

VĚDECKÝ ČASOPIS



# ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

8

ROČNÍK 34 (LXI)  
PRAHA  
SRPEN 1988  
CENA 10 Kčs  
CS ISSN 0044-3083

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD  
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ  
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Řídí redakční rada: prof. ing. Miloslav Velebil, DrSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Vladimír Dufek, CSc., prof. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. Jiří Fiala, DrSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Dušan Hutla, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Zdeněk Pastorek, CSc., ing. Miroslav Posekaný, ing. Bohumil Studeník, CSc., prof. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Štefl, DrSc., Josef Višínský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá prof. ing. Miloslav Velebil, DrSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

## OBSAH

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Haš S., Macháčková M., Štefánik F.: Průběh sušení píce ve slunečním halovém seníku . . . . .                                             | 449 |
| Adamovský R.: Energetická náročnost hydrotermického zpracování zrnin . . . . .                                                           | 461 |
| Maleř J.: Svahová dostupnost standardních sklízecích mlátiček . . . . .                                                                  | 469 |
| Žák K., Bain J.: Pórovitost rostlinných materiálů . . . . .                                                                              | 481 |
| Petranský I., Drabant Š., Krajčovič M.: Elektrohdraulický systém pre urýchlené skúšky životnosti traktorových hydrogenerátorov . . . . . | 493 |

## INFORMACE

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Kindler P.: Seminář o objektově orientovaném programování . . . . . | 468 |
| Novotný F.: Vývoj strojů na sklizeň obilných klasů . . . . .        | 505 |

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Гаш С., Махачкова М., Штефаник Ф.: Ход сушки фуража в солнечном заловом сеннике . . . . .                                                          | 458 |
| Адамовски Р.: Энергоемкость гидротермической обработки зерновых культур . . . . .                                                                  | 466 |
| Малерж Й.: Работа на склонах стандартных зерноуборочных комбайнов . . . . .                                                                        | 478 |
| Жак К., Баин Й.: Пористость растительного материала . . . . .                                                                                      | 491 |
| Петрански И., Драбант Ш., Крайчович М.: Электрогидравлическая система для ускоренных испытаний долговечности тракторных гидрогенераторов . . . . . | 503 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Haš S., Macháčková M., Štefánik F.: The Course of Hay Drying in a Solar Hayloft of Hall Type . . . . .                                          | 458 |
| Adamovský R.: Power Demand in the Hydrothermic Processing of Grain . . . . .                                                                    | 467 |
| Maleř J.: The Gradeability of Standard Harvester-Threshers . . . . .                                                                            | 478 |
| Žák K., Bain J.: Porosity of Plant Materials . . . . .                                                                                          | 491 |
| Petranský I., Drabant Š., Krajčovič M.: An Electrohydraulic System for an Accelerated Service Life Testing of Tractor Hydrogenerators . . . . . | 504 |

S. Haš, M. Macháčková, F. Štefánek

---

HAŠ, S. — MACHÁČKOVÁ, M. — ŠTEFÁNEK, F. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha-Řepy; Výzkumný ústav poľnohospodárskej techniky, Rovinka): *Průběh sušení píce ve slunečním halovém seníku*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8): 449—459.

Při provozním ověřování slunečních kolektorů na senících typu MSP Solar byly sledovány i změny stavu vzduchu procházejícího sušenou pící. Vyhodnocením byly zjištěny sorpční izotermy; stanoveno jejich matematické vyjádření. Dále byl zjištěn vliv a vyhodnocena velikost tepla vznikajícího v pici mikrobiální činností v závislosti na podílu vlhkosti píce. Na základě naměřených hodnot a známých poznatků publikovaných jinými autory byl vypracován jednoduchý matematický model procesu sušení v halových senících.

sluneční kolektory; sorpční izoterma; biologické teplo; matematický model sušení

---

Při provozním ověřování vzduchových slunečních kolektorů (Štefánek aj., 1987) byl sledován i průběh sušení naskladněné píce a změny stavu sušícího vzduchu. Toto sledování umožnilo aplikovat v racionální formě teoretický model sušení na sušení v halovém seníku, zjistit vliv biologického tepla na průběh sušení, ověřit dříve stanovené sorpční izotermy a určit předpokládané doby dosoušení studeným i ohřátým vzduchem a potřebu energie pro dosoušení. Tato práce je základním příspěvkem ke stanovení algoritmu řízení optimálního průběhu sušení píce v halových senících s aktivním provzdušňováním.

## METODA

### TEORETICKÝ PŘÍSTUP

Většina teoretických prací z oblasti sušení řeší soustavou diferenciálních rovnic časové změny vlhkosti v libovolném místě prostorového pole (např. Jílek, 1987). Tyto práce obvykle postrádají důležité konkrétní hodnoty pro praktické výpočty, např. o velikosti biologického tepla, měrného tepla sušeného materiálu v závislosti na podílu vlhkosti, sypné hmotnosti apod.

Sušení v halových senících je pomalý proces, v němž můžeme využít značného zjednodušení teoretických vztahů a přenést sledování průběhu sušení na sledování změn stavu sušícího vzduchu. Přitom je samozřejmě nutné přijmout požadavek, že musí být splněny určité předpoklady:

- všechny vzduch vstupující do sušeného materiálu i všechno teplo se využije k sušení,
- suší se vždy jedna vrstva o tloušťce do 1,2 m,
- sušící proces probíhá od začátku v celé vrstvě píce,
- vzduch vystupující z vrstvy materiálu je s tímto materiálem v termodynamické rovnováze (jeho vlhkost je v rovnováze s vlhkostí sušeného materiálu podle sorpční izotermy; vlhkost materiálu ve vrstvě charakterizuje její střední hodnota),
- sušící vzduch proudí sušeným materiálem jen tehdy, je-li jeho relativní vlhkost nižší než rovnovážná vlhkost podle sorpční izotermy při teplotě vstupujícího vzduchu.

Kdybychom předpokládali, že teplo se sdílí do sušícího prostoru jen proudícím vzduchem, byl by průběh sušení adiabatický. Z literatury (Hall, 1980; Choc, 1986) i z našich dřívějších mě-

ření (solární seník Pavlovce nad Uhom, 1981) ovšem víme, že vlivem biologické činnosti (biomasy a termofilních bakterií) nemá v průběhu sušení změna stavu vzduchu v Mollierově  $h - x$  diagramu hodnotu  $\Delta h_s/\Delta x = 0$ , ale že se tato hodnota v závislosti na vlhkosti materiálu pohybuje v rozmezí 0 až 2200 kJ.kg<sup>-1</sup> sušícího vzduchu.

Bereme tuto skutečnost v úvahu a zavádíme další zjednodušující předpoklad, že se všechno teplo vznikající biologickou činností spotřebovuje na zvýšení entalpie vzduchu.

## VÝPOČET PRŮBĚHU SUŠENÍ

Vzhledem k tomu, že obsah vody v sušené píce se obvykle udává podílem vlhkosti (podílem hmotnosti vody k celkové hmotnosti vlhkého materiálu), vychází se ve výpočtech z této veličiny vyjádřené v procentech ( $w$ ). V bilančních výpočtech je ovšem výhodné počítat s měrnou vlhkostí píce  $u$  (podíl hmotnosti vody a hmotnosti sušiny).

Vztah mezi oběma veličinami je

$$w = 100 \frac{u}{1 + u}; \quad u = \frac{w}{100 - w} \quad (1)$$

Výchozím vztahem pro výpočet sušení je znalost rovnovážného stavu mezi vlhkostí píce a relativní vlhkostí vzduchu (sorpční izoterma). Na základě literárních údajů (Havelka, 1973; Maltry aj., 1975; Hall, 1980) jsme sorpční izotermy základních píceň stanovili vztahem:

$$\varphi_r = 100 - a \cdot \exp[-b(w + c(t - 20))] \quad (2)$$

kde:  $a, b, c$  — konstanty (uvedené v tab. I)

$t$  — teplota sušeného materiálu

Zjednodušeně předpokládáme, že na začátku sušení se teplota materiálu rovná teplotě vzduchu vycházejícího z kolektoru  $t_{fe}$  a v průběhu sušení teplotě vzduchu vystupujícího ze sena  $t_z$  ( $t_s$ ).

Při řešení průběhu sušení ve slunečním seníku předpokládáme, že celkový průtok vzduchu kolektorem je určen počtem zapnutých ventilátorů. Jsou-li zapnuty ventilátory v  $a$  sekcích, je celkový hmotnostní průtok vzduchu

$$M_L = aQ q_1 \quad (3)$$

$$Q = \frac{3,49 \cdot 10^{-3} \cdot p}{273 + t_{fe}} \quad (3a)$$

Dále je nutné znát hmotnost sušiny, což je

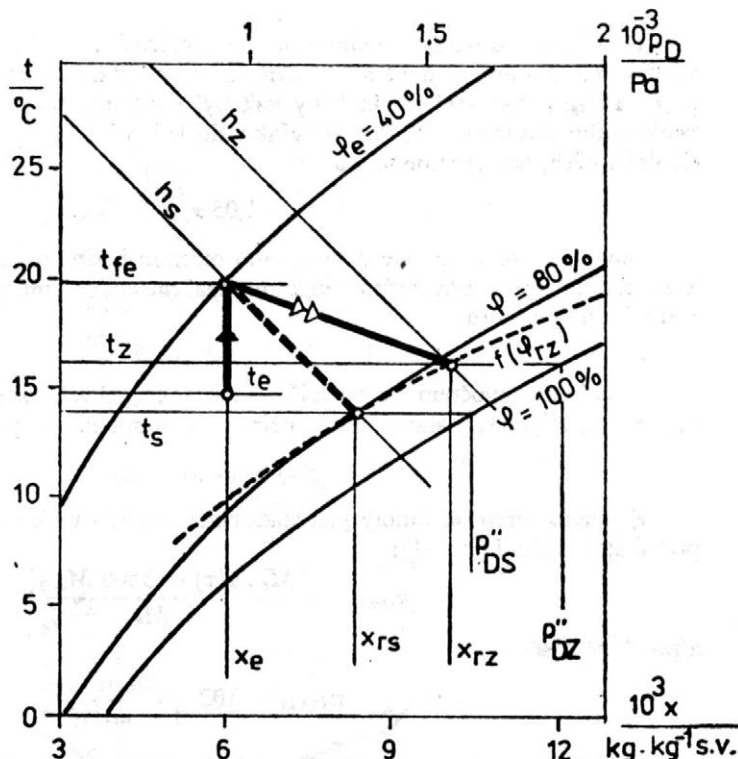
$$M_s = a\mu S_1 h_p \quad (4)$$

Zavědlá píce má na začátku sušení podíl vlhkosti  $w_p$ . Z rovnice sorpční izotermy (2) stanovíme odpovídající rovnovážnou vlhkost vzduchu  $\varphi_r(p)$ . Píce se suší jen tehdy, je-li

I. Konstanty pro stanovení sorpčních izoterm základních druhů píce — Constants for determining the sorption isotherms of the basic forage species

| Píce          | a      | b       | c      |
|---------------|--------|---------|--------|
| Vojtěška      | 137,10 | 0,07354 | 0,0833 |
| Jetel červený | 245,78 | 0,01347 | 0,0895 |
| Tráva         | 148,14 | 0,08243 | 0,1334 |

1. Změny stavu vzduchu při sušení píce [▲ — ohřev vzduchu v kolektoru; ▽ — změny stavu vzduchu při průchodu sušenou píčí;  $f(\varphi_{rz})$  — průběh teplotní závislosti rovnovážných vlhkostí vzduchu (pro daný podíl vlhkosti materiálu)] — Changes in the state of air during the drying of herbage [▲ — air heating in the collector; ▽ — changes in the state of air during passage through the herbage to be dried;  $f(\varphi_{rz})$  — the dependence of balanced air humidities on temperature (for a given moisture content of herbage)]



relativní vlhkost sušícího vzduchu menší než rovnovážná relativní vlhkost  $\varphi_r$  podle izoterm:

$$\varphi_{r(t)} > \varphi_{fe} \text{ (popř. } \varphi_e) \quad (5)$$

Kdyby sušení probíhalo adiabaticky, byla by entalpie vzduchu vystupujícího ze sena  $h_s$  stejná jako entalpie vzduchu do sena vstupujícího (obr. 1). Vstupující vzduch je charakterizován teplotou  $t_{fe}$  (popř.  $t_e$ ) a měrnou vlhkostí  $x_e$  (je stejná pro venkovní vzduch i pro vzduch ohřátý v kolektoru). Pro ohřátý vzduch je tedy v čase  $\tau$ :

$$h_{s(\tau)} = 1,01 t_{fe(\tau)} + (2500 + 1,84 t_{fe(\tau)}) x_{e(\tau)} \quad (5a)$$

Pro stanovení intenzity sušení musíme znát možný sytostní doplněk vzduchu (to je přírůstek měrné vlhkosti vzduchu při průchodu sušeným materiálem). K jeho výpočtu musíme najít hodnotu měrné vlhkosti  $x_{rs}$ , které dosáhne vzduch při rovnovážném stavu (tj. relativní vlhkost  $\varphi_r$  při teplotě  $t_s$ ). Výpočet je možný iterační metodou těmito rovnicemi (Chyský, 1977):

$$h_{s(\tau)} = 1,01 t_{s(\tau)} + (2500 + 1,84 t_{s(\tau)}) x_{rs(\tau)} \quad (5b)$$

$$x_{rs(\tau)} = 0,622 \frac{\varphi_{rs(\tau)} p''_{DS}/100}{98,1 \cdot 10^{-3} - \varphi_{rs(\tau)} p''_{DS}/100} \quad (6)$$

$$\log p''_{DS} = \frac{658 + 10,24 t_{s(\tau)}}{236 + t_{s(\tau)}} \quad (7)$$

a rovnicí sorpční izoterm (2) pro teplotu vzduchu  $t_{s(\tau)}$ .

Při výpočtu dosadíme hodnotu  $h_{s(\tau)}$  z rovnice (5a), volíme  $t_{s(\tau)} < t_{fe(\tau)}$  a opakujeme výpočet tak dlouho, až dojdeme k rovnosti všech vztahů. Tím je stanovena hodnota  $t_{s(\tau)}$ ,  $\varphi_{rs(\tau)}$  a  $x_{rs(\tau)}$ . Sytostní doplněk by pak byl rozdílem hodnoty  $x_{rs(\tau)}$  a měrné vlhkosti venkovního vzduchu  $x_{e(\tau)}$ . Protože však v důsledku biologického tepla může být sytostní doplněk větší, odhadneme jej na

$$s'(\tau) = 1,05 x_{rs(\tau)} - x_{e(\tau)} \quad (8)$$

Biologické teplo je charakterizováno měrnou hodnotou  $q_z$ , závislou na podílu vlhkosti píce a vztaženou na jeden kilogram odpařené vody. Toto teplo zvýší entalpii sušícího vzduchu na hodnotu

$$h_{z(\tau)} = h_{s(\tau)} + q_z \cdot s' \quad (9)$$

Iteračním výpočtem na základě rovnic analogických vztahů (2), (5b), (6), (7) (pro  $\varphi_{rz}$ ,  $h_z$ ,  $t_z$ ,  $p''_{Dz}$ ,  $x_{rz}$ ) stanovíme konečnou hodnotu  $x_{rz}$  a sytostní doplněk vzduchu je

$$s(\tau) = x_{rz(\tau)} - x_{e(\tau)} \quad (10)$$

Z bilance přenosu hmoty pak stanovíme měrnou vlhkost materiálu v první hodině po zahájení sušení ( $\tau + 1$ ):

$$u_{(\tau+1)} = \frac{M_s \cdot u(\tau) - 3600 M_L s(\tau)}{M_s} \quad (11)$$

a podíl vlhkosti

$$w_{(\tau+1)} = 100 \frac{u_{(\tau+1)}}{1 + u_{(\tau+1)}} \quad (12)$$

Výpočet opakujeme v tolika krocích (zpravidla po hodinách), až sušený materiál dosáhne požadované konečné skladovací vlhkosti  $w_s$ . Počet kroků je hodnota  $\tau_s$ , která představuje dobu aktivního sušení (kdy jsou zapnuty ventilátory).

Pro kvalitu usušené píce je rozhodující celková doba sušení, od zahájení až do doby, kdy je dosaženo skladovací vlhkosti, včetně doby všech přestávek sušení (kdy  $\varphi_r \leq \varphi_{fe}$ ). Celkovou dobu sušení vyjadřujeme v hodinách ( $\tau_{ch}$ ) nebo v počtu dní ( $\tau_{cd}$ ).

Z uvedených údajů určujeme potřebu energie na sušení. Množství energie pro pohon ventilátorů je

$$W_E = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot a \cdot P_V \cdot \tau_s \quad [\text{GJ}] \quad (13)$$

množství tepelné energie pro dosušení je

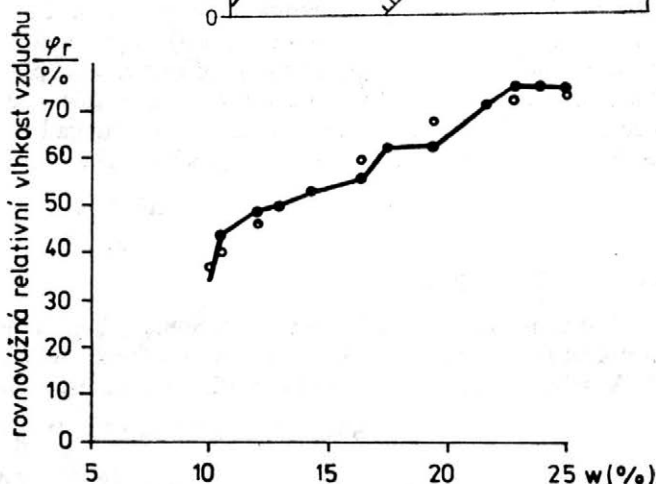
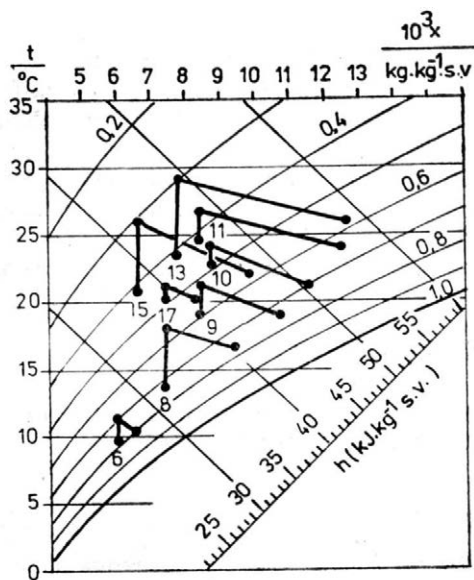
$$W_T = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \tau_s P_{T(\tau)} \quad [\text{GJ}] \quad (14)$$

## EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ

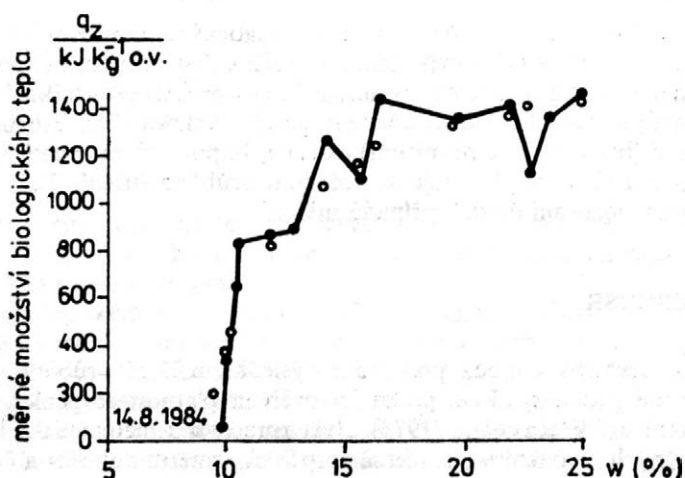
Průběh sušení byl sledován při ověřování vzduchových slunečních kolektorů v halo-vých senicích typu MSP Mostárna Hustopeče. Kromě parametrů vzduchu na výstupu z kolektorů byly sledovány i změny vzduchu vycházejícího z dosušené píce těsně nad jejím povrchem. Píce byla ukládána na rošty dvou sušících polí o celkové ploše 216 m<sup>2</sup>. Byla naskladňována po celé ploše roštů jerábem tak, aby její vrstva byla vždy v rozmezí 1,0 až 1,2 m, po usušení 0,95 až 1,1 m. Pravidelně po jedné až dvou hodinách se na pěti místech sušících polí odebíraly vzorky píce z hloubky 0,1 až 0,3 m pod povrchem a zjišťoval se podíl jejich vlhkosti. Na stejných místech byla na povrchu vrstvy měřena aspiračním psychrometrem Term teplota a vlhkost vystupujícího vzduchu.

Abychom mohli ověřit soulad matematického modelu sušení, vypočítávali jsme od začátku sušení jeho průběh. Pro vkládané hodnoty naměřených teplot a vlhkostí

2. Denní průběh změn teplot a vlhkosti vzduchu při sušení píce ve slunečním seníku s kolektorem H 1 Banská Bystrica — Hronsek, 14. 8. 1984 [(podíl vlhkosti píce ráno v 6.00 h — 22,8 %, večer v 17.00 h — 14,1 %); čísla v diagramu jsou hodiny dne] — The daily pattern of changes in air temperatures and humidities during the drying of herbage in a solar hayloft with H 1 Banská Bystrica collector — Hronsek, August 14, 1984 [(moisture content of herbage at 6.00 h in the morning — 22,8 %, at 17.00 h — 14,1 %). Figures in the diagram are hours of the day]



3. Závislost rovnovážné relativní vlhkosti vzduchu  $\varphi_r$  a biologického tepla  $q_z$  sdíleného procházejícím vzduchu na hodnotě podílu vlhkosti píce  $w$  (●—● naměřené hodnoty; ○ ○ modelové hodnoty při teplotách píce 10–26 °C) — The dependence of balanced relative air humidity  $\varphi_r$  and biological heat  $q_z$  transmitted to the drying air on the moisture of forage  $w$  (●—● recorded values; ○ ○ model values at forage temperatures from 10 to 26 °C)



vstupujícího vzduchu byly vypočítávány teploty, měrné i relativní hodnoty vlhkosti vzduchu. V přírodních kanálech byly zjišťovány průtoky vzduchu. Ze vzorků usušené píce o objemu 0,8 až 1,0 m<sup>3</sup> byla přepočtem na nulový podíl vlhkosti stanovena sypná hmotnost sušiny materiálu.

Naměřené i vypočtené hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu byly zaznamenávány do Mollierova  $h - x$  diagramu. Pro jednotlivé podíly vlhkosti materiálu byly pomocí závislosti sorpční izoterm vyhledávány rovnovážné vlhkosti vystupujícího vzduchu, které byly porovnávány s vlhkostí naměřenou.

## VÝSLEDKY

### OVĚŘENÍ ZMĚN STAVŮ VZDUCHU PŘI PRŮTOKU KOLEKTOREM A VRSTVOU SUŠENÉHO SENA

Na obr. 2 je příklad změn stavů vzduchu v průběhu jednoho dne při sušení píce (trávy) v halovém seníku se slunečními kolektory. Číslo u jednotlivých čar stavových změn značí hodiny dne. V diagramu lze tedy sledovat časový průběh změn, především hodnoty nasycení vzduchu (relativní vlhkosti) po průchodu vrstvou sušené píce, hodnoty sytostního doplnku vzduchu, hodnoty přírůstku entalpie proti adiabatickému stavu. Jelikož máme k dispozici pro jednotlivé hodiny dne i zjištěné podíly vlhkosti píce, můžeme vytvořit závislost relativní vlhkosti vzduchu nad vrstvou píce na podílu vlhkosti píce (sorpční izotermu) a závislost biologického tepla

$$q_z = \frac{\Delta h}{x_{rz} - x_e} \quad (15)$$

na podílu vlhkosti píce.

Obě závislosti jsou uvedeny na obr. 3. Spojené body značí zjištěné hodnoty. Kroužky v průběhu sorpční izoterm jsou hodnoty vypočtené podle rovnice (2).

Analýzou hodnot zjištěného biologického tepla byla stanovena regresní závislost

$$q_z = 13\,333 (-7,2 \cdot 10^{-2} + 0,308 B - 0,121 B^2) \quad (15a)$$

$$B = 1 - \exp \{-0,161 [f(\tau) - 7,4]\} \quad (15b)$$

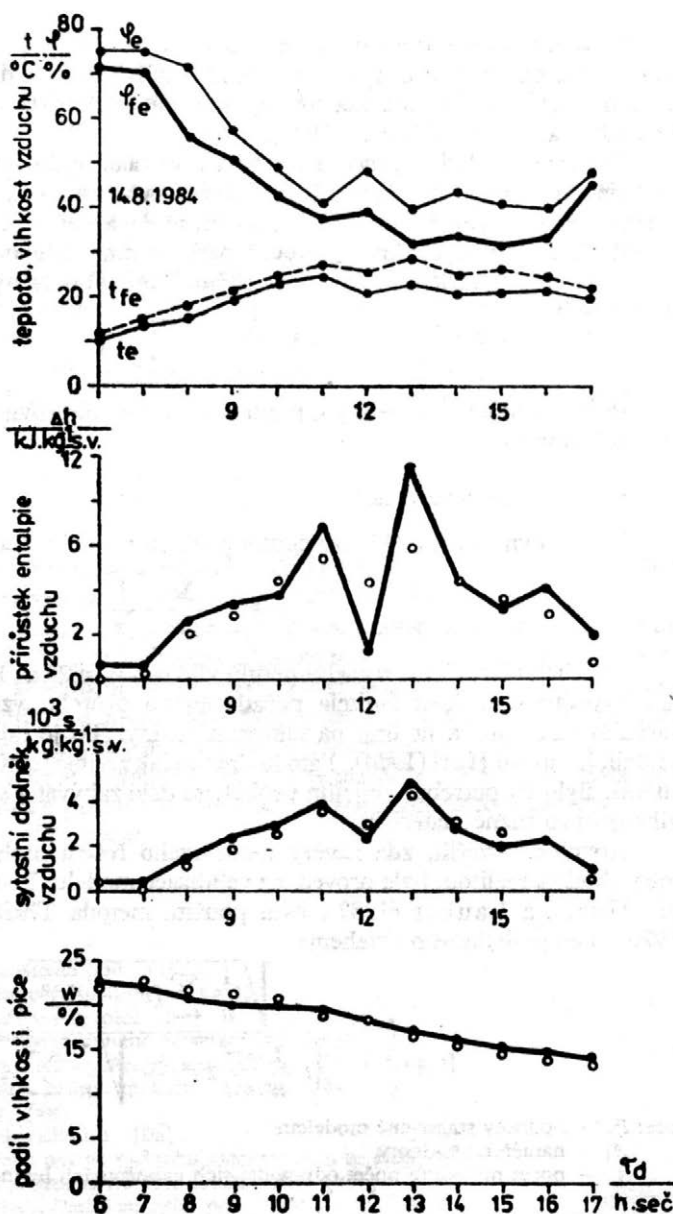
platná pro  $w \geq 8,2 \%$ ; pro  $w < 8,2$  je vždy  $q_z = 0$ .

Použijeme-li hodnoty  $q_z$  a matematickým postupem uvedeným v metodické části (rovnice (1) až (12)) vypočítáme průběh sušení, dostaneme hodnoty označené v grafech na obr. 4 kroužky. Je zde vyznačen časový průběh sytostního doplnku vzduchu, přírůstku entalpie vzduchu a časové změny podílu vlhkosti píce. Srovnání s naměřenými hodnotami (body spojené přímkami) ukazuje, že použitý matematický model sušení se s dostatečnou těsností přibližuje skutečnému průběhu sušení. Tento závěr byl potvrzen i při vyhodnocování dalších případů měření.

## DISKUSE

Zvolená metoda porovnání výsledků měření průběhu sušícího procesu přinesla cenné poznatky. Byla prakticky ověřena platnost sorpčních izoterm pro luční trávu, které uvádí Havelka (1973). Byla zpracována matematická interpretace těchto rovnovážných charakteristik, včetně sorpčních izoterm vojtěšky a červeného jetele, získaných

4. Denní průběh teploty ( $t$ ) a relativní vlhkosti ( $\varphi$ ) venkovního vzduchu (index  $e$ ), vzduchu ohřátého v kolektoru (index  $fe$ ), přírůstku entalpie vzduchu ( $\Delta h$ ) vlivem biologického tepla vznikajícího ve vrstvě píce, sytostního doplnku vzduchu procházejícího vrstvou sušené píce ( $s$ ), změny podílu vlhkosti vrstvy sušené píce ( $w$ ) (●—● naměřené hodnoty; ○ ○ modelové hodnoty) — The daily pattern of temperature ( $t$ ) and relative humidity ( $\varphi$ ) of outdoor air (index  $e$ ), air heated in collector (index  $fe$ ), and air enthalpy increment ( $\Delta h$ ) as a result of the biological heat generated inside the layer of forage, the saturation deficit of the air passing through the layer of forage to be dried ( $s$ ), and changes in the moisture content in the layer of forage to be dried ( $w$ ) (●—● recorded values; ○ ○ model values)



z uvedených literárních pramenů. Zjištěná funkční závislost je dobře použitelná pro nízké teploty vzduchu (do 60 až 80 °C), které se mohou vyskytovat i v nízkoteplotních sušárnách, např. při používání odpadního tepla.

Zjištěné poznatky o biologickém teple vznikajícím ve zkoumané oblasti podílů vlhkosti (do 25 %) zřejmě již jen činnosti aerobních bakterií vcelku dobře navazují na údaje, které uvádí Hall (1980) pro oblast podílů vlhkosti nad 40 %, kde se k bakteriální činnosti přidává teplo vyvolané dýcháním buněčné struktury zelené píce.

