

VĚDECKÝ ČASOPIS



# ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

9

ROČNÍK 25 (LII)  
PRAHA  
ZÁŘÍ 1979  
CENA 10 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ  
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ  
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

## ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

### Řídí redakční rada

Ing. Jiří Fiala, CSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Vladimír Dufek, doc. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. František Fortúník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Dušan Hutla, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Jiří Kulík, Jan Květoň, ing. Vladimír Piša, doc. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Šteffl, CSc., Josef Višinský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá ing. Jiří Fiala, CSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavíková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,  
Praha 1979

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

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

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

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

A. Grečenko

---

GREČENKO, A. (Výzkumný ústav zemědělských strojů, Praha - Chodov): *Teorie nejvyšší výkonosti traktoru s pluhem*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9): 513—533.

V práci jsou odvozeny a analyzovány podmínky, při nichž dojde k nejvyšší výkonosti kolového traktoru s pluhem. Předpokládá se, že měrný odpor plužních těles stoupá se čtvercem rychlosti. Záběrové podmínky traktoru jsou charakterizovány bilineární rovnicí prokluzu; exponenciální rovnici v tomto případě nelze použít. Teorie se soustřeďuje na nalezení pracovní rychlosti, při níž dojde k nejvyšší výkonosti. Výsledky práce mohou být aplikovány na traktory s dvoukolovým i čtyřkolovým pohonem a libovolné druhy pluhů i ostatního nářadí na zpracování půdy.

traktor; pluh; výkonost při orbě

---

Kombinace traktoru s pluhem má být vytvořena tak, aby pracovala s nejvyšší možnou výkoností při co nejnižších provozních nákladech. Tyto zásady poprvé vyjádřil a analyzoval Netík (1967).

Později se otázkou výkonosti při orbě zabývali Schlegel a Morling (1969), kteří konstatovali, že pracovní rychlost, při níž dojde k maximální výkonosti, je funkcí tahové účinnosti traktoru a změny měrného odporu pluhu s rychlostí; rychlost při nejvyšší výkonosti je nižší než rychlost příslušející nejvyšší tahové účinnosti. Otázku minimalizace provozních nákladů při orbě v souvislosti s výkoností řešil např. Zoz (1974).

V této práci jsou objasněny technické podmínky, při nichž dojde k maximální výkonosti traktoru s pluhem, a z nich jsou vyvozeny potřebné konstrukční parametry traktoru (Grečenko, 1974).

## VÝKONNOSTNÍ FUNKCE PLUHU

Teoretickou objemovou výkonost při orbě  $W_v$  (v hlavním čase) lze vyjádřit těmito alternativními vzorci (Grečenko, 1970):

$$W_v = S \cdot v = \frac{F_x \cdot v}{p} = \frac{P_f}{p} = b_n \cdot t_f \cdot v = W_s \cdot t_f \quad (1)$$

Tahový výkon  $P_f$  je roven součinu efektivního výkonu motoru a tahové účinnosti traktoru:

$$P_f = P_e \cdot \eta_f = P_j \cdot a_p \cdot \eta_f \quad (2)$$

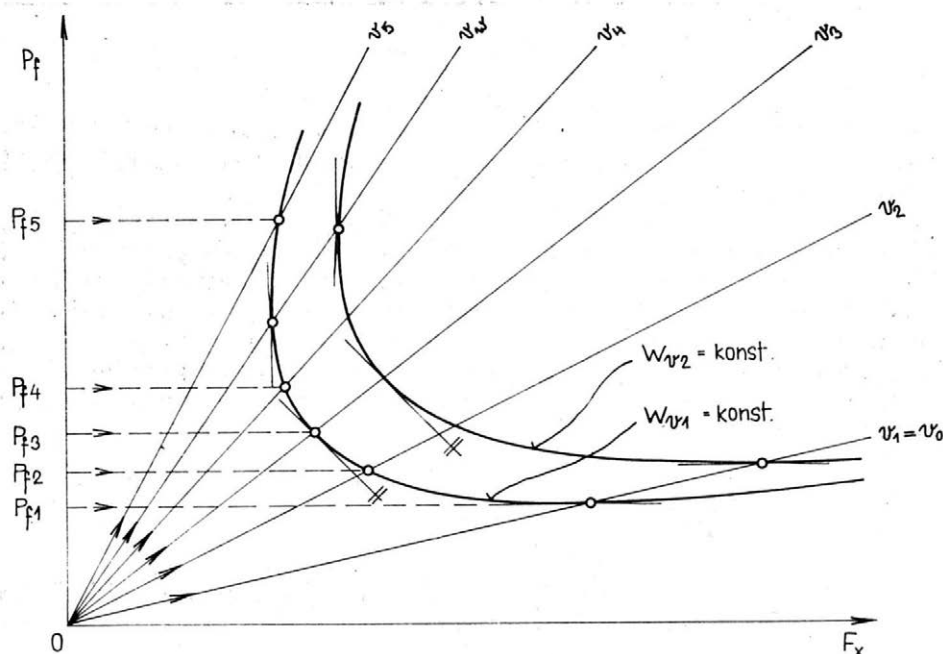
Výkonnost je značně ovlivněna celkovým měrným odporem pluhu  $p = F_x/S$ , který je mimo jiné funkcí pracovní rychlosti  $v$ . Pro rychlostní složku odporu pluhu vyvodil Gorjačkin (1927) poloempirickou závislost  $S \cdot \varepsilon \cdot v^2$  (rozměr v soustavě SI ... N), kterou pro svou jednoduchost a přijatelnou shodu s experimenty používají mnozí pracovníci (např. Franke, 1964; Netík, 1967; Zoz, 1974). Samotný člen  $\varepsilon \cdot v^2$  má pak rozměr měrného odporu, tj.  $N/m^2 = Pa$ , takže rychlostní součinitel musí v prvním přiblížení, tj. při zanedbání vlivu rychlosti na jeho velikost, mít rozměr měrné hmotnosti  $\rho \dots N s^2 m^{-4} = kg m^{-3}$ . Člen  $\varepsilon \cdot v^2$  vyjadřuje silové účinky ovlivňované změnami hybnosti proudu obrácené půdy, vztažené na jednotku průřezu tohoto proudu, tj. souvisí obecně s funkcí  $(m_s \cdot v)/S$  s rozměrem  $(kg s^{-1}) \cdot (m s^{-1}) m^{-2} = N m^{-2} = Pa$ ; v této funkci vystupuje hmotnostní tok půdy  $m_s = \rho \cdot S \cdot v$ , takže po dosazení za  $m_s$  se obdrží výraz  $\rho \cdot S \cdot v^2/S = \rho \cdot v^2$ , jehož stavba je podobná členu  $\varepsilon \cdot v^2$ .

Celkový měrný odpor pluhu  $p$  se v souladu s Netíkem (1967) vyjádří vzorcem:

$$p = p_0 + \varepsilon (v - v_0)^2 \quad (3)$$

Oba členy ve vzorci (3), tj. základní měrný odpor  $p_0$  i rychlostní složka, nemusí být na sobě závislé, třebaže jistý stupeň vazby nelze vyloučit; rychlost  $v_0$  je zavedena k usnadnění interpretace naměřených průběhů  $p = f(v)$ , jelikož se často při zkouškách změří základní (nejnižší) měrný odpor  $p_0$  při rychlosti  $v_0 > 0$ .

Je třeba zdůraznit, že měrný odpor  $p = F_x/S$ , definovaný vodorovnou složkou síly potřebné k tažení pluhu, zahrnuje veškeré užitečné a pasivní odpory orebních těles



1. Sestrojení a průběh výkonnostní funkce — Plotting and course of the performance function

i odpory opěrných orgánů pluhu; jeho vztah k měrnému odporu samotných orebních těles  $p'$  bude specifikován v jiné části této práce (Měrný odpor pluhu a orebních těles).

