

THE EFFECT OF THE LOAD OF TRACTOR ENGINE ON IT'S FUEL CONSUMPTION

VLIV REŽIMU PRÁCE MOTORU NA EKONOMIKU TRAKTOROVÉ SOUPRAVY

Katrenčík J., Bauer F.

Department of Engineering and Automobile Transport, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: jakub.katrencik@mendelu.cz

ABSTRACT

The paper deals with the influence of mode of engine performance and fuel consumption of the tractor John Deere 7530 and Kverneland plow PX 115. Measurements were divided into 2 parts. The first measurement was performed on engine speed 1900 min^{-1} in the zone of maximum performance, the second measurement was performed on engine speed from 1650 to 1850 min^{-1} in the zone of maximum torque. During the measurements were recording data of fuel consumption, performance, working width and depth. The measurement results showed a reduction of fuel consumption and increase of efficiency when the engine revolutions were in the area of maximum torque.

Key words: fuel consumption, maximum torque, maximum power, efficiency

Acknowledgments: This study was supported by the project of Internal Grant Agency of Mendel University in Brno, TP2/2012 "Implementation of network protocol based on SAE J1939 recommendation into agricultural tractor". This work was part of the project DOPSIT Reg. No. CZ.1.07/2.3.00/20.0226 funded under the Operational Program Education for Competitiveness.

ÚVOD

Traktorové motory prošly během posledních desetiletí značným technickým vývojem, který byl způsoben změnou požadavků jak ze strany provozovatelů, tak ze strany emisních norem. Moderní motory disponují vysokým převýšením točivého momentu, vrovnaným průběhem výkonu v širokém rozmezí otáček a relativně nízkou měrnou spotřebou paliva. Při tom splňují stále zpřísnující se emisní normy. Aby spalovací motory dosáhly dnešní technické úrovně, bylo potřeba implementovat moderní technologická řešení, například vysokotlaké vstřikování paliva Common - Rail, diferencované přeplňování atd. Právě vysokotlaké vstřikování a diferencované přeplňování umožňují dosáhnout vysokého převýšení točivého momentu, které je velmi důležité pro efektivní provoz traktoru. Provoz, kdy motor pracuje v oblasti nejvyššího točivého momentu, je považován za neekonomičtější, protože v oblasti nejvyššího točivého momentu bývá zpravidla nejvyšší měrná spotřeba paliva. Využití této oblasti je však poměrně složité a je důležité zvolit optimální převodovku, která dokáže využít potenciál spalovacího motoru. Za optimální agregaci traktoru a nářadí lze považovat zmíněný provozní bod motoru v oblasti maximálního točivého momentu, přičemž jeho poloha by měla být neměnná i při změnách podmínek determinující tahovou sílu. Schopnost stability na hodnotě maximálního výkonu je možná pouze v případě sofistikovaných konstrukčních řešení převodových ústrojí. Ze současných konstrukcí se ideálním vlastnostem blíží elektronicky regulované hydromechanické převodovky. V součinnosti s precizním řízením vznětového motoru je tato soustava schopna udržovat konstantní otáčky motoru v definovaném bodě, zejména v oblasti nejnižší měrné spotřeby. U mechanických převodovek vyžaduje udržení určitého rozsahu otáček častou změnu převodového poměru, která vyvolá signifikantní změnu otáček a podle charakteristiky momentu motoru může dojít k přesunu pracovního bodu na labilní větve charakteristiky, to má za následek opět nutnou změnu převodového poměru, vše ovšem znamená velmi dynamické změny v rotujících částech převodovky i motoru a bohužel i disipací energie. Právě vyšší rozptyl otáček motoru snižuje velikost úspory, které by bylo možné dosáhnout. Každý provozovatel si musí dostatečně spočítat, kolik hodin a při jaké práci bude jeho traktor nasazen a adekvátně zvolit výbavu tak, aby dosáhl co možná nejvyšší návratnosti investic na pořízení nového stroje [1].

