wave appears as if it stopped in space. This is a resonance point where even a small lateral force will causes a large lateral deflection of the circular-saw blade. From the equation (2) it is possible to derive then the following equation:

$$n_k = \frac{60 \cdot f_d(n)}{k}, \quad [\text{r p m}] \quad (3)$$

As a result of the centrifugal force the natural frequency of the rotating circular-saw blade parabolically increases with increasing operating speed. The relationship between natural frequency of the rotating circular-saw blade and the rotation speed is expressed in the equation:

$$f_d(n)^2 = f_{(n=0)}^2 + \lambda \cdot \left(\frac{n}{60}\right)^2, \quad [\text{Hz}] \quad (4)$$

By substituting equation (4) into equation (3) we get after adjustment the equation for the critical rotation speed:

$$n_k = \frac{60 \cdot f_{(n=0)}}{\sqrt{k^2 - \lambda}}, \quad [\text{r p m}] \quad (5)$$

$f_{(n=0)}$ – the natural frequency of circular-saw blade vibrations in the rest, i.e. when $n = 0$ [Hz]

k – number of nodal diameter, ($k = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$) [–]

λ – centrifugal force coefficient, [–]

Natural frequencies of the non-rotating circular-saw blades $f_{(n=0)}$ were determined experimentally for $k = 1, 2, 3, 4$ on the measuring apparatus, which is built in the department of woodworking machine and equipment laboratory. The block diagram of the connecting instruments is shown in Fig. 2.

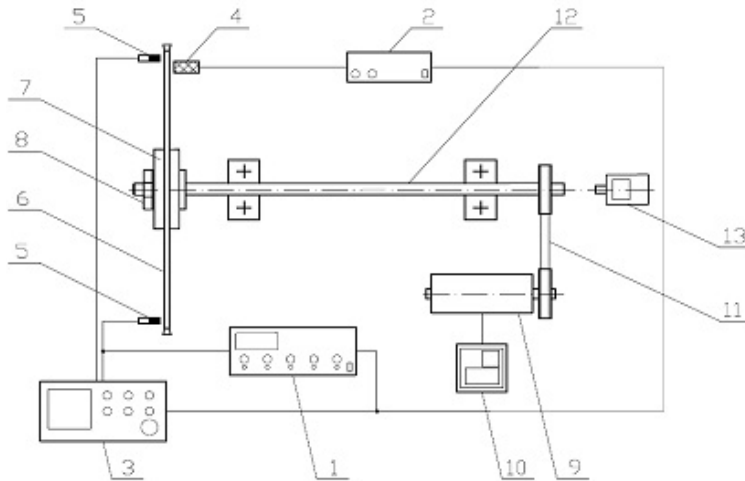


Fig. 2. The block diagram of the connecting instruments for measurement of natural frequencies and frequencies of backward travelling wave (f_2) of rotating circular-saw blades

- 1 – tone generator and frequency of computer, 2 – amplifier, 3 – digital oscilloscope, 4 – elektromagnetic (solenoid) driver, 5 – sensor oscillation, 6 – circular-saw blade, 7 – clamping collars, 8 – matrix, 9 – electric motor, 10 – frequency converter, 11 – belt drive, 12 – spindle stored in the bearings, 13 – non-contact tachometer

Detail views of the measure aparature are on the pictures 3 and 4.



Fig. 3. Detail of fixation circular-saw bla

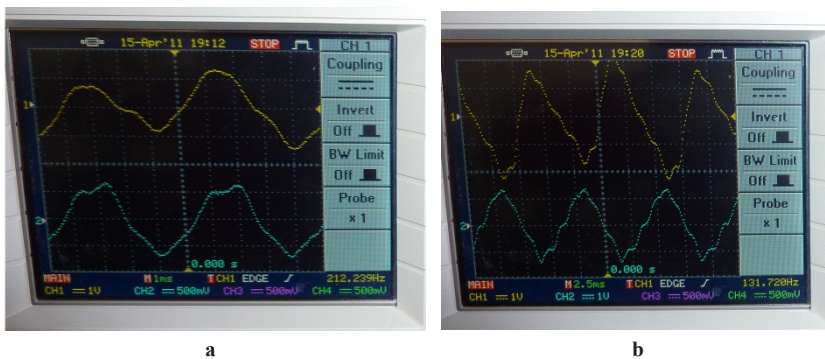


Fig. 4. Map output signal from sensors on the screen digital oscilloscope.
a) $k = 1$ and 3, b) $k = 2$ and 4.

Centrifugal force coefficients λ were calculated according to equation (4) on the basis of experimental measured frequencies of backward travelling wave f_2 (see the equation 2). In the experimental measurements there were used clamping collars with a diameter: $\varnothing d_p = 110$ mm – fixed ratio ($\alpha = 0,314$). The working speed at which experimental measurements were performed was in the range $n_p = (3000 \div 3600)$ r p m with the increases by 100. The same measuring apparatus was used for the measurement of frequencies of backward travelling wave f_2 .

3. MEASUREMENT RESULTS AND DISCUSSION

The centrifugal force coefficients λ for circular-saw blades were calculated using the measured values of frequencies $f_{(n=0)}$ and frequencies f_2 for individual working speed according to equation (4). The median for each nodal diameter $k = 1, 2, 3, 4$ was determined from calculated coefficients. Graphical representation of measurement results is shown in Fig. (5 ÷ 9). The critical rotation speed of the listed circular-saw blades was calculated by equation (5) and is shown in Fig. 9.

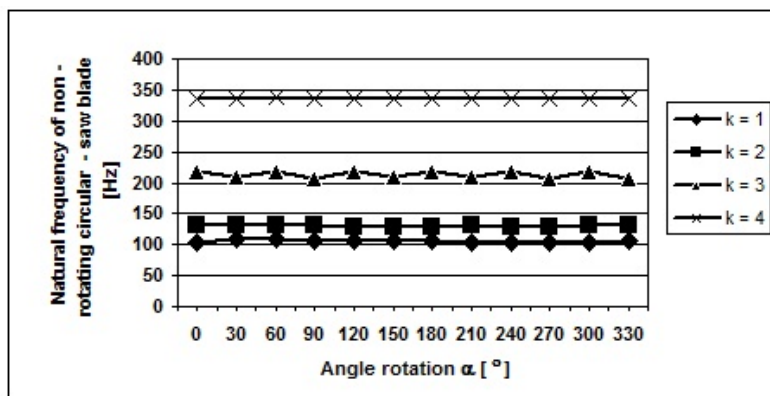


Fig. 5. Dependence of natural frequency on angle of the electromagnetic driver for CB1

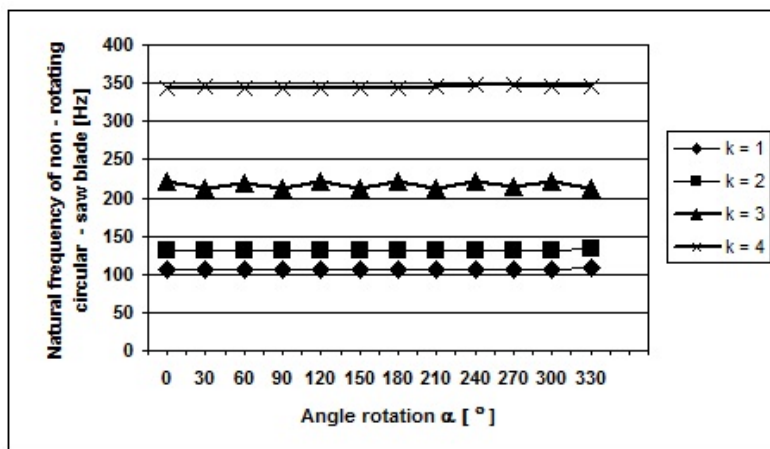


Fig. 6. Dependence of natural frequency on angle of the electromagnetic driver for CB 2

