

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

4

ROČNÍK 23 (L)
PRAHA
DUBEN 1977
CENA 10 Kčs
CS ISSN 0044-3883

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDELSTVÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Rídí redakční rada

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

Za vedení časopisu odpovídá ing. Jiří Fiala, CSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavičková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1977

■

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozbor a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. 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. Издаёт Чехословацкая сельскохозяйственная академия — Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезска 7.

■

The scientific journal ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the agricultural mechanization. Published by the Czechoslovak Academy of Agriculture — Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. 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 von der Tschechoslowakischen landwirtschaftlichen Akademie — Institut für wissenschaftlich-technische Information der Landwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion 120 56 Praha 2, Slezská 7.

TEORETICKÝ ROZBOR NĚKTERÝCH PRINCIPŮ VYSAZOVACÍHO ÚSTROJÍ SÁZEČŮ BRAMBOR

Z. Příhoda

PŘÍHODA, Z. (Výzkumný ústav zemědělských strojů, Praha - Chodov): *Teoretický rozbor některých principů vysazovacího ústrojí sázečů brambor*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (4): 183—201.

Jedním z uzlů sázečů předklíčených brambor, který má vliv na přesnost rozmístění vysázených hlíz v řádku a na poškození a ulámaní klíčků, jsou vysazovací ústrojí. Teoretické rozborů se týkají tři principů vysazovacího ústrojí — lžičkového Cramer, pásového Smallford Rotaplanter a strunového De Vries Structural. Pro zhodnocení kvality práce byla zavedena tato kritéria: vzájemný posun těsně za sebou vypadávající malé a velké hlízy při jejich uložení v brázdě, teoretická délka odskoku poukazující na možnost odkutálení hlíz z místa dopadu a modelová výška výpadu poukazující na možnost poškození a ulámaní klíčků. Z výsledků teoretických úvah vychází doporučení požadovat velmi jemné třídění sadby a dokonale zkyprnění dna brázdy, do níž se hlízy ukládají. Dodržením těchto požadavků se zlepší kvalita výsadby brambor.

vysazovací ústrojí lžičkové, pásové, strunové; vzájemný posun vypadávajících hlíz; teoretická délka odskoku; modelová výška výpadu; poškození klíčků; ulámaní klíčků; třídění sadby; zkyprnění dna brázdy

Sázení nepředklíčených brambor je v našem zemědělství plně mechanizováno díky známým a osvědčeným sázečům vyráběným v n. p. Agrostroj Prostějov. V celém světě však dosud není uspokojivě vyřešena výsadba předklíčených brambor. Tento problém spočívá především v tom, že klíčky vyrostlé na hlíze během předklíčování jsou většinou křehké, málo odolné proti nárazům a lehce se při průchodu strojem a při výpadu z něho ulomí nebo poškodí. Tím se výhodnost předklíčování snižuje. Také přesnost uložení hlíz v řádku hraje nemalou roli při dalším vývoji jak nadzemní, tak i podzemní části rostliny.

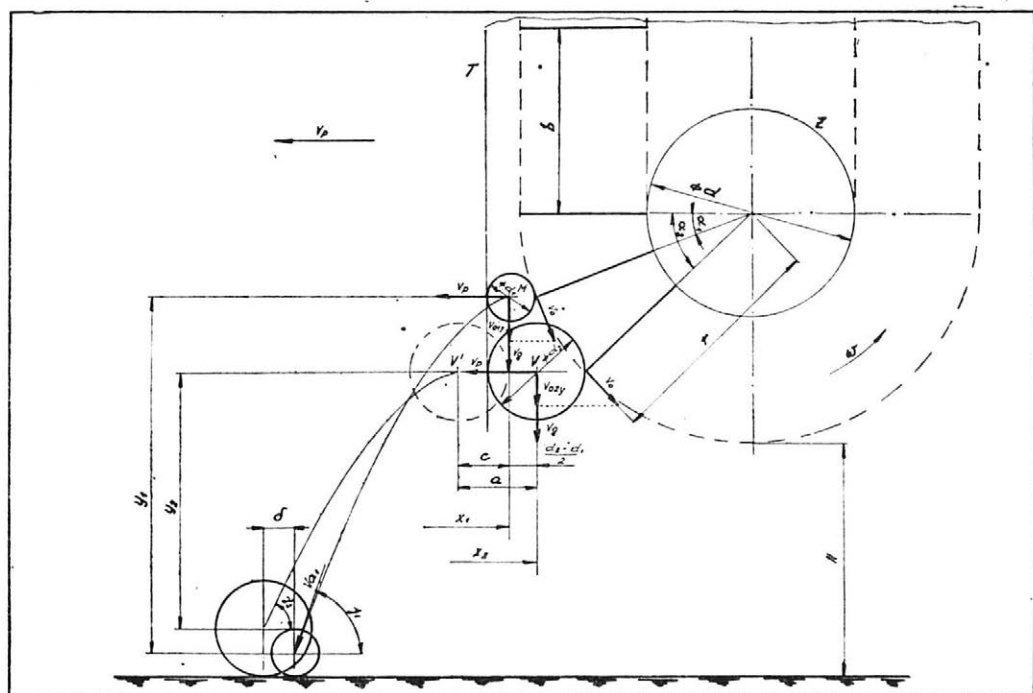
Klíčky se poškozuji a ulamují při manipulaci se sadbou, při průchodu sadby sázečem i při výpadu z něho. Jestliže dávkovací zařízení pracuje bez chyb, je přesnost výsadby ovlivněna především vysazovacím orgánem. Vzhledem k tomu, že pro přesnost výsadby, jakož i pro poškození a ulamování klíčků je jedním z ovlivňujících pracovních uzlů vysazovacího ústrojí sázečů, jsou dále uvedené rozborů provedeny pro tato ústrojí.

Posuzovali jsme teoreticky tři známé principy vysazovacího ústrojí — Cramer, Smallford Rotaplanter a De Vries Structural — a porovnávali jsme jejich vliv na přesnost uložení hlíz v řádku a na ulomení a poškození klíčků na hlíze při jejím vypuštění ze stroje. Tyto rozvahy lze však analogicky použít i pro výsadbu nepředklíčených brambor.

MATERIÁL A METODY

POPIS VYSAZOVACÍCH ÚSTROJÍ

Princip Cramer — svislá větev vysazovacího řetězu je v přední části zakryta tunelem, aby hlízy ležící na zadní části nabíracích misek byly vedeny až k místu výpadu. V místě výpadu tunel končí a hlízy sklouzávají po dnu misky do brázdy (obr. 1).



1. Schéma výpadu a chyba v rozložení hlíz na zemi u sázeče principu Cramer — A diagram of tuber fall and the error in the distribution of tubers on the ground — the Cramer type of planter

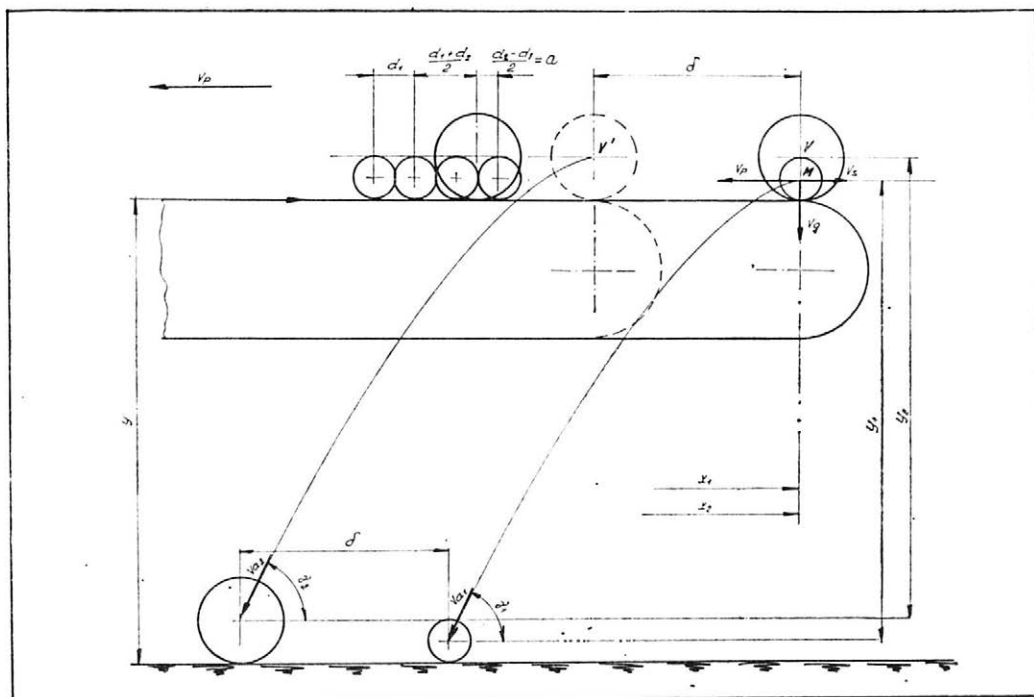
Princip Smallford Rotaplanter — hlízy seřazené na dvou vodorovných pásových dopravnících s drsným povrchem, skloněných proti sobě do tvaru písmene V, jejichž obvodové rychlosti jsou rozdílné v poměru 1 : 2, vypadávají na konci těchto dopravníků (v opačném smyslu než je pojezdová rychlost) do brázdy (obr. 2).

Princip De Vries Structural — hlízy seřazené na strunovém loži tvaru V vypadávají do brázdy v soulase s pojezdovou rychlostí; v místě výpadu jsou usměrňovány přítlačným kotoučem z pěnové plastické hmoty (obr. 3).

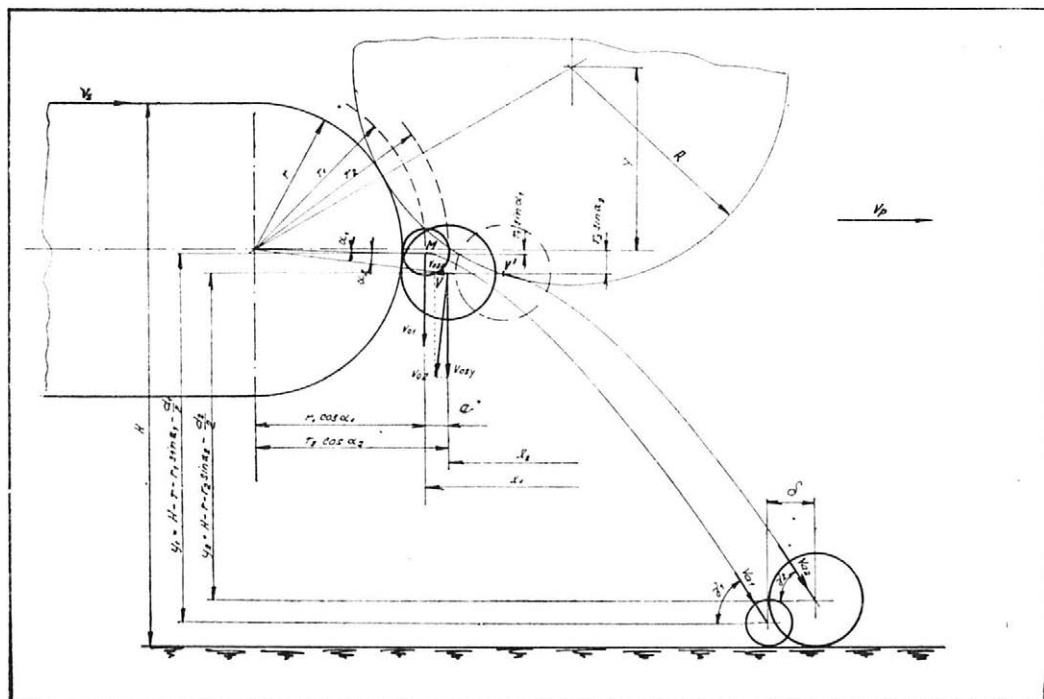
TEORETICKÉ PŘEDPOKLADY

Rozbory vysazovacích principů jsou uskutečněny za těchto předpokladů:

1. hlízy byly nahrazeny koulemi o průměru $d_1 = 0,03$ m a $d_2 = 0,06$ m;
2. hlízy při výpadu nemají druhotný pohyb — nerotují;
3. nepočítá se s odporem vzduchu;



2. Schéma výpadu a chyba v rozložení hlíz na zemi u sázeče principu Smallford-Rotaplanter — A diagram of tuber fall and the error in the distribution of tubers on the ground — the Smallford-Rotaplanter type of planter



3. Schéma výpadu a chyba v rozložení hlíz na zemi u sázeče typu De Vries — A diagram of tuber fall and the error in the distribution of tubers on the ground — the De Vries type of planter

4. hlízy jsou do vysazovacího ústrojí správně a pravidelně dávkovány;
5. nastavená rozteč hlíz na zemi byla zvolena $s = 0,3$ m;
6. rozvahy byly dělány pro pojezdové rychlosti 4, 6 a 8 km h⁻¹, což odpovídá frekvenci výsadby (podle bodu 5) 222, 333 a 444 hlíz za minutu.

HODNOTITELSKÉ PARAMETRY

Pro posouzení byly použity tyto hodnotitelské parametry:

1. Posun δ , vznikající při výsadbě malé a velké hlízy, které vypadávají bezprostředně za sebou z vysazovacího orgánu. Tento posun způsobuje zvětšení nebo zmenšení nastavené rozteče hlíz na zemi. Podle jednotných agrotechnických požadavků (ATP) států RVHP smí odchylka uložení hlíz při rozteči $s = 0,3$ m dosahovat hodnoty maximálně 0,06 m.

2. Teoretická délka odskoku L (Kalina, 1976), která v sobě zahrnuje vliv úhlu dopadu a dopadové rychlosti hlízy na možnost jejího odkutálení z místa dopadu. Čím větší je tato teoretická délka odskoku, tím větší je i pravděpodobnost, že se ulomí a poškodí klíčky.

3. Modelová výška výpadu h , která názorně poukazuje na možnost poškození a ulámání klíčků. Je teoretickým pojmem a znamená, že svislá složka absolutní dopadové rychlosti je tak velká, jaká by byla dopadová rychlost hlízy, vypuštěné počáteční rychlostí rovné nule, z této modelové výšky, vlivem volného pádu. Z měření ve VÚZS (Příhoda, 1976) vyplývá, že při vypuštění malé hlízy z výšky 0,35 m a velké hlízy z výšky 0,25 m na tuhou podložku se klíčky již poškozuji nebo ulamují.

VÝSLEDKY

TEORETICKÉ ROZBORY VYSAZOVACÍCH ÚSTROJÍ

Ústrojí principu Cramer (obr. 1)

Hlíza opouští stroj v okamžiku, kdy prostor mezi čelem tunelu T a miskou je tak velký, že hlíza jím propadne. Malá hlíza opouští misku v místě M , kde tato miska svírá s vodorovnou rovinou úhel α_1 . Velká hlíza opouští misku v místě V , kde tato miska svírá úhel α_2 . Počáteční rychlost brambor při opouštění sázeče vyplývá z obvodové rychlosti v_o misky. Při vypuštění hlízy ze stroje se hlíza pohybuje ještě dále pojezdovou rychlostí v_p a rychlostí volného pádu v_g .

Protože sázeč je poháněn od vlastního pojezdového kola, je teoretická rozteč hlíz na zemi ($s = 0,3$ m) stále stejná při jakékoliv pojezdové rychlosti sázeče: je možno ji měnit pouze změnou převodů mezi pojezdovým kolem a řetězkou Z .

Pro konkrétní výpočty byly vybrány tyto parametry:

hlízy... $d_1 = 0,03$ m	výsadby... $s = 0,3$ m
$d_2 = 0,06$ m	$\alpha_1 = 22^\circ$
	$\alpha_2 = 45^\circ$
stroje... $r = 0,145$ m	$y_1 = 0,225$ m
$d = 0,130$ m	$y_2 = 0,164$ m
$b = 0,100$ m	$v_p = 4, 6, 8$ km h ⁻¹
$H = 0,130$ m	

Pro požadovanou rozteč hlíz na zemi s a danou pojezdovou rychlost v_p bude frekvence sázení

$$f = \frac{v_p}{s} \quad (1)$$

Zároveň je frekvence sázení dána počtem hlíz P , prošlých výpadním otvorem za jednu otáčku řetězky Z a počtem otáček této řetězky za 1 minutu

$$f = P \cdot n \quad (2)$$

Počet hlíz P lze zjistit ze vztahu

$$P = \frac{\pi \cdot d}{b} \quad (3)$$

Řešením těchto tří rovnic zjistíme otáčky n řetězky Z

$$n = \frac{v_p \cdot b}{s \cdot \pi \cdot d} \quad (4)$$

Obvodová rychlost misky v době opouštění hlízy je

$$v_o = 2\pi r \cdot n \quad (5)$$

Počáteční svislá rychlost malé hlízky opouštějící stroj je

$$v_{o1y} = v_o \cdot \cos \alpha_1 \quad (6)$$

Pro velkou hlízu je tato rychlost

$$v_{o2y} = v_o \cdot \cos \alpha_2 \quad (7)$$

Malá hlíza má po opuštění stroje z bodu M tyto rychlosti:

$$\begin{aligned} v_p & \text{ — pojezdová rychlost způsobující pohyb v horizontálním směru,} \\ v_{o1y} & \text{ — složka obvodové rychlosti misek, způsobující pohyb ve vertikálním směru,} \\ v_g & = \sqrt{2g y_1} \text{ — rychlost volného pádu.} \end{aligned}$$

Dráha v horizontálním směru (z bodu M) je

$$x = v_p \cdot t \quad (8)$$

Dráha ve vertikálním směru (z bodu M) je

$$y = v_{o1y} \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (9)$$

Vyloučením času t dostaneme rovnici dráhy letu malé hlízy:

$$y_1 = \frac{v_{01y}}{v_p} \cdot x_1 + \frac{g}{2 \cdot v_p^2} \cdot x_1^2 \quad (10)$$

Pravá strana rovnice (10), uvažujeme-li malou hlízu, má členy, které pro zjišťované x_1 jsou dány parametry stroje a získají se výpočtem rovnic (1) – (6). Pro konkrétní výpočet jsou brány pouze kladné hodnoty kořenů rovnice (10).

Stejným postupem obdržíme i rovnici dráhy letu velké hlízy:

$$y_2 = \frac{v_{02y}}{v_p} \cdot x_2 + \frac{g}{2 \cdot v_p^2} \cdot x_2^2 \quad (11)$$

Výpadová výška $y_2 < y_1$, neboť úhel vypouštění $\alpha_2 > \alpha_1$ (pro konstantní H).

Protože velká hlíza je vypouštěna později, až po pootočení misky z polohy α_1 do polohy α_2 , ujede za tu dobu, při stejné nastavené rozteči $s = 0,30$ m, dráhu

$$a = v_p \cdot t \quad (12)$$

$$\text{kde: } t = \frac{1(\alpha_2^\circ - \alpha_1^\circ)}{n \cdot 360^\circ} \quad (13)$$

z bodu V do bodu V' . Skutečné posunutí v horizontálním směru od bodu M je

$$c = a - \left(\frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2} \right) \quad (14)$$

Tento posuv je pro zvolené parametry stále stejný a nezáleží na pojezdové rychlosti (je zřejmé po dosazení rovnice (4) do rovnic (13) a (12)). Výsledný rozdíl vzdálenosti dopadu malé a velké hlízy $\delta = (x_2 - a + c - x_1)$ na dno brázdy je uveden v tab. I.

I. Přehled teoretických hodnot výsadby posuzovaných principů sázečů – A survey of the theoretical values of planting by means of planters of the mentioned types

Princip sázeče	Pojezdová rychlost v_p km h ⁻¹	Frekvence sázení f ks min ⁻¹	Posun δ m	Teoretická délka odkoku		Modelová výška výpadu	
				L_1 m	L_2 m	h_1 m	h_2 m
Cramer	4	222	0,028	0,559	0,456	0,564	0,380
Smallford-Rotaplanter			0,150	0,713	0,713	0,410	0,410
De Vries Structural			0,090	0,451	0,425	0,368	0,346
Cramer	6	333	0,028	0,947	0,771	0,791	0,520
Smallford-Rotaplanter			0,150	1,071	1,071	0,410	0,410
De Vries Structural			0,099	0,682	0,640	0,389	0,366
Cramer	8	444	0,028	1,461	1,168	1,056	0,684
Smallford-Rotaplanter			0,150	1,420	1,420	0,410	0,410
De Vries Structural			0,109	0,888	0,856	0,404	0,387

Znamená to, že různá velikost hlízy ($\varnothing$ 30 mm a $\varnothing$ 60 mm) způsobuje již rozdíl v uložení hlíz na zemi (28 mm). Další nepřesnost uložení hlíz v brázdě může způsobit sklon její absolutní dráhy letu a dopadová rychlost.

Pro další rozvažu o vlivu těchto dvou parametrů stanovíme nejdříve velikost úhlu dopadu a velikost absolutní dopadové rychlosti. Budeme předpokládat, že hlíza dopadne na tuhoun podložku a odrazí se od ní pod úhlem, rovným úhlu dopadu (γ) počáteční rychlostí, rovnou velikosti absolutní dopadové rychlosti. Potom teoretická délka odskoku od původního místa dopadu bude

$$L = \frac{v_a^2}{g} \cdot \sin 2\gamma \quad (15)$$

(rovnice (15) udává vzdálenost dopadu tělesa při šikmém vrhu vzhůru počáteční rychlostí v_a pod úhlem γ při zanedbání odporu prostředí).

Čím větší bude tato teoretická délka odskoku, tím větší bude pravděpodobnost odkulení hlízy z místa dopadu na skutečně zrypřené dno brázdy.

Sklon absolutní dráhy letu v okamžiku dopadu malé hlízy na dno brázdy lze zjistit první derivací rovnice (10) a (11)

$$\begin{aligned} y &= \frac{v_{o1y}}{v_p} \cdot x + \frac{g}{2 \cdot v_p^2} \cdot x^2 \\ y' &= \frac{v_{o1y}}{v_p} + \frac{g}{v_p^2} \cdot x \end{aligned} \quad (16)$$

Pro velkou hlízu platí

$$\begin{aligned} y &= \frac{v_{o2y}}{v_p} \cdot x + \frac{g}{2v_p^2} \cdot x^2 \\ y' &= \frac{v_{o2y}}{v_p} + \frac{g}{v_p^2} \cdot x \end{aligned} \quad (17)$$

Směrnice tečny pro malou hlízu v jednotlivých bodech x_1 je

$$k = \frac{v_{o1y}}{v_p} + \frac{g}{v_p^2} \cdot x_1 = \operatorname{tg} \gamma_1 \quad (18)$$

Pro velkou hlízu je rovnice (18) upravena na výraz

$$k = \frac{v_{o2y}}{v_p} + \frac{g}{v_p^2} \cdot x_2 = \operatorname{tg} \gamma_2$$

- Velikost absolutní rychlosti v místě dopadu pro malou hlízu je (viz obr. 1)

$$v_{a1} = \frac{v_p}{\cos \gamma_1} \quad (19)$$

a pro velkou hlízu

$$v_{a2} = \frac{v_p}{\cos \gamma_2} \quad (20)$$

Dosažením rovnice (19) do rovnice (15) dostaneme výraz pro teoretickou délku odskoku malé hlízy

$$L_1 = \frac{2v_p^2}{g} \cdot \operatorname{tg} \gamma_1 \quad (21)$$

a analogicky pro velkou hlízu

$$L_2 = \frac{2v_p^2}{g} \cdot \operatorname{tg} \gamma_2 \quad (22)$$

Teoretické délky odskoku malé a velké hlízy jsou uvedeny v tab. I.

Dopadová rychlost hlízy na dno brázdy (její směr a velikost) ovlivňuje tedy nepřesnost uložení hlízy; má však vliv i na poškození a ulámání klíčků. Její svislá složka v místě dopadu (pro malou hlízu)

$$v_{a1y} = v_{o1y} + \sqrt{2gy_1} \quad (23)$$

může způsobit poškození klíčků především jejich rozdrčením v případě, že dno brázdy je utužené. Její vodorovná složka (způsobená při výpadu ze stroje) je rovna pojezdové rychlosti v_p a může svým růstem zvyšovat možnost ulamování a poškození klíčků otěrem o tuhé dno brázdy.

Pro stanovení modelové výšky výpadu položíme svislou složku v_{a1y} absolutní dopadové rychlosti malé hlízy rovnu rychlosti volného pádu, tj.:

$$v_{a1y} = v_{o1y} + \sqrt{2gy_1} = \sqrt{2gh} \quad (24)$$

Potom modelová výška

$$h_1 = \frac{(v_{o1y} + \sqrt{2gy_1})^2}{2g} \quad (25)$$

pro malou hlízu a analogicky

$$h_2 = \frac{(v_{o2y} + \sqrt{2gy_2})^2}{2g} \quad (26)$$

pro velkou hlízu.

Různé modelové výšky h_1 a h_2 pro různé pojezdové rychlosti a obě velikosti brambor jsou uvedeny v tab. I. Z ní vyplývá, že již při pojezdové rychlosti $v_p = 4 \text{ km h}^{-1}$ jsou překračovány povolené výšky volného pádu a že při dopadu na tuhou podložku (ztužené dno brázdy) se mohou klíčky poškozovat a ulamovat.

