

4  
VĚDECKÝ ČASOPIS

# ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

6

ROČNÍK 12 (XXXIX)  
PRAHA,  
ČERVEN 1966  
CENA 10 Kčs

ÚSTAV  
VĚDECKOTECHNICKÝCH  
INFORMACÍ MZLH

**Rídí redakční rada**

Jan Květoň (předseda), ing. Karel Bernhard, ing. Josef Dovrtěl, ing. Stanislav Haš, ing. Jaroslav Homolka, ing. Karel Joza, doc. Karel Koskuba, CSc., ing. Ján Kuchár, ing. Vladimír Píša, ing. Vladimír Suchý, prof. ing. Zdeněk Šteffl, doc. ing. Miroslav Thér, CSc., doc. ing. Ján Tomovčík, CSc., ing. Alois Vávra

**Vedoucí redaktor Čeněk Rendl**

© Ústav vědeckotechnických informací MZLH, Praha 1966

Vědecký časopis **ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA** uveřejňuje studie, rozborů a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Ústav vědeckotechnických informací ministerstva zemědělství a lesního hospodářství. Vychází měsíčně. Redakce: 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 Институт научно-технической информации Министерства сельского и лесного хозяйства. Выход в свет ежемесячно. Редакция 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 Institute of Scientific and Technical Information of the Ministry of Agriculture and Forestry Management. Issued monthly. Editorial office Prague 2, Slezská 7.

Die wissenschaftliche Zeitschrift **ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA** veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Landtechnik. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Informationen des Ministeriums für Land- und Forstwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion Prag 2, Slezská 7.

Le journal scientifique **ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA** publie les études, analyses et traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de technique agricole. Publié par l'Institut des renseignements scientifiques et techniques du Ministère de l'agriculture et des forêts. Paraît une fois par mois. Rédaction Prague 2, Slezská 7.

■ Teoretickým rozбором automatického řízení kolového traktoru podle zadané trajektorie byla prokázána možnost popsat tento způsob regulace nelineární diferenciální rovnicí druhého řádu [5] typu

$$\begin{aligned} &+A(1 - By') \text{ pro obor } (y_1 - y - Cy') \text{ v mezích } (+\delta; +\infty) \\ y'' = 0 &\text{ pro obor } (y_1 - y - Cy') \text{ v mezích } (-\delta; +\delta) \\ &-A(1 - By') \text{ pro obor } (y_1 - y - Cy') \text{ v mezích } (-\infty; -\delta) \end{aligned} \quad (1)$$

kde:  $A, B, C$  = parametry modelu, konstantní pro každou variantu pokusu

Aby bylo možno přistoupit k řešení uvedené rovnice, je nutno předem vyčíslit konstanty, které závisí na rychlosti jízdy, na výkonu olejového čerpadla a tím i na otáčkách motoru, na pracovním tlaku hydraulického systému, na necitlivosti nelineárního členu, na charakteristice zpětnovazebního členu apod.

## APLIKACE VÝPOČTU NA FUNKČNÍ MODEL

Aplikujeme-li teoretický výpočet na konkrétní traktor, v našem případě na Zetor 3011, je nutno vycházet z těchto hodnot:

|                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| váha traktoru                       | $G = 2290 \text{ kp}$    |
| rozvor traktoru                     | $L = 1918 \text{ mm}$    |
| vzdálenost těžiště od zadní nápravy | $b = 674 \text{ mm}$     |
| poloměr předních kol                | $R = 338 \text{ mm}$     |
| příkon svislého čepu                | $\theta = 6^{\circ}30'$  |
| odklon kola                         | $\phi = 5^{\circ}30'$    |
| závlek kola                         | $c = 25 \text{ mm}$      |
| poloměr rejdu                       | $e = 35 \text{ mm}$      |
| poloměr ozubeného pastorku          | $r = 17,5 \text{ mm}$    |
| převod v řízení                     | $i_2 = 22$               |
| převod v pákách řízení              | $i_3 = 0,622$            |
| plocha pístu servomotoru            | $S = 12,55 \text{ cm}^2$ |
| zdvih pístu servomotoru             | $z = 400 \text{ mm}$     |
| pracovní tlak v hydraulickém okruhu | $p = 70 \text{ kp/cm}^2$ |

Pro výpočet a jeho praktické ověření jsou použité hodnoty rychlostí traktoru a dodaného množství oleje pro jednotlivé převodové stupně, jakož i pracovní režimy motoru, uvedeny v tabulce I. Z tabulky je patrné, že otáčky motoru byly celkem vhodně odstupňovány, neboť kombinací jednotlivých případů je možno

# I. Rychlost traktoru a výkon olejového čerpadla v závislosti na otáčkách motoru

| Ukazatel                                  |                                    | Otáčky motoru (min <sup>-1</sup> ) |      |      |      |
|-------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|------|------|
|                                           |                                    | 2000                               | 1500 | 1000 | 500  |
| Rychlost traktoru<br>(m s <sup>-1</sup> ) | 4R                                 | 1                                  | 0,75 | 0,50 | 0,25 |
|                                           | 1                                  | 1,33                               | 1    | 0,66 | 0,33 |
|                                           | 2                                  | 1,97                               | 1,48 | 0,99 | 0,49 |
|                                           | 3                                  | 2,75                               | 2,06 | 1,37 | 0,69 |
| Výkon čerpadla                            | (1 min <sup>-1</sup> )             | 8,2                                | 7,9  | 6,6  | 4,35 |
|                                           | (cm <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) | 137                                | 132  | 111  | 72,5 |

# II. Hodnoty součinitelů A a B

| Převodový stupeň | Součinitel            | Otáčky motoru (min <sup>-1</sup> ) |        |        |        |
|------------------|-----------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|
|                  |                       | 2000                               | 1500   | 1000   | 500    |
| 4R               | A (ms <sup>-2</sup> ) | 0,322                              | 0,232  | 0,131  | 0,043  |
|                  | B (m <sup>-1</sup> s) | 0,0281                             | 0,0288 | 0,0339 | 0,0567 |
| 1                | A (ms <sup>-2</sup> ) | 0,429                              | 0,309  | 0,174  | 0,057  |
|                  | B (m <sup>-1</sup> s) | 0,0298                             | 0,0281 | 0,0298 | 0,0447 |
| 2                | A (ms <sup>-2</sup> ) | 0,63                               | 0,46   | 0,26   | 0,085  |
|                  | B (m <sup>-1</sup> s) | 0,0361                             | 0,0310 | 0,0281 | 0,0339 |
| 3                | A (ms <sup>-2</sup> ) | 0,884                              | 0,637  | 0,359  | 0,119  |
|                  | B (m <sup>-1</sup> s) | 0,0458                             | 0,0371 | 0,0301 | 0,0295 |

přímo zhodnotit vliv množství dodaného oleje na přesnost sledování zadané trajektorie při zachování konstantní pojezdové rychlosti.

Součinitelé A, B, C jsou uvedeni v tabulkách II a III pro rychlosti a dodané množství oleje (uvedené v tab. I).

# VYŠETŘENÍ ÚLOHY NA ANALOGOVÉM POČÍTAČI

Pro značný počet možných kombinací byla celá problematika řešena na analogovém počítací a laboratorními pokusy byla ověřována shoda výsledků obou způsobů řešení. Poměrně složité a pracné zkoušky reálného objektu byly tedy z větší části nahrazeny poměrně jednoduchým experimentováním s jeho matematickým modelem. V daném případě bylo použito k výpočtu analogového počítáče AP-4.

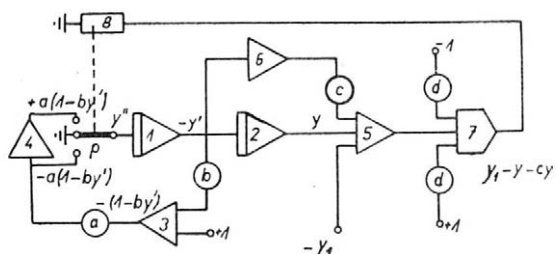


# III. Hodnoty součinitele C

| C (s)            |    |            |    | Otáčky (min <sup>-1</sup> ) |       |       |               |       |       |               |       |       |               |       |       |
|------------------|----|------------|----|-----------------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
|                  |    |            |    | 2000                        |       |       | 1500          |       |       | 1000          |       |       | 500           |       |       |
|                  |    |            |    | $\delta$ (cm)               |       |       | $\delta$ (cm) |       |       | $\delta$ (cm) |       |       | $\delta$ (cm) |       |       |
|                  |    |            |    | 2                           | 4     | 8     | 2             | 4     | 8     | 2             | 4     | 8     | 2             | 4     | 8     |
| Převodový stupeň | 4R | $\Phi$ (°) | 30 | 0,156                       | 0,221 | 0,312 | 0,185         | 0,261 | 0,370 | 0,245         | 0,347 | 0,490 | 0,429         | 0,607 | 0,858 |
|                  |    |            | 45 | 0,263                       | 0,372 | 0,526 | 0,311         | 0,440 | 0,622 | 0,413         | 0,583 | 0,825 | 0,723         | 1,022 | 1,445 |
|                  |    |            | 60 | 0,383                       | 0,542 | 0,766 | 0,453         | 0,641 | 0,907 | 0,601         | 0,850 | 1,203 | 1,053         | 1,489 | 2,106 |
|                  | 1  | $\Phi$ (°) | 30 | 0,135                       | 0,191 | 0,271 | 0,159         | 0,225 | 0,319 | 0,212         | 0,300 | 0,425 | 0,372         | 0,526 | 0,743 |
|                  |    |            | 45 | 0,228                       | 0,322 | 0,456 | 0,268         | 0,379 | 0,536 | 0,358         | 0,506 | 0,715 | 0,626         | 0,885 | 1,252 |
|                  |    |            | 60 | 0,332                       | 0,470 | 0,664 | 0,391         | 0,553 | 0,782 | 0,521         | 0,737 | 1,043 | 0,912         | 1,290 | 1,824 |
|                  | 2  | $\Phi$ (°) | 30 | 0,111                       | 0,157 | 0,222 | 0,131         | 0,185 | 0,262 | 0,175         | 0,247 | 0,247 | 0,305         | 0,432 | 0,611 |
|                  |    |            | 45 | 0,183                       | 0,265 | 0,375 | 0,220         | 0,312 | 0,441 | 0,294         | 0,416 | 0,589 | 0,514         | 0,727 | 1,028 |
|                  |    |            | 60 | 0,273                       | 0,386 | 0,546 | 0,321         | 0,454 | 0,642 | 0,429         | 0,607 | 0,858 | 0,749         | 1,060 | 1,499 |
|                  | 3  | $\Phi$ (°) | 30 | 0,094                       | 0,133 | 0,188 | 0,111         | 0,157 | 0,222 | 0,156         | 0,221 | 0,313 | 0,259         | 0,366 | 0,518 |
|                  |    |            | 45 | 0,158                       | 0,224 | 0,317 | 0,187         | 0,254 | 0,373 | 0,263         | 0,372 | 0,526 | 0,436         | 0,616 | 0,871 |
|                  |    |            | 60 | 0,231                       | 0,326 | 0,462 | 0,272         | 0,385 | 0,544 | 0,384         | 0,542 | 0,767 | 0,635         | 0,898 | 1,270 |

Pro řešení nelineární rovnice (1) je nutno sestavit počítačící síť podle obrázku 1. Vlastní integrace diferenciální rovnice se děje na integračním řetězu, skládajícím se ze sumačního integrátoru 1 a integrátoru 2. Sumační integrátor 1 integruje druhou derivaci  $y''$ , přiváděnou na jeho vstup, a poskytuje první derivaci s obráceným znaménkem  $-y'$  na svém výstupu. Integrátor 2 integruje dále tuto veličinu  $-y'$  a dává na výstupu závisle proměnnou  $y$ .

Zpětnovazební obvod, tvořený sumátorem 3 a invertorem 4, vytváří druhou derivaci  $y''$  podle rovnice (1) a přivádí ji na vstup sumačního integrátoru 1. Sumátor 3 sčítá veličiny 1 a  $-By'$ , přivedené na jeho vstup; na jeho výstupu je tedy veličina  $-(1 - By')$ . Po vynásobení konstantou  $A$  je tato hodnota přivedena na spodní kontakt přepínače  $p$ . Invertor 4 mění svou operací znaménka a dává tedy veličinu  $+A(1 - By')$  na horním kontaktu přepínače  $p$ . Střední kontakt tohoto přepínače je připojen na počítačící zem, tj. 0.



1. Hrubé (blokové) schéma počítačící sítě pro řešení rovnice (1)

svém výstupu vytváří sumátor 5 veličinu  $(y_1 - y - Cy')$ , na jejíž hodnotě závisí podle rovnice (1) přiřazení druhé derivace. Vlastní rozhodování vykonává rozhodovací blok 7.

Operaci alternativního přiřazení výrazů  $+A(1 - By')$ ; 0;  $-A(1 - By')$  k druhé derivaci  $y''$  provádí logický (rozhodovací) obvod, složený ze sumátoru 5 s invertorem 6, srovnávacího bloku 7 a relé 8, ovládajícího přepínač  $p$ . Na vstup sumátoru 5 jsou tedy přivedeny jednotlivé složky  $-y_1$ ;  $+y$ ;  $+Cy'$  (na výstupu integrátoru 1 je první derivace se záporným znaménkem  $-y'$ , inverzi znaménka obstarává invertor 6), na

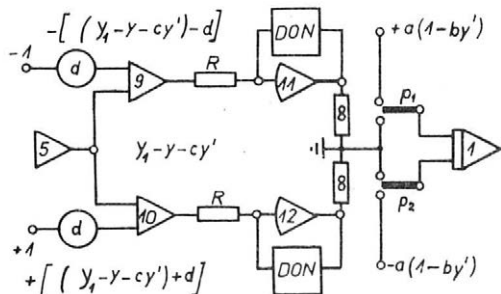
## LOGICKÝ (ROZHODOVACÍ) BLOK

Tento blok je v podstatě tříúrovňovým přepínačem. Zatímco všechny dosud použité bloky lineární i nelineární tvoří součást standardního vybavení analogového počítače AP-4, je tříúrovňový přepínač nelinearitou, kterou není možno realizovat pomocí základního vybavení analogového počítače AP-4.

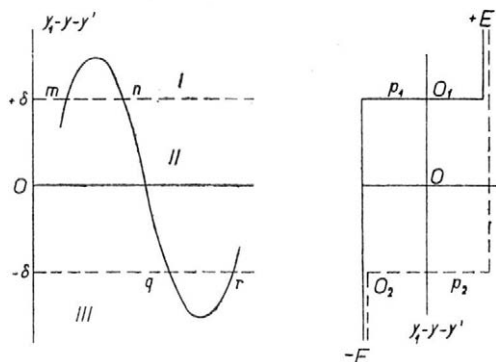
K sestavení tříúrovňového přepínače bylo tedy použito jednak lineárních a nelineárních prvků z příslušenství počítače, jednak polarizovaného relé HL 10011 jako cizího prvku [8]. Podrobné schéma bloku je uvedeno na obrázku 2, některé závislosti objasňující jeho funkci na obrázku 3.

Funkce logického bloku: horní větve bloku (obr. 2), složená ze sumátoru 9 a omezovače napětí 11, porovnává výraz  $y_1 - y - Cy'$  s horní (kladnou) mezí necitlivosti (v obecném případě mohou být horní a dolní meze necitlivosti různé). Výraz  $(y_1 - y - Cy') - \delta$  může nabýt kladných hodnot pouze tehdy, je-li  $(y_1 - y - Cy') > \delta$ , což odpovídá oblasti I nebo oblouku  $mn$  na obrázku 3. Ve všech ostatních případech, tj. je-li výraz  $y_1 - y - Cy'$  v oblastech II nebo III, bude tento výraz záporný. Sumátor 9 poskytuje tento výraz s opačným znaménkem. Souhrnně lze tedy na operaci, prováděnou sumátorem 9, nahlížet jako na transformaci počátku souřadnic z bodu 0 do bodu  $0_1$  (obr. 3), přičemž

$00_1 = \delta$ . Diodový omezovač napětí 11 reaguje na libovolné záporné vstupní napětí stálým kladným výstupním napětím  $+E$  a naopak, je-li na jeho vstupu libovolné kladné napětí, vytváří na svém výstupu záporné napětí o stálé hodnotě  $-E$ . V našem zapojení dává tedy DON kladné napětí  $+E$ , je-li veličina  $y_1 - y - Cy'$  v oblasti I, a záporné  $-E$ , je-li tato veličina v oblastech II nebo III. Hodnota napětí je zvolena tak, aby spolehlivě ovládala horní relé 8. Kotva  $p_1$  tohoto relé (obr. 2) má pak dvě stabilní polohy: přivádí napětí, úměrné  $+A(1 - By')$ , na vstup sumačního integrátoru 1, je-li výraz  $y_1 - y - Cy'$  v oblasti I, a nulové napětí (počítací zem), je-li tento výraz v oblasti II nebo III.



2. Schéma logického obvodu



3. Grafické znázornění činnosti přepínače

Dolní větev logického bloku pracuje naprosto obdobně. Kotva  $p_2$  dolního relé 8 (obr. 2) přivádí napětí, úměrné výrazu  $-A(1 - By')$ , na vstup sumačního integrátoru 1, je-li výraz  $y_1 - y - Cy'$  v oblasti III a nulové napětí (počítací zem), je-li tento výraz v oblasti I nebo II.

Sumační integrátor 1 pak takto sčítá obě přivedená napětí:

od přepínače  $p_1$

|               |               |
|---------------|---------------|
| v oblasti I   | $+A(1 - By')$ |
| v oblasti II  | $+0$          |
| v oblasti III | $+0$          |

od přepínače  $p_2$

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| $+0$          | $= +A(1 - By')$ |
| $+0$          | $= 0$           |
| $-A(1 - By')$ | $= -A(1 - By')$ |

tj. plní požadovanou funkci.

#### PODROBNĚ PROGRAMOVÉ SCHÉMA

Byla vyšetřena odezva studovaného systému na

— jednotkový skok  $y_1$

— sinusový průběh  $y_1$

při různých kombinacích parametrů  $A, B, C, \delta$ .

S ohledem na tyto požadavky byly proměnné normalizovány a počítací síť admitančně přizpůsobena [1]. Podrobné programové schéma, podle kterého byl počítač AP-4 propojen, je uvedeno na obrázku 4.

#### PRAKTICKÁ MĚŘENÍ NA FUNKČNÍM MODELU

S ohledem na možnost porovnání hodnot (výsledků), získaných na analogovém počítači, byly vykonány laboratorní zkoušky funkčního modelu traktoru Z 3011 s automatickým řízením.



Tyto zkoušky byly vykonány na půdním kanálu VÚZT na sinusové dráze o délce vlny 20 m. Amplituda sinusovky byla měněna na několik hodnot, a to zhruba:  $2,5 \delta \sqrt{2}$ ;  $5 \delta \sqrt{2}$ ;  $10 \delta \sqrt{2}$ ; většina měření se přitom dělá při amplitudě  $10 \delta \sqrt{2}$  a při necitlivosti hmatače 2 a 4 cm. Měřeno bylo při zařazeném 4R, 1. a 2. převodovém stupni. Byl rovněž ověřen vliv otáček motoru (2000, 1500, 1000 a 500  $\text{min}^{-1}$ ) na přesnost sledování trajektorie a několik variant nastavení zpětné vazby.

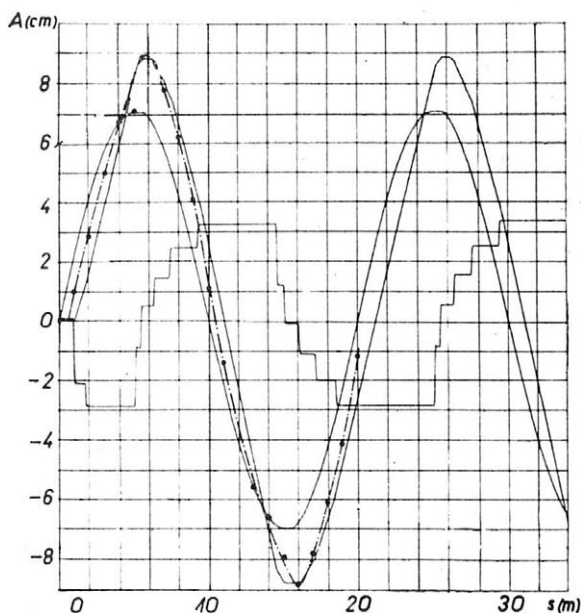
Sinusová dráha (vstupní funkce) byla realizována ocelovým lankem připevněným k ocelovým kolíkům, vzdáleným od sebe 1 m. Průběh výstupní funkce (dráha levého předního kola traktoru) byl zjišťován měřením polohy kola v uhrabaném povrchu půdního kanálu od pevné přímky na pořadnicích, vzdálených od sebe 1 m.

Poněvadž účelem měření bylo především porovnat praktické výsledky s hodnotami zjištěnými na analogovém počítači, byly zkoušeny jen některé typické varianty. Pokusy byly prokázány shodný charakter výstupní veličiny při praktickém měření s výsledky získanými na analogovém počítači.

V diagramu na obrázku 5 jsou k hodnotám, získaným na analogovém počítači, vyneseny hodnoty zjištěné při praktickém měření v půdním kanálu. Z průběhu obou výstupních hodnot je patrna dobrá shoda výsledků. Fázové posunutí výstupu, naměřené na půdním kanálu, je ovlivněno předsunutím hmatače proti ose předních kol o délku  $l = 600$  mm. Toto předsunutí hmatače nebylo při výpočtu na analogovém počítači uvažováno, a proto fázové posunutí při výpočtu je větší než jeho praktická hodnota. Předsunutí hmatače na funkčním modelu lze měnit. Jak je patrna z uvedeného diagramu (obr. 5) i z hodnot dalších, mělo by být teoreticky pro optimální soulad vstupní a výstupní funkce předsunutí hmatače vždy jiné.

Obecně je regulační pochod automatického řízení traktoru charakterizován rovnicí (1). Průběh výstupní funkce pak závisí jak na dosazených parametrech traktoru, tak i na parametrech regulované soustavy. Za nejdůležitější hodnoty, které ovlivňují činnost automatiky, je možno považovat:

- necitlivost hmatače,
- pojezdovou rychlost traktoru (převodový stupeň a otáčky motoru),
- množství oleje přiváděného do servomotoru,
- charakteristiku zpětné vazby.



5. Porovnání výstupní funkce získané na analogovém počítači s praktickým měřením na půdním kanálu

(převodový stupeň 1, rychlost  $v = 1,33 \text{ m s}^{-1}$ , necitlivost  $\delta = 2 \text{ cm}$ , zpětnovazební člen  $\Phi = 45^\circ$ )



Všechny tyto parametry lze hodnotit na základě jejich vlivu na přechodovou charakteristiku a vlivu na výstupní funkci při sinusovém průběhu vstupní veličiny.

## NECITLIVOST

Vliv necitlivosti na přechodovou charakteristiku je patrný z diagramů. Ve všech případech je uvažováno stejné nastavení zpětné vazby, charakterizované hodnotou  $\Phi = 45^\circ$ .

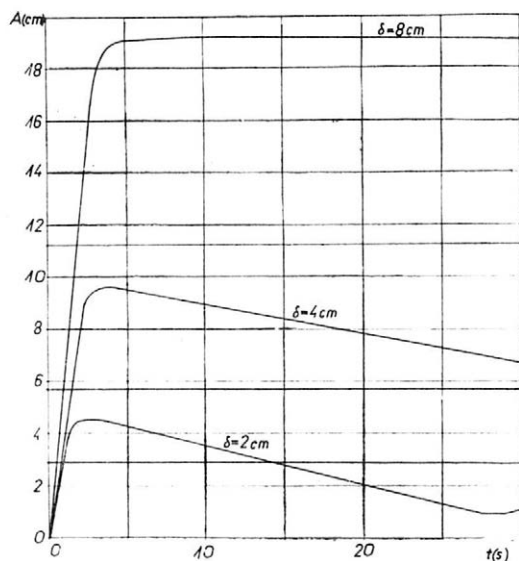
Přechodové charakteristiky byly získány pro tyto dva vztahy mezi necitlivostí a velikostí skoku:

a) v prvním případě byl zachován konstantní poměr mezi necitlivostí a hodnotou skoku, a to:  $A : \delta = \sqrt{2}$ ,

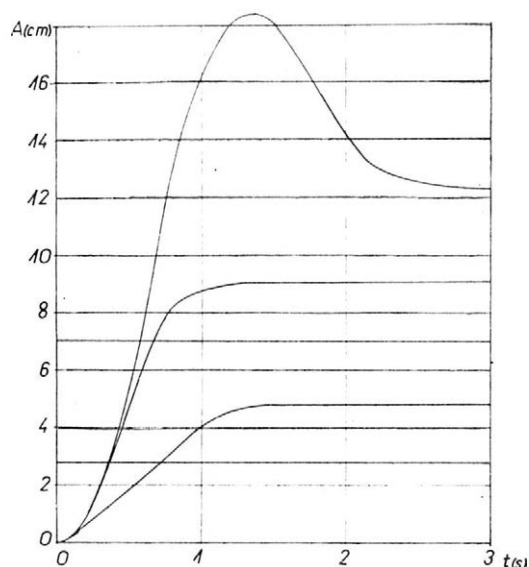
b) v druhém případě ponechána necitlivost konstantní a skok byl zvětšován.

Přechodová charakteristika automatiky při různém nastavení necitlivosti na hodnoty 2, 4, 8 cm je porovnávána při odpovídajících hodnotách skoku  $\delta \sqrt{2}$ , tedy při 2,83, 5,65 a 11,3 cm. Tím jsou stanoveny i stejné pracovní podmínky při jednotlivých zkoušených variantách (obr. 6).

Z vykonaných zkoušek je patrné, že s velikostí skoku stoupá strmost přechodové charakteristiky, a to jak při konstantní, tak při úměrné necitlivosti. Časová konstanta kolísá převážně v mezích od 0,44 do 0,87 s. Při kritické hodnotě výšky skoku vzhledem k necitlivosti  $\delta \sqrt{2}$  je hodnota výstupu (preregulování) vždy vyšší o hodnotu necitlivosti  $\delta$ , přičemž výstupní hodnota zůstává prakticky konstantní, popř. výstup se blíží hodnotě skoku jen velmi pomalu. Na obrázku 7 jsou znázorněny přechodové charakteristiky zařízení při stejné necitlivosti  $\delta = 2$  cm a při hodnotách skoku  $\delta \sqrt{2}$ ,  $2,5 \delta \sqrt{2}$  a  $5 \delta \sqrt{2}$ . Z diagramu je patrné, že strmost přechodové charakteristiky stoupá velmi rychle při



6. Přechodové charakteristiky při konstantním poměru hodnoty skoku  $A : \delta = \sqrt{2}$  (rychlost traktoru  $v = 1 \text{ m s}^{-1}$ , zpětnovazební člen  $\Phi 45^\circ$ )



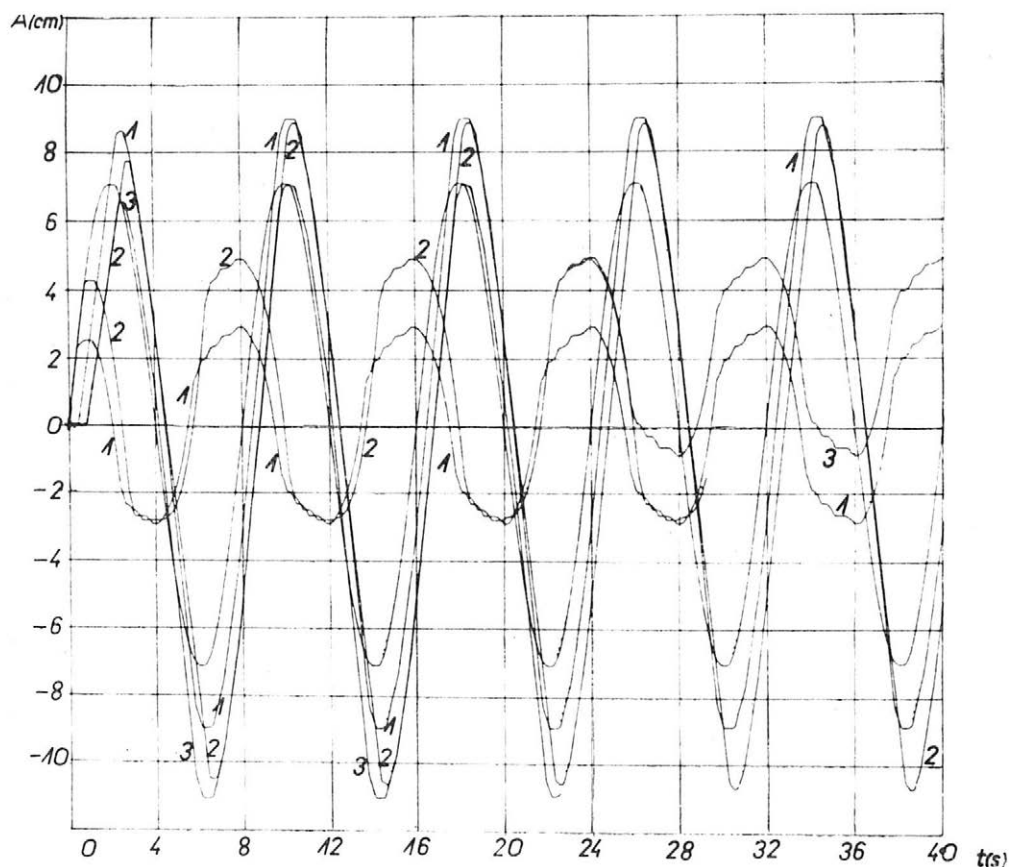
7. Přechodové charakteristiky pro různé hodnoty skoku při necitlivosti hmatáče  $\delta = 2 \text{ cm}$  (rychlost traktoru  $v = 1 \text{ m s}^{-1}$ )

zvyšování hodnoty skoku, zatímco časová prodleva se prakticky příliš neliší. Zatímco u skoků o hodnotě  $\delta \sqrt{2}$  a  $2,5 \delta \sqrt{2}$  dochází k přeregulování o hodnotu necitlivosti, je průběh výstupu u skoku o hodnotě  $5 \delta \sqrt{2}$  tlumeným kmitem. Maxima odchylek v daném případě dosahují  $+2 \delta$  a  $-\delta$ . K ustálení děje dochází prakticky po třech vteřinách jízdy traktoru. Ze záznamů je rovněž patrné, že s výškou skoku se doba průtahu zvyšuje.

