

HODNOCENÍ TRAKČNÍCH VLASTNOSTÍ TRAKTORU NA VÁLCOVÉ ZKUŠEBNĚ

P. Sedlák, F. Bauer

Došlo: 22. září 2004

Abstract

SEDLÁK, P., BAUER, F.: *Evaluation of traction properties of tractors in a roller testing station*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2004, LII, No. 5, pp. 91-100

The aim of this study was to analyse pulling and slipping parameters of tractors on the base of performed pulling tests and to develop general mathematic formulas suitable for the evaluation of pulling properties of tractors of different types in a roller testing station. For these measurements a JOHN DEERE 7820 tractor was used. Pulling characteristics of this tractor were measured in the roller testing station, which was equipped with a dynamometer VDU E270T-E150T. This paper presents results of such tests and enables to estimate with a good degree of accuracy and statistical significance final parameters of pulling properties of tractors. Final pulling parameters of tractors of different types can be estimated for arbitrary values of slippage. The derived relationships presented in this paper enable to evaluate pulling properties of tractors in a roller testing station with the same reliability as those defined for standard curves of slippage. The technical equipment of this roller testing station with four dynamometers enables to measure independently driving forces, slippage and speed of each wheel. In this testing station it is possible to evaluate pulling properties of tractors under changing load and to estimate pulling and slipping parameters of a concrete type of tractor.

tractor, roller testing station, pulling characteristic, driving force, slippage

Snaha o udržení konkurenceschopnosti našeho zemědělství vytváří tlak na hospodárné využívání energetických a mechanizačních prostředků, zvyšování jejich výkonnosti při současném snižování nákladů. Pro dosažení efektivního využití výkonných kolových traktorů je důležité, aby uživatelé byli seznámeni s jejich základními technicko-exploatačními vlastnostmi. K základním a pro zemědělskou praxi velmi důležitým parametrům traktorů patří jejich tahové vlastnosti. U kolových traktorů může docházet ke vzniku poměrně vysokých ztrát při přenosu energie z pojezdového ústrojí na podložku, po které se traktor pohybuje. Matematickým vyjádřením a měřením ztrát při práci traktoru se zabývalo více autorů, např. Grečenko (1994), Drabant, Petranský (1990), Drabant, Semetko (1983) a další. Ucelený přehled o tahových

vlastnostech traktorů při práci na různých podložkách dávají tahové charakteristiky zjišťované při tahových zkouškách. Podstatou tahových zkoušek je měření veličin charakterizujících hlavní technicko-ekonomické vlastnosti traktoru při ustáleném režimu na určité dráze. Jedná se především o určení závislosti tahového výkonu, prokluzu kol, rychlosti, měrné tahové spotřeby, popřípadě dalších veličin na tahové síle, při různých převodových stupních. Výsledky naměřené při tahových zkouškách jsou ale značně závislé na vlastnostech povrchu, po kterém se kola traktoru pohybují. Betonový nebo asfaltový povrch určený pro tahové zkoušky traktorů musí vyhovovat předpisům týkajících se složení povrchu. Pokud se tahové zkoušky provádějí v polních podmínkách, např. na strništi, potom výsledky tahových zkoušek mohou být ovliv-

něny např. druhem půdy – jejím mechanicko-fyzikálním složením, vlhkostí, předplodinou a předcházejícím zpracováním půdy. Výhodou laboratorního měření je dodržení exaktních a neměnných podmínek při všech zkouškách bez ohledu na okamžité klimatické podmínky. Na válcovém dynamometru je možno také provádět různé experimenty, které by se např. v polních podmínkách nedaly vůbec uskutečnit. Pro exaktní porovnání, např. tahových vlastností různých typů traktorů, je vhodné použít laboratorní měření na válcové zkušebně. Válcové dynamometry patří mezi měřicí zařízení, která dokážou relativně dobře uspokojovat nároky na požadavky praxe. Nesené nebo návěsné traktorové soupravy jsou charakteristické tím, že nářadí je připojeno k traktoru pomocí třibodového závěsu, takže výsledný silový účinek nářadí na traktor se

obvykle značně odlišuje od účinku prosté tahové síly, která je typická pro každou tahovou zkoušku.

Cílem našeho příspěvku je na základě provedených tahových zkoušek provést analýzu záběrových a prokluzových parametrů a stanovit obecné matematické formulace vhodné pro posouzení tahových vlastností různých typů traktorů na válcové zkušebně.

MATERIÁL A METODY

Měření jsme prováděli s traktorem JOHN DEERE 7820, viz obr. 1. Pro ověření parametrů motoru uváděných výrobcem byla před vlastním měřením tahových vlastností změřena otáčková charakteristika motoru.