Závislost tahového výkonu na výkonnosti a rychlosti podle vzorců (1) a (3)

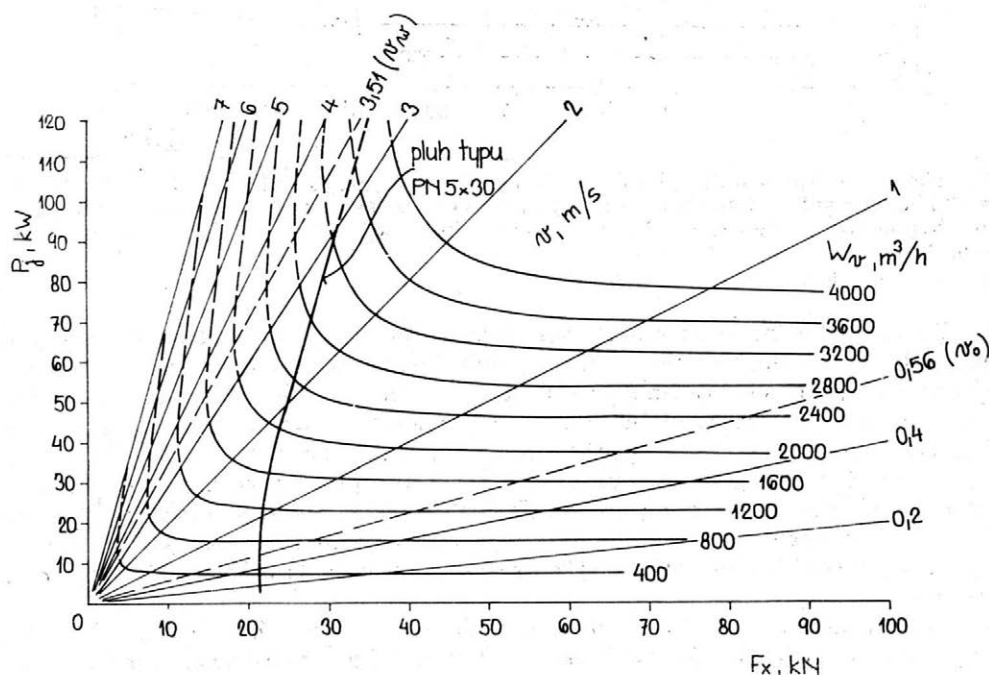
$$P_f = W_v \cdot p = W_v [p_o + \varepsilon(v - v_o)^2] \quad (4)$$

bude pro stálou hodnotu objemové výkonnosti  $W_v$  (parametr) nazývána výkonnostní funkcí. Tyto funkce lze vynést do souřadnic tahové charakteristiky traktoru ( $F_x$ ;  $P_f$ ) pomocí sítě paprsků o konstantní rychlosti  $v = P_f/F_x = \text{konst.}$  (paprskový diagram rychlostí podle Grečenka, 1957) jak je naznačeno na obr. 1. Výkonnostní funkce, příslušející v podstatě určitému typu plužních těles a určité půdě, mají ve výkonnostním poli se souřadnicemi ( $F_x$ ;  $P_f$ ) význam ekvipotenciálních čar s potenciálem (parametrem)  $W_v$ .

Obecná velikost směrnice výkonnostní funkce plyne ze vztahu:

$$\frac{dP_f}{dF_x} = \frac{dP_f}{dv} \cdot \frac{dv}{dF_x} = \frac{d}{dv} \{W_v \cdot [p_o + \varepsilon(v - v_o)^2]\} \cdot \frac{d}{dF_x} \{ \text{implicitní funkce } F_x \cdot v - W_v [p_o + \varepsilon(v - v_o)^2] = 0 \}$$

$$\frac{dP_f}{dF_x} = [2W_v \cdot \varepsilon(v - v_o)] \cdot \left[ -\frac{v}{F_x - 2W_v \cdot \varepsilon(v - v_o)} \right]$$

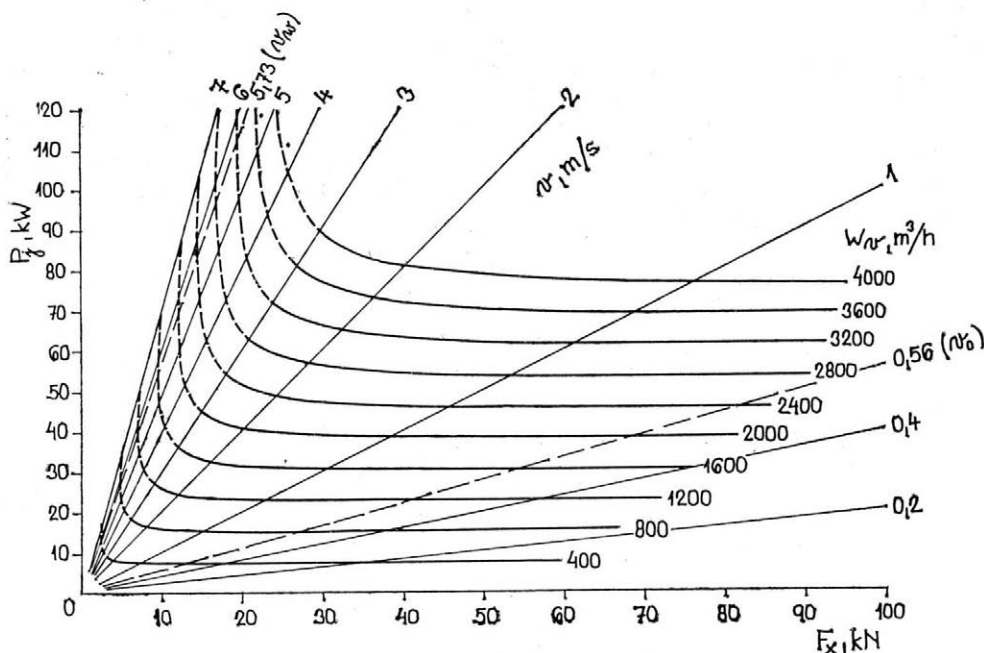


2. Průběhy výkonnostních funkcí pro normální (univerzální) orební tělesa ( $p_o = 68,7 \text{ kPa}$ ;  $\varepsilon = 5,72 \text{ t m}^{-3}$ ;  $v_o = 0,56 \text{ m s}^{-1}$ ) a příkonu neseného pluhu typu PN 5 X 30 v podobných podmínkách při hloubce orby 22 cm – Courses of the performance functions for general-purpose plough bodies ( $p_o = 68.7 \text{ kPa}$ ;  $\varepsilon = 5.72 \text{ t m}^{-3}$ ;  $v_o = 0.56 \text{ ms}^{-1}$ ) and the input of the PN 5 X 30 mounted plough under similar conditions when ploughing at a depth of 22 cm

Na svislé ose je vynesena výkon  $P_f$

Dosažením  $W_v = P_f/p$ ;  $F_x = P_f/v$ ;  $p = p_o + \varepsilon(v - v_o)^2$  a po úpravě se obdrží:

$$\frac{dP_f}{dF_x} = \frac{2(v - v_o) \cdot v^2}{v^2 - v_o^2 - \frac{p_o}{\varepsilon}} \quad (5)$$



3. Průběhy výkonostních funkcí pro hypotetická rychlostní orební tělesa ( $p_o = 68,7$  kPa;  $\varepsilon = 2,11$  t m<sup>-3</sup>;  $v_o = 0,56$  m s<sup>-1</sup>) — Courses of the performance functions for hypothetical high-speed plough bodies ( $p_o = 68,7$  kPa;  $\varepsilon = 2,11$  t m<sup>-3</sup>;  $v_o = 0,56$  m s<sup>-1</sup>)

Na svislé ose je vynesena výkon  $P_f$

Podle vztahu (5) závisí velikost směrnice výkonostní funkce pouze na pracovní rychlosti a vlastnostech systému půda — pluh. Určitý paprsek rychlosti tedy protíná výkonostní funkce s rozličným potenciálem  $W_v$  ve stejném úhlu. To je patrné jak z obr. 1, tak i z obr. 2 a 3, jež znázorňují průběhy výkonostní funkce pro normální a hypotetická rychlostní plužní tělesa za použití hodnot  $p_o$ ;  $\varepsilon$ ;  $v_o$  z tab. I.

