

**TECHNICKÝ STAV TRAKTOROVÉHO HYDROGENERÁTORA POČAS SKÚŠOK
HYDRAULICKÝCH KVAPALÍN
THE TECHNICAL STATE OF THE TRACTOR HYDRAULIC PUMP DURING THE
HYDRAULIC FLUID TESTS**

MAJDAN Radoslav – ABRAHÁM Rudolf –HUJO Lubomír – MOJŽIŠ Miroslav –
JANOŠKO Ivan – VITÁZEK Ivan

Abstrakt

V príspevku je prezentované hodnotenie technického stavu traktorového hydrogenerátora typu UD 25 počas skúšok hydraulických kvapalín. Hydrogenerátor sa používa v najnovších traktoroch Zetor Forterra. Skúšky boli realizované s konvenčným minerálnym olejom typu UTTO (Universal Tractor Transmission Oil) a s ekologickou kvapalinou typu ERTTO (Environmentally Responsible Tractor Transmission Oil). Technický stav hydrogenerátora sme hodnotili na základe prietokovej účinnosti a poklesu prietokovej účinnosti. Na základe dosiahnutých výsledkov môžeme konštatovať, že hydrogenerátor sa opotreboval viac počas skúšky s ekologickou kvapalinou ako s minerálnym olejom. Skúška s minerálnym olejom spôsobila len zábeh hydrogenerátora. Skúška s ekologickým olejom mala za následok pokles prietokovej účinnosti 7,3 %.

Kľúčové slová: poľnohospodársky traktor, hydraulický systém, laboratórne skúšky, prietoková účinnosť

Úvod

Hydraulika má široké uplatnenie vo výkonných mechanizmoch zemných, cestných a stavebných strojov v poľnohospodárskej a lesnej technike, ako aj v mnohých ďalších oblastiach. Vývoj súčasných hydraulických prvkov je zameraný na zvyšovanie prenášaného výkonu, znižovanie energetickej náročnosti, minimalizáciu znečistenia životného prostredia a zvyšovanie technickej životnosti a spoľahlivosti (Petraňský et al. 2005).

S rozvojom techniky a s rastúcim využitím mobilných mechanizačných prostriedkov sa zväčšuje aj riziko znečisťovania životného prostredia. V súčasnej dobe sa jedná hlavne o náplne hydraulických systémov mobilných strojov, ktoré pracujú v lesoch, chránených krajinných oblastiach a v bezprostrednej blízkosti vodných tokov. Rastúce požiadavky na funkciu a spoľahlivosť, znižovanie hmotnosti a redukcia negatívnych vplyvov na životné prostredie vyvolali veľký záujem o metódy laboratórnych skúšok a tiež o dynamické zaťažovanie strojov a ich častí. Len veľmi ťažko možno realizovať niektoré skúšky priamo na stroji. Skúšanie hydrostatických prvkov je výhodné riešiť na špeciálnych skúšobných zariadeniach v laboratórnych podmienkach, ktoré nadobúdajú stále väčší význam.

Z uvedeného vyplýva potreba merania technických parametrov hydraulických prvkov a systémov v laboratórnych podmienkach (Tkáč et al. 2008).

Materiál a metódy

Hydrogenerátor UD 25

Hydrogenerátor (obr. 1) sa používa u najnovších traktoroch Zetor Forterra. Je vyrábaný firmou Jihostroj Aero Technology and Hydraulics, Česká republika.



Obr. 1 Zubový hydrogenerátor typu UD 25, ktorý je namontovaný v skúšobnom zariadení