1: Traktor JD 7820 na válcové zkušebně

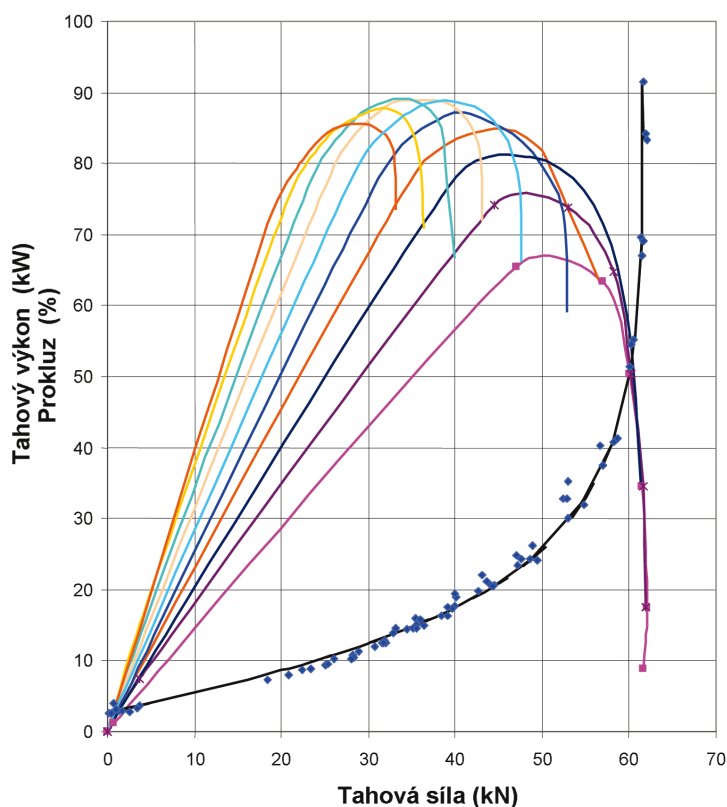
I: Charakteristika měřeného traktoru John Deere 7820 (údaje uváděné výrobcem)

Parametr	Jednotka	Údaj
Typ	(-)	JOHN DEERE 7820
Motor		
Výkon jmenovitý (ECE-24)	(kW)	136
Max. točivý moment/otáčky	(Nm/min ⁻¹)	903/1400
Jmenovité otáčky	(min ⁻¹)	2100
Počet válců	(-)	6
Vrtání / zdvih	(mm)	106,5 / 127
Objem válců	(dm ³)	6,8
Přepřlňování	(-)	turbokompresorem s mezichladičem
Vstřikovací systém	(-)	Common Rail
Převodovka		
Typ	(-)	AUTOPOWR
Řazení	(-)	plynulá převodovka s elektronickým řízením s přímou vazbou na motor
Rychlost	(km/h)	0,05 – 50
Pohon pojezdu	(-)	4K4
Pneumatiky		
Zadní náprava	(-)	MICHELIN 650 / 65 R42 XM108
Přední náprava	(-)	MICHELIN 540 / 65 R30 XM108
Tlak v pneumatikách		
Zadní	(kPa)	160
Přední	(kPa)	250
Hmotnost		
Celková	(kg)	10 680
Zadní náprava	(kg)	5470
Přední náprava	(kg)	5210

Tahové charakteristiky traktoru byly měřeny na dynamometru VDU E270T-E150T, viz obr. 1. Dynamometr umožňuje měření tahových vlastností traktorů v rozsahu pojezdových rychlostí do 16 km/h. Maximální celkový měřený výkon je 420 kW a maximální tahová síla 200 kN. Měřicí zařízení se skládá ze čtyř nezávisle řízených elektrických dynamometrů, na které se přenáší tahová síla z každého kola prostřednictvím párových válců se zdrsněním RAA 1,6. Podrobnější charakteristika pracoviště je uvedena v literatuře Sedláč, Bauer (2002). Při zkoušce byly současně měřeny otáčky motoru, tahová síla, rychlost jízdy, prokluz kol, spotřeba paliva, teplota nasávaného vzduchu, teplota mazacího oleje v motoru, teplota výfukových plynů, plnicí tlak za turbodmychadlem a teplota paliva. Měření spotřeby paliva bylo provedeno objemově průtokoměrem Flowtronic 206. Vzhledem k objemovému způsobu měření nafty byla průběžně měřena její teplota a proveden přepo-

čet na hmotnostní spotřebu. Pro měření uvedených parametrů byly použity snímače, které jsou součástí zkušebny. Kromě těchto údajů byly snímány také hodnoty z CAN-BUS traktoru. Ze sítě vozidla byly odečítány otáčky motoru, hodinová spotřeba paliva, zatížení motoru, teplota chladicí kapaliny, oleje v motoru, teplota paliva v tlakovém zásobníku a plnicí teplota vzduchu.

Všechny zkoušky proběhly s nastavenou plnou dávkou paliva. Měření tahových vlastností na válcové zkušebně bylo realizováno při ustálených režimech zatěžování traktoru. Řízení celé zkušebny zajišťuje v reálném čase server na základě zadaného programu podle typu zkoušky. Současně jsou měřené hodnoty stejně jako u předchozí zkoušky ukládány do paměti počítače a následně vyhodnoceny. Během všech měření byl zařazen pohon obou náprav a zapnuta uzávěrka diferenciálů. Naměřená tahová charakteristika je uvedena na obr. 2.