Vliv různé necitlivosti na sinusový vstup je na diagramu obrázku 8. Průběh výstupu odpovídá přechodovým charakteristikám. Maximální překmit je úměrný hodnotám necitlivosti, přičemž necitlivosti odpovídá i fázové posunutí výstupní charakteristiky. Pro názornost jsou v tomto diagramu uvedeny křivky rozdílů vstupních a výstupních veličin.

#### VLIV MNOŽSTVÍ OLEJE DODÁVANÉHO K SERVOMOTORU

V praktickém provozu traktoru se často pracuje při různém režimu motoru, zejména při různém nastavení jeho otáček. Tím se mění jak rychlosti jízdy traktoru, tak i některé parametry regulované soustavy, neboť s otáčkami motoru se



8. Vliv asymetrické necitlivosti na výstupní funkci při sinusovém vstupu (rychlost traktoru  $v = 2,75 \text{ m s}^{-1}$ , zpěťovazební člen  $\Phi = 45^\circ$ , amplituda vstupní funkce  $A = 7,1 \text{ cm}$ , frekvence vstupní funkce  $f = 0,137 \text{ s}^{-1}$ )

- 1 - výstupní funkce a rozdíl vstupní a výstupní funkce při necitlivosti  $\sigma = \pm 2 \text{ cm}$ ;
- 2 - výstupní funkce a rozdíl vstupní a výstupní funkce při necitlivosti  $\sigma = +2 \text{ a } -4 \text{ cm}$ ;
- 3 - výstupní funkce a rozdíl vstupní a výstupní funkce při necitlivosti  $\sigma = +0 \text{ a } -4 \text{ cm}$ ;

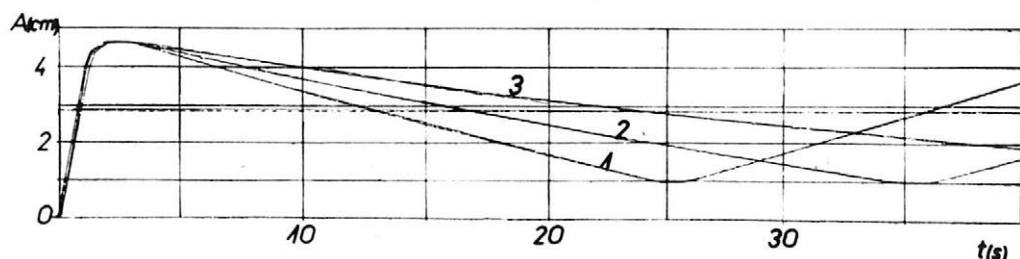
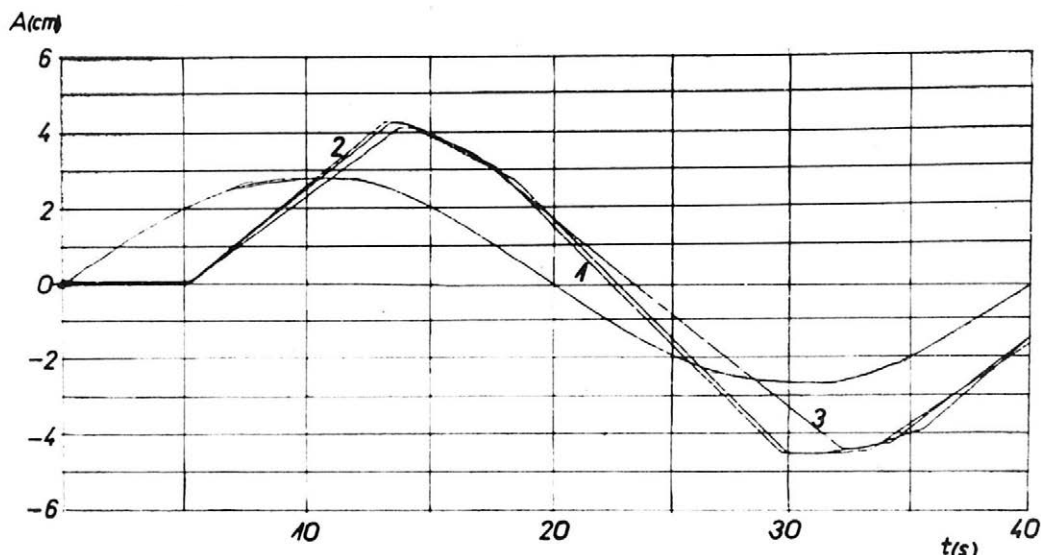
IV. Rychlost traktoru Zetor 3011 v závislosti na otáčkách motoru a zařazeném převodovém stupni

| Otáčky motoru ( $\text{min}^{-1}$ )      | 2000 | 1500 | 1000 |
|------------------------------------------|------|------|------|
| Zařazený převodový stupeň                | 4R   | 1    | 2    |
| Pojezdová rychlost ( $\text{m s}^{-1}$ ) | 1,00 | 1,00 | 0,99 |

mění i otáčky a tím i výkon olejového čerpadla, které dodává tlakové medium servomotoru.

Výkon čerpadla NŠ 13/2 v závislosti na otáčkách motoru je uveden v tabulce I.

Odstupňování převodových stupňů traktoru Z 3011 umožňuje sledovat vliv změny dodávky oleje při konstantní rychlosti, a to řazením různých převodových stupňů a změnou otáček motoru. Zvolené kombinace pro rychlost zhruba  $1 \text{ m s}^{-1}$  jsou patrné z tabulky IV.



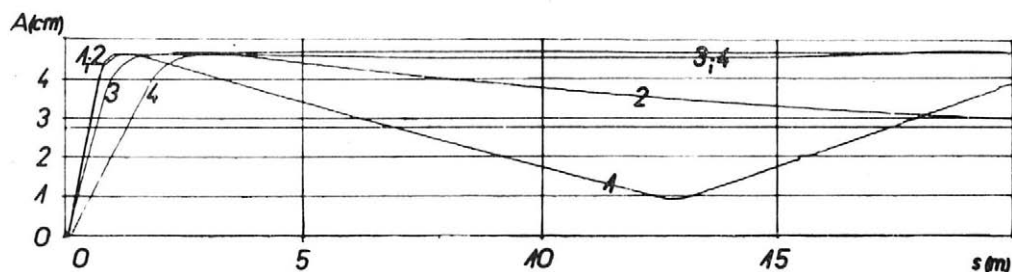
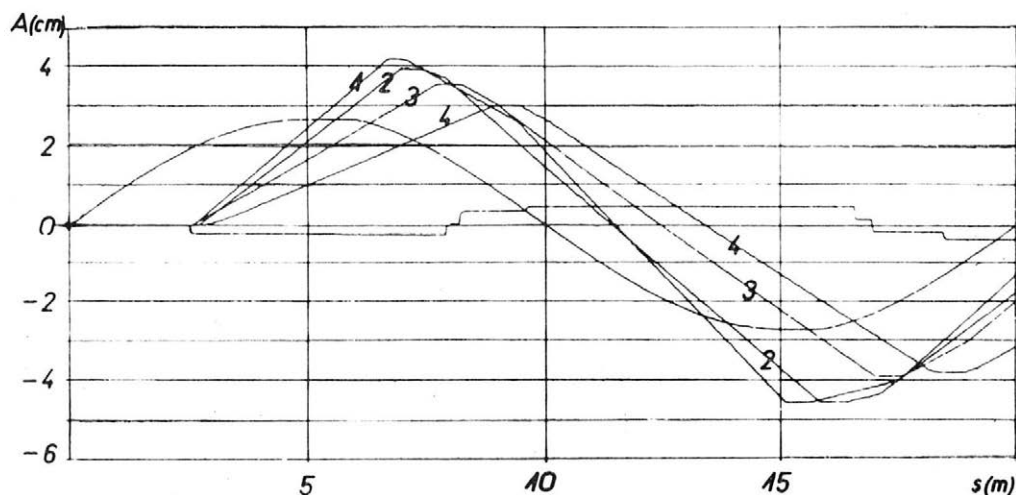
9. Vliv množství oleje dodávaného k servomotoru na přechodovou charakteristiku a na výstupní funkci při sinusovém vstupu

(rychlost traktoru  $v = 1 \text{ m s}^{-1}$ , zpětnovazební člen  $\Phi = 45^\circ$ , necitlivost  $\delta = 2 \text{ cm}$ )

1 – výkon čerpadla  $8,21 \text{ min}^{-1}$ ,

2 – výkon čerpadla  $7,91 \text{ min}^{-1}$ ,

3 – výkon čerpadla  $6,61 \text{ min}^{-1}$ .



10. Vliv rychlosti na přechodovou charakteristiku a na výstupní funkci při sinusovém vstupu

- 1 – rychlost traktoru  $v = 1 \text{ m s}^{-1}$   
 2 – rychlost traktoru  $v = 0,75 \text{ m s}^{-1}$   
 3 – rychlost traktoru  $v = 0,5 \text{ m s}^{-1}$   
 4 – rychlost traktoru  $v = 0,25 \text{ m s}^{-1}$

Z výsledků, zjištěných opět na analogovém počítači (obr. 9), je patrné, že strmost přechodové charakteristiky není ovlivněna použitím různého množství oleje (v rozsahu 6,6 až 8,2 l min<sup>-1</sup>). Hodnota přeregulování závisí opět na ne-

#### V. Vliv rychlosti na přechodovou charakteristiku

| Převodový stupeň | Rychlost (m s <sup>-1</sup> ) | Doba přechodu (s) | Odpovídající dráha (m) |
|------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------|
| 4R               | 1                             | 0,75              | 0,75                   |
| 1                | 1,33                          | 0,60              | 0,80                   |
| 2                | 1,97                          | 0,53              | 1,04                   |
| 3                | 2,75                          | 0,50              | 1,37                   |

citlivosti hmatače. Nejkratší doba kmitání kolem hodnoty skoku je zhruba 27 s. Při množství oleje, odpovídajícím 2000 a 1500 otáčkám motoru (8,2 a 7,9 l min<sup>-1</sup>), není ani u přechodové charakteristiky, ani u sinusového vstupu podstatný rozdíl ve výstupní funkci. Teprve při množství, odpovídajícím 1000 otáčkám (6,6 l min<sup>-1</sup>), je patrna pomalejší reakce automatiky.

#### VLIV RYCHLOSTI

Porovnání vlivu rychlosti traktoru na přechodovou charakteristiku, popř. souhrn výsledků jednotlivých měření, jsou uvedeny na obrázku 10 a v tabulce V. Je zřejmo, že strmost charakteristiky stoupá se vzrůstem pracovní rychlosti, popř. doba přechodu se zkracuje z 0,75 s při rychlosti 1 m s<sup>-1</sup> na 0,5 při rychlosti 2,75 m s<sup>-1</sup>. Odpovídající projetá dráha se však prodlužuje z 0,75 na 1,37 m.

Obdobná závislost platí i při sinusovém průběhu vstupní veličiny.

#### VLIV ZPĚTNÉ VAZBY

V teoretické části této práce [5] bylo prokázáno, že geometrie zpětné vazby je charakterizována funkcí  $\Phi$ , a to vztahem

$$T_1 \delta \frac{\pi}{2} \frac{\operatorname{tg}^2 \Phi}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \Phi + 1}} = \left( \frac{l}{v} \frac{p_1}{p_2} \right)^2 \quad (2)$$

Např. pro 4 R převodový stupeň traktoru, tj. při pracovní rychlosti  $v = 1 \text{ m s}^{-1}$ , délce hmatače  $l = 0,6 \text{ m}$ , necitlivosti  $\delta = 0,02 \text{ m}$  plyne z uvedených vztahů, že hodnotě  $\Phi = 45^\circ$  odpovídá poměr ramen zpětnovazebního členu.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{2}$$

Úhlu  $\Phi = 60^\circ$  odpovídá poměr ramen za těchto podmínek zhruba 2 : 3, pro úhel  $\Phi = 30^\circ$  je poměr ramen zhruba 1 : 3,5.

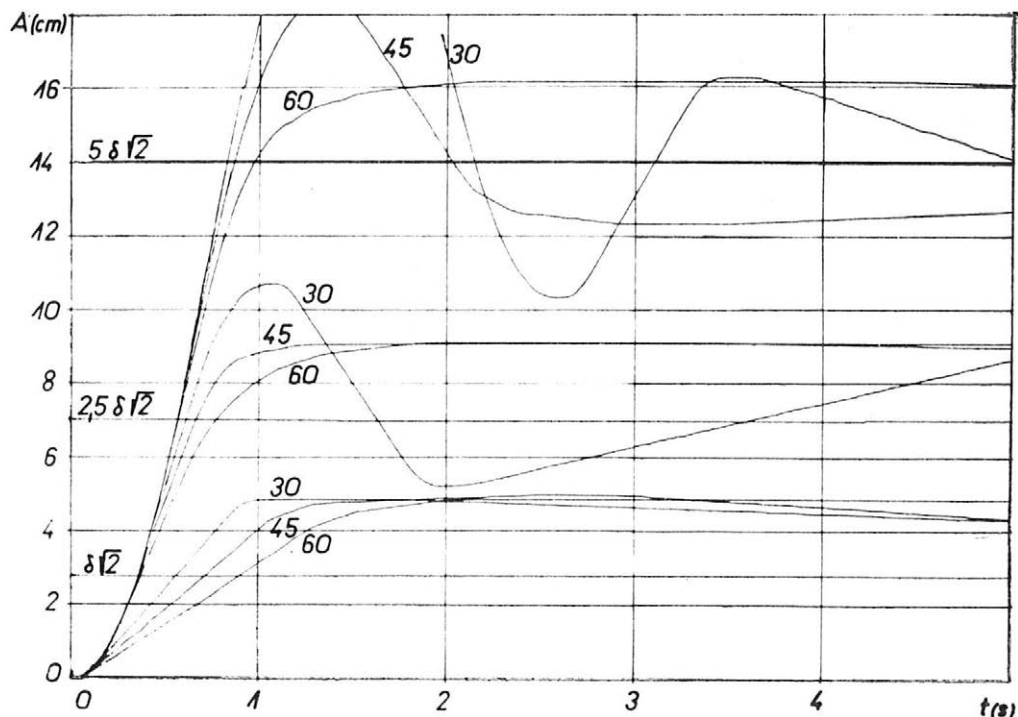
Velmi názorně je vliv zpětné vazby patrný z obrázku 11. Přechodové charakteristiky v tomto diagramu odpovídají jízdě traktoru rychlostí 1,33 m s<sup>-1</sup> při skocích  $\delta \sqrt{2}$ ,  $2,5 \delta \sqrt{2}$  a  $5 \delta \sqrt{2}$ . Zpětná vazba je nastavena na hodnoty  $\Phi = 30$ ,  $45$  a  $60^\circ$ .

Geometrie zpětné vazby má značný vliv na tvar přechodové charakteristiky. Zmenšováním poměru ramen  $p_1/p_2$ , tj. zmenšováním hodnoty  $\Phi$ , stoupá strmost charakteristiky a zkracuje se proděva, dochází však k překmitnutí a k tlumeným kmitům přechodové charakteristiky. Je tedy možno změnou zpětné vazby značně ovlivňovat tvar přechodové charakteristiky a přesnost sledování zadané trajektorie.

Uvedené závěry potvrzují i výsledky zjišťování vlivu zpětné vazby na sinusový vstup.

#### VLIV VSTUPNÍ FUNKCE

V praktických případech, kdy je trajektorie pohybu zadána brázdou, řádkem rostlin, stěnou kultury apod., není možno křivku pohybu stanovit analyticky. Dráha jízdy je cvlivněna řadou náhodných veličin, přičemž nejmenší poloměry křivosti dosahují řádově desítky metrů. Náhodné změny, jako vychýlení rostli-



11. Vliv zpětné vazby na přechodovou charakteristiku

ny ze řádku, nerovnost stěny brázdy apod., je nutno eliminovat necitlivostí hmatáče, popř. jeho konstrukcí.

Proto byla při laboratorních zkouškách i při výpočtu na analogovém počítači zvolena trajektorie dráhy o sinusovém průběhu. Délka vlny sinusovky byla zvolena 20 m, přičemž poloměry křivosti je možno měnit změnou její amplitudy. Amplituda byla opět volena vzhledem k necitlivosti hmatáče  $\delta \sqrt{2}$ ,  $2,5 \delta \sqrt{2}$  a  $5 \delta \sqrt{2}$ . Poloměry křivosti ve vrcholech volených sinusovek jsou tyto:

|                          |       |      |      |
|--------------------------|-------|------|------|
| amplituda sinusovky (cm) | 2,8   | 7    | 14   |
| poloměr křivosti         | 35,75 | 14,3 | 7,15 |

VI. Frekvence  $f$  ( $s^{-1}$ ) vstupního signálu v závislosti na rychlosti při různých otáčkách motoru a převodovém stupni traktoru

| Převodový stupeň | Otáčky motoru ( $\text{min}^{-1}$ ) |       |       |       |
|------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|
|                  | 2000                                | 1500  | 1000  | 500   |
| 4R               | 0,050                               | 0,037 | 0,025 | 0,012 |
| 1                | 0,066                               | 0,050 | 0,033 | 0,015 |
| 2                | 0,099                               | 0,074 | 0,049 | 0,025 |
| 3                | 0,137                               | 0,103 | 0,069 | 0,034 |



VII. Porovnání vlivu frekvence vstupní veličiny na hodnotu výstupní funkce (převodový stupeň 4R, rychlost traktoru  $v = 1 \text{ m s}^{-1}$ , necitlivost hmatače  $\delta = 2 \text{ cm}$ )

| Zpětná vazba<br>(°) | Vstupní funkce                             |                                     |                   | Výstupní hodnoty |       |                                       |                  |          |       | Poznámka            |
|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|-------|---------------------------------------|------------------|----------|-------|---------------------|
|                     | amplituda<br>$2,5 \delta \sqrt{2}$<br>(cm) | frekvence $f$<br>(s <sup>-1</sup> ) | délka vlny<br>(m) | fázové posunutí  |       | maximální<br>hodnota v %<br>amplitudy | maximální rozdíl |          |       |                     |
|                     |                                            |                                     |                   | (m)              | (°)   |                                       | hodnota<br>(cm)  | posunutí |       |                     |
|                     |                                            |                                     |                   |                  |       |                                       |                  | (m)      | (°)   |                     |
| 30                  | 7,1                                        | 0,1                                 | 10                | 0,67             | 24,4  | 119,5                                 | 2,97             | 2,73     | 98,3  |                     |
|                     |                                            | 0,2                                 | 5                 | 0,52             | 37,7  | 112,0                                 | 4,1              | 1,61     | 116,3 |                     |
|                     |                                            | 0,4                                 | 2,5               | 0,57             | 82,5  | 110,5                                 | 11,0             | 0,96     | 138,2 | nepřípustné v praxi |
|                     |                                            | 0,6                                 | 1,66              | 0,63             | 136,2 | 90,9                                  | 13,22            | 0,79     | 172,3 | nepřípustné v praxi |
| 45                  | 7,1                                        | 0,1                                 | 10                | 0,64             | 23,8  | 125,3                                 | 3,1              | 2,65     | 95,5  |                     |
|                     |                                            | 0,2                                 | 5                 | 0,57             | 41,1  | 125,8                                 | 4,1              | 1,26     | 90,7  |                     |
|                     |                                            | 0,4                                 | 2,5               | 0,54             | 78,0  | 120,0                                 | 10,55            | 0,96     | 138,2 | nepřípustné v praxi |
|                     |                                            | 0,8                                 | 1,25              | 0,58             | 168,5 | 71,0                                  | 12,14            | 0,62     | 178,5 | nepřípustné v praxi |
| 60                  | 7,1                                        | 0,10                                | 10                | 0,86             | 31,2  | 115,0                                 | 3,6              | 2,88     | 103,7 |                     |
|                     |                                            | 0,2                                 | 5                 | 0,63             | 45,5  | 100,0                                 | 5,02             | 1,7      | 122,0 |                     |
|                     |                                            | 0,4                                 | 2,5               | 0,52             | 75,6  | 85,7                                  | 10,15            | 0,93     | 134,0 | nepřípustné v praxi |
|                     |                                            | 0,8                                 | 1,25              | 0,58             | 145,5 | 60,6                                  | 11,4             | 0,61     | 176,0 | nepřípustné v praxi |

VIII. Porovnání vlivu frekvence vstupní veličiny na hodnotu výstupní funkce (převodový stupeň 1, rychlost traktoru  $v = 1,33 \text{ m s}^{-1}$ , necitlivost hmatáče  $\delta = 2 \text{ cm}$ )

| Zpětná vazba<br>(°) | Vstupní funkce                             |                                     |                   | Výstupní hodnoty |       |                                       |                  |          |       | Poznámka            |
|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|-------|---------------------------------------|------------------|----------|-------|---------------------|
|                     | amplituda<br>$2,5 \delta \sqrt{2}$<br>(cm) | frekvence $f$<br>(s <sup>-1</sup> ) | délka vlny<br>(m) | fázové posunutí  |       | maximální<br>hodnota v %<br>amplitudy | maximální rozdíl |          |       |                     |
|                     |                                            |                                     |                   | (m)              | (°)   |                                       | hodnota<br>(cm)  | posunutí |       |                     |
|                     |                                            |                                     |                   |                  |       |                                       |                  | (m)      | (°)   |                     |
| 30                  | 7,1                                        | 0,066                               | 20                | 0,47             | 8,45  | 132                                   | 2,74             | 2,33     | 41,9  |                     |
|                     |                                            | 0,133                               | 10                | 0,48             | 17,3  | 143                                   | 3,05             | 2,23     | 80,4  |                     |
|                     |                                            | 0,266                               | 5                 | 0,50             | 36,0  | 133                                   | 4,64             | 0,80     | 57,0  |                     |
|                     |                                            | 0,533                               | 2,5               | 0,79             | 114,6 | 130                                   | 14,60            | 1,09     | 158,0 | nepřípustné v praxi |
| 45                  | 7,1                                        | 0,066                               | 20                | 0,99             | 17,9  | 130                                   | 2,84             | 2,94     | 52,9  |                     |
|                     |                                            | 0,133                               | 10                | 0,72             | 26,1  | 124                                   | 3,52             | 2,89     | 103,9 |                     |
|                     |                                            | 0,266                               | 5                 | 0,62             | 44,8  | 113,5                                 | 4,73             | 1,52     | 110,0 |                     |
|                     |                                            | 0,533                               | 2,5               | 0,66             | 95,6  | 110                                   | 12,72            | 1,07     | 154,0 | nepřípustné v praxi |
| 60                  | 7,1                                        | 0,066                               | 20                | 1,47             | 26,5  | 124                                   | 3,04             | 3,59     | 64,6  |                     |
|                     |                                            | 0,133                               | 10                | 0,93             | 33,6  | 117                                   | 3,95             | 2,77     | 99,6  |                     |
|                     |                                            | 0,266                               | 5                 | 0,71             | 51,3  | 98,5                                  | 5,56             | 1,76     | 121,8 |                     |
|                     |                                            | 0,533                               | 2,5               | 0,63             | 90,9  | 88                                    | 11,14            | 1,06     | 153,2 | nepřípustné v praxi |
|                     |                                            | 1,066                               | 1,25              | 0,60             | 172,8 | 53                                    | 11,08            | 0,62     | 179,0 | nepřípustné v praxi |

IX. Porovnání vlivu frekvence vstupní veličiny na hodnoty výstupní funkce (převodový stupeň 2, rychlost traktoru  $v = 1,97 \text{ m s}^{-1}$ , necitlivost hmatače  $\delta = 2 \text{ cm}$ )

| Zpětná<br>vazba<br>(°) | Vstupní funkce                             |                                     |                   | Výstupní hodnoty |       |                                       |                  |          |       | Poznámka            |
|------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|-------|---------------------------------------|------------------|----------|-------|---------------------|
|                        | amplituda<br>$2,5 \delta \sqrt{2}$<br>(cm) | frekvence $f$<br>(s <sup>-1</sup> ) | délka vlny<br>(m) | fázové posunutí  |       | maximální<br>hodnota v %<br>amplitudy | maximální rozdíl |          |       |                     |
|                        |                                            |                                     |                   | (m)              | (°)   |                                       | hodnota<br>(cm)  | posunutí |       |                     |
|                        |                                            |                                     |                   |                  |       |                                       |                  | (m)      | (°)   |                     |
| 30                     | 7,1                                        | 0,107                               | 20                | 0,8              | 14,4  | 125,3                                 | 2,30             | 2,63     | 47,4  |                     |
|                        |                                            | 0,197                               | 10                | 0,35             | 12,6  | 127,2                                 | 2,84             | 2,60     | 93,5  |                     |
|                        |                                            | 0,391                               | 5                 | 0,7              | 50,5  | 142,3                                 | 14,27            | 1,28     | 92,0  |                     |
|                        |                                            | 0,79                                | 2,5               | 1,01             | 145,2 | 117,4                                 | 15,1             | 1,18     | 170,0 | nepřípustné v praxi |
| 45                     | 7,1                                        | 0,107                               | 20                | 1,36             | 24,5  | 118,3                                 | 2,72             | 4,43     | 79,6  |                     |
|                        |                                            | 0,197                               | 10                | 1,04             | 37,5  | 116,7                                 | 3,39             | 2,87     | 103,2 |                     |
|                        |                                            | 0,395                               | 5                 | 0,71             | 51,1  | 113,7                                 | 5,27             | 1,32     | 95,0  |                     |
|                        |                                            | 0,79                                | 2,5               | 0,89             | 128,1 | 98,0                                  | 13,22            | 1,17     | 168,5 | nepřípustné v praxi |
| 60                     | 7,1                                        | 0,107                               | 20                | 1,3              | 23,4  | 117,1                                 | 3,13             | 4,96     | 89,5  |                     |
|                        |                                            | 0,184                               | 10                | 1,13             | 40,7  | 107,5                                 | 4,01             | 3,21     | 112,5 |                     |
|                        |                                            | 0,395                               | 5                 | 0,71             | 51,1  | 93,3                                  | 5,78             | 1,63     | 117,2 |                     |
|                        |                                            | 0,775                               | 2,5               | 0,77             | 111,2 | 80,5                                  | 11,47            | 1,11     | 160,0 | nepřípustné v praxi |
|                        |                                            | 1,658                               | 1,25              | 0,65             | 182,5 | 38,7                                  | 10,31            | 0,65     | 187,2 | nepřípustné v praxi |

X. Porovnání vlivu frekvence vstupní veličiny na hodnoty výstupní funkce (převodový stupeň 3, rychlost traktoru  $v = 2,75 \text{ m s}^{-1}$  necitlivost hmatáče  $\delta = 2 \text{ cm}$ )

| Zpětná<br>vazba<br>(%) | Vstupní funkce                             |                                     |                   | Výstupní hodnoty |       |                                       |                  |          |       | Poznámka            |
|------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|-------|---------------------------------------|------------------|----------|-------|---------------------|
|                        | amplituda<br>$2,5 \delta \sqrt{2}$<br>(cm) | frekvence $f$<br>(s <sup>-1</sup> ) | délka vlny<br>(m) | fázové posunutí  |       | maximální<br>hodnota v %<br>amplitudy | maximální rozdíl |          |       |                     |
|                        |                                            |                                     |                   | (m)              | (°)   |                                       | hodnota<br>(cm)  | posunutí |       |                     |
|                        |                                            |                                     |                   |                  |       |                                       |                  | (m)      | (°)   |                     |
| 30                     | 7,1                                        | 0,137                               | 20                | 0,86             | 15,5  | 127,0                                 | 2,44             | 3,32     | 59,7  |                     |
|                        |                                            | 0,275                               | 10                | 0,34             | 12,2  | 131,5                                 | 3,07             | 2,53     | 91,0  |                     |
|                        |                                            | 0,55                                | 5                 | 1,07             | 77,0  |                                       |                  |          |       | nepřípustné v praxi |
|                        |                                            | 1,10                                | 2,5               | 1,21             | 174,2 | 104,5                                 | 14,58            | 1,26     | 181,2 | nepřípustné v praxi |
| 45                     | 7,1                                        | 0,137                               | 20                | 1,3              | 23,4  | 118,4                                 | 2,82             | 4,41     | 79,4  |                     |
|                        |                                            | 0,275                               | 10                | 1,03             | 37,1  | 110,1                                 | 3,65             | 2,81     | 101,5 |                     |
|                        |                                            | 0,55                                | 5                 | 0,88             | 63,4  | 118,0                                 | 8,37             | 1,6      | 115,0 |                     |
|                        |                                            | 1,1                                 | 2,5               | 1,09             | 157,0 | 88,0                                  | 7,05             | 1,21     | 175,0 | nepřípustné v praxi |
| 60                     | 7,1                                        | 0,137                               | 20                | 1,36             | 24,5  | 119,6                                 | 3,09             | 6,55     | 118,0 |                     |
|                        |                                            | 0,275                               | 10                | 1,1              | 39,6  | 106,5                                 | 4,45             | 3,25     | 116,8 |                     |
|                        |                                            | 0,55                                | 5                 | 0,91             | 65,5  | 92,5                                  | 6,82             | 1,69     | 121,8 |                     |
|                        |                                            | 1,10                                | 2,5               | 0,89             | 129,3 | 73,2                                  | 11,99            | 1,17     | 168,5 | nepřípustné v praxi |

Frekvence vstupního signálu závisí pak na délce vlny zvolené sinusovky a na použité pojezdové rychlosti traktoru. Hodnoty frekvencí jsou pro vyšetřované případy uvedeny v tabulce VI.

