

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

6

ROČNÍK 22 (XLIX)
PRAHA
ČERVEN 1976
CENA 10 Kčs
CS ISSN 0044-3883

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

ZEMĚĚLSKÁ TECHNIKA

Rídí redakční rada

Jan Květoň (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Karel Bernhard, doc. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. Jiří Fiala, CSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Jaroslav Homolka, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Karel Joza, ing. Ján Kuchár, ing. Vladimír Piša, doc. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Štefl, CSc., Josef Višínský, CSc.

Vedoucí redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1976

■
Vědecký časopis ZEMĚĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozboru a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Vychází měsíčně. Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541-9. Celoroční předplatné Kčs 120,—.

■
Научный журнал ЗЕМЕДЕЛЬСКАЯ ТЕХНИКА публикует обзоры, анализы и научные статьи о разрешенных заданиях по научному исследованию в области сельскохозяйственной техники. Издаёт Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезска 7.

■
The scientific journal ZEMĚĚLSKÁ TECHNIKA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the agricultural mechanization. Publishes by the Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. Issued monthly. Editorial office 120 56 Praha 2, Slezská 7.

■
Die wissenschaftliche Zeitschrift ZEMĚĚLSKÁ TECHNIKA veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Landtechnik. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Information der Landwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion 120 56 Praha 2, Slezská 7.

■
Le journal scientifique ZEMĚĚLSKÁ TECHNIKA publie les études, analyses et traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de technique agricole. Publié par l'Institut des informations scientifiques et techniques pour l'agriculture. Paraît une fois par mois. Rédaction 120 56 Praha 2, Slezská 7.

ZÁBĚROVÉ VLASTNOSTI PNEUMATIK PŘI OPAKOVANÉM PRŮJEZDU HNACÍCH KOL TOUTÉŽ STOPOU

R. Kristek, A. Grečenko

Generální ředitelství Strojních a traktorových stanic a opraven zemědělských strojů, Praha - Vinoh

Výzkumný ústav zemědělských strojů, Praha-Chodov

KRISTEK R., GREČENKO A. *Záběrové vlastnosti pneumatik při opakovaném průjezdu hnacích kol toutéž stopou.* Zem. technika 22 (6): 309—329, 1976.

Práce vyšetřuje záběrové poměry u hnacích kol s pneumatikami, k nimž dochází při jízdě několikanápravového vozidla s pohonem všech kol po měkké půdě, jsou-li kola vozidla uspořádána tak, že každé další se pohybuje ve stopě kola předcházejícího. Základem výzkumu bylo měření trakčních vlastností pneumatik s rozměrem 14,9/13—28, uskutečněné na kultivované půdě v roce 1972. K měření bylo použito upraveného traktoru Zetor 5611, uchyceného speciálním závěsem na brzdící vozidlo. Záběrové vlastnosti byly měřeny při dvojnásobném huštění pneumatik a při čtyřech průjezdech hnacích kol toutéž stopou. Výsledky měření jsou zpracovány jako závislost prokluzu na součiniteli tahu a součiniteli záběru. Zahrnují také hodnoty součinitele valení. Prokluzové křivky jsou k dalšímu použití matematicky interpretovány bilineární rovnicí prokluzu a podrobně analyzovány tak, aby se vyjasnily změny mechanických vlastností půdy po jednotlivých průjezdech. Výsledky rozboru jsou porovnány s přímým měřením koheze půdy smykacím přístrojem. Měření prokázala zlepšování záběrových vlastností pneumatik zejména při druhém a třetím průjezdu toutéž stopou a při sníženém huštění pneumatik.

pneumatiky; terénní vozidla; měření záběrových vlastností; bilineární rovnice prokluzu

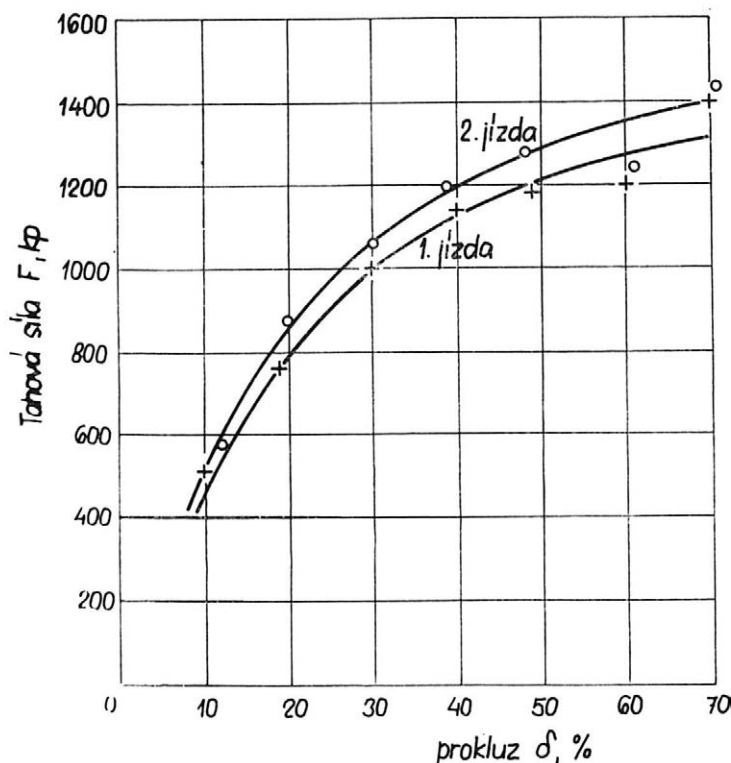
Znalosti o záběrových vlastnostech pneumatik při opakovaném průjezdu hnacích kol toutéž stopou se uplatňují při řešení tahových a jízdních vlastností vozidel s alespoň dvěma hnacími nápravami.

Účelem výzkumné práce bylo zejména experimentálně zjistit a s pomocí teramechaniky analyzovat záběrové vlastnosti a odpor valení pneumatik při čtyřnásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou v terénu. Tento počet průjezdů byl pokládán za dostačující vzhledem k možným aplikacím, protože pětínápravová vozidla by se mohla vyskytnout jen zcela výjimečně a kromě toho by bylo možné chování pátého hnacího kola předpokládat ze známých údajů pro kola předcházející.

Naměřené prokluzové křivky byly standardní metodou vyjádřeny bilineárními (binomickými) rovnicemi prokluzu (Grečenko, 1970). Ty byly dále použity k výpočtu tahových vlastností několika variant vícenápravových tahačů s pohonem všech kol při uvažování skutečných zatížení kol (Kristek, 1972). Tato část práce bude publikována později.

Okolnost, že každé další kolo s pneumatikou, jedoucí v téže stopě, se valí po půdě za jiných podmínek než předchozí, nebyla dosud při výpočtech vozidel nijak zvlášť respektována. Existuje však několik prací zabývajících se řešením tohoto druhu pohybu. Jsou to zejména práce Reeda aj. (1959), Sonnena (1962), Bočarova aj. (1963), Listona a Martina (1966), Leviticuse a Liljedahla (1966), Southwella a Marwooda (1966) a nejnověji Holma (1969).

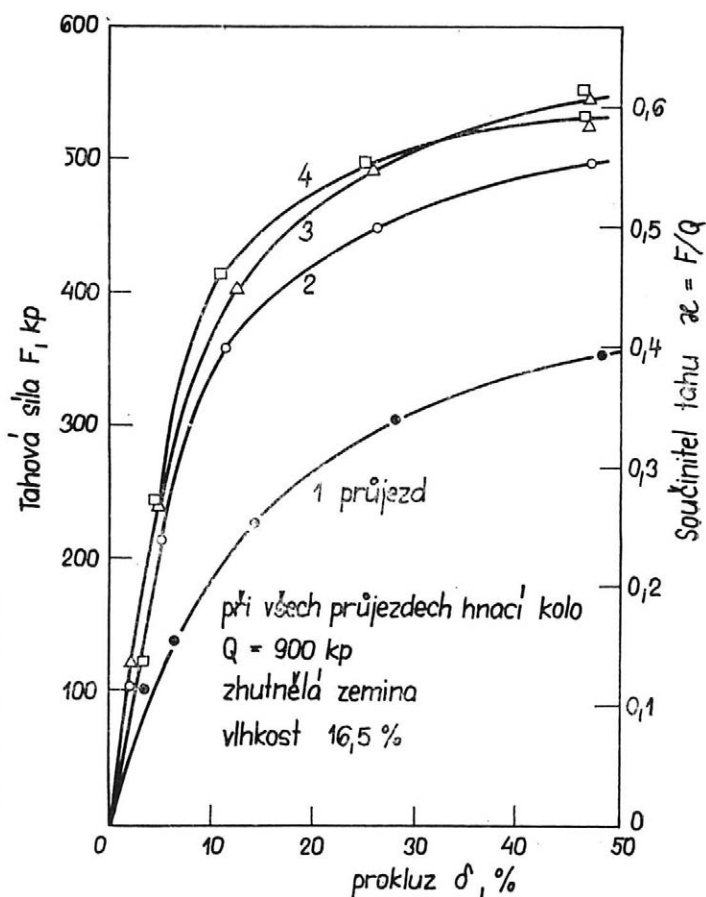
Jedno z prvních měření záběrových vlastností pneumatik, uskutečněné Reedem aj. (1959) při trojnásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou na poměrně kypré a suché půdě, prokázalo zlepšení záběrových vlastností pneumatik při druhé i třetí jízdě vzhledem k jízdě první. Další měření, při němž byl použit upravený kolový traktor s dvoukolovým pohonem, opatřený na hnacích kolech pneumatikami 10–28 AS (huštění 0,08 MPa, statické zatížení hnací nápravy 13,7 kN), uskutečnil Sonnen (1962). I výsledky tohoto měření dvojnásobného průjezdu hnacích kol toutéž stopou, provedeného na zemědělské půdě (strniště na písčité hlíně, vlhkost 20,1 %), vykazují zlepšení tahových vlastností pneumatik při druhé jízdě toutéž stopou vzhledem k jízdě první (obr. 1).



1. Závislost tahové síly na prokluzu při první a druhé jízdě hnacích kol toutéž stopou (Sonnen, 1962)

Jednou z nejnovějších prací o uvedené problematice je práce Holma (1969). Tento autor měřil v půdním kanálu, přičemž registroval tyto veličiny: tahovou sílu, odpor valení, hnací moment, zaboření a deformaci pneumatiky při čtyřnásobném průjezdu kol toutéž stopou. V jednotlivých jízdách byla střídána hnací a hnaná kola, aby bylo možné hodnotit tahovou sílu jako funkci zatížení kol a počtu náprav nejen pro vozidla s pohonem na všechna kola, nýbrž i pro vozidla, jež mají kola hnací i hnaná a srovnávat tak

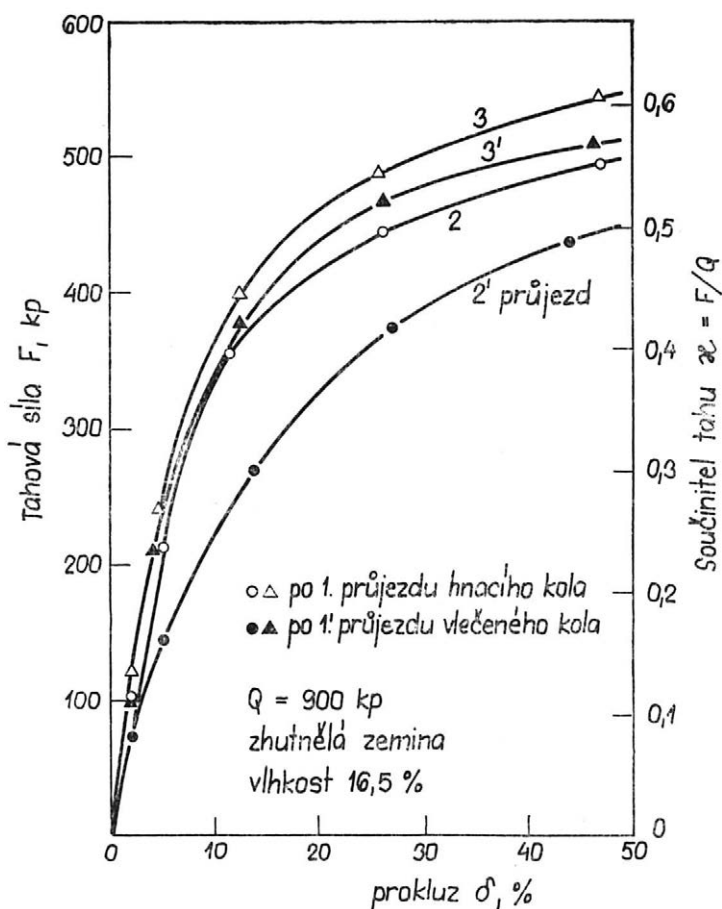
vozidla s různým uspořádáním pohonu kol. Měření v poměrně měkké půdě (aby bylo možné spolehlivě sledovat vliv pohybu několika pneumatik za sebou) byla vykonána s několika druhy pneumatik při třech různých zatíženích kola a jim odpovídajícímu huštění pneumatiky na hlinité půdě s přidavkem jemnozrnného písku. Tato půda byla jednak poněkud nakypřená, jednak byla uvalcována, přičemž byla udržována stejně vlhká v celém objemu. Výsledky těchto měření prokázaly, že i pneumatiky s hladkým běhounem mají na poddajné půdě při dalších jízdách v téže stopě vzhledem k jízdám předcházejícím jednoznačně lepší tahové vlastnosti, a to až do třetího průjezdu; při čtvrtém průjezdu je již zlepšení méně výrazné (obr. 2). Tahové vlastnosti hnacích kol při dalších průjezdech toutéž stopou byly do jisté míry ovlivněny i tím, zda předcházející kolo bylo hnané či hnací (obr. 3).



2. Závislost tahové síly a součinitele tahu na prokluzu při čtyřnásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou (Holm, 1969); pneumatiky AS 12,4/11-28 s hladkým běhounem; zatížení kola 8,8 kN; půda: písčitá hlína, $\rho = 1,61 \text{ g cm}^{-3}$, $w = 16,5 \%$

PODMÍNKY A ZPŮSOB MĚŘENÍ

Ze dvou možností měření záběrových vlastností pneumatik při několikanásobné jízdě hnacích kol toutéž stopou — ve vhodném půdním kanále nebo přímo v terénu — byla vybrána možnost druhá, jejíž důležitou předností je vystižení skutečných podmínek, za kterých se vozidla pohybují. Aby byly získány věrohodné výsledky, byly měřicí úseky pečlivě voleny tam, kde půda nebyla narušena předchozími průjezdy strojů. Mechanicko-fyzikální stav půdy podél měřicích úseků byl kontrolován a měřicí jízdy byly opako-



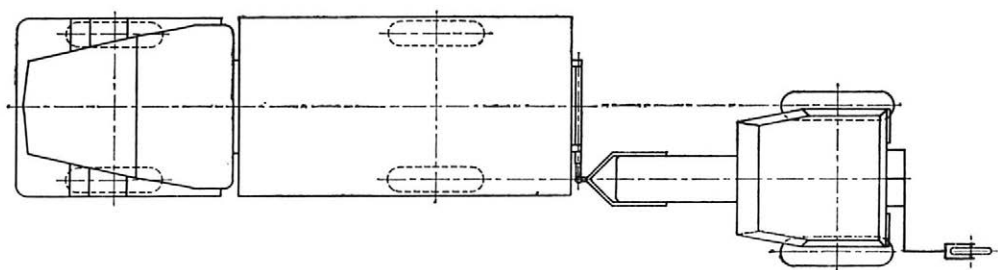
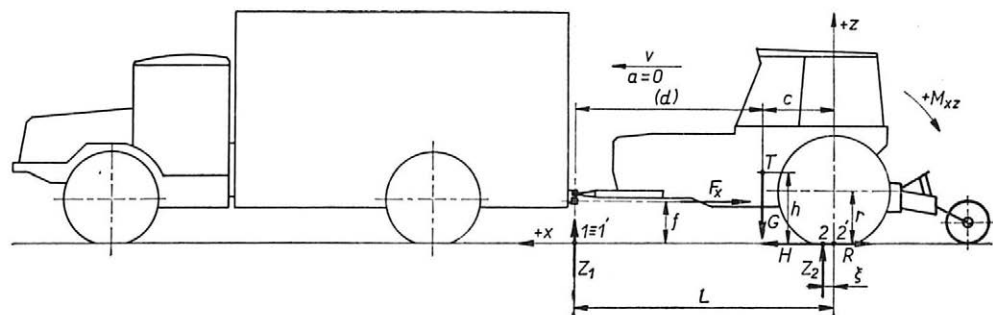
3. Vliv hnacího, resp. vlečeného (hnaného) kola v první jízdě na velikost tahové síly při druhém a třetím průjezdu hnacího kola toutéž stopou (Holm, 1969); pneumatiky AS 12,4/11-28 s hladkým běhounem, zatížení kola 8,8 kN; půda: písčitá hlína; $\rho = 1,61 \text{ g cm}^{-3}$, $w = 16,5 \%$

vány jízdou v protisměru v nové stopě v blízkosti jízdy prvního měření, aby rozdíly ve vlastnostech a homogenitě půdy byly co nejmenší; celé měření se konalo v jednom dnu.

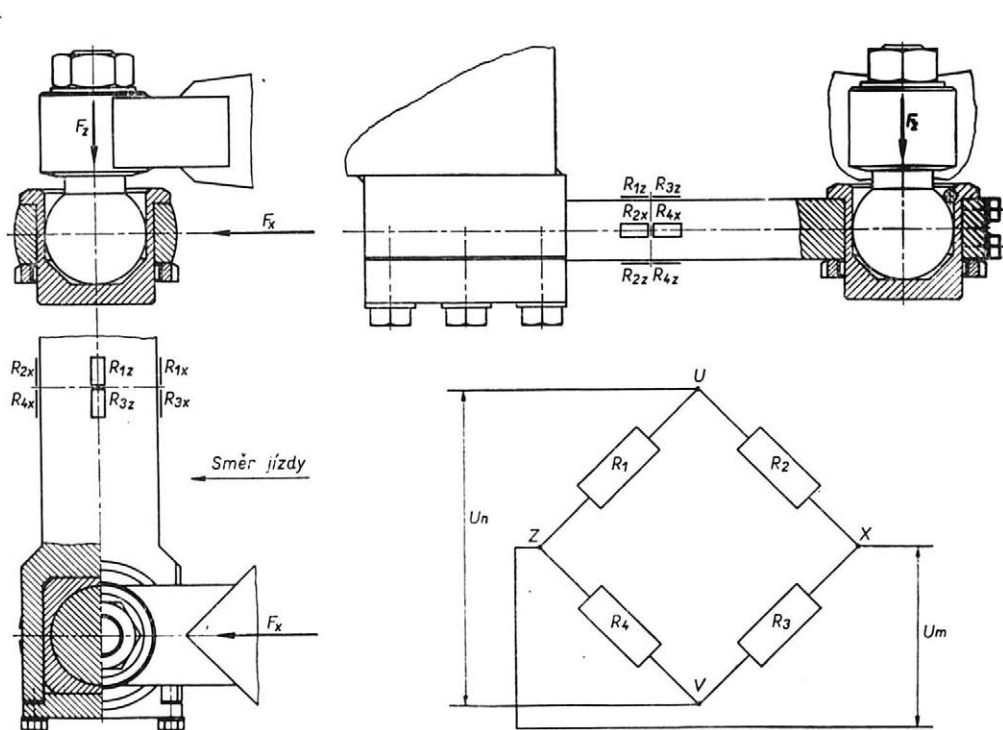
Na měřicí zařízení byly kladeny především tyto základní požadavky:

- snadné přemístění a ovladatelnost v terénu,
- měření nejméně dvou na sebe kolmých složek sil — vodorovné (tahová síla) a svislé (zatížení),
- možnost nastavení libovolné, předem určené hodnoty prokluzu, snadné dodržení nastavené velikosti prokluzu a jeho plynulou registraci,
- schopnost snadného držení stopy při druhé a dalších jízdách hnacích kol toutéž stopou a udržení přímocárnosti pohybu.

Měřicí souprava byla sestavena z brzdícího a měřícího vozu T-128, na jehož zadní části byl navěšen upravený traktor Z-5611 tak, aby jeho hnací kola jela mimo stopy brzdícího vozidla, tedy po neporušené půdě (obr. 4). Přední část traktoru byla s brzdícím vozidlem spojena závěsným zařízením s kulovým čepem uloženým ve válcovém pouzdru dvousložkového dynamometru upevněného na zadní části rámu brzdícího vozidla. Toto uložení se třemi stupni volnosti umožnilo vzájemné pootáčení obou dílů soupravy a snímání dvou na sebe kolmých složek sil, aniž by se tyto dvě složky vzájemně ovlivňovaly (obr. 5).



4. Nárysné a púdorysné schéma měřicí soupravy se znázorněním sil působících na traktor v rovině xz



5. Provedení dvousložkového dynamometru včetně umístění tenzometrů a jejich zapojení

Vlastní měření (obr. 6 a 7) bylo uskutečněno při poměrně nízké pojezdové rychlosti, kdy lze lépe nastavit požadovaný prokluz. S měřicí soupravou byly uskutečněny čtyři jízdy v téže stopě tak, aby hnací kola traktoru projížděla při následující jízdě ve stejném místě měřicího pozemku se stejným prokluzem jako při jízdě předcházející. K tomu účelu bylo použito páté kolo, připevněné na třibodovém závěsu traktoru, jedoucí ve stopě jeho levého hnacího kola.



6. Boční pohled na zavěšený traktor Z 5611 při prvním průjezdu hnacích kol po neporušeném povrchu půdy

7. Zadní boční pohled na měřicí soupravu při druhém průjezdu hnacích kol v téže stopě



Byly měřeny a registrovány tyto hlavní veličiny (obr. 4 a 5):

- tahová síla — F_x ,
- svislá reakce — Z_1 ,
- okamžitá rychlost hnacích kol v_h ,
- okamžitá rychlost pátého kola v_p .

Pro měření a nastavení rychlosti jízdy pátým kolem a obvodové rychlosti hnacích kol snímačem otáček vývodového hřídele byly použity indukční snímače s následujícím zesilovačem, pracujícím jako digitálně-analogový měnič, jehož výstupní signály byly vedeny na smyčky oscilografu K 105. Čidla uvedeného zařízení (Grečenko, 1968), pracující na frekvenčním principu, zajistila kvalitní záznam do minimální rychlosti pohybu přibližně 1,5 km za hodinu ($0,42 \text{ m s}^{-1}$).

Požadovaný prokluz byl nastaven a dodržen za těchto předpokladů:

— otáčky hnacích kol traktoru byly konstantní ve všech měřicích úsecích a při všech průjezdech toutéž stopou,

— otáčky pátého kola (nastavovací údaj) byly dodrženy při všech průjezdech toutéž stopou stejné v téměř měřicím úseku. K tomu účelu bylo napětí vytvořené magnetickým frekvenčním snímačem otáček pátého kola měřeno milivoltmetrem, podle jehož údajů byl nastaven požadovaný prokluz přibrzděním soupravy na hodnotu rychlosti předem stanovené pro každý měřicí úsek.

Měřicí pozemek, z něhož byla vybrána část o délce 300 m, jejíž podélný i příčný sklon nepřevyšoval 1 %, byl rozdělen na deset dvojitých úseků stejné délky. V první části každého úseku byl nastaven požadovaný úkon a v jeho druhé části bylo vykonáno vlastní měření metodou urychlených tahových zkoušek (Grečenko, 1968). Měřicí úseky byly rozděleny takto:

I. úsek

1. rozjezd soupravy bez zařazeného rychlostního stupně v převodovce traktoru na rychlost odpovídající teoretické rychlosti prvního převodového stupně;

2. měření odporu valení tažením traktoru za podmínek výše uvedených. Na konci úseku byl za jízdy zařazen první převodový stupeň a nastavena dodávka paliva tak, aby motor traktoru běžel ve jmenovitých otáčkách, resp. v regulátorové oblasti charakteristiky.

II. úsek

1. nastavení záporného prokluzu rozjezdem soupravy na rychlost vyšší než je teoretická rychlost při zařazeném prvním převodovém stupni (traktor byl brzdícím vozidlem tažen);

2. měření při záporném prokluzu cca -10% .

III. úsek

1. zpomalení soupravy brzdícím vozidlem, přechod ze záporného prokluzu na kladný a ze záporné hodnoty tahové síly na její kladnou hodnotu. Ze záznamu na pásku oscilografu z této části byla zjišťována konstanta pro výpočet relativního prokluzu;

2. měření při kladném prokluzu cca $+5 \%$.

IV. úsek

1. nastavení vyšší hodnoty kladného prokluzu dalším zpomalením soupravy brzdícím vozidlem;

2. měření při kladném prokluzu cca $+10 \%$.

V.—IX. úsek

Nastavení a měření při prokluzu v intervalu hodnot cca $+15$ až $+50 \%$.

X. úsek

Nastavení a měření při prokluzu cca $+60 \%$, včetně dalšího plynulého zpomalení měřicí soupravy brzdícím vozidlem s cílem dosáhnout co nejvyšších hodnot kladného prokluzu.

K vlastnímu měření použitý traktor Zetor 5611 byl opatřen běžnými hnacími pneumatikami značky Barum, rozměru 14,9/13—28 (8 PR) se záběrovým vzorkem TZ 7. Měřilo se při dvojím huštění pneumatik za konstantního statického zatížení 9,7 kN na jedno hnací kolo, nezávislého na huštění, a to:

a) 0,15 MPa — pneumatiky byly vzhledem k jejich statickému zatížení přehuštěny; tím se na měkké podložce chovaly obdobně jako kola s tuhým obvodem. Zjištěný účinný statický poloměr pneumatik $r_s = 650$ mm.

b) 0,07 MPa — pneumatiky byly nahuštěny tak, aby účinný statický poloměr kola, a tím i přípustná deformace pneumatiky při uvedeném statickém zatížení odpovídaly údajům výrobce ($r_s = 640$ mm). Huštění bylo vzhledem k minimálnímu údaji výrobce (0,09 MPa) sníženo proto, aby se pneumatiky i při menším statickém zatížení chovaly na měkké podložce jako kola s pružným obvodem.

Atmosférické a terénní podmínky:

— datum měření: 10. 4. 1972

— počasí: slunečno

— teplota během dne: 13—19 °C

— vlhkost vzduchu během dne: 72—52 %

— druh půdy podle ČSN 72 1001: hlína

— terén: kultivovaná půda — hluboká orba provedená na podzim minulého roku; asi deset dní před měřením byly hřebeny brázd usmykovány a pozemek uvláčen; tři dny před měřením silně pršelo; v době měření byl povrch pozemku již oschlý, ale v hloubce záběru zubů pneumatik byla zemina ještě přiměřeně vlhká;

— zaboření zubů pneumatik: při první jízdě po neporušeném povrchu půdy byly zuby pneumatik úplně zabořeny a vytvářely hlubokou stopu (podle velikosti prokluzu 7—14 cm). Při dalších jízdách hnacích kol v téže stopě byly zuby pneumatik již jen poměrně mělce zabořeny. Celková hloubka stopy vytvořené po čtvrté jízdě hnacích kol toutéž stopou činila, v závislosti na velikosti prokluzu, 9 až 18 cm.