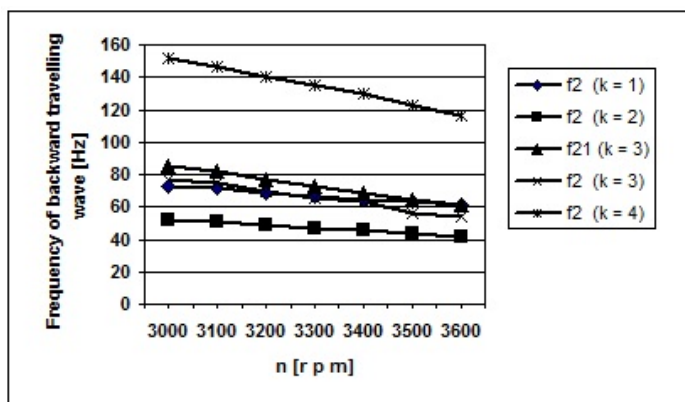


Fig. 7. Dependence of the frequency of backward travelling wave on speed for CB1

Experimental measurements of the effect of the number of teeth of circular-saw blades body on critical rotation speed resulted in the following conclusions: the effect of the number of teeth on natural frequencies is significant for the reference nodal diameter $k = 3$ for both circular-saw blades Fig. 5 and Fig. 6, for nodal diameter $k = 3$ there are two different values of frequencies of backward travelling wave f_2 and f_{21} as it is shown in Fig. 7, the centrifugal coefficient force λ is independent on speed of the circular-saw blade Fig. 8, for the observed nodal diameters $k = 2, 3, 4$, in the case $k = 2$ there is an increase of critical rotation speed (CB1) in compare with (CB2), but in the case $k = 3$ and 4 there is a small decrease in critical rotation speed (CB1) in compare with (CB2) Fig. 9.

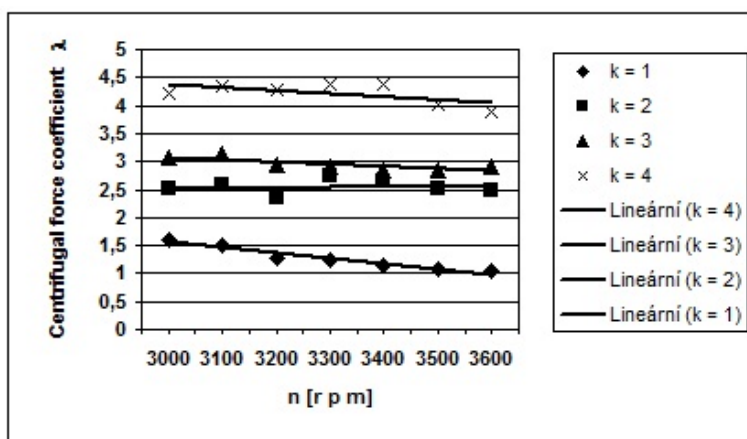


Fig. 8. Dependence of the centrifugal coefficient force λ on rotation for CB1

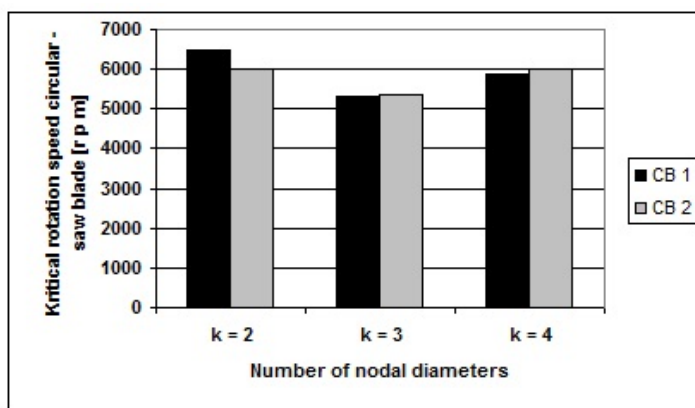


Fig. 9. Values of critical rotation speed for different shapes of oscillations

4. SUMMARY

Laser cutting of different number of teeth into the body of the circular-saw blade affects its oscillation during free running condition as well as during a cutting process. For the same dimensions of circular-saw blades the critical rotation speed are dependent on different number of teeth in the body of the circular-saw blade. In the design of the circular-saw we have to consider the minimum critical rotation speeds of the circular-saw blade and we have to avoid them.

LITERATURE

- EKEVAD, M.; CRISTOVAO, L.; GRÖNLUND, A.: 2009. Different methods for monitoring flatness and tensioning in circular – saw blades. In: *Proceedings 19th International Wood Machining Seminar*, Nanjing, 21.–23. October 2009, p. 121–131, Faculty of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, 21 037 Jiangsu, China.
- HOLØYEN, S.: 1987. Vibrations and natural frequencies of angular slot circular saws. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 45, 1987, s. 101–104. ISSN 0018-3768.
- NISHIO, S., MARUI, E.: 1996. Effects of Slots on the Lateral Vibration of a Circular Saw Blade. *Proceedings of Tenth Wood Machining Seminar*, 1996, s. 159–168.
- RAMAN, A.; MOTE, C. D.: 1999. Non – linear oscillations of circular plates near a critical speed resonance. *International Journal of Non – Linear Mechanics*, 34, 1999 s. 139–157.
- STAKHIEV, Y. M.: 2000. Today and tomorrow circular sawblades: Russian version. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 58, 2000, s. 229–240. ISSN 0018-3768.
- SVOREŇ, J.; NAŠČÁK, L.: 1997. Vplyv drážok tela pílových kotúčov na rezonančné a kritické otáčky. *Acta Facultatis Technicae*, 1, 1997, č. 1, s. 9–99. ISBN 80-228-0706-0.
- SVOREŇ, J.: 2001. Vlastné statické frekvencie kmitov pílových kotúčov s kompenzačnými drážkami. In: *Zborník prednášok z Medzinárodnej vedeckej konferencie, Sekcia č. 1, Trendy lesníckej, drevárskej a environmentálnej techniky a jej aplikácie vo výrobnom procese*. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2001, s. 185–189. ISBN 80-228-1061-4.

- SVOREŇ, J.; DANKO, P.: 2004. Vplyv drážok tela na kritické otáčky pilových kotúčov. *Acta Facultatis Technicae*, 8, č. 1, 2004, s. 13–19, ISBN 80-228-1517-9, ISSN 1336-4472.
- SVOREŇ, J.; MURÍN, L.: 2009. Vplyv tvaru drážok tela na kritické otáčky pilových kotúčov. *Acta Facultatis Technicae*, 14, č. 2, 2009, s. 59–66, ISSN 1336-4472.
- YU, R. C.; MOTE, C. D.: 1987. Vibration of Circular saws Containing Slots. *Holz als Roh - und Werkstoff*, 45, 1987, s. 155–160. ISSN 0018-3768.