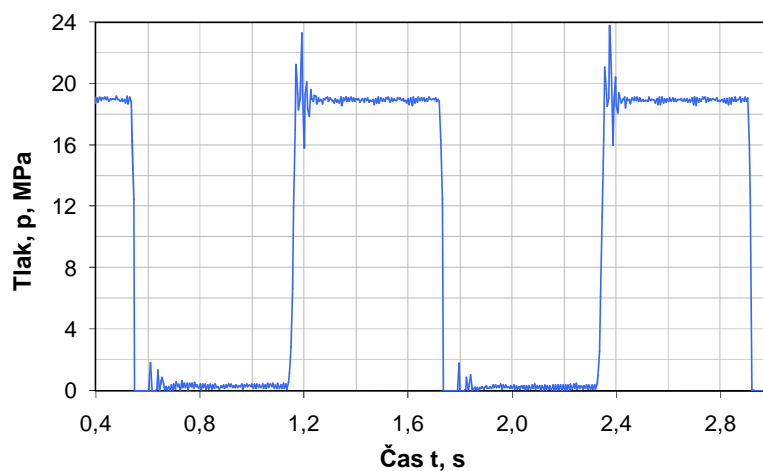
Tento zubový hydrogenerátor je vybavený tlakovou hydraulickou kompenzáciou axiálnej vôle, ktorá je vytvorená tvarovým tesnením priamo v ložiskových čelách. Má uplatnenie v menších a stredných poľnohospodárskych a stavebných strojoch. Hydrogenerátory typu UD sa používajú v traktoroch Zetor a nákladných automobiloch Tatra. Základné parametre hydrogenerátora UD 25 sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Technické parametre skúšaného hydrogenerátora

Typ hydrogenerátora	UD 25		
Menovitý geometrický objem	cm ³	25	
Otáčky	menovité	min ⁻¹	1500
	maximálne		3200
	minimálne		500
Tlak na vstupe	maximálny	Pa	0,05
	minimálny		0,03
Tlak na výstupe	menovitý	MPa	20
	max. trvalý		23
	maximálny		24
Menovitý výstupný prietok	dm ³ /min	35,1	

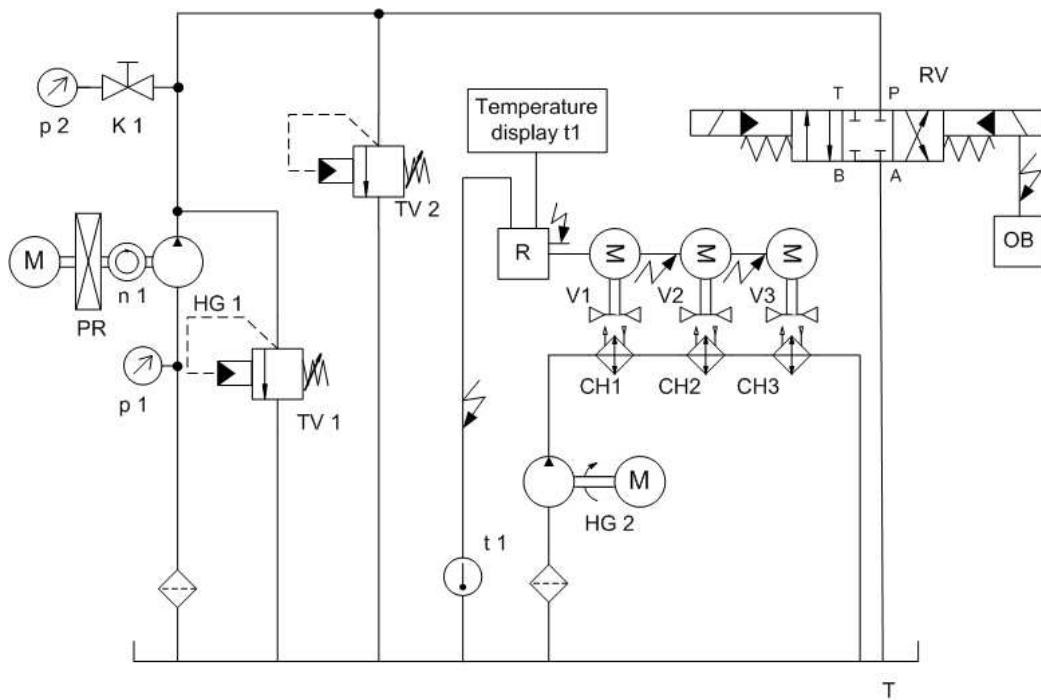
Skúšobné zariadenie určené na zrýchlené skúšky životnosti hydrogenerátora

Hydraulický obvod skúšobného zariadenia bol navrhovaný s využitím prvkov, ktoré sa používajú v poľnohospodárstve strojoch. V reálnych podmienkach sú najzávažnejším činiteľom, vplyvujúcim na technický stav hydraulického obvodu poľnohospodárskeho stroja, tlakové rázy. Tieto rázy vznikajú keď operátor stroja mení polohu hydraulického rozvádzača. Takto sú časti hydraulického obvodu zaťažené tlakovými rázmi. Princíp činnosti skúšobného zariadenia spočíva v neustálom cyklickom generovaní tlakových rázov v laboratórnych podmienkach. Takýmto spôsobom trvá skúška v laboratórnych podmienkach kratší čas v porovnaní so skúškami vykonávanými v prevádzkových podmienkach. Priebeh cyklického tlakového zaťaženia, simulovaného skúšobným zariadením je znázornený na obr. 2.