Při měření záběrových vlastností pneumatik byly zároveň odebrány vzorky půdy, měřena koheze a penetrační odpor půdy a zjištěna velikost dosedací plochy pneumatiky.

Vzorky půdy ke stanovení zrnitosti byly odebrány před vlastním měřením, vzorky ke stanovení vlhkosti, objemové a specifické hmotnosti půdy během měření i po jeho ukončení.

Koheze a penetrační odpor půdy se měřily jednak na nestlačené půdě, jednak po každém průjezdu hnacích kol toutéž stopou, ve všech případech vždy na stejném místě měřícího pozemku. Koheze půdy byla měřena jednoduchým prstencovým smykacím přístrojem, kterým se měřila smyková pevnost půdy při téměř nulovém kontaktním tlaku, tj. přímo její koheze. Penetrační odpor se měřil registračním kuželovým penetrometrem s průměrem základny kužele 17,8 mm (tj. plochou základny 249 mm²) a vrcholovým úhlem 35° rovnoměrným a pozvolným zatlačením kužele do hloubky asi 30 cm.

Velikost dosedací plochy pneumatiky byla stanovena pro první a druhou jízdu v téže stopě s tím předpokladem, že při třetí a čtvrté jízdě se její velikost nebude příliš lišit od hodnoty zjištěné při druhé jízdě. Všechny otisky byly pořízeny v těsné blízkosti, aby byly co nejmenší rozdíly v homogenitě zeminy, a tím aby byl rozbor vlastností půdy i prokluzových křivek co nejvěrohodnější. Rozměry otisku byly změřeny a ofotografovány spolu s přiloženou mříží o rozměrech 50 × 80 cm se čtvercovými oky o straně 5 cm.

VÝSLEDKY

ZÁBĚROVÉ VLASTNOSTI PNEUMATIK

Záznam na pásku oscilografu byl vyhodnocen obvyklými měřítky. Všechny hodnoty nutné k zobrazení jednoho bodu prokluzové křivky byly odečteny na jedné a téže přímce, kolmé ke směru pohybu pásku.

Při určení součinitele tahu κ , součinitele valení ψ a součinitele záběru μ bylo použito základních rovnic rovnováhy sil působících na traktor měřicí soupravy (obr. 4):

$$\Sigma F_x = 0; \quad H - R - F_x = 0$$

$$\Sigma F_z = 0; \quad G - Z_1 - Z_2 = 0$$

Pro stanovení jmenovaných součinitelů platí:

součinitel tahu:
$$\kappa = \frac{F_x}{G - Z_1} = \frac{F_x}{Z_2} \quad (1)$$

součinitel valení:
$$\psi = \frac{R}{Z_2} \quad (2)$$

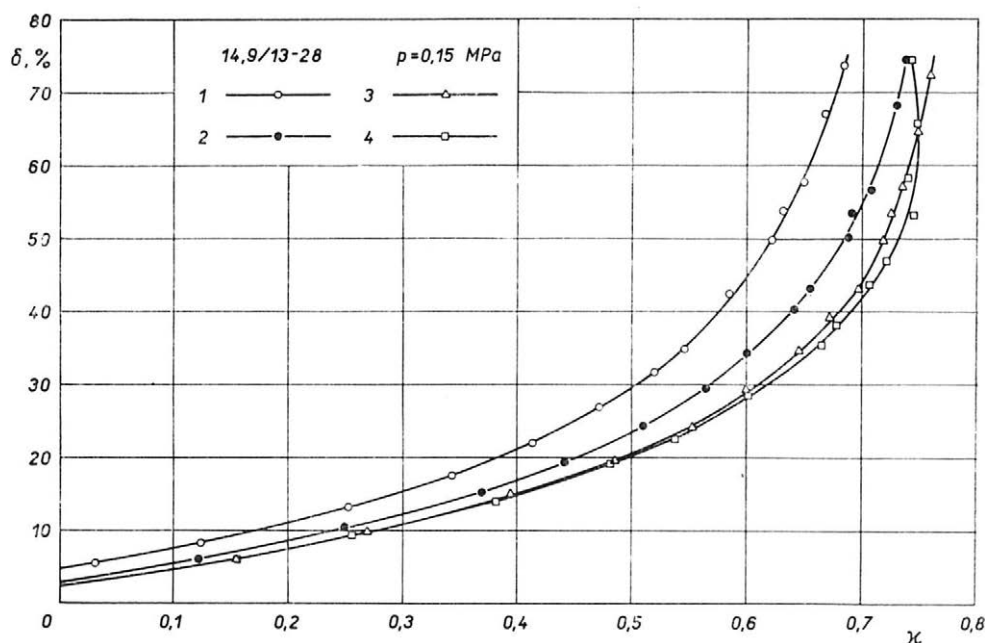
součinitel záběru:
$$\mu = \kappa + \psi = \frac{H}{Z_2} \quad (3)$$

Velikost relativního prokluzu, příslušného určité hodnotě součinitele tahu, byla určena ze vztahu:

$$\delta' = 1 - k \frac{y_p}{y_h} \quad (4)$$

kde: y_p — pořadnice záznamu pátého kola

y_h — pořadnice záznamu vývodového hřídele, obě měřené od příslušných nulových čar na téže přímce, kolmé k pohybu pásku oscilografu jako příslušné síly F_x a Z_1



8. Závislost $\delta = f(\kappa)$ při čtyřnásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou; pneu 14,9/13-28; huštění 0,15 MPa

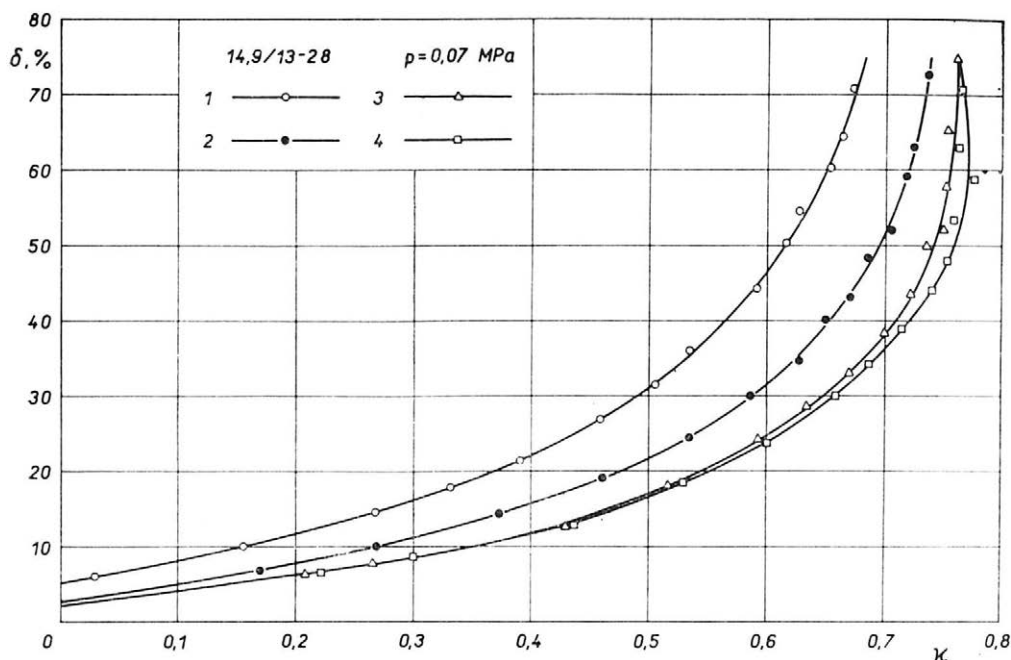
Hodnota konstanty k byla zjištěna ze záznamu na pásku v místě, kde $F_x = 0$, tj. $\delta' = 0$:

$$k = \frac{y_{ho}}{y_{po}} \quad (5)$$

Relativní prokluz δ' byl přepočten na absolutní prokluz podle vzorce (Grečenko, 1970):

$$\delta = \frac{\delta' + \delta_f}{1 + \delta_f} \quad (6)$$

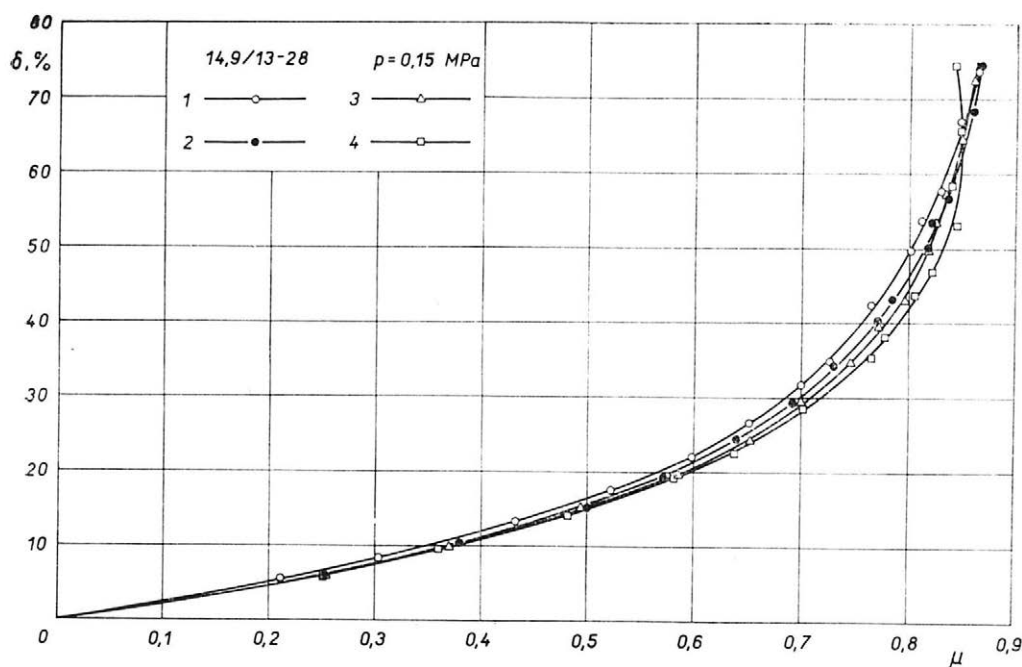
kde: δ_f — hodnota relativního prokluzu příslušná tahové síle $F_x = R$



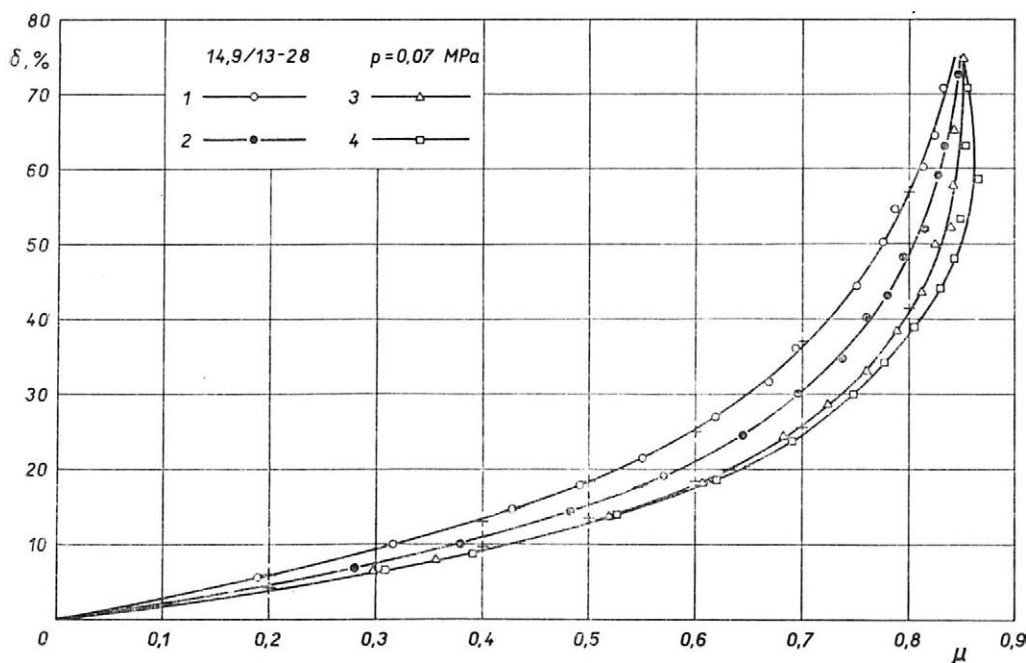
9. Závislost $\delta = f(\kappa)$ při čtyřnásobném průjezdu hnacích kol tutež stopou; pneu 14,9/13-28; huštění 0,07 MPa

I. Závislost součinitele valení na huštění pneumatik a počtu průjezdů v téže stopě

Huštění pneumatik	0,15 MPa		0,07 MPa		Poměr $\psi_{0,15}/\psi_{0,07}$ (%)
	$\psi_{0,15}$	%	$\psi_{0,07}$	%	
1. průjezd	0,18	100,0	0,16	100,0	88,9
2. průjezd	0,13	72,2	0,11	68,8	84,6
3. průjezd	0,10	55,6	0,09	56,3	90,0
4. průjezd	0,10	55,6	0,09	56,3	90,0



10. Závislost $\delta = (\mu)$ při čtyřnásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou; pneu 14,9/13-28; huštění 0,15 MPa



11. Závislost $\delta = (\mu)$ při čtyřnásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou; pneu 14,9/13-28; huštění 0,07 MPa

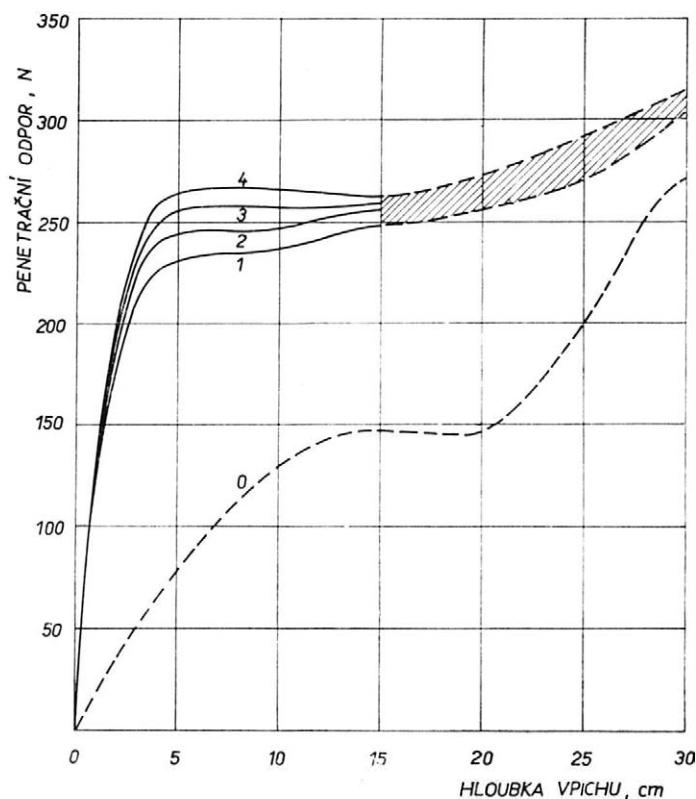
Výsledky měření, graficky zobrazené jako závislost absolutního prokluzu na součiniteli tahu $\delta = f(\kappa)$, jsou vyneseny na obr. 8 a 9. Měřením odporu valení pneumatik byly zjištěny hodnoty součinitele valení, uvedené v tab. I. Výsledné závislosti absolutního prokluzu na součiniteli záběru $\delta = f(\mu)$ graficky znázorňují obr. 10 a 11.

VLASTNOSTI PŮDY

Fyzikálně-mechanické vlastnosti zeminy, stanovené z odebraných vzorků, a jejich poměrné změny vzhledem k počátečnímu stavu, vzniklé stlačením půdy, uvádí tab. II. Naměřené průběhy závislosti penetračního odporu na hloubce vpichu graficky znázor-

II. Fyzikálně mechanické vlastnosti zeminy nestlačené a po čtvrtém průjezdu v těžé stopě (střední hodnoty pro obě huštění)

	Hmotnostní vlhkost w %	Objemová hmotnost		Specifická hmotnost zrn $g\ cm^{-3}$	Pórovitost %
		suché zeminy $g\ cm^{-3}$	vlhké zeminy $g\ cm^{-3}$		
Nestlačená půda	23,6	1,18	1,46	2,65	55,5
Stlačená půda (po čtvrtém průjezdu)	21,8	1,52	1,85	2,65	42,6
Poměrná změna %	-7,6	+28,80	+26,7	—	-23,2



12. Závislost penetračního odporu na hloubce vpichu 0 — neporušená půda; 1, 2, 3, 4 — stav po prvním až čtvrtém průjezdu kola

III. Zvýšení koheze vlivem přejezdu kol v téže stopě (střední hodnoty pro obě huštění)

		Nestlačená půda	Po prvním průjezdu	Po druhém průjezdu	Po třetím průjezdu	Po čtvrtém průjezdu
Koheze	MPa	0,009	0,013	0,017	0,026	0,034
	%	100	144	189	289	378

IV. Závislost rozměrů a plochy otisku pneumatiky na huštění a počtu průjezdů toutéž stopou

Huštění	0,15 MPa			0,07 MPa		
	l_o , m	b_o , m	S_o , m ²	l_o , m	b_o , m	S_o , m ²
První průjezd	0,66	0,36	0,192	0,62	0,34	0,172
Druhý průjezd	0,56	0,34	0,168	0,52	0,32	0,148

ňuje obr. 12. Průměrné hodnoty koheze, zjištěné měřením soudržnosti půdy, jsou vyneseny v tab. III. Naměřené hodnoty rozměrů otisků, získané vyhodnocením fotografií, uvádí tab. IV.

URČENÍ ROVNIC POKLUZU Z VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

K dalším aplikacím je nutno matematicky formulovat experimentální prokluzové křivky $\delta = f(\mu)$ bilineární (binomickou) rovnicí prokluzu (Grečenko, 1967, 1970) ve tvaru

$$\delta = \frac{j_k}{2l \cdot \mu_m} \cdot \frac{3\mu_m \cdot \mu - 2\mu^2}{\mu_m - \mu} = \frac{\delta_s}{2} \cdot \frac{3a_u - 2a_u^2}{1 - a_u}$$

$$a_u = \frac{\mu}{\mu_u} \quad (7)$$

Parametry $j_k/l = \delta_s$ a μ_m se určí rozбором experimentální prokluzové křivky $\delta = f(\mu)$ pomocí vztahu

$$\mu_l = \mu_s(2 - \delta_s) \quad (8)$$

tímto postupem: odhadne se velikost součinitele záběru μ_l pro $\delta = 100\%$; její pomocí se provede první odhad hodnoty $\mu_s^x \geq \mu_l/2$ a na experimentální prokluzové křivce se odečte příslušný prokluz δ_s^x ; není-li po dosazení vyhověno vzorci $\mu_l = \mu_s^x(2 - \delta_s^x)$, musí se zvolit nová poněkud vyšší hodnota μ_s^{xx} a na prokluzové křivce se odečte nový prokluz δ_s^{xx} . Po nalezení správných hodnot μ_s a δ_s , vyhovujících vztahu (8), se vypočte velikost součinitele lpění μ_m (příslušejícího nekonečnému prokluzu, který nastane např. při tažení zablokovaného kola) ze vzorce:

$$\mu_m = 2\mu_s \quad (9)$$

Veličina	Rozměr	Huštění, průjezd							
		0,15 MPa				0,07 MPa			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
μ_m	—	0,96	0,97	0,98	0,99	0,94	0,95	0,96	0,97
δ_s	—	0,152	0,148	0,146	0,144	0,164	0,140	0,122	0,120
j_k	m	0,095	0,082	0,081	0,080	0,096	0,072	0,063	0,062
	%	100	86,3	85,3	84,2	100	75,0	65,6	64,6
q_s	MPa	0,051	0,058			0,056	0,066		
l	m	0,62	0,55			0,59	0,51		
b	m	0,31	0,31			0,29	0,29		
$\operatorname{tg} \varphi$	—	0,705				0,708			
φ	o	35,2				35,3			
c	MPa	0,013	0,015	0,016	0,017	0,013	0,016	0,017	0,017

Takto zjištěné hodnoty δ_s a μ_m jsou uvedeny v tab. V. Pro názornost jsou v obr. 11 řízky vyznačeny vypočtené body prokluzové křivky pro první a třetí průjezd při huštění 0,07 MPa. Rovnice těchto prokluzových křivek vznikly dosazením příslušných parametrů δ_s a μ_m z tab. V do vzorce (7). Do hodnoty součinitele záběru $\mu = 0,8$ je shoda výpočtu s experimentem zcela uspokojivá.

Není-li k dispozici programovatelná kalkulačka, lze výpočet prokluzu usnadnit nomogramem podle obr. 13 (Kristek, 1972).

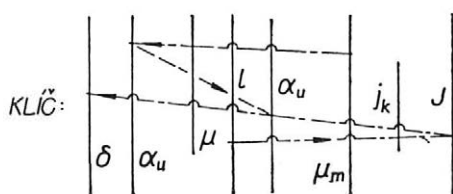
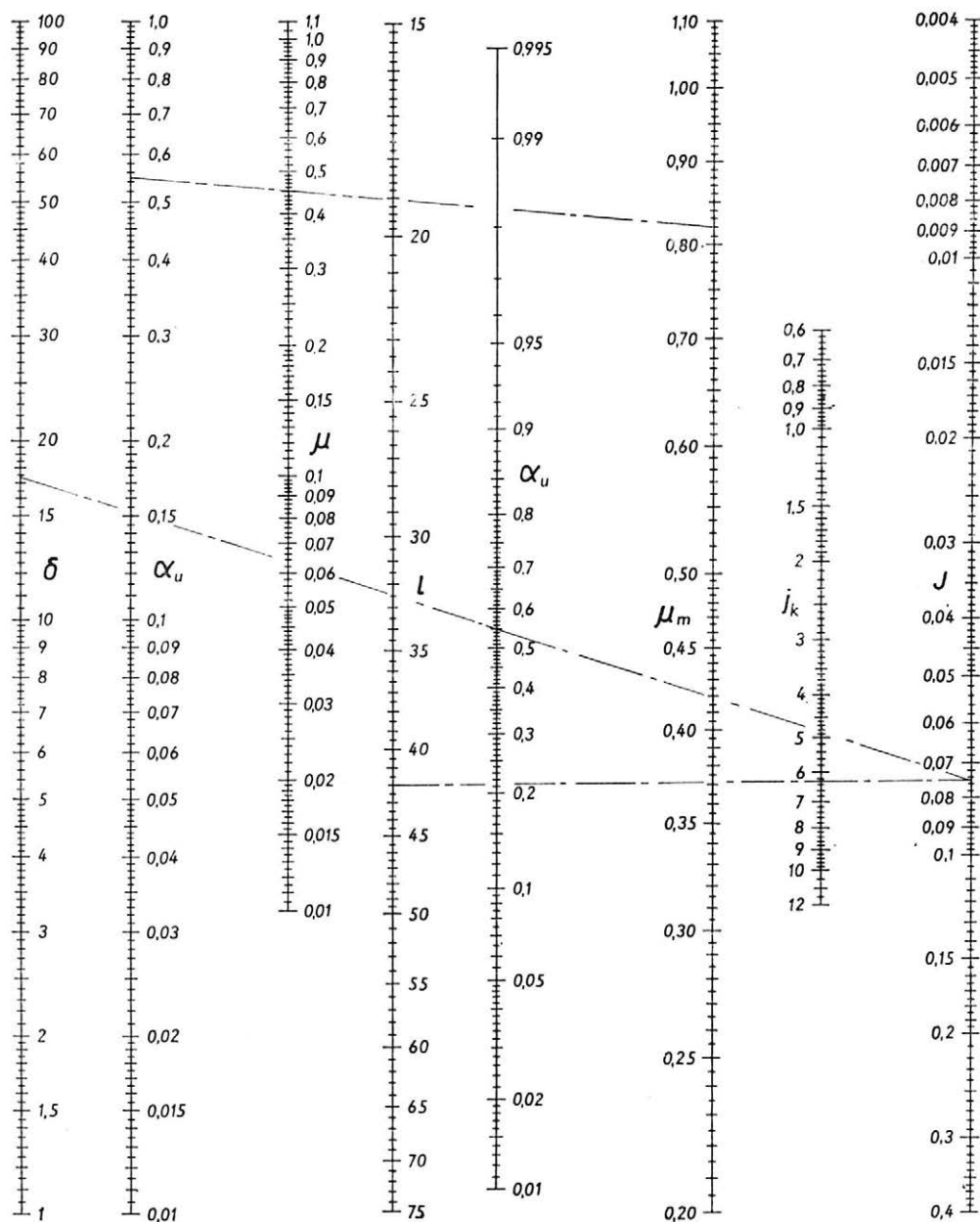
ZMĚNY MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ PŮDY PŘI JEDNOTLIVÝCH PRŮJEZDECH

Prokluz je ovlivněn těmito efektivními mechanickými vlastnostmi půdy: kohezí c úhlem vnitřního tření φ a charakteristickým posuvem půdy j_k jakožto měřítkem její deformovatelnosti. Uvedené parametry obsahuje bilineární rovnice prokluzu v této formě:

$$\delta_s = \frac{j_k}{l} \quad (10)$$

$$\mu_m = \frac{c}{q_s} + \operatorname{tg} \varphi \quad (11)$$

NOMOGRAM PRO VÝPOČET PROKLUZU PODLE VZORCE: $\delta = \frac{j_k}{2 \cdot l \cdot \mu_m} \cdot \frac{3 \mu_m \mu - 2 \mu^2}{\mu_m - \mu}$



PŘÍKLAD:

$$j_k = 6,3 \text{ cm} \quad l = 42 \text{ cm}$$

$$\mu_m = 0,82 \quad \mu = 0,45$$

$$\delta = 17,35 \%$$

Z předešlého rozboru jsou známy δ_s a μ_m . Efektivní délka dosedací plochy pneumatiky l a střední kontaktní tlak q_s se určí z otisku pneumatiky (tab. IV) a jejího zatížení při přílušné jízdě pomocí vztahů:

$$l = \sqrt[3]{1,1 S_o \cdot \frac{l_o}{b_o}} \quad (12)$$

$$q_s = \frac{Q}{S_o} \quad (13)$$

Hodnota j_k plyne sice přímo ze vztahu (10), ale k určení zbylých dvou veličin c a φ je k dispozici pouze jediná rovnice (11). Proto byla koheze paralelně měřena prstencovým smykacím přístrojem (Grečenko, 1970).

