

VLIV ZATÍŽENÍ SPALOVACÍHO MOTORU NA EKONOMIKU PROVOZU TRAKTOROVÝCH SOUPRAV

F. Bauer, P. Sedlák

Došlo: 12. září 2003

Abstract

BAUER, F., SEDLÁK, P.: *Effect of towing load of combustion engines on economic parameters of operation of tractor aggregates*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2004, LII, No. 1, pp. 137-144

This paper deals with possible ways how to reduce consumption of Diesel oil under conditions of increased performance of tractor aggregates. In laboratory, complete characteristics of John Deere 8300 engine were measured on the power take-off shaft. The same tractor was thereafter used for field experiments with a seven-shares suspended turning plough. Measurements were carried out in the village Jeníčkova Lhota (county Tábor) on a field with loamy-sandy soil of 16.1% average moisture content. The specific volume density of dry soil was 1.48 g/cm³. The following engine parameters were measured: Diesel oil consumption, engine speed, wheel slippage, time interval required for passing through the measured distance and the depth and width of ploughing. Measured values were used for calculation of Diesel oil consumption (amount required for ploughing of 1 cu. m. and the area ploughed up for a unit of time). Tractor ploughed always with the full fuel tank. Measurements were carried out at 1680 – 1850 and 1900 – 2050 revolutions per minute. Obtained results indicate that with 1680 – 1850 rev./min. the average fuel consumption was 6.4 ml/cu. m while with 1900 – 2050 rev./min. it increased to 7.49 ml/cu. m. This means that the saving of fuel was a 17% and the increase in tractor performance 10.8%.

tractor-plough aggregate, performance, fuel consumption, engine speed

Zemědělství jako resort národního hospodářství patří k významným spotřebitelům energie. Na celkové spotřebě energií v ČR se podílí téměř 10 %, na spotřebě motorové nafty asi 20 %. Spotřeba přímé energie v zemědělství se pohybuje mezi 45 až 50 mil. GJ za rok. Na této spotřebě se podílejí operace rostlinné výroby přibližně 47 %, živočišné výroby 37 %, manipulace s materiálem (mimopodniková doprava a skladování) a ostatní činnosti 16 %. Náklady na energii tvoří 42 až 63 % variabilních nákladů a 14 až 46 % celkových nákladů vynaložených na hodinu práce energetických prostředků a samojízdných strojů používaných v zemědělství, SYROVÝ (1997). Potřeba snižovat spotřebu energie, zejména motorové nafty, se bude v příštích letech projevovat stále výrazněji. Vzhledem ke skutečnosti, že cena energií

se bude v ČR dále zvyšovat až na úroveň států EU, lze očekávat cenový nárůst energie, a proto výzkum v oblasti snižování energetické náročnosti výroby zemědělských produktů má velký význam.

Základním energetickým prostředkem v rostlinné výrobě je traktor, který v soupravě se zemědělskými stroji významně ovlivňuje technicko-ekonomické ukazatele na jednotku produkce dané plodiny. Trendy dnešních výrobních technologií jednoznačně směřují k růstu výkonnosti traktorových souprav při zvyšování kvality prováděných agrotechnických operací a k dosažení úspory energie. Takové požadavky vyžadují od uživatelů znalosti o možnostech využití jednotlivých funkčních uzlů traktorů a strojů, bez kterých nelze dosáhnout efektivitu jejich provozu.

Jednou z oblastí, kde mají uživatelé traktorů

rezervy, je neznalost vlastností spalovacích motorů traktorů. Konkrétně se jedná o oblast práce motoru, ve které vykazuje nízkou spotřebu nafty. Dnešní traktory vyšších výkonových tříd dosahují hodnot převýšení kroutícího momentu kolem 40 i více procent, což umožňuje obsluhu pracovat v poměrně širokém rozsahu otáček s téměř neměnným se výkonem motoru. Tato skutečnost je velkou změnou, kterou traktorové motory za posledních deset let prošly. Pokud chceme snižovat náklady na spotřebu nafty, je bezpodmínečnou nutností znát vlastnosti dnešních traktorových motorů. Obsluha může volit oblast práce spalovacího motoru blízkou se k jmenovitému otáčkám, motor má dostatečnou rezervu výkonu, obsluha nemusí téměř řadit, nemusí se zabývat správnou volbou regulačního systému, nebo ho během orby měnit (byť se jedná o pouhé otočení potenciometrem). Ovšem je si třeba uvědomit, že takováto práce spalovacího motoru je neekonomická a promítne se v konečném efektu ve vyšší spotřebě nafty. Na druhé straně obsluha, která dokáže využít technické prostředky traktoru, kterými je zpravidla standardně vybaven, zatěžuje motor v ekonomické oblasti jeho práce, což se projeví v úspoře nafty.

