

Vplyv ekologických olejov na kvalitu materiálov súčiastok hydrogenerátora

Radoslav Majdan^{1,a}, Zdenko Tkáč^{1,b}, Rudolf Abrahám^{1,c},
Bohuslav Stančík^{1,d}, Milena Kureková^{2,e}, Radoslav Paulenka^{2,f}

¹ Slovak university of agriculture in Nitra, Slovak Republic, Faculty of engineering,
Department of transport and handling, Slovak Republic

² Intertribodia, Ltd. Tribotechnical diagnostic of oils, Slovak Republic

^aradoslav.majdan@gmail.com, ^bzdenko.tkac@uniag.sk, ^crudolf.abraham@uniag.sk,
^dstancikova@stonline.sk, ^em.kurekova@intertribodia.sk, ^fr.paulenka@gmail.com

Kľúčové slová: biologicky odbúrateľné kvapaliny, hydraulický okruh, poľnohospodársky traktor, opotrebenie, zrýchlená skúška

Abstrakt. Príspevok prezentuje vplyv troch typov olejov na kvalitu vybraného typu hydrogenerátora po skúške na špeciálnom skúšobnom zariadení. Kvalita materiálu súčiastok hydrogenerátora bola hodnotená na základe úrovne opotrebenia. V špeciálnom skúšobnom zariadení boli zaťažované hydrogenerátory rovnakého typu (UD 25) cyklickým tlakovým zaťažením s rôznymi typmi olejov. Hydrogenerátory boli testované s kvapalinou na báze minerálneho oleja, ktorá sa konvenčne používa v traktoroch a s dvomi ekologickými typmi a to s kvapalinou na báze rastlinného oleja (HETG) a s kvapalinou na báze poly-alfa-olefinového oleja (HEPR). Úroveň opotrebenia hydrogenerátorov bola hodnotená na základe prietokovej účinnosti ako aj hmotností a drsnosti vnútorných súčiastok. Na meranie hmotností súčiastok hydrogenerátorov boli použité laboratórne váhy. Výsledky nameraných hmotností a drsností boli graficky porovnané. Zaznamenali sme najvýznamnejšie opotrebenie materiálu na ložiskách a ložiskových čelách. Najväčší úbytok materiálu bol pozorovaný v prípade hydrogenerátora testovaného s ekologickým olejom typu HETG. Najväčší pokles prietokovej účinnosti (7,3 %) bol nameraný v prípade toho istého typu oleja. Príspevok prezentuje rozdiely v opotrebení hydrogenerátorov po teste s rôznymi typmi olejov na základe vybraných metód technickej diagnostiky.

Úvod

Poľnohospodárske traktory využívajú veľké objemy rôznych typov mazív. V prípade poruchy traktora ako aj počas bežnej prevádzky traktora sa tieto mazivá dostávajú do životného prostredia. Ropné mazivá ohrozujú zdravie človeka, pôdu a vodu keď uniknú zo stroja do vonkajšieho prostredia. V súčasnosti využíva väčšina traktorov ropné mazivá najmä z dôvodu ich nízkej ceny a minimálnych nárokov na starostlivosť týchto typov olejov. Ekologické mazacie oleje sa využívajú najmä v poľnohospodárstve, lesníctve prípadne stavebníctve teda kde hrozí znečistenie prírody. Ekologické mazivá nepredstavujú riziko pre životné prostredie a preto chránia pôdu a vodu pre jej poľnohospodárske využitie.

V súčasnosti sa vyrábajú rôzne typy ekologických kvapalín určených pre využitie v poľnohospodárskych traktoroch. Ekologické oleje môžu byť použité len na mazanie niektorých systémov traktora. Najmä maximálna teplota a znečistenie limitujú použitie týchto typov olejov [6,7, 13]. Pre aplikáciu ekologických kvapalín je vhodný napríklad prevodový alebo hydraulický systém. Teplota v prevodovom a hydraulickom systéme traktora vo väčšine prípadov nepresahuje hodnotu 65 °C a preto sú tieto systémy najvhodnejšie pre použitie ekologických olejov [2,3,9,10,12].