Užitečné je i ověření skutečného průběhu sušení a zjištění postačující shody se zjednodušeným modelem. Tím je umožněno využít tohoto modelu i k mikropočítačo-

vému řízení sušicího procesu v halových sušárnách, pokud se bude používat technologie sušení nízkých vrstev materiálu (seno cca 1,0 až 1,2 m, obilí do 0,6 m) v aktivních sušících zónách. Takové sušení má značný vliv na kvalitu produktů a je dnes všeobecně doporučováno (Hall, 1980; Sladký, 1984).

Pro řízení sušicího procesu je třeba znát také optimální průtok vzduchu sušeným materiálem, aby se zajistila maximální možná rychlost sušení. Rychlost sušení, tj. časová změna měrné vlhkosti sušeného materiálu, je dána nejen faktory sušicího prostředí, ale i součinitelem přenosu hmoty (vodní páry) z materiálu do sušicího prostředí. Tento součinitel lze vyjádřit tak, že přímo určuje optimální průtok vzduchu. Z rovnice (11) lze odvodit:

$$\frac{\Delta u}{\Delta \tau} = \frac{M_L}{M_S} \cdot s \quad (15)$$

Průtok vzduchu potřebný k tomu, aby se dosáhlo rovnovážného vlhkostního stavu, lze určit rovnici

$$M_L = k \cdot M_S \quad (16)$$

kde:  $k$  — činitel průtoku vzduchu

Podle rovnic (15) a (16) lze činitel průtoku vzduchu stanovit výrazem

$$k = \frac{\Delta u}{\Delta \tau} \cdot \frac{1}{s} \quad (17)$$

V našich měřeních v rozsahu podílů vlhkosti píce 25 až 12 % byla ze zjištěných hodnot vypočtena velikost činitele požadovaného průtoku vzduchu  $k = 4,52 \pm 0,22$  kg sušicího vzduchu za hodinu na kilogram sušiny. To je hodnota, která dobře souhlasí s údaji, jež uvádí Hall (1980). Tato hodnota však zřejmě není konstantní v celém průběhu sušení. Bylo by potřebné se jejím průběhem dále zabývat a stanovit ji jako funkci podílů vlhkosti pro různé materiály.

Abychom ověřili, zda závěry modelového řešení mohou prokazovat uspokojivou míru shody s realitou, byla provedena validizace modelu. Podle doporučení, které uveřejnili Hušek a Lauber (1987), byla použita metoda Theilova koeficientu  $U$  (Theil, 1970). Ten je definován vztahem:

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_i - A_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum P_i^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \sum A_i^2}} \quad (18)$$

kde:  $P_i$  — hodnoty stanovené modelem

$A_i$  — naměřené hodnoty

$n$  — počet měření (a počet odpovídajících vypočtených hodnot)

II. Vypočtené hodnoty koeficientů Theilova testu pro validizaci modelu sušení ve slunečních senících — The values of the Theil test coefficients for validating the model of drying in the solar haylofts

| Veličina                   |             | $U$   | $U_M$ | $U_S$ | $U_C$ | $R$   |
|----------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sytostní doplněk           | $s$         | 0,084 | 0,014 | 0,002 | 0,983 | 0,934 |
| Biologické teplo           | $q_z$       | 0,063 | 0,224 | 0,022 | 0,753 | 0,960 |
| Změna entalpie             | $\Delta h$  | 0,186 | 0,044 | 0,121 | 0,834 | 0,796 |
| Podíl vlhkosti píce        | $w$         | 0,016 | 0,005 | 0,017 | 0,982 | 0,992 |
| Rovnovážná vlhkost vzduchu | $\varphi_r$ | 0,019 | 0,003 | 0,037 | 0,960 | 0,981 |

Koeficient  $U$  je testem neshody. Je-li jeho hodnota rovna jedné, dává model nesprávné hodnoty. Při  $U = 0$  je shoda modelu a reality ideální.

Je-li  $0 < U < 1$ , hodnotí se, zda neúplná shoda je vlivem aktuálních hodnot ( $U_M$ ), vlivem jejich rozptylu ( $U_S$ ) nebo vlivem menší těsnosti modelového a reálného průběhu (kovariance  $U_C$ ). V ideálním případě je  $U_M = U_S = 0$ ,  $U_C = 1$ .

Zjištěné hodnoty Theilova testu pro časové závislosti možného sytostního doplnku vzduchu  $s$ , měrného množství biologického tepla  $q$ , zvýšení entalpie vzduchu vlivem biologického tepla  $\Delta h$ , podílu vlhkosti píce  $w$ , rovnovážné relativní vlhkosti vzduchu vystupujícího z píce  $\varphi_r$  jsou v tab. II. Je zde uveden jak výsledný Theilův koeficient  $U$ , tak jeho pomocné složky a korelační koeficient  $R$ . Základní koeficient  $U$  ukazuje, že shoda modelu s reálnými hodnotami je ve všech případech velmi blízká a použití modelu pro sledované účely a dané podmínky je velmi uspokojivé. Přesnější vyjádření by mohlo být nalezeno pro závislost biologického tepla, ale k tomu je možné dospět jen řadou dalších pokusů.

## ZÁVĚR

Výsledky výzkumné práce jednak umožňují přímou aplikaci v praxi, jednak mohou být metodickým návodem na způsob ověřování rovnovážných charakteristik a závislostí biologického tepla pro další pícniny i pro jiné sušené zemědělské materiály. Dále bude užitečné využít modelového řešení průběhu pro analýzu sušení sena v halových senících s různými typy slunečních kolektorů, za různých povětrnostních podmínek, orientace seníku, způsobů naskladnění píce apod. Stejným způsobem bude vhodné hodnotit i jiné netradiční zdroje energie pro dosušení v halových sušárnách a zabývat se vztahy mezi uplatněním různých zdrojů a změnou kvality materiálů. To umožní zpracovat z nových pohledů i ekonomické problémy využívání netradičních zdrojů energie, jejich společenskou i ekonomickou efektivnost.

## Seznam symbolů a veličin

|                        |                                                                                                                               |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a$                    | — počet aktivních sušících polí [1]                                                                                           |
| $h_e$                  | — entalpie venkovního vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]                                                            |
| $h_p$                  | — výška naskladněné vrstvy píce [m]                                                                                           |
| $h_{s1}, h_{s2}$       | — entalpie vzduchu vystupujícího ze sena [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]                                                 |
| $k$                    | — činitel průtoku vzduchu sušeným materiálem [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]                         |
| $M_L$                  | — celkový hmotnostní průtok suchého vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ]                                               |
| $M_s$                  | — hmotnost sušiny [kg]                                                                                                        |
| $p$                    | — barometrický tlak vzduchu [Pa]                                                                                              |
| $p''_{D_s}, p''_{D_z}$ | — tlak sytých vodních par ve vzduchu vystupujícím ze sena [Pa]                                                                |
| $P_T$                  | — okamžitý výkon otopného zařízení (kolektorů) [kW]                                                                           |
| $P_V$                  | — příkon ventilátoru jednoho sušícího pole [kW]                                                                               |
| $q_1$                  | — objemový průtok vzduchu jedním sušícím polem [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]                                           |
| $q_z$                  | — měrné množství biologického tepla, které ohřívá vzduch, vztažené na 1 kg odpařené vody [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] |
| $s, s'$                | — sytostní doplněk vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]                                                               |
| $S_1$                  | — plocha jednoho sušícího pole [ $\text{m}^2$ ]                                                                               |
| $t_e$                  | — teplota venkovního vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ]                                                                           |
| $t_{fe}$               | — teplota vzduchu ohřátého kolektorem [ $^{\circ}\text{C}$ ]                                                                  |
| $t_{s1}, t_{s2}$       | — teplota vzduchu vystupujícího ze sena [ $^{\circ}\text{C}$ ]                                                                |
| $u$                    | — měrná vlhkost píce [ $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]                                                                     |
| $u_r$                  | — rovnovážná měrná vlhkost píce [ $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]                                                          |
| $w$                    | — podíl vlhkosti píce [%]                                                                                                     |
| $w_p$                  | — počáteční (vstupní) podíl vlhkosti [%]                                                                                      |
| $w_r$                  | — rovnovážný podíl vlhkosti [%]                                                                                               |
| $w_s$                  | — konečný (skladovací) podíl vlhkosti [%]                                                                                     |

|                    |                                                                                                                 |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $W_E$              | — celková spotřeba elektrické energie pro pohon ventilátoru za dobu sušení [GJ]                                 |
| $W_T$              | — celková potřeba tepelné energie pro sušení píce [GJ]                                                          |
| $x_e$              | — měrná vlhkost venkovního vzduchu [kg.kg <sup>-1</sup> ]                                                       |
| $x_{rs}$           | — rovnovážná měrná vlhkost vzduchu vystupujícího ze sena při adiabatickém průběhu sušení [kg.kg <sup>-1</sup> ] |
| $x_{rz}$           | — rovnovážná měrná vlhkost vzduchu vystupujícího ze sena při produkci biologického tepla [kg.kg <sup>-1</sup> ] |
| $\mu$              | — sypaná hmotnost sušiny naskladněné píce [kg.m <sup>-3</sup> ]                                                 |
| $\rho$             | — hustota suchého vzduchu [kg.m <sup>-3</sup> ]                                                                 |
| $\tau, \Delta\tau$ | — čas sušení, časový interval [h]                                                                               |
| $\tau_a$           | — doba aktivního sušení [h]                                                                                     |
| $\varphi_e$        | — relativní vlhkost venkovního vzduchu [%]                                                                      |
| $\varphi_{fe}$     | — relativní vlhkost vzduchu ohřátého kolektorem [%]                                                             |
| $\varphi_r$        | — rovnovážná vlhkost vzduchu [%]                                                                                |

## Literatura

- HALL, C. W.: Drying and storage of agricultural crops. Washington 1980.  
 HAVELKA, J.: Optimalizácia sušenia sena s prihrievaním vzduchu. In: Zbor. prednášok SVTS, Bratislava 1973, s. 229-238.  
 HUŠEK, R. — LAUBER, J.: Simulační modely. Praha 1987.  
 CHOC, M. — KUČERA, V. — VIKTORIN, Z.: Základy techniky sušení zemědělských produktů. ČSVTS, Dům techniky České Budějovice 1986.  
 CHYSKÝ, J.: Vlhký vzduch. Praha 1977.  
 JÍLEK, J.: Matematické modelování konvekčního sušení silné kompaktní profukované vrstvy. Zeměd. Techn., 33, 1987, č. 7, s. 395-404.  
 MALTRY, W. — POETKE, E. — SCHNEIDER, B.: Landwirtschaftliche Trocknungstechnik. Dresden 1975.  
 SLADKÝ, V.: Výroba sena v halových senících. Metodika MZVŽ ČSR, ÚVTIZ Praha 1984.  
 ŠTEFÁNIK, F. — CHUDÝ, D. — HAŠ, S.: Experimentálne overenie slnečných vzduchových kolektorov. Zeměd. Techn., 33, 1987, č. 11, s. 643-657.  
 THEIL, H.: Economic forecasts and policy. Amsterdam 1970.

Došlo dne 3. 2. 1988

ГАШ, С. — МАХАЧКОВА, М. — ШТЕФАНИК, Ф. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага-Ржепы; Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Ровинка): Ход сушки фуража в солнечном заловом сеннике. Земед. Techn., 34, 1988 (8) : 449-459.

В ходе обработки солнечных коллекторов на сенниках типа МСП Солар отмечали и изменения состояния воздуха, проходящего через этот фураж. Выявлены сорбционные изотермы, которые получили математическое выражение. Определяли также влияние и размер тепла, возникающего в фураже под воздействием микробной активности в зависимости от степени влажности фуража. На основе промеренных величин и имеющихся данных (опубликованных иными авторами) составлена простая математическая модель процесса сушки в таких сенниках.

солнечные коллекторы; сорбционные изотермы; биотепло; математическая модель сушки

HAŠ, S. — MACHÁČKOVÁ, M. — ŠTEFÁNIK, F. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha-Rěpy; Research Institute of Agricultural Engineering, Rovinka): The Course of Hay Drying in a Solar Hayloft of Hall Type. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 449-459.

The changes in the state of air during passage through the hay to be dried were studied in an operating pilot solar hayloft of the MSP Solar type. The sorption isotherms were determined on the basis of an evaluation and were expressed mathematically. The influence of the heat generated in forage by microbial activity

was determined and the amount of this heat was assessed as depending on the moisture content in the forage. A simple mathematical model of the process of drying in the hall-type solar haylofts was worked out on the basis of our own results and the findings published by other authors.

solar collectors; sorption isotherm; biological heat; mathematical model of drying

HAS, S. — MACHÁČKOVÁ, M. — ŠTEFÁNIK, F. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha-Řepy; Forschungsinstitut für Landtechnik, Rovinka): *Futterpflanzentrocknung im Sonnenhallenheuschuppen*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 449-459.

Bei einer Versuchsbehandlung der Sonnenkollektoren in den Heuschuppen vom Typ MSP Solar untersuchten wir auch die Umwandlungen der die getrockneten Futterpflanzen durchdringenden Luft. Anhand der Auswertung konnten die Sorptionsisothermen ermittelt und ihr mathematischer Ausdruck festgelegt werden. Ferner stellten wir den Einfluss und die Grösse der im Futter infolge der mikrobiellen Tätigkeit in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsanteil des Futters entstandenen Wärme fest. Aufgrund der ermittelten Messwerte als auch der schon bekannten und von anderen Autoren veröffentlichten Erkenntnisse wurde ein einfaches mathematisches Modell für die Trocknung in Hallenheuschuppen erarbeitet.

Sonnenkollektoren; Sorptionsisotherme; biologische Wärme; mathematisches Trocknungsmodell

---

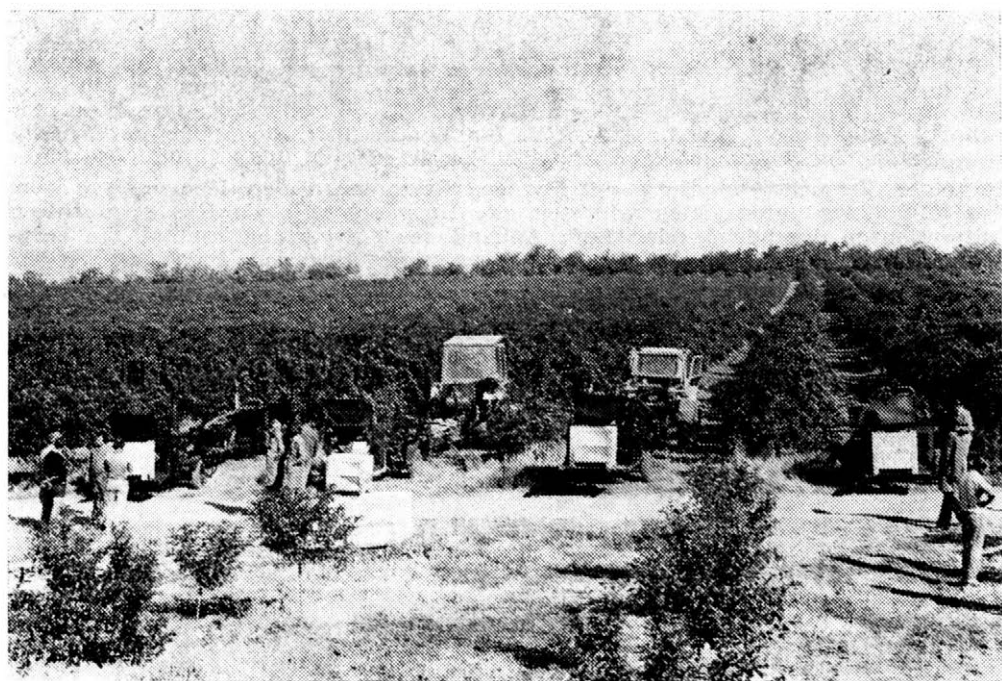
**Adresy autorů:**

Ing. Stanislav Haš, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepy

RNDr. Mária Macháčková, ing. František Štefánek, Výzkumný ústav poľnohospodárskej techniky, 900 42 Rovinka

---

# STROJE PRO SKLIZEŇ PLODŮ SÉRIE „BALKÁN“



Stroje pro sběr plodů „Balkán“ jsou určeny pro mechanizovaný sběr třešní, višní, meruněk, broskví, slív, mandlí, oliv a ořechů.

„Balkán“ sklízí veškerou úrodu ze sadu. Zvyšuje produktivitu 20krát až 25krát, každodenně nahradí 100 až 200 ručních sběračů ovoce.

## Agromachinaimpex

Vývozce: Podnik zahraničního obchodu  
AGROMAŠINAIMPEX  
Bulharsko, Sofia  
bulv. S. Lepoeva 1  
telefon: 23 03 91  
telex: 022 563



# ENERGETICKÁ NÁROČNOST HYDROTERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ZRNIN

R. Adamovský

---

ADAMOVSKEÝ, R. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha-Řepy): *Energetická náročnost hydrotermického zpracování zrnin*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 461-467.

Při hydrotermickém zpracování dochází zvýšením teploty zrnin ke znehodnocení některých antinutričních látek a rozmačkáním pak k narušení zrna a zvětšení jeho povrchu. Výsledkem hydrotermického zpracování jsou zvýšený stupeň želatinizace a výrazně lepší podmínky pro efektivní využití živin při zkrmování. Příspěvek obsahuje výsledky měření výkonnosti energetické náročnosti při hydrotermickém zpracování kukuřice, ovsa, pšenice, ječmene, sóji a hrachu. Jsou stanoveny exponenciální rovnice křivek chladnutí jednotlivých zrnin a změřeny teploty a vlhkosti zpracovaného materiálu. V závěru je porovnávána energetická náročnost hydrotermického zpracování s klasickým šrotováním.

úpravy zrnin; hydrotermické zpracování; energetická náročnost; teplota; vlhkost; odpadní teplo

---

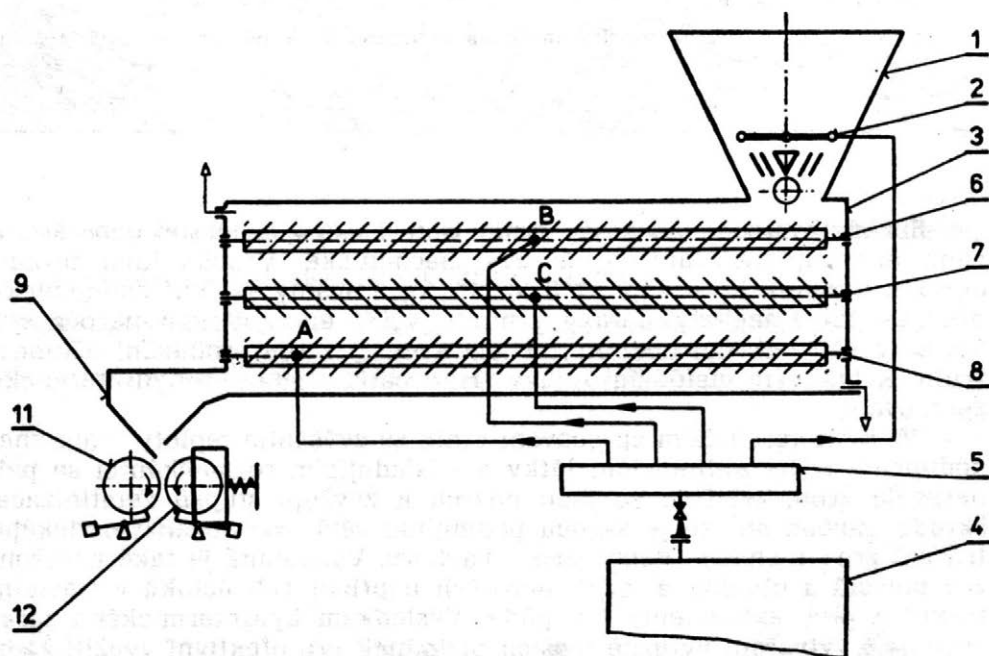
Běžnými metodami úpravy zrnin jsou u nás v současné době šrotování, mletí a tvarování, tj. úpravy mechanické. Vysoká koncentrace energie v živinách — 7,89 až 8,88 MJ . kg<sup>-1</sup> sušiny — činí ekonomicky přijatelnými i metody úpravy zrnin s vyšší energetickou náročností, které zvyšují nutriční hodnotu, příjem krmiva, a tím produkční účinnost zrnin. K takovým metodám úpravy zrnin patří především hydrotermické zpracování.

Při hydrotermickém zpracování zrnin se zvýšením teploty zrnin znehodnocují určité antinutriční látky a následujícím rozmačkáním se pak narušuje zrno, zvětšuje se jeho povrch a zvyšuje stupeň želatinizace škrobu. Změna struktury škrobu podmiňuje větší rozsah enzymatického trávení zrna a snížení degradace v bachoru. Významné je také narušení zrn plevelů a eliminace jejich možných nepříznivých účinků v trávicím traktu a přes exkrementy i v půdě. Výsledkem hydrotermického zpracování je vytvoření výrazně lepších podmínek pro efektivní využití živin při zkrmování. Např. italská firma BOCCHI (1987) uvádí, že využití živin při hydrotermickém zpracování se ve srovnání s klasickou úpravou šrotováním zvyšuje u kukuřice o 10 %, u ječmene o 8 % a u pšenice o 11 %. Dále se uvádí (Shaw, 1960), že zkrmování hydrotermicky upraveného zrna kukuřice a sena (tvarovaného) zvýšilo ve srovnání s dávkami sena (řezaného) s kukuřičným šrotem přírůstek hmotnosti o 22 %. Spotřeba krmiv na kilogram přírůstku byla o 15 % nižší.

V rámci řešení úkolu *Racionalizace spotřeby paliv a netradiční zdroje energie*, koordinovaného Výzkumným ústavem zemědělské techniky Praha, ověřujeme ve SZP Jižní Morava se sídlem ve Velkých Bílovicích linku pro hydrotermické zpracování obilovin. Součástí linky je zařízení pro úpravu zrnin vložkováním, typ R 6/3, dovezené italskou firmou BOCCHI. Při ověřování linky spolupracujeme s Výzkumným ústavem výživy zvířat v Pohořelicích, jehož pracovníci ověřují nutriční hodnotu upravených zrnin a produkční účinnosti krmných dávek přímo v reálných podmínkách v JZD Jana Černého v Moravské Nové Vsi. Cílem technického řešení Výzkumného ústavu zemědělské techniky Praha je ověřit výkonnost linky, energetickou náročnost hydrotermického zpracování, fyzikálně-tepelne charakteristiky zpracovaného materiálu, způsoby chlazení a odvlhčování a navrhnout způsob připojení linky na odpadní teplo z průmyslových a energetických zdrojů, v konkrétním případě na odpadní teplo z kompresní stanice č. 08 Hrušky Transičního plynovodu.

## MATERIÁL A METODY

Schéma zařízení je uvedeno na obr. 1. Materiál z násypky (1), vybavené napařovací roštem (2) a čechrací hřídelí, se předává regulační klapkou do varné komory (3). Varná komora je rozdělena na dvě hlavní komory a předkomoru. Pára o regulovatelné teplotě 100 až 120 °C a vlhkosti je přiváděna z vyvíječe páry (4)



1. Schéma zařízení pro hydrotermické zpracování zrnin (1 — násypka, 2 — napařovací rošt, 3 — varná komora, 4 — vyvíječ páry, 5 — parní rozdělovač, 6, 7, 8 — šnekové dopravníky, 9 — vložovací válcový mačkač, 10 — přítlačný válec, 11 — unášecí válec) — Diagram of an equipment for hydrothermic processing of grain (1 — hopper, 2 — steaming grate, 3 — boiling chamber, 4 — steam generator, 5 — steam distributor, 6, 7, 8 — worm conveyors, 9 — flaking drum crusher, 10 — pressure roll, 11 — carrying roll)

s automatickým udržováním konstantní hladiny přes rozdělovač (5) do předkomory v místě A a do hlavních komor v místech B a C. Ve varné komoře jsou nad sebou nastaveny tři šnekové dopravníky (6, 7, 8). Šnekové dopravníky 6 a 8 jsou pravotočivé, dopravník 7 je levotočivý. Objem napařených zrnin se zvětšuje, proto se zvyšují i otáčky šnekových dopravníků v poměru  $6 : 7 : 8 = 0,56 : 0,75 : 1$ . Velikost otáček šnekových dopravníků se nastavuje čtyřstupňovou řemenicí. Požadovaného stupně napaření se dosahuje regulací teploty a vlhkosti páry a nastavením rychlosti otáček šnekových dopravníků. Z varné komory je obilí vytlačováno do násypky (9) vložkovacího válcového mačkače. Mačkač tvoří dva válce o průměru 400 mm. Přítlačný válec (10) má hladký povrch a je odpružen. Tím se zabráni poškození soustrojí tvrdými předměty. Mezera mezi válci je stavitelná. Unášecí válec (11) má povrch vroubkovaný.

Výkonnost linky jsme stanovili tak, že jsme zvážili zrniny před zpracováním a změřili čas potřebný na zpracování. Pro výpočet energetické náročnosti a provozních nákladů jsme měřili spotřebu zemního plynu, elektrické energie a spotřebu upravené vody na zpracování předem odváženého množství (0,5 až 1,0 t) zrnin. Měření spotřeby energie a výkonosti zařízení jsme u každé plodiny dvakrát až třikrát opakovali. Teplotu a vlhkost materiálu jsme měřili před zpracováním, ihned po zpracování (za mačkáčimi válci) a 5, 10, 15 a 30 minut po zpracování. Průběh chlazení zpracovaných zrnin a změny vlhkosti jsme stanovili měřením teplot a vlhkosti na vzorku o rozměrech  $1 \times 1 \times 0,1$  m. Dále jsme měřili parametry páry, teplotu a tlak.

## VÝSLEDKY

Výsledky měření energetické náročnosti při hydrotermickém zpracování vybraných zrnin jsou uvedeny v tab. I. Celková spotřeba energie ( $\text{MJ} \cdot \text{t}^{-1}$ ), uvedená ve sloupci 5, je vypočtena ze spotřeby zemního plynu při výhřevnosti  $33,41 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$  a spotřeby elektrické energie  $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$ . Přímá spotřeba energie na úpravu vody je zanedbatelně malá, proto s ní nepočítáme. Spotřeba elektrické energie pro pohon šneků a stlačovacích válců tvoří pouze 2,5 až 5,0 % celkové spotřeby energie. Náklady uvedené v tab. I ve sloupci 7 jsou vypočteny z ceny zemního plynu  $2,0 \text{ Kčs} \cdot \text{m}^{-3}$ , elektrické energie  $1,1 \text{ Kčs} \cdot \text{kWh}^{-1}$  a nákladů na úpravu vody  $3,7 \text{ Kčs} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Naměřené hodnoty teplot, vlhkostí a měrných hmotností zrnin před hydrotermickým zpracováním a po něm jsou uvedeny v tab. II. Z namě-

I. Energetická náročnost technologie hydrotermického zpracování zrnin — Power demand for the hydrothermic processing of grain

| Plodina  | Výkonnost<br>[t · h <sup>-1</sup> ] | Energie                                           |                                                   |                                   | Voda<br>[m <sup>3</sup> · t <sup>-1</sup> ] | Náklady<br>na energii<br>a vodu<br>[Kčs · t <sup>-1</sup> ] |
|----------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|          |                                     | zemní plyn<br>[m <sup>3</sup> · t <sup>-1</sup> ] | elektrická<br>energie<br>[kWh · t <sup>-1</sup> ] | celkem<br>[MJ · t <sup>-1</sup> ] |                                             |                                                             |
| 1        | 2                                   | 3                                                 | 4                                                 | 5                                 | 6                                           | 7                                                           |
| Kukuřice | 0,467                               | 26,19                                             | 9,46                                              | 909,06                            | 0,187                                       | 63,48                                                       |
| Oves     | 0,478                               | 17,28                                             | 8,86                                              | 609,22                            | 0,109                                       | 44,70                                                       |
| Pšenice  | 0,508                               | 19,36                                             | 8,36                                              | 676,91                            | 0,096                                       | 48,27                                                       |
| Ječmen   | 0,492                               | 20,28                                             | 10,80                                             | 716,43                            | 0,140                                       | 52,96                                                       |
| Sója     | 0,261                               | 40,92                                             | 10,30                                             | 1404,22                           | 0,260                                       | 94,13                                                       |
| Hrách    | 0,341                               | 28,90                                             | 8,80                                              | 997,23                            | 0,210                                       | 68,26                                                       |

II. Hodnoty teplot  $t$  [°C], vlhkostí  $w$  [%] a měrných hmotností  $\rho$  [kg . m<sup>-3</sup>] před hydrotermickým zpracováním zrnin a po něm — The values of temperatures  $t$  [°C], moisture  $w$  [%], and specific weights  $\rho$  [kg per m<sup>3</sup>] before and after hydrothermic processing of grain

| Plodina  | Před zpracováním |            |                                      | Po zpracování |            |             |            |             |            |                                      |
|----------|------------------|------------|--------------------------------------|---------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------------------------------|
|          | $t$<br>[°C]      | $w$<br>[%] | $\varrho$<br>[kg . m <sup>-1</sup> ] | 0 h           |            | 0,25 h      |            | 0,5 h       |            | $\varrho$<br>[kg . m <sup>-1</sup> ] |
|          |                  |            |                                      | $t$<br>[°C]   | $w$<br>[%] | $t$<br>[°C] | $w$<br>[%] | $t$<br>[°C] | $w$<br>[%] |                                      |
|          |                  |            |                                      |               |            |             |            |             |            |                                      |
| 1        | 2                | 3          | 4                                    | 5             | 6          | 7           | 8          | 9           | 10         |                                      |
| Kukuřice | 20,5             | 8,09       | 607,0                                | 57,2          | 15,42      | 22,0        | 14,00      | 20,1        | 13,07      | 362,4                                |
| Oves     | 20,5             | 10,66      | 570,0                                | 52,8          | 15,98      | 25,3        | 15,24      | 20,4        | 15,17      | 290,0                                |
| Pšenice  | 21,7             | 13,32      | 772,6                                | 62,8          | 18,24      | 32,3        | 15,76      | 24,0        | 14,89      | 439,7                                |
| Ječmen   | 21,8             | 14,78      | 668,2                                | 63,5          | 19,64      | 31,6        | 16,75      | 25,2        | 16,45      | 405,7                                |
| Sója     | 20,9             | 12,20      | 721,2                                | 61,6          | 17,70      | 30,3        | 15,23      | 23,7        | 15,19      | 384,7                                |
| Hrách    | 21,9             | 10,72      | 753,5                                | 66,1          | 16,48      | 29,9        | 13,85      | 26,4        | 13,60      | 381,2                                |

řených hodnot vyplývá, že pro dlouhodobé skladování zpracovaných zrnin je nutné snížit vlhkost pod 14 %, a to např. aktivním větráním skladovacího prostoru. Množství energie potřebné pro snížení vlhkosti zpracovaného materiálu jsme neměřili, protože zpracované zrniny se nedosušely a odvážely se přímo ke krmení. Předpokládáme, že spotřeba elektrické energie pro dosušení zpracovaných zrnin studeným vzduchem z vlhkosti 16 až 17 % na 14 % bude činit maximálně 4 až 5 kWh . t<sup>-1</sup>.