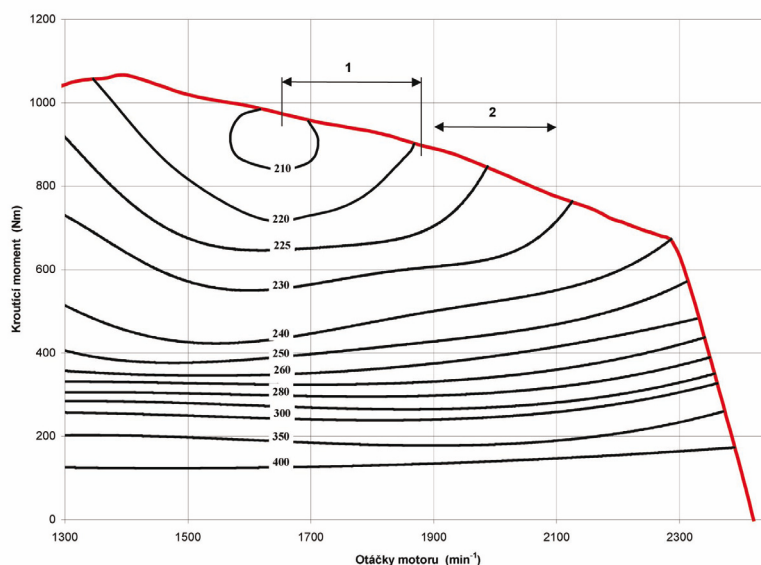
MATERIÁL A METODY

Cílem našeho příspěvku je ukázat na možnosti snižování spotřeby nafty se současným zvýšením výkonnosti traktorových souprav. V laboratoři na Ústavu základů techniky a automobilové dopravy MZLU v Brně byla přes vývodový hřídel naměřena

úplná charakteristika spalovacího motoru traktoru John Deere 8 300. Traktor je vybaven šestiválcovým vznětovým přeplňovaným motorem s mezichladičem stlačeného vzduchu, objem motoru je 7 636 cm³. Vstřikovací čerpadlo je řadové s elektronickým regulátorem. Převodovka traktoru Power Shift, všech 16 rychlostí je řazeno pod zatížením. Otáčky vývodového hřídele byly nastaveny na 1 000 min⁻¹. K měření kroutícího momentu byl použit vířivý dynamometr připojený k traktoru přes kloubový hřídel, viz obr. 1. Typ dynamometru VD 500, max. výkon 500 kW, výrobce MEZ Vsetín. Spotřeba paliva byla měřena objemově, pomocí průtokoměru Flowtronic 206 namontovaného do palivové soustavy motoru. Pro zajištění chlazení paliva ve vstřikovacím čerpadle je měřicí zařízení vybaveno jednotkou s chladičem typu Flowtronic 4705. Při zkouškách byla průběžně měřena teplota paliva pro korekci hustoty. Ustálení parametrů motoru bylo kontrolováno měřením teploty mazacího oleje v motoru. Současně byla měřena teplota nasávaného vzduchu před čističem, teplota a tlak vzduchu za turbodmychadlem, teplota výfukových plynů, teplota v laboratoři, barometrický tlak, relativní vlhkost vzduchu, otáčky dynamometru a motoru. Pro sestavení úplné charakteristiky bylo provedeno měření jmenovité charakteristiky s plnou dávkou paliva a částečné charakteristiky. Naměřené a vypočtené parametry motoru byly zpracovány pomocí polynomické interpolace a regresní analýzy. Ze získaných hodnot byla sestavena úplná charakteristika motoru, která je uvedena na obr. 2.