2: Tahová charakteristika traktoru JD 7820 naměřená na válcové zkušební. Statické zatěžování, volič režimu převodovky v poloze 0, ruční nastavování převodových poměrů, jezdová rychlost $v = 6\text{--}15\text{ km/h}$.

Pro odvození parametrů záběrové křivky $\mu = f(\delta)$ a prokluzové křivky $\delta = f(\mu)$ kol traktoru na válcích dynamometru byly hodnoty prokluzů a jim odpovídající součinitele záběru vyneseny do grafů. Jelikož odvozovaná prokluzová křivka prochází vždy počátkem, je nutné provést transformaci naměřených údajů. Naměřené hodnoty skutečného prokluzu byly transformovány na prokluz absolutní odečtením hodnoty δ' , což je prokluz při $F_t = 0$. Pro transformovaný soubor byly stanoveny parametry prokluzové křivky $\delta = f(\mu)$. Obecný tvar této funkce uvádí Grečenko, 1994:

$$\delta = \frac{\delta_k}{3\mu_m} \cdot \frac{3\mu_m\mu - 2\mu^2}{\mu_m - \mu}. \quad [-] \quad (1)$$

Jedná se o dvouparametrickou rovnici, jejíž parametry μ_m a δ_k se určí ze souřadnic dvou vhodně zvolených bodů, kterými prokluzová křivka prochází. Pro limitní součinitel záběru μ_m platí, že prokluz $\delta = \infty$ a pro $\mu_k = 0,5 \cdot \mu_m$ je $\delta = \delta_k$. Součinitel záběru pro zkoušený traktor byl v jednotlivých bodech měření stanoven ze vztahu:

$$\mu = \frac{F_h}{G} \cdot \frac{F_t + F_v}{G}, \quad [-] \quad (2)$$

kde: F_h - hnací síla (kN)
 G - tíha traktoru (kN)
 F_t - tahová síla (kN)
 F_v - valivý odpor (kN).

Valivý odpor traktoru na válcích dynamometru byl změřen při různých jezdových rychlostech a naměřené hodnoty byly proloženy polynomem. Při vlastním měření se pro každou rychlost vypočte valivý odpor a z naměřené tahové síly a valivého odporu se stanoví hnací síla.

$$F_h = F_t + F_v. \quad [\text{kN}] \quad (3)$$

Dále byla odvozena rovnice záběrové křivky, což je závislost součinitele záběru (v našem případě spíše součinitele adheze) na prokluzu kol $\mu = f(\delta)$ na válcích dynamometru. Obecná rovnice uvedené křivky je:

$$\mu = \frac{\mu_m(\delta)}{4} \cdot \left[\frac{2\delta}{\delta_{kc}} + 3 - \sqrt{\left(\frac{2\delta}{\delta_{kc}} - 1 \right)^2 + 8} \right], \quad [-] \quad (4)$$

kde:

$$\mu_m(\delta) = \mu_{mo} \cdot \left(\frac{1}{1 + \lambda} \right) \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{1 + \delta} \right). \quad [-] \quad (5)$$

Jedná se tedy o rovnici se třemi parametry μ_{mo} , λ a δ_{kc} . Parametry se obdobně jako v předchozím případě stanoví ze souřadnic dvou vhodně zvolených bodů, jimiž aproximovaná křivka prochází. Z naměřených hodnot na válcovém dynamometru je patrné, že součinitel záběru roste s prokluzem do určité hodnoty a s dalším nárůstem prokluzu je již konstantní. Postup stanovení jednotlivých parametrů uvádí Grečenko, 1994.

Prokluzová a záběrová křivka v odvozeném obecném tvaru

$$\delta = \frac{A \cdot \mu - B \cdot \mu^2}{C - \mu} \quad [-] \quad (6)$$

a

$$\mu = \left(\frac{X}{1 + \delta} + Y \right) \cdot [Z \cdot \delta + 3 - \sqrt{(Z \cdot \delta - 1)^2 + 8}] \quad [-] \quad (7)$$

byla také vyhodnocena statisticky. Pomocí nelineární regrese byly vypočteny regresní koeficienty A, B, C a X, Y a Z. Statistické vyhodnocení je vhodné především proto, že minimalizuje čtverec odchylek teoretických hodnot od naměřených a vypočtená křivka tak prochází co nejbližše experimentálními hodnotám. Kromě regresních koeficientů se výpočtem získají

další statistické indexy, pomocí nichž lze vyhodnotit kvalitu provedené analýzy. Podle těchto indexů je možno volit nejvhodnější řešení, při kterém získáme nejlepší aproximaci prokládané křivky naměřeným údajům. V našem případě byla statistická významnost vypočtených regresních funkcí a regresních koeficientů testována pomocí F a t –testu. Kromě nelineární regrese byla u naměřených hodnot závislosti $\mu = f(\delta)$, pro porovnání provedena také aproximace polynomm pomocí regrese lineární.