Obr. 2 Priebeh cyklického tlakového zaťaženia

Schéma skúšobného zariadenia na skúšky životnosti hydrogenerátora je na obr. 3. Zariadenie bolo navrhnuté a zrealizované na Katedre dopravy a manipulácie, Technickej fakulty, Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Skúšobné zariadenie bolo navrhnuté na základe prác autorov: Drabant (2005), Petranský (2000b), Petranský (2001), Petranský (2004a), Petranský (2005), Tkáč (2005), Škulec (2001).



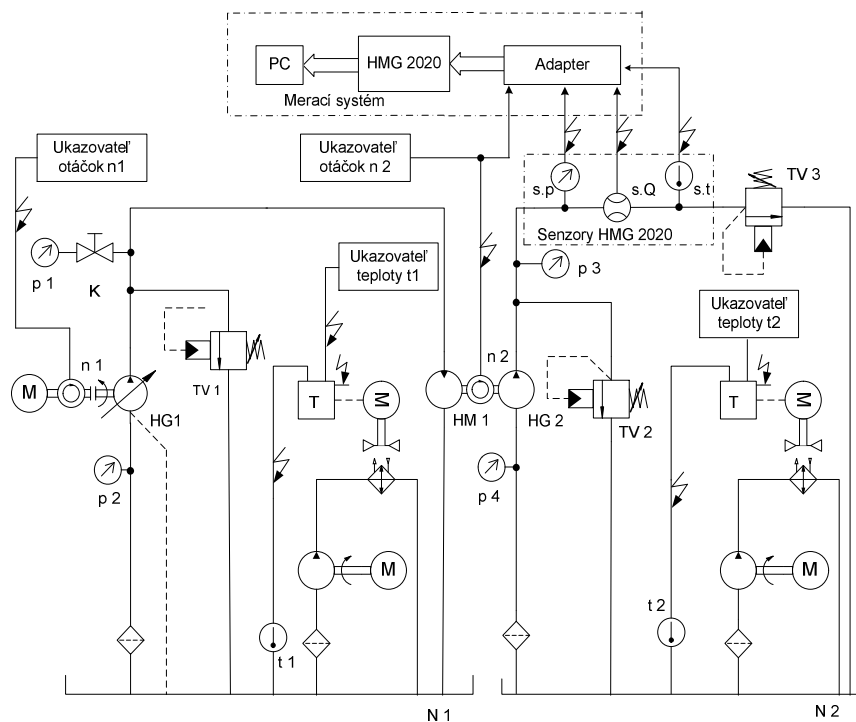
Obr. 3 Skúšobné zariadenie určené na zrýchlené skúšky životnosti hydrogenerátora

M – elektromotor, n_1 – snímač otáčok, HG1 – skúšaný hydrogenerátor, TV1 – poistný ventil, TV2 – ventil pre nastavenie nominálneho výstupného tlaku hydrogenerátora, p1 – tlakomer vstupného tlaku, p2 – tlakomer výstupného tlaku, RV – elektro-hydraulicky ovládaný posúvačový rozvádzač, ktorý vytvára cyklické tlakové namáhanie, CH1, CH2, CH3 – chladiče, HG2 – hydrogenerátor chladenia, t1 – snímač teploty oleja v nádrži, R – termostatický regulátor, ktorý zapína ventilátory chladičov, OB – ovládací blok, T – nádrž.