Obecná rovnice křivky chladnutí  $y$  (°C) hydrotermicky zpracovaných zrnin v závislosti na čase  $x$  (s) je exponenciála tvaru

$$y = A \cdot e^{-\frac{x}{B}} + C$$

kde: A — teplotní konstanta  
B — časová konstanta  
C — teplota okolí

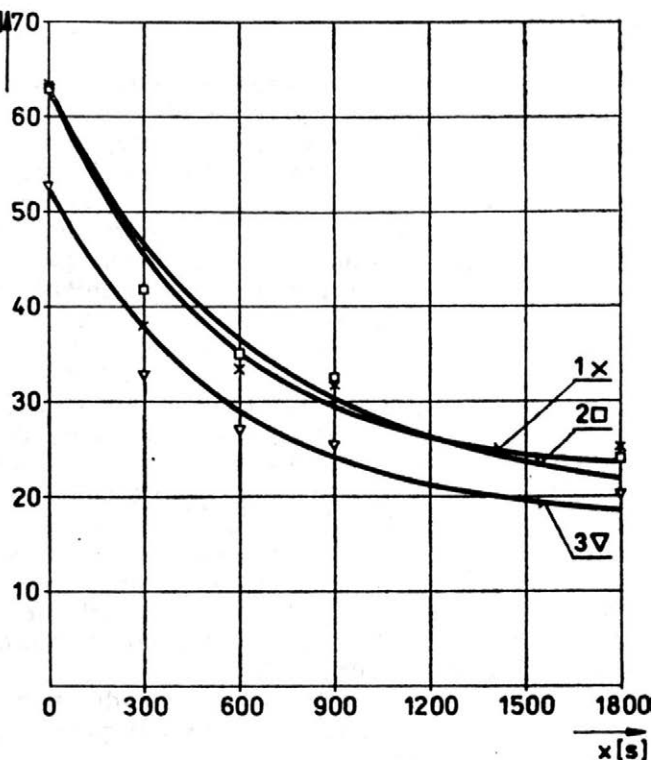
Při ověřování jednotlivých plodin byly naměřeny a vypočteny hodnoty konstant uvedené v tab. III.

Na obr. 2 a 3 jsou znázorněny křivky chladnutí hydrotermicky zpracovaných zrnin.

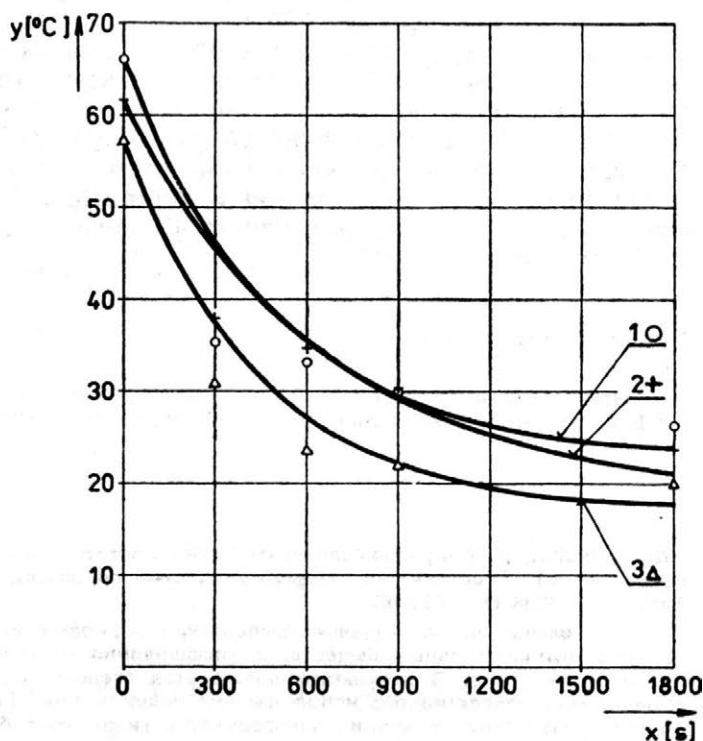
III. Konstanty pro výpočet křivek chladnutí — Constants for the calculation of the curves of cooling

|   | Kukuřice | Oves  | Pšenice | Ječmen | Sója  | Hrách |
|---|----------|-------|---------|--------|-------|-------|
| A | 40,2     | 35,2  | 43,5    | 41,6   | 42,9  | 43,3  |
| B | 436,5    | 531,5 | 648,6   | 527,3  | 627,4 | 470,5 |
| C | 17,0     | 17,5  | 19,3    | 21,9   | 18,7  | 22,8  |

2. Křivky chladnutí zpracovaného materiálu (1 — ječmen, 2 — pšenice, 3 — oves) — The curves of cooling of the processed material (1 — barley, 2 — wheat, 3 — oats)



3. Křivky chladnutí zpracovaného materiálu (1 — hrách, 2 — sója, 3 — kukuřice) — The curves of cooling of the processed material (1 — peas, 2 — soybeans, 3 — maize)



Technologie hydrotermického zpracování obilovin se ve srovnání s klasickým šrotováním vyznačuje zvýšenými provozními náklady na energii, vyššími investičními náklady, a tedy i odpisy zařízení. Např. spotřeba elektrické energie šrotovníku UH-50/18 činí při zpracování pšenice  $75,5 \text{ MJ} \cdot \text{t}^{-1}$ , ovsa  $95,81 \text{ MJ} \cdot \text{t}^{-1}$  a kukuřice  $47,9 \text{ MJ} \cdot \text{t}^{-1}$ . Tyto hodnoty, vypočtené z údajů v Katalogu zemědělských mechanizačních prostředků (1983), ukazují, že spotřeba energie na šrotování činí 5 až 15 % celkové spotřeby energie na hydrotermické zpracování. Vyšší spotřeba energie se samozřejmě projeví v ceně zpracovaného produktu, především v případech, kdy se v technologii pro výrobu páry používá zemní plyn nebo LTO. Jiná situace ovšem nastane, využije-li se odpadního tepla průmyslových a energetických závodů. V uvedeném konkrétním případě připravujeme ve SZP Jižní Morava se sídlem ve Velkých Bílovicích připojení zařízení na odpadní teplo z kompresní stanice Tranzitního plynovodu č. 08 Hrušky. Připojení bude realizováno pomocí odparky horké vody ( $125\text{--}130^\circ\text{C}$ ) dodávané z kompresní stanice. Pak náklady uvedené ve sloupci 7 tab. I se při ceně odpadního tepla stanovené výměrem FCÚ č. 1864/07.1/1983, tj.  $6,2 \text{ Kčs} \cdot \text{GJ}^{-1}$ , sníží na 25 až 30 % nákladů při provozu zařízení na zemní plyn. Např. u kukuřice budou náklady  $16,52 \text{ Kčs} \cdot \text{t}^{-1}$ , tedy jen o  $2,0 \text{ Kčs} \cdot \text{t}^{-1}$  vyšší než při šrotování kukuřice (cena elektrické energie  $1,1 \text{ Kčs} \cdot \text{kWh}^{-1}$ ).

Pro ekonomickou efektivnost hydrotermického zpracování obilovin bude především směrodatné zvýšení produkční účinnosti zkrmovaných zrnin a jejich úspora.

Tyto účinky ověří do poloviny roku 1989 VÚVZ Pohořelice v JZD Jana Černého Moravská Nová Ves.

Výsledky měření teplot, vlhkostí a výpočet křivek chladnutí zpracovaných zrnin byly využity Potravinoprojektem, závod Brno, při návrhu zařízení na dosoušení a chlazení zpracovaného produktu. Dosoušecí a ochlazovací dopravník tvoří pásový dopravník, který je zakryt plechovým tunelem, utěsněným z obou stran. Vzduch je přiváděn ventilátorem do vnitřního prostoru tunelu, zchlazuje a dosušuje vločky za současného posunu dopravníku. Vzduch je odváděn na druhé straně chladičho tunelu přes aspiraci.

## Literatura

- : Instruktažní podklady firmy BOCCHI a. r. l., Cremona 1987.
- : Katalog zemědělských mechanizačních prostředků. 1983.

Došlo dne 3. 2. 1988

АДАМОВСКИ, Р. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага-Ржепы): Энергоемкость гидротермической обработки зерновых культур. Земед. Techn., 34, 1988 (8): 461-467.

В таком случае повышающаяся температура зерновых ведет к обесцениванию некоторых антипитательных веществ, а сплющивание — к разрушению и увеличению поверхности зерна. В результате повышается степень желатинизации и улучшаются предпосылки эффективного использования веществ при скормлении. В статье приводятся результаты измерения энергоемкости гидропереработки кукурузы, овса, пше-

ницы, ячменя, сои и гороха. Выведены экспоненциальные уравнения кривых охлаждения отдельных зерновых, замерены температуры и влажность перерабатываемого материала. В заключение энергоёмкость гидротермической переработки сравнивается с классическим дроблением.

обработка зерновых; гидротермическая обработка; энергоёмкость; температура; влажность

ADAMOVSKEÝ, R. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha-Řepý): *Power Demand in the Hydrothermic Processing of Grain*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 461-467.

Elevated temperatures during the hydrothermic processing of grain lead to a deterioration of some antiquality substances, and the crushing of the grains enlarges their surface. The general result of the hydrothermic processing is a higher degree of gelatinization and much better conditions for effective utilization of nutrients when the grain is administered to animals. The results of measurement of performance and power demand during the hydrothermic processing of maize, oats, wheat, barley, soybeans and peas are given in the paper. Exponential equations are given for the curves of cooling of the above grain crops; the temperatures and moisture contents of the processed materials are measured. The power demand of hydrothermic processing is compared in the conclusion with that of traditional grinding.

grain conditioning; hydrothermic processing; power demand; temperature; moisture content; waste heat

ADAMOVSKEÝ, R. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha-Řepý): *Energiebedarf der hydrothermischen Getreidekulturbearbeitung*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 461-467.

Bei der hydrothermischen Behandlung kommt es infolge der erhöhten Temperatur der Getreidekulturen zur Entwertung einiger Antinutritionsstoffe und infolge der Zerkleinerung zur Vernichtung der Körner und zur Vergrößerung ihrer Oberfläche. Ergebnis der hydrothermischen Behandlung sind bedeutend bessere Bedingungen für eine effektive Ausnutzung und Verwertung der Nährstoffe bei der Verfütterung und eine höhere Gelatinierungsstufe. Die vorliegende Arbeit führt die ermittelten Messergebnisse des Energiebedarfs bei der hydrothermischen Behandlung von Mais, Hafer, Weizen, Gerste, Soja und Erbsen an. Es wurden Exponentialgleichungen der Abkühlungskurven für die einzelnen Getreidekulturen festgelegt und die Temperatur sowie die Feuchtigkeit des behandelten Materials gemessen. Zum Schluss wird der Energiebedarf der hydrothermischen Behandlung mit der klassischen Schrotung verglichen.

Getreidekulturaufbereitung; hydrothermische Behandlung; Energiebedarf; Temperatur; Feuchtigkeit; Abwärme

---

Adresa autora:

Ing. Radomír A d a m o v s k ý, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepý

# INFORMACE

## Seminář o objektivě orientovaném programování

Když jsme na stránkách našeho časopisu hodnotili významné postavení zemědělských věd vůči moderním trendům v matematice (Kindler, 1984), uvedli jsme, že pro přijetí nových matematických (a tedy i nových počítačových) metod jsou nejlépe disponovány ty obory, v nichž sice existuje jistá tradice používání exaktních metod, ale ne tak velká, aby svazovala myšlení k rutinnímu využívání těchto metod bez ohledu na to, že vznikají metody výhodnější. Ukázali jsme také, že takovými obory jsou obvykle ty, které syntetizují cosi z oborů tradičně matematizovaných s čímsi z oborů bez tradice aplikování exaktních metod.

Vedle zemědělských věd je takovýmto oborem i urbanismus, který při studiu životního prostředí nemůže navázat na žádnou matematickou tradici (tím méně jí být svázána), a přitom může čerpat z bohaté zásoby exaktních metod, kterou vytvořila architektura a stavitelství. A tak není divu, že Státní institut urbanismu a územního plánování URBION, sídlící v Bratislavě, se ujal úkolu zorganizovat první setkání odborníků v objektivě orientovaném programování v naší zemi.

O objektivě orientovaném programování jsme se nedávno v našem časopise zmínili (Kindler a Vydra, 1988) v tom smyslu, že je to metoda dvacet let stará, ale poměrně málo využívaná a teprve v 80. letech „znovuobjevená“ pro implementaci systémů umělé inteligence. To se projevilo i v náplni setkání. Bylo referováno o vlastnostech známých již dvacet let z jazyka SIMULA, který mimochodem v plné šíři objektivě orientovaného programování efektivně využívali i odborníci z okruhu našeho časopisu (např. Chochol aj., 1981; Mojka a Janda, 1979). Referáty se však týkaly i zajímavých vlastností jazyka SMALLTALK, který se staví k vzájemné komunikaci člověk-počítač diametrálně různým způsobem a přesto má společné — totiž objektivě orientované — rysy s jazykem SIMULA i s jinými jazyky (BETA, FRL, KRL, C++, OBJECTIVE C, V-LISP atd.), o nichž padly na semináři krátké informace, někdy jen zmínky.

Ti, kdo v našem časopise sledovali informace o postavení jazyka SIMULA a objektivě orientovaného programování, vědí, jak úzký je jejich vztah k modelování. Na semináři se tedy jednalo i o počítačové modelování vůbec, o jeho prostředcích a jeho vlivu na objektivě orientované programování (a také o začínajícím vlivu opačném). Význačná byla i sekce grafických prostředků, neboť v souvislosti s geometrickým zobrazováním toho, co se v počítači modeluje, se dostává pragmatika objektivě orientovaného programování do nových vztahů. Nechybělo ani téma obecně zaměřené na reprezentaci znalostí, v níž má objektivě orientované programování speciální (a lze říci vůdčí) postavení.

Třídenní seminář ukázal bohatství objektivě orientovaného programování a byl jakousi přípravou na první československou konferenci o tomto tématu. Vzhledem k tomu, že poměrně nedávno byla do naší země zakoupena pasivní licence jazyka SIMULA, která umožní praxi objektivě orientovaného programování bez devizových problémů, stává se tento způsob programování — stejně jako připravovaná konference — u nás velmi aktuální. Vzhledem k tomu, jak byla SIMULA používána v našem zemědělství, lze očekávat i zvýšený zájem o objektivě orientované programování v našich zemědělských vědách. Sledování tohoto druhu programování i mimo rámec jazyka SIMULA však dává zcela nové podněty, a to i pro počítačovou grafiku, interaktivní přístup, implementaci expertních systémů a zejména tak zvaných systémů hlubokých znalostí (deep knowledge systems).

PhDr. RNDr. Evžen Kindler, CSc.  
Výpočetní centrum Karlovy univerzity, Praha

## Literatura

- CHOCHOL, Š. — PROKOP, K. — ZACHARIÁŠ, L. — MALÍK, M. — KINDLER, E.: Simulace výroby, konzervace a spotřeby píce v podniku. Zeměd. Techn., 27, 1981, č. 10, s. 613-622.  
KINDLER, K.: Matematika a zemědělské vědy. Zeměd. Techn., 30, 1984, č. 1, s. 59-64.  
KINDLER, K. — VYDRA, M.: Dvacet let jazyka SIMULA — dvacet let objektivě orientovaného programování. Zeměd. Techn., 34, 1988, č. 5, s. 319-320.  
MOJKA, A. — JANDA, J.: Unifikace typových prvků programových bank. Zeměd. Techn., 25, 1979, č. 3, s. 185-188.

MALERŠ, J. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha-Řepy): *Svahová dostupnost standardních sklízecích mlátiček*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 469-479.

Svahová dostupnost je bezpečnostním údajem. Její dodržování má výrazné omezit vznik kritických situací. Svahová dostupnost je mezní úhel svahu pro jízdu sklízecí mlátičky, při němž se buď odolnost proti skluzu, odolnost proti převržení, nebo funkční způsobilost pro svah dostanou do určitého mezního stavu. Svahová použitelnost je mezní úhel pro nasazení mlátičky, při němž se buď kvalita či vykonaná práce, agrotechnické parametry nebo svahová dostupnost dostanou do určitého mezního stavu. V rámci výzkumu jsme adaptovali standardní sklízecí mlátičky E-514 a E-512 tak, abychom zvýšili jejich svahovou dostupnost (svahovou použitelnost). Do adaptace jsme zahrnuli: — úpravu podvozku (dvojmontáže, přídatné zařízení zadní nápravy, zesílené koncové převody, úprava brzd); — úpravu odlučovacího a čistícího ústrojí (umístění přepážek); — úprava kabiny (umístění bezpečnostního rámu, doplnění sedačky řidiče o úchytné pásy); — umístění palubního informátoru. V polně-laboratorních zkouškách jsme vyšetřili tato kritéria svahové dostupnosti: — odolnost proti skluzu (průjezd U zatáčkou ze spádnice do spádnice jako funkce rychlosti; brzdění ze spádnice jako funkce rychlosti; rozjezd do spádnice svahu); — odolnost proti převržení (průjezd U zatáčkou ze spádnice do spádnice jako funkce rychlosti; boční nadhoz na vrstevnici jako funkce rychlosti; rozjezd do spádnice svahu); — funkční způsobilost pro svah (funkce motoru, funkce brzd, funkce hydrauliky, konstrukční stoupavost). Na základě výpočtů a z experimentálně ověřené svahové dostupnosti v terénu jsme svahovou dostupnost u adaptovaných strojů stanovili takto: na suchém terénu do 14°, na mokřem terénu do 9° při rychlosti do 6 km . h<sup>-1</sup>.

kritéria svahové dostupnosti; svahová použitelnost; ztráty zrna

Příčinou kritických situací sklízecích mlátiček při jejich práci na svazích je především skluz, který druhotně může vést k nehodě převržením, dále je to prvotní překlopení z důvodů nedostatečné stability a konečně funkční nedostatky sklízecích mlátiček.

Novou metodu pro posuzování svahové dostupnosti vypracoval Grečenko (1985). Tato metoda vychází z hodnocení pohybu stroje na svahu.

Sklízecí mlátička musí na svahu zvládnout tyto situace:

- zabrzdit při jízdě na svahu,
- zatočit při jízdě ze spádnice na vrstevnici a zpět do spádnice,
- rozjezd do spádnice svahu vpřed a vzad,
- jízdu podél vrstevnice, při níž boční sjíždění sklízecí mlátičky způsobuje agrotechnické problémy.

Podle nové metody (Grečenko, 1985) se hodnocení svahové dostupnosti skládá z dílčích kritérií, která oceňují závažné jízdní situace. Nejnižší hodnota svahové dostupnosti je hodnota určující, protože tím je pojištěna bezpečnost jízdy při libovolném manévrování na svahu.

Svahová dostupnost je mezní úhel svahu pro jízdu sklízecí mlátičky, při němž se buď odolnost proti skluzu, odolnost proti převržení nebo funkční způsobilost pro svah dostanou do určitého mezního stavu. Svahová dostupnost je výrazně ovlivněna rychlostí jízdy.

Smyslem naší práce bylo zvýšit svahovou dostupnost sklízecích mlátiček E-514 a E-512 jednoduchou adaptací.

## METODIKA

Úkol byl řešen v kolektivu složeném z pracovníků Výzkumného ústavu zemědělské techniky, Praha, JZD Rozvoj Posázaví, Jílové, a Agrozet, k. VÚZS, Praha.

V průběhu výzkumných prací se řešily různé varianty adaptace, u nichž se zjišťovala statická stabilita (Maleř, 1988). Konečná varianta adaptace s optimální statickou stabilitou byla podrobena polně-laboratorním zkouškám. Smyslem těchto zkoušek bylo jednak vyšetřit kritéria svahové dostupnosti, jednak na základě těchto kritérií stanovit svahovou dostupnost. Polně-laboratorní zkoušky proběhly ve zkušební Agrozetu, k. VÚZS, Praha (Horský, 1987) a na pozemcích JZD Rozvoj Posázaví, Jílové, v termínu 15. 8. až 18. 9. 1987.

## VLASTNÍ PRÁCE

### VYŠETŘENÍ PODMÍNEK SKLIZNĚ ZRNIN NA SVAZÍCH

Na svazích je třeba rozlišovat pozemky:

— jednostranně skloněné, s vyrovnaným úhlem svahu (vyskytují se málo — např. v JZD Klobouky, okres Břeclav);

— skloněné do více stran, s vyrovnaným úhlem svahu (vyskytují se rovněž málo);

— jednostranně skloněné, s měnícím se úhlem svahu (vyskytují se velmi často v údolích řek; jsou rozšířeny zejména v Povltaví, Posázaví aj.);

— skloněné do více stran, s měnícím se úhlem svahu (jsou rozšířeny zejména v horských a podhorských oblastech; zcelování malých pozemků do velkých honů vedlo ke značné svahové rozmanitosti jednotlivých míst uvnitř honu či bloku pozemků).

Z toho vyplývá potřeba přizpůsobovat sklízecí mlátičky pro všechny tři možné způsoby jízdy, tj. po vrstevnici, proti spádnici svahu a po spádnici svahu.

Výnosy na svazích: Vlivem nových odrůd ječmene, pšenice i vlivem vyřazování málo výkonných druhů obilovin (žito, oves) se i na svahovitých pozemcích dosahuje dobrých výnosů — 4 až 5 t. ha<sup>-1</sup>. V některých oblastech (JZD Klobouky) jsou i na svahovitých pozemcích výnosy vysoké — 5 až 6 i více tun na hektar. V horských oblastech jsou vlivem velkého množství zelených příměsí v porostu výnosu zrnin na svahovitých pozemcích nižší (pod 3 t. ha<sup>-1</sup>). Jsou zde značně ovlivněny průběhem počasí v době vegetace. K tvorbě vysokých výnosů nepřispívají ani vysoké dešťové srážky a nízké teploty.

Svahovité pozemky určené k pěstování zrnin jsou ve výrobních oblastech kukuřičné, řepařské, bramborářské, podhorské i horské.

Zastoupení zrnin na svazích vyšetřil P o t o č n ý (1970):

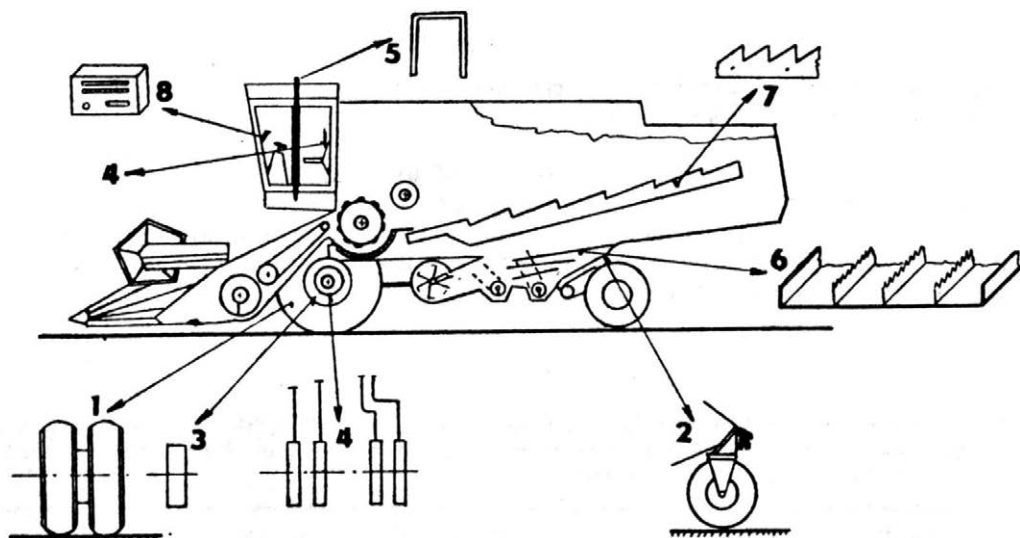
| svah [°]                | 0—5  | 6—12 | 13—15 | 16—20 | nad 20 |
|-------------------------|------|------|-------|-------|--------|
| zastoupení obilovin [%] | 37,2 | 38,2 | 15,4  | 7,1   | 2,1    |

# HODNOCENÍ KONSTRUKCE STANDARDNÍCH SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK VZHLEDEM KE SKLIZNI NA SVAZÍCH

Z rozboru základních ústrojí uvedeného v tab. I vyplývá, že pro potřeby sklizně zrnin na svazích se musí adaptovat odlučovací ústrojí, čistící ústrojí, přední náprava, brzdy, zadní náprava a kabina. Ostatní pracovní ústrojí stačí jen seřadit, neboť jejich konstrukce umožňuje nastavení i pro potřeby sklizně na svazích.

I. Hodnocení konstrukce standardních sklízecích mlátiček vzhledem ke sklizni na svazích — Evaluation of the construction of standard harvester-threshers with respect to their operation on slopes

| Pracovní ústrojí       | Vhodnost ke sklizni na svazích                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dělicí ústrojí porostu | pro drobnozrnné obiloviny vyhovuje                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Žací ústrojí           | u sklízecích mlátiček bez příčného vyrovnávání žacího stolu vyhovuje jen omezeně; u sklízecích mlátiček s příčným vyrovnáváním žacího stolu vyhovuje                                                                                                                                                                                                                            |
| Vkládací ústrojí       | vyhovuje, ale při větším výskytu kamenů je vhodné zvětšit lapač kamenů                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Mlátičí ústrojí        | vyhovuje                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Odlučovací ústrojí     | nevyhovuje; klávesová vytrásadla nemohou zabránit shrnování hrubého omlatu k jedné straně ve směru sklonu stroje; to způsobuje prudký nárůst ztrát zrna, pokud se výrazně nesníží průchodnost stroje; zlepšení pravděpodobně spočívá v řešení rotačního odlučovacího ústrojí                                                                                                    |
| Čistící ústrojí        | nevyhovuje; rovinná síta nemohou zabránit shrnování jemného omlatu k jedné straně ve směru sklonu stroje; to způsobuje prudký nárůst ztrát zrna, pokud se výrazně nesníží průchodnost stroje; rozdělení sít podélnými přepážkami odstraňuje tento nedostatek jen částečně; řešením by byla změna kinematiky pohybu horního síta, popř. použití jiného principu (Kutzbach, 1985) |
| Dopravní ústrojí       | vyhovuje jen částečně, neboť i zde dochází k nerovnoměrnému zatížení vlivem posunu zrna ve směru sklonu stroje                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zásobník na zrno       | na svazích nelze využívat plné kapacity zásobníku, musí se vyprázdnit již při naplnění na 1/2, popř. na 2/3                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Hnací motor            | vyhovuje, pokud je při jeho dimenzování pamatováno na překonávání svahu; měrná spotřeba energie při sklizni na svazích je o 10 až 20 % vyšší                                                                                                                                                                                                                                    |
| Přední náprava         | při sklizni na svazích dochází k podstatně většímu zatížení pneumatik a při jízdě po vrstevnici k jejich výrazné deformaci; proto je pro svahovité oblasti vhodné použití vícevrstvé pneumatiky, popř. je třeba uplatnit dvojmontáž; při použití dvojmontáže nevyhovuje z pevnostního hlediska koncové převody, které se zaměňují za zesílené                                   |
| Brzdy                  | nevyhovují; např. aretační brzda musí působit na větší počet brzdových bubnů                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Zadní náprava          | nevyhovuje, její zatížení musí odpovídat požadavkům na podélnou stabilitu stroje; proto se dotěžuje zadní náprava                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Kabina                 | nevyhovuje; při případném převrácení stroje nesmí dojít k její destrukci; řidič musí být upevněn pásy                                                                                                                                                                                                                                                                           |



1. Adaptace standardní sklízecí mlátičky E-514 pro svahy: 1 — dvojmontáž, 2 — zatížení zadní nápravy (400 kg), 3 — zesílené koncové převody, 4 — ruční brzda, 5 — rám, 6 — úprava sít, 7 — úprava vytrásadel, 8 — palubní informátor — Adaptation of the standard E-514 harvester-thresher for work on hillsides. 1 — twin wheels, 2 — load on rear axle (400 kg), 3 — strengthened end gears, 4 — hand brake, 5 — frame, 6 — adjusted sieves, 7 — adjusted straw walkers, 8 — internal information system

## ADAPTACE STANDARDNÍ SKLÍZECÍ MLÁTIČKY PRO SKLÍZEŇ NA SVAZÍCH

Adaptace (obr. 1) zahrnuje:

- úpravu podvozku (dvojmontáže, přídavné zatížení zadní nápravy, zesílené koncové převody, úprava brzd);
- úpravu odlučovacího a čistícího ústrojí (umístění přepážek);
- úpravu kabiny (umístění bezpečnostního rámu, vybavení sedačky řidiče úchytnými pásy);
- umístění palubního informátoru.