Ústrojí principu Smallford Rotaplanter (obr. 2)

Oba vysazovací pásy tvořící korýtko mají různou rychlost; rozdíl rychlostí uspořádává hlízy před výpadem do souvislého řadu vzájemně se dotýkajících hlíz. Potom střední rychlost pohybu hlíz v místě před výpadem z pásů bude

$$v_s = \frac{v_{lp} + v_{pp}}{2} \quad (27)$$

Časový interval vypadávání malých hlíz do brázdy bude

$$t_1 = \frac{d_1}{v_s} \quad (28)$$

U velkých hlíz bude tento interval

$$t_2 = \frac{d_2}{v_s} \quad (29)$$

a u malé a velké hlízy, které v řadě bezprostředně sousedí, za předpokladu, že není uvažován přesah způsobený zaoblením hlíz, bude

$$t_{12} = \frac{d_1 + d_2}{2v_s} \quad (30)$$

Za dobu t_1 ujede sázeč dráhu rovnou rozteči vysázených hlíz

$$s = t_1 \cdot v_p = \frac{d_1}{v_s} \cdot v_p$$

Je-li požadována rozteč $s = 0,30$ m u malých brambor, bude muset být střední rychlost pásů

$$v_{s1} = \frac{d_s}{s} \cdot v_p \quad (31)$$

Pro dosazení známých hodnot za d_1 a s bude

$$v_{s1} = 0,10 v_p \dots \text{pro malé brambory } (d_1 = 30 \text{ mm}) \quad (32)$$

$$v_{s2} = 0,20 v_p \dots \text{pro velké brambory } (d_2 = 60 \text{ mm}) \quad (34)$$

$$v_{s12} = 0,15 v_p \dots \text{pro velký a malý brambor (za sebou následující)} \quad (34)$$

Je vidět, že pro jednu požadovanou rozteč brambor na zemi je nutno seřadit pro různé velikosti brambor převody mezi hnacím kolem sázeče a hnacími řemenicemi pásů.

Při střední rychlosti pásů v_{s1} (nastavené pro malé brambory s roztečí $s = 0,3$ m na zemi) opouští malá hlíza stroj z bodu M rychlostmi

v_p — pojezdová rychlost způsobující pohyb hlízy v horizontálním směru,

v_{s1} — střední hodnota rychlosti pásů stejného směru jako pojezdová rychlost, avšak opačného smyslu,

v_g — rychlost volného pádu.

Dráha hlízy v horizontálním směru z bodu M je

$$x_1 = (v_p - v_{s1}) t = (v_p - 0,1 v_p) t = 0,9 v_p \cdot t \quad (35)$$

$$y_1 = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (36)$$

Vyloučením času t dostaneme rovnici dráhy letu malé brambory

$$y_1 = \frac{g}{2} \cdot \frac{x_1^2}{(0,9 v_p)^2}$$

po úpravě

$$y_1 = \frac{g}{1,62 v_p^2} \cdot x_1^2 \quad (37)$$

Pro konkrétní výpočty byly stanoveny tyto parametry

hlízy ... $d_1 = 0,03$ m

výsadby ... $s = 0,3$ m

$d_2 = 0,06$ m

$v_p = 4, 6, 8$ km h⁻¹

stroje ... $y = y_1 = y_2 = 0,410$ m

Následuje-li po malé hlíze velká, pak pro stejnou střední rychlost pásů v_{s1} je dráha letu velké hlízy dána rovnicí

$$y_2 = \frac{g}{1,62 v_p^2} \cdot x_2^2 \quad (38)$$

Vlivem pozdějšího výpadu je však velká hlíza posunuta při výpadu od počátku M v horizontálním směru o úsek

$$a = \frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2} \quad (39)$$

který se pro dané v_{s1} a v_p projeví jako změna rozteče hlíz na zemi hodnotou

$$\delta = \frac{\frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2}}{v_{s1}} \cdot v_p \quad (40)$$

čili po úpravě (pro požadovanou rozteč $s = 0,3$ m je $v_{s1} = 0,1 v_p$)

$$\delta = \frac{d_2 - d_1}{0,2}$$

což je konstantní vzdálenost, která závisí pouze na rozdílu velikosti hlíz; pro dané parametry je

$$\delta = 0,15 \text{ m}$$

Další nepřesnost uložení hlíz v brázdě může způsobit sklon její absolutní dráhy letu a dopadová rychlost.

Pro zhodnocení vlivu těchto parametrů opět použijeme teoretickou délku odskoku od původního místa dopadu, která je

$$L = \frac{v_a^2}{g} \cdot \sin 2\gamma \quad (15)$$

Sklon absolutní dráhy letu v okamžiku dopadu hlízy na dno brázdy lze zjistit první derivací rovnice (37) nebo (38), která zní:

$$y' = \frac{2g}{1,62 v_p^2} \cdot x = \frac{1,23}{v_p^2} \cdot x \quad (41)$$

Směrnice tečny pro malou i velkou hlízu v jednotlivých bodech x_1, x_2 je:

$$k = t_g \cdot \gamma_1 = t_g \gamma_2 = t_g \gamma_{MV} = \frac{1,23g}{v_p^2} x_1 = \frac{1,23g}{v_p^2} x_2 \quad (42)$$

Velikost absolutní rychlosti v místě dopadu pro malou hlízu je

$$v_{a1} = \frac{v_p - v_{s1}}{\cos \gamma_1} = \frac{v_p - 0,1 v_p}{\cos \gamma_1} = \frac{0,9 v_p}{\cos \gamma_1} \quad (43)$$

a pro velkou hlízu je

$$v_{a2} = \frac{v_p - v_{s1}}{\cos \gamma_2} = \frac{v_p - 0,1 v_p}{\cos \gamma_2} = \frac{0,9 v_p}{\cos \gamma_2} \quad (44)$$

Protože $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_{MV}$, bude platit, že

$$v_{a1} = v_{a2} = \frac{0,9 v_p}{\cos \gamma_{MV}} \quad (45)$$

Potom teoretická délka odskoku je pro obě velikosti hlíz stejná a bude (po dosazení rovnice (45) do rovnice (15) a po úpravě)

$$L_{MV} = \frac{2 v_p^2}{g} \cdot \operatorname{tg} \gamma_{MV} \quad (46)$$

Hodnoty délek odskoku jsou uvedeny v tab. I. Dopadová rychlost na dno brázdy (její směr a velikost) ovlivňuje tedy nejen nepřesnost uložení hlízy, ale má vliv i na poškození a ulámání klíčků. Její svislá složka — pro obě velikosti brambor — v místě dopadu

$$v_{ay} = \sqrt{2gy}$$

způsobuje poškození klíčků především jejich rozdrčením v případě, že dno brázdy je utužené. Sázeč Smallford má výpadečovou výšku $y = 410$ mm. Protože hlízy opouštějí pásy ve vodorovném směru, je zde, proti principu sázeče Cramer, modelová výška výpadu přímo rovna výpadečové výšce hlízy ze stroje, která se ani velikostí hlízy, ani změnou pojezdové rychlosti nemění. Tato výška však překračuje hodnoty, které zaručují, že při dopadu na tuhé dno brázdy se klíček neulomí nebo nepoškodí (pro malou hlízu je povolené $h_1 =$ cca 350 mm a pro velkou hlízu je $h_2 =$ cca 250 mm). Také vodorovná složka dopadové rychlosti je při stejné pojezdové rychlosti menší o 10–20 % (rovnice [32–34]), podle velikosti brambor, proti sázeči brambor Cramer. Tím se také snižuje pravděpodobnost ulomení a poškození klíčků otěrem o dno brázdy při dopadu na něj.

Ústrojí principu De Vries Structural (obr. 3)

Hlízy jsou srovnány v řadě v korýtku vytvořeném z gumových strun. V místě výpadu se řemenic dotýká kotouč z pěnové plastické hmoty, který usměrňuje hlízy při výpadu ze stroje.

Protože korýtko tvoří šest strun pohybujících se různou rychlostí (řemenice se otáčejí stejnou úhlovou rychlostí), vzniká již nepřesnost uložení hlíz v korýtku tím, že velká hlíza je unášena vrchními strunami větší rychlostí a malá je unášena dolními strunami menší rychlostí, i když na začátku korýtky byly hlízy srovnány těsně u sebe.

Rozdíl rychlostí horních a dolních strun je cca 20 %. Potom maximální chyba, vzniklá rozdílnou polohou hlíz v korýtku při dopadu hlíz na zem, může způsobit 20% chybu v uložení hlíz. Při nastavené rozteči $s = 0,3$ m vzniká potom tímto vlivem maximálně chyba 6 cm. Další nepřesnost vzniká způsobem výpadu z korýtky.

Pro výpočet předpokládáme výpad malé hlízy v bodě M a velké hlízy v místě V . Tato místa jsou určena průsečnicemi normál vycházejících ze středu řemenic korýtky, procházejících středem hlíz a protínajících průsečík povrchu hlíz s obvodem přitlačného kotouče. Tím jsou určeny i úhly α_1 a α_2 (obr. 3).

Pro další rozvahy použijeme tyto parametry:

hlízy ... $d_1 = 30$ mm	výsadby ... $s = 0,3$ m
$d_2 = 60$ mm	$v_p = 4, 6, 8$ km h ⁻¹
stroje ... $r = 0,090$ m	$r_1 = 0,105$ m
$R = 0,135$ m	$r_2 = 0,120$ m
$H = 0,440$ m	$\alpha_1 = 1^\circ$
$Y = 0,112$ m	$\alpha_2 = 5^\circ 35'$

Pro danou rozteč hlíz na zemi $s = 0,3$ m musí být střední rychlost strun

$$v_{s1} = \frac{d_1}{s} \cdot v_p \quad (31)$$

Po dosazení známých hodnot za d_1 a s bude

$$v_{s1} = 0,10 v_p \text{ — pro malé brambory}$$

$$v_{s2} = 0,20 v_p \text{ — pro velké brambory}$$

$$v_{s12} = 0,15 v_p \text{ — pro malý a velký brambor}$$

Je vidět, že pro jednu požadovanou rozteč na zemi je nutné seřadit pro různé velikosti brambor převody mezi hnacím kolem sázeče a hnacími řemenicemi gumových strun.

Při střední rychlosti pásů v_{s1} (nastavené pro malé brambory a pro rozteč $s = 0,3$ m na zemi) opouští malá hlíza stroj z bodu M rychlostmi

v_p — pojezdová rychlost způsobující pohyb v horizontálním směru,

v_{o1} — hodnota rychlosti středu hlízy,

v_g — rychlost volného pádu.

Dráha malé hlízy z bodu M v horizontálním směru je

$$x_1 = (v_p - v_{o1x}) t \quad (47)$$

Dráha těže hlízy ve vertikálním směru z bodu M je

$$y_1 = \frac{gt^2}{2} + v_{o1y} t \quad (48)$$

Dosažením za

$$v_{o1x} = v_{o1} \sin \alpha_1 = \omega r_1 \sin \alpha_1$$

$$v_{o1y} = v_{o1} \cos \alpha_1 = \omega r_1 \cos \alpha_1$$

kde:

$$\omega = \frac{v_{s1}}{r} = \frac{d_1 \cdot v_p}{s \cdot r} \quad (49)$$

(je uvažováno seřízení pro malou hlízu) a vyloučením času t z rovnic (47) a (48) dostaneme rovnici dráhy letu malé hlízy z bodu M

$$y_1 = \frac{g}{2(v_p - \omega r_1 \sin \alpha_1)^2} \cdot x_1^2 + \frac{\omega r_1 \cos \alpha_1}{v_p - \omega r_1 \sin \alpha_1} \cdot x_1$$

kde výška výpadu y_1 (podle obr. 3) má hodnotu

$$y_1 = H - r - r_1 \sin \alpha_1 - \frac{d_1}{2} \quad (50)$$

Konečná rovnice dráhy letu malé hlízy z bodu M je

$$\frac{g}{2(v_p - \omega r_1 \sin \alpha_1)^2} \cdot x_1^2 + \frac{\omega r_1 \cos \alpha_1}{v_p - \omega r_1 \sin \alpha_1} \cdot x_1 - H + r + r_1 \sin \alpha_1 + \frac{d_1}{2} = 0 \quad (51)$$

Analogicky je i rovnice dráhy letu velké hlízy z bodu V

$$\frac{g}{2(v_p - \omega r_2 \sin \alpha_2)^2} \cdot x_2^2 + \frac{\omega r_2 \cos \alpha_2}{v_p - \omega r_2 \sin \alpha_2} \cdot x_2 - H + r + r_2 \sin \alpha_2 + \frac{d_2}{2} = 0 \quad (52)$$

Protože malá hlíza opouští stroj dříve o čas t (α_1 je vždy menší než α_2), bude rozdíl v uložení na zemi velké a malé hlízy o úsek

$$c = v_p \cdot t \quad (53)$$

neboť o tuto dráhu zatím popojede stroj.

Čas t vyjádřený v pootočení řemenic je

$$t = \frac{2\pi (\alpha_2^\circ - \alpha_1^\circ)}{\omega \cdot 360^\circ}$$

čili

$$c = \frac{2\pi (\alpha_2^\circ - \alpha_1^\circ)}{\omega \cdot 360^\circ} \cdot v_p \quad (54)$$

Další rozdíl vznikne tím, že body M a V jsou vzájemně (v horizontální rovině) vzdáleny o úsek

$$e = r_2 \cos \alpha_2 - r_1 \cos \alpha_1 \quad (55)$$

Konečné celkové posunutí malé a velké hlízy na zemi bude

$$\delta = (x_2 + e + c - x_1) \quad (56)$$

Hodnoty rozdílu (posunutí) uložení δ malé a velké hlízy na zemi jsou uvedeny v tab. I, kde hodnotám vypočítaným z rovnice (56) je připočtena také chyba vzniklá rozdílnou polohou hlíz v korýtku, která, jak bylo dříve uvedeno, dosahuje hodnoty až 0,06 m.

Další nepřesnost uložení hlíz v brázdě může způsobit sklon její absolutní dráhy letu a dopadová rychlost. Směr absolutní dráhy letu v okamžiku dopadu vůči dnu brázdy, jakož i velikost dopadové rychlosti, ovlivňují její odkutálení po dopadu. Pro zhodnocení vlivu těchto parametrů opět použijeme teoretickou délku odskoku od původního místa dopadu, která je

$$L = \frac{v_a^2}{g} \cdot \sin 2\gamma \quad (15)$$

Sklon absolutní dráhy letu v okamžiku dopadu hlízy na dno brázdy lze zjistit první derivací rovnice (51)

$$y' = \frac{g}{(v_p - \omega r_1 \sin \alpha_1)^2} \cdot x_1 + \frac{\omega r_1 \cos \alpha_1}{v_p - \omega r_1 \cos \alpha_1}$$

což je směrnice tečny k dráze letu hlízy v jednotlivých bodech x_1 pro různé rychlosti v_p .
Potom pro malou hlízu je

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{g}{(v_p - \omega r_1 \sin \alpha_1)^2} \cdot x_1 + \frac{\omega r_1 \cos \alpha_1}{v_p - \omega r_1 \cos \alpha_1} \quad (57)$$

a pro velkou hlízu analogicky je

$$\operatorname{tg} \gamma_2 = \frac{g}{(v_p - \omega r_2 \sin \alpha_2)^2} \cdot x_2 + \frac{\omega r_2 \cos \alpha_2}{v_p - \omega r_2 \cos \alpha_2} \quad (58)$$

Velikost absolutní rychlosti v místě dopadu pro malou hlízu (obr. 3) je

$$v_{a1} = \frac{v_p - v_{o1x}}{\cos \gamma_1} \quad (59)$$

kde: $v_{o1x} = \omega r_1 \cos \alpha_1$

a pro velkou hlízu

$$v_{a2} = \frac{v_p - v_{o2x}}{\cos \gamma_2}$$

kde: $v_{o2x} = \omega r_2 \cos \alpha_2$

Potom teoretická délka odskoku malé hlízy je

$$L_1 = \frac{2}{g} (v_p - \omega r_1 \cos \alpha_1)^2 \operatorname{tg} \gamma_1 \quad (60)$$

a analogicky pro velkou hlízu

$$L_2 = \frac{2}{g} (v_p - \omega r_2 \cos \alpha_2)^2 \operatorname{tg} \gamma_2 \quad (61)$$

Hodnoty délek odskoku jsou uvedeny v tab. I.

Dopadová rychlost na dno brázdy (její směr a velikost) má vliv nejen na nepřesnost uložení hlízy, ale i na poškození a ulámání klíčků. Její svislá složka v místě dopadu (pro malou hlízu) je:

$$v_{a1y} = v_{o1y} + \sqrt{2 g y_1} \quad (23)$$

a může způsobit poškození klíčků především jejich rozdrčením v případě, že dno brázdy je utužené.

Pro stanovení modelové výšky výpadu opět položíme svislou složku v_{a1y} absolutní dopadové rychlosti malé hlízy rovnu rychlosti volného pádu, tj.:

$$v_{a1y} = v_{o1y} + \sqrt{2 g y_1} = \sqrt{2 g h_1} \quad (24)$$

kde: $v_{o1y} = \omega r_1 \cos \alpha_1$

Potom modelová výška dopadu pro malou hlízu je

$$h_1 = \frac{\left[\omega r_1 \cos \alpha_1 + \sqrt{2 g \left(H - r - r_1 \sin \alpha_1 - \frac{d_1}{2} \right)} \right]^2}{2 g} \quad (62)$$

Analogicky je i modelová výška pro velkou hlízu

$$h_2 = \frac{\left[\omega r_2 \cos \alpha_2 + \sqrt{2 g \left(H - r - r_2 \sin \alpha_2 - \frac{d_2}{2} \right)} \right]^2}{2 g} \quad (63)$$

Různé modelové výšky h_1 a h_2 jsou uvedeny v tab. I. Z ní vyplývá, že modelové výšky volného pádu h_1 a h_2 se velikostí hlíz od sebe příliš neliší.

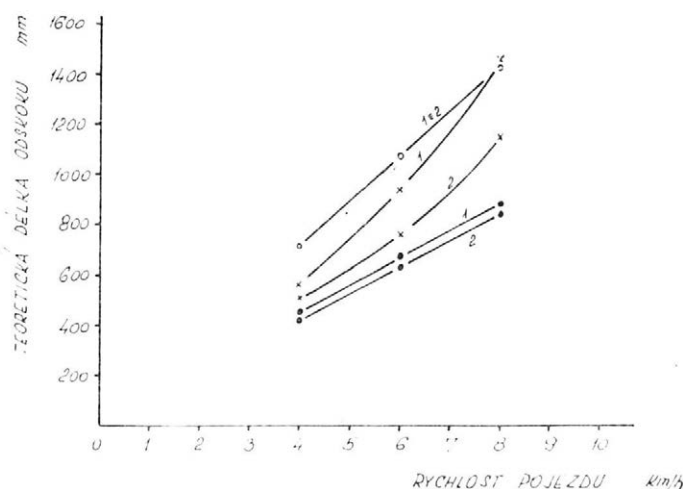
ZÁVĚR

Uvedený teoretický rozbor tří principů vysazovacího ústrojí poukazuje na některé jejich přednosti a nedostatky.

Přesnost výsadby, hodnocená z hlediska posunu dvou za sebou vysazovaných hlíz, je u všech principů ovlivněna různou velikostí hlíz. Nejvíce se zhoršuje hrubým tříděním sadby (výskyt malých a velkých brambor současně) u principu Smallford Rotaplanter

(viz tab. I — posun δ). Vysazováním malých (čtvercová míra 30×30 mm) a velkých (čtvercová míra 60×60 mm) brambor těsně za sebou jdoucích je rozptýl povolený ATP překročen dvaapůlnásobně. Také u principu De Vries Structural je tento povolený rozptýl vlivem různé velikosti brambor překročen (až 1,8násobně). Rozdílnost velikosti brambor u principu Cramer nezpůsobuje tak podstatné chyby.

Budeme-li však hodnotit přesnost výsadby i kritériem „teoretická délka odskoku“, kdy můžeme předpokládat, že s větší délkou odskoku se bude zvětšovat také nepřesnost uložení hlíz, dosahuje princip Cramer při rychlosti 8 km h^{-1} nejvyšších hodnot délky odskoku. Znamená to, že se zvyšováním pojezdových rychlostí bude u tohoto principu rychle klesat přesnost výsadby (obr. 4).



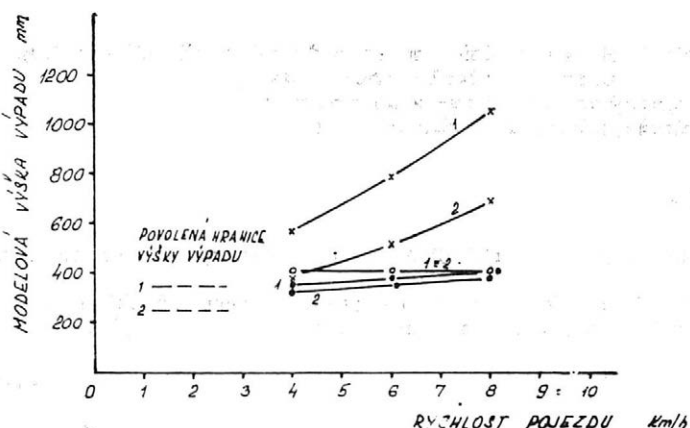
4. Závislost teoretické délky odskoku na pojezdové rychlosti — The dependence of the theoretical length of rebound on travel speed

- × Cramer
- Smallford Rotaplanter
- De Vries Structural
- 1 — malá hlíza
- 2 — velká hlíza

Jako hlavní kritérium pro poškození a ulámání klíčků je v těchto rozborech zaveden pojem „modelová výška výpadu“. Všechny principy vysazovacích ústrojí překračují dovolenou výšku výpadu na tuhou podložku. Nejvyšší překročení (až několikanásobně) vykazuje princip Cramer u všech sledovaných pojezdových rychlostí. Naopak hodnoty modelových výšek u principů Smallford Rotaplanter a De Vries Structural se povoleným hodnotám blíží a nepatrně (nebo vůbec ne) se mění se zvyšováním pojezdových rychlostí (obr. 5).

Obecně lze říci, že z hlediska přesnosti výsadby je třeba sadbu velmi jemně třídit, přičemž vyšší přesnosti se dosáhne u hlíz, které se svým tvarem blíží kouli, jednak vysazovat hlízy do zkyprněného dna, čímž se zmenší nebo zabráni odskoku hlíz z místa dopadu do brázdy.

Aby se zmenšovala pravděpodobnost, že se budou ulamovat a poškozovat klíčky při dopadu hlíz na zem, je třeba pro uvedené principy vysazovacích orgánů kvalitně upravit dno brázdy tak, aby hlíza vypuštěná ze stroje dopadla na měkké neutužené dno.



5. Závislost modelové výšky výpadu na jezdové rychlosti — The dependence of the model height of fall on travel speed

- × Cramer
- Smallford Rotaplanter
- De Vries Structural
- 1 — malá hlíza
- 2 — velká hlíza

Znamená to, pro zlepšení kvality výsadby, třídit sadbu maximálně po 5 mm (čtvrtová míra) a dokonale zkyprit dno brázdy.

Použitá označení

a	— dráha hlízy z bodu V' do bodu V''	m
b	— vzdálenost dvou sousedních misek	m
d	— průměr hnací řetězky	m
d_1, d_2	— průměr malé a velké hlízy	m
f	— frekvence sázení	ks min ⁻¹
h	— modelová výška výpadu	m
h_1, h_2	— modelová výška výpadu malé a velké hlízy	m
n	— počet otáček řetězky Z	l min ⁻¹
r	— délková polární souřadnice misky (pásu)	m
r_1, r_2	— délková polární souřadnice středů malé a velké hlízy	m
s	— teoretická nastavená rozteč hlíz na zemi	m
v_a	— absolutní rychlost hlízy v původním místě dopadu	m s ⁻¹
v_{a1}, v_{a2}	— absolutní rychlost malé a velké hlízy v původním místě dopadu	m s ⁻¹
v_{a1y}, v_{a2y}	— svislá složka absolutní rychlosti dopadu malé a velké hlízy	m s ⁻¹
v_{lp}, v_{pp}	— rychlost levého a pravého vysazovacího pásu	m s ⁻¹
v_p	— jezdová rychlost sázeče	m s ⁻¹
v_g	— rychlost volného pádu	m s ⁻¹
v_{o1x}, v_{o2x}	— vodorovná složka obvodové rychlosti malé a velké hlízy	m s ⁻¹
v_{o1y}, v_{o2y}	— svislá složka obvodové rychlosti malé a velké hlízy	m s ⁻¹
v_s	— střední rychlost vysazovacích pásů	m s ⁻¹
v_{s1}, v_{s2}	— střední rychlost vysazovacích pásů pro malou a velkou hlízu	m s ⁻¹
x_1, x_2	— vzdálenost dopadu malé a velké hlízy od místa jejich výpadu	m
y	— dráha hlízy ve vertikálním směru (výpadová výška)	m
y_1, y_2	— výpadová výška malé a velké hlízy	m
H	— výška vysazovacího ústrojí nad zemí	m
L	— teoretická délka odskoku	m
L_1, L_2	— teoretická délka odskoku malé a velké hlízy	m
P	— počet hlíz, prošlých výpadem za 1 otáčku řetězky Z	ks
R	— poloměr přítlačného kotouče	m
Y	— souřadnice polohy středu přítlačného kotouče	m

α_1, α_2	— úhlová polární souřadnice místa výpadu malé a velké hlízy ze stroje	stupňů
γ_1, γ_2	— úhel dopadu malé a velké hlízy na dno brázdy	stupňů
δ	— vzájemný posun malé a velké hlízy na zemi	m
ω	— úhlová rychlost pásu v místě řemenice	rad s ⁻¹

Literatura

HORÁK — KRUPKA — ŠINDELÁŘ: Technická fyzika. Praha, Stát. nakl. techn. lit. 1961.

PŘÍHODA, Z.: Technicko-ekonomická studie sázeče předklíčených brambor. [Výzkumná zpráva.] Praha, Výzkumný ústav zemědělských strojů 1976.

Došlo dne 8. 12. 1976

ПРЖИГОДА, З. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственных машин, Прага - Ходов): Теоретический анализ некоторых принципов посадочных механизмов у картофеле-сажалок. Земед. Techn., 23, 1977 (4): 183-201.

Одним из узлов картофелесажалок для проросшего картофеля, который оказывает влияние на точность размещения посаженных клубней в рядке и на повреждение и отламывание ростков, является сажальный механизм. Теоретические анализы касаются трех принципов сажальных механизмов — ложечного Крамер, ленточного Смалфорд Ротаплантер и струнного Де Врис Структурал. Для оценки качества работы были введены следующие критерии: взаимное передвижение падающих друг за другом маленьких и больших клубней при их укладке в борозду, теоретическая длина отскакивания, свидетельствующая о возможности откатывания клубней из точки попадания, и модельная высота выпадения, свидетельствующая о возможности повреждения и поломки ростков. Из результатов теоретических предположений исходит рекомендация требования более точной сортировки посадочного картофеля и совершенного рыхления дна борозды, в которую укладывают клубни. Соблюдение этих требований улучшит качество посадки картофеля.