1: Měření charakteristiky motoru přes vývodový hřídel



2: Úplná charakteristika motoru traktoru John Deere 8300

1 - oblast práce motoru v rozmezí otáček 1680-1850 min⁻¹

2 - oblast práce motoru v rozmezí otáček 1900-2100 min⁻¹

Se stejným traktorem JD 8 300 byla provedena terénní měření s návěsným sedmiradličným otočným pluhem Europa výrobce Ostroj Opava. Měření bylo realizováno v Jeníčkově Lhotě okr. Tábor, na hlinitopísčité půdě s průměrnou hmotnostní vlhkostí 16,1 %. Objemová hmotnost vysušené půdy byla 1,48 g/cm³. Vlhkost a objemová hmotnost půdy byla zjišťována Kopeckého válečky modifikace Nováka. Na pozemku o celkové výměře 100 ha byl vybrán rovný terén, na kterém byly vytýčeny měřicí úseky. Bylo dbáno, aby před vlastním měřicím úsekem byla dostatečná vzdálenost potřebná k případnému seřízení pluhu, k ustálení režimu otáček spalovacího motoru a činnosti regulační hydrauliky. Měření bylo metodicky řízeno tak, že první skupina měření označená v úplné charakteristice jako oblast 1, byla prováděna v rozmezí otáček motoru 1680 – 1850 min⁻¹. Druhá skupina měření označená v úplné charakteristice jako oblast měření 2 byla prováděna v rozmezí otáček motoru 1900 – 2100 min⁻¹. Traktor vždy pracoval na plnou dodávku paliva. Spotřeba nafty byla měřena objemovým průtokoměrem Flowtronic 206, doplněným o jednotkou s chladičem typu Flowtronic 4705. Dále byly měřeny otáčky spalovacího motoru, prokluz kol, čas potřebný na projetí měřicího úseku, hloubka a záběr pluhu.

Z naměřených hodnot byla vypočtena měrná spotřeba nafty:

$$Q_o = \frac{Q}{B \cdot h \cdot L} \quad (\text{ml} \cdot \text{m}^{-3})$$

Q_o - měrná spotřeba nafty (ml.m⁻³)

Q - množství nafty spotřebované na zorání půdy měřicího úseku (ml)

B - záběr pluhu (m)

h - hloubka orby (m)

L - délka měřicího úseku (m).

Výkonnost soupřavy byla vypočtena ze vztahu:

$$W_e = \frac{B \cdot h \cdot L}{T} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}), \text{ kde}$$

W_e - výkonnost (m³.s⁻¹)

T - čas potřebný na zorání měřicího úseku (s).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z úplné charakteristiky motoru traktoru John Deere 8300 je patrné, viz obr. 2, že motor vykazuje poměrně v širokém rozmezí otáček různé hodnoty měrných spotřeb paliva, přičemž výkon motoru v daném rozmezí otáček je téměř konstantní. Tato skutečnost je pro praxi a pro jeho ekonomický provoz velmi důležitá. Cílem našeho měření bylo uveřejnit skutečnost dokázat při skutečné práci traktoru v terénu, v našem případě v orbě. Pro oblast práce motoru 1 je možné odečíst z úplné charakteristiky průměrnou měrnou spotřebu paliva 215 g.kW⁻¹.h⁻¹ a výkon motoru 168 kW. Pro oblast 2 práce motoru je průměrná měrná spotřeba 227 g.kW⁻¹.h⁻¹ a výkon 170 kW. Z naměřených hodnot vyplývá, že motor má v uvedeném rozmezí otáček téměř stejný výkon, ale rozdílnou měrnou spotřebu

paliva, která v přepočtu na hodinu práce měřeného motoru činí úsporu cca 2 litry nafty. Uvedená fakta jsou rozhodující pro ekonomické hodnocení práce traktorových souprav.

Polní zkoušky orební soupravy byly rozděleny do dvou skupin. V první skupině měření motor pracoval na plnou dávku paliva, byl zařazen desátý rychlostní stupeň. V této skupině, která je v úplné charakteristice motoru, viz obr. 2, označena jako oblast práce motoru 1, bylo provedeno celkem pět měření a hodnoty jsou uvedeny v tab. I. Druhá skupina měření: motor pracoval rovněž s plnou dávkou paliva, ale byl zařazen nižší rychlostní stupeň 8. V této skupině bylo provedeno celkem 6 měření a hodnoty jsou uvedeny v tab. II. Z naměřených a vypočtených hodnot můžeme vyvodit následující závěry.