Úprava podvozku byla podrobně popsána u statické stability standardních sklízecích mlátiček (Maleř, 1988). Palubní informátor informuje řidiče o svahu, na kterém v daném okamžiku sklízecí mlátička právě je, o okamžité pracovní rychlosti a o stavu plnění zásobníku.

## II. Kritéria svahové dostupnosti — Gradeability criteria

| Skupina                          | Kritérium                                                          | Označení |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------|
| Odolnost proti skluzu (S)        | — průjezd U-zatáčkou ze spádnice do spádnice jako funkce rychlosti | SCO      |
|                                  | — brzdění ze spádnice jako funkce rychlosti                        | SBO      |
|                                  | — rozjezd do spádnice svahu                                        | SAF      |
| Odolnost proti převržení (K)     | — průjezd U-zatáčkou ze spádnice do spádnice jako funkce rychlosti | KCO      |
|                                  | — boční nadhoz na vrstevnici jako funkce rychlosti                 | KLF      |
|                                  | — rozjezd do spádnice svahu                                        | KAF      |
| Funkční způsobilost pro svah (R) | — funkce motoru                                                    | RMO      |
|                                  | — funkce brzd                                                      | RBO      |
|                                  | — funkce hydrauliky                                                | RHF      |
|                                  | — konstrukční stoupavost                                           | RGF      |

## KRITÉRIA SVAHOVÉ DOSTUPNOSTI

K posouzení vhodnosti stroje pro práci na svazích zvolil Grečenko (1985) kritéria, která jsou shrnuta v tab. II.

### PODMÍNKY MĚŘENÍ KRITÉRIÍ SVAHOVÉ DOSTUPNOSTI

U obou sklízecích mlátiček (E-514 a E-512) byla použita dvojmontáž na hnací nápravě. U stroje E-514 je rozchod vnějších pneumatik 3580 mm, rozchod vnitřních pneumatik 2440 mm (střední hodnota rozchodu 3010 mm), u stroje E-512 činí rozchod vnějších pneumatik 3500 mm, rozchod vnitřních pneumatik 2386 mm (střední hodnota rozchodu 2943 mm).

U obou strojů byl za řídicí nápravou připevněn úchytný rám s deseti závažími po 38 kilogramech; celková hmotnost dotížení byla 400 kg.

U obou strojů byl zásobník zrna téměř naplněn.

Sklízecí mlátičky se měřily za těchto jednotných podmínek: náplň zásobníku zrna — ječmen, vyskladňovací dopravník zrna přiklopen ke stroji, žací stůl maximálně zdvihnut v souvratové poloze, náplň olejů úplná, nádrž paliva plná, huštění pneumatik jmenovité.

### VYŠETŘENÍ KRITÉRIÍ SVAHOVÉ DOSTUPNOSTI V TERÉNU (obr. 2)

Kritéria svahové dostupnosti jsme vyšetřovali v JZD Rozvoj Posázaví, Jílové (farma Petrov), a to za těchto podmínek:

- vlhkost terénu zvýšená na horní hranici za sucha,
- porost — strniště po ječmeni s výskytem trav a plevelů,
- půda písčito-hlinitá s vyšším obsahem příměsí šterku,
- zařazen první převodový stupeň,
- průměrný svah pozemku  $15^{\circ}17'$ .

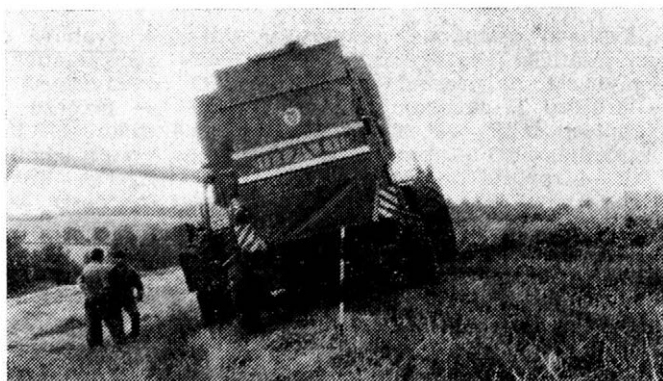
Při měření jsme dosáhli těchto výsledků:

#### Odolnost proti skluzu

— průjezd U zatáčkou ze spádnice do spádnice (SCO) byl ověřen při rychlostech jízdy 3 až 6 km  $\cdot$  h<sup>-1</sup>; výsledek ověřování byl kladný (při vyšší rychlosti dochází k náznaku přetáčení);

— brzdění ze spádnice (SBO) bylo ověřováno rovněž při rychlostech 3 až 6 km  $\cdot$  h<sup>-1</sup>, přičemž celková brzdná dráha (s) je plněna s rezervou.

2. Vyšetřování kritérií svahové dostupnosti — Investigation of the criteria of gradeability



Brzdění však vyžaduje citlivé ovládání, jinak se viditelně ztrácí styk řídicí nápravy s podložkou. Proto se žací stůl zdvíhá pouze na potřebné minimum;

— rozjezd do spádnice svahu (SAF): v příznivých vlhkostních podmínkách byl výsledek ověřování rozjezdu v obou směrech kladný.

### Odolnost proti převržení

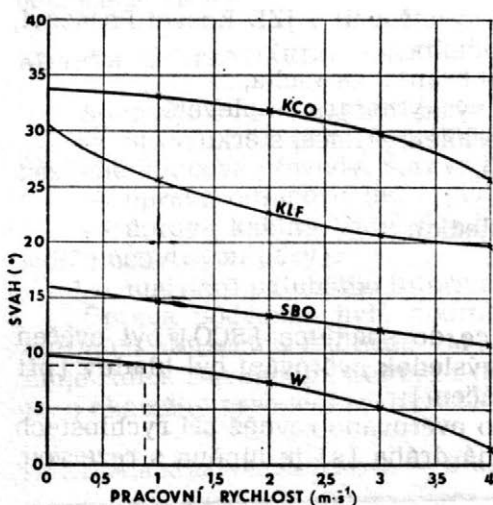
— při průjezdu U zatáčkou ze spádnice do spádnice (KCO) byl výsledek zjišťování odolnosti proti převržení kladný při rychlostech 3 až 6 km. h<sup>-1</sup>;

— rozjezd do spádnice svahu (KAF): při necitlivém rozjezdu dozadu (couvání) proti svahu se viditelně odlehčí řídicí náprava stroje. Zde je rovněž potřebné omezovat zdvih žacího stolu jako u brzdění ze spádnice.

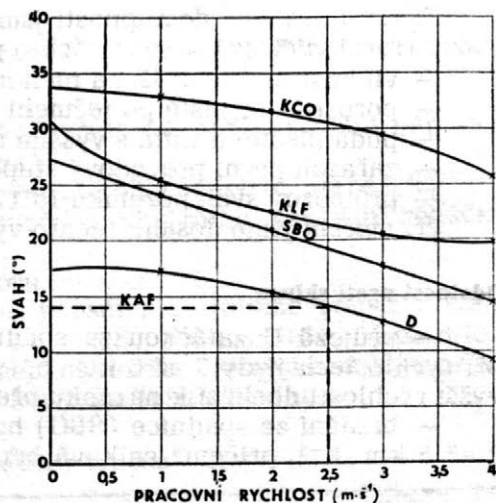
### Funkční způsobilost pro svah

— funkce motoru (RMO) vyhovuje z hlediska mazání pro svahy do 15°;

— funkce brzdy (RBO): provozní a nouzová brzda vyhověly při experimentálním ověření v terénu pro svah 14° (v laboratorních podmínkách na naklápacím můstku zajišťovala zajišťovací brzda stroj proti



3. Svahová dostupnost adaptované sklízecí mlátičky E-514 na mokřem terénu v závislosti na pracovní rychlosti (KCO — průjezd U zatáčkou ze spádnice do spádnice, KLF — boční nadhoz na vrstevnici, SBO — brzdění ze spádnice, KAF — rozjezd do spádnice, W — dostupnost) — The gradeability of the adapted E-514 harvester-thresher on wet terrain as depending on the speed of operation (KCO — riding down the slope and cornering up the slope, KLF — lateral bump along the contour line, SBO — downslope braking, KAF — upslope acceleration, W — gradeability)



4. Svahová dostupnost adaptované sklízecí mlátičky E-514 na suchém terénu v závislosti na pracovní rychlosti (KCO — průjezd U zatáčkou ze spádnice do spádnice, KLF — boční nadhoz na vrstevnici, SBO — brzdění ze spádnice, KAF — rozjezd ze spádnice, D — dostupnost) — The gradeability of the adapted E-514 harvester-thresher on dry terrain as depending on the speed of operation (KCO — riding down the slope and cornering up the slope, KLF — lateral bump along the contour line, SBO — downslope braking, KAF — upslope acceleration, D — gradeability)

svahu až do sklonu  $18^{\circ}56'$  při ovládací síle 400 N a ze svahu až do sklonu  $17^{\circ}$  při ovládací síle 370 N);

— výsledek ověření funkce hydrauliky (RHF) byl kladný na svahu  $19^{\circ}$  v příčném i podélném směru;

— výsledek ověření konstrukční stoupavosti (RGF) na svahu  $17^{\circ}$  byl kladný.

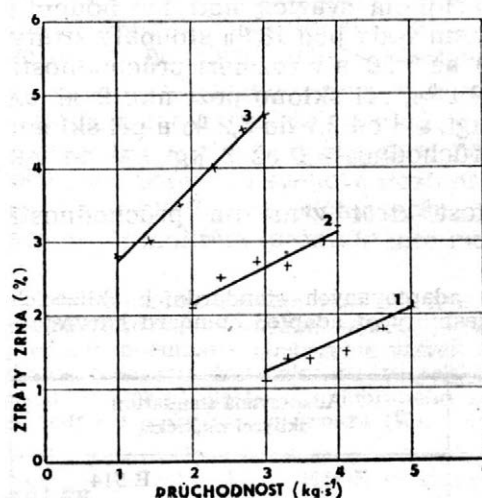
#### VÝPOČET SVAHOVÉ DOSTUPNOSTI NA ZÁKLADĚ ZJIŠTĚNÝCH KRITÉRIÍ

Grafické vyhodnocení dílčích kritérií svahové dostupnosti je pro mokrý terén uvedeno na obr. 3 a pro suchý terén na obr. 4. Výsledky experimentálního ověření svahové dostupnosti v terénu umožnily stanovit svahovou dostupnost adaptovaných sklízecích mlátiček při rychlosti do  $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ :

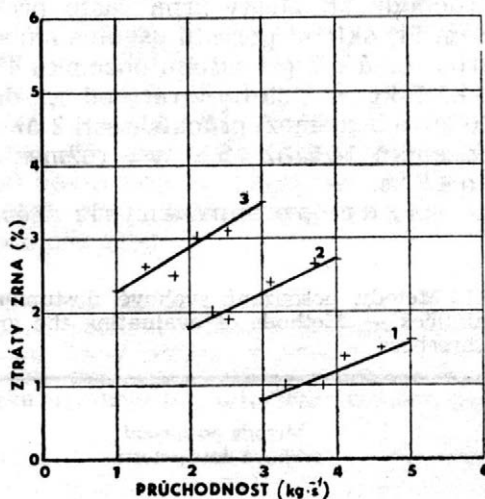
- na suchém terénu do  $14^{\circ}$ ,
- na mokřem terénu do  $9^{\circ}$ .

#### VYŠETŘENÍ ZTRÁT ZRNA PŘI SKLIZNI ADAPTOVANOU STANDARDNÍ SKLÍZECÍ MLÁTIČKOU NA SVAZÍCH

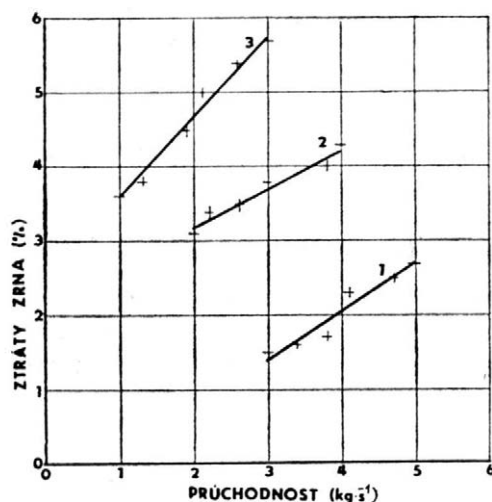
Ztráty jsme měřili pomocí kontrolních misek o vnitřních rozměrech  $2000 \times 500 \times 50 \text{ mm}$ . Misky se při sklizni zasouvaly za zadní kola sklízecí mlátičky tak, aby na ně dopadl proud slámatých částic z čistícího a odlučovacího ústrojí. Sláma nad miskou se protřásala, zrno v misce se



5. Ztráty pšeničného zrna při jízdě po vrstevnici (1 — svah  $5^{\circ}$ ;  $y_1' = -0,169 + 0,437x$ ;  $r = 0,956$ ; 2 — svah  $10^{\circ}$ ;  $y_2' = 1,19 + 0,487x$ ;  $r = 0,976$ ; 3 — svah  $15^{\circ}$ ;  $y_3' = 1,736 + 0,998x$ ;  $r = 0,98$ ) — The losses of wheat grain when riding along the contour line (1 — slope  $5^{\circ}$ ;  $y_1' = -0,169 + 0,437x$ ;  $r = 0,956$ ; 2 — slope  $10^{\circ}$ ;  $y_2' = 1,19 + 0,487x$ ;  $r = 0,976$ ; 3 — slope  $15^{\circ}$ ;  $y_3' = 1,736 + 0,998x$ ;  $r = 0,98$ )



6. Ztráty pšeničného zrna při jízdě po spádnici (1 — svah  $5^{\circ}$ ;  $y_1' = -0,4035 + 0,4089x$ ;  $r = 0,957$ ; 2 — svah  $10^{\circ}$ ;  $y_2' = 0,851 + 0,473x$ ;  $r = 0,973$ ; 3 — svah  $15^{\circ}$ ;  $y_3' = 1,679 + 0,5866x$ ;  $r = 0,958$ ) — The losses of wheat grain when riding down the slope (1 — slope  $5^{\circ}$ ;  $y_1' = -0,4035 + 0,4089x$ ;  $r = 0,957$ ; 2 — slope  $10^{\circ}$ ;  $y_2' = 0,851 + 0,473x$ ;  $r = 0,973$ ; 3 — slope  $15^{\circ}$ ;  $y_3' = 1,679 + 0,5866x$ ;  $r = 0,958$ )



7. Ztráty pšeničného zrna při jízdě proti spádnicí (1 — svah 5°;  $y_1' = 0,635 + 0,67x$ ;  $r = 0,919$ ; 2 — svah 10°;  $y_2' = 2,17 + 0,513x$ ;  $r = 0,974$ ; 3 — svah 15°;  $y_3' = 2,45 + 1,11x$ ;  $r = 0,99$ ) — The losses of wheat grain when riding up the slope (1 — slope 5°;  $y_1' = 0,635 + 0,67x$ ;  $r = 0,919$ ; 2 — slope 10°;  $y_2' = 2,17 + 0,513x$ ;  $r = 0,974$ ; 3 — slope 15°;  $y_3' = 2,45 + 1,11x$ ;  $r = 0,99$ )

vysbíralo a zvážilo. Při záběru sklízecí mlátičky 4 m představuje zachycené zrno ztrátu na 2 m<sup>2</sup>.

Zjištěné závislosti ztrát zrna v rozsahu měření se ohodnotily jako lineární. Vypočetly se rovnice lineární regrese, korelační koeficienty a testovala se jejich významnost.

Jízda po vrstevnici: Závislost ztrát zrna na průchodnosti a sklonu pozemku je zachycena na obr. 5. I po úpravách a při snížené průchodnosti ztráty zrna často překračují na svazích nad 11° hodnotu 3 %. Při sklizni porostů pšenice s obsahem vody pod 18 % stoupaly ztráty zrna lineárně, při sklonu pozemku 4°30' až 5°30' a v rozmezí průchodnosti 3 až 5 kg · s<sup>-1</sup> činily ztráty od 1,1 do 2,1 %, při sklonu pozemku 9°30' až 10°30' a v rozmezí průchodnosti 2 až 4 kg · s<sup>-1</sup> od 2,1 do 3,2 % a při sklonu pozemku 14,5 až 15,5° a v rozmezí průchodnosti 1 až 3 kg · s<sup>-1</sup> od 2,8 do 4,7 %.

Jízda po spádnicí: Závislost ztrát zrna na průchodnosti

### III. Metody posouzení svahové dostupnosti adaptovaných standardních sklízecích mlátiček — Methods of evaluating the gradeability of adapted standard harvester-threshers

| Metoda posouzení svahové dostupnosti            | Adaptovaná standardní sklízecí mlátička    |       |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|
|                                                 | E-512                                      | E-514 |
| Zjištěná statická stabilita (°)                 | 36,28                                      | 33,85 |
| Na základě koeficientu bezpečnosti 2,5 (°)      | 14,50                                      | 13,54 |
| Na základě koeficientu bezpečnosti 3 (°)        | 12,09                                      | 11,28 |
| Na základě zjištěných kritérií (Grečenko, 1985) |                                            |       |
| suchý terén                                     | 14,00                                      | 14,00 |
| mokřý terén                                     | 9,00                                       | 9,00  |
|                                                 | (při rychlosti do 6 km · h <sup>-1</sup> ) |       |

a sklonu pozemku je uvedena na obr. 6. Ze všech způsobů jízdy na svahu je tento způsob z hlediska ztrát zrna nejvýhodnější. Při sklizni porostu pšenice s obsahem vody pod 18 % stoupaly ztráty zrna lineárně, při sklonu pozemku 4,5 až 5,5° a v rozmezí průchodnosti 3 až 5 kg . s<sup>-1</sup> byly ztráty od 0,8 do 1,6 %, při sklonu pozemku 9,5 až 10,5° a v rozmezí průchodnosti 2 až 4 kg . s<sup>-1</sup> od 1,8 do 2,7 % a při sklonu pozemku 14,5 až 15,5° a v rozmezí průchodnosti 1 až 3 kg . s<sup>-1</sup> od 2,3 do 3,5 %.

Jízda proti spádnici: závislost ztrát zrna na průchodnosti a sklonu pozemku je patrná z obr. 7. Ze všech způsobů jízdy na svahu je z hlediska ztrát zrna tento způsob nejméně výhodný. Při sklizni porostů pšenice s obsahem vody pod 18 % stoupaly ztráty zrna lineárně, při sklonu pozemku 4,5 až 5,5° a v rozmezí průchodnosti 3 až 5 kg . s<sup>-1</sup> představovaly ztráty od 1,5 do 2,7 %, při sklonu pozemku 9,5 až 10,5° a v rozmezí průchodnosti 2 až 4 kg . s<sup>-1</sup> od 3,1 do 4,3 % a při sklonu pozemku 14,5 až 15,5° a v rozmezí průchodnosti 1 až 3 kg . s<sup>-1</sup> od 3,6 do 5,5 %.

## DISKUSE

Metoda stanovení svahové dostupnosti podle vyšetřených kritérií (G r e č e n k o, 1985), aplikovaná na sklízecí mlátičky, nemá dosud charakter normy či závazného pokynu.

Oficiálně (ve státních zkušebnách) se svahová dostupnost (mezni úhel svahu pro jízdu sklízecí mlátičky) hodnotí jako podíl statické stability dělené součinitelem bezpečnosti. Přitom pro samojízdné stroje se někdy používá součinitel bezpečnosti 2,5, někdy dokonce 3.

Posouzení svahové dostupnosti adaptovaných standardních sklízecích mlátiček podle různých metod je uvedeno v tab. III. Z této tabulky je patrné, že svahová dostupnost na základě koeficientu bezpečnosti 2,5 přibližně odpovídá svahové dostupnosti podle metody, kterou uvedl G r e č e n k o (1985) pro suchý terén. Naopak při posuzování práce stroje na svahu při mokřem terénu je tato metoda přísnější.

P o z n á m k a : Zda jsou podmínky příznivé, tzn. zda je terén suchý, lze bez předchozího laboratorního měření orientačně posoudit takto: v hloubce dezénu předních pneumatik odebereme vzorek zeminy, který sevřeme v dlaní. Po uvolnění dlaně nebo mírném tlaku na vzorek druhou dlaní není vzorek soudržný a rozpadá se. Pokud vlastnosti odebraného vzorku nevyhoví této orientační zkoušce, pak se jedná o podmínky za mokra (W).

## ZÁVĚR

V předkládané práci je posuzována svahová dostupnost adaptovaných standardních sklízecích mlátiček E-512 a E-514. Porovnává se svahová dostupnost vyšetřená podle různých metod. Z tohoto srovnání je zřejmé, že metoda stanovení svahové dostupnosti, kterou vypracoval G r e č e n k o (1985), je nepřesnější.

Výsledky výzkumu prokázaly, že adaptovanými sklízecími mlátičkami lze řešit sklizeň zrnin na svazích maximálně do 14° za předpokladu, že terén je suchý a že pracovní rychlost stroje nepřekročí 6 km . h<sup>-1</sup>.

- GREČENKO, A.: Svahová dostupnosť traktorů a zemědělských strojů. [Výzkumná zpráva.] Praha, Agrozet, k. VÚZS 1985. 18 s.
- HORSKÝ, J.: Zpráva o odborné službě RZ/5/87. Praha, Agrozet, k. VÚZS 1987. 20 s.
- KUTZBACH, H. D.: Verringerung der Körnerverluste bei Mähdreschern im Hangeneinsatz. Landtechnik, 6, 1985, s. 278-280.
- MALEŘ, J.: Statická stabilita standardních sklízecích mlátiček. Zeměd. Techn., 34, 1988, č. 6, s. 323-334.
- POTOČNÝ, V.: Príspevok k možnostiam využitia nových strojových liniek pri zbere krmovín, obilnín a zemiakov v poľnohospodárstve, v podmienkach horských oblastí ČSSR, vo vzťahu k svahovitosti pozemkov a nákladovosti. [Kandidátska dizertácia.] Praha 1970. 141 s. — Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha.

Došlo dne 3. 2. 1988

МАЛЕРЖ, Й. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага-Ржепы): Работа на склонах стандартных зерноуборочных комбайнов. Земед. Techn., 34, 1988 (8) : 469-479.

Работа на склонах — это данные о безопасности, соблюдение которой заметно ограничит возникновение критических ситуаций. Это — и предельный угол наклона для траектории комбайна, при котором сопротивление скольжению, опрокидыванию или функциональная пригодность для работы на склоне попадают в определенное предельное состояние. Исползуемость склона — это предельный угол склона для работы комбайна, при котором либо качество работы, агротехнические параметры, либо работа на склоне попадают в определенное предельное состояние. В рамках разработок мы адаптировали стандартные комбайны Е-514 и Е-512 с таким расчетом, чтобы повысить их способность работать на склонах (используемость склонов). В адаптацию включили: приспособление шасси (двойной монтаж, добавочная нагрузка на заднюю ось, усиление концевых передач, упорядочение тормозов), приспособление выделяющего и очищающего устройства (расположение перемишек), оформление кабины (расположение предохранительной рамы, снабжение сиделища заклепывающими ремнями), расположение палубного информатора. В ходе лабораторно-полевых испытаний проверены след. критерии работы на склоне: сопротивление скольжению (проезд через поворот U из одной линии макс. уклона в другую в качестве функции скорости; торможение с линией макс. уклона как функция скорости; разгон по линии макс. склона); сопротивление против опрокидывания (проезд через поворот U из одной линии макс. уклона в другую как функция скорости; боковой надъезд по горизонтали как функция скорости; разгон по линии макс. уклона), способность работать на склонах (функции двигателя, тормозов, гидравлики, способность конструкции преодолевать подъем). На основе расчетов и испытанной работы на склонах мы определили последнюю след. образом: по сухой поверхности до 14°, на мокрой до 9° со скоростью до 6 км. ч<sup>-1</sup>.

критерии работы на склонах; исползуемость наклона; потери зерна

MALEŘ, J. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha-Řepy): *The Gradeability of Standard Harvester-Threshers*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 469-479. Gradeability is a technical term associated with safety. If the gradeability criteria are observed, a large proportion of critical situations can be avoided. Gradeability is the critical angle of slope for the travel of a harvester thresher when the resistance to sliding, resistance to overturning, or the functions of machine components in sloping terrain get into a limit state. The technical fitness of the machine is determined by the critical angle of slope for the use of a harvester-thresher when either the quality or amount of the work, or the agrotechnical characteristics, or gradeability get into a limit state. During the research the standard harvester-threshers E-514 and E-512 were adapted to higher gradeability (technical fitness on sloping terrain). The adaptation included: adjustment of the chassis (twin wheels, additional load on the rear axle, strengthened end gears, adjustment of the brakes); adjustment of the separating and cleaning system

(location of partitions); adjustment of the cabin (installation of the safety frame, addition of safety belts to the driver's seat); installation of an internal information system. The following criteria of gradeability were investigated in field and laboratory trials: — resistance to sliding (riding down the slope and cornering up the slope as a function of speed; downslope braking as a function of speed; upslope acceleration); — resistance to overturning (riding down the slope and cornering up the slope; lateral bump along the contour line as a function of speed; upslope acceleration); — technical fitness for riding on hillsides (function of engine, function of brakes, function of hydraulic system, designed climbing ability). On the basis of calculations and experimental verification of gradeability in terrain, the gradeability of the adapted machines was determined to be as follows: up to 14° in dry terrain, up to 9° in wet terrain, at speeds up to 6 km per hour.

criteria of gradeability; technical fitness on sloping terrain; grain losses

MALEŘ, J. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha-Repy): *Hangtauglichkeit der Standardmähdrescher*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 469-479.

Die Hangtauglichkeit ist eine Sicherheitsangabe. Ihre Einhaltung soll die Entstehung der sog. kritischen Situationen bedeutend begrenzen. Die Hangtauglichkeit ist der Grenzwinkel des Hanges für die Fahrt des Mähdreschers, bei dem entweder die Rutsch- und Umsturzstabilität oder die Funktionsfähigkeit für die Arbeit am Hang in einen kritischen Zustand gelangen. Die Anwendbarkeit am Hang ist der Grenzwinkel des Hanges für den Einsatz des Mähdreschers, bei dem entweder die Qualität oder die geleistete Arbeit, die agrotechnischen Parameter oder die Hangtauglichkeit in einen kritischen Zustand gelangen. Im Rahmen der Untersuchung adaptierten wir die Standardmähdrescher E-514 und E-512 mit dem Ziel, ihre Hangtauglichkeit (ihre Einsatzbarkeit am Hang) zu steigern. Die Anpassung umfasst eine ergänzende Ausrüstung des Fahrgestells (Doppelmontage, Zusatzbelastung der Hinterachse, verstärktes Endgetriebe, Modifizierung des Bremssystems), die Regelung der Abscheide- und Reinigungsvorrichtung (Anbringung der Trennwände), die Aufbereitung der Fahrerkabine (Anbringung eines Sicherheitsrahmens, Ausstattung des Fahrersitzes mit Sicherheitsgurten), die Anbringung des Steuerbordinformatoren. Im Rahmen der Feld- und Laborprüfungen untersuchten wir auch folgende Hangtauglichkeitskriterien: Rutschstabilität (Durchfahrt einer U-förmigen Kurve aus einer Gefällwechsellinie in eine andere als Geschwindigkeitsfunktion; Bremsen aus der Gefällwechsellinie als Geschwindigkeitsfunktion; Anfahrt in die Hanggefällwechsellinie), die Umsturzstabilität (Durchfahrt einer U-förmigen Kurve aus einer Gefällwechsellinie in eine andere als Geschwindigkeitsfunktion; Seitenschwung auf der Schichtlinie als Geschwindigkeitsfunktion; Anfahren in die Hanggefällwechsellinie), die Funktionsfähigkeit für den Einsatz am Hang (Funktion des Motors, der Bremsen, der Hydraulik, Konstruktionssteigfähigkeit). Aufgrund der Berechnungen und der experimentell im Terrain überprüften Hangtauglichkeit legten wir die Hangtauglichkeit der adaptierten Maschinen folgendermassen fest: auf einem trockenen Boden bis 14°, auf einem feuchten Boden bis 9° bei einer Geschwindigkeit von höchstens 6 km . h<sup>-1</sup>.

Hangtauglichkeitskriterien; Hangeinsatzbarkeit; Körnerverluste

---

#### Adresa autora:

Doc. ing. Josef Maleř, DrSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Repy

---

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 9 časopisu

## **ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA**

mají být uveřejněny příspěvky:

- M. Eberl: Možnost optimalizace některých konstrukčních prvků zemědělských strojů
- J. Klůfa: Maximálně věrohodné a momentové odhady spolehlivosti zemědělské techniky
- F. Bauer: Orba neseným pluhem z hlediska vybraných parametrů traktoru
- M. Polák, J. Bílý, P. Sečkář: Vplyv nitrídovania na odolnosť odhrňovačiek pluhov proti abrazívnemu opotrebeniu
- F. Laufik: Vradenie poddajností do mechanizmu proti-bežných žacích líst
- J. Kučírek: Distribuce vzduchu větracího systému experimentálního skladu brambor JZD Kámen
- V. Rataj: Určenie počtu opakovaní experimentu
- M. Ostrožlík: Robotizácia vo vybraných oblastiach rastlinnej výroby

ŽÁK, K. — BAIN, J. (Vysoká škola zemědělská, Praha, agronomická fakulta, České Budějovice): *Pórovitost rostlinných materiálů*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8): 481—491.