сажальное устройство ложечковое, ленточное, струнное; взаимное продвижение выпадающих клубней; теоретическая длина отскакивания; модельная высота выпадения; повреждение ростков; обламывание ростков; сортировка посадочного картофеля; взрыхленное дно борозды

PŘÍHODA, Z. (Research Institute of Farm Machinery, Praha - Chodov): A Theoretical Analysis of Some Principles of the Planting Mechanism of Potato Planters. Zeméd. Techn., 23, 1977 (4): 183-201.

The planting mechanism is one of the units of the planters of presprouted potatoes that influence the precision of the distribution of tubers in the row and the rate of damaged and broken-off sprouts. The theoretical analyses concern three principles of the planting mechanism: the Cramer spoon type, the Smallford Rotaplanter belt type and the De Vries Structural string type. The following criteria were used for the evaluation of the quality of work: the shifting of a small and a large tuber in their placement in the furrow when leaving the planting unit close to each other, the theoretical rebound length indicating the possibility of tuber rolling away from the place of incidence, and the model height of tuber fall indicating the possibility of damaging or breaking off the sprouts. It is recommended on the basis of these theoretical considerations that very fine tuber sorting and perfect loosening of furrow bottom where the tubers are to be placed should be required. The quality of potato planting will be improved if these requirements are respected.

spoon-type, belt-type, string-type planting mechanism; mutual shifting of falling tubers; theoretical rebound length; model height of fall; damage to sprouts; breaking off the sprouts; seed potato sorting; loosening of furrow bottom

PŘÍHODA, Z. (Forschungsinstitut für Landwirtschaftsmaschinen, Praha - Chodov): Die theoretische Analyse einiger Prinzipien des Aussetzungsmechanismus der Kartoffellegemaschinen. Zeméd. Techn., 23, 1977 (4): 183-201.

Einen der Knoten der Legemaschinen von vorgekeimten Kartoffeln, der die Genauigkeit der Verteilung ausgesetzter Knollen in der Reihe und die Beschädigung wie

auch das Abbrechen der Keime beeinflusst, stellt der Aussetzungsmechanismus dar. Die theoretischen Analysen betreffen drei Prinzipien des Aussetzungsmechanismus – des Löffelmechanismus Cramer, des Bandmechanismus Smallford Rotaplanter und des Saitenmechanismus De Vries Structural. Es sind für die Bewertung der Arbeitsqualität folgende Kriterien eingeführt worden: gegenseitiger Vorschub der nicht nacheinander ausfallenden kleinen und großen Knollen bei deren Aussetzung in die Furche, theoretische Länge des Absprungs, die auf die Möglichkeit des Fortrollens der Knollen von der Einfallstelle hinweist, und die Modellhöhe des Ausfalls, die auf die Möglichkeit der Beschädigung und des Abbrechens der Keime hinweist. Aus den Ergebnissen der theoretischen Überlegungen geht die Empfehlung hervor, sehr feine Sortierung der Kartoffelsaat und vollkommene Auflockerung des Grunds der Furche, in welche die Knollen ausgesetzt werden, zu verlangen. Durch die Einhaltung dieser Ansprüche wird die Qualität der Kartoffelaussaat gebessert.

Löffelaussetzungsmechanismus; Bandaussetzungsmechanismus; Saitenaussetzungsmechanismus; gegenseitiger Vorschub der ausfallenden Knollen; theoretische Länge des Absprungs; Modellhöhe des Ausfalls; Beschädigung der Keime; Abbrechen der Keime; Sortierung der Saat; Auflockerung des Grunds der Furche

Adresa autora:

Ing. Zdeněk Příhoda, CSc., Výzkumný ústav zemědělských strojů, 149 43 Praha 4-Chodov

POKYNY PRO AUTORY VĚDECKÉHO ČASOPISU ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Časopis Zemědělská technika uveřejňuje původní vědecké práce a v rubrikách práce kompilačního charakteru, poskytující ucelený pohled na současný stav určité problematiky.

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být připojen souhlas vedoucího pracoviště s publikací článku a prohlášení autora, že práce nebyla publikována jinde. U každé práce je třeba uvést číslo a název výzkumného úkolu, z něhož práce vychází.

O uveřejnění prací rozhoduje redakční rada časopisu, a to se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému významu a přínosu a ke kvalitě práce.

RUKOPISY MUSÍ VYHOVOVAT TĚMTO PODMÍNKÁM:

1. Úprava rukopisu musí odpovídat ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádek, mezi řádky dvojité mezery, ne perličkový typ). Texty k obrázkům jsou na zvláštním listě. Tabulky se čísly římskými číslicemi, obrázky arabskými číslicemi.

Původní práce nemají přesahovat (včetně tabulek a obrázků) rozsah 15 stran rukopisu.

2. Rukopis původní práce má zpravidla tyto části:

- a) **Název práce** – výstižný a stručný (nemá přesahovat 85 úhozů)
- b) **Jména autorů** – zkratka křestního jména, příjmení
- c) **Pracoviště** – plný úřední název se sídelním místem
- d) **Souhrn** – má být nekritický informační výběr významného obsahu a závěru článku
- e) **Klíčová slova** – připojí se po vynechání řádku pod souhrn. Klíčovým slovem rozumíme substantivum, které vystihuje téma při bibliografickém zařazování práce. Klíčová slova se řadí směrem od obecnějších výrazů ke konkrétním. Začínají malými písmeny a oddělují se středníkem. Nemá jich být méně než tři a více než dvanáct
- f) **Úvodní stať** – krátké odůvodnění práce a stav studované otázky
- g) **Metodika** – uvede se objekt výzkumu nebo studia. Metody se popisují pouze tehdy, jsou-li původní. Popis metody by měl umožnit, aby se podle něho mohl použitý pracovní postup opakovat
- h) **Vlastní práce** – má obsahovat jak teoretické řešení, tak i experimentální vyšetření a konfrontaci výsledků teoretických a experimentálních
- i) **Diskuse** – zhodnocení zjištěných výsledků
- j) **Závěr** – stručné shrnutí poznatků, ekonomické hodnocení a návrh na další využití
- k) **Literatura** – musí odpovídat ČSN 01 0197. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu
- l) **Adresa autora (autorů)** – plné jméno, akademické, vědecké a pedagogické tituly, podrobná adresa pracoviště s PSČ

B. Podstavek

PODSTAVEK, B. (Pôdohospodársky projektový ústav, Bratislava): *Čerpanie hnojovice a tekutého hnoja*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (4): 203—216.

V práci je rozpracovaná metóda pre hodnotenie vhodnosti kalových čerpadiel na prečerpávanie hnojovice a tekutého hnoja, keď tieto majú vlastnosti nenewtonovej disperznej sústavy. Touto metódou sa môže stanoviť najpravdepodobnejší priebeh charakteristických kriviek a parametre čerpadla, ktoré sa má použiť na prečerpávanie hnojovice a tekutého hnoja.

nenewtonová disperzná sústava; tekutý hnoj; hnojovica; prečerpávanie nenewtonovej disperznej sústavy; charakteristické krivky čerpadla; pomerné opravné koeficienty

Hnojovica hovädzieho dobytká, ošípaných a hydiny sa svojimi hydrodynamickými vlastnosťami odlišuje od newtonových kvapalín (Podstavek, 1975). Sumárne všetky fyzikálne vlastnosti hnojovice ovplyvňujú prevádzkovú spoľahlivosť čerpania hnojovice (Podstavek, 1974).

Vo veľkokapacitných farmách hovädzieho dobytká alebo ošípaných treba prečerpávať značné množstvá hnojovice. Podmienky prečerpávania sú rôzne, pretože sa musí prečerpávať hnojovica s rôznymi fyzikálnymi vlastnosťami. Fyzikálne vlastnosti hnojovice ovplyvňujú voľbu čerpaceho agregátu a riešenie celej čerpacej stanice na prečerpávanie hnojovice. Len správnym zhodnotením podmienok prečerpávania a fyzikálnych vlastností hnojovice sa môže navrhnúť vyhovujúce riešenie čerpacích staníc.

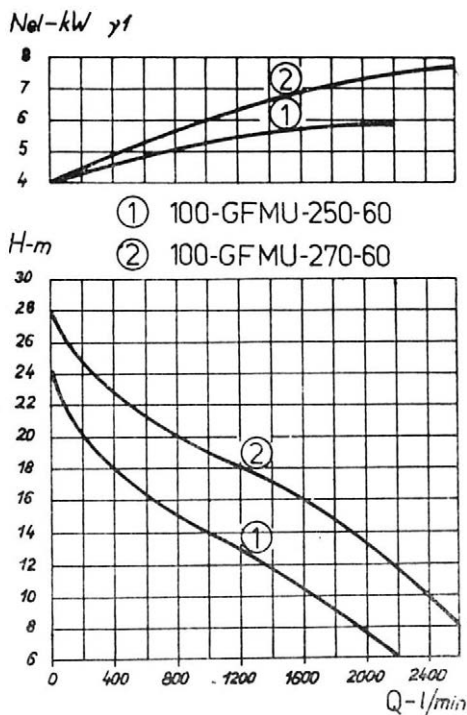
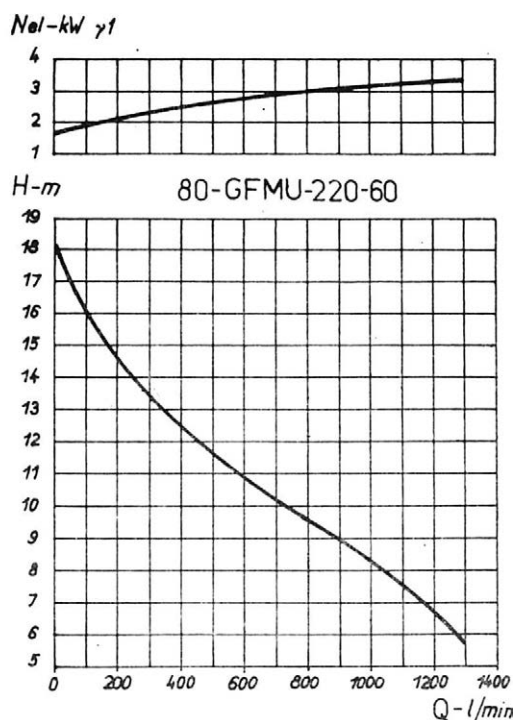
V práci sa okrem prehľadu vhodných čerpadiel na prečerpávanie hnojovice uvádza tiež metóda prepočtu parametrov čerpadiel. Experimentálnou prácou sme stanovili rozpätie opravných koeficientov K_Q , K_H , K_N , ktoré je potrebné používať pri dimenzovaní čerpadiel na prečerpávanie hnojovice.

METODIKA

Z veľkého počtu čerpadiel, ktoré vyrábajú podniky generálneho riaditeľstva Sigma Olomouc a podniky patriace do iných výrobných podnikov, sú vhodné na prečerpávanie homogenizovanej hnojovice čerpadlá: RK-1, NFP, GFMU, NFT, EPK, ČTV-16, MIX-III, ČEK.

V dokumentácii výrobcov čerpadiel uvádzané parametre sú odvodené z prečerpávania newtonových kvapalín. Pracovný proces čerpadla pri čerpaní hnojovice ako nenewtonovej kvapaliny, na ktorú sa nevzťahuje Newtonov zákon prúdenia, je veľmi zlo-

žitý. Je veľmi problematické vyjadriť tento pracovný proces čerpadla matematickou cestou. Uspokojivé riešenie úlohy stanovenia zmien pracovných parametrov čerpadiel je možné získať experimentálne. Experimentálnou prácou bolo zistené, že zmena parametrov čerpadla je závislá od viskozity hnojovice hovädzieho dobytku a ošipáných. Vplyvom viskozity hnojovice sa pri konštantných otáčkach čerpadla mení celý priebeh charakteristických kriviek a hodnoty základných parametrov.



1. Charakteristické krivky čerpadla GFMU — Characteristic curves of the GFMU pump

Pre experimentálnu prácu boli vybrané čerpadlá EPK a GFMU-80. Čerpadlo EPK sme skúšali na farme ošipáných v Hroboňove a čerpadlo GFMU-80 na farme vo Svodíne (obr. 1). Počas experimentovania sme merali dopravované množstvo (Q), obrátky čerpadla (n), dopravnú výšku (H), sušinu hnojovice v rozpätí od 2,0 do 14,5 %. Pre každé percento sušiny hnojovice sme urobili najmenej tri až štyri merania každého sledovaného parametra čerpadla.

Sušinu hnojovice sme merali z toho dôvodu, pretože je jednou zo základných fyzikálnych charakteristík hnojovice, ktorá ovplyvňuje aj viskozitu hnojovice (Podstavek, 1975; Jelínek, 1973; Velebil, 1970). So zvyšovaním percenta sušiny sa prevádzková spoľahlivosť čerpadiel znižovala. Z nameraných hodnôt Q , N , H pre jednotlivé percentá sušiny sme vypočítali opravné koeficienty pre Q , H , N vo vzťahu k sušine 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 a 14,5 %.

VLASTNÁ PRÁCA

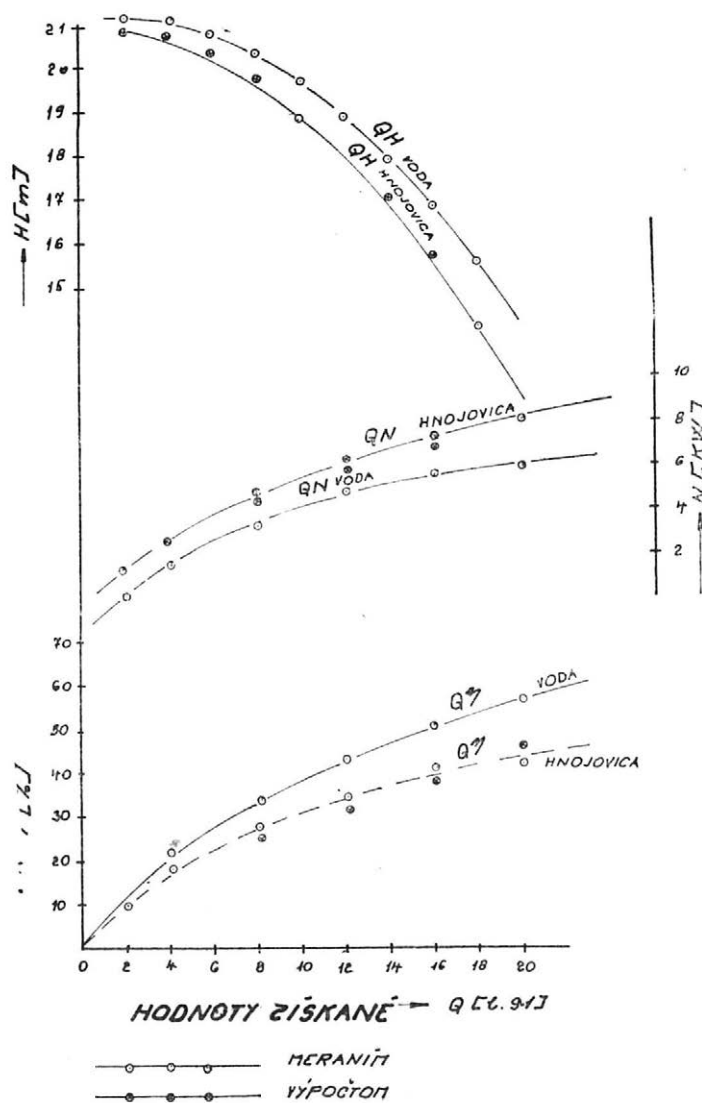
Z energetického hľadiska môžeme každé čerpadlo charakterizovať ako pracovný stroj, ktorý mení mechanickú energiu čerpadla na energiu kvapaliny. Pri dôslednej analýze

tejto charakteristiky čerpadla zisťujeme, že fyzikálne vlastnosti každej kvapaliny majú podstatný vplyv na túto zmenu energie a na celkový pracovný proces čerpadiel.

VPLYV VISKOZITY NA PRACOVNÝ PROCES ČERPADLA

Pracovný proces čerpadla pri čerpaní hnojovice, charakterizovanej ako nenewtonova kvapalina, je veľmi zložitý. Pracovný proces čerpadla pri čerpaní hnojovice so sušinou do 2 % sa takmer nemení v porovnaní s pracovným procesom pri čerpaní ľubovoľnej newtonovej kvapaliny. S ďalším zvyšovaním percenta sušiny sa mení viskozita kvapaliny, ktorá má vplyv aj na pracovný proces čerpadla. Čím je percento sušiny vyššie, tým výraznejší je tento vplyv. Pri sušine tekutého hnoja nad 14,5 % sa účinnosť čerpadla znižuje takmer k nule.

Vplyvom viskozity hnojovice i tekutého hnoja sa pri konštantných otáčkach čerpadla mení priebeh charakteristických kriviek čerpadiel (obr. 2). Zvyšovaním viskozity klesá



2. Vplyv viskozity hnojovice a tekutého hnoja na zmenu charakteristických kriviek čerpadla — The effect of dung-water and liquid manure viscosity on the change of the characteristic pump curves

dopravná výška a mení sa aj tvar krivky Q_H , súčasne klesá dopravné množstvo hnojovice. Pokles dopravného množstva a dopravnej výšky je spôsobený vyššími hydraulickými stratami v kanáloch čerpadla a sacom potrubí. Najväčší vplyv má viskozita hnojovice alebo tekutého hnoja na zmenu príkonu čerpadla. Zvyšovaním viskozity sa zvyšuje potrebný príkon čerpadla, pričom krivka Q_N pre hnojovicu a tekutý hnoj prebieha približne rovnobežne s krivkou Q_N pre vodu (obr. 2). Hlavnou príčinou veľkého vzrastu príkonu je zvýšenie diskových strát.

Zvyšovaním viskozity hnojovice klesá efektívna účinnosť čerpadla, pričom sa jej vrchol posúva smerom k menšiemu dopravnému množstvu (obr. 2).

Pre každý typ čerpadla budú absolútne hodnoty vplyvu viskózneho hnojovice a tekutého hnoja iné, ovšem charakter zmeny charakteristických kriviek a parametrov čerpadla zostáva.

VPLYV VISKOZITY NA ZMENU CHARAKTERISTICKÝCH KRIVIEK

Pri čerpaní hnojovice a zvlášť tekutého hnoja je možné pracovný proces čerpadla vyjadriť funkciou

$$\psi(Q; H; \rho; n; D_2; b_2; g; \eta) \quad (1)$$

kde: Q — dopravované množstvo

H — dopravná výška

ρ — merná hmota kvapaliny

n — obrátky čerpadla

D_2 — výstupný priemer obežného kolesa

b_2 — výstupná šírka kanála obežného kolesa

g — zemské zrýchlenie

η — koeficient dynamickej viskozity hnojovice

Vzťah (1) sa môže vyjadriť funkciou bezdimenzionálnych argumentov takto

$$\varphi\left(\frac{Q}{n D_2^3}; \frac{H}{D_2}; \frac{n^2 D_2^2}{g H}; \frac{b_2}{D_2}; \frac{n D_2^2}{\nu}\right) \quad (2)$$

kde: $\frac{b^2}{D^2}$ — geometrický tvar obežného kolesa

n — obrátky čerpadla

$\frac{n D_2^2}{\nu}$ — Reynoldsové číslo čerpadla

$\frac{Q}{n D_2^3}; \frac{H}{D_2}; \frac{n^2 D_2^2}{g H}$ — hodnoty parametrov, ktoré sú veľmi malé, a preto môžu byť pri hodnotení zanedbané

Reynoldsové číslo čerpadla $\frac{n D_2^2}{\nu}$ vyjadruje pomer vplyvom zotrvačných a viskózn-

nych síl. Straty vzniklé v dôsledku prečerpávania viskózneho kvapaliny — ako je aj hnojovica a tekutý hnoj — majú rozhodujúci vplyv na zmenu charakteristických kriviek, na Reynoldsové číslo čerpadla, alebo číslo jemu úmerné.

Pre dokonalú dynamickú podobnosť by mali byť konštantné všetky členy rovnice (2). Táto podmienka sa splniť nedá. Vplyv členov

$$\frac{Q}{n D_2^3}; \frac{H}{D_2}; \frac{n^2 D_2^2}{g H}$$

na charakteristiky čerpadla je veľmi malý, a preto môže byť zanedbateľný. Ide o podobnosť práce čerpadla pri prečerpávaní hnojovice, ktorá má charakter nenenewtonovej kvapaliny. (Takýto prípad nastáva, keď má hnojovica sušinu v rozpätí 2,5–10,5 % a nad 10,5 %.) V tomto rozpätí sušiny je možné hnojovicu charakterizovať ako pseudoplastickú kvapalinu. Keď sa sušina tekutého hnoja pohybuje v rozpätí nad 10,5 %, môže byť toto médium charakterizované ako Binghamova disperzná sústava (Podstavek, 1975), v ľubovoľnom prevádzkovom bode Q/Q_n sa môže určovať vzťahom (3).

$$n_s R_{ec} \frac{Q}{Q_n} = \text{konšt.} \quad (3)$$

kde: $n_s = 3,64 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$ — špecifické obrátky čerpadla pri optimálnych pomeroch čerpania vody

$$R_{ec} = \frac{n D_2^2}{\nu} \quad \text{— Reynoldsové číslo čerpadla}$$

ν — kinematická viskozita

$$\frac{Q}{Q_n} \quad \text{— zaplňovanie čerpadla}$$

Za predpokladu, že bude zachovaný vzťah vyjadrený rovnicou (3), zostávajú konštantné aj pracovné charakteristiky čerpadla pre vodu a hnojovicu i tekutý hnoj. Zmena charakteristických kriviek bude závislá od zmeny faktorov, ktoré tvoria rovnicu (3).

Pre čerpadlá všeobecne platí (Paciga a i., 1967):

$$Q = K_Q \cdot n D_2^2 \quad (4)$$

Opravný koeficient pre dopravované množstvo

$$K_Q = \frac{Q}{n D_2^3} \quad (5)$$

$$H = K_u \frac{u_2^2}{2g} = K_H n^2 D_2^2 \quad (6)$$

Opravný koeficient pre dopravnú výšku

$$K_H = \frac{H}{n^2 D_2^2} \quad (7)$$

$$N = K_H \cdot \gamma \cdot n^3 \cdot D_2^5 \quad (8)$$

Opravný koeficient pre príkon

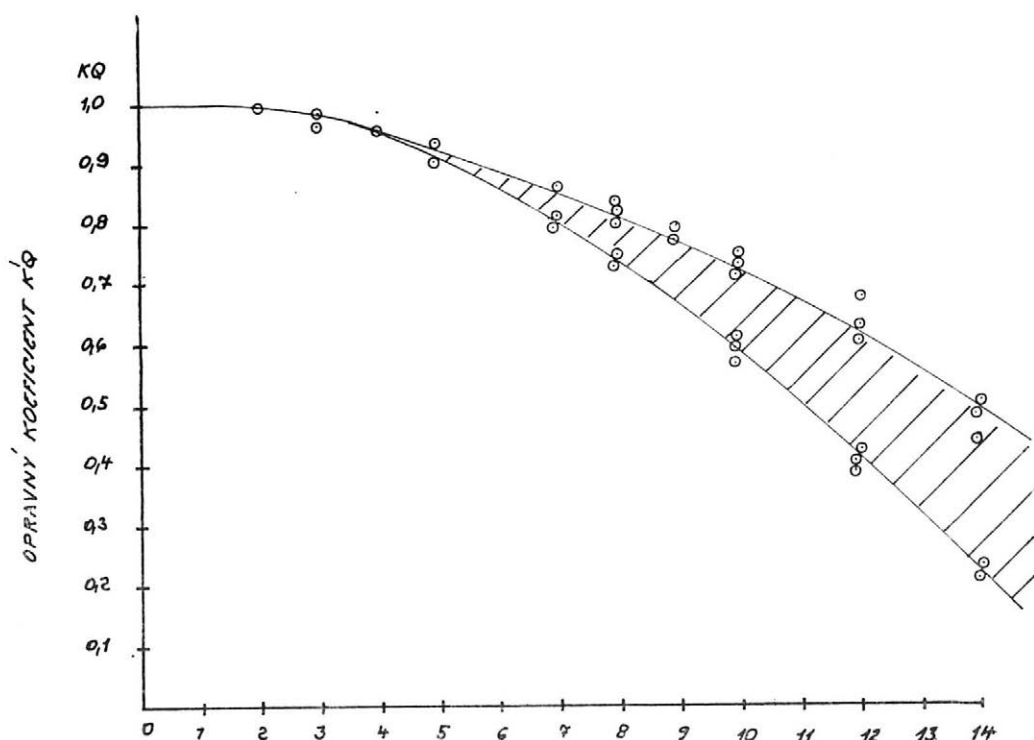
$$K_N = \frac{N}{\gamma n^3 D_2^5} \quad (9)$$

Hodnoty opravných koeficientov K_Q , K_H , K_N sú závislé od hydraulických pomerov v čerpadle pri prečerpávaní hnojovice a tekutého hnoja. Hydraulické pomery pri prúde hnojovice a tekutého hnoja v potrubí i čerpadle sú ovplyvňované (Podstavek, 1975):

a) sušinou skúmanej disperznej sústavy, nakoľko pri rovnakých gradientoch rýchlosti a teploty ovplyvňuje viskozitu, ktorá sa znižuje s pribúdaním šmykového napätia až po hraničnú hodnotu;

b) disperzným stavom hnojovice a tekutého hnoja, ktorý môže byť štruktúrny, ale aj neštruktúrny;

c) koloidnými vlastnosťami hnojovice a tekutého hnoja.