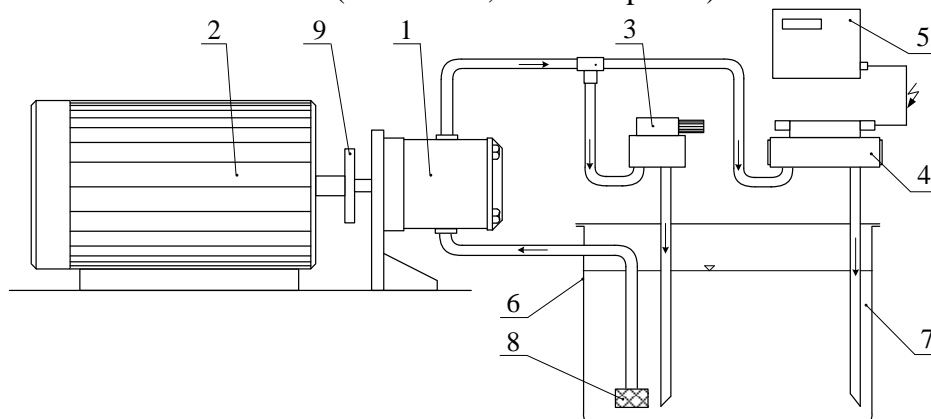
Ekologické oleje majú v porovnaní s minerálnymi mazivami špecifické vlastnosti. Preto musia byť ekologické oleje pred ich aplikáciu v traktore testované. Na určenie vlastností ekologických kvapalín slúžia laboratórne a prevádzkové testy. Výhodou laboratórnych skúšok je zrýchlenie

priebehu. V laboratórných podmienkach je olej zaťažovaný rôznymi typmi skúšobných zariadení [4,5,15,17].

V príspevku je prezentovaný vplyv vybraných typov ekologických olejov na opotrebenie traktorového hydrogenerátora po skúške v laboratórných podmienkach.

Materiál a metódy

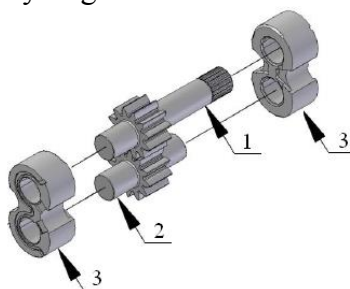
Vplyv ekologických olejov na opotrebenie hydrogenerátora bol hodnotený na základe skúšok na špeciálnom skúšobnom zariadení (obr. 1), ktoré bolo navrhnuté a skonštruované v rámci výskumných úloh a projektov na Katedre dopravy a manipulácie. Skúšobné zariadenie pozostáva z hydraulického okruhu, ktorý využíva traktorový hydrogenerátor typu UD 25 (Jihostroj, Aero technologies and hydraulics, Velesin, Czech Republic). Tento zubový hydrogenerátor sa používa v najnovších traktoroch Zetor Forterra (Zetor Brno, Czech Republic).



Obr. 1 Skúšobné zariadenie na zaťažovanie hydrogenerátora s ekologickými olejmi v laboratórných podmienkach: 1 – traktorový hydrogenerátor typu UD 25, 2 – hnací elektromotor, 3 – tlakový ventil na nastavenie menovitého tlaku v obvode, 4 – hydraulický rozvádzač, 5 – riadiace zariadenie, 6 – nádrž, 7 – olej, 8 – filter, 9 – spojka