*Scientific informations were get by solution of the grant project KDSZ
VGP – n. 1/0022/09.*

Contact address:

Ján Svoreň, MSc., PhD., Assoc. Prof.
Department of Woodworking Machines and Eguipment,
Faculty of Environmental and Manufacturing Technology, Technical University in Zvolen,
T. G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen
Slovak Republic
e-mail: svoren@vsld.tuzvo.sk

REFERÁTY

EXPERIMENTÁLNE MERANIE ŤAHOVÝCH VLASTNOSTÍ A PREKLZU PNEUMATÍK STROJOV V LESNOM HOSPODÁRSTVE PRI ZMENE TLAKU HUSTENIA

EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF TRACTION CHARACTERISTICS AND SLIP OF TIRES USED ON MACHINES IN FORESTRY WITH CHANGING THE INFLATION PRESSURE

Peter DOBROTA – Milan MIKLEŠ – Matúš FRANTA

ABSTRACT: The article deals with the method of measurement of tensile properties and tire slip in forestry. The thesis is the design and construction of an laboratory measuring device called soil channel for tire testing and methodologies for experimental measurement of tensile properties of tires used on mobile forestry machines. Next is the choice of sensors and data aqzition devices for compilation a measuring chain to measure tensile and slip characteristics as well as technique to evaluate the state of soil compaction The work contains also an overview of the tires used for the operation of forestmachines and tire choice for the experiment, together with the determination of soil used for the purpose of measurement.

Key words: pull, slip, tire

ABSTRAKT: Článok sa zaoberá metódou merania ťahových vlastností a preklzu pneumatík strojov v lesnom hospodárstve. Súčasťou práce je návrh a konštrukcia laboratórneho meracieho zariadenia tzv. pôdny kanál, pre skúšanie pneumatík a vypracovanie metodiky pre experimentálne meranie ťahových vlastností pneumatík používaných mobilných lesných strojov. V ďalšom je obsiahnutý výber snímačej techniky a záznamových jednotiek pre zostavenie meracieho reťazca pre meranie ťahových a preklzových charakteristík rovnako aj techniky na vyhodnotenie stavu zhutnenia pôdy. Práca obsahuje taktiež prehľad pneumatík používaných v prevádzke lesných strojov a výber pneumatík pre vykonanie experimentu, spolu s určením pôdy použitej pre potreby merania.

Kľúčové slová: ťahová sila, preklz, pneumatika

1 ÚVOD

Ťahové vlastnosti vozidiel na mäkkej pôde závisia predovšetkým na dvoch hlavných faktoroch. Konštrukcia vozidla (pohonná jednotka, prevodovka, odpruženie, pneumatiky

atd.) a typ a druh povrchu pôdy, po ktorej sa vozidlo presúva rovnako ako jej aktuálny stav (obsah vody, zhutnenie a štruktúra).

Účinná metóda ako ovplyvniť ťahové vlastnosti v teréne je znižovanie tlaku hustenia, čo zväčšuje kontaktnú plochu medzi pneumatikou a pôdou, zvyšuje sa aj trenie medzi pneumatikou a pôdou. Táto metóda je limitovaná zvyšujúcim sa valivým odporom podhustenej pneumatiky. Je potrebné ale poznamenať že nižší tlak hustenia pneumatík zvyšuje spotrebu paliva, čo sa prejavuje v znížení hospodárnosti vozidla.

V našom prípade predpokladáme zmenu tlaku hustenia a sledovanie ťahových vlastností a zmenu preklzu takto hustených pneumatík, pri konštantnom zaťažení pneumatiky. Zníženie tlaku hustenia môže výrazne zvýšiť ťahové vlastnosti a znížiť deformáciu pôdy bez výrazného poškodenia pneumatiky. Zaujímavé je aj sledovať ťahové vlastnosti pri zmene záťaže. Ťahové vlastnosti vozidla možno stanoviť dvoma spôsobmi:

- meraním ťahovej sily snímačom ťahovej sily zapojeným medzi vozidlo (vozík) a druhé brzdiace vozidlo (brzdiace ústrojenstvo). Táto metóda umožňuje meranie čistej ťahovej sily. Výhodou tejto metódy je jej jednoduchosť.
- meraním síl na kolese použitím trojosového kolesového dynamometra. Skúšané vozidlo je spomaľované elektromechanickými brzdami. Toto zaručuje opakovateľnosť a presnosť merania ktoré je riadene počítačom.

2 MATERIÁL A METÓDY

Bolo potrebné vyvinúť zariadenie, ktoré bude schopné merať ťahové charakteristiky v požadovanom rozsahu a za požadovaných podmienok.

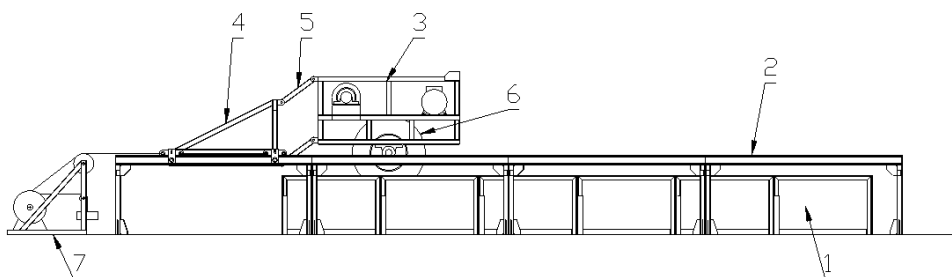
Hlavnou požiadavkou je, že zariadenie má pracovať v laboratórnych podmienkach. Tým odpadá nutnosť externého zdroja energie pre zariadenie. Laboratórne podmienky nám umožňujú opakovateľnosť meraní. Ďalšou požiadavkou je možnosť skúšania viacerých typov pneumatík pre porovnanie vlastností jednotlivých pneumatík. Zariadenie musí umožňovať zmenu zaťaženia či už vertikálneho vo forme zaťaženia pneumatiky ale aj horizontálneho vo forme ťahového odporu.

Nakoľko pneumatika nemusí fungovať len ako hnacia ale aj vlečená musí nám zariadenie umožňovať aj chod naprázdno, čiže pneumatika nebude poháňaná pohonom. Tým je možné vykonať merania aj na vlečenom kolese. Pre návrat pojazdu do počiatočnej pozície je potrebné aby pohon pojazdu umožnil aj spätný chod pojazdu, čiže zmenu zmyslu otáčok pneumatiky.

2.1 Konštrukcia zariadenia

Pôdny kanál ako aj bočné vedenie je navrhnuté tak aby ich dĺžka mohla byť v prípade potreby zmenená. Konštrukcia bočného vedenia je zložená z profilu U ktorý slúži ako pojazďová dráha (obr. 1, poz. 2). Samotný pôdny kanál je vyhotovený s vystuženého plechu hrúbky 4 mm a bočné steny sú podopreté voči vybočeniu. Pôdny kanál v aktuálnom vyhotovení obsahuje šesť dielcov dlhých 1 m. a bočné vedenie dosahuje celkovú dĺžku 8 m zloženú zo štyroch dielov o dĺžkach 2 m.

Pomocný vozík (obr. 1, poz. 4) má za úlohu stabilizovať a viesť pojazďový vozík v priamom smere. Vyhodený je zo štvorcového profilu a po bočnom vedení sa pohybuje na valivých ložiskách. Tie sú usporiadané tak že nedovoľujú vozíku vybočenie v žiadnom smere a umožňujú mu len priamu jazdu vpred a vzad. S pojazďovým vozíkom je spojený paralelogramom tvoreným štyrmi ramenami (obr. 1, poz. 5) toto spojenie zabezpečuje pohyb len vo vertikálnom smere.



Obrázok 1 Testovacie zariadenie (pôdny kanál)

Pojazďový vozík (obr. 1, poz. 3) zároveň nesie aj celý pohonný systém zariadenia. V pojazďovom vozíku je umiestnená testovaná pneumatika (obr. 1, poz. 6), uchytená na výstupnom hriadeľ pohonu.