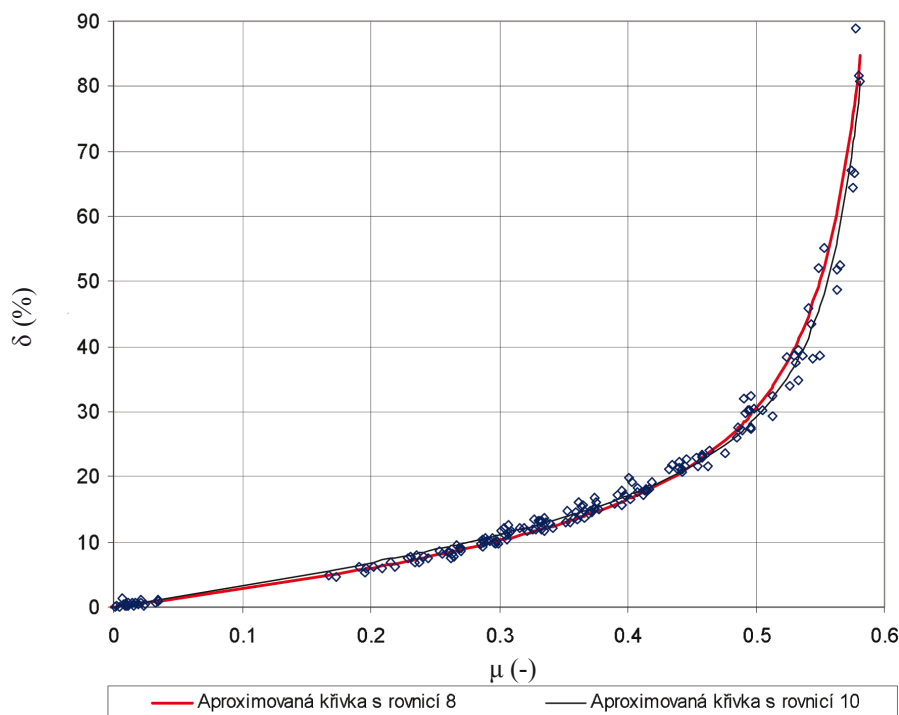
VÝSLEDKY

Uvedenými postupy byly vypočteny parametry prokluzové křivky pro traktor JD 7820, s pneumatikami MICHELIN 650/65 R42 na zadní nápravě a pneumatikami MICHELIN 540/65 R 30 na přední nápravě, na válcích válcového dynamometru.

Odvozením parametrů první uvedenou metodou, vycházející z fyzikální podstaty jevu, jsme získali rovnici prokluzové křivky

$$\delta = \frac{0,161268\mu - 0,172632\mu^2}{0,622781 - \mu}, \quad [-] \quad (8)$$

kteřá vyjadřuje závislost prokluzu kol na válcovém dynamometru na součiniteli záběru. Průběh vypočtené funkce je spolu s transformovanými hodnotami prokluzu δ v závislosti na součiniteli záběru μ vyneseno do grafu na obr. 3. Z grafu je patrné, že aproximovaná prokluzová křivka velmi dobře reprezentuje naměřené hodnoty.



3: Průběh prokluzu kol traktoru JD 7820 v závislosti na součiniteli záběru. Měřeno při standardní tahové zkoušce na válcovém dynamometru. Transformované hodnoty proloženy odvozenou funkcí.

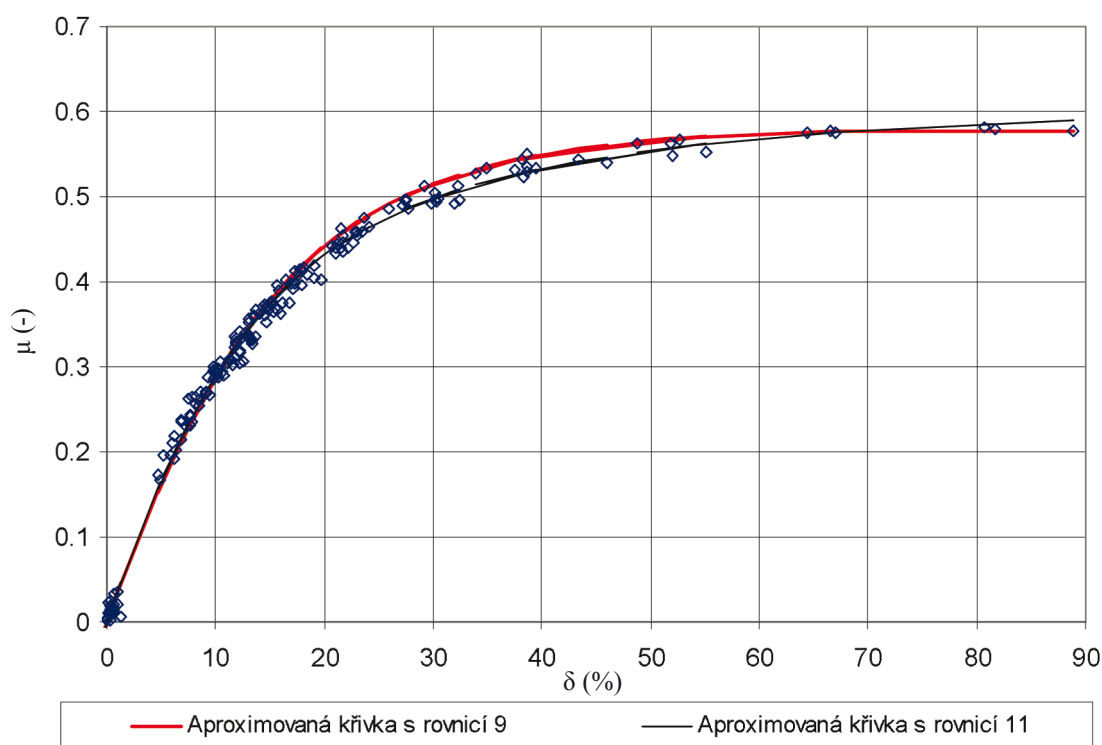
Obdobně byla vypočtena také rovnice záběrové křivky vyjadřující závislost součinitele záběru na pro-