Hnací elektromotor poháňa hydrogenerátor. Menovitý tlak je v obvode nastavený tlakovým ventilom. Cyklické tlakové zaťaženie hydrogenerátora je uskutočnené hydraulickým rozvádzačom. Olej prúdi cez tlakový ventil pri menovitom tlaku 20 MPa, keď je ventil v základnej polohe. Ak je ventil prepnutý do krajnej polohy olej prúdi pri minimálnom tlaku priamo do nádrže. Prepínaním ventilu zo základnej do extrémnej polohy mení sa tlak z minimálnej do menovitej hodnoty pri frekvencii 1.1 Hz. Skúška trvala milión cyklov cyklického tlakového zaťaženia pre každý ty oleja. Podrobný popis skúšobného zariadenia je uvedený v príspevkoch: [11,14,16]. Počas testu bola použitá teplota 65 °C. Táto teplota bola meraná v hydraulickom a prevodovom systéme traktora Zetor Forterra 114 41 [8,18].

Traktorový hydrogenerátor typu UD 25 je zubové čerpadlo s vonkajším ozubením. Je vybavený hydraulickou tlakovou kompenzáciou axiálnej vôle, ktorá je realizovaná tvarovým tesnením priamo v ložiskových čelách. Príruba a veko tohto čerpadla sú vyrobené zo sivej liatiny, teleso je vyrobené z hliníkovej zliatiny. Hydrogenerátor je spojený štyrmi skrutkami M 12 vyrobenými z pevnostnej ocele. Obr. 2 znázorňuje vnútorné časti hydrogenerátora.



Obr. 2 Vnútorné časti hydrogenerátora typu UD 25: 1 – hnacie ozubené koleso, 2 – hnané ozubené koleso, 3 – ložiskové čelá

Počas skúšok hydrogenerátora boli použité jeden minerálny a dva typy ekologických olejov. Oleje boli vyrobené spoločnosťou Slovnaft s.r.o. (Slovensko). Tieto oleje sú typu UTTO (Universal Tractor Transmission Oil) a sú klasifikované ako SAE 80 W, API GL 4. Ekologický olej typu HETG bol vyrobený z rastlinného základového oleja a typ HEPR zo syntetického poly-alfa-olefinového základového oleja. V súčasnosti sú uvedené ekologické oleje vo vývoji u výrobcu. Minerálny olej typu HV je označený Mol Farm NH Ultra. Technické parametre olejov sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Charakteristika vybraných typov olejov

Parameter	Jednotka	Typ oleja		
		HV	HETG	HEPR
Kinematická viskozita pri 100 °C	mm ² /s	10.7	10.38	10.22
Kinematická viskozita pri 40 °C	mm ² /s	60	47.89	58.14
Viskozitný index	-	160	213	165
Špecifická hmotnosť 15°C	g / cm ³	0.888	0.859	0.868
Bod tuhnutia	°C	-39	-39	-42

Pokles prietokovej účinnosti bol zvolený ako hlavný parameter pre hodnotenie technického stavu hydrogenerátora. Tento parameter sa vypočíta na základe prietoku meraného pri menovitom tlaku hydrogenerátora (20 MPa). Pokles prietokovej účinnosti sa vypočíta podľa vzťahu (1) a prietoku meraného pred a po skúške.

$$\Delta\eta = \frac{F_1 - F_2}{F_1} \cdot 100, \% \quad (1)$$

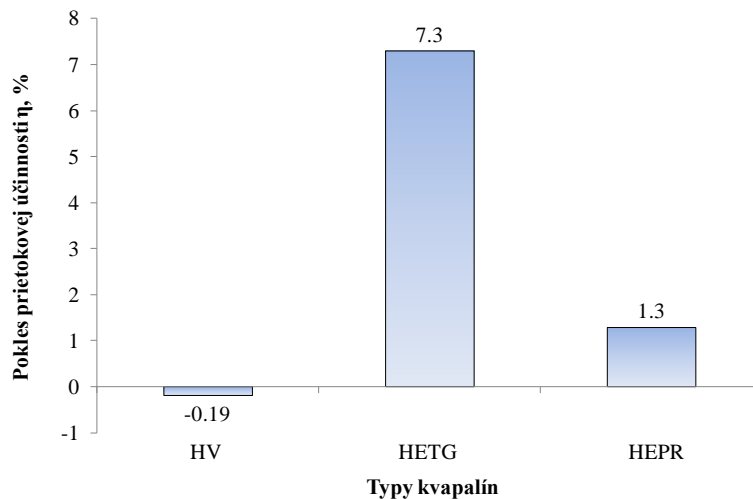
Kde: $\Delta\eta$ – pokles prietokovej účinnosti hydrogenerátora, %
 F_1 – prietok hydrogenerátora pred testom, dm³/min
 F_2 – prietok hydrogenerátora po teste, dm³/min