Zariadenie na vyvíjanie ťahového odporu (obr. 1, poz. 7) je umiestnené pred pôdnym kanálom. Jeho úlohou je vyvinúť konštantnú ťahovú zaťažujúcu silu, ktorá simuluje odpor ťahaného prípojného vozíka resp. iného zariadenia na úpravu pôdy resp. lesníckeho vybavenia. Ďalšou úlohou tohto zariadenia je vracanie pojazdu do štartovnej polohy resp. vyvíjanie ťahu pri meraniach na vlečenom kolese. K tomuto účelu je toto zariadenie vybavené navijakom poháňaným elektromotorom a bubnovou brzdou ovládanou tiahom. Konštrukčne je riešené nasledovne: elektromotor, prevodovka, brzda sú umiestnené na podlahe. Z bubna je lano vedené kladkou vo výške úchytného bodu pomocného vozíka až k jeho úchytnému bodu.

Napájanie pohonu je vedené cez frekvenčný menič, čo nám umožňuje plynulú zmenu otáčok motora a tým pojazdovej rýchlosti, s tým spojená aj možnosť plynulého rozjazdu a dojazdu vozíka zároveň aj reverzáciu pohonu. Je použitý frekvenčný menič SIEMENS Micromaster 420.

2.2 Návrh meracieho reťazca

Pre vyhodnotenie ťahových vlastností stroja je potrebné sledovať, merať a zaznamenávať niektoré fyzikálne veličiny. Základnou veličinou ktorú je potrebné stanoviť z experimentu je preklz pneumatiky. Ďalej je potrebné poznať ťahovú silu, vertikálnu záťaž na koleso, tlak hustenia pneumatiky, skutočnú dráhu a teoretickú dráhu pre určenie preklzu pneumatiky, mieru zhutnenia pôdy po prejazde, čas merania a krútiaci moment vyvíjaný elektromotorom.

2.2.1 Voľba snímačov

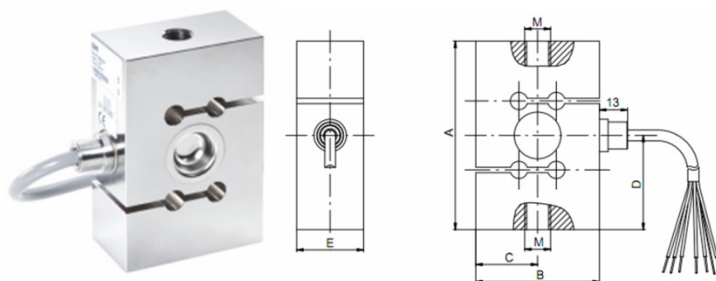
Pre meranie krútiaceho momentu vyvíjaného elektromotorom bol zvolený snímač krútiaceho momentu ESA DR-2212-R. Vyhovuje z hľadiska meracieho rozsahu. Umiestnený bude k výstupnému hriadeľu elektromotora.



Obrázok 2 Snímač krútiaceho momentu ESA DR-2212-R (www.esamesstechnik.cz)

Tieto snímače majú bezkontaktný a digitálny prenos signálu medzi rotorom a statom, to zaručuje bezporuchový prenos a sú bezúdržbové. (www.esamesstechnik.cz)

Pre meranie a stanovenie ťahového odporu, resp. ťahovej sily bol zvolený tenzometrický snímač ťahovej sily HBM S9M 10 kN. Predpokladaná ťahová sila 4 kN nepresahuje merací rozsah vybraného snímača. Snímač bude umiestnený medzi pomocný vozík a zariadenie na vyvíjanie ťahového odporu.

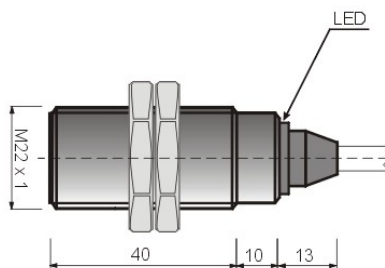


A=87.3mm, B=57.2mm, C=28.6mm, D=43.7mm, E=31mm, M=M12

Obrázok 3 Snímač ťahovej sily (www.hbm.com)

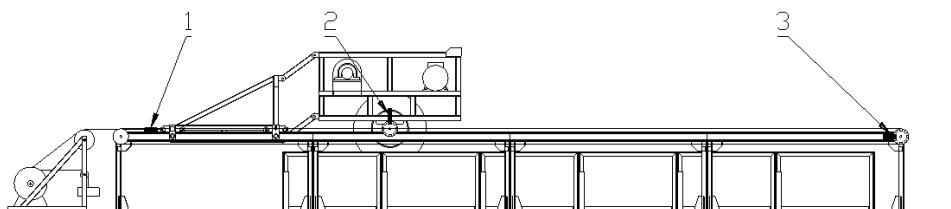
Pre zistenie rýchlosti a skutočnej prejdenej dráhy pojazdu bol vybraný systém pracujúci na princípe počítania impulzov generovaných pohybom sledovaného prvku. Jedná sa o jednoduché, no spoľahlivé riešenie. Systém pracuje s indukčným snímačom ISP 122 S N a plastovým kolieskom umiestneným otočne na bočnom vedení po ktorého obvode sú umiestnené kovové pliešky s konštantným rozstupom. Tieto pliešky sú registrované

indukčným snímačom pripevnením takisto o bočné vedenie. Zo znalosti rozstupu kovových plieškov a ich nameraného počtu možno vypočítať rýchlosť a dráhu. Pre meranie teoretickej dráhy pneumatiky bol vybraný rovnaký systém založený na základe registrácie impulzov. V tomto prípade je ale koliesko s plieškami umiestnené na hnacom hriadeľi pneumatiky.



Obrázok 4 Indukčný snímač ISP 122 S N (www.senzortech.sk)

Umiestnenie jednotlivých snímačov je vyobrazené na obr. 5.



Obrázok 5 Umiestnenie snímačov

1 – snímač ťahu, 2 – indukčný snímač otáčok pneumatiky, 3 – indukčný snímač rýchlosti pojazdu

Meranie zhutnenia pôdy

Pre stanovenie miery zhutnenia pôdy po prejazde resp. zistenie vplyvu prejazdu pneumatiky po pôde v pôdnom kanály je použitý ručný penetrometer EIJKELKAMP



Obrázok 6 Penetrometer v prepravnom kufri

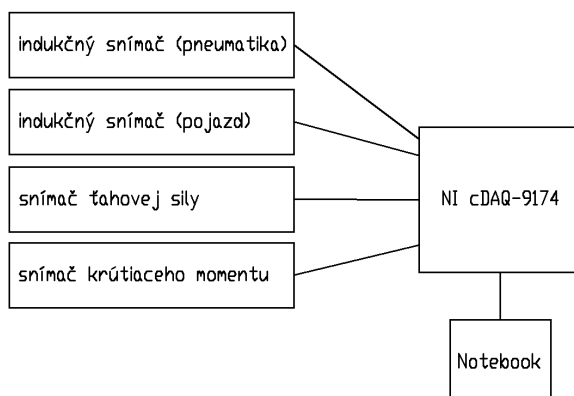
Penetrometer je vhodný na meranie umelého zhutnenia, výskum rastových vlastností rastlín a sledovanie kompaktných vrstiev v pôde. Využíte má pre obecný výskum pôdy, meranie umelého zhutnenia, stanovenie únosnosti pôdy a priechodnosti terénu pre vozidlá.



