

5/8

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

11

ROČNÍK 21 (XLVIII)

PRAHA

LISTOPAD 1975

CENA 10 Kčs

CS ISSN 0044-3883

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ

ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

ZEMĚDĚLSKÁ 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 Steffl, CSc., ing. Alois Vávra, CSc., Josef Višínský, CSc.

Vedoucí redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací, Praha 1975

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

■
Научный журнал ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA публикует обзоры, анализы и научные статьи о разрешенных заданиях по научному исследованию в области сельскохозяйственной техники. Издает Институт научно-технической информации. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезка 7.

■
The scientific journal ZEMĚDĚLSKÁ 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. Issued monthly. Editorial office 120 56 Praha 2, Slezská 7.

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

■
Le journal scientifique ZEMĚDĚLSKÁ 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. Paraît une fois par mois. Rédaction 120 56 Prague 2, Slezská 7.

B. Groda

Vysoká škola zemědělská, Brno

GRODA B. *Třecí poměry pasivních plužních těles*. Zem. technika 21 (11) : 637-649, 1975.

Článek se zabývá rozborem třecích poměrů pasivních plužních těles. Z analytického rozboru sil působících na pracovní ploše pasivního orebního tělesa, resp. na náhradním klínu, byla vybrána srovnávací kritéria deseti hodnocených těles. Srovnávací kritéria jsou: užitečná tažná síla (bez tření), resp. měrná tažná síla a tzv. účinnost tažné síly. Pro hodnocené tělesa se stanovuje rovnice srovnávacích kritérií při různých třecích půdních podmínkách a uvádí se vliv jednotlivých funkčních úhlů na jednotlivé konstanty rovnic. Z rozboru jsou pak uvedena vhodná rozmezí funkčních úhlů pro různé typy orebních těles.

třecí poměry; orební těleso; třecí síly; složky sil; užitečná tažná síla; náhradní pracovní povrch orebního tělesa; celková tažná síla; celkový pracovní odpor; měrná tažná síla; účinnost tažné síly; kulturní, pološroubové, šroubové, soutěžní orební těleso; extrém funkce; funkce

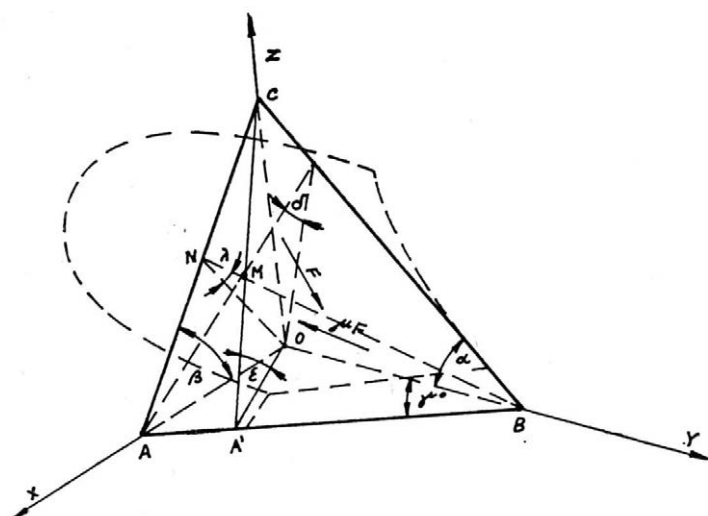
V současné době existují různé — často i protichůdné — názory na odpovídající velikost třecích sil, vznikajících při práci pasivního orebního tělesa. Údaje o velikosti třecích sil pasivních orebních těles se podle různých autorů liší. Uváděné hodnoty leží v rozmezí 17 až 39,5 % z celkového pracovního odporu (Papl, 1963).

Měníci se složení půdy, odlišné fyzikálně-mechanické vlastnosti jednotlivých druhů půd, složitost měření složek sil pracovního odporu ztěžují teoretický výpočet i praktické měření jednotlivých třecích sil. Nedostatkem rotačních strojů pro základní zpracování půdy ve srovnání s tradičním plužním tělesem je to, že se s nimi obvykle nedosáhne úplného obrácení půdy a zapravení organických zbytků. Na práci pluhu se do současné doby pohlíží jako na kypření, obrácení půdy a zaorávku organických materiálů. Otázka tzv. užitečné — účinné práce pluhu a vliv na třecí poměry je propracována a vyhodnocována velmi málo. Mnohdy je práce pluhu charakterizována jenom číselnou hodnotou celkového pracovního odporu. Pak není možné určit velikost energie spotřebované na překonání tření orebního tělesa v závislosti na užitečné práci, resp. tažné síle pluhu. Hlavním úkolem orebního tělesa je kypřit a obracet půdu. Je jasné, že větší část užitečné práce orebního tělesa se spotřebuje na kypření. Obrácení nakypřené půdy je energeticky méně náročné. Toto tvrzení bylo prokázáno i experimentálně (Papl, 1963). Ukázalo se, že tažný odpor nedokonale obračejícího tělesa se podstatněji neliší od pracovního odporu dobře obračejícího tělesa za jinak stejných podmínek — hlavně půdních. Proto v dalším nebudeme uvažovat tuto část energie spotřebované na obrácení skývy. Přijmeme-li tento zjednodušující předpoklad, bude pak práce orebního tělesa ekvivalentní práci třístranného klínu.

ANALYTICKÉ ŘEŠENÍ TŘECÍCH POMĚRŮ OREBNÍHO TĚLESA

Pohybuje-li se tento klín (obr. 1) v půdě tak, že jeho spodní plocha je totožná se dnem brázdy, boční plocha se pohybuje po stěně brázdy, pak třetí plocha odpovídající

náhradnímu pracovnímu povrchu plužního tělesa právě koná užitečnou práci kypření. Tento klín zvedá a kypří profil půdy, ale neobrací jej.



1. Náhradní třístranný klín, nahrazující pracovní plochu orebního tělesa

Pro objasnění výsledných působících sil je nutné znát závislosti jednotlivých funkčních úhlů klínu. Hlavní je úhel sklonu čepce k rovině dna brázdy a úhel mezi směrem ostří čepce a směrem pohybu. Ostatní mohou být z těchto určeny.

Proložíme-li plochou tohoto klínu (ABC) prostorovou soustavu souřadnic (obr. 1), můžeme vyjádřit následující závislosti:

$$OM = OA \cos \delta = OB \cos \lambda = OC \cos \varepsilon \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{OC}{OB} = \frac{\cos \lambda}{\cos \varepsilon} = \operatorname{tg} \varepsilon \sin \gamma_0 \quad (2)$$

$$\cos \lambda = \sin \varepsilon \sin \gamma_0 \quad (3)$$

Ekvivalentní síla vznikající na ploše (ABC) — nahrazující pracovní povrch orebního tělesa — je síla (F). Tu je možné rozložit do složek (F_x, F_y, F_z) ve směru odpovídajících souřadných os. Výsledná síla je pak dána vektorovým součtem složek:

$$F = F_x + F_y + F_z \quad (4)$$

Složka síly ve směru osy (y) představuje užitečnou tažnou sílu (F_y):

$$F_y = F \cdot \cos \lambda = F \sin \varepsilon \sin \gamma_0 \quad (5)$$

Kromě užitečných sil vznikají při práci — pohybu klínu — i síly neužitečné, které jsou způsobeny třením půdy po náhradní pracovní ploše klínu a třením klínu o dno a stěnu brázdy. Síla tření na pracovním povrchu (ABC) bude určena:

$$F' = F \mu = F \operatorname{tg} \varphi \quad (6)$$

$$F_{zy} = (F_x + F_x') \operatorname{tg} \varphi = F(\sin \lambda \cos \beta + \operatorname{tg} \varphi \cos \lambda \sin \beta) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (15)$$

F_{zy} — složka neužitečné síly ležící v rovině (zy)

Sečteme-li algebraicky užitečnou tažnou sílu a neužitečné složky třecích sil, získáme nezbytně nutnou velikost celkové tažné síly náhradního klínu:

$$F_c = F \sin \varepsilon \sin \gamma_0 + F \operatorname{tg} \varphi \sin \lambda + F \operatorname{tg} \varphi (\sin \lambda \cos \beta + \operatorname{tg} \varphi \cos \lambda \cos \beta) + \\ + F \operatorname{tg} \varphi (\sin \lambda \sin \beta + \operatorname{tg} \varphi \cos \lambda \cos \beta) \quad (16)$$

Pro vzájemné srovnání různých orebních těles můžeme jako kritéria použít tzv. měrné tažné síly vztažené na jednotku velikosti užitečné tažné síly. Pak musíme rovnici (16) dělit rovnicí (5). Po úpravě obdržíme vztah:

$$v = \frac{F_c}{F_y} = 1 + \operatorname{tg} \varphi [\operatorname{tg} \lambda (1 + \sin \beta + \cos \beta) + \operatorname{tg} \varphi (\sin \beta + \cos \beta)] = \\ = 1 + \operatorname{tg} \varphi \left\{ \operatorname{tg} \lambda \left[1 + \sqrt{2} \sin \left(\frac{\pi}{4} + \beta \right) \right] + \operatorname{tg} \varphi \sqrt{2} \sin \left(\frac{\pi}{4} + \beta \right) \right\} \quad (17)$$

kde: v — poměr celkové tažné síly (i se třením) k užitečné tažné síle, tj. síle nutné k pohybu klínu bez tření ($N \cdot N^{-1}$)

Tímto poměrem (v) můžeme vyjádřit tzv. účinnost tažné síly, vyjadřující, jaká část celkové tažné síly se spotřebuje na tření. Účinnost (η) je určena rovnicí:

$$\eta = \frac{v - 1}{v} \quad (-) \quad (18)$$

Jednotlivá orební tělesa, která jsou pro tuto potřebu substituována náhradní klínovou plochou, budou se odlišovat hodnotami měrné tažné síly (v) a účinnosti (η). Součinitel tření půdy po oceli se pohybuje podle druhu a složení půdy v širokých mezích. Nejčastěji nabývá hodnot $\mu = \operatorname{tg} \varphi = 0,3 - 0,6$. Z uvedeného vyplývá, že při práci radličného pluhu je značná část dodané energie spotřebována na překonání tření pluhu. Možnost snížení tření spočívá ve vytvoření pracovního povrchu — odhrnovačky orebního tělesa z materiálu (nebo jen jeho povrchovou úpravou), který má nízký součinitel tření s půdou, tj. $\mu = \operatorname{tg} \varphi$ minimální. Druhá možnost je nahrazení kluzných třecích podmínek na odhrnovačce odporem valení, tj. odvalování skývy po otáčejícím se povrchu nahrazujícím odhrnovačku zcela, nebo jen zčásti. Třetí možnost spočívá v určení takových hodnot pracovních úhlů orebního tělesa, při kterých se pak potřebuje minimum tažné síly na překonání tření. Tyto otázky jsou předmětem příspěvku.

ROZBOR TŘECÍCH POMĚRŮ HODNOCENÝCH OREBNÍCH TĚLES

Podle výsledných rovnic v předchozí kapitole, tj. rovnic (17) a (18), byl proveden rozbor těchto poměrů pro následující orební tělesa:

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. kulturní se záběrem | $b = 30 \text{ cm}$ — označeno K-30 |
| 2. kulturní se záběrem | $b = 35 \text{ cm}$ — označeno K-35 |
| 3. pološroubové se záběrem | $b = 30 \text{ cm}$ — označeno P-30 |
| 4. pološroubové se záběrem | $b = 35 \text{ cm}$ — označeno P-35 |
| 5. šroubové se záběrem | $b = 35 \text{ cm}$ — označeno S-35 |
| 6. šroubové luční se záběrem | $b = 35 \text{ cm}$ — označeno S _e -35 |

7. šroubové (vývoj) se záběrem $b = 35$ cm — označeno S_v-35
8. soutěžní s dlouhým křídlem $b = 30$ cm — označeno So_I-30
9. soutěžní s krátkým křídlem $b = 30$ cm — označeno $So_{II}-30$
10. kvernelands luční $b = 30$ cm — označeno Kv_e-30
11. kvernelands normální $b = 30$ cm — označeno Kv_n-30
12. navržené těleso se záběrem $b = 40$ cm — označeno $N-40$

Postup výpočtu je uveden pouze pro orební těleso So_I-30 . Budeme-li uvažovat interval změny součinitele tření $\mu = \operatorname{tg} \varphi = 0,1 - 0,6$, můžeme pro tyto hodnoty vypočítat hodnoty (v) a (η). Výsledky pro těleso So_I-30 jsou v tab. I, pro ostatní sledovaná tělesa jsou v tab. II a III.

I. Hodnoty měrné tažné síly a účinnosti pro soutěžní těleso s dlouhým křídlem

Pořadové číslo	Součinitel tření $\mu = \operatorname{tg} \varphi$	Měrná tažná síla v	Účinnost tažné síly η
	(—)	(N · N ⁻¹)	(—)
1	0,1	1,8916	0,470
2	0,2	2,8064	0,644
3	0,3	3,7441	0,733
4	0,4	4,7060	0,787
5	0,5	5,6900	0,824
6	0,6	6,6970	0,851

II. Rovnice měrné tažné síly pro jednotlivá orební tělesa

Pořadové číslo	Těleso	Rovnice měrné tažné síly (v)	Označení na obr. 4
1	kvernelands luční	$v = 1 + 6,05 \operatorname{tg} \varphi + 1,20 \operatorname{tg}^2 \varphi$	4; 4
2	kulturní (K-30, K-35)	$v = 1 + 6,15 \operatorname{tg} \varphi + 1,17 \operatorname{tg}^2 \varphi$	2; 2
3	šroubové luční	$v = 1 + 7,02 \operatorname{tg} \varphi + 1,20 \operatorname{tg}^2 \varphi$	3; 3
4	šroubové vývoj	$v = 1 + 7,08 \operatorname{tg} \varphi + 1,17 \operatorname{tg}^2 \varphi$	3; 3
5	pološroubové (P-30, 35)	$v = 1 + 8,35 \operatorname{tg} \varphi + 1,14 \operatorname{tg}^2 \varphi$	1; 1
6	šroubové (S-35)	$v = 1 + 8,36 \operatorname{tg} \varphi + 1,16 \operatorname{tg}^2 \varphi$	1; 1
7	soutěžní ($So_{II}-30$)	$v = 1 + 8,70 \operatorname{tg} \varphi + 1,21 \operatorname{tg}^2 \varphi$	5; 5
8	soutěžní (So_I-30)	$v = 1 + 8,80 \operatorname{tg} \varphi + 1,16 \operatorname{tg}^2 \varphi$	5; 5
9	kvernelands normální	$v = 1 + 8,80 \operatorname{tg} \varphi + 1,11 \operatorname{tg}^2 \varphi$	5; 5
10	navržené těleso (N-40)	$v = 1 + 7,31 \operatorname{tg} \varphi + 1,21 \operatorname{tg}^2 \varphi$	čárkovaně

Z profilogramu daného tělesa graficky určíme hodnoty úhlů

$$\gamma_o = 38^\circ, \quad \varepsilon = 23^\circ$$

III. Hodnoty měrné tažné síly a účinnosti pro jednotlivá orební tělesa

Těle- so	Kverneldands luční Kve-30		Kulturní (K 30, 35)		Šroubové luční S ₁ -35		Šroubové (vývoj) S-35	
tgφ	v	η	v	η	v	η	v	η
0,1	1,617	0,385	1,6267	0,385	1,714	0,415	1,719	0,420
0,2	2,258	0,558	2,2766	0,560	2,447	0,590	2,466	0,595
0,3	2,923	0,658	2,9450	0,660	3,208	0,688	3,225	0,690
0,4	3,612	0,724	3,6470	0,726	4,002	0,750	4,007	0,750
0,5	4,325	0,770	4,3520	0,770	4,798	0,792	4,832	0,790
0,6	5,062	0,802	5,0010	0,800	5,650	0,823	5,660	0,820

Těle- so	Pološroubové (P-30, 35)		Šroubové S-35		Soutěžní (SoI-30)		Soutěžní (SoII-30)	
	v	η	v	η	v	η	v	η
0,1	1,846	0,460	1,847	0,460	1,891	0,470	1,714	0,415
0,2	2,715	0,633	2,726	0,635	2,806	0,640	2,447	0,590
0,3	3,603	0,722	3,624	0,725	3,744	0,733	3,208	0,688
0,4	4,523	0,780	4,536	0,780	4,706	0,787	4,002	0,750
0,5	5,445	0,817	5,470	0,817	5,690	0,824	4,798	0,792
0,6	6,421	0,845	6,430	0,845	6,697	0,851	5,650	0,823

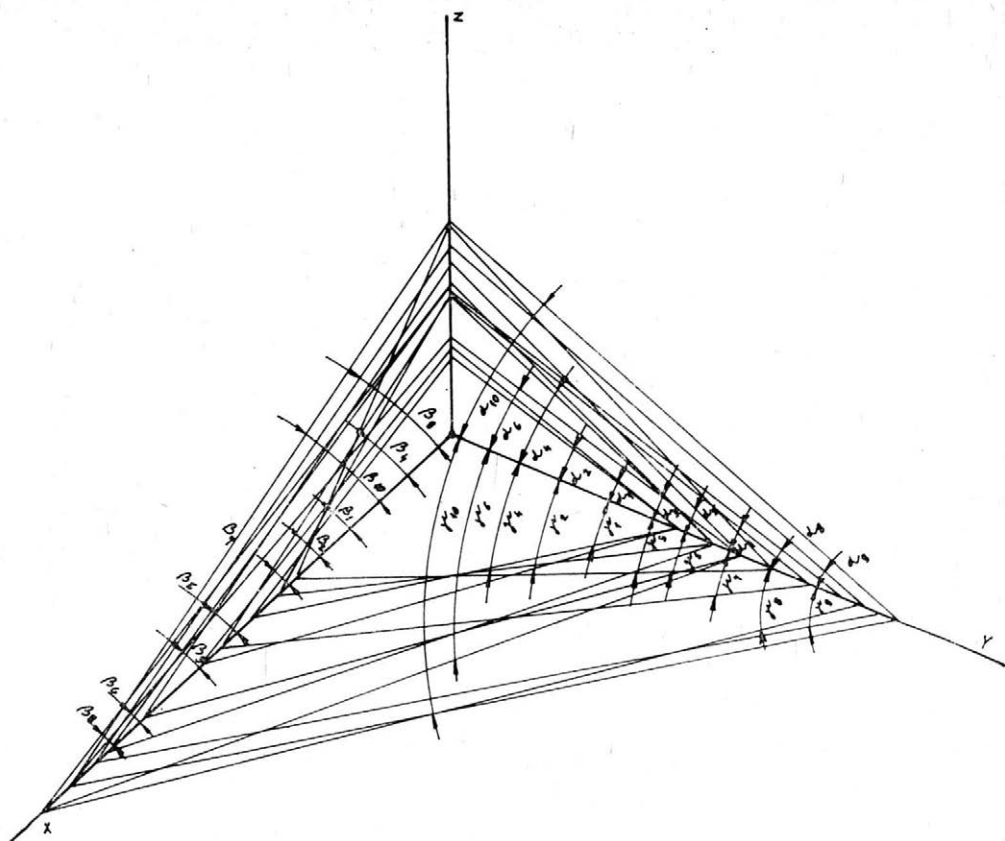
Těleso	Kverneldands normální Kvn-30		Navržené těleso N-40	
tgφ	v	η	v	η
0,1	1,891	0,470	1,743	0,425
0,2	2,804	0,665	2,508	0,600
0,3	3,740	0,734	3,299	0,696
0,4	4,698	0,788	4,124	0,757
0,5	5,678	0,824	4,953	0,797
0,6	6,660	0,850	5,835	0,828

Úhel (β) určíme graficky konstrukcí náhradní pracovní plochy orebného tělesa v axonometrických souřadnicích (obr. 3), jejichž zobrazovací trojúhelník má rozměry (10, 8, 10)

$$\beta = 10^\circ$$

Úhly α , λ určíme z rovnice

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varepsilon \sin \gamma_0 = 0,424 \cdot 0,615 = 0,260$$



S - 35 - INDEX 1 (γ_1, α_1) $\beta_1 = 10^\circ$

P - 35,30 - INDEX 2 (γ_2, α_2) $\beta_2 = 9^\circ$

K - 35,30 - INDEX 3 (γ_3, α_3) $\beta_3 = 11^\circ$

S_v - 30 - INDEX 4 (γ_4, α_4) $\beta_4 = 11^\circ$

K_v - luč. - INDEX 5 (γ_5, α_5) $\beta_5 = 13,2^\circ$

K_v - norm. - INDEX 6 (γ_6, α_6) $\beta_6 = 7^\circ$

S_{ox} - 30 - INDEX 7 (γ_7, α_7) $\beta_7 = 14^\circ$

S_{ox} - 30 - INDEX 8 (γ_8, α_8) $\beta_8 = 10^\circ$

S_L - 35 - INDEX 9 (γ_9, α_9) $\beta_9 = 13^\circ$

NAVRHOVANÉ TĚLESO INDEX 10 $\beta_{10} = 14^\circ$

3. Náhradní pracovní plochy sledovaných těles v axonometrické soustavě se zobrazovacím trojúhelníkem (10, 8, 10)

$$\text{odtud } \alpha = 14^\circ 30'$$

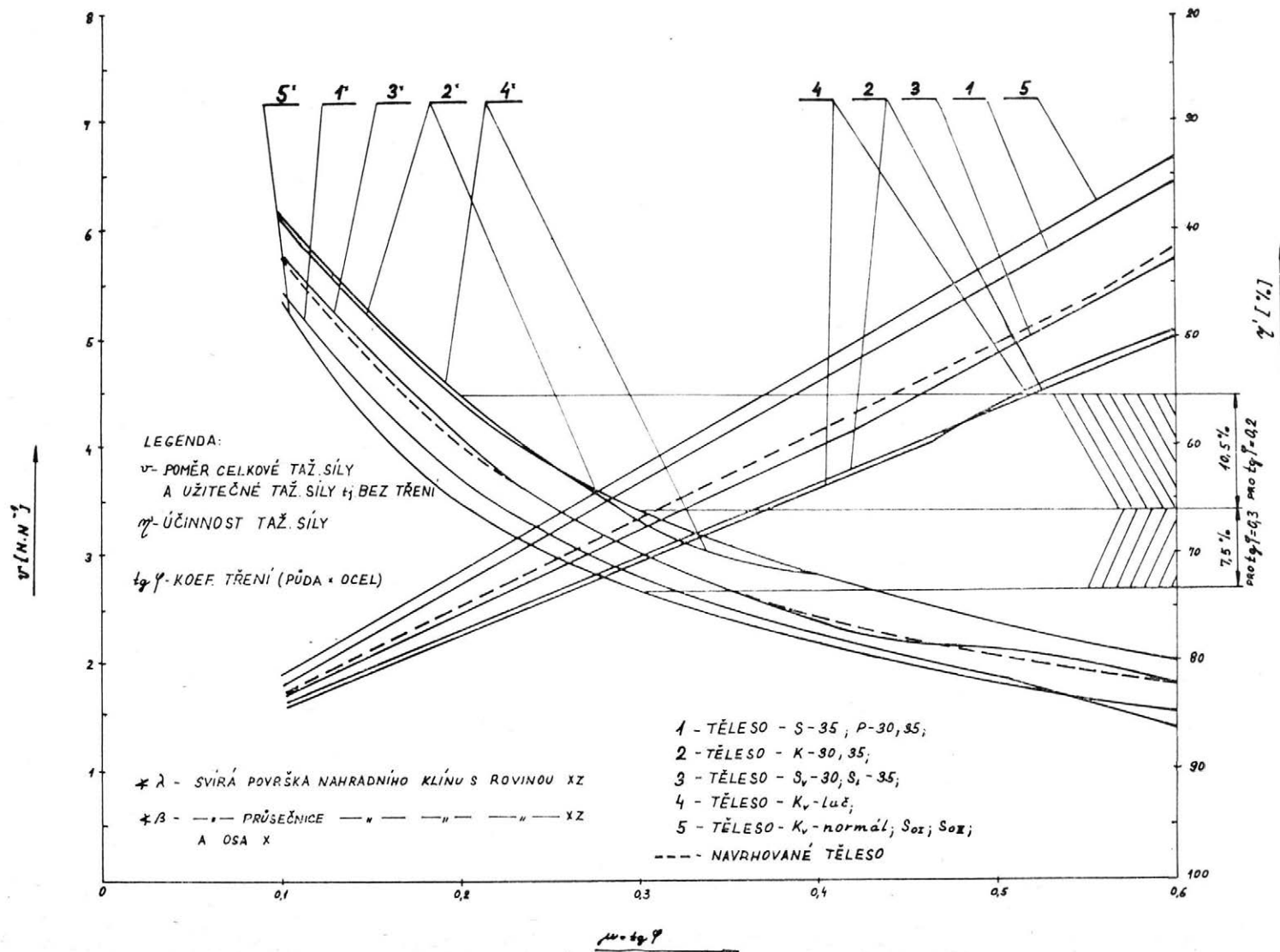
$$\cos \lambda = \sin \varepsilon \sin \gamma_o = 0,39 \cdot 0,615 = 0,240$$

$$\text{odtud } \lambda = 76^\circ 10'$$

Pak po dosazení do rovnice (17) obdržíme měrnou tažnou sílu pro toto těleso:

$$v = 1 + \operatorname{tg} \varphi [4,061 (1 + 1,16) + \operatorname{tg} \varphi \cdot 1,16] = 1 + 8,8 \operatorname{tg} \varphi + 1,16 \operatorname{tg}^2 \varphi$$

Podle hodnot v tab. III jsou vyneseny křivky (v, η) na obr. 4.