V práci je uveden nový matematický postup při stanovení hustoty ( $\rho_s^*$ ) rostlinných materiálů. Objektivní stanovení hustoty vyžaduje u stejného materiálu několik měření při různém jeho vlhkostním podílu. Autoři z výsledků měření usuzují, že hustota všech sledovaných rostlin používaných k silážování je téměř shodná, blízká hodnotě  $1440 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Porovnání neřezaných, řezaných, drcených a šrotovaných materiálů ukázalo, že u sledovaných rostlin se nevyskytují pro vzduch uzavřené póry.

rostlinné materiály; siláž; pórovitost; hustota; podíl vlhkosti

Pórovitost materiálu je bezrozměrná veličina udávající poměr objemu jeho pórů k jeho celkovému objemu:

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V_c} = 1 - \frac{V_p}{V_c} \quad (1)$$

Obecně pórovitost ovlivňuje mnohé vlastnosti materiálů, jejich kvalitu, způsobilost pro uchování a použitelnost pro některé účely.

Metody stanovení pórovitosti jsou přímé a nepřímé (Modrý, 1986). Přímé metody umožňují stanovit některé geometrické vlastnosti pórové struktury, a to s využitím fotoelektrických fázových integračních metod nebo pomocí plošné, lineární či bodové analýzy, založených na řádkovacích technikách. Všechny ostatní metody jsou založeny na sledování druhotných nebo odvozených vlastností, jako např. hustoty, propustnosti pro tekutiny, rychlosti vsakování kapalin, adsorpční kapacity aj.

Metodami stanovení pórovitosti u rostlinných materiálů se u nás zabýval Fiala (1965). Podle něho není vhodná pyknometrická metoda. V zahraničí to byli zejména Rees aj. (1983), Müller (cit. Velebil aj., 1980), Bosma aj. (1985) a další.

Siláže a senáže je třeba chránit před působením atmosférického kyslíku. Výměna plynů mezi atmosférou a siláží za jinak stejných podmínek vzrůstá při stoupající pórovitosti. Proto je důležité určit pro každé podmínky skladování vzhledem k možnému aerobnímu znehodnocení hraniční hodnoty pórovitosti siláže nebo senáže. Tato mezní hodnota  $\varepsilon_k$  je podle autorů Schmidt a Wetterau (1974) 0,3. Müller (cit. Velebil aj., 1980) požaduje pórovitost siláže 0,2 až 0,3. Také Fiala (1966) uvedl dobrou kvalitu kukuřičné siláže při pórovitosti 0,2. Přestože je v praxi snadnější určit podíl vlhkosti a objemovou hustotu materiálu než jeho pórovitost, je nutné určit závislost mezi podílem vlhkosti, objemovou hmotností a pórovitostí materiálu. V této závislosti — podle našeho názoru funkční (Žák aj., 1986) — je konstantou hustota materiálu v suchém stavu bez pórů ( $\rho_s^*$ ). Podle Müllera (cit. Velebil aj., 1980) je  $\rho_s^*$  pro rostlinné zemědělské materiály 1430—1570  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Rees aj. (1983) uvádějí 1673  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , McRandal a Mc Nulty (1980) 1420  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , Svenson (1966) 1700  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  a Blahovec a Kubát (1987) pro zrna pšenice (s podílem vlhkosti 0,07—0,08) 1460  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

## MATERIÁL A METODA

K měření pórovitosti jsme použili metody založené na Boyle-Mariottově zákonu pro izotermickou změnu stavu ideálního plynu:

$$p_I \cdot V_2 = p_{II} \cdot (V_1 + V_2 - V_p) \quad (2)$$

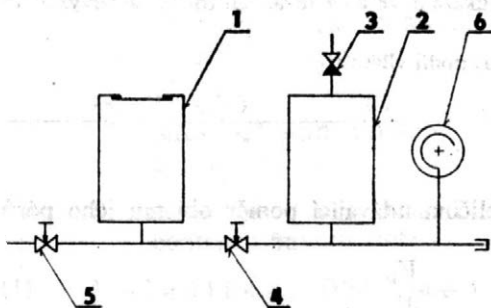
z toho

$$V_p = \frac{p_{II} \cdot (V_1 + V_2) - p_I \cdot V_2}{p_{II}} \quad (3)$$

a dosazením do vztahu (1) s použitím  $V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$

$$\varepsilon = 1 + \rho_c \cdot \frac{p_I \cdot V_2 - p_{II} \cdot (V_1 + V_2)}{p_{II} \cdot m_c} \quad (4)$$

Vztahem (4) je určena pórovitost daného vzorku o hmotnosti  $m_c$  a libovolně volené objemové hmotnosti  $\rho_c$ .



1. Schéma přístroje na měření pórovitosti — Diagram of an apparatus for porosity measurements

K měření jsme zhotovili přístroj (obr. 1). Do hermeticky uzavíratelné nádoby (1) se vloží vzorek materiálu. Přes zpětný ventil (3) je při uzavřeném ventilu (4) nahuštěn do nádoby (2) vzduch. Jeho tlak měří tlakoměr (6). Pak se při uzavřeném kohoutu (5) přepustí vzduch z nádoby (2) do nádoby (1). Po vyrovnaní tlaku i teplot se tlak vzduchu znovu změří. Pro každý vzorek by měl být poměr tlaků před přepuštěním vzduchu ( $p_I$ ) a po něm ( $p_{II}$ ) konstantní. To umožňuje měření několikrát opakovat. Měření jsme skončili, když rozptýl hodnot okolo regresní přímky naměřených tlaků  $p_I = b \cdot p_{II}$  byl uspokojivý (korelační koeficient). Měření jsme opakovali pětkrát až osmkrát. Do vzorce (4) jsme pak dosazovali místo tlaků  $p_I$  a  $p_{II}$  směrnici regresní přímky  $p_I = b \cdot p_{II}$ . Kalibrace přístroje, přesnost a citlivost jeho měření byla podrobena teoretickému rozboru, což minimalizovalo chyby při měření. Omezili jsme také chyby způsobené odchylkami od izotermické změny stavu.

Při měření jsme použili tyto materiály: luční porost, jetelotrávu, kukuřici, drť z kukuřičných palic, obilní zrno a mouku. Celkem byla pórovitost určena u 63 vzorků. Pro další zpracování byly použity výsledky 41 měření (tab. I).

## TEORETICKÝ ROZBOR

Přistoupíme-li na názor, který uvedli Rees aj. (1983), že objem materiálu bez pórů  $V_p$  se během jeho přirozeného vysychání zmenšuje právě o objem ztracené vody, je v materiálu nezávisle na jeho fyzikálním stavu objem uvolněný odpařenou vodou ihned vyplněn vzduchem. Můžeme proto celkový objem rostlinného materiálu  $V_c$  rozdělit na tři části: objem vody  $V_w$ , objem suché hmoty  $V_s$  a objem pórů  $V_v$  (objem vázaných plynů zanedbána)

$$V_c = V_w + V_s + V_v \quad (5)$$

Dosazením do rovnice (1) dostaneme:

$$\varepsilon = \frac{V_c - V_w - V_s}{V_c}$$

a po úpravě

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_s + V_w}{V_c} \quad (6)$$

Nahrazením objemů v rovnici (6) podílí příslušných hmotností a hustot dostaneme:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\frac{m_s^*}{\rho_s^*} + \frac{m_w}{\rho_w}}{\frac{m_c}{\rho_c}}$$

a po úpravě s použitím  $w = \frac{m_w}{m_c}$  a  $1 - w = \frac{m_s^*}{m_c}$

$$\rho_c = (1 - \varepsilon) \cdot \frac{\rho_s^* \cdot \rho_w}{(1 - w) \cdot \rho_w + w \cdot \rho_s^*} \quad (7)$$

což je funkční vztah mezi objemovou hmotností materiálu, jeho pórovitostí a vlhkostním podílem.

Zbývá určit velikost parametru  $\rho_s^*$ , tedy hustotu suchého materiálu bez pórů. Pro další postup je výhodné  $\rho_c$  přepočítat na sušinu podle vztahu  $\rho_{sc} = (1 - w) \cdot \rho_c$  a pak ze vztahu (7) po zjednodušení dostaneme:

$$\rho_{sc} = (1 - \varepsilon) \cdot \frac{\rho_s^* \cdot \rho_w}{\rho_w + \rho_s^* \cdot \frac{w}{1 - w}} \quad (8)$$

Nahradíme-li dále objemovou hmotnost sušiny  $\rho_{sc}$  teoretickou hustotou  $\rho_{sp}$  podle vztahu

$$\rho_{sp} = \frac{\rho_{sc}}{1 - \varepsilon}$$

vznikne závislost jen mezi dvěma proměnnými  $\rho_{sp}$  a  $w$  ve tvaru:

$$\rho_{sp} [ = f(\rho_{sc}, \varepsilon) ] = g(w)$$

$$\rho_{sp} = \frac{\rho_s^* \cdot \rho_w}{\rho_w + \rho_s^* \cdot \frac{w}{1 - w}}$$

a po úpravách:

$$w = \frac{\rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{sp})}{\rho_{sp} \cdot \rho_s^* + \rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{sp})} \quad (9)$$

U  $i$ -tého vzorku materiálu můžeme podíl vlhkosti  $w_i$  určit podle ČSN 46 7007 (1966) a hustotu  $\rho_{spi}$  výpočtem ze skutečných hodnot objemové hmotnosti  $\rho_{ci}$  a pórovitosti:

$$\rho_{spi} = \frac{1 - w_i}{1 - \varepsilon_i} \cdot \rho_{ci} \quad (10)$$

Pro  $i$ -té měření můžeme tedy v souřadnicích  $w - \rho_s$  vynést  $i$ -tou naměřenou ( $w_i$ ) a vypočtenou ( $\rho_{spi}$ ) hodnotu jako bod o souřadnicích  $[\rho_{spi}; w_i]$ . Těmito body pak prokládáme křivku podle rovnice (9), kde neznámou a pro určitý materiál zřejmě konstantní

I. Označení a charakteristika rostlinných materiálů použitých při měření pórovitosti — Designation and characteristics of plant materials used during the measurement of porosity

| Číslo měření | Datum<br>Místo odběru     | Materiál                                       | $w$<br>[%] | $V_p$<br>[cm <sup>3</sup> ] | $m_c$<br>[kg] | $\rho_{sp}$<br>[kg·m <sup>-3</sup> ] | Poznámka                                                              |
|--------------|---------------------------|------------------------------------------------|------------|-----------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1            | 25. 6. 1984<br>Bohdalov   | jetelotráva - neřezaná                         | 70,8       | 1189                        | 1,265         | 310                                  |                                                                       |
| 2            | 25. 6. 1984<br>Bohdalov   | jetelotráva - krátce<br>řezaná řezačkou        | 70,8       | 1604                        | 1,645         | 299                                  |                                                                       |
| 3            | 25. 6. 1984<br>Bohdalov   | jetelotráva - řezaná<br>řezačkou s tupými noži | 70,8       | 1321                        | 1,250         | 276                                  |                                                                       |
| 4            | 26. 6. 1984<br>Bohdalov   | luční porost - velmi<br>krátce nařezaný        | 73,4       | 1778                        | 1,910         | 286                                  |                                                                       |
| 5            | 26. 6. 1984<br>Bohdalov   | luční porost - velmi<br>krátce nařezaný        | 73,4       | 2112                        | 2,200         | 277                                  | jiný buben než<br>u čísla měření 4 -<br>délky řezanky<br>o málo vyšší |
| 6            | 26. 6. 1984<br>Bohdalov   | luční porost - velmi<br>krátce nařezaný        | 73,4       | 2065                        | 1,820         | 234                                  | délky řezanky ještě<br>menší než u čísla<br>měření 5                  |
| 7            | 18. 7. 1984<br>AF         | tráva - krátká řezanka                         | 78,2       | 1669                        | 1,560         | 204                                  |                                                                       |
| 8            | 18. 7. 1984<br>AF         | tráva - neřezaná                               | 78,2       | 1284                        | 1,190         | 202                                  | táž tráva jako<br>u čísla měření 7                                    |
| 9            | 20. 7. 1984<br>AF         | tráva - krátká řezanka                         | 67,4       | 1500                        | 1,450         | 315                                  | vzorek číslo 7<br>po zavadnutí                                        |
| 10           | 26. 9. 1984<br>AF         | kukuřice - krátká<br>řezanka                   | 82,4       | 2379                        | 3,000         | 222                                  |                                                                       |
| 11           | 24. 10. 1984<br>Vidov     | kukuřice - krátká<br>řezanka                   | 71,0       | 1969                        | 2,460         | 362                                  |                                                                       |
| 12           | 16. 1. 1985<br>AF         | seno polámané<br>neřezané                      | 21,6       | 546                         | 0,632         | 908                                  |                                                                       |
| 13           | 26. 2. 1985<br>AF         | seno neřezané                                  | 14,7       | 468                         | 0,672         | 1224                                 |                                                                       |
| 14           | 27. 2. 1985<br>AF         | seno neřezané                                  | 14,7       | 542                         | 0,672         | 1057                                 |                                                                       |
| 15           | 27. 2. 1985<br>Dubné - AF | kukuřice - siláž                               | 80,8       | 2568                        | 2,876         | 215                                  |                                                                       |
| 16           | 27. 2. 1985<br>Dubné - AF | kukuřice - silážní drť<br>bez listů            | 50,6       | 2415                        | 3,013         | 616                                  |                                                                       |
| 17           | 27. 2. 1985<br>Dubné - AF | kukuřice - siláž                               | 77,6       | 2203                        | 2,457         | 250                                  |                                                                       |
| 18           | 27. 2. 1985<br>Dubné - AF | kukuřice - silážní drť<br>bez listů            | 45,6       | 2183                        | 2,735         | 682                                  |                                                                       |
| 19           | 28. 2. 1985<br>Dubné - AF | kukuřice - siláž                               | 68,2       | 1497                        | 1,735         | 368                                  |                                                                       |
| 20           | 28. 2. 1985<br>AF         | seno - šrot                                    | 10,1       | 477                         | 0,672         | 1267                                 |                                                                       |
| 21           | 2. 3. 1985<br>Dubné - AF  | kukuřice - silážní drť<br>bez listů            | 37,1       | 1815                        | 2,365         | 820                                  |                                                                       |

## 1. pokračování tab. I

| Číslo měření | Datum<br>Místo odběru     | Materiál                            | w<br>[%] | V <sub>p</sub><br>[cm³] | m <sub>c</sub><br>[kg] | Q <sub>sp</sub><br>[kg · m <sup>-3</sup> ] | Poznámka                                          |
|--------------|---------------------------|-------------------------------------|----------|-------------------------|------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 22           | 2. 3. 1985<br>Dubné - AF  | kukuřice - siláž                    | 61,7     | 1225                    | 1,439                  | 450                                        |                                                   |
| 23           | 3. 3. 1985<br>Dubné - AF  | kukuřice - silážní drť<br>bez listů | 17,9     | 1389                    | 1,812                  | 1071                                       |                                                   |
| 24           | 3. 3. 1985<br>Dubné - AF  | kukuřice - siláž                    | 30,1     | 642                     | 0,788                  | 857                                        |                                                   |
| 25           | 3. 3. 1985<br>Dubné - AF  | kukuřice - silážní drť<br>bez listů | 10,2     | 1288                    | 1,657                  | 1155                                       |                                                   |
| 26           | 6. 2. 1985<br>AF          | seno - šrot                         | 4,2      | 811                     | 1,045                  | 1286                                       |                                                   |
| 27           | 30. 5. 1985<br>AF         | tráva - neřezaná                    | 79,0     | 1106                    | 1,169                  | 222                                        |                                                   |
| 28           | 31. 5. 1985<br>AF         | tráva - neřezaná                    | 67,5     | 899                     | 0,998                  | 361                                        | táž tráva jako číslo<br>měření 27                 |
| 29           | 4. 6. 1985<br>AF          | tráva - krátce řezaná               | 79,2     | 1329                    | 1,438                  | 225                                        |                                                   |
| 30           | 4. 6. 1985<br>AF          | tráva - dlouze řezaná               | 79,2     | 1220                    | 1,322                  | 225                                        |                                                   |
| 31           | 6. 6. 1985<br>AF          | tráva - krátce řezaná               | 66,0     | 1106                    | 1,235                  | 380                                        |                                                   |
| 32           | 25. 6. 1985<br>AF         | tráva - krátce řezaná               | 71,2     | 879                     | 1,041                  | 341                                        | více hrubé vlákniny<br>než číslo měření 31        |
| 33           | 1. 7. 1985<br>Dubné       | ječmen - silážní<br>obilní drť      | 69,4     | 2341                    | 2,702                  | 353                                        |                                                   |
| 34           | 2. 7. 1985<br>AF          | pšenice - mouka<br>polohrubá T 550  | 13,4     | 3032                    | 4,369                  | 1248                                       |                                                   |
| 35           | 29. 1. 1986<br>AF         | pšenice - zrno                      | 10,9     | 3376                    | 5,000                  | 1319                                       |                                                   |
| 36           | 24. 2. 1986<br>AF         | oves - zrno                         | 8,3      | 2124                    | 3,000                  | 1295                                       |                                                   |
| 37           | 24. 2. 1986<br>AF         | seno - šrot                         | 6,7      | 1166                    | 1,442                  | 1154                                       |                                                   |
| 38           | 24. 2. 1986<br>AF         | seno - neřezané                     | 6,7      | 790                     | 0,961                  | 1136                                       | stejný materiál jako<br>jako u čísla měření<br>37 |
| 39           | 25. 2. 1986<br>AF         | seno - šrot                         | 6,7      | 704                     | 0,961                  | 1257                                       |                                                   |
| 40           | 26. 2. 1986<br>AF         | oves - zrno                         | 8,3      | 2075                    | 3,000                  | 1326                                       |                                                   |
| 41           | 4. 6. 1986<br>Čtyři Dvory | jetel                               | 86,9     | 1411                    | 1,360                  | 126                                        | mokvý                                             |

hodnotu  $\rho_s^*$  stanovíme z podmínky, že součet čtverců odchylek jednotlivých měření od hledané křivky bude minimální:

$$S = \sum_{i=1}^n [w_i - f(\rho_{spi})]^2 \stackrel{!}{=} \min$$

$$S = \sum_{i=1}^n \left[ w_i - \frac{\rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{spi})}{\rho_s^* \cdot \rho_{spi} + \rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{spi})} \right]^2 \stackrel{!}{=} \min$$

a to bude pro  $\rho_s^*$ , pro které platí:  $\frac{\partial S}{\partial \rho_s^*} = 0$ :

$$\frac{\partial S}{\partial \rho_s^*} = \sum_{i=1}^n 2 \cdot \left[ w_i - \frac{\rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{spi})}{\rho_s^* \cdot \rho_{spi} + \rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{spi})} \right] \cdot$$

$$\cdot \frac{\rho_w \cdot [\rho_s^* \cdot \rho_{spi} + \rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{spi})] - \rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{spi}) \cdot (\rho_{spi} + \rho_w)}{[\rho_s^* \cdot \rho_{spi} + \rho_w \cdot (\rho_s^* - \rho_{spi})]^2} \stackrel{!}{=} 0$$

Z toho po úpravách dostaneme:

$$\rho_s^* = \frac{\rho_w \cdot \left( \sum_{i=1}^n \rho_{spi}^3 \cdot w_i + \sum_{i=1}^n \rho_{spi}^3 \right)}{\sum_{i=1}^n \rho_{spi} \cdot w_i + \rho_w \cdot \left( \sum_{i=1}^n \rho_{spi}^2 \cdot w_i - \sum_{i=1}^n \rho_{spi}^2 \right)} \quad (11)$$

Pórovitost vypočítáme úpravou rovnice (7):

$$\varepsilon = 1 - \rho_c \cdot \left( \frac{1 - w}{\rho_s^*} + \frac{w}{\rho_w} \right) \quad (12)$$

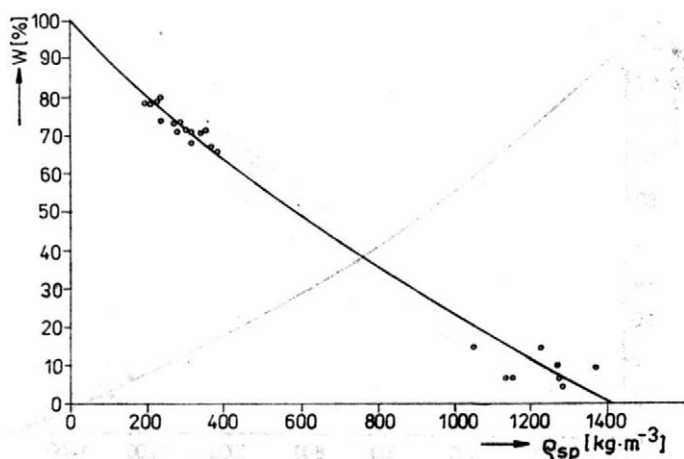
## VÝSLEDKY

V tab. I jsou uvedeny naměřené a vypočtené hodnoty veličin potřebných k výpočtu hustoty sušiny ( $\rho_s^*$ ) rostlinných materiálů. Závislosti teoretické hustoty ( $\rho_{sp}$ ) na podílu vlhkosti materiálu u jednotlivých druhů jsou graficky znázorněny na obr. 2 až 5. Obr. 6 uvádí stejnou závislost pro všechny druhy společně. Hodnota hustoty  $\rho_s^*$  byla v jednotlivých případech tato:

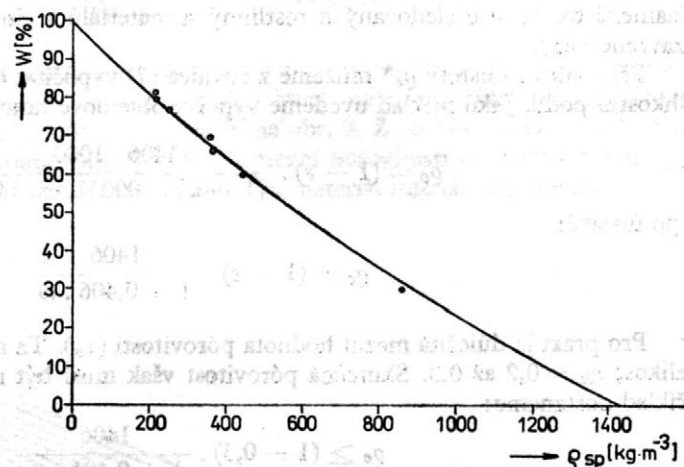
|                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| u lučního porostu a jeřotelrávy | 1406 kg.m <sup>-3</sup> |
| u silážní kukuřice              | 1419 kg.m <sup>-3</sup> |
| u drtě z kukuřičných palic      | 1402 kg.m <sup>-3</sup> |
| u obilního zrna                 | 1521 kg.m <sup>-3</sup> |
| u všech skupin společně         | 1440 kg.m <sup>-3</sup> |

Z průběhu křivek znázorňujících závislost  $w = f(\rho_{sp})$  i z hodnot hustoty  $\rho_s^*$  je zřejmé, že se navzájem příliš neliší. Dále je zřejmé, že řezání a drcení materiálu za jinak stejných podmínek (podíl vlhkosti, objemová hmotnost) pórovitost téměř neovlivňuje.

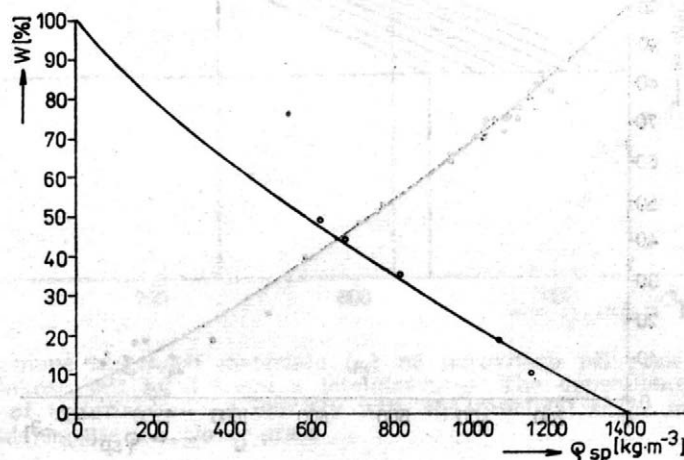
2. Závislost teoretické hustoty ( $\rho_{sp}$ ) na vlhkosti biomasy pro luční trávu a jetelotrávu — The dependence of theoretical density ( $\rho_{sp}$ ) on the moisture of biomass for meadow grass and for clover-grass

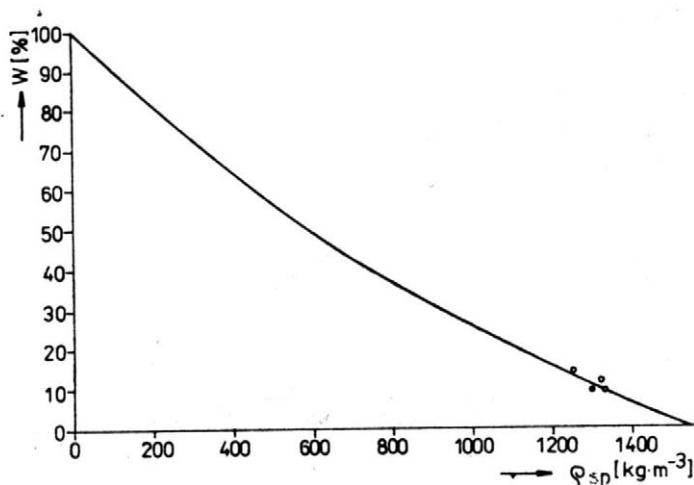


3. Závislost teoretické hustoty ( $\rho_{sp}$ ) na podílu vlhkosti biomasy pro silážní kukuřici — The dependence of theoretical density ( $\rho_{sp}$ ) on the moisture of biomass for silage maize



4. Závislost teoretické hustoty ( $\rho_{sp}$ ) na podílu vlhkosti biomasy pro šrot z odlistěných kukuřičných palic — The dependence of theoretical density ( $\rho_{sp}$ ) on the moisture of biomass of crushed defoliated maize cobs





5. Závislost teoretické hustoty ( $\rho_{sp}$ ) na podílu vlhkosti biomasy pro obilní zrno — The dependence of theoretical density ( $\rho_{sp}$ ) on the moisture of biomass in cereal grain

Znamená to, že se u sledovaných rostlinných materiálů zřejmě nevyskytují pro vzduch uzavřené póry.