kluzu kol na válcích dynamometru $\mu = f(\delta)$. Výpočtem jsme získali rovnici ve tvaru

$$\mu = \left(\frac{0,07505}{1 + \delta} + 0,11832 \right) \cdot [13,9245 \delta + 3 - \sqrt{(13,9245 \delta - 1)^2 + 8}] \quad [-] \quad (9)$$

Průběh vypočtené závislosti spolu s transformovanými daty je uveden v grafu na obr. 4. Také v tomto

případě uvedená funkce velmi dobře charakterizuje naměřené hodnoty.



4: Průběh součinitele záběru traktoru JD 7820 v závislosti na prokluzu kol. Transformované hodnoty ze standardní tahové zkoušky na válcovém dynamometru proložené vypočtenou funkcí.

Dále byly z transformovaných hodnot metodou nejmenších čtverců vypočteny koeficienty prokluzové i záběrové křivky. Výpočtem pomocí nelineární regrese jsme získali rovnici prokluzové křivky ve tvaru

$$\delta = \frac{0,1908\mu - 0,2486\mu^2}{0,6143 - \mu} \quad [-] \quad (10)$$

a záběrové křivky ve tvaru

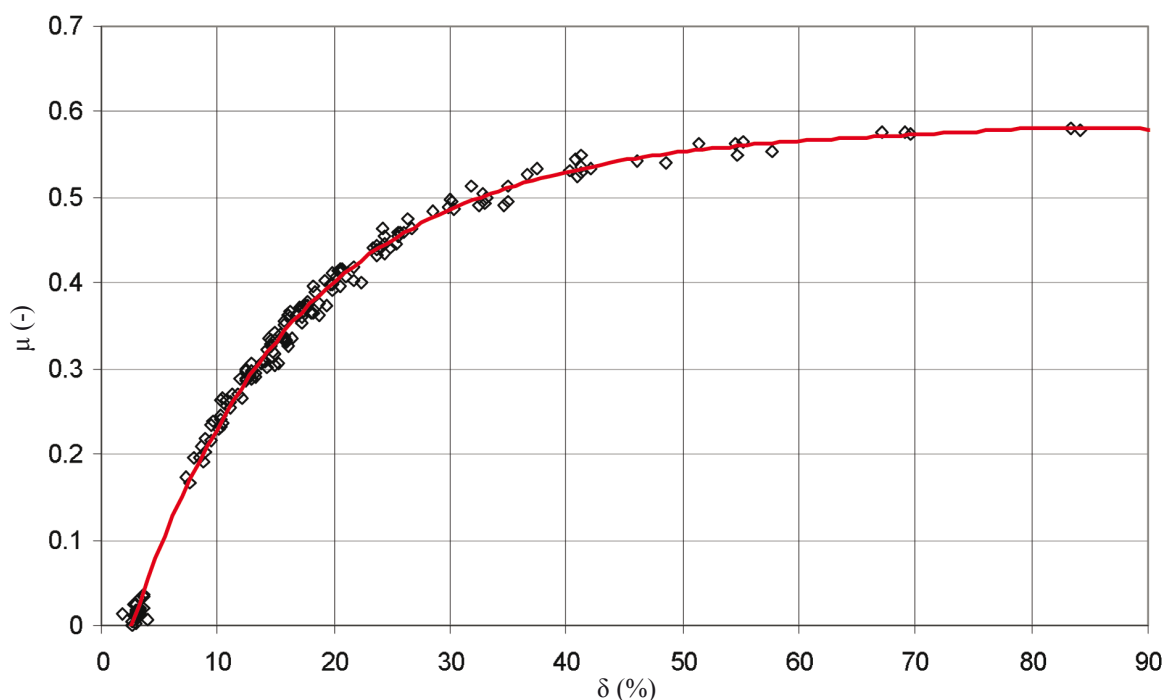
$$\mu = \left(\frac{0,00028}{1 + \delta} + 0,1581 \right) \cdot [17,4618 \delta + 3 - \sqrt{(17,4618 \delta - 1)^2 + 8}]. \quad [-] \quad (11)$$