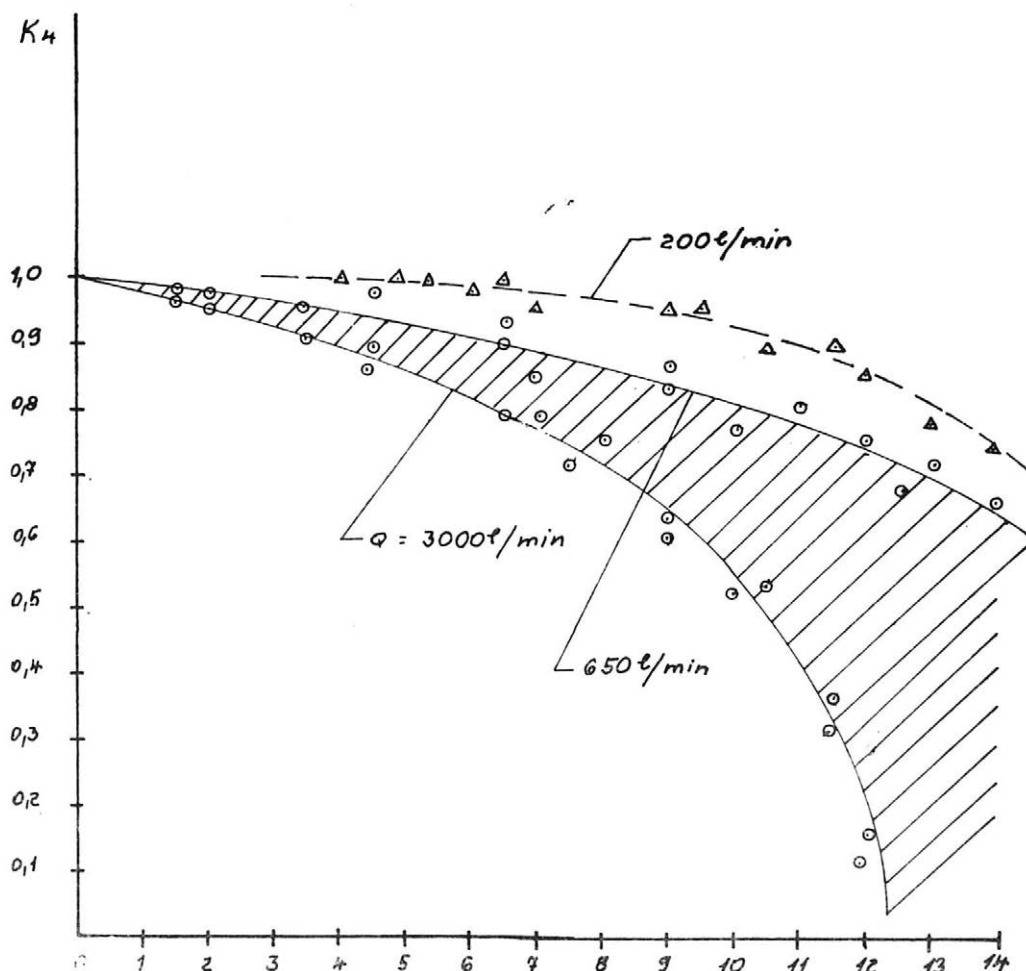


3. Oblasť zmeny pomerného opravného koeficienta K'_Q pre výkon čerpadiel v závislosti od sušiny hnojovice alebo tekutého hnoja a čerpaného množstva — The zone of the change of the relative correction coefficient K'_Q for the performance of pumps, as depending on the dry matter content of dungwater or liquid manure and on the amount of the material pumped

V práci (Podstavek, 1975) sme dokumentovali, že sušina hnojovice i tekutého hnoja má vplyv na hydrodynamické vlastnosti skúmanej disperznej sústavy. Sušina hnojovice a tekutého hnoja sa určuje pomerne ľahko. Z týchto dôvodov, v snahe zjednodušiť prácu projektantov pri hydrotechnických výpočtoch hydraulických sústav veľkokapacitných fariem hovädzieho dobytku i ošípaných, sme experimentálne určené prepočtové koeficienty graficky vyjadrili vo vzťahu k sušine hnojovice i tekutého hnoja (obr. 3, 4, 5).

Opravné koeficienty pre hnojovicu i tekutý hnoj pri rôznej viskozite disperznej sústavy, vyjadrené rovnicami (11), (12), (13), sme dostali porovnaním charakteristických kriviek jedného čerpadla pri čerpaní vody a tekutého hnoja i hnojovice s 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 % sušiny vo funkcii Reynoldsového čísla čerpadla.

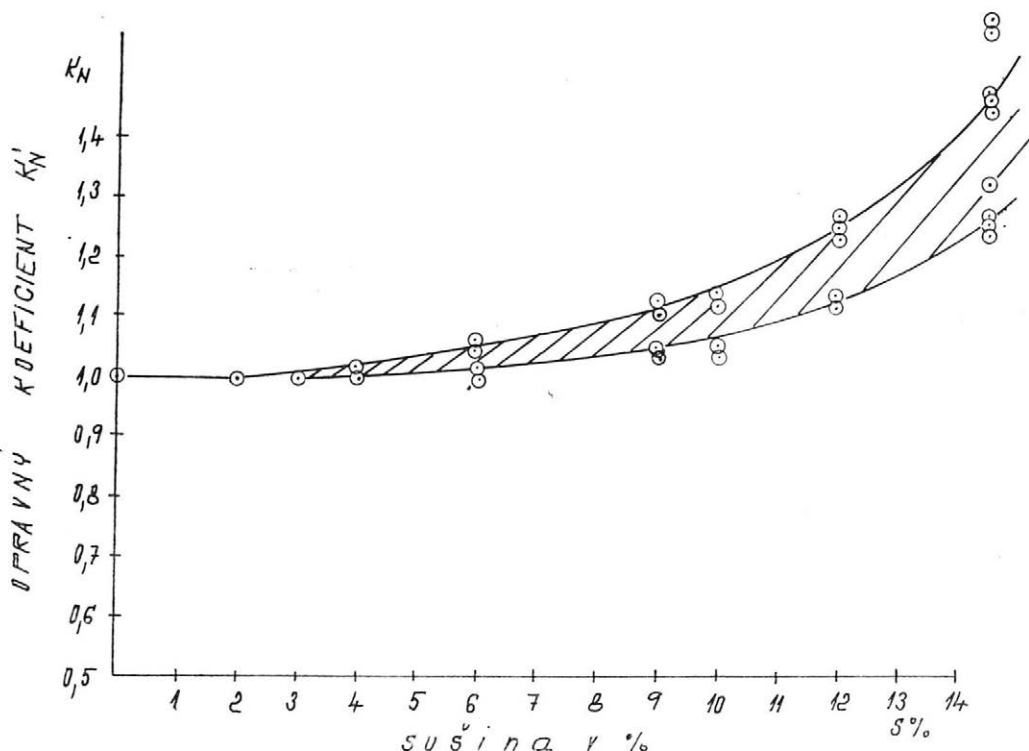
$$K_Q; K_H; K_N = f(Re_c) \quad (10)$$



4. Oblasť zmeny pomerného opravného koeficienta K'_H pre výtlačnú výšku čerpadiel v závislosti od sušiny hnojovice a tekutého hnoja a čerpaného množstva od 600 l min^{-1} do 3000 l min^{-1} — The zone of the change of the relative correction coefficient K'_H for the delivery head of the pumps, as depending on the dry matter content of dungwater and liquid manure and on the amount of the material pumped, ranging from 600 l per min. to 3,000 l per min.

Experimentálne určené body charakteristických kriviek čerpadla dobre vyplňujú krivky závislosti v zmysle vzťahu (10) — (obr. 6, 7). Pre rôzne čerpadlá by tieto krivky boli rôzne, a to preto, že každé čerpadlo má svoje charakteristické krivky v závislosti od hydraulických vlastností konštrukcie a funkčnosti čerpadla.

Všeobecne platné závislosti jednotlivých parametrov čerpadla dostaneme zavedením do rovníc bezrozmerných koeficientov K_Q pre dopravované množstvo K_H pre dopravnú výšku a K'_N pre príkon čerpadla. Hodnoty opravných pomocných koeficientov vo funkcii $R_{e\check{c}}$ (vzťah č. 10), sme určili pomerom koeficientov pre nenewtonovu disperznú sústavu (hnojovica a tekutý hnoj), t.j. K_Q (t. h.), K_H (t. h.), K_N (t. h.) a príslušných koeficientov pre vodu K_Q (voda), K_H (voda), K_N (voda), pri konštantnom pomere Q/n , t.j.:



5. Oblast zmeny pomerného opravného koeficienta K'_N pre výkon čerpadiel v závislosti od sušiny tekutého hnoja a čerpaného množstva — The zone of the change of the relative correction coefficient K'_N for pump performance, as depending on the dry matter content of liquid manure and on the amount of the material pumped

$$K'_Q = \frac{K_Q \text{ (t. h.)}}{K_Q \text{ (voda)}} = \frac{Q \text{ (t. h.)}}{Q \text{ (voda)}} \quad (11)$$

$$K'_H = \frac{K_H \text{ (t. h.)}}{K_H \text{ (voda)}} = \frac{H \text{ (t. h.)}}{H \text{ (voda)}} \quad (12)$$

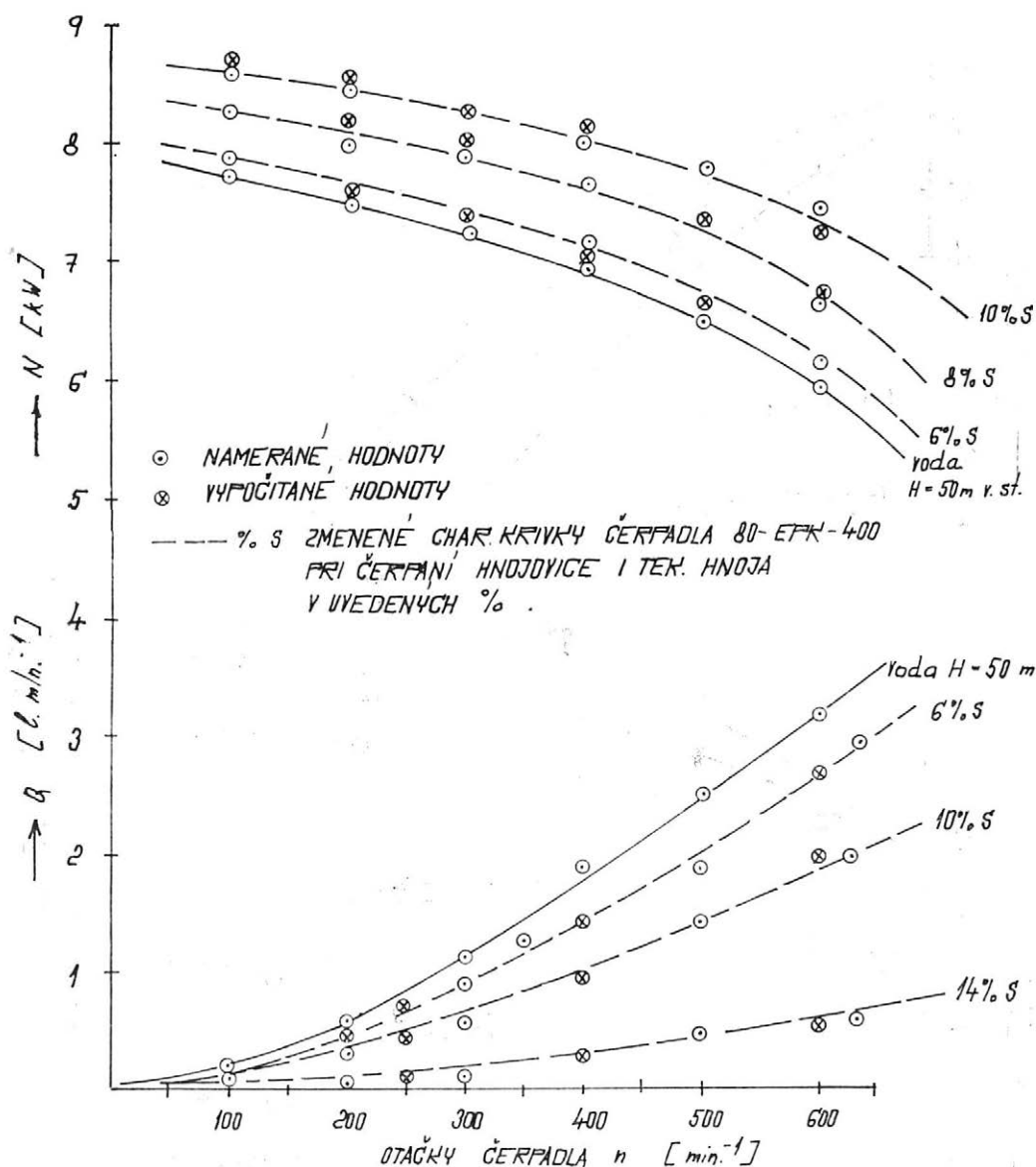
$$K'_N = \frac{K_N \text{ (t. h.)}}{K_N \text{ (voda)}} = \frac{N \text{ (t. h.)}}{N \text{ (voda)}} \frac{\text{voda}}{\text{t. h.}} \quad (13)$$

Z rovnice (13) môžeme vypustiť vplyv špecifickej hmotnosti hnojovice alebo tekutého hnoja, nakoľko sa veľmi neodlišuje od 1. Keď príkon čerpadla pre tekutý hnoj prepočítame na jednotnú špecifickú hmotnosť vody, rovnica sa zjednoduší:

$$K'_N = \frac{N \text{ (t. h.)}}{N \text{ (voda)}} \quad (14)$$

V rovniciach (11), (12), (13), (14) jednotlivé činitele znamenajú:

- K'_Q — pomerný koeficient pre prietok
- K'_H — pomerný koeficient pre dopravnú výšku
- K'_N — pomerný koeficient pre príkon



6. Vplyv viskozity hnojovice a tekutého hnoja na zmenu charakteristických kriviek čerpadla 90-EPK-400 — The effect of dungwater and liquid manure viscosity on the change of the characteristic curves of the 80-EPK-400 pump

Q (t. h.) — dopravované množstvo tekutého hnoja (za jednotku času)

Q (voda) — dopravované množstvo vody (za jednotku času)

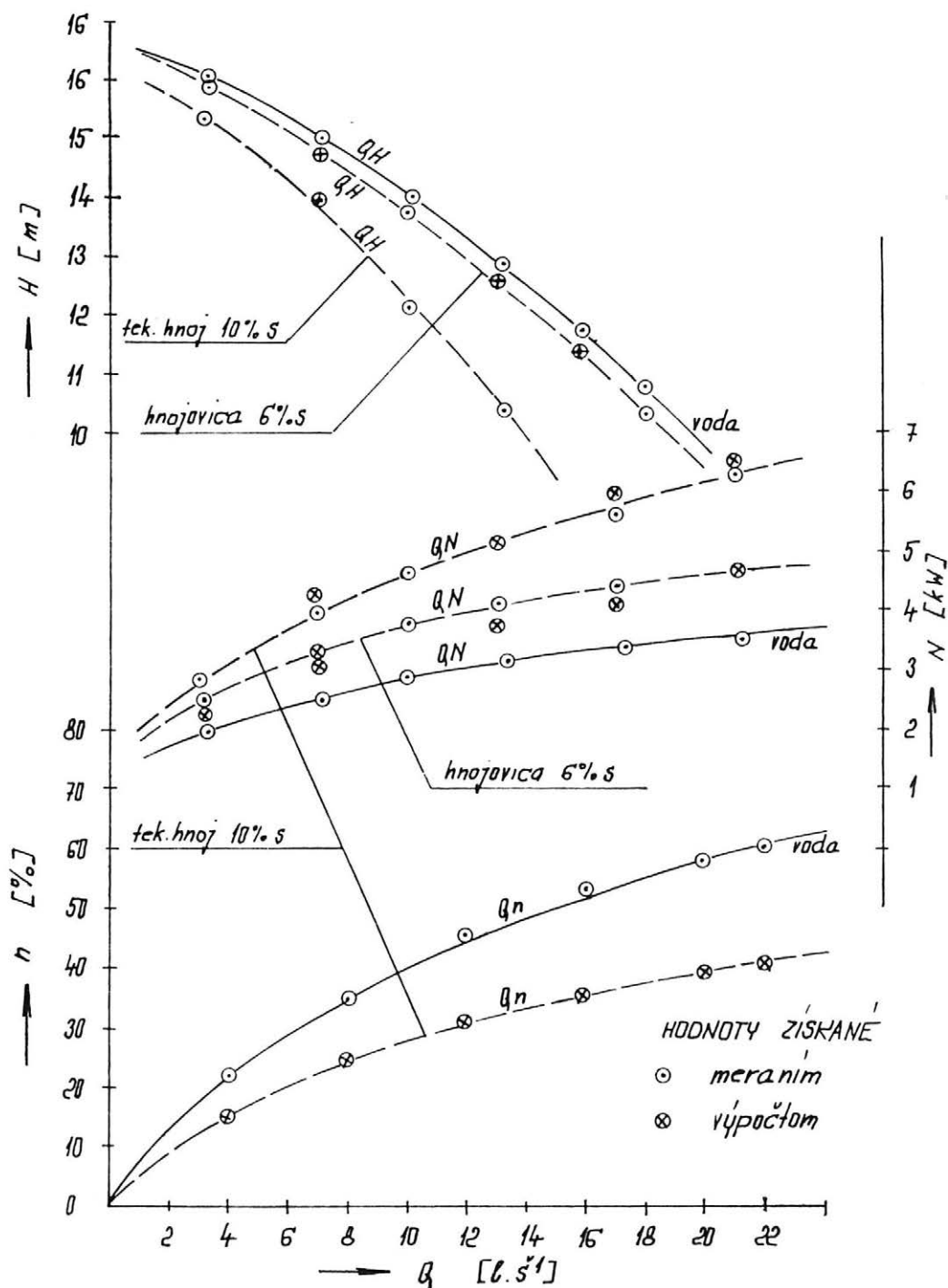
H (t. h.) — výtláčná výška tekutého hnoja (pri rovnakom dopravovanom množstve)

H (voda) — výtláčná výška vody (pri rovnakom dopravovanom množstve)

N (t. h.) — príkon čerpadla pri čerpaní tekutého hnoja (pri rovnakom dopravovanom množstve)

N (voda) — príkon čerpadla pri čerpaní vody (pri rovnakom dopravovanom množstve)

Veľká výhoda a význam pomerných opravných koeficientov je v tom, že pre rôzne čerpadlá rovnakého typu, t. j. $ns = \text{konšt.}$, vyplňujú jedinou krivku, ale predovšetkým v tom, že je umožnené zovšeobecnenie a prepočet charakteristických kriviek kalových



7. Vplyv viskozity hnojovice a tekutého hnoja na zmenu charakteristických kriviek čerpadla GF MU — The effect of dungwater and liquid manure viscosity on the change of the characteristic curves of the GF MU pump

čerpadiel, ktoré sa vzťahujú k vode pre newtonovu disperznú sústavu, akou je aj tekutý hnoj a hnojovica, bez nových overení čerpadla. Pre neoverené kalové čerpadlo môžeme vypočítať jednotlivé hodnoty prevádzkových parametrov pomocou rovníc (15), (16), (17), alebo pomocou pomerných opravných koeficientov sa odvodí kalové charakteristické krivky čerpadla

$$Q(t. h.) = K'_Q(t. h.) \cdot Q(\text{voda}) \quad (15)$$

$$H(t. h.) = K'_H(t. h.) \cdot H(\text{voda}) \quad (16)$$

$$N(t. h.) = K'_N(t. h.) \cdot N(\text{voda}) \quad (17)$$

Pomerné opravné koeficienty sú závislé od

$$ns \cdot Re; Q/Q_n \quad (18)$$

Naproti tomu konštrukčné faktory pri danom druhu čerpadiel sú zahrnuté už v príslušnom koeficiente K_Q , K_H , K_N pre vodu [rovnice (5), (7), (9)].

Prepočet charakteristických kriviek čerpadla platných pre vodu, tekutý hnoj a hnojovicu sa môže urobiť podľa rovníc (15), (16), (18), (19).

$$\frac{Q(t. h.)}{Q_n(t. h.)} = \frac{Q(\text{voda})}{Q_n(\text{voda})} \quad (19)$$

Rovnice (15), (16), (17), (18), (19) sú všeobecne platné pre všetky druhy čerpadiel rôznej konštrukcie, len hodnoty pomerných prepočtových koeficientov budú pre každý druh čerpadla iné.

Postup hydrotechnickej práce pri zhodnotení účinnosti a schopnosti čerpadla prečerpávať tekutý hnoj a hnojovicu je tento:

a) Vyberieme podľa praktických skúseností niekoľko typov kalových čerpadiel, o ktorých sa domnievame, že by mohli prečerpávať tekutý hnoj alebo hnojovicu.

b) Zhodnotíme podmienky prečerpávania, predovšetkým z hľadiska Q — dopravného množstva, H — výtláčnej výšky, N — príkonu čerpadla.

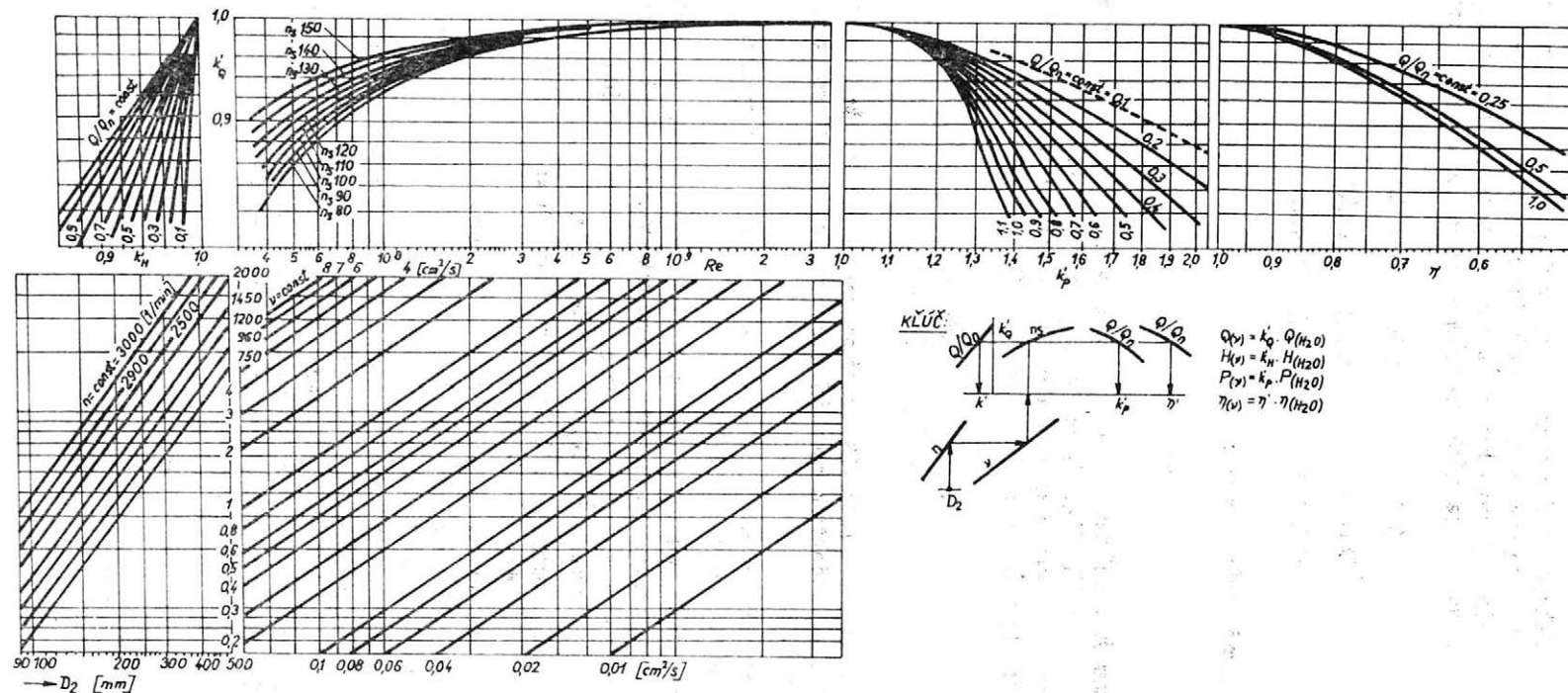
c) Z technických parametrov alebo charakteristických kriviek čerpadla zistíme základné údaje Q , H , N , ktoré sa vzťahujú na čistú vodu.

d) Určíme percento sušiny tekutého hnoja alebo hnojovice.

e) Pomocou určeného percenta sušiny a grafických závislostí 3, 4, 5 určíme pre naše podmienky hodnoty pomerných opravných koeficientov.

f) Do rovníc (15), (16), (17) dosadíme zistené hodnoty jednotlivých činiteľov a vypočítame hodnoty $Q(t. h.)$, $H(t. h.)$, $N(t. h.)$. Vypočítané hodnoty porovnáme s podmienkami prečerpávania. Pokiaľ sú vypočítané hodnoty v súlade s podmienkami, môžeme považovať čerpadlo za schopné splniť konkrétne podmienky a požiadavky prečerpávania tekutého hnoja a hnojovice. V prípade, že vypočítané hodnoty nie sú v súlade s podmienkami, musí sa celý výpočet opakovať s iným čerpadlom.