Při znalosti hustoty  $\rho_s^*$  můžeme z rovnice (7) vypočítat objemovou hmotnost nebo vlhkostní podíl. Jako příklad uvedeme výpočet objemové hmotnosti u luční trávy:

$$\rho_c = (1 - \varepsilon) \cdot \frac{1406 \cdot 1000}{(1 - w) \cdot 1000 + w \cdot 1406}$$

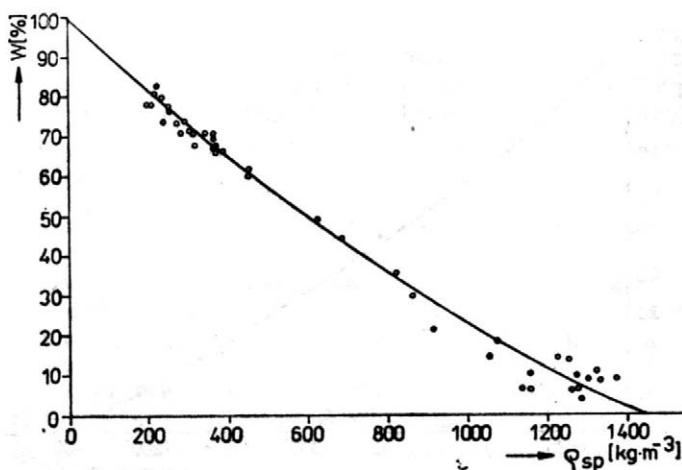
a po úpravě:

$$\rho_c = (1 - \varepsilon) \cdot \frac{1406}{1 + 0,406 \cdot w} \quad (13)$$

Pro praxi je důležitá mezní hodnota pórovitosti ( $\varepsilon_k$ ). Ta má podle literárních údajů velikost  $\varepsilon_k = 0,2$  až  $0,3$ . Skutečná pórovitost však musí být menší —  $\varepsilon \leq \varepsilon_k$ . Pro náš příklad dostaneme:

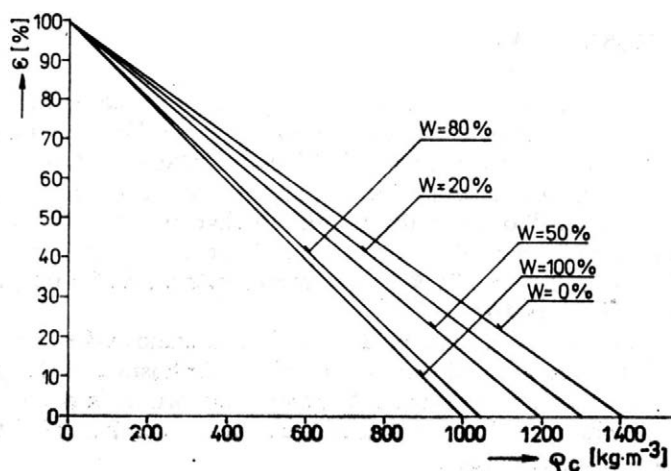
$$\rho_c \geq (1 - 0,3) \cdot \frac{1406}{1 + 0,406 \cdot w}$$

což např. pro vlhkostní podíl  $w = 0,7$  dává:



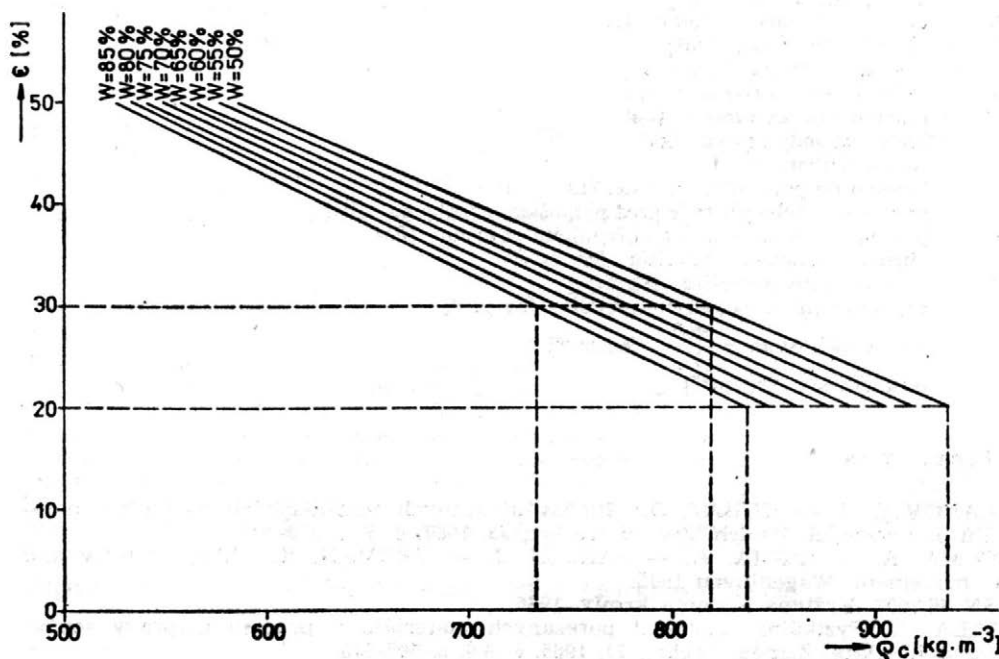
6. Závislost teoretické hustoty ( $\rho_{sp}$ ) na podílu vlhkosti biomasy pro všechny druhy sledovaných materiálů — The dependence of theoretical density ( $\rho_{sp}$ ) on the moisture of biomass for all kinds of test materials

7. Závislost skutečné objemové hmotnosti ( $\rho_c$ ) na pórovitosti pro luční trávu a jetelotrávu — The dependence of actual volume weight ( $\rho_c$ ) on porosity in meadow grass and clover grass



$$\rho_c \geq \frac{984}{1 + 0,406 \cdot 0,7} = 766 \text{ kg.m}^{-3}$$

Závislost  $\epsilon = f(\rho_c, w)$  umožňuje pro skutečný podíl vlhkosti materiálu stanovit objemovou hmotnost siláže nebo senáže ve žlabu, která bude odpovídat mezní pórovitosti. Závislost je zobrazena na obr. 7 a v detailu na obr. 8. Z obrázků je zřejmé, že čím nižší je podíl vlhkosti materiálu, tím vyšší je při mezní pórovitosti objemová hmotnost. To znamená, že při senážování sušší hmoty musíme materiál intenzivněji dusat.



8. Závislost skutečné objemové hmotnosti materiálu ( $\rho_c$ ) na pórovitosti při praktickém rozmezí podílu vlhkosti pro luční trávu a jetelotrávu — The dependence of actual volume weight of material ( $\rho_c$ ) on porosity with the practical range of moisture contents for meadow grass and clover grass

Na základě teoretického rozboru byla propracována metoda stanovení pórovitosti rostlinných materiálů měřením objemu plynem. Dále byl stanoven matematický postup pro určení hodnoty hustoty  $\rho_s^*$ . Objektívni stanovení hustoty  $\rho_s^*$  vyžaduje několik měření při různém podílu vlhkosti materiálu. Určení hustoty na základě jednoho měření ne zcela suchého materiálu je zatíženo chybou, která má různou velikost podle podílu vlhkosti materiálu. To je jedna z příčin, proč se údaje v literatuře v hodnotách hustoty  $\rho_s^*$  dosti rozcházejí. Naše výsledky se téměř shodují s údaji, které uvedl Müller (cit. Velebil aj., 1980).

S ohledem na malé rozdíly mezi námi stanovenými hustotami ( $\rho_s^*$ ) různých rostlinných materiálů vyslovujeme domněnku, že hustota rostlin používaných pro silážování a senážování je téměř stejná. U našeho souboru měla pravděpodobnou hodnotu  $\rho_s^* = 1440 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Stav rostlinného materiálu (řezanka, drť, šrot) tedy na hodnotu pórovitosti zřejmě nepůsobí.

### Přehled symbolů

|                 |                                                                                |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $\varepsilon$   | — pórovitost [—]                                                               |
| $\varepsilon_k$ | — kritická pórovitost [—]                                                      |
| $S$             | — součet čtverců $w_i - f(\varphi_{sp_i})$ [—]                                 |
| $V_1$           | — objem nádoby (1) pro měření pórovitosti [ $\text{m}^3$ ]                     |
| $V_2$           | — objem nádoby (2) pro měření pórovitosti [ $\text{m}^3$ ]                     |
| $V_c$           | — celkový objem vzorku [ $\text{m}^3$ ]                                        |
| $V_p$           | — objem pevných částí vzorku $= V_w + V_s$ [ $\text{m}^3$ ]                    |
| $V_v$           | — objem pórů vzorku [ $\text{m}^3$ ]                                           |
| $V_s$           | — objem suché hmoty vzorku [ $\text{m}^3$ ]                                    |
| $V_w$           | — objem vody vzorku [ $\text{m}^3$ ]                                           |
| $b$             | — směrnice regresní přímky [—]                                                 |
| $m_c$           | — celková hmotnost vzorku [kg]                                                 |
| $m_s^*$         | — hmotnost sušiny vzorku [kg]                                                  |
| $m_w$           | — hmotnost vody vzorku [kg]                                                    |
| $n$             | — rozsah souboru [—]                                                           |
| $w$             | — hmotnostní podíl vlhkosti materiálu [—]                                      |
| $p_I$           | — přetlak v nádobě přístroje před přepuštěním vzduchu [Pa]                     |
| $p_{II}$        | — přetlak v obou nádobách po přepuštění vzduchu [Pa]                           |
| $\rho_c$        | — objemová hmotnost materiálu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]              |
| $\rho_s^*$      | — hustota sušiny materiálu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]                 |
| $\rho_{sc}$     | — objemová hmotnost sušiny materiálu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]       |
| $\rho_{sp}$     | — teoretická hustota $= \frac{m_s^*}{V_p}$ [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ] |
| $\rho_w$        | — hustota vody [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]                             |

### Literatura

- BLAHOVEC, J. — KUBÁT, O.: Stlačování suchých zemědělských pórézních materiálů při vysokých tlacích. Zeměd. Techn., 33, 1987, č. 5, s. 289-302.
- BOSMA, A. — IPEMA, A. — JANSEN, J. — VREMAN, K.: Silage density and air movement. Wageningen 1985.
- ČSN 46 7007. Výživná hodnota krmiv. 1966.
- FIALA, J.: Fyzikální vlastnosti pořezaných materiálů v procesu přípravy senáže a zavádě siláže. Zeměd. Techn., 11, 1965, č. 8/9, s. 505-518.
- FIALA, J.: Zjišťování mezerovitosti zaváděných pořezaných pícnin. Zeměd. Techn., 12, 1966, č. 11/12, s. 705-707.
- MODRÝ, S.: Význam pórové struktury pro hodnocení vlastností surovin a výrobků. In: Sbor. ČSVTS: Porometrické metody a jejich použití ve výzkumu, vývoji a kontrole jakosti surovin a výrobků. Dům techniky Praha, 1986.

REES, D. — ANSLEY, E. — NEALE, M.: Apparatus for obtaining an undisturbed core of silage and for measuring porosity and gas diffusion in the sample. J. agric. Engng. Res., 1983, č. 28, s. 107-114.

VELEBIL, M. a kol.: Automatizace živočišné výroby. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1980. 77 s.

MC RANDAL, D. — MC NULTY, P.: Mechanical and physical properties of grasses. Trans. ASAE, 23, 1980, č. 4, s. 816-821.

SCHMIDT, W. — WETTERAU, H.: Výroba siláže. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1974.

SVENSON, K.: Briketter och pelletter. Jord., Groda, Djur, 165, 1966.

ŽÁK, K. — BAIN, J. — DARIUSOVÁ, L.: Technické požadavky u sklízecích řezaček pro zajištění kvality zpracovaného materiálu. [Závěrečná zpráva.] České Budějovice, Vysoká škola zemědělská 1986.

Došlo dne 3. 2. 1988

ЖАК, К. — БАИН, Й. (Сельскохозяйственный институт, Прага, Агрономический факультет, Ческе Будейовице): Пористость растительного материала. Земед. Techn., 34, 1988 (8) : 481-491.

Приводится новый математический метод определения плотности ( $\rho_s^*$ ) растительных материалов. Но в целях объективности ее необходимо измерять несколько раз с учетом разной степени влажности. Авторы выводят из этих промеров, что плотность всех прослеживаемых растений для силосования почти одинакова и приближается к величине 1440 кг. м<sup>-3</sup>. Как показало сравнение недробленного, дробленного, молотого и измельченного материала, у этих растений не встречаются закупоренные для воздуха поры.

растительный материал; силос; пористость; плотность; доля влажности

ŽÁK, K. — BAIN, J. (University of Agriculture, Praha, Faculty of Agronomy, České Budějovice): Porosity of Plant Materials. Zeméd. Techn., 34, 1988 (8) : 481-491.

A new mathematical procedure of determining the density ( $\rho_s^*$ ) of plant materials is proposed. Objective determination of density requires several measurements of the same material at different moisture contents. Considering the results of the measurements, it can be concluded that the density of all the studied plants, used for ensiling, is almost the same: about 1440 kg per cubic metre. It follows from the comparison of unchopped, chopped, crushed and ground materials that no pores closed to air occur in the studied plants.

plant materials; silage; porosity; density; moisture proportions

ŽÁK, J. — BAIN, J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha, agronomische Fakultät České Budějovice): Porosität der Pflanzenmaterialien. Zeméd. Techn., 34, 1988 (8) : 481-491.

Die vorliegende Arbeit führt ein neues mathematisches Verfahren zur Bestimmung der Dichte ( $\rho_s^*$ ) verschiedener Pflanzenmaterialien an. Die objektive Bestimmung der Dichte erfordert bei einem Material mehrere Messungen bei seinem unterschiedlichen Feuchtigkeitsanteil. Die Autoren schlussfolgern aus den ermittelten Messergebnissen, dass die Dichte aller untersuchten zum Silieren herangezogenen Pflanzen fast die gleiche ist und sich dem Wert von 1440 kg. m<sup>-3</sup> nähert. Der Vergleich von ungeschnittenen, geschnittenen, geschroteten und zerriebenen Materialien zeigte, dass es bei den untersuchten Pflanzen keine für die Luft geschlossenen Poren gibt.

Pflanzenmaterialien; Silage; Porosität; Dichte; Feuchtigkeitsanteil

#### Adresa autorů:

Doc. ing. Karel Žák, CSc., ing. Jiří Bain, Vysoká škola zemědělská Praha, agronomická fakulta, Sinkuleho 13, 370 05 České Budějovice

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 10 časopisu

## **ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA**

mají být uveřejněny příspěvky:

- A. Grečenko, V. Novotný, H. Rásochová: Geometrie styčné plochy některých pneumatik na vrstevnici svahu
- J. Kupr, I. Lanča: Funkčně-energetické porovnání bubnového a kolového řezacího ústrojí sklízecích řezaček
- L. Trnka: Poznatky z výzkumu dojicích zařízení Alfa Laval Duovac, Miele-MLT System a Fullwood
- S. Talich, V. Preisler: Zvýšení provozní spolehlivosti pneumatických ventilkových pulsátorů
- Z. Příhoda: Secí stroj pro přesný výsev semen řepy a kukuřice
- D. Hutla: Mikroelektronika u strojů pro rostlinnou výrobu

# ELEKTROHYDRAULICKÝ SYSTÉM PRE URÝCHLENÉ SKÚŠKY ŽIVOTNOSTI TRAKTOROVÝCH HYDROGENERÁTOROV

I. Petranský, Š. Drabant, M. Krajčovič

---

PETRANSKÝ, I. — DRABANT, Š. — KRAJČOVIČ, M. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Elektrohydraulický systém pre urýchlené skúšky životnosti traktorových hydrogenerátorov*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 493-504.

V príspevku je popísané riešenie elektrohydraulického obvodu s počítačovým riadiacim systémom simulátora určeného pre urýchlené skúšky životnosti traktorových hydrogenerátorov v laboratórnych podmienkach s možnosťou použitia znečistenej pracovnej kvapaliny. Je opísaný navrhnutý elektrohydraulický obvod, ovládanie počítačom a použitá meracia technika. Prevádzkové priebehy tlakov a otáčok traktorového hydrogenerátora, potrebné pre simulovanie v laboratórnych podmienkach, boli získané pri orbe s neseným a návesným pluhom.

simulátor; pracovná kvapalina; počítačový riadiaci systém

---

V praxi sa používajú tri základné všeobecne známe metódy zrýchlených životnostných skúšok hydraulických prvkov:

- a) silne znečistenou pracovnou kvapalinou,
- b) zvýšeným prevádzkovým tlakom,
- c) zrýchlením pracovného cyklu.

Na katedre energetiky VŠP v Nitre bola vyvinutá metóda zrýchlených životnostných skúšok traktorových hydrogenerátorov, ktorá umožňuje použiť súčasne všetky tri základné metódy. V tomto príspevku sa zaoberáme riešením elektrohydraulického zapažovacieho obvodu s počítačovým riadiacim systémom simulátora určeného pre urýchlené skúšky životnosti traktorových hydrogenerátorov v laboratórnych podmienkach so zaistenou reprodukovateľnosťou skúšok. Reprodukovateľnosť skúšky je možná vo všetkých troch bodoch uvedených pre tri základné metódy zrýchlených skúšok životnosti hydraulických prvkov.

## MATERIÁL A METÓDA

Metodika práce vychádza z požiadavky merať v laboratóriu životnosť traktorových zubových hydrogenerátorov PZ 2-18-KS2 a PZ 2-12-KS2. Úloha bola riešená na požiadanie výrobcu traktorových prevodoviek ZVL Považské strojárne, Považská Bystrica, a výrobcu traktorov ZTS VVZ, Martin.

Technické parametre hydrogenerátorov sú:

#### hydrogenerátor PZ 2-18-KS2

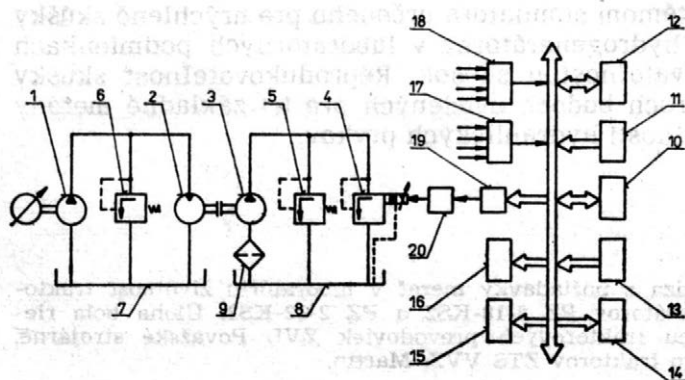
|                  |                                               |
|------------------|-----------------------------------------------|
| prietok          | $Q_G = 43 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ |
| pri otáčkach     | $n_G = 2391 \text{ min}^{-1}$                 |
| pri tlaku        | $P_G = 16 \text{ MPa}$                        |
| tlak menovitý    | $P_{Gn} = 16 \text{ MPa}$                     |
| tlak maximálny   | $P_{Gmax} = 20 \text{ MPa}$                   |
| tlak na vstupe   | $P_{Gvs} = -0,03 \div +0,12 \text{ MPa}$      |
| otáčky menovité  | $n_{Gn} = 2391 \text{ min}^{-1}$              |
| otáčky maximálne | $n_{Gmax} = 2500 \text{ min}^{-1}$            |
| otáčky minimálne | $n_{Gmin} = 650 \text{ min}^{-1}$             |

#### hydrogenerátor PZ 2-12-KS2

|                  |                                               |
|------------------|-----------------------------------------------|
| prietok          | $Q_G = 25 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ |
| pri otáčkach     | $n_G = 2390 \text{ min}^{-1}$                 |
| pri tlaku        | $P_G = 16 \text{ MPa}$                        |
| tlak menovitý    | $P_{Gn} = 16 \text{ MPa}$                     |
| tlak maximálny   | $P_{Gmax} = 20 \text{ MPa}$                   |
| tlak na vstupe   | $P_{Gvs} = -0,03 \div +0,12 \text{ MPa}$      |
| otáčky menovité  | $n_{Gn} = 2390 \text{ min}^{-1}$              |
| otáčky maximálne | $n_{Gmax} = 2500 \text{ min}^{-1}$            |
| otáčky minimálne | $n_{Gmin} = 650 \text{ min}^{-1}$             |

Konkrétny návrh elektrohydraulického systému sledovania životnosti uvedených hydrogenerátorov vychádzal z prihlášky vynálezu PV 530/87 (Petranský a i., 1987). Funkčná schéma je znázornená na obr. 1.

Hydrostatický obvod simulátora (obr. 1), určený pre dynamické zaťažovanie hydrogenerátora 1, pozostáva z hydromotora 2, mechanicky spojeného so zafazovacím hydrogenerátorom 3, ktorého výstup prostredníctvom hydraulického vedenia je napojený na elektrohydraulický proporcionálny tlakový ventil 4 a tlakový ventil vo funkcii poistného ventila 5. Výstup skúšaného hydrogenerátora 1 je napojený na hydromotor simulátora 2, tlakový ventil vo funkcii poistného ventila 6 a medzi vstup skúšaného hydrogenerátora 1 a výstup hydromotora 2 je vložená nádrž 7, určená pre zásobu pracovnej kvapaliny s požadovaným znečistením. Medzi vstup zafazovacieho hydrogenerátora 3 a výstup elektrohydraulického proporcionálneho tlakového ventila 4 je vložená nádrž 8, určená pre zásobu pracovnej kvapaliny, ktorej požadovanú čistotu, danú elektrohydraulickým proporcionálnym tlakovým ventilom 4, zabezpečuje čistič 9. Požadovaná zmena tlaku na výstupe skúšaného hydrogenerátora 1 je spojitie riadená s elektrohydraulickým proporcionálnym tla-



1. Funkčná schéma hydraulického obvodu pre simulovanie dynamického zaťaženia hydrogenerátora pracujúceho so znečistenou kvapalinou, s číslcovým riadiacim systémom — Functional diagram of a hydraulic circuit simulating the dynamic load of a hydrogenerator working with contaminated liquid, equipped with a digital control system

kovým ventilom 4. Zaradený ventil je aktívnym členom elektrohydraulického systému simulátora zabezpečujúceho spojitý prevod elektrického prúdu na úmerný tlak pracovnej kvapaliny. Hydraulický obvod stimulatára podľa vynálezu umožňuje spojitú zmenu tlakového spádu na zaťažovacom hydrogenerátore 3, ktorý je mechanicky spojený s hydro motorom 2, a tým aj spojitú zmenu tlaku na výstupe skúšaného hydrogenerátora 1. Zavedený elektrohydraulický prvok — elektrohydraulický proporcionálny tlakový ventil — je riadený prostredníctvom navrhnutého počítačového systému, a tak je možné podľa programu voliť ľubovoľný zaťažovací režim včítane prevádzkového.

Navrhovaný číslicový riadiaci systém (obr. 1) hydrostatického simulátora pozostáva z centrálnej procesorovej jednotky 10, pamäti 11 pre uloženie programu, pamäti 12 pre uloženie údajov, digitálno-analógového prevodníka 19, výkonového zosilňovača 20, jednotky impulzných vstupov, jednotky analógových vstupov a štandardných periférnych jednotiek (klávesnica 13, displej 14, tlačiareň 15, floppy disky 16). Činnosť celého riadiaceho systému zabezpečuje riadiaci program uložený v pamäti 11 a údajový súbor uložený v pamäti 12 prostredníctvom centrálnej procesorovej jednotky 10, ktorá sa ovláda z klávesnice 13. Systém súčasne umožňuje pripojiť impulzné snímače cez impulzné vstupy 18 a analógové snímače cez analógové vstupy 17. Riadiacim systémom je možné simulovať zaťaženie ľubovoľného priebehu v danom rozsahu. Priebeh zaťaženia môže byť zadaný buď analyticky, alebo je vytváraný zo vzorkovaného spojitého obecného priebehu získaného v prevádzke a uloženého v údajovom súbore z floppy diskovej jednotky 16. Počas simulácie umožňuje systém trvalý záznam protokolu tlačiarňou 15. Samotné riadenie elektrohydraulického proporcionálneho tlakového ventilu 4 sa uskutočňuje digitálno-analógovým prevodníkom 19 a výkonovým zosilňovačom 20.

Výhodou hydrostatického obvodu simulátora dynamického zaťažovania určeného pre urýchlenné skúšky životnosti hydrogenerátora v laboratórnych podmienkach je, že zavedený elektrohydraulický proporcionálny tlakový ventil je funkčným blokom, systémom zabezpečujúcim spojitý prevod elektrického prúdu na úmerný hydraulický signál — tlak. Zavedený elektrohydraulický prvok tvorí spojitú rozhranie medzi elektrickým a hydraulickým obvodom simulátora, čo umožňuje riadiť spojitú zmenu zaťažovacieho tlaku v hydraulickom obvode zaťažovacieho hydrogenerátora 3, a tým i v hydraulickom obvode skúšaného hydrogenerátora 1 pomocou počítača a meracieho magnetofónu, na ktorom je nahraný zaťažovací priebeh priamo z prevádzky. Rozhranie medzi hydrostatickým obvodom skúšaného hydrogenerátora a hydrostatickým obvodom simulátora tvorí zaťažovací hydrogenerátor 3, mechanicky spojený s hydro motorom 2. Toto rozhranie umožňuje použiť pri skúškach v hydrostatickom obvode skúšaného hydrogenerátora znečistenú pracovnú kvapalinu, a tým sledovať jej vplyv na životnosť skúšaného hydrogenerátora.

Pri konkrétnom riešení hydrostatického obvodu je potrebné riešiť meranie tlakov na výstupe oboch hydrogenerátorov s možnosťou priameho odčítania a kontinuálnej registrácie. Ďalej je potrebné merať otáčky na vstupných hriadeľoch oboch hydrogenerátorov. Uskutočnili sme tiež meranie s traktorovou orebnou súpravou s neseným a návesným pluhom za účelom posúdiť a analyzovať dynamické zaťaženie traktorového hydro-

generátora hydraulického obvodu trojbodového závesu v náhodne premenlivých pracovných podmienkach a údaje získané z prevádzkových experimentov využiť pre simulovanie dynamického zaťaženia skúšaného hydrogenerátora.

Pre prevádzkové meranie bol zvolený tento postup:

— uskutočnenie experimentov s orebnou súpravou pozostávajúcou z traktora Z-16045 a pluhu 5-PN-30 za použitia regulácií: silovej, polohovej, zmiešanej I a II,

— uskutočnenie experimentov s orebnou súpravou pozostávajúcou z traktora Z-16045 a pluhu 7-PHX-35 za použitia polohovej regulácie.

Príslušnými meraniami sme chceli získať tieto experimentálne údaje:

- tlak na výstupe hydrogenerátora hydrauliky trojbodového závesu  $p_G$ ,
- otáčky hydrogenerátora hydrauliky trojbodového závesu  $n_G$ ,
- otáčky spaľovacieho motora  $n$ ,
- pracovná rýchlosť súpravy  $v_p$ ,
- hĺbka orby  $h$ .

Dĺžka meraného úseku bola pri všetkých meraniach 50 m, pričom zvlášť boli vytýčené prípravné úseky o dĺžke 25 m.

Mechanicko-fyzikálny stav pôdy bol zisťovaný penetrometrom PT 211, výrobca STS Šumperk. Celý komplex meraní sa uskutočnil v jednom dni. Na vybraných úsekoch bola hlinitá pôda so strniskom po kukurici. Pri meraniach boli zároveň odobraté vzorky pôdy. Vzorky pôdy pre stanovenie zrnitosti boli odobraté pred vlastným meraním, vzorky pre stanovenie vlhkosti, objemovej a mernej hmotnosti pôdy počas merania a po jeho ukončení.

Fyzikálno-mechanické vlastnosti stanovené z odobratých vzoriek boli takéto: hmotnostná vlhkosť 14,2 %, objemová hmotnosť suchej zeminy  $1,15 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , objemová hmotnosť vlhkej zeminy  $1,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , merná hmotnosť zrna  $2,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  a pórovitosť 38 %.

Pri meraniach boli použité snímače:

- tenzometrický tlakomer TT 320, výrobca ZPA Jinonice,
- tlakomer s pružnou rúrkou s rozsahom 0 až 40 MPa, výrobca Chirana, Stará Turá,
- fotoelektrický snímač otáčok RMSV 006A, výrobca Zlatokov, Trenčín.

Tlak  $p_G$  bol meraný na výstupe hydrogenerátora a otáčky hydrogenerátora  $n_G$  a otáčky motora  $n$  boli merané nepriamo cez vývodový hriadeľ traktora. Pracovnú rýchlosť súpravy  $v_p$  sme vypočítali z dĺžky meracieho úseku (50 m) a z času nameraného stopkami. Hĺbku orby sme merali hĺbkomerom zhotoveným na našom pracovisku na meracom úseku v intervaloch jeden meter. Z takto získaných 50 údajov bola určená stredná hodnota hĺbky orby. Meranie tlakov bolo uskutočnené prostredníctvom zosilňovača s nosnou frekvenciou PR 9872, fy PHILIPS. Merané veličiny, tlaky  $p_G$  a otáčky  $n_G$  boli kontinuálne zaznamenávané na magnetofón SP 260 cez adaptér MZA-2, fy Aritma Praha.

Grafický záznam časových priebehov  $p_G$  a  $n_G$  bol získaný súradnicovým zapisovačom BAK 5 T.

Meranie s traktorovými orebnými súpravami sme uskutočnili za podmienok uvedených v metodike. Na obr. 2 a 3 sú uvedené vybrané penetrogramy. Výsledky dosiahnuté pri prevádzkových skúškach traktorovej hydrauliky pre súpravu Z-16045 + 5-PN-3 sú uvedené na obr. 4 a 7. Na obr. 4 je časový priebeh meraných veličín pri orbe s použitou silovou reguláciou, na obr. 5 s polohovou reguláciou, na obr. 6 s miešanou reguláciou I a na obr. 7 s miešanou reguláciou II.

Na obr. 8 sú uvedené priebehy meraných veličín pri orbe so súpravou Z-16045 + 7-PHX-35.

Na základe výsledkov dosiahnutých pri prevádzkových skúškach hydraulického zariadenia traktora Z-18045 v súprave s pluhmi 5-PN-30 a 7-PHX-35 možno zhodnotiť jednotlivé druhy regulácie z pohľadu tlakových priebehov na výstupe hydrogenerátora.

Ako vyplýva z meraní so súpravou Z-16045 + 5-PN-30, pri orbe so silovou reguláciou, pracovnej rýchlosti  $v_p = 5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a hĺbke orby  $h = 29 \text{ cm}$  dosahujú tlakové špičky na výstupe hydrogenerátora 6 MPa (obr. 4). Maximálny čas odľahčenia má hodnotu 4 s.

Pri zaradenej polohovej regulácii, rýchlosti traktora  $v_p = 5,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a hĺbke orby  $h = 25 \text{ cm}$  (obr. 5) sa tlak na výstupe hydrogenerátora pohybuje v rozmedzí 2 až 5,4 MPa. Z toho vyplýva, že odľahčenie hydrogenerátora nenastáva.

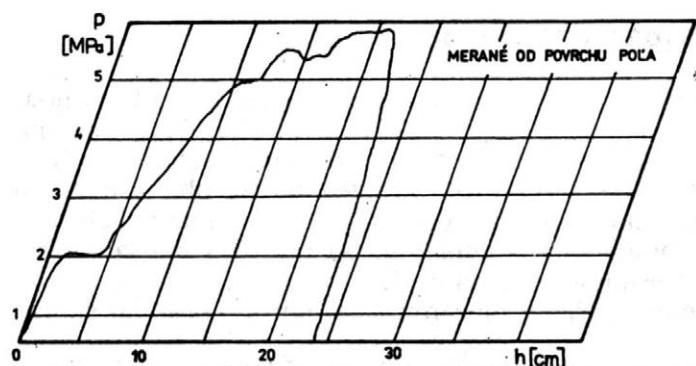
Obr. 6 znázorňuje priebeh tlakov a otáčok hydrogenerátora pri zaradenej zmiešanej regulácii I, pracovnej rýchlosti  $v_p = 7,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a hĺbke orby  $h = 24 \text{ cm}$ . Tlakové špičky dosahujú maximálnu hodnotu 4 MPa a odľahčenie hydrogenerátora sa pohybuje od 0,3 do 4 s. Pri zaradenej zmiešanej regulácii II, pracovnej rýchlosti  $v_p = 7,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a hĺbke orby  $h = 23 \text{ cm}$  (obr. 7) dosahujú tlakové špičky na výstupe hydrogenerátora hodnotu 7,2 MPa a odľahčenie čerpadla nastáva od 0,1 do 1 s.