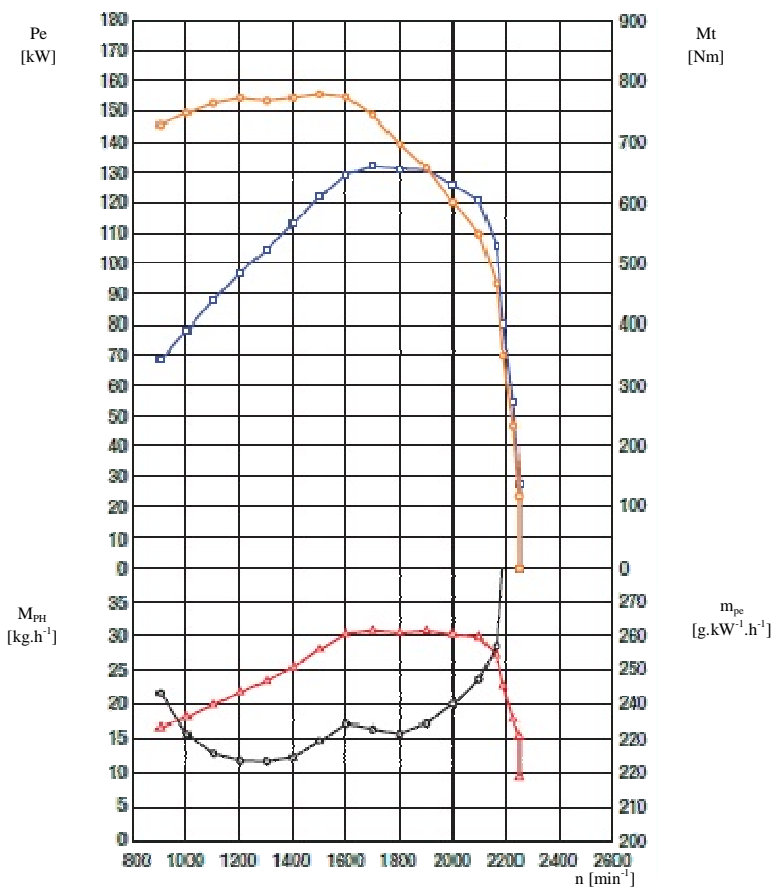
MATERIÁL A METODIKA

Měření vlivu režimu práce motoru na ekonomiku traktorové soupravy proběhlo ve školním statku Chrudim, na pozemku zvaném „U Panelovky“ v katastru obce Chrudim. Na pozemku byl předplodinou jarní ječmen, po sklizni byla provedena podmítka. Druh půdy na pozemku byla hnědozem. Měření bylo rozděleno do dvou skupin podle nastavených otáček motoru. První měření bylo provedeno při otáčkách $1900 - 2000 \text{ min}^{-1}$ v režimu maximálního výkonu. V převodovce byl zařazen převodový stupeň C1. Druhé měření bylo provedeno v rozsahu otáček $1500 - 1800 \text{ min}^{-1}$ v oblasti maximálního točivého momentu. V převodovce docházelo k řazení převodových stupňů od C2 po C4. Měření bylo provedeno se soupravou traktoru John Deere 7530 a pluhu Kverneland PX 115.

Specifikace měřeného traktoru John Deere 7530:

Výrobce: John Deere, Evropa, typ: 7530, pohon 4K4. Motor: John Deere PowerTech, vysokotlaké vstřikování paliva Common - Rail, přeplňování turbodmychadlem s proměnnou geometrií lopatek. Zdvihový objem motoru: $6\,800 \text{ cm}^3$. Jmenovitý výkon motoru: 129 kW při otáčkách 2100 min^{-1} . Maximální výkon bez navýšení: 138 kW při otáčkách 1700 min^{-1} , maximální výkon s navýšením 143 kW při otáčkách 1850 min^{-1} . Maximální točivý moment: 828 Nm při otáčkách 1600 min^{-1} . Převýšení točivého momentu: 38 % při poklesu otáček o 29 %, viz charakteristika obr. 2. Objem palivové nádrže 385 litrů.