Teoreticky byly dále prověřovány případy jízdy traktoru při zvýšené frekvenci vstupního signálu na dvojnásobek až šestnásobek hodnot, uvedených v tabulce. Zvýšení frekvence pak odpovídá zkrácení délky sinusovky na 10 až 1,25 m. Účelem těchto zkoušek bylo především zjistit, při jakých frekvencích vstupního signálu je automatika schopna při různém seřízení (zejména zpětné vazby) uspokojivě pracovat.

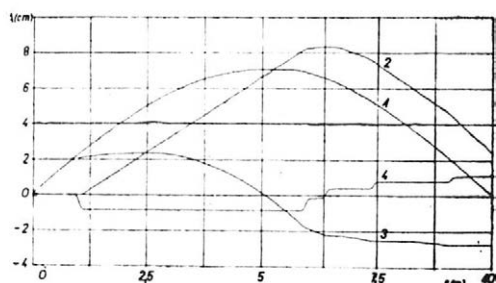
Charakteristický průběh výstupních hodnot v závislosti na sinusovém průběhu vstupních veličin byl již uveden na obrázcích 8—10. V tabulkách VII—X jsou uvedeny hlavní výsledky rozborů grafických záznamů analogového počítače. Tabulky uvádějí jak základní hodnoty vstupní funkce, tj. frekvenci, amplitudu a délku vlny sinusovky, tak i důležité hodnoty výstupu, jako fázové posunutí výstupu proti vrcholu sinusovky, amplitudu výstupu v procentech amplitudy vstupu, maximální rozdíl mezi hodnotami vstupních a výstupních veličin a jeho polohu. V poznámkách těchto tabulek je uvedeno, kdy dochází k nepřipustně velké amplitudě výstupu, popř. k jeho nepřipustnému fázovému posunutí.

Příklady v tabulkách jsou brány pro necitlivost hmatače 2 cm. Poněvadž diagramy jsou uváděny v ortogonálních souřadnicích, jsou křivky rozdílů vstupní a výstupní funkce rovněž v těchto souřadnicích, přičemž vzdálenosti jsou téměř vždy jiné, v oblasti maximálních rozdílů přibližně poloviční. Tím je možno za kritérium uspokojivé kvality práce při necitlivosti 2 cm přijmout maximální rozdíly vstupních a výstupních veličin 5 cm.

XI. Porovnání vlivu amplitudy a frekvence vstupní veličiny na hodnoty výstupní funkce (převodový stupeň 1, rychlost traktoru  $v = 1,33 \text{ m s}^{-1}$ , zpětná vazba  $\Phi = 45^\circ$ , necitlivost hmatače  $\delta = 2 \text{ cm}$ )

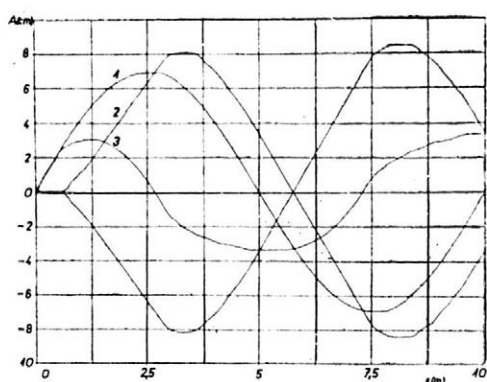
| Vstupní funkce    |                                 |                                     | Výstupní funkce                        |      |                                          |                  |          |       |
|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|------|------------------------------------------|------------------|----------|-------|
| amplituda<br>(cm) | frekvence<br>(s <sup>-1</sup> ) | délka<br>vlny<br>(s <sup>-1</sup> ) | fázové posu-<br>nutí max.<br>amplitudy |      | maximální<br>hodnota<br>v %<br>amplitudy | maximální rozdíl |          |       |
|                   |                                 |                                     | (m)                                    | (°)  |                                          | hodnota<br>(cm)  | posunutí |       |
|                   |                                 |                                     |                                        |      |                                          |                  | (m)      | (°)   |
| 2,8               | 0,066                           | 20                                  | 2,26                                   | 40,7 | 157                                      | 1,8              | 2,26     | 50,8  |
|                   | 0,133                           | 10                                  | 1,75                                   | 63,0 | 146                                      | 2,3              | 3,48     | 125,2 |
|                   | 0,266                           | 5                                   | 1,30                                   | 93,6 | 118                                      | 2,1              | 2,02     | 291,0 |
| 7,1               | 0,066                           | 20                                  | 1,07                                   | 19,2 | 130                                      | 3,5              | 2,94     | 52,8  |
|                   | 0,133                           | 10                                  | 0,72                                   | 25,9 | 124                                      | 4,7              | 2,88     | 103,5 |
|                   | 0,266                           | 5                                   | 0,62                                   | 44,6 | 113,5                                    | 12,7             | 1,52     | 218,0 |

Podle tohoto kritéria je možno hodnotit schopnost automatiky reagovat na frekvenci vstupní veličiny, a to v závislosti na seřízení zpětné vazby. Z tabulek VII—X je patrné, že při zařazení 4 R převodového stupně (rychlost 3,6 km h<sup>-1</sup>) pracuje traktor za všech podmínek spolehlivě do frekvence 0,2 s<sup>-1</sup> (délka vlny 5 m), zatímco při rychlostech 7,1 a 9,9 km h<sup>-1</sup> (2. a 3. převodový stupeň) do frekvence 0,3 s<sup>-1</sup> (délka vlny 10 m). Mezní hodnoty vstupní frekvence pro maximální rozdíl 5 cm a různé hodnoty  $\Phi$  zpětné vazby v závislosti na pracovní rychlosti jsou rovněž patrné z tabulek.

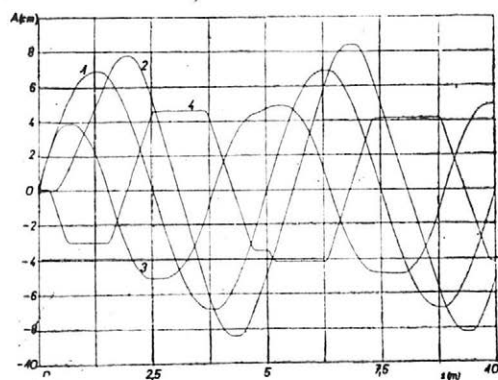


12. Průběh výstupní funkce v závislosti na sinusovém vstupu (rychlost traktoru  $v = 1,97 \text{ m s}^{-1}$ , zpětná vazba  $\Phi = 45^\circ$ )

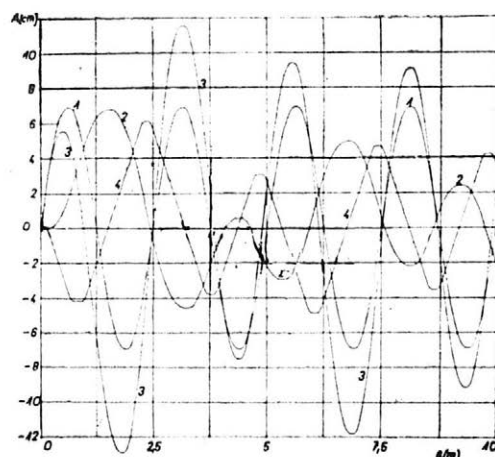
a) Frekvence vstupní funkce  $f = 0,1 \text{ s}^{-1}$



12b) Frekvence vstupní funkce  $f = 0,2 \text{ s}^{-1}$



12c) Frekvence vstupní funkce  $f = 0,4 \text{ s}^{-1}$



12d) Frekvence vstupní funkce  $f = 0,8 \text{ s}^{-1}$

Z tabulky XI je pak patrný vliv zvyšování amplitudy pro první převodový stupeň traktoru (rychlost 1,33 m s<sup>-1</sup>) při necitlivosti hmatáče  $\delta = 2 \text{ cm}$  a nastavení zpětné vazby  $\Phi = 45^\circ$  na parametry výstupní funkce.

Ve všech zmíněných tabulkách je také uvedeno fázové zpoždění výstupní funkce proti vstupnímu signálu. Je zřejmé, že zařízení pracuje spolehlivě v případě, kdy fázové zpoždění nepřesahuje hodnotu zhruba  $40^\circ$ . Toto fázové zpoždění je možno eliminitovat předsunutím hmatáče. V laboratorních podmínkách je možno dosáhnout velmi uspokojivých výsledků, zatímco v provozních podmínkách bude

k určitému fázovému zpoždění docházet téměř vždy, zejména pro nedodržení pracovní rychlosti traktoru (změna otáček motoru i odlišného převodového stupně), pro kterou bylo předsunutí hmatače nastaveno.

Obrázky 12a až 12d názorně dokreslují závěry a hodnocení v této oblasti; vztahují se k jízdě traktoru rychlostí  $v = 1,97 \text{ m s}^{-1}$  při seřízení zpětné vazby na hodnoty  $\Phi = 45^\circ$  a necitlivost  $\delta = \pm 2 \text{ cm}$ . V diagramech jsou označovány: 1 — vstupní signál, 2 — výstupní hodnoty, 3 — rozdíl mezi vstupem a výstupem, 4 — rychlost blížení výstupní hodnoty k zadané trajektorii.

## Z A V Ě R

Byla prokázána možnost popsat nespojitou regulaci při automatickém vedení traktoru podle zadané trajektorie nelineární diferenciální rovnicí druhého řádu a ověřit tak průběh a jakost regulace pro různé parametry a podmínky jak laboratorními zkouškami na funkčním modelu, tak i matematickými metodami na analogovém počítači.

Laboratorní zkoušky prokázaly dobrou shodu výsledků s výsledky získanými na analogovém počítači a potvrdily oprávněnost teoretického řešení na analogovém počítači zejména se zřetelem na vyhledávání nejvhodnějších parametrů jednotlivých členů automatiky.

Zkouškami bylo především prokázáno, že pokles dodávky oleje do servomotorů o 5–10 % proti jmenovitému množství prakticky neovlivňuje činnost zařízení. Z ostatních parametrů konstrukce má na přesnost sledování zadané trajektorie vliv především seřízení zpětnovazebního členu a nastavení necitlivosti hmatače. Neuvažujeme-li dopravní zpoždění třípolohového šoupátka, pracuje zařízení při nulové necitlivosti hmatače teoreticky jako při použití spojitě regulace.

Bylo dokázáno, že pro zemědělské účely a požadovanou přesnost sledování zadané trajektorie vyhovují i soustavy s nespojitě pracující regulací.

Za současného stavu je systém automatického vedení traktoru řešitelný poměrně jednoduchými prostředky, přičemž spolehlivost celého systému závisí na přesnosti a spolehlivosti, s jakou hmatač kopíruje zadanou trajektorii.

Došlo dne 8. 2. 1966

## L i t e r a t u r a

1. Borský, V. - Matyáš J.: Technika použití elektronických analogových počítačů. SNTL, Praha 1963. — 2. Kotek, Z. - Kubík, S.: Nelineární obvody. SNTL, Praha 1962. — 3. Liljedahl, L. A. - Strait, J.: Automatic Tractor Steering. Agricultural Engineering, 1962, June, str. 332-349. — 4. Pick, E. a kol.: Výzkum požadavků na automatizaci stabilních a mobilních procesů v zemědělské výrobě. Zpráva VÚZT Z-589, 1965. — 5. Pick, E. - Kosek, J.: Teorie automatického řízení traktoru podle zadané trajektorie. Zemědělská technika, 1966, č. 5. — 6. Santrůček, B.: Automatické řízení mobilních zemědělských strojů. Zpráva VÚZS č. 19-010.04, 1964. — 7. Elektronické analogové počítačové stroje a jejich užití při řešení technických problémů. Sborník Tesla Pardubice 1960. — 8. Polarizovaná relé typu HL 100. Katalog Tesla.

## К вопросу автоматического управления колесными тракторами

Была доказана возможность описания дискретной регуляции при автоматическом управлении трактором по заданной траектории нелинейным дифференциальным уравнением второго порядка. Таким образом можно проверить ход и качество регуляции для разных пара-



метров и условий как путем лабораторных испытаний на действующей модели, так и математическими методами на аналоговой вычислительной машине.

Проведенные лабораторные испытания доказали хорошую согласованность результатов с результатами, полученными на аналоговой вычислительной машине, и подтвердили обоснованность решения на аналоговой вычислительной машине для изыскания наиболее подходящих параметров отдельных звеньев автоматики.

При помощи испытаний было прежде всего доказано, что понижение подачи масла в серводвигатели на 5—10 % по сравнению с номинальным количеством практически не влияет на работу установки. Из остальных параметров конструкции на точность слежения заданной траектории прежде всего оказывают влияние устройство звена обратной связи и регулирование зоны нечувствительности копирующего механизма. Если не принимать в расчет задержку 3-ходового распределителя, установка работает при нулевой нечувствительности копирующего устройства теоретически так же, как при применении связной регуляции.

Было доказано, что для сельскохозяйственных целей и требуемой точности слежения заданной траектории удовлетворительны и системы с дискретно действующей регуляцией.

При современных условиях система автоматического управления трактором решима сравнительно простыми средствами, причем надежность всей системы зависит от точности и надежности, с какими копирующий механизм копирует заданную траекторию.

### Comments on the Automatic Steering of the Wheel Tractors

It has been proved possible to describe a discontinuous steering in the automatic guiding of a tractor on preselected trajectories by means of a nonlinear differential equation of the second order and thus to check the course and quality of the steering for different parameters and conditions by means of both the laboratory tests of a prototype equipment and of the mathematical processing with an analogue computer.

The results obtained in the laboratory tests are sufficiently consistent with the results obtained by means of the analogue computer and confirm the suitability of the processing with an analogue computer, i. e. the selection of the most suitable parameters of different elements in the automatic mechanism.

The results obtained in the tests have proved, above all, that the drop of the oil supply into the servomotors by 5—10 % as compared with the nominal quantity has practically not affected the operation of the equipment. From the other parameters of the design, the exactness in tracing the preselected trajectory is primarily affected by the feedback member and by the setting of the non-sensitivity of the tracer. If the distance-velocity lag of the three-position slide valve is not considered, the system operates with the zero non-sensitivity theoretically in the same way as with the continuous steering.

It has been proved that even the systems with a discontinuous steering are satisfying for the agricultural practice and for the required exactness in tracing the preselected trajectory.

In present conditions, the system of the automatic steering of the tractors can be designed with relatively simple means, in which the reliability of the whole system depends on the exactness and the reliability with which the preselected trajectory is traced.

### Zur Frage der automatischen Radschlepperlenkung

Es wurde die Möglichkeit nachgewiesen, eine unstetige Regelung bei der automatischen Schlepperführung entsprechend der gegebenen Trajektorie durch eine nichtlineare Differentialgleichung zweiter Ordnung zu beschreiben und so den Verlauf sowie Qualität der Regelung für verschiedene Parameter und Bedingungen sowohl durch Laborprüfungen an einem Funktionsmodell als auch mittels mathematischer Verfahren an einem Analogrechner zu überprüfen.

Die vorgenommenen Laborprüfungen ergaben eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse mit den an einem Analogrechner erzielten Ergebnissen und bestätigten so die Rechtfertigung der Lösung am Analogrechner, bzw. das Aufsuchen von den geeignetsten Parametern der Einzelglieder der Automatik.

Die Prüfungen haben vor allem erwiesen, daß durch den Rückgang der Ölzuführung in Servomotoren, um 5—10 % gegenüber der Nennmenge, die Tätigkeit der

Anlage praktisch keinesfalls beeinflusst wird. Unter den übrigen Konstruktionsparametern wird die Genauigkeit der Verfolgung der gegebenen Trajektorie vor allem durch die Einrichtung des Rückkopplungsliedes und durch die Einstellung der Tasterunempfindlichkeit beeinflusst. Wird die Transportverzögerung des Dreiwegeschiebers nicht betrachtet, so arbeitet die Einrichtung bei der Nullunempfindlichkeit des Tasters theoretisch wie bei der Benützung der stetigen Regelung.

Es wurde nachgewiesen, daß für die Zwecke der Landwirtschaft sowie für die erwünschte Genauigkeit der Verfolgung einer gegebenen Trajektorie auch Systeme mit unstetig arbeitender Regelung entsprechend sind.

In der gegenwärtigen Lage ist das System der automatischen Schlepperführung durch ziemlich einfache Mittel lösbar, wobei die Zuverlässigkeit des ganzen Systemes von der Genauigkeit und Zuverlässigkeit, mit der die Tastvorrichtung die gegebene Trajektorie kopiert, abhängig ist.

---

*Adresa autorů:*

Ing. Jaroslav Kosek, CSc., ing. Evžen Pick, CSc., ing. Alois Vávra, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Řepy u Prahy

---

Pohyblivost motorových vozidel mimo komunikace — v terénu a na polních cestách — je předmětem zájmu širokého kruhu odborníků z oboru zemědělských a terénních vozidel. Z úzce odborného hlediska se práce těchto dvou oborových skupin vzájemně prolínají. Přístup k řešení základních otázek průchodivosti je totožný. Vychází se ze stejných zákonů mechaniky zemin i mechaniky motorových vozidel, závěry jsou pro konstrukci často totožné nebo alespoň obdobné.

Nejlépe to dokumentuje vývoj a současný stav konstrukce pneumatik. Pneumatika zabezpečuje styk vozidla s povrchem vozovky nebo terénu a přenáší všechny tíhové, hnací i vodící síly. I když dobrá pohyblivost vozidel mimo komunikace závisí na velkém množství parametrů (adhezní tíha, obrysové rozměry, výkon, převody atd.), věnují v současné době konstruktéři velkou pozornost pneumatikám. U zemědělských vozidel i terénních automobilů se už několik let setkáváme s novými typy pneumatik, které se proti klasickým terénním pneumatikám vyznačují lepšími adhezními a flotačními vlastnostmi. Jsou to podhušťovací pneumatiky klasických rozměrů, širokoprofilové pneumatiky, obloukové pneumatiky, válcové pneumatiky a u některých zemních strojů a tahačů tzv. obří pneumatiky. Základní charakteristika těchto typů pneumatik byla již autorem uvedena (8).

## 1. PROČ NOVÉ TYPY TERÉNNÍCH PNEUMATIK

Na vozidla působí za pohybu soustava vnějších sil — odpory, které jsou v rovnováze s hnací silou. V obecném případě pohybu vyjadřujeme tuto rovnováhu rovnicí:

$$P_k = P_f + P_w + P_\alpha + P_j + P_H \quad (1)$$

kde:  $P_k$  = hnací síla na kolech  
 $P_f$  = valivý odpor  
 $P_w$  = odpor vzduchu  
 $P_\alpha$  = odpor stoupání  
 $P_j$  = setrvační odpor  
 $P_H$  = odpor na háku (síla na závěsném zařízení)

Pro naši potřebu budeme uvažovat pomalou rovnoměrnou rychlost na rovině, takže rovnovážná rovnice dostane tento jednoduchý tvar:

$$P_k = P_f + P_H \quad (2)$$

Hnací síla  $P_k$  je v terénu dána (za předpokladu dostatečného  $M_k$ ) hlavně poměry ve stopě, které charakterizuje tzv. adheze. Síla na háku  $P_H$  představuje zálohu síly na kole vozidla při překonávání určitého odporu  $P_f$

$$P_H = P_k - P_f = P_{ad} - P_f \quad (2a)$$

Vozidlo je na hranici průchodivosti, jestliže  $P_{ad} - P_f = > 0$ . Zabezpečení vysoké průchodivosti tedy předpokládá dosažení vysokých hodnot adheze a nízký valivý odpor.

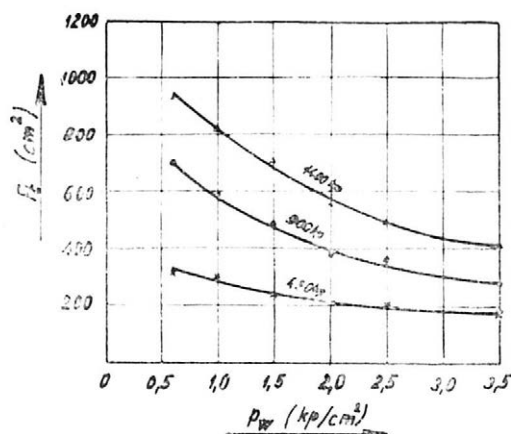
Jestliže se kolo valí v terénu, jsou výstupky zatlačovány do povrchu půdy a na adhezi se podílí koheze zeminy a tření. Na kohezivní půdě je smyková síla přímo úměrná smykové ploše. Čím větší je smyková plocha, tím vyšší se dosahuje adheze. Valivý odpor je závislý především na hloubce koleje. Hloubka zaboření je zase v přímé závislosti na měrném tlaku ve stopě. Při dané tíze vozidla se měrný tlak může snížit větší styčnou plochou.

Z uvedeného je vidět, že z hlediska valivého odporu i adheze je zapotřebí dosahovat co největší styčné (a tím i smykové) plochy. Nové typy terénních pneumatik se vyznačují především tím, že v terénu zabezpečují větší styčnou i smykovou plochu než pneumatiky standardní. Tím vozidlům zabezpečují lepší adhezní a flotační vlastnosti. V tomto směru má značně příznivý vliv i větší pružnost boků nových typů obroucí, kterou se (až na obloukové pneumatiky) vyznačují. Podrobný rozbor terénních kolových vozidel celého světa ukazuje, že nejširšího uplatnění dosáhly pneumatiky podhušťovací, a to jak klasických rozměrů, tak i širokoprofilové. V předkládaném pojednání se budeme zabývat vlastnostmi tohoto typu pneumatik.

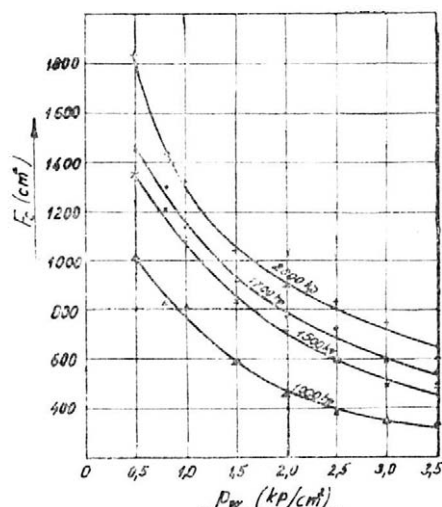
## 2. ROZBOR ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ PODHUŠŤOVACÍCH PNEUMATIK

Z uvedeného je zřejmé, že u podhušťovacích pneumatik se všechny základní vlastnosti (otázky) řeší v závislosti na změně huštění.

Podhuštěním speciálně konstruovaných pneumatik vzniká jejich deformace, zvětšuje se styčná plocha a rovněž tak i radiální a tangenciální pružnost pneumatiky. V současné



1. Závislost plochy stopy na tvrdé podložce na huštění u pneumatiky 10,50—16 TO



2. Závislost plochy stopy na tvrdé podložce na huštění u pneumatiky 13,00—18 TO

## I. Zvětšení styčné plochy při plném podhuštění (‰)

| Pneumatika                            | 10,50–16<br>TO | 12,00–18<br>TO | 12,00–18<br>H 111 | 13,00–18<br>TO | 13,00–18<br>H 112 |
|---------------------------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Zatížení (kp)                         | 1400           | 2000           | 2000              | 2000           | 2000              |
| $F_c$ při $P_w = 3,5 \text{ kp/cm}^2$ | 400            | 670            | 700               | 650            | 740               |
| $F_c$ při $P_w = 0,5 \text{ kp/cm}^2$ | 980            | 1000           | 1740              | 1840           | 1820              |
| Přírůstek $F_c$ (‰)                   | 145            | 48,5           | 149               | 183            | 146               |

době je už ustáleno minimální huštění v těchto pneumatikách 0,5 až 0,7  $\text{kp/cm}^2$ . Rovněž při výzkumných autorových pracích s pneumatikami tohoto typu o rozměrech 10,50–16, 12,00–18 a 13,00–18 (celkem 7 různých konstrukcí) se huštění měnilo v rozmezí 0,5–3,5  $\text{kp/cm}^2$ . Všimněme si alespoň některých základních parametrů.

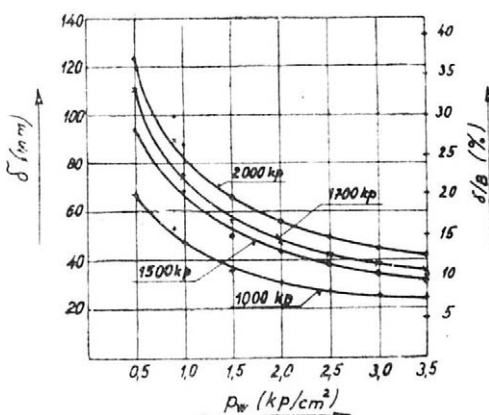
Z hlediska pohybu kola na máloúnosném terénu nás zajímá především styčná plocha  $F_c$ . Ze získaných závislostí, uvedených na obrázcích 1 a 2, je vidět, že podhuštěním dochází u všech pneumatik k výraznému vzrůstu styčné plochy. I když progresivní charakter křivek je patrný i při malém podhuštění, k zvláště výraznému vzrůstu plochy dochází (obr. 2) při podhuštění pod 1,5  $\text{kp/cm}^2$ . V tabulce I je uvedeno procentuální zvětšení styčné plochy při plném podhuštění, uvažujeme-li velikost styčné plochy při základním huštění 3,5  $\text{kp/cm}^2$  jako základ, tj. 100 ‰.

Z tabulky je zřejmé, že podhuštěním dochází k výraznému zvýšení styčné plochy, a tedy i smykové plochy pneumatik. Pokud se projevují rozdíly v přírůstcích, jsou dány rozdílnou konstrukcí jednotlivých pneumatik. Podrobnější rozbor, který není možno zde uvádět, ukázal, že charakter změny styčné plochy výstupků dezénu je zcela obdobný jako u  $F_c$ .

K této změně  $F_c$  dochází vlivem radiální deformace pneumatik, která je při silném podhuštění značná. Charakter průběhu radiální deformace (obr. 3) je obdobný průběhu styčné plochy. Vcelku lze získané závislosti radiální deformace hodnotit kladně. V oblasti maximálního huštění je deformace nízká, s větším podhuštěním progresivně stoupá. Za pohybu vozidla na pevných vozovkách máme zájem, aby deformace byla nízká (odpovídá malý valivý odpor); za pohybu v maloúnosném terénu při podhuštění je pro dosažení většího přírůstu stykové plochy naopak nutná progresivní radiální deformace.