Z meraní so súpravou Z-16045 + 7-PHX-35 (obr. 8) vyplýva, že maximálny tlak pri orbe so zaradenou polohovou reguláciou, rýchlosti  $v_p = 3,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a hĺbke orby  $h = 30 \text{ cm}$  nastalo odľahčenie hydrogenerátora počas meraného úseku (45 s) dvakrát, a to maximálne na 2 s. Tlaková špička dosahovala hodnoty 12,6 MPa.

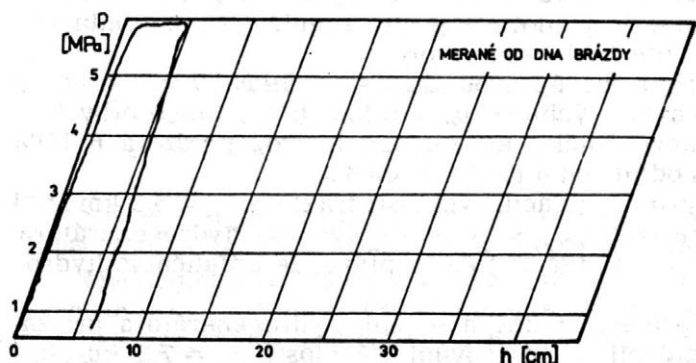
Ako vyplýva z uvedených meraní, hydraulika trojbodového závesu traktora Z-16045 po odpracovaní traktora 1460 Mh vykazovala z pohľadu odľahčenia hydrogenerátora a frekvencie priebehu tlakov pri všetkých meraniach počas orby zlé technické parametre. Odľahčenie hydrogenerátora počas tak krátkych časových úsekov poukazujú na nekvalitný hydraulický obvod s veľmi malými zvodovými odpormi. Možno však konštatovať, že získané priebehy vyhovujú pre ďalšie riešenie metódy zisťovania životnosti hydrogenerátora v laboratórnych podmienkach.

## **NÁVRH HYDRAULICKÉHO OBVODU SYSTÉMU PRE SIMULOVANIE DYNAMICKEJ ZÁŤAŽE**

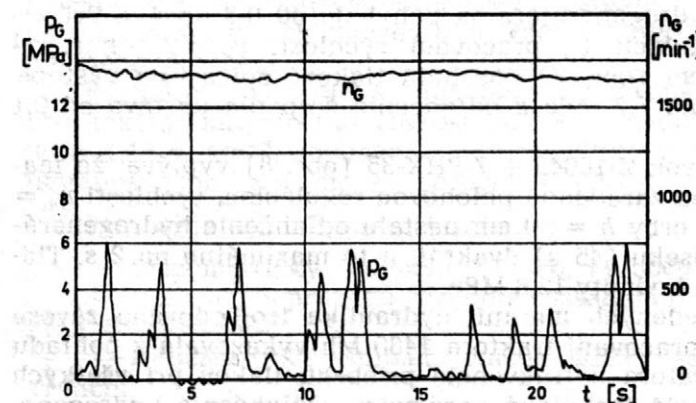
Funkčný návrh skúšobného zariadenia na meranie životnosti hydrogenerátorov (Drabant a i., 1987) je na obr. 9. Sledovaný hydrogenerátor HG 1 (typ PZ 2-18-KS2, resp. PZ 2-12-KS2) je napojený cez spojku



2. Penetrogram (merané od povrchu poľa) — Penetrogram (measured from the surface of the field)



3. Penetrogram (merané od dna brázdy) — Penetrogram (measured from the bottom of the furrow)

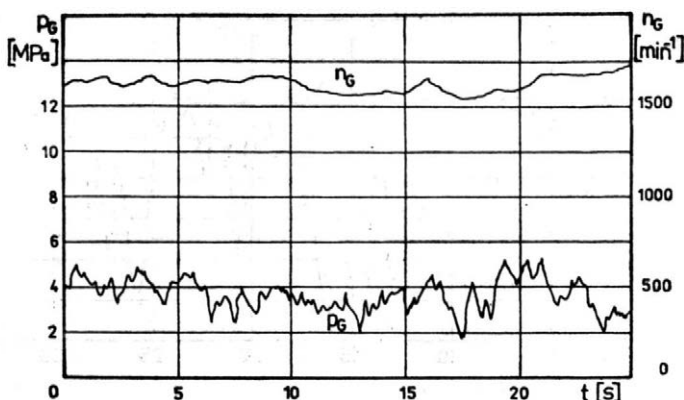


4. Časový priebeh tlakov na výstupe hydrogenerátora trojbodového závesu traktora Z-16045 v súprave s pluhom 5-PN-30 (zaradený prevod: I/3 N; regulácia: silová; pracovná rýchlosť:  $v_p = 5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; hĺbka orby:  $h = 29 \text{ cm}$ ) — The time course of pressures at the outlet of the hydrogenerator of the three-point hitch of the Z-16045 tractor combined with the 5-PN-30 plough (gear: I/3 N; regulation: power; speed of operation:  $v_p = 5 \text{ km per hour}$ ; tillage depth:  $h = 29 \text{ cm}$ )

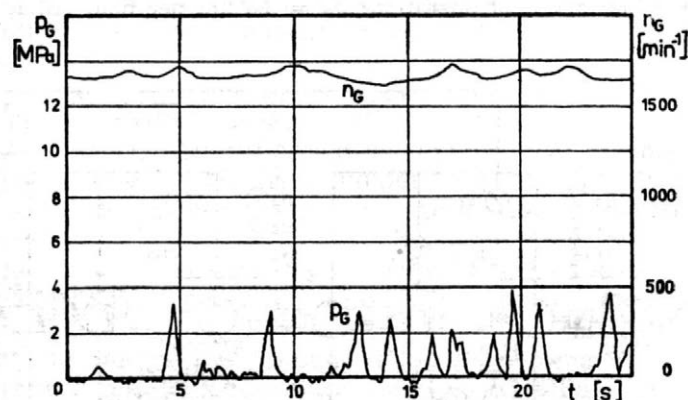
a mechanickú prevodovku MP na variátor VA, ktorého pohon je uskutočnený asynchrónnym elektromotorom M. Pri sledovaní životnosti zubového hydrogenerátora PZ 2-18-KS2 sme použili vo funkcii HM hydrogenerátor PZ 2-18-KS2 v inverznom zapojení a ako zatažovací hydrogenerátor HG 3 hydrogenerátor 2-18-KS2. Pri sledovaní životnosti zubového hydrogenerátora PZ 2-18-KS2 sme vo funkcii HM a zatažovacieho hydrogenerátora HG 3 použili hydrogenerátory PZ 2-12-KS2.

Výstup HG 1 je prostredníctvom ocelevej rúrky napojený na vstup hydromotora HM. Vstup HG 1 a výstup HM je napojený vedením na hydraulickú nádrž N 1.

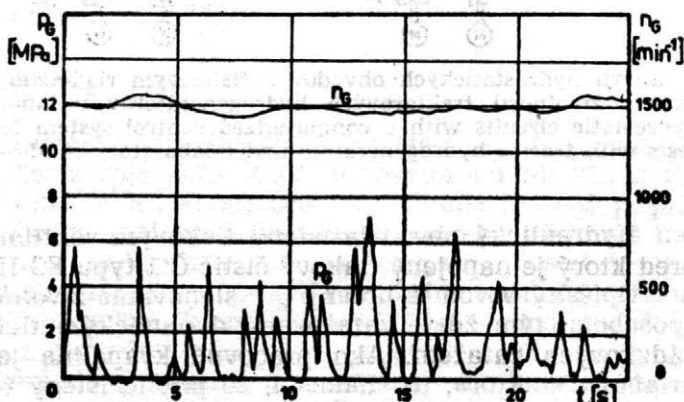
5. Časový priebeh tlakov na výstupe hydrogenerátora trojbodového závesu traktora Z-16045 v súprave s pluhom 5-PN-30 (zaradený prevod: I/3 N; regulácia: polohová; pracovná rýchlosť:  $v_p = 5,2$  km . h<sup>-1</sup>; hĺbka orby:  $h = 25$  cm) — The time course of pressures at the outlet of the hydro-generator of the three-point hitch of the Z-16045 tractor combined with the 5-PN-30 plough (gear: I/3 N; regulation: position; speed of operation:  $v_p = 5.2$  km per hour; tillage depth:  $h = 25$  cm)

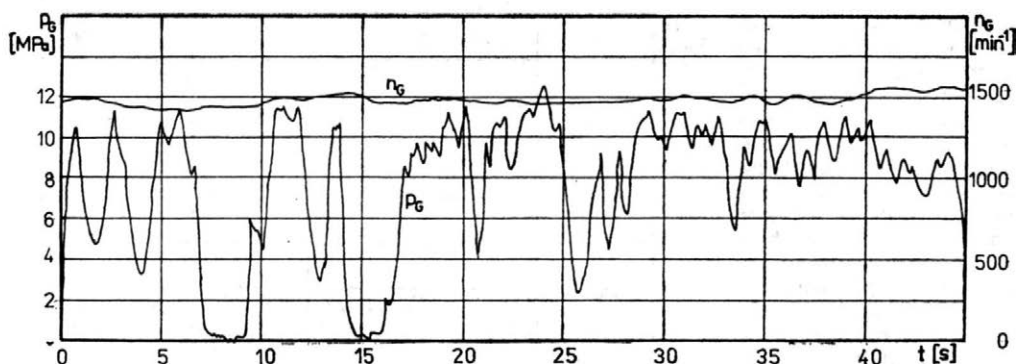


6. Časový priebeh tlakov na výstupe hydrogenerátora trojbodového závesu traktora Z-16045 v súprave s pluhom 5-PN-30 (zaradený prevod: I/3; regulácia: zmiešaná I; pracovná rýchlosť:  $v_p = 7,2$  km . h<sup>-1</sup>; hĺbka orby:  $h = 24$  cm) — The time course of pressures at the outlet of the hydro-generator of the three-point hitch of the Z-16045 tractor combined with the 5-PN-30 plough (gear: I/3; regulation: mixed I; speed of operation:  $v_p = 7.2$  km per hour; tillage depth:  $h = 24$  cm)

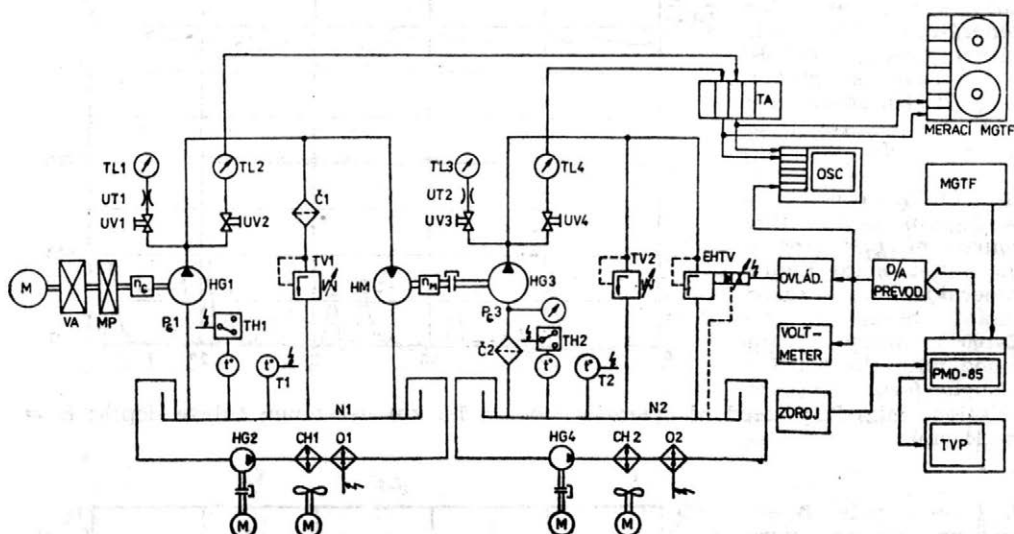


7. Časový priebeh tlakov na výstupe hydrogenerátora trojbodového závesu traktora Z-16045 v súprave s pluhom 5-PN-30 (zaradený prevod: I/3; regulácia: zmiešaná II; pracovná rýchlosť:  $v_p = 7,8$  km . h<sup>-1</sup>; hĺbka orby:  $h = 23$  cm) — The time course of pressures at the outlet of the hydro-generator of the three-point hitch of the Z-16045 tractor combined with the 5-PN-30 plough (gear: I/3; regulation: mixed II; speed of operation:  $v_p = 7.8$  km per hour; tillage depth:  $h = 23$  cm)





8. Časový priebeh tlakov na výstupe hydrogenerátora trojbodového závesu traktora Z-16045 v súprave s pluhom 7-PHX-35 (zaradený prevod: I/2; regulácia: polohová; pracovná rýchlosť:  $v_p = 3,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; hĺbka orby:  $h = 30 \text{ cm}$ ) — The time course of pressures at the outlet of the hydrogenerator of the three-point hitch of the Z-16045 tractor combined with the 7-PHX-35 plough (gear: I/2; regulation: position; speed of operation:  $v_p = 3.6 \text{ km per hour}$ ; tillage depth:  $h = 30 \text{ cm}$ )



9. Návrh hydrostatických obvodov s číslicovým riadiacim systémom pre urýchlené skúšky životnosti traktorových hydrogenerátorov v laboratóriu — The proposed hydrostatic circuits with a computerized control system for accelerated service life tests with tractor hydrogenerators under laboratory conditions

Hydraulický obvod je istený tlakovým ventilom TV 1 typu VP 2-10, pred ktorý je napojený tlakový čistič Č 1 typu FG-II.

Opísaný obvod je určený pre sledovanie životnosti HG 1 urýchlenným spôsobom, tým že je zafazovaný dynamickým tlakom získaným z prevádzkových zafazení. Ako pracovná kvapalina je použitý olej PP 80 priamo z traktora, to znamená, že je znečistený tak, ako to zodpovedá prevádzke.

Generovanie tlaku  $p_{G2}$  na výstupe HG 1 je uskutočňované dynamickou zmenou krútiaceho momentu  $M_{KM}$  na hriadeľi hydromotora HM. Za

týmto účelom je navrhnutý hydrostatický simulátor, ktorý pozostáva zo zaťažovacieho hydrogenerátora HG 3, mechanicky prostredníctvom spojky napojenej na HM, a svojím výstupom pomocou hydraulického vedenia na elektrohydraulický proporcionálny tlakový ventil EHTV firmy ORSTA HYDRAULIK typu Nw 10. Zaradený elektrohydraulický proporcionálny tlakový ventil je funkčným blokom elektrohydraulického systému simulátora a zabezpečuje spojitý prevod prúdu na úmerný tlak pracovnej kvapaliny. Obvod simulátora je istený tlakovým ventilom TV 2 typu VP 2-10 proti preťaženiu a proti nečistotám čističom Č 2 typu FS 32-10-1 s menovitou jemnosťou čistenia 10 m. Obvod simulátora pracuje s olejom OTH 3, ktorý je v nádrži N 2.

Obe pracovné kvapaliny sa ohrievajú elektrickými prietokovými ohrievačmi 01 a 02, v ktorých sú ohrievacie telesá pre priamy styk s pracovnou kvapalinou typ 4206/034-3000 W.

Chladenie realizujeme v obvode skúšaného hydrogenerátora chladičom CH 1 a v obvode zaťažovacieho hydrogenerátora chladičom CH 2. Na základe uskutočneného výpočtu sme použili olejové chladiče určené pre chladenie oleja prevodovky traktora Z-12045. Ako ventilátory chladenia pre olejové chladiče sme použili elektrické ventilátory z chladenia automobilov ŠKODA 120.

Vo funkcii hydrogenerátorov HG 2 a HG 4, určených pre chladiaci a ohrievací obeh, sme použili hydrogenerátory PZ 2-18-KS2.

Aby viskozita oleja v oboch hydraulických systémoch bola optimálna, sú v nádržiach zabudované kontaktné teplomery typ METRA IP 30 s rozsahom 0 až 200 °C. Pri dosiahnutí nastavenej teploty zapnú elektromotory ventilátor chladičov.

Meranie tlaku v nasávacej vetve hydrogenerátora HG 3 uskutočňujeme deformačnými tlakomermi s pružnou rúrkou, ktoré sú priamou súčasťou použitého čističa FS 32-10-1. Pre meranie tlaku v tlakových vetvách obvodov používame taktiež pre priame odčítanie deformačné tlakomery s pružnou rúrkou s meracím rozsahom od 0 do 25 MPa s presnosťou merania 2 %. Ich tlmenie uskutočňujeme vysokotlakými rúrkami používanými vo vstrekovacích čerpadlách. Tlaky a ich zmeny meriame tenzometrickými tlakomermi TT 25.

Tlakomery v tlakových vetvách sa uzatvárajú uzatváracími ventilmi UV 1; UV 2; UV 3; UV 4 typu 8 LUN 7373.

## ČÍSLICOVÝ RIADIACI SYSTÉM

Číslicový riadiaci systém hydraulického meriaciho okruhu pozostáva z mikropočítača PMD-85, zdroja DAB 503.1, magnetofónu SP 210 a televízneho prijímača MERKUR. Ku konektoru K4 počítača PMD-85 je pripojený osembitový číslicovo-analógový prevodník, ktorého výstupné napätie je nastavené na 0 až 10 V, v závislosti od vstupného osembitového slova. Výstup z prevodníka je vedený do elektronického ovládača hydraulického proporcionálneho ventilu, ktorého hlavná časť — zosilňovač — mení vstupné napätie z prevodníka na výstupný prúd impulzného priebehu, ktorým je napájaný elektromagnet proporcionálneho hydraulického ventilu. Pre okamžité sledovanie tvaru a veľkosti ovládacieho napätia sú paralelne s ovládačom pripojené šesťkanálový pomalobežný osciloskop OPD 280 U a digitálny voltmeter DV 01.

D/A prevodník je koncipovaný tiež dvojkanálový a využíva monolitický osembitový číslicovo-analogový prevodník DAC-08 československej výroby. Jeho výstupný prúd závisí od vstupného osembitového slova a od vstupného referenčného prúdu.

Pretože prevodník nemá vlastnú pamäť riadiaceho slova a priame prepojenie cez programovateľný obvod vstupov a výstupov typu 8255 by znamenalo obmedzovanie možnosti mikropočítača, bola pamäť riadiaceho slova riešená ako samostatný celok. Ako pamäť bol využitý vstupný alebo výstupný port — obvod 3212 československej výroby — zo súboru rezového mikroprocesora MH 3000.

Prevodník sa napája napätiami +12 V, -12 V a +5 V zo zdroja BK 126, ktorý spolu s doskou prevodníka je umiestnený v skrinke UPS 3.

Ovládač je navrhnutý ako dvojkanálový. Je možné súčasne a nezávisle ovládať dva proporcionálne hydraulické ventily.

Vstupné napätie sa mení na výstupný impulzný prúd, ktorý ovláda magnet ventilu. Spätnoväzbový obvod, ovládaný snímačom polohy magnetu (snímač a magnet na spoločnom posúvači), zabezpečuje prednostnú reguláciu polohy posúvača magnetu. Ovládač má možnosť interného a externého pracovného režimu. Interný režim je určený hlavne pre statické merania a pre účely kalibrácie. Základný režim je dynamický — externé ovládanie z mikropočítača cez digitálno-analogový prevodník. Ovládač je vhodný pre všetky hydraulické obvody do pracovného tlaku 32 MPa.

Vzhľadom na relatívne malú kritickú frekvenciu hydraulického proporcionálneho ventilu ako i na nízku frekvenciu zmien tlakov, ktoré sa vyskytujú za prevádzky hydraulických prvkov, bol zvolený najrozšírenejší a najprístupnejší programovací jazyk pre počítače PMD-85 — BASIC. V súčasnosti je programové vybavenie tvorené piatimi programami pre meranie, demonštráciu možnosti a vlastnú prácu hydraulického meracieho okruhu. Sú to tieto programy:

DEMO — program pre demonštráciu možnosti riadiaceho systému.

SINUS — program pre meranie na okruhu sínusovo meniaceho sa tlaku pre rôzne frekvencie a amplitúdy.

REAL — program pre simuláciu zaťaženia hydraulického meracieho okruhu skutočnými priebehmi tlakov, ktoré boli namerané v poľných podmienkach pri skutočnej práci traktora s konkrétnymi druhmi náradia. Súčasťou tohto programu sú podprogramy DATA 1 až DATA 10, ktoré tvoria súbory vstupných údajov pre beh programu REAL.

ZADRUC — program pre ručné vytváranie datových súborov.

ZADSTROJ — program pre vytváranie datových podprogramov pomocou laboratórnej jednotky styku s prostredím pre počítač PMD-85 LJSP 01.

Programové vybavenie sa neustále zdokonaľuje a rozširuje.

## MERANIE TLAKOV V OBVODE

Mechanické tlakomery TL 1 a TL 2 v obidvoch hydraulických obvodoch sú doplnené tenzometrickými snímačmi tlaku TT 25 MPa (TL 2, TL 4). Vyváženie mostíkov, zosilnenie signálov a ich vyhodnotenie sa robí trojkanálovou tenzometrickou aparátúrou M 1000 s automatickým vyvážaním mostíkov. Výstup zo zosilňovačov sa privádza na pomalo-

bežný osciloskop, čím je umožnené vizuálne porovnanie predprogramovaných a skutočných tlakov. Súčasne sa privádzajú aj do záznamového magnetofónu, čím je umožnené ich uchovanie a prípadne vyhodnocovanie pomocou súradnicového zapisovača.

Bude potrebné doplniť riadiaci systém analógovým multiplexorom, A/D prevodníkom, tlačiarňou a súradnicovým zapisovačom pre uchovávanie skutočných hodnôt tlakov a ich grafické a tabelárne spracovanie.

## DISKUSIA A ZÁVER

Hydrostatický obvod pre simulovanie dynamického zaťaženia hydrogenerátora pracujúceho so znečistenou pracovnou kvapalinou pozostáva zo skúšaného hydrogenerátora, ktorého výstupný kanál je napojený na vstupný kanál hydromotora. Hydromotor je mechanicky prepojený so zaťažovacím hydrogenerátorom. Výstupný kanál zaťažovacieho hydrogenerátora je napojený na elektrohydraulický proporcionálny tlakový ventil. Spojitá zmena zaťažovacieho tlaku je realizovaná spojitou zmenou nastavenia elektrohydraulického proporcionálneho tlakového ventilu. Ventil je napojený na počítačový riadiaci systém, ktorý ho ovláda podľa zvoleného časového programu. Skúšaný hydrogenerátor má samostatný hydraulický obvod s nádržou na znečistenú pracovnú kvapalinu. Zaťažovací hydrogenerátor má samostatný hydraulický obvod s nádržou na pracovnú kvapalinu čistenú čističom.

Navrhnuté riešenie umožňuje použiť metódu urýchleného skúšania životnosti hydrogenerátorov v laboratórnych podmienkach a vyhodnotiť zmiešané namáhanie skúšaného prvku. Napríklad je možné pri použití všetkých troch prevodníkov rovnakého typu vyhodnotiť vplyv znečistenia pracovnej kvapaliny, nakoľko zaťažovací hydrogenerátor pracuje s trvale upravovanou kvapalinou. Skúšky možno ďalej opakovať pre rôzne zvolené priebehy tlakov a známymi metódami ich vyhodnotiť. Konkrétna aplikácia použitia zariadenia si vyžaduje samostatný príspevok.

## Literatúra

DRABANT, Š. — PETRANSKÝ, I. — ŽIKLA, A. — MANCOVIČ, M.: Návrh koncepcie riešenia prvkov, obvodov a konštrukčného usporiadania traktorovej hydrauliky. [Priebežná výskumná správa.] Nitra, Vysoká škola poľnohospodárska 1987.  
PETRANSKÝ, I. — DRABANT, Š. — ŽIKLA, A.: Hydraulický obvod pre simulovanie dynamickej záťaže hydrogenerátora pracujúceho so znečistenou pracovnou kvapalinou. Prihláška vynálezu PV 530/87. 1987.

Došlo dňa 18. 2. 1988

ПЕТРАНСКИ, И. — ДРАБАНТ, Ш. — КРАЙЧОВИЧ, М. (Сельскохозяйственный институт, Нитра): Электрогидравлическая система для ускоренных испытаний долговечности тракторных гидрогенераторов. Земед. Techn., 34, 1988 (8) : 493-504.

В статье описывается решение электрогидравлической схемы с управлением стимулятора при помощи ЭВМ, предназначенного для ускоренных испытаний долговечности тракторных гидрогенераторов в лабораторных условиях с возможностью использования загрязненной рабочей жидкости. Описывается предложенная электрогидравлическая схема, управление ЭВМ и использованная измерительная техника. Производ-

ственные ходы давлений и оборотов тракторного гидрогенератора, требуемые для имитации в лабораторных условиях, были получены при вспашке с навесным и полунавесным плугом.

имитатор; рабочая жидкость; система управления при помощи ЭВМ

PETRANSKÝ, I. — DRABANT, Š. — KRAJČOVIČ, M. (University of Agriculture, Nitra): *An Electrohydraulic System for an Accelerated Service Life Testing of Tractor Hydrogenerators*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 493-504.

The electrohydraulic circuit with a computerized control system is described as designed for a simulator where tractor hydrogenerators are to be subjected to accelerated service life tests under laboratory conditions, with a possibility of using polluted working liquid. The designed electrohydraulic circuit, the computerized control system, and the measuring apparatuses are described. The operational pressures and speeds of the tractor hydrogenerator required for simulation under laboratory conditions were obtained during tillage with a mounted and trailed plough.

simulator; working liquid; computerized control system

PETRANSKÝ, I. — DRABANT, Š. — KRAJČOVIČ, M. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Elektrohydraulisches System für beschleunigte Prüfungen der Lebensdauer der Traktorenhydrogeneratoren*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (8) : 493-504.

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Lösung des elektrohydraulischen Kreises mit computergesteuertem Leitungssystem des Simulators, das für beschleunigte Prüfungen der Lebensdauer der Traktorenhydrogeneratoren unter Laborbedingungen mit der Möglichkeit zur Anwendung der verunreinigten Arbeitsflüssigkeit bestimmt ist. Beschrieben sind der entworfene elektrohydraulische Kreis, die computer-gesteuerte Betätigung und die angewendete Messtechnik. Das Betriebsregime der Drücke und Drehzahlen des Traktorenhydrogenerators, das für das Simulieren unter Laborbedingungen notwendig ist, wurde beim Pflügen mit Anbau- und Sattelpflug erhalten.

Simulator; Arbeitsflüssigkeit; computergesteuertes Leitungssystem

---

**Adresa autorov:**

Doc. ing. Ivan Petranský, CSc., doc. ing. Štefan Drabant, CSc., ing. Miroslav Krajčovič, Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 2, 949 01 Nitra

---

## VÝVOJ STROJŮ NA SKLIZEŇ OBILNÍCH KLASŮ

Obilniny se ve světě odedávna sklízely několika způsoby. Z antiky se o tom dochovalo písemné svědectví od M. T. Varra (116—27 př. n. l.), který ve svém traktátu *De agricultura* uvádí tři nejrozšířenější způsoby sklizně:

- pouhé oddělování klasů a ponechání stojící slámy,
- řezání stébel asi uprostřed mezi klasem a rovinou půdy,
- řezání stébel u půdy.

Počátky významnějšího rozšíření sklizně obilních klasů sahají do doby pozdního mezolitu, kdy pračlověk — lovec a sběrač lesních plodů — dospěl ke zkušenosti, že úpravou zrna divoce rostoucích obilnin si může značně zpestřit svůj skromný jídelníček. Od původního ručního trhání klasů se při postupném rozvíjení zemědělské činnosti záhy přešlo k oddělování klasů jednoduchými nástroji (kleštěmi, sklizňovými noži — z nich se postupem doby vyvinuly srpy). Obilniny s latou (rýže, proso) se po tisíciletí sklízely česacími hřebeny (Čína, Galie).

Sklizeň obilních klasů v polomechanizované formě se značně rozšířila ve druhé polovině 19. století v nově osídlovaných aridních a semiaridních oblastech Austrálie. Odtud pronikla i do jiných oblastí jižní polokoule (Argentina), všude tam, kde nebyl zájem o využití slámy. Plně mechanizovaná forma této sklizně se začala hromadně zavádět na počátku 20. století.

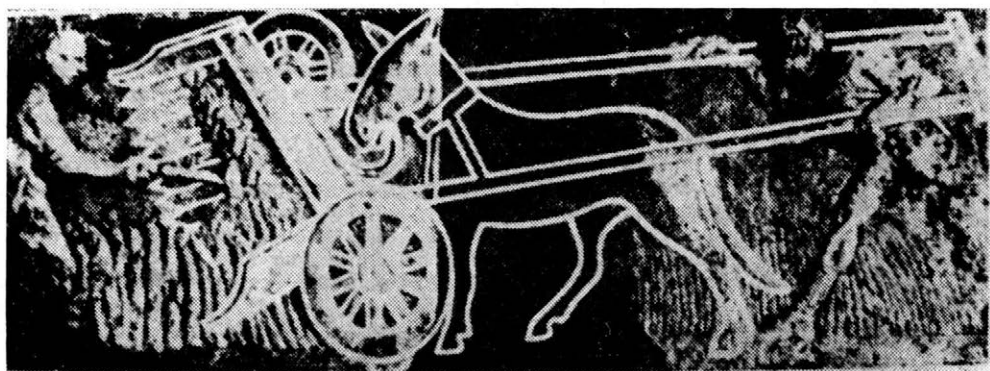
V posledních letech se sklizeň obilních klasů stala předmětem intenzivního výzkumu v britském ústavu AFRC Engineering v Silsoe. Podle zpráv z odborného tisku se ověřují možnosti, jak prakticky uplatnit tuto sklizeň v humidní oblasti.