Vzhledem ke známému faktu, že u soudržné zeminy se úhel vnitřního tření konsolidací (tj. vlivem přejezdů) téměř nemění (Myslivec, 1968), byla věnována pozornost změnám koheze v poměru k její hodnotě u půdy nestlačené přejezdy kola.

Z hodnoty koheze $c = 0,013$ MPa, příslušné prvnímu průjezdu (tab. III), a rozbohem prokluzové křivky $\delta = f(\mu)$, rovněž náležející prvnímu průjezdu (obr. 10, 11), byl stanoven efektivní úhel vnitřního tření φ , který skutečně vychází pro obě huštění téměř stejný (tab. V). Na tomto základě lze kohezi při dalších průjezdech vyhodnocovat ze vzorce (11) a získané hodnoty porovnávat s přímým měřením koheze smykacím přístrojem.

Koheze vyhodnocená z prokluzových křivek se při druhém až čtvrtém průjezdu prokazatelně nezvětšovala (tab. V), kdežto smykacím přístrojem byl zjištěn její nárůst (tab. III). Tato skutečnost bude vyžadovat další ověřování, než bude možné vyslovit určitější závěry.

DISKUSE

Výsledky měření záběrových vlastností pneumatik se v zásadě příliš neodlišují od měření jiných autorů (Sonnen, 1962; Holm, 1969); přesto je možné všimnout si určitých rozdílů.

Experimentální závislosti $\delta = f(\mu)$ — (obr. 8 a 9) se svými poměrně malými rozdíly mezi prvním a druhým průjezdem hnacích kol v téže stopě téměř neliší od obdobných závislostí naměřených Sonnenem (1962) na zemědělské půdě (obr. 1). Naproti tomu měření uskutečněná Holmem (1969) v půdním kanále na poměrně velmi kypré půdě vykazují dost značné rozdíly v průběhu prokluzu $\delta' = f(\mu)$ mezi jednotlivými průjezdy hnacích kol toutéž stopou, zejména mezi první a druhou jízdou (obr. 2, resp. obr. 3).

Vliv různého huštění pneumatik (0,07 MPa a 0,15 MPa) se projevil většími rozdíly mezi jednotlivými průjezdy, a tím i lepšími tahovými vlastnostmi hnacích kol při druhém a dalších průjezdech toutéž stopou u měření při nižším huštění pneumatik. Naměřené závislosti $\delta = f(\mu)$ nevykazují při huštění pneumatik 0,15 MPa (obr. 10) téměř žádné nebo jen velmi malé rozdíly mezi jednotlivými průjezdy hnacích kol toutéž stopou v celém rozsahu hodnot prokluzu. Při nižším huštění pneumatik (0,07 MPa, obr. 11) se již zřetelně projevují rozdíly v průběhu závislosti $\delta = f(\mu)$ mezi prvním a druhým průjezdem i mezi druhým a třetím průjezdem hnacích kol toutéž stopou, a to zejména při středních hodnotách prokluzu. Při čtvrtém průjezdu je v obou případech průběh závislosti $\delta = f(\mu)$ při malých hodnotách prokluzu téměř shodný s třetím průjezdem; malé zlepšení nastává pouze při středních hodnotách prokluzu. Zajímavé na výsledcích obou měření je, že při vysokých hodnotách prokluzu se záběrové vlastnosti pneumatik při čtvrtém průjezdu hnacích kol toutéž stopou vzhledem k průjezdům předcházejícím

poněkud zhoršují, což je vidět zejména na výsledcích měření při vyšším huštění pneumatik. Toto zhoršení souvisí pravděpodobně se značným porušením struktury podložky velkým prokluzem při průjezdech předcházejících, což má za následek, že při dalších průjezdech hnacích kol toutéž stopou se záběrové vlastnosti pneumatik již nezlepší.

Součinitel valení (tab. I) se zmenšil největší měrou, přibližně o 30 %, při druhém průjezdu v téže stopě vzhledem k průjezdu prvnímu; stejně tak snížení odporu valení při třetím průjezdu vůči druhému v téže stopě je významné, přibližně o 15 %. Zjištěné rozdíly v odporu valení mezi třetím a čtvrtým průjezdem v téže stopě byly zanedbatelné, z čehož vyplývá, že odpor valení se zřejmě již dále nezmenšuje. Odpor valení se zmenšil i se snížením huštění z 0,15 MPa na 0,07 MPa (přibližně o 10–15 %), především vlivem menšího zaboření méně huštěných pneumatik na měkké podložce. Celkové snížení odporu valení bylo poměrně značné; již při třetím průjezdu toutéž stopou se snížil odpor valení vzhledem k průjezdu prvnímu v obou případech přibližně o 44 %, tj. téměř na poloviční hodnotu své původní velikosti z první jízdy. Výsledky měření provedeného Holmem (1969) v půdním kanále s pneumatikami bez vzorku byly obdobné, pouze s tím rozdílem, že již při druhé jízdě toutéž stopou se zmenšil odpor valení přibližně na poloviční hodnotu své původní velikosti z první jízdy a dále až do čtvrtého průjezdu v téže stopě se již zmenšil jen nepatrně. Závislost $\psi = f(\delta)$ nebyla měřena, lze však předpokládat, že se bude zvětšovat i velikost součinitele valení, a to pravděpodobně lineárně, jestliže se zvětšuje se vzrůstajícím prokluzem hloubka stopy, vytvářené hnacím kolem (Grečenko, 1963). Obdobná závislost naměřená Holmem (1969) měla nelineární průběh.

Porovná-li se hodnoty zjištěné rozbořem experimentálních prokluzových křivek (tab. V), je zřejmé, že rozdíly ve velikosti součinitele tření μ_m mezi jednotlivými průjezdy hnacích kol toutéž stopou nejsou příliš velké, přičemž hodnoty zjištěné rozbořem křivek naměřených při vyšším huštění pneumatik jsou při všech průjezdech poněkud větší. Je to nepochybně důsledek většího zaboření více huštěných pneumatik, jejichž záběrové vlastnosti se více blížily vlastnostem kol s tuhým obvodem a jejich hlouběji zabořené zuby zabíraly již v poněkud hutnější vrstvě přirozeně ulehle zemin, kdežto mělčeji zabořené zuby méně huštěných pneumatik v důsledku jejich deformace zabíraly ve vrchnější vrstvě méně ulehle zemin.

Rozbor odebraných vzorků půdy (tab. II) prokázal, že stlačením půdy přejezdem kol, tj. její konsolidací, se poněkud snižuje hmotnostní vlhkost půdy (o 1,8 %) a podstatně se zmenšuje pórovitost (z 55,5 % na 42,6 %, tj. o 12,9 %), čímž se znatelně zvětšuje objemová hmotnost suché i vlhké zemin. Zjištěné hodnoty jsou v mezích obvyklých u kultivovaných půd.

Měřením penetračního odporu bylo zjištěno, že největší stlačení půdy nastává po prvním průjezdu hnacích kol po nestlačeném povrchu; po druhém a dalších projitích hnacích kol toutéž stopou se průměrný penetrační odpor vzhledem k průjezdu prvnímu již příliš nezvyšoval. Tomu by odpovídal již jen malý přírůstek stlačení půdy při dalších průjezdech vůči jízdě první. Bylo zjištěno větší stlačování vrchních vrstev půdy, znatelné zejména po čtvrtém průjezdu toutéž stopou, přičemž spodnější vrstvy byly stlačovány proti původnímu stavu méně. Měřitelné stlačování půdy zasahuje do hloubky více než 30 cm.

Velikost naměřené koheze závisí zřejmě nejen na velikosti konsolidačního tlaku vytvořeného přejezdem kol, ale také, a to podstatně, na počtu průjezdů hnacích kol toutéž stopou. Rozdíly ve velikosti koheze naměřené (tab. III) a za daných předpokladů (str. 324) vypočtené (tab. V) jsou způsobeny pravděpodobně tím, že se zuby pneumatik při druhém a dalších průjezdech hnacích kol toutéž stopou nedokonale zatlačí do zemin, čímž nemůže být k přenosu hnací síly využita veškerá strukturální koheze získaná přejezdem kol a záběrové vlastnosti pneumatik jsou pak podstatně horší, než by odpovídalo vlast-

nostem půdy zjištěným smykacím přístrojem ve stopě hnacích kol traktoru. Z toho je zřejmé, že silové poměry v dosedací ploše pneumatiky s podložkou při druhém a dalších průjezdech hnacích kol v téže stopě jsou značně složitější než při prvním průjezdu po neporušeném povrchu, kdy pneumatika pracuje ve větším měřítku obdobně jako smykací přístroj, který při správném použití vytváří rovnoměrnou smykovou plochu.

Velikost charakteristického posuvu půdy j_k má podstatný vliv na průběh prokluzové křivky. Z rozdílů hodnot j_k , zjištěných pro jednotlivé průjezdy (tab. V), lze usoudit na zlepšení záběrových vlastností pneumatik při dalším průjezdu hnacích kol toutéž stopou vzhledem k průjezdu předcházejícímu, zejména při malých a středních hodnotách prokluzu.

Z Á V Ě R

Měření záběrových vlastností pneumatik při čtyřnásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou, uskutečněná na kultivované půdě, poskytují poměrně jednoznačné výsledky, tj. zlepšující se záběrové vlastnosti pneumatik při dalších průjezdech hnacích kol toutéž stopou vzhledem k jízdě první, a to zejména při nižším huštění (0,07 MPa). To spolu s podstatně se snižujícím odporem valení při dalších průjezdech vzhledem k jízdě první výrazně zlepšuje tahové vlastnosti hnacích kol jedoucích v řadě toutéž stopou. Z toho, že lepší výsledky vykazuje měření při nižším huštění pneumatik lze usuzovat, že další zlepšení záběrových vlastností pneumatik při několikanásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou, a tím i průjezdnosti, tahových vlastností a flotace terénních vozidel na poddajné podložce je možné dosáhnout použitím širokoprofilových pneumatik s nízkým huštěním.

Vzhledem k tomu, že tato měření byla provedena pouze na poměrně kypré půdě, je pravděpodobné, že na půdě hutnější (např. na strništi) mohou být výsledky měření poněkud jiné. Zde existuje ještě celá řada možností k obdobným experimentům, jejichž výsledky by byly neméně zajímavé.

Rozbor naměřených výsledků, a to hlavně určení mechanických vlastností půdy, tj. koheze c a úhlu vnitřního tření φ pro všechny změřené průjezdy hnacích kol toutéž stopou z prokluzových křivek, zdůraznil určité problémy spočívající především v možných potížích s uplatněním dosavadních vzorců pro výpočet záběrových vlastností pneumatik při druhém a následujících průjezdech hnacích kol toutéž stopou, kdy se mezi pneumatikou a půdou nemusí vytvářet souvislá smyková plocha.

Na tomto úseku je nutné vykonat ještě značnou práci, aby bylo možné vytvořit ucelenou teorii a vyjasnit tak vztahy mezi mechanickými vlastnostmi půdy a záběrovými vlastnostmi pneumatik při několikanásobném průjezdu hnacích kol toutéž stopou.

P o u ž í t á o z n a č e n í

- F_x složka tahové síly v ose x , kN
- G tíha traktoru, kN
- H hnací síla ($H = F_x + R$), kN
- H_m největší možná hnací síla, kN
- Q zatížení, MN, kN
- R odpor valení, kN
- S_o velikost dosedací plochy pneumatiky na měkké půdě, m^2
- Z normálová reakce, kN
- b šířka obdélníkové dosedací plochy, m
- b_o šířka oválné dosedací plochy, m
- c koheze (soudržnost) půdy, MPa
- j_k charakteristický posuv půdy, m
- k konstanta, —
- l délka obdélníkové dosedací plochy, m

l_o délka oválné dosedací plochy, m
 q_s střední kontaktní tlak ve styčné ploše pneumatiky s půdou, MPa
 r_s účinný statický poloměr kola, m, mm
 δ prokluz absolutní (skutečný), —, %
 δ' prokluz relativní (poměrný), —, %
 δ_f hodnota relativního prokluzu pro $F_x = R$, —, %
 δ_s prokluz příslušný součiniteli záběru μ_s , —
 κ součinitel tahu ($\kappa = F_x/Q = \mu - \psi$), —
 μ součinitel záběru (H/Q), —
 μ_l hodnota součinitele záběru při stoprocentním prokluzu, —
 μ_m součinitel lpění (max. hodnota μ ; H_m/Q), —
 μ_s hodnota součinitele záběru rovná $1/2 \mu_m$, —
 φ úhel vnitřního tření zeminy, °
 ψ součinitel valení

Literatura

- BOČAROV, N. F. — KRADINOV, E. B. — GUSEV, V. N. — ABRAMOVA, E. E.: Ispytanija pnevmokatkov na vesennej pachote. Avtomobilnaja promyšlennost', 29, 1963, č. 4, s. 18-20.
- GREČENKO, A.: Binomic slip-thrust equation for tractors on predominantly frictional soils. Journal of Terramechanics, 4, 1963, č. 4, s. 37-54.
- GREČENKO, A.: Výzkum urychlené metody tahových zkoušek traktorů. [Výzkumná zpráva A-0-22-106/2.] Praha, Mechanizační fakulta VŠZ 1968.
- GREČENKO, A.: Funkční vlastnosti traktorů. Skripta VŠZ Praha, SPN, Praha 1970, 202 s.
- HOLM, I. C.: Multi-pass behaviour of pneumatic tires. Journal of Terramechanics, 6, 1969, č. 3, s. 47-71.
- KRISTEK, R.: Záběrové vlastnosti hnacích kol v jediné stopě s aplikací na zemědělské traktory. [Kandidátská disertační práce.] Praha, Mechanizační fakulta VŠZ 1972, 92 s.
- LEVITICUS, L. E. — LILJEDAHL, J. B.: On the theoretical rolling resistance of wheels of different widths running in tandem (abstract). Proceedings Second International Conference Terrain-Vehicle Systems, Quebec 1966, s. 549.
- LISTON, R. A. — MARTIN, L. A.: Multi-pass behaviour of a rigid wheel (abstract). Proceedings Second International Conference Terrain-Vehicle Systems, Quebec 1966, s. 550.
- MYSLIVEC, A.: Mechanika zemin. Skripta ČVUT Praha, SNTL, Praha, 1968, 378 s.
- REED, I. F. — COOPER, A. W. — REAVES, C. A.: Effects of two-wheel and tandem drives on traction and soil compacting stresses. Transactions ASAE, 2, 1959, č. 1, s. 22-25.
- SONNEN, F. J.: Zur Frage des Allradantriebes von Ackerschleppern. Landtechnische Forschung, 12, 1962, č. 1, s. 1-6.
- SOUTHWELL, P. H. — MARWOOD, M. E.: The influence of front wheel path upon the performance of a following wheel. Proceedings Second International Conference Terrain-Vehicle Systems, Quebec 1966, s. 551-561.
- SÖHNE, W.: Beitrag zur Mechanik des Systems Fahrzeug-Boden unter besonderer Berücksichtigung der Ackerschlepper. Grundlagen der Landtechnik, 17, 1963, s. 5-16.

Došlo dne 3. 2. 1976

КРИСТЕК Р., ГРЕЧЕНКО А. (Главное управление машинно-тракторных станций и ремонтных мастерских для сельскохозяйственных машин, Прага - Винорж; Научно-исследовательский институт сельскохозяйственных машин, Прага - Ходов). Сцепные свойства шин при повторном проезде ведущих колес по тому же следу. Zem. technika 22 (6) : 309-329, 1976.

Работа посвящена сцепным свойствам ведущих колес с шинами, которые могут иметь транспортные средства с несколькими осями с приводом на все колеса при движении по мягкому грунту, если колеса расположены так, что следующее колесо движется по следу предыдущего. Основой исследования было измерение тяговых свойств шин размером 14,9/13-28, осуществленное на культивируемой почве в 1972 году. Для измерения применялся приспособленный трактор Зетор 5611, подвешенный специальной подвеской на тормозящее колесо. Сцеп-

ные свойства измерялись при двух давлениях воздуха в шинах и при четырех проездах ведущих колес по тому же следу. Результаты измерения были обработаны как зависимость буксования от коэффициента тяги и коэффициента сцепления. Сюда входят также величины коэффициента сопротивления качению. Кривые буксования для дальнейшего применения математически интерпретированы при помощи билинейного управления буксования и подробно анализированы так, чтобы выявить изменения механических свойств почвы после стельных проездов. Результаты анализа сравнивались с непосредственным измерением когезии почвы. Измерение доказало улучшение сцепных свойств шин, особенно при втором и третьем проезде по тому же следу и при понижении давления воздуха в шинах.

шины; внедорожные транспортные средства; измерение сцепных свойств; билинейное уравнение буксования

KRISTEK R., GREČENKO A. (General Directorate of Machine and Tractor Stations and Repair Shops of Agricultural Machines, Praha - Vlnř; Research Institute of Agricultural Machines, Praha-Chodov, Czechoslovakia). *Traction Properties of Tyres in Repeated Passes of Driving Wheels through the Same Track*. Zem. technika 22 (6) : 309-329, 1976.

The authors investigated the traction properties of driving wheels with tyres which may occur during the motion of a multiaxle vehicle with all driving wheels on soft soil if the wheels of a vehicle are arranged in such a way that each wheel moves in the track of the preceding one. The experimental work was based on measurements of the traction capacity of tyres of size 14.9/13-28, carried out on cultivated land in 1972. The measurements were performed with the use of a Zetor 5611 tractor, specially adapted for this purpose, mounted by means of a special attachment to the braking vehicle. The traction capacity of the tyres was measured at two different inflation pressures and at four passes of the driving wheels through the same track. The results were processed as a relation of slippage to the traction coefficient and to the coefficient of thrust. The values of the coefficient of rolling resistance are comprised as well. For the purpose of further application, the authors expressed the slippage curves in the form of the bilinear slip-thrust equation which they analysed so as to elucidate changes of the mechanical properties of soil after each pass of the vehicle. The results of the analysis were compared with direct measurements of the soil cohesion by means of a shearing device. The measurements indicated an improvement of the traction capacity of the tyres, especially for the second and third pass through the same track and at lower pressures of the tyres.

tyres; off-the-road vehicles; measuring the traction properties; bilinear slip-thrust equation

KRISTEK R., GREČENKO A. (Generaldirektorium der Maschinen- und Schlepperstationen und Landmaschinenreparaturwerkstätten, Praha - Vlnř; Forschungsinstitut für Landmaschinen, Praha-Chodov, Tschechoslowakei). *Kraftschlußigenschaften der Reifen bei wiederholter Fahrt der Triebäder in derselben Spur*. Zem. technika 22 (6) : 309-329, 1976.

Der Aufsatz untersucht Kraftschlußigenschaften der bereiften Triebäder, die während der Fahrt eines mehrachsigen Fahrzeuges mit Allradantrieb im weichen Boden auftreten können, wenn die Fahrzeuäder so angeordnet sind, daß jedes nachfolgende Rad in der Spur des vorangehenden Rades läuft. Die Grundlage der Untersuchung war die Messung der Zugeigenschaften von Reifen mit Bemessung 14,9/13-28, die auf dem gepflegten Boden im 1972 durchgeführt wurde. Zur Messung wurde ein angepasster Schlepper Zetor 5611 eingesetzt, der mittels einer Spezialaufhängung an das bremsende Fahrzeug befestigt wurde. Die Kraftschlußigenschaften wurden bei verschiedenen Luftdrücken in den Reifen und bei vier Fahrten der Triebäder in derselben Spur gemessen. Die Meßergebnisse sind als Abhängigkeit des Schlupfes von dem Triebkraft- und dem Umfangskraftbeiwert bearbeitet. Sie schließen auch Rollwiderstandbeiwerte ein. Die Schlupfkurven werden zur weiteren Anwendung mathematisch durch die bilineare Schlupfgleichung dargestellt und eingehend analysiert, um Änderungen der mechanischen Bodeneigenschaften nach einzelnen Fahrten aufzuklären. Die Ergebnisse der Analyse werden zur direkten

Bodenkohäsionsmessung mittels eines Schergerätes verglichen. Die Messungen ergaben die Verbesserung von Kraftschlußeigenschaften der Reifen, besonders bei der zweiten und dritten Fahrt in derselben Spur und bei verringertem Reifeninnendruck.

Reifen; Geländefahrzeuge; Messung der Kraftschlußeigenschaften; bilineare Schlupfgleichung

Adresy autorů:

Ing. Rudolf Kristek, CSc., Generální ředitelství Strojních traktorových stanic a opraven zemědělských strojů, 250 62 Praha 9 - Vinoř

Doc. ing. Alexandr Grečenko, CSc., Výzkumný ústav zemědělských strojů, 149 43 Praha 4 - Chodov

Výběr z přírůstků

Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTIZ

z úseku zemědělská technika

Uvedené publikace je možné si zapůjčit osobně nebo písemně v ÚZLK, výpůjční oddělení, 120 56 Praha 2, Slezská 7. Výpůjční doba: pondělí až pátek od 9 do 18 hodin. U každé žádané publikace uveďte signaturu.

ASENOV, Ch.

D 64.094

Avtomatizirana kompleksna napoitelna sistema.

Sofija, Zemizdat 1974. 69 s. 21 obr. tab. (Automatizace — závlahové soustavy)

LEEUEW, J. M. de — TELLE, M. G. — ELLEN, H.

D 64.961/1974/10

Onderzoek granulaatstrooiers.

Wageningen, IMAG 1974. 24 s. 11 obr. Publikatie 10. (Rozmetadla strojů — hnojiv — insekticidy granulované — cukrovka — použití — výzkum — Holandsko)

NAČALOV, I. I. — JEKIMENKOV, S. G. — SEVERNYJ, A. E. E 37.350
Remont i techničeskoje obsluživanije mašin dlja vnesenija udobrenij i zaščity rastenij.

Moskva, Kolos 1974. 191 s. 77 obr. 40 tab. (Zemědělské stroje — hnojení — technická obsluha a opravy — příručka / Ochrana rostlin — stroje — technická obsluha a opravy — příručka)

D 64.454

Promišleni metodi za pribirane na zernoto.

Sofija, Zemizdat 1975. 359 s. 108 obr. 69 tab. (Zrniny — sklizeň — zprůmyslnění procesů — příručka / Zrniny — sklizeň — mechanizace — příručka)

PFEIFFER, P.

D 64.905

Wiesenspeicher Mähdrusch.

Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag 1975. 383 s. obr. tab. (Sklízecí mlátičky — použití — příručka)

D 64.961/1974/20

CAPPON, A. — FREDERIKS, W. F. — SONNEVELD, P.

Ontwikkeling van een zelfrijdende nedormachine voor de bepaling van de weef- en de schudder verliezen bij maaidorsers.

Wageningen, IMAG 1975. 24 s. 10 obr. Publikatie 20. (Sklízecí mlátičky — sklizňové ztráty — síta — stanovení — výzkum / Sklízecí mlátičky — sklizňové ztráty — vytřasadla — stanovení — výzkum — Holandsko)

TANIS, T.

D 64.134/21

Werktuigkeuze voor herfstwerkzaamheden in relatie tot bedrijfsomvang een bewerkingskosten.

Wageningen, Instituut voor mechanisatie, arbeid en gebouwen 1975. 48 s. 15 obr. 19 tab. Publikatie 21. (Cukrovka — sklizeň — mechanizace — ekonomické otázky — výzkum — Holandsko)

VLIV RYCHLOSTI PLNĚNÍ A VYPRAZDŇOVÁNÍ NA TLAKY OBILÍ V SILE

J. Šmíd, P. Dračínský, O. Medek, I. Doubek

Ústav teoretických základů chemické techniky ČSAV, Praha
Továrny mlýnských strojů, n. p., CHEPOS, Pardubice

ŠMÍD J., DRAČÍNSKÝ P., MEDEK O., DOUBEK I. *Vliv rychlosti plnění a vyprazdňování na tlaky obilí v síle*. Zem. technika 22 (6) : 331-342, 1976.

V modelu ocelového síla kruhového průřezu o průměru 306 mm a výšce 1800 mm byly měřeny stěnové tlaky obilního zrna v závislosti na rychlosti plnění a vyprazdňování síla. Zvláštní pozornost byla věnována stanovení součinitele tření obilí na stěně síla a závislosti dynamického součinitele zvýšení tlaků při různých rychlostech výtoku obilí z modelu síla. Experimentální výsledky prokázaly závislost statických stěnových tlaků na rychlosti plnění síla. Vliv rychlosti vyprazdňování na stěnový tlak nebyl zjištěn. Bylo stanoveno, že hodnota součinitele tření obilí na stěně klesá s rychlostí plnění síla; naproti tomu dynamický součinitel zvýšení tlaku nezávisí na rychlosti vyprazdňování obilí.

skladování obilí; síla; stěnový tlak; součinitel tření na stěně; rychlost plnění a vyprazdňování síla

Měření stěnových tlaků obilí v modelu ocelového síla, uvedená v práci Šmída aj. (1975) naznačila, že zatížení stěny síla je ovlivněno rychlostí plnění skladovaného materiálu. To vedlo k podrobným měřením, jejichž cílem bylo stanovit vliv rychlosti plnění a vyprazdňování modelu síla na stěnové tlaky, hodnotu součinitele stěnového tření a dynamický součinitel zvýšení tlaku při vyprazdňování síla. Výsledky měření jsou zahrnuty v této práci, která obsahuje:

- a) měření závislosti statické stěnové napjatosti obilí na rychlosti plnění modelu ocelového síla,
- b) měření závislosti dynamické stěnové napjatosti obilí na rychlosti vyprazdňování modelu ocelového síla,
- c) stanovení součinitele stěnového tření obilí při plnění a vyprazdňování modelu ocelového síla,
- d) stanovení dynamického součinitele zvýšení tlaku obilí na stěnu při různých rychlostech vyprazdňování modelu ocelového síla.

ZÁVISLOST STATICKÉ STĚNOVÉ NAPJATOSTI OBIÍ NA RYCHLOSTI PLNĚNÍ SÍLA

Měření statické stěnové napjatosti obilí, popsaná v práci Šmída aj. (1975), byla rozšířena o sledování vlivu rychlosti plnění obilí do modelu síla. Rychlost plnění byla měněna trubicemi různých průměrů, kterými bylo obilí přiváděno do modelu síla. Silo bylo při

každém měření plněno do maximální úrovně, výška hladiny byla při všech experimentech konstantní. Výška násypného kužele na hladině byla při měření zanedbávána.

Charakterizace rychlosti plnění sila pomocí velikosti (průměru) plnicí trubice bylo užito proto, aby mohl být stanoven poměr měnícího se průřezu plnicí trubice a konstantní plochy volného průřezu válcové buňky modelu ocelového sila a aby tato relace mohla být porovnána s konstrukčními parametry skutečných obilních sil.