Při nízkých rychlostech jsou průběhy výkonostních funkcí ploché, při rychlostech kolem 2 m s<sup>-1</sup> se křivky výrazně ohýbají. To je oblast, v níž se agreguje traktor s pluhem. Do obr. 2 je pro představu vynesena příkonový požadavek neseného pluhu s pěti plužními tělesy; v průsečících této křivky s výkonostními funkcemi se přímo odečte objemová výkonnost.

Další analýzou vztahu (5) se zjistí, že minimum výkonostní funkce (tj. minimální tahový výkon pro danou výkonnost) nastává při rychlosti  $v = v_o$  a dále že při hypotetické rychlosti  $v_w$  podle vzorce

$$v_w = \sqrt{v_o^2 + \frac{p_o}{\varepsilon}} \quad (6)$$

má její směrnice nekonečnou hodnotu.

Rychlosti  $v_o$  a  $v_w$  jsou na obr. 2 a 3 vyznačeny čárkovaně.

| Druh orebních těles    | Pramen                           | Druh půdy      | $p'_o$<br>kPa | $\varepsilon'$<br>t m <sup>-3</sup> | $v_o$<br>m s <sup>-1</sup> | Ověřeno do rychlosti,<br>m s <sup>-1</sup> |
|------------------------|----------------------------------|----------------|---------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|
| Kulturní (K)           | VÚZS (Brázda a Přihoda, 1959)    | hlinitá        | 51,0          | 3,60                                | 0,30                       | 2,6                                        |
| Překroužené (C)        | dtto                             | dtto           | 46,0          | 6,30                                | 0,30                       | 2,6                                        |
| Kulturní (K)           | VÚZS (Pinkas, 1971)              | písčitohlinitá | 41,0          | 2,96                                | 0,40                       | 2,7                                        |
| Pološroubové (P)       | dtto                             | dtto           | 25,0          | 2,46                                | 0                          | 2,7                                        |
| Šroubové (S 1)         | dtto                             | dtto           | 35,0          | 2,50                                | 0,50                       | 2,9                                        |
| Univerzální            | VÚZS, 1972                       | střednětěžká   | 68,7          | 5,72                                | 0,56                       |                                            |
| Hypotetická rychlostní | VÚZS, 1972                       | střednětěžká   | 68,7          | 2,11                                | 0,56                       |                                            |
| Univerzální            | KTL Schleppertest (Franke, 1964) | hlinitá        | 39,2          | 3,61                                | 0,56                       | 2,5                                        |
| Průměr z 9 těles       | NTML (Schlegel a Morling, 1969)  | písčitá        | 17,2          | 1,37                                | 0                          | 2,7                                        |
|                        |                                  | písčitá hlína  | 22,0          | 1,85                                | 0,44                       | 2,7                                        |
|                        |                                  | jílovitá       | 48,4          | 5,10                                | 0                          | 2,7                                        |
| Univerzální            | DEERE (Zoz, 1974)                | lehká          | 27–40         | 2,6–3,4                             | 0                          |                                            |
|                        |                                  | střední        | 40–60         | 3,4–4,4                             | 0                          |                                            |
|                        |                                  | těžká          | 60–82         | 4,4–5,7                             | 0                          |                                            |

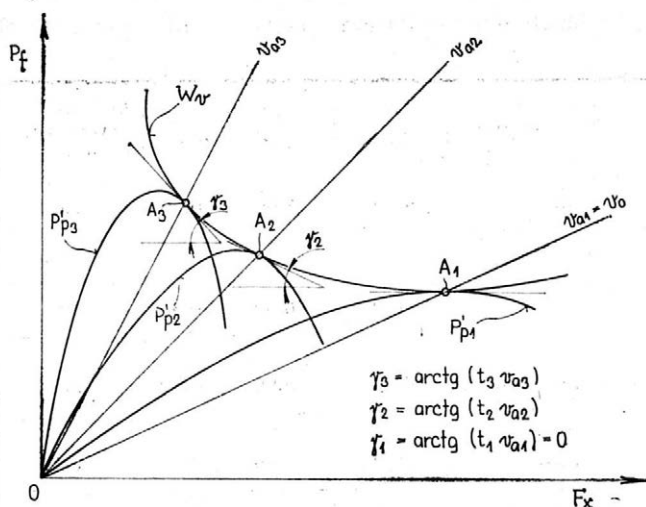
## VÝKONNOST TRAKTORU PŘI ORBĚ

Křivka potenciálního výkonu  $P_p$  nebo  $P'_p = a_p \cdot P_p$  jakéhokoliv traktoru pracujícího s pluhem se dotýká jen jedné z výkonnostních funkcí (obr. 4). Dotykové body A, jimiž procházejí paprsky rychlostí  $v_a$ , nesporně vymezují podmínky, za nichž dosáhnou traktory v agregaci s pluhy s příslušným druhem plužních těles nejvyšší výkonnost, co do velikosti určenou dotýkající se výkonnostní funkcí. Tyto podmínky nejvyšší výkonnosti budou dále rozebrány.

Ze schematu na obr. 4 lze předběžně soudit:

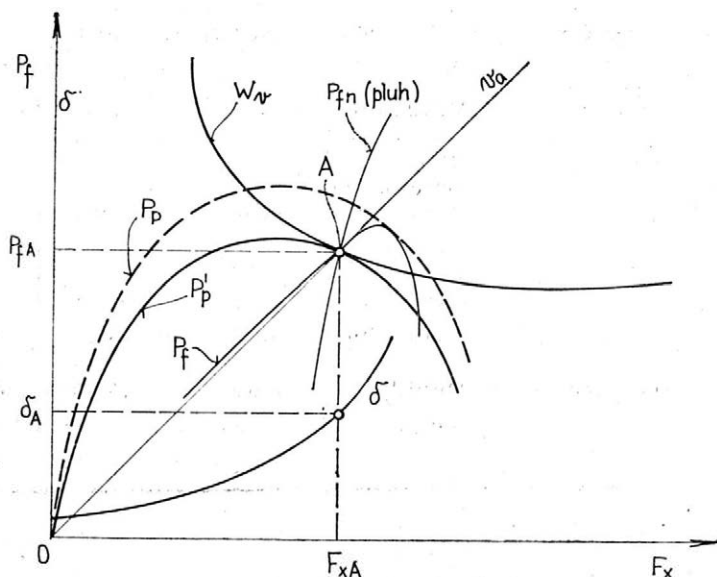
— body dotyku mění zřetelně svou polohu vzhledem ke křivce potenciálního výkonu, a to tak, že při rostoucí rychlosti se posouvají směrem od vrcholu k pravé patě potenciální křivky;

— změna polohy dotykových bodů má tyto důsledky: při rostoucí rychlosti se zvětšuje příslušný prokluz a zmenšuje se tahová účinnost traktoru;



4. Dotyk křivek potenciálního výkonu traktorů s výkonnostní funkcí; v bodech dotyku A pracují traktory s nejvyšší výkonností — Tangent points of the potential power curves of tractors with the performance function; points A correspond to the work with maximum performance

5. Ideální pracovní bod (režim) A agregace traktoru s pluhem — Ideal working point (regime) A of the tractor-plough combination



— k zajištění stejné výkonnosti vzrůstá při zvětšující se pracovní rychlosti potřeba t a hového výkonu a výkonu motoru, ale klesá potřebná hmotnost traktoru; souhrnně vyřeno, zvětšuje se měrný výkon traktoru  $P_j/m_t$ .

Traktor je možné koncipovat tak, aby křivka jeho potenciálního výkonu  $P'_p$  při provozně dovoleném zatížení motoru ( $P'_p = P_p \cdot a_p = P_j \cdot \eta_f \cdot a_p$ ) se právě dotýkala určité výkonnostní funkce. Na obr. 5 je např. znázorněn dotyk s výkonnostní funkcí  $W_v$  v bodě A; tomuto dotykovému bodu přísluší tahová síla  $F_{xA}$ , tahový výkon  $P_{fA}$ , prokluz  $\delta_A$  a dotyková rychlost  $v_a$ . Dobře volený převodový stupeň poskytne požadovaný tahový výkon  $P_{fA}$ , který odpovídá bodu dotyku A, takže tento bod představuje pracovní režim traktoru s pluhem, jehož pracovní záběr  $b_n$  je podle vztahu (1) roven  $W_v/(t_f \cdot v_a)$ . Dotykový bod odpovídající uvedeným zásadám bude označován jako ideální pracovní bod agregace traktor — pluh.