Použité boli dva parametre na hodnotenie úrovne opotrebenia hydrogenerátora a to drsnosť a hmotnosť vnútorných súčiastok. Meracie zariadenie typu Mitutoyo Sj 201 (Brütsch/Rüegger Tools Ltd., Zurich, Switzerland) bolo použité na hodnotenie drsnosti súčiastok hydrogenerátora. Pozostáva z meracej jednotky, skenovacieho snímača a spojovacieho kábla. Použitím tohto zariadenia bolo uskutočnené meranie drsnosti čapov ozubených kolies, zubov, a klzných ložísk. Zariadenie Mitutoyo Sj 201 meria aritmetický priemer odchýlky profilu Ra , ktorá je aritmetickým priemerom absolútnych hodnôt odchýlok profilu od stredovej čiary.

Na meranie hmotností súčiastok hydrogenerátora boli použité laboratórne váhy typu Kern EWB (Kern Ltd., Balingen, Germany). Tento typ je vybavený automatickou optimalizáciou referenčnej hmotnosti, ktorá postupne zlepšuje priemernú hodnotu váženého telesa. Meraná bola hmotnosť hnacích ozubených kolies a ložiskových čiel.

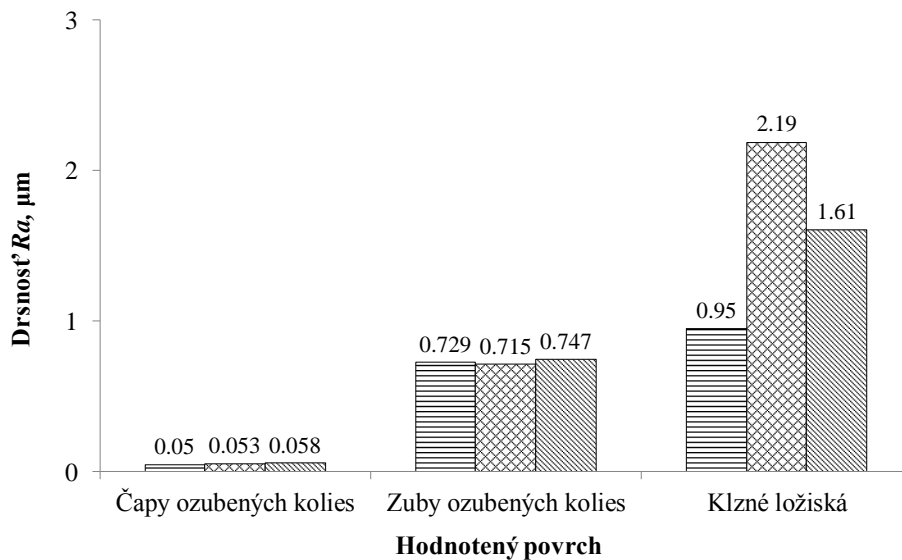
Výsledky a diskusia

Na základe prietokovej účinnosti je možné hodnotiť technický stav hydrogenerátora bez potreby jeho demontáže. Obr. 3 znázorňuje poklesy prietokových účinností hydrogenerátorov po skúške s rôznymi typmi olejov. Najväčší pokles (7.3 %) nastal v prípade ekologického oleja typu HETG. V prípade minerálneho oleja sa hydrogenerátor len zabiehal teda pokles prietokovej účinnosti nenastal. Táto skutočnosť je vyjadrená záporným znamienkom. Výsledky meraní poukazujú na vysokú kvalitu materiálov súčiastok hydrogenerátora typu UD 25 pretože v prípade všetkých olejov nastal len mierny pokles prietokovej. Limit pre pokles prietokovej účinnosti je hodnota prevyšujúca 20 %. Táto limitná hodnota nebola po ukončení testov hydrogenerátorov s vybranými olejmi prekročená.