Obrázok 7 Skúšobne telieska penetrometra

Impulzy indukčného snímača a hodnoty merané snímačom sily sa budú zaznamenávať za pomoci PC vybaveného softvérom LabView. Prevod signálov medzi snímačom a PC bude zabezpečený zariadením NI cDAQ-9174 spoločnosti National Instruments spoločne s modulom NI 9215. Komunikácia záznamovej jednotky a PC je realizovaná USB rozhraním.

Z vybraných snímačov a záznamového zariadenia bola navrhnutá schéma meracieho reťazca. Jej vyobrazenie je uvedené na obr. 8.



Obrázok 8 Bloková schéma meracieho reťazca

2.3 Pneumatiky v lesnom hospodárstve

V lesnom hospodárstve sú prevažne používané pneumatiky diagonálnej konštrukcie. Diagonálne pneumatiky sú v bočnej časti pevnejšie, preto sa používajú v lesnom hospodárstve. Pre dosiahnutie stálej a vysokej ťažnej sily je dôležité aby pneumatika mala schopnosť samočistenia, čo je dôležitý ukazovateľ pre pneumatiky v lesnom hospodárstve. Pôsobenie profilu pneumatík, ktoré majú zlé samočistenie, sa zhoršuje a tieto pneumatiky

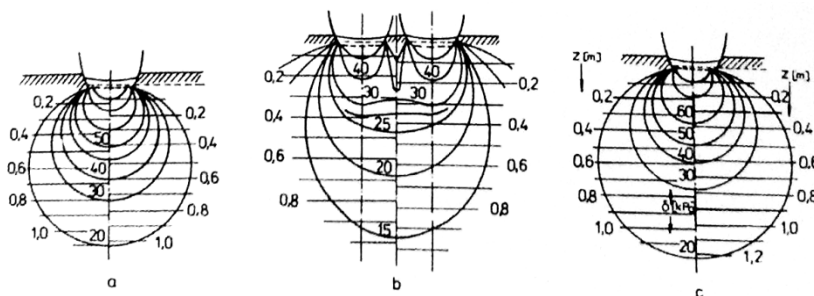
strácajú na ťažnej sile. Okrem toho tieto pneumatiky znečisťujú cestné komunikácie. Pre optimálnu ťažnú silu musí byť profil dezénu krížom k smeru jazdy vozidla. To znamená zároveň veľmi zlé samočistenie pneumatiky. Z toho dôvodu výrobcovia volia kompromis vo forme šípového vzoru dezénu. Výrobcovia hľadajú stále nové riešenia, aby splnili obe požiadavky.

Základné druhy pneumatík používaných v lesnom hospodárstve sú vyobrazené na obr. 9. Pozície a) a b) sú klasické pneumatiky so šípovým vzorom používané ako na UKT (Univerzálny Kolesový Traktor) tak na LKT (Lesný Kolesový Traktor), ich nevýhodou sú vyššie kontaktné tlaky s pôdou. Pozícia c) zobrazuje nízkotlakú širokú tzv. terrapneumatiku. Tieto sa používajú prevažne pre lesné harvestory a forwardery na hnacích nápravách. Pozícia d) zobrazuje rovnako nízkotlakú širokú terrapneumatiku, táto je ale určená na vlečné nápravy strojov pracujúcich v lesnom hospodárstve, ako sú napr. prívesy forwarderov.



Obrázok 9 Základné typy pneumatík v lesnom hospodárstve (www.skidertires.org)

Dôležitým faktorom, ktorý treba brať do úvahy pri pneumatikách v lesnom hospodárstve je ich vplyv na životné prostredie, konkrétne utláčanie pôdy v stope prejazdu. Je potrebné znížovanie kontaktných tlakov medzi pneumatikou a pôdou, aby nedochádzalo k nepriaznivému zhuťňovaniu pôdy. To je možné znížením tlaku hustenia a tým zväčšením kontaktnej plochy, dvojmontážou alebo použitím nízkotlakých širokých pneumatík tzv. terrapneumatiky. Priebeh tlakov v pôde je vyobrazený na obr. 10.



Obrázok 10 Priebeh tlakov v pôde pod pneumatikou pri rovnakom zaťažení, a) tlak hustenia 80 kPa, b) tlak hustenia 80 kPa – dvojmontáž, c) tlak hustenia 120 kPa (Bauer, 2006)

2.4 Výber pneumatík pre experiment

Pre experiment boli vybrané pneumatiky používané v lesnom hospodárstve primárne určené pre prevádzku na malotraktoroch. Konkrétne sa jedná o pneumatiky:

- Mitas TS-05 10.0/75-15.3 10PR
- Continental 28×9.00-15 AC 30 6PR
- Continental 240/70-15 B3 8PR



Obrázok 11 a) Mitas TS-05 10.0/75-15.3 10PR, b) Continental 28×9.00-15 AC 30 6PR, c) Continental 240/70-15 B3 8PR

2.5 Výber pôdy pre vykonanie experimentu

Pre vykonanie experimentu je vhodné aby pôda reprezentovala najviac zastúpenú pôdu v lesnom prostredí. Teda pôdu na ktorej pracujú lesné mechanizmy.

Z tohto dôvodu bola pre experiment zvolená pôda z lokality VŠLP Zvolen. Počas experimentu bude sledované zloženie pôdy a jej fyzikálne vlastnosti. Je dôležité aby počas priebehu meraní s jednou pneumatikou bol stav pôdy konštantný resp. kolísal čo najmenej.

Stav zeminy sa definuje tromi charakteristickými veličinami (Mikleš – Holík 2005):

a) merná hmotnosť zeminy $\rho_v = \frac{M}{V}$ [kg.m⁻³] (1)

b) merná hmotnosť suchej zeminy $\rho_s = \frac{M_z}{V}$ [kg.m⁻³] (2)

c) merná hmotnosť zŕn $\rho_z = \frac{M_z}{V_z}$ [kg.m⁻³] (3)

2.6 Priebeh merania

Pre stanovenie ťahových vlastností bol navrhnutý nasledovný postup merania. Pred meraním je potrebné stanoviť mieru zhutnenia pôdy pomocou penetrometra. Nastaviť vertikálnu záťaž pneumatiky pomocou závaží zodpovedajúc predpísanému prípustnému

zaťažení danej pneumatiky. Taktiež nastaviť veľkosť ťahového odporu na zariadení pre vyvíjanie ťahového odporu. Pneumatiku nahustiť na výrobcom stanovený tlak pre dané zaťaženie. Rozbeh elektromotora musí byť plynulý aby nedošlo k rázom prípadne k preklzovaniu pneumatiky. Následne sa vykoná samotný prejazd pojazdu po pôde pri otáčkach pneumatiky 17 ot.min⁻¹. Po prejení dráhy penetrometrom stanoviť mieru zhutnenia po prejazde. Odpojiť pohon pneumatiky a pojazd sa následne vráti do pôvodnej polohy za pomoci navijaku v brzdiacom zariadení. Ďalším krokom je príprava pôdy pre ďalší prejazd, to zahŕňa prekyprenie pôdy do hĺbky 200 mm a následné zhutnenie valcom.

Po vykonaní potrebných počtov prejazdov sa zníži tlak hustenia pneumatiky a zopakuje sa predošlý postup. Po vykonaní meraní pri zníženom tlaku hustenia sa tlak hustenia pneumatiky zvýši na maximálnu únosnú hodnotu pre danú pneumatiku a vykonajú sa opätovne prejazdy.

Následne sa na zariadení postupne otestujú vybrané pneumatiky rovnakým postupom.

Počas merania budú zaznamenávané nasledovné parametre:

- krútiaci moment,
- ťahová sila,
- rýchlosť a dráha pojazdu,
- rýchlosť a dráha pneumatiky,
- čas merania,
- tlak hustenia pneumatiky,
- záťaž pneumatiky,
- zhutnenie pôdy pred a po prejazde,
- vlhkosť pôdy.