Jak již bylo uvedeno, je mezi  $F_c$  a měrným tlakem  $p_c$  nepřímá závislost. To znamená, že s podhušťováním a růstem  $F_c$  měrný tlak klesá. Charakter některých získaných závislostí  $p_c = f(p_w)$  znázorňují obrázky 4 a 5. Z obrázků je patrné, že v rozsahu huštění, kterého se v praxi používá, možno vyjádřit závislost  $p_c = f(p_w)$  rovnicí:

$$p_c = k \cdot p_w + p_o \quad (3)$$



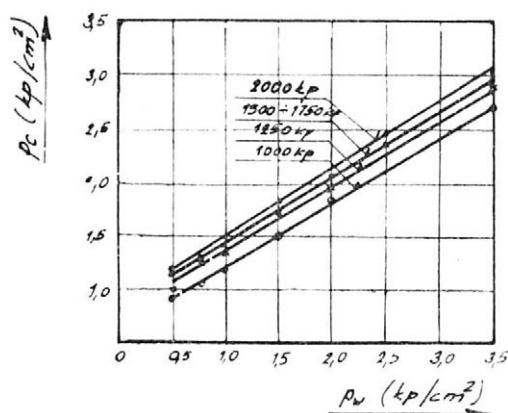
3. Závislost radiální deformace pneumatiky 13,00–18 TO na huštění a zatížení (B – šířka pláště při plném huštění)

Hodnoty  $k$  a  $p_o$  možno charakterizovat jako konstrukční parametry pneumatik. Široký statistický rozbor jejich hodnot umožnil stanovit jejich rozpětí takto:

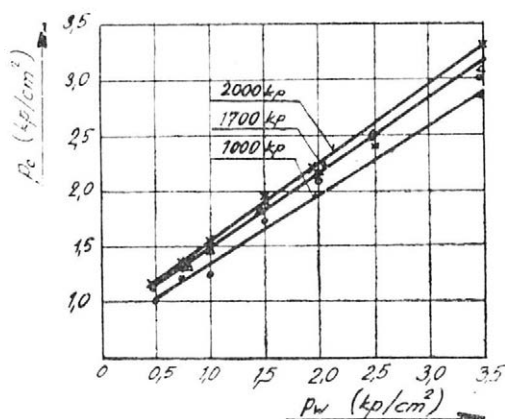
$$p_o = 0,75-1,10$$

$$k = 0,45-0,75$$

Je zřejmo, že mají-li dvě pneumatiky při maximálním huštění stejný měrný tlak, bude vozidlu poskytovat lepší průchodivost pneumatika s větší hodnotou  $k$  a tím menší  $p_o$ . Z tohoto hlediska se také z porovnávaných pneumatik jeví jako nejlepší 12,00—18 и 111 a 13.00—18 TO.



4. Závislost měrného tlaku na huštění u pneumatiky sovětské konstrukce И 111 rozměrů 12,00—18



5. Závislost měrného tlaku na huštění u pneumatiky 13,00—18 TO

Z diagramu na obrázcích 4 a 5 je patrné, že podhuštěním se u těchto pneumatik dosahuje minimálních hodnot měrného tlaku ca 1,0 kp/cm<sup>2</sup>. V porovnání s měrnými tlaky terénních vozidel se standardními pneumatikami, které se pohybují v rozmezí 2,5 až 3,5 kp/cm<sup>2</sup>, je tato hodnota velmi příznivá. Podrobný statistický rozbor ukazuje, že plným podhuštěním klesá měrný tlak ca na 40 % měrného tlaku při plném huštění. Nutno uvést, že v konstrukci těchto speciálních pneumatik je dostatek rezervy, jejímž odhalením a využitím lze dosáhnout ještě výraznějšího poklesu měrného tlaku. Podrobný rozbor profilu průřezu, tvaru vzorku a dalších konstrukčních prvků ukazuje jako reálné dosažení měrných tlaků 0,6—0,7 kp/cm<sup>2</sup>.

### 3. NĚKTERÉ OTÁZKY VALENÍ PODHUŠTĚNÉ PNEUMATIKY V TERÉNU

Otázky rozebírané v předchozí stati slouží jako jeden ze základů k objasnění jevů a závislostí, které vznikají při valení podhuštěné pneumatiky v terénu. Vzhledem k tomu, že problém valení silně podhuštěné, tj. radiálně i tangenciálně velmi pružné pneumatiky je poměrně nový, je třeba řešit celou řadu teoretických i praktických otázek. Jde především o objasnění, jak se změnou huštění, tedy i měrného tlaku, se mění hloubka koleje a tím i valivý odpor, adheze, skluzová účinnost a podíl deformace terénu a pneumatiky na valivém odporu. Dále jsou to otázky životnosti těchto pneumatik, otázky kdy podhušťovat, otázky konstrukce jednoduchého zařízení, které umožní rychlé změny v huštění, atd.



Objasnění některých těchto otázek, jakož i získání podkladů pro vytyčení zásad konstrukce podhušťovacích pneumatik i pro praktický provoz, vyžadovalo rozsáhlý výzkum uvedených sedmi typů obručí. K vlastním výzkumným pracím bylo třeba stavby speciálních zařízení nebo úpravy toho zařízení, které je již v dlouhodobém používání.

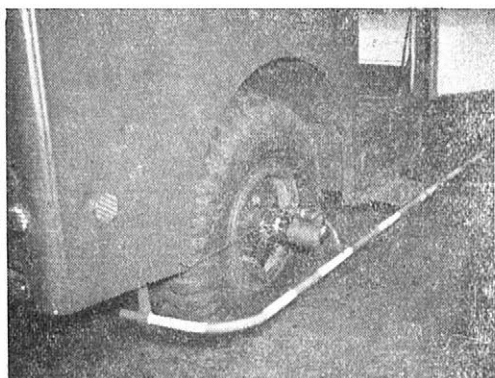
### 3.1 POPIS POUŽITÉHO ZKUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ

K objasnění některých základních konstrukčních vlivů podhušťovacích pneumatik (tloušťka boků, tvar vzorků) na jejich flotační a adhezní vlastnosti bylo použito pneumatik 10,50—16. Zkušební výsledky pneumatik většího rozměru sloužily jako porovnávací a pro zhodnocení některých vlivů různých metodik práce přímo v terénu.

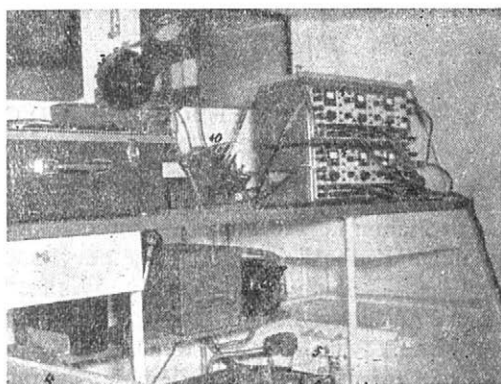
Výzkum pneumatik 10,50—16 se konal pomocí speciálně postaveného vozidla T 805. Vozidlo je vybaveno zařízením pro ústřední huštění pneumatik (konstrukce n. p. Tatra). Hlava každého kola je upravena tak, že krouticí moment je přenášen od kolové redukce na ráfek přes tenzometrické rameno. Přenosem  $M_k$  je rameno namáháno na ohyb, který je tenzometricky měřen. Toto řešení umožňuje snímání  $M_k$  ze všech kol výzkumného vozidla přímo za pohybu. Vlastní elektronická aparatura se skládá ze stříbřitouhlíkových kroužkových snímačů KSII, dynamických tranzistorových můstků TDA-3, oscilografu MPO-2 a z celé řady dalších základních i kontrolních přístrojů a zařízení. Pohled na upravený náboj kola, tenzometrické rameno a kroužkový snímač je na obrázku 6, umístění přístrojů ve vozidle na obrázku 7. Obrázek 8 ukazuje názorně, že výzkumné vozidlo představuje poměrně složitý komplet přístrojové a kontrolní techniky.

Příprava zkoušek pneumatik na výzkumném vozidle si vyžádala řešení mnoha teoretických otázek, jako např. dynamického zatížení kol za různých podmínek, působení horizontální reakce na bořícím se kole atd. Praktická příprava obsahovala zejména několikaetapňové cejchování a ochranu tenzometrů pro práci v zimních a vlhkých podmínkách.

Pneumatiky rozměrů 12,00—18 a 13,00—18 byly zkoušeny na vozidlech, pro která jsou určeny. Základním zkušebním zařízením, používaným v tomto případě, byl hydraulický dynamometr Amsler. Dynamometr byl upraven tak, že na registrační papír se registrovala nejen síla (valivý odpor, tažná síla na háku), ale i rychlost pohybu a skluz. Adheze se v tomto případě vyjadřovala jako součet valivého odporu a síly na háku.



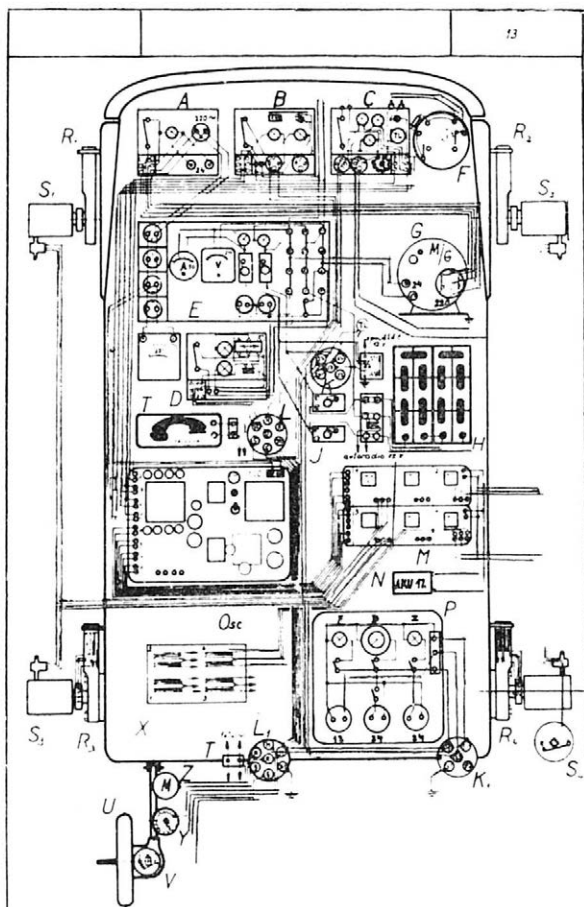
6. Pohled na upravený náboj kola s tenzometrickým ramenem a kroužkovým snímačem



7. Pohled na měřicí aparaturu ve výzkumném vozidle

1 — zesilovací můstky TDA-3, 2 — oscilograf, 3 — časová základna, 4 — skříň akumulátorových baterií, 5 — jističe, 6 — hlavní spínač, 7 — měnič, 8 — telefon, 9 — topné těleso, 10 — kontrolní a spínací panel





8. Schéma rozmístění a zapojení elektrické a elektronické části výzkumného vozidla

A — ovládací skříňka měniče proudu;

B — ovládací skříňka měřiče hloubky zaboření kol;

C — ovládací skříňka kontroly činnosti pátého kola, kola vozidla a ČZ (čas. základna);

D — ovládací skříňka zdviháku pátého kola;

E — rozvodný a kontrolní panel;

F — časová základna;

G — měnič elektrického proudu = 24/220 V;

H — 2 akumulátory 12 V/105 Ah se svorkovnicí;

J — automatický jistič proudu 50 A;

K, K<sub>1</sub> — pětipólová zásuvka;

M — tenzometrické můstky TDA-3;

N — napáječ můstků;

Osc — osmismýčkový oscilograf MPO-2;

P — osvětlovací a napájecí panel temné komory;

R<sub>1</sub> R<sub>2</sub> R<sub>3</sub> R<sub>4</sub> — ramena s nalepenými tenzometry;

S<sub>1</sub> S<sub>2</sub> S<sub>3</sub> — kroužkový snímač;

S<sub>4</sub> — kroužkový snímač s upraveným přerušovačem proudu;

T — palubní telefon;

U — páté kolo;

V — přerušovač proudu;

X — kompenzační tenzometry;

Y — snímač hloubky zaboření kol;

Z — elektrický zdvihák pátého kola;

L, L<sub>1</sub> — sedmipólová zásuvka

### 3.2 ROZBOR NĚKTERÝCH ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ ZÁVISLOSTÍ SOUČINITELE VALIVÉHO ODPORU

$$f_c = \xi(p_w)$$

Snahou konstruktérů terénních vozidel je, aby se kola co nejméně bořila a měla dostatečnou adhezi. Silné boření je nevýhodou nejen pro vozidlo, ale i pro půdu. Znamená silné narušení povrchové části půdy, přetrhání kořenů kultur a tím nepříznivé agrotechnické důsledky. Boření kola je závislé na vlastnostech půdy, velikosti měrného tlaku ve stopě a na tvaru rozložení tohoto tlaku.

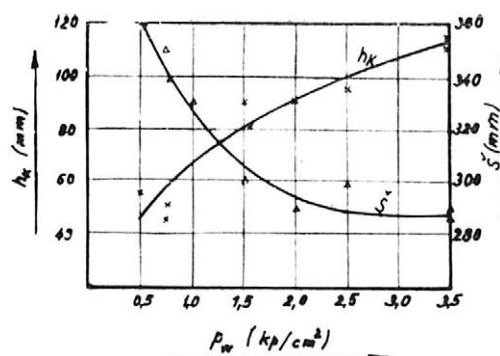
Je známo, že tlak v půdě pod kolem můžeme rovněž vyjádřit známou Bernsteinovou rovnicí [5]:

$$p = q_0 \cdot h^\mu \quad (4)$$

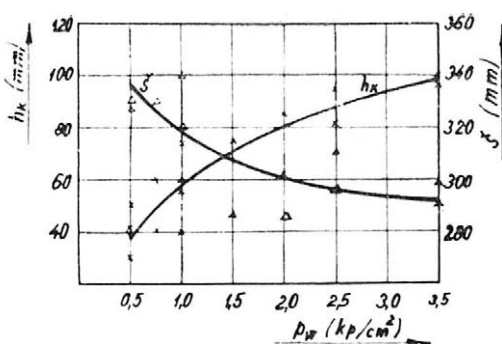
kde:  $q_0$  = součinitel úměrnosti (potřebný tlak k jednotkové deformaci)

$h$  = hloubka zaboření

$\mu$  = součinitel charakterizující změnu odporu půdy proti deformaci se změnou hloubky



9. Závislost hloubky  $h_k$  a šířky  $s$  koleje na huštění u pneumatiky 10,50–16 TO na písku;  $G_k = 1100$  kp; vlhkost  $\lambda = 1,2 \%$



10. Závislost  $h_k$  a  $s$  na huštění standardní terénní pneumatiky 10,50–16 na písku;  $G_k = 1100$  kp;  $\lambda = 2,2 \%$

Práce vynaložená na stlačení půdy pod elementem plochy kola do hloubky  $h_0$  je:

$$L = \int_0^{h_0} p \cdot dh = \int_0^{h_0} q_0 \cdot h^\mu dh = q_0 \frac{h_0^{\mu+1}}{\mu+1} \quad (5)$$

Za předpokladu zjednodušení celého jevu ve stopě bořícího se kola můžeme uvažovat, že půda je stlačována ve svislé rovině. Pak lze připustit, že práce  $L$  na jednotku plochy je rovna odporu valení, proti němuž působí hnací síla v ose kola (5).

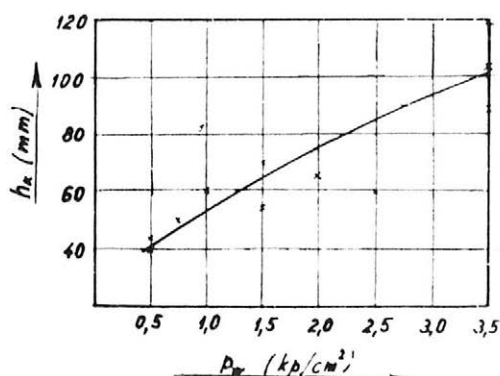
Označíme-li ujetou dráhu  $l$ , šířku koleje  $s$ , pak práce valení je  $P_f l$  a práce na deformaci půdy je  $L \cdot l \cdot s$

$$P_f \cdot l = L \cdot l \cdot s \quad (6)$$

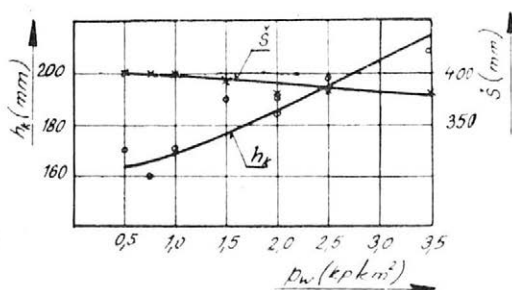
$$P_f = L \cdot s \quad (7)$$

Po dosazení do rovnice (5) dostáváme:

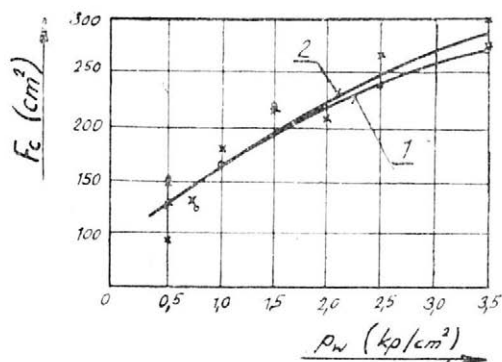
$$P_f = q_0 \cdot s \cdot \frac{h_0^{\mu+1}}{\mu+1} \quad (8)$$



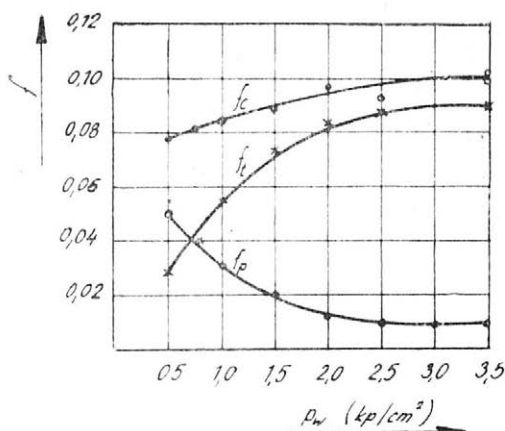
11. Závislost  $h_k$  na huštění u pneumatiky 10,50–16 TO na bahně;  $G_k = 1100$  kp;  $\lambda = 34 \%$ ; únosnost do maximální hloubky koleje do  $20 \text{ kp/cm}^2$  (dále  $\tau_k$ )



12. Závislost  $h_k$  a  $s$  u pneumatiky 13,00–18 TO;  $G_k = 1700$  kp;  $\gamma = 0,41 \text{ g/cm}^3$ , hloubka sněhu 300 mm

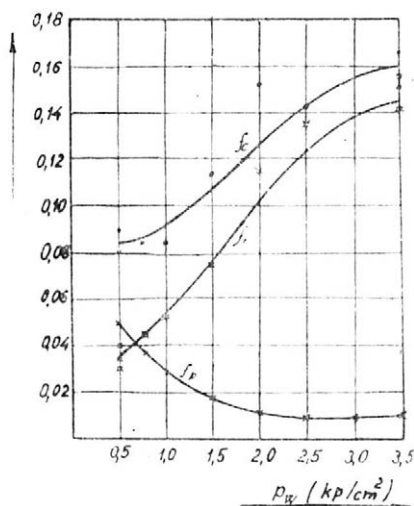


13. Závislost plochy průřezu koleje  $F_t = h_k \times \delta$  na huštění 1 — pneu 10,50–16 TO; 2 — pneu 10,50–16 terénní standardní; písek;  $\lambda = 1,2 \%$ ,  $2,2 \%$

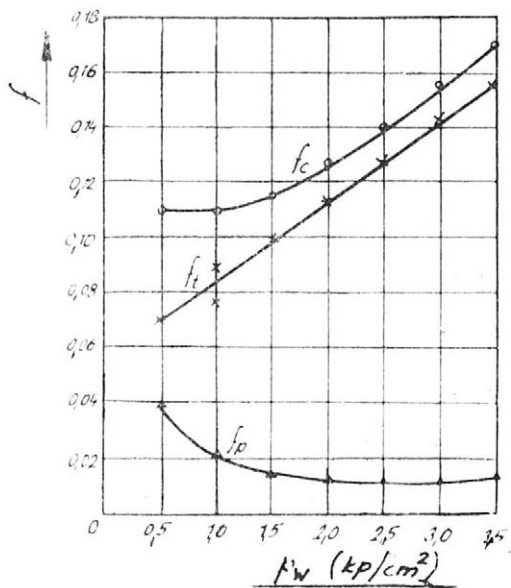


14. Závislost součinitele valivého odporu  $f_c$  a jeho jednotlivých částí na huštění u pneu 10,50–16 TO  $f_t$  — vliv terénu,  $f_p$  — vliv pneu;  $G_k = 1100$  kp;  $\lambda = 34 \%$ ; bahno;  $\tau_k = 20$  kp/cm<sup>2</sup>

Rovnice (8) vyjadřuje valivý odpor jakožto funkci šířky kola  $\delta$ , hloubky zaboření  $h_o$  a určitých vlastností půdy  $\mu$  a  $q_0$ . Vycházíme-li ze skutečnosti, že vlastnosti půdy jsou dané a musíme je brát takové, jaké jsou (to znamená, že na  $\mu$  a  $q_0$  nemáme vliv), zajímá nás především, jak se změnou určitých parametrů se mění hodnoty  $\delta$  a  $h_o$  a jak se projevují na velikosti  $P_f$ .



15. Závislost  $f_c$ ,  $f_t$  a  $f_p$  na huštění u pneu 10,50–16 TO na písku;  $G_k = 1100$  kp;  $\lambda = 1,2 \%$



16. Závislost  $f_c$ ,  $f_t$  a  $f_p$  na huštění u pneu 10,50–16 terénní standardní na písku;  $G_k = 1100$  kp,  $\lambda = 2,2 \%$

Některé závislosti ( $h_k$ ,  $\delta$ ,  $F_t$ ) =  $f(p_w)$  ( $h_k$  = hloubka koleje) získané při našich výzkumech na písku, bahně a sněhu jsou uvedeny na obrázcích 9 až 14. Z nich je patrné, že s podhušťováním pneumatik na všech terénech nastává výrazný pokles hloubky boření. I když šířka stopy přitom roste, je pokles  $h_k$  tak výrazný, že plocha průřezu koleje klesá. Charakter změny sledovaných veličin je ve všech případech stejný, i když v absolutních hodnotách jsou značné, často protichůdné rozdíly. Tak například, srovnáme-li pneu TO a terénní při  $G_k = 1100$  kp na písku, vidíme, že absolutní hodnoty  $G_k$ ,  $\delta$  a  $F_t$  jsou u pneu TO v určitém rozsahu huštění vyšší. Tomu by měl zřejmě odpovídat i vyšší  $P_f$ . Porovnáme-li výsledky získaných závislostí  $f_c = \xi(p_w)$ , vidíme, že tomu tak není. Jak je patrné z obrázků 15 a 16, je za výše uvedených podmínek součinitel valivého odporu u terénních pneu v průměru vyšší než u pneu TO.

Rozdíl v celém průběhu funkce  $f_c = \xi(p_w)$  ve prospěch pneumatik taktických lze vysvětlit změnou podmínek zkoušek i vlivem rozdílu konstrukce pneumatik. Před zkouškami terénních pneumatik pršelo, vlhkost písku stoupla na 2,2 %, čímž kohezivní síly stouply. Tím vzrostla (v porovnání s podmínkami zkoušek TO) síla proti deformaci terénu. Náhorně to vyplývá z průběhu  $f_t = \xi(h_k)$  při zkouškách obou pneumatik (obr. 17).

Ve všech případech valivý odpor se snižováním huštění klesá.

Maximální pokles valivého odporu je u pneu 10,50–16 TO  $G_k = 1100$  kp na písku, a to na 56 % hodnoty při huštění 3,5 kp/cm<sup>2</sup>. Podrobný statistický rozbor výsledků závislosti  $f_c = \xi(p_w)$  na sněhu ukazuje, že plným podhuštěním klesá valivý odpor v průměru o 20 až 30 %. Přihlédneme-li k tomu, že na sněhu je jen velmi malá záloha tažné síly, je toto snížení valivého odporu a tím zvýšení zálohy tažné síly na háku velmi příznivé. Z obrázků 15 a 16 je zároveň patrné, že za určitých tíhových a terénních podmínek valivý odpor při podhuštění pod 0,8–1,0 kp/cm<sup>2</sup> již neklesá, prakticky zůstává konstantní. Tím byl potvrzen důležitý provozní závěr, že jako optimum minimálního huštění z hlediska valivého odporu se jeví ca 0,8 kp/cm<sup>2</sup>.

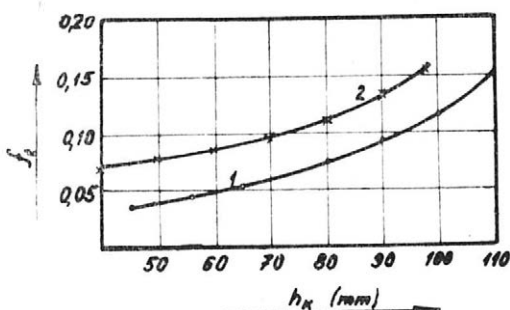
Při valení pneumatiky v máloúnosném terénu se všeobecně uvažuje jen vliv deformace terénu na valivý odpor. Vliv vlastní deformace pneu se zanedbává, protože vzhledem k deformaci terénu je malý. Za valení silně podhuštěné pneumatiky se ovšem poměry výrazně mění, protože její radiální i obvodová deformace je vysoká (jak ukazuje obr. 3, dosahuje až 40 % šířky pláště). Je zřejmé, že za těchto okolností bude podíl pneumatiky na valivém odporu značný. Potvrzují to i výsledky uvedené na obrázcích 14 až 16, v nichž je uvedena závislost dvou hlavních složek valivého odporu na huštění, tj. terénu ( $f_t$ ) a pneumatiky ( $f_p$ ).

Součinitel  $f_t$  vyjadřuje podíl terénu na valivém odporu.

Součinitel  $f_p$  vyjadřuje podíl pneumatiky na valivém odporu.

Součet  $f_t + f_p = f_c$ , tj. rovná se součiniteli valivého odporu, který byl měřen na kolech.

Jednotlivé složky byly vyjádřeny tím způsobem, že jak na jednotlivých terénech, tak i na betonu byly zjištěny závislosti  $f_c = \xi(p_w)$  a deformace  $\delta = \xi(p_w)$ . Protože na betonu dochází prakticky jen k deformaci pneumatiky, je valivý odpor vyvolán pouze touto deformací a pasívními odpory v hnacích orgánech. Pro hodnotu deformace, která



17. Porovnání průběhu funkce  $f_t = \tau(h_k)$  u pneu 10,50–16  
1 – pneu TO, 2 – pneu terénní standardní

odpovídala deformaci v příslušném terénu, se odečetla příslušná hodnota součinitele valivého odporu a vynesla v závislosti na huštění. Křivky  $f_p = \xi(p_w)$  na obrázcích 14 až 16 neodpovídají tedy průběhu  $f_c$  na betonu, ale jsou posunuty do oblasti nižších hodnot valivých odporů, protože i deformace pneumatik v terénu je nižší než při valení na betonu se stejným huštěním a zatížením. Rozdíl  $f_t = f_c - f_p$  představuje podíl terénu na valivém odporu. Poklesem huštění nastává výrazný pokles podílu terénu, což nutno z hlediska pohybu vozidel uvítat, protože je to v přímé souvislosti s poklesem trvalé deformace terénu. Tak se dosahuje poklesu celkového valivého odporu, i když přirozeně hodnota  $f_p$  stoupá; dokonce na písku u pneu TO je při huštění 0,5 kp/cm<sup>2</sup> vyšší než  $f_t$ .

### 3.3 ZÁVISLOST PROKLUZU KOLA NA HUŠTĚNÍ A RYCHLOSTI POHYBU

Prokluz kola závisí na podmínkách, za kterých musí kolo vyvíjet určitou tažnou sílu. I když všechny tyto vlivy nejsou hlouběji prozkoumány, je známo, že s růstem tažné síly prokluz kola roste. To znamená, že když snížením huštění na máloúnosných půdách klesá valivý odpor, jak jsme dokázali, měl by klesat i skluz kol, tedy stoupat účinnost ( $\eta_s = 1 - s$ ).

Výsledky měření, jejichž část je uvedena v obrázcích 18 a 19, to potvrzují, a to jak na různých terénech, tak i u rozdílných konstrukcí pneumatik. Z toho vyplývá důležitý poznatek, že podhušťování speciálních terénních pneumatik přináší značný efekt i z energetického hlediska, z hlediska výkonové účinnosti.

Velikost valivého odporu a skluzu není ovšem dána jen objektivními podmínkami — druhem podkladu a stavem vozidla (v našem případě pneumatikami), ale ovlivňují je i subjektivní činitele, způsob jízdy řidiče. Všechny faktory způsobu jízdy ovlivňující  $f$  a  $s$  nelze analyticky nebo graficky vyjádřit. Proto se v našem výzkumu sledoval především vliv rychlosti, který je důležitý a graficky vyjádřitelný. Jde především o posouzení, jaká rychlost vozidla je v máloúnosném terénu vhodná z hlediska pohybového výkonu, valivého odporu a tomu odpovídajícího skluzu a nebezpečí uvážnutí. Pro pohyb v máloúnosném terénu je obecně známo pravidlo „čím pomaleji, tím jistěji“. Část získaných závislostí  $(s, f_c) = \xi(v)$  je uvedena na obrázcích 20 a 21. Z nich je zřejmé, že za těchto podmínek rychlost do 10 km/h má malý vliv na změnu  $f_c$  i  $s$ . Prakticky při  $v < 8$  km/h je  $f_c$  i  $s$  konstantní. Na bahně je oblast konstantního valivého odporu posunuta směrem dolů, takže k větší změně  $f_c$  dochází již při rychlosti okolo 8 km/h. S poklesem huštění se oblast konstantní rychlosti snižuje.

Zobecníme-li tyto závislosti i poznatky z praktického provozu, můžeme říci, že až do rychlosti 8 km/h zůstává  $f_c$  i  $s$  prakticky konstantní. Při zvyšování rychlosti nad 10 km/h stoupá  $f_c$  i  $s$  podle obecné křivky charakteru paraboly.