Zubový hydrogenerátor UD 25 je v schéme označený ako HG 1. Pohon hydrogenerátora zabezpečuje elektromotor M. Medzi elektromotor a hydrogenerátor je zaradená prevodovka PR, ktorou je možné meniť otáčky hydrogenerátora. Hydrogenerátor s otáčkami $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ nevyžaduje prevodovky ale je priamo spojený s elektromotorom. Tlakový ventil TV2 slúži na nastavenie tlakového spádu v obvode. Tlakový ventil TV 1 je vo funkcii poistného ventilu. Pre určenie tlakového spádu v obvode je tlak meraný dvomi tlakomermi v sacom potrubí p1 a v tlakovom potrubí p2. Cyklické tlakové namáhanie zabezpečuje elektrohydraulicky ovládaný rozvádzač RV. Rozvádzač RV je pripojený na výstup hydrogenerátora HG 1. Zmena polohy rozvádzača má za následok zmenu smeru prietoku kvapaliny, ktorá prúdi buď cez tlakový ventil TV 2 (rozdávzač RV je v základnej polohe), alebo priamo do nádrže (rozdávzač RV je vo svojej ľavej krajnej polohe). Tým sa menia zaťažovacie tlakové pomery na výstupe hydrogenerátora HG 1.

Zariadenie na meranie prietokových charakteristík hydrogenerátora

Počas skúšky životnosti hydrogenerátora je prietoková účinnosť funkciou jeho opotrebenia. V priebehu skúšky nastáva opotrebenie hydrogenerátora, zväčšujú sa jeho vnútorné netesnosti a znižuje sa prietoková účinnosť. Zariadenie na meranie prietokových charakteristík je na obr. 4. Digitálna záznamová jednotka HMG 2020 (Hydac GmbH, Nemecko) a uvedené zariadenia umožňujú meranie prietokových charakteristík skúšaného hydrogenerátora. Štatistickým spracovaním nameraných hodnôt boli vypočítané hodnoty prietokových účinnosti a poklesu prietokových účinnosti hydrogenerátora. Skúšobné zariadenie bolo navrhnuté na základe prác autorov: Drabant 2003, Petranský 2000a, Petranský 2004b, Petranský 2004c.

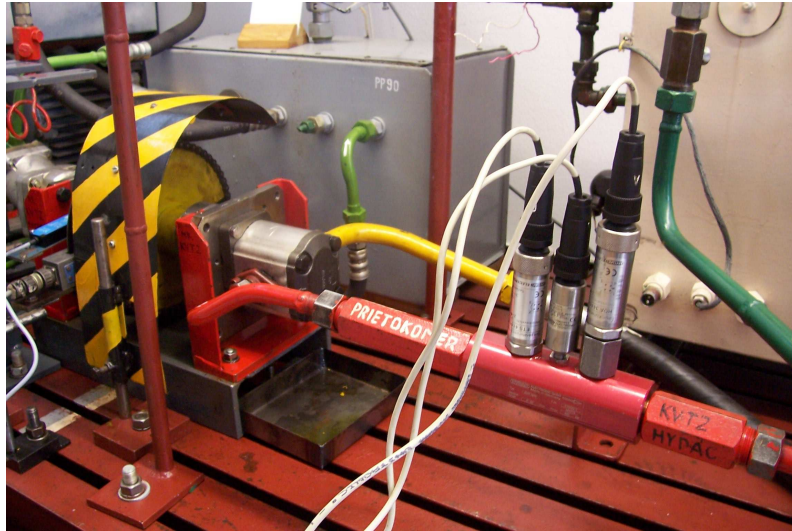


Obr. 4 Zariadenie na meranie charakteristík skúšaného hydrogenerátora

M – hnací elektromotor, n1 a n2 – otáčkomery, HG1 – regulačný piestový hydrogenerátor, TV1 a TV2 – poistné ventily, K 1 – guľový ventil, HM1 – hydromotor, HG2 – meraný hydrogenerátor, TV3 – ventil pre nastavenie tlaku počas merania charakteristík, s.p – snímač tlaku, s.Q – snímač prietoku, s.t – snímač teploty, R – termostatické regulátory teploty oleja, T 1, T 2 – nádrže, p 1, p 2, p 3, p 4 – manometre.

Skúšaný hydrogenerátor HG 2 je zapojený v obvode s nádržou T 2, obr. 4. Tlakovým ventilom TV 3 nastavujeme menovitý tlak hydrogenerátora. TV 2 je poistný ventil.