Pre stanovenie preklzu pneumatiky je potrebné poznať dráhu pojazdu a teoretickú dráhu prejdenú pneumatikou. Preklz sa následne stanoví zo vzorca:

$$s = 1 - \frac{s_t}{s_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4)$$

kde:

s – preklz [%]

s_t – teoretická dráha pneumatiky [m]

s_s – dráha prejdená pojazdom [m]

3 ZÁVER

Experiment nám podá preklzové charakteristiky jednotlivých pneumatík ktoré nám poskytnú informácie o ideálnom tlaku hustenia z pohľadu poškodenia pôdy nadmerným preklzom. Taktiež získané ťahové charakteristiky nám podajú obraz o vplyvu tlaku hustenia pneumatík na ťahové vlastnosti stroja.

Stanovenie správneho tlaku hustenia pneumatiky pre optimálnu prevádzku stroja pracujúceho v lesnom hospodárstve je dôležité nielen z hľadiska jeho optimálnych ťahových vlastností ale aj z pohľadu ochrany pôdy pred nadmerným poškodením spôsobeným jej

zhutňovaním. Avšak tlak hustenia je potrebné vzhľadom na meniace sa podmienky prevádzky neustále meniť aby sa dosiahli optimálne prevádzkové vlastnosti.

Praktická realizácia regulácie tlaku hustenia pneumatík z miesta vodiča je dnes možná a to dokonca aj počas jazdy stroja. Hlavnou nevýhodou týchto systémov však je dlhý čas zmeny tlaku vzduchu v pneumatikách, ktorí dosahuje až 15 minút. Snahou dnešného vývoja v tejto oblasti je predovšetkým skrátiť tento čas maximálne na 5 minút. (Helexa, 2004)

LITERATÚRA

- MIKLEŠ, M. – HOLÍK, J.: 2005. Teória mobilných strojov, TU Zvolen 2005; 236 s. ISBN 80-228-1546-2.
- BAUER, F.: 2006. Traktory, Praha 2006; 192 s. ISBN 80-86726-15-0.
- HELEXA, M.: 2008. Trakčné vlastnosti lesníckeho kolesového ťahača pri rôznych tlakoch hustenia pneumatík pojazďových kolies = Tractive performances of a skidder with different inflation pressures of tyres of its travel wheels. In Acta facultatis technicae : vedecký časopis Fakulty environmentálnej a výrobnjej techniky. – Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2008. – ISSN 1336-4472. – Roč. 12, č. 1 (2008), s. 23–33.
- HELEXA, M.: 2004. Automatická regulácia tlaku hustenia pneumatík lesných mobilných strojov, In: VI. Medzinárodná vedecká konferencia mladých 2004 : zborník zo VI. medzinárodnej vedeckej konferencie mladých 2004. – Nitra : SPU v Nitre, 2004. – ISBN 80-8069-422-2. – S. 69–75.
- Prehľad pneumatík, [online], [cit. 2012-01-23]. Dostupné na internete: <http://www.skiddertires.org/alliance-skidder-tire/>
- Frekvenčný menič série Micromaster 4, [online], [cit. 2012-01-11]. Dostupné na internete: http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ1MTkyNQAA_11886022_HB/MM420_Pli_de_0402.pdf
- Snímač krútiaceho momentu ESA DR-2212-R, [online], [cit. 2010-01-11]. Dostupné na internete: <http://www.esamesstechnik.cz/prospekty/moment/rotacni/DR-2212,%20DR-2512.pdf>
- Snímač ťahovej sily HBM S9M, [online], [cit. 2012-01-11]. Dostupné na internete: http://belprom-file.s3.amazonaws.com/7844_download.pdf
- Indukčný snímač ISP 122 S N, [online], [cit. 2012-01-11]. Dostupné na internete: http://www.senzortech.sk/neo/file/isp_22A.pdf
- Penetrometer EIJKELKAMP, [online], [cit. 2012-01-11]. Dostupné na internete: <http://www.ekotechnika.cz/rucni-penetrometer-eijkelkamp-sada-do-1m>
- Systém zberu dát NI cDAQ-9174, [online], [cit. 2012-01-11]. Dostupné na internete: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/207535>

Tento článok je prezentovaný v rámci riešenia vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0048/09 „Výskum znižovania negatívnych vplyvov pôsobenia lesnej techniky na lesné prostredie s určením technických parametrov lesných mechanizmov pri spracovaní lesnej biomasy.“

Kontaktná adresa:

Ing. Peter Dobrota, prof. Ing. Milan Mikleš, DrSc., Ing. Matúš Franta
Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Katedra lesnej a mobilnej techniky,
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

METODIKA EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA TRECÍCH SÍL KLZNÝCH LOŽÍSK NA TRIBOTESTERI M 86

METHODIK EXPERIMENTELLEN MESSUNGEN DER REIBUNGSKRÄFTE VON GLEITLAGERN IN TRIBOTESTER M86

Mária REMPEROVÁ – Pavel BEŇO

ABSTRACT: Der Artikel befasst sich mit der Gestaltung von Messen hydrodynamische Reibung für Gleitlager. Die Größe der Reibung im Lager wird unter verschiedenen Bedingungen, wie das Ändern der Schmiernuten oder die Größe der Anpresskraft erkannt werden. Beobachtete Werte werden mit theoretischen Vorschlag verglichen.

Schlussworte: Radial-Gleitlager, Flüssigkeitsreibung, Grenzreibung, Lagerspiel – Lagerspalt, Schmierfilm

ABSTRAKT: Článok sa zaoberá návrhom merania trecích síl pre hydrodynamicky mazané klzné ložiská. Veľkosť trecích síl v ložisku sa stanoví pri rôznych podmienkach, ako je zmena mazacej drážky alebo veľkosť prítlačnej sily. Zistené hodnoty sa porovnajú s teoretickým návrhom.

Kľúčové slová: radiálne klzné ložisko, kvapalinové trenie, medzné trenie, ložisková vôľa, mazací film

ÚVOD

Skúmanie trenia, opotrebenia a mazania sú disciplíny, ktorým sa venuje Tribológia.

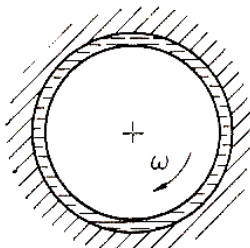
V každej z týchto oblastí patrí poznanie správania sa jednotlivých častí medzi dôležitý zdroj informácií. Poznanie správania sa má veľký význam na vplyv bezpečnosti, celkovej funkcie, výkonnosti a životnosti celého zariadenia. Okolo 30 % analyzovaných strojov a strojných zariadení má tribologické nedostatky závažnejšieho charakteru a 80 % všetkých tribologických problémov z analyzovaného spektra sa vzťahuje na klzné ložiská, tesnenia, ozubené kolesá, piestne krúžky a priamočiare hydromotory. [1]

1. RADIÁLNE HYDRODYNAMICKY MAZANÉ KLZNÉ LOŽISKÁ

Radiálne hydrodynamicky mazané klzné ložiská sa najčastejšie vyskytujú u rotačných prúdových strojoch, t. j. u parných a spaľovacích turbín, turbokompresorov, čerpadiel,

generátorov. Najviac sú však rozšírené u piestových strojov s kľukovým mechanizmom tzv. spaľovacích motorov, piestových kompresorov a čerpadiel. Pre použitie u piestových strojov sa využíva ich vlastnosť tlmenia rázov, čo sa dosahuje oddelením klzných plôch vrstvou maziva.