Výsledky získané experimentálnou prácou sme sa snažili v rámci únosnosti zjednodušiť, s cieľom pomôcť inžinierom a iným odborným pracovníkom v projekcii a stavebnej výrobe pri riešení náročných technických úloh, ktoré zďaleka svojím významom prevyšujú rámec projektového ústavu, alebo stavebnej organizácie. Paciga a i., (1967) uvádzajú veľmi náročný nomogram na určenie pomerných prepočtových koeficientov (obr. 8). V našej práci prevedené relatívne zjednodušenie nie je na úkor presnosti, ako by sa na



8. Prepočtové koeficienty pre jednostupňové čerpadlá (podľa Paciga) — The conversion coefficients for single-stage volute pumps (according to Paciga)

prvý pohľad zdalo. Graficky sme určili oblasť zmeny pomerného opravného koeficienta K'_Q , K'_H , K'_N v závislosti od sušiny a prietoku. Sušina hnojovice a tekutého hnoja je závislá od viacerých faktorov (Podstavek, 1975), ktoré sa značne menia (často pôsobia súbežne a inokedy protichodne). V konečnom dôsledku má sušina podstatný vplyv na hmotnosť, dynamickú viskozitu, sedimentačné vlastnosti, stupeň organického znečistenia, vzhľad, špecifickú vodivosť a koncentráciu vodíkových iónov tekutého hnoja i hnojovice. Nakolko sú od sušiny závislé viaceré fyzikálne charakteristiky tekutého hnoja i hnojovice, hľadali sme a našli určitý vzťah medzi sušinou a pomernými opravnými koeficientmi (obr. 3, 4, 5). Vyčíslené hodnoty Q (t. h.), H (t. h.), N (t. h.) v zmysle rovníc (15), (16), (17), v ktorých sa používajú pri výpočte pomerné opravné koeficienty určené zo vzťahov (3), (4), (5), pomerne dobre súhlasia s experimentálne určenými bodmi charakteristických kriviek skúšaných čerpadiel (obr. 6, 7).

ZÁVER

Rozpracovaná metóda môže byť pomôckou pri hodnotení vhodnosti kalových čerpadiel na prečerpávanie tekutého hnoja a hnojovice. Pomocou nej sa môže stanoviť najpravdepodobnejší priebeh charakteristických kriviek čerpadla, ktoré bude prečerpávať nenewtonovu disperznú sústavu, akou je tekutý hnoj a hnojovica. Skutečný priebeh charakteristických kriviek môže byť trochu odlišný.

Presnosť výsledkov je ovplyvňovaná nielen presnosťou rozpracovanej metódy a meraní, ale môžu tu mať vplyv ešte ďalšie faktory. Pri čerpaní malého množstva tekutého hnoja a hnojovice, t. j. keď pomer $\frac{Q}{Q_n}$ je približne 0,25–0,42, môžu byť skutočné krivky čerpadla QH nad vypočítanými hodnotami v zmysle vzťahov (15), (16), (17). Na druhej strane, keď pomer $\frac{Q}{Q_n} = 1,0–1,2$, môže sa pri čerpaní prejavíť veľké zníženie sacej výšky čerpadla a skutočná krivka QH môže byť pod vypočítanými hodnotami v zmysle vzťahov (15), (16), (17).

Čím je sušina tekutého hnoja a hnojovice vyššia, tým väčšie môžu byť odchýlky vypočítaných hodnôt od skutočných charakteristických kriviek čerpadiel na čerpanie tejto nenewtonovej disperznej sústavy.

Literatúra

- JELÍNEK, T.: Vyhodnocení samotížného systému odklizu výkalů ve výkrmnách prasat. [Výzkumná zpráva.] Kostelec n. Orlicí, Výzk. ústav pro chov prasat 1973.
- PACIGA, A. a i.: Projektovanie zariadení čerpacej techniky. 1967.
- PODSTAVEK, B.: Čerpadlá na tekutý hnoj. [Štúdia.] Bratislava, Pôdohospodársky projektový ústav 1974.
- PODSTAVEK, B.: Fyzikálne a chemické vlastnosti hnojovice hovädzieho dobytká a osípaných a riešenie manipulácie s hnojovicou. Zeměd. Techn., 21, 1975, č. 2, s. 79–93.
- PODSTAVEK, B.: Průdení hnojovice v potrubí. Zeměd. Techn., 22, 1976, č. 7, s. 379–396.
- VELEBIL, M.: Výzkum předpokladů technického zabezpečení provozu bezstelivového ustájení. [Výzkumná zpráva R-IV-19/3.] Praha, Výzk. ústav zemědělské techniky 1970.

Došlo dňa 17. 5. 1976

ПОДСТАВЕК, Б. (Сельскохозяйственный проектный институт, Братислава): Откачивание навозной жижи и жидкого навоза. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (4) : 203-216.

В работе анализируется метод оценки пригодности шламовых насосов на перекачивание навозной жижи и жидкого навоза, если они имеют свойства неньютоновской дисперсионной системы. Этот метод поможет установить самую вероятную форму кривых характеристики и параметров насоса, который необходимо применять для откачивания навозной жижи и жидкого навоза.

неньютоновская дисперсионная система; жидкий навоз; навозная жижа; перекачивание по неньютоновской дисперсионной системе; кривые характеристики насоса; сравнительные коэффициенты исправления

PODSTAVEK, B.: (Soil Projecting Institute, Bratislava): *Dungwater and Liquid Manure Pumping*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (4) : 203-216.

The paper describes a method for the evaluation of the suitability of slurry pumps for re-pumping dungwater and liquid manure having the properties of the non-Newtonian dispersion system. This method can be used for the determination of the most probable course of the characteristic curves and the parameters of the pump to be used for re-pumping dungwater and liquid manure.

non-Newtonian dispersion system; liquid manure; dungwater; re-pumping of the non-Newtonian dispersion system; characteristic curves of the pump; relative correction coefficients

PODSTAVEK, B. (Landwirtschaftliche Projektierungsanstalt, Bratislava): *Das Pumpen der Gülle und des flüssigen Dungs*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (4) : 203-216.

In der Arbeit wird die Methode der Bewertung der Eignung von Schlammumpen für das Umschöpfen der Gülle und des flüssigen Dungs, falls diese die Eigenschaften des Nicht-Newtonischen dispersen Systems besitzen, ausgearbeitet. Durch diese Methode können der wahrscheinliche Verlauf der charakteristischen Kurven und die Parameter der Pumpe, die für das Umschöpfen der Gülle und des flüssigen Dungs benützt werden soll, ermittelt werden.

Nicht-Newtonisches disperses System; flüssiger Dung; Gülle; Umschöpfen des Nicht-Newtonischen dispersen Systems; charakteristische Kurven der Pumpe; relative Korrektionskoeffizienten

Adresa autora:

Ing. Bohumil Podstavek, CSc., Pôdohospodársky projektový ústav, Vajnorská 21, 899 21 Bratislava

F. Novotný

NOVOTNÝ, F. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Matematické modelování procesu porušování traktorů*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (4) : 217-234.

K vědeckému řízení péče o zemědělskou techniku a k jejímu zdůvodněnému nahrazování je nezbytné shromáždit dostatek poznatků o charakteristických zákonitostech a technických a ekonomických důsledcích porušování strojů v provozních podmínkách. Příspěvek seznamuje s poznatky a zkušenostmi z provozního ověřování metody rámcového rozboru poruchovosti a ze vzorové analýzy dynamiky hlavních složek nákladů na udržování, které byly aplikovány na traktorech Z 50 S a Z 5611. Rámcový rozbor poruchovosti ukázal, že 70,0 % všech zaregistrovaných poruch u traktorů Z 50 S a 62,5 % u traktorů Z 5611 je možné připsat na vrub elektronistalace a ústrojí motoru. Z analýzy dynamiky hlavních složek jednotkových nákladů na udržování vyplynulo, že degressivní charakter narůstání těchto nákladů určují především jednotkové náklady na náhradní díly včetně pneumatik, které rostou nejintenzivněji, dále pak jednotkové pracovní náklady na opravy a jednotkové náklady na režii oprav. Podle dosavadního průběhu křivky životnosti byla stanovena průměrná skutečná doba používání traktorů Z 50 S na 14 let. U traktorů Z 5611 je možné počítat s ohledem na pokles užité hodnoty s průměrnou dobou používání deset let. Z hlediska průběhu porušování by bylo ekonomicky nejvýhodnější vyřazovat traktory Z 50 S v průměru po osmi letech provozu (po dosažení spotřeby 55 500 l), traktory Z 5611 po sedmi letech provozu (po dosažení spotřeby nafty 36 600 l).

rozbor poruchovosti; analýza dynamiky hlavních složek nákladů na udržování traktorů; náhradní díly; opravy; režie oprav; průměrná skutečná doba používání traktorů

V posledních třiceti letech došlo ve vyspělých státech k nebývalému rozmachu průmyslové výroby, který byl vyvolán rychlým rozvojem vědy a techniky. Tato epocha „vědeckotechnické revoluce“ zasáhla všechny oblasti lidské činnosti a přinesla celou řadu vymožeností, významně přispívajících ke všeobecnému zvyšování životní úrovně lidské společnosti, i mnoho nových problémů. Jedním z nich je problém jakosti výrobků.

Bez nadsázky je možné tvrdit, že snad žádný jiný pojem než „jakost výrobku“ neměl dosud tak měněn obsah a nebyl předmětem tolika sporů. V podstatě však už od začátku byla jakost většinou kladena do určité souvislosti s těmi vlastnostmi výrobku, které mají vztah k funkci, pro niž je

výrobek určen. Postupně se došlo k přesvědčení, že u každého výrobku je možné tyto vlastnosti nějak číselně charakterizovat, a tak jakost měřit.

Nejdůležitějším posuzovatelem jakosti výrobku je bezesporu jeho uživatel, neboť pouze on má možnost vlastnosti výrobku nejvšestranněji prověřit. Uživatel obvykle hodnotí jakost podle toho, do jaké míry jsou vlastnosti výrobku v souladu s jeho požadavky.

Na zemědělskou techniku jsou dnes uživateli běžně kladeny požadavky charakteru agrotechnického nebo zootechnického, exploatačního, bezpečnostního a ergonomického. V posledních letech je zemědělskou praxí stále důrazněji proklamován požadavek na přiměřenou provozní spolehlivost techniky. Všeobecná tendence neustále zvyšovat užitnost techniky spěje totiž ke konstrukci stále složitějších zemědělských strojů a zařízení. Například traktor Z 50 S se v původním standardním provedení (r. 1960) skládal ze 4780 součástí (ve všech uváděných případech jde o katalogizované součásti), s kompletním příslušenstvím dodávaným v r. 1966 byl to již funkční celek o 6030 součástech. Traktor téže výkonové třídy Z 5611, vyráběný v r. 1972, se skládal přibližně ze 7000 součástí. S ohledem na zvyšující se pravděpodobnost výskytu poruch v důsledku uvedené tendence a s přihlédnutím ke specifickým podmínkám provozu je požadavek zemědělské praxe na přiměřenou provozní spolehlivost dodávané techniky oprávněný.

METODIKA

Při řešení problematiky provozní spolehlivosti techniky je nutné vzhledem k její šíři, různorodosti, složitosti i společenské závažnosti postupovat systémově a cílevědomě po etapách.

V úvodní výzkumné etapě jsme v oblasti týkající se poruchovosti zemědělských strojů věnovali pozornost především následujícím stěžejním otázkám: objasnění podstaty porušování strojů, vytypování hlavních mechanismů porušování a zkoumání možností, jak matematicky modelovat průběh porušování v rámci celých strojů.

V navazující etapě byl vědecky zdůvodněn, teoreticky propracován a prakticky ověřován způsob kvantifikace procesu porušování strojů prostřednictvím hodnotových ukazatelů, konkrétně pomocí nákladů na udržování strojů v provozuschopném stavu. Přitom bylo nutné řešit otázky vhodné struktury nákladů na udržování i otázky vhodného matematického modelování jejich dynamiky. Celý postup řešení, včetně zjištěných výsledků, je podrobně popsán ve zprávách VÚZT Z-932/72 a Z-1056/74; v hlavních rysech byl také publikován (Novotný, 1973, 1975).

V poslední uzavřené etapě byla řešená problematika dále doplněna o rámcový postup zjišťování poruchovosti jednotlivých ústrojí, skupin a podskupin stroje a o vzorovou analýzu dynamiky hlavních složek nákladů na udržování strojů. Prakticky se ověřovala na traktorech Z 50 S a Z 5611. Postup zjišťování poruchovosti předpokládá stanovit nejprve „počáteční fond porušování stroje“, jeho ústrojí, strojních skupin a podskupin. Tento fond se potom porovnává s „dodatečným fondem porušování“ daného typu stroje, jeho jednotlivých ústrojí, strojních skupin a podskupin, který se zjišťuje na základě dlouhodobého průzkumu porušování výběrového souboru strojů v provozních podmínkách. Uvedený postup umožňuje vytypovat nejporuchovější ústrojí, skupinu a pod-

skupinu daného stroje a zjistit období, za které se zhruba vyčerpá počáteční fond porušování stroje. Další rozpracování tohoto postupu umožní komplexní pohled na poruchovost stroje nejen z hlediska poruchovosti jeho ústrojí, skupin a podskupin, ale i jednotlivých strojních prvků. V rámci poslední etapy byla také provedena vzorová analýza dynamiky hlavních složek nákladů na udržování traktorů Z 50 S a Z 5611 jako nezbytný doplněk k matematickému modelování procesu porušování strojů. Postup zjišťování poruchovosti ústrojí, skupin a podskupin strojů i vzorová analýza dynamiky složek nákladů na udržování jsou podrobně rozpracovány včetně zjištěných provozních poznatků ve zprávě VÚZT Z-1201/75. Pro značný rozsah poznatků se v předpokládaném příspěvku omezíme jen na stručný přehled těch nejdůležitějších. Na závěr ještě pokládáme za nezbytné připomenout, že při zpracování všech použitých vstupních podkladů se vycházelo z počtu pravděpodobnosti a bylo použito běžných statistických metod.

VLASTNÍ PRÁCE

ROZBOR POČÁTEČNÍHO FONDU PORUŠOVÁNÍ TRAKTORŮ Z 50 S a Z 5611

Chceme-li získat komplexní představu o průběhu porušování určitého typu stroje, jeho jednotlivých ústrojí, skupin a podskupin, musíme nejprve zjistit jejich počáteční fond porušování.

Pod pojmem „počáteční fond porušování“ stroje, ústrojí, strojní skupiny a podskupiny rozumíme souhrn všech jejich původních (výrobce vestavěných) prvků, které se v průběhu doby používání stroje porušují, pod pojmem „počáteční fond opotřebení“ stroje, ústrojí, strojní skupiny a podskupiny pak obdobně souhrn všech jejich původních prvků, které během doby používání stroje podléhají opotřebení. Fond porušování konstrukčních prvků tvoří všechna porušující se místa na strojních součástech; je tedy zpravidla větší než počet strojních součástí. Mezi spojovací a těsnicí součásti zahrnujeme šrouby, matice, podložky, závlačky, klíny, pera, různá těsnění a zátky. Spoje, mazací místa, různé náplně a nátěr stroje jsme zařadili do fondu porušování nekonstrukčních prvků.

Vzhledem k tomu, že se zemědělská technika neustále zdokonaluje, mění se časem i počáteční fond porušování určitého typu stroje. V našem případě jsme vzali za základ traktor Z 50 S s kompletním příslušenstvím, vyráběný v roce 1966, a traktor Z 5611, dodávaný v roce 1972. Nejdůležitější poznatky z rozboru počátečního fondu porušování uvedených traktorů a jejich ústrojí jsme pro přehlednost uspořádali do tab. I. Přihlédneme-li ještě k poznatkům z rozboru počátečního fondu porušování strojních skupin a podskupin, které zde pro značný rozsah údajů neuvádíme, pak docházíme k následujícím závěrům. Traktory Z 50 S a Z 5611 jsou stavebnicové konstrukce s vysokým podílem konstrukčních prvků. Převládající část konstrukčních prvků tvoří spojovací a těsnicí součásti. Všeobecná tendence ke zvyšování kultury a bezpečnosti práce se u později vyráběného typu traktoru Z 5611 promítá ve zdokonalení konstrukce ústrojí podvozku (např. odpérování přední nápravy, modernizace kapotáže, sedadla, montáž servořízení apod.) a v dalším vylepšení výbavy traktoru (např. modernizace hydrauliky, bezpečnostní kabina, vytápění apod.). Výsledky rozborů ukazují na poměrně nízký podíl strojních prvků, které podléhají opotřebení.

I. Ukazatele charakterizující počáteční fond porušování traktorů Z 50 S a Z 5611 — The parameters characterizing the initial state of the failures of the Z 50 S and Z 5611 tractors

Ukazatel	Rozměr	Traktor	
		Z 50 S	Z 5611
Počáteční fond porušování (prvků)	ks	7413	8476
— podíl konstrukčních prvků	%	82	83,5
— podíl nekonstrukčních prvků	%	18	16,5
Podíl spojovacích a těsnících součástí z konstrukčních prvků*)	%	58,5	69,0
Na počátečním fondu porušování konstrukčních prvků se podílí:			
— ústrojí motoru	%	31,0	24,5
— ústrojí přenosu hnací síly	%	16,0	9,5
— ústrojí podvozku	%	21,5	30,5
— výbava traktoru	%	18,5	29,5
— elektroinstalace	%	13,0	6,0
Podíl počátečního fondu opotřebení z počátečního fondu porušování	%	13,5	9,5
Na počátečním fondu porušování nekonstrukčních prvků se podílí:			
— spoje	%	96,5	97,5
— mazací místa	%	2,5	1,5
— náplně a nátěr	%	1,0	1,0

*) šrouby, matice, podložky, klíny, pera, těsnění

PORUCHOVOST JEDNOTLIVÝCH ÚSTROJÍ, SKUPIN A PODSKUPIN TRAKTORU Z 50 S V ZEMĚDĚLSKÉM PROVOZU

Průzkumem průběhu procesu porušování u traktorů Z 50 S se sledovalo jednak ověření možnosti praktické aplikace shora naznačeného postupu včetně odhalení jeho hlavních nedostatků, jednak získání první rámco-

II. Četnost poruch jednotlivých ústrojí traktoru Z 50 S — The failure rates of individual mechanisms of the Z 50 S tractor

Název ústrojí	Počet	
	případů	%
Ústrojí motoru	1086	49,0
Elektroinstalace	453	20,5
Ústrojí podvozku	407	18,3
Výbava traktoru	148	6,7
Ústrojí přenosu hnací síly	123	5,5

vé představy o poruchovosti traktorů Z 50 S, jejich ústrojí, skupin a podskupin. Za tímto účelem byla na vybraných zemědělských podnicích vedena rozšířená evidence o poruchách a opravách souboru 15 traktorů Z 50 S od začátku jejich nasazení průběžně po 6 až 8 let jejich provozu. Značnou výhodou bylo, že sledované traktory byly udržovány v provozuschopném stavu převážně v režii samotných zemědělských podniků. Evidenci bylo v průběhu sledování zaregistrováno celkem 2217 významnějších poruch. Na základě analýzy těchto poruch byly sestaveny posloupnosti podle četnosti výskytu poruch nejprve na úrovni jednotlivých ústrojí (tab. II), dále pak na úrovni jednotlivých skupin a podskupin traktoru (tab. III).

III. Četnost poruch skupin a podskupin traktoru Z 50 S — The failure rates of the groups and subgroups on the Z 60 S tractor

Název skupiny, podskupiny	Počet		Poznámka
	případů	%	
Elektroinstalace	453	20,5	základní části
Motor	418	18,9	
Palivová soustava	329	14,8	sedačka, blatníky, kapotáž
Chladicí soustava	175	7,9	
Ostatní části podvozku	159	7,2	
Spouštěč	95	4,3	
Spojka	88	4,0	
Brzdové ústrojí	67	3,0	
Pneumatiky	63	2,8	
Nápravy	46	2,1	
Řízení	44	2,0	
Hydraulika	44	2,0	
Vzduchotechnika	42	1,9	
Náhon	35	1,6	
Mazací soustava	34	1,5	
Závěs	30	1,3	
Kabina	25	1,1	
Převodovka	24	1,1	
Čistič vzduchu	19	0,8	
Rozvody	16	0,7	
Diferenciál s uzávěrkou	11	0,5	

V porovnání s počátečním fondem porušování byly zjištěny tyto poznatky: u sledovaných traktorů docházelo relativně nejvíce k poruchám elektroinstalace a ústrojí motoru, dále pak ústrojí podvozku, výbavy traktoru a relativně nejméně k poruchám ústrojí přenosu hnací síly.

V rámci jednotlivých ústrojí byly podle relativní četnosti poruch seřazeny následující posloupnosti skupin a podskupin:

- ústrojí motoru: chladicí soustava, čističe vzduchu, vlastní motor, palivová soustava, spouštěč, mazací soustava, rozvody;
- ústrojí podvozku: ostatní části podvozku (kapotáž, blatníky, sedadlo), brzdy, řízení, nápravy;
- výbava traktoru: kabina, vzduchotechnika, hydraulika;
- ústrojí přenosu hnací síly: spojka, diferenciál s uzávěrkou, převodovka s redukcí.

PORUCHOVOST JEDNOTLIVÝCH ÚSTROJÍ, SKUPIN A PODSKUPIN TRAKTORU Z 5611 V PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH

Poznatzky o porušování traktorů Z 5611 byly čerpány z rozšířené evidence, kterou si některé zemědělské podniky vedou ve vlastním zájmu pro plánovací účely. Uvádíme předběžné výsledky dosud neuzavřeného dlouhodobého průzkumu porušování souboru dvanácti traktorů Z 5611 za první dva až čtyři roky provozu. U většiny sledovaných traktorů se do doby předběžné uzávěrky evidence nedělaly generální opravy. Počáteční fond porušování traktorů nebyl tedy ještě vyčerpán. Tuto skutečnost odráží i přehled četnosti výskytu poruch podle jednotlivých ústrojí traktoru Z 5611 v tab. IV. Podle četnosti výskytu poruch se v porovnání s údaji v tab. II mění v tab. IV pouze pořadí ústrojí na prvních dvou místech.

IV. Četnost poruch jednotlivých ústrojí traktoru Z 5611 — The failure rates of individual mechanisms of the Z 5611 tractor

Název ústrojí	Počet	
	případů	%
Elektroinstalace	226	32,9
Ústrojí motoru	203	29,6
Ústrojí podvozku	162	23,6
Výbava traktoru	81	11,7
Ústrojí přenosu hnací síly	15	2,2

Pokládáme za nezbytné upozornit, že z 687 registrovaných poruch činí plných 62,5 % poruchy elektroinstalace a ústrojí motoru. Posloupnost jednotlivých ústrojí podle relativního počtu poruch (v poměru k počátečnímu fondu porušování) je stejná jako v tab. IV. V tab. V je pro podrobnější informaci uveden přehled jednotlivých skupin a podskupin traktoru Z 5611 podle četnosti výskytu poruch, jak vyplynul z předběžného rozboru poruchovosti. Z ústrojí motoru se zatím ukazuje jako relativně nejporuchovější chladicí soustava, z ústrojí podvozku brzdy, z výbavy traktoru vzduchotechnika, z ústrojí přenosu hnací síly spojka.

Název skupiny, podskupiny	Počet		Poznámka
	případů	%	
Elektroinstalace	226	32,9	základní části
Motor	73	10,7	
Palivová soustava	64	9,3	
Pneumatiky	54	7,8	
Vzduchotechnika	39	5,7	
Brzdy	38	5,6	
Spouštěč	27	3,9	
Kabina	25	3,6	
Kapotáž	25	3,6	
Chladicí soustava	23	3,4	
Nápravy	20	2,9	
Řízení	18	2,6	
Mazací soustava	16	2,3	
Spojka	10	1,5	
Závěs	8	1,2	
Náhon	7	1,0	
Hydraulika	5	0,7	
Řemenice	4	0,6	
Převodovka	4	0,6	
Rozvodovka	1	0,1	

ANALÝZA DYNAMIKY HLAVNÍCH SLOŽEK NÁKLADŮ NA UDRŽOVÁNÍ TRAKTORŮ Z 50 S A Z 5611

Podle výsledků dosavadních analýz je velmi užitečné charakterizovat průběh procesu porušování strojů hodnotovými ukazateli. Tyto ukazatele se totiž vyznačují výbornými agregačními schopnostmi. Na druhé straně je však nutné mít stále na zřeteli, že hodnotové ukazatele odrážejí proces porušování nepřímo, časově opožděné, a registrují i všeobecný pohyb cenové hladiny. V našem případě jsme vyjádřili průběh porušování obou sledovaných traktorů náklady na jejich udržování v provozuschopném stavu. Abychom objasnili otázku, jak se chovají jednotlivé hlavní složky těchto nákladů v průběhu doby používání traktorů a jak se mění jejich vzájemný poměr, analyzovali jsme dynamiku těchto složek. Podklady pro analýzu byly získány v obou případech dlouhodobým průzkumem porušování souborů družstevních a statkových traktorů vždy po deseti kusech v běžných provozních podmínkách. Pro značný rozsah podkladů jsme se v předkládaném příspěvku omezili pouze na interpretaci poznatků z průzkumu družstevních traktorů. Vedle průběhů jednotlivých složek nákladů na udržování, stanovených na základě provozních podkladů, jsme pro porovnání

vypočítali i modelové průběhy, které jsme sestavovali podle plánovacích podkladů. U modelových průběhů byl eliminován všeobecný pohyb cenové hladiny.

DYNAMIKA NÁKLADŮ NA SMĚNOVÉ A TECHNICKÉ ÚDRŽBY TRAKTORŮ Z 50 S A Z 5611

Praxe v udržování traktorů Z 50 S a v odměnách za údržby byla ve vybraných podnicích rozmanitá a v době, kdy jsme traktory sledovali, se postupně měnila. Původně byly údržby traktoru samozřejmou součástí pracovní náplně traktoristy, který také nesl plnou odpovědnost za jejich řádné vykonání. V provozní praxi se běžně předepsaný obsah směnových údržeb omezoval na nezbytně nutné operace a předepsaný čtyřstupňový systém technických údržeb se obvykle redukoval na I. a II. stupeň. S budováním opravářských středisek v zemědělských podnicích se zlepšily celkové podmínky údržeb traktorů. Odpovědnost za řádné zabezpečování zejména technických údržeb byla přenášena na opravářská střediska, která byla i přiměřeně materiálně vybavována. Odměna se původně stanovovala podle podnikových norem za každou údržbu, později se v některých zemědělských podnicích přešlo na paušální odměňování, které je vázáno splněním předepsaných podmínek. U traktorů Z 5611 byly údržby i odměny za ně obdobné jako u traktorů Z 50 S.