V obvode sa nachádza merací systém. Skladá sa z adaptéra, digitálnej záznamovej jednotky HMG 2020 a z osobného počítača. Snímače tlaku s.p, prietoku s.Q a teploty s.t generujú signály, ktoré sú spracovávané a vyhodnocované počítačom. Umiestnenie meracích snímačov v hydraulickom obvode skúšobného zariadení je na obr. 5.



Obr. 5 Snímače tlaku, prietoku a teploty v hydraulickom obvode skúšobného zariadenia

Štatistické vyhodnotenie skúšky životnosti

Stredné hodnoty prietokov boli vypočítané pomocou aritmetického priemeru \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

kde: N – rozsah súboru

x_i – hodnota premennej v súbore

Technický stav hydrogenerátora je hodnotený na základe poklesu prietokovej účinnosti. Prietoková účinnosť je stanovená:

$$\Delta\eta_{pr} = \frac{\eta_{pr0} - \eta_{prm}}{\eta_{pr0}} \cdot 100, \% \quad (4)$$

kde: $\Delta\eta_{pr}$ – pokles prietokovej účinnosti, %

η_{pr0} – prietoková účinnosť pri 0 cykloch

η_{prm} – prietoková účinnosť po 10^6 cykloch

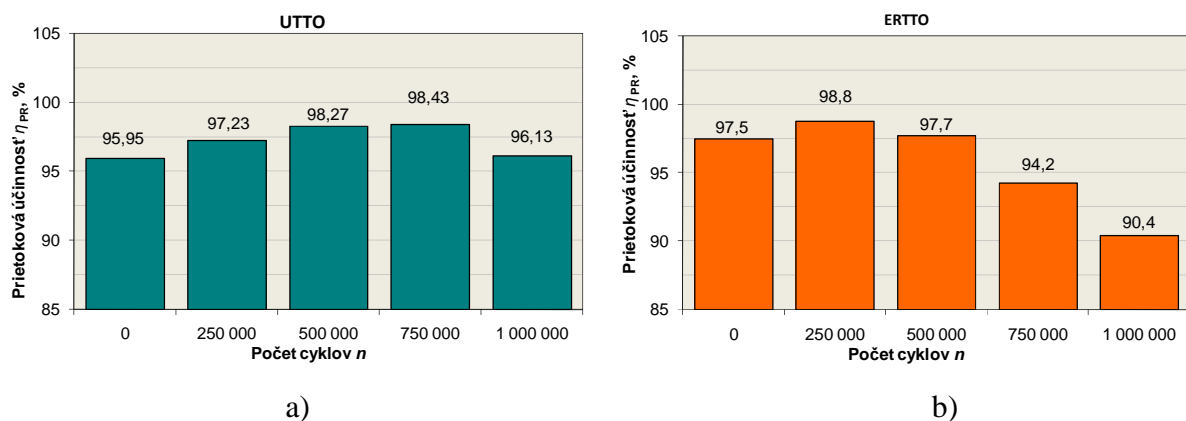
Prietoková účinnosť je potom daná vzťahom:

$$\eta_{pr} = \frac{Q_2}{V_G \cdot n} \cdot 100, \% \quad (5)$$

kde: Q_2 – prepočítaný prietok, $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
 V_G – geometrický objem hydrogenerátora, dm^3
 n – menovité otáčky hydrogenerátora, min^{-1}