Aby sa docielila správna funkcia klzných ložísk a ich čo najvyššia životnosť, je potrebné, aby ich pracovná oblasť sa nachádzala v oblasti kvapalného trenia (Obr. 1).

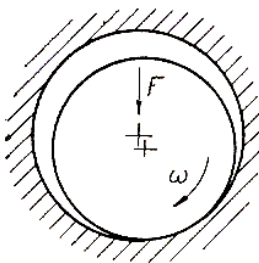


Obr. 1 Poloha čapu ložiska pre hydrodynamické mazanie

Každá práca ložiska začína postupným zvyšovaním rýchlosti pri snahe uvedenia stroja zo stavu pokoja do pracovného cyklu.

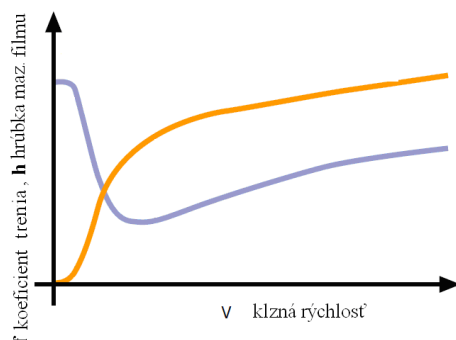
Ak sa ložisko nachádza v pokoji, dochádza k rozdeleniu priestoru ložiskovej medzery na dva symetricko – zakrivené klinovité priestory (Obr. 2). Pri rozbehu stroja, kedy sú otáčky ešte veľmi nízke, sa vzniknutý klinovitý priestor začne vyplňať olejom. Mazacia vrstva nie je dostatočne veľká, aby dokonale oddelila trúce sa časti a dochádza k medznému mazaniu.

Podobný stav nastáva aj v prípade dobehu stroja, kedy mazacia vrstva tiež nie je dostatočne silná a nedochádza k úplnému oddeleniu trecích sa častí čapu a ložiska.



Obr. 2 Poloha čapu ložiska pre medzné mazanie

Priebeh hydrodynamického mazania v klznom ložisku znázorňujú aj krivky v Stribeckovom diagrame (Obr. 3), kde je znázornená závislosť súčiniteľa trenia od hrúbky mazacieho filmu. Priebeh krivky začína v mieste, kde je stroj v pokoji a začína sa rozbiehať. V tejto oblasti je vysoký koeficient trenia, lebo nie je ešte vytvorená dostatočne hrubá mazacia vrstva. So zväčšujúcou sa klznou rýchlosťou začína narastať aj hrúbka mazacieho filmu a tým sa veľkosť koeficientu trenia znižuje.



Obr. 3 Stribeckov diagram

1.1 Trecia sila v ložisku

Klzné ložiská s kvapalným trením a hydrodynamickým mazaním vyžadujú určitú minimálnu (klznú) rýchlosť, ako to vyplýva aj z uvedeného Stribeckovho diagramu (Obr. 3). Pri rozbehu a dobehu stroja, pokiaľ hriadeľ dosiahne minimálnu klznú rýchlosť, pracuje klzné ložisko v oblasti medzného mazania. Tieto pracovné oblasti predstavujú najťažšie podmienky práce klzného ložiska. Veľkosť minimálnej klznej rýchlosti taktiež závisí aj od veľkosti ložiskovej vôle a viskozity maziva.

V oblasti stredných rýchlostí ($1,15 \text{ m.s}^{-1}$) majú klzné ložiská s hydrodynamickým mazaním statickú únosnosť približne rovnakú ako valivé ložiská. Pri vyšších rýchlostiach sa únosnosť klzného ložiska v porovnaní s valivými zväčšuje.

Pre podmienky medzného trenia sa vychádza z podmienky veľkého normálového zaťaženia a nízkych klzných rýchlostí, ktoré majú za následok vznik zmiešaného trenia, lebo nedôjde k vzniku dostatočne hrubej nosnej hydrodynamickej mazacej vrstvy.

Tu treba uvažovať s vplyvom pružnej aj plastickej deformácie tuhých telies, s fyzikálnymi aj chemickými zmenami v oblasti kontaktu, s možnými adhéznymi spojeniami a vznikom mikrozvarov a s prejavmi procesu opotrebovania. (3)

Pre stanovenie koeficientu trenia pre klzné dvojice, ktoré pracujú v oblasti medzného trenia sa vychádza z Vogelpohlovej rovnice:

$$\mu = \frac{F_T}{F_N} = \mu_t \left(1 - \frac{F_{N,hyd}}{F_N} \right) + \mu_k \left(\frac{F_{n,hyd}}{F_N} \right) \quad (1)$$

kde: μ_t – súčiniteľ trenia tuhých telies,

μ_k – súčiniteľ kvapalinového trenia,

$F_{N,hyd}$ – hydrodynamická vztlačková sila (N).

Trecí odpor v tejto oblasti mazania je 10 až 100 násobne menší, ako pri trení tuhých telies. Na mazivo sa kladú podstatne vyššie nároky, ako na mazivo pre kvapalinové trenie, pretože jeho funkcia je oveľa zložitejšia.

Hlavným kritériom vhodnosti a kvality použitého maziva je dobrá adhézna schopnosť maziva vzhľadom k povrchom trecích telies pričom je výhodné, ak vznikajú vrstvy orientovaných molekúl, ktoré zabráňujú tvorbe adhézných spojení kovových trecích telies. Vytvorená vrstva môže byť monomolekulárna, alebo viacvrstvomá a k povrchu sa viaže

fyzikálnymi silami, ktoré sú menšie ako sily vznikajúce pri chemickej adsorpcii vzájomným pôsobením molekulárnych síl.

Pri dokonalom oddelení oboch trúcich povrchov, kedy ložisko pracuje na dostatočne silnej mazacej vrstve, sa koeficient trenia vyjadruje z Reynoldsovej rovnice:

$$\lambda = \frac{dp}{dx} = 6\eta v \left(\frac{1}{h^2} - \frac{C}{h^3} \right) \quad (2)$$

kde:

$\frac{dp}{dx}$ – je tlakový gradient,

η – dynamická viskozita maziva (Pa.s),

v – obvodová rýchlosť čapu (ms^{-1}),

h – hrúbka mazacieho filmu (mm),

C – integračná konštanta.

Uvedená Reynoldsova rovnica platí ale iba za týchto predpokladov:

1. prúdenie v mazacej vrstve je laminárne,
2. medzi klznými plochami a viskóznou kvapalinou nie je sklz, t. j. kvapalina dokonale prilnie na klzných plochách,
3. kvapalina je nestlačiteľná,
4. hmotnosť uvažovanej vrstvy kvapaliny a jej zotrvačné sily sú zanedbateľné,
5. vrstva je tak tenká, že pri rozvinutí je jej zakrivenie zanedbateľné,
6. v celej hrúbke vrstvy je konštantný tlak,
7. klzné plochy sú nekonečne široké, t. j. nevzniká tu priečne prúdenie kvapaliny.

2. MATERIÁL A METODIKA

Cieľom experimentálnych meraní je zistenie hodnôt pre medzné trenie v meniacich sa podmienkach. Kvalita mazania sa experimentálne zistí pre ložiská s rôznou drážkou mazania a zmenou pritlačnej sily, ktorá vyvíja tlak na ložisko. Hodnoty sa porovnávajú s teoretickým návrhom radiálneho klzného ložiska, ktoré je hydrodynamicky mazané a staticky zaťažené. Experimentálne merania sa uskutočnia na meracom zariadení Tribotester M86. Metodika práce experimentálnych meraní je zameraná na zistenie veľkosti koeficientu trenia v závislosti od zmeny druhu mazacej drážky a veľkosti zaťažujúcej sily, ktorá pôsobí na ložisko.