Teoreticky může ideální pracovní bod ležet kdekoliv v sektoru souřadnic ( $F_x$ ;  $P_f$ ) omezeném rychlostmi  $v_o$  a  $v_w$ , ale ve skutečnosti je jeho poloha vymezena těmito požadavky:

— pluh: rychlost orby musí s ohledem na kvalitu práce ležet v mezích, doporučených výrobcem plužních těles;

— traktor: aby nevyšel příliš těžký a přitom aby měl nutnou zálohu tahové síly k překonání dočasně zvýšeného tahového nebo jízdního odporu, musí mít prokluz při standardních podmínkách Sp. 1 nebo Sp. X podle tab. II velikost 16–20 % (viz např.

II. Standardní podmínky pro řešení agregace traktor - pluh — Standard conditions for computing the tractor - plough combination

| Název   | Podmínky                | $c$ , kPa | $\operatorname{tg} \varphi$ | $\varphi$ , ° | $j_k$ , m | $\psi$ |
|---------|-------------------------|-----------|-----------------------------|---------------|-----------|--------|
| Sp. 1*) | strniště, hlinitá půda  | 15        | 0,70                        | 35            | 0,035     | 0,08   |
| Sp. 2*) | podmítka, hlinitá půda  | 10        | 0,62                        | 32            | 0,042     | 0,11   |
| Sp. X   | strniště, písčité hlína | 10        | 0,68                        | 34            | 0,041     | 0,08   |
| Sp. 6   | vlhká, jílovitá hlína   | 5         | 0,47                        | 25            | 0,051     | 0,14   |

\*) odpovídá standardním podmínkám podle Grečenka, 1963

Grečenko, 1970, str. 159); pro traktory se čtyřkolovým pohonem je třeba volit prokluz spíše u spodní meze vzhledem ke strmějšímu poklesu potenciální výkonové křivky při vysokých tahových silách; doporučené hodnoty prokluzu jsou jen o málo vyšší než prokluzy při maximální tahové účinnosti, takže dobrá tahová účinnost je stále zaručena.

Podle uvedených zásad nepřichází v úvahu např. ideální pracovní bod při rychlosti  $v_o$ , třebaže agregace by byla energeticky nejvýhodnější. Měřítkem energetické náročnosti je buď hodnota efektivního výkonu motoru při určité výkonnosti ( $P_e = P_f/\eta_f$ ), nebo lépe celková energie  $E_v$ , vynaložená ke zpracování jednotkového objemu půdy:

$$E_v = \frac{P_e}{W_v} = \frac{p}{\eta_f} = \frac{p_o + \varepsilon(v - v_o)^2}{\eta_f} \quad (7)$$

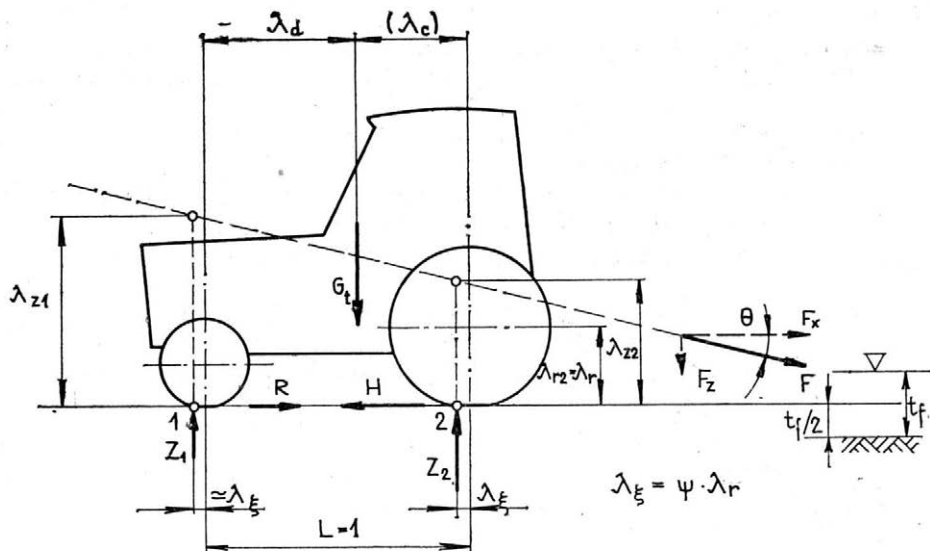
Pracovní režim traktoru s pluhem, který zajišťuje největší výkonnost agregace, je tedy třeba určit z parametrů dotykového bodu. Společná tečna křivky potenciálního výkonu traktoru  $P'_p$  a výkonnostní funkce pluhu s parametrem  $W_v$  musí mít směrnici, vyhovující podmínce:

$$\frac{dP'_p}{dF_x} = \frac{dP_f}{dF_x} \quad (8)$$

Pro pravou stranu rovnosti byl již nalezen výraz (5). Vyjádření levé strany je formálně náročnější a je předmětem další části práce.

## SMĚRNICE KŘIVKY POTENCIÁLNÍHO VÝKONU TRAKTORU

Postup matematického odvození derivace  $dP'_p/dF_x$  bude z důvodu přehlednosti naznačen jen v hlavních rysech, ale tak, aby důležité kroky byly přehledně a konkrétně



6. Rozměrové a silové schéma kolového traktoru; znázorněny jsou poměrné rozměry vztažené na délku rozvoru, se kterými se v momentových výminkách pracuje stejně jako s absolutními rozměry – Dimensional and force scheme of the wheel tractor; the relative dimensions referring to the wheel base are used in the momentum equations in the same way as the absolute dimensions

formulovány. Jako doplněk k seznamu symbolů jsou některé potřebné veličiny znázorněny na schématu traktoru (obr. 6).

Autor zásadně u hnacích kol superponuje hnací sílu  $H$  a odpor valení  $R$ ; jejich celkové velikosti jsou s dostatečnou přesností tyto:

$$\begin{aligned} \text{traktory K2 (pohon dvou kol): } H &= Z_2 \cdot \mu; \\ R &= (Z_1 + Z_2) \cdot \psi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{traktory K4 (pohon čtyř kol): } H &= (Z_1 + Z_2) \cdot \mu \\ R &= (Z_1 + Z_2) \cdot \psi \end{aligned}$$

Křivka potenciálního výkonu  $P'_p$  je definována vzorcem, který je analogický se vztahem (2):

$$P'_p = P_p \cdot \alpha_p = P_j \cdot \eta_f \cdot \alpha_p \quad (9)$$

v němž tahová účinnost je rovna součinu tří dílčích účinností:

$$\eta_f = \eta_t \cdot \eta_\delta \cdot \eta_r \quad (10)$$

Mechanická účinnost  $\eta_t$  se považuje za konstantní, prokluzová účinnost  $\eta_\delta$  souvisí s prokluzem  $\delta$  a je obecně funkcí součinitele záběru:

$$\eta_\delta = 1 - \delta(\mu) \quad (11)$$

K vyjádření funkce  $\delta(\mu)$  je třeba použít bilineární (binomické) rovnice prokluzu (Grečenko, 1970, str. 46–48):

$$\delta = \frac{\delta_s}{2\mu_m} \cdot \frac{3\mu_m \cdot \mu - 2\mu^2}{\mu_m - \mu} \quad (12)$$

s reciprokým tvarem

$$\mu = \frac{\mu_m}{4} \left[ 2 \frac{\delta}{\delta_s} + 3 - \sqrt{\left( 2 \frac{\delta}{\delta_s} - 1 \right)^2 + 8} \right] \quad (12a)$$

kde značí:

$$\delta_s = \frac{jk}{l}$$

$$\mu_m = \frac{c}{q_s} + \operatorname{tg} \varphi$$

Valivá účinnost  $\eta_r$  je určena vztahem:

$$\eta_r = \frac{F_x}{H} = \frac{\varrho_f}{\varrho_f (1 + \psi \cdot \operatorname{tg} \varphi) + \psi} \quad (13)$$

v němž  $\varrho_f = F_x/G_t$  označuje měrnou tahovou sílu (tab. III).