Pro porovnání jsou obě vypočtené křivky také vyneseny do grafů na obr. 3 a 4. U naměřených hodnot byla také provedena aproximace polynommem pomocí

lineární regrese. Nejlépe vystihuje naměřené hodnoty polynom šestého stupně ve tvaru

$$\mu = -0,114 + 0,506\delta - 0,0019\delta^2 + 4,5 \cdot 10^{-5}\delta^3 - 6,4 \cdot 10^{-7}\delta^4 + 4,8 \cdot 10^{-9}\delta^5 - 1,4 \cdot 10^{-11}\delta^6. \quad [-] \quad (12)$$

Průběh funkce je uveden v grafu na obr. 5.



5: Závislost součinitele záběru traktoru JD 7820 na prokluzu kol. Naměřené hodnoty ze standardní tahové zkoušky na válcovém dynamometru proložené polynomem.

Těsnost závislostí byla hodnocena pomocí indexu korelace. Současně byl proveden test vypočtených funkcí a regresních koeficientů. Výsledky obou testů a vypočtené indexy korelace jsou uvedeny v tabulkách II až IV.

II: Test regresních funkcí

Vypočtená funkce	Index korelace	F_{vyp}	Významnost F
10	0,99101	4898,3	$5,3 \cdot 10^{-157}$
11	0,99730	16662	$4,3 \cdot 10^{-204}$
12	0,99870	4795,8	$1,396 \cdot 10^{-91}$

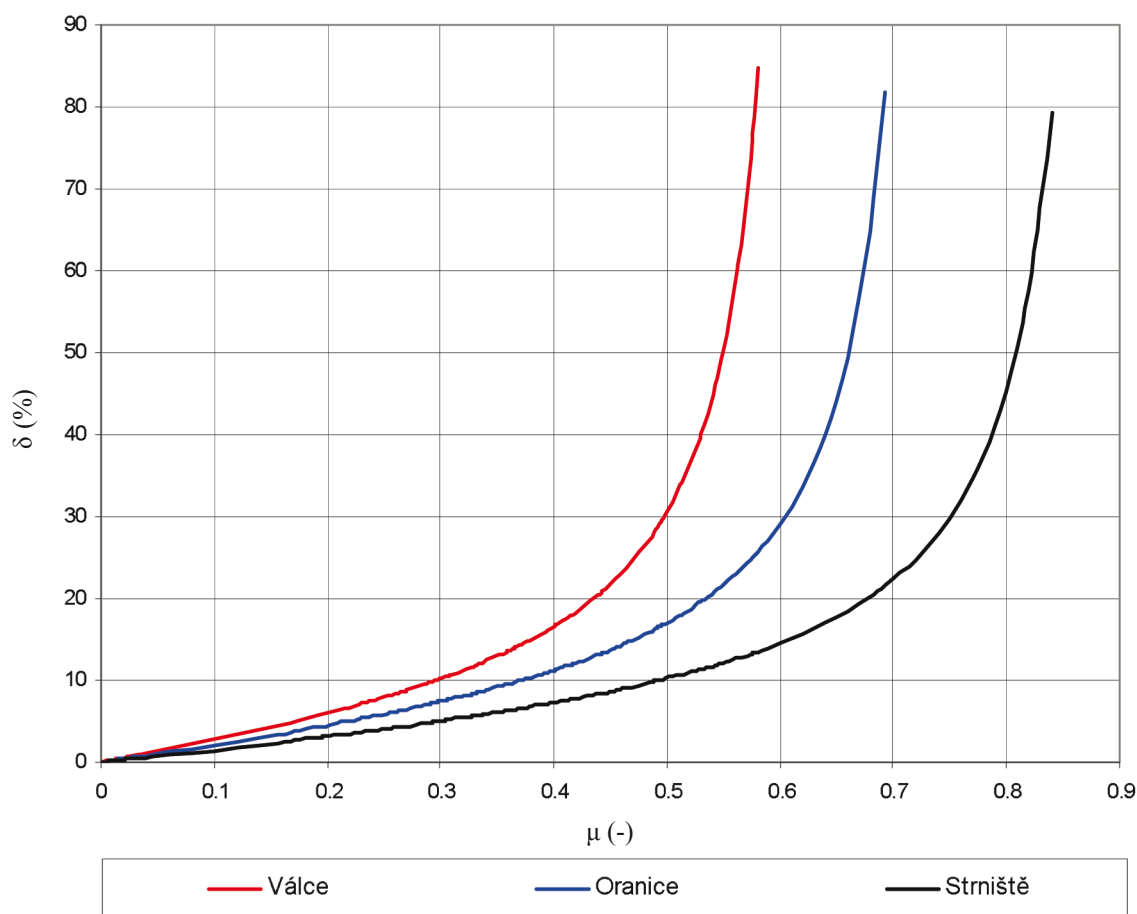
Z hodnot indexů korelace uvedených v tab. II je zřejmé, že všechny vypočtené závislosti vykazují vysokou těsnost. Statistická významnost regresních funkcí byla testována pomocí F-testu (viz tab. II). Jak je z tabulky patrné, vypočtená hladina významnosti, která je výrazně nižší než $\alpha = 0,01$, dokládá, že všechny vypočtené funkce jsou vysoce průkazné. To znamená, že regresní funkce velmi dobře vystihují naměřené hodnoty. Následující t-test (tab. III a IV) koeficientů regresních funkcí dokazuje, že také všechny vypočtené koeficienty jsou statisticky významné.