Obr. 3 Pokles prietokovej účinnosti hydrogenerátora po teste s rôznymi typmi olejov

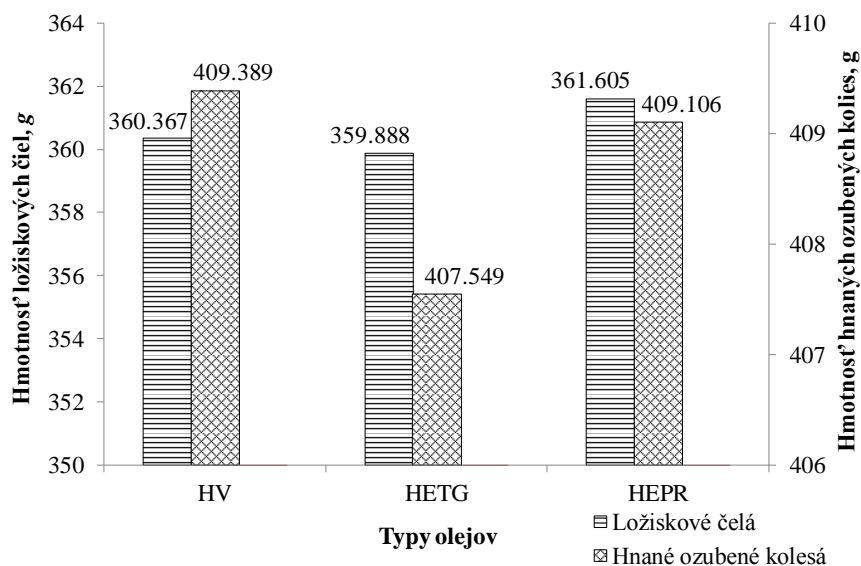
Každé meranie drsnosti bolo uskutočnené v prípade súčiastok hydrogenerátorov po testoch s ekologickými olejmi typu HETG, HEPR a minerálnym olejom typu HV. Výsledky meraní drsností sú graficky prezentované na obr. 4. Grafická prezentácia výsledkov znázorňuje len nepodstatné rozdiely v drsnosti povrchov čapov a zubov ozubených kolies. Na druhej strane, drsnosť povrchu klzných ložísk zjavne závisí na type oleja. Najmarkantnejšia je drsnosť klzných ložísk po teste s olejom typu HETG a najmenšia s olejom typu HV. Výsledky drsností klzných ložísk sú porovnateľné s hodnotením vlastností olejov podľa poklesu prietokovej účinnosti znázornenom na obr. 3.



☐ Minerálny olej typu HV ☒ Ekologický olej typu HETG ☓ Ekologický olej typu HEPR

Obr. 4 Porovnanie drsnosti povrchu R_a vybraných súčiastok hydrogenerátorov po testoch s rôznymi olejmi

Uskutočnené boli merania úbytku materiálu ložiskových čiel a hnaných ozubených kolies použitím laboratórnych váh. Rozdiely úbytku materiálu súčiastok hydrogenerátorov, ktoré boli zaťažované s rôznymi olejmi sú znázornené na obr. 5. Grafická prezentácia meraní znázorňuje najväčší úbytok materiálu súčiastok po teste s ekologickým olejom typu HETG.