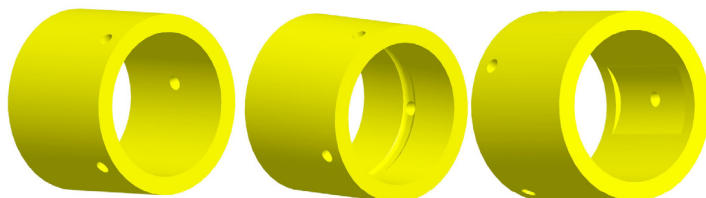
2.1 Faktory experimentálne meranie

Medzi faktory, ktoré ovplyvňujú experimentálne meria môžeme zaradiť:

- ❖ Otáčky hriadeľa – táto zmena sa realizuje pomocou frekvenčného meniča VQ Frem 400 004 – 3M.
- ❖ Veľkosti zaťaženia – pomocou systému kladiek, ktoré pritláčajú ložiskový domec silou, ktorú vyvinie pružina stláčaná prostredníctvom krokového motora.

❖ Zmena mazacích drážok – na experimentálne merania boli vyhotovené 3 varianty mazacích drážok (Obr. 4):

- a) s osamelým otvorom,
- b) s pozdĺžnou mazacou drážkou,
- c) s priečnou mazacou drážkou.

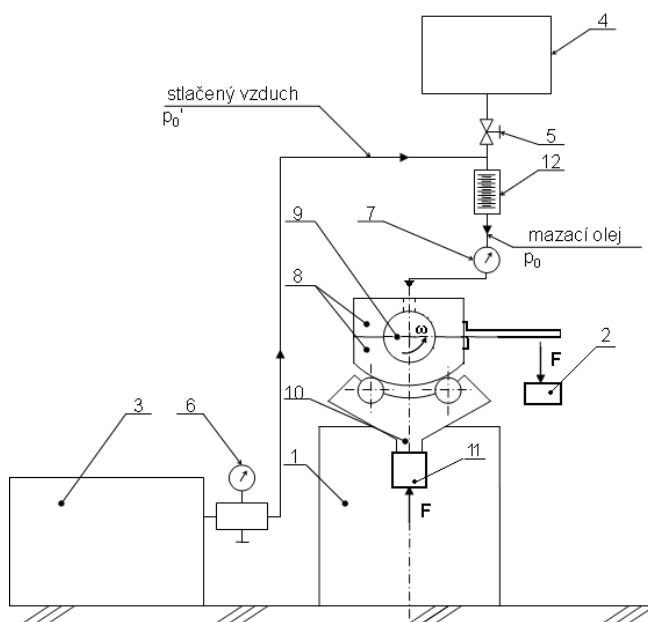


Obr. 4 Ložiská použité v experimente

a) ložisko s osamelým otvorom b) ložisko s pozdĺžnou mazacou drážkou c) ložisko s priečnou mazacou drážkou

3. SKÚŠOBNÉ ZARIADENIE TRIBOTESTER M86

Experimentálne zariadenie Tribotester M86 je určené k rýchlemu zisťovaniu tribologických parametrov a vlastností klzných ložísk zvlášť ložísk pórovitých, sýtených mazivom, vyrábaných technológiou práškovej metalurgie ako i iných klzných elementov slúžiacich ako klzný uzol (Obr. 5).

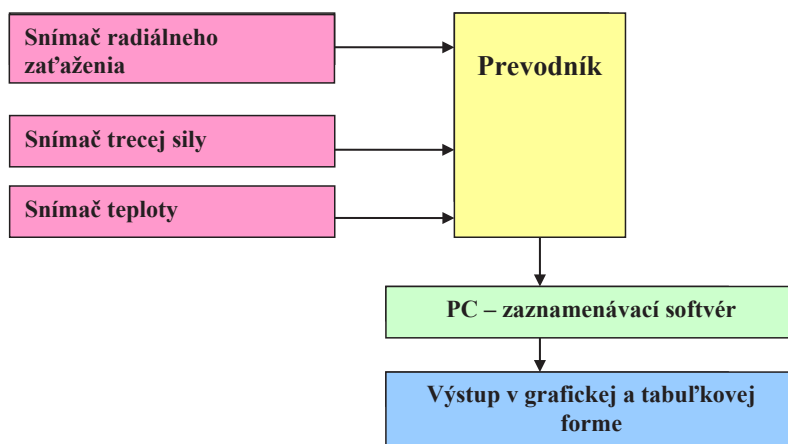


Obr. 5 Schéma experimentálneho skúšobného zariadenia

1 zaťažovacie zariadenie 2 snímač trecieho momentu 3 kompresor, 4 zásoba oleja, 5 ventil, 6 regulačný ventil, 7 tlakomer, 8 ložiskový domec, 9 ložisko, 10 teleso prítlačných kladiek, 11 snímač tlakovej sily

4. ŠTRUKTÚRA MERACIEHO REŤAZCA

Merací reťazec pozostáva z dvoch vhodne umiestnených snímačov tlakovej sily a snímača teploty. Ich hodnoty sa spracujú prostredníctvom prevodníka (univerzálna meracia karta) s výstupom do PC zariadenia. Namerané hodnoty je potom možné efektívne spracovať, vyhodnocovať a prezentovať (Obr. 6).



Obr. 6 Bloková schéma meracieho reťazca

5. ZÁVER

V príspevku je uvedená metodika a ciele meraní, ktoré sa uskutočnia v rámci skúmania problému medzného mazania v podmienkach hydrodynamického mazania. Výsledky týchto experimentálnych skúšok sa podrobne analyzujú v dizertačnej práci. Zo zistených hodnôt je možné podrobnejšie vyhodnotiť faktory ovplyvňujúce kvalitu hydrodynamického mazania a tým stanoviť lepšie podmienky pre prácu klzných ložísk. Praktické uplatnenie získaných výsledkov môže smerovať do jednotlivých konštrukčných častí transmise mobilných energetických prostriedkov a ich pracovných častí.

LITERATÚRA

- [1] BLAŠKOVIČ, P., BALLA, J., DZIMKO, M.: Tribológia. Bratislava : Vydavateľstvo ALFA Bratislava, 1990. 25 s. ISBN 80-05-00633-0.
- [2] KUČERA, M., REMPER, M., 2009. Čistota viacrozsahového traktorového oleja. IN.: COYOUS 2009, konferencie mladých vedeckých pracovníkov, 24. března 2009. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 159–166. ISBN 978-80-213-1934-9.
- [3] SEKEREŠ, J., TURIS, J., 2009. Tribológia ako súčasť návrhu strojních uzlov. TU Zvolen: TU Zvolen, 73 str., ISBN 978-80-228-2089-9.
- [4] STN 02 34 00, 1987. Výpočet staticky zaťažených a hydrodynamicky mazaných radiálních klzných ložísk. Praha, Vydavatelství ÚNM, 72 str.

*Článok vznikol na základe výskumného zámeru a riešenia vedeckého grantového projektu:
IPA č. 12/2011 „Výskum radiálnych klzných ložísk pre pohony mobilných energetických
prostriedkov v oblasti medzného mazania“.*

Kontaktná adresa:

Ing. Mária Remperová, doc. Ing. Pavel Beňo, PhD.

Katedra mechaniky a strojnictva FEVT, Technická univerzita vo Zvolene
Študentská 26, 960 53 Zvolen