Výsledky měření energetické náročnosti jsou graficky zpracovány na obr. 3. V oblasti práce motoru 1 byla dosažena průměrná měrná spotřeba paliva Q_0 6,4 ml.m⁻³, což je ve srovnání s oblastí práce motoru 2, kde byla průměrná měrná spotřeba Q_0 7,49 ml.m⁻³, úspora 17 %. Výsledky měření výkonnosti orební soupravy jsou graficky zpracovány na obr. 4. Budeme-li posuzovat výkonnost orební soupravy, potom na základě naměřených výsledků orební souprava v oblasti 1 práce spalovacího motoru dosáhla výkonnost 1,93 m³.s⁻¹, což je ve srovnání s oblastí práce motoru 2, kde byla dosažena průměrná výkonnost 1,72 m³.s⁻¹, zvýšení výkonnosti o 10,8 %. Podobnou problematiku sledovali i jiní autoři, např. DUŘÁK., PETRANSKÝ (2002), kteří prováděli terénní měření orebních souprav. Autoři prokázali úsporu nafty v oblasti maximálního kroutícího momentu motoru. Výkonností a energetickou náročností orebních souprav se zabývali autoři PETRANSKÝ, DRABANT, DUŘÁK, ŽIKLA, TAKÁČ, (2001) kteří rovněž prokázali úsporu nafty se současným zvýšením výkonnosti orebních souprav.

V praxi, v našem případě v orbě, je pro obsluhu pohodlnější pracovat v oblasti práce motoru 2. Motor

má značnou rezervu kroutícího momentu, obsluha se nemusí obtěžovat správnou volbou regulačního systému třibodového závěsu, v případě nerovnosti terénu dokáže motor díky velkému převýšení kroutícího momentu překonat překážku bez zásahu řidiče.

Práce motoru v rozmezí otáček 1680-1850 min⁻¹ – oblast 1, je pro obsluhu náročnější. Řidič musí zvolit takový rychlostní stupeň, aby připojený stroj, v našem případě pluh, vytížil motor traktoru tak, aby pracoval v ekonomické oblasti. Změní-li se homogenita půdy, změní se zatížení motoru a tím i otáčky. Pokud obsluha chce, aby motor pracoval ekonomicky, v našem případě v oblasti 1, musí mít správně zvolený regulační systém třibodového závěsu, který na změnu homogenity půdy reaguje, musí mít správně nastavenou citlivost regulace, nebo kombinuje jednotlivé regulační systémy a nebo musí řadit. Dle našich poznatků lze ušetřit na jednu traktorovou soupravu, která je nasazena 1 500 hodin ročně cca, 100 až 150 tisíc korun.

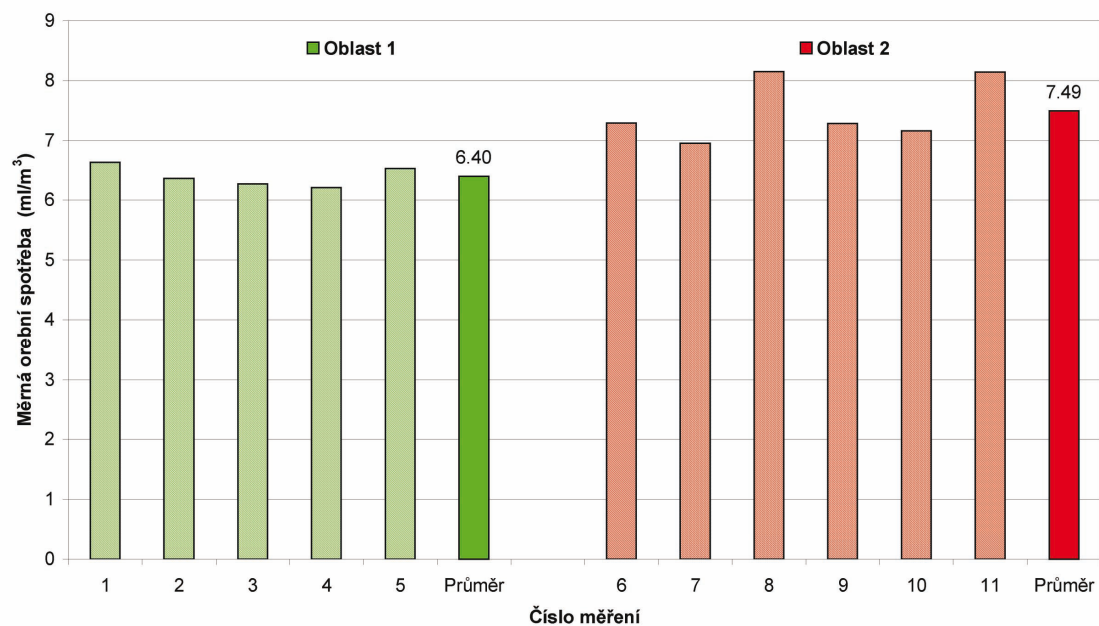
Z hlediska konkurenceschopnosti našeho zemědělství je důležité snižování nákladů. Používání nového stroje by mělo vždy upravit, nebo změnit technologii, přinést snížení nákladů a zvýšení produktivity práce. Technická dokonalost dnešních traktorů je na takové úrovni, že si obsluha může zvolit oblast práce motoru tím, že nastaví rozsah otáček, nebo rozsah kroutícího momentu a řazení obstará elektronika. Některé převodovky dokáží měnit plynule převod mezi koly a motorem. Tato konstrukční výhoda umožňuje při měnícím se zatížení nastavit převod tak, aby se zatížení motoru nacházelo v oblasti nízké měrné spotřeby paliva. Výrobci traktorů se snaží o neustálou vysokou úroveň vybavení, která při správném využití dává reálné možnosti snižovat náklady v rostlinné výrobě. Rozhodujícím činitelem v ekonomice práce traktorových souprav je ale člověk. Pokud neumí správně energeticky sestavit traktorovou soupravu, potom technické vybavení stroje nemůže být správně využito a investice do techniky se stává neefektivní.