Podle propočtů nejlépe vystihuje střední průběh jednotkových nákladů na směnové a technické údržby

- souboru družstevních traktorů Z 50 S regresní přímka

$$y = 44,10 + 0,013 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (1)$$

(všechny regresní čáry, vypočtené pro soubor družstevních traktorů Z 50 S, platí pro rozmezí spotřeby nafty $7900 l \leq x \leq 71\,700 l$);

- modelového traktoru Z 50 S regresní přímka

$$y = 46,30 + 0,013 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (2)$$

(všechny regresní čáry, vypočtené pro modelový traktor Z 50 S, platí pro rozmezí spotřeby nafty $6400 l \leq x \leq 51\,500 l$);

- souboru družstevních traktorů Z 5611 regresní přímka

$$y = 54,14 + 0,016 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (3)$$

(všechny regresní čáry, vypočtené pro soubor družstevních traktorů Z 5611, platí pro rozmezí spotřeby nafty $6300 l \leq x \leq 27\,900 l$);

- modelového traktoru Z 5611 regresní přímka

$$y = 69,75 - 0,011 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (4)$$

(všechny regresní čáry, vypočtené pro modelový traktor Z 5611, platí pro rozmezí spotřeby nafty $5200 l \leq x \leq 31\,500 l$).

Vyšší modelové jednotkové náklady na údržby vyplývají z toho, že u modelových traktorů se předpokládá, že se budou zabezpečovat směnové a technické údržby v plném rozsahu a periodicitě podle pokynů výrobce.

Materiálové náklady na údržby zahrnují spotřebu olejů, mazacích tuků a ostatních materiálů. V jednotlivých podnicích byla zjišťována průměrná spotřeba nafty mezi výměnami motorového oleje řady A. U sledovaných traktorů Z 50 S činila 450, 485 a 525 l; u traktorů Z 5611 se pohybovala kolem 530 l. Proti předpisu výrobce (400 l pro Z 50 S a 350 l pro Z 5611) byly provozní lhůty výměny motorového oleje delší. Podrobnější rozbor ukázal, že délka intervalu mezi výměnami motorového oleje značně závisí na sezónnosti prací a na stáří traktoru. Skutečná spotřeba motorového oleje (včetně dolévání) dosahovala u traktorů Z 50 S v průměru 4,2–5,0 %, u traktorů Z 5611 v průměru 3,9 % spotřeby nafty.

Uvedené skutečnosti se odrážejí i v dynamice materiálových nákladů na údržby sledovaných traktorů, kterou nejlépe charakterizují regresní přímky:

- pro soubor družstevních traktorů Z 50 S:

$$y = 31,00 + 0,006 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (5)$$

- pro modelový traktor Z 50 S:

$$y = 28,09 + 0,01 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (6)$$

- pro soubor družstevních traktorů Z 5611:

$$y = 25,95 + 0,023 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (7)$$

- pro modelový traktor Z 5611:

$$y = 52,20 - 0,011 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (8)$$

DYNAMIKA NÁKLADŮ NA NÁHRADNÍ DÍLY TRAKTORŮ Z 50 S A Z 5611

Náklady na náhradní díly představují hodnotově vyjádřenou veškerou spotřebu nových i opravených strojních součástí při údržbách a opravách traktorů. U oprav prováděných dodavatelsky, ať už systémem plánovaných středních a generálních oprav (v první fázi udržování traktorů Z 50 S), nebo pomocí výměnného fondu skupin a podskupin (převážně v konečné fázi udržování traktorů Z 50 S a při udržování traktorů Z 5611), byl podle podkladů GŘ STS a OZS Praha - Vinoř započten příslušný hodnotový podíl, připadající na náhradní díly. U sledovaných traktorů Z 50 S nebylo možné získat přiměřenou představu o spotřebě pneumatik, protože v zájmových podnicích bylo hospodaření s traktorovými pneumatikami řízeno centrálně. Proto bylo nutné ve speciálním dlouhodobém průzkumu zjistit náklady na pneumatiky a jejich průběh vyhodnotit samostatně.

Souběžně se zjišťováním spotřeby náhradních dílů byly shromažďovány poznatky o životnosti traktorových motorů. Podle výsledků tohoto průzkumu u 224 motorů Z 50 S se zjištěná průměrná spotřeba nafty mezi GO motoru 19 362 l přibližuje plánované spotřebě do druhé a další GO (19 200 l). Přitom bylo zjištěno variační rozpětí spotřeby nafty 3300 l až 45 400 l. Podobně i předběžné výsledky z průzkumu životnosti trakto-

rových motorů Z 5611, zahrnující soubor 63 traktorů, ukazují, že průměrná spotřeba nafty do GO traktorového motoru 21 800 l koresponduje s předběžně plánovanou spotřebou 22 400 l nafty. U výběrového souboru bylo zatím zjištěno variační rozpětí spotřeby nafty 9800 l až 35 900 l.

Dynamiku jednotkových nákladů na náhradní díly nejlépe vystihují následující regresní vztahy:

- pro soubor družstevních traktorů Z 50 S (bez pneumatik):

$$y = 1,533 x^{0.595} \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (9)$$

- pro modelový traktor Z 50 S (bez pneumatik):

$$y = 0,629 x^{0.678} \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (10)$$

- pro soubor družstevních traktorů Z 5611 (včetně pneumatik):

$$y = 3,476 x^{0.620} \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (11)$$

- pro modelový traktor Z 5611 (bez pneumatik):

$$y = 1,880 x^{0.660} \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (12)$$

Náklady na náhradní díly jsou nejvýznamnější složkou nákladů na opravy, neboť vykazují nejintenzivnější růst v závislosti na době provozu traktorů.

DYNAMIKA PRACOVNÍCH NÁKLADŮ NA OPRAVY TRAKTORŮ Z 50 S A Z 5611

Pracovní náklady na opravy zahrnují odměny za opravářské práce prováděné traktorysty na poli, opravářskou složkou zemědělského podniku a službami. Z důvodu porovnatelnosti byla do těchto nákladů pojata pouze základní mzda a podíl národního pojištění.

Dynamiku jednotlivých pracovních nákladů na opravy nejlépe vystihují následující regresní křivky:

- pro soubor družstevních traktorů Z 50 S:

$$y = 2,695 x^{0.383} \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (13)$$

- pro modelový traktor Z 50 S:

$$y = 6,12 + 0,009 x \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (14)$$

- pro soubor družstevních traktorů Z 5611:

$$y = 2,280 x^{0.480} \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (15)$$

- pro modelový traktor Z 5611:

$$y = 8,040 x^{0.120} \quad /Kčs (100 l)^{-1}/ \quad (16)$$

Je možné oprávněně předpokládat, že charakter průběhu jednotkové pracovní opravy je obdobný jako průběh jednotkových pracovních nákladů na opravy. Tento předpoklad byl potvrzen analýzou dynamiky pracovní opravy souboru statkových traktorů Z 50 S.

Při sledování nákladové náročnosti traktorů Z 50 S byly také zjišťovány náklady na opravářskou režii jak zemědělských podniků, tak i podniků opravářských služeb. Do režijních nákladů byly jednotně započítány: odpisy dílenských budov, strojního vybavení dílen, odměny řidičích a administrativních pracovníků opravářské složky, spotřeba režijního materiálu a DKP, spotřeba energie, náklady spojené se zajišťováním náhradních dílů a ostatního nezbytného materiálu.

U traktorů Z 5611 nebylo možné z důvodu přerušení kontinuity evidence vlivem organizačních změn v zemědělských podnicích náklady na opravářskou režii zjistit.

Dynamiku jednotkových nákladů na opravářskou režii traktorů Z 50 S nejlépe vystihují následující regresní křivky:

– pro soubor družstevních traktorů:

$$y = 2,339 x^{0,234} \quad / \text{Kčs (100 l}^{-1}) \quad (17)$$

– pro modelový traktor:

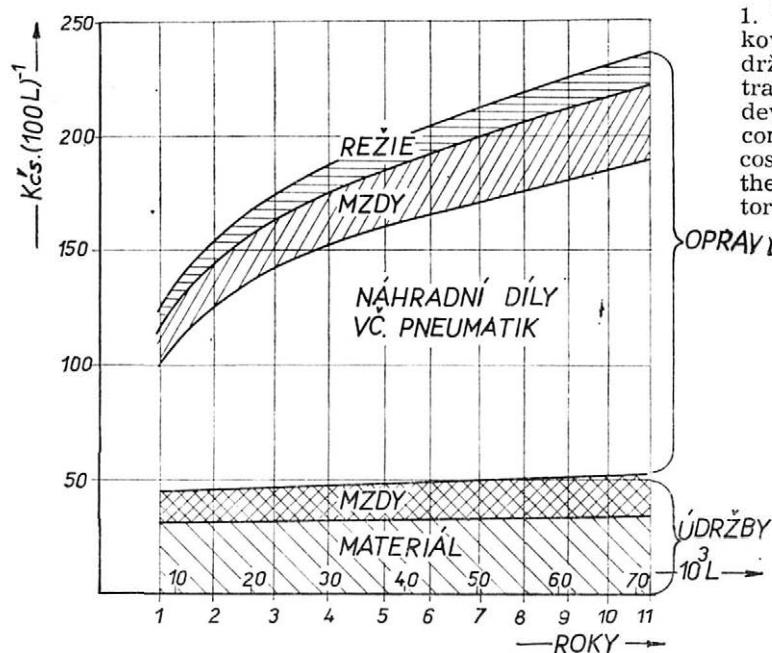
$$y = -43,98 + 22,81 \log x \quad / \text{Kčs (100 l}^{-1}) \quad (18)$$

U modelového traktoru se předpokládalo, že v důsledku precizní údržby se veškeré opravy redukuje pouze na střední a generální opravy, které se budou dělat dodavatelsky.

VÝVOJ HLAVNÍCH SLOŽEK NÁKLADŮ NA UDRŽOVÁNÍ TRAKTORŮ Z 50 S

V předchozích publikacích (Novotný, 1973, 1975) jsme na základě věcně logického rozboru zdůvodnili a výsledky dlouhodobých průzkumů v zemědělském provozu potvrdili poznatek, že jednotkové náklady na udržování traktorů narůstají během doby jejich používání převážně regresivně. Z průzkumu souboru družstevních traktorů Z 50 S vyplynulo, že jednotkové náklady na udržování se zvýšily (proti prvnímu roku) o 50 % asi za čtyři roky, o 100 % přibližně za dvanáct let provozu traktorů. Celkové náklady na udržování družstevních traktorů vzrostly po osmi letech jejich provozu 12,5krát. Obdobné poznatky byly zjištěny i u modelového traktoru Z 50 S.

Podle uvedeného rozboru regresivně narůstaly i všechny hlavní složky nákladů na udržování družstevních traktorů Z 50 S. Intenzita jejich narůstání je, jak názorně ukazuje obr. 1, velmi rozmanitá. Nejintenzivněji rostly jednotkové náklady na náhradní díly bez pneumatik; zdvojnásobily se po třech letech, ztrojnásobily se po sedmi letech provozu traktorů. Za osm let provozu traktorů se zvýšil objem těchto nákladů 22,2krát proti prvnímu roku. Náklady na náhradní díly včetně pneumatik se za stejnou dobu zvýšily 15,8krát. Jednotkové pracovní náklady na opravy se zdvojnásobily přibližně za sedm let provozu traktorů. Objem celkových pracovních nákladů na opravy vzrostl za osm let provozu traktorů 14,7krát. Jednotkové náklady opravářské režie by se zdvojnásobily asi za třináct let provozu traktorů. Objem nákladů opravářské režie vzrostl za osm let provozu traktorů 12,2krát. Jednotkové náklady na údržby (pracovní a ma-



1. Vývoj složek jednotkových nákladů na udržování družstevních traktorů Z 50 S — The development of the components of the unit costs of maintenance of the co-operative tractors Z 50 S

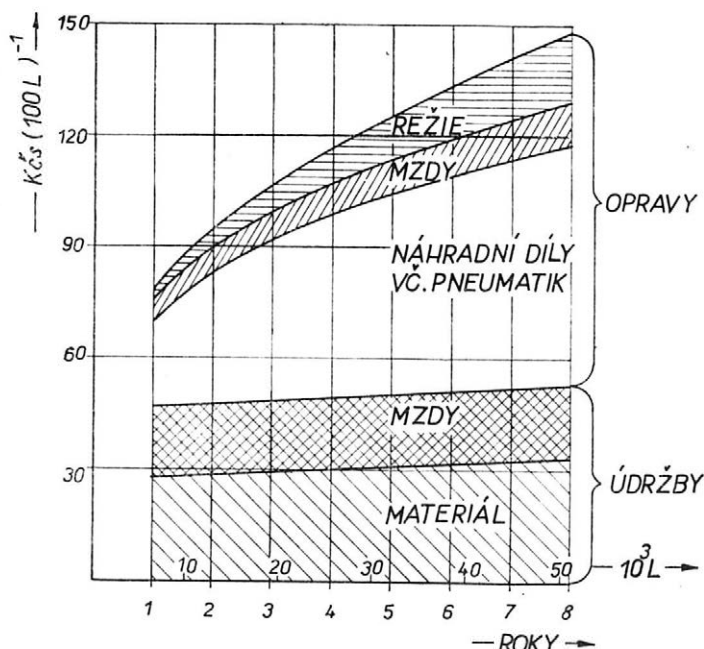
teriálové) intenzívně narůstaly jen v počáteční fázi doby používání traktorů a dosáhly velmi rychle limitní hodnoty, která se v průběhu další fáze jen nevýrazně lineárně zvyšovala. Objem nákladů na údržby se za osm let provozu družstevních traktorů zvýšil přibližně osmkrát. Vzájemný poměr nákladů na údržby a opravy souboru družstevních traktorů Z 50 S činil po prvním roce jejich provozu 37:63 (včetně opravárenské režie), 39,5:60,5 (bez opravárenské režie); po osmém roce jejich provozu 23:77 (včetně opravárenské režie), 25:75 (bez opravárenské režie).

Z obr. 1 je možné soudit i na vývoj změn vzájemných poměrů jednotlivých složek jednotkových nákladů na udržování traktorů Z 50 S. Číselně jsme pro ilustraci vyjádřili pořadí jednotlivých položek podle jejich významnosti po prvním a po osmém roce provozu traktorů. Po prvním roce provozu jsme obdrželi následující posloupnost: náhradní díly včetně pneumatik (44,7 %), z toho pneumatiky (27,8 %), materiál údržeb (25,7 %), pracovní náklady oprav (11,8 %), pracovní náklady údržeb (11,2 %), opravárenská režie (6,6 %). Po osmi letech provozu se vzájemné poměry jednotlivých nákladových složek změnily následovně: náhradní díly včetně pneumatik (56,4 %), z toho pneumatiky (26,3 %), materiál údržeb (15,6 %), pracovní náklady oprav (13,8 %), pracovní náklady údržeb (7,8 %), opravárenská režie (6,4 %).

Vzhledem k tomu, že provozní údaje o nákladech na udržování traktorů jsou také poznamenány vývojem cen za náhradní díly a odměn za vykonanou práci při údržbách a opravách, uvádíme pro porovnání obr. 2, který představuje průběh jednotkových nákladů na udržování modelového traktoru celkem a podle stejných složek. Průběh nákladů byl stanoven za předpokladu, že u modelového traktoru se budou dělat všechny údržby podle předepsaného rozsahu a v plánovaných lhůtách, že se nevyskytnou žádné provozní opravy a že veškerá opravárenská činnost se omezí pouze na

střední a generální opravy celého traktoru a konečně za předpokladu konstantní cenové hladiny.

2. Vývoj složek jednotkových nákladů na udržování modelového traktoru Z 50 S — The development of the components of the unit costs of maintenance of the model tractor Z 50 S



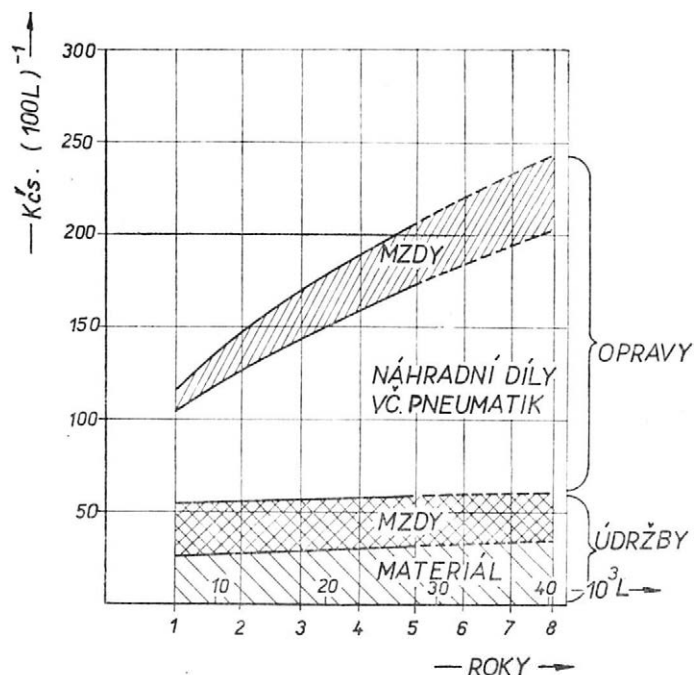
VÝVOJ HLAVNÍCH SLOŽEK NÁKLADŮ NA UDRŽOVÁNÍ TRAKTORŮ Z 5611

V důsledku podstatných organizačních změn, k nimž došlo v JZD v průběhu provozního sledování traktorů Z 5611, byla ztracena možnost vyčíslit režijní náklady spojené s udržováním těchto traktorů. Z uvedeného důvodu nemohly být režijní náklady do celkových nákladů na udržování traktorů pojaty a nejsou tedy dále předmětem hodnocení.

Jak je patrné z obr. 3, narůstají jednotkové náklady na udržování družstevních traktorů v závislosti na době jejich používání také degresívně. Intenzita jejich narůstání je však vyšší než u traktorů Z 50 S. Proti prvnímu roku se zvýšily tyto náklady o 50 % už po třetím roce provozu; zdvojnásobily by se po osmi letech provozu. Posloupnost jednotlivých nákladových složek podle intenzity jejich narůstání je stejná jako u traktorů Z 50 S. Nejintenzivněji opět narůstaly jednotkové náklady na náhradní díly, včetně pneumatik; zdvojnásobily se přibližně za tři roky provozu, ztrojnásobily by se asi za sedm let provozu traktorů. Po osmi letech provozu by se zvětšil objem nákladů na náhradní díly včetně pneumatik 20,2krát. Jednotkové pracovní náklady na opravy dosáhly dvojnásobku přibližně po pěti letech provozu traktorů. Objem pracovních nákladů na opravy by se podle dosavadního trendu zvětšil po osmi letech provozu traktorů 15,7krát. Byl zjištěn stejný charakter průběhu jednotkových nákladů na údržby jako u traktorů Z 50 S.

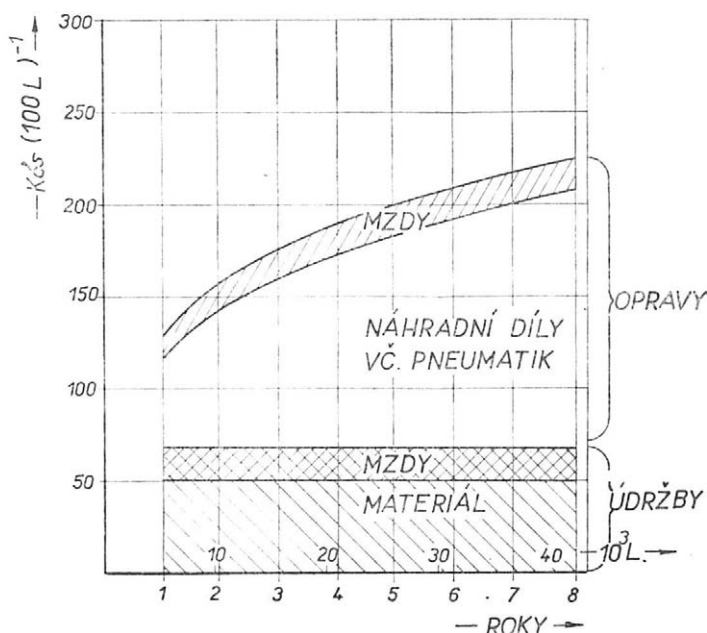
Vzájemný poměr nákladů na údržby a opravy činil po prvním roce provozu traktorů 24 : 77, po osmém roce provozu by se při současných tendencích změnil na 15 : 85. Posloupnost jednotlivých položek nákladů

na udržování podle jejich významnosti byla po prvním roce provozu družstevních traktorů Z 5611 následující: náhradní díly včetně pneumatik (38,7 %), pracovní náklady údržeb (23,6 %), materiálové náklady údržeb (23,4 %), pracovní náklady oprav (14,3 %). Po osmi letech provozu traktorů by se vzájemné poměry změnily asi následovně: náhradní díly včetně pneumatik (58,6 %), pracovní náklady oprav (16,6 %), materiálové ná-



3. Vývoj složek jednotkových nákladů na udržování družstevních traktorů Z 5611 — The development of the components of the unit costs of maintenance of the co-operative tractors Z 5611

4. Vývoj složek jednotkových nákladů na udržování modelového traktoru Z 5611 — The development of the components of the unit costs of maintenance of the model tractor Z 5611



klady údržeb (14,4 %), pracovní náklady údržeb (10,4 %). K názornému doplnění poznatků a za účelem vzájemného porovnání je uveden obr. 4, který znázorňuje vývoj stejných složek nákladů na udržování modelového traktoru Z 5611 za předpokladu, že se údržby budou dělat v předepsaných lhůtách i rozsahu, že se nevyskytnou provozní opravy a opravářská činnost se omezí pouze na zajištění středních a generálních oprav dodavatelským způsobem a že se cenová hladina nebude měnit.

SKUTEČNÁ A OPTIMÁLNÍ DOBA POUŽÍVÁNÍ TRAKTORŮ Z 50 S A Z 5611

Traktor Z 50 S se vyráběl v letech 1960 až 1968. Do tuzemska bylo celkem dodáno 31 133 těchto traktorů. Z oficiálních statistik lze pouze zjistit, že jejich maximální stav v zemědělském resortu k 1. 1. 1970 činil 28 255 kusů. K 1. 1. 1976 klesl jejich stav na 23 676 kusů, tj. o 16,2 %. Vrakování těchto traktorů probíhá tedy velmi pomalu. Při středním přírůstku vrakování 500 kusů by střední skutečná doba používání traktorů Z 50 S činila 14,5 roku. Za tuto dobu by se vynaložilo na udržování sledovaných družstevních traktorů v průměru 550 %, na opravy 260 % jejich střední pořizovací ceny.

Stanovení optimální doby používání strojů na základě průběhu jejich porušování se v odborné literatuře všeobecně pokládá za první aproximaci (nejhrubší odhad) optimální doby používání. V konkrétních případech výpočtu se obvykle vychází z původní pořizovací ceny stroje a nákladů na opravy. Optimální doba používání traktorů Z 50 S byla stanovena přesněji. Jednak se vycházelo ze skutečně naběhlých nákladů na udržování v uvedeném položkovém členění, jednak ze skutečně amortizované pořizovací hodnoty traktoru. Tím byl podchycen i pohyb cenové hladiny. U modelového traktoru byla vzata za základ cenová hladina roku 1965. Podle výsledků propočtů by bylo účelné vrakovat sledované družstevní traktory v průměru po osmi letech provozu po spotřebě 55 550 l nafty při středních minimálních nákladech na udržování 289,58 Kčs (100 l)⁻¹. U modelového traktoru byla stanovena optimální doba používání deset let po spotřebě 64 000 l nafty a středních minimálních nákladech na udržování 215,54 Kčs (100 l)⁻¹.

Traktor Z 5611, jako první modernizace traktoru Z 4011, byl do čs. zemědělství dodáván v letech 1967 až 1973. K 1. 1. 1976 byly tyto traktory průměrně 6,2 roku staré. Dosud není tedy možné odhadnout jejich střední skutečnou dobu používání podle průběhu vrakovací křivky. Podle předběžného průzkumu poklesu jejich užitné hodnoty je možné se oprávněně domnívat, že střední skutečná doba používání traktorů Z 5611 bude asi deset let. Za uvedeného předpokladu by se na udržování (bez režie) družstevních traktorů vynaložilo v průměru 237 %, na opravy 186 % jejich střední pořizovací ceny. Na základě rozboru dosavadní dynamiky nákladů na udržování byla stanovena optimální doba používání na sedm let při odpovídající spotřebě 36 600 l nafty a středních minimálních nákladech 399,71 Kčs (100 l)⁻¹. U modelového traktoru by optimální doba používání překročila dvanáct let při spotřebě nafty vyšší než 63 000 l. Proto její stanovení ztrácí praktický význam.

DISKUSE

Dosavadní praktické průzkumy provozní spolehlivosti zemědělských strojů mají převážně „sondažní“ charakter. Průzkum poruchovosti se

obvykle omezuje na zjišťování základních charakteristik bezporuchovosti a rozboru poruch u strojů v ověřovacím provozu. Fleischman (1970) začal zjišťovat základní charakteristiky bezporuchovosti a opravitelnosti u souboru strojů různého stáří, které sledoval zpravidla jednu sezónu. Získané poznatky jsou velmi cenné, neboť poskytují první konkrétní a zdůvodněnou představu o provozní spolehlivosti zemědělských strojů. Dosavadní vývoj v této vědní oblasti ukazuje, že k vypracování optimálních taktik a strategií péče o zemědělskou techniku bude nezbytné znát především počáteční fond porušování strojů a sledovat průběh procesu porušování minimálně do jeho hrubého vyčerpání. Při dnešní složitosti strojů je to velice náročný úkol, který je možné realizovat pouze za pomoci moderní výpočetní techniky.