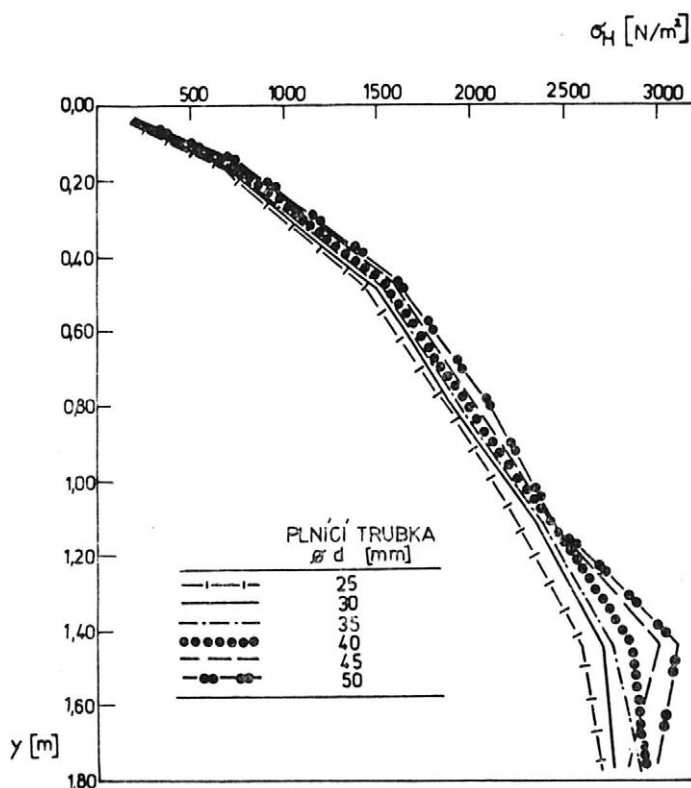
Zde je nutné ovšem poukázat na skutečnost, že kvantitativní obraz o rychlosti plnění materiálu do sila (tj. údaj o množství hmoty za časovou jednotku) je možné získat teprve na základě empirické rovnice pro rychlost výtoku M (kg s^{-1}) sypkého materiálu válcovým otvorem o průměru d (m), kde podle Gregoryho (1952) přibližně platí

$$M = \text{konst} \cdot d^{2,5} \quad (1)$$

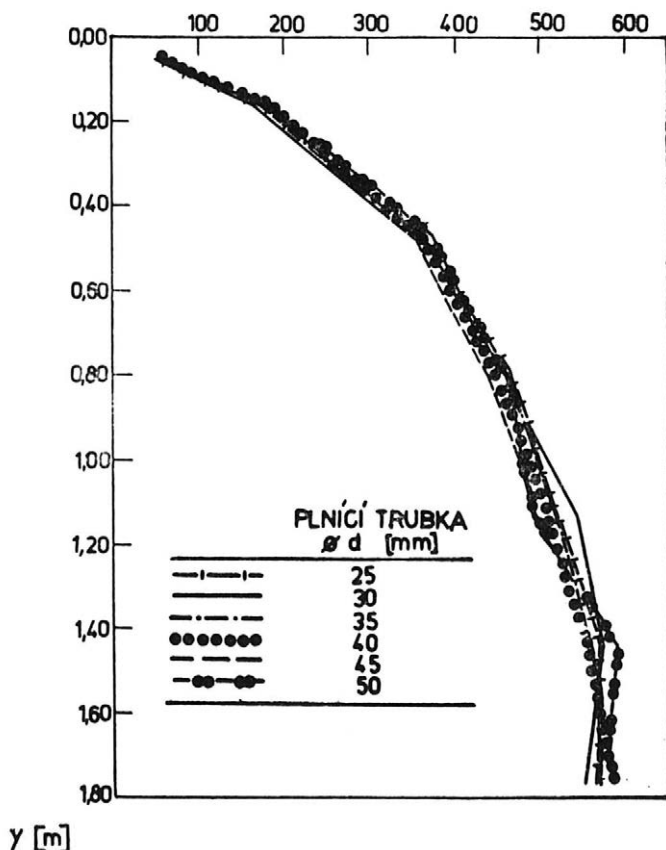
pro

$$d/d_i > 5 \text{ až } 7$$

když hodnota konstanty v rovnici (1) závisí na mechanicko-fyzikálních vlastnostech sypkého materiálu. Průměr d plnicí trubice byl v našich experimentech měněn od hodnoty 25 mm po 5 mm do hodnoty 50 mm. Z rovnice (1) je zřejmé, že mezi průměrem d plnicí trubice a rychlostí plnění M není obvyklý kvadratický vztah.



1. Vliv rychlosti plnění obilí na stěnový tlak σ_H v modelu ocelového sila

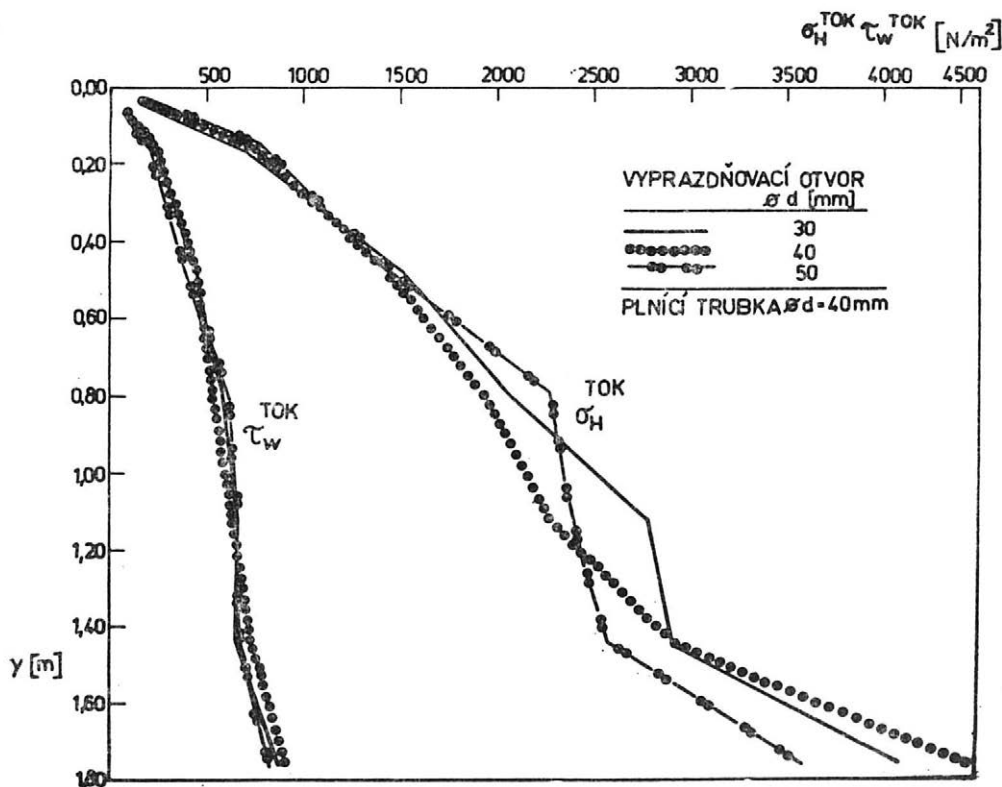
$$\tau_w \text{ [N/m}^2\text{]}$$


Na rozdíl od normální složky stěnového tlaku σ_H , smyková složka napjatosti τ_w na stěně modelu síla, měřená současně s tlakem σ_H měřičem podle čs. patentu Šmída a Novosada (1973), závislost na rychlosti plnění obilí nevykazuje, jak je na obr. 2 patrné.

Vliv rychlosti vyprazdňování obilí na stěnovou napjatost byl měřen ve stejném modelu ocelového sila jako údaje předchozí. Model sila s plochým dnem byl opatřen centrálním výpustným válcovým otvorem ve středu dna. V každém z experimentů bylo

silo plněno do maximální výše hladiny konstantní rychlostí plnění, danou plnicím otvorem $d = 40$ mm. Rychlost vyprazdňování sila byla dána velikostmi výpustných otvorů o průměrech $d = 30, 40$ a 50 mm.

Při vyprazdňování obilí z modelu sila byly měřeny dynamické stěnové tlaky σ_H^{TOK} a smykové napjatosti τ_w^{TOK} na stěně po jisté krátké době, potřebné k ustálení toku obilí v modelu sila. Obě veličiny vykazovaly pulsační charakter. K vyhodnocení na obr. 3 bylo



3. Průběh dynamické stěnové napjatosti obilí podél výšky y modelu sila při vyprazdňování

užito maximálních hodnot tlakových pulsů. Nebyla prokázána závislost velikosti těchto tlakových pulsů na rychlosti vyprazdňování. Oblast u dna modelu sila je charakterizována značným rozptylem měřených hodnot tlaků σ_H^{TOK} . U hladiny obilí v horní části modelu sila byly měřeny tlaky bez charakteristických pulsačních.

Dosavadní vybavení měřicí aparatury nedovoluje zatím sledovat frekvenci tlakových pulsů. V další etapě výzkumů dynamiky stěnových napjatostí za gravitačního toku sypkých materiálů bude nutné však tuto metodiku měření rozpracovat, protože některé předběžné úvahy ukazují na souvislost mezi frekvencí, resp. frekvenčním spektrem tlakových pulsů a rychlostí pohybu materiálu v silu.

SOUCINITEĽ STĚNOVÉHO TŘENÍ OBIÍ PŘI PLNĚNÍ A VYPRAZDŇOVÁNÍ SILA

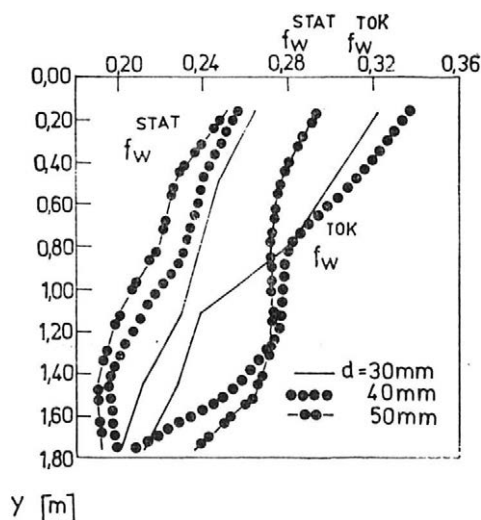
Měření obou složek stěnové napjatosti σ_H a τ_w obilí v průběhu plnění modelu sila dovoluje stanovit součinitel tření skladovaného materiálu na stěně f_w , protože jsou známy odpovídající si hodnoty napjatostí σ_H a τ_w (obr. 1 a 2). Pro součinitel tření obilí na stěně

modelu síla byl zaveden výraz $f_w^{STAT} = \tau_w / \sigma_H$ a z obr. 1 a 2 bylo užito odpovídajících si napjatostních veličin τ_w a σ_H k výpočtu součinitele f_w^{STAT} . Je třeba však poznamenat, že v tomto případě představuje součinitel tření f_w poměr složek tečné a normální napjatosti, jak je patrné ze zavedené definice (určuje směr vektoru napjatosti na stěně), ale nelze jej ztotožňovat s konstantou, která vystupuje v Coulombově zákoně o suchém tření. Charakteristický průběh součinitele tření f_w^{STAT} podél výšky y modelu síla ukazuje obr. 4. Na obr. 4 jsou vyneseny tři závislosti f_w^{STAT} pro různé průměry d plnicí trubice. Bylo experimentálně prokázáno, že s rostoucí rychlostí plnění síla klesá hodnota součinitele stěnového tření f_w^{STAT} .

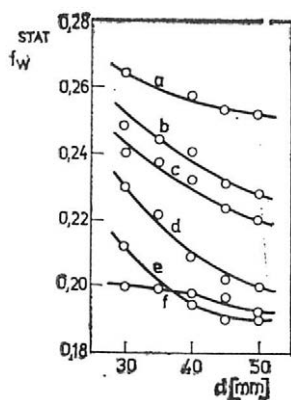
4. Průběh součinitele stěnového tření obilí při plnění a vyprazdňování modelu ocelového síla

měření f_w^{STAT} : plnicí trubka $d = 30, 40$ a 50 mm

měření f_w^{TOK} : plnicí trubka $d = 40$ mm
vyprazdňovací otvor $d = 30, 40$ a 50 mm



Podobně při vyhodnocování experimentálních výsledků stěnové napjatosti v průběhu vyprazdňování síla byla určována hodnota součinitele stěnového tření z rovnice $f_w^{TOK} = \tau_w^{TOK} / \sigma_H^{TOK}$. Hodnoty napjatostí τ_w^{TOK} a σ_H^{TOK} při různých rychlostech vyprazdňování, užité pro výpočet součinitele f_w^{TOK} , jsou shrnuty v obr. 3. Jak je potom patrné z obr. 4, nebyla zjištěna závislost mezi rychlostí vyprazdňování síla, resp. průměrem d vyprazdňovacího otvoru ve dně a součinitelem stěnového tření f_w^{TOK} .



5. Vliv rychlosti plnění obilí do modelu síla na velikost součinitele stěnového tření f_w^{STAT} . Místa měření napjatosti, označená písmeny a, b...f, odpovídají hloubce v modelu síla

a...0,16 m b...0,48 m c...0,80 m

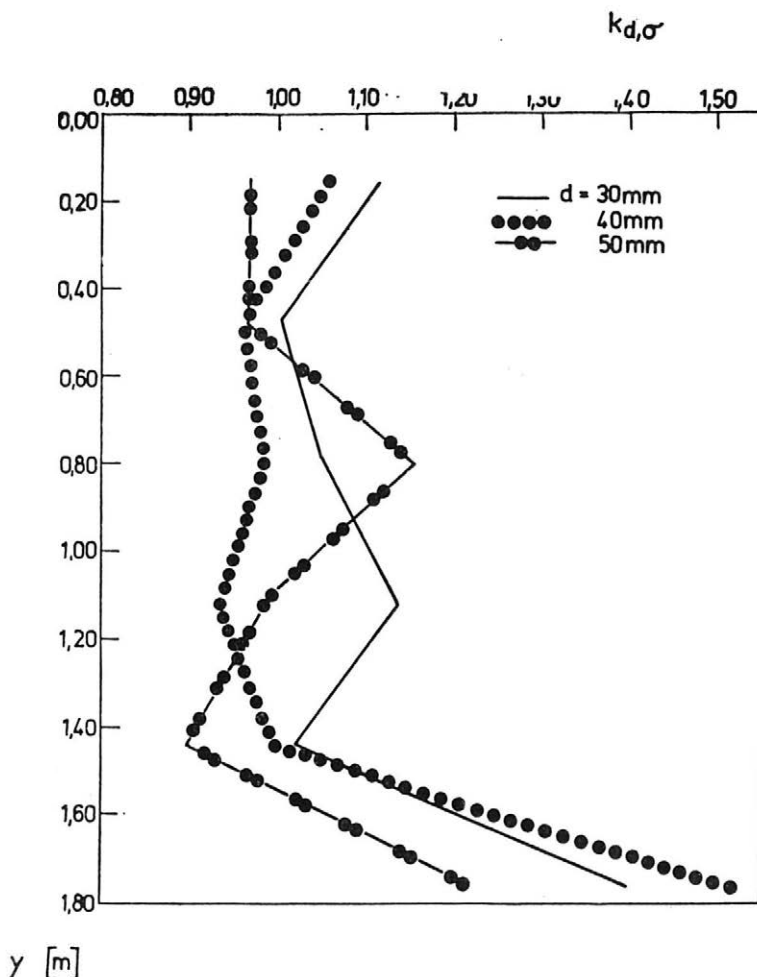
d...1,12 m e...1,44 m f...1,76 m

Výsledky měření vlivu rychlosti plnění obilí do modelu sila na součinitel stěnového tření f_w^{STAT} byly ještě zpracovány do obr. 5, který ukazuje změnu součinitele tření f_w^{STAT} s rychlostí plnění sila (průměr plnicího otvoru d) v šesti různých místech $a, b, \dots$ až f podél výšky y stěny modelu sila. Místo a je nejbližší hladině obilí v modelu sila a výškové kóty těchto míst lze odečíst na obr. 4, kde odpovídají bodům lomů čar f_w . Z obr. 5 je patrná závislost součinitele tření f_w^{STAT} na rychlosti plnění v různých hloubkách y skladovaného obilí. Hodnota součinitele f_w^{STAT} se s velikostí plnicího otvoru snižuje v každém ze šesti míst $a, b, \dots, f$ podél výšky sila; toto snížení je patrné zejména v oblasti malých průměrů plnicí trubice.

DYNAMICKÝ SOUČINITEL ZVÝŠENÍ TLAKU PŘI VYPRAZDŇOVÁNÍ SILA

Dynamický součinitel zvýšení stěnového tlaku $k_{d,\sigma}$ při vyprazdňování obilí ze sila charakterizuje dynamické silové účinky pohybujícího se obilí na stěnu sila. Je definován jako poměr dynamického stěnového tlaku při vyprazdňování sila k hodnotě tlaku statického, tj. tlaku po naplnění sila obilím.

$$k_{d,\sigma} = \sigma_H^{TOK} / \sigma_H \quad (2)$$



6. Průběh dynamického součinitele zvýšení tlaku při vyprazdňování modelu sila

Součinitel $k_{d,\sigma}$ bývá při rozboru projekčních výpočtů zatížení stěny sila od skladovaného materiálu předmětem diskuse, neboť jeho povaha je ryze empirická, ale jeho důležitost při dimenzování stěny sila je rozhodující.

Experimentální údaje pro stanovení součinitele $k_{d,\sigma}$ jsou zaznamenány částečně na obr. 1 a 3, částečně jsou obsaženy v práci Šmída aj. (1975), ze které byly k výpočtu použity. Model sila byl plněn konstantní rychlostí plnění, danou otvorem plnicí trubice $d = 40$ mm. Vliv rychlosti vyprazdňování na hodnotu součinitele $k_{d,\sigma}$ byl sledován při výtoku obilí ze sila výpustnými otvory o průměru $d = 30, 40$ a 50 mm. Na obr. 6 jsou výsledky těchto měření vyhodnoceny. Nebyla zjištěna závislost mezi rychlostí vyprazdňování obilí ze sila a hodnotou dynamického součinitele zvýšení tlaku $k_{d,\sigma}$. Hodnota součinitele $k_{d,\sigma}$ kolísá v mezích 0,9 až 1,15 kromě oblasti u dna, kde dosahuje extrémní hodnoty až 1,55. Podobně nebyl prokázán ani vliv rychlosti plnění sila na součinitel $k_{d,\sigma}$.

DISKUSE

Sledujeme-li souvislosti mezi způsobem, resp. rychlostí plnění sypkého materiálu do sila a stěnovými tlaky, můžeme získané experimentální výsledky porovnat s dříve publikovanými úvahami. Tachtamyšev (1940), resp. Bernštejn (1947) plní pokusné silo nejprve rovnoměrně po celém jeho příčném průřezu. Je pozorováno, že částice sypkého materiálu (obilí) se takto ukládají do kompaktní vrstvy. Druhý způsob plnění sila je charakteristický přívodem obilí v centrálním proudu trubicí. Vrstva obilí v silu se vyznačuje menší kompaktností, neboť v centrálním proudu tekoucí zrno klouže ke stěnám sila po povrchu na hladině vytvořeného násypného kužele a ukládání zrn je volnější. Tachtamyšev (1940) konstatuje, že první způsob plnění sila (kompaktní) zabráňuje vzniku maximálních hodnot stěnových tlaků a doporučuje jeho praktické využití.

Ketchum (1929) uvádí, že maximální stěnové tlaky působí bezprostředně po naplnění sila a jsou poněkud vyšší při rychlém plnění a naopak. Rovněž Reimbert (1943) pozoruje, že stěnové tlaky v silu se zvyšují s rostoucí rychlostí plnění. Je-li však silo plněno pomalu nebo s přestávkami, lze očekávat nižší hodnoty stěnových tlaků.

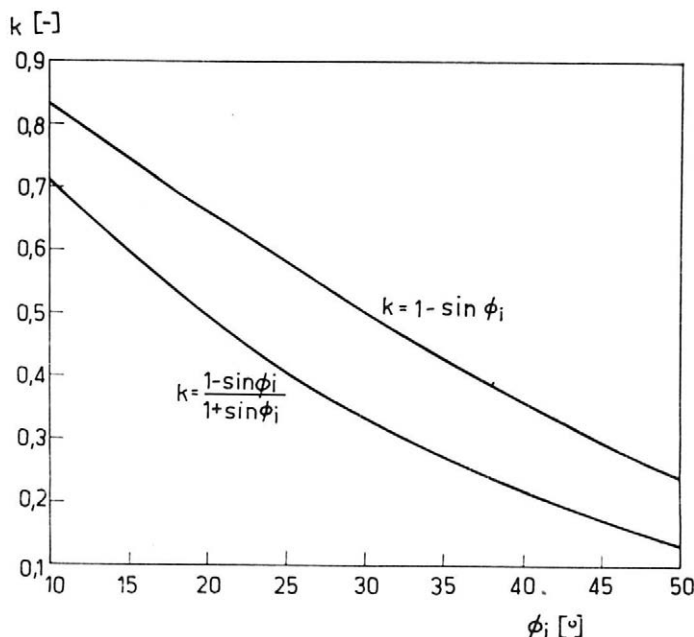
Geniev (1958) poukazuje na experimentální výsledky, ve kterých změna sypné hmotnosti o 4 až 5 % stlačením sypkého materiálu vede ke zdvojnásobení úhlu vnitřního tření a naopak rozvolnění mezičásticových vazeb materiálu při vyprazdňování sila je doprovázeno snížením úhlu vnitřního tření.

Lossier (1952) tvrdí, že během plnění a krátce po něm není ještě skladovaný materiál dostatečně kompaktní a jeho úhel vnitřního tření je relativně malý. Tehdy je stěnový tlak nejvyšší, neboť převážná část hmotnosti sypkého materiálu se přenáší do stěn skladovacího zařízení. Naopak zatížení dna v tom okamžiku je minimální. Jak získává materiál během skladovací doby na kompaktnosti, jeho úhel vnitřního tření stoupá. Tento děj je charakterizován poklesem stěnového tlaku a přírůstkem zatížení dna. Lossierova úvaha o změně úhlu vnitřního tření materiálu během skladovací doby není sice podložena kvantitativně, nicméně souhlasí s pozorováním Genieva (1958).

Na Janssenově (1895) rovnici nyní ukážeme, jak se uvedené hypotézy promítají do velikosti tlaků na stěnu sila. Pokud je zvýšení kompaktnosti vrstvy sypkého materiálu spojeno pouze s růstem sypné hmotnosti, lze soudit na rozdíl od Tachtamyševa (1940), že rovnoměrné (dešťovité) plnění sila vede také ke zvýšení stěnových tlaků, a to přímo úměrně s růstem sypné hmotnosti Q , jak je patrné z rovnice (3):

$$\sigma_H = \frac{R_H Q g}{f_w} \left[1 - \exp \left(- \frac{k f_w}{R_H} y \right) \right] \quad (3)$$

Je-li podle Genieva (1958) změna sypané hmotnosti doprovázena zvýšením úhlu vnitřního tření φ_i sypaného materiálu, je třeba v rovnici (3) sledovat i vliv poměru horizontálních a vertikálních tlaků $k = \sigma_H/\sigma_V$, který definuje Könen (1896) vztahem $k = (1 - \sin \varphi_i)/(1 + \sin \varphi_i)$ a Jáky (1948) rovnicí $k = 1 - \sin \varphi_i$. Jak ukazuje obr. 7



7. Závislost poměru tlaků k na úhlu vnitřního tření φ_i sypaného materiálu

poměr tlaků k se s rostoucí hodnotou úhlu vnitřního tření φ_i snižuje. Zvýšení úhlu φ_i vede tedy naopak ke snížení hodnoty stěnového tlaku σ_H , jak potvrzuje rovnice (3). Teprve od určité hloubky vrstvy y sypaného materiálu, která závisí na vlastnostech skladovaného materiálu (sypaná hmotnost q , úhel vnitřního tření φ_i , součinitel tření na stěně f_w) a rozměrech síla (hydraulický poloměr příčného průřezu síla R_H), dochází k jistému zvýšení stěnového tlaku vlivem rostoucích hodnot sypané hmotnosti a úhlu vnitřního tření.

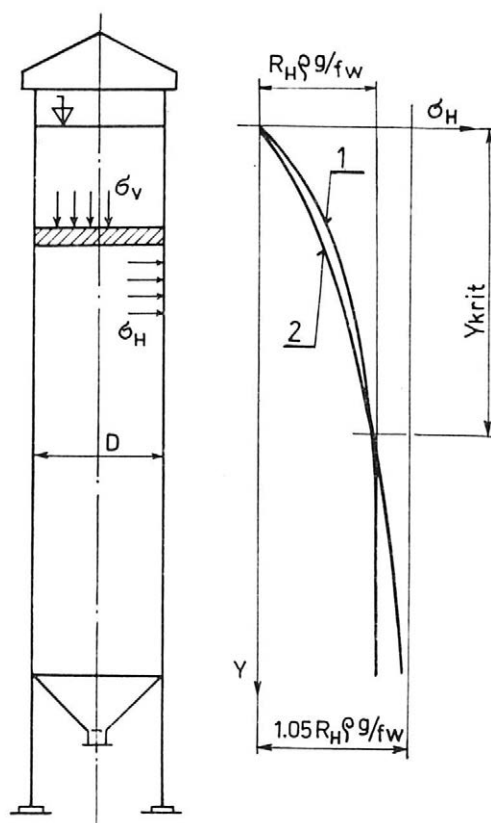
Předpokládáme platnost Genieva (1958) uváděné závislosti úhlu vnitřního tření na změně sypané hmotnosti. Protože průběh stěnových tlaků σ_H podél výšky síla y je určen rovnicí (3), lze v obr. 8 stanovit křivku tlaku 1 pro nekompaktní volně sypanou vrstvu materiálu, zatímco kompaktní způsob plnění síla, spojený s předpokládaným vzrůstem sypané hmotnosti a úhlu vnitřního tření, charakterizuje křivka 2. Kritickou hloubku y_{krit} , od které účinek kompaktního plnění způsobuje zvýšení stěnového tlaku v síle, pak určíme jako průsečík křivek 1 a 2 řešením rovnice (4)

$$\frac{R_H(qg)_1}{f_w} \left[1 - \exp \left(- \frac{k_1 f_w}{R_H} y \right) \right] = \frac{R_H(qg)_2}{f_w} \left[1 - \exp \left(- \frac{k_2 f_w}{R_H} y \right) \right] \quad (4)$$

kde pro $y = y_{krit}$ platí podle Genieva (1958) $(qg)_1 = qg$, $(qg)_2 = 1,05qg$ a $\varphi_2 = 2\varphi_1$. Z obr. 7 lze přibližně stanovit pro přírůstek úhlu φ_i na dvojnásobek pokles poměru horizontálních a vertikálních tlaků k na poloviční hodnotu, tedy $k_2 = 1/2 k_1 = 1/2 k$. Po úpravě získáme rovnici (5)

$$1,05 \exp \left(- \frac{k f_w}{2 R_H} y_{krit} \right) - \exp \left(- \frac{k f_w}{R_H} y_{krit} \right) = 0,05 \quad (5)$$

8. Rozložení tlaku na stěnu sila



jejímž řešením je výraz pro kritickou hloubku y_{krit}

$$y_{krit} \doteq 2,68 \frac{R_H}{kf_w} \quad (6)$$

Vyjádříme-li tuto hloubku násobkem průměru D sila kruhového průřezu, lze psát $R_H = D/4$ a pro obilí je možné přibližně stanovit hodnotu součinnu $k \cdot f_w = 0,20$. Potom kritická hloubka $y_{krit} \doteq 3,35D$.