I: Naměřené a vypočtené hodnoty orební soupřavy John Deere 8 300 s pluhem Europa

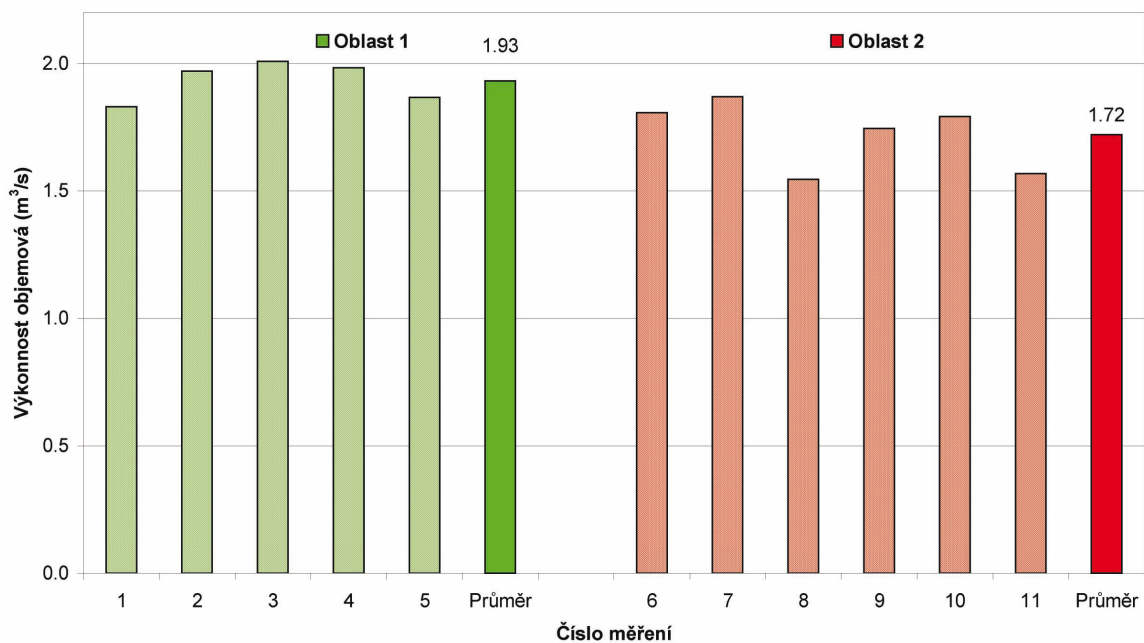
Měření číslo	Řazená rychlost	Otáčky motoru n (min ⁻¹)	Záběr B (m)	Hloubka orby h (m)	Čas T (s)	Spotřeba Q (ml)	Prokluz δ (%)	Rychlost v (km.h ⁻¹)	Měrná spotřeba Q _o (ml.m ⁻³)	Objemová výkonnost W _e (m ³ .s ⁻¹)
1	10	1680 - 1850	3,51	0,23	17,9	217,21	11,10	8,04	6,63	1,83
2	10	1680 - 1850	3,46	0,24	17,1	214,35	10,79	8,42	6,36	1,97
3	10	1680 - 1850	3,37	0,25	16,8	211,56	10,96	8,57	6,27	2,01
4	10	1680 - 1850	3,43	0,25	17,3	212,90	11,30	8,32	6,21	1,98
5	10	1680 - 1850	3,52	0,24	18,1	220,67	10,12	7,96	6,53	1,87
Průměr							10,85	8,26	6,40	1,93