III. Vztahy mezi součinitelem záběru  $\mu$  a měrnou tahovou silou  $\varrho_f = F_x/G_t$  – Relations between the thrust coefficient  $\mu$  and the traction ratio  $\varrho_f = F_x/G_t$

| Druh traktoru            | $\mu = f(\varrho_f)$                                                                                                          | $\varrho_f = f_1(\mu)$                                                                                                | Číslo vzorce<br>a poznámky                        |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Dvoukolový pohon<br>(K2) | $\mu = \frac{\varrho_f \cdot (1 + \psi \cdot \operatorname{tg} \Theta) + \psi}{\lambda d \xi + \varrho_f \cdot \lambda_{z1}}$ | $\varrho_f = \frac{\mu \cdot \lambda d \xi - \psi}{1 + \psi \cdot \operatorname{tg} \Theta - \mu \cdot \lambda_{z1}}$ | (14)<br>$\lambda d \xi = \lambda_d + \lambda_\xi$ |
| Čtyřkolový pohon<br>(K4) | $\mu = \frac{\varrho_f \cdot (1 + \psi \cdot \operatorname{tg} \Theta) + \psi}{1 + \varrho_f \cdot \operatorname{tg} \Theta}$ | $\varrho_f = \frac{\mu - \psi}{1 - (\mu - \psi) \cdot \operatorname{tg} \Theta}$                                      | (15)                                              |

S pomocí uvedených vztahů je vhodné počítat směrnicí křivky potenciálního výkonu takto:

$$\frac{dP'_p}{dF_x} = \frac{dP'_p}{d\varrho_f} \cdot \frac{d\varrho_f}{dF_x} = \frac{dP'_p}{d\varrho_f} \cdot \frac{1}{G_t}$$

$$\frac{dP'_p}{dF_x} = \frac{P_j}{G_t} \cdot \alpha_p \cdot \eta_t \cdot \frac{d}{d\varrho_f} [\eta_\delta(\varrho_f) \cdot \eta_r(\varrho_f)]$$

Výraz  $P_j/G_t$  souvisí s měrným výkonem traktoru  $w_p$  takto:

$$\frac{P_j}{G_t} = \frac{P_j}{m_t \cdot g} = \frac{w_t}{g} \quad (16)$$

po dosažení a zavedení  $\eta_\delta = 1 - \delta$  se obdrží:

$$\frac{dP'_p}{dF_x} = w_t \frac{\alpha_p \cdot \eta_t}{g} \left[ (1 - \delta) \cdot \frac{d\eta_r}{d\varrho_f} - \eta_r \cdot \frac{d\delta}{d\varrho_f} \right] \quad (17)$$

S pomocí vztahu (13) se určí:

$$\frac{d\eta_r}{d\varrho_f} = \frac{\psi}{[\varrho_f(1 + \psi \cdot \operatorname{tg} \Theta) + \psi]^2}$$

Derivaci  $d\delta/d\varrho_f$  je formálně vhodné provést takto:

$$\frac{d\delta}{d\varrho_f} = \frac{d\delta}{d\mu} \cdot \frac{d\mu}{d\varrho_f}$$

Člen  $d\delta/d\mu$  se vypočte derivováním vztahu (12), člen  $d\mu/d\varrho_f$  se určí derivováním závislosti  $\mu = f(\varrho_f)$  uvedených v tab. III pod číslem (14) ... traktory K2 a (15) ... traktory K4.

Pro traktory s dvoukolovým pohonem (K2) se obdrží:

$$\frac{d\delta}{d\varrho_f} = \frac{\delta_s}{2} \cdot \frac{\mu_m \cdot (A4 \cdot \lambda_{d\xi} - \psi \cdot \lambda_{z1})}{(A7 \cdot \mu_m - A4 \cdot \varrho_f - \psi)^2} + \frac{\delta_s}{\mu_m} \cdot \frac{A4 \cdot \lambda_{d\xi} - \psi \cdot \lambda_{z1}}{(A7)^2}$$

kde značí:

$$A4 = 1 + \psi \cdot \operatorname{tg} \Theta$$

$$A7 = \lambda_{d\xi} + \varrho_f \cdot \lambda_{z1}$$

Vztah lze ovšem dále upravit a zjednodušit.

Pro traktory se čtyřkolovým pohonem (K 4) se obdrží:

$$\frac{d\delta}{d\varrho_f} = \frac{\delta_s}{2} \cdot \frac{\mu_m}{(A8 \cdot \mu_m - A4 \cdot \varrho_f - \psi)^2} + \frac{\delta_s}{2} \cdot \frac{1}{(A8)^2}$$

kde značí:

$$A8 = 1 + \varrho_f \cdot \operatorname{tg} \Theta$$

Pro zvolenou velikost prokluzu a zadané konstrukční parametry traktoru i další hodnoty má složitý výraz v hranaté závorce vztahu (17) význam součinitele ( $\delta \rightarrow \mu \rightarrow \varrho_f$ ) a je označen symbolem  $u$ , takže směrnice křivky potenciálního výkonu se vyjádří takto:

$$\frac{dP'_p}{dF_x} = u \cdot \frac{\alpha_p \cdot \eta_t}{g} \cdot w_t \quad (17a)$$

Výraz na pravé straně vzorce (17a) je nyní možné převést na funkci rychlosti  $v$  s použitím vztahu (2) takto:

$$P_f = \frac{P_f}{\alpha_p \cdot \eta_f} = \frac{F_x \cdot v}{\alpha_p \cdot \eta_f} = \frac{G_t \cdot \varrho_f \cdot v}{\alpha_p \cdot \eta_t \cdot \eta_\delta \cdot \eta_r}; \quad G_t = m_t \cdot g \quad (18)$$

z čehož se po malé úpravě obdrží:

$$\frac{\alpha_p \cdot \eta_t}{g} \cdot w_t = \frac{\varrho_f}{(1 - \delta) \cdot \eta_r} \cdot v \quad (18a)$$

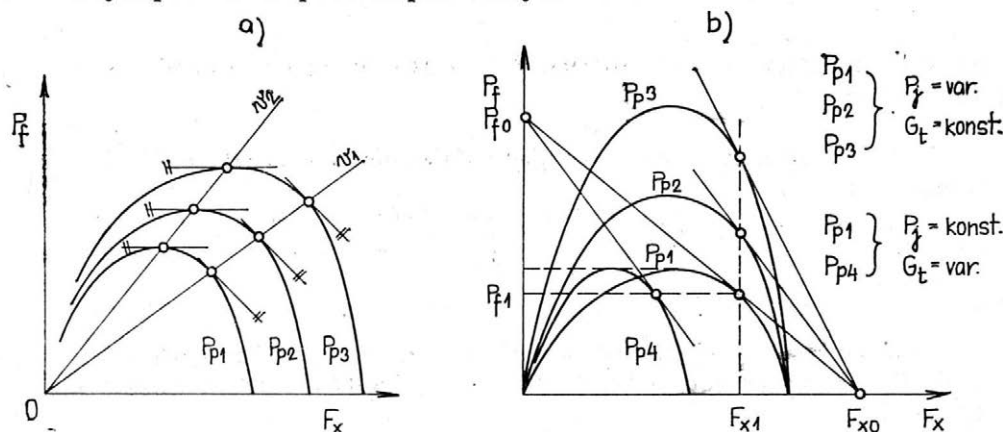
Dosazením do vztahu (17) se obdrží konečný vzorec pro směrnici křivky  $P'_p$  v jednoduchém tvaru:

$$\frac{dP'_p}{dF_x} = u \cdot \frac{\varrho_f}{(1-\delta) \cdot \eta_r} \cdot v = t \cdot v \quad (19)$$

Součinitel  $t$  je definován vzorcem:

$$t = u \cdot \frac{\varrho_f}{(1-\delta) \cdot \eta_r} = \frac{\psi}{A4 \cdot \varrho_f + \psi} - \frac{\varrho_f}{(1-\delta)} \cdot \left( \frac{d\delta}{d\varrho_f} \right) \quad (20)$$

Podobně jako u výkonnostní funkce  $W_v$ , závisí i směrnice křivky potenciálního výkonu  $P'_p$  (resp.  $P_p$ ) při zadaném prokluzu, konstrukčních parametrech traktoru a nářadí i záběrových podmínkách pouze na pracovní rychlosti  $v$ .