ZÁVĚR

Príspevek obsahuje poznatky a zkušenosti jednak z provozního ověřování rámcového postupu zjišťování poruchovosti jednotlivých ústrojí, skupin a podskupin strojů, jednak ze vzorové analýzy dynamiky hlavních složek nákladů na udržování strojů. Obojí bylo aplikováno na traktorech Z 50 S a Z 5611. Postup zjišťování poruchovosti předpokládá porovnat počáteční fond porušování stroje s jeho dodatečným fondem porušování. Z rozboru počátečního fondu porušování vyplynulo, že traktory Z 50 S a Z 5611 mají stavebnicovou konstrukci s vysokým podílem (82,0–83,5 %) konstrukčních prvků, z nichž 58,5–69,0 % tvoří spojovací a těsnicí součásti. Podíl konstrukčních prvků, které podléhají opotřebení, je poměrně nízký (9,5–13,5 %). Podle poznatků z dlouhodobého průzkumu porušování vykazala největší poruchovost elektroinstalace a ústrojí motoru (u traktorů Z 50 S plných 70,0 %, u traktorů Z 5611 celkem 62,5 % všech registrovaných poruch). Nejméně poruch bylo zaznamenáno v obou případech u ústrojí přenosu hnací síly. Vzorová analýza dynamiky hlavních složek nákladů na udržování odhalila regresivní charakter narůstání jednotkových pracovních nákladů na náhradní díly, jednotkových pracovních nákladů na opravy a jednotkových nákladů na opravářskou režii. Přitom nejrychleji rostly náklady na náhradní díly. Jejich objem (včetně pneumatik) se za osm let provozu zvýšil u traktorů Z 50 S celkem 15,8krát, u traktorů Z 5611 20,2krát proti nákladům prvního roku. Podle průběhu křivky životnosti byla stanovena průměrná skutečná doba používání traktorů Z 50 S na 14,5 roku, traktorů Z 5611 podle poklesu užítosti na deset let. Z hlediska průběhu porušování by bylo ekonomicky nejvýhodnější sledované traktory Z 50 S vyřazovat v průměru po osmi letech provozu (po dosažení průměrné spotřeby 55 500 l nafty), traktory Z 5611 po sedmi letech provozu (po dosažení průměrné spotřeby 36 600 l nafty).

Literatura

- FLEISCHMAN, Z.: Stanovení základních charakteristik provozní spolehlivosti vybraných zemědělských strojů. [Zpráva Z-833.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1970.
- NOVOTNÝ, F.: Příspěvek k dynamice nákladů na udržování zemědělských traktorů. Zeměd. Ekonomika, 19, 1973, č. 11, s. 769–778.

NOVOTNÝ, F.: Životnost vybraných typů traktorů (Z 50 S, Z 5611). [Zpráva Z-1201.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1975.

—: Katalog náhradních dílů pro traktor Z 50 S. Závody Jana Švermy, Brno 1966.

—: Katalog náhradních dílů traktorů Z 5511, Z 5611, Z 5645, Z 5647. OTS ZKL, Brno 1972.

Došlo dne 14. 10. 1976

НОВОТНЫЙ, Ф. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Математическое моделирование процесса повреждения тракторов. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (4): 217-234.

Для научного управления техуходом за сельскохозяйственной техникой и для ее обоснованной замены необходимо накопить достаточное количество данных о характерных закономерностях и технических и экономических последствиях повреждения машин в условиях эксплуатации. Статья знакомит с данными и опытом по производственному испытанию метода общего анализа повреждаемости и образцовому анализу динамики главных компонентов затрат на уход, касающихся тракторов Z 50 S и Z 5611. Общий анализ повреждаемости показал, что 70% всех зарегистрированных повреждений у тракторов Z 50 S и 62,5% у тракторов Z 5611 можно отнести за счет электроустановки и устройства двигателя. Из анализа динамики главных элементов единичных расходов на техуход вытекает, что дегрессивный характер нарастания этих затрат определяют прежде всего, единичные расходы на запчасти, в том числе и на шины, которые возрастают более интенсивно, далее, единичные рабочие расходы на ремонт и единичные расходы косвенные на ремонт. По форме кривой срока службы было установлено среднее действительное время применения тракторов Z 50 S — 14 лет. У тракторов Z 5611, с учетом понижения потребительной стоимости, можно предполагать среднее время пользования — 10 лет. С точки зрения кривой повреждений экономически наиболее выгодным было бы списывать трактора Z 50 S в среднем спустя 8 лет эксплуатации (после достижения потребления 55 500 л), трактора Z 5611 спустя семь лет эксплуатации (после достижения потребления нефти 36 600 л).

анализ повреждаемости; анализ динамики главных элементов расходов на техуход за тракторами; запчасти; ремонтные работы; косвенные расходы на ремонт; среднее действительное время применения тракторов

NOVOTNÝ, F. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepesty): *Mathematical Modelling of Tractor Failures*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (4): 217-234.

It is necessary for the scientific control of the service of farm machines and for their justified replacement to collect sufficient information on the characteristic regularities and technological and economic implications of machine failures under operational conditions. The author presents findings and experience from the pilot testing of the method of a general analysis of failure rate and from the model analysis of the dynamics of the main components of the costs of maintenance which have been applied to the Z 50 S and Z 5611 tractors. The general analysis of failure rate has shown that 70% of all the recorded failures of the Z 50 S tractors and 62.5% of all such failures in the Z 5611 tractors can be treated as being caused by the electric wiring and by the engine. It has been inferred from the analysis of the dynamics of the main components of the unit costs of maintenance that the degressive character of the rise of these costs mainly depends on the unit costs of spare parts, including the tyres, which show the highest increase, being followed by the unit labour costs of the repairing activities and by the unit overhead costs of repairs. The average real time of the use of the Z 50 S tractors was calculated according to the past course of service life, and this real time is 14 years. As to the Z 5611 tractors, the average time of use is ten years, with respect to the reduction of utility value. Judging from the point of view of the course of failures, the greatest economic advantage is offered when the Z 50 S tractors are replaced after eight years of operation (having reached the total fuel consumption of 55,500 l.) and the Z 5611 tractors after seven years of operation (having consumed 36,600 l. of Diesel fuel).

failure rate analysis; analysis of the dynamics of the main components of the costs of tractor maintenance; spare parts; repairs; overhead costs of repairs; average real time of the use of tractors

NOVOTNÝ, F. (Forschungsinstitut für Landwirtschaftstechnik, Praha - Řepl): *Die mathematische Modellierung des Prozesses der Störung von Traktoren*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (4) : 217-234.

Für die wissenschaftliche Leitung der Sorge um die landwirtschaftliche Technik und für deren begründetes Ersetzen ist es unentbehrlich, genügende Erkenntnisse über die Gesetzmäßigkeit und ökonomischen Konsequenzen der Beschädigung von Maschinen unter Betriebsbedingungen anzusammeln. Der Beitrag macht mit den Erkenntnissen und Erfahrungen, die von technischer Überprüfung der Methode der Rahmenanalyse der Störanfälligkeit und von der Musteranalyse der Dynamik der Hauptkomponenten von Erhaltungskosten gewonnen wurden, bekannt. Diese Erkenntnisse und Erfahrungen sind bei den Traktoren Z 50 S und Z 5611 appliziert worden. Die Rahmenanalyse der Störanfälligkeit hat bewiesen, daß 70 % aller registrierter Störungen bei den Traktoren Z 50 S und 62,5 % bei den Traktoren Z 5611 zu Lasten der Elektroinstallation und des Motormechanismus zugeschrieben werden können. Aus der Analyse der Dynamik der Hauptkomponenten von Erhaltungskosten ist hervorgegangen, daß der regressive Charakter des Anwachsens dieser Kosten vor allem durch die Einheitskosten der Ersatzteile einschließlich der Gummiereifen, die am intensivsten zunehmen, bestimmt wird, und weiter dann durch die Arbeitseinheitskosten der Reparaturen und durch die Einheitskosten der Reparaturengemeinkosten. Entsprechend dem Verlauf der Standzeitkurve ist die durchschnittliche effektive Benutzungsdauer der Traktoren Z 50 S für 14 Jahre festgesetzt worden. Bei den Traktoren Z 5611 kann in Anbetracht des Rückgangs des Nutzwertes mit der durchschnittlichen Benutzungsdauer von zehn Jahren gerechnet werden. Von dem Gesichtspunkt des Verlaufs der Beschädigung wäre es ökonomisch am vorteilhaftesten, die Traktoren Z 50 S im Durchschnitt nach acht Betriebsjahren (nach dem erreichten Verbrauch von 55 500 l Dieselmotorkraftstoff) und die Traktoren Z 5611 nach sieben Betriebsjahren (nach dem erreichten Verbrauch von 36 600 l Dieselmotorkraftstoff) auszuschalten.

Analyse der Störanfälligkeit; Analyse der Dynamik der Hauptkomponenten von Erhaltungskosten der Traktoren; Ersatzteile; Reparaturen; Gemeinkosten der Reparaturen; durchschnittliche effektive Benutzungsdauer der Traktoren

Adresa autora:

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

MOŽNOSTI VYUŽITÍ MĚŘENÍ HUSTOTY A JADERNÉ MAGNETICKÉ IMPULSNÍ SPEKTROSKOPIE V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU

H. Weisser

WEISSER, H. (Univerzita v Karlsruhe, fakulta úchovy potravin): *Možnosti využití měren. hustoty a jaderné magnetické impulsní spektroskopie v potravinářském průmyslu*. Zeměd. Techni 23, 1977 (4): 235 – 246.

Znalost fyzikálních vlastností výrobků má v potravinářství rozhodující význam při dimenzování strojů a přístrojů pro potravinářský průmysl a v řízení technologických pochodů ve výrobě potravin. Nově vyvinuté přístroje, např. pro digitální měření hustoty nebo v jaderné impulsní spektroskopii, jsou přínosem při zjišťování jakosti potravin, protože se jedná o krátkodobá měření buď namátkově v určitém úseku výroby nebo přístrojem pro kontinuální měření, zabudovaným přímo ve výrobní lince. Velmi přesným digitálním měřením hustoty (až $5 \cdot 10^{-6} \text{ g cm}^{-3}$) tekutých potravin je možné postihnout různé reakce a změny – u tuků a olejů např. podíl pevné tukové fáze, postup krystalizace, hydrogenace a oxidace. Přístroj na měření hustoty má velkou reakční citlivost a může se jím měřit i reakční kinetika, např. lze určit enzymatickou aktivitu v závislosti na různých provozních parametrech. Pomocí pulsní jaderné rezonance ve spojení s malým analogovým počítačem se podařilo určit podíl pevné tukové fáze v částečně zkrystalizovaném tuku během šesti sekund a vypočítaný výsledek číselně vyjádřit.

dilatometrie; fyzikální vlastnosti potravin; podíl pevné fáze tuků; jakost potravin; automatizace

Pro konstrukci strojů a přístrojů i pro regulaci a řízení technologického postupu při výrobě potravin má znalost fyzikálních hodnot potravinářských výrobků a surovin významný význam. V dnešní době je možné při použití vhodných měřicích metod ve velmi krátkém čase zjistit hodnoty, které charakterizují jakost potravin nebo jejich složení. Získaných výsledků měření je pak možno využít k řízení a regulaci.

V dalším bude pojednáno o dvou nových metodách, které v podstatě umožňují buď krátkodobé zkušební měření ve výrobním procesu, nebo při zařazení měřicího přístroje ve výrobní lince měření kontinuální.

Digitální hustoměr je možné použít pro potravinářské tekutiny (např. čisté tekutiny, emulze, suspenze), zatímco jaderná magnetická impulsní spektroskopie je použitelná pro všechna skupenství.

DIGITÁLNÍ MĚŘENÍ HUSTOTY

Princip měření

Určení hustoty tekutin je u digitálního hustoměru DMA 02 C (výrobce A. Paar, Graz) převedeno na elektronickou frekvenci, popř. na měření kmitočtu mechanického

kmitače (Kratky aj., 1969; Leopold, 1970). Kmitač, který tvoří skleněná trubice tvaru V , se naplní vzorkem a upevní na otevřeném konci. Do netlumeného kmitání je zařízení uvedeno vysokofrekvenčním magnetickým polem. Při přerušovaném provozu je vzorek vstříknut do kmitače na otevřeném konci, při kontinuálním provozu se nechá proudit v libovolném směru.

Rezonanční frekvence zjednodušená jako model pružina-hmota s nekonečnou proti-hmotou (hmota kmitače m , konstanta pružiny c) je:

$$f = \left(\frac{1}{2} \pi \right) \sqrt{\frac{c}{m}} \quad (1)$$

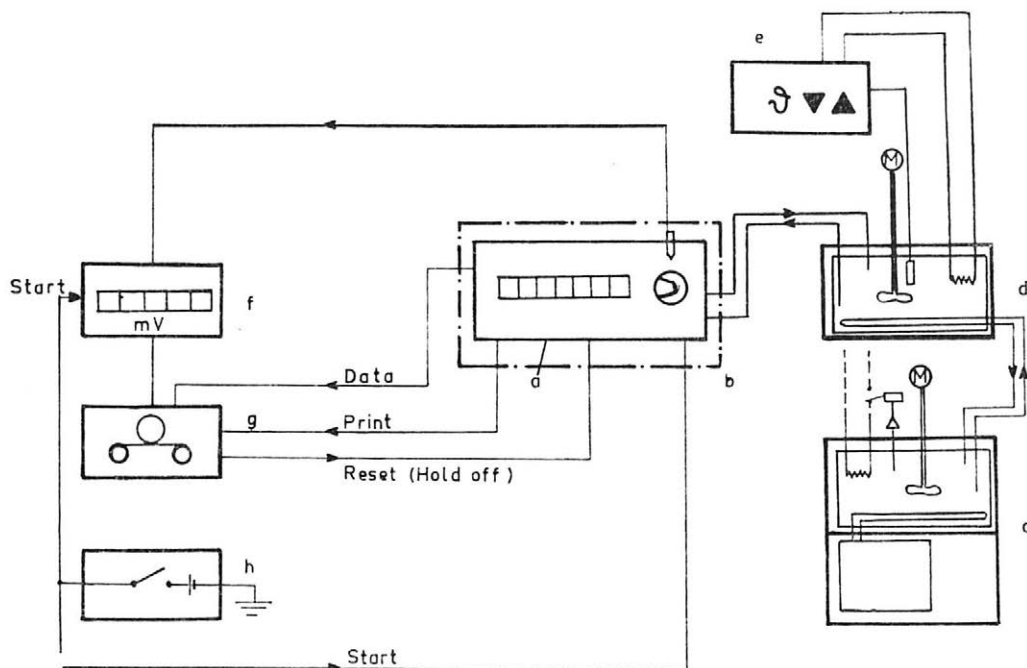
Celková hmota kmitače $\underline{m}$ se skládá z hmoty skleněného kmitače m_s a hmoty o hustotě ρ , která vyplňuje obsah kmitače V_s . Zavedením doby kmitu $T = \frac{1}{f}$ dostaneme vztah:

$$T^2 = c_1 \rho + c_2 \quad (2)$$

$$\text{kde: } c_1 = \frac{4\pi^2 \cdot V_s}{c}$$

$$c_2 = \frac{4\pi^2 \cdot m_s}{c}$$

Tyto přístrojové konstanty závislé na teplotě mohou být určeny při každé teplotě dvěma srovnávacími měřeními látek o známé hustotě (např. voda a vzduch). Dobu kmitu T pro předem zvolený počet kmitů číslicově ukazují vestavěné křemenné hodiny. Podle zkoumaného produktu je dosažitelná přesnost $5 \cdot 10^{-5}$ až $2 \cdot 10^{-6} \text{ g cm}^{-3}$, jestliže srovnávací látky jsou v hustotním intervalu $\leq 0,05 \text{ g cm}^{-3}$.



.. Schéma číslicového hustoměru — Diagram of the digital densimeter: a — vlastní měřicí přístroj, b — klimatizační komora, c, d — termostaty, e — programový regulátor teploty, f — číslicový milivoltmetr, g — dvoukanálový snímač (doba kmitu, teplota), h — snímač impulsů

Schéma měřicí aparatury

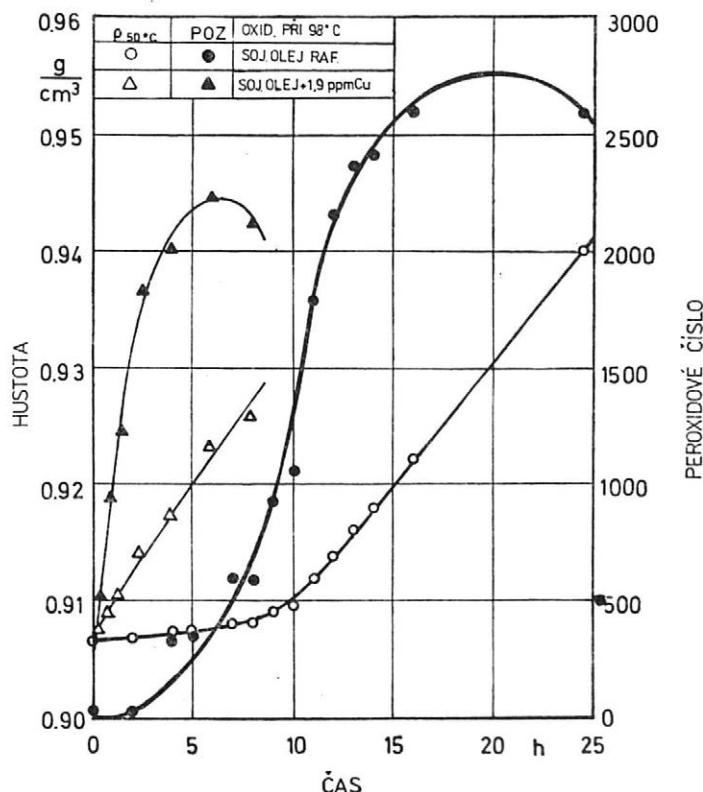
Na obr. 1 je uvedeno schéma číslicového hustoměru. Hustoměr se skládá z vlastního měřicího přístroje (a), klimatizační komory (b), termostatů (c, d) potřebných k temperování kmitače, příslušného programového regulátoru teploty (e) a přídavných přístrojů pro automatickou registraci, jako milivoltmetru (f) pro měření teploty termočládku, dvoukanálového snímače termoelektrického napětí a doby kmitu (g) a zařízení k plnoautomatickému zapínání měřicího procesu v předem zvolených časových intervalech.

PŘÍKLADY POUŽITÍ V POTRAVINÁŘSKÉ TECHNICE

Z oblasti tukového průmyslu můžeme uvést různé příklady, kdy měření hustoty je rovnocenné s ostatními tradičními analytickými metodami. V mnoha případech umožňuje teprve měření hustoty jednoznačnou charakteristiku tuku.

Oxidace tuků

Jak vyplývá z obr. 2, není mezi oxidačním časem a peroxidovým číslem pro velké časy žádná jednoznačná závislost, zatímco u hustoty se objevuje. Měření hustoty je proto vhodné zejména pro analytické zjišťování oxidačního stupně, a tím i jakosti stolních tuků (Weisser, 1976; Lefebvre, 1975). V oblasti obvyklých malých peroxidových čísel je však jednoznačná závislost mezi peroxidovým číslem a hustotou, takže, jak je uvedeno na obr. 2 pro sójový olej, až doposud průmyslem používanou charakteristiku pro oxidaci — peroxidové číslo, je možné určit jednoduše pomocí diferenciálního měření hustoty.

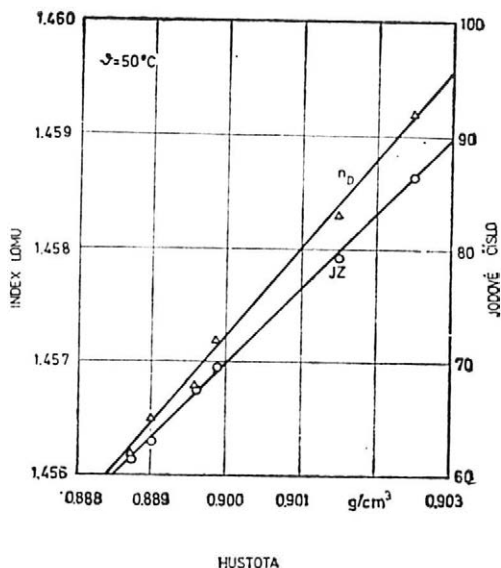
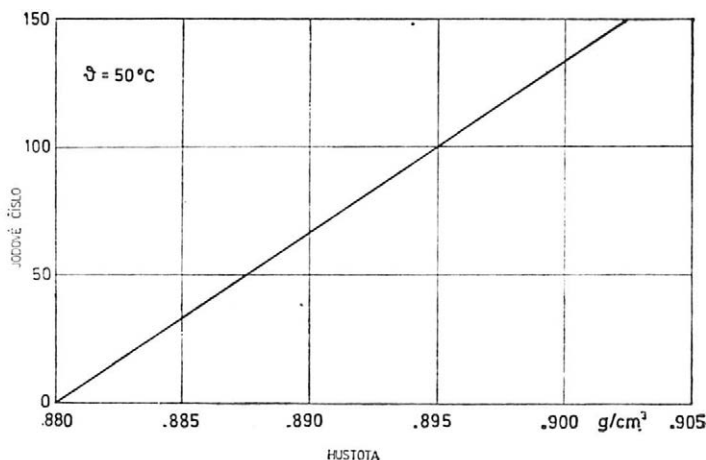


2. Průběh teploty a peroxidového čísla rafinovaného sójového oleje — The course of temperature and peroxide number of refined soya oil

Hydrogenace tuků

V průběhu hydrogenace tuků se nasycují dvojné vazby nenasyčených mastných kyselin v triglyceridech vázáním vodíků. Průběh můžeme sledovat měřením indexu lomu, bodu tavení nebo tuhnutí, jodového čísla a digitálního měření hustoty (Lefebvre, Weisser, 1974). Na obr. 3 je znázorněna závislost mezi jodovým číslem a hustotou sójového oleje. Obr. 4 ukazuje závislost indexu lomu a jodového čísla na hustotě. Podle kontinuálního měření hustoty můžeme tedy lehce sledovat průběh hydrogenace. Je-li možné naměřené hodnoty zároveň automaticky zapisovat, pak dostaneme objektivní výsledky měření, které můžeme použít pro pozdější kontrolu provozu a technologického procesu. Dnešní obvyklá kontrola pomocí refraktometrických měření může mít mnoho chyb vlivem subjektivního odečítání hodnot.

3. Závislost jodového čísla na hustotě sójového oleje — The dependence of the iodine number on the density of soya oil



4. Index lomu a jodové číslo podzemnicového oleje v závislosti na hustotě — Index of refraction and the iodine number of groundnut oil in dependence on density

Poměr mezi pevnou a tekutou fází tuků

Dosud nejpoužívanější způsob určování roztažnosti tekutých tuků (dilatace) dlouhotrvající a pracné měření dilatometrem. Z měření hustoty při srovnávací teplotě

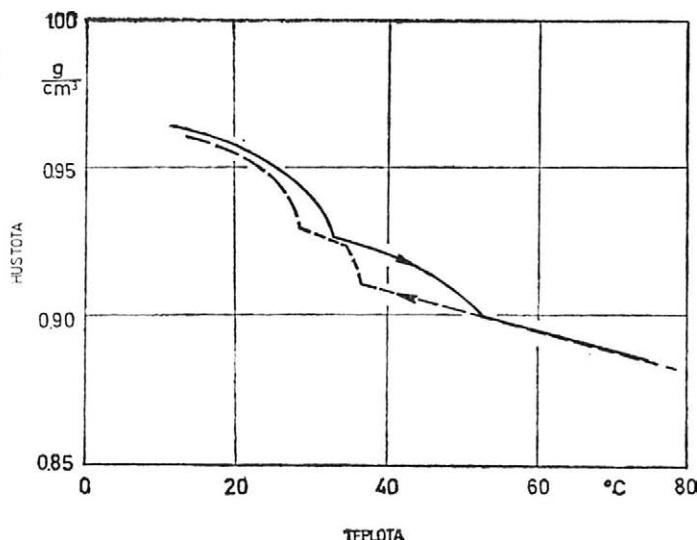
60 °C a s korekturou pro oleje (tabelárně uvedenou v předpisech pro analýzy (DGF-Einheitsmethode) můžeme vypočítat dilataci D (jednotka ml na 25 g) v oboru tekutosti tuků pro libovolnou teplotu ze vztahu (Lefebvre, Lauer, 1973):

$$D\delta = 25 \left(\frac{1}{\rho_{60^\circ\text{C}}} - \frac{1}{\rho_\delta} \right) \cdot 10^3 - U_{60^\circ\text{C}} \quad (3)$$

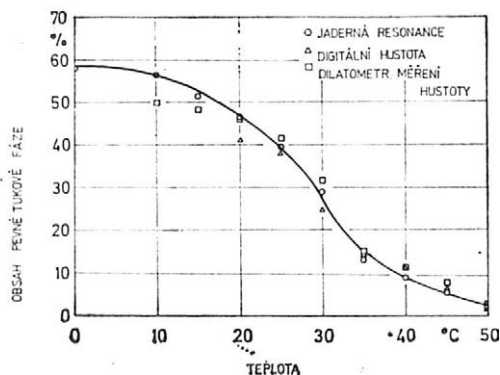
Souhlasně s definicí platí pro přepočet dilatace při obsahu pevných tuků X v % vztah:

$$K = \frac{D\delta}{25} \quad (4)$$

5. Změny hustoty rozta-
veného vepřového sádla
při krystalizaci a tavení
— Changes in the den-
sity of melted lard
during crystallization
and melting

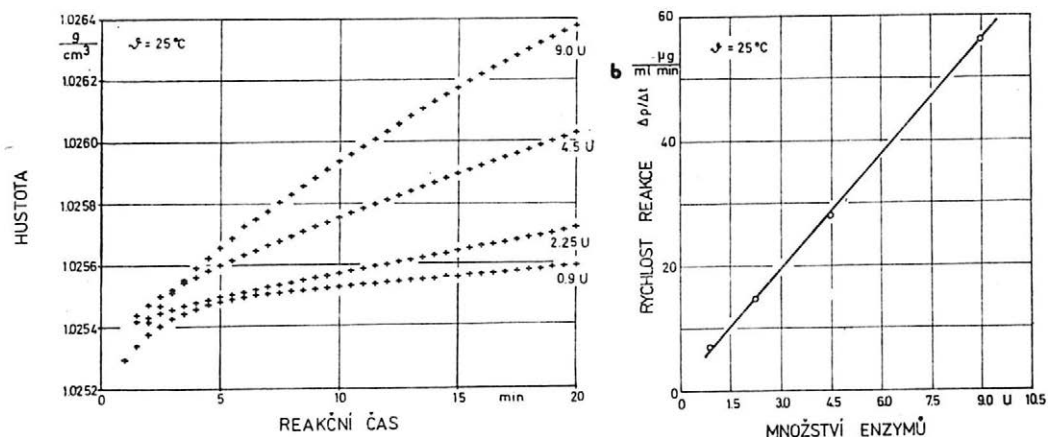


Na obr. 5 jsou uvedeny změny hustoty tekutého vepřového sádla při kontinuálním zchlazování a ohřívání rychlostí okolo 3 °C h⁻¹. Jako u mnoha jiných krystalizačních procesů, nastává při zchlazování tuků značné podchlazení. Pak nesouhlasí počátek tuhnutí s koncem tavení. Pro výpočet hodnoty dilatace a obsahu pevné tukové fáze (obr. 6) je proto třeba podle normovaného postupu uvádět křivku tavení.