III: Test koeficientů prokluzové a záběrové funkce (ne-lineární regrese)

Koeficient	Hodnota	t_{stat}	Hladina významnosti
A	0,1908	36,6923	$3,3 \cdot 10^{-85}$
B	0,2486	19,7302	$6,9 \cdot 10^{-47}$
C	0,6143	279,227	$3,09 \cdot 10^{-238}$
X	0,00028	0,02469	0,047823
Y	0,158103	22,7074	$1,3 \cdot 10^{-54}$
Z	17,4618	28,8638	$3,01 \cdot 10^{-69}$

IV: Test koeficientů polynommické funkce

Koeficient	Hodnota	t_{stat}	Hladina významnosti
konst.	-0,114315	-32,1043	$2,0975 \cdot 10^{-44}$
δ	0,050657	33,7169	$7,6471 \cdot 10^{-46}$
δ^2	-0,001932	-10,7855	$1,0962 \cdot 10^{-16}$
δ^3	$4,5773 \cdot 10^{-05}$	5,4163	$7,6533 \cdot 10^{-07}$
δ^4	$-6,4362 \cdot 10^{-07}$	-3,4862	0,00083854
δ^5	$4,8089 \cdot 10^{-09}$	2,5650	0,01240127
δ^6	$-1,4578 \cdot 10^{-11}$	-2,0373	0,04528766



6: Porovnání průběhu prokluzu na válcích dynamometru se standardními prokluzy na strništi a oranici

Pro porovnání se standardními podmínkami jsou na obr. 6 uvedeny průběhy prokluzů na strništi a oranici. V porovnání s průběhem prokluzu na válcích dynamometru je ve standardních podmínkách dosahován

výrazně nižší prokluz kol, což je způsobeno výrazným rozdílem vlastností povrchu, po kterém se kola traktoru pohybují a také rozdílným způsobem přenosu síly z kola na podložku.

SOUHRN

Z porovnání jednotlivých metod stanovení rovnic prokluzové a záběrové křivky kol traktoru na válcích dynamometru vyplývá, že ve všech případech odvozené rovnice charakterizují velmi dobře naměřená data. Při stanovení parametrů rovnic první metodou, vycházející z fyzikální podstaty jevu, závisí průběh získané funkce do značné míry na výběru vhodných bodů, z nichž se parametry odvozují. Tato metoda vyžaduje vždy zobrazení výsledku v grafu s případnou úpravou a vylepšením výsledku. Posouzení kvality provedené aproximace je pouze vizuálním porovnáním s naměřenými hodnotami. Při využití statistických metod je určení koeficientů rovnic exaktní a rychlé, s možností posouzení jak vypočtená funkce reprezentuje naměřená data. Pro stanovení koeficientů rovnic jsme použili jak nelineární, tak i lineární regresi.

Předložená práce dovoluje s dobrou přesností a statistickou průkazností, která je v práci doložena výsledky testování, viz tab. II až IV, určit výsledné parametry tahových vlastností traktorů. Matematická

závislost, kterou odvodil A. Kment a ve své práci ji uvádí Grečenko (1963), vyjadřující vztah prokluzu δ a součinitele využití adheze μ , platná v přímkové části prokluzu, je

$$\delta = \frac{2 \cdot p_s}{\gamma \cdot l} \cdot \mu. \quad [-] \quad (13)$$

Uvedený vztah potvrzuje možnost zobecnění prokluzu součinitelem využití adheze. Podle výsledků Kmentovy práce je prokluz dále závislý na středním měrném tlaku p_s , na délce stykové plochy pneumatiky s podložkou l a na vlastnostech pneumatiky vyjádřených velikostí součinitele tuhosti γ .