Obr. 5 Porovnanie úbytku materiálu ložiskových čiel a hnaných kolies na základe hmotnosti

Záver

Príspevok prezentuje hodnotenie kvality materiálov súčiastok hydrogenerátora na základe testov s rôznymi typmi olejov. Použité boli ekologické oleje typu HETG, HEPR a na porovnanie konvenčne používaný ropný olej typu HV. Na hodnotenie kvality traktorových zubových hydrogenerátorov bola použitá prietoková účinnosť a drsnosť povrchov spolu s úbytkom materiálu vnútorných súčiastok. Merali sme drsnosť povrchu vnútorných súčiastok hydrogenerátorov a to čapov ozubených kolies, zubov a klzných ložísk. Namerané hodnoty drsností v prípade čapov ozubených kolies a zubov poukazujú na výborné klzné vlastnosti materiálov použitých na výrobu týchto súčiastok. Na druhej strane drsnosť klzných ložísk dosiahla rozdielne hodnoty v závislosti od typu oleja. Ekologický olej typu HETG spôsobil najväčšiu hodnotu drsnosti klzných ložísk. V druhom prípade sme merali úbytok materiálu na základe hmotnosti súčiastok. Laboratórne váhy boli použité na meranie hmotnosti vybraných súčiastok a to ložiskových čiel a hnaných ozubených kolies. Je to praktická a rýchla metóda na kontrolu opotrebenie súčiastok hydrogenerátora. Grafické porovnanie hmotností vykazuje najväčší úbytok materiálu v prípade hydrogenerátora po teste s ekologickým olejom typu HETG. Naproti tomu najmenší pokles úbytku materiálu nastal po teste s olejom typu HV a HEPR. Merania poklesu prietokovej účinnosti overujú merania drsnosti a hmotnosti. Najväčší pokles prietokovej účinnosti dosiahol hodnotu 7,3 % v prípade ekologického oleja typu HETG.

Na základe prezentovaných výsledkov je možné stanoviť, že súčiastky traktorového zubového hydrogenerátora boli vyrobené z vysokokvalitných materiálov pretože opotrebenie dosiahlo len nízku úroveň po skúškach s rôznymi typmi olejov. Testované oleje neovplyvujú negatívne na tento typ zubového hydrogenerátora. Teda, zubový hydrogenerátor môže byť bezpečne a spoľahlivo prevádzkovaný s uvedenými olejmi.

Literatúra

- [1] DRABANT,Š.-HUJO,Ľ.: Skúšky regulačného hydraulického systému traktora. Agrotech Nitra 2001,2001,p.95-101.
- [2] DRABANT,Š.-KOSIBA,J.-JABLONICKÝ,J.-TULÍK,J.: The durability test of tractor hydrostatic pump type UD 25 under operating load. Research in agricultural engineering 56, 2010,p.116-121.
- [3] DRABANT,Š.-ŽIKLA,A.-HUJO,Ľ.-VARGA, D.-KLEINEDLER,P.: Analýza zaťažovacích charakteristík trojbodového závesu traktora. Hydraulické mechanizmy mobilnej,2005,p.113-124.