Ukazuje se tedy, že zvýšením kompaktnosti vrstvy sypkého materiálu v silo dosáhneme přírůstku stěnových tlaků v hloubkách vyšších než y_{krit} . Úvaha Tachtamyševa (1940) a Bernštejna (1947) naopak platí jen v hloubkách $y < y_{krit}$. Vliv skladovací doby na změnu stěnového tlaku, jak uvádí Lossier (1952), nebyl v použitém modelu sila pozorován. Zřejmě v silo nevznikaly takové konsolidační tlaky, jejichž účinek by ovlivnil změnu mechanicko-fyzikálních vlastností obilí; sypná hmotnost a úhel vnitřního tření zrna byly během měření konstantní.

Zjištěné experimentální výsledky, které ukazují, že při plnění sila centrálním proudem se statické stěnové tlaky po naplnění sila zvyšují s rostoucí rychlostí plnění sypkého materiálu, lze však vysvětlit spíše na základě měření součinitele tření obilí f_w na stěně sila, jehož výsledky ukazuje obr. 5. Bylo experimentálně prokázáno, že s rostoucí rychlostí plnění klesá hodnota součinitele stěnového tření. Protože podle rovnice (3) je tlak σ_H obilí na stěnu sila nepřímo úměrný hodnotě součinitele tření f_w , lze potom vzrůst stěnových tlaků spojený se stoupající rychlostí plnění sila vysvětlit poklesem součinitele tření f_w , závislého rovněž na rychlosti plnění, jak bylo experimentálně prokázáno.

Kdyby rychlost plnění ovlivňovala hodnotu úhlu vnitřního tření stejně jako bylo zjištěno pro úhel — resp. součinitel — tření na stěně (rychlé nekompatní naplnění síla doprovázené nakypřením vzniklé vrstvy částic a snížením úhlu vnitřního tření), jak naznačují Geniev (1958) a Lossier (1952), potom tomuto stavu odpovídající zvýšení hodnoty poměru tlaků k povede také ke zvýšení stěnového tlaku. Pro změnu úhlu vnitřního tření v závislosti na rychlosti plnění síla však zatím experimentální výsledky neznáme.

Na závěr diskuse lze konstatovat, že měření ověřila platnost hypotézy o růstu stěnových tlaků v síle v závislosti na rychlosti plnění (Ketchum, 1929; Reimbert, 1943) a ukázala, že významným faktorem, který ovlivňuje velikost statického zatížení stěny síla, je součinitel tření sypkého materiálu (obilí) na stěně skladovacího zařízení.

Z Á V Ě R

Experimentální výsledky soustředěné do této práce se zabývají vztahem mezi rychlostí plnění a vyprazdňování modelu ocelového obilního síla a zatížením stěny síla od skladovaného obilí. Bylo experimentálně prokázáno, že normální složka stěnového tlaku obilí roste se zvyšováním rychlosti plnění síla; tato závislost však nebyla prokázána při měření smykové složky napjatosti obilí na stěně modelu síla. Při měření dynamických tlaků obilí během vyprazdňování modelu síla nebyla pozorována závislost velikosti měřených tlakových pulsů na rychlosti výtoku obilí z modelu síla. Při vyhodnocování součinitele stěnového tření f_w^{STAT} bylo experimentálně zjištěno, že hodnota součinitele f_w^{STAT} klesá s rostoucí rychlostí plnění modelu síla. Podobná závislost součinitele f_w^{TOK} na rychlosti vyprazdňování síla zjištěna nebyla. Experimentálně bylo potvrzeno, že dynamický součinitel zvýšení tlaku obilí v modelu ocelového síla nezávisí na rychlosti vyprazdňování. Bylo zjištěno, že tlak obilí v modelu ocelového síla při vyprazdňování vzroste až na 1,5násobek tlaku statického (po naplnění síla); tohoto přírůstku je dosaženo v oblasti u dna síla.

Závěrem lze konstatovat, že byla potvrzena hypotéza o vlivu rychlosti plnění síla na statické stěnové tlaky skladovaného materiálu. Vzrůst stěnových tlaků byl vysvětlen poklesem součinitele tření obilí na stěně, který byl v závislosti na rychlosti plnění síla v této práci experimentálně prokázán. Naopak lze ze získaných výsledků měření usuzovat, že rychlost toku materiálu v síle, resp. rychlost vyprazdňování síla neovlivňuje velikost dynamických stěnových tlaků.

Seznam symbolů

D	vnitřní průměr válcové buňky síla
d	průměr plnicí trubice nebo vyprazdňovacího otvoru ve dně síla
d_i	rozměr částice sypkého materiálu
f_w	součinitel tření obilí na stěně síla
g	gravitační konstanta
k	poměr horizontálních a vertikálních tlaků
$k_{d,\sigma}$	dynamický součinitel zvýšení tlaku
M	rychlost výtoku sypkého materiálu
R_H	hydraulický poloměr příčného průřezu síla
y	hloubka síla
Q	sypná hmotnost
σ_H	tlak obilí na stěnu síla
σ_V	vertikální tlak obilí v síle
τ_w	smyková napjatost obilí na stěně modelu síla
φ_i	úhel vnitřního tření sypkého materiálu
$STAT$	index pro stav naplnění síla
TOK	index pro stav vyprazdňování síla

Literatura

- BERNŠTEJN, M. S.: Rasčet konstrukcij s odnostonnymi svjazami. Gosstrojzdat, Moskva 1947, s. 85.
- GENIEV, G. A.: Voprosy dinamiki sypučej sredy. Naučnoje soobščenie No. 2, Akademia Stroitelstva i Architekt., CNIISK, Moskva, 1958, s. 94 a 118.
- GREGORY, S. A.: Problems of plant design for fluidized processes. J. appl. Chem., 2, 1952, č. 1, s. S1-S7.
- JÁKY, J.: Novel Theory of Earth Pressure. Proc. 2nd Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engng. I., Rotterdam 1948, s. 101.
- JANSSEN, H. A.: Versuche über Getreidedrucke in Silozellen. Zeitschrift des Vereines Deutsch. Ing., 39, 1895, č. 35, s. 1045-1049.
- KETCHUM, M. S.: The Design of Walls, Bins and Grain Elevators. McGraw-Hill Book Comp., New York 1909, 1919, 1929, s. 328.
- KÖNEN, M.: Berechnung des Seiten- und Bodendruckes in Silozellen. Zentbl. Bauverwalt., 16, 1896, s. 446-449.
- LOSSIER, H.: La Pathologie du Beton Armé. Dunod, Paris 1952, s. 24.
- REIMBERT, M.: Recherches Nouvelles sur les Efforts Exercés par les Matières Pulvérulentes Ensilées sur les Parois des Silos. Circulaire Série 1, No. 11, Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, Paris, May 10, 1943.
- ŠMÍD, J. — NOVOSAR, J.: Měřič normálních a smykových napětí ve stěnách zásobníků na sypké hmoty. Čs. patent 150815 ze dne 15. 10. 1973.
- ŠMÍD, J. — DRAČÍNSKÝ, P. — OPOČENSKÝ, J.: Výpočty a měření stěnových tlaků obilí v modelu ocelového sila. Zem. technika, 21, 1975, č. 11, s. 651-663.
- TACHTAMYSJEV, S. G.: Opytnoje issledovanie davlenija v silosach elevatora pri Gsmukzavode v Baku. Naučnotechničeskij očet, CNIIPS, Moskva 1940.

Došlo dne 22. 12. 1975

ШМИД Й., ДРАЧИНСКИЙ П., МЕДЕК О., ДОУБЕК И. (Институт теоретических основ химических процессов ЧСАН, рПага, Завод мукомольных машин, нац. пр., ХЕПОС, Пардубице, Чехословакия). Влияние скорости загрузки и разгрузки на давление зерна в зернохранилищах. Zem. technika 22 (6) : 331-342, 1976.

В модели стального зернохранилища с круглым сечением, диаметром 306 мм и высотой 1800 мм измерялось давление на стены зернохранилища в зависимости от скорости загрузки и разгрузки зернохранилища. Особое внимание уделялось определению коэффициента трения зерна о стены зернохранилища и зависимости динамического коэффициента повышения давления при разных скоростях вытекания зерна из модели зернохранилища. Экспериментальные результаты доказали зависимость статических давлений на стены от скорости загрузки зернохранилища. Влияние скорости разгрузки на давление на стены не было установлено. Было установлено, что величина коэффициента трения зерна на стены понижается со скоростью загрузки зернохранилища; в противоположность этому, динамический коэффициент повышения давления не зависит от скорости разгрузки зерна.

хранение зерна; зернохранилище; давление на стены; коэффициент трения на стены; скорость загрузки и разгрузки зернохранилища

ŠMÍD J., DRAČÍNSKÝ P., MEDEK O., DOUBEK I. (Institute of Chemical Process Fundamentals, Czechoslovak Academy of Sciences, Praha; Flour Mill Works, CHEPOS Trust, Pardubice, Czechoslovakia). The Effect of Rate of Filling and Emptying on the Pressures Exerted by the Grain in the Silo. Zem. technika 22 (6) : 331-342, 1976.

In the model of a circular steel silo with a diameter of 306 mm and a height of 1800 mm, the authors measured the pressures exerted by the grain in dependence on the rate of filling and emptying the silo. Special attention was devoted to the friction coefficient of the grain against the silo wall, and to the dependence of the dynamic coefficient of overpressures at different rates of grain discharge from the model silo. Experimental results indicate a direct relationship between the static wall pressures and the rate of filling the silo. It was found that the value of the friction coefficient of grain on the silo wall decreases with the rate of filling the silo; on the other hand, the dynamic coefficient of overpressures does not depend on the rate of emptying the silo.

grain storage; silos; wall pressure; coefficient of wall friction; rate of filling and emptying the silo

ŠMÍD J., DRAČÍNSKÝ P., MEDEK O., DOUBEK I. (Institut für theoretische Grundlagen der chemischen Technik, Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften, Praha; Betriebe für die Mahlmaschinenfertigung, Nat.-Unt., CHEPOS, Pardubice, Tschechoslowakei). *Einfluß der Beschickungs- und Entleerungsgeschwindigkeit auf die Getreidedrücke im Silo*. Zem. technika 22 (6) : 331-342, 1976.

Im Modell eines Stahlsilos mit Kreisquerschnitt von 306 mm Durchmesser und 1800 mm Höhe wurden Wanddrücke des Getreidekornes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Silobeschickung und -entleerung gemessen. Besondere Aufmerksamkeit galt der Festlegung des Getreidereibbeiwertes an der Silowand und der Abhängigkeit des dynamischen Beiwertes der Druckerhöhung bei verschiedenen Geschwindigkeiten des Getreideflusses aus dem Silomodell. Die Versuchsergebnisse haben eine Abhängigkeit der statischen Wanddrücke von der Geschwindigkeit der Silobeschickung bestätigt. Ein Einfluß der Entleerungsgeschwindigkeit auf den Wanddruck wurde nicht ermittelt. Es wurde bestimmt, daß der Wert des Getreidereibbeiwertes an der Wand mit der Geschwindigkeit der Silobeschickung abnimmt; der dynamische Beiwert der Druckerhöhung hängt dagegen nicht von der Geschwindigkeit der Getreideentleerung ab.

Getreidelagerung; Silos; Wanddruck; Reibbeiwert an der Wand; Geschwindigkeit der Silobeschickung und -entleerung

Adresy autorů:

Ing. Jiří Šmíd, CSc., Ústav teoretických základů chemické techniky ČSAV, Rozvojová 135, 160 00 Praha 6 - Lysolaje

Ing. Petr Dračínský, ing. Otakar Medek, ing. Ivo Doubek, Továrny mlýnských strojů, n. p., CHEPOS, 532 34 Pardubice

PRÁCA ZHADZOVACEJ ZÁVITNICE PRI PÁSOVOM NADŽLABOVOM DOPRAVNÍKU

V. Vašek

Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra

VAŠEK V. *Práca zhadzovacej závitnice pri pásovom nadžlabovom dopravníku.* Zem. technika 22 (6) : 343-351, 1976.

Pri exploatacii pásového nadžlabového dopravníka so zhadzovacou závitnicou v podmienkach praxe bolo zistené nedostatočné zhŕňanie krmiva z pásu. Výsledky experimentálnych meraní ukázali, že správnou voľbou konštrukčných a kinematických parametrov zhadzovacej závitnice sa zlepši kvalita práce, charakterizovaná hmotnosťou zvyškov nezhodeného krmiva. Najpodstatnejší vplyv na veľkosť zvyškov bol preukázaný počtom otáčok závitnice a veľkosťou stúpania. Hmotnosť zvyškov krmiva je tiež závislá od vlastností a druhu dopravovaného materiálu. Na podklade dosiahnutých výsledkov boli stanovené nasledujúce konštrukčné a kinematické parametre zhadzovacej závitnice: priemer závitnice 300 mm, stúpanie závitnice 180 mm s dvojchodým závitom a otáčky závitnice 420 min⁻¹. Pri zakladaní kukuričnej siláže pre tento typ závitnice kolísali zvyšky krmiva v rozmedzí 0,5–0,10 % a pri obilninovej senáži 0,15–0,75 % z celkového dopravovaného množstva krmiva.

zakladanie objemového krmiva; nadžlabový pásový dopravník; zhadzovacie zariadenie; zhadzovacia závitnica; parametre závitnice; hmotnosť zvyškov krmiva

V ustajňovacích priestoroch s vyššou koncentráciou zvierat je nezbýtné aplikovať nové technologické poznatky a spôsoby organizácie práce. Takéto podmienky budú vyžadovať nielen nové výkonnejšie stroje a zariadenia pre dávkovanie a dopravu krmív, ale budú ovplyvňovať aj ich funkčné a exploatačné parametre.

Dôležitú skupinu dopravníkov z nadžlabových dopravných zariadení tvoria dopravné zariadenia pásového typu, z ktorých sa krmivo zakladá do žlabu pomocou zhrňovacieho zariadenia. Pásový dopravník je umiestnený nad celou dĺžkou krmného žlabu, do ktorého zhadzovacie zariadenie, pohybujúce sa nepretržite medzi jeho koncovými polohami, zhadzuje krmivo.

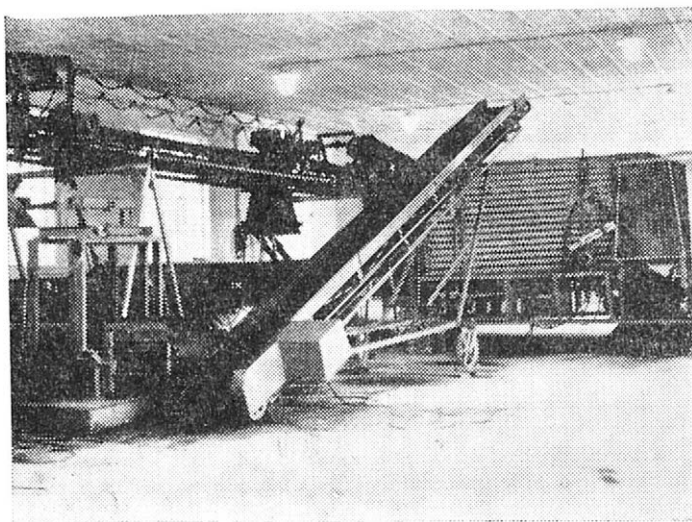
Hofman (1970) člení zhadzovacie zariadenia na dve skupiny – s pasívnym a aktívnym zhrňovacím orgánom. Pasívny orgán tvorí najčastejšie lopatka (hrablica), sklonená jednostranne vzhľadom k pozdĺžnej osi pásu, ktorá je rovnomerne posúvaná od konca pásu proti pohybu

unášaného materiálu. Aktívny orgán býva tvorený kefovým kotúčom alebo pásom, alebo závitnicou. Voľbou rýchlosti posuvu zhrňovacieho zariadenia môžeme pri daných optimálnych dopravných pomeroch pásového dopravníka prepraviť rôzne množstvo krmiva na jednotkovom úseku kŕmneho žlabu. J a c o b i (1970) uvádza, že výkonnosť zakladacieho zariadenia musí byť dostatočná, lebo inak sa zvyšuje množstvo materiálu, ktoré prechádza pod stieračom. Pri doprave ťažkých druhov krmív môže dochádzať k tvoreniu hromád pred stieračom, čo spôsobuje nerovnomerné zakladanie krmiva. Tento problém značne narastá najmä u pasívnych typov zhadzovačov a pri doprave krmív s väčším súčiniteľom trenia a časticami tenkými a prilnavými. V snahe odstrániť tento nedostatok boli vyvinuté zhadzovače s aktívnym pracovným orgánom (napr. americká firma CLAY používa zariadenie kefového typu, u ktorého je posuv zabezpečený ťažným lanom a rotačný pohyb sa odvádza kopírovacím prítlačným valcom).

B l a ž e k (1972) vo svojej správe analyzuje nadžlabový dopravník so zhadzovacou závitnicou, ktorý vyrába OPMP Plzeň. Autor poukazuje na niektoré konštrukčné a funkčné nedostatky. Dopravná výkonnosť zhadzovacej závitnice musí byť väčšia ako výkonnosť pásového dopravníka, aby závitnica spoľahlivo plnila svoju funkciu. Pri overovaní zariadenia v podmienkach praxe bola autorom zistená nedostatočná funkcia závitnice. Na páse zostávalo pri kŕmení repnými skrojkami až 3,15 % a rezanej kukurice okolo 1 % zvyškov krmiva.

K l o k o v (1973) analyzuje všetky súčasne vo svete vyrábané zariadenia tohoto typu a vyslovuje názor, že takéto zariadenia pre svoje prednosti – jednoduchosť konštrukcie, možnosť plynulej regulácie založeného krmiva, selektívne zakladanie pre jednotlivé skupiny zvierat a iné – majú široké perspektívy využitia na farmách dojníc s priemyselným spôsobom chovu s automatizovaním procesu kŕmenia.

Cieľom uvedeného príspevku je analýza práce zhadzovacej závitnice a návrh takých parametrov závitnice, aby zvyšky krmiva na páse boli minimálne.

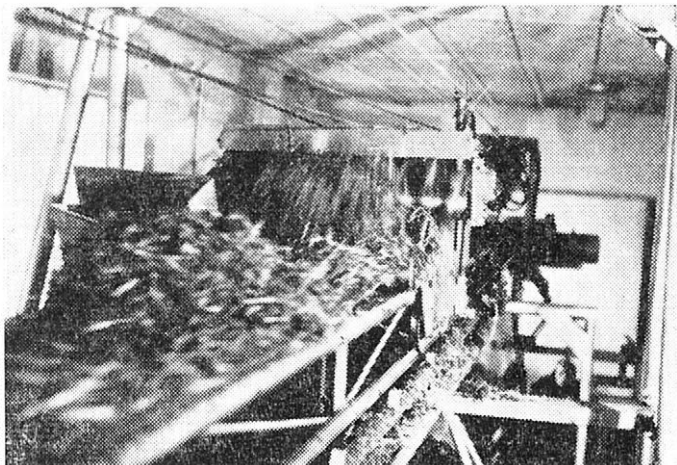


1. Technologická schéma meracej zostavy

MATERIÁL A METÓDA

Pre experimentálne účely bol použitý upravený funkčný model nadžlabového pásového dopravníka so zhadzovacou závitnicou, vyrábaného OPMP – Plzeň. Boli skonštruované tri typy závitníc s rovnakým priemerom a rôznych stúpaní. Pre pohon závitnice bol inštalovaný variátorový pohon s možnosťou plynulej regulácie otáčok závitnice v rozsahu $81 - 486 \text{ min}^{-1}$. Pásový nadžlabový dopravník bol zaradený do uzatvorenej meracej sústavy, ktorá umožňovala kontinuálny pohyb krmnej hmoty (obr. 1). Meracia sústava zabezpečovala pomocou dávkovacieho zásobníka reguláciu výkonnosti plnenia nadžlabového dopravníka a na integračnej elektromechanickej váhe odmeriavanie množstva hmoty.

2. Práca zhadzovacej závitnice



Pre hodnotenie práce zhadzovacej závitnice (obr. 2) bol sledovaný vplyv týchto veličín:

- počet otáčok závitnice na veľkosť zvyškov na páse:
otáčky sa menili podľa radu $n_1 = 180 \text{ min}^{-1}$; $n_2 = 240 \text{ min}^{-1}$; $n_3 = 360 \text{ min}^{-1}$; $n_4 = 420 \text{ min}^{-1}$,
- stúpanie závitnice na veľkosť zvyškov: boli sledované tri druhy závitníc o priemere $D = 300 \text{ mm}$ so stúpaniami $s_1 = 180 \text{ mm}$; $s_2 = 110 \text{ mm}$; $s_3 = 180 \text{ mm}$ s dvojchodým závitom;
- posuvná rýchlosť zhadzovacieho zariadenia na veľkosť zvyškov: rýchlosť bola stanovená v hodnotách $v_{v1} = 0,10 \text{ m s}^{-1}$; $v_{v2} = 0,16 \text{ m s}^{-1}$; $v_{v3} = 0,22 \text{ m s}^{-1}$.

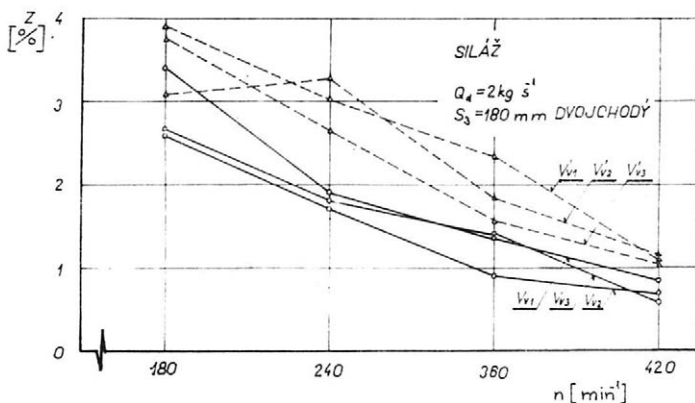
Merania sme realizovali s kukuričnou silážou objemovej hmotnosti $210 - 290 \text{ kg m}^{-3}$ s vlhkosťou $70 - 75 \%$ a obilninovou senážou objemovej hmotnosti $110 - 135 \text{ kg m}^{-3}$ s vlhkosťou $40 - 45 \%$. Každé meranie bolo opakované päťkrát. Vplyv pohybu zhadzovacieho zariadenia sme overovali pri pohybe v smere (v_v) i v protismere (v'_v) pohybu pásu. Výkonnosť pásového dopravníka bola pri doprave kukuričnej siláže $1 \text{ a } 2 \text{ kg s}^{-1}$ a pri obilninovej siláži $0,75 \text{ a } 1,00 \text{ kg s}^{-1}$.

Percentuálne zastúpenie dĺžok častíc krmiva uvádza tab. I.

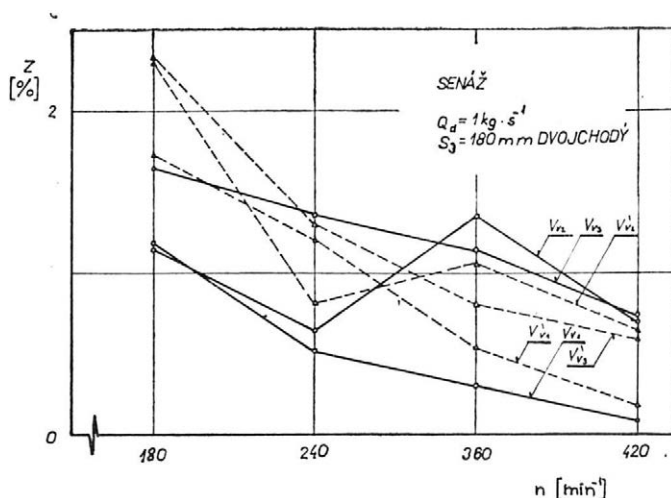
Druh krmiva	Interval								
	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-20	nad 20	zrno
Kukuřičná siláž	21,5	24,9	15,8	10,0	7,8	4,8	4,2	3,8	9,1
Obilninová senáž	35,6	33,6	21,4	4,6	2,0	2,4	1,0	0,4	—

VÝSLEDKY

Obr. 3 znázorňuje funkčnú závislosť veľkosti zvyškov krmiva od počtu otáčok zhadzovacej závitnice pre tri veľkosti posuvných rýchlostí zhadzovacieho zariadenia v smere a v protismere pohybu pásu, pri výkonnosti pásového dopravníka $Q_d = 2 \text{ kg s}^{-1}$ kukuričnej siláže a stúpaní závitnice $s_3 = 180 \text{ mm}$ s dvojchodým závitom.



4. Závislosť hmotnosti zvyškov od otáčok závitnice pri doprave senáže pri rôznych posuvných rýchlostiach

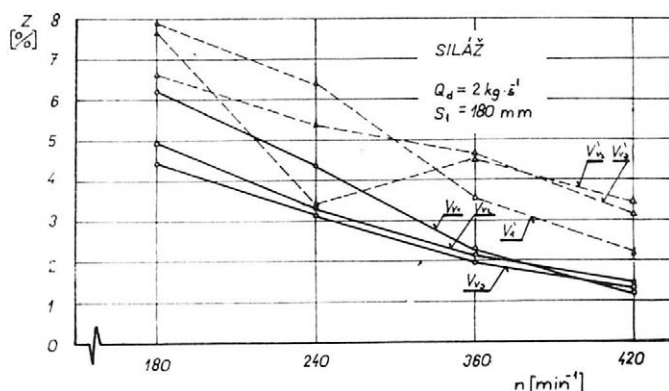


Z priebehu kriviek vidieť klesajúci charakter zvyškov krmiva zvyšovaním otáčok. Hodnoty zvyškov v smere pohybu zhadzovacieho zariadenia sú vyrovnannejšie a nižšie ako zvyšky v protismere pohybu. V rozsahu otáčok od 270 až do maximálnych 420 min^{-1} sú zvyšky vo všetkých prípadoch najnižšie.

Obr. 4 ukazuje grafické znázornenie závislosti zvyškov od otáčok závitnice pre ten istý typ závitnice pri doprave obilninovej senáže a výkonnosti pásového dopravníka $Q_d = 1 \text{ kg s}^{-1}$.