Rovnice (17) je parabolická funkce proměnné $\operatorname{tg} \varphi$, která má obecný tvar:

$$v = y = c + b \cdot x + ax^2 \quad (19)$$

V této rovnici:

$$a = \sqrt{2} \sin\left(\frac{\pi}{4} + \beta\right)$$

$$b = \operatorname{tg} \lambda \left[1 + \sqrt{2} \sin\left(\frac{\pi}{4} + \beta\right) \right]$$

$$c = 1$$

Podle rostoucí konstanty b sestavíme tab. IV funkčních úhlů jednotlivých orebních těles. Z této tabulky plyne, že největší vliv na růst konstanty (b), a tím také na velikost numerické hodnoty funkce (v), má úhel (λ). Konstanta (a) se pro jednotlivá tělesa mění

IV. Funkční úhly jednotlivých orebních těles

Těleso	λ	a	b	γ_0	ε	α	β
Kv.-luč.	70,00°	1,20	6,05	38,0°	33,5°	22,0°	13,2°
K-35, 30	70,00°	1,17	6,15	42,0°	30,0°	21,2°	11,0°
Sv-35	72,90°	1,17	7,08	30,0°	36,0°	20,0°	11,0°
N-40	73,25°	1,21	7,31	35,0°	30,0°	18,3°	14,0°
P-30, 35	75,60°	1,14	8,35	39,0°	24,0°	15,6°	9,0°
S-35	76,50°	1,16	8,36	35,0°	24,0°	14,3°	10,0°
So _{II} -30	75,60°	1,21	8,70	29,5°	30,0°	15,8°	14,0°
So _I -30	76,20°	1,16	8,80	38,0°	23,0°	14,5°	10,0°
Kv.-norm.	76,50°	1,11	8,80	43,0°	20,0°	14,0°	7,0°

v úzkých mezích (1,11 — 1,21), takže kvadratický člen rovnice (ax^2) neovlivňuje výrazně celkovou hodnotu rovnice (19). Např. rozdíl hodnot funkce (v) podle rovnice (19) pro podmínky:

$$b_{\max} = 8,80; a_{\min} = 1,11; \operatorname{tg} \varphi = 0,6 \text{ bude } v_1 = 6,660 \text{ N} \cdot \text{N}^{-1}$$

$$b_{\max} = 8,80; a_{\max} = 1,21; \operatorname{tg} \varphi = 0,6 \text{ bude } v_2 = 5,725 \text{ N} \cdot \text{N}^{-1}$$

$$b_{\min} = 6,05; a_{\max} = 1,21; \operatorname{tg} \varphi = 0,6 \text{ bude } v_3 = 5,060 \text{ N} \cdot \text{N}^{-1}$$

— rozdíl těchto hodnot činí:

$$v_1 - v_2 = 0,935 \text{ N} \cdot \text{N}^{-1}$$

$$v_1 - v_3 = 1,600 \text{ N} \cdot \text{N}^{-1}$$

Obdobně — budeme-li sledovat, jak ovlivňuje rovnici (19) konstanta b pro stálou hodnotu konstanty (a) — můžeme určit hodnoty funkce (v_4, v_5):

pro $a = 1,11$; $b_{max} = 8,80$; $\operatorname{tg} \varphi = 0,6$ bude $v_4 = 6,66 \text{ N} \cdot \text{N}^{-1}$

$a = 1,11$; $b_{min} = 6,05$; $\operatorname{tg} \varphi = 0,6$ bude $v_5 = 5,02 \text{ N} \cdot \text{N}^{-1}$

a jejich rozdíl:

$$v_4 - v_5 = 1,64 \text{ N} \cdot \text{N}^{-1}$$

Z příkladu je patrné, že funkce (v) při $b = \text{konst.}$ a měnícím se parametru (a) se mění přibližně dvakrát méně, než je tomu při $a = \text{konst.}$ a měnícím se (b). Tedy funkce (v) je hlavně ovlivňována konstantou (b), jejíž interval změny je podstatně větší, než je interval změny parametru (a), i když ten je konstantou kvadratického členu. Navíc ve většině případů sledovaných těles podle tab. IV s klesající hodnotou (b) klesá i hodnota (a). Výjimku tvoří tělesa P₁₋₃₅, So_{II-30}, v mezním případě také P-30,35. Pak s klesající konstantou (b) — tedy se zmenšujícím se úhlem (λ), který tuto konstantu hlavně ovlivňuje — klesá i procento tažné síly, jež je vynaložena na překonání třecích sil na pracovním povrchu a tření o dno a stěnu brázdy. Je proto žádoucí stanovit takovou hodnotu úhlu (λ), aby na tření bylo vynaloženo minimum tažné síly. Musíme tedy stanovit extrém funkce úhlu (λ):

$$\cos \lambda = \sin \varepsilon \sin \gamma_o \quad (20)$$

přičemž úhel (γ_o) musí mít reálnou, použitelnou hodnotu. Pak můžeme předešlou rovnici upravit na tvar:

$$y = \cos \lambda = k \sin \varepsilon \quad (21)$$

Analytickým řešením zjistíme, že extrém funkce nastane pro $\varepsilon = 0^\circ$, pro který pak:

$$\cos \lambda = k \sin (0^\circ) = 0$$

$$\text{odkud } \lambda = 90^\circ$$

Výsledek potvrzuje, že nejméně tažné síly bude nutné vynaložit na překonání tření, budeme-li půdu pouze řezat, protože pracovní plocha určená úhly $\varepsilon = 0^\circ$; $\lambda = 90^\circ$ je rovina rovnoběžná se dnem brázdy, resp. s povrchem půdy. Takovýto pracovní orgán by půdu nezvedal ani neobracel a není možné výsledek analytického řešení přijmout pro praktickou realizaci.

Mají-li se hodnoty úhlu (γ_o, ε) pohybovat v reálném otevřeném intervalu, tj. $\gamma_o = 30 - 45^\circ$ a $\varepsilon = 20 - 35^\circ$, nabude úhel (λ) minimální hodnoty, a tím také funkce (v) nabude minima pro hodnoty úhlů (γ_o, ε), funkčně závislé podle vztahu (20), pro následující hodnoty úhlů uvedené v tab. V.

Z analytického řešení extrému funkce (20) lze dedukovat, že použitelná hodnota úhlu (λ) musí být menší než $\left(\frac{\pi}{2}\right)$. Stanovíme-li z hodnot úhlu (λ) za mezní hodnotu $\lambda = 74^\circ$, pak vyhovující hodnoty úhlu (γ_o, ε) — podle tab. V, pro jednotlivé typy orebních těles jsou následující:

pro tělesa K

$$\begin{array}{lll} \gamma_o = 45^\circ; & \varepsilon = 25-35^\circ; & \lambda = 72,5^\circ-66^\circ \\ \gamma_o = 40^\circ; & \varepsilon = 30-35^\circ; & \lambda = 71,2^\circ-68,3^\circ \end{array}$$

výjimečně

$$\gamma_o = 40^\circ; \quad \varepsilon = 25^\circ; \quad \lambda = 74,2^\circ$$

celkově

$$\gamma_o = 40-45^\circ; \quad \varepsilon = 25-35^\circ; \quad \lambda = 74,2^\circ-66^\circ$$

pro tělesa P, S

$$\gamma_o = 35^\circ; \quad \varepsilon = 30-35^\circ; \quad \lambda = 73,3^\circ-70,7^\circ$$

$$\gamma_o = 30^\circ; \quad \varepsilon = 35^\circ; \quad \lambda = 73,3^\circ$$

celkově

$$\gamma_o = 30-35^\circ; \quad \varepsilon = 30-35^\circ; \quad \lambda = 73,3^\circ-70,7^\circ$$

V. Závislost hodnoty úhlu λ na hodnotách úhlů γ_o a ε

γ_o	ε	λ	γ_o	ε	λ
(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)
30	20	80,2	40	20	77,3
30	25	77,8	40	25	74,2
30	30	75,5	40	30	71,2
30	35	73,3	40	35	68,3
35	20	78,7	45	20	76,0
35	25	76,0	45	25	72,5
35	30	73,3	45	30	70,7
35	35	70,7	45	35	66,0

ZÁVĚR

Takto stanoveným mezím ze sledovaných těles vyhovují K_{V1-30} ; $K-30, 35$; S_{1-35} ; S_{V-35} . Ostatní tělesa jsou mimo interval pro malou hodnotu úhlu (ε), vyjma tělesa S_{OII-30} , jež po úpravě úhlu (γ_o) na 35° vyhovuje intervalu P, S těles.

Tělesa K_{V1-30} ; $K-30,35$, která mají $\lambda = 70^\circ$, pro obvyklou hodnotu součinitele tření půdy po oceli 0,3 potřebují o 5 až 10 % méně tažné síly na překonání tření proti tělesům S_{OI-30} ; S_{OII-30} ; K_{Vn-30} , jejichž úhel (λ) činí $75,5-76,5^\circ$ (obr. 4). V obr. 4 plocha nad křivkami účinnosti tažné síly (η) představuje práci spotřebovanou na překonání tření při práci orebního tělesa za různých třecích podmínek.

Pro $\tan \varphi = 0,2$ je tažná síla, vyvinutá na překonání tření pro nejhorší a nejlepší pracovní povrch orebního tělesa, rozdílná o 10 %. Při vyšším součiniteli tření, např. $\tan \varphi = 0,3$, tento rozdíl klesá a představuje 7,5 % (na obr. 4 šrafováno). Pro velké numerické hodnoty tažného odporu je 7 až 10 % snížení tažné síly velmi významné.

Příspěvek se zabýval pouze hodnocením třecích poměrů orebních těles. Pro úplné hodnocení by bylo nutné se zabývat i kvalitativními ukazateli orby, tj. hodnotit kypřicí a obracecí účinek orebních těles ve vztahu k jednotlivým úhlům, resp. k funkčním závislostem, jimiž se řídí změna pracovních úhlů orebního tělesa.

Seznam použitých symbolů

- $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda$ — funkční úhly orebního tělesa
 F_c, F, F_x, F_y, F_z — výsledná síla, složky sil
 $F_{xz}, F_{xz'}, F_{xy}, F_{zy}$ — průměty složek sil
 μ — součinitel smykového tření

(°)
 (N)
 (N)
 (—)

φ	— třecí úhel	(°)
v	— měrná tažná síla	(N · N ⁻¹)
η, η'	— účinnost tažné síly	(—) (%)

Literatura

- BRZKOVSKÝ, K.: Zemědělské stroje. ČVUT — skripta. Praha 1965.
 HŮREK, B.: Zemědělské stroje I — teorie, výpočet. Praha 1954.
 Kolektiv: Nové typy radlic ROSS Roudnice. Výzkumná zpráva. Výzkumný ústav zem. strojů, Praha - Chodov.
 PAPL, A.: O trenii pluga. Traktory a selchozmašiny. 1963.
 TURBIN, B. G.: Selskochozjajstvennyje mašiny — teorija, rasčet. Moskva 1963.

Došlo dne 24. 7. 1975

GRODA B. (Selskochozjajstvennyj institut, Brno, Československo). Regim trenia u pasivnykh korpusov pluga. Zem. technika 21 (11) : 637-649, 1975.

Статья посвящена анализу режима трения у пассивных корпусов плуга. Из аналитического анализа сил, действующих на рабочей площади пассивного корпуса плуга, или на запасном клине были выбраны сравнительные критерии десяти оцениваемых корпусов. Сравнительными критериями являются полезное усилие вытяжки (без трения), или удельное усилие вытяжки и т. н. эффективность усилия вытяжки. Для оцениваемых корпусов устанавливаются уравнения сравнительных критериев при разных почвенных условиях трения и приводится влияние отдельных функциональных углов а отдельные постоянные уравнения. На основе анализа потом приводятся подходящие диапазоны функциональных углов для разных типов корпусов плуга.

режим трения; корпус плуга; силы трения; составные части сил; полезное усилие вытяжки; запасная рабочая площадь корпуса плуга; общее усилие вытяжки — общему рабочему сопротивлению; удельное усилие вытяжки; эффективность усилия вытяжки; культурный — полувинтовой — винтовой — конкурсный корпус плуга; экстрем функции; функция

GRODA B. (University of Agriculture, Brno, Czechoslovakia). *Friction Conditions of Passive Plough Bottoms*. Zem. technika 21 (11) : 637-649, 1975.

The paper deals with an analysis of the friction conditions of passive plough bottoms. Comparative criteria for the ten plough bottoms under study were selected from an analysis of forces acting on the working surface of the passive plough bottom or on the substitute wedge. The comparative criteria are the following: efficient tractive force (without friction) or specific tractive force, and the so-called effectiveness of tractive force. Equations of comparative criteria under different soil conditions are presented and the effect of individual functional angles on the constants of equations is mentioned. Suitable ranges of functional angles for different types of plough bottoms are mentioned on the basis of analysis.

friction conditions; plough bottom; friction forces; components of forces; efficient tractive forces; substitute working surface of plough bottom; total tractive force — total working resistance; specific tractive force; effectiveness of tractive force; cultivation — semi-helical — helical; contest plough bottom; extreme of function; functions

GRODA B. (Landwirtschaftliche Universität, Brno, Tschechoslowakei). *Reibungsverhältnisse von passiven Pflugkörpern*. Zem. technika 21 (11) : 637-649, 1975.

Der Aufsatz befaßt sich mit der Analyse der Reibungsverhältnisse von passiven Pflugkörpern. Aus der analytischen Auswertung der an der Arbeitsfläche des passiven Pflugkörpers, bzw. am Ersatzkeil einwirkenden Kräfte wurden Vergleichskriterien von zehn bewerteten Körpern ausgewählt. Die Vergleichskriterien sind die nützliche Zugkraft (ohne Reibung), bzw. spezifische Zugkraft und der s. g. Zugkraftwirkungsgrad. Für die bewerteten Körper werden Gleichungen von Vergleichskriterien bei verschiedenen Bodenreibungsbedingungen bestimmt und die Auswirkung einzelner Funktionswinkel auf einzelne Gleichungskonstanten dargelegt. Von der Analyse

ausgehend werden dann geeignete Bereiche der Funktionswinkel für verschiedene Pflugkörpertypen angegeben.

Reibungsverhältnisse; Pflugkörper; Reibungskräfte; Kraftkomponenten; nützliche Zugkraft; Ersatzarbeitsoberfläche des Pflugkörpers; Gesamtzugkraft — dem Gesamtarbeitswiderstand; spezifische Zugkraft; Wirkungsgrad der Zugkraft; mittelteile — halbwendelförmige — wendelförmige Pflugkörper; Pflugkörper für Leistungspflügen; Funktionsgrenzwert; Funktion

Adresa autora:

Ing. Bořivoj G r o d a, Vysoká škola zemědělská, Zemědělská 1, 662 65 Brno

Výběr z přírůstků

Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTI 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.

CASINI-ROPA, G. C 22.975/41
Organizzazione razionale della meccanizzazione agricola. Bologna, Ist. di meccanica agraria dell'Univ. 1973. S. 208-221. Estr. dagli Atti del 2° Convegno Nazionale A. I. G. R. Vol. 1, Bologna 1973. (Mechanizace zemědělství — organizace — racionalizace)

DOSS, H. J. — PFISTER, R. G. C 18.087/219
A study of farm machinery use in Michigan. East Lansing, Michigan state university 1973. 4 s. obr. Research report 219. (Zemědělská technika — využití — USA — Michigan)

KUCZEWSKI, J.
Podstawy eksploatacji agregatów rolniczych. Warszawa, PWRiL 1974. 403 s. obr. tab. (Zemědělské stroje — agregáty — využití — příručky)

SCOTTON, M. A. D 63.651/11
Sui fattori della capacita delle macchine agricole. Perugia, Ist. di meccanica agraria 1973. S. 402-408. 3 obr. Estr. dagli Atti del 2° Convegno Nazionale A. I. G. R. Vol. 2, 1973. (Zemědělské stroje — využití — zemědělské závody — výzkum — Itálie)

MAGOMEDOV, B. R. — RAKIN, Ja. F. E 37.093
Vosstanovlenije zaščitnyh pokrytij mašin i oborudovanija. Moskva, Kolos 1974. 117 s. obr. tab. (Zemědělské stroje — koroze — ochrana — příručky)

E 37.356/62
Uluščenije ekspluatacii mašinnotraktornogo parka, soveršenstvovanije konstrukcii i remonta sel'skochozjajstvennoj techniki. Voronež, Voronežskij sel'skochoz. inst. 1974. 339 s. obr. tab. Naučnyje trudy 62. (Zemědělské stroje — konstrukce — sborníky — SSSR / Zemědělské stroje — opravy — sborníky / Zemědělská technika — využití — sborníky — SSSR)

SUSKEVIČ, M. V. E 36.766
Kontrol' kačestva remonta. Moskva, Kolos 1973. 159 s. 56 obr. 40 tab. (Zemědělské stroje — opravy — měřicí přístroje — použití — příručky)

LESENKO, H. V. E 37.120
Technika bezpeky na mechanizovanyh rabotach. Kyjiv, Urožaj 1974. 70 s. (Mechanizace zemědělství — bezpečnost práce)

MANFREDI, E. C 17.248/180
La sicurezza ed il comfort nella meccanizzazione agricola con particolare riguardo alle trattrici. Bologna, Ist. di meccanica agraria 1973. S. 65-76. fot. Estr. dalla Macchine e motori agricoli n. 5, 1973. (Zemědělské stroje a traktory — bezpečnost práce)

VÝPOČTY A MĚŘENÍ STĚNOVÝCH TLAKŮ OBILÍ V MODELU OCELOVÉHO SILA

J. Šmíd, P. Dračínský, J. Opočenský

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

ŠMÍD J., DRAČÍNSKÝ P., OPOČENSKÝ J. *Výpočty a měření stěnových tlaků obilí v modelu ocelového síla*. Zem. technika 21 (11) : 651-663, 1975.

V modelu síla jsme měřili stěnové tlaky obilí. Užitý přístroj dovoluje měřit současně obě složky stěnové napjatosti obilí, tj. tlak na stěnu i smykovou složku napjatosti. Měřily se statické stěnové tlaky obilí po naplnění modelu síla, dynamické tlaky za ustáleného toku a při vyprazdňování síla. Je určen součinitel tření obilí na stěně síla. Výsledky měření jsou porovnány s projekčními výpočty pro stěnové tlaky sypkých materiálů v sílech. Při měření stěnových tlaků během ustáleného toku obilí v síle a při vyprazdňování byly zjištěny pulzace stěnové napjatosti. Nejvyšších tlaků obilí na stěnu modelu síla je dosaženo v blízkosti jeho dna.

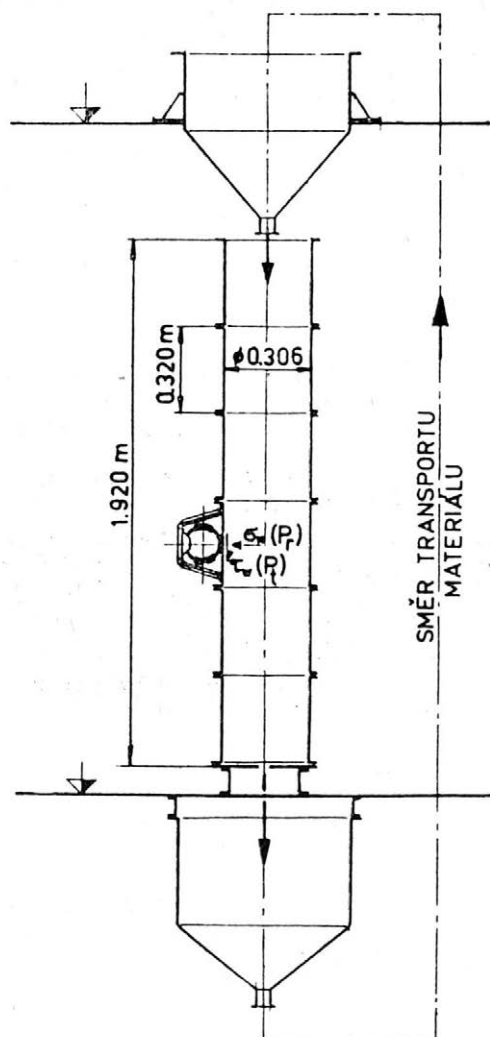
skladování obilí; síla; stěnový tlak; součinitel tření na stěně; projekční výpočty tlaků; plnění a vyprazdňování síla

Výstavba ocelových obilních sil je jednou z cest, jak při nedostatku stavebních kapacit rychle vybudovat potřebné sklady pro zemědělství a nákupní organizace. Netradiční způsob konstrukce těchto velkokapacitních skladů byl z hlediska zatížení stěny síla od skladovaného materiálu ověřován v modelu ocelového síla. V článku je popsán experimentální model síla, ve kterém byly měřeny statické a dynamické tlaky obilí na stěny. Výsledky těchto měření jsou porovnány s projekčními výpočty stěnových tlaků v sílech. Dále je stanoven součinitel tření obilí na stěně modelu ocelového síla a vyhodnocen dynamický součinitel zvýšení tlaků obilí při vyprazdňování síla.

POPIS EXPERIMENTÁLNÍHO ZAŘÍZENÍ

Stěnové tlaky obilního zrna jsou měřeny v zařízení, které je schematicky znázorněno na obr. 1. Zařízení se skládá z modelu ocelového síla a dvou zásobníků. Plnicí zásobník nad modelem síla slouží k vytvoření dostatečné rezervy experimentálního sypkého materiálu (pšenice) pro případ, kdy je v pokusném síle modelován ustálený tok materiálu. Stejnou objemovou kapacitu má rovněž vyprazdňovací zásobník pod modelem síla. Oba zásobníky jsou spojeny pneumatickou dopravou. Vlastní model síla je sestaven ze šesti sekcí o vnitřním průměru 306 mm a výšce 320 mm. V jedné sekci je instalován tenzometrický měřič tlaku skladovaného materiálu na stěně modelu síla (Šmíd, Novosad, 1972). Měřičem lze současně a nezávisle na sobě sledovat v průběhu experimentu obě složky stěnové napjatosti — normální σ_H a smykovou τ_w . Výstup z tenzometrických snímačů měřiče tlaku je veden přes staticko-dynamickou tenzometrickou aparaturu

1. Schéma zařízení pro měření stěnových tlaků obilí v modelu síla



TDA 3 na zapisovače EZ 11. Měřicí sekci modelu síla je možné přestavovat do libovolné polohy a tak měřit průběh stěnových tlaků obilí po celé výšce síla.

VÝPOČET STĚNOVÝCH TLAKŮ OBIÍ V MODELU SÍLA

- a) Výpočet statického tlaku podle Janssen-Könena (Šmíd, 1973)
Pro stanovení stěnového tlaku je užita rovnice

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

kde: sypná hmotnost $\rho = 800 \text{ kg m}^{-3}$
úhel vnitřního tření $\Phi_i = 30^\circ$ (ČSN 730035)

Úhel vnějšího tření Φ_w obilí na stěně modelu ocelového síla byl stanoven měřičem stěnové napjatosti, jehož údaje o tlaku σ_H a smykovém napětí τ_w na stěně sloužily k vý-

počtu součinitele vnějšího (stěnového) tření $f_w = \tau_w / \sigma_H = \operatorname{tg} \Phi_w$. Tak byly stanoveny v měřicí sekci mimo model síla průměrné hodnoty:

úhel stěnového tření $\Phi_w = 14^\circ$

součinitel stěnového tření $f_w = 0,250$

Poměr hlavních napětí $k = 0,5$ byl vypočten ze vztahu (2), který uvádí Jáky (1948)

$$k = 1 - \sin \Phi_i \quad (2)$$

Hydraulický poloměr R_H modelu síla

$$R_H = F/U = 0,0765 \text{ m}$$

Smyková napjatost τ_w skladovaného obilí na stěně modelu ocelového síla je definována rovnicí (3)

$$\tau_w = \sigma_H \cdot f_w \quad (3)$$

Tab. I uvádí přehled vypočtených hodnot obou složek stěnové napjatosti σ_H a τ_w v hloubce y skladované pšenice.

b) Výpočet statického tlaku podle bratří Reimbertů (Šmíd, 1973)

I. Hodnoty statického tlaku podle Janssena-Könera

y (m)	σ_H (N m ⁻²)	τ_w (N m ⁻²)
0,10	361,0	90,3
0,20	668,1	166,8
0,35	1047,7	261,9
0,48	1304,7	325,7
0,65	1574,5	393,4
0,80	1756,0	438,5
1,12	2020,9	505,2
1,44	2177,8	544,4
1,80	2275,9	569,0

Stěnový tlak je stanoven rovnicí (4)

$$\sigma_H = \frac{R_H \cdot \varrho \cdot g}{f_w} \left[1 - \left(\frac{y}{C} + 1 \right)^{-2} \right] \quad (4)$$

kde konstanta síla C je podle definice

$$C = \frac{D}{4 f_w k} - \frac{h}{3} \quad (5)$$

Výšku h násypného kuželu na hladině obilí v modelu síla lze ve výpočtu zanedbat, takže konstanta modelu síla $C = 0,723$ m. Ostatní výpočtové hodnoty jsou shodné s údaji předchozího určení tlaků metodou Janssen-Könera. Výpočet stěnové napjatosti σ_H a τ_w je shrnut v tab. II.

II. Hodnoty statického tlaku podle bratří Reimbertů

y (m)	σ_H (N m ⁻²)	τ_w (N m ⁻²)
0,10	630,8	157,9
0,20	1039,9	260,0
0,35	1412,6	353,2
0,48	1648,1	412,0
0,65	1839,4	460,1
0,80	1952,2	488,5
1,12	2104,2	525,8
1,44	2187,6	546,4
1,80	2246,5	561,1

c) Výpočet dynamického tlaku pšenice podle DIN 1055 (1964)

Základem pro výpočet dynamických stěnových tlaků při vyprazdňování obilí ze síla je opět Janssen-Könerova rovnice (1).

Výpočet dynamického tlaku podle DIN 1055 zavádí však pro poměr hlavních napětí k konstantní hodnotu $k = 1$ a úhel tření na stěně Φ_w definuje podle vztahu $\Phi_w = 0,60 \Phi_i$. Je tedy v tomto případě hodnota úhlu vnějšího tření $\Phi_w = 18^\circ$, resp. $f_w = 0,325$; v tab. III jsou shrnuty vypočtené hodnoty dynamického stěnového tlaku až do jeho maximální hodnoty.

III. Hodnoty dynamického tlaku podle DIN 1055

y (m)	0,10	0,20	0,35	0,48	0,65	0,85	1,12	1,44	1,60
σ_H^{tok} (N m ⁻²)	639,6	1057,5	1432,3	1606,9	1731,5	1785,4	1831,5	1844,3	1845,3
$n\sigma_H^{tok}$ (N m ⁻²)	768,1	1267,4	1717,7	1927,7	2079,7	2138,6	2197,4	2212,1	2217,1

Stěnové tlaky v síle se obvykle vypočítávají s jistým součinitelem zatížení n stěny síla vzhledem k možnému přetížení konstrukce skladovacího zařízení. V našem případě je podle „Projekčního výpočtu velkokapacitního ocelového obilního síla, vzor Libáň, výrobce TMS Pardubice“ volena hodnota součinitele zatížení $n = 1.2$. Proto obsahuje tab. III zároveň hodnoty tlaku $n \cdot \sigma_H^{tok}$, které sloužily k dimenzování stěny válcového pláště ocelového síla.

d) Výpočet dynamického tlaku pšenice podle SN 302-65 (1965)

Výpočet stěnových tlaků při vyprazdňování síla vychází z rovnice Janssen-Könerovy (1). S ohledem na vznik zvýšených dynamických tlaků za toku obilí v síle je v tomto vý-

počtu zaveden násobný faktor a_0 , zvyšující hodnotu stěnového tlaku, stanovenou podle Janssen-Könera. Ve výpočtu podle SN 302-65 je doporučena hodnota $a_0 = 2$ pro dolní dvě třetiny výšky síla (uvažováno od dna síla), zatímco pro horní jednu třetinu výšky (od hladiny skladovaného materiálu) není zvýšení tlaku očekáváno ($a_0 = 1$).

e) Výpočet dynamického tlaku pšenice podle Lepnického a Abramoviče (1960)

Také tento výpočet stěnového tlaku sypkého materiálu na stěnu síla užívá násobných faktorů a_0 pro postižení dynamických tlaků obilí v síle. Doporučená hodnota součinitele a_0 závisí na výšce síla H a je uvedena v tab. IV.

IV. Doporučená hodnota násobných faktorů tlaku

Výška síla H (od hladiny materiálu)	Násobný faktor a_0 (tlak výpočtový = a_0 · tlak Janssen-Könerův)
0 — 0,35 H	1
0,35 H — 0,85 H	2
0,85 H — H	1

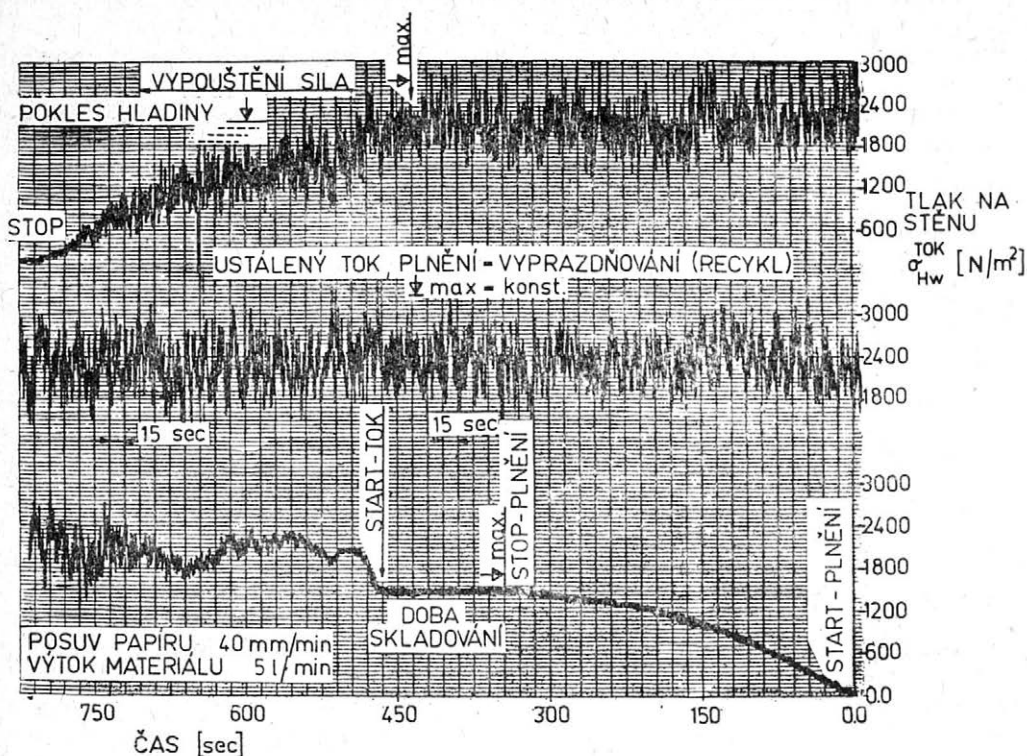
Uvedené výpočtové normativy rozlišují v některých případech také výpočet zatížení stěny válcové buňky síla podle umístění této buňky uvnitř či vně baterie síla. Vnější buňka síla je obvykle dimenzována na tlaky vyšší, což se projevuje vyšší hodnotou součinitele a_0 . Také nesymetrickita výpustního otvoru v síle ovlivňuje způsob výpočtu zatížení stěny síla. Výpočet zde uvedený byl proveden pro vnější buňku ocelového síla s centrální výpustí.