### 3.4 ZÁVISLOST SOUČiniteLE ADHEZE $\varphi$ NA HUŠTĚNÍ A SKLUZU

Při teoretických úvahách vycházíme z přímé závislosti mezi adhezí a smykovou pevností zeminy s přihlédnutím k určitým zvláštnostem valení hnacího kola. To umožňuje při teoretickém vyjadřování závislosti adhezí síly vycházet ze známého Coulombova zákona:

$$H = CF_c + Ntg\varphi = CF_c + N\psi \quad (9)$$

kde:  $H$  = smyková síla  
 $C$  = koheze zeminy  
 $F_c$  = smyková plocha cm<sup>2</sup>  
 $N$  = kolmé zatížení  
 $\psi$  = součinitel vnitřního tření

Na základě rozboru stavu valení hnací pneumatiky upravil Bartoš (3) výraz tak, že zahrnuje vliv rozložení zatížení na výstupky i mezery vzorku pláště a vliv tření hřbetu výstupků po půdě.

$$P_{ad} = G_k \omega \psi_o + (1 - \omega) (G_k \psi_v + C F_o) \quad (10)$$

$$\eta = \frac{P_{ad}}{G_k} \text{ (součinitel adheze)}$$

$$\eta = \omega \psi_o + (1 - \omega) \left( \psi_v + \frac{C}{p_c} \right) \quad (11)$$

kde:  $G_k$  = zatížení kola

$\omega$  = plnost vzorku běhounu

$F_o$  = plocha půdy namáhaná smykem ( $F_o = F_c - F_v$ ), kde  $F_v$  je plocha výstupků vzorku

$\psi_o$  = tření mezi hřbetem výstupků vzorků a půdou

$\psi_v$  = vnitřní tření v půdě

$p_c$  = průměrná hodnota měrného tlaku ve stopě pneumatiky

Zanedbáme-li změnu  $\omega$ , k níž podhuštěním dochází (zejména tím, že do záběru přicházejí boční žebra), můžeme rovnici upravit zavedením vztahů pro vyjádření měrného tlaku a smykové plochy, jakožto funkce huštění (3), tj.:

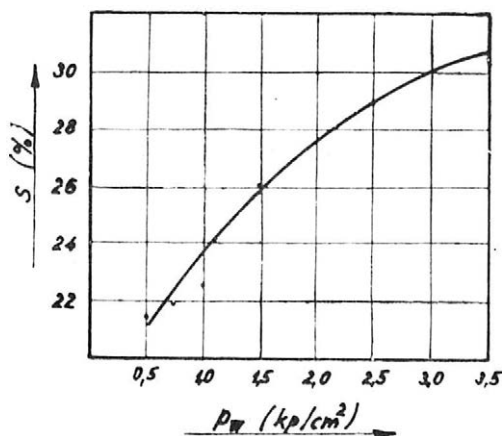
$$p_c = k p_w + p_o \quad (12)$$

Po dosazení do rovnice (10) dostáváme adhezní sílu pro určité  $p_{w_x}$

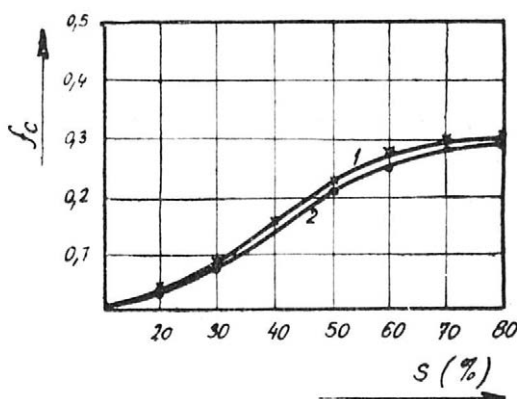
$$P_{ad} = G_k \omega \psi_o + (1 - \omega) \left[ G_k \psi_v + C \frac{G_k}{k p_{w_x} + p_o} \right] \quad (13)$$

a součinitel adheze  $\eta$

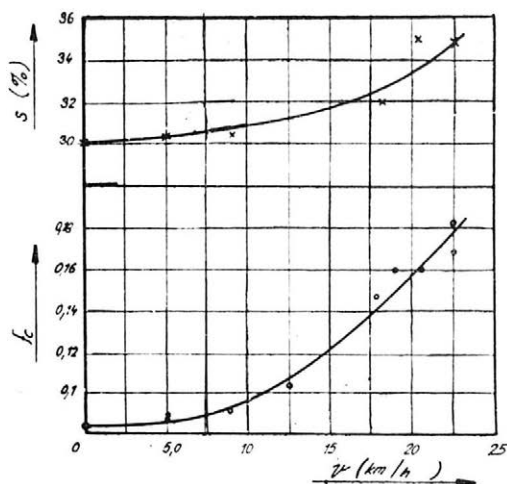
$$\eta = \omega \psi_o + (1 - \omega) \left( \psi_v + \frac{C}{k p_{w_x} + p_o} \right) \quad (14)$$



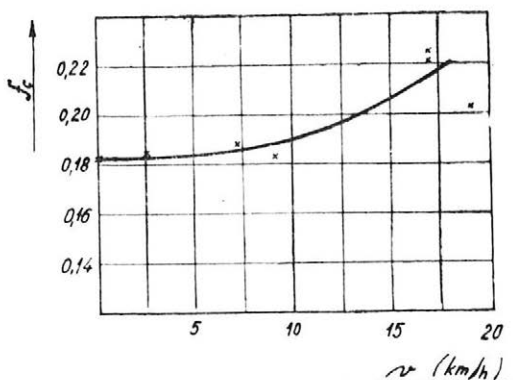
18. Závislost prokluzu na huštění u pneu 10,50–16 TO na bahně, podmínky stejné jako u obr. 14



19. Závislost součinitele valivého odporu  $f_c$  na prokluzu u pneu 10,50–16 na sněhu; hloubka sněhu 400–450 mm;  $\gamma = 0,132$  g/cm³;  $G_k = 1160$  kp; 1 – pneu TO; 2 – pneu terénní standardní



20. Závislost součinitele valivého odporu  $f_c$  a prokluzu  $s$  kol na rychlosti při huštění 3,5 kp/cm<sup>2</sup>. Podmínky stejné jako u obr. 15



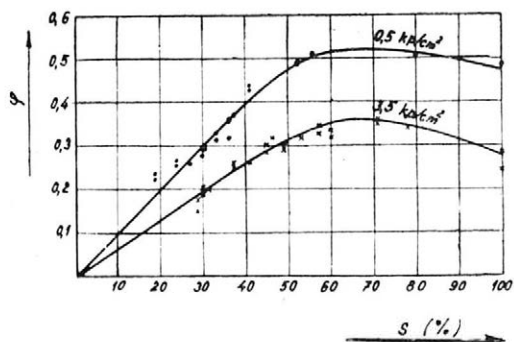
21. Závislost součinitele valivého odporu na rychlosti pohybu vozidla na písku při huštění 3,5 kp/cm<sup>2</sup>. Podmínky stejné jako u obr. 16

Rovnice (14) ukazuje, že podhušťováním pneumatik, kdy  $p_{w_x}$  klesá ( $p_{w_{\min}} \leq p_{w_x} \leq p_{w_{\max}}$ ), stoupá hodnota  $\frac{C}{kp_{w_x} + p_o}$  a tím tedy stoupá i hodnota součinitele adheze  $\varphi$ .

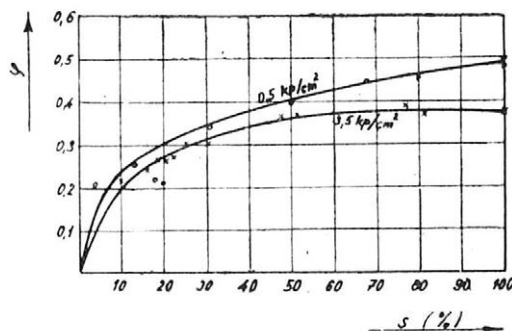
Podívejme se, jak naměřené hodnoty v různých terénech u různých pneumatik odpovídají těmto teoretickým závěrům.

Na obrázcích 22, 23 je uvedena závislost  $\varphi = f(s)$  pro maximální a minimální huštění pneu 10,50–16 a 13,00–18 na sněhu. Z obrazů je zřejmé, že v celé skluzové závislosti je u  $p_{w_{\min}}$  hodnota  $\varphi$  vyšší než u  $p_{w_{\max}}$ . Rozdíl  $\varphi_{p_{w_{\min}}} - \varphi_{p_{w_{\max}}}$  není stejný pro celý skluzový rozsah ani u obou pneumatik. Je zde patrný vliv konstrukce pneumatik, metodiky práce a hlavně stavu sněhu. U pneumatik 13,00–18 byl starý sníh o vysoké měrné váze. Vzhledem k menší výšce sněhu se pneumatika dostávala na tvrdou zamrzlou zem, kde se vliv velikosti  $F_o$  nemohl již projevit.

Porovnáme-li to s průběhem závislosti  $\varphi = f(s)$  u stejných pneumatik na písku (obr.

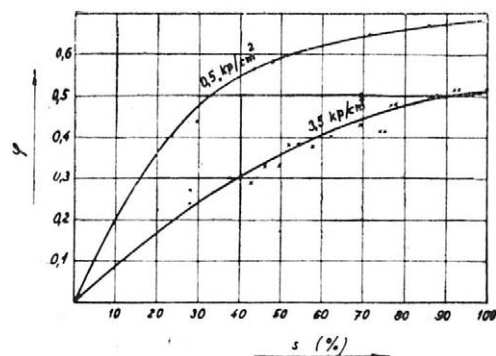


22. Závislost součinitele adheze  $\varphi$  na skluzu u pneu 10,50–16 TO na sněhu s huštěním 3,5 a 0,5 kp/cm<sup>2</sup>;  $G_k = 1160$  kp;  $h_s = 400$  mm,  $\gamma = 0,132$  g/cm<sup>3</sup>.

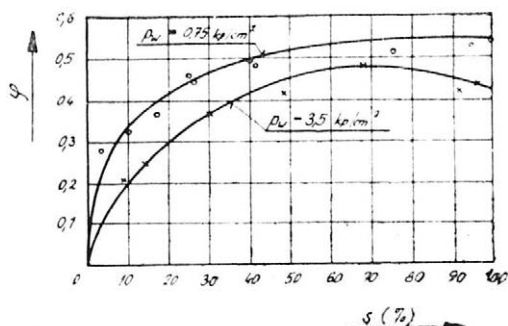


23. Závislost  $\varphi$  na skluzu u pneu 13,00–18 TO na sněhu s huštěním 3,5 a 0,5 kp/cm<sup>2</sup>;  $G_k = 1700$  kp,  $h_s = 300$  mm,  $\gamma = 0,41$  g/cm<sup>3</sup>





24. Závislost  $q$  na skluzu u pneu 10,50 – 16 TO na písku s huštěním 3,5 a 0,5 kp/cm<sup>2</sup>. Podmínky stejné jako u obr. 15



25. Závislost  $q$  na skluzu u pneu 13,00 – 18 na písku s huštěním 3,5 a 0,5 kp/cm<sup>2</sup>;  $\lambda = 2,5\%$

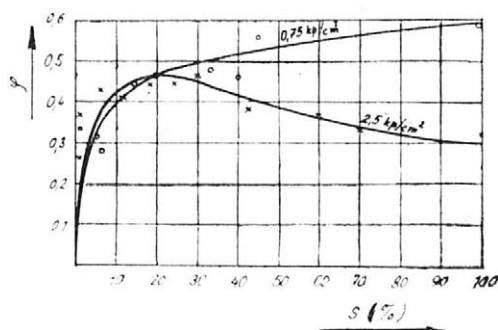
24, 25), vidíme, že jsou obdobné. Rovněž i v tomto případě je u podhuštěných pneumatik  $q$  v celém rozsahu vyšší. Vycházíme-li z obecného tvrzení, že na písku je smyková síla  $H_t = N \psi$  funkcí kolmého zatížení a úhlu vnitřního tření, zbývá objasnit, proč na růst  $q$  má vliv zvětšení plochy. Zde se zřejmě projevují dva faktory. Předně je to příznivý vliv pružnosti zatěžovací plochy na rozložení napětí v půdě, jak o tom podrobně pojednává Bekker [5]. Za druhé: pneumatiky byly zkoušeny na písku vlhkém 1,2 % a 2,5 %. Písek této vlhkosti se vyznačuje poměrně dobrými kohezivními vlastnostmi, takže vliv velikosti smykové plochy na adhezi musí být patrný.

Obdobné výsledky byly získány i na bahně, jak vyplývá z obrázku 26. Jak v případě uváděném na obrázku 26, tak i v dalších, roste na bahně rozdíl  $q p_{w \min} - q p_{w \max}$  s růstem skluzu. Je to dáno zejména rozdílným průběhem funkce  $q = f(s)$  se změnou huštění. Všeobecně uváděná závislost [např. 3, 9]  $q = f(s)$  s maximem v oblasti 20–30 % byla naměřena jen v několika případech při plném huštění pneumatik. U naprosté většiny získaných závislostí se  $q_{\max}$  pohybuje v oblasti 60–70 % skluzu, u plně podhuštěných pneumatik v oblasti 100 % skluzu. Naměřené výsledky potvrzují teoretické závěry vyplývající z rovnice (14). Z hlediska adheze na bořivých terénech má zvětšování styčné i smykové plochy pozitivní význam.

Není již předmětem tohoto pojednání rozebírat vliv změny huštění na součinitele adheze na únosných tvrdých půdách. Proto jen uvedme, že v těchto případech je tento vliv malý, často i záporný.

#### 4. ZÁVĚR

Při zabezpečování dobré pohyblivosti a dostatečné tažné síly na háku u vozidel určených do terénu mimo komunikace se věnuje velká pozornost pneumatikám. Hledají se tvary pneumatik, které zabezpečují maximální styčnou i smykovou plochu. Jednou z cest k dosažení velké plochy je podhušťování speciálně konstruovaných pneumatik. Jak ukázal výzkum parametrů těchto pneumatik a jejich vlivu na průchodivost, jeví se podhušťování jako vhodná cesta



26. Závislost  $q$  na skluzu u pneu 13,00 – 18 na bahně s huštěním 2,5 a 0,75 kp/cm<sup>2</sup>;  $\lambda = 40\%$ ,  $\tau_k = 8$  kp/cm<sup>2</sup>

zvyšování jízdních výkonů na bořivých půdách. Plným podhuštěním klesá měrný tlak na hodnotu rovnou ca 40 % měrného tlaku při plném huštění. Při valení podhuštěné pneumatiky na pružném terénu klesá jeho trvalá deformace i hloubka koleje, zmenšuje se valivý odpor, roste adheze. To se projevuje ve větší záloze tažné síly pro tah na háku, v menším skluzu pneumatik, a tedy i v lepší energetice pohybu. Všeobecně udávané hodnoty součinitele valivého odporu  $f$  a součinitele adheze  $\varphi$  se podhuštěním mění, s čímž nutno při konstrukci vozidel počítat. Tak např. na sněhu klesá  $f$  ca o 25 %;  $\varphi$  je vyšší ca o 24 %. Obdobně bychom mohli vyjádřit tyto změny na písku, na bahně i v dalších druhích terénu.

Podhušťovat je však možno jen speciálně konstruované pneumatiky a vozidlo musí být vybaveno zařízením, které umožňuje změnu huštění z místa řidiče bez námahy.

## Použitá označení

|            |                                                                               |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| $P_k$      | — obvodová hnací síla na kole (kp)                                            |
| $P_f$      | — valivý odpor (kp)                                                           |
| $P_w$      | — odpor vzduchu (kp)                                                          |
| $P_\alpha$ | — odpor stoupání (kp)                                                         |
| $P_j$      | — setrvační odpor (kp)                                                        |
| $P_H$      | — síla na háku vozidla (kp)                                                   |
| $P_{ad}$   | — adhezni síla (kp)                                                           |
| $H$        | — smyková síla zeminy (kp)                                                    |
| $N$        | — kolmé zatížení zeminy (kp)                                                  |
| $G_k$      | — radiální zatížení kola (kp)                                                 |
| $C$        | — koheze zeminy (kp/cm <sup>2</sup> )                                         |
| $\psi_v$   | — součinitel vnitřního tření zeminy                                           |
| $\psi_o$   | — součinitel tření mezi hřbetem vzorku a půdou                                |
| $\varphi$  | — součinitel adheze                                                           |
| $f$        | — součinitel valivého odporu                                                  |
| $f_t$      | — součinitel zahrnující vliv terénu na valivém odporu                         |
| $f_p$      | — součinitel zahrnující vliv pneumatiky na valivém odporu                     |
| $q_0$      | — součinitel úměrnosti deformace zeminy                                       |
| $\mu$      | — součinitel změny odporu proti deformaci zeminy — se změnou hloubky          |
| $\omega$   | — plnost vzorku běhounu (%)                                                   |
| $F_c$      | — celková styčná plocha pneumatiky (při zaboření výstupků) (cm <sup>2</sup> ) |
| $F_v$      | — plocha výstupků vzorku pneumatiky (cm <sup>2</sup> )                        |
| $F_t$      | — plocha průřezu koleje (cm <sup>2</sup> )                                    |
| $\delta$   | — šířka koleje (většinou rovná šířce kola B)                                  |
| $h_k$      | — hloubka koleje (mm)                                                         |
| $h_s$      | — hloubka sněhu                                                               |
| $l$        | — délka ujeté dráhy                                                           |
| $p_w$      | — tlak v pneumatice (kp/cm <sup>2</sup> )                                     |
| $p_c$      | — průměrný měrný tlak v celé stopě (kp/cm <sup>2</sup> )                      |
| $p_o, k$   | — konstrukční parametry pneumatiky                                            |
| $\delta$   | — radiální deformace pneumatiky (mm)                                          |
| $\eta_s$   | — skluzová účinnost                                                           |
| $S$        | — skluz kola (%)                                                              |
| $\gamma$   | — měrná váha zeminy nebo sněhu (g/cm <sup>3</sup> )                           |
| $\tau_k$   | — penetrační odpor půdy do maximální hloubky koleje (kp/cm <sup>2</sup> )     |
| $\lambda$  | — vlhkost zeminy (%)                                                          |

Došlo dne 31. 1. 1966

## Literatura

1. Agejkin, J. S.: Issledovanie vlijanija parametrov šiny na prochodimost' kolesnyh mašin po deformirujuščimsja gruntam. Kandidátská disertační práce, Moskva 1957. — 2. Babkov, V. I. a kol.: Prochodimost' kolesnyh mašin po gruntu.

Avtotransizdat, Moskva 1959. — 3. Bartoš, J.: Výzkum adhezních a flotačních vlastností terénních pneumatik pomocí dynamometrického přívěsu. Kandidátská disertační práce, Brno 1957. — 4. Bekker, M. G. Wheels or Tracks. Automobile Engineer, June 1955. — 5. Bekker, M. G.: Theory of Land Locomotion. Am. Arbor. Michigan University Press 1960. — 6. Grečenko, A.: Kolové a pásové traktory. Praha 1963. — 7. Kováčik, J.: Výzkum vlivu huštění pneumatik na průchodivost terénních automobilů na sněhu. Kandidátská disertační práce, Praha 1964. — 8. Kováčik, J.: Vlastnosti nových typů terénních pneumatik. Automobil 1965, č. 2 a 3. — 9. Zimelev, G. V.: Teoriya avtomobilja. Moskva 1957.

#### **К вопросу свойств шин переменного давления при работе в местности**

Для обеспечения хорошей маневренности и достаточного тягового усилия на крюке у машин, предназначенных для передвижения в местности помимо коммуникаций, большое внимание уделяется шинам. Ищутся формы шин, которые обеспечат максимальную поверхность соприкосновения и минимальное скольжение. Одним из путей достижения большой площади является снижение давления воздуха в специально сконструированных шинах. Как показало исследование параметров этих шин и их влияния на проходимость, снижение давления представляется выгодным путем повышения производительности передвижения на деформируемых почвах. Максимальное снижение давления понижает удельное давление на величину, равную приблизительно 40 % удельного давления при полной накачке. При качении шины с низким давлением на упругой местности понижается постоянная деформация поверхности земли и глубина колеи, уменьшается сопротивление качения, увеличивается сцепление. Это проявляется в большом запасе тягового усилия для тяги на крюке, в меньшем буксовании шин, а следовательно, и в лучшей энергетике передвижения. Величины коэффициента сопротивления качения  $f$  и коэффициента сцепления  $\phi$  с пониженным давлением меняются, что необходимо учитывать при конструкции машин. Так, например, коэффициент  $f$  на снегу уменьшается приблизительно на 25 %;  $\phi$  увеличивается приблизительно на 24 %. Аналогично мы могли бы эти изменения выразить на песке, в болоте и других видах местности.

Однако изменить давление можно только у специально сконструированных шин, а машина должна быть оборудована устройством, которое позволило бы без затруднений менять накачку с места сидения водителя машины.

#### **Comments on the Properties of the Underinflated Tyres on Off-the-Road Grounds**

In order to achieve a good manoeuvrability and a sufficient pulling power at the draw hook with the cross-country vehicles, much attention is paid to tyres. Shapes of the tyres have been investigated with the aim to obtain a maximum contact area and a maximum sliding area. One of the methods to obtain a large area is the underinflating the specially designed tyres. The investigation of the parameters of these tyres and of their effects on the vehicle performance has proved the underinflation to be a suitable method to increase the performance of travel on yielding soils. With a full underinflation the specific wheel pressure drops to a value corresponding to some 40 % of the specific pressure with a full inflation. If an underinflated tire rolls on a flexible ground, the permanent deformation of the ground, the depth of the wheel track and the rolling resistance decrease, while the adhesion increases. Consequently, the reserve of the pulling power at the draw hook is higher, the slip of the tyres is lower and the utilization of power for the movement is thus improved. The generally indicated values of the  $f$  rolling resistance coefficient and of the  $\phi$  adhesion coefficient change due to the underinflation, which should be considered in the design of the vehicles. Thus for example, on snow, the value of  $f$  decreases by about 25 % and the value of  $\phi$  is by about 24 % higher. Similarly, these changes could be expressed for the movement on sand, on mud and on other surfaces of the ground.

The underinflation is, however, possible with the specially designed tyres only and the vehicle has to be provided with equipment enabling the change of the inflation to be effected easily from the seat of the driver.

## Beitrag zu den Eigenschaften der für die Reduktion des Druckes konstruierten Reifen im Gelände

Bei der Sicherung einer guten Beweglichkeit und ausreichenden Zugkraft bei den für Gelände außerhalb der Kommunikationen bestimmten Fahrzeugen wird den Reifen besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Man sucht Reifenformen, die eine maximale Berührungs- und Scherfläche gewährleisten. Einer der Wege zum Erreichen einer großen Fläche ist die Reduktion des Druckes der Luft in speziell konstruierten Reifen. Wie die Forschung der Parameter dieser Reifen und ihres Einflusses auf die Geländegängigkeit ergab, erscheint die Reduktion des Reifendruckes als ein gangbarer Weg zur Erhöhung der Fahrleistungen auf elastischen Böden. Durch volle Reduktion senkt sich der spezifische Druck auf einen Wert, der zirka 40 % des spezifischen Druckes bei vollem Pumpen beträgt. Beim Rollen eines Reifens mit reduziertem Druck auf elastischem Gelände senkt sich seine bleibende Formänderung sowie die Radspurtiefe, der Rollwiderstand wird herabgesetzt und die Adhäsion wächst an. Dies kommt durch eine höhere Zugkraftreserve, durch einen geringeren Reifenschlupf und somit auch durch eine bessere Energetik der Bewegung zum Vorschein. Die allgemein angeführten Werte des Koeffizienten des Rollwiderstandes  $f$  und des Adhäsions-Koeffizienten  $\varphi$  ändern sich durch die Reduktion des Druckes. Damit muß bei der Konstruktion der Fahrzeuge gerechnet werden. So z. B. bei Schnee senkt sich  $f$  zirka um 25 %;  $\varphi$  ist zirka um 24 % höher. Diese Änderungen könnten analog für Sand, Schlamm und für andere Geländearten ausgedrückt werden.

Die Reduktion des Reifendruckes kann jedoch nur bei speziell konstruierten Reifen durchgeführt werden und das Fahrzeug muß mit einer Vorrichtung, die es gestattet, die Änderung des Reifendruckes von dem Fahrersitz ohne Anstrengung vorzunehmen, ausgestattet werden.

---

*Adresa autora:*

Ing. mjr. Jaroslav Kováčik, CSc., VZS 080 Praha

---

■ Zvýšené používání mechanizačních prostředků při sklizni a posklizňové úpravě brambor a při manipulaci s nimi má za následek vyšší poškození hlíz. Poškození snižuje kvalitu brambor, protože těžce poškozené hlízy musí být ze sadby i z konzumních brambor odstraněny a možno je využít jen ke krmení nebo v průmyslu. Poškozené hlízy konzumních brambor mají vyšší odpad při škrábání, zejména strojním. Jsou při skladování také snáze napadány chorobami a mají vyšší ztráty na hmotě [1, 2, 3, 4]. Z uvedeného je patrné, že poškozování bramborových hlíz je především z ekonomického hlediska velmi závažné, a jsou tedy plně oprávněny požadavky praxe na zlepšení kvality strojů v tomto směru.

Z těchto důvodů, jakož i ve snaze poznat příčiny poškozování bramborových hlíz při strojním třídění, popř. nalézt možnosti jejich odstranění, byly ve Výzkumném ústavu bramborářském vykonány pokusy ke zjištění (mimo jiné):

- a) vlivu jednotlivých ústrojí třídiče TB 26 na poškození hlíz při třídění,
- b) poškození hlíz různými typy třídicího ústrojí.

## PRACOVNÍ POSTUPY A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

### VLIV JEDNOTLIVÝCH ÚSTROJÍ TŘÍDIČE TB 26

Vliv jednotlivých ústrojí třídiče TB 26 na poškození hlíz se zjišťoval jak tříděním vzorků, tak i průchodem jednotlivých hlíz po sledovaných mechanismech. Pokusy byly vykonány tak, aby bylo zjištěno:

1. poškození hlíz při průchodu celým třídičem,
2. poškození hlíz způsobené jen dopravou na podávacím dopravníku s dopadem na odhliňovací rošt horního síta,
3. poškození hlíz třídicím ústrojím,
4. poškození hlíz při dopadu z přebíracího stolu na dno prázdného pytle.

Jako vzorků bylo použito nepoškozených hlíz odrůdy Sperber. Vzorek měl ca 200 hlíz střední velikosti, tj. v rozmezí od 35–60 mm. Poškození se stanovilo podle metodiky VÚB [5].

1. Poškození hlíz průchodem na třídiči bylo zjištěno tak, že čtyři vzorky nepoškozených hlíz byly odděleně sypány z líska do násypného koše podávacího dopravníku a přetříděné hlízy byly odděleně zachyceny do pytlů. Následovalo stanovení poškození.

2. Poškození hlíz dopravou na podávacím dopravníku s dopadem na odhliňovací rošt horního síta bylo zjištěno tak, že čtyři vzorky hlíz byly sypány z lísek do násypného koše třídiče a po dopadu na prosívací rošt horního síta byly zachyceny do plachty položené na horní síto.

3. Poškození hlíz při průchodu třídicím ústrojím bylo stanoveno tak, že čtyři vzorky hlíz byly za chodu stroje sypány z plachty na horní síto třídicího ústrojí (s výšky 10–15 cm) a po průchodu třídicím ústrojím byly z přebíracího stolu odebrány do pytlů.

4. Poškození hlíz dopadem s přebíracího stolu do pytle bylo zjištěno tak, že 4 × 50 hlíz velikosti S1 (sadba menší 35–45 mm) a 4 × 50 hlíz velikosti S2 (sadba větší 45–60 mm) bylo bez poškození uloženo na přebírací stůl a po spuštění stroje dopadly hlízy na dno pytlů. Podlaha pod pytlí byla betonová.

U všech pokusů bylo poškození stanoveno za tři až pět dnů, aby poškozená místa lépe vynikla.

I. Váhová procenta a výsledné hodnoty přepočteného poškození u hlíz prošlých jednotlivými ústrojími třídiče TB 26

Odrůda: Sperber — opakování: 4 — rok: 1964 — velikost: S1 + S2

| Varianta                 | Nepoškozené | Povrchově poškozené | Středně poškozené |        |        | Těžce poškozené |        |        | Přepočtené poškození |
|--------------------------|-------------|---------------------|-------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|----------------------|
|                          |             |                     | 1. st.            | 2. st. | 3. st. | 1. st.          | 2. st. | 3. st. |                      |
| 1. Průchod celým strojem | 12,8        | 18,0                | 32,1              | 27,4   | 8,1    | 0,9             | 0,3    |        | 45,2                 |
| 2. Podávací dopravník    | 30,1        | 19,2                | 22,0              | 21,9   | 6,5    |                 | 0,1    |        | 33,2                 |
| 3. Třídicí ústrojí       | 24,6        | 23,2                | 45,8              | 3,8    | 1,8    | 0,8             |        |        | 26,9                 |
| 4. Dopad do pytle        | 52,3        | 13,7                | 29,6              | 3,9    | 0,4    |                 |        |        | 15,9                 |

Zjištěné poškození ve váhových procentech podle jednotlivých druhů a přepočtené poškození ukazuje tabulka I. Z ní je patrné, jak citelná poškození vznikají při třídění. Ke značnému poškození došlo u varianty 2, přestože jde o dopravu v délce 2 m a dva dopady. Zejména závažná jsou střední poškození druhého stupně a vyšší. Pozorování při pokusech ukázala, že vznikají hlavně při přepadu na pruty odhliňovacího roštu v násypném koši a na horním síti. Pozoruhodné je i vysoké poškození hlíz vzniklé při jejich dopadu na dno pytle. Součet hodnot přepočteného poškození z jednotlivých variant nedává stejné číslo, jaké bylo zjištěno u vzorků varianty 1. Je to způsobeno určitou nepřesností metodiky, která zachycuje jen nejtěžší poškození na hlíze a k ostatním nepřihlíží.