Charakter poklesu zvyškov krmiva so zvyšovaním otáčok je z priebehu kriviek vo všetkých prípadoch preukazný. Vplyv smeru pohybu nie je jednoznačný ako v predchádzajúcom prípade. V celom rozsahu otáčok sa dosiahli zvyšky pre tento typ závitnice z dopravovaného množstva pod $2,5 \text{ ‰}$.

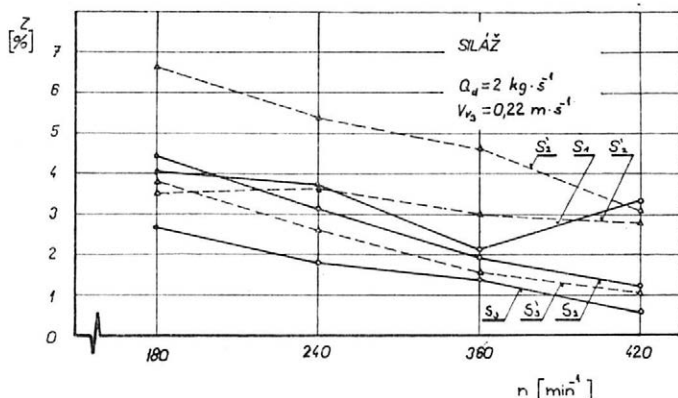
5. Hmotnosť zvyškov v závislosti od otáčok závitnice pri doprave siláže pri rôznych posuvných rýchlostiach



Na obr. 5 je znázornený funkčný priebeh zvyškov krmiva v závislosti od počtu otáčok pre tri druhy posuvnej rýchlosti, pri výkonnosti $Q_d = 2 \text{ kg s}^{-1}$ kukuričnej siláže a stúpaní závitnice $s_1 = 180 \text{ mm}$.

Z priebehu kriviek vidieť klesajúcu tendenciu znižovania zvyškov so stúpaním otáčok. Hodnoty zvyškov pre tento druh závitnice sú značne vyššie ako pri závitnici s dvojchodým závitom.

Obr. 6 znázorňuje závislosť hmotnosti zvyškov od počtu otáčok zá-

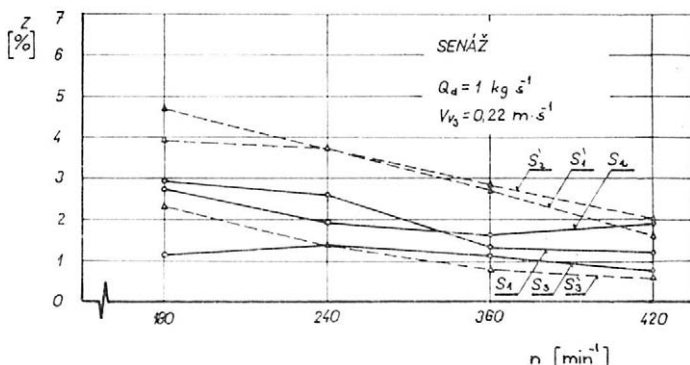


6. Závislosť hmotnosti zvyškov od otáčok závitnice pri doprave siláže pri rôznych stúpaniach závitnice

vitnice pre sledované tri typy závitníc $Q_d = 2 \text{ kg s}^{-1}$ kukuričnej siláže a posuvnej rýchlosti zhadzovacieho zariadenia $v_{v,3} = 0,22 \text{ m s}^{-1}$ v smere a v protismere pohybu pásu.

Z priebehu kriviek pre závitnicu so stúpaním $s_2 = 110 \text{ mm}$ môžeme vidieť väčšiu variabilitu hodnôt zvyškov. Závitnica s dvojchodým závitom preukazuje pravidelný pokles zvyškov so stúpajúcimi otáčkami a ich hodnoty sú najnižšie.

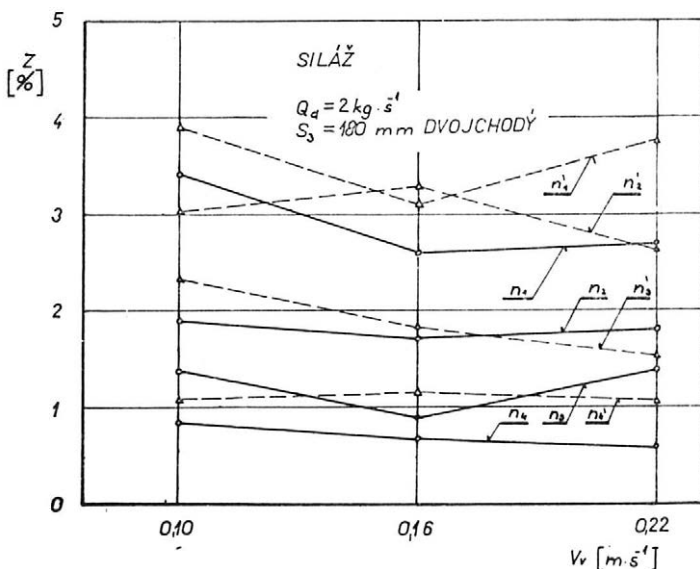
Na obr. 7 je znázornený priebeh závislosti zvyškov krmiva od počtu otáčok závitnice pre sledované tri typy závitníc pri doprave obilninovej senáže s $Q_d = 1 \text{ kg s}^{-1}$ a posuvnej rýchlosti $v_{v,3} = 0,22 \text{ m s}^{-1}$ v smere a v protismere pohybu pásu.



7. Závislosť hmotnosti zvyškov od otáčok závitnice pri doprave senáže pri rôznych stúpaniach závitnice

Klesajúci charakter hmotnosti zvyškov so stúpaním otáčok je pravidelný pre všetky druhy závitníc v oboch pracovných smeroch. V rozsahu otáčok $360 - 420 \text{ min}^{-1}$ sú zvyšky pre všetky typy závitníc v rozsahu $0,5 - 2 \%$.

Obr. 8 znázorňuje funkčný priebeh závislosti zvyškov krmiva od posuvnej rýchlosti zhadzovacieho zariadenia pre štyri druhy otáčok závit-



8. Závislosť hmotnosti zvyškov od posuvných rýchlostí pri doprave siláže pri rôznych otáčkach závitnice

nice $Q_d = 2 \text{ kg s}^{-1}$ kukuričnej siláže a stúpaní závitnice $s_3 = 180 \text{ mm}$ s dvojchodým závitom.

Z priebehu kriviek môžeme usudzovať, že veľkosť posuvnej rýchlosti nemá väčší vplyv na hmotnosť zvyškov. Preukazuje sa však vplyv výšky otáčok závitnice a vplyv smeru pracovného pohybu zhadzovacieho zariadenia.

Veľkosť otáčok zhadzovacej závitnice priamo ovplyvňuje osovú rýchlosť pohybu hmoty, a tým dopravnú výkonnosť zhadzovacej závitnice. Tento dôležitý faktor, ako vyplýva z výsledkov meraní, najpodstatnejšou mierou ovplyvňoval kvalitu práce zhadzovacej závitnice.

Obr. 6 a 7 výrazne dokumentujú klesajúcu tendenciu hmotnosti zvyškov zvyšovaním otáčok. Pri najvyšších otáčkach $n_4 = 420 \text{ min}^{-1}$ boli preukázané hodnoty zvyškov pod limitujúcu hranicu. Z výsledkov meraní (obr. 6 a 7) boli jednoznačne preukázané najnižšie hodnoty pre stúpanie $s_3 = 180 \text{ mm}$ s dvojchodým závitom v oboch pracovných smeroch pohybu zhadzovacieho zariadenia. Pri doprave obilninovej senáže boli dosiahnuté vždy najpriaznivejšie výsledky.

Zo závislosti vplyvu veľkosti otáčok od hmotnosti zvyškov pre rôzne posuvné rýchlosti zhadzovacieho zariadenia je rovnako evidentné znižovanie zvyškov so stúpaním počtu otáčok (obr. 3, 4, 5). Vo všetkých prípadoch však trend poklesu je menší ako pri vplyve stúpania. Pri najväčšej posuvnej rýchlosti sú preukázané mierne nižšie hmotnosti zvyškov. Z priebehu kriviek môžeme vidieť dosahovanie menších hodnôt zvyškov pri práci zhadzovacieho zariadenia v smere pohybu pásu. Vplyv zmeny posuvnej rýchlosti zhadzovacieho zariadenia dokumentuje tiež obr. 8. Z priebehu kriviek je vidieť, že posuvná rýchlosť v skúmanom intervale nepreukazuje podstatný vplyv na hmotnosť zvyškov. Rozhodujúco sa prejavuje vplyv veľkosti otáčok. Najnižšie hodnoty zvyškov boli zistené pre závitnicu s dvojchodým závitom pri doprave obilninovej senáže.

DISKUSIA

Experimentálne merania ukázali, že správnou voľbou konštrukčných a kinematických parametrov zhadzovacej závitnice sa zlepši kvalita práce. Z výsledkov je vidieť, že zvyšovaním počtu otáčok vo všetkých prípadoch boli dosiahnuté menšie zvyšky nezhrnutého krmiva. Najpriaznivejšie výsledky boli pri závitnici s dvochodým závitom. Hmotnosť zvyškov je závislá od druhu dopravovaného krmiva. Pri zakladaní kukuričnej siláže a maximálnych otáčkach závitnice kolísali v rozmedzí 0,5–1,1 %, pri obilninovej senáži boli ešte nižšie – 0,15–0,75 %. Pri závitnici so stúpaním 180 mm boli zistené pri otáčkach 180 min^{-1} zvyšky až 8 % z hmotnosti dopravovaného krmiva a znížili sa pri otáčkach 420 min^{-1} na 1,2–3,5 %.

Na hmotnosť zvyškov nemala v skúmanom intervale zmena posuvnej rýchlosti zhadzovacieho zariadenia podstatnejší vplyv.

Experimentálnym skúmaním práce zhadzovacej závitnice sa zistili z hľadiska zvyškov krmiva na páse v skúmanom rozsahu otáčok najvýhodnejšie otáčky $n = 420 \text{ min}^{-1}$, pri zväčšenom priemere závitnice $D = 300 \text{ mm}$ a stúpaní závitnice $s = 180 \text{ mm}$ s dvojchodým závitom.

Zdokonalenie práce zhadzovacej závitnice je prínosom z hladiska vytvárania podmienok automatizovania procesu kŕmenia. Vylúči sa nutnosť odstraňovania väčšieho množstva krmiva spadnutého na konci nadžlabového dopravníka.

Nadžlabový pásový dopravník so zhadzovacím zariadením vyhovuje ZOOTP, kladeným na uvedený typ kŕmneho zariadenia. Môže byť využívaný v nových i rekonštruovaných stavbách pre hovädzí dobytok.

L i t e r a t ú r a

- BLAŽEK, J.: Výsledky ověřování nových krmných linek pro skot. [Závěrečná zpráva.] Praha-Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1972.
 BLAŽEK, J.: Teorie a funkční výpočet pásových nadžlabových dopravníků. Zem. technika, 20, 1974, č. 9, s. 515-526.
 HOFMAN, J.: Zemědělské stroje, II. díl. VUT, Praha 1970.
 JACOBI, U.: Die Systeme der Futterverteilung bei stationärer Mechanisierung in der Rinderhaltung. Dte Agrartechnik, 20, 1970, č. 8 s. 355-357.
 KLOKOV, H. I.: Razdatčiki — dozatory s peremeščajuščimisja kormosbrasiteljami. Traktory i selchozmašiny, 43, 1973, č. 1, s. 43-46.

Došlo dne 10. 12. 1975

ВАШЕК В. (Сельскохозяйственный институт, Нитра, Чехословакия). Работа разгрузочного шнека у ленточного наджелобового транспортера. Zem. technika 22 (6) : 343-351, 1976.

При эксплуатации ленточного наджелобового транспортера с разгрузочным шнеком в условиях практики было установлено недостаточное выгребание корма. Результаты экспериментальных измерений доказали, что путем правильного выбора конструкционных и кинематических параметров разгрузочного шнека улучшается качество работы, характеризующееся массой остатков невыгруженного корма. Самое значительное влияние на величину остатков оказывало число оборотов шнека и величина шага. Масса остатков корма также зависит от свойств и вида транспортируемого материала. На основе достигнутых результатов были установлены следующие конструкционные и кинематические параметры разгрузочного шнека: диаметр шнека 300 мм, шаг шнека 180 мм с двухзаходной резьбой и обороты шнека 420 мин⁻¹. При закладке кукурузного силоса для этого типа шнека остатки корма колебались в пределах 0,5 — 0,10 %, а при зерновом сенаже 0,15 — 0,75 % общего транспортируемого количества корма.

закладка объемистых кормов; наджелобовый ленточный транспортер; разгрузочное приспособление) разгрузочный шнек; параметры шнека; масса остатков корма

VAŠEK V. (University of Agriculture, Nitra, Czechoslovakia). Work of the Discharge Worm of the Overhead Belt Conveyor. Zem. technika 22 (6) : 343-351, 1976.

In the course of operation of an overhead feeder belt conveyor, it was found that the discharge worms do not ensure a sufficient discharge of the fodder from the belt. The results of experimental measurements have shown that a proper choice of the structural and kinematic parameters of the discharge worm can improve the quality of work, especially by reducing the quantity of residual fodder on the conveyor belt. Most important in this respect is the number of revolutions of the worm and the magnitude of the gradient. The quantity of fodder residuals on the conveyor belt also depends on the properties and type of the fodder transported. The experimental results made it possible to determine the following structural and kinematic parameters of the discharge worm: diameter of the worm — 300 mm; gradient of the worm with double action thread — 180 mm; and revolutions of the worm — 420 r. p. m. These parameters enabled a reduction of the residual fodder on the conveyor belt to 0.5 — 0.10 % in the case of maize silage, and 0.15 — 0.75 % in the case of grain silage, of the overall quantity of fodder transported.

dosing of bulk feed; overhead belt conveyor; discharge device; discharge worm; parameters of the discharge worm; quantity of fodder residuals

VÁŠEK V. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra, Tschechoslowakei). *Arbeit der Abwurfschnecke bei dem trogbeschickenden Förderband*. Zem. technika 22 (6): 343-351, 1976.

Bei der Nutzung des trogbeschickenden Förderbandes mit der Abwurfschnecke unter Bedingungen des praktischen Einsatzes wurde ein unzulängliches Futterabstreifen von dem Band ermittelt. Die Ergebnisse der Versuchsmessungen haben nachgewiesen, daß durch funktionsgerechte Wahl der konstruktiven und kinematischen Parameter der Abwurfschnecke, die durch die Masse der Reste des nicht abgeworfenen Futtermittels charakterisierte Arbeitsgüte verbessert wird. Der bedeutendste Einfluß auf die Futterrestgröße wurde durch die Drehzahl der Schnecke und Steigungsgröße nachgewiesen. Die Masse der Futterreste ist auch von den Eigenschaften und Art des beförderten Gutes abhängig. Aufgrund der erzielten Ergebnisse wurden folgende konstruktive und kinematische Parameter der Abwurfschnecke festgelegt: Schnecken-durchmesser 300 mm, Steigung 180 mm mit doppelgängigem Gewinde und Schnecken-drehzahl 420 min⁻¹. Bei der Verteilung der Maissilage bewegten sich für diesen Schneckentyp die Futterreste im Bereich von 0,5 — 0,10 ‰ und bei der Getreidesilage 0,15 — 0,75 ‰ von der gesamten Futterfördermenge.

Verteilung des Rauhfutters; trogbeschickendes Förderband; Abwurfeinrichtung; Abwurfschnecke; Parameter der Schnecke; Masse der Futterreste

Adresa autora:

Ing. Vladimír Vá š e k, Vysoká škola poľnohospodárska, 949 01 Nitra

VĚDECKÉ ČASOPISY

ČESKOSLOVENSKÉ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÉ

uverejňují původní vědecké práce o vyřešených výzkumných úkolech ze všech oborů zemědělství a lesnictví. Dále otiskují vědecká pojednání, studie a přehledy zahraniční literatury o vědeckých problémech. Práce z různých výzkumných pracovišť, vztahující se k jednomu problému, jsou vydávány v monotematických číslech.

V roce 1976 vycházejí časopisy:

ROSTLINNÁ VÝROBA	12× ročně, předplatné Kčs 216,—
ŽIVOČIŠNÁ VÝROBA	12× ročně, předplatné Kčs 120,—
VETERINÁRNÍ MEDICÍNA	12× ročně, předplatné Kčs 120,—
ZEMĚDĚLSKÁ EKONOMIKA	12× ročně, předplatné Kčs 120,—
ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA	12× ročně, předplatné Kčs 120,—
LESNICTVÍ	12× ročně, předplatné Kčs 144,—
SBORNÍK ÚVTIZ	
GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ	4× ročně, předplatné Kčs 40,—
OCHRANA ROSTLIN	4× ročně, předplatné Kčs 40,—
MELIORACE	2× ročně, předplatné Kčs 20,—
SOCIOLOGIE ZEMĚDĚLSTVÍ	2× ročně, předplatné Kčs 20,—
ZAHRADNICTVÍ	4× ročně, předplatné Kčs 40,—

Vědecký časopis SCIENTIA AGRICULTURAE BOHEMOSLOVACA je určen pro zahraničí. Otiskuje vědecké práce a studie, které jsou československým přínosem k celosvětovým poznatkům zemědělské vědy. Články jsou otiskovány v angličtině, ruštině, němčině a francouzštině. Časopis vychází čtvrtletně a celoroční předplatné činí Kčs 40,—.

VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÉ je orgánem ČSAZ a výzkumných ústavů. Informuje o problematice zemědělské vědy a výzkumu, projednáváné na zasedáních pléna, předsednictva, odborů a komisí ČSAZ, na konferencích a sympoziích. Přináší referáty z mezinárodních kongresů a výsledné zprávy ze studijních cest ze zahraničí. V četných rubrikách uverejňuje materiály o plánech a výsledcích činnosti jednotlivých ústavů a pracovišť. Věstník ČSAZ vychází měsíčně a celoroční předplatné činí Kčs 96,—.

SPOTREBA ENERGIE PRI SUŠENÍ TRUSU A MOŽNOSTI JEJ ZNÍŽENIA

F. Zacharda

Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky, Rovinka

ZACHARDA F. *Spotreba energie pri sušení trusu a možnosti jej zníženia*. Zem. technika 22 (6) : 353-358, 1976.

Príspevok sa zaoberá problematikou zisťovania spotreby energie pri sušení trusu, stanovením základných prevádzkových parametrov sušiarň Atlas, Mawo, Ciconeg a porovnaním mernej spotreby energie u týchto sušární. Ďalej sa príspevok zaoberá možnosťami úspory energie pri sušení trusu zásahom do technologického zariadenia hál. Za týmto účelom sa zisťoval vplyv ventilkovej a prietokovej napájačky na vlhkosť trusu. Štatistickými výpočtami sme dospeli k záverom, že použitím ventilkových napájačiek sa dosiahne o 5 % nižšia vlhkosť trusu ako pri použití prietokových napájačiek. Výmenou napájačiek prietokových za ventilkové, teda znížením vlhkosti trusu, sa dosiahne úspora paliva pri sušení trusu.

sušenie trusu; spotreba energie pri sušení; napájačky a vlhkosť trusu; úspora energie

Medzi súčasné svetové problémy patrí aj hospodárne využívanie všetkých druhov energie, ktorej spotreba neustále stúpa v dôsledku zvyšovania stupňa mechanizácie a automatizácie pracovných procesov. Nie je tomu inak ani v poľnohospodárstve, kde sme zaznamenali najmä v posledných rokoch prudký nárast počtu mechanizačných prostriedkov a zariadení s vysokou energetickou náročnosťou. V hydínárskej veľkovýrobe sa začína uplatňovať nový spôsob spracovania trusu, sušenie v špecializovaných sušiarňach. Na sušenie trusu sa v našich podmienkach využívajú špecializované sušiarne z dovozu Atritor, Atlas, Ciconeg, Mawo a pokusná sušiareň BS-6. Všetky tieto sušiarne sú veľmi náročné na spotrebu paliva a elektrickej energie, preto je potrebné správne ich zaradiť do technologického postupu manipulácie a spracovania trusu tak, aby ich prevádzka bola čo najhospodárnejšia. K tomu bude potrebné prispôbiť aj technologické zariadenie hydínárskych hál, dopravné cesty a organizáciu prevádzky farmy a sušiarne. Účelom tejto práce bolo stanoviť energetickú náročnosť špecializovaných sušární a zistiť možnosť zníženia potreby energie na sušenie trusu. Táto problematika má v súčasnej dobe, ale aj v budúcnosti, veľký praktický význam a ekonomický dosah.

METÓDA

Pre dosiahnutie stanovených cieľov sme vykonali meranie sušiarne Atlas v JRD Púchov, Ciconeg v SDHP Nitra a Mawo v Dvoroch nad Žitavou, podľa jednotnej metodiky. V procese sušenia sme sledovali:

– vlhkosť čerstvého trusu (počiatočná)	W_1	(%)
– výstupnú vlhkosť trusu	W_2	(%)
– hmotnosť usušeného trusu	M_2	(kg)

Vlhkosť trusu sme stanovili podľa ČSN 46 7007, hmotnosť trusu sme zistili vážením. Pre výpočet spotreby tepla je potrebné merať hmotnosť paliva M_p (kg), resp. objem plynu V_p (m³) a spotrebu elektrickej energie A_{el} (kWh).

Technickú dokonalosť sušiarne posúdime podľa špecifickej spotreby tepla na 1 kg odparenej vody, podľa vzťahu:

$$S_1 = \frac{M_p \cdot H_d}{M_w} \quad / \text{kJ kg}^{-1}/$$

kde: H_d – výhrevnosť paliva (kJ kg⁻¹)

M_w – hmotnosť odparenej vody (kg)

Výkonnosť sušiarne posúdime podľa hmotnosti odparenej vody za hodinu, t. j. M_{wt} (kg h⁻¹), alebo podľa hmotnosti usušeného trusu za hodinu M_2 (kg h⁻¹). Spotreba elektrickej energie a paliva pri sušení trusu má v konečnom dôsledku vplyv na ekonomiku hydinárskej farmy. Nakoľko sú sušiarne vybudované na farmách s rozdielnymi pracovnými podmienkami, pre ich vzájomné porovnanie a stanovenie mernej spotreby elektrickej energie a paliva sme stanovili podmienku, že sušiarne budú pracovať na farme o kapacite 100 000 ks s priemernou znáškou vajec 70 %. Počiatočná vlhkosť trusu bude 85 % a výstupná vlhkosť 15 %.

Zníženie spotreby energie pri sušení trusu je možné dosiahnuť viacerými spôsobmi. Jedným z možných riešení je zníženie vlhkosti trusu. S týmto cieľom sme zisťovali vplyv použitého druhu napájajúcej na vlhkosť trusu. V prevádzkových podmienkach sme porovnávali vlhkosť trusu pri použití prietokovej žliabkovej napájajúcej a pri použití napájajúcej ventilkovej, kvapkadlovej.

U každého druhu napájajúcej sme zisťovali:

– vlhkosť trusu v trusníku	W_{tr}	(%)
– vlhkosť trusu v zbernej nádrži	W_{zb}	(%)

Vlhkosť trusu sme zisťovali podľa ČSN 46 70 07. Namerané hodnoty boli vyhodnotené matematicko-štatistickými metódami a základné štatistické charakteristiky oboch súborov meraní boli vzájomne testované.

VÝSLEDKY

Všetky tri sušiarne sú v podstate sušiarne bubnové, sú však medzi nimi tieto rozdiely:

– Vstup materiálu do sušiarne Mawo je priamy, t. j. bez zahusťovania, kým u sušiarne Atlas a Ciconeg sa trus zahusťuje nasávacím materiálom.

– Sušiarne Mawo a Atlas majú riešenú dezodorizáciu splodín sušenia dodatočným spaľovaním v dezodorizačnom bubne, kým sušiareň Ciconeg má riešenú dezodorizáciu vodným filtrom. Tieto rozdiely sa prejavili v jednoduchosti (resp. zložitosti) konštrukcie sušiarne a v spotrebe energie na sušenie. Teoretická spotreba tepla na odparenie 1 kg vody je $S_{teor.} = 2660 \text{ kJ kg}^{-1}$. Namerané hodnoty prevádzkových parametrov sušiarň sú uvedené v tab. I.

I. Prevádzkové parametre sušiarň

Typ sušiarne	Mawo	Atlas	Ciconeg
Počiatočná vlhkosť trusu W_1 (%)	77,5	83,5	91,4
Výsledná vlhkosť trusu W_2 (%)	16,7	10,5	10,1
Výkonnosť v suchom truse (kg ha^{-1})	294,0	390,0	105,2
Výkonnosť v odparenej vode (kg ha^{-1})	787,3	2434	993
Špecifická spotreba tepla ($\text{kJ kg}^{-1} \text{ o. v.}$)	9597	4646	4010
Dezodorizácia spalín	spaľovaním	spaľovaním	vodou
Hmotnosť odparenej vody počas merania (kg)	4724	19472	4473
Spotreba paliva počas merania	1090	2176	493
LTO (kg), plyn (m^3)	LTO	LTO	plyn
Spotreba elektrickej energie (kWh)	240	1088	398

Pre vzájomné porovnanie sušiarň sme v metodike merania stanovili podmienku prevádzky na farme o kapacite 100 000 nosníc. To znamená, že každá sušiareň odparí denne až 14 800 kg vody z 18 000 kg čerstvého trusu. Za predpokladu 70 % znášky bude merná spotreba paliva a energie na 1000 ks vajec, ako uvádza tab. II.

II. Merná spotreba paliva a energie na sušenie trusu

Typ sušiarne	Mawo	Atlas	Ciconeg
Merná spotreba paliva ($\text{kg LTO}/1000 \text{ ks}$, resp. $\text{m}^3/1000 \text{ ks vajec}$)	48,57 (LTO)	23,54 (LTO)	23,81 (plyn)
Merná spotreba elektrickej energie ($\text{kWh}/1000 \text{ ks}$)	10,74	11,81	18,81

Z tab. I a II je zrejmé, že najväčšiu spotrebu tepelnej energie má sušiareň Mawo. Je to zapríčinené nevhodným spôsobom vedenia spalín do dezodorizačného bubna a odtiaľ priamo do ovzdušia, čím sa prakticky 50 % celkovej spotreby tepla bez úžitku stráca. To sa prejavuje vo výške nákladov na výrobu vajec na farme.