MĚŘENÍ STATICKÝCH A DYNAMICKÝCH TLAKŮ V MODELU SÍLA

V zařízení podle obr. 1 byly měřeny tenzometrickým snímačem napjatosti horizontální stěnové tlaky σ_H a smykové napjatosti τ_w ve všech šesti sekcích modelu síla. Byly vyhodnoceny statické tlaky σ_H po naplnění síla a dynamické tlaky obilí σ_H^{tok} za toku (při vyprazdňování). Současně se stěnovými tlaky dovozoval snímač napjatosti měřit i smykovou napjatost τ_w na stěně síla. Hodnoty smykové napjatosti τ_w a stěnových tlaků σ_H sloužily k výpočtu součinitele stěnového tření $f_w = \tau_w / \sigma_H$. Změna zatížení stěny modelu síla za toku obilí byla sledována pomocí dynamického součinitele zvýšení tlaku $k_d, \sigma = \sigma_H^{tok} / \sigma_H$. Tlak pšenice se měřil při konstantní rychlosti plnění síla, dané velikostí plnicího otvoru $d = 30$ mm. Vyprazdňování bylo prováděno centrálním výpustným otvorem $d = 30$ mm v plochem dně modelu síla. K ověření výsledků měření tlaku bylo užito také křemičitého písku známých mechanicko-fyzikálních vlastností. Protože zápis tohoto měření byl reprodukcí zdražilejší, bylo ho užito na obr. 2 k dalšímu výkladu.

Na obr. 2 je ukázka zápisu měření stěnového tlaku σ_H v jedné ze sekcí modelu síla. Spodní část obrázku znázorňuje průběh plnění. V okamžiku, kdy hladina obilí dosáhla čidla měřící tlaku, vzrůstá tlaková napjatost σ_H na stěně síla. Zpočátku je tento růst rychlejší, ale s pokračujícím plněním roste také smyková napjatost τ_w , kterou se tak přenáší část váhy obilí nad čidlem do stěny. Dosáhne-li hladina obilí určité výšky nad čidlem, růst tlaku σ_H se téměř zastaví a celá další váha obilí přiváděného do síla je přenášena účinkem smykového napětí τ_w do stěn síla. Po naplnění síla a krátké době skladování, která sloužila k částečnému slehnutí uskladněného materiálu a k eventuálnímu vyrovnání tlakových poměrů, byl otevřen vypouštěcí otvor, přičemž však byl ponechán otevřený i otvor plnicí. Tím byly vytvořeny podmínky pro vznik ustáleného toku obilí v síle. Při otevření výpusti se zvyšuje tlak na hodnotu σ_H^{tok} . Postupně se objevují v zá-



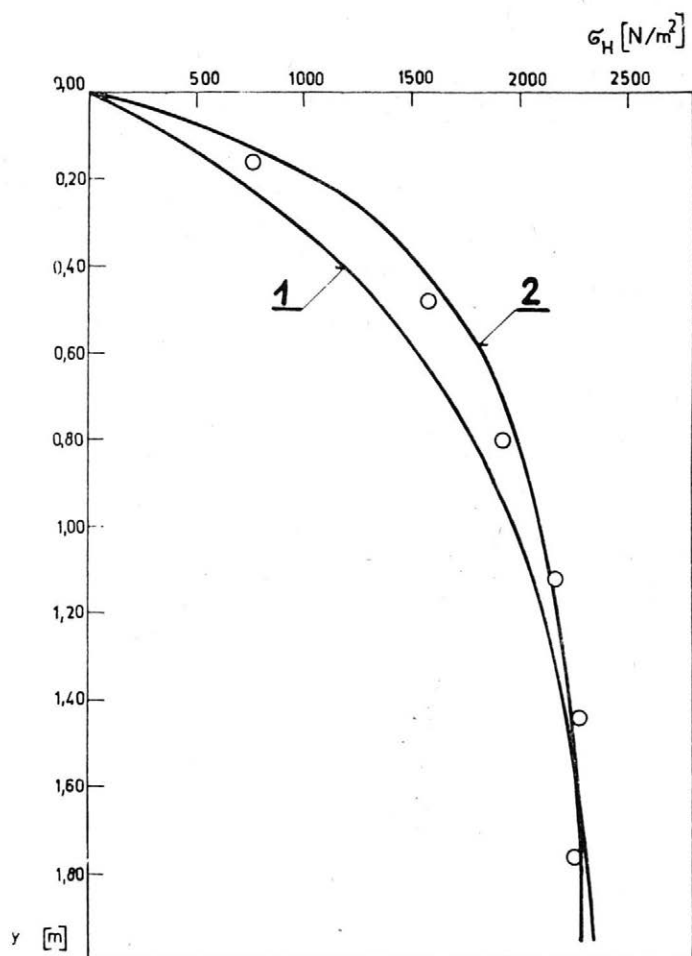


2. Průběh zápisu stěnového tlaku sypkého mtaeriálu v modelu sila

pisu stěnové napjatosti charakteristické pulsy, které po dosažení ustáleného toku obilí (viz střední část obr. 2) v síle dosahují jistých maximálních hodnot sloužících k určení dynamického součinitele zvýšení tlaku $k_d \sigma$. Minimální hodnoty těchto tlakových pulsů jsou poněkud vyšší než maximální tlaky statické po naplnění sila. Uzavření plničního otvoru při pokračujícím vyprazdňování sila má za následek postupné snižování hladiny, není však doprovázeno okamžitým poklesem stěnového tlaku. Teprve když hladina obilí klesla tak, že třecí síly na stěně přestaly přenášet většinu váhy obilí nad tlakovým čidlem, začíná průběh tlaku klesat (viz horní část obr. 2). S klesající hodnotou dynamického tlaku se zmenšují i amplitudy jeho kmitů. Stejný průběh lze zaznamenat také při měření smykové napjatosti τ_w na stěně.

POROVNÁNÍ MĚŘENÝCH TLAKŮ S PROJEKČNÍMI VÝPOČTY

Experimentální hodnoty stěnového tlaku σ_H , získané měřením v různých hloubkách y modelu sila po naplnění obilím, tedy tlaky nepohybujícího se obilí, jsou na obr. 3 porovnány s výpočtem teoretického průběhu tlaku podle Jansen-Könera (tab. I a křivka 1 na obr. 3) a podle bratří Reimbertů (tab. II a křivka 2 na obr. 3). Ukazuje se, že semiempirická rovnice bratří Reimbertů je ve velmi dobré shodě s experimentálními výsledky, zatímco výpočet tlaku podle Janssen-Könera poskytuje zejména v horní polovině výšky modelu sila stěnové tlaky poněkud nižší. Porovnání smykové napjatosti $\tau_w = f_w \cdot \sigma_H$, měřené na stěně modelu sila s výpočtem Janssen-Könera (křivka 1) a s metodou brí Reimbertů (křivka 2), plyne z obr. 4. Experimentální výsledky na obr. 3 a 4 byly stanoveny jako průměrné hodnoty tří až pěti jednotlivých měření.

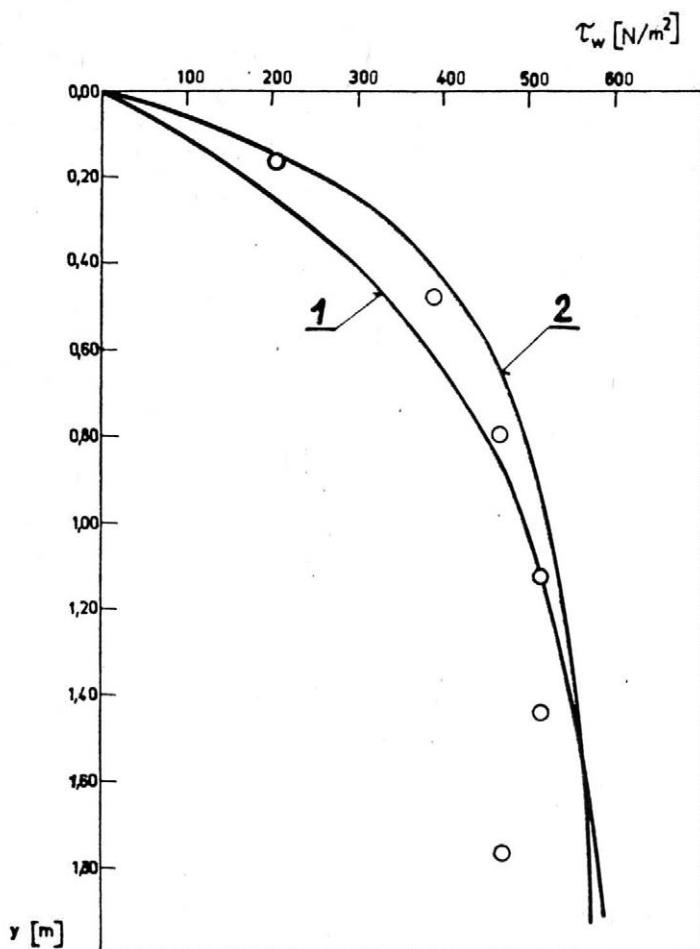


3. Srovnání měřených tlaků σ_H v hloubce y na stěně sila s výpočtem: křivka 1 — výpočet podle Janssen-Könera (tab. I); křivka 2 — výpočet podle bratří Reimbertů (tab. II)

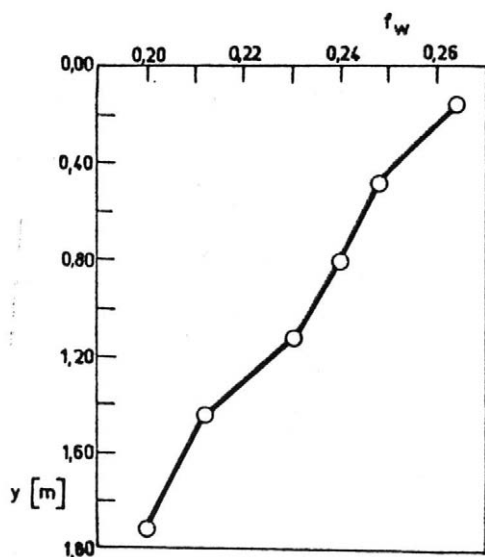
Průběh součinitele stěnového tření $f_w = \tau_w / \sigma_H$ podél výšky y stěny modelu sila ukazuje obr. 5. Podkladem pro stanovení hodnot součinitele f_w bylo měření stěnového tlaku obilí σ_H a smykové napjatosti τ_w na stěně modelu sila podle obr. 3 a 4. Z obr. 5 vyplývá, že součinitel stěnového tření f_w obilí závisí na hloubce skladovaného materiálu v silu. Projekční normativy pro výpočet zatížení sila od skladovaného materiálu však s touto skutečností nepočítají, ačkoliv může tak — podle našich měření součinitele stěnového tření f_w — docházet ke značným rozdílům ve výpočtových hodnotách tlaků.

Jednoduché srovnání disproporcí mezi vypočtenými tlaky a jejich ovlivnění hodnotou součinitele stěnového tření f_w lze provést pro silu dostatečně vysoké, pro které výraz $\exp(-kf_w y / R_H)$ v rov. (1) se blíží hodnotě 0. Tento předpoklad platí s dostatečnou přesností pro maximální tlaky σ_H v silách, jejichž hloubka y se blíží dvacetinásobku hydraulického poloměru R_H volného průřezu válcové buňky sila, resp. pětinasobku průměru D sila. Pak z rov. (1) pro $y \rightarrow 20 R_H$, resp. $y \rightarrow 5 D$ plyne

$$\sigma_{H, \max} = \frac{\rho \cdot g \cdot R_H}{f_w} = \frac{\rho g D}{4 f_w}$$



4. Porovnání experimentální smykové napjatosti τ_w v hloubce y na stěně síla s výpočtem: křivka 1 — výpočet podle Janssen-Könera (tab. I); křivka 2 — výpočet podle bratří Reimbertů (tab. II)



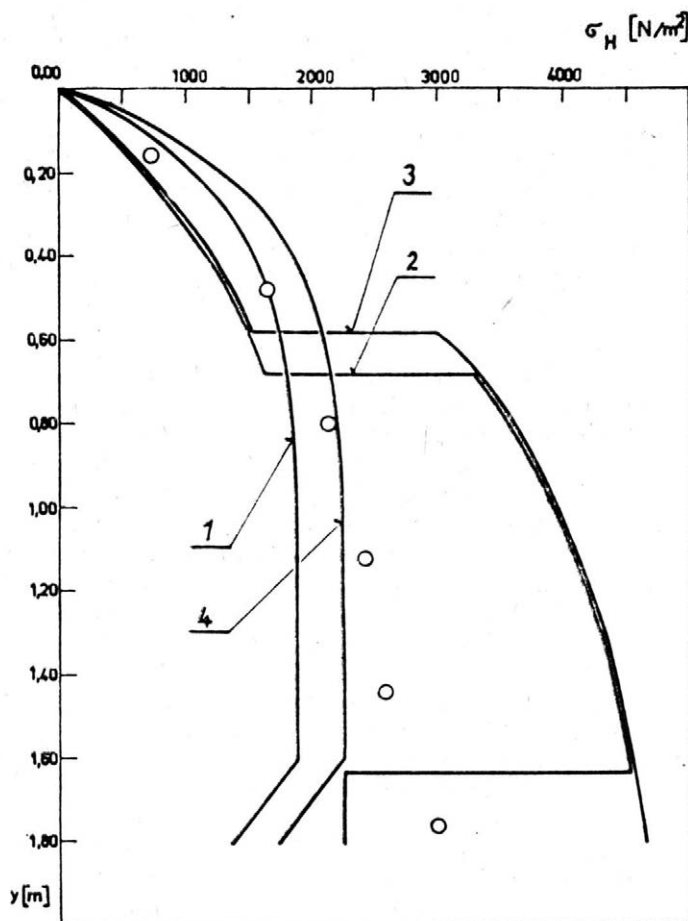
5. Průběh součinitele stěnového tření f_w podél výšky y stěny síla

Pro hodnoty součinitele f_w z obr. 5, resp. podle výpočtu DIN 1055, jsou poměrné chyby ve vypočtených tlacích σ_H uvedeny v tab. V.

V. Poměrné chyby ve vypočtených tlacích

Součinitel stěnového tření	Stěnový tlak $\sigma_{H, max}$ ($N\ m^{-2}$)	Poměrná chyba výpočtu
DIN 1055		
$f_w = \operatorname{tg}(0,60\ \Phi i) = 0,325$	1846,2	1,00
výsledky měření — viz obr. 5		
$f_{w, min} = 0,200$	3001,9	1,62
$f_{w, max} = 0,264$	2273,9	1,23

Experimentální výsledky měření dynamických stěnových tlaků obilí při vyprazdňování modelu síla jsou na obr. 6 porovnány s teoretickými křivkami tlaků, vypočtenými podle projekčních normativů DIN 1055 (1964) (křivka 1) — viz tab. III, podle Lepnického a Abramoviče (1960) (křivka 2) — viz tab. IV. a sovětského projekčního

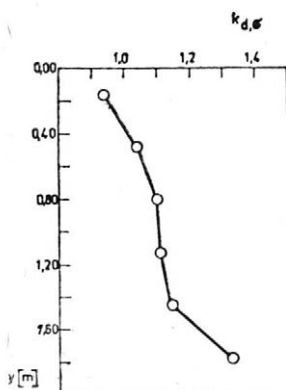


6. Porovnání dynamických tlaků na stěně modelu síla s výsledky projekčních výpočtů: křivka 1 — DIN 1055; křivka 2 — Lepnickij, Abramovič; křivka 3 — SN 302-65 CNIPS; křivka 4 — ocelové silo Libáň, konstrukce TMS Pardubice

normativu SN 302-65 CNIPS (1965) (křivka 3). V obr. 6 jsou také porovnány experimentálně zjištěné stěnové tlaky s údaji statického výpočtu (Projekční výpočet ocelového obilního sila...) — viz křivka 4. Velikost měřených dynamických stěnových tlaků byla dána maximální hodnotou pulsu stěnové napjatosti $\sigma_{H^{lok}}$ (obr. 2). Experimentálně zjištěné tlaky na obr. 6 jsou průměrné hodnoty tří až pěti jednotlivých měření.

Lze konstatovat, že projekční výpočet zatížení stěny sila podle DIN 1055 (křivka 1) vykazuje velmi dobrou shodu s experimentálními výsledky v horní třetině výšky sila. Ve zbylých dvou třetinách výšky jsou měřené tlaky vyšší než vypočtené. Průměrná odchylka experimentálně měřených hodnot stěnových tlaků od tlaků vypočtených podle DIN 1055 činí v této partii sila přibližně 40 %. Zdroj takové disproporce spočívá zřejmě v předpokladu o velikosti úhlu tření Φ_w skladované hmoty na stěně sila. Výpočet podle DIN 1055 považuje totiž tření Φ_w za konstantu, závislou pouze na úhlu vnitřního tření Φ_i sypkého materiálu ($\Phi_w = 0,60 \Phi_i$). Tento předpoklad nebude zřejmě u ocelových sil splněn, jak tomu nasvědčují také měření (obr. 5 a tab. V). Konkrétně v našem případě výpočtu podle DIN 1055 je stěnové tření $\Phi_w = 0,60 \cdot 30^\circ = 18^\circ$, $f_w = \tan \Phi_w = 0,325$, zatímco experimentální výsledky na obr. 5 ukazují střední hodnotu součinitele stěnového tření $f_w = 0,232$. Tento 40% rozdíl v odhadu hodnoty součinitele tření f_w na stěně sila způsobuje pak disproporce mezi tlakem vypočteným podle projekční normy a tlakem experimentálně zjištěným v modelovém silu.

Křivky 2 a 3 průběhu dynamických tlaků podle sovětských projekčních výpočtů (SN 302-65, 1965; Lepnickij, Abramovič, 1960) naproti tomu v dolních dvou třetinách výšky sila počítají se značnou rezervou v zatížení stěny (obr. 6). V našem měření se tento fakt projevuje tím, že zatímco výpočet tlaku podle DIN 1055 (1964) poskytuje v dolních dvou třetinách výšky sila hodnoty tlaků až o 40 % nižší než byly v modelu sila měřeny, jsou výpočty podle SN 302-65 (1965) a podle Lepnického a Abramoviče (1960) v hodnotách stěnového tlaku až o 70 % vyšší než experimentálně měřené tlaky v modelu sila. Z obr. 6 je rovněž zřejmý vzájemný rozdíl mezi výpočtem tlaku podle DIN 1055 a SN 302-65, který v hodnotě maximálního tlaku u dna modelu sila činí téměř 250 %. V těchto značných výpočtových rozdílech se projevuje různost předpokladů o vlastnostech a chování sypkých materiálů v silech.



7. Průběh dynamického součinitele zvýšení tlaku $k_{d,\sigma}$ na hloubce y modelu sila

Z užitých projekčních výpočtů zatížení stěny modelu sila jeví se jako nejbližší průběhu měřených dynamických tlaků statický výpočet projektu ocelového obilního sila vzoru Libáň podle konstrukce TMS Pardubice (obr. 6, křivka 4). V tomto případě je experimentálně zjištěný tlak na stěnu modelu sila jen o 15 % vyšší než tlak vypočtený. Byl učiněn pokus vysvětlit tlakovou anomálii v oblasti u dna modelu sila, kde je stěnový tlak poněkud vyšší než se očekávalo. Výpočty dynamických stěnových tlaků obvykle v oblasti dna sila předpokládají téměř konstantní průběh tlaků, dosahujících zde maximálních hodnot; někdy se v této partii počítá i s poklesem tlaků, jako např. ve výpočtu podle DIN 1055. Naše měření však zaznamenávají v oblasti dna zvýšení dynamických stěnových tlaků. Tlakové maximum v okolí dna modelu sila je možno vysvětlit vznikem výpustního trychtýře (kužele), vytvářeného nepohybujícím se obilím na plochem dně modelu sila. Protékající obilí je totiž při průchodu trychtýřem zužujícím se do výpustního otvoru nuceno redukovat průtočný průřez, takže kinetická energie pohybující se skladované hmoty se v místě zúžení toku promítá ve zvýšených stěnových tlacích. Poloha

místa, ve kterém bylo zvýšení tlaku zjištěno, skutečně odpovídá místu, ve kterém nepohyblivý materiál na dně vytvářel při vyprazdňování modelu síla tzv. mrtvý prostor.

Celkový přehled o chování obilí v modelu síla při vyprazdňování z hlediska zatížení stěny podává obr. 7, kde závislost dynamického součinitele zvýšení tlaků $k_{d,\sigma} = \sigma_H^{tok}/\sigma_H$ na hloubce modelu síla y představuje přírůstek tlaku obilí na stěně síla při vyprazdňování vzhledem k tlaku statickému (síla naplněno, obilí bez pohybu). Nejvyšší přírůstek tlaku při vyprazdňování je v nejnižší sekci modelu síla, tj. v blízkosti jeho dna.

ZÁVĚR

V práci jsou popsána měření stěnových tlaků obilí v modelu síla a výsledky měření jsou porovnány s výsledky výpočtů. Výsledky měření statických tlaků jsou s vypočtenými hodnotami ve velmi dobré shodě. Dynamické stěnové tlaky naměřené při vyprazdňování obilí ze síla jsou porovnávány s vybranými projekčními výpočty tlaků; v některých případech jsou zjištěny významné výpočtové rozdíly. Z výpočtových metod je našemu měření nejbližší projekční výpočet stěnových tlaků pro návrh velkokapacitního ocelového obilního síla projekce TMS Pardubice. Při měření dynamických stěnových tlaků byly zjištěny pulzace napjatosti sypaného materiálu (obilí) u stěny, které bude třeba z hlediska jejich vývoje, frekvence a amplitudy dále studovat. Měřením součinitele tření obilí na stěně modelu ocelového síla byla stanovena odlišná hodnota součinitele stěnového tření od údaje doporučeného projekčním výpočtem podle DIN 1055. Bylo také zjištěno, že součinitel tření na stěně není konstantní, jak výpočtové normativy předpokládají, ale mění se s hloubkou materiálu v síle. Průběh dynamického součinitele zvýšení tlaku ukázal, že k nejvyššímu přírůstku dynamického tlaku při vyprazdňování modelu síla vzhledem k tlaku statickému dochází v dolních partiích výšky síla.

Předběžné výsledky měření tlaků ukazují, že zatížení stěny síla bude zřejmě ovlivněno rychlostí plnění a vyprazdňování skladovaného materiálu. Tato měření spolu s ověřením výsledků modelového výzkumu na skutečném ocelovém síle jistě přispějí k racionálnímu projektování velkokapacitních ocelových sil.

Seznam symbolů

C	konstanta síla (viz rov. (5))
D	vnitřní průměr síla
F	volný průřez válcové buňky síla
H	celková výška síla
R_H	hydraulický poloměr volného průřezu buňky síla $R_H = F/U$
U	obvod kruhové buňky síla
a_0	násobný faktor (tab. IV)
d	průměr výpustného otvoru
f_w	součinitel tření obilí na stěně modelu síla
	$f_w = \tan \Phi_w = \tau_w/\sigma_H$
g	gravitační konstanta
h	výška násypného kužele (viz rov. (5))
k	poměr vertikálních a horizontálních tlaků, resp. hlavních napětí (viz rov. (2))
$k_{d,\sigma}$	dynamický součinitel zvýšení tlaku $k_{d,\sigma} = \sigma_H^{tok}/\sigma_H$
n	součinitel zatížení (tab. III)
y	hloubka materiálu v síle
ϱ	sypaná hmotnost skladovaného materiálu
σ_H	horizontální stěnová napjatost (tlak na stěnu)
σ_H^{tok}	dynamický tlak na stěnu při vyprazdňování síla
τ_w	smykové napětí materiálu na stěně
Φ_i	úhel vnitřního tření skladovaného materiálu
Φ_w	úhel tření mezi stěnou a skladovaným materiálem
$max.$	maximální hodnota
$min.$	minimální hodnota

Literatura

- CSN 73 0035. Zatížení konstrukcí pozemních staveb (2. díl).
DIN 1055. Deutscher Normen-Ausschuss, Lastannahmen für Bauten: Lasten in Silozellen, Blatt 6, Berlin 1964.
JÁKY, J.: Novel Theory of Earth Pressure, Proc. 2nd Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engng. I, Rotterdam 1948, s. 101.
LEPNICKIJ, M. E. — ABRAMOVIČ, Ž. R.: Projektování železobetonových bunkrov i silosov, Gos. izd. lit. po konstr. arch. i stroit. materialach. Gosstrojizdat, Leningrad, Moskva 1960, s. 163.
Projekční výpočet ocelového obilního sila vzoru Libáň, skladovací kapacita 21 000 t. TMS Pardubice, s. 10.
ŠMÍD, J.: K problémům výpočtu stěnových tlaků v silech. Mlýnsko-pekárenský průmysl, 19, 1973, č. 8, s. 334-341.
ŠMÍD, J. — NOVOSAD, J.: Studies on Granular Materials VI. Collection Czechoslov. Chem. Commun., 37, 1972, č. 11, s. 3568-3578.
SN 302-65. Ukazání po projektování silosov dle sypuších materiálů. Strojizdat, Moskva 1965.

Došlo dne 1. 7. 1975

ШИМИД Й., ДРАЧИНСКИ П., ОПОЧЕНСКИ Й. (Институт теоретических основ химической техники, ЧСАН, Чехословакия). Расчеты и измерения давления зерна на стены модели стального зернохранилища. Zem. technika 21 (11) : 651-663, 1975.

Проводились измерения давления зерна на стены в модели зернохранилища. Применяемый прибор позволяет одновременно измерять обе составляющие части напряженности стен, т. е. давление зерна на стену и компонент сдвига напряженности. Измерялись статическое давление зерна на стены после наполнения модели зернохранилища, динамическое давление при постоянном притоке и разгрузке хранилища. Был определен коэффициент трения зерна о стены зернохранилища. Результаты измерения сравниваются с проектными расчетами для давления сыпучих материалов на стены хранилищ. При измерении давления на стены в ходе установившегося потока зерна в хранилище и при разгрузке была установлена пульсация напряженности стен. Самое большое давление зерна на стену модели было достигнуто вблизи ее дна.

хранение зерна; зернохранилища; давление на стены; коэффициент трения о стены; проектные расчеты давления; загрузка и разгрузка хранилища

ŠMÍD J., DRAČÍNSKÝ P., OPOČENSKÝ J. (Institute of Chemical Process Fundamentals, Czechoslovak Academy of Sciences, Czechoslovakia). Calculations and Measurements of Wall Pressures of Grain in a Steel Silo Model. Zem. technika 21 (11) : 651-663, 1975.