Poškození vznikající na třídiči TB 26 bylo sledováno i pomocí jednotlivých nepoškozených hlíz stejné odrůdy (Sperber). Hlízy různých vah procházely samostatně jednotlivými úseky na třídiči. Po průchodu bylo ihned stanoveno po-



škození. Dosáhlo se tím vyloučení vlivu, jímž hlízy na sebe vzájemně působí při hromadném procházení třídičem. Byly vykonány tyto zkoušky:

1. Zjištění poškození hlízy při přepadu s podávacího dopravníku na odhliňovací rošt horního síta.

Hlíza byla za pohybu stroje uložena na pás, po dopadu na rošt byl stroj zastaven a stanoveno poškození. Aby hlíza nepropadla sítím, bylo síto zakryto plátnem. Z 25 zkoušek prošla pouze jedna hlíza bez poškození a 28 % hlíz utrpělo střední poškození druhého stupně. Ostatní hlízy byly poškozeny méně. Některé hlízy byly spuštěny dvakrát k zjištění, jak se poškození může měnit. Zjistilo se, že při opakovaném průchodu mohou vzniknout lehčí i těžší poškození, podle toho, jak hlíza dopadne, zda na jeden či dva pruty současně, nebo v místě většího či menšího zakřivení povrchu.

2. Poškození hlíz na třídícím ústrojí.

Toto poškození se sledovalo takto: hlíza byla za klidu stroje uložena na odhliňovací rošt horního síta, stroj byl spuštěn a když hlíza došla na konec síta, byl třídič zastaven a stanoveno poškození. Z 25 hlíz neprošla ani jedna bez poškození, 68 % hlíz mělo povrchová poškození, 28 % střední poškození prvního stupně a 4 % střední poškození druhého stupně. Střední poškození je nižší než při dopadu na odhliňovací rošt, což lze zdůvodnit menší dopadovou výškou se síta na síto.

3. Poškození hlíz při pohybu na sítu (bez dopadu se síta na síto).

Hlíza velikosti S1 nebo S2 byla za klidu stroje uložena na horní konec síta, třídič byl spuštěn, po dojití hlízy k dolnímu konci síta byl stroj zastaven a stanoveno poškození hlízy. U 25 hlíz každé velikostní skupiny (S1, S2) nebyla ani jedna hlíza bez poškození. Vzniklá poškození byla jen povrchová, tj. oděrky slupky spojené s otlaky. Střední poškození nevzniklo.

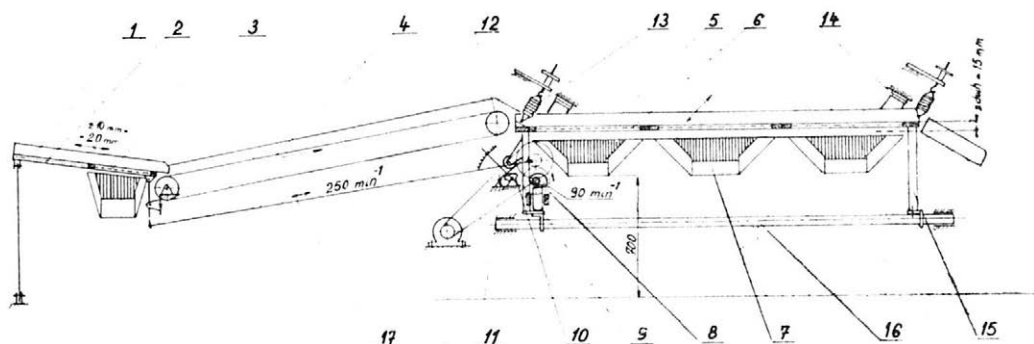
## Z Á V Ě R

Výsledky získané v těchto pokusech ukazují, že hlavní příčinou zejména středních, popř. i těžkých poškození hlíz jsou síly vyvolané dopadem hlíz na povrch tvořený ocelovými dráty. Při poškození na třídícím ústrojí přistupuje za určitých podmínek k zvýšení síly při pádu ještě pohyb sít. Těžká poškození, vznikající na třídícím ústrojí, jsou hlavně zaviněna nevhodně řešeným vymačkáváním hlíz. Hlíza, která zapadne do oka v síti více než polovinou, je vytírací lištou natlačena na drát síta a buď překrojena, nebo po těžkém poškození propadne. Lehká (povrchová) poškození jsou četnější a vznikají, mimo přepady, i při tření hlíz navzájem o sebe, nebo o pracovní části stroje, popř. o kameny nebo hroudy. Odstranění povrchových poškození předpokládá omezení tření hlíz, což je při konstrukci do značné míry omezeno. Více pozornosti je třeba věnovat i útlumu pádu hlíz na dno pytle.

## POŠKOZENÍ HLÍZ PŘI TŘÍDĚNÍ NA TŘÍDICÍM ÚSTROJÍ RŮZNÉHO TYPU

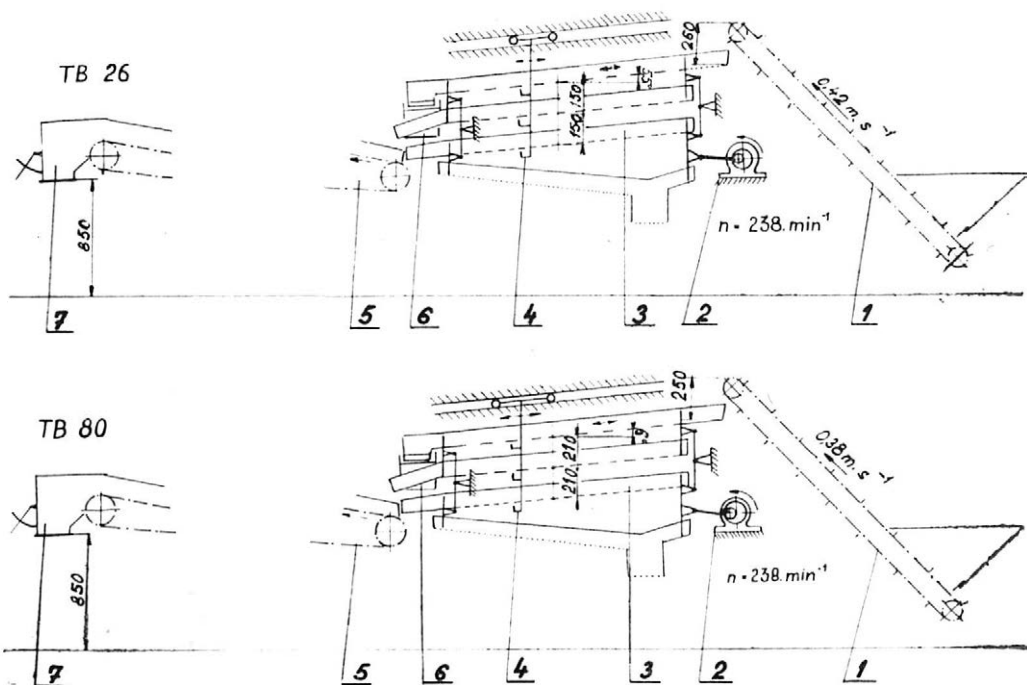
1. Bylo porovnáno poškození způsobené jednak při průchodu hlíz všemi ústrojími třídičů Hermes (obr. 1) a TB 26 (obr. 2), a pak jen třídícími ústrojími obou třídičů. Zjištěné hodnoty ukazuje tabulka II. Z hlediska poškození pra-





1. Schéma třídiče brambor Hermes. (Dráty v sítěch: všechna síta  $\varnothing$  4,8 mm)

1 – násypka, 2 – rošt na oddělení příměsí, 3 – síto na oddělení drobných hlíz do 25 mm, 4 – přebírací stůl, 5 – rám sít, 6 – síta, 7 – pytlovací násypky, 8 – vačka, 9 – palec, 10 – regulační mechanismus pro pohyb rámu se sítí, 11 – vodící lišta, 12 – kladka, 13 – tažná pružina, 14 – nárazník s tlumící vložkou, 15 – táhla, 16 – spojovací hřídel táhel, 17 – těhlice



2. Schéma třídičů TB 26 a TB 80

(Dráty v sítěch u TB 26: dolní síto  $\varnothing$  4 mm, střední  $\varnothing$  4 mm, horní  $\varnothing$  5 mm; u TB 80: dolní síto  $\varnothing$  4,2 mm, střední  $\varnothing$  5 mm, horní  $\varnothing$  5 mm)

1 – podávací dopravník, 2 – pohon třídicího ústrojí, 3 – třídicí ústrojí, 4 – zařízení na vymáčkávání zapadlých hlíz, 5 – přebírací stůl, 6 – pytlovací násypka pro nadsadbu, 7 – pytlovací násypka pro sadbu

cuje Hermes kvalitněji než TB 26, protože ve skupině S1 i S2 je více nepoškozených a méně hlíz středně poškozených. To platí i pro S1 + S2 dohromady. Třídící ústrojí stroje Hermes má na celkovém poškození způsobeném třídicím menší podíl než třídicí ústrojí stroje TB 26. Rozdíl připadající z hodnoty přepočteného poškození na ostatní ústrojí je u třídiče Hermes (pro S1 + S2) 17,1, zatímco u třídiče TB 26 je roven 11,5. Tc by tedy ukazovalo, že ostatní ústrojí

II. Váhová procenta a výsledné hodnoty přepočteného poškození u vzorků hlíz prošlých všemi mechanismy nebo jen třídícím ústrojím třídičů TB 26 a Hermes  
Odrůda: Sperber — opakování: 4 — rok: 1963

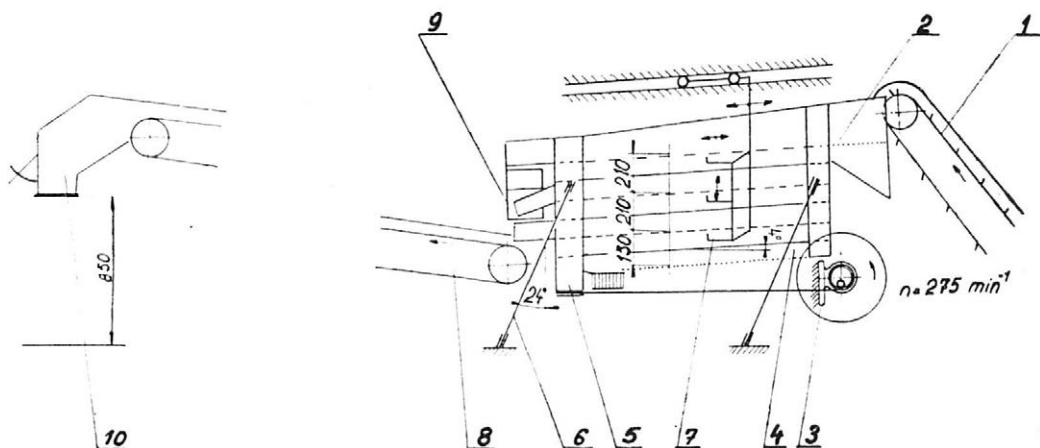
| Třidič | Ústrojí         | Velikostní skupina | Nepoškozené | Povrchově | Středně | Těžce | Přepočtené poškození | Poměr |       |
|--------|-----------------|--------------------|-------------|-----------|---------|-------|----------------------|-------|-------|
|        |                 |                    |             | poškozené |         |       |                      | a : b | S1:S2 |
| TB 26  | celý stroj      | S1 + S2            | 14,6        | 16,1      | 68,6    | 0,7   | 38,5                 | 100   |       |
|        |                 | S1                 | 24,1        | 16,1      | 59,8    | —     | 28,6                 | 100   | 100   |
|        |                 | S2                 | 8,5         | 16,1      | 74,3    | 1,1   | 44,9                 | 100   | 157   |
|        | třídící ústrojí | S1 + S2            | 24,6        | 23,3      | 51,3    | 0,8   | 27,0                 | 70,2  |       |
|        |                 | S1                 | 38,4        | 20,8      | 40,8    | —     | 19,1                 | 67    | 100   |
|        |                 | S2                 | 15,8        | 24,9      | 58,0    | 1,3   | 32,0                 | 72    | 167   |
| Hermes | celý stroj      | S1 + S2            | 24,7        | 25,3      | 48,7    | 1,3   | 31,8                 | 100   |       |
|        |                 | S1                 | 39,7        | 25,3      | 33,6    | 1,5   | 25,9                 | 100   | 100   |
|        |                 | S2                 | 10,4        | 25,2      | 63,2    | 1,2   | 37,8                 | 100   | 146   |
|        | třídící ústrojí | S1 + S2            | 57,2        | 13,2      | 29,6    | —     | 14,7                 | 46    |       |
|        |                 | S1                 | 75,8        | 11,5      | 12,7    | —     | 7,2                  | 27,7  | 100   |
|        |                 | S2                 | 42,7        | 14,4      | 42,9    | —     | 20,8                 | 55    | 290   |

Poměr  $a : b$  nebo  $S1 : S2$  udává poměr hodnot přepočteného poškození

(mimo třídící) působí u třídiče TB 26 méně poškození než u třídiče Hermes. Hlavní podíl na vyšším poškození, způsobeném třídícím TB 26, mělo třídící ústrojí. Vyšší podíl na celkovém poškození mají hlízy velikosti S2.

Výhodou třídícího ústrojí TB 26 proti třídící Hermes je, že větší hlízy (sadba 2, nadsadba) procházejí kratšími pracovními cestami, zatímco u třídícího ústrojí stroje Hermes je tomu naopak. V důsledku toho stoupne hodnota přepočteného poškození u třídícího ústrojí stroje TB 26 a sadby 2 (S2) o 67 % proti sadbě 1 (S1), zatímco u třídícího ústrojí stroje Hermes činí vzestup 190 %. Avšak i potom je hodnota přepočteného poškození u třídícího ústrojí třídiče Hermes nižší než u TB 26. Také pokles procenta nepoškozených hlíz svědčí o tomto vztahu.

2. Další pokusný program sledoval zjištění poškození hlíz při třídění na třídících ústrojích různého typu. Zkoušena byla ústrojí třídičů Hermes (obr. 1), TB 80 (obr. 2), JIR 02 (obr. 3) a KSR 10 (obr. 4). Třídící ústrojí stroje JIR mělo síta potažena pryžovými hadičkami a třídící ústrojí třídičů TB 80 a Hermes mělo síta bez potahu pryží. K pokusům se použilo nepoškozených hlíz odrůdy Sperber, které byly sklizeny vyzrálé a v období mezi sklizní a pokusy byly uloženy na liskách v bramborárně. Vzorky hlíz, vážící ca 10 kg, byly s plachty sypány na třídící ústrojí (s výšky 10 cm) a za třídícím ústrojím byly zachyceny do pytlů tak, aby nedošlo k jejich dalšímu poškození. Výsledky pokusů jsou uvedeny v tabulce III.



### 3. Schéma třídiče JIR 02 bez vibračního stolu

(Dráty v sítích: všechna síta  $\varnothing$  5 mm, potažena pryží na  $\varnothing$  8,5 mm)

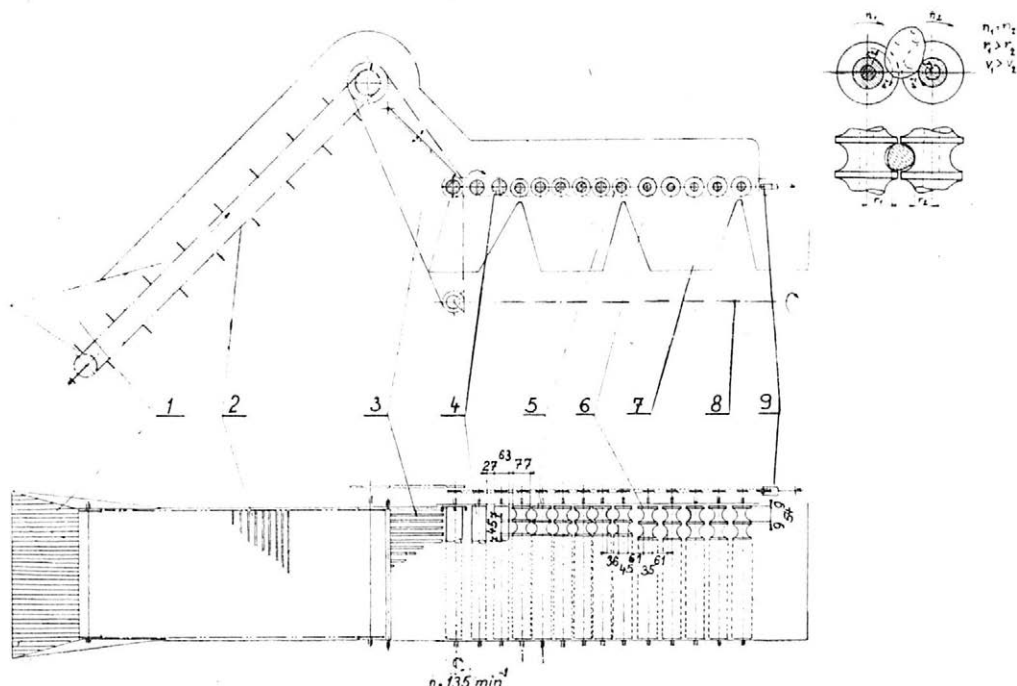
1 – podávací dopravník, 2 – rošt na oddělení zbytků příměsí, 3 – pohon třídícího ústrojí, 4 – síta, 5 – rám sit, 6 – listové pružiny, 7 – zařízení na vyfukávání zapadlých hlíz, 8 – prebírací stůl, 9 – pytlovací násypka pro nadsadbu, 10 – pytlovací násypka pro sadbu

Nejnižší poškození způsobilo třídící ústrojí třídiče JIR 02 (výrobek Strojren ZNZP ve Velkém Meziříčí). Zásahu na tom přičítáme pogumovaným sítům, jimiž je třídič vybaven. Druhé místo v pořadí zaujímá třídící ústrojí stroje Hermes. U tohoto ústrojí – pomineme-li shora uvedený nedostatek – hlízy při třídění nadskakují jen do výšky 4–5 cm, což odpovídá dopadové rychlosti 0,9 až 1 m s<sup>-1</sup>. Při průchodu třídícím ústrojím třídiče TB 80 padá hlíza se síta na síto s výšky 20 cm, což odpovídá rychlosti 2 m s<sup>-1</sup>. Nejhorší ukazatele v poškození mělo třídící ústrojí válečkové, použité u sovětského třídiče KSR 10.

III. Váhová procenta a výsledné hodnoty přepočteného poškození zjištěného u vzorků tříděných na třídících ústrojích různého typu třídičů

Odrůda: Sperber — opakování: 4 — rok: 1963

| Třídící<br>ústrojí | Velikost | Nepo-<br>škozené | Povrchově | Středně | Těžce | Přepočtené<br>poškození | Pořadí |
|--------------------|----------|------------------|-----------|---------|-------|-------------------------|--------|
|                    |          |                  | poškozené |         |       |                         |        |
| Hermes             | S1       | 51,8             | 39,5      | 8,7     | —     | 23,9                    | 2      |
|                    | S2       | 8,7              | 32,6      | 58,7    | —     |                         |        |
|                    | S1 + S2  | 26,7             | 31,4      | 41,8    | —     |                         |        |
| TB 80              | S1       | 32,1             | 12,1      | 55,6    | 0,2   | 35,8                    | 3      |
|                    | S2       | 20,4             | 21,1      | 56,9    | 1,7   |                         |        |
|                    | S1 + S2  | 24,8             | 16,9      | 56,8    | 1,5   |                         |        |
| JIR 02             | S1 + S2  | 48,9             | 29,3      | 21,2    | —     | 22,1                    | 1      |
| KSR 10             | S1 + S2  | 35,8             | 12,6      | 48,8    | 2,9   | 38,7                    | 4      |



4. Schéma valečkového třídiče brambor KSR 10

1 – násypka, 2 – podávací dopravník, 3 – rošt na oddělení příměsí, 4 – hladké válce na oddělení drobných příměsí a hlíz do 25 mm, 5 – profilované válce z pryže na ocelových hřídelích, oddíl pro podsadbu, 6 – třídicí ústrojí pro sadbu, 7 – násypky pro dopravníky k dopravě roztríděných hlíz, 8 – pohon třídiče (od náhonu traktoru, elektrického motoru, popř. výbušného motoru), 9 – napínací řetězka řetězu pohánějícího jednotlivé válce

K zjištění hlavních příčin poškození byly pokusy vykonány jak se vzorky spuštěnými na třídicí ústrojí jednotlivě, tak i se vzorky o váze 35 kg tříděnými hromadně. Při stanovení poškození u vzorků spouštěných jednotlivě docházelo k tomu, že jakmile ustal přísun hlíz na třídicí ústrojí, přestaly hlízy postupovat kupředu a pouze se otáčely mezi válečky; právě v tomto okamžiku docházelo k nejtěžšímu poškození. Třídicí ústrojí muselo být zastaveno a hlízy byly vybrány z ústrojí. Hodnota přepočteného poškození u takto získaných vzorků byla 54,5. Proto byl tříděn vzorek větší a ke stanovení poškození byly hlízy odebrány dvakrát. Poprvé při trvalém přísunu hlíz a podruhé po ukončeném přísunu hlíz. Hodnota přepočteného poškození hlíz byla při trvajícím přísunu 38,6 a po ukončení přísunu 97,3. Tato čísla svědčí nejen o vysokém poškození hlíz na třídicím ústrojí, ale i o tom, že poškození je závislé na plynulém a dostatečném přísunu hlíz.

Protože jsme již při pokusech pozorovali, že hlízy, které se svou velikostí blíží meznímu rozměru, danému tvarem a vzdáleností válečků, jsou více poškozo-vány, rozdělili jsme hlízy v jednotlivých stupních poškození podle velikosti. Měřeno bylo čtvercovými měrkami a bylo stanoveno zastoupení hlíz určité velikosti v jednotlivých stupních poškození, jak ukazuje tabulka IV. Hlízy vzaté do rozboru pocházely z třídění při trvajícím přísunu.

O správnosti našeho předpokladu svědčí, že např. ve skupině nepoškozených hlíz se nevyskytovaly hlízy nad 55 mm a v rozmezí 50–55 mm bylo jen 9,9 %

IV. Velikostní složení hlíz v jednotlivých stupních poškození vzniklého na válečkovém třídícím ústrojí třídiče KSR 10

Odrůda: Sperber — rok: 1963 — velikost: S1 + S2

| Poškození                      | Rozměr hlíz<br>mm | Počet<br>hlíz | Váha<br>hlíz | Procento<br>váhy | Průměrná<br>váha<br>hlízy | Procento<br>váhy<br>ze vzorku |
|--------------------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Nepoškozené                    | do 35             | 6             | 170          | 2,3              |                           |                               |
|                                | do 40             | 45            | 1660         | 22,3             |                           |                               |
|                                | do 45             | 54            | 2650         | 36,9             |                           |                               |
|                                | do 50             | 31            | 2135         | 28,6             |                           |                               |
|                                | do 55             | 8             | 750          | 9,9              |                           |                               |
| Celkem                         |                   | 144           | 7445         | 100              | 51,8                      | 36                            |
| Povrchové poškození            | do 40             | 7             | 260          | 9,7              |                           |                               |
|                                | do 45             | 9             | 478          | 18,0             |                           |                               |
|                                | do 50             | 16            | 1080         | 40,6             |                           |                               |
|                                | do 55             | 7             | 700          | 26,3             |                           |                               |
|                                | do 60             | 1             | 145          | 5,4              |                           |                               |
| Celkem                         |                   | 40            | 2663         | 100              | 66,7                      | 12,9                          |
| Střední poškození<br>1. stupně | do 35             | 3             | 90           | 1,6              |                           |                               |
|                                | do 40             | 9             | 335          | 6,2              |                           |                               |
|                                | do 45             | 29            | 1540         | 28,5             |                           |                               |
|                                | do 50             | 26            | 1895         | 35,1             |                           |                               |
|                                | do 55             | 10            | 920          | 17,0             |                           |                               |
|                                | do 60             | 4             | 465          | 8,6              |                           |                               |
|                                | nad 60            | 1             | 160          | 3,0              |                           |                               |
| Celkem                         |                   | 82            | 5405         | 100              | 66,0                      | 26,1                          |
| Střední poškození<br>2. stupně | do 35             | 1             | 30           | 0,9              |                           |                               |
|                                | do 40             | 6             | 215          | 6,8              |                           |                               |
|                                | do 45             | 9             | 445          | 14,0             |                           |                               |
|                                | do 50             | 8             | 600          | 19,0             |                           |                               |
|                                | do 55             | 5             | 450          | 14,1             |                           |                               |
|                                | do 60             | 8             | 1052         | 33,2             |                           |                               |
|                                | nad 60            | 2             | 375          | 12,0             |                           |                               |
| Celkem                         |                   | 39            | 3167         | 100              | 81,3                      | 15,3                          |
| Střední poškození<br>3. stupně | do 40             | 1             | 35           | 2,2              |                           |                               |
|                                | do 45             | 3             | 180          | 11,3             |                           |                               |
|                                | do 50             | 3             | 200          | 12,5             |                           |                               |
|                                | do 55             | 6             | 575          | 36,0             |                           |                               |
|                                | do 60             | 2             | 260          | 16,2             |                           |                               |
|                                | nad 60            | 2             | 350          | 21,8             |                           |                               |
| Celkem                         |                   | 17            | 1600         | 100              | 94,2                      | 7,7                           |
| Těžké poškození<br>1. stupně   | do 40             | 2             | 90           | 22,0             |                           |                               |
|                                | do 45             | 1             | 65           | 15,9             |                           |                               |
|                                | do 50             | 2             | 135          | 32,9             |                           |                               |
|                                | do 55             | 1             | 120          | 29,2             |                           |                               |
| Celkem                         |                   | 6             | 410          | 100              | 68,3                      | 2,0                           |
| Celkem vzorek                  |                   | 328           | 20 700       |                  | 63,2                      | 100                           |

nepoškozených. Např. zase u středního poškození třetího stupně bylo hlíz velikosti 50—55 mm 36 %, velikosti 55—60 mm 16,2 % a 21,8 % bylo hlíz nad 60 mm. Podobně o tom svědčí i průměrná váha hlíz v jednotlivých skupinách. Příčiny vysokého poškození na válečkovém třídícím ústrojí vidíme v tom, že hlízy jsou jedním válečkem uchopeny na menším poloměru a následujícím válečkem na poloměru větším. V tom okamžiku dojde k tomu, že jsou hlízy vtaženy do otvoru. Pokud je hlíza jen o málo větší než profil mezi válečky, dojde k pohmoždění. Je-li hlíza větší, pak při průchodu napraskne nebo je rozmačkána. K pohmoždění hlízy nebo k oděrkám slupky může dojít i v důsledku nestejné rychlosti jednotlivých bodů na profilu válečku, pokud se hlíza dotýká profilu současně na několika bodech vzdálených od sebe ve směru poloměru (tj. v určité délce nebo ploše) a přitom je silněji přitlačována.

## Z Á V Ě R

Poškození hlíz při průchodu třídícím ústrojím se síty nad sebou uloženými, ať již kmitajícími proti sobě (TB 80), nebo pohybujícími se jedním směrem (JIR), je zaviněno hlavně přepady hlíz se síta na síto. U třídícího ústrojí, kde jsou síta uložena v rámu (v jedné rovině) a pohybují se s rámem, přičemž je jim udělováno zrychlení vyšší než zemské, je příčinou poškození rovněž dopad hlíz na síto. Podle toho, jak dalece je pamatováno na útlum rázu při dopadu a podle toho, s jakou pohybovou energií tělesa na sebe narážejí, mění se i poškození.

Každý ze zkoušených systémů má své přednosti a nedostatky. Uložení sít nad sebou znamená několik případů, přičemž je výhodné, že největší hlízy (nad-sadba) jsou účinkům dopadu vystaveny nejméně, zatímco u třídícího ústrojí se síty v jedné rovině (Hermes) konají nejdelší cestu. Uspořádání sít nad sebou tak, že vždy dvě a dvě síta kmitají proti sobě, má výhodu v tom, že je ústrojí vyváжено. Z hlediska poškození se tato konstrukce jeví méně výhodná, protože při třídění se hlízy trou o síto, které se zpravidla pohybuje jinou rychlostí, v jiném směru, nebo i smyslu než hlízy. Při uspořádání, jakého používá třídič JIR (Dijkstra), kdy síta jsou ve společném rámu pohybujícími se na listových perech (šikmo uložených), je zajištěn plynulý posuv hlíz kupředu a hlízy se přitom o sebe i o síta méně trou, než např. u třídícího ústrojí stroje TB 26. Nevýhodou této konstrukce jsou rázové síly, které nejsou vyváženy a namáhají rám stroje. Stroj nesmí být při práci na kolech, což navíc ztěžuje manipulaci s ním. Válečkové třídící ústrojí má tu výhodu, že při malých rozměrech se na něm dá dosáhnout velkého výkonu a pracuje bez rázů. V provedení, jaké je u KSR 10, je možno třídit jen jednu velikost sadby a — což už není vinou třídícího ústrojí — vytríděné hlízy není možno přebírat. Dalším nedostatkem je, že může dojít k vytržení profilu válečků kameny nebo k nabalení rostlinných zbytků na válečky.