- [4] HUJO,Ľ.-KOSIBA,J.-JABLONICKÝ,J.-DRABANT,Š.: Teoretický návrh laboratórneho skúšobného zariadenia na testovanie traktorovej hydrauliky. *Technics in agrosector technologies*,2012,p.68-73.
- [5] HUJO,Ľ.-KOSIBA,J.-JABLONICKÝ,J.-TULÍK,J.: Load characteristics of three-point tractor linkage. *Naučni trudove : zemedelska technika i tehnologii, agrarni nauki i veterinarna medicina, remont i nadeždnost'* 51,2012,p.172-176.
- [6] ILENINOVÁ,J.-MIHALČOVÁ,J.-KOŠŤÁLIKOVÁ,D.: Hodnotenie vlastností hydraulických kvapalín v leteckých motoroch. *Reotrib 2008, 2008*,p.118-122.
- [7] JOBBÁGY,J.-PETRANSKÝ,I.-SIMONÍK,J.: Tlakové režimy v hydraulike traktorov ZTS v súprave s poľnohospodárskym náradím. *International student's Scientifics Conference*,2003,p.94-101.
- [8] KOSIBA,J.-DRABANT,Š.-JABLONICKÝ,J.-TULÍK,J.: Meranie teplotného režimu hydrauliky traktora. *XXIX. setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky*,2010,p.141-144.
- [9] KOSIBA,J.-DRABANT,Š.-TULÍK, J.-ŠINSKÝ,V.-KROČKOVÁ,D.: Prevádzkové meranie tlakových a teplotných režimov na výstupe hydrogenerátora. (The operation measurement of pressure and temperature regime on the inlet of hydraulic pump). *XII. medzinárodná vedecká konferencia mladých*,2010.p.91-96.
- [10] KOSIBA,J.-HUJO,Ľ.-ANGELOVIČ,M.-ŠINSKÝ,V.: Zisťovanie prevádzkových parametrov poľnohospodárskych traktorov. *Technics in agrosector technologies*,2012,p.80-85.
- [11] KOSIBA,J.-TULÍK,J.-BUREŠ,Ľ.: Vyhodnotenie prevádzkovej skúšky syntetického oleja aplikovaného v prevodovo hydraulickom obvode traktora. *Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky*,2012,p.111-114.
- [12] KOSIBA,J.-VARGA,F.-MOJŽIŠ,M.-BUREŠ,Ľ.: Zátťažové charakteristiky traktora Fendt 926 Vario pre simuláciu na experimentálnom zariadení. *Acta Facultatis Technicae*, 17,2012b,p.63-72.
- [13] KUČERA,M.-ROUSEK,M.: Evaluation of thermooxidation stability of biodegradable recycled rapeseed-based oil NAPRO-HO 2003. *Research in agricultural engineering*,54,2008,p.163-169.
- [14] MAJDAN,R.-CVÍČELA,P.-DRABANT,Š.-TKÁČ,Z.-KOSIBA,J.-ABRAHÁM,R.: Hodnotenie ekologických prevodovo-hydraulických kvapalín na základe skúšok prevádzkovým zaťažením.127p.
- [15] SLOBODA,A.ML.-SLOBODA.A.A.: Využitie tribotechnickej diagnostiky z pohľadu bezpečnosti prevádzky pre núdzový hydraulický okruh lietadla. *Acta Mechanica Slovaca*,3, 200,p.107-113.
- [16] TKÁČ,Z.-MAJDAN,R.-DRABANT,Š.-ABRAHÁM,R.-VOZÁROVÁ,V.-JABLONICKÝ,J.: Hodnotenie vlastností hydraulických kvapalín na základe skúšok s použitím hydrogenerátora,2010,112p.
- [17] TÓTH,F.-RUSNÁK,J.-KADNÁR,M.: Monitoring of geometric cylindrical tolerance changes on a test sliding pair using the oils Madit PP 80 and Mobil Mobilube SHC. *Acta technologica agriculturae*,15,2012,p.100-102.
- [18] VITÁZEK,I.: *Teplotechnika a hydrotechnika*, 2008.104p.

Supported by the Ministry of Education of the Slovak Republic, Project VEGA 1/0857/12 „Reduction of unfavourable impacts of agricultural and transport machinery on environment“.

Kontaktná adresa:

Doc. 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

Citačný odkaz (ADM - Scopus)

MAJDAN, Radoslav - TKÁČ, Zdenko - ABRAHÁM, Rudolf - STANČÍK, Bohuslav - KUREKOVÁ, Milena - PAULENKA, Radoslav. Effect of ecological oils on the quality of materials of hydraulic pump components. In *Advanced Materials Research*. ISSN 1022-6680, 2013, vol. 801, special iss., p. 1-6 (2013).