Obr. 1 Jmenovitá charakteristika traktoru John Deere 7530 měřena přes zadní PTO zkušebníou DLG



Převodovka: Skupinová s násobičem točivého momentu PowerQuad Plus 24/24, 2,5 - 40 km.h⁻¹.
 Pneumatiky přední: Michelin CargoXBib 540/65 R30. Pneumatiky zadní: Michelin CargoXBib 650/65 R45. Přípustné zatížení přední nápravy: 5 500 kg. Přípustné zatížení zadní nápravy: 7 100 kg. Celkové přípustné zatížení traktoru: 12 600 kg.

Obr. 2 Zkoušený traktor John Deere 7530*Obr. 3 Zkoušený pluh Kverneland PG 115*

Na zkušebním pozemku byly vyměřeny dvě zkušební parcely o délce 600 metrů a šířce 20 metrů, označeny byly pomocí výtyček. Do palivové nádrže traktoru byla doplněna nafta až po okraj nalévacího hrdla. Traktor poté absolvoval 4 jízdy, při kterých byl měřen prokluz, celkový čas jízdy, čas na otáčení na úvrati, hloubka orby a záběr pluhu. Po skončení zkušebních jízd bylo do traktoru doplněno palivo pomocí odměrného válce pro zjištění přesného úbytku (spotřeby) paliva.

Vlhkost půdy

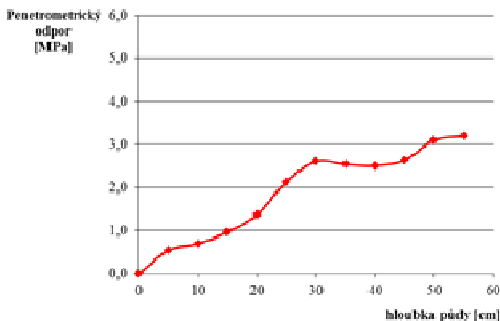
Vlhkost půdy se zjišťovala odebráním vzorků, které byly zváženy a vloženy do pece, kde se udržovala teplota 105 °C až do okamžiku, kdy se přestala měnit hmotnost vzorků. Vlhkost byla vypočtena ze vztahu:

$$W^* = \frac{m_v}{m_z} \cdot 100 [\%]$$

kde:

m_v - hmotnost vody [g], m_z - hmotnost vzorku po vysušení [g]. Průměrná vlhkost půdy byla 21 %. Dále bylo provedeno měření penetrometrického odporu, průměrné hodnoty penetrometrického odporu jsou vyneseny v grafu 1.

Obr. 4 Průměrný penetrometrický odpor



Výpočet prokluzu

Pro výpočet prokluzu byl použit vztah:

$$\delta = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \cdot 100 [\%],$$

kde l_0 je dráha ujetá nezatíženým kolem po 10 otáčkách kola, l_1 je dráha ujetá zatíženým kolem po 10 otáčkách kola.

Měření celkového času jízdy a času na otočku na úvrati

Celkový čas na ujetí 4 jízd byl měřen stopkami, od celkového času byl odečten průměrný čas potřebný k vykonání všech otočení na úvrati.

$$T = T_1 - T_{02},$$

kde T je čas práce traktoru, T_1 je celkový čas na ujetí dráhy, T_{02} je průměrný čas na otočení stroje na úvratí.

Měření hloubky orby

Po každé jízdě bylo provedeno měření hloubky orby. Po vykonání celé zkoušky se vypočetla průměrná hloubka orby ze všech jednotlivých jízd.

$$\varnothing h = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} [m],$$

kde h_i je suma všech naměřených hloubek a n je počet měření.

Měření šířky záběru

Průměrná šířka záběru byla vypočtena tak, že z vyměřeného úseku o šířce 20 metrů byla odečtena šířka nezoraného strniště po ukončení zkoušky. Výsledná šířka byla podělena počtem jízd vykonaných při zkoušce.

$$\varnothing b = \frac{b_1 - b_2}{n_j} [m],$$

kde $\varnothing b$ je průměrná šířka záběru, b_1 je vytyčený úsek 20 metrů, b_2 je nezoraná část vytyčeného prostoru po provedení zkoušky.