Příspěvek seznamuje s vývojem rozhodujících strojů pro sklizeň obilních klasů ve světě za uplynulých 150 let (Lee, 1960; Quik a Buchele, 1978; Tempér aj., 1986).

### ANTICKÝ ČESAČ KLASŮ (VALLUS)

Kořeny vývojové řady kombinovaných strojů na sklizeň obilních klasů sahají až ke galskému česači.

V antické literatuře se dochovaly dvě písemné zprávy o používání tohoto sklizňového stroje na římských latifundiích v provincii Galii zaalpské. První — v podobě stručné zmínky ve spise římského rolníka a historika Plinia *Historia naturalis* — pochází asi z roku 70. Druhá, obsírnější zpráva, obsahující technický popis stroje a jeho funkce, je uvedena v sedmé knize spisů Palladia *De re rustica*



1. Fragment reliéfu z Buzenol, znázorňující antický česač klasů při pracovním nasazení

z období kolem roku 400. Tyto písemné dokumenty o fyzické existenci česače byly potvrzeny v roce 1958 nálezy poměrně zachovaných fragmentů reliéfů při vykopávkách u Buzenol v Jižním Lucembursku. Reliéf znázorňuje tento stroj přímo při sklizni obilí (obr. 1). Podle buzenolských fragmentů pocházejících z třetího století byly potom identifikovány i jiné zbytky reliéfů, nalezené u Arlonu, Trieru a Reimsu.

Všechny nálezy přesvědčivě ukazují, že tento stroj byl založen na česacím principu. Skládal se z dřevěné korby krabicového tvaru, která byla posazena na dvoukolovém dřevěném podvozku. Bočnice korby přecházely vpředu v jednoduché saňovitě děliče. Mezi nimi byla připevněna řada dlouhých kovových prstů mečovitého tvaru. Na korbu vzadu navazovala dvě vodící břevna, na konci příčně spojená. K nim byl prostřednictvím jha přivázán osel hlavou směrem ke korbě. Při projíždění stroje obilním porostem se klasy zachytávaly v mezerách mezi prsty, byly odtrhávány od stébel a sunuty do korby. Při provozu stroje asistovali dva pracovníci. Jeden v úloze vozky kráčel za zvířetem, řídil prostřednictvím vodících tyčí směr jízdy stroje v porostu a současně udržoval správnou výšku česacího ústrojí. Druhý postupoval po sklizené straně vedle korby poněkud vpředu a nástrojem podobným paličce srážel klasy, uvízlé v mezerách mezi zuby, do korby. Tím klasy částečně i mlátil. Obilní porost nebyl vždy v takovém stadiu zralosti, aby česání bylo plynulé.

Na modelu česače klasů popisovaném Palladiem jsou patrné stopy dalšího vývoje. Česač měl objemnější korbu čtvercového tvaru; špičky zubů česacího ústrojí byly přihnuty směrem vzhůru; pohon stroje obstarával tažný vůl místo osla. Sám Palladius na konci svého popisu zdůrazňuje, že tento galský stroj je vhodný pouze pro větší sklizňové plochy v rovinném terénu a tam, kde není zájem o hospodářské využití slámy. Stroj značně urychluje průběh sklizně a šetří lidskou práci.

Rekonstrukci podle galských pohřebních kár a provozními ověřovacími zkouškami replik dospěli odborníci k závěru, že antický česač klasů měl nejspíše pracovní záběr 1,20 až 1,35 m a dosahoval plošné hodinové výkonnosti kolem 0,08 ha · h<sup>-1</sup>. Při sklizni nahradil osm až deset ženců se srpy. Po pádu říše západořímské a s nastolením feudálního řádu upadl tento stroj v zapomenutí.

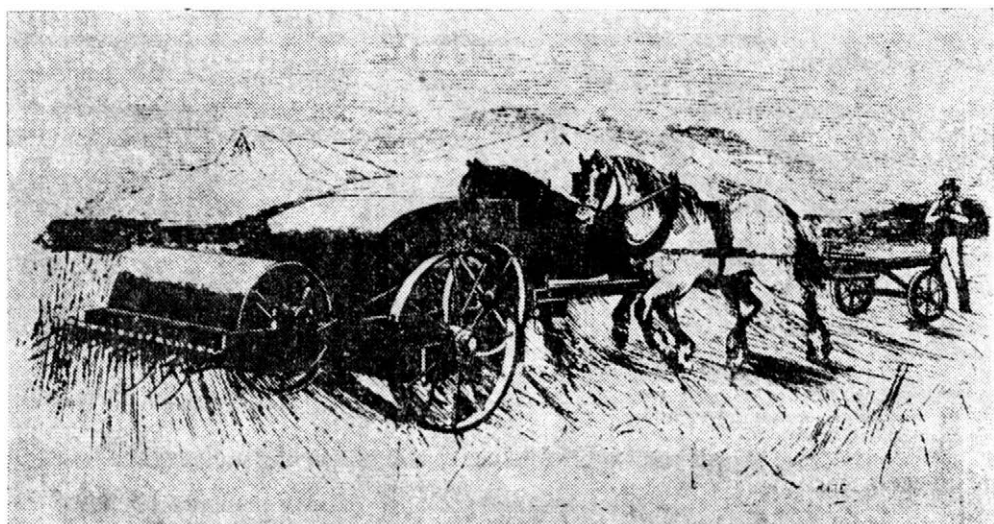
## AUSTRALSKÝ ČESAČ KLASŮ (STRIPPER)

K opětnému praktickému využití česacího principu došlo po více než čtrnácti stoletích v konstrukci australského česače klasů.

Základní kámen k moderním dějinám Austrálie byl položen v roce 1788, kdy kapitán A. Phillip založil poblíž zátoky Port Jackson v jižní části kontinentu první osadu bělochů. První osídlenci osady — trestanci a vojáci — byli téměř ve všech životních potřebách závislí na sporém přísunu zásob z Anglie plachetnicemi. Proud přistěhovalců do Austrálie zesílil až po roce 1823, kdy zde bylo objeveno zlato. V roce 1836 byla ustavena kolonie Jižní Austrálie s prvním národním svobodným sídlištěm v Adelaide.

První obilí — anglickou pšenici — vypěstoval na australském kontinentu poblíž dnešního města Sydney v roce 1786 trestanec J. Rus. V aridních oblastech Jižní Austrálie obilní porost vlivem prudkých letních veder rychle a najednou dozrával. Při sklizni přeschlého porostu srpem nebo kosou se u tehdejších vypaďavých odrůd ztrácela téměř polovina úrody. Novým kolonistům se proto stěží vyplácelo obilí pěstovat. Nejkritičtější situace v tomto směru nastala ve žňové sezóně 1842, kdy celou jižní oblast, nejspíše na kontinentě, postihlo katastrofální sucho. Zásobovací situace se stala tak vážnou, že Svaz obilní burzy v Adelaide vypsál odměnu 40 liber za nejnadějnější návrh stroje, který by podstatně omezil sklizňové ztráty a nahradil kritický nedostatek námezdních pracovníků sil. Funkční model australského česače klasů předvedl v roce 1843 farmář J. W. Bull. Tento model inspiroval mlynáře J. Ridleye, který dal ještě téhož roku zhotovit první prototyp česače a vyzkoušel jeho funkci přímo během sezóny (obr. 2).

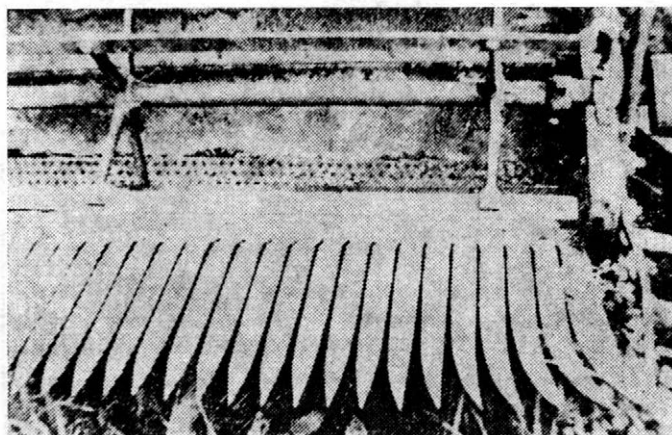
U australského česače byl vedle česacího principu konstrukčně realizován i princip bicí. Stroj — původně táhnutý párem koní — měl vpředu, stejně jako galský česač, hřebenové česací ústrojí složené z dlouhých kovových prstů se špičkami mírně ohnutými směrem nahoru. Nad hřebenem byl umístěn axiálně se otáčející kovový buben. Jeho masivní příčky s ostrými hranami úderem odlamovaly zachycené klasy od suchého stojícího porostu a současně je mlátily. Vzniklá směs zrna a plev byla nárazem a aerodynamicky dopravována do zásobníku v zadní části stroje. Ke zvýšení separační účinnosti byl později přidán za česací hřeben



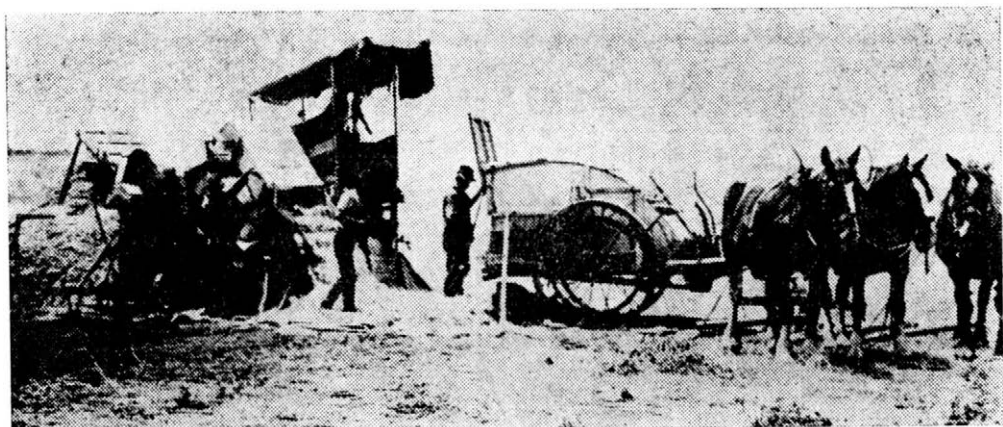
2. Australský česač klasů z roku 1843. Byl vynalezen farmářem J. W. Bullem a do provozní podoby doveden J. Ridleyem

pás hřebového pláště (obr. 3). Česač klasů byl stroj po konstrukční stránce poměrně jednoduchý. Po domácku jej dokázal zhotovit i zručný kovář. Pro začínající farmáře byl tento stroj velmi atraktivní, neboť kladl nízké nároky jak na investice, tak na vlastní provoz. K jeho obsluze postačoval jeden muž, který současně zastával funkci vozky. Sortiment vyráběných česačů zahrnoval modely o záběru česacího hřebenu 2 až 8 stop (0,6—2,4 m). Zřejmě nejpobulárnější byly česače pětistopé, které vyžadovaly spřežení dvou trojic koní (jedna trojice na střídání). S pětistopým česačem o obsahu zásobníku cca 0,7 m<sup>3</sup> se denně očesalo 2,8 až 3,2 ha obilnin v závislosti na počasí a koních.

Zásobníky česačů byly vzadu opatřeny sklopnými dvířky. Obsah zásobníku se po vyklopení dvířek směrem nahoru vyhrnoval na stanovišti čistícího mlýnku hráběmi. Na obr. 4 je znázorněno toto stanoviště s australskou specialitou, tj. čistícím mlýnkem poháněným prostřednictvím šlapacího žentouru. Jeden čistící mlýnek tohoto typu stačil zpracovat směs zrna a plev od tří pětistopých česačů. Na australských rodinných farmách se však celé desítky let používalo k čištění obilí ručních mlýnků poháněných klikou nebo pedálem.



3. Česací, bicí a domlacovací ústrojí australského česače klasů



4. Pětistopý česač klasů při vyprazdňování zásobníku na stanovišti s čistícím mlýnkem

### ČESAČ KLASŮ S ČISTIDLEM

Přes všechny prvopočáteční přednosti sklizně obilnin česači se s jejím rozšiřováním začala stále naléhavěji pocítovat potřeba odstranit její největší slabinu, spočívající v nutnosti dodatečně pracně čistit sklizenou směs zrna a plev.

Ve snaze urychlit řešení tohoto palčivého problému vypsala vláda Jižní Austrálie v říjnu 1877 částku 4000 liber jako pobídkovou odměnu za *nejlepší stroj kombinující operace sklizně a čištění, upravený pro pytlování různých obilovin na poli*. Odměna na uspořádaných soutěžích však nikdy nebyla udělena, protože předváděné modely nesplňovaly jeden ze základních požadavků poroty na samostatné ovládání sklízecího ústrojí a na relativně stabilní polohu čistícího zařízení při práci.

Tento problém vyřešil až v roce 1884 sedmnáctiletý H. V. McKay, syn farmáře z Drummartinu, Viktoria. Potíže s praktickým uplatněním svého vynálezu později sám radikálně vyřešil tím, že založil vlastní výrobní společnost. Od roku 1895, kdy vyrobil prvních 12 česačů s čistidlem značky Sunshine (obr. 5), roční produkci těchto strojů rychle zvyšoval. V roce 1902 zahájil zásilkou 50 jednotek úspěšný export do Argentiny. Rozmach McKayova podnikání byl fantastický. V roce 1905 vyrobily jeho dílny celkem 1926 sklizečů Sunshine. Jeho společnost



5. Česač klasů s čistidlem Sunshine, postavený McKayovou společností v roce 1901. Stroj byl vybaven zpětným dopravníkem hrubého omlatu a domlacovacím systémem

zaměstnávala v roce 1910 již 1300 lidí a stala se největším výrobcem zemědělských strojů a zařízení na jižní polokouli. Do vypuknutí první světové války vyvezla do Argentiny více než deset tisíc sklizečů Sunshine. Zaslouhou McKaye se tak Austrálie zařadila na druhé místo ve světovém žebříčku výrobců sklízecích mlátiček a do první světové války rozhodujícím způsobem ovlivňovala jihoamerický trh zemědělských strojů.

Z ekonomického hlediska byl provoz osmistopého česače klasů s čistidlem ve srovnání s klasickým osmistopým česačem při stejné plošné výkonnosti asi o 30 % nákladnější. Vedle evidentně vyšších investičních nákladů kladl i vyšší nároky na energii (o dva páry koní více).

V roce 1909 vyvinul McKay jako jeden z prvních na světě samojízdný česač klasů s čistidlem. Třebaže experimentoval se samojízdnými stroji více než desetiletí, žádný model se pro příliš vysoké výrobní náklady nedostal do sériové výroby.

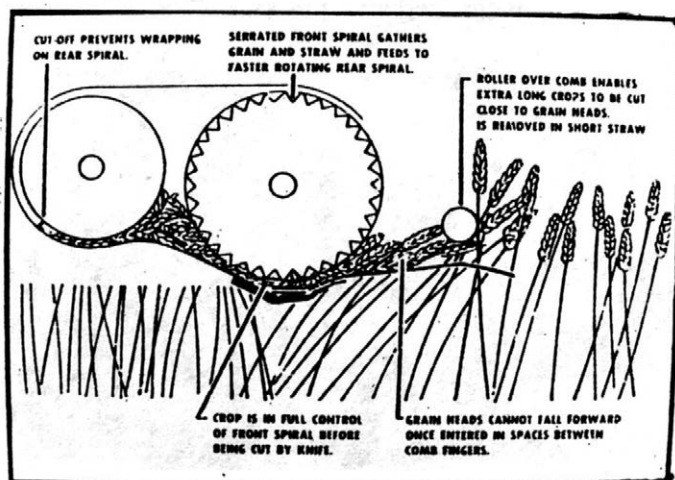
Sklizeň obilních klasů česači na jižní polokouli zaznamenala největší rozmach v první polovině 20. století. V největší australské továrně se česače přestaly vyrábět v roce 1954. K výzkumným účelům se česače klasů v Austrálii používají dodnes.

## TAYLOROVA SKLÍZECÍ MLÁTIČKA KLASŮ (HEADER)

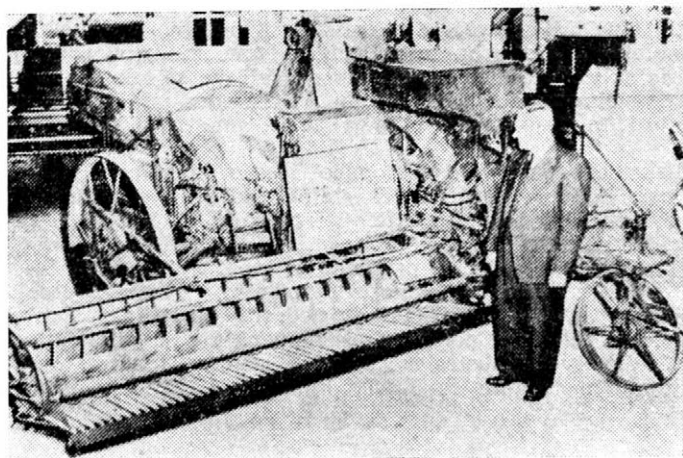
Další zdokonalení česače klasů s čistidlem směřovalo ke konstrukčním úpravám, které umožnily podstatně omezit ztráty při sklizni polehlých a zmotaných obilnin.

Tento problém skvěle vyřešil H. S. Taylor, farmář s konstrukčními vlohami, pocházející z Henty, Nový Jižní Wales. V letech 1911 až 1914 postavil ze svých finančních prostředků a provozně odzkoušel tři modely — tzv. hedry — se zcela originální konstrukcí ústrojí na oddělování klasů od slámy. Funkce tohoto ústrojí, skládajícího se z dvoušnekového stolu s žací lištou, je patrna z obr. 6. Váleček vpředu nad hřebenem zajišťuje, aby obzvláště dlouhé obilí bylo posečeno spolu s kratším pod klasem. Zároveň zabráňuje, aby klasy, které se dostanou mezi zuby hřebene, padaly dopředu. Obilí je zcela pod kontrolou čelního šneku, než je odříznuto kosou. Zubatý čelní šnek zachycuje odříznuté klasy a dopravuje je k zadnímu šneku, který se otáčí rychleji. Včasné odříznutí zabráňuje namotávání sklizeného materiálu na zadní šnek.

McKay odhalil v Taylorovi schopného konstruktéra a v roce 1916 ho ve své továrně dosadil nejen na dozor při výrobě sklízecí mlátičky klasů, ale měl odpovídat také za vývoj ostatních strojů. Taylorovy nové šestikoňské sklízecí mlátičky klasů Sunshine se osvědčily při sklizni 1916—1917. Poptávka po nich začala vzrůstat. Pro sklizňovou sezónu 1920—1921 se plánovala výroba jednoho tisíce těchto strojů. K jejich provozní popularitě tehdy velmi přispěly enormně nepříznivé sklizňové podmínky. Velké letní bouře, které řádily po celé východní Austrálii, položily porosty a podstatně snížily možnost dosáhnout vysokých výnosů. Sklízecí mlátičky klasů byly do těchto podmínek vybaveny zvedáky obilí (dlouhými dřevěnými prsty),



6. Schéma znázorňující funkci dvoušnekového žacího stolu zkonstruovaného H. S. Taylorem



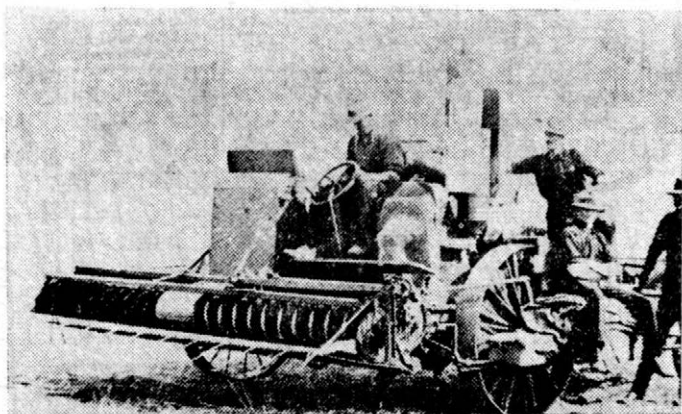
7. Jedna ze sklízecích mlátiček klasů vyrobená v roce 1915 v Melbourne. Byla prodána farmáři A. J. Kendallově z Henty, který ji používal 13 let a sklídl s ní přes 3680 tun obilí

kteří zvedaly obilí nahoru k hřebenu. Stroje sklízely všechnu úrodu i tam, kde se myslelo, že je ztracená. Nikdy předtím se neskříželo tak zmotané obilí, aniž by došlo k velkým ztrátám. Australští farmáři zachránili milióny bušů obilí a sklízecí mlátička klasů Sunshine získala pověst nejlepšího sklízňového stroje všech dob (obr. 7).

Potom, co Taylor získal „volnou ruku“ v McKayově továrně, sklízěl úspěch za úspěchem. Postavil stroj na sklizeň polních trav, konstruoval sklízecí mlátičky klasů s pomocným benzinovým motorem a sklízecí mlátičky na rýži, která se v Austrálii začala pěstovat. Jeho největším úspěchem byla konstrukce samojízdné sklízecí mlátičky klasů.

#### SAMOJÍZDNÁ SKLÍZECÍ MLÁTIČKA KLASŮ (AUTOHEADER SUN)

Samojízdná sklízecí mlátička klasů značky Sunshine, zkráceně autoheader Sun, byl společný Taylorův a McKayův projekt. Jeho autoři získali první patent v roce 1923, ostatní patenty v roce dalším. Byl to první obchodně úspěšný kombinovaný obilní sklizeč s uspořádáním žacího stolu a separátoru do tvaru T. Velkou předností tohoto uspořádání bylo symetrické podávání obilní hmoty ke střednímu vkládacímu válci a možnost obsekávat nebo prosekávat hony. První modely, nabízené na trhu v roce 1924 (obr. 8), měly konstrukční záběr 3,66 m a byly poháněny čtyřválcovým motorem Fordson. Pohon pojezdu byl řešen prostřednictvím širokého hnacího kola na levé straně sklízecí mlátičky. Umístěním dvou úzkých ventilátorů na obě strany hřídele mlátičového bubnu a zavedením rour pod buben byl eliminován klasický ventilátor, nezbytný pro separaci zrna od plev na sítích. Samojízdná sklí-



8. Samojízdná sklízecí mlátička klasů Sun, vyrobená v roce 1924

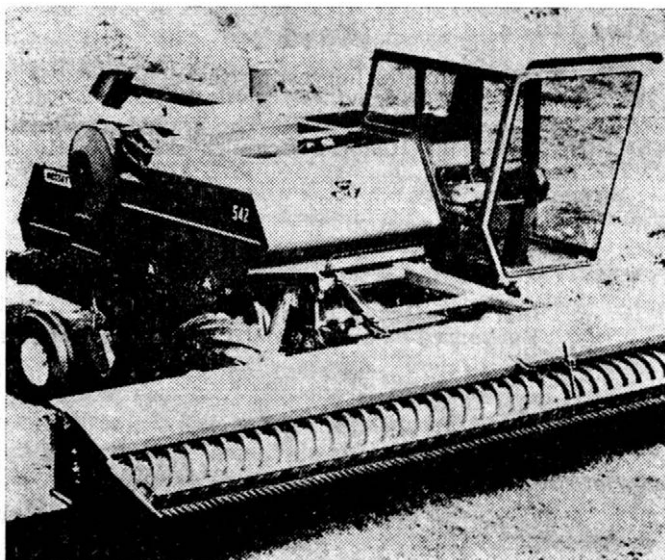
9. Typ MF 585 SP byl první samojízdnu sklízecí mlátičkou vyráběnou po druhé světové válce v Austrálii



zecí mlátička klasů převzala kombinaci Taylorova česacího hřebenu a dvojitého šneku. V McKayově továrně byla vyráběna v letech 1924 až 1945. Celkem bylo na trh dodáno 1356 jednotek tohoto typu.

#### POVÁLEČNÉ SKLÍZECÍ MLÁTIČKY

Výroba samojízdnych sklízecích mlátiček byla v největší australské továrně Sunshine, která se v roce 1955 stala filiálkou kanadské společnosti Massey-Ferguson, opět zahájena v roce 1957 typem MF 585 SP. Tato sklízecí mlátička byla na trhu nabízena jednak jako australská „uzavřená“ (obr. 9), s hřebenovým stolem o konstrukční délce 3,2 m, 3,8 m a 4,5 m, nebo jako americká „otevřená“, s žací stolem o konstrukční délce 3,6 m. Výhody australské uzavřené verze spočívaly v možnosti dosáhnout podstatně vyšší pracovní rychlosti při nižších sklízňových ztrátách a nižším zatížení separačních orgánů slámou. Nevýhodou této



10. Typ samojízdne sklízecí mlátičky MF 542 SP druhé série se začal v Austrálii vyrábět v roce 1972

verze byla nemožnost efektivně sklízet zaplevelený a dlouhostébelný obilní porost. Pro tyto podmínky se hodil americký otevřený typ. V těchto dvou verzích se dodnes dodávají na australský trh všechny sklízecí mlátičky, ať vyrobené v tuzemsku, nebo dovezené.

Počátkem sedmdesátých let začala australská společnost Massey-Fergusson vyrábět druhou sérii sklízecích mlátiček č. 542 o šířce mláticího bubnu 1,067 m. Tyto stroje byly vybaveny stavitelným mřížkovým mláticím košem, jako novinkou ventilátorem s příčným prouděním a na přání i klimatizovanou kabinou (obr. 10). Paralelogramové řešení umožňovalo vysoký zdvih žacího stolu.

Pozoruhodným příspěvkem k pokroku v konstrukci australských sklízecích mlátiček v poválečném období byla i sklízecí mlátička klasů nesená na traktoru, kterou vyráběla společnost Connor-Shea. Byla to sklízecí mlátička s operačním a kontrolním stanovištěm, namontovaná na traktor v opačném směru. Tyto nesené sklízecí mlátičky měly největší pracovní záběr (až 8,2 m) ze všech sklízecích mlátiček postavených v Austrálii. Žací stůl bylo možno prostřednictvím paralelogramu zvednout až do výše 1,35 m. Při využití traktorových převodů to byl i nejrychlejší sklizňový stroj. Dal se také snadno a rychle čistit. Tato vlastnost je v Austrálii důležitá, neboť zbytky přezimujícího hmyzu mohou zamořit obilí sklizené na začátku příští sezóny.

## ZÁVĚR

Austrálie je nyní jedním ze čtyř největších vývozců obilí na světě. Dvě třetiny produkce pšenice se exportují do zámoří. Tohoto úspěchu se dosáhlo díky houževnatosti australských farmářů zabývat se nízkou úrodností půdy, bojem s nepřízní počasí, rychlým osvojením pokrokových agronomických praktik a intenzivní inovační činností v zemědělské technice. Australští farmáři byli průkopníky velkoplošného farmaření v suchých podmínkách.

Produkce obilí v aridních oblastech svou vlastní povahou vyžaduje rozsáhlé výměry, které je nutno velmi rychle sklídit. To, že úroveň sklizňových ztrát je udržována všeobecně nízká, je do značné míry zásluhou jedinečnosti konstrukce sklizňových strojů založených na česacím a bicím principu, jejichž používání se v Austrálii rozšířilo. Vývoj těchto strojů prošel stadii od česače klasů k česači s čistidlem, od sklízecí mlátičky klasů k samojízdné verzi, až posléze ke sklízecím mlátičkám současnosti. Jejich uzavřená konstrukce žacího stolu zajišťuje, že poměr zrna ku slámě je značně vyšší než u amerických sklízecích mlátiček na vysoký sřez. U této konstrukce je možné vyvinout při stejném pracovním záběru a stejné energetické vybavenosti daleko větší rychlost při sklizni, a tak dosáhnout výrazně vyšší výkonnosti.

## Literatura

LEE, N. E.: Harvest and harvesting through the ages. Cambridge, University Press 1960.

QUICK, G. R. — BUCHELE, W. F.: The grain harvesting. ASAE, 1978.

TEMPÍR, Z. a kol.: Historie techniky sklizně obilovin. Prameny a studie č. 29, ÚVTIZ Praha 1986.

—: Firemní prospekty.

Došlo dne 2. 3. 1988

*Ing. František Novotný, CSc.*

*Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha-Řepy*

## INHALT

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Haš S., Macháčková M., Štefánek F.: Futterpflanzentrocknung im Sonnenhallenheuschuppen . . . . .                                                        | 459 |
| Adamovský R.: Energiebedarf der hydrothermischen Getreidekulturbehandlung . . . . .                                                                     | 467 |
| Maleř J.: Hangtauglichkeit der Standardmähdrescher . . . . .                                                                                            | 479 |
| Žák K., Bain J.: Porosität der Pflanzenmaterialien . . . . .                                                                                            | 481 |
| Petranský I., Drabant Š., Krajčovič M.: Elektrohydraulisches System für beschleunigte Prüfungen der Lebensdauer der Traktorenhydrogeneratoren . . . . . | 504 |

Rukopisy odevzdány k tisku 27. 4. 1988 — Podepsáno k tisku 13. 7. 1988

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA • Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství • Vychází měsíčně • Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková • Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541 • Vytiskl MÍR, Novinářské závody, n. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2 • © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1988

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, závod 01 — AOT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, Gottwaldova tř. 206, 709 90 Ostrava 9. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — ústřední expedice a dovoz tisku Praha, závod 01, administrace vývozu tisku, Kafkova 19, 160 00 Praha 6.