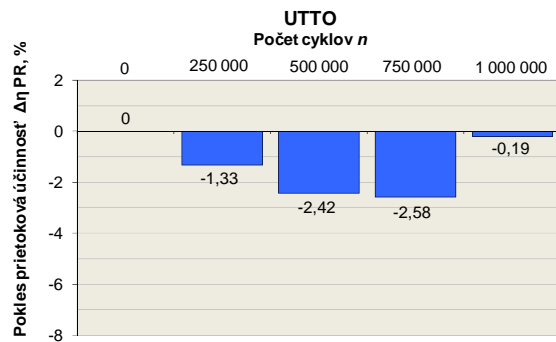
Výsledky a diskusia

Hodnoty prietokov hydrogenerátora boli merané každých 250 000 cyklov pri menovitých parametroch (otáčky $n = 1\,500 \text{ min}^{-1}$ a tlak $p = 20 \text{ MPa}$). Namerané hodnoty boli následne prepočítané na prietokovú účinnosť a pokles prietokovej účinnosti hydrogenerátora. Počas skúšky bol použitý minerálny olej typu UTTO a rastlinný olej typu ERTTO. V pracovných podmienkach poľnohospodárskych traktorov je veľmi dôležitý faktor prevádzková teplota spoločnej prevodovo-hydraulickej olejovej náplne. Počas prevádzky poľnohospodárskeho traktora Zetor Forterra, ktorý používa hydrogenerátor UD 25, sme namerali teplotu $65 \text{ }^\circ\text{C}$. Preto skúšky prebiehali pri teplote $62 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Hodnoty prietokov boli počas merania prietokových charakteristík zaznamenávané pomocou digitálnej záznamovej jednotky HMG 2020. Získané a spracované hodnoty boli následne prezentované vo forme grafov.

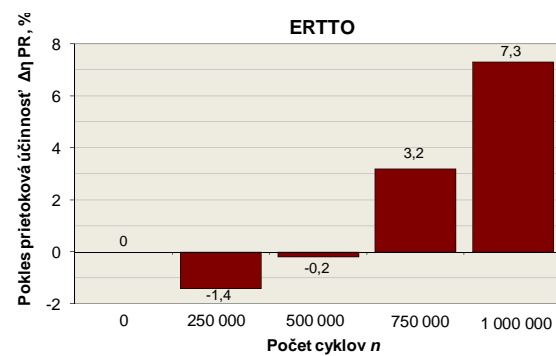


Obr. 6 Prietokové účinnosti hydrogenerátora UD 25 pri $n = 1\,500 \text{ min}^{-1}$; $p = 20 \text{ MPa}$:
a) s hydraulickou kvapalinou typu UTTO, b) s hydraulickou kvapalinou typu ERTTO

Na obr. 6 sú znázornené prietokové účinnosti. Prietoková účinnosť nového hydrogenerátora je označená ako 0 cyklov a po ukončení skúšky je označená 10^6 cyklov. Znamienko mínus v tomto prípade predstavuje zábeh hydrogenerátora.



a)



b)

Obr. 7 Pokles prietokovej účinnosti hydrogenerátora UD 25 pri $n = 1\,500\text{ min}^{-1}$; $p = 20\text{ MPa}$:
a) s hydraulickou kvapalinou typu UTTO, b) s hydraulickou kvapalinou typu ERTTO

Z prietokových účinností (obr. 6) a taktiež z poklesov prietokových účinností (obr. 7a) počas skúšky s minerálnou hydraulickou kvapalinou typu UTTO môžeme vidieť, že prevádzkové vlastnosti hydrogenerátora sa zlepšili. Hydrogenerátor sa v tomto prípade len zabiehal. Tento proces charakterizuje záporná hodnota poklesu prietokovej účinnosti (-0,19 %) na konci skúšky.

Počas skúšky s ekologickou kvapalinou typu ERTTO bol nameraný pokles prietokovej účinnosti 7,3 % (obr. 7b). Hydrogenerátor teda vykazoval prevádzkové opotrebenie. Tento stav znázorňuje kladná hodnota poklesu prietokovej účinnosti na konci skúšky.

Záver

Príspevok sa zaoberá zrýchlenou skúškou životnosti hydrogenerátora UD 25, ktorý sa používa v najnovších traktoroch Zetor Forterra. Počas skúšky bol hodnotený jeho technický stav. Hodnotiacim parametrom bola prietoková účinnosť a pokles prietokovej účinnosti. Hodnoty týchto parametrov boli vypočítané na základe nameraných a štatisticky spracovaných hodnôt prietokov, ktoré boli merané každých 250 000 cyklov. Pracovným médiom bol konvenčne vyrábaný minerálny olej typu UTTO a ekologická hydraulická kvapalina typu ERTTO.

Na základe nameraných údajov môžeme konštatovať, že traktorový hydrogenerátor pracujúci počas skúšky s hydraulickou kvapalinou typu UTTO bol len v procese zábehu, čo charakterizuje záporná hodnota (-0,19 %) poklesu prietokovej účinnosti. Počas skúšky s ekologickou hydraulickou kvapalinou typu ERTTO, hydrogenerátor vykazoval čiastočné prevádzkové opotrebenie, pretože nastal pokles prietokovej účinnosti s hodnotou 7,3 %.