Máme-li naměřené závislosti $\mu = f(\delta)$ na měřicích válcích a provedené statistické srovnání s hodnotami standardních prokluzů a součinitelů adheze, potom můžeme s dostatečnou přesností sestrojit prokluzovou křivku pro libovolný traktor na měřicí válcové zkušebně. Máme tak k dispozici neobyčejně zobecňující prostředek, který dovoluje pro zvolený typ traktoru sestrojit celou tahovou charakteristiku, zjistit průběh tahové účinnosti, a tím podrobně a názorně posoudit tahové vlastnosti traktoru. Přenosem energie na povrch půdy kolovým podvozkem se zabývala celá řada autorů. V našem příspěvku vycházíme především z prací Grečenska (1994), Semetka a kol. (1986), Drabanta a Petranského (1987 a 1990), a Reniuse (1987).

Výsledné tahové parametry daného typu traktoru lze vyhodnotit pro libovolné hodnoty zvoleného prokluzu. Odvozené vztahy (6) a (7) mají stejný význam pro posuzování tahových vlastností traktorů na válcové zkušebně, jako vztahy pro standardní prokluzové křivky uváděné autory Grečenko, 1994, nebo Semetko a kol., 1985. Vzhledem k tomu, že na průběh prokluzu v závislosti na součiniteli záběru má vliv celá řada činitelů, jako je konstrukce pneumatiky, huštění, druh půdy, po které se pneumatika pohybuje, její vlhkost a další činitelé, je možno konstatovat, že odvozená prokluzová křivka dobře koresponduje s křivkou standardního prokluzu.

Ze vztahu (8) nebo (10) je možno vypočítat v mezích od $\mu = 0$ do $\mu = \mu_m$ průběh prokluzu kol traktoru na válcích dynamometru. Z parametrů motoru traktoru, převodů a vypočteného průběhu prokluzu se stanoví průběh rychlosti na jednotlivé převodové stupně. S využitím vztahu (2) lze ze známé tíhy vozidla, předpokládaného odporu valení a součinitele záběru stanovit tahovou sílu. Z takto vypočtených hodnot je možno určit tahový výkon pomocí vztahu

$$P_t = F_t \cdot v. \quad [\text{kW}] \quad (14)$$

Traktorová souprava je v praxi zřídka kdy zatížena prostou tahovou silou, častěji je tvořena neseným strojem připojeným k traktoru pomocí tříbodového závěsu. Síly v závěsu způsobují rozdílné zatížení jednotlivých kol, dochází ke změně zatížení náprav, což podstatným způsobem ovlivňuje záběrový účinek hnacích kol, ale také zhutňování půdy. Technické vybavení měřicí válcové zkušebny se čtyřmi dynamometry umožňuje nezávisle na jednotlivých kolech měřit hnací síly, prokluz a rychlost. Na měřicím stanovišti jsme schopni posuzovat tahové vlastnosti traktorů pro různé varianty měnicího se zatížení a vyhodnocovat záběrové a prokluzové parametry konkrétního typu traktoru.

traktor, válcová zkušebna, tahová charakteristika, hnací síla, prokluz

Uvedená práce je výsledkem řešení dílčí části projektu QF 4080 „Vývoj energeticky méně náročných technologií rostlinné výroby“. Autoři příspěvku děkují firmě STROM, s.r.o. Praha, za poskytnutí materiální podpory a traktoru JD7820, pro realizovaná měření.

LITERATURA

- GREČENKO, A.: Vlastnosti terénních vozidel. VŠZ Praha, 1994, 118 s.
 GREČENKO, A.: Kolové a pásové traktory. SZN Praha 1963, 402 s.
 GIACOMETTI, G., LAMORATTA, G., FOSSATI, R., SANTORO, G., COLZANI, G.: Equipment,

- instrumentation and programmes for track testing of tractors. In.: Annali dell'Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola, Roma 1989, s. 303–321.
 DRABANT, Š., PETRANSKÝ, I., ŽIKLA, A.: Výzkum progresivnějších metod v tahových zkouškách traktorů. In.: Acta technol. agric. Univ. agric. Nit-ra, Bratislava, Příroda 1978., XVIII, s. 55–71.

- DRABANT, Š., SEMETKO, J.: Vplyv periodického zaťaženia na preklz traktora Z-8011. In.: *Acta technologica agriculturae*. XXIV, Nitra, 1983, s. 17–32.
- DRABANT, Š., PETRANSKÝ, I.: Vplyv neustáleného zaťaženia na preklz traktora Z-12045. In.: *Acta technologica agriculturae*. XXXI, Nitra, 1990, s. 105–117.
- RENIUS, K., T.: *Traktoren – Technik und ihre Anwendung*. Verlagunion Agrar, BLV Verlag München, 1987, 191 s.
- SEDLÁK, P., BAUER, F., FAJMAN, M.: Výsledky měření automatické převodovky traktoru John Deere 8210. In.: *Acta univ. agritec. et silvic. Mendel. Brun. (Brno)*, 2002, L, č. 1, s. 213–221.
- SEMETKO, J., a kol.: *Mobilné energetické prostriedky 3. Príroda Bratislava*, 1986, 453 s.

Adresa

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