Wall pressures of grain were measured in a model of a silo. The apparatus allows for the simultaneous measurement of both components of the wall stress of grain, i. e. pressure against the wall and the shearing component of stress. Static wall pressures of grain after the filling of the model, dynamic pressures in a uniform flow and during silo emptying are measured. The coefficient of grain friction against silo walls is determined. The results of measurements are compared with project calculations for the wall pressures of loose materials in silos. Pulsations of wall stress were revealed by the measurement of pressures against walls in a uniform grain flow in the silo and during emptying. The grain pressure against silo walls reached the highest values near the bottom.

grain storage; silos; wall pressure; coefficient of friction against the wall; project calculations of pressures; silo filling and emptying

ŠMÍD J., DRAČÍNSKÝ P., OPOČENSKÝ J. (Institut für theoretische Grundlagen der chemischen Technik, Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften, Tschechoslowakei). Berechnungen und Messungen der Getreidewanddrücke in Stahlsilomodellen. Zem. technika 21 (11) : 651-663, 1975.

Es wurden Messungen der Getreidewanddrücke in einem Silomodell durchgeführt. Das eingesetzte Gerät gestattet, beide Komponenten des wandnahen Spannungs-

zustandes in Getreide, d. h. den Wanddruck, sowie die Schubkomponente des Spannungszustandes gleichzeitig zu messen. Es werden statische Wanddruckwerte in Getreide nach erfolgter Silomodellauffüllung, dynamische Druckwerte bei stabilisiertem Fluß und während der Siloentleerung gemessen. Es wird auch der Reibungsbeiwert von Getreide an der Silowand bestimmt. Die Meßergebnisse werden mit Projektionsberechnungen der Wanddrücke von Schüttgütern in Silos verglichen. Bei der Messung der Wanddrücke während des stabilisierten Getreideflusses im Silo und bei der Entleerung wurden Pulsierungen des Wandspannungszustandes beobachtet. Die höchsten Getreidedrücke an der Wand des Silomodells stellen sich in der Nähe seines Bodens ein.

Getreidelagerung; Silos; Wanddruck; Beiwert der Reibung an der Wand; Projektionsberechnungen der Drücke; Beschickung und Entleerung des Silos

Adresy autorů:

Ing. Jiří Šmíd, CSc., Ústav teoretických základů chemické techniky ČSAV, 165 02 Praha 6 - Suchbátův Břez

Ing. Petr Dračinský, ing. Jiří Opočenský, Továrny mlýnských strojů, trust podniků CHEPOS, pošt. příhr. 16, 532 34 Pardubice 2

Výběr z přírůstků
Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTI
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.

DOHNE, E. C 22.720/16 angl.
Methods and equipment for minimum tillage. Report transmitted by the Government of the Federal Republic of Germany. Geneva, Economic commission for Europe 1974. 13 s. 3 obr. (Evropská hospodářská komise — odbor zemědělský — skupina mechanizační — zasedání 20. (1974) — zprávy / Půda — obdělávání minimální — mechanizace — zprávy — EHK)

SAAKJAN, D. N. D 63.566
Kontrol kačestva mechanizirovannyh rabot v polevodstve. Moskva, Kolos 1973. 271 s. 81 obr. 45 tab. (Mechanizace zemědělství — rostlinná výroba — příručky)

D 31.783/392
Maschinen für die Landschaftspflege. Bad Godesberg, Land- und Hauswirtschaftl. Auswertungs- und Informationsdienst 1975. 15 s. 12 obr. (Zemní práce — mechanizace)

MIJNLIEFF, A. W. D 28.142/1973/10
Analise en kostenminimalisering van grondverzat. Analysis and cost minimalization of movement of earth. Wageningen, Landbouwhogeschool 1973. 77 s. 17 obr. 23 tab. Mededeling van de landbouwhogeschool 10. (Meliorační stroje — zeminy — přemísťování — náklady — výzkum — Holandsko)

D 63.508
Mechanizacija lugomeliorativnyh rabot. Moskva, Kolos 1974. 287 s. obr. tab. (Meliorační stroje — louky a pastviny — příručky)

D 63.795
Mašiny dlja stroitelstva i soderžanija osušitel'nyh dren. Moskva, Mašinostrojenije 1973. 223 s. obr. (Drenážní stroje — použití — příručky)

D 36.732/183
Merkonderzoek pneumatische precisiezaaimachines (voor bieten, bonen e. d.). Series test of pneumatic spacing seed drills. Wageningen, Inst. voor Landbouwtechniek en Rationalisatie 1974. 32 s. tab. Publikatie 183. (Secí stroje — pneumatické — přesné — zkoušení — Holandsko — zprávy)

VENTURI, G. — BARALDI, G. — AMADUCCI, M. T. C 22.975 26
Controlli sulla regolarità di distribuzione di un apparato pneumatico con diversi tipi di seme di bietola. Bologna, Gruppo giornalistico dell'edagricole 1973. S. 118-128, 10 obr. 3 tab. Estr. da Rivista di ingegneria agraria 4. anno, n. 3, 1973. (Secí stroje — pneumatické — přesné — řepa — semeno — výsev — přesnost — výzkum — Itálie)

DIELEKTRICKÉ VLASTNOSTI PŠENICE, MOUKY A ŠROTU PRO KONTINUÁLNÍ MĚŘENÍ VLHKOSTI MIKROVLNNOU METODOU

J. Mládek, M. Miláček

Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Praha

MILÁDEK J., MILÁČEK M.: *Dielektrické vlastnosti pšenice, mouky a šrotu pro kontinuální měření vlhkosti mikrovlnnou metodou*. Zem. technika 21 (11) : 664-676, 1975.

V článku jsou uvedeny dielektrické vlastnosti pšenice, mouk a šrotů na frekvencích 9,3 a 9,4 GHz. Jsou sledovány závislosti komplexní permitivity a útlumu elektromagnetické energie na vlhkosti a teplotě měřených materiálů, uvádějí se výsledky kontinuálního měření vlhkosti mouk T 450 a T 650. Jsou popsány metody měření, zkušební zařízení a proveden rozbor chyb měření. Ukazuje se, že při kontinuálním měření vlhkosti navrženou mikrovlnnou metodou je přesnost lepší než $\pm 0,5$ % vlhkosti.

dielektrické vlastnosti; mikrovlnná metoda; vlhkost; kontinuální měření vlhkosti; pšenice; mouka

Při automatizaci průmyslové výroby nabývá stále větší důležitosti měření materiálové vlhkosti. Automatizace výroby a její racionalizace předpokládá často zcela rovnoměrnou kvalitu výstupního produktu i meziproduktů. Materiálové vlastnosti přitom silně závisí na množství obsažené vody, která zejména u potravinářských materiálů výrazně ovlivňuje jejich kvalitu. Dodržení předepsané materiálové vlhkosti nebo nejtěsnější přiblížení k hranici povolené normou může přinést i značné obchodní úspory a při odstranění přesoušení také energetické úspory. Bohužel je nutno konstatovat, že dosud nebyla nalezena naprosto univerzální metoda měření vlhkosti, která by uspokojivě řešila všechny problémy související s měřením vlhkosti materiálů.

Měření dielektrických vlastností materiálů je jednou z možností dílčího řešení tohoto problému. Znalost dielektrických vlastností materiálů je důležitá pro odhad jejich chování v elektromagnetickém poli a rovněž pro získání potřebných informací o způsobu, jakým je elektromagnetické pole materiálem ovlivněno. V prvním případě se například jedná o průběh sušení obilí (Nelson, 1965) a ničení škůdců pomocí elektromagnetické energie (Hamid aj., 1968). V druhém případě, kterým se budeme v článku zabývat, jsou sledovány změny elektromagnetického pole a je z nich usuzováno na vlastnosti látky, v tomto případě na obsah vody. V současné době jsou k dispozici některé údaje o dielektrických vlastnostech obilí a mouky na nižších frekvencích (Nelson, 1965; Stetson, Nelson, 1972), ale pouze dílčí údaje pro mikrovlnné pásmo (Chugh aj., 1973; Nelson, 1973). Přitom i tyto dílčí údaje a poznatky z měření vlhkosti jiných materiálů (Mládek, Komárek, 1974; Mládek, 1973; Taylor, 1965) prokázaly výhody mikrovlnných metod využitím oblasti především relaxačních ztrát, a tím i malé citlivosti na obsah solí a elektrolytů, dále vysoké univerzálnosti, možností kontinuálního a bezkontaktního měření.

METODY

DIELEKTRICKÉ VLASTNOSTI PŠENICE, ŠROTU A MOUKY

Dielektrické vlastnosti těchto materiálů závisí především na jejich vlhkosti, teplotě a objemové hmotnosti (Chugh aj., 1973). Při měření byla sledována závislost komplexní permitivity a útlumu na těchto parametrech, a to především s ohledem na pozdější využití pro kontinuální měření vlhkosti.

Metody měření dielektrických vlastností

Určujícími faktory pro výběr dielektrických metod jsou rozsahy měřených hodnot, měřicí frekvence, požadovaná přesnost, a složitost měřících aparatur. Pro měření jsme použili můstkovou metodu měření útlumu a fázového posuvu elektromagnetické vlny procházející vzorky materiálu, které jsou umístěny ve volném prostoru (Mládek, Komárek, 1972, Tysl, 1972). Rozsah měření reálné části komplexní permitivity ϵ_r' je 1 až 8, imaginární části ϵ_r'' je $5 \cdot 10^{-2}$ až 3. Přesnost určení ϵ_r' je cca 5%, ϵ_r'' cca 15%. Dále byla použita metoda měření vstupní vztažné impedance vlnovodu zaplněného vzorkem a zakončeného naprázdno a nakrátko (Brandt, 1963). Přesnost měření je lepší než 3 % pro ϵ_r' a 10 % pro ϵ_r'' v rozsahu ϵ_r' (1; 10), ϵ_r'' ($1 \cdot 10^{-4}$; 5). Útlum jsme měřili aparaturou MV-1. Rozsah měření útlumu byl 0 až 45 dB, přesnost 0,5 až 1 %. Použité frekvence jsou 9,3 a 9,4 GHz.

Při měření ve volném prostoru byly vzorky, umístěné v uzavřených nádobkách z umaplexu, temperovány v termostatu. Při měření ve vlnovodu byl temperován celý vlnovod. Vzorek byl ve vlnovodu těsně uzavřen anténními okénky, aby se během temperování neměnila vlhkost. Možný rozsah změn teploty byl 5 až 60 °C, přesnost temperování $\pm 0,5$ °C.

Měřené materiály

Pro měření byly vybrány vzorky pšenice (ozn. pšenice), 1. šrot, šarže 1 (1S/1); 2. šrot, šarže 3 (2S/3); 3. šrot, šarže 1 (3S/1); mouka T 450 (T 450); mouka T 650 (T 650); sedmé vymílání, šarže 1 (7V/1); osmé vymílání, šarže 1 (8V/1). Vzorky byly odebrány současně na několika místech v provozu mlýna Holšovice. S ohledem na různý charakter jednotlivých vzorků nebylo možné dodržet stejnou objemovou hmotnost. Objemová hmotnost jednotlivých vzorků byla proto upravována pro měření takto:

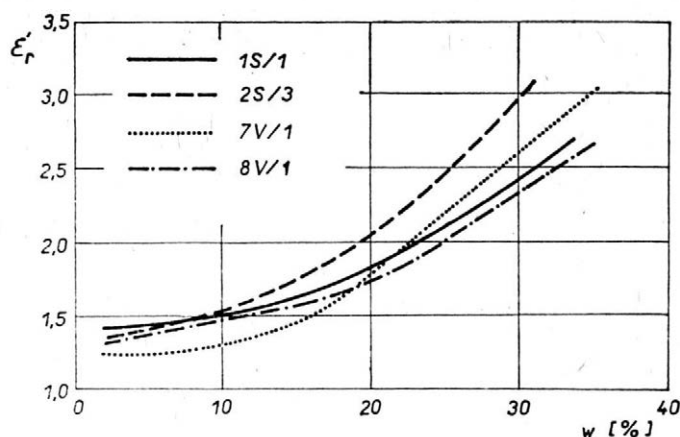
pšenice	$\rho = 800 \text{ kg m}^{-3}$
1S/1, 2S/3, 7V/1, 8V/1	$\rho = 383 \text{ kg m}^{-3}$
T 450, T 650	$\rho = 730 \text{ kg m}^{-3}$
3S/1	$\rho = 176 \text{ kg m}^{-3}$

Vlhkost vzorků byla kontrolována standardní sušící metodou (10 g, 130 °C, 1 hod).

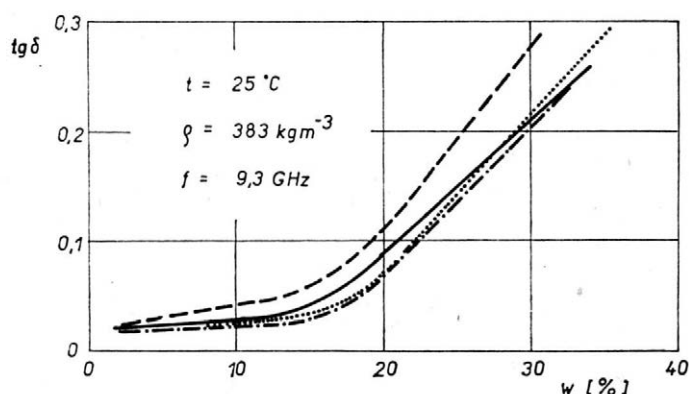
Experimentální výsledky

Vliv vlhkosti

Závislost obou složek komplexní permitivity na vlhkosti při konstantní teplotě jsou uvedeny v obr. 1, 2. Imaginární složka komplexní permitivity je vyjádřena tangentou ztrátového úhlu definovanou $\text{tg } \delta = \epsilon_r''/\epsilon_r'$. Změřené závislosti komplexní permitivity na vlhkosti mají pro všechny vzorky o stejné objemové hmotnosti podobný průběh. V oblasti okolo 15 % vlhkosti dochází k výraznému zvýšení strmosti experimentálně zjištěných průběhů. Tento zlom je zvláště výrazný u ϵ_r'' , respektive $\text{tg } \delta$. Dochází



1. Komplexní permitivita vzorků 1S/1, 2S/3, 7V/1, 8V/1 v závislosti na vlhkosti



v rychlému růstu ztrát v dielektriku, zřejmě v důsledku zvýšeného podílu volněji vázané vody. Naměřené hodnoty permitivity pšenice zhruba souhlasí s údaji Nelsona (1973) a jsou cca o 20 % nižší než udává Chugh aj., 1973.

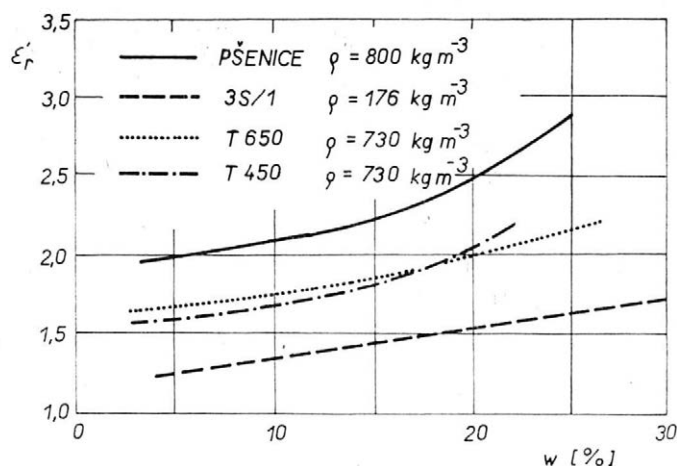
Měření potvrdila dobrou korelaci mezi dielektrickými vlastnostmi a obsaženou vodou. Posuzujeme-li výsledky z hlediska kontinuálního měření vlhkosti, lze vzhledem k výrazné závislosti na vlhkosti použít metodu měření útlumu. Komplikovanost plnění vzorků do vlnovodu, popřípadě do rezonátoru však vylučuje užití vlnovodových a rezonančních metod. Měření je realizovatelné pouze vlnou TEM ve volném prostoru nebo ve vhodném interakčním prostoru, který je součástí odběrného potrubí. Potřebná tloušťka vrstvy materiálu je asi 100 mm při útlumu 20 dB, vlhkosti okolo 15 % a frekvenci 9,4 GHz.

Vliv teploty

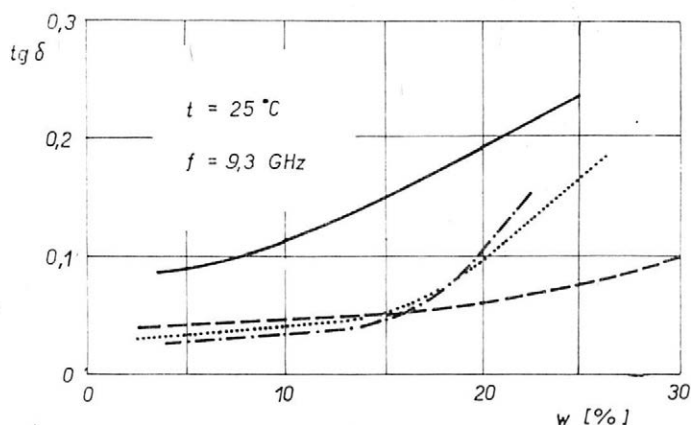
Při posuzování relaxačních procesů ve vlhké látce je jednou z rozhodujících veličin teplota. S její změnou dochází ve vztahu s aktivací energií ΔH

$$v_m = A \cdot e^{-\frac{\Delta H}{RT}} \quad (1)$$

ke změně frekvence v_m maxima ϵ_r'' ; mohou se tedy měnit i ztráty v dielektriku. Rozhodující vliv má i měřicí frekvence. Teplotní koeficient útlumu může být negativní nebo



2. Komplexní permitivita vzorků pšenice, 3S/1, T 450, T 650 v závislosti na vlhkosti

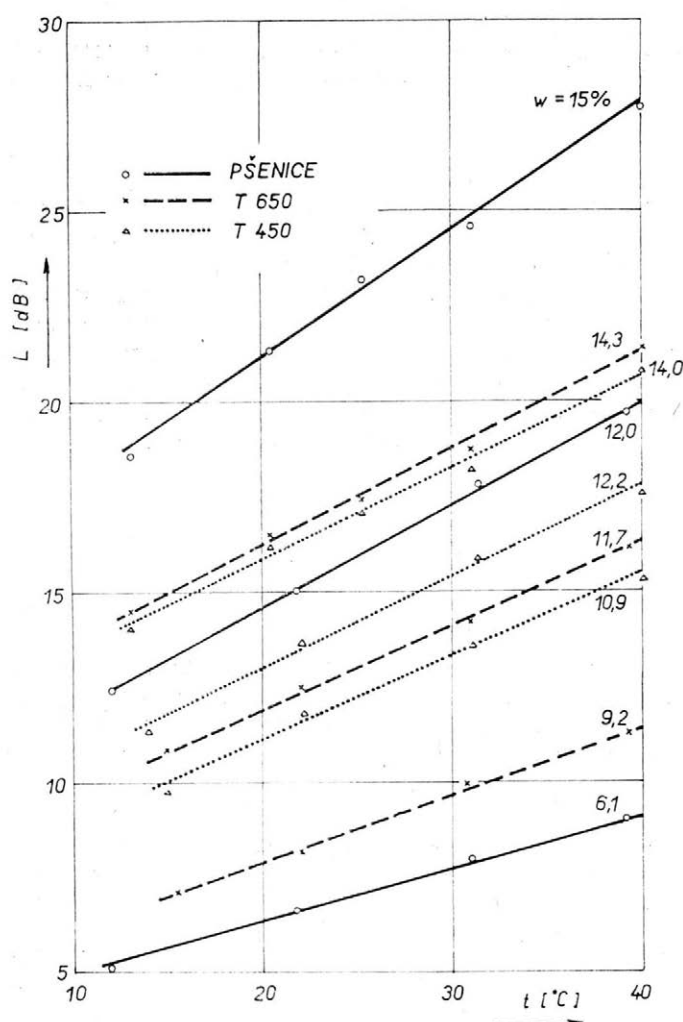


pozitivní, podle toho, na které straně maxima ε_r'' leží použitá frekvence. Získané průběhy útlumu elektromagnetické vlny ve vzorcích pšenice a mouky (obr. 3) se v daném rozsahu teplot blíží lineárnímu průběhu. Strmost přímek proložených empirickými body se pohybuje v rozsahu 0,17 až 0,34 dB °C⁻¹ a je závislá na vlhkosti vzorku. Lépe je vliv teploty vystižen teplotním koeficientem útlumu, který je vztažen na útlum při teplotě 20 °C a je definován vztahem

$$\alpha = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (2)$$

kde: ΔL — změna útlumu při změně teploty materiálu Δt
 L_0 — útlum při teplotě $t_0 = 20$ °C

Hodnoty teplotního koeficientu útlumu pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v tab. I. Teplotní koeficient útlumu má téměř shodný průběh pro všechny tři materiály, jeho hodnoty klesají se vzrůstající vlhkostí. Tento jev jsme pozorovali i při měření vlhkosti škrobu (Mládek, Komárek, 1974) a souvisí zřejmě se změnami frekvenčních



3. Závislost útlumu elektromagnetické energie ve vzorcích pšenice a mouk T 450, T 650 na teplotě a vlhkosti

I. Teplotní koeficient útlumu pšenice a mouky T 450, T 650

Vzorek	Vlhkost (%)	Objemová hmotnost (kg m^{-3})	L_0 při $t = 20^\circ\text{C}$ (dB)	α ($^\circ\text{C}^{-1}$)
Pšenice	6,1	800	6,4	0,0211
	12,0	800	9,1	0,0185
	15,0	800	21,2	0,0158
T 450	10,9	730	11,1	0,0198
	12,2	730	13,0	0,0185
	14,0	730	15,9	0,0151
T 650	9,2	730	7,9	0,0221
	11,7	730	11,9	0,0184
	14,3	730	16,2	0,0157

průběhu ε_r'' v důsledku změny vlhkosti materiálu (Guilbot aj., 1960). Teplotní koeficient může být použit pro zavedení teplotní korekce při měření, která je vzhledem k silné závislosti útlumu na teplotě nezbytná.

Vliv objemové hmotnosti

Při konstantní teplotě odpovídá útlum množství vody v prozařovaném prostoru. Se změnou objemové hmotnosti se proto mění také útlum. Pro popis vlivu změn objemové hmotnosti lze zavést — podobně jako pro teplotu — hmotnostní koeficient útlumu. Při dostatečně vysoké hodnotě útlumu, kdy lze zanedbat vliv odrazů elektromagnetické vlny uvnitř vzorku, odpovídá hodnota hmotnostního koeficientu předpokladu, že dvojnásobné zvětšení objemové hmotnosti je ekvivalentní dvojnásobnému zvětšení tloušťky vzorku. Změny objemové hmotnosti materiálu však závisí především na jeho vlhkosti, lze je často zahrnout do cejchování vlhkoměru (Kosbahn, 1970). Pokud není tento předpoklad splněn, je nutno zavést korekci měření na změny objemové hmotnosti.

VÝSLEDKY

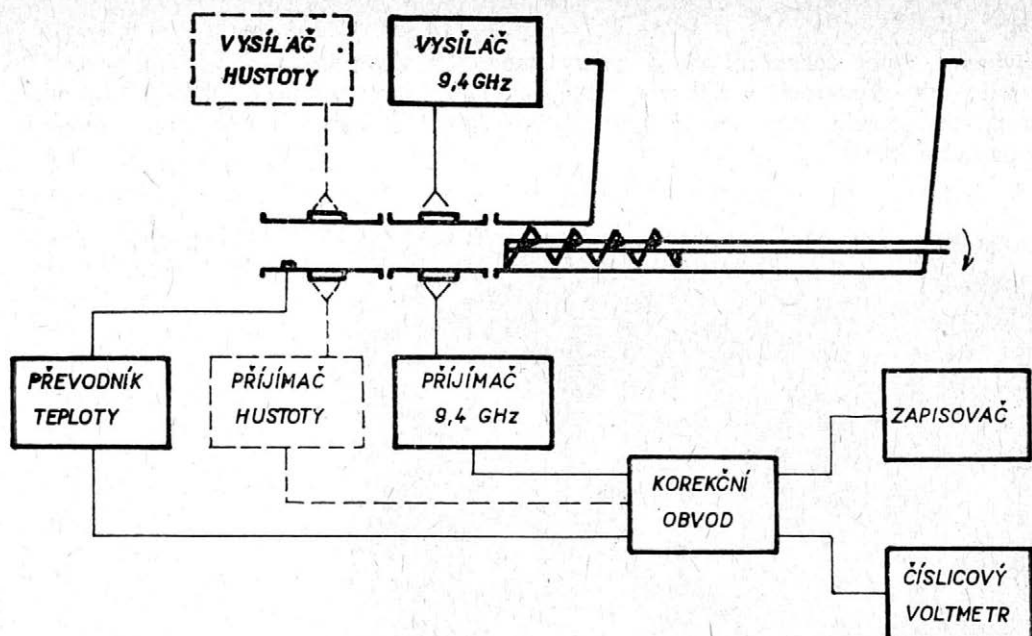
APLIKACE DIELEKTRICKÉ METODY PRO KONTINUÁLNÍ MĚŘENÍ VLHKOSTI

Vedle vlivu teploty a objemové hmotnosti se při měření vlhkosti vysokofrekvenční dielektrickou metodou uplatňují další rušivé jevy. Jedná se o rozptyl energie okolo vzorku, imedanční nepřizpůsobení vzorku, rozptyl na částicích měřeného materiálu, hladkost jeho povrchu. Vhodnou volbou podmínek měření lze jejich vliv vyloučit nebo silně potlačit. Pro měření vlhkosti obilí a mouky se z těchto hledisek jeví jako nejvhodnější měření rovinnou vlnou TEM. Při tloušťce vrstvy materiálu 100 mm, tj. při útlumu okolo 20 dB, se již neprojevuje interference elektromagnetické vlny uvnitř měřeného materiálu. Vliv rozptylu elektromagnetické energie lze snížit odstíněním okolí přijímací antény. Teoretické podmínky pro granulaci materiálu a hladkost povrchu jsou pro tyto materiály rovněž splněny, velikost zrn je značně menší než $\lambda/4$.

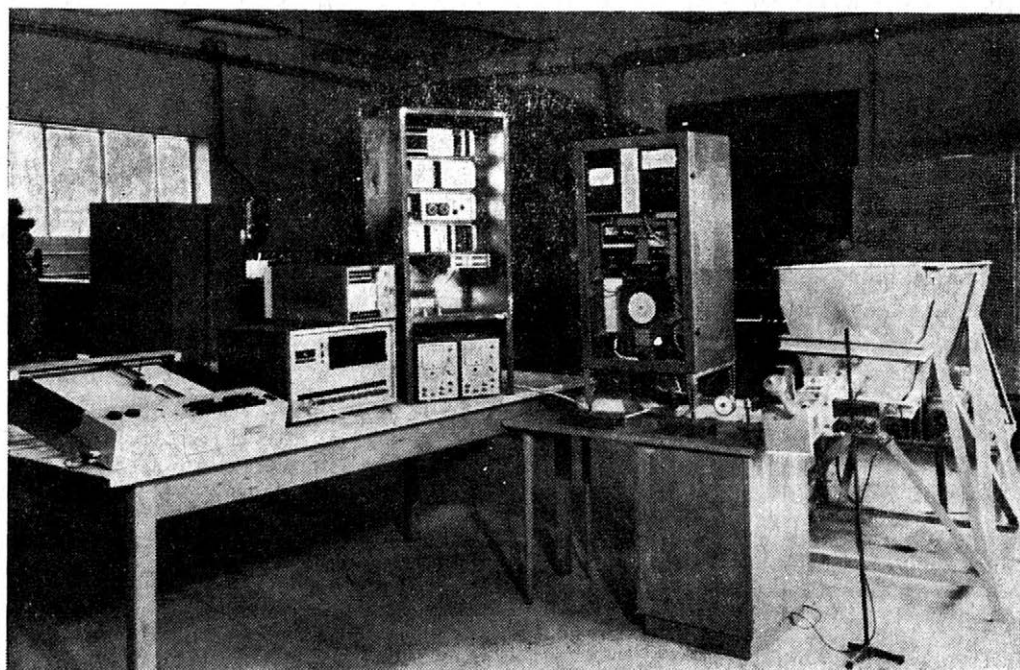
Měřicí obvod

Při návrhu obvodu kontinuálního vlhkoměru byly respektovány jak fyzikální vlastnosti měřeného materiálu, tak i podmínky měření. Vlhkoměr (obr. 4) se skládá z kontinuálního snímače útlumu elektromagnetické energie, snímače teploty, korekčního obvodu a vyhodnocovacích přístrojů. Základní částí zařízení je snímač útlumu, skládající se z vysílače a přijímače (9,4 GHz). Do přijímače je kromě signálu procházejícího vzorkem přiváděn referenční signál úrovně vysílače. Zpětnovazební smyčkou jsou atenuátorem signály vyrovnány na stejnou úroveň. Výstupní signál snímače útlumu je úměrný natočení atenuátoru a je přiváděn do korekčního obvodu (Mládek, 1973), kde je korigován na změny objemové hmotnosti měřeného materiálu, je možno ke korekčnímu obvodu připojit i snímač objemové hmotnosti. Výstupní signál z korekčního obvodu závisí jen na vlhkosti, je zapisován registračním přístrojem a indikován číslicovým voltmetrem. Celkový pohled na zkušební zařízení je na obr. 5.