Jedným z možných spôsobov úspory tepelnej energie je zníženie vstupnej vlhkosti trusu do sušiarne. S týmto cieľom sme sledovali vplyv použitej napájačky na vlhkosť trusu. Nakoľko hodnoty vlhkosti trusu v zbernej nádrži boli u obidvoch súborov vyššie priemerne o 8–10 % ako v trusníku, obmedzili sme sa iba na vyhodnotenie hodnôt vlhkosti v trusníku. Z nameraných hodnôt jednotlivých súborov sme vypočítali základné štatistické charakteristiky:

Charakteristika súboru A (ventilková napájačka)

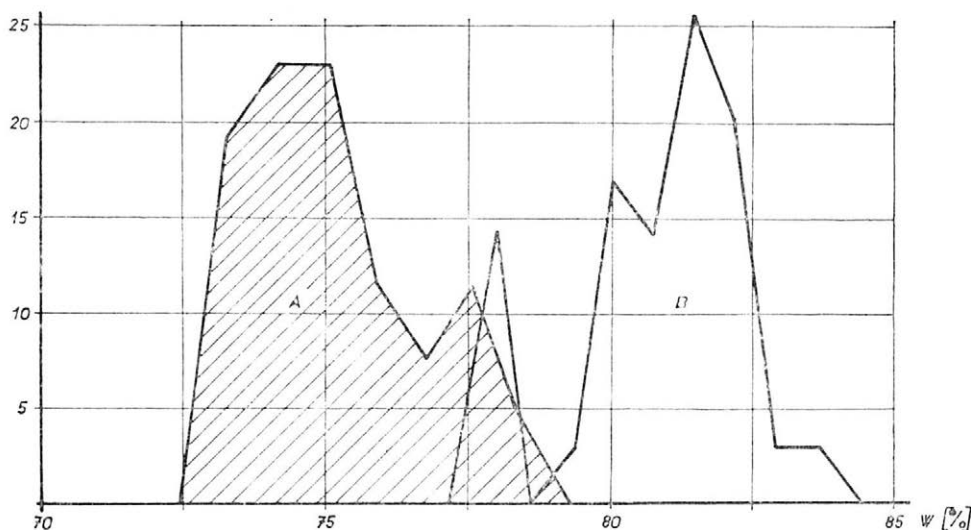
Počet vstupných hodnôt	N_A	= 26
Minimálna hodnota	x_{Amin}	= 72,90
Maximálna hodnota	x_{Amax}	= 78,08
Aritmetický priemer	$\bar{x}_A$	= 75,114
Smerodajná odchýlka	S_A	= 1,501
Výberový rozptyl	S_A^2	= 2,251

Charakteristika súboru B (prietoková napájačka)

Počet vstupných hodnôt	N_B	= 35
Minimálna hodnota	x_{Bmin}	= 77,50
Maximálna hodnota	x_{Bmax}	= 83,34
Aritmetický priemer	$\bar{x}_B$	= 80,80
Smerodajná odchýlka	S_B	= 1,537
Výberový rozptyl	S_B^2	= 2,364

Základné charakteristiky sme testovali podľa F -testu. Vypočítaná hodnota $F = 1,039$ je menšia ako tabuľková hodnota $F = 2,19$ (Reisenauer, 1970), čo znamená, že rozdiel medzi rozptylmi nie je štatisticky

POČETNOSŤ [%]



1. Histogram početnosti vlhkosti trusu v závislosti od použitého druhu napájačky
A – ventilková napájačka
B – prietoková napájačka

významný. Preto sme testovali podľa t -testu rozdiel aritmetických priemerov. Vypočítaná hodnota t -testu je $t = 10,088$. Podľa Reisenauera (1970) je kritická hodnota $t_{0,01} = 2,660$. Pretože vypočítaná hodnota $t > t_{0,01}$, tvrdíme, že medzi priemermi je štatisticky významný rozdiel na hladine významnosti $p = 0,01$.

Histogram rozdelenia početnosti vlhkosti podľa druhu použitej napájačky je na obr. 1.

Výpočtom sme z nameraných hodnôt vlhkosti trusu v trusníku v závislosti od použitého druhu napájačky zistili, že medzi vlhkosťou trusu pri použití prietokovej napájačky a medzi vlhkosťou trusu pri použití ventilkovej napájačky je štatisticky významný rozdiel. To znamená, že pri použití ventilkovej napájačky sa dosiahne preukazne nižšia vlhkosť trusu ako pri použití napájačky prietokovej.

DISKUSIA

Z nameraných prevádzkových parametrov sušiarňí vyplýva, že najväčšiu špecifickú spotrebu tepla pri sušení má sušiareň Mawo. Spôsob vedenia spalín je zo sušiaceho bubna priamo cez dezodorizačný bubon do ovzdušia, čím sa značné množstvo tepelnej energie stráca prakticky bez úžitku. Merná spotreba paliva je u tejto sušiarne viac ako dvojnásobná v porovnaní so sušiarňou Atlas. Z hľadiska ďalšieho spracovania trusu sušením a zhospodárnenia prevádzky sušiarne má veľký význam zistenie závislosti použitého druhu napájačky od vlhkosti trusu. Pre zaistenie presnosti merania $\Delta = 1\%$ na hladine významnosti $p = 0,05$ sme výpočtom zistili potrebný počet meraní $N = 20$. Obidva súbory mali väčší počet meraní. Štatistickým výpočtom sme zistili, že medzi aritmetickými priemermi je štatisticky významný rozdiel. U ventilkovej napájačky sme dosiahli o 5 % nižšie priemerné hodnoty vlhkosti ako u napájačky prietokovej. Táto skutočnosť má veľký význam z hľadiska ďalšieho spracovania trusu, pretože pri sušení trusu je potrebné vynaložiť na odparenie 1 kg vody z trusu teoretické množstvo tepla $S_{teor.} = 2660$ kJ.

Zníženie vlhkosti trusu o 5 % použitím ventilkových napájačiek má za dôsledok pri sušení trusu na farme s kapacitou 100 000 nosníc (produkcia trusu 18 000 kg denne) úsporu spotreby tepla $3,6 - 4 \cdot 10^6$ kJ denne, čo predstavuje úsporu paliva 86–96 kg LTO, resp. 100–112 m³ zemného plynu. Tieto hodnoty nie sú z hľadiska ekonomiky prevádzky sušiarne a vzhľadom na celospoločenský problém šetrenia energiou zanedbateľné.

ZÁVER

Sušenie trusu, ako nová technológia spracovania, sa stále viac uplatňuje v poľnohospodárskej praxi. Je potrebné organizačne a technologicky doriešiť nadväznosť technologického zariadenia hál a sušiarňí, a zabezpečiť tak ekonomickú prevádzku celého komplexu farmy. Pre zvýšenie efektívnosti sušenia trusu je potrebné znížiť na minimum vstupnú vlhkosť trusu. To sa môže uskutočniť odvedením odpadovej vody z napájačiek a technologickej vody z hál mimo zberné nádrže na trus, alebo tiež výmenou prietokových napájačiek za ventilkové a dbať o ich správnu funkciu.

Došlo dne 3. 2. 1976

ЗАХАРДА Ф. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Ровинка, Чехословакия). *Затрата энергии при сушке помета и возможности ее понижения*. Zem. technika 22 (6) : 353-358, 1976.

Статья посвящена проблематике определения затраты энергии при сушке помета, определению основных эксплуатационных параметров сушилок Атлас, Маво, Киконег и сравнению удельной затраты энергии у этих сушилок. Далее, статья посвящена возможности экономии энергии при сушке помета путем вмешательства в технологическое оборудование цеха. С этой целью устанавливалось влияние вентиляльной и проточной поилки на влагоемкость помета. При помощи статистических вычислений мы пришли к выводу, что при применении вентиляльных поилок будет достигнута влагоемкость помета на 5 % ниже, чем при применении проточной поилки. Путем замены проточных поилок вентилянными, будет достигнута экономия топлива при сушке помета.

сушка помета; затрата энергии при сушке; поилки и влагоемкость помета; экономия энергии

ZACHARDA F. (Research Institute of Agricultural Machines, Rovinka, Czechoslovakia). *Energy Consumption for Drying Excrements, and Possibilities of its Reduction*. Zem. technika 22 (6) : 353-358, 1976.

The paper deals with the problem of ascertaining energy consumption for drying excrements, by determining the basic operational parameters of Atlas, Mawo and Ciconeg driers, and comparing their specific energy consumption. The author also deals with the possibilities of reducing energy consumption through changes in the technological equipment of the halls. For this purpose, he studies the effect of valve-type and open-flow water feeders on the moisture content of the excrements. Statistical computations have shown that the application of valve-type water feeders results in a 5% decrease of the moisture content, compared with open-flow feeders. Thus the application of valve-type water feeders enables a reduction of fuel consumption when drying the excrements.

drying of excrements; energy consumption for drying; water feeders and moisture of the excrements; energy savings

ZACHARDA F. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Rovinka, Tschechoslowakei). *Energieverbrauch bei der Kottrocknung und Möglichkeiten für deren Senkung*. Zem. technika 22 (6) : 353-358, 1976.

Der Aufsatz behandelt die Problematik der Ermittlung des während der Kottrocknung auftretenden Energieverbrauches durch Bestimmung der grundlegenden Betriebsparameter von Trocknern Atlas, Mawo, Ciconeg und durch Vergleich des spezifischen Energieverbrauches bei diesen Trocknern. Ferner erörtert der Aufsatz die Möglichkeiten der Energieeinsparung bei der Kottrocknung durch den Eingriff in die technologische Einrichtung der Hallen. Zu diesem Zweck wurde der Einfluß der Ventil- und Durchlauftränke auf die Kotfeuchtigkeit ermittelt. Durch statistische Berechnungen gelangte man zur Schlußfolgerung, daß bei dem Einsatz der Ventiltränken eine um 5 % geringere Kotfeuchtigkeit als bei dem Einsatz der Durchlauftränken erzielt wird. Durch Austausch der Durchlauftränken gegen Ventiltränken, d. h. durch Senkung der Kotfeuchtigkeit, wird eine Brennstoffeinsparung bei der Kottrocknung erzielt.

Kottrocknung; Energieverbrauch bei der Trocknung; Tränken und Kotfeuchtigkeit; Energieeinsparung

Adresa autora:

Ing. František Zacharda, CSc., Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky, 900 42 Rovinka, okr. Bratislava

SKÚŠANIE ODOLNOSTI OSTRIA PÔDUSPRACUJÚCICH NÁSTROJOV PROTI ABRAZÍVNEMU OPOTREBENIU

J. Balla, P. Sečkář, M. Marko, R. Tolnai

Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra

BALLA J., SEČKÁŘ P., MARKO M., TOLNAI R. *Skúšanie odolnosti ostria pôduspracujúcich nástrojov proti abrazívnemu opotrebeniu*. Zem. technika 22 (6) : 359-366, 1976.

Pri posudzovaní pracovnej spôsobilosti pôduspracujúceho nástroja má často rozhodujúci význam stav jeho ostria. Možnosť hodnotenia odolnosti ostria pôduspracujúceho nástroja dáva laboratórna skúška imitujúca pôdne pomery rezaním umele vytvoreného abrazívneho média. Pre posúdenie zmien, ktoré na ostrí prebiehajú počas práce, sa využíva zmena rezných síl, ktorá je priebežne meraná tenzometrickými snímačmi. Za hlavné kritérium odolnosti ostria proti opotrebeniu bola zvolená hodnota prírastku a zložky reznej sily rovnobežnej so smerom pohybu nástroja. Okrem toho ako pomocné kritériá slúžili hodnoty zložky sily kolmej na smer pohybu, úbytok hmotnosti vzoriek, zmena dĺžky vzorku a rozmer fazetky vytvorenej v procese opotrebenia. Zo skúšaného súboru materiálov ukázala najpriaznivejšie výsledky oceľ 13240 + Nb po termomechanickom spracovaní.

abrazívne opotrebenie; ostrie nástroja; laboratórne skúšky; rezné sily

V procese spracovania pôdy dochádza k postupnému opotrebeniu pracovných nástrojov. Z hľadiska ich funkčnej činnosti je často rozhodujúci tvar ostria príslušného nástroja.

V súvislosti s opotrebením (otupovaním) ostria nás najviac zaujíma zmena jeho geometrických tvarov, ktorá bezprostredne ovplyvňuje kvalitu práce a energetickú náročnosť na jej vykonávanie.

V prevádzke obvyčajne sledujeme ťahový odpor, ktorý narastá postupným otupovaním ostria pracovného orgánu. Všimneme si niektoré zvláštnosti zmien vzájomného pôsobenia ostria a pôdy. Ak je polomer ostria malý, ostrie je tvorené priesečníkom rezného klina, pôsobia naň tvrdé častice pôdy veľkým tlakom. V dôsledku toho dochádza k zaobleniu hrany.

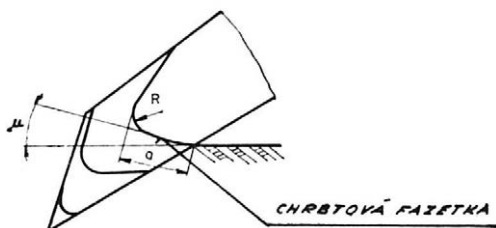
V praxi proces zaoblenia reznej hrany prebehne pomerne rýchlo a z celkovej doby práce predstavuje veľmi malý úsek. Rozhodujúci podiel predstavuje práca so zaobleným ostrím, kde dochádza k spojitému nárastu tohoto zaoblenia, t. j. k postupnému zvyšovaniu otupenia ostria.

Asymetrická poloha reznej hrany vzhľadom na smer pohybu (napr.

lemeše) radličky kultivátorov a pod. podmieňuje niektoré zvláštnosti opotrebenia reznej hrany. Na reznej hrane sa tvorí tzv. chrbtová fazetka. Jej sklon je závislý od fyzikálno-mechanických vlastností pôdy. U piesčitých pôd je okolo nuly a pre hlinité dosahuje až 35° (Severnev, 1972).

Vplyv uhla sklonu chrbtovej fazetky na ťahový odpor je značný a nemožno ho oddeliť od vplyvu zaoblenia ostria. Preto sa obyčajne sleduje súčasne.

Zmena tvaru ostria v procese opotrebenia je znázornená na obr. 1 (Tkáčev, 1971).



1. Priebeh opotrebenia ostria asymetricky položeného nástroja

Pri analýze známych faktorov vidieť mnohostrannosť faktorov ovplyvňujúcich opotrebenie pracovných orgánov poľnohospodárskych strojov. Možno ich rozdeliť do dvoch hlavných skupín:

1. mechanické zloženie pôdy, ktoré určuje jej abrazívnu schopnosť;
2. hustota pôdy určujúca merný tlak na pracovný orgán a intenzitu jeho opotrebenia.

Pri zmene niektorého z týchto faktorov sa súčasne mení intenzita i charakter opotrebenia.

Ukazuje sa tiež, že zväčšovaním hĺbky orby aj zvyšovaním rýchlosti zväčšuje sa merný tlak na oblasť ostria, čím sa zvyšuje aj opotrebenie (Severnev, 1972).

METODIKA

Cieľom práce je použitie vhodnej laboratórnej metódy pre stanovenie odolnosti ostria proti opotrebeniu s prihliadnutím na ich opotrebenie v prevádzke a odskúšanie niektorých materiálov.

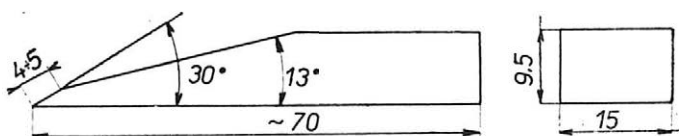
POUŽITÉ MATERIÁLY

Vlastné experimenty sa vykonali na nasledujúcich materiáloch:

- a) chromvanádová oceľ ocel 15230
 - zakalená z teploty 860°C do vody,
 - zušľachtená (kalenie 860°C , voda, popúšťanie 450°C , vzduch);
- b) oceľ uhlíková 12020 – v prírodnom stave;
- c) oceľ uhlíková 12060 – v prírodnom stave;
 - zakalená z teploty 820°C do oleja;
- d) oceľ 13240 + Nb termomechanicky spracovaná.

Skúšobné vzorky mali tvar rezného klina (obr. 2).

2. Tvar a rozmery skúšobných vzoriek

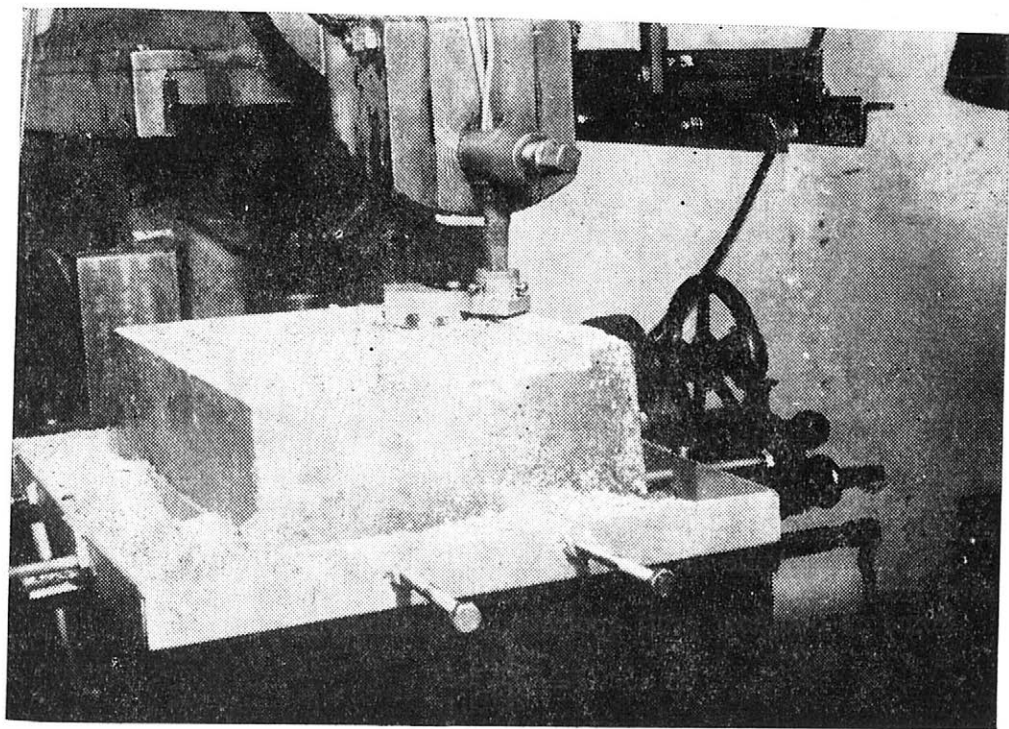


POUŽITÉ ZARIADENIE A PRACOVNÉ MÉDIUM

Vlastné skúšobné zariadenie pozostáva z upravenej vodorovnej obrážačky, ktorá plní funkciu hnacieho mechanizmu skúšobného zariadenia a pomocných prípravkov pre uchytenie skúšanej vzorky, z rezaného média, pre zdvih noža pri spätnom chode a registračného zariadenia pre registráciu rezných síl.

Skúšaná vzorka sa uchyťava do prípravku, v ktorom je možné meniť uhol sklonu čela skúšobnej vzorky ku dnu tvorenej brázdy. Časť prípravku pre upevnenie a nastavenie skúšanej vzorky je spojená pomocou meracej časti s upínacou hlaviceou, ktorá sa zachytáva do nožovej hlavy obrážačky. Na meranej časti sú nalepené dva páry tenzometrov typu A 120, ktoré snímajú rezný odpor v smere pohybu A a veľkosť sily odtláčajúcej vzorku v procese rezania B.

Od tenzometrov sú vývody prevedené na tenzometrickú aparatúru TDA-3, kde odčítavame veľkosť zložiek príslušných síl. Vzhľadom na dynamiku priebehu zmeny týchto síl sme použili oscilografické registračné



3. Pohľad na činnú časť počas skúšky

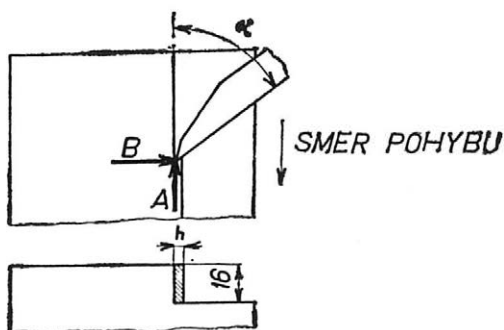
zariadenie OSN-105. Detailný pohľad na pracovný stôl počas skúšky je na obr. 3.

Abrazívne rezané médium pozostáva z vytriedeného kremičitého piesku o zrnitosti $0,25 \div 0,63$ mm, stuženého parafinom.

Príprava tejto zmesi spočíva v nasypaní suchého vytriedeného kremičitého piesku do nádoby, ktorá má tvar hranola. Na ten sa v objemovom pomere asi 1 : 1 položí parafrín o gradácii 54⁰. Takto pripravená zmes sa vloží do elektrickej piecky na dobu cca 1,5 hod. pri teplote 120–150 °C. Roztavený parafrín pretečie cez vrstvu piesku, vyplní medzery a prebytok zostane ako voľná hladina na povrchu. Potom sa nechá voľne na vzduchu vychladnúť. Tým sa dosiahne vzájomná väzba zrn piesku s parafrínom.

POSTUP SKÚŠKY

Do držiaka vzoriek upevníme skúšanú vzorku, ktorej poloha, spôsob odberu triesky a zložky reznej sily sú znázornené na obr. 4.



4. Schéma spôsobu odberu triesky a zložky reznej sily

Reznú rýchlosť meníme zmenou počtu zdvihov na pohonovom mechanizme.

Hrúbka odobranej triesky sa nastavuje zmenou priečného posuvu suportu obrázačky, na ktorom je pripevnený držiak abrazívneho média.

Uhol sklonu čela noža α ku dnu brázdy nastavujeme v prípravku pre uchytenie vzorky.

SPÔSOB HODNOTENIA

Hlavným kritériom hodnotenia odolnosti proti opotrebeniu ostria je zmena rezného odporu v závislosti od dráhy rezania. Ako pomocné kritériá slúžili hodnoty odtlačacej sily B, úbytok hmotnosti vzorky, zmena dĺžky vzorky a rozmer fazetky vytvorenej v procese opotrebenia.

Rezné odpory sa zaznamenávali po dráhe rezu 0,8; 10; 20 m. Oscilografický záznam rezných síl je na obr. 5.

Pre vyhodnotenie sa uvažoval prírastok rezných síl medzi 0,8 a 20 m dráhy rezu.

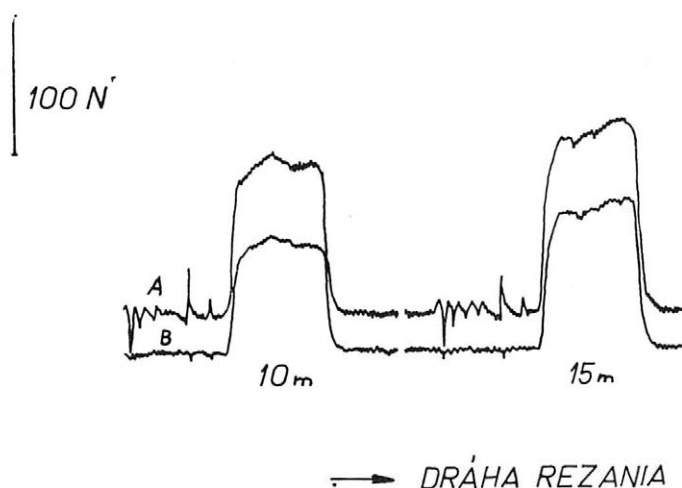
Pomerná odolnosť proti opotrebeniu sa stanovila podľa vzťahu

$$\varepsilon = \frac{\Delta F_{A, Et}}{\Delta F_{A, Vz}}$$

kde: $\Delta F_{A, Et}$ – prírastok reznej sily A etalonu medzi 0,8 – 20 m dráhy rezu

$\Delta F_{A, Vz}$ – prírastok reznej sily A vzorky medzi 0,8 – 20 m dráhy rezu

5. Časť oscilografického záznamu priebehu rezných síl



- Ako etalon bol zvolený materiál 12060 v prírodnom stave.
 Pri skúškach boli použité nasledujúce parametre:
- rezná rýchlosť $0,2 \text{ m s}^{-1}$,
 - hrúbka triesky $0,9 \text{ mm}$,
 - uhol sklonu čela ku dnu brázdy 40° .

VÝSLEDKY

Dosiahnuté experimentálne výsledky sú uvedené v tab. I a II.

I. Zmena reznej sily F_A a hodnoty pomernej odolnosti ostria proti opotrebeniu

Skupina materiálu	Materiál	Číslo vzorky	Sila F_A (N) na dráhe (m)			Prírastok sily F_A (N)	Priemerný prírastok sily F_A (N)	Pomerčná odolnosť ϵ
			0,8	10	20			
1	12 060 prírodný stav	134	78	122	156	78	73,6	1,00
		137	80	118	148	68		
		138	77	120	152	75		
2	12 060 kalená	102	74	116	138	64	55,0	1,34
		104	68	96	120	52		
		109	67	94	116	49		
3	15 230 kalená	32	82	112	141	59	64,0	1,15
		37	76	125	165	89		
		311	84	84	113	44		
4	15 230 zušľachtená	31	74	110	143	69	86,0	0,85
		37	66	109	148	82		
		312	56	120	162	106		
5	12 020 prírodný stav	110	74	151	197	123	111,0	0,66
		111	82	152	190	198		
		122	89	147	191	102		
6	13 240 + Nb termomechanicky spracovaná	1	56	72	85	29	33,6	2,19
		2	52	64	85	33		
		3	60	84	99	39		

Skupina materiálu	Materiál	Priemerný prírastok síl F_B (N)	Priemerná tvrdosť (HV)	Priemerný úbytok hmotnosti (mg)	Priemerný úbytok dĺžky (mm)	Priemerná šírka fazetky (mm)
1	12 060 prírodný stav	111	152	37,0	0,70	1,10
2	12 060 kalená	95	779	20,3	0,60	0,75
3	15 230 kalená	120	501	32,1	0,68	1,20
4	15 230 zušľachtená	130	433	47,4	0,83	1,30
5	12 020 prírodný stav	168	138	84,3	0,98	1,70
6	13 240 + Nb termomech. spracovaná	68	597	15,6	0,50	0,86

DISKUSIA A ZÁVER

Dosiahnuté výsledky na koncepčne novom laboratórnom zariadení rešpektujúcim niektoré špecifiká práce pracovného nástroja pôduspracujúceho stroja ukázali pomerne dobré priblíženie sa prevádzkovým podmienkam. Počas skúšok nebola priamo sledovaná zmena geometrie ostria pracovného nástroja, ale hodnotenie sa robilo nepriamo na základe zmeny rezných síl, čo je v súlade aj s kritériami praxe.

Dodatočné vyhodnotenie šírky fazetky vytvorenej na ostří svedčí o tom, že zmena reznej sily je závislá nielen od šírky fazetky, ale aj od jej sklonu vzhľadom na smer pohybu.

Jednoznačne najlepšie výsledky z hľadiska zmeny rezných síl, úbytku hmotnosti a úbytku dĺžky vykázala oceľ 13240 + Nb termomechanicky spracovaná.