Literatúra

DRABANT S., PETRANSKÝ I., TKÁČ Z., TURZA J., KLEINEDLER P. 2005. Skúšobný stav s uzatvoreným hydrostatickým obvodom pre dynamické zaťažovanie traktorových spaľovacích motorov cez vývodový hriadeľ. In: *Hydraulika a pneumatika*. Roč. 7, č. 1-2 (2005), s. 34-41. ISSN 1335-5171.

DRABANT Š., TKÁČ Z., KLEINEDLER P., PETRANSKÝ I., BOLLA M. 2003. Vlastnosti hydrostatických prevodníkov s ekologickou kvapalinou. In: *Súčasný stav a výhľad technického a technologického zabezpečenia pracovných procesov v poľnohospodárstve SR*. Nitra : Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied, 2003. S. 101-105. ISSN 80-968665-6-7.

PETRANSKÝ I., DRABANT Š., TKÁČ Z., ŠKULEC R. 2000 a. Vplyv biologicky odbúrateľného oleja EKO UNIVERZÁL na životnosť traktorového hydrogenerátora. In: *Kvalita a spoľahlivosť strojov*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2000. s. 130-132. ISSN 80-7137-720-1.

PETRANSKÝ I., DRABANT Š., Žikla A., TKÁČ Z. 2000 b. Life test of tractor hydrogenerators by using plant oil Ekouniverzal. In *Research in Agricultural Engineering*. Roč. 46, č. 4 (2000), s. 145-150. ISSN 1212-9151.

PETRANSKÝ I., DRABANT Š., ŽIKLA A., ŠKULEC R., TKÁČ Z. 2001. Technical life of the tractor hydrostatic pump. In: *TRANSCOM 2001*. Žilina : Žilinská univerzita, 2001. s. 25-30. ISSN 80-7100-851-6.

PETRANSKÝ I., DRABANT Š., TKÁČ Z., KLEINEDLER P., BOLLA M. 2004 a. Life test of a variable displacement hydrostatic axial piston pump with a biologically fast degradable oil. In: *Agriculture*. Roč. 50, č. 4-6 (2004), s. 84-92. ISSN 0551-3677.

PETRANSKÝ I., TKÁČ Z. BOLLA M., DRABANT Š., KLEINEDLER P. 2005. Flywheel testing stand for closed hydrostatic drive. In: *Agriculture*. Roč. 51, č. 7 (2005), s. 341-351. ISSN 0551-3677

PETRANSKÝ I., DRABANT Š., TKÁČ Z., ŽIKLA A., BOLLA M., KLEINEDLER P. 2004 b. Skúšobné stavy pre životnostné skúšky hydrostatických prevodníkov. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2004. 164 s. ISBN : 80-8069-343-9.

PETRANSKÝ I., BOLLA M., TKÁČ Z., DRABANT Š. 2004 c. Accelerating of life test of a hydrostatic drive using polluted fluid In: *Acta mechanica Slovaca*. Roč. 8, č. 3-A (2004), s. 681-688. ISSN 1335-2393.

ŠKULEC R., POKORNÝ K., TKÁČ Z. 2001. Laboratórna skúška traktorového hydrogenerátora. In: *Agrotech Nitra 2001*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2001. s. 390-395. ISSN 80-7137-874-7.

TKÁČ Z., GURINA M., TURZA J., VARGA D., KLEINEDLER P. 2005. Testing stand for impact loading of hydrostatic generator with utilization of electro-hydraulic of proportional pressure valve. In: *Hydraulické mechanizmy mobilnej techniky*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2005. -- S. 147-154. ISSN 80-8069-601-2.

TKÁČ Z., DRABANT S., MAJDAN R., CVÍČELA P. 2008. Testing stands for laboratory tests of hydrostatic pumps of agricultural machinery. In: *Research in agricultural engineering*. Vol. 54, No. 4 (2008), s.183-191. ISSN 1212-9151.

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

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“.

Citačný odkaz (ADF):

MAJDAN, Radoslav - ABRAHÁM, Rudolf - HUJO, Lubomír - MOJŽIŠ, Miroslav - JANOŠKO, Ivan - VITÁZEK, Ivan. 2012. Technical condition of a tractor hydraulic pump during hydraulic fluid tests. In *Acta technologica agriculturae*. ISSN 1335-2555, 2012, roč. 15, č. 1, s. 12-15.