Srovnáme-li přednosti a nedostatky jednotlivých třídících ústrojí a vezme-li v úvahu výsledky pokusů s poškozením hlíz, je možno říci, že nejvhodnější konstrukcí by bylo sítové třídící ústrojí se síty nad sebou uloženými, protiběžnými a pogumovanými. Vždy dvě a dvě síta by byla uložena na listových, šikmo skloněných pružinách. Toto ústrojí by spojovalo výhodu třídícího ústrojí třídiče JIR (původně Dijkstra), tj. nízké poškození a plynulý postup hlíz po sítěch při proměnlivém přísunu, s výhodou třídícího ústrojí třídiče TB 26 (vyvážení hmot). Pozornost konstruktérů by měla být zaměřena i na válečkové třídící ústrojí, kde jsou ještě možnosti vývoje a zlepšení.

## Z A V Ě R

Pokusy ukázaly, že hlavními příčinami poškození bramborových hlíz při strojním třídění jsou dopady hlíz při průchodu pracovními orgány třídiče a při výpadu hlíz na dno pytle postaveného na tvrdé podložce. Další příčinou je tření hlíz o součásti třídiče, popř. navzájem o sebe, nebo o příměsi hrud a kamení.

Byl prokázán vliv konstrukce třídícího ústrojí na poškození hlíz. Nejnížší poškození způsobilo třídící ústrojí třídiče JIR. Nejvyšší poškození vzniklo na válečkovém třídícím ústrojí. Bylo zjištěno, že poškození válečkovým třídícím ústrojím je závislé na dostatečném a plynulém přísunu. V rámci dané velikostní skupiny dochází k vyššímu poškození těch hlíz, které se velikostí blíží profilu danému válečky třídícího ústrojí.

Došlo dne 18. 1. 1966

## L i t e r a t u r a

1. Frode, H. - Bak, H.: Undersgelser over saring af kartofler. Tidsskrift for planteavl, 1960, sv. 64, str. 244-293. — 2. Hesen, J. C. - Kroesbergen, E.: Mechanical damage to potatoes I. European Potato Journal, 1960, Vol. 3, č. 1. — 3. Hesen, J. C.: Mechanical damage to potatoes II. European Potato Journal, 1960, Vol. 3, č. 3. — 4. Volbracht, O. - Kuhnke, U.: Mechanische Beschädigungen an Kartoffeln. Kartoffelbau 1956, r. 7, č. 4. — 5. Votoupal, B.: K otázce hodnocení mechanického poškození bramborových hlíz. Zemědělská technika, 1960, č. 5.

### Некоторые сведения о повреждении картофеля картофелесортировщиком

Опыты показали, что главной причиной повреждения картофельных клубней картофелесортировщиком — падение клубней при прохождении через рабочие органы картофелесортировщика и при падении клубней на дно мешка, стоящего на твердой подложке. Дальнейшая причина — трение клубней о части картофелесортировщика, при случае также взаимное трение, или о комья и камни.

Было доказано влияние конструкции сортировки на повреждение клубней. Наименьшее повреждение показало сортировочное устройство картофелесортировщика ЙИР. Наибольшее повреждение возникло на роликовом сортировочном устройстве. Был установлен, что повреждение роликовым сортировочным устройством зависит от достаточной и непрерывной подачи. В рамках данной группы размера клубней происходит большее повреждение тех клубней, которые по своим размерам приближаются к профилю, данному роликами сортировочной установки.

### Some Experiences with the Bruising of Potatoes in the Course of Mechanical Sorting

The results of the tests indicate, that the main causes of damage to potato tubers during mechanical sorting were due to the impacts of the tubers in their passage through the working mechanism of the sorting machines and onto the bottom of the sacks standing on hard grounds. Another reason is the friction of the tubers against the parts of the sorting machine or against other tubers, clods and stones.

It was proved that the sorting mechanism can affect the bruising of tubers. The minimum damage occurred with the JIR sorting machine, while the maximum damage occurred with the cylinder-type sorting mechanism. It turned out, that the amount of bruising caused by the cylinder-type sorting mechanism was depending on a sufficient and continuous feed. Within the same size group more damage occurred with those tubers which were of a size comparable to the profile formed by the cylinders of the sorting mechanism.

---

Adresa autora:

Bohumil Radil, Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod

---



■ Nejvýznamnějšími škůdci skladovaných zemědělských plodin, zejména obilí, jsou v současné době roztoči. Zastoupení hmyzích škůdců, především pilousů, je na velkém ústupu a ve velkých státních skladech je pilous vzácností (0,2 % napadených zásob).

Průměrné procentické napadení skladovaného obilí hlavními škůdci ve státních skladech a jejich vzájemný poměr uvádějí tabulky I [1] a II.

Z tabulek je patrné, že výskyt pilouse se snížil na stav ve světovém měřítku minimální. Výskyt molů zůstává na určité nepřilíš uspokojivé úrovni, a to vlivem velkého dovozu obilovin i nedostatečně zaváděných nových technologických postupů hubení.

Otázka snížení výskytu škodlivých roztočů však zůstává stále otevřena. Jejich podíl na napadeném obilí podstatně převyšuje zastoupení všech ostatních škůdců dohromady. Škody způsobované roztoči na skladovaném obilí lze zásadně rozdělit na škody váhové, jakostní, hygienické a nepřímé.

Váhové škody vznikají tam, kde roztoči napadají přímo skladovaný produkt, kterým se živí. U skladovaného obilí je napadán přednostně klíček, kterým roztoči vnikají do zrna a vytvářejí v něm kavernovitě požery. Vzhledem k nepatrným rozměrům těchto živočichů nebývají škody na váze velké.

#### I. Zastoupení obilních škůdců ve státních skladech

| Rok  | Pilous     | Roztoč | Mol | Ostatní škůdci | Celkem % |
|------|------------|--------|-----|----------------|----------|
|      | průměr — % |        |     |                |          |
| 1952 | 12,0       |        |     |                |          |
| 1953 | 6,6        | 8,2    | 2,1 | 1,9            | 18,8     |
| 1954 | 2,6        | 6,7    | 1,6 | 1,5            | 12,4     |
| 1955 | 0,6        | 5,6    | 1,4 | 1,5            | 9,1      |
| 1956 | 0,2        | 5,1    | 1,3 | 1,6            | 8,2      |
| 1957 | 0,2        | 5,6    | 0,8 | 1,4            | 8,0      |
| 1958 | 0,2        | 6,3    | 0,9 | 1,7            | 9,1      |
| 1959 | 0,2        | 3,7    | 0,9 | 1,3            | 6,1      |
| 1960 | 0,1        | 4,3    | 0,3 | 1,3            | 6,0      |

## II. Vzájemný poměr jednotlivých škůdců v ‰

| Rok  | Pilous | Roztoč | Mol  | Ostatní škůdci | Celkem ‰ |
|------|--------|--------|------|----------------|----------|
| 1953 | 33,1   | 43,6   | 11,2 | 12,1           | 100      |
| 1954 | 21,0   | 54,0   | 12,9 | 12,1           | 100      |
| 1955 | 6,6    | 61,5   | 15,3 | 16,6           | 100      |
| 1956 | 2,4    | 62,2   | 15,9 | 19,5           | 100      |
| 1957 | 2,5    | 70,0   | 10,0 | 17,5           | 100      |
| 1958 | 2,2    | 69,2   | 9,9  | 18,7           | 100      |
| 1959 | 3,3    | 60,7   | 14,7 | 21,3           | 100      |
| 1960 | 1,7    | 75,8   | 4,8  | 17,7           | 100      |

Podstatně citelnější jsou škody jakostní. U osiva obilnin i jiných zrnin jsou způsobovány ztrátou klíčivosti, již je klíček nositelem.

Hygienické škody lze zařadit mezi nejzávažnější. Jde při nich o těla nebo části těl mrtvých jedinců, a především o chloupky roztočů (zejména rodu *Glycyphagus*), které se často zapichují do substrátu a není je možno odtud žádným způsobem odstranit. Čím více je produkt napaden, tím větší je i jeho znehodnocení. Obilní roztoči nemohou sice přímo parazitovat na člověku nebo na hospodářských zvířatech, ale části jejich těl, které se dostanou do zažívacího traktu, mohou způsobit akutní záněty zažívacího ústrojí. Jsou známy případy, že došlo i k uhynutí zvířat, která byla krmena silně napadeným šrotem.

Nepřímé škody nevznikají přímou činností roztočů, ale jejich následky a důsledky. Jde především o náklady na nucenou manipulaci (mechanické čištění, předčasné vyskladnění) a na asanaci. Tyto škody jsou značné a je zjištěno, že na roztoče u nás připadá třetina celkové částky vynakládané na chemický boj proti všem skladištním škůdcům. Nutno poznamenat, že ne vždy je tento způsob boje účinný a ekonomický.

Mezi nepřímé škody náleží i přenos škodlivých mikroorganismů a spor plísňí roztoči.

Na rozdíl od velkých státních skladů je situace v malých obilních sýpkách na zemědělských závodech podstatně horší. Průzkum škůdců na těchto sýpkách ukázal, že výskyt roztočů je zde zhruba dvojnásobný (63 roztočů v průměru na 1 kg obilí) proti moderním skladům (průměrně 31 roztočů na 1 kg obilí) [2].

Příčiny jsou především v nedostatečné kvalifikaci skladníků, kteří ze škůdců znají jediné „filouse“, o kterém vědí až při jeho rozmnožení ve velkém množství. Kontrola stupně napadení škůdci se prakticky nedělá. Sýpky jsou nedostatečné jak po stránce stavební, tak i mechanizačním vybavením. Bývají roztroušeny po celé vesnici a není vzácností, že se obilí jediného zemědělského závodu skladuje na 8 až 12, i na více místech.

## ZPŮSOBY NIČENÍ OBI LNÍCH ŠKŮDCŮ

Dosavadní boj proti škodlivým roztočům se vede různými způsoby:

1. Snížením vlhkosti substrátu pod kritickou hranici životnosti roztočů, která se u obilí pohybuje mezi 12,5–13,4 ‰ obsahu vlhkosti.

2. Zchlazováním obilí v zimních měsících pod letální teplotu roztočů, kteří hynou, jsou-li po dobu nejméně 48 hodin vystaveni teplotě nižší než  $-13^{\circ}\text{C}$ .
3. Mechanickým čištěním obilí na aspirovaných čistících strojích.
4. Chemickými fumigantními nebo kontaktními přípravky (pro přímý boj jsou málo vhodné): kyanovodíkem, metylbromidem, akrylonitrilem, dichloretnem, fosforovodíkem.
5. Biologickými způsoby, např. vysazením vhodného počtu dravých roztočů (0,1–1 % z počtu roztočů škodlivých) do napadeného obilí.

Někdy, zvláště při přemnožení, se kombinují dva způsoby boje, např. biologický a chemický.

Dezinsekce roztočů v mouce a v krmných směsích není uvedenými způsoby proveditelná.

## VYSOKOFREKVENČNÍ DIELEKTRICKÝ OHŘEV

S rozvojem techniky vysokofrekvenčního dielektrického ohřevu se dezinsekční praxi otevřely zcela nové perspektivy. I když historie dielektrického ohřevu je poměrně mladá, lze již dnes zaznamenat jeho široké uplatnění v lékařské diatermii, při tepelném zpracovávání různých tepelně málovodivých materiálů v průmyslu, při přípravě a ohřevu potravin apod. Jako jedno z prvních průmyslových použití dielektrického ohřevu lze uvést vysušování dříví, předeheřev tvrditelných lisovacích hmot, vysokofrekvenční svařování PVC fólií a termoplastických obalovin, vysokofrekvenční vytvrzování syntetických klichů při klížení dříví a došusování textilních vláken v cívkách [3].

Zavedením vysokofrekvenčního ohřevu do technologického postupu u vhodné zvolených výrob lze zvýšit produktivitu práce několikanásobně. Podle mnoha dílčích ekonomických rozborů je návratnost investičních nákladů u vysokofrekvenčních zařízení dva měsíce až dva roky. K dalším kladným ukazatelům mimo ekonomické patří např. zlepšení pracovního prostředí, zavedení tepelných operací do výrobních linek, vznik zcela nových výrobních postupů atd. [4].

Princip vysokofrekvenčního dielektrického ohřevu lze nejjednodušeji vysvětlit tímto: Molekuly uvažovaných druhů materiálů se vložením do elektrického pole chovají jako elektrické dipóly. Snaží se sledovat rychlé změny elektrické polarity, čímž mění svoji vzájemnou polohu za současného překonávání vzájemného tření. Tím vzniká uvnitř materiálu teplo, jehož zdrojem je vysokofrekvenční energie, pohlcovaná ohřívanou látkou. Směr prostupu tepla je opačný než při ostatních způsobech ohřevu (z vnitřku ven), teplotní i vlhkostní gradient působí v souhlasném směru.

Vysokofrekvenční výkon, absorbovaný v objemové jednotce daného materiálu, lze vyjádřit vztahem:

$$p = 2\pi \epsilon_0 \epsilon_r \operatorname{tg} \delta \cdot f \cdot E^2 = 0,556 \epsilon_r \operatorname{tg} \delta \cdot f \cdot E^2 \quad (1)$$

kde:  $p$  = vysokofrekvenční výkon spotřebovaný v  $1\text{ cm}^3$  materiálu ( $\text{W}/\text{cm}^3$ )

$\epsilon_r$  = poměrná dielektrická konstanta materiálu

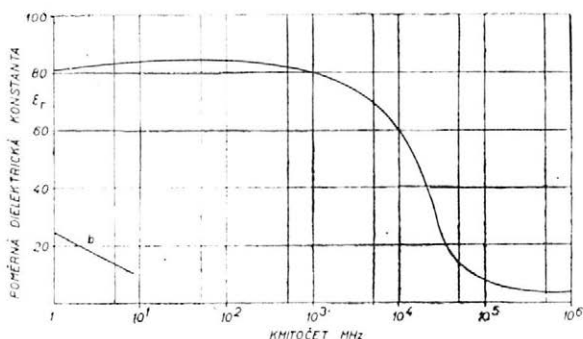
$\operatorname{tg} \delta$  = ztrátový činitel materiálu

$f$  = kmitočet v MHz

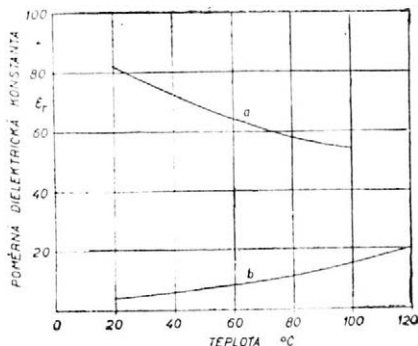
$E$  = intenzita elektrického pole (gradient) v  $\text{kV}/\text{cm}$

První dva parametry vztahu (1) jsou dány fyzikálními vlastnostmi ohřívaného materiálu, zbylé dva jsou určeny především vlastnostmi zdroje vysokofrekvenční energie.

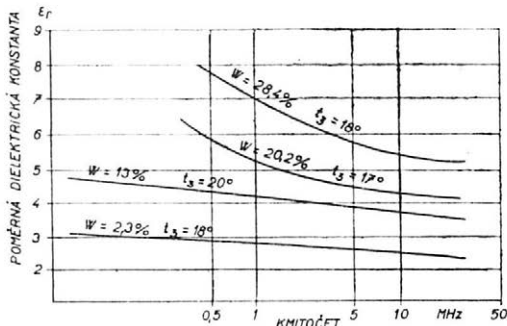
Avšak ani  $\epsilon_r$  a  $\operatorname{tg} \delta$  nejsou konstantami. Jejich hodnota závisí též na kmitočtu, teplotě, obsahu vlhkosti apod. Jsou známy jen pro některé materiály v omezeném kmitočtovém rozsahu (např. [3, 5]). Některé závislosti jsou uvedeny na obrázcích 1 až 4.



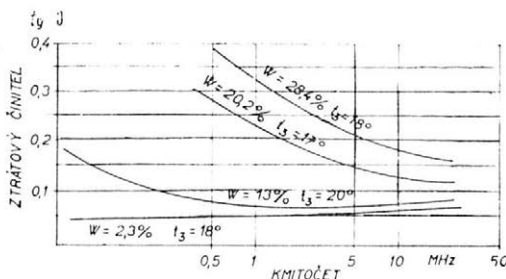
1. a — Poměrná dielektrická konstanta vody v závislosti na kmitočtu, teplota vody 19°C  
b — Poměrná dielektrická konstanta usně v závislosti na kmitočtu, vlhkost 20%, teplota 17°C



2. a — Poměrná dielektrická konstanta vody v závislosti na teplotě, kmitočet 10—30 MHz  
b — Poměrná dielektrická konstanta jednoho druhu umělého hedvábí v závislosti na teplotě, kmitočet 50 Hz



3. Poměrná dielektrická konstanta měkké pšenice v závislosti na kmitočtu a na vlhkosti



4. Ztrátový činitel měkké pšenice v závislosti na kmitočtu a na vlhkosti

Z publikovaných hodnot vyplývá, že poměrná dielektrická konstanta vody ( $\epsilon_r \approx 80$ ) je přibližně desetinásobkem a ztrátový činitel vody ( $\operatorname{tg} \delta \approx 1$ ) několika-násobkem průměrné hodnoty ostatních uvedených materiálů. Zdá se pak přirozené, že ztrátový činitel i poměrná dielektrická konstanta různých látek roste s obsahem vlhkosti (vody).

Pro potřeby dezinfekce má zvláštní důležitost to, že ztrátové číslo  $\epsilon_r \operatorname{tg} \delta$  obilí a těl obilních škůdců má podstatně různé hodnoty vzhledem k tomu, že obsah vody v tělech obilních škůdců je mnohem vyšší než její obsah v obilí. Při působení vysokofrekvenčního pole na obilí, napadené obilními škůdci, se v těle

škůdců absorbuje mnohem více vysokofrekvenční energie než v obilí a škůdci hynou dříve, než se teplota ciblí zvýší nad přípustnou hranici.

Podle vztahu (1) roste absorbovaný výkon (a tím i rychlost ohřevu) v ohřívané látce s rostoucím kmitočtem a čtvercem intenzity elektrického pole, závislé na výkonu vysokofrekvenčního zdroje. U dielektrického ohřevu na kmitočtu několika desítek MHz (vysokofrekvenční generátory s klasickými mřížkovými elektronkami) je u materiálů s nízkou hodnotou ztrátového čísla  $\varepsilon_r \cdot \operatorname{tg} \delta$  rychlost ohřevu omezena maximálně přípustnou hodnotou intenzity elektrického pole, nemá-li vzniknout nežádoucí průraz vzduchem. Použijeme-li jako zdrojů vysokofrekvenční energie generátorů pracujících v mikrovlnném pásmu (nad 1000 MHz), je jejich kmitočet tak vysoký, že omezení dané průrazem vzduchem je prakticky vyloučeno.

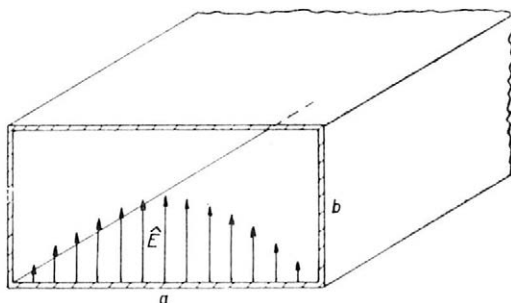
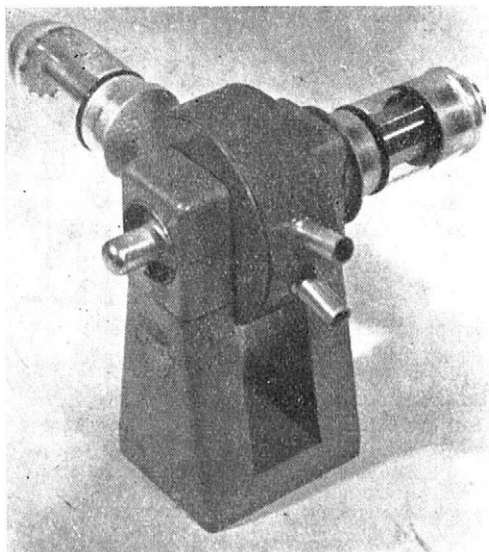
Konstrukčně nejjednoduššími a neúčinnějšími zdroji mikrovlnné energie pro průmyslové aplikace jsou speciální elektronky, nazývané *magnetrony*. Jsou to v podstatě kompletní generátory se zabudovanými vysokofrekvenčními obvody, pracující po připojení na předepsané napětí. Jeden typ magnetronu pro průmyslové aplikace je uveden na obrázku 5.

Mikrovlnnou vysokofrekvenční energii vedeme vlnovody nebo koaxiály. Uvedené druhy vodičů umožňují vést vysokofrekvenční energii ve formě elektromagnetického pole v žádaném směru a zamezují vyzařování této energie do okolního prostoru. Vysokofrekvenční energie se může ve vlnovodech šířit s různým prostorovým uspořádáním elektromagnetického pole. Jedním z nejčastěji užívaných tvarů vlnovodů je vlnovod obdélníkového průřezu (obr. 6).

Rozměry vlnovodu volíme s ohledem na užitou vlnovou délku (kmitočet) tak, aby nemohlo dojít k vytvoření několika vidů současně. Volíme-li rozměry vlnovodu tak, že jsou splněny podmínky

$$a < \lambda < 2a \quad b = \frac{a}{2} \quad (2)$$

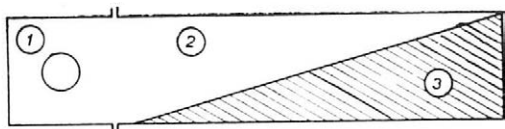
kde  $\lambda$  = vlnová délka,



6. Obdélníkový vlnovod. Vid  $TE_{01}$   
 $\vec{E}$  — intenzita elektrického pole

5. Magnetron typu 60 SA 51 s permanentním magnetem

může se tímto vlnovodem šířit elektromagnetická vlna jenom s takovým rozložením polí, že elektrické pole směřuje rovnoběžně s užší stěnou vlnovodu, s maximem uprostřed (obr. 6). Elektromagnetické vlnění uvedené konfigurace je označováno jako vid  $TE_{01}$ .



7. Schéma vlnovodové bezodrazné zátěže s absorbujičím materiálem

1 – vlnovodový přechod s magnetronem; 2 – vlnovodová zátěž; 3 – část vlnovodové zátěže, vyplněná absorbujičím materiálem

intenzitou elektrického pole, je vysokofrekvenční energie pozvolna pohlcována absorbujičím látkou – elektromagnetické pole ve směru od zdroje slábne. Při vhodné délce zátěže (několik vlnových délek) se všechna vysokofrekvenční energie postupující vlnovodem absorbuje v zátěži. V opačném případě se zbylá část energie od konce zátěže odrazí zpět směrem ke zdroji. Postupující a odražená vlna vytváří stojaté vlnění s místy výrazného maxima a minima intenzity elektrického pole, slábnoucí směrem k vysokofrekvenčnímu zdroji.

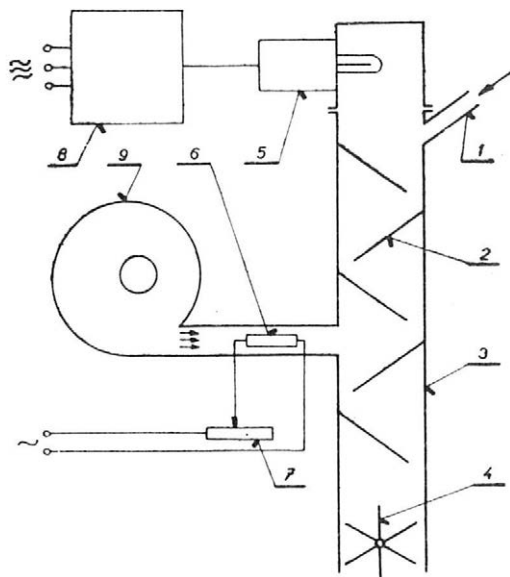
## POKUSNÉ ZAŘÍZENÍ PRO MIKROVLNNOU DEZINSEKCI

V dřívějších zahraničních pokusech s vysokofrekvenční dezinfekcí obilí se používalo vesměs triodových generátorů, pracujících na kmitočtu řádově od 1 do 30 MHz. O použití mikrovlnné energie k těmto účelům se zmiňuje až v roce 1956 Baker a kol. [6]. V ČSSR byla vydána první zpráva o mikrovlnné dezinfekci v r. 1957 [7].

Pro naše zkoušky s dezinfekcí obilí bylo navrženo a zhotoveno laboratorní zařízení, pracující s magnetronem 60 SA 51 o vysokofrekvenčním výkonu do 2 kW, pracujícím za kmitočtu v pásmu 2375 MHz ( $\lambda = 12,5$  cm). Schéma zařízení ukazuje obrázek 8.

Vývod energie magnetronu je elektricky přizpůsoben tak, aby všechna vysokofrekvenční energie dodávaná magnetronem byla převedena do vlnovodu, kterou vysokofrekvenční energie postupuje ve formě elektromagnetické vlny, je využita jako ohřívací prostor zaříze-

Jsou-li vnitřní stěny vlnovodu pokryty materiálem o vysoké elektrické vodivosti (poměděny nebo postříbřeny – stačí tloušťka několika mikronů), postupuje elektromagnetická energie vlnovodem takřka bez ztrát. V průmyslových aplikacích vyhoví i vlnovody hliníkové nebo duralové. Při uspořádání podle obrázku 7, kdy materiál se špatnou vodivostí vstupuje postupně do míst vlnovodu s maximální in-



8. Schéma magnetronového dezinfektoru  
1 – vstup obilí; 2 – kaskáda křemenných destiček; 3 – vlnovod; 4 – turniket; 5 – magnetron; 6 – ohříváč vzduchu; 7 – regulátor ohřevu vzduchu; 8 – zdroj napětí pro magnetron; 9 – ventilátor



ni. Vlnovod byl vyroben z duralové trubky obdélníkového průřezu o vnitřních rozměrech  $10,8 \times 5,4$  cm. Obilí padá do vlnovodu otvorem v boční stěně vlnovodu. Křemenné destičky o rozměrech  $5,4 \times 0,5$  cm, vložené z bočních stěn šikmo do vlnovodu, zajišťují, aby všechno obilí procházelo postupně všemi částmi vlnovodu s nestejnou intenzitou elektrického pole.

Křemen má ze všech známých materiálů nejnižší hodnotu ztrátového činitele ( $\text{tg } \delta = 2 \cdot 10^{-4}$ ) a nízkou hodnotu poměrné dielektrické konstanty ( $\epsilon_r = 4$ ). Pro prostup vysokofrekvenční energie tedy nepředstavuje téměř žádnou překážku, elektromagnetické vlnění se vlnovodem šíří tak, jako by tam křemenné destičky nebyly. Sklon destiček byl nastaven tak, aby byl zajištěn pohyb obilí samospádem a aby při průtoku obilí nedocházelo k zpětnému odrazu části vysokofrekvenční energie.

Za uvedených podmínek se vysokofrekvenční energie dodávaná magnetronem zcela absorbuje v sypajícím se obilí a obilních škůdcích. Popsané uspořádání by mělo zaručovat, že všechno obilí bude absorbovat stejnou dávku vysokofrekvenční energie.

Kovový turniketový dávkovač, instalovaný na spodním konci svislé části vlnovodu, měl zamezit případnému vyzařování neabsorbovaného zbytku vysokofrekvenční energie do okolního prostoru. Současně dovoľoval regulovat do určité míry průtočnou dobu, po kterou bylo obilí vystaveno působení vysokofrekvenčního pole. V polovině výšky svislé části vlnovodu byl přiváděn temperovaný vzduch jako medium pro obvod vodních par uvolněných při ohřevu obilí, které mohly unikat průchedy na obou koncích vlnovodu.

K pomocnému zařízení náležel ventilátor, plynoměr, termistorový teploměr, manometr, psychrometr, stopky, pomůcky pro entomologickou kontrolu a měřidla kontrolující elektrické podmínky zkoušek.