Kontinuální měření předpokládá trvalý posuv kompaktního sloupce měřeného materiálu. Pro měření je nutno zajistit trvalé připojení antén snímače útlumu a snímače teploty k odběrnému zařízení. Toto zařízení se skládá ze zásobníku materiálu, šnekového dopravníku a potrubí, ve kterém je formován a měřen materiál. Kruhové potrubí přechází v obdélníkový průřez a je opatřeno okénky z umaplexu pro připojení antén snímače útlumu, popřípadě snímače objemové hmotnosti, dále otvorem pro připojení



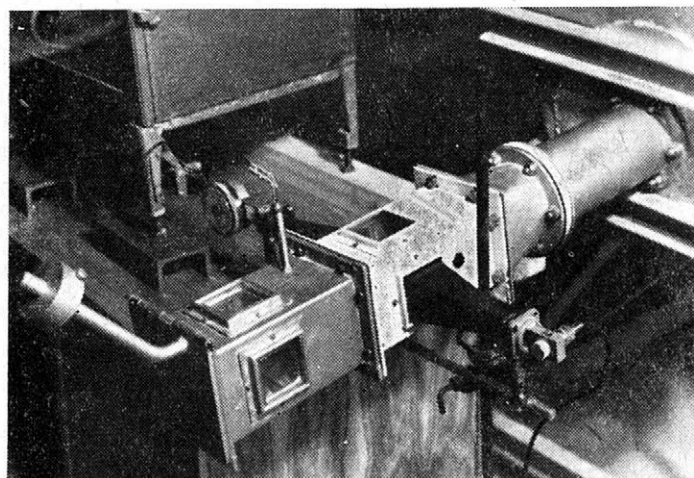
4. Schéma zkušebního zařízení pro kontinuální měření vlhkosti



5. Celkový pohled na zkušební zařízení

termistorového čidla snímače teploty. Šnekový dopravník je trvale naplněn a dopravuje materiál do potrubí, které může být opatřeno pasivním odporem (klapkou, clonou,

ohybem). Volba zakončení závisí na mechanických vlastnostech měřeného materiálu a musí být odzkoušena s celkovou funkcí obvodu kontinuálního vlhkoměru. Detailní provedení potrubí, které je současně interakčním prostorem s připojenými anténami, je patrné z obr. 6.



6. Připojení snímačů k dopravnímu potrubí

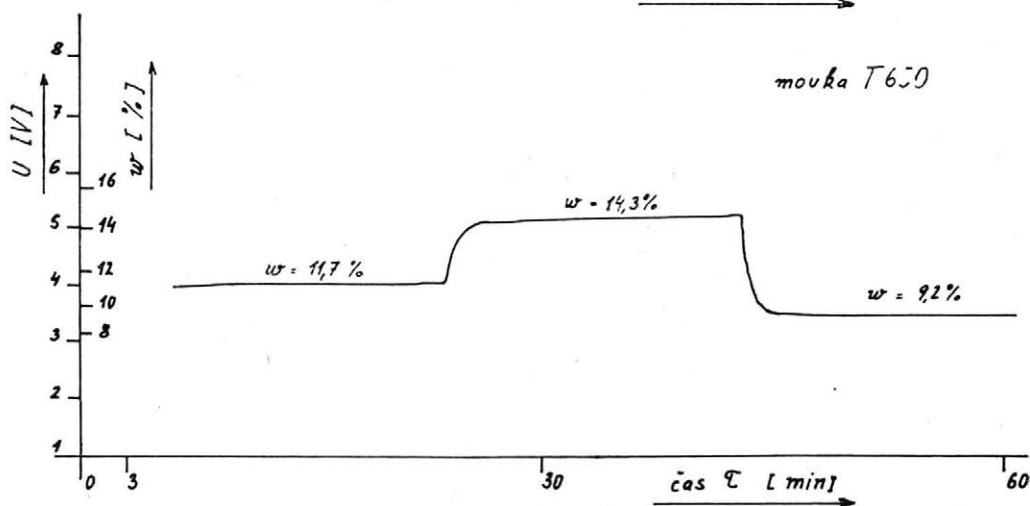
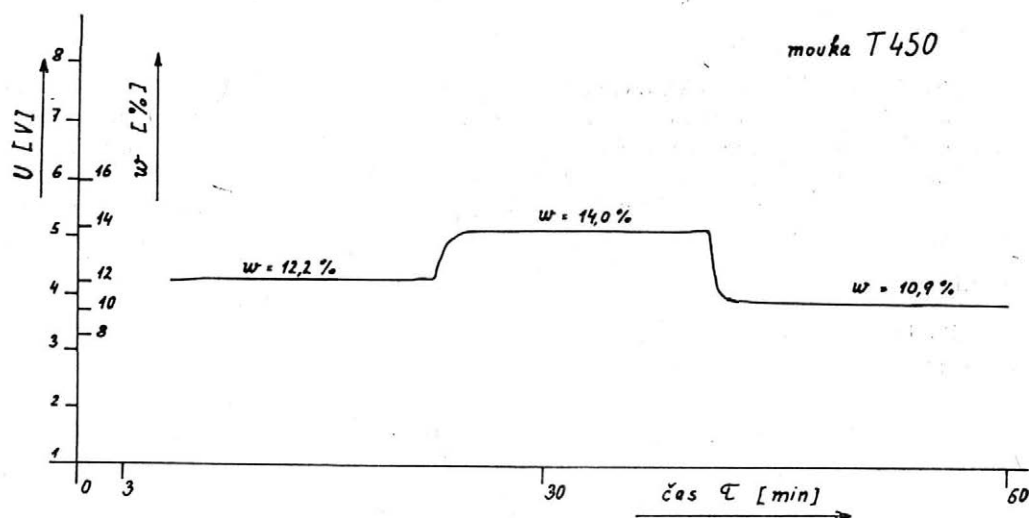
Měření vlhkosti mouk T 450, T 650

Předpokladem úspěšného měření je zformování materiálu tak, aby byl vyloučen vliv změn jeho objemové hmotnosti. Naprosto spolehlivým kritériem pro hodnocení je průběh výstupního signálu vlhkoměrem, který se nesmí při měření materiálu o konstantní vlhkosti a teplotě měnit. Zformování vzorku bylo dosaženo pasivním odporem dopravního potrubí. Mouka T 450 byla měřena clonou v dolní části průřezu potrubí, kterou byl průřez zmenšen z původních 100×100 mm na 80×100 mm. Pro mouku T 650 bylo necháno potrubí otevřené, tj. s průřezem 100×100 mm. Délka potrubí, měřená od osy antén snímače útlumu, byla 280 mm. Tloušťka vrstvy materiálu byla 100 mm, vzdálenost antén 125 mm, ústí antén 50×50 mm. Snímač teploty byl zabudován do stěny potrubí 115 mm od osy antén a zasahoval do potrubí 30 mm. Teplota měřených materiálů se pohybovala v rozsahu 12 až 18 °C. Vliv teploty byl kompenzován korekčním obvodem. Teplotní koeficient útlumu byl podle laboratorních výsledků měření nastaven $\alpha = 0,018$ °C⁻¹.

Zkouškám byly podrobeny vzorky mouky T 450 o vlhkostech 10,9; 12,2; 14 % a vzorky mouky T 650 o vlhkostech 9,2; 11,7; 14,3 %.

II. Výsledky kontinuálního měření vlhkosti mouky

Materiál	Vlhkost (%)	Teplota (°C) $\alpha = 0,018$ °C ⁻¹	Citlivost (dB/1%) vlhkost	Maximální odchylky		
				ΔL (dB)	ΔU (V)	vlhkost (%)
T 450	10,9 – 14	12 – 18	1,76	0,11	0,024	0,06
T 650	9,2 – 14,3	14 – 18	1,05 – 1,76	0,24	0,053	0,22



7. Záznam výstupního signálu vlhkoměru při měření vlhkosti mouky T 450 — 3 vzorky s vlhkostí $w = 10,9 \%$, $12,2 \%$, 14% ; mouky T 650 vzorky $w = 9,2 \%$, $11,7 \%$, $14,3 \%$.

V první fázi zkoušek byl sledován náběh zařízení a dlouhodobá měření jednotlivých vzorků. V další fázi byly do zásobníku postupně vsypány všechny tři vzorky a sledován průběh signálu vlhkoměru. Záznamy měření obou typů mouky jsou uvedeny v obr. 7, nejdůležitější výsledky v tab. II.

Měření vlhkosti pšenice

Při dopravě pšenice šnekovým dopravníkem se poškozovala zrna a prostor mezi zrny se zaplňoval rozdrčeným materiálem. Opakovaným měřením téhož vzorku se podíl rozdrčeného materiálu zvyšoval, čímž narůstala objemová hmotnost i výstupní signál. Pro kontinuální měření vlhkosti obilí je proto nutné volit jiný způsob odběru materiálu, například některý z těch, které uvádí Kosbahn (1970) nebo systém používaný firmou A/S N. Foss Electric.

Rozbor chyb kontinuálního měření

Podle teoretického rozboru přenosu a přesnosti celého obvodu kontinuálního vlhkoměru je celková chyba měření určena vztahem

$$\begin{aligned} \Sigma e_{A5} = & \pm \frac{a K_1 A_3 \alpha}{K_n B^2} \Sigma e_{A1} \pm \frac{a K_1 A_3 \beta}{K_n B^2} \Sigma e_{A2} \pm \frac{1}{K_n B} \Sigma e_{A3} \pm \\ & \pm \frac{a K_1 A_3 A_1}{K_n B^2} \Sigma e_{\alpha} \pm \frac{a K_1 A_3 A_2}{K_n B^2} \Sigma e_{\beta} \pm \frac{a K_1 A_3}{K_n B^2} \Sigma e_{K1} \pm \\ & \pm \frac{1}{K_n B} \Sigma e_{K2} \pm \frac{a}{B} e_n \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{kde: } B = \frac{1}{K_2 K_n} - a K_1 A_1 \alpha - a K_1 A_2 \beta \quad (4)$$

- A_1 — změna teploty Δt
- A_2 — změna objemové hmotnosti $\Delta \rho$
- A_3 — měřený útlum L
- A_5 — korigovaný útlum L_0
- Σe — chyby příslušející jednotlivým veličinám
- K_1, K_2, K_n — přenosy jednotlivých členů
- α — teplotní koeficient útlumu
- β — hmotnostní koeficient útlumu
- a — konstanta korekčního obvodu $a = 1,28$

Pro výpočet je nutné určit absolutní chyby, kterými jsou zatíženy vstupní veličiny, experimentálně zjištěné koeficienty a aktivní členy obvodu. Chyby prvků obvodu jsou uvažovány v rozsahu technických podmínek, maximální chyba určení útlumu je $\pm 0,2$ dB, teploty $\pm 0,5$ °C, určení objemové hmotnosti, popřípadě přesnost, s jakou je zahrnuta do cejchování vlhkoměru ± 3 %, přesnost určení teplotního koeficientu ± 10 %. Jednotlivé chyby jsou uvažovány v obou polaritách, ve kterých se v praxi také vyskytují. Po jejich převedení do strojové jednotky v rozsahu 0 až 10 V lze podle vztahu (3) určit celkovou chybu měření (Mládek, 1973). Problematické však zůstává, jakým způsobem jednotlivé chyby sečíst. Podle metody Merze (1972) lze předpokládat normální rozložení jednotlivých chyb a náhodné chyby sečíst podle počtu pravděpodobnosti. Za předpokladu normálního rozložení je pak střední kvadratická chyba měření útlumu menší než 0,5 dB a podle tab. II má 0,3 až 0,5 % vlhkosti. Porovnáme-li maximální odchylky, které se vyskytly při zkouškách, nebyla tato hodnota překročena.

ZÁVĚR

Průběh obou složek komplexní permitivity s vlhkostí je téměř shodný pro všechny měřené materiály. V oblasti nad 15 % vlhkosti dochází k výraznému zvýšení ztrát v dielektriku, tj. k rychlejšímu růstu imaginární složky permitivity.

Teplotní koeficient útlumu elektromagnetické vlny je kladný, použitá frekvence 9,4 GHz leží nad relaxační frekvencí vody obsažené v materiálech. Pro vzorky s vlhkostmi 6 až 19 % jsou hodnoty teplotního koeficientu v rozsahu 0,0221 až 0,0151 °C⁻¹ a mírně klesají se stoupající vlhkostí. Vzhledem k poměrně vysokým hodnotám teplotního koeficientu je nezbytné při měření vlhkosti dielektrickou metodou dělat teplotní korekci.

Funkční vzorek kontinuálního vlhkoměru se skládá ze snímačů útlumu a teploty, korekčního obvodu a vyhodnocovacích přístrojů. Vlhkost měřených materiálů je vyhodnocována podle útlumu elektromagnetické energie procházející materiálem, který je teplotně korigován. Materiál je dodáván do měřicího prostoru šnekovým dopravníkem. Pro mouky se podařilo vyloučit vliv změn objemové hmotnosti materiálu, které byly zahrnuty do cejchování. U pšenice se poškozovala zrna a docházelo k nedefinovatelným změnám objemové hmotnosti. Pro kontinuální měření vlhkosti pšenice je nutné volit jiný typ odběrného zařízení.

Výsledky kontinuálního měření prokázaly dobrou citlivost metody, která je 1,05 až 1,76 dB na 1 % vlhkosti při útlumu okolo 20 dB, i dostatečnou stabilitu. Maximální zjištěné odchylky byly ± 0,22 % vlhkosti. Podle rozboru chyb obvodu kontinuálního vlhkoměru by ani v provozních podmínkách chyb měření vlhkosti neměly překročit ± 0,5 %.

Z hlediska dynamického chování obvodu je nutné počítat s časovou konstantou snímače teploty (10–50 s), necitlivostí snímače útlumu (0,1 dB) a časovým zpožděním způsobeným dopravou materiálu odběrným zařízením. Tyto chyby se mohou projevit při rychlých změnách teploty a vlhkosti materiálu.

Nastavitelnost parametrů obvodu, tj. rozsahů měření útlumu, teploty, koeficientů, a možnost připojení snímače objemové hmotnosti zajišťují vysokou univerzálnost zařízení. I když je nutné ke každé další aplikaci přistupovat individuálně po prověření základních vlastností měřeného materiálu a podmínek měření, je použitá metoda aplikovatelná pro většinu sypkých a tekutých materiálů s vlhkostí vyšší než cca 5 %.

Literatura

- BRANDT, A. A.: Issledovanie dielektrikov na svérchvysokich častotach. Gos. izd. fiz. mat. lit., Moskva 1963.
- CHUGH, R. K. — STUCHLY, S. S. — RZEPECKA, M. A.: Dielectric Properties of Wheat at Microwave Frequencies. Transactions of the ASAE, 1973, č. 5, s. 906-913.
- GUILBOT, A. — CHARBONNIERE, R. — ABADIE, P. — GIRARD, P.: L'eau de sorption de l'amidon: Etude par spectrologie hertzienne. Stärke, 1960, č. 11, s. 327-332.
- HAMID, M. A. K. — KASHYAP, C. S. — CAUWENBERGHE, R. V.: Control of Grain Insects by Microwave Power. J. Microwave Power, 1968, č. 3, s. 126-135.
- KOSBAHN, R.: Probleme der Feuchtemessung von Schüttgütern im Betrieb. Regelungstechnische Praxis, 1970, č. 1, s. 23-25.
- MERZ, L.: Die Fehlerfortpflanzung in der Messkette. ATM, Juni 1972, Lieferung 437, s. T5-T8.
- MLÁDEK, J. — KOMÁREK, K.: Dielektrické vlastnosti materiálů a stanovení jejich vlhkosti. Průmysl potravin, 1972, č. 9, s. 152-154.
- MLÁDEK, J. — KOMÁREK, K.: Die dielektrischen Eigenschaften der Stärke im Mikrowellenbereich als Grundlage für die Feuchtigkeitsbestimmung. Stärke, 1974, č. 5, s. 160-164.
- MLÁDEK, J.: Dielektrické vlastnosti sypkých zemědělských a potravinářských materiálů v pásmu 10 GHz a jejich vlhkost. (Kandidátská disertace.) Praha 1973. — Vysoká škola zemědělská.
- NELSON, S. O.: Dielectric Properties of Grain and Seed in the 1 to 50 Mc Range. Transactions of the ASAE, 1965, č. 1, s. 38-48.
- NELSON, S. O.: Microwave Dielectric Properties of Grain and Seed. Transactions of the ASAE, 1973, č. 5, s. 902-905.
- STETSON, L. E. — NELSON, S. O.: Audio Frequency Dielectric Properties of Grain and Seed. Transactions of the ASAE, 1972, č. 1, s. 180-184, 188.
- TAYLOR, H. B.: Microwave Moisture Measurement. AEI Engng. 1965, č. 1, s. 39-46.

TYSL, V.: Metoda měření komplexní permitivity tuhých, sypkých nebo tekutých dielektrik. (Výzkumná zpráva.) Praha, ČVUT 1972.

Došlo dne 30. 6. 1975

МЛАДЕК Й., МИЛАЧЕК М. (Научно-исследовательский институт пищевой промышленности, Прага, Чехословакия). Диэлектрические свойства пшеницы, муки и шрота при непрерывном измерении влажности по микроволновому методу. *Zem. technika* 21 (11): 665-676, 1975.

В статье приводятся диэлектрические свойства пшеницы, разных видов муки и шрота при частотах 9,3 и 9,4 ГГц. Изучаются зависимости комплексной диэлектрической проницаемости и поглощения электромагнитической энергии от влажности и температуры измеряемых материалов, приводятся результаты непрерывного измерения, опытное приспособление и проводится анализ ошибок измерения. Оказывается, что при непрерывном измерении влажности по предложенному микроволновому методу точность лучше $\pm 0,5\%$ влажности.

диэлектрические свойства; микроволновый метод; влажность; непрерывное измерение влажности; пшеница; мука

MLÁDEK J., MILÁČEK M. (Research Institute of Foodstuff Industry, Praha, Czechoslovakia). *Dielectric Characteristics of Wheat, Flour, and Groats for the Continual Measurement of Moisture by the Micro-Wave Method*. *Zem. technika* 21 (11): 665-676, 1975.

The paper mentions the dielectric characteristics of wheat, flours, and groats at the frequencies of 9.3 and 9.4 GHz. The dependences of complex permeability and electromagnetic energy loss on the moisture content and temperature of the measured materials are studied, the results of continual measurement are presented, the testing equipment is described, and the errors of measurement are analysed. The accuracy of the continual measurement of moisture by the proposed micro-wave method was found to be better than $\pm 0.5\%$ moisture.

dielectric characteristics; micro-wave method; moisture content; continual moisture measurement; wheat; flour

MLÁDEK J., MILÁČEK M. (Forschungsinstitut der Lebensmittelindustrie, Praha, Tschechoslowakei). *Dielektrische Weizen, Mehl- und Schroteigenschaften für die stetige Feuchtigkeitsmessung mittels der Mikrowellenmethode*. *Zem. technika* 21 (11): 665-676, 1975.

Im Aufsatz werden dielektrische Weizen, Mehl- und Schroteigenschaften auf den Frequenzen 9,3 und 9,4 GHz aufgeführt. Es werden Abhängigkeiten der komplexen Dielektrizitätskonstante und Dämpfung der elektromagnetischen Energie an der Feuchtigkeit und Temperatur der zu messenden Massen verfolgt. Die Ergebnisse der stetigen Messung, der Feuchtigkeit von Mehl T 450 und T 650, Meßmethoden, wie auch Prüfeinrichtung werden aufgeführt und die Analyse der Meßfehler vorgenommen. Es zeigt sich, daß bei der stetigen Messung der Feuchtigkeit mittels der vorgeschlagenen Mikrowellenmethode die Genauigkeit besser als $\pm 0,5\%$ Feuchtigkeit ist.

dielektrische Eigenschaften; Mikrowellenmethode; Feuchtigkeit; stetige Messung der Feuchtigkeit; Weizen; Mehl

Adresa autorů:

Ing. Josef Mládek, CSc., ing. M. Miláček, Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Na bělidle 21, 150 38 Praha 5

F. Novotný

Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy

NOVOTNÝ F. *Základní zákonitosti porušování zemědělské techniky.* Zem. technika 21 (11) : 677-690, 1975.

Príspevek se zabývá základními zákonitostmi porušování strojních prvků i celých zemědělských strojů a zkoumá možnosti jejich kvantitativního vyjádření. Vychází z obecné charakteristiky porušování, které je chápáno jako objektivní a nevratný dynamický proces. Uvádí se přehled hlavních mechanismů porušování konstrukčních prvků a zdůrazňuje se nezbytnost respektovat při průzkumech provozní spolehlivosti zemědělských strojů i porušování jejich nekonstrukčních prvků. Dále je věcně logicky rozebrán časový průběh porušování složitého stroje a objasněna podstata metody nepřímého měření porušování strojů hodnotovými ukazateli, konkrétně prostřednictvím nákladů na udržování strojů v normálním stavu. V první části vlastní práce se řeší dosud diskutované otázky vhodné struktury nákladů na udržování strojů a vhodného matematického modelování jejich dynamiky. Druhá část obsahuje stručnou interpretaci výsledků z dlouhodobého průzkumu dynamiky nákladů na udržování 21 traktorů Z 50 S v provozních podmínkách. Zjištěné výsledky ukazují v souladu s věcně logickým rozбором a poznatky ze zahraničí na degresivní charakter růstu jednotkových nákladů na udržování traktorů po dobu jejich používání. Závěrem jsou zkoumány vztahy mezi dynamikou jednotkových a ročních nákladů na udržování traktorů Z 50 S.

konstrukční a nekonstrukční prvky; zemědělské stroje; hlavní mechanismy porušování; udržování (v normálním stavu); náklady na udržování; dynamika nákladů na udržování

V provozní praxi se běžně setkáváme se skutečností, že zemědělské stroje a zařízení, popřípadě jejich části (strojní součásti, podskupiny, skupiny), vyřazované z používání, mají zcela jinou užitnou hodnotu a hodnotu, než měly v době, kdy byly dány do provozu. Příčinu této změny je třeba hledat v procesu porušování (poškození)*) a ekonomického znehodnocování (morálního opotřebení)*) těchto výrobků během doby jejich používání.

S průzkumy jevů porušování zemědělských strojů v běžných provozních podmínkách se u nás ve větším rozsahu začalo před několika lety. Pro omezené možnosti informační základny a v souladu s dosaženou úrovní rozpracování teorie spolehlivosti strojírenských výrobků se dosavadní průzkumy orientovaly převážně na zjišťování poruchovosti jednotlivých typů strojů za časově vymezené úseky doby jejich používání, zpravidla za jednu sezónu. Je zřejmé, že tyto víceméně „průřezové“ orientované průzkumy nemohou obsáhnout proces porušování zemědělských strojů jako základních výrobních prostředků v celém jejich rozsahu a dy-

*) Používaná terminologie není dosud ustálena.

namice. Vzhledem k určité kumulaci poznatků v této vědní oblasti se chceme v předloženém příspěvku pokusit stanovit některé základní zákonitosti porušování zemědělské techniky a zkoumat možnosti jejich kvantitativního vyjádření.

METODIKA

Porušování je objektivní nevratný proces, který zasahuje jak veškerý materiál, z něhož jsou strojírenské výrobky zhotoveny, tak i jejich vnitřní vazby. Působí tedy bez výjimky na všechny zemědělské stroje v celé jejich struktuře, na všechny jejich konstrukční a nekonstrukční prvky. Probíhá nepřetržitě v důsledku neustálého působení vnějších sil a vlivů. Jeho rychlost je do značné míry závislá na velikosti těchto sil a vlivů a na odolnosti materiálu a vazeb proti porušení.

HLAVNÍ MECHANISMY PORUŠOVÁNÍ STROJNÍCH PRVKŮ

Poruchovost strojů se obvykle hodnotí podle četnosti výskytu a druhů poruch. Porucha sama je však pouze konečnou a zjevnou fází procesu porušování, který většinou začne probíhat dříve. Porucha signalizuje, že bylo dosaženo mezního stavu a že stroj nemůže buď dočasně nebo trvale vykonávat funkci, k níž byl určen.

H a n k e (1973) uvádí následující hlavní typy procesů, které vedou a) k poruchám soudržnosti kovů a plastických hmot:

- plastická makrodeformace materiálu,
- křehký lom materiálu,
- tečení materiálu,
- únava materiálu;

b) k poruchám v důsledku povrchového rozrušování materiálu:

- opotřebení ve všech jeho formách (ČSN 01 5050),
- degradace materiálu vlivem pracovního prostředí (tepelná, tepelně oxidační a přirozená atmosférická degradace).

V souladu s kritickými připomínkami S e l i v a n o v a (1964) je třeba ještě upozornit, že stroje a technická zařízení nepředstavují samy o sobě prosté soubory konstrukčních prvků, ale že jde o soubory účelně smontovaných součástí, příslušným způsobem seřazených vazeb, společně fungujících podskupin a skupin, které jsou mazány a opatřeny ochranným nátěrem. Opomenutím uvedené skutečnosti bychom dostali zkreslený obraz o průběhu porušování celých strojů jakožto jednotek užitnosti.

NEJPORUCHOVĚJŠÍ PRVKY ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ

Podle dosavadních poznatků z významnějších provozních průzkumů poruchovosti vybraných typů zemědělských strojů, které byly dosud zveřejněny u nás (F l e i s c h m a n, 1970, 1972, 1973) a v zahraničí (T k a - č e v, 1971), se nejčastěji porouchávají konstrukční prvky (popřípadě podskupiny), které při práci strojů přicházejí bezprostředně do styku se zpracovávaným materiálem nebo funkčně s ním přímo souvisí. Jsou to např. u pluhů čepele, u kultivátorů a pleček radličky, u secích strojů botky,

u žacích strojů žací lišty, u sklízecích řezaček žací nebo sběrací ústrojí a nože řezacího ústrojí, u obilních sklizečů žací lišty, podávací a pojezdové ústrojí, u sběracích lisů sběrací a vázací ústrojí, u sklizečů okopanin vyorávací tělesa, prosévací řetězy, čistící orgány, dopravníky apod. Z nekonstrukčních prvků se nejrychleji znehodnocují náplně motorového oleje a nejrychleji narušují spojení, vystavená neustálým otřesům a rázům. Vzhledem k tomu, že zemědělské stroje pracují obvykle za obtížných a proměnlivých provozních podmínek, uplatňuje se při porušování jejich prvků zpravidla více uvedených činitelů současně.

DYNAMIKA PORUŠOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ A MOŽNOSTI JEJÍHO MĚŘENÍ

Nezbytným předpokladem pro zhodnocení účinnosti jakéhokoliv opatření ke zvyšování provozní spolehlivosti strojů a klíčem k řešení obtížného problému vědecky zdůvodněné amortizace strojů jsou poznatky o časovém průběhu porušování všech prvků, které tvoří stroje, nebo lépe řečeno, poznatky o dynamice porušování strojů jako celků.