II: Naměřené a vypočtené hodnoty orební soupřavy John Deere 8 300 s pluhem Europa

Měření číslo	Řazená rychlost	Otáčky motoru n (min ⁻¹)	Záběr B (m)	Hloubka orby h (m)	Čas T (s)	Spotřeba Q (ml)	Prokluz δ (%)	Rychlost v (km.h ⁻¹)	Měrná spotřeba Q _o (ml.m ⁻³)	Objemová výkonnost W _e (m ³ .s ⁻¹)
6	8	1900- 2100	3,37	0,26	19,4	255,40	12,10	7,42	7,29	1,81
7	8	1900- 2100	3,41	0,27	19,7	255,97	13,20	7,31	6,95	1,87
8	8	1900- 2100	3,38	0,24	21	264,44	12,80	6,86	8,15	1,55
9	8	1900- 2100	3,44	0,26	20,5	260,49	11,42	7,02	7,28	1,75
10	8	1900- 2100	3,41	0,26	19,8	253,87	10,68	7,27	7,16	1,79
11	8	1900- 2100	3,46	0,23	20,3	259,12	12,06	7,09	8,14	1,57
Průměr							12,04	7,16	7,49	1,72



3: Výsledky měření - měrná orební spotřeba, oblast 1 rozmezí otáček motoru 1680-1850 min⁻¹, oblast 2 rozmezí otáček motoru 1900-2100min⁻¹



4: Výsledky měření - objemová výkonnost, oblast 1 rozmezí otáček motoru 1680-1850 min⁻¹, oblast 2 rozmezí otáček motoru 1900-2100min⁻¹

SOUHRN

Cílem našeho příspěvku je ukázat na možnosti snižování spotřeby nafty se současným zvýšením výkonnosti traktorových soupřav. V laboratoři byla přes vývodový hřídel naměřena úplná charakteristika spalovacího motoru traktoru John Deere 8 300. Se stejným traktorem byla provedena terénní měření s návěsným sedmiradličným otočným pluhem. Měření bylo realizováno v Jeníčkově Lhotě okr. Tábor, na hlinitopísčité půdě s průměrnou hmotnostní vlhkostí 16,1 %. Objemová hmotnost vysušené půdy byla 1,48 g/cm³. Byla měřena spotřeba nafty, otáčky spalovacího motoru, prokluz kol, čas potřebný na projetí měřicího úseku, hloubka a záběr pluhu. Z naměřených hodnot byla vypočtena měrná spotřeba nafty – množství nafty potřebné na zorání m³ půdy a výkonnost – objemové množství zorané půdy za jednotku času. Traktor vždy pracoval s plnou dávkou paliva. Měření se provádělo v oblasti otáček motoru 1680–1850 min⁻¹ a 1900–2050 min⁻¹. Na základě naměřených hodnot můžeme konstatovat, že v oblasti otáček 1680–1850 min⁻¹ byla dosažena průměrná měrná spotřeba paliva 6,4 ml/m³ zatímco v oblasti otáček 1900–2050 min⁻¹ 7,49 ml.m⁻³. V našem případě úspora činí 17 % nafty se současným zvýšením výkonnosti o 10,8 %.

traktorová orební soupřava, výkonnost, měrná spotřeba paliva, otáčky motoru

Příspěvek byl vypracován na základě výsledků získaných při řešení projektu VAZV QC 009 „Objektivizace normativů spotřeby pohonných hmot a energie na výrobu zemědělských produktů a tvorba jejich databáze“.

LITERATURA

SYROVÝ, O. a kol.: Orientační hodnoty měrné spotřeby paliva a energie v zemědělství. Metodiky pro zemědělskou praxi. Praha, ÚZPI 1997, č.7, 47s.
DUŠÁK, J., PETRANSKÝ, I.: Vplyv pracovných podmienok a režimov práce na energetickú nároč-

nost traktorových orbových súprav. Acta Technol. Agric. Univ. Agric. Nitra, 2002, č.4, s.90-95.
PETRANSKÝ, I., DRABANT, Š., DUŠÁK, J., ŽIKLA, A., TAKÁČ, Z.: Meranie traktorovej orbovej súpravy. Acta Technol. Agric. Univ. Agric. Nitra, 2001, č.3, s.62-67.

Adresa

Doc. Ing. František Bauer, CSc., Ing. Pavel Sedlák, CSc. Ústav základů techniky a automobilové dopravy, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