$w_t = \text{konst.}$

7. Geometrie křivek potenciálního výkonu – Geometrical aspects of the potential power curves

Důsledky tohoto závěru na geometrii křivek potenciálního výkonu jsou znázorněny na obr. 7a. Obr. 7b naznačuje další geometrické vlastnosti křivek potenciálního výkonu pro případ konstantní tíhy traktoru  $G_t$  a konstantního jmenovitého výkonu motoru  $P_f$ . Souřadnice polů tečen  $F_{x0}$  (při  $G_t = \text{konst.}$ ) a  $P_{f0}$  (při  $P_f = \text{konst.}$ ) se odvodí takto:

a)  $G_t = \text{konst.}$

obecná směrnice  $k$  tečen v dotykových bodech  $(F_{x1}; P_p)$  je:

$$k = t \cdot v = t \cdot \frac{P_p}{F_{x1}};$$

tečny mají rovnici:

$$(P_f - P_p) = t \cdot \frac{P_p}{F_{x1}} \cdot (F_x - F_{x1})$$

průsečík tečen s osou  $F_x$  má souřadnici  $P_f = 0$ , takže dosazením do předchozího vztahu se po úpravě obdrží

$$F_{x0} = \frac{t-1}{t} \cdot F_{x1}$$

b)  $P_f = \text{konst}$ ;

obecná směrnice  $k$  tečen v dotykových bodech ( $F'_x$ ;  $P_{f1}$ ) je opět

$$k = t \cdot v = t \cdot \frac{P_{f1}}{F'_x}$$

tečny mají rovnici:

$$(P_f - P_{f1}) = t \cdot \frac{P_{f1}}{F'_x} (F_x - F'_x)$$

průsečík tečen s osou  $P_f$  má souřadnici  $F_x = 0$ , takže dosazením do předchozího vztahu se po úpravě obdrží:

$$P_{fo} = (1 - t) \cdot P_{f1} \quad (22)$$

## PRACOVNÍ REŽIM A PARAMETRY AGREGACE TRAKTOR-PLUH S NEJVYŠŠÍ VÝKONNOSTÍ

Podmínka rovnosti směrnic se vyjádří dosazením vztahů (19) a (5) do obecné rovnice (8):

$$t \cdot v = \frac{2(v - v_o) \cdot v^2}{v^2 - v_o^2 - \frac{p_o}{\varepsilon}} = \frac{2(v - v_o) \cdot v^2}{v^2 - v_w^2}$$

Z tohoto vztahu se vypočte rychlost  $v = v_a$ , při níž jsou směrnice potenciální výkonové křivky a výkonostní funkce shodné; tato rychlost bude nazývána dotykovou či agregační:

$$v_a = \frac{v_o + \sqrt{(t^2 - 2t) \cdot v_w^2 + v_o^2}}{2 - t} \quad (23)$$

Při rychlosti  $v_a$  dochází k nejvyšší možné výkonosti traktoru s pluhem. Toto je první nutná podmínka k řešení agregace. Druhou nutnou podmínkou je rovnost výkonu traktoru a příkonu pluhu při této rychlosti  $v_a$ . Dejme tomu, že pluh vyžaduje podle obr. 5 při rychlosti  $v_a$  tahovou sílu  $F_x$ . Traktor musí vyvinout tahový výkon

$$P_f = F_x \cdot v_a \quad (24)$$

čili mít motor o výkonu

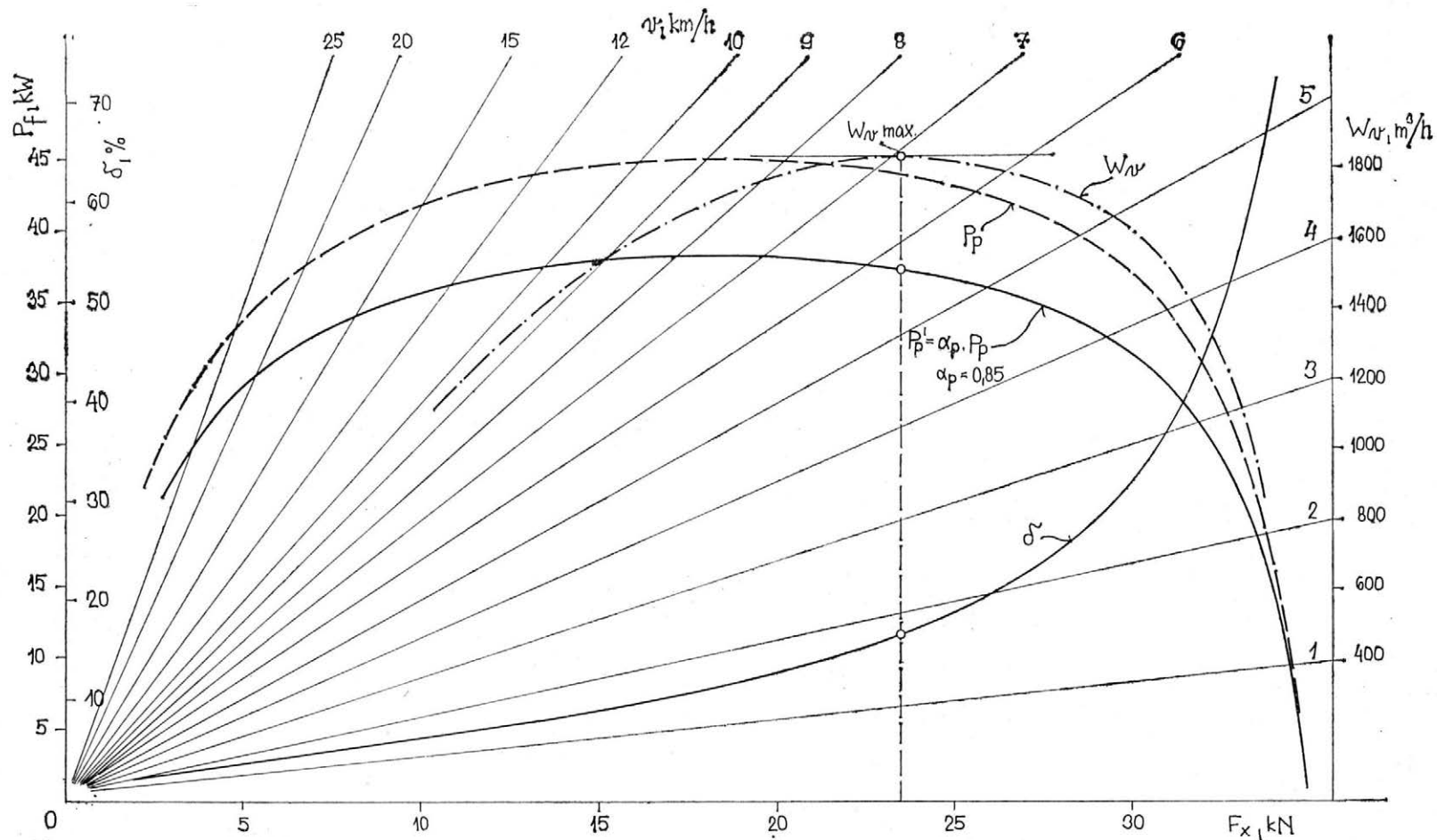
$$P_f = \frac{P_f}{a_p \cdot \eta_f} \quad (25)$$

dále vhodný převod (viz např. Grečenko, 1963, str. 302) a hmotnost

$$m_t = \frac{G_t}{g} = \frac{F_x}{g \cdot \varrho_f} \quad (26)$$

Traktor s pluhem dosáhne teoretické výkonosti:

$$W_v = \frac{F_x \cdot v_a}{p} \quad (27)$$



8. Průběh objemové výkonnosti podél křivky potenciálního výkonu kolového traktoru s pětiradličným neseným pluhem (jmenovitý výkon traktoru 67 kW; pluh typu PN 5 X 30, hloubka orby 22 cm; parametry měrného odporu:  $p_o = 68,7$  kPa;  $\varepsilon = 5,72$  t  $\text{m}^{-3}$ ;  $v_o = 0,56$  m  $\text{s}^{-1}$ ) – Course of performance by volume along the curve of potential power of the wheel tractor with a mounted five-bottom plough (rated tractor power – 67 kW; plough type PN 5 X 30; depth of ploughing – 22 cm; specific resistance:  $p_o = 68.7$  kPa;  $\varepsilon = 5.72$  t  $\text{m}^{-3}$ ;  $v_o = 0.56$  m  $\text{s}^{-1}$ )

Vzorec (23) prokazuje možnost existence bodu dotyku v rozmezí hodnot součinitele  $t$ :

$$2 < t \leq 0$$

ale praktický význam mají jen hodnoty  $t < 0$ , při kterém je rychlost  $v_a$  rovna nebo větší než  $v_o$ , ale menší než  $v_w$ .