Je známou skutečností, že se současný strojní park v zemědělských podnicích skládá z pestré palety strojů a zařízení, které během času podléhají strukturálním změnám. Přitom jde o zařízení skládající se z několika desítek (brány, válce) až několika tisíc (traktory a samohodné stroje) strojních prvků s poměrně různorodým funkčním určením. Při dosavadní struktuře strojů, funkční rozmanitosti strojních prvků a dosažené úrovni technické diagnostiky v zemědělství je technicky obtížné sledovat průběh procesu porušování pouze vybraných důležitých součástí rozhodujících strojů a ještě obtížnější sledovat dynamiku porušování celých strojů. Tento problém navíc podtrhuje stochastický charakter procesu porušování.

Za dané situace existuje snad jediná schůdnější cesta, jak získat určitou představu o dynamice porušování zemědělských strojů, a sice časový průběh porušování vyjádřit hodnotovými ukazateli. Tato metoda s výhodou využívá klasických poznatků o užitné hodnotě a hodnotě směňovaných výrobků. Zemědělské stroje fungují v kompletní počáteční podobě poměrně krátkou dobu. Během doby používání ztrácejí postupně užitnou hodnotu úměrně s tím, jak ztrácejí dílčí užitné hodnoty prvky, podskupiny, skupiny, z nichž jsou složeny. V zájmu dalšího provozu je nutné dílčí užitné hodnoty obnovovat, tj. strojní prvky, podskupiny, skupiny opravovat, narušená seřízení obnovovat. K tomu je nutné vynakládat dodatečnou práci. Na základě uvedených skutečností můžeme učinit následující závěr. Nepřímým kvantitativním vyjádřením postupného procesu porušování strojů je časový průběh spotřeby dodatečné společenské práce, vynaložené na obnovu ztracených dílčích užitných hodnot strojních prvků, podskupin a skupin. Jde tedy o dodatečnou hodnotu strojů, kterou je možné s určitou přesností vyjádřit náklady na udržování strojů v normálním stavu.

Nespornou výhodou uvedené metody je, že její praktické použití nevyžaduje dodatečné zásady do strojů během jejich provozní činnosti, a tím nezpůsobuje žádné prostroje. Metoda má však i své nedostatky. Hodnotové ukazatele registrují proces porušování až v jeho konečné fázi, tj. v okamžiku vzniku mezního stavu. Odrážejí tedy průběh procesu porušování časově opožděně. Dále hodnotové ukazatele, vztažené k jednomu

časovému okamžiku jako počátku, obsahují za delší časové období jako zkreslující faktor všeobecný pohyb cenové hladiny (inflační, deflační tendence).

VLASTNÍ PRÁCE

Možnost kvantitativního vyjádření dynamiky porušování strojů hodnotovými ukazateli, konkrétně pomocí nákladů na udržování strojů v normálním stavu, je v řadě prací zahraničních autorů všeobecně uznávána. Dosud se však liší názory na strukturu nákladů na udržování a na způsob matematického vyjádření dynamiky nákladů na udržování strojů.

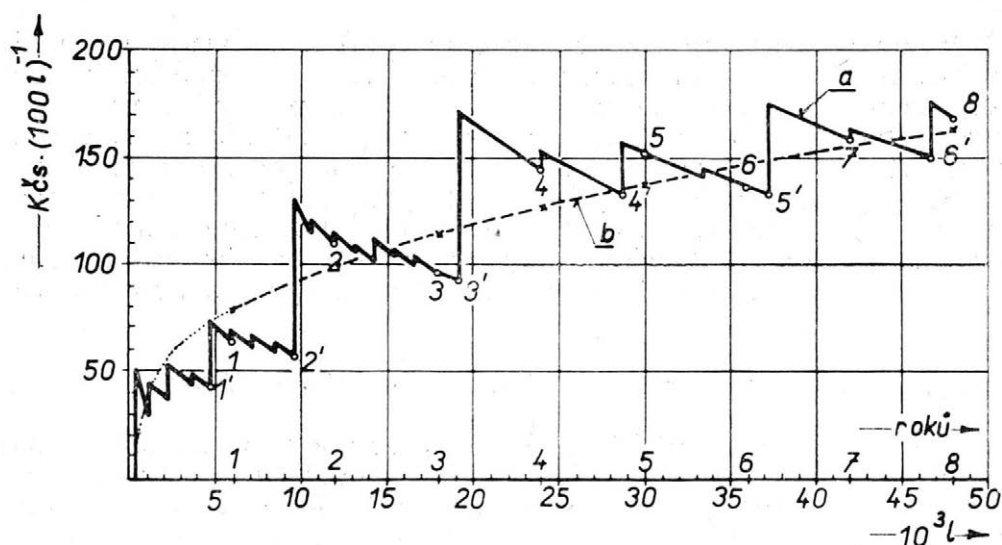
PŘIPOMÍNKY KE STRUKTUŘE NÁKLADŮ NA UDRŽOVÁNÍ STROJŮ

Domníváme se, že pro získání reálné představy o celkové nákladovosti techniky používané v zemědělském provozu a pro zhodnocení ekonomické efektivnosti opatření zvyšujících provozní spolehlivost techniky je nezbytně nutné brát v úvahu celkové náklady na udržování této techniky. Celkové náklady totiž jedinečně odrážejí veškerou společenskou práci, tedy minulou i živou, kterou bylo třeba vynaložit na udržování strojů v normálním stavu během celé doby jejich používání. Analýza celkových nákladů na udržování strojů z hlediska jejich struktury přesahuje rámec tohoto příspěvku, proto odkazujeme na příslušnou literaturu (Novotný, 1973). Předběžné průzkumy ukazují, že pro praktické sledování dynamiky nákladů na udržování strojů bude možné se omezit jen na průběžné sledování nákladových položek tvořících náklady na opravy strojů.

VĚCNĚ LOGICKÝ ROZBOR A ZPŮSOBY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ DYNAMIKY NÁKLADŮ NA UDRŽOVÁNÍ STROJŮ

K problematice matematického modelování dynamiky nákladů na udržování strojů je třeba nejprve připomenout následující skutečnost. Každý nový stroj představuje na začátku používání určitý „prvopočáteční fond porušování“ jako souhrn strojních prvků, podskupin a skupin s různou životností. Během doby používání stroje se tento fond postupně zmenšuje v souvislosti s tím, jak dochází k poruchám jednotlivých strojních prvků, podskupin a skupin. Porušené prvky, podskupiny a skupiny se opravují nebo vyměňují, a tak postupně roste „dodatečný fond porušování“. Roste až do okamžiku opravy nebo obnovy posledního strojního prvku, podskupiny, skupiny s největší životností, pokud se ovšem dříve celý stroj nevrakuje.

Protože hodnotové ukazatele registrují proces porušování až v jeho konečné fázi, mají okamžité jednotkové náklady na udržování stroje v závislosti na jeho době používání typický průběh. Pro ilustraci uvádíme na obr. 1 zjednodušený modelový průběh okamžitých jednotkových nákladů na udržování individuálního traktoru Z 50 S v závislosti na množství spotřebované nafty a rocích provozu od začátku doby jeho používání. (V uvedeném modelu nejsou pro zjednodušení zahrnuty nákladové položky konstantního charakteru – např. náklady na směnové



1. Modelový průběh okamžitých jednotkových nákladů na udržování traktoru Z 50 S — pilovitý diagram (a); modelový střední průběh jednotkových nákladů na udržování traktoru Z 50 S (b)

údržby a rezie opravářské složky zemědělského podniku.) Tento dnes již z provozu vyřazovaný typ traktoru jsme zvolili záměrně. Zatím jen u něj bylo totiž možné získat na základě dlouhodobého sledování dostatek praktických poznatků a podkladů, podle nichž lze soudit na skutečnou dynamiku nákladů na udržování za celou dobu jeho používání. Při konstrukci uvedeného modelového průběhu se vycházelo ze systému technických údržeb a oprav, převládajícího v letech 1960 až 1970, a přitom byl eliminován všeobecný pohyb cenové hladiny. Ceny náhradních dílů i jednotkové odměny za práce, spojené s udržováním traktoru, byly tedy uvažovány jako konstantní. Jak je patrné z obr. 1, představuje křivka *a* časový sled „oscilací“ okamžitých jednotkových nákladů kolem určité střední hodnoty, která se během doby používání traktoru mění úměrně s tím, jak postupně narůstá jeho „dodatečný fond porušování“. Velikost amplitud „oscilací“ jednotkových nákladů je úměrná velikosti jednorázových nákladů na udržování. Tato závislost je v zahraniční literatuře nazývána jako „závislost měnící se skokem“, „nespojité-spojité závislost“, „zubovitá“ nebo „pilovitá závislost“, protože se nápadně podobá zubům pily.

Časová závislost okamžitých jednotkových nákladů na udržování registruje každý (ať už preventivní nebo dodatečný) zásah k udržení normálního stavu stroje. Proto může poskytnout cenné informace o použitém systému technických údržeb a oprav, nepřímou informovat o technickém stavu stroje, o vlivu provozních podmínek a obsluhy na technický stav a celkově o ekonomické efektivnosti použití daného stroje. Sestrojení přesného časového průběhu okamžitých jednotkových nákladů na udržování je však s ohledem na nezbytnost zpracovávat průběžně značné množství prvotních informací velmi pracné. Proto se v současné době jeví jako účelné přesně sledovat dynamiku jednotkových nákladů na udržování jen pro výzkumné účely.

V odborné literatuře se doporučuje pro praktické odhady budoucích nákladů na udržování individuálních strojů i pro pravděpodobnostní odhady těchto nákladů k plánovacím účelům vyjadřovat uvedenou závislost aproximativně. Vychází se přitom z jednotkových nákladů na udržování, předpokládaných od okamžiku zařazení stroje do provozu narůstajícím způsobem po jednotlivých letech jeho doby používání. Na obr. 1 jsou tyto hodnoty znázorněny body 1 až 8. Časový sled těchto bodů se pak metodami regresní a korelační analýzy proloží nejvhodnější, pokud možno jednoduchou analytickou křivkou. V našem případě jde o regresní křivku b v rovnici.

$$y = 19,11 x^{0,35} [\text{Kčs (100 l)}^{-1}] \text{ pro } 6000 \text{ l} \leq x \leq 48000 \text{ l} \quad (1)$$

Uvedený způsob aproximace se zdá být ze všech uváděných způsobů nejjednodušší. Určitým nedostatkem této jednoduchosti je skutečnost, že takto získaný střední průběh jednotkových nákladů na udržování poskytuje jen nejzákladnější informaci o dynamice porušování stroje.

Třetí způsob se omezuje jen na stanovení časového sledu určitých okamžitých, tzv. lokálně minimálních jednotkových nákladů na udržování, uvažovaných narůstajícím způsobem od začátku doby používání stroje. Na obr. 1 jde o hodnoty znázorněné body 1' až 6'. Nalézt tyto hodnoty je poněkud pracnější než v předchozím případě. Zato však jich může být s výhodou použito na podnikové úrovni jako signálních informací k rozhodování, zda je třeba stroj opět uvést do normálního stavu nebo vyřadit z provozu. Z hlediska komplexního přístupu k problematice nahrazování techniky se však i tento způsob vyjadřování dynamiky nákladů na udržování jeví jako málo vhodný.

VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRŮZKUMŮ

Z věcně logického rozboru, který byl naznačen v předchozí kapitole, vplynuly důležité poznatky:

a) Okamžité jednotkové náklady na udržování individuálního stroje „oscilují“ kolem svých středních hodnot, přičemž amplituda oscilací je úměrná velikosti jednorázových nákladů na udržování.

b) Střední jednotkové náklady na udržování rostou během doby používání individuálního stroje až do okamžiku vyčerpání jeho počátečního fondu porušování.

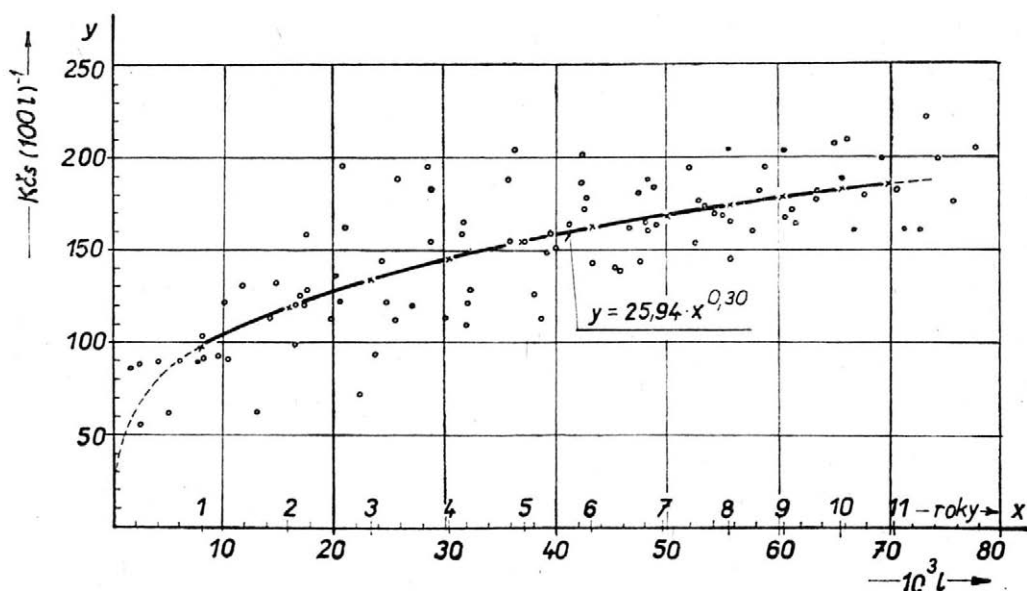
Je tedy oprávněné se domnívat, že střední jednotkové náklady na udržování se během doby používání stroje přibližují nějaké mezní úrovni. Jejich průběh by tedy měl mít s největší pravděpodobností degressivní charakter. Uvedený teoretický předpoklad byl do značné míry potvrzen našimi průzkumy dynamiky nákladů na udržování traktorů Zetor první unifikované řady, traktorů Z 50 S a DT-54 přímo v zemědělském provozu. Pro značný rozsah zjištěných poznatků se dále omezíme jen na stručnou interpretaci výsledků z dlouhodobého průzkumu dynamiky nákladů na udržování traktorů Z 50 S. Na vybraných zemědělských podnicích se sledoval celkem 21 traktor Z 50 S během časového období 1960 až 1971. U jednotlivých traktorů se od začátku jejich používání zjišťovala spotřeba nafty a celkové náklady na udržování. Vzhledem

k tomu, že u části počtu těchto traktorů nebylo možné s dostatečnou přesností zjistit spotřebu pneumatik a celkově nebylo ani možné vyčíslit režijní položku ztráty z nevyužitých náhradních dílů a materiálu, byly před zpracováním prvotních údajů v zájmu celkové srovnatelnosti zjišťovaných ukazatelů tyto nákladové položky z celkových nákladů na udržování všech sledovaných traktorů vypuštěny. Uváděné výsledné údaje proto nepředstavují absolutní výši celkových nákladů na udržování traktorů Z 50 S, jak bychom si přáli. Domníváme se, že vypuštěním těchto nákladových položek nebude podstatně ovlivněn charakter časového průběhu nákladů na udržování sledovaných traktorů.

Výchozí údaje – po letech narůstající jednotkové náklady na udržování (závisle proměnná y) a odpovídající spotřeba nafty (nezávisle proměnná x) – byly statisticky zpracovány metodami regresní a korelační analýzy jak za jednotlivé traktory, tak i za jejich výběrové soubory. Mezi zkoumanými veličinami byla testováním prokázána statisticky významná závislost. Pro ověření teoretických poznatků vyplývajících z věcně logického rozboru byly nejprve sestrojeny bodové diagramy. Ty vcelku potvrdily regresivní charakter časového průběhu jednotkových nákladů na udržování sledovaných traktorů. Dále byla zkoumána vhodnost proložení regresními funkcemi ve tvaru $y = ax^b$, $y = a + b \log x$, $y = ax + b$. Podle míry těsnosti byla v obou případech vybrána jako nejvhodnější regresní funkce tvaru $y = ax^b$. V této souvislosti je třeba připomenout, že už v průběhu sledování byl zjištěn podstatný rozdíl v nákladech na udržování statkových a družstevních traktorů. Proto byl z důvodu vyhodnocení původní soubor 21 traktoru rozdělen na soubor statkových (11 kusů) a soubor družstevních (10 kusů) traktorů.

Pro soubor družstevních traktorů má nejvhodnější funkce (při koeficientu korelace $r_2 = 0,80809$) analytický tvar:

$$y = 25,94 x^{0,30} \text{ [Kčs (100 l)}^{-1}\text{] pro } 9000 \text{ l} \leq x \leq 70\,000 \text{ l} \quad (2)$$



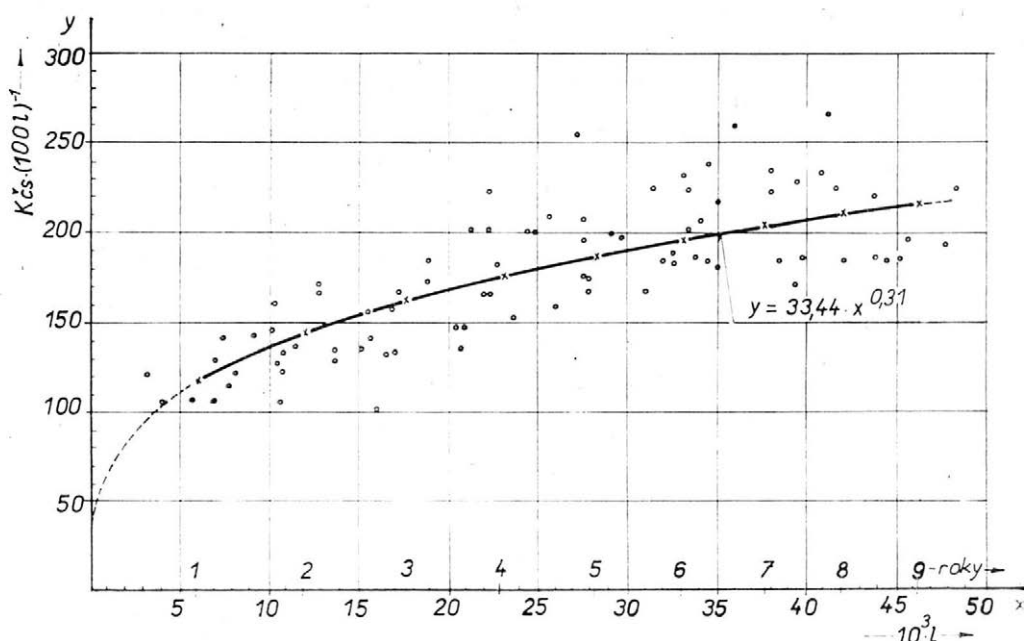
2. Bodový diagram a střední průběh jednotkových nákladů na udržování družstevních traktorů Z 50 (10 kusů)

Příslušný bodový diagram a průběh uvedené funkce je graficky znázorněn na obr. 2.

Pro soubor statkových traktorů dostaneme (při koeficientu korelace $r_3 = 0,82259$) analytický výraz:

$$y = 33,44 x^{0,31} \text{ [Kčs (100 l)}^{-1}\text{]} \text{ pro } 6000 \text{ l} \leq x \leq 46\,000 \text{ l} \quad (3)$$

Odpovídající bodový diagram a průběh této funkce je graficky znázorněn na obr. 3.



3. Bodový diagram a střední průběh jednotkových nákladů na udržování statkových traktorů Z 50 (11 kusů)

Hodnoty regresních koeficientů nejvhodnější funkce $y = ax^b$ za jednotlivé traktory Z 50 S se pohybují v rozmezích:

- družstevní traktory
- $a = 15,69 \div 76,61$
- $b = 0,21 \div 0,50$
- statkové traktory
- $a = 14,02 \div 83,67$
- $b = 0,14 \div 0,48$

Ze zahraničních autorů už Terborgh (1949) poukazuje na degresivní charakter průběhu jednotkových nákladů na udržování, který byl zjištěn v USA při statistickém průzkumu vybraných strojírenských výrobků. K degresivnímu charakteru průběhu jednotkových nákladů dochází i Eichler (1970) po zhodnocení průzkumů těchto nákladů

u traktorů, sklízecích řezaček, obilních a bramborových sklizečů v NDR.

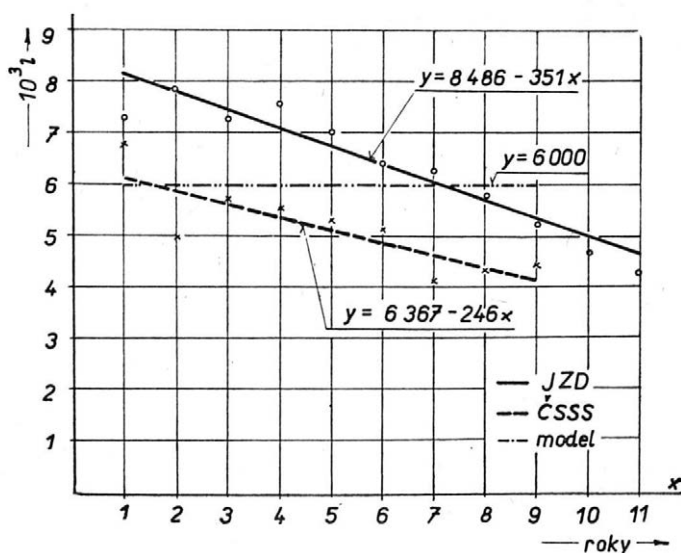
V teoretických pracích se často operuje s lineárním průběhem jednotkových nákladů na udržování strojů. Lineární průběh je charakteristický tím, že střední přírůstek jednotkových nákladů na udržování je během doby používání strojů konstantní. Podle našich dosavadních zkušeností je možné tohoto průběhu použít pro přibližné charakterizování dynamiky nákladů na udržování v kratších časových úsecích doby používání strojů a zpravidla jen mimo počáteční období provozu.

Progresivní průběh je charakteristický tím, že střední přírůstek jednotkových nákladů na udržování strojů se během doby jejich používání progresivně zvětšuje. Jeho aplikace se rozšířila v sovětské odborné literatuře, zvláště po teoretickém zdůvodnění, zveřejněném Selivanovem (1964). Poznatky z dlouhodobých průzkumů dynamiky nákladů na udržování traktorů různých typů v provozních podmínkách různých zón SSSR, zveřejněné později Konkinem (1968), tento progresivní průběh nepotvrzují.

VZTAHY MEZI DYNAMIKOU JEDNOTKOVÝCH A ROČNÍCH NÁKLADŮ NA UDRŽOVÁNÍ TRAKTORŮ Z 50 S

Pro praktické odhady dynamiky nákladů na udržování strojů, kdy jsou zpravidla k dispozici údaje účetní evidence z několika málo let jejich provozu, je užitečné znát vztahy mezi dynamikou jednotkových a ročních nákladů na udržování.

V předchozích kapitolách jsme prokázali významnou statistickou závislost mezi jednotkovými náklady na udržování a dobou používání traktorů Z 50 S, kterou jsme vyjádřili nepřímo spotřebou nafty. Obdobná závislost logicky existuje i mezi ročními náklady na udržování (ať už celkovými nebo jednotkovými) a dobou používání vyjádřenou v letech. Abychom uvednou závislost mohli vyjádřit regresními funkcemi (2) a (3), musíme nejprve znát dynamiku ročního využití sledovaných traktorů. Z bodových diagramů na obr. 4 je patrné, že střední roční využití



4. Vyrovnaný střední průběh ročních využití družstevních a statkových traktorů Z 50 S v porovnání s modelovým průběhem

jak družstevních, tak i statkových traktorů Z 50 S v průběhu doby používání přibližně lineárně klesá. Tento charakter průběhu středního ročního využití je výsledkem porušování a ekonomického znehodnocování daného typu traktoru ve sledovaných podnicích. Časová řada hodnot středního ročního využití byla v obou případech vyrovnána metodami regresní a korelační analýzy. Pro soubor družstevních traktorů byla vypočtena regresní přímka tvaru

$$y = 8486 - 351 x \quad [1] \quad \text{pro } \left\{ \begin{array}{l} 1 \leq x \leq 11 \\ x = \text{celé číslo} \end{array} \right\} \quad (4)$$

pro soubor statkových traktorů regresní přímka tvaru

$$y = 6367 - 246 x \quad [1] \quad \text{pro } \left\{ \begin{array}{l} 1 \leq x \leq 9 \\ x = \text{celé číslo} \end{array} \right\} \quad (5)$$

Koeficienty korelace ($r_4 = -0,8226$, $r_5 = -0,9319$) svědčí v obou případech o poměrně těsné statistické závislosti. Testováním koeficientů korelace byla v obou případech prokázána statisticky významná závislost.

Pro porovnání uvádíme ještě modelový průběh ročního využití traktoru Z 50 S, ve kterém eliminujeme vliv porušování a ekonomického znehodnocování na velikost ročního využití. Tento průběh je dán analytickým vztahem.

$$y = 6000 = \text{konst.} \quad [1] \quad (6)$$

Pomocí vztahů (1), (2), (3) vyjadřujících růst jednotkových nákladů na udržování a vztahů (4), (5), (6) vyjadřujících růst ročního využití sledovaných traktorů je pak již možné určit vztahy vyjadřující dynamiku ročních jednotkových a celkových ročních nákladů na udržování. Pro soubor družstevních traktorů je tak možné odvodit vztah

$$y = 113,7 x^{0,32} [\text{Kčs } (100 \text{ l})^{-1}] \quad \text{pro } \left\{ \begin{array}{l} 1 \leq x \leq 11 \\ x = \text{celé číslo} \end{array} \right\} \quad (7)$$

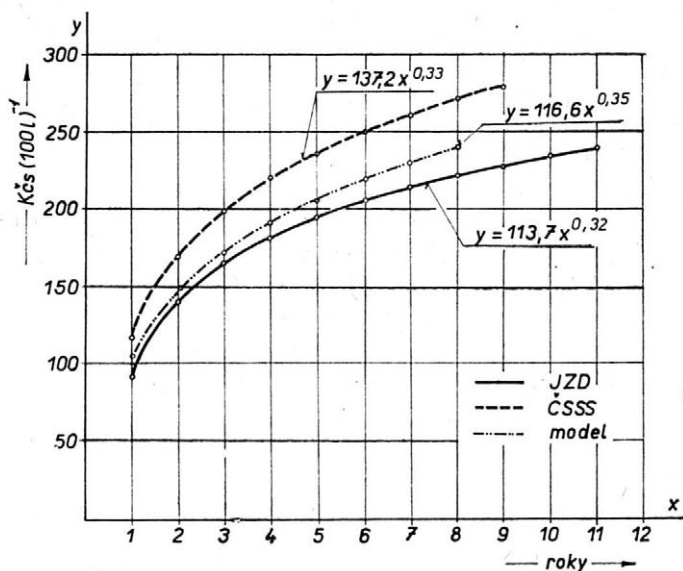
pro soubor statkových traktorů dostaneme vztah

$$y = 137,2 x^{0,33} [\text{Kčs } (100 \text{ l})^{-1}] \quad \text{pro } \left\{ \begin{array}{l} 1 \leq x \leq 9 \\ x = \text{celé číslo} \end{array} \right\} \quad (8)$$

konečně pro srovnávací modelový traktor vypočteme vztah

$$y = 116,6 x^{0,35} [\text{Kčs } (100 \text{ l})^{-1}] \quad \text{pro } \left\{ \begin{array}{l} 1 \leq x \leq 8 \\ x = \text{celé číslo} \end{array} \right\} \quad (9)$$

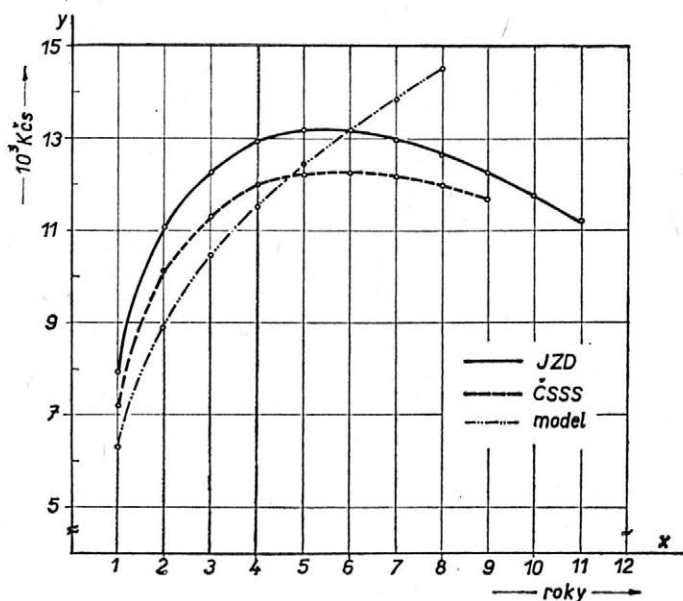
Uvedené vztahy (7), (8), (9) jsou graficky znázorněny na obr. 5. Z porovnání těchto vztahů se vztahy (1), (2), (3) vyplývá, že roční jednotkové náklady na udržování sledovaných traktorů zachovávají stejný – degresivní – charakter narůstání v průběhu doby používání jako jed-



5. Vyrovnaný střední průběh ročních jednotkových nákladů na udržování družstevních a statkových traktorů Z 50 S v porovnání s modelovým průběhem

notkové náklady. Svědčí o tom hodnoty mocninových koeficientů, které jsou v jednotlivých odpovídajících si vztazích přibližně stejné. Jak je patrné z grafického znázornění na obr. 5, je intenzita narůstání ročních jednotkových nákladů na udržování sledovaných traktorů Z 50 S poměrně značná. Snadno lze pomocí vztahů (7), (8), (9) spočítat, že střední náklady na udržování, připadající na jednotku vykonané práce, jsou v osmém roce provozu družstevních traktorů 2,29krát, statkových traktorů 2,32krát a modelového traktoru 2,31krát větší než v prvním roce jejich provozu.