6. Závislost obsahu pevné tukové fáze
roztaveného vepřového sádla na teplotě
— The dependence of the content of the
solid fat phase melted lard on density

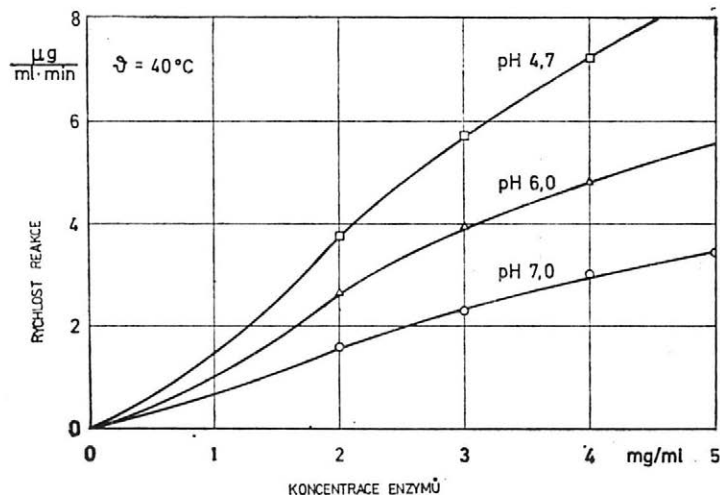
Pracuje-li se při konstantní teplotě a probíhá-li v reaktoru enzymaticky ovlivněná reakce, je změna hustoty mírou pro rychlost reakce (Park aj., 1973). Na obr. 7a je uveden vzestup hustoty 8% cukerného roztoku při přidání 0,9 až 9 U (U = mezinárodní enzymatická jednotka) invertázy v závislosti na době reakce při teplotě $25 \pm 0,01^\circ\text{C}$. Ve druhé části obrázku (obr. 7b) je uvedeno stoupání této křivky jako míra rychlosti reakce.



7. a) Vzestup hustoty 8% cukerného roztoku v závislosti na čase
 b) Rychlost reakce v závislosti na koncentraci invertázy
 — a) The rise of the density of 8% sugar solution in dependence on time
 b) The rate of reaction in dependence on the concentration of invertase

V současné době pracujeme v oblasti výzkumu vlivu druhu substrátu, teploty a druhu enzymů. Na obr. 8 je uveden příklad značného vlivu, který má hodnota pH na aktivitu amylázy z plísni (Rhozyme-33) a na 4% roztok škrobu.

Digitální měření hustoty je jednoduchou a rychlou metodou s vysokou citlivostí, které je možno použít při vhodné instalaci ke kontinuálnímu měření a pro automatizaci (Hennig, Hieke, 1973).



8. Vliv koncentrace enzymů a hodnoty pH na rychlost reakce amylázy
 — The influence of enzyme concentration and pH value on the rate of the reaction of amylase

V posledních deseti letech se stále více v potravinářské technice používá spektroskopických zařízení na principu jaderné magnetické rezonance. Vedle zjišťování struktury sloučenin, které se dělá jaderným rezonančním spektroskopem, je zavedena absorpční spektroskopie (např. analyzátor Newport) k určování obsahu vody, vázané vody, obsahu tuku a obsahu pevné tukové fáze. V poslední době byl vyvinut impulsní spektrometr, který při kratší době měření umožňuje získat ještě obsáhlejší informace v molekulární oblasti zkoumané potraviny.

ZÁKLADY JADERNÉ MAGNETICKÉ REZONANCE

Je řada atomových jader, jako např. ^1H , ^{13}C , ^{19}F a ^{31}P , která vedle svého elektrického náboje mají i magnetický moment, který je ve spojitosti s mechanickým vlastním spinem. Vzhledem k těmto dvěma vlastnostem jsou taková jádra malými rotujícími magnetickými obvody. Když se přivedou taková jádra do klidového magnetického pole o intenzitě B_0 , naklání se osy spinu přednostně ve směru vektoru pole B_0 . Frekvence procesu o několika MHz (radiové vlny) se označuje jako Larmorova frekvence ν_0 zkoumaných jader. Intenzita B_0 je přímo úměrná intenzitě vnějšího magnetického pole, tzn. že platí

$$\nu = \gamma \cdot B_0 \quad (5)$$

kde: γ — poměr magnetického momentu jádra k mechanickému jadernému spinu (magnetogyrický poměr)

Zavedením určitého počtu jader do pole B_0 se způsobí, že více jader (v rovnováze odpovídající Boltzmannovu rozdělení) se naklání ve směru $+B_0$ než ve směru $-B_0$, z čehož vyplývá měřitelná rovnovážná magnetizace M_0 . Vyzářováním radiovln, které jsou v rezonanci s Larmorovou frekvencí zkoumaného druhu jádra, lze rušit rovnovážný stav. Vyrovnávání, které vede zpět k rovnovážnému stavu, se označuje všeobecně jako relaxace. Nejdůležitější relaxační pochody jsou charakterizovány časovými konstantami T_1 a T_2 , které jsou definovány diferenciálními rovnicemi. Vhodnou volbou souřadného systému (osu z' položíme do osy rotace) lze dosáhnout následujícího zjednodušení:

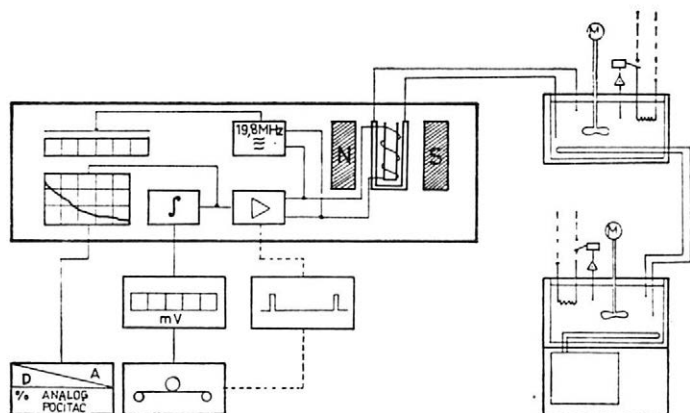
$$\frac{dM_{z'}}{dt} = - \frac{(M_{z'} - M_0)}{T_1} \quad (6)$$

$$\frac{dM_{x',y'}}{dt} = - \frac{M_{x',y'}}{T_2} \quad (7)$$

Časová konstanta T_1 je mírou rychlosti, kterou je energie vyzařována, T_2 je mírou synchronizace spinů a je silně ovlivňována prostorovým uspořádáním atomů a jejich pohyblivostí. Vzrůstá se stoupající pohyblivostí, tj. s klesající viskozitou. Přitom je mírou účinku změny uspořádání molekul navzájem zvolena korelační doba τ_c . Pevné látky s dlouhou korelační dobou mají malou hodnotu T_2 (okolo 10 mikrosekund), zatímco tekutiny mají přibližně 10⁴krát větší transverzální relaxační časy.

VYBAVENÍ SPEKTROMETRU

Výzkum jsme dělali na Brukerově impulsním spektrometru „minispec p 20“ (obr. 9). Přístroj je vybaven permanentním magnetem o síle pole $B_0 = 0,469$ Tesla (4,69 kG), což odpovídá oběhu protonů s frekvencí okolo 20 MHz. Temperovatelná hlava je ve standardním provedení pro zkušební trubičky o průměru 10 mm a o obsahu



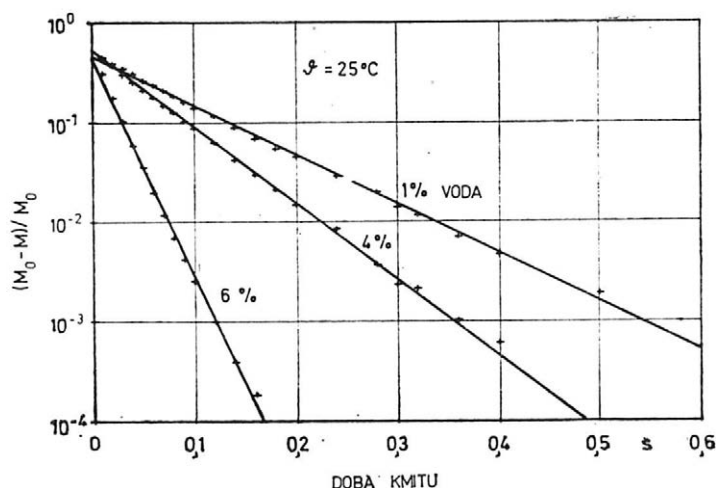
9. Schéma impulsního spektrometru — Diagram of impulse spectrometer

vzorku okolo $1,5 \text{ cm}^3$. Jako přídatná zařízení jsou k dispozici dvoukanalový oscilograf s obrazovkou s dlouhou dobou dosvitu a malý analogový počítač pro přesné určení obsahu pevné tukové fáze. Dokonalé automatické měření doby T_1 umožňuje ve spojení s digitálním voltmetrem (Philips PM 2441) s tiskárnou (Philips PM 2466) a retardační jednotkou APD 5 kdykoliv po předvoleném počtu impulsů zvětšit odstup druhého impulsu o žádaný interval.

PŘÍKLADY POUŽITÍ PULSNÍ SPEKTROSKOPIE

Stanovení T_1 kávového extraktu

Časová konstanta T_1 byla měřena metodou $90^\circ, t, 90^\circ$, kde t je vzdálenost (časová) mezi 1. a 2. impulsem. Hledaný relaxační čas T_1 najdeme, vyneseme-li $\lg (M_0 - M)/M_0$ v závislosti na příslušném čase t (obr. 10). Podle rovnice (6) odpovídá sklon přímky hodnotě $1/T_1$. Všechna měření s kávovým extraktem dávala při vynesení uvedeným způsobem

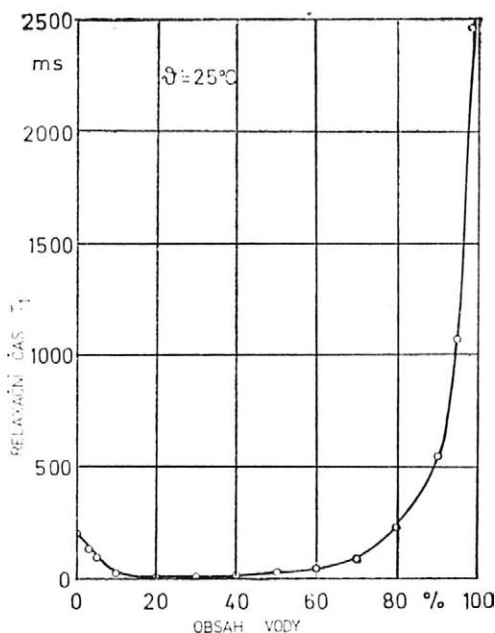


10. Relaxace protonů v kávovém extraktu — Relaxation of protons in coffee extract

epřímky. Z toho můžeme usoudit, že protony se chovají vzhledem k nukleární magnetické tezonanci jako jedna jednotná fáze. Obdobné pozorování zaznamenali Basler (1973) a rHenning, Lechert (1974) u škrobů a Leuzig, Steiberg (1976) u celulózy, kaseinu, k ukuřičného škrobu, pektinu a natrium alginátu.

Vyneseme-li T_1 v závislosti na obsahu vody, zjistíme minimum okolo 25 % (obr. 11). U velmi nízkých obsahů vody jsou molekuly vody velmi silně vázány na kávový prášek a mají tak sníženou pohyblivost. Pod minimum T_1 stoupá s ubývajícím obsahem vody relaxační čas. U vysokých obsahů vody jsou molekuly vody poměrně pohyblivé, a proto v tomto oboru hodnot stoupá T_1 se stoupajícím obsahem vody. Poloha minima závisí na frekvenci použitého spektrometru, není to tedy přísně vzato jednoznačná charakteristická veličina zkoumané substance.

11. Relaxace roztoků kávového extraktu v závislosti na obsahu vody — Relaxation of solutions of coffee extract in dependence on water content



Obsah pevné tukové fáze ve stolních tucích

V tukovém průmyslu ve výrobě stolních tuků a margarínů je znalost obsahu pevné tukové fáze nutnou součástí kontroly výrobního procesu, např. při ztužování tuků, při sestavování směsí tuků nebo při krystalizaci různých druhů margarínů.

Jaderná magnetická rezonance, a zde zvláště pulsní jaderná rezonance, má proti klasické metodě dilatometrie tu velkou přednost, že je méně pracná a časově o polovinu rychlejší (van Putte, 1974; 1975). Pozorujeme-li měření částečně vykrystalizovaného tuku při rychlé časové základně na oscilografu s obrazovkou s dlouhou dobou dosvitu, zjistíme, že po přepnutí vysílaného impulsu následuje zprvu rychlý pokles podílu pevné tukové fáze (vykrystalizovaného tuku), který po 20 až 40 mikrosekundách zcela odezní. Pokles ovlivněný spíše nehomogenitou pole tekuté tukové fáze následuje mnohem pomaleji. Tohoto efektu se využívá při přímé impulsní metodě. Jelikož radiové frekvence vysílají i přijímají signály toutéž cívkou, vzniká při přepnutí vysílání na příjem konstrukcí ovlivněný mrtvý čas asi 8 mikrosekund. Naměří-li se $t_B = 10 \mu\text{s}$, pokleslo v tomto čase indukční napětí B_a již na hodnotu B . Zavedením korekčního faktoru k je možné obsah pevné tukové fáze podle Hebelova zákona pro fázová množství vypočítat z rovnice

$$X_d = \frac{k(B - A)}{k(B - A) + A} \quad (8)$$

Přitom se předpokládá, že v čase $t_A = 70 \mu\text{s}$ naměřený podíl tekuté tukové fáze ještě nerelaxoval. Známe-li podíl pevné tukové fáze z cejchovacích měření (např. teflon — para-

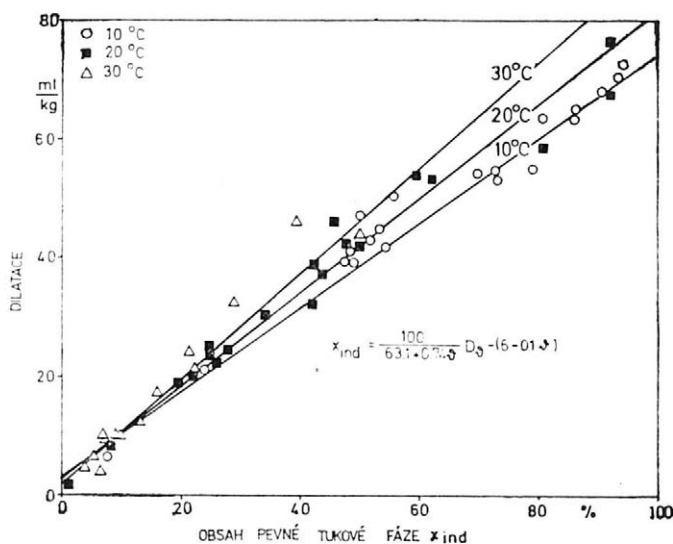
finový olej), je možné z měření při 0%, cca 35% a cca 70% podílu pevných látek nalézt pro jakýkoliv přístroj platný průměrný korekční faktor (van Putte, 1974; Weisser aj., 1975). Pak můžeme stanovit obsah pevné části tuků s přesností na 1 až 2 %. Abychom zjednodušili měření, můžeme použít malého analogového počítače, který měří napětí signálu ve dvou kanálech po 10 a 70 mikrosekundách a po zvoleném počtu impulsů ihned vypočítá podle rovnice (8) zároveň s použitím korekčního faktoru obsah pevné tukové fáze.

Nejsou-li k dispozici cejchovací hodnoty, pak je možné, jako u absorpční spektroskopie, určit obsah pevné tukové fáze, porovná-li se napětí signálu A při určité krystalizační teplotě s napětím signálu A_g při některé vyšší teplotě, kdy jsou již všechny tuky vzorku roztaveny. Jelikož je rovnovážný magnetický stav závislý na teplotě, měří se zároveň při všech teplotách ke kompenzaci teploty referenční olej (např. triolein). Ze všech čtyř napětí signálu se vypočítá obsah pevných tuků touto nepřímou metodou podle rovnice

$$X_i = 1 - \frac{A \cdot A_{Rg}}{A \cdot A_R} \quad (9)$$

Na obr. 6 byly body označené kroužkem naměřeny touto Geldnerovou metodou (Geldner, 1975). Na obrázku vidíme, že vznikají nepatrné systematické odchylky mezi obsahem pevné tukové fáze, zjištěným dilatometricky, a jadernou rezonancí. Pro přepočet je možné použít Geldnerovy rovnice odvozené z měření palmového oleje, rafinovaného palmového tuku, kokosového tuku, sójového tuku, másečného tuku, roztaveného vepřového sádla, kakaového másla a různých náhražek kakaového másla (obr. 12). Vypočítané hodnoty jsou v dobré shodě s hodnotami podle uveřejněné rovnice van Putteovy (van Putte, 1974). Použijeme-li přímou metodu měření ve spojení s analogovým počítačem, dostaneme během šesti sekund číselně vyjádřený obsah pevné tukové fáze. Pro porovnání se standardizovanou metodou dilatometrického měření můžeme pak tyto hodnoty přepočítat podle uvedených rovnic.

Příklady použití magnetické jaderné rezonanční spektroskopie v potravinářské technice, které jsem zde uvedl, mají vést k úvaze, není-li možné i v ostatních odvětvích potravinářského průmyslu řešit problémy měření obdobného charakteru právě pulsní jadernou rezonanční spektroskopií, která charakteristickou vlastnost pro potravinu určí velmi rychle.



12. Vztah mezi hodnotami obsahu pevné tukové fáze, naměřenými dilatometrem a pomocí jaderné magnetické rezonance — The relation between the values of the content of the solid fat phase, measured by means of a dilatometer, and through nuclear magnetic resonance

Za pečlivé provedení pokusů srdečně děkuji paní Doris Goldackerové a panu Michaelu Schochovi.

Seznam literatury je k dispozici u překladatele.

Došlo dne 7. 7. 1976

ВАЙСЕР, Г. (Университет в Карлсруге, Карлсруге, Федеративная Республика Германии). **Возможности использования измерения густоты и ядерной магнетической импульсной спектроскопии в пищевой промышленности.** *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (4) : 235-246.

Знание физических свойств продуктов в пищевой промышленности имеет решающее значение для определения размеров машин и аппаратов для пищевой промышленности, а также для управления технологическими процессами при производстве пищевых продуктов. Новые сконструированные аппараты, например, для цифрового измерения густоты или в ядерной импульсной спектроскопии являются вкладом при определении качества пищевых продуктов, так как речь идет о краткосрочном измерении, или выборочном в определенной области производства, или аппаратом для непрерывного измерения, встроенном непосредственно в производственную линию. Весьма точным цифровым измерением густоты (вплоть до $5 \cdot 10^{-6}$ г/см³), жидких пищевых продуктов можно получить различные реакции и изменения — у жиров и масел, например, доля твердой жировой фазы, процесс кристаллизации, гидрогенизация и окисление. Аппарат для измерения густоты обладает большой чувствительностью на реакции и может измерять реакционную кинетику, например, можно определить энзиматическую активность в зависимости от разных производственных параметров. При помощи пульсового ядерного резонанса, совместно с небольшой аналоговой вычислительной машиной, удалось определить долю твердой жировой фазы в частично кристаллизованном жире в течение шести секунд и вычисленный результат выразить цифрами.

дилатометрия; физические свойства пищевых продуктов; доля твердой фазы жира; качество пищевых продуктов; автоматизация

WEISSER, H. (University of Karlsruhe, Karlsruhe): *Possibilities of Utilizing Density Measurements and Nuclear Magnetic Impulse Spectroscopy in Food Industry.* *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (4) : 235-246.

Knowledge of physical properties of products has a decisive significance for dimensioning food industry machines and apparatuses and for the technological process control in food production. The lately developed apparatuses, e. g. those for digital density measuring or those used in nuclear impulse spectroscopy, contribute to food quality determinations, as the short-term measurements are taken either at random in a certain section of the production or by means of a continuously measuring apparatus directly built-in in the production line. By the very exact digital density measuring (up to $5 \cdot 10^{-6}$ g . cm⁻³) of liquids it is possible to record various reactions and changes — e. g. in fats and oils the proportion of solid fat phase, crystallization, hydrogenation and oxidation processes. The above densimeter shows great reaction sensitivity making it possible to measure the reaction kinetics (it is possible to determine e. g. enzymatic activity in dependence on different operational parameters). By means of pulse nuclear resonance in connection with a small analogue computer the proportion of solid fat phase in partially crystallized fat could be numerically expressed in six seconds.

dilatometry; physical properties of food; proportion of the solid fat phase; food quality; automation

WEISSER, H. (Universität in Karlsruhe, Karlsruhe): *Nutzungsmöglichkeiten der Messung von Dichte und der magnetischen Kernimpulsspektroskopie in der Lebensmittelindustrie.* *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (4) : 235-246.

Die Kenntnis physikalischer Eigenschaften der Produkte hat in der Lebensmittelwirtschaft eine entscheidende Bedeutung bei der Dimensionierung von Maschinen und Geräten für die Lebensmittelindustrie und in der Leitung technologischer

Verfahren in der Lebensmittelproduktion. Neu entwickelte Apparate, z. B. für Digitalmessung von Dichte oder in der Kernimpulsspektroskopie sind ein Beitrag bei der Feststellung der Lebensmittelqualität, da es sich um kurzfristige Messungen handelt entweder stichprobenweise in einem gewissen Produktionsabschnitt oder mit dem, direkt in der Produktionslinie eingebauten Apparat für Kontinualmessung. Durch eine sehr genaue Digitalmessung der Dichte (bis $5 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$) von flüssigen Lebensmitteln ist es möglich, verschiedene Reaktionen und Veränderungen zu erfassen — bei Fetten und Ölen z. B. den Anteil an fester Fettphase, Vorgang der Kristallisation, Hydrogenisation und Oxydation. Das Apparat zur Mesung der Dichte besitzt eine hohe Reaktionsempfindlichkeit und kann zur Messung der Reaktionskinetik eingesetzt werden, beispielsweise die enzymatische Aktivität in Abhängigkeit von verschiedenen Betriebsparametern kann mit dessen Hilfe bestimmt werden. Mit Hilfe der Puls kernresonanz ist es gelungen, in Verbindung mit einer kleinen Analogrechenanlage, den Anteil fester Fettphase in teilweise kristallisiertem Fett während sechs Sekunden zu bestimmen und das berechnete Ergebniss digital zum Ausdruck zu bringen.

Dilatometrie; physikalische Lebensmitteleigenschaften; Anteil der festen Fettphase; Lebensmittelqualität; Automatisierung

Rukopis odevzdán k tisku 28. 3. 1977 — podepsáno k tisku 10. 6. 1977

Adresa autora:

Dr. ing. Horst Weisser, Institut für Lebensmittelverfahrenstechnik, Universität, Kaiserstraße 12, 75 Karlsruhe 1, BRD

Adresa překladatele:

Jarmila Neumannová, Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, odbor potravinářského inženýrství, Třebostická 12, 100 00 Praha 10 - Strašnice

Příhoda Z.: Teoretický rozbor některých principů vysazovacího ústrojí sázečů brambor	183
Podstavek B.: Čerpanie hnojovice a tekutého hnoja	203
Novotný F.: Matematické modelování procesu porušování traktorů	217
Weisser H.: Možnosti využití měření hustoty a jaderné magnetické impulsní spektroskopie v potravinářském průmyslu	235

СОДЕРЖАНИЕ

Пржигода З.: Теоретический анализ некоторых принципов посадочных механизмов у картофелесажалок	200
Подставек Б.: Откачивание навозной жижи и жидкого навоза	216
Новотны Ф.: Математическое моделирование процесса повреждения тракторов	233
Вайсер Г.: Возможности использования измерения густоты и ядерной магнитической импульсной спектроскопии в пищевой промышленности	245

CONTENTS

Příhoda Z.: A Theoretical Analysis of Some Principles of the Planting Mechanism of Potato Planters	200
Podstavek B.: Dungwater and Liquid Manure Pumping	216
Novotný F.: Mathematical Modelling of Tractor Failures	233
Weisser H.: Possibilities of Utilizing Density Measuring and Nuclear Magnetic Impulse Spectroscopy in Food Industry	245

INHALT

Příhoda Z.: Die theoretische Analyse einiger Prinzipien des Aussetzungsmechanismus der Kartoffellegemaschinen	200
Podstavek B.: Das Pumpen der Gülle und des flüssigen Dungs	216
Novotný F.: Die mathematische Modellierung des Prozesses der Störung von Traktoren	234
Weisser H.: Nutzungsmöglichkeiten der Messung von Dichte und der magnetischen Kernimpulsspektroskopie in der Lebensmittelindustrie	245

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. Výtisk MíR, novinářské závody, n. p., závod 6, Legerova ulice 22, 120 00 Praha 2.