Vzorec (23) pro dotykovou rychlost  $v_a$  lze též odvodit přímo z maxima průběhu výkonnosti  $W_v$  podél křivky potenciálního výkonu (obr. 8). Východiskem je ovšem vztah (1), obsahující potenciální výkon  $P'_p$ :

$$W_v = \frac{P'_p}{p} = \frac{P'_p}{p_o + \varepsilon(v - v_o)^2} \quad (28)$$

Netík (1967) tento problém řešil pro konkrétní případ na základě vyjádření  $W_v = f(v)$ . Grečenko (1970, str. 169) při objasňování postupu Netíka naznačil z pedagogických důvodů jednoduché graficko-početní řešení problému s vynesemím křivky  $W_v = f(v)$ . Podobně lze snadno s použitím vzorce (28) a paprskového diagramu rychlostí vynést křivku  $W_v = f(F_x)$ , jak bylo provedeno na obr. 8.

Exaktní počtářské řešení dotykové rychlosti  $v_a$  musí vycházet ze závislosti (28), v níž je  $W_v$  považováno za funkci tahové síly  $F_x$ , která se v průběhu výpočtu nahrazuje rychlostí  $v$  (podobně jako u předchozího odvození) na základě rovnosti  $P'_p = F_x \cdot v$ .

Schéma odvození vzorce pro rychlost  $v_a$  je toto: derivováním vztahu (28) podle tahové síly  $F_x$  se obdrží:

$$\frac{dW_v}{dF_x} = \frac{\frac{dP'_p}{dF_x} [p_o + \varepsilon(v - v_o)^2] - P'_p \cdot \frac{d}{dF_x} \left[ \varepsilon \left( \frac{P'_p}{F_x} - v_o \right)^2 \right]}{[p_o + \varepsilon(v - v_o)^2]^2}$$

Podmínkou maxima funkce  $W_v = f(F_x)$  je  $\frac{dW_v}{dF_x} = 0$ , tj. čitatel na pravé straně rovnosti rovný nule. Podle vzorce (19) je

$$\frac{dP'_p}{dF_x} = t \cdot v$$

takže

$$(t \cdot v) \cdot [p_o + \varepsilon(v - v_o)^2] - P'_p \cdot 2\varepsilon(v - v_o) \cdot \frac{d}{dF_x} \left( \frac{P'_p}{F_x} \right) = 0$$

$$\frac{d}{dF_x} \left( \frac{P'_p}{F_x} \right) = \frac{(t \cdot v) \cdot F_x - P'_p}{F_x^2} = \frac{t \cdot v \cdot \frac{P'_p}{v} - P'_p}{\left( \frac{P'_p}{v} \right)^2} = \frac{(t - 1) \cdot v^2}{P'_p}$$

Rovnost se proto zjednoduší na

$$t[p_o + \varepsilon(v - v_o)^2] = 2\varepsilon(v - v_o) \cdot (t - 1) \cdot v$$

a z ní se po několika úpravách opět odvodí vzorec (23) pro  $v = v_a$ .

IV. Agregace traktor - pluh: zadání příkladu — Tractor - plough combination: given values

| Údaj                             | Označení       | Rozměr            | Hodnota | Poznámka           |
|----------------------------------|----------------|-------------------|---------|--------------------|
| Prokluz<br>Záběrové podmínky     | $\delta$       | —                 | 0,180   | strniště,<br>hlína |
|                                  | $\mu_m$        | —                 | 0,780   |                    |
|                                  | $\delta_s$     | —                 | 0,082   |                    |
|                                  | $\psi$         | —                 | 0,080   |                    |
| Parametry měrného odporu         | $p_o$          | kPa               | 68,70   |                    |
|                                  | $\varepsilon$  | t m <sup>-3</sup> | 5,72    |                    |
|                                  | $v_o$          | m s <sup>-1</sup> | 0,56    |                    |
| Účinek pluhu na traktor          | tg $\Theta$    | —                 | 0,27    |                    |
|                                  | $\lambda_{z1}$ | —                 | 0,56    |                    |
| Traktor K 2:<br>rozměry          | $\lambda_d$    | —                 | 0,65    |                    |
|                                  | $\lambda_\xi$  | —                 | 0,03    |                    |
|                                  | $\alpha_p$     | —                 | 0,85    |                    |
|                                  | $\eta_t$       | —                 | 0,87    |                    |
| Traktor K 4:<br>účinnost převodů | $\eta_t$       | —                 | 0,85    |                    |

V. Agregace traktor - pluh: vypočtené hodnoty pro práci s nejvyšší výkonností — Tractor - plough combination: calculated results for work with maximum performance

| Veličina             | Označení | Rozměr             | Hodnota pro traktor |        | Vzorec     |
|----------------------|----------|--------------------|---------------------|--------|------------|
|                      |          |                    | K2                  | K4     |            |
| Součinitel záběru    | $\mu$    | —                  | 0,580               | 0,580  | 12         |
| Měrná tahová síla    | $q_f$    | —                  | 0,450               | 0,580  | 14, 15     |
| Valivá účinnost      | $\eta_r$ | —                  | 0,833               | 0,862  | 13         |
| Tahová účinnost      | $\eta_f$ | —                  | 0,596               | 0,601  | 10, 11, 13 |
| Součinitel           | $\tau$   | —                  | -0,221              | -0,369 | 20         |
| Agregační rychlost   | $v_a$    | m s <sup>-1</sup>  | 1,390               | 1,640  | 23         |
| Měrný výkon traktoru | $w_t$    | kW t <sup>-1</sup> | 12,130              | 18,230 | 16         |
| Měrný odpor          | $p$      | kPa                | 72,640              | 75,370 | 3          |

Jako příklad jednoduché aplikace teorie je vypočten pracovní režim a parametry typické agregace kolových traktorů s návěsnými pluhu. Tab. IV obsahuje zadání příkladu, výsledky jsou uspořádány v tab. V.

Je příznačné, že rychlosti orby  $v_a$ , při nichž je agregace schopna dosáhnout nejvyšší výkonnosti, nejsou příliš vysoké a jsou rozhodně nižší než rychlosti přípustné podle technických podmínek pluhů.

## MĚRNÝ ODPOR PLUHU A OREBNÍCH TĚLES

V této práci byl používán (efektivní) měrný odpor pluhu  $p = p_o + \varepsilon (v - v_o)^2$ ; tento odpor se obecně liší od měrného odporu samotných orebních těles, protože zahrnuje i odpory nepracovních orgánů pluhu. Při použití výsledků měření je proto třeba rozlišovat, zda šlo o měření odporu samotného orebního tělesa nebo celého pluhu.

Značí-li  $O_x$  odpor samotných pracovních orgánů,  $\Sigma R$  odpor nepracovních orgánů pluhu (např. opěrná kola), vyjádří se vodorovná složka  $F_x$  tahové síly takto:

$$F_x = O_x + \Sigma R = a_1 \cdot O_x + a_2 \quad (29)$$

protože součet odporů  $\Sigma R$  je obecně také funkcí síly  $O_x$ .