Průběh ročních nákladů na udržování jak družstevních, tak i statkových traktorů Z 50 S má, jak je patrné z obr. 6, dvě charakteristické



6. Vyrovnaný střední průběh ročních nákladů na udržování Z 50 S v porovnání s modelovým průběhem

fáze. První fáze se vyznačuje intenzivním růstem ročních nákladů, druhá fáze pak jejich pozvolným poklesem. U družstevních traktorů se dosahuje nákladového maxima (rovnajícího se 1,66násobku počátečních nákladů) v pátém roce provozu; statkové traktory mají nákladové maximum (rovnající se 1,70násobku počátečních nákladů) v šestém roce provozu. Za uvedená počáteční období se zhruba vyčerpá prvopočáteční fond porušování traktorů. V druhé fázi se již projevuje i vliv ekonomického znehodnocování traktorů. V případě modelového traktoru byl vliv ekonomického znehodnocování eliminován, proto roční náklady na udržování neustále stoupají.

Závěrem je třeba ještě upozornit, že náklady na udržování jsou jen jedním z řady faktorů, které snižují efektivnost provozu stroje během doby jeho používání.

DISKUSE

V souladu s nejnovějšími poznatky se domníváme, že porušování je třeba chápat jako objektivní nevratný dynamický proces, který zasahuje veškerou zemědělskou techniku v celé její struktuře. Pro získání přiměřené představy doporučujeme jeho průběh u celých strojů zjišťovat nepřímými hodnotovými ukazateli, konkrétně prostřednictvím nákladů na udržování strojů v normálním stavu. Pokud jde o strukturu nákladů na udržování, jsme toho názoru, že by se mělo počítat s celkovými náklady, které jediné odrážejí veškerou společenskou práci vynaloženou na udržení stroje v normálním stavu. Při matematickém modelování dynamiky nákladů na udržování strojů je nezbytné vycházet z takových prvotních údajů a volit takový způsob jejich zpracování, který zajistí požadované výstupní informace. Poznatky z našich dosavadních dlouhodobých průzkumů porušování zemědělských traktorů ukazují na regresivní charakter růstu středních jednotkových nákladů na udržování.

ZÁVĚR

Pro cílevědomé plánování spotřeby náhradních dílů, racionální organizaci udržování techniky, pro zdůvodněné nahrazování zastaralé techniky novou a v souvislosti s tím pro zdůvodněnou amortizaci techniky je nezbytné v zemědělském provozu soustavně sledovat průběh porušování jednotlivých typů strojů a jejich součástí, podskupin a skupin. V příspěvku je porušování chápáno v souladu s nejnovějšími poznatky jako objektivní nevratný proces, který zasahuje veškerou zemědělskou techniku v celé její struktuře. Je naznačena možnost nepřímého měření průběhu tohoto procesu prostřednictvím hodnotových ukazatelů, konkrétně pomocí nákladů na udržování v normálním stavu. V souvislosti s tím se diskutuje o otázkách struktury nákladů na udržování a způsob matematického modelování jejich dynamiky. Poznatky z dlouhodobého průzkumu dynamiky nákladů na udržování traktorů v zemědělském provozu ukazují na regresivní charakter průběhu středních jednotkových nákladů na udržování.

Literatura

- EICHLER, CHR.: Grundlagen der Instandhaltung am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel. VEB Verlag Technik, Berlin 1970.
- FLEISCHMAN, Z.: Stanovení základních charakteristik provozní spolehlivosti vybraných zemědělských strojů. [Zpráva Z-833.] Výzk. ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy 1970.
- FLEISCHMAN, Z.: Provozní spolehlivost sazečů a sklizečů brambor. [Zpráva Z-933.] Výzk. ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy 1972.
- FLEISCHMAN, Z.: Provozní spolehlivost jednonápravových sběracích přívěsů Horal. [Zpráva Z-1033.] Výzk. ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy 1973.
- HANKE, M.: Čشهد hlavních mechanismů porušování materiálu. In: Spolehlivost automobilů II. ČSVTS Praha 1973.
- KONKIN, J. A.: Iznos i amortizacija techniky v selskom chozjajstve. Moskva, Kolos 1968.
- NOVOTNÝ, F.: Průzkum dynamiky nákladů na udržování traktorů v normálním stavu. [Zpráva Z-932.] Výzk. ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy 1972.
- NOVOTNÝ, F.: Příspěvek k dynamice nákladů na udržování zemědělských traktorů. Zem. ekonomika, 1973, č. 11, s. 772.
- SELIVANOV, A. I.: Osnovy teorii starenija mašin. Moskva, Mašinostrojenije 1964.
- TERBORGH, G.: Dynamic Equipment Policy. Mac Graw Hill Book, New York — Toronto — London 1949.
- TKACEV, V. N.: Iznos i povyšeniye dolgověčnosti detalek selskochozjajstvennykh mašin. Moskva, Mašinostrojenije 1971.
- ČSN 01 5050. Opořebení materiálu. 1968.

Došlo dne 18. 4. 1975

НОВОТНЫ Ф. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага-Ржепы, Чехословакия). Основные закономерности нарушения сельскохозяйственной техники. Zem. technika 21 (11) : 677-690, 1975.

В статье рассматриваются основные закономерности нарушения (выхода из строя) машинных элементов и целых сельскохозяйственных машин, а также изучаются возможности их количественного выражения. При этом исходят из общей характеристики нарушения, которое понимается как объективный и безвозвратный экономический процесс. Приводится обзор главных механизмов нарушения конструктивных элементов и подчеркивается необходимость при исследованиях эксплуатационной надежности сельскохозяйственных машин учитывать также нарушение их неконструктивных элементов. Далее, реально логически проанализирован временной ход нарушения сложной машины и объяснена сущность метода косвенного измерения нарушения машин при помощи стоимостных показателей, конкретно посредством затрат на уход за машинами в нормальном состоянии. В первой части данной работы решаются до сих пор обсуждаемые вопросы пригодной структуры затрат на уход за машинами и пригодного математического моделирования их динамики. Во второй части содержится краткое изложение результатов долгосрочного исследования динамики затрат на уход за 21 трактором Зет 50 С в эксплуатационных условиях. Согласно реально логическому анализу и заграничным данным, полученные результаты свидетельствуют о депрессивном характере роста единиц затрат на уход за тракторами во время их работы. В заключение изучались соотношения между динамикой единичных и годовых затрат на уход за тракторами Зет 50 С.

конструктивные и неконструктивные элементы; сельскохозяйственные машины; главные механизмы нарушения; уход (в нормальном состоянии); затраты на уход; динамика затрат на уход

NOVOTNÝ F. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepy, Czechoslovakia). *The Fundamental Regularities of the Failures of Agricultural Machines*. Zem. technika 21 (11) : 677-690, 1975.

This paper deals with the fundamental regularities of the failures of machine elements and of whole agricultural machines and examines the possibility of quantitative expression. It is based on the general characteristics of failures which are understood as an objective and irreversible economic process. The author submits a survey of the principal mechanisms of the breaking down of constructional elements and he points out the necessity of respecting, in investigations of the operational reliability of agricultural machines, also disturbances of their non-constructional ele-

ments. Furthermore, there is a logical discussion of the temporal course of failures of a complicated machine and an illumination of the substance of the method of indirect measuring of machine failures by means of value indices, concretely by means of the costs for the maintenance of machines in their normal state. The first part of the paper deals with the hitherto discussed problems of a suitable structure of costs of the maintenance of machines and of a suitable mathematical modelling of their dynamics. Part two contains a concise interpretation of the results obtained in a longterm investigation of the dynamics of costs for the maintenance of 21 Z 50 S tractors under operational conditions. The results obtained indicate, in harmony with the logical analysis and with the findings made abroad, the degressive character of the growth of the per unit costs for the maintenance of tractors in the course of the time of their use. In the conclusion the relations between the dynamics of the per unit and annual costs for the maintenance of Z 50 S tractors are examined.

constructional and non-constructional elements; agricultural machines; the principal mechanisms of failures; maintenance (in a normal state); maintenance costs; dynamics of maintenance costs

NOVOTNÝ F. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha - Řepý, Tschechoslowakei). *Grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Zerstörung von Landtechnik*. Zem. technika 21 (11) : 677-690, 1975.

Der Beitrag behandelt grundlegende Gesetzmäßigkeit der Zerstörung von Maschinenelementen und komplexen Landmaschinen und untersucht Möglichkeiten für deren mengenmäßige Darstellung. Er geht von der allgemeinen Charakteristik der Zerstörung aus, die als ein objektiver und nicht umkehrbarer Prozeß verstanden wird. Es wird die Übersicht von Hauptmechanismen der Zerstörung von Konstruktionselementen angeführt und die Notwendigkeit betont, bei der Untersuchungen über die Betriebssicherheit der Landmaschinen auch die Zerstörung ihrer nichtkonstruktiven Elemente zu berücksichtigen. Ferner wird in sachlicher Logik der Zeitverlauf der Zerstörung einer komplizierten Maschine analysiert und das Wesen der Methode für eine indirekte Messung der Maschinenzerstörung mittels wertmäßiger Kennziffern, konkret durch Vermittlung der Aufwände für die Maschinenerhaltung in normalem Zustande aufgeklärt. Im ersten Teil der Abhandlung selbst werden die bisjetzt in Diskussion stehenden Fragen einer geeigneten Struktur der Aufwände für die Maschinenerhaltung und einer geeigneten mathematischen Modellierung ihrer Dynamik gelöst. Der zweite Teil enthält eine kurzgefaßte Darstellung der Ergebnisse von der langdauernden Untersuchung der Dynamik von Kosten für die Erhaltung von Schleppern Z 50 S in Einsatzbedingungen. Die ermittelten Ergebnisse deuten im Einklang mit der sachlich logischen Analyse und Erkenntnissen aus dem Ausland auf das degressive Charakter des Wachstums von einheitsbezogenen Aufwänden für die Schlepperunterhaltung während ihrer Einsatzdauer. Abschließend werden Beziehungen zwischen der Dynamik von einheitsbezogenen und jährlichen Aufwänden für die Erhaltung der Schlepper Z 50 S untersucht.

Konstruktionselemente und nichtkonstruktive Elemente; Landmaschinen; Hauptmechanismen der Zerstörung; Erhaltung (in normalem Zustand); Aufwände für die Erhaltung; Dynamik der Aufwände für die Erhaltung

Adresa autora:

Ing. František Novotný, Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepý

POUŽÍVÁNÍ SVÍTIPLYNU V KOMOROVÝCH SUŠÁRNÁCH CHMELE

J. Hošek, D. Andert

Jednotné zemědělské družstvo, Revničov
České vysoké učení technické, fakulta strojní, Praha



HOŠEK J., ANDERT D. *Používání svítíplynu v komorových sušárnách chmele.* Zem. technika 21 (11) : 691-703, 1975.

Jako jedna z cest pro úsporu energie při sušení chmele se nabízí používání přímého ohřevu sušícího média spaliny od svítíplynu. Dosavadní poznatky o tomto způsobu ohřevu sušícího média, získané na Státním statku v Lovosicích pracovníky Plynárny Úžín a prověřené Státní zkušebnou zemědělských a lesnických strojů v Praze - Řepích, ukázaly reálnou možnost používání tohoto způsobu sušení chmele. Z nevyrovnanosti kvality chmele však vyplynula potřeba ještě blíže tento technologický proces objasnit. Proto byla v JZD Třeboc u Rakovníka vybudována experimentální komorová sušárna chmele, která byla v jedné polovině vybavena zařízením pro přímý ohřev, v druhé polovině zařízením pro ohřev nepřímý. Zjištěné poznatky opět potvrdily, že plynofikace je vhodná jak u nových, tak také u rekonstruovaných sušáren, zejména komorových. Zjištěné charakteristiky průběhů relativních vlhkostí a teplot sušícího média za údobí mezi dvěma násypy ukázaly, že přímý ohřev sušícího média bude vyžadovat zvýšenou kontrolu sušícího režimu, neboť u tohoto způsobu stoupá nebezpečí, že se zhorší jakost chmele. Toto nebezpečí spočívá hlavně ve zvýšené relativní vlhkosti sušícího média, způsobené nejen vnějšími atmosférickými podmínkami dodávaného vzduchu nebo dodávaným materiálem, ale i spaliny. Vodní páry ve spalínách nejsou však jen důsledkem spalování uhlovodíků, ale závisí také na obsahu vodních par ve svítíplynu.

plynifikace sušáren chmele; přímý ohřev sušícího média; sušící režim v komorové sušárně chmele

Rozvoj zemědělské výroby vyžaduje zvládnout co nejintenzivnější, ale také hospodárnou transformaci energie na různé produkty rostlinného i živočišného původu. Současně však zvýšení produktivity práce pracovníků v zemědělství vyžaduje zvládnout energii tak, aby se zajistily nejrychlejší pracovní a dopravní procesy s co nejmenší potřebou pracovních hodin na jednotku produktu.

Tento záměr se projevil v zemědělské výrobě také v rozvoji používání ušlechtilých forem energie, zejména plynu, ať již zemního nebo dočasně používaného svítíplynu. Dochází k postupné plynifikaci různých zemědělských závodů.

Světová situace v energetice však vyžaduje i při zintenzivňování zemědělské výroby hledat cesty — ať již v technologických a pracovních procesech, tak také v organizaci výroby, popř. při používání nejrychlejší techniky — ke snížení měrné spotřeby energie na jednotku pracovního procesu nebo na jednotku hmotnosti produktu.

Jedním z těchto postupů je i používání svítíplynu k přímému ohřevu sušícího média při sušení chmele, zejména při rekonstrukci komorových

sušáren. Aby však nedošlo k národohospodářským ztrátám v důsledku neovládání technologie sušení při určité změně sušicího média tím, že spaliny hoření svítiplynu se mísí se sušicím vzduchem, je třeba tento způsob používání svítiplynu blíže objasnit.

METODICKÝ POSTUP

Vzhledem k rozvíjející se plynofikaci zemědělských závodů, jakož i k potřebě snižovat měrnou spotřebu energie na různé technologické procesy v zemědělství, vyplynula potřeba blíže objasnit vliv přímého a nepřímého ohřevu sušicího média u sušáren chmele, zejména z hlediska využití těchto poznatků pro rekonstrukci komorových sušáren.

K zjištění některých dalších poznatků v tomto směru byly založeny provozní pokusy v dvěma způsoby plynofikované sušárně chmele v JZD Třeboc, upravené pro tyto účely v dohodě s ministerstvem zemědělství a výživy a třemi spolupracujícími podniky, a to JZD Třeboc, Chmelařství, o. p., Žatec a Plynárna Úžín, n. p.

Dosažené poznatky mají dát podklady jednak pro zdokonalení sušárny v JZD Třeboc, jednak pro rekonstrukci komorových sušáren vybavených vyvíječi tepla na plynná či kapalná paliva.

TEPELNÉ VÝKONY

Tepelné výkony hořáků jsou určeny ze vztahu

$$Q = \frac{V_p \cdot H}{T} = \frac{V_p}{T} \cdot H$$

kde: Q — tepelný výkon (kcal min⁻¹)

V_p — množství plynu (Nm³)

T — doba měření (min)

H — výhřevnost plynu v době zkoušek 3400 kcal N⁻¹ m⁻³

MNOŽSTVÍ OHŘÁTÉHO VZDUCHU DODÁVANÉHO VENTILÁTOREM, MĚŘENÉ NEPŘÍMÝM ZPŮSOBEM

Množství vzduchu dodávaného ventilátorem k ohřátí se určí nepřímým způsobem z tepelného výkonu, který je dodáván hořákem, a z výšky teploty, na kterou je ohřát, podle vztahu

$$V_s = \frac{Q}{60} (c \cdot \Delta t)^{-1}$$

kde: V_s — množství vzduchu dodávaného ventilátorem k ohřátí m³ s⁻¹

c — měrné teplo vzduchu při stálém tlaku; lze považovat $c = 0,275$ kcal m⁻³ °C⁻¹ pro rozmezí teplot mezi 12 až 50 °C

Δt — 38–40 °C tepelný spád mezi nasávaným vzduchem a teplotou ohřátého vzduchu

STŘEDNÍ TEORETICKÁ RYCHLOST PROUDĚNÍ VZDUCHU V KOMOŘE

Střední teoretická rychlost proudění vzduchu v komoře je určena nepřímým způsobem podle vztahu:

$$v_t = \frac{V_s}{F}$$

kde: v_t — střední teoretická rychlost proudění vzduchu v komoře (m s^{-1})
 F — plocha žaluzií v komoře sušárny ($22,5 \text{ m}^2$)

PŘÍMÉ MĚŘENÍ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ VZDUCHU PRONIKAJÍCÍHO NEJHOŘEJŠÍ VRSTVOU CHMELE

Rychlost proudění vzduchu pronikajícího nejhořejší vrstvou sušeného chmele byla měřena CEMENTREM (výrobek n. p. Meopta Brno). Uvádí se střední hodnotou rychlosti zjištěné v těsné vzdálenosti nad vrstvou chmele po postupném objetí snímačem proudění všech polí komory v tazích vzdálených od sebe asi 500 mm.

DOPRAVNÍ ÚČINNOST

Dopravní účinnost vyjadřuje poměr mezi skutečným množstvím vzduchu, který prošel všemi vrstvami chmele, a teoretickým množstvím vzduchu, které chmelem mělo projít a bylo k tomu účelu ohřáto.

V obou případech je průřez otvoru, kterým vzduch prochází, stejný, a proto lze vyjádřit dopravní účinnost jako poměr skutečné rychlosti proudění vzduchu k teoretické rychlosti, které by bylo dosaženo, kdyby veškerý ohřátý vzduch prošel všemi vrstvami chmele.

Dopravní účinnost se určí podle vztahu:

$$\eta = \frac{V_z}{V_s} \cdot 100 = \frac{v_z}{v_t} \cdot 100$$

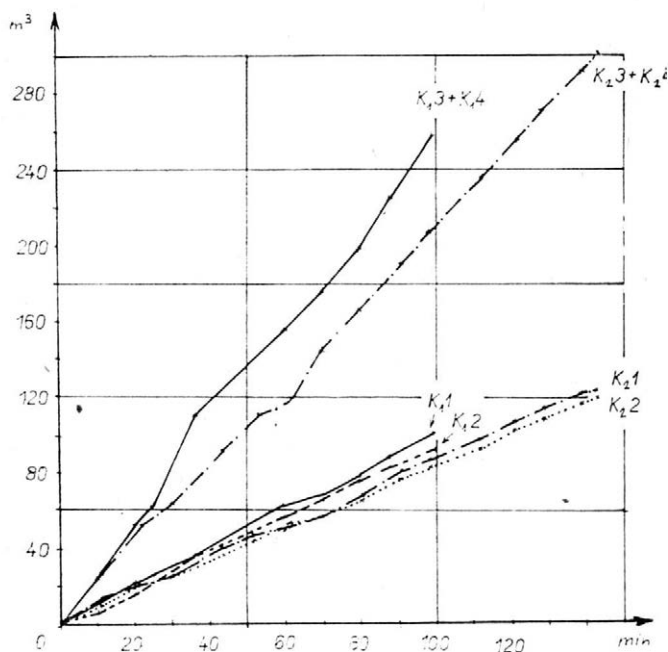
kde: η — dopravní účinnost (%)
 v_t — teoretická rychlost proudění vzduchu, určená nepřímým způsobem
 v_z — změřená rychlost proudění vzduchu (m s^{-1})
 V_z — množství vzduchu prošlého chmelem ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)
 V_s — množství vzduchu dodávaného ventilátorem ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)

CHARAKTERISTIKY ZMĚN KLIMATICKÝCH PODMÍNEK V ZÁVISLOSTI NA ČASE BĚHEM DOBY MEZI DVĚMA NÁSYPY CHMELE

K lepšímu rozboru a posouzení samotného technologického procesu sušení chmele při použití obou systémů k sušení chmele (tj. přímým i nepřímým způsobem ohřevu sušícího média — vzduchu) byly zjištěny charakteristiky změn klimatických podmínek během technologického procesu sušení.

Zkoušky se dělaly takto:

- teplota a vlhkost se měřila psychrometrem umístěným ve středu komory asi 500 mm nad vrstvou chmele;
- vzhledem k tomu, že velikost násypu 16 žoků byla považována pro takto uspořádanou a pro JZD Třeboc dodanou sušárnu za nejvhodnější, byla vzata i pro tento pokus za základní; pro srovnání se měřilo i 20 žoků (obr. 1, 2).



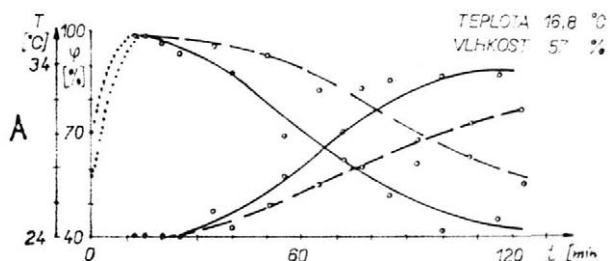
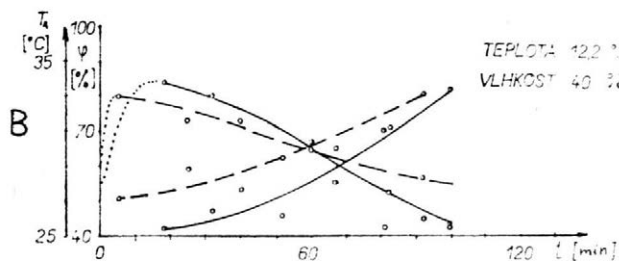
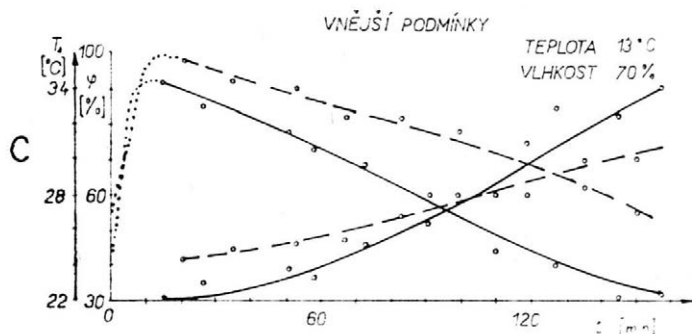
1. Charakteristiky spotřeby plynu při přímém (K_1, K_2) a nepřímém (K_3, K_4) ohřevu sušícího média v sušárně JZD Třeboc

Komory K_{11} — K_{14} měřeny 10. 9. 1974 od 15.20 do 20.00 h

násyp: čtyři vrstvy po 16 žocích

Komory K_{21} — K_{24} měřeny 8. 9. 1974 od 15.15 do 17.45 h

násyp: tři vrstvy po 20 žocích



2. Vliv vnějších podmínek na vývoj sušícího režimu mezi dvěma nasypy u obou systémů plynofikované komorové sušárny chmele (násyp AB — 16 žoků, teplota vzduchu pod vozíky 50 °C, násyp C — 20 žoků)

PŘEDPOKLÁDANÉ VÝHODY PŘI POUŽÍVÁNÍ SVÍTIPLYNU, POPŘÍPADĚ ZEMNÍHO PLYNU PŘI SUŠENÍ CHMELE

Od používání těchto ušlechtilých paliv při sušení chmele v různých typech sušáren se očekává zejména:

1. snadnost a rychlost regulace tepelného výkonu podle potřeby technologického procesu sušení (daného programem nebo regulačním čidlem) i při proměnných podmínkách nejen vnějších a vnitřních, ale i při změnách fyzikálních vlastností sušeného chmele tak, aby se

- a) zvýšila jakost sušeného chmele,
- b) zvýšila výkonnost sušárny,
- c) zajistila optimální spotřeba energie,
- d) snížily měrné náklady na jednotku hmotnosti usušeného chmele,
- e) při použití přímého ohřevu sušícího média snížila měrná spotřeba energie na jednotku hmotnosti usušeného chmele a snížily pořizovací a udržovací náklady na měrnou jednotku výkonnosti sušárny (odpadá výměník a zařízení pro odvod spalín);

2. pomoc při vyrovnání denního odběrového množství svítiplynu nebo zemního plynu v letních měsících, kdy je celostátně nižší spotřeba těchto paliv;

3. usnadnění práce jak pracovníkům JZD, tak i pracovníkům celostátní dopravy při zásobování zemědělských závodů palivy tuhými či kapalnými;

4. ulehčení práce spojené s obsluhou a údržbou sušáren chmele.

Z poznatků o možnostech zdokonalování komorových sušáren chmele vyplývá, že pro rekonstruované sušárny bude výhodné používání plyných paliv, zejména svítiplynu, který má nižší obsah uhlovodíku než zemní plyn.

DOSAVIDNÍ ZKUŠENOSTI S POUŽITÍM SVÍTIPLYNU A ZEMNÍHO PLYNU PŘI SUŠENÍ CHMELE

Použití svítiplynu při nepřímém ohřevu sušícího vzduchu bylo u nás realizováno na rekonstruovaných sušárnách chmele (dříve používaných pro tuhá paliva) na více místech (např. v roce 1966 v JZD Hněvotín atd.). Již v těchto sušárnách se zvýšila výkonnost asi o 50 % proti stavu při topení tuhými palivy.

První úprava komorové sušárny chmele na přímý ohřev sušícího média splodinami a energií získanou při spalování svítiplynu byla u nás realizována v letech 1967 až 1968 na státním statku v Lovosicích, farma Sulejovice.

Při těchto pokusech, jejichž úkolem bylo prozkoumat technologické i technické možnosti využívání svítiplynu v letních měsících k přímému ohřevu sušícího média pro sušení chmele, byly získány pracovníky Výzkumného ústavu chmelářského v Žatci, Vysoké školy zemědělské v Praze a n. p. Plynárny Úžín, která dodávala technické zařízení, v letech 1967 až 1968 uspokojivé dílčí technologické a technické poznatky. Na základě dalších zkoušek, uskutečněných Státní zkušebnou zemědělských a lesnických strojů v Praze - Řepích v roce 1969 opět na těchto zařízeních, bylo připuštěno z technologického i bezpečnostního hlediska používání svítiplynu k přímému ohřevu sušícího média při sušení chmele.