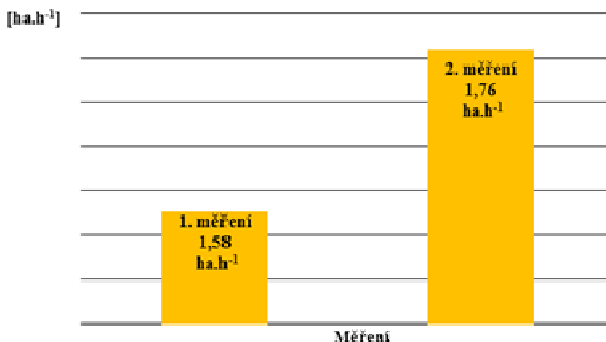
Měření spotřeby paliva

Spotřeba paliva byla měřena pomocí odměrného válce, přes který se dolévalo palivo po každé provedené zkoušce.

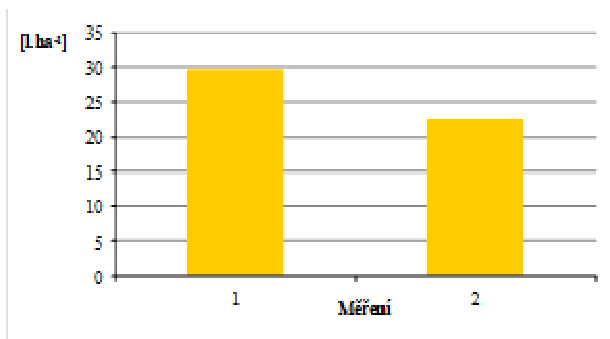
VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky měření soupravy traktoru John Deere 7530 s pluhem Kverneland PG 115 jsou uvedeny v grafech na obr. 5 a 6. Z naměřených hodnot je patrné, že změna režimu práce motoru má vliv na spotřebu paliva a na výkonnost soupravy.

Obr. 5 Porovnání výkonností zkoušené soupravy při různých režimech práce motoru



Obr. 6 Porovnání hektarových spotřeb zkoušené soupravy při různých režimech práce motoru



Z obr. 5 je patrné, že při prvním měření byla hektarová spotřeba při provozu motoru v oblasti maximálního výkonu při otáčkách 1900 min^{-1} $29,56 \text{ l.ha}^{-1}$. Výkonnost měřené soupravy dosáhla hodnoty $1,58 \text{ ha.h}^{-1}$ viz obr. 6. Během prvního měření nedocházelo ke změně převodového stupně. Při druhém měření, kdy byl motor provozován v oblasti maximálního točivého momentu, byla hektarová spotřeba $22,5 \text{ l.ha}^{-1}$ viz obr. 5. Výkonnost měřené soupravy dosáhla hodnoty $1,76 \text{ ha.h}^{-1}$ viz obr. 4. Hektarová spotřeba se při provozu motoru v oblasti maximálního točivého momentu snížila o $7,06 \text{ l.ha}^{-1}$, což je snížení o 23,9 %, zároveň došlo ke zvýšení výkonnosti o $0,18 \text{ ha.h}^{-1}$, což je zvýšení o 11,5 %.

ZÁVĚR

Měřením bylo prokázáno, že změna režimu provozu motoru má významný vliv na výstupní ekonomické a výkonnostní parametry traktorové soupravy. Z výsledků měření plyne, že provozem motoru v oblasti nejvyššího točivého momentu se sníží hektarová spotřeba a zvýší se výkonnost soupravy, stejné výsledky naměřil Vojáček [2] a Kichler [3]. Jak snížení spotřeby paliva, tak zvýšení výkonnosti se kladně projeví snížením nákladů na zpracování jednoho hektaru. V případě nasazení měřené soupravy do orby 500 hektarů ročně, by úspora paliva dosáhla 123 550 Kč za rok, při ceně nafty 35 Kč.l⁻¹. Zvýšení výkonnosti se projeví snížením času, který je potřebný pro provedení dané pracovní operace v agrotechnickém termínu.

LITERATURA

Bauer, F., Sedlák, P., Šmerda, T.: Traktory. Praha: Profi Press, 2006. 192 s.
ISBN 80-86726-15-0.

Kichler C.M. et al. Soil and Tillage Research. Volume 113, Issue 2, 2011, 105-111.

Vojáček M. et al. Acta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně. Brno: Ediční středisko MZLU v Brně, 2009, 155-165. ISBN 1211-8516.