## **ZÁKLADNÍ VZTAHY PRO VÝPOČET POTŘEBNÉHO VYSOKOFREKVENČNÍHO VÝKONU A ELEKTRICKÉHO PŘÍKONU ZE SÍTĚ**

Za předpokladu, že se vysokofrekvenční výkon magnetronu absorbuje bez zbytku v ohřívané látce (promění se v teplo), platí pro dielektrický ohřev materiálu, charakterizovaného měrným teplem  $c$ , tento vztah:

$$N_m = \frac{4,18 \cdot m \cdot c \cdot \Delta T}{(t)} \quad (3)$$

kde:  $N_m$  = vysokofrekvenční výkon mikrovlnného zdroje v kW

$m$  = hmota ohřívajícího materiálu v kg

$c$  = měrné teplo v kcal/kg °C

$\Delta T$  = rozdíl konečné a počáteční teploty v °C

$t$  = doba ohřevu ve vteřinách

Magnetrony s určením pro ohřev k potřebám průmyslu mění stejnosměrnou elektrickou energii ve vysokofrekvenční s určitými ztrátami. Účinností magnetronu  $\eta_m$  rozumíme poměr mezi vysokofrekvenčním výkonem magnetronu  $N_m$  a jeho příkonem  $P_m$

$$\eta_m = \frac{N_m}{P_m} \quad (4)$$



Účinnost napájecího zdroje (tj. poměr mezi výkonem dodávaným magnetronu a výkonem odebíraným ze sítě) označme  $\eta_2$ . Pak výsledná účinnost dielektrického ohřevu  $\eta$  bude

$$\eta = \eta_m \cdot \eta_2 \quad (5)$$

a potřebný celkový příkon odebíraný ze sítě

$$P = \frac{N_m}{\eta} \quad (6)$$

Vztahy (3) a (6) jsou postačující k energetické bilanci mezi vysokofrekvenčním výkonem, potřebným elektrickým příkonem a množstvím ohřívaného obilí, je-li známo měrné teplo obilí (sušiny), obsah vody a účinnost vysokofrekvenčního zdroje. Na obrázku 9 je uvedena závislost vynesena za těchto podmínek: měrné teplo sušiny pšenice 0,311 kcal/kg °C [8] pro obsah vody 15 %, předpokládaná účinnost magnetronu 55 %, ohřátí pšenice z 20 na 50° C. Ve výpočtu předpokládáme dále, že ztráty v napájecím zdroji magnetronu jsou 10 %. Pro výpočet potřebného vysokofrekvenčního výkonu byl vztah upraven na

$$N_m = \frac{4,18 (m_1 c_1 + m_2 c_2) \Delta T}{t} \quad (7)$$

kde:  $m_1$  = hmota obilí,

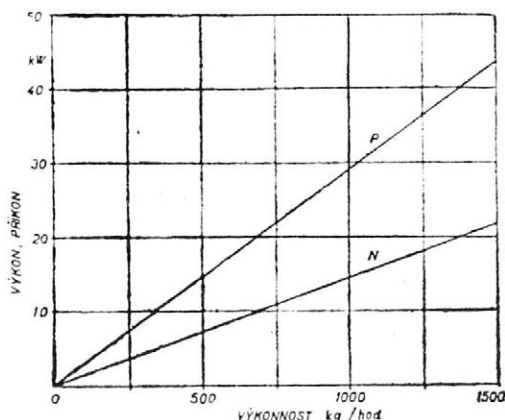
$c_1$  = měrné teplo sušiny

$m_2, c_2$  = hmota, popř. měrné teplo vody obsažené v obilí

## VLASTNÍ ZKOUŠKY

Vlastní zkoušky byly uspořádány tak, že obilí, v kterém byl určitý počet pilousů, popř. roztočů, protékalo samospádem vlnovodem. Byla kontrolována počáteční a konečná klíčivost obilí, obsah vlhkosti a počet škůdců před a po expozici. Z entomologického hlediska kontroloval zkoušky J. Půlpán z Ústředního výzkumného ústavu potravinářského průmyslu.

Z výsledků pokusů tabelárně zpracovaných do tabulky III vyplývá:



9. Množství dezinfektovaného obilí v závislosti na vysokofrekvenčním výkonu mikrovlnného generátoru (N) a v závislosti na příkonu zařízení (P)

1. Přeměna vysokofrekvenční energie v teplo:

a) Energeticky nejvýhodnějších podmínek bylo dosaženo v pokusech č. 4, 6 a 8, u kterých se příkonem zařízení 5 kW ohřálo o 1° C 0,87–0,98 kg hmoty za 1 vteřinu. Počítáme-li u pšenice s 15% obsahem vody jako měrné teplo 0,41 kcal/kg °C [8] zjistíme, že výsledná účinnost dielektrického ohřevu byla 30–34 %. V ostatních případech byla dosažena účinnost nižší. To znamená, že v těchto případech nebyl zdroj vysokofrekvenční energie dostatečně přízpůsoben na vlnovod s obilím.

b) Výsledná účinnost ohřevu byla u všech pokusů snížena použitím napájecího zdroje, pracujícího se 75% účinností

# III. Výsledky pokusů

| Číslo pokusu | Teplota obilí před pokusem (°C) | Teplota obilí po pokusu (°C) | Rozdíl teplot (°C) | Doba expozice (s) | Hmotnost obilí (g) | Množství vzduchu na sání (l) | Teplota psychrometru suchého (°C) | Teplota psychrometru vlhkého (°C) | Relativní vlhkost vzduchu (%) | Teplota vlněného vzduchu (°C) | Vlhkost obilí |           |             | Mortalita |        | Klíčivost    |           | Energie klíčení |           |
|--------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------|-------------|-----------|--------|--------------|-----------|-----------------|-----------|
|              |                                 |                              |                    |                   |                    |                              |                                   |                                   |                               |                               | před pokusem  | po pokusu | zchlazeného | pilous    | rozroč | před pokusem | po pokusu | před pokusem    | po pokusu |
|              |                                 |                              |                    |                   |                    |                              |                                   |                                   |                               |                               | %             |           |             |           |        |              |           |                 |           |
| 1            | 20,5                            | 37                           | 16,5               | 99                | 3785               | 100 1/25''                   | 22                                | 18                                | 66                            | 50                            | 17,7          | 17,7      | 17,6        |           |        |              |           |                 |           |
| 2            | 22                              | 39                           | 17                 | 63                | 1260               | 100 1/26''                   | 22                                | 18,5                              |                               | 50                            | 17,7          | 17,6      | 17,1        |           |        |              |           |                 |           |
| 3            | 22,5                            | 40,5                         | 18                 | 74                | 1145               | 100 1/26''                   | 22,5                              | 18,5                              |                               | 50                            | 17,7          | 17,6      | 17,2        |           |        |              |           |                 |           |
| 4            | 17,5                            | 42,5                         | 25                 | 100               | 3920               | 100 1/24''                   | 21                                | 18                                | 74                            | 50                            | 16,9          | 16,2      | 15,8        |           |        | 96           | 95        |                 |           |
| 5            | 26,5                            | 45                           | 18,5               | 118               | 3930               | 100 1/24''                   | 21,5                              | 18                                | 69                            | 50                            | 16,0          | 15,9      | 15,1        |           |        | 95           | 97        |                 |           |
| 6            | 20,5                            | 38                           | 17,5               | 100               | 5640               | 100 1/20''                   | 24,5                              | 14,5                              |                               | 50                            | 12,9          | 12,9      |             | 3         | 70     | 98           | 97        | 98              | 96        |
| 7            | 30                              | 57,5                         | 27,5               | 138               | 4450               | 100 1/19''                   | 25,5                              | 14,5                              |                               | 50                            | 12,9          | 12,6      |             | 100       | 100    | 98           | 99        | 96              | 96        |
| 8            | 30,5                            | 50,5                         | 20                 | 89                | 4300               | 100 1/18''                   | 23,5                              | 13,5                              |                               | 50                            | 13,5          | 13,4      |             | 100       | 100    | 98           | 99        | 97              | 96        |
| 9            | 9                               | 39                           | 30                 | 75,6              |                    | 100 1/19''                   | 24,5                              | 14                                |                               | 50                            | 14,4          | 14,0      |             |           |        | 98           | 98        | 98              | 97        |
| 10a          | 25,5                            | 43                           | 17,5               | 79,5              |                    | 100 1/19''                   | 24                                | 14,5                              |                               | 50                            | 13,6          | 13,5      |             | 27        | 100    | 98           | 98        | 98              | 97        |
| 10b          | 37                              | 48                           | 11                 | 58,2              |                    | 100 1/19''                   | 24                                | 14,5                              |                               | 50                            | 12,3          | 12,3      |             | 68        | 100    | 98           | 99        | 98              | 97        |
| 11a          | 25,5                            | 46,5                         | 26                 | 79,5              |                    | 100 1/19''                   | 24                                | 14,5                              |                               | 50                            | 13,6          | 13,5      |             | 36        | 100    | 98           | 99        | 98              | 97        |
| 11b          | 37,6                            | 43,6                         | 12,6               | 58,2              |                    | 100 1/19''                   | 24                                | 14,5                              |                               | 50                            | 12,3          | 12,3      |             | 85        | 100    | 98           | 99        | 98              | 97        |
| 11c          | 37                              | 50                           | 13,5               | 58,2              |                    | 100 1/19''                   | 24                                | 14,5                              |                               | 50                            | 12,3          | 12,3      |             | 96        | 100    | 98           | 99        | 98              | 97        |

ností. S vhodně konstruovaným napájecím zdrojem by bylo možno dosáhnout i v našich pokusech výsledné účinnosti nejméně 40 %.

2. Vliv vysokofrekvenčního pole na vnitřní jakost pokusného obilního materiálu:

Jako indikátor jakosti byly zvoleny klíčivost a klíčivá energie. Vzhledem k citlivosti těchto dvou ukazatelů byla jistota, že při zachování jejich výchozích hodnot nedojde k porušení biologické, a tudíž i nutriční hodnoty ošetřovaného materiálu; tím se nikterak neeliminuje možnost vzniku změn mlynářských a pekařských vlastností — tedy změn především fyzikálního charakteru.

Jak ukazují výsledky pokusů 6, 7, 8, 9, 10a, 10b, 11a, 11b i 11c, nedošlo nikde k prokazatelnému zhoršení klíčivosti či klíčivé energie, a to dokonce ani u těch pokusů, kdy teplota náhřevu zrna překročila evidentně, avšak jen krátkodobě, uznávané kritické hodnoty (např. v pokusu č. 7). Jako pokusného materiálu bylo použito měkké pšenice Hadmmerslebener. Ve všech případech zůstala klíčivost i klíčivá energie nad minimální hodnotou pro osiva.

3. Vliv vysokofrekvenční energie na obilní škůdce:

Jako pokusného materiálu bylo použito dospělých stadií pilousů *Calandra granaria* L. a roztočů *Tyrophagus noxius* ZACHV (podle nové nomenklatury *T. putrescenciae*). Počet pilousů v jedné zkoušce se pohyboval od 35 do 200 exemplářů, počet roztočů kolísal od 200 do 300 jedinců.

Pilousi z kontrolovaného chovu, převážně 20—40 dní starí, vykazovali po zkouškách při super kontrole charakteristickou smrt: sepnuté tarzy předního páru noh, druhý a třetí pár charakteristicky složený podle těla s mírným bočním vysunutím k spodní části těla. Tarzy vybočené, zadky povětšinou zduřelé, u samečků penis víceméně vyhrzlý. Tykadla položená pod tělo, nezkrížená volně podle nosce, se zalomenou částí směřující dopředu, avšak nosec nikdy nepřesahující. Organismus uvnitř jevil známky naprostého vysušení, takže někteří jedinci se rozpadávali, přičemž se zvláště odděloval nosec a štít s noscem. Takový typ posmrtné polohy nebyl pozorován u žádného chemického fumigantu či dezinsekčního přípravku.

U roztočů šlo zpravidla o dvě charakteristické formy zhubení: jednak o úplné vysušení organismu (spálení), takže chitínózní pokožka činila dojem hnědé krustičky nebo příškvarku, jednak byl tělní pokryv ještě zachován a chloupky na epistozomu docela dobře patrné, avšak tělní obsah byl zcela dehydratován.

Protože se obě formy vyskytovaly společně i v jednom pokusu, lze usuzovat, že svislá část vlnovodu nebyla dostatečně dlouhá pro úplnou absorpci postupující elektromagnetické vlny. Obilní škůdci byli více nebo méně vysušeni, podle toho, jak byli nad turniketem v místech s větší nebo menší intenzitou elektrického pole. U dvou zjištěných případů polohy na zádech byla zjištěna neschopnost vlastního lezení s pohybem nohou v jednom směru.

IV. Vztah mezi mortalitou a teplotou prostředí (pokusy 6, 7, 8, 10a, 10b, 11a, 11b, 11c)

|                    |    |    |      |    |      |    |      |      |
|--------------------|----|----|------|----|------|----|------|------|
| Mortalita v %      | 3  | 27 | 36   | 68 | 85   | 96 | 100  | 100  |
| Teplota obilí v °C | 38 | 43 | 46,5 | 48 | 49,6 | 50 | 50,5 | 57,5 |

S odvoláním na výsledky zkoušek, shrnuté do tabulky IV, lze uvést úzkou korelaci mezi smrtností testovaných škůdců a teplotou prostředí, kterým byl hmyz obklopen. Zvláště u *Calandra granaria* lze zřetelně pozorovat souvztažnost uvedených ukazatelů.

Kritická teplota obilí, při které docházelo ke 100% mortalitě imag *C. granaria*, byla podle vykonaných pokusů okolo 51° C. Analogicky zpřesnit letální teplotu pro *Tyrophagus noxius* se nepodařilo pro malý počet pokusů. Ze získaných dat je však patrné, že totální mortalita se projevuje v rozmezí náhřevu obilí 38–43° C, tedy při teplotě zřetelně nižší než u pilousů.

## Z A V Ě R

Vzorky pšenice s imagy pilousa černého a roztoče *Tyroglyphus noxius* byly vystaveny po dobu 58 až 138 vteřin vysokofrekvenčnímu poli buzenému magnetronem o vysokofrekvenčním výkonu 2 kW v pásmu 2375 MHz. Kontrolou rostlinného i entomologického pokusného materiálu před a po zkouškách bylo zjištěno:

1. Pilousi a roztoči, obsahující ve svých tělech podstatně více vody, se vlivem vysokofrekvenčního pole zahřívají rychleji než obilí.

2. Za podmínek, kdy dochází ke 100% mortalitě uvedených škůdců, zůstává klíčivost a klíčivá energie obilí plně zachována.

Účinnost výkonnějších typů magnetronů pro průmyslové aplikace se pohybuje v rozsahu 60–70 %. Je proto možno oprávněně předpokládat výslednou účinnost zařízení nejméně 50 %. Již v této době jsou u nás k dispozici magnetrony s vysokofrekvenčním výkonem, kterým by bylo možno realizovat zařízení pro popsanou aplikaci s kapacitou obilí, uvedenou na obrázku 9 jako maximální (tj. 1500 kg/h).

Došlo dne 15. 1. 1965

## L i t e r a t u r a

1. Bartoš, J. a kol.: Boj proti skladištním škůdcům. SZN Praha 1961. — 2. Protivová, R.: Poměrné zastoupení skladištních škůdců ve velkých obilních skladech a malých obilních sýpkách. Diplomová práce VŠZ, Praha 1960. — 3. Stivín, J. - Regner, K. - Dvořák, I. - Paukner, J.: Vysokofrekvenční ohřev v průmyslu, díl II. Dielektrický ohřev, Praha 1955. — 4. Současný stav a perspektiva indukčního a dielektrického ohřevu v ČSSR. Zpráva Výzkumného ústavu Závodů elektrotepelných zařízení, Praha 1965. — 5. Jevrejnov, M. G. a kol.: Priměnění elektrické energie v sešskom chozjajstve. Moskva 1958. — 6. Baker, V. H. - Wiant, D. E. - Taboada, O.: Some Effects of Microwaves on Certain Insects which Infest Wheat and Flour. Journal of Economic Entomology, 1956, sv. 49, č. 1: 33-37. — 7. Zpráva o zkouškách působení vysokofrekvenční energie centimetrových vln na obilí a obilní škůdce. Výzkumná zpráva VÚVET Praha 1957. — 8. Maltry, W. - Pötke, E.: Landwirtschaftliche Trocknungstechnik, Berlín 1962. — 9. Kalina, J.: Zpráva o úkolu VÚZT č. TR-47/1960.

## Дезинсекция зерна высокочастотной энергией

В настоящее время наиболее серьезными вредителями хранимого зерна являются клещи. Борьба с ними ведется или путем понижения влажности хранимого материала, или охлаждением зерна, химическими препаратами или биологическими способами. С развитием техники высокочастотного обогрева появилась дальнейшая возможность дезинсекции зерна. С точки зрения конструкции высокочастотных генераторов и проводки высокочастотной энергии оказывается выгодным применение микроволновых генераторов — магнетронов.

Для целей наших испытаний было предложено и изготовлено устройство с магнетроном высокочастотной мощности 2 квт, работающим на частоте 2375 мегагерц. Высокочастотная энергия подавалась в вертикально расположенный волновод. Волновод был сконструирован из дюралевой трубки прямоугольного сечения с внутренними размерами 108 X 54 мм. В волновод поочередно с обеих коротких боковых стен косо вставлялись кварцевые пластинки, которые обеспечивали прохождение всего зерна постепенно через все части волновода с неодинаковой интенсивностью электрического поля.

Опыты проводились с мягкой пшеницей, в которой на каждый килограмм приходилось 10—50 взрослых амбарных долгоносиков *Calandra granaria* L. и 50—80 клещей *Tyrophagus putrescentiae* ZACHV. Результаты испытаний показали тесную корреляцию между смертностью испытываемых вредителей и температурой среды, в которой находились насекомые. Критическая температура, при которой наступает 100% смертность личинок имаго *C. granaria*, равнялась 51° С. Для *T. putrescentiae* эта температура может колебаться между 38—43° С. Смерть амбарного долгоносика и клещей наступает в результате абсолютного высушивания организма. Некоторые особи прямо распадались, причем у амбарного долгоносика отделялся, в особенности, нос и щит с носом. Общий эффект диэлектрического обогрева при опытах составлял 30—34 %. Подводимой мощностью 5 квт обогрелось на 1° С в секунду 0,87—0,98 кг массы. Всхожесть и энергия прорастания после диэлектрического обогрева не менялись.

### The Disinsection of Grain by High-Frequency Power

Mites are the most serious pests for the stored grains at the time being. The methods used to control them include the moisture reduction of the grains stored, the chilling of the grains, chemical or biological measures. The development of the high-frequency heating has brought a new possibility of the grains disinsection. With respect to the design of the high-frequency generators and to the transmission of the high-frequency power, the microwave generators, i. e. the magnetrons, appear to be applied to advantage.

An equipment comprising a magnetron with a high-frequency output of 2 kW and for 2375 MHz frequency was designed for experimental purposes. The high-frequency power was transmitted into a vertically positioned waveguide, made from a duralumin pipe of rectangular cross-section and of 108 X 54 mm inside dimensions. Quartz plates were inserted obliquely into the waveguide, alternatively from both shorter side walls, to achieve that all grains would pass continually all parts of the waveguide with differing intensity of the electric field.

The experiments were carried out with soft wheat, each sample containing some 10—50 adult grain weevils *Calandra granaria* L. and 50—80 mites *Tyrophagus putrescentiae* ZACHV per 1 kg of grains. The results of the tests gave a close correlation between the death rate of the pests and the temperature of the medium surrounding the insects. The temperature at which the 100% mortality of the *Calandra granaria* occurred, was 51° C, and 38—43° C in case of the *Tyrophagus putrescentiae*. The death of both the grain weevils and mites occurred due to a full dehydration of the organism. Some of the insects disintegrated, in which case the snout and the body got separated in case of the weevils.

The total efficiency of the dielectric heating achieved 30—34 % in the experiments effected. The input of 5 kW increased the temperature of 0,87—0,98 kg of the material by 1° C/sec. There were no changes in the germination energy and germination power caused by the effects of the dielectric heating.

---

#### Adresa autorů:

Ing. Josef Kalina, ing. Stanislav Haš, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, Řepy u Prahy

Prof. Viktor Frič, Výzkumný ústav vakuové elektrotechniky, Praha-Hloubětín, Nademlejská 600

## **The Principles and Practice of Agricultural Research**

(Podstata a technika zemědělského výzkumu)

C. S. Salmon, A. A. Hanson

Vydalo nakladatelství Leonard Hill v Londýně v r. 1964. 26 obr., tabulky, bibliografie, index.

Zasvěcený přehled o historii, vývoji a současné úrovni metod zemědělského výzkumu od dvou předních amerických agronomů.

**Z obsahu:** Historie i filosofie zemědělského výzkumu; statistické metody; technika zemědělského výzkumu.

## **Agricultural Engineering, a Dictionary and Handbook**

(Zemědělská technika, encyklopedická příručka)

A. V. Farrall, C. F. Albrecht a kol.

Vydalo nakladatelství The Interstate Printers & Publishers v Danville v USA v r. 1965. Rozsah 434 str., 63 tab., index.

Encyklopedický slovník výrazů, termínů a dat užívaných v oboru zemědělské techniky, zpracovaný kolektivem 30 amerických odborníků, převážně učitelů mechanizace, a pracovníků z výzkumu a výroby zemědělských strojů.

Zahrnuje termíny a údaje z oboru motorů, zemědělských strojů, elektrických zařízení, staveb, zavlažování a meliorací, péče o půdu, dopravy materiálů, zpracování, sušení a skladování zemědělských hmot a produktů.

První část tvoří slovník výrazů a termínů s definicemi a vysvětlivkami (382 stran), zbytek tvoří tabulky nejrůznějších fyzikálních a chemických veličin z oboru zemědělské techniky a zemědělských produktů.

Publikace je určena pro široký okruh zájemců: konstruktéry, studenty, uživatele zemědělské techniky, knihovny apod.

## **Electricity in Modern Farming**

(Užití elektřiny v zemědělství)

F. E. Rowland

Vydalo nakladatelství Land Books Ltd v Londýně v r. 1963. Rozsah 318 str., 36 obr., 63 tab., lit., index.

Přehled o užití elektřiny v zemědělství, určený pro studenty, pracovníky poradenské služby v zemědělství a pracovníky zemědělských výzkumných ústavů a zařízení.

### **Z obsahu:**

Elektřina a zemědělství; elektrické instalace; osvětlení; motory; čerpadla; příprava krmiv; sušení a skladování zrna; sušení píce; chlazení a skladování ovoce a zeleniny; ohřev vody a výroba páry; chlazení mléka; výroba vajec a drůbežního masa; regulace prostředí v živočišné výrobě; zavlažování; orba a kultivace; předpisy.

## **Farm Buildings (Volume I: Techniques—Design—Profit)**

(Zemědělské stavby — Díl I.: pracovní postupy — projekce — zisk)

J. B. Weller

Vydalo nakladatelství Crosby Lockwood v Londýně v r. 1965. Rozsah 270 str., 96 fot., 127 obr., tabulky, literatura, index.

Bohatě ilustrovaná, množstvím údajů a rozsáhlými odkazy na literaturu opatřená příručka, zabývající se aplikací moderní techniky v zemědělských stavbách.

### **Z obsahu:**

Funkce zemědělských staveb; doprava a manipulace se stavebním materiálem; specializované stavby (sláma, seno, senáž a siláž, zrní, krmiva, hnojiva, odpady, brambory, stroje a nářadí); účelové stav-

by (sušárny zrna, sušárny na píce, příprava krmiv, dojírny, zpracování zemědělských produktů, dílny, balení země-

dělských výrobků); produkční stavby (výroba mléka, hovězího masa, prasata, telata, ovce, drůbež aj.).

Doc. Karel K o s k u b a  
*Vysoká škola zemědělská,  
České Budějovice*



## OBSAH

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kosek J., Pick E., Vávra A.: K otázce automatického řízení kolových traktorů . . . . .       | 311 |
| Kováčik J.: Příspěvek k vlastnostem podhušřovacích pneumatik v terénu . . . . .              | 333 |
| Radil B.: Některé poznatky o poškození brambor při strojním třídění . . . . .                | 349 |
| Kalina J., Frič V., Haš S.: Dezinfekce skladovaného obilí vysokofrekvenční energií . . . . . | 359 |
| Koskuba K.: Nové knihy . . . . .                                                             | 371 |

## СОДЕРЖАНИЕ

Косек Я., Пидк Е., Вавра А.: К вопросу автоматического управления колесными тракторами (330). — Ковачик Я.: К вопросу свойств шин переменного давления при работе в местности (347). — Радил Б.: Некоторые сведения о повреждении картофелесортировщиком (358). — Калина Й., Фрич В., Гаш С.: Дезинсекция зерна высокочастотной энергией (369). — Новые книги (371).

## CONTENT

Kosek J., Pick E., Vávra A.: Comments on the Automatic Steering of the Wheel Tractors (331). — Kováčik J.: Comments on the Properties of the Underinflated Tyres on Off-the-Road Grounds (347). — Radil B.: Some Experiences with the Bruising of Potatoes in the Course of Mechanical Sorting (358). — Kalina J., Frič V., Haš S.: The Disinsection of Grain by High-Frequency Power (370). — New books (371).

## INHALT

Kosek J., Pick E., Vávra A.: Zur Frage der automatischen Radschleperlenkung (331). — Kováčik J.: Beitrag zu den Eigenschaften der für die Reduktion des Druckes konstruierten Reifen im Gelände (348). — Radil B.: Einige Erkenntnisse über die Verletzung der Kartoffelknollen bei mechanischer Sortierung (res. E/358). — Kalina J., Frič V., Haš S.: Die Desinsektion von Getreide durch die Hochfrequenz-Energie (res. E/370). — Neue Bücher (371).

## TABLE DES MATIÈRES

Kosek J., Pick E., Vávra A.: Question du réglage automatique des tracteurs à roves (res. An, Al/331). — Kováčik J.: Contribution aux propriétés des pneus sousgonflés sur le terrain (res. An/347, Al/348). — Radil B.: Certaines données concernant l'endommagement des pommes de terre au cours du triage mécanique (res. An, Al/358). — Kalina J., Frič V., Haš S.: Désinsection des céréales stockées par l'énergie à haute fréquence (res. An, Al/370). — Livres nouveaux (371).

je věnována mechanizaci výroby chmele. V pracích a příspěvcích našich předních pracovníků na úseku mechanizace výroby chmele jsou uvedeny výsledky výzkumné práce z tohoto úseku zemědělské výroby počínaje mechanizací výsadby chmele až po kontinuální mechanizovanou sklizeň včetně sušení a žokování chmele.

Úvodní článek doc. L. Venta: *Soustava technologií při výrobě chmele v ČSSR*

uvádí mechanizované výrobní linky výsadby, podzimních i jarních prací, ochrany a kultivace a kontinuální sklizeň chmele příslušnými stroji a náradím.

Článek J. Sachla: *Mechanizace výsadby chmele*

hodnotí z technického, agronomického a ekonomického hlediska práci poloautomatického sázeče chmele čs. patentu. Stroj se již v praxi osvědčuje. Při výsadbě chmele tímto strojem vznikají úspory 810 Kčs/ha, potřeba lidské práce z 292 hodin klesá na 24 hodiny a produktivita práce se zvyšuje dvanáctkrát.

V práci Vl. Skládala a K. Makovce: *Výsledky funkčních zkoušek strojů k mechanizované přípravě půdy pro řez chmele*

jsou uvedeny výsledky zkoušek funkčního modelu speciálního jednoradličného oboustranného pluhu k základní orbě ve chmelnicích a funkčního modelu výkynného ramene na odkopávku sloupových řadů.

Zkoušky prokázaly použitelnost a vhodnost těchto strojů z hlediska jejich stability, kvality práce i bezpečnosti při práci pro příčné svahy do 7°. Stroje zpracovávají půdu v celé šíři záběru rovnoměrně, s maximálním přípustným poškozením babek 0,5 %.

Ekonomické zjištění prokázalo, že použití obou strojů ušetří, ve srovnání s dřívějším způsobem obdělávání chmelnic, 21 pracovních hodin na ha, což znamená pětinasobné zvýšení produktivity práce; finanční úspora na nákladech je 200 Kčs.

J. Sachl: *Strojový řez chmele*

Článek hodnotí činnost a práci funkčního modelu čs. stroje na řez chmele. Čtyřleté pokusy prokázaly, že při použití strojního řezu se výnosy ani kvalita chmele nezměnily. Proti starému tradičnímu způsobu řezu se produktivita práce zvýšila 10,8krát. Celkové hektarové náklady se snížily o 81,39 Kčs.

V. Fric, K. Makovec: *Technologie sušení chmele na pásových sušárnách*

Práce uvádí výsledky tříletých pokusů s technologií sušení chmele na pásových sušárnách zn. Binder & Bürgmeyer a čs. sušárně SuCH 325. Zkoušky prokázaly, že kvalita sušení obou těchto typů sušáren je totožná s kvalitou sušení chmele v komorových sušárnách.

K. Makovec, V. Fric: *Umělá úprava vlhkosti usušeného chmele před žokováním*

Práce uvádí dílčí výsledky výzkumu, jehož vyřešení bude mít velký ekonomický význam v úspoře investičních částek, v potřebě živé práce a v nákladech na posklizňovou úpravu chmele.

Dosavadní výsledky prokázaly, že vlhkost chmelových hlávek lze upravovat do tzv. rovnovážného stavu mezi vlhkostí chmele a přiváděného vzduchu do vrstvy chmele. V pokusech bude třeba dále pokračovat.