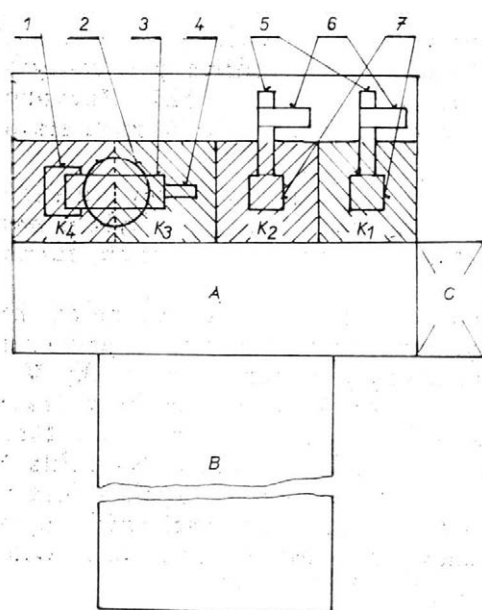
Provozní poznatky získané v dalších letech v Sulejovicích, jakož i poznatky z let 1972 až 1973 v Ročově u Loun ukázaly, že je třeba se ještě touto problematikou blíže zabývat nejen z hlediska zajištění a udržování požadovaných technologických podmínek při sušení (i při proměnných vnějších klimatických podmínkách), nýbrž i z hlediska úspory energie a úrovně technického řešení.

NĚKTERÉ BLIŽŠÍ POZNATKY Z KOMOROVÉ SUŠÁRNY CHMELE V JZD TŘEBOC, OKR. RAKOVNÍK, PLYNOFIKOVANÉ DVOJÍM SYSTÉMEM

Pro objasnění a získání bližších podkladů o rozdílech v jakosti usušeného chmele a o spotřebě energie na jednotku hmotnosti usušeného chmele při přímém nebo nepřímém ohřevu sušícího média byla za souhlasu ministerstva zemědělství a výživy a ve spolupráci Plynárny Úžín, n. p., podnik Chmelařství, o. p., Žatec a JZD Třeboc rekonstruována na farmě Třeboc komorová sušárna. Při rekonstrukci bylo u jedné části sušárny použito zařízení s přímým ohřevem sušícího média, u druhé části zařízení s nepřímým ohřevem sušícího média.

CHARAKTERISTIKA SYSTÉMŮ ZAŘÍZENÍ PRO PŘÍMÝ A NEPŘÍMÝ OHŘEV SUŠÍCIHO MÉDIA

Rekonstrukce byla provedena na typizované čtyřkomorové sušárně chmele s plochou 22,5 m na jednu komoru. Systém přímého ohřevu sušícího média byl umístěn v komoře I a II. Každá z komor měla vlastní nízkotlaký plynový hořák s ventilátorem. Přívod plynu byl vybaven plynoměrem a tlakoměrem. Systém nepřímého ohřevu sušícího média byl umístěn v komoře III a IV tak, že byl společný středotlaký plynový hořák a ventilátor pro obě komory, přičemž ohřátý vzduch, který prošel výmě-



3. Schéma rekonstruované komorové sušárny v JZD Třeboc

- 1 — ventilátor
- 2 — zařízení pro rozmístění sušícího média
- 3 — výměník tepla
- 4 — středotlaký plynový hořák
- 5 — nízkotlaké plynové hořáky
- 6 — ventilátory
- 7 — zařízení pro rozmístění sušícího média
- A — manipulační prostor
- B — skladovací prostor
- C — dopravní prostor

níkem, byl za použití míchacího zařízení rozváděn pro obě komory. Výstup sušícího média ze sušáren nebyl zajišťován ventilátory, nýbrž jen otevřenými okny, umístěnými v prostoru nad horní žaluzií. Výkon hořáků byl automaticky regulován pro všechny komory odděleně a dodržován na konstantní teplotě $+50^{\circ}\text{C}$ sušícího média pod podlahou vyvážecích vozíků, tj. před vstupem sušícího média do vrstvy chmele. Bližší uspořádání těchto zařízení v uvedené sušárně je patrné z obr. 3.

Ze zkoušek uskutečněných v sezóně v roce 1974 byly získány některé bližší poznatky charakterizující rozdíly mezi oběma systémy plynofikované sušárny.

CHARAKTERISTIKY SPOTŘEBY PLYNU U OBOU SYSTÉMŮ PŘI RŮZNÉ VELKÉM NÁSYPU CHMELE V ZÁVISLOSTI NA ČASE

Pro objasnění změn spotřeby svítiplynu, a tím i změn tepelného výkonu hořáků, popřípadě změn dodávek vzduchu do sušárny během časového cyklu mezi dvěma násypy, jakož i ke zjištění, jak se tato spotřeba plynu mění různou velikostí násypu (16 a 20 žoků), byla v krátkých časových intervalech měřena na plynoměrech spotřeba plynu a jeho tlak. Z těchto údajů byla pak přepočtena spotřeba plynu na Nm^3 .

Na základě zjištěných údajů byly vypracovány charakteristiky spotřeby svítiplynu v závislosti na čase pro oba dva systémy plynofikované sušárny (obráz. 3).

Po zhodnocení těchto charakteristik vyplývají pro objasnění proudění sušícího média vrstvami chmele komorové sušárny následující závěry.

1. Střední odpor, který klade vrstva chmele celé ploše komorové sušárny proti pronikajícímu sušícímu médiu během sušícího cyklu – mezi dvěma násypy (a odpovídajícímu vyprazdňování vozíků), můžeme považovat pro oba systémy za provozně stálý, i když automatická regulace vyvolává stálé mikrozměny výkonu. Tím je možné považovat za neproměnné množství procházejícího média vrstvami chmele, které se v důsledku toho během vysychání chmele mezi dvěma násypy v podstatě nemění. To nepotvrdilo dosavadní názory, že změna odporu chmele na horní žaluzii ovlivní rychlost proudění mezi dvěma násypy, pokud nevyvoláváme změnu tlakového spádu mezi prostorem nad horní vrstvou chmele ve vyvážecích vozítkách či vynášecích pásech.

2. Velikost středního odporu proti pronikání sušícího média vrstvou chmele je závislá na počtu a výšce násypů. Násyp 20 žoků klade větší odpor proti pronikání sušícího média než násyp 16 žoků. Proto, chceme-li zvyšovat výkonnost komorových sušáren, je třeba volit parametry ventilátoru nejen z hlediska vyšší dodávky vzduchu, ale i z hlediska jejich větší výtláčné nebo sací výšky. Jedině při správné volbě těchto parametrů včetně regulace budou schopny dodávat požadované množství vzduchu – sušícího média – k dosažení žádoucího optimálního sušícího režimu i při proměnném odporu, který vzniká v komoře. Jedná se především o ranní zahajování činnosti sušáren, kdy se zvětšuje počet násypů, nebo naopak o večerní dobíhání sušárny, kdy se počet násypů postupně v sušícím prostoru zmenšuje, a o každé vyvážení chmele. Změna odporu proti proudění a nerovnoměrnost v celé ploše komory může být způsobena změnou jakosti chmele i násypu, zejména výšky. Za příznivých kli-

matických podmínek (hlavně v poledne nebo za slunečného počasí s nízkou relativní vlhkostí vzduchu) bude vhodné velikost násypů zvýšit, aniž by se to mělo projevit ve snížení rychlosti pronikání sušícího média vrstvami chmele. Ventilátory s nízkou dopravní výškou a na ně navazující odsávací ventilátory s nízkou sací výškou, pokud neumožňují alespoň skokové regulace, nevytvářejí očekávané technické předpoklady pro zvýšení výkonnosti sušárny a zlepšení jakosti sušení.

3. Střední velikost odporu proti pronikání sušícího média celou vrstvou chmele v komorové sušárně (skládající se z několika dílčích vrstev na žaluziích, popř. vozících či vynášecích pásech) roste i při stejné celkové výšce vrstvy chmele rychleji, je-li tato výška sestavena z menšího počtu dílčích vrstev (tj. z větších násypů), než když je sestavena z více menších vrstev (z více menších násypů). Z vypracovaných charakteristik je patrné, že celkový odpor u hmoty chmele, sestavené v sušárně ze tří dílčích vrstev z násypů po 20 žocích (tj. celková výška všech vrstev v sušárně odpovídá 60 žokům), je větší než celkový odpor u hmoty chmele sestavené ze čtyř vrstev a odpovídající násypům o 16 žocích (tj. celkovému množství 64 žoků). Rozdíl sušícího výkonu mezi těmito dvěma náplněmi komorové sušárny činil asi 20 % ve prospěch vrstvy chmele odpovídající násypu 64 žoků.

VÝSLEDKY

HODNOTY TEPELNÉHO VÝKONU, DODÁVKY VZDUCHU, TEORETICKÉ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ, SKUTEČNÉ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ A DOPRAVNÍ ÚČINNOSTI

Hodnoty zjištěné pro podmínky sušení, uvedené na obr. 1, jsou patrné z tab. I.

I. Hodnoty tepelného výkonu, dodávky vzduchu, teoretické a skutečné rychlosti

Počet žoků	Komora	Množství plynu V_p m^3	Doba měření T min	Tepelný výkon Q $kcal\ min^{-1}$
16	I	100	100	3400
	II	90	100	3060
	III–IV	260	100	8850
20	I	89	100	3100
	II	82	100	2750
	III–IV	215	100	7300

Do jaké míry byla nižší dodávka vzduchu při náplni 12 žoků ve srovnání se 16 žoky ovlivněna prokluzem řemene při nastavení clony na sacím otvoru ventilátoru, popřípadě jiným způsobem, nebylo přesně zjištěno.

Z dosažených výsledků je patrné:

1. Nízká dopravní účinnost vyjadřuje poměr množství sušícího média prošlého nejhořejší vrstvou chmele k množství sušícího média – sušícího vzduchu, který byl ohřát buď ve výměníku při nepřímém ohřevu nebo ve směšovací komoře dodávaného vzduchu se zplodinami svítiplynu u přímého ohřevu. Tato nižší dopravní účinnost byla způsobena hlavně tím, že sušárna nebyla vybavena odsávacími ventilátory (ovšem vhodně dimenzovanými a umístěnými), které by podstatnou měrou přispěly k průchodu většiny ohřátého vzduchu – sušícího média – přes všechny vrstvy sušeného chmele.

Umístění jen spodních tlačných ventilátorů do komor vytváří přetlak v prostoru komory pod vozíky, což má za následek, že takto ohřáté a stlačené sušící médium se snaží uniknout z tohoto prostoru všemi netěsnostmi v sušící komoře, a tím často až polovina neprojde horními vrstvami chmele. Podtlak v sušící komoře, vyvolaný odsávacími ventilátory, by snížil velikost těchto ztrát netěsnostmi, a tím by i podstatně zlepšil dopravní účinnost.

2. Nízká dopravní výška tlakových ventilátorů způsobila, že při násypu 20 žoků kleslo v nežádoucí míře množství dopravovaného vzduchu (a tím i tepelný výkon teplovzdušného agregátu nebo hořáku), což se projevilo velkým poklesem výkonnosti sušárny.

CHARAKTERISTIKY ZMĚN KLIMATICKÝCH PODMÍNEK V ZÁVISLOSTI NA ČASE V DOBĚ MEZI DVĚMA NÁSYPY CHMELE

Při těchto zkouškách byl blíže objasněn průběh podmínek sušení při použití různého systému sušícího zařízení, zejména pak z hlediska vlivu atmosférických a klimatických podmínek, které se během sklizně chmele vždy mění a mohou proto mít vliv na vhodnost či nevhodnost jednotlivých systémů sušícího zařízení.

proudění vzduchu a dopravní účinnosti

Dodávka vzduchu ventilátorem V_s $m^3 s^{-1}$	Rychlost proudění vzduchu		Dopravní účinnost η %
	teoretická v_t $m s^{-1}$	skutečná v_z $m s^{-1}$	
5,30	0,235	$0,14 \pm 10 \%$	57
4,75	0,211	$0,12 \pm 12 \%$	56
4,80	0,213	$0,13 \pm 14 \%$	61
4,26	0,188	$0,11 \pm 16 \%$	59

Blíže podmínky pro uvedené tři pokusy:

A ... chmel sklizený ráno po dešti,

B ... velmi příznivé odpolední podmínky, tzn. nejnížší vlhkost vzduchu a nejvyšší teplota vzduchu,

C... vysoká vlhkost vzduchu ve večerních hodinách (70 %), která však v některých časových údobích může být ještě vyšší.

Zjištěné hodnoty byly zpracovány v charakteristice a jsou uvedeny na obr. 1 a 2.

Z charakteristik vyplývá:

1. Nepotvrdil se teoretický předpoklad uváděný výrobcí svítiplynu, že používání svítiplynu k přímému ohřevu sušícího média na $+50^{\circ}\text{C}$ se neprojeví výrazně ve zvýšení relativní vlhkosti sušícího média ve srovnání s nepřímým ohřevem sušícího vzduchu. Tento teoretický předpoklad byl zdůvodňován nízkým obsahem uhlovodíku ve svítiplynu a velkým směšovací poměrem, kdy na malý objem spalin od svítiplynu připadá velké množství ohřívajícího vzduchu. Do jaké míry byla zjištěná vyšší hodnota relativní vlhkosti u přímého ohřevu způsobena vyšším obsahem uhlovodíku nebo obsahem vodních par ve svítiplynu, nemohlo být v těchto provozních zkouškách zjištěno. Je však třeba s touto skutečností v provozu počítat zejména pokud se bude dále zkoumat, jak se projeví v zemědělské praxi přímý ohřev sušícího média u plynofikovaných komorových sušáren chmele.

2. Tyto zcela původní poznatky, které byly zjištěny pro oba porovnávané systémy plynofikované komorové sušárny chmele a které objasňují průběh charakteristik změn teplot a relativní vlhkosti sušícího média prošlého všemi vrstvami sušeného chmele v komoře (a tím objasňují i průběh změn sušícího režimu v sušící komoře) v údobí mezi dvěma násypy, podstatně objasňují procesy při sušení. Ukazují nám, že charakteristiky pro oba systémy mají zcela odlišný průběh v závislosti na čase.

Již z těchto poznatků vyplývá, že při přímém ohřevu sušícího média svítiplynem je zvýšené nebezpečí, že se zhorší jakost sušeného chmele zejména při větších násypech nebo za vlhkého počasí, stejně tak i vlivem změn jakosti svítiplynu, popřípadě změn jeho vlhkosti. Lze usuzovat, že to také z části vysvětluje změny v jakosti chmele sušeného v plynofikovaných sušárnách, i když měly svědomitou a školenou obsluhu.

Při realizaci přímého ohřevu sušícího média svítiplynem je třeba vybavit pracoviště příslušnými měřicími přístroji, aby obsluha sušárny měla možnost účinně a vhodně reagovat i na změny v jakosti a vlhkosti svítiplynu.

Při obecném posouzení charakteristik získaných z obou porovnávaných systémů je možné usuzovat (pokud se budou opakovat rozdíly mezi charakteristikami při použití obou systémů plynofikované komorové sušárny i pro obvody jiných plynáren), že při stejném množství dodávaného sušícího média, které projde vrstvou chmele při sušení, by měl sušící proces u nepřímého ohřevu sušícího média (vzduchu) probíhat rychleji než u ohřevu přímého.

3. Z charakteristik pro oba systémy plynofikované sušárny také vyplývá, že pro zajištění dobré jakosti sušeného chmele je třeba dosáhnout proměnného množství prostupu sušícího média vrstvami sušeného chmele za jednotku času (zabudovat regulaci), aby alespoň prvních 40 až 60 minut po násypu se podstatně zvýšil tlakový spád, a tím i rychlost proudění sušícího média a aby relativní vlhkost v první etapě sušení nebyla nikdy vyšší než 75 až 80 % (pro silnější vrstvu chmele nižší hodnota relativní vlhkosti). Hodnota relativní vlhkosti vyplynula ze zjištěné nerovnoměr-

nosti rychlosti proudění sušicího média vrstvami chmele v celé ploše komory v místech nad horní žaluzií. Tato nerovnoměrnost ovlivňuje i relativní výši vlhkosti.

DISKUSE

Pro bližší objasnění vhodnosti přímého ohřevu sušicího média u komorových sušáren, zejména z hlediska průběhu sušicího režimu v závislosti na čase při použití přímého ohřevu sušicího média, nám získané poznatky ukazují, že je podstatně odlišný průběh sušicího režimu – hlavně teploty a relativní vlhkosti sušicího média v závislosti na čase – při nepřímém ohřevu vzduchu než u navrhovaného způsobu s přímým ohřevem média. Tak se nepotvrdil teoretický předpoklad, že přímý ohřev sušicího média nezmění průkazným způsobem obsah relativní vlhkosti a že rovněž průběh změn teplot sušicího média bude pro přímý i nepřímý ohřev shodný.

Do jaké míry byly tyto rozdíly ovlivněny změnou složení obsahu uhlovodíku ve svít plynu, popřípadě změnou vlhkosti – obsahu vodních par ve svít plynu, nemohlo být za provozních podmínek objasněno.

Je však třeba s touto skutečností při přímém ohřevu sušicího média spalováním svít plynu počítat a při dalším výzkumu blíže objasnit, jaký vliv bude mít tento odlišný sušicí režim ve srovnání s nepřímým ohřevem vzduchu na jakost sušeného chmele, na výkonnost sušárny, popřípadě zjistit, jak celý režim v sušárně regulovat, aby se vyloučily důsledky nepříznivých vlivů.

ZÁVĚR

Zjištěné poznatky potvrzují, že s plynifikací sušáren chmele je výhodné počítat nejen při návrhu a výrobě nových typů, nýbrž i při rekonstrukci dalších typů sušáren, zejména komorových.

V problematice používání přímého ohřevu sušicího média spaliny od svít plynu výsledky opět potvrdily nadějnost tohoto řešení z hlediska zjednodušení sušárenského zařízení (odpadá výměník a odvod spalin), ale současně ukázaly svými charakteristikami v průběhu relativní vlhkosti a teplot sušicího média za údobí mezi dvěma násypy, že přímý ohřev sušicího média bude vyžadovat, aby při stejné výkonnosti sušárny bylo dodáváno (a tím i ohříváno) větší množství vzduchu než u nepřímého ohřevu. To se projeví ve snížení očekávaných energetických úspor.

Dále z těchto charakteristik vyplývá, že bude při přímém ohřevu zvýšené nebezpečí, že se zhorší jakost sušeného chmele zvýšené relativní vlhkosti sušicího média, zejména v prvním údobí po násypu. Tato zvýšená relativní vlhkost bývá ovlivněna nejen změnou technického zařízení v sušárně nebo sušicími podmínkami vyplývajícími z dodávaného materiálu nebo z atmosférických podmínek, ale i změnou v jakosti a obsahu vody ve svít plynu. Přímý ohřev sušicího média bude proto vyžadovat vybavení sušárny nejen přístroji k měření změny podmínek, ale i přístroji k měření jakosti používaného svít plynu. Dále bude třeba přednostně tyto sušárny vybavovat regulací množství dodávaného vzduchu, jeho ohřevu a tlakového spádu jak v sušicím prostoru, tak i mezi horní a spodní vrstvou sušeného chmele.

ГОШЕК Й., АНДЕРТ Д. (Единый сельскохозяйственный кооператив, Ржевничов, Чешское высшее учебное техническое заведение, Прага, Чехословакия). *Применение бытового газа в камерных сушилках хмеля*. Zem. technika 21 (11) : 691-703, 1975.

Одним из путей экономии энергии при сушке хмеля является применение прямого подогрева сушильной среды продуктами сгорания бытового газа. Существующие данные об этом способе подогрева сушильной среды, полученные в Госхозе в Ловосицах работниками газового завода Ужин и проверенные Государственной испытательной станцией сельскохозяйственных и лесных машин в Прага - Ржепах, показали реальную возможность применения этого способа сушки хмеля. Из невыравненности качества хмеля, однако, вытекает потребность еще ближе познать этот технологический процесс. Поэтому в ЕСХК Тржебоц у Раковника была построена экспериментальная камерная сушилка хмеля, половина которой была оснащена оборудованием для прямого подогрева, а другая половина — оборудованием для косвенного подогрева. Полученные данные подтвердили, что газификация приемлема как в новых, так и в реконструированных сушилках, особенно камерных. Полученные характеристики кривой относительной влажности и температур сушильной среды за период между двумя загрузками показали, что прямой подогрев сушильной среды потребует повышения контроля режима сушки, так как у этого способа возрастает опасность, что ухудшится качество хмеля. Эта опасность заключается, главным образом, в повышении относительной влажности сушильной среды, вызванной не только внешними атмосферными условиями поставляемого воздуха, или поставляемым материалом, но и продуктами сгорания. Водяные пары в продуктах сгорания, однако, являются не только последствием сжигания углеводорода, а зависит также от содержания водяных паров в бытовом газе.

газификация сушилок хмеля; прямой подогрев сушильной среды; режим сушки в камерной сушилке хмеля

HOŠEK J., ANDERT D. (Unified Agricultural Co-operative, Řevničov, Czech Technical College, Praha, Czechoslovakia). *Use of Lighting Gas in Chamber Hop-Drying Kilns*. Zem. technika 21 (11) : 691-703, 1975.

One of the ways of energy-saving during hop drying is offered by the use of the direct heating of the drying medium by means of lighting gas combustion wastes. The existing information and data on this method of the heating of the drying medium, obtained by the workers of the Úžín gasworks on the Lovosice state farm and checked by the State Testing Station for Farm and Forest Machines at Praha-Repy, have shown the real possibility of the use of this method of hop drying. However, the lack of uniformity in the quality of hops necessitated the need for further explanation of this technological process. For this reason, an experimental chamber drier was built on the Třeboc co-operative farm in the Rakovník district. A half of this hop drier was equipped by direct heating installations and the other half by installations for indirect heating. The findings confirmed again that the introduction of gas is possible both in new driers and in older, but re-built driers, especially in those of chamber type. The characteristics of the courses of relative moisture contents and temperatures of the drying medium for the time between two fillings have shown that the direct heating of the drying medium will require an intensified control of the drying régime because the hazard of worsened hop quality is higher with this method. This hazard is due mainly to an increased relative humidity of the drying medium caused not only by the external atmospheric conditions of supplied air or supplied material, but also by combustion wastes. However, besides being the result of carbohydrate combustion, the presence of water vapour in combustion wastes depends also on the content of water vapours in lighting gas.

introduction of gas in hop driers; direct heating of a drying medium; drying régime in a chamber hop drier

HOŠEK J., ANDERT D. (Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft, Řevničov, Tschechische technische Universität, Praha, Tschechoslowakei). *Stadtgasverwendung in Hopfenkammertrocknern*. Zem. technika 21 (11) : 691-703, 1975.

Als einer der Wege für die Energieeinsparung bei der Hopfentrocknung bietet sich die Anwendung der direkten Erwärmung des Trocknungsmediums durch Stadtgasverbrennungsprodukte an. Die bisherigen Erkenntnisse über dieses Verfahren der Erwärmung des Trocknungsmediums, die von den Mitarbeitern des Gaswerkes Úžín auf dem Staatsgut Lovosice gewonnen und von der Staatlichen Prüfstelle für Land-

und Forstmaschinen in Praha-Řepý überprüft wurden, ergaben die reale Möglichkeit für die Anwendung dieses Verfahrens der Hopfentrocknung. Die unausgeglichene Hopfenqualität ließ jedoch den Bedarf erkennen, diesen technologischen Prozeß noch näher aufzuklären. Daher wurde in der LPG Třeboc bei Rakovník ein experimenteller Hopfenkammertrockner gebaut, der in einer Hälfte mit der direkten Erwärmungsanlage, in der anderen Hälfte mit der Anlage für indirekte Erwärmung ausgestattet wurde. Die ermittelten Erkenntnisse haben wiederum bestätigt, daß die Gasifizierung sowohl bei den neuen als auch bei umgebauten Trocknern, besonders Kammertrocknern, geeignet ist. Die ermittelten Charakteristiken der Verläufe von relativen Feuchtigkeits- und Temperaturwerte des Trocknungsmediums im Zeitabschnitt zwischen zwei Beschickungsvorgängen haben gezeigt, daß die direkte Erwärmung des Trocknungsmediums eine gesteigerte Kontrolle des Trocknungsregimes erfordert wird, denn bei diesem Verfahren wächst die Gefahr der Hopfengüteverschlechterung an. Diese Gefahr besteht hauptsächlich in der gesteigerten relativen Feuchtigkeit des Trocknungsmediums, die nicht nur durch äußere atmosphärische Zuluftbedingungen oder zugeführte Masse, sondern auch durch Verbrennungsprodukte verursacht wird. Die Wasserdämpfe in den Verbrennungsprodukten sind allerdings nicht nur die Folge der Kohlenwasserstoffverbrennung, sondern hängen auch von dem Wasserdampfgehalt im Stadtgas ab.

Gasifizierung von Hopfentrocknern; direkte Erwärmung des Trocknungsmediums; Trocknungsregime im Hopfenkammertrockner

Došlo dne 2. 4. 1975

Rukopis odevzdán k tisku 30. 9. 1975 — Podepsáno k tisku 30. 1. 1976

Adresy autorů:

Ing. Josef Hošek, JZD Vítězný únor, 270 54 Řevničov, okr. Rakovník
D. A n d e r t, České vysoké učení technické, Suchbátarova 4, 160 00 Praha 6 - Dejvice

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 12 časopisu

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

budou uveřejněny následující články:

- M. Velebil, M. Smíšek: Příklad na měření konzistence výkalů v živočišné výrobě
- J. Fiala, A. Jelínek: Chlazení tvarovaných krmiv
- M. Špelina: Využívání vybraných strojů na střediscích těžké mechanizace
- J. Kolínský: Problémy technologie leteckého výsevu obilovin
- H. Jelínková: Tepelná bilance vnitřního prostoru skleníku v letním období

Groda B.: Třecí poměry pasivních plužních těles	637
Šmíd J., Dračínský P., Opočenský J.: Výpočty a měření stěnových tlaků obilí v modelu ocelového sila	651
Mládek J., Miláček M.: Dielektrické vlastnosti pšenice, mouky a šrotu pro kontinuální měření vlhkosti mikrovlnnou metodou	665
Novotný F.: Základní zákonitosti porušování zemědělské techniky	677
Hošek J., Andert D.: Používání svítiplynu v komorových sušárnách chmele	691

СОДЕРЖАНИЕ

Грода Б.: Режим трения у пассивных корпусов плуга	648
Шмид Й., Драчински П., Опоченски Й.: Расчеты и измерения давления зерна на стены модели стального зернохранилища	662
Младек Й., Милачек М.: Диэлектрические свойства пшеницы, муки и шрота при непрерывном измерении влажности по микроволновому методу	676
Новотны Ф.: Основные закономерности нарушения сельскохозяйственной техники	689
Гошек Й., Андерт Д.: Применение бытового газа в камерных сушилах хмеля	702

CONTENT

Groda B.: Friction Conditions of Passive Plough Bottoms	648
Šmíd J., Dračínský P., Opočenský J.: Calculations and Measurements of Wall Pressures of Grain in a Steel Silo Model	662
Mládek J., Miláček M.: Dielectric Characteristic of Wheat, Flour, and Groats for the Continual Measurement of Moisture by the Micro-Wave Method	676
Novotný F.: The Fundamental Regularities of the Failures of Agricultural Machines	689
Hošek J., Andert D.: Use of Lighting Gas in Chamber Hop-Drying Kilns	702

INHALT

Groda B.: Reibungsverhältnisse von passiven Pflugkörpern	648
Šmíd J., Dračínský P., Opočenský J.: Berechnungen und Messungen der Getreidewanddrücke in Stahlsilomodellen	662
Mládek J., Miláček M.: Dielektrische Weizen, Mehl- und Schroteigenschaften für die stetige Feuchtigkeitsmessung mittels der Mikrowellenmethode	676
Novotný F.: Grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Zerstörung von Landtechnik	690
Hošek J., Andert D.: Stadtgasverwendung in Hopfenkammertrocknern	702

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.