Pomerne nepriaznivé výsledky sa dosiahli na oceli 15230 vzhľadom na jej zloženie a tvrdosť.

Výsledky tiež ukazujú, že použitá skúšobná metóda umožňuje pomerne objektívnejšie hodnotiť skúmané materiály z hľadiska trvanlivosti ostria pri práci v abrazívnom prostredí ako doposiaľ používané laboratórne metódy.

SEVERNEV, M. M.: Iznos detalej sel'skochozajstvennykh mašin. Kolos, Leningrad 1972.

ТКАЧЕВ, V. N.: Iznos i povyšenie dolgovečnosti detalej sel'skochozajstvennykh mašin. Mašinostrojenije, Moskva 1971.

Došlo dne 10. 12. 1975

БАЛЛА Й., СЕЧКАР П., МАРКО М., ТОЛНАИ Р. (Сельскохозяйственный институт, Нитра, Чехословакия). Испытание устойчивости острия у почвообрабатывающих орудий на абразивный износ. Zem. technika 22 (6) : 359-366, 1976.

При оценке рабочей способности почвообрабатывающего орудия часто имеет значение его острие. Возможность оценки устойчивости острия почвообрабатывающего орудия дает лабораторное испытание, имитирующее полевые режим искусственно созданной абразивной среды. Для оценки изменений, происходящих на острие в ходе работы, используется изменение режущих усилий, которые измеряются во время работы при помощи тензометрических датчиков. Главным критерием устойчивости острия по отношению к износу была выбрана величина прироста и компонента режущего усилия, параллельного направлению движения орудия. Кроме того, в качестве вспомогательного критерия были совмещены величины компонента силы, направленной перпендикулярно к направлению движения, убыли массы образца, изменение длины образца и размер фаски, образованной в процессе износа. На испытанном комплекте материалов самые благоприятные результаты дала сталь 13240 + после термомеханической обработки.

абразивный износ; острие орудия; лабораторные испытания; режущее усилие

BALLA J., SEČKÁR P., MARKO M., TOLNAI R. (University of Agriculture, Nitra, Czechoslovakia). Testing the Abrasion Resistance of the Edges of Ploughing Tools. Zem. technika 22 (6) : 359-366, 1976.

The sharpness of the edge is frequently of decisive importance when assessing the suitability of ploughing tools. The abrasion resistance of these ploughing tools can be assessed by means of a laboratory experiment which simulates the soil conditions of cutting an artificial abrasive media. Changes taking place in the tool edge in the course of work can be ascertained by changes of the cutting forces, measured by tensometric sensors. The main criterion of abrasion resistance of the tool edge is the increment of cutting force and the force component which is parallel to the direction of movement of the tool. Auxiliary criteria are the combined values of forces perpendicular to the direction of movement, weight loss of the specimens, dimensional changes of the specimens, and the dimension for the profile formed in the process of wear. Out of the materials tested, best results were achieved with steel grade 13240 + Nb, after thermomechanical treatment.

abrasion wear; tool edge; laboratory test; cutting forces

BALLA J., SEČKÁR P., MARKO M., TOLNAI R. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra, Tschechoslowakei). Prüfung der Abriebfestigkeit der Scharschneide von Bodenbearbeitungsgeräten. Zem. technika 22 (6) : 359-366, 1976.

Bei der Beurteilung der Arbeitstauglichkeit eines Bodenbearbeitungsgerätes weist oft der Zustand seiner Scharschneide eine ausschlaggebende Bedeutung auf. Eine Möglichkeit für die Bewertung der Widerstandsfähigkeit der Scharschneide eines Bodenbearbeitungswerkzeuges bringt die Laborprüfung, die durch Schneiden eines künstlich gebildeten Abriebmediums Bodenverhältnisse nachahmt. Für die Beurteilung der an der Scharschneide während der Arbeit verlaufenden Änderungen wird die Änderung von Schneidkräften genutzt, die durchlaufend mittels Dehnungsmeßabnehmer gemessen wird. Als Hauptkriterium der Abriebfestigkeit wurde der Wert des Zuwachses und der mit der Richtung der Werkzeugbewegung gleichlaufenden Komponente der Schneidkraft gewählt. Darüber hinaus wurden als Hilfskrite-

rien Werte der zur Bewegungsrichtung winkelrechten Kraftkomponente, Abnahme der Masse von Proben, Änderung der Probenlänge und Abmessung der im Prozeß des Verschleißes aufgetretenen Schneidfase zusammengefaßt. In dem zu prüfenden Werkstoffsatz hat die günstigsten Ergebnisse der Stahl 13240 + Nb nach thermomechanischer Bearbeitung aufgewiesen.

Abriebverschleiß; Scharschneide des Werkzeuges; Laborprüfung; Schneidkräfte

Adresa autorů:

Ing. Jozef Balla, ing. Pavol Sečkář, doc. ing. Michal Marko, CSc., ing. Rudolf Tolnai, Vysoká škola poľnohospodárska, 949 01 Nitra

VPLYV NESTACIONÁRNEHO ZATAŽENIA NA PRIEBEH DYNAMICKEJ CHARAKTERISTIKY MOMENTU MOTORA Z-8001

J. Bajla, J. Ondžík

Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra

BAJLA J., ONDŽÍK J. *Vplyv nestacionárneho zataženia na priebeh dynamickej charakteristiky momentu motora Z-8001.* Zem. technika 22 (6) : 367-372, 1976.

Náhodné premenné exploatačné podmienky zapríčiňujú vznik a pôsobenie nestacionárneho zataženia, ktoré motor v prechodných alebo neustálených režimoch práce prekonáva. Prechodné režimy práce motora pri rozbehu agregátu sú charakterizované zmenami navzájom sa ovplyvňujúcich parametrov, ktoré v súhrne spôsobujú odlišnosti v priebehu dynamickej charakteristiky motora Z-8001 voči rýchlostnej charakteristike. Posudzovanie dynamických vlastností motora je potrebné robiť podľa dynamických charakteristík.

spalovací motor; nestacionárne zataženie; točivý moment motora; dynamická charakteristika

Technický pokrok v socialistickej poľnohospodárskej veľkovýrobe naliehavo zvýrazňuje potrebu hlbšieho poznania energetických pomerov spalovacieho motora pri prekonávaní dynamických zmien vonkajšieho zataženia. V náhodne premenných podmienkach exploatacie má zataženie najmä dôsledkom variability pracovného odporu agregátovaného stroja a odporu valenia traktora, nestacionárny charakter, a preto spalovací motor, ako hnací agregát mobilného energetického prostriedku, pri jeho prekonávaní až 90 % z celkového časového fondu pracuje v nestacionárnych režimoch (Bolotin, 1969). Nestacionárne režimy, predurčené dynamikou zmien zataženia, resp. regulačného orgánu, rozdeľujeme na prechodné a neustálené (Stančev, 1972). Prechodné režimy charakterizujú prechod motora z jedného neustáleného režimu na druhý s premenným alebo jednotkovým kolísaním a malou frekvenciou zmeny zataženia. Medzi najťažšie režimy, často sa vyskytujúce v prevádzke, patria prechodné režimy práce motora vznikajúce pri pohnutí traktorového agregátu z miesta a jeho rozbeh. V dôsledku zrýchlenia hmôt agregátu pôsobia na motor značné sily zotrvačnosti postupne sa pohybujúcich hmôt a zotrvačné momenty rotačných hmôt agregátu. Sily odporov pri rozbehu agregátu sú zvlášť značné, keď sa rozbeh uskutočňuje približne s plným zatažením. Pre prekonanie sumárnych odporov je potrebný zvýšený točivý moment motora, čo môže spôsobiť jeho preťaženie, značný pokles

otáčok s prechodom na preťažovaciu vetvu charakteristiky a jeho zhasnutie.

Analyticky (Boltinskij, 1961) bol vyjadrený vplyv základných konštrukčných a exploatačných faktorov na hodnotu minimálnych otáčok motora pri rozbehu agregátu rovnicou:

$$n_{min} = n_{mv} - \frac{4,77 \cdot t_s \cdot k_z \cdot M_{mn} \left(1 - \frac{k}{\beta}\right)}{I_m} \cdot \frac{I_m (\beta - k_z)}{I_m (\beta - k_z) + I_s (\beta - k)}$$

Dynamické vlastnosti motora sú v značnej miere určované charakterom priebehu efektívneho momentu motora. Ten sa posudzuje podľa charakteristík získaných podľa ČSN 30 2008, ktoré sa tiež nazývajú statické alebo stacionárne.

Pri práci motora na prechodných režimoch, predovšetkým pri rozbehu traktorového agregátu, dochádza k rozdielom v priebehu momentu pri rovnakých otáčkach motora za stacionárnych podmienok a v podmienkach prevádzky (Titov, 1964; Malašenko, 1967).

Cieľom tejto práce je informatívne poukázať na odlišnosti medzi priebehom experimentálne zistených dynamických charakteristík.

MERANÝ OBJEKT A METODIKA

Za objekty merania boli vybraté agregáty: univerzálny kolesový traktor Z-8011 (so sériovým motorom Z-8001) pri orbe s pluhom 4-PX-35 a pri doprave s prívesom RBA-1.

Základné parametre motora Z-8001:

menovitý výkon $P_{mn} = 49,7 \text{ kW } 2200 \text{ min}^{-1}$
 maximálny moment $M_{m \max} = 25,2 \text{ N m } 1200 \text{ min}^{-1}$
 moment zotrvačnosti motora $I_m = 1,76 \text{ kg m}^2$
 súčiniteľ prispôsobivosti $k = 1,13$
 hmotnosť traktora $G_t = 4140 \text{ kg}$
 hmotnosť pluhu $G_p = 1176 \text{ kg}$
 hmotnosť prívesu + náklad $G_{pr} = 8630 \text{ kg}$

Merania pri orbe boli uskutočnené za nasledujúcich podmienok: pôda – hlinitá hnedozem, povrch – strnisko po kukurici na zrne, sklon $\pm 1,5^\circ$, vlhkosť 19,1 %, merná hmotnosť $1,64 \text{ g cm}^{-3}$. Merania pri transportnej agregácii boli uskutočnené na troch podložkách: strnisku, uľahlej ornici a na betónovej ceste.

Metodicky sa merania pri rozbehu uvedených agregátov uskutočňovali tak, že sa po zahriatí motora na pracovnú teplotu nastavili maximálne otáčky, po zaradení príslušného prevodového stupňa sa traktorový agregát rozbíhal zapínaním spojky.

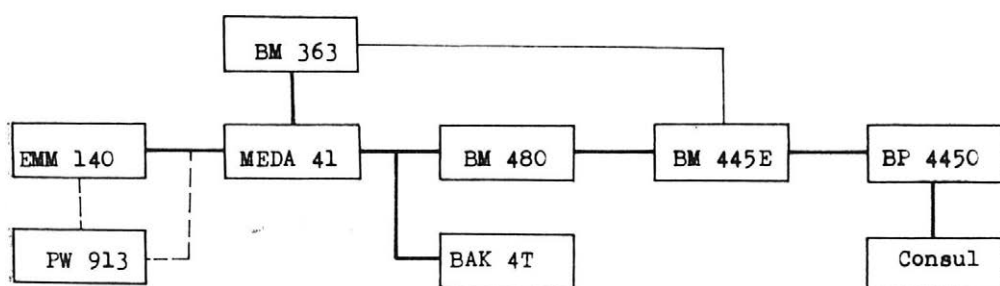
Kontinuálne v troch variantoch boli merané nasledujúce veličiny:

- horizontálne zložky síl pracovného odporu F_{xp} , F_{xL} , F_h
- točivé momenty hnacích kolies traktora M_{kp} , M_{kL}
- točivý moment na konci klukového hriadeľa M_{lm}

- posuv regulačnej tyče h
- spotreba vzduchu Q_v
- spotreba paliva Q_p
- otáčky hnacích kolies, motora a piateho kolesa n_{kp} , n_{kL} , n_m , n_{5k}

Každé meranie bolo opakované trikrát.

Signál z jednotlivých snímačov sme po zosilení zaznamenávali na merací magnetofón EMM-140. Vyhodnocovanie záznamov sme robili na vyhodnocovacej linke (obr. 1), z ktorej sme kvantovaním priebehu meranej veličiny v čase 0,15 s prevodom cez analógový počítač MEDA 41 TC získali hodnotové (číselné) vyjadrenie a cez súradnicový zapisovač BAK 4T grafické vyjadrenie meranej veličiny. Zo spracovaného veľkého množstva záznamov sme vybrali najtypickejšie priebehy otáčok a momentu motora pri rozbehu agregátu.

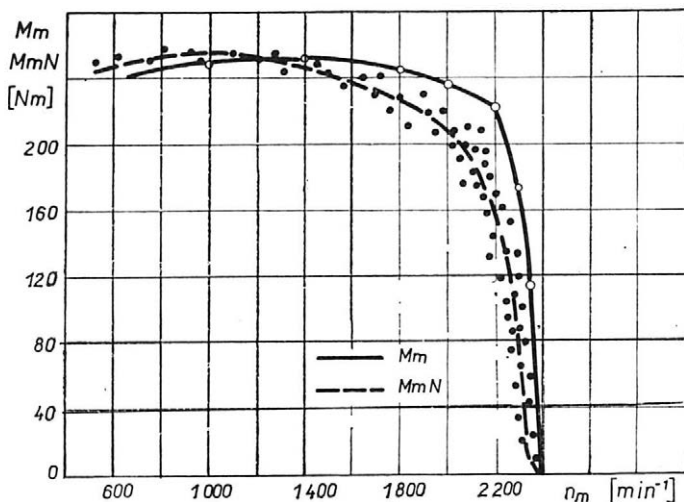


1. Vyhodnocovacia linka
 EMM-140 – merací magnetofón
 MEDA 41 – analógový počítač
 BM 480 – prevodník
 BM-445E – univerzálny čítač
 BAK 4T – súradnicový zapisovač
 BP-4450 – tlačiarenské zariadenie
 BM-363 – čítač s predurčením
 PW-913 – prevodník

VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE

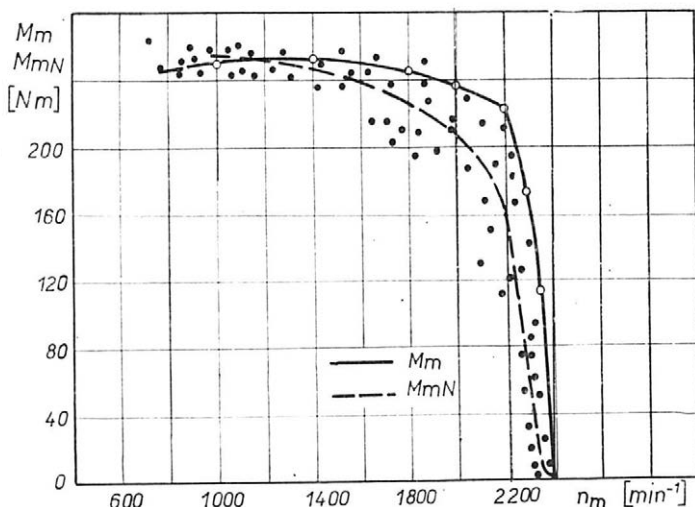
Dynamicke charakteristiky momentu motora, zistené spracovaním experimentálnych záznamov, sa značne líšia od rýchlostnej charakteristiky motora, získanej za stacionárnych podmienok. Priebeh dynamickej charakteristiky sa posúva do oblasti nižších otáčok, hodnota maximálneho momentu dynamickej charakteristiky je približne rovnaká ako u stacionárnej, posúva sa však o 150 až 200 otáčok k voľnobehovým otáčkam motora.

Grafické priebehy dynamických charakteristík, získaných experimentálne pri orbe a doprave, sú na obr. 2 a 3. Pre porovnanie je zároveň znázornená aj stacionárna charakteristika, získaná na dynamometri KS-56-4.



2. Priebeh statickej a dynamickej charakteristiky momentu motora Z-8001 pri orbe

3. Priebeh statickej a dynamickej charakteristiky momentu motora Z-8001 pri doprave



Z grafických priebehov vidieť, že v počiatočnej fáze rozbehu stúpa moment na okamžitej charakteristike pomalšie, potom sa v oblasti nominálnych otáčok zväčšuje, v oblasti maximálneho momentu sa rozdiel postupne stráca a v oblasti nižších otáčok prevyšuje moment na stacionárnej charakteristike. Uvedený jav je spôsobený zmenou nasávania, dodávky paliva, tvorby zmesi, horenia a ďalších faktorov, ktoré deformujú momentovú charakteristiku. Z toho usudzujeme, že v počiatočnom štádiu rozbehu regulačný orgán nestačí zvyšovať dodávku paliva, taktiež sa spočiatku zhoršuje plnenie valcov vzduchom, čo spôsobuje zhoršenie tvorby zmesi a tým aj horenia. Palivo sa využíva neekonomicky. V ďalšej fáze dochádza k zlepšeniu procesu plnenia valcov vzduchom v dôsledku inerčného preplňovania, spomaluje sa pokles otáčok a regulátor stačí korigovať zmenu dodávky, odpovedajúcu zaťaženiu. Tým sa priebehy momentov na dynamickej a stacionárnej charakteristike vyrovnávajú a pri

ďalšom poklese otáčok dochádza k zvýšeniu momentu motora na dynamickej charakteristike.

Popis zmien a príčin odklonu dynamickej a stacionárnej charakteristiky však týmto nie je vyčerpaný. Porovnaním priebehov získaných pri orbe a doprave sa vynárajú otázky vplyvu ďalších činiteľov, spôsobujúcich deformáciu charakteristík. V tejto súvislosti je možné predpokladať značný vplyv momentu zotrvačnosti motora I_m (a jeho podstatnej časti – zotrvačníka), inerčnosti palivovej sústavy a regulátora a pod. Bude potrebné pri ďalšom sledovaní určiť kvalitatívne i kvantitatívne stupeň ovplyvnenia charakteristiky jednotlivými činiteľmi, čo jedine poslúži k zlepšeniu súčasných i v budúcnosti konštruovaných motorov a k rozpracovaniu hodnotiacich kritérií ich dynamických vlastností.

ZÁVER

Výsledky experimentálnych meraní, spracované do okamžitých charakteristík, potvrdzujú predpoklady, že tieto sa značne líšia od rýchlostnej charakteristiky zistenej za stacionárnych podmienok. Charakter priebehu dynamickej charakteristiky závisí od exploatačných a konštrukčných faktorov. Medzi faktory, ktoré veľkou mierou ovplyvňujú priebeh dynamickej charakteristiky, môžeme zaradiť:

- priebeh rýchlostnej charakteristiky s hodnotami – súčiniteľ prispôsobivosti (k), nominálny moment motora (M_{mn}), maximálne otáčky motora (n_{mv}), maximálny ťočivý moment motora ($M_{m\ max}$);
- z exploatačných faktorov – súčiniteľ zaťaženia motora (k_z), moment zotrvačnosti agregátu (I_a), pracovnú rýchlosť a čas zapnutia spojky (t_{sp});
- z konštrukčných faktorov – moment zotrvačnosti motora, stupeň necitlivosti regulátora, a i.

Môžeme usudzovať, že zvýšením momentu zotrvačnosti agregátu, súčiniteľa zaťaženia motora a stupňa necitlivosti regulátora sa budú rozdiely medzi stacionárnou a dynamickou charakteristikou zväčšovať. Znížením spomínaných parametrov a zvýšením momentu zotrvačnosti motora sa tieto rozdiely budú zmenšovať.

Výsledky experimentálneho merania poukazujú na vážnosť problematiky a v budúcnosti bude potrebné zistiť konkrétny vplyv jednotlivých činiteľov na deformáciu rýchlostnej charakteristiky. Z uvedeného je zrejmé, že v súčasnosti používané hodnotenie dynamických vlastností motora, za základ ktorých je prijatá rýchlostná stacionárna charakteristika, nemôže byť považované za dostačujúce. Preto určovanie dynamických vlastností motorov je potrebné robiť so zahrnutím priebehu ich dynamických charakteristík.

Literatúra

- BOLOTIN, P. M.: Ob caractere nagruzki na dvigateľ i silovuju peredaču traktora. Traktory i selchozmašiny, Moskva, 1959, č. 11.
BOLTINSKIĬ, V. N.: Issledovaniye processa razgona MTA na povyšennykh skorostjach. Mech. i el. sel. choz., Moskva, 1961, č. 3.

MALÁŠENKO, V. A.: Issledovanie prijomistosti traktornogo dizelja. [Avtoreferat dissertaciji.] Moskva 1967.

STANCEV, S. A.: Issledovanie vlijanija nadduva na dinamičeskije pokazateli dvigatelja v processe razgona MTA. [Kand. diz. práca.] Moskva 1972.

TITOV, J. A.: Charakternyje osobennosti processa razgona skorostnogo MTA i puti ulučšenija jeho pokazatelej. Doklady MIISP, Moskva, VII, 1971, č. 2.

Došlo dne 10. 12. 1975

БАЙЛА Й., ОНДЗИК Й. (Сельскохозяйственный институт, Нитра, Чехословакия). Влияние нестационарной нагрузки на кривую динамической характеристики момента двигателя З-8001. Zem. technika 22 (6) : 367-372, 1976.

Случайные переменные эксплуатационные условия являются причиной возникновения и действия нестационарной нагрузки, которые преодолевает двигатель при временных, или непостоянных режимах работы. Временные режимы работы двигателя при пуске агрегата характеризуются изменениями взаимно влияющих параметров, которые в сумме вызывают различия в кривой динамической характеристики двигателя З-8001 по отношению к характеристике скорости. Оценку динамических свойств двигателя необходимо давать на основе динамических характеристик.

двигатель внутреннего сгорания; нестационарная нагрузка; крутящийся момент двигателя; динамическая характеристика

BAJLA J., ONDŽÍK J. (University of Agriculture, Nitra, Czechoslovakia). *The Effect of Non-Stationary Loads on the Dynamic Moment Characteristics of the Z-8001 Engine*. Zem. technika 22 (6) : 367-372, 1976.

Random variable operational conditions are the cause of non-stationary loads which the engine must overcome in the course of transitional or unsteady working regimes. The transitional regimes of engine operation, due to starting the aggregate, are characterized by changes of mutually each other influencing parameters which, in their entirety, are causing differences in the dynamic characteristics of the Z-8001 engine in respect to speed. Assessment of the dynamic properties of the Z-8001 engine must be carried out in keeping with its dynamic characteristics.

combustion engine; non-stationary load; torque of the engine; dynamic characteristics

BAJLA J., ONDŽÍK J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra, Tschechoslowakei). *Einfluß der nichtstationären Belastung auf den Verlauf der dynamischen Momentencharakteristik des Motors Z-8001*. Zem. technika 22 (6) : 367-372, 1976.

Zufällige veränderliche Nutzungsbedingungen verursachen die Entstehung und Wirkung der nichtstationären Belastung, die der Motor in Übergangsregimes oder nicht stabilisierten Arbeitsregimes bewältigt. Die Übergangsregimes der Motorarbeit bei dem Anlauf des Aggregates werden durch Änderungen der sich wechselseitig beeinflussenden Parameter charakterisiert, die zusammengefaßt Unterschiedlichkeiten im Verlauf der dynamischen Motorcharakteristik Z-8001 gegenüber der Geschwindigkeitscharakteristik verursachen. Die Beurteilung der dynamischen Motoreigenschaften muß nach den dynamischen Charakteristiken vorgenommen werden.

Verbrennungsmotor; nichtstationäre Belastung; Motordrehmoment; dynamische Charakteristik

Rukopis odevzdán k tisku 2. 4. 1976 – Podepsáno k tisku 13. 10. 1976

Adresa autorů:

Ing. Jozef Bajla, ing. Ján Ondžík, Vysoká škola poľnohospodárska, 949 01 Nitra

Kristek R., Grečenko A.: Záběrové vlastnosti pneumatik při opakovaném průjezdu hnacích kol toutéž stopou	309
Šmíd J., Dračínský P., Medek O., Doubek I.: Vliv rychlosti plnění a vyprazdňování na tlaky obilí v síle	331
Vašek V.: Práca zhadzovacej závitnice pri pásovom nadžlabovom dopravníku	343
Zacharda F.: Spotreba energie pri sušení trusu a možnosti jej zníženia	353
Balla J., Sečkář P., Marko M., Tolnai R.: Skúšanie odolnosti ostria pôduspracujúcich nástrojov proti abrazívnemu opotrebeniu	359
Bajla J., Ondzík J.: Vplyv nestacionárneho zaťaženia na priebeh dynamickej charakteristiky momentu motora Z-8001	367

СОДЕРЖАНИЕ

Кристек Р., Греченко А.: Сцепные свойства шин при повторном проезде ведущих колес по тому же следу	327
Шмид Й., Драчинский П., Медек О., Дубек И.: Влияние скорости загрузки и разгрузки на давление зерна в зернохранилищах	341
Вашек В.: Работа разгрузочного шнека у ленточного наджелобового транспортера	350
Захарда Ф.: Затрата энергии при сушке помета и возможности ее понижения	358
Балла Й., Сечкар П., Марко М., Толнай Р.: Испытание устойчивости острия у почвообрабатывающих орудий на абразивный износ	365
Байла Й., Ондзик Й.: Влияние нестационарной нагрузки на кривую динамической характеристики момента двигателя Z-8001	372

CONTENT

Kristek R., Grečenko A.: Traction Properties of Tyres in Repeated Passes of Driving Wheels through the Same Track	328
Šmíd J., Dračínský P., Medek O., Doubek I.: The Effect of Rate of Filling on the Pressures Exerted by the Grain in the Silo	341
Vašek V.: Work of the Discharge Worm of the Overhead Belt Conveyor	350
Zacharda F.: Energy Consumption for Drying Excrements, and Possibilities of its Reduction	358
Balla J., Sečkář P., Marko M., Tolnai R.: Testing the Abrasion Resistance of the Edges of Ploughing Tools	365
Bajla J., Ondzík J.: The Effect of Non-Stationary Loads on the Dynamic Moment Characteristics of the Z-8001	372

INHALT

Kristek R., Grečenko A.: Kraftschluß Eigenschaften der Reifen bei wiederholter Fahrt der Triebräder in derselben Spur	328
Šmíd J., Dračínský P., Medek O., Doubek I.: Einfluß der Beschickungs- und Entleerungsgeschwindigkeit auf die Getreidedrücke im Silo	342
Vašek V.: Arbeit der Abwurfschnecke bei dem trogbeschickenden Förderband	351
Zacharda F.: Energieverbrauch bei der Kottrocknung und Möglichkeiten für deren Senkung	358
Balla J., Sečkář P., Marko M., Tolnai R.: Prüfung der Abriebfestigkeit der Scharfschneide von Bodendearbeitungsgeräten	365
Bajla J., Ondzík J.: Einfluß der nichtstationären Belastung auf den Verlauf der dynamischen Momentcharakteristik des Motors Z-8001	372

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS - ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, Legerova ulice 22, 120 00 Praha 2.