Měrný odpor soustavy půda — orební těleso  $p'$  (vyjadřující aktivní i pasivní odpory) se vyjádří vztahem

$$p' = \frac{O_x}{S} = p'_o + \varepsilon' (v - v'_o)^2$$

který je analogický k dosud používanému vzorci pro efektivní měrný odpor  $p$  soustavy půda — pluh:

$$p = \frac{F_x}{S} = p_o + \varepsilon (v - v_o)^2$$

Měrný odpor  $p'$  je zřejmě obecnější a stabilnější veličinou, a proto má být východiskem úvah a výpočtů. Ve výpočtech konkrétních agregací ovšem vystupuje efektivní měrný odpor  $p$ . Obecná souvislost mezi odpory  $p'$  a  $p$  se odvodí s pomocí vztahu (29) a definic těchto odporů:

$$p = \frac{F_x}{S} = \frac{a_1 O_x}{S} + \frac{a_2}{S} = a_1 \cdot p' + a_3 = a_1 \cdot [p'_o + \varepsilon' (v - v'_o)^2] + a_3$$

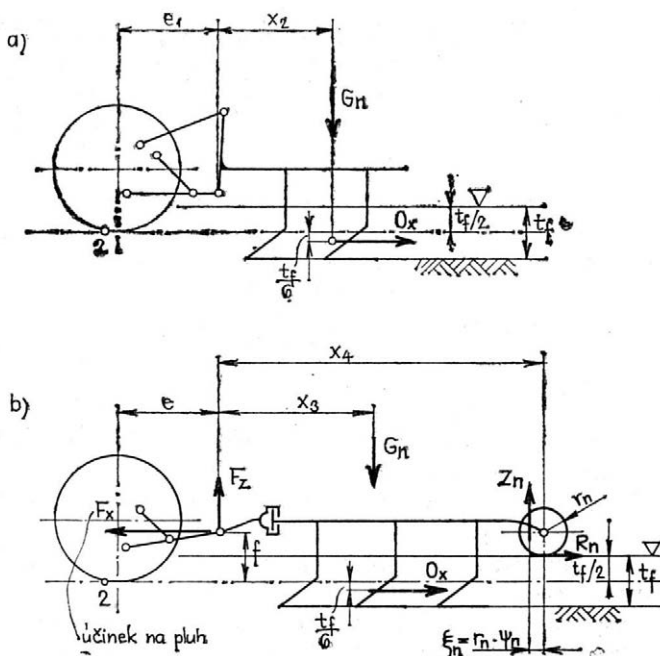
$$(a_3 = a_2/S)$$

$$p = (a_1 \cdot p'_o + a_3) + a_1 \cdot \varepsilon' (v - v'_o)^2 = p_o + \varepsilon (v - v_o)^2$$

Porovnáním se obdrží:

$$\begin{aligned} p_o &= a_1 \cdot p'_o + a_3 & \text{resp.} & & p'_o &= \frac{p_o - a_3}{a_1} \\ \varepsilon &= a_1 \cdot \varepsilon' & & & \varepsilon' &= \frac{\varepsilon}{a_1} \\ v_o &= v'_o & & & v'_o &= v_o \end{aligned} \quad (30)$$

9. Rozměrová a silová schémata pluhů: a) nesený, b) návěsný — Dimensional and force schemes of some ploughs: a) mounted, b) semi-mounted



U neseného pluhu podle obr. 9a je  $a_1 = 1$ ;  $a_3 = 0$  (tj.  $p_0 = p'_0$ ;  $\varepsilon = \varepsilon'$ ;  $p = p'$ ), u návěsného pluhu podle obr. 9b jsou  $a_1$  i  $a_3$  odlišné od nuly:

$$a_1 = 1 - \frac{\left(f + \frac{t_f}{6}\right) \cdot \psi_n}{x_4 - \left(r_n - f + \frac{t_f}{2}\right) \cdot \psi_n} \quad (31)$$

$$a_3 = \frac{G_n \cdot x_3 \cdot \psi_n}{S \cdot \left[x_4 - \left(r_n - f + \frac{t_f}{2}\right) \cdot \psi_n\right]} \quad (32)$$

Nesený pluh vstupuje do výpočtů agregace těmito vzorci:

$$\left. \begin{aligned} F_x &= O_x = S \cdot p' (= S \cdot p) \\ F_z &= G_n \end{aligned} \right\} \quad \operatorname{tg} \Theta = \frac{F_z}{F_x}$$

$$\xi = r_2 \cdot \psi \dots \text{viz obr. 6}$$

$$\lambda_{z1} = \frac{(L + e_1 + x_2 + \xi) \cdot \operatorname{tg} \Theta - \frac{t_f}{6}}{L}$$

Návěsný pluh je představován těmito vztahy:

$$O_x = S \cdot p'$$

$$Z_n = \frac{G_n \cdot x_3 - O_x \cdot \left(f + \frac{t_f}{6}\right)}{x_4 - \left(r_n - f + \frac{t_f}{2}\right) \cdot \psi_n}$$

$$\left. \begin{aligned} F_x &= O_x + Z_n \cdot \psi_n (= S \cdot p) \\ F_z &= G_n - Z_n \end{aligned} \right\} \operatorname{tg} \Theta = \frac{F_z}{F_x}$$

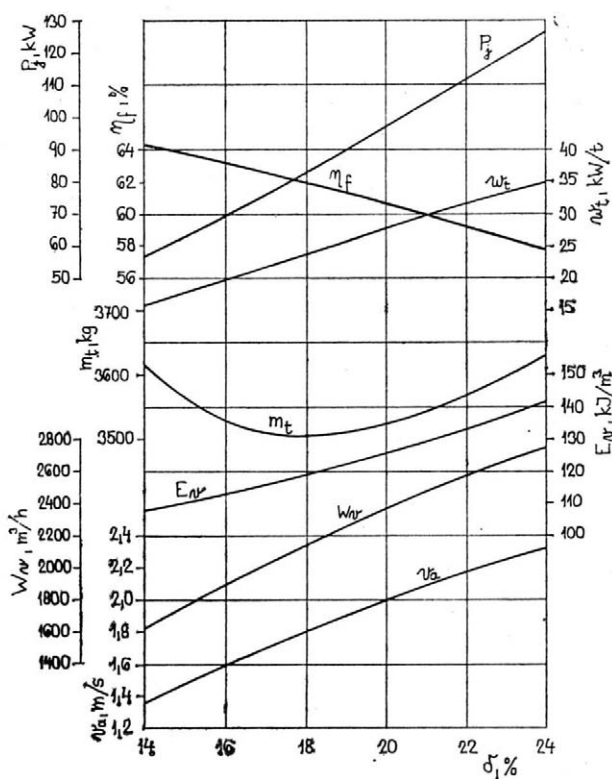
$$\xi = r_2 \cdot \psi \dots \text{viz obr. 6}$$

$$\lambda_{z1} = \frac{f + (L + e + \xi) \cdot \operatorname{tg} \Theta}{L}$$

$$p = \frac{F_x}{S} = p_o + \varepsilon (v - v_o)^2 \dots \text{podle (30), (31), (32)}$$

Všimněme si, že pracovní rychlost  $v = v_a$  vystupuje při výpočtech agregace dvakrát, a to na vstupu ve vzorci pro  $O_x(F_x)$  pluhu a pak na výstupu — viz vzorec (23). Agregaci je třeba řešit odhadem první hodnoty  $v_a$  a postupným přibližováním ke konečnému výsledku.

Jako příklad použití teorie jsou na obr. 10 znázorněny závislosti důležitých parametrů traktoru i jeho agregací s pluhem na prokluzu, pro který byl řešen ideální pracovní režim (bod). Jde o traktor se čtyřkolovým pohonem, pracující s pětiradličným neseným pluhem.



10. Vypočtená závislost některých parametrů traktoru K 4 a jeho agregace s neseným pluhem na prokluzu; agregace pracuje s maximální výkonností (záběrové podmínky: Sp. 1; parametry měrného odporu:  $p'_o = 65,0$  kPa;  $\varepsilon' = 5,0$  t m<sup>-3</sup>;  $v_o = 0,50$  m s<sup>-1</sup>; traktor:  $L = 2,68$  m;  $\alpha_p = 0,85$ ;  $\eta_t = 0,86$ ; pluh:  $G_n = 7,85$  kN;  $n = 5$ ;  $b_f = 0,30$  m;  $t_f = 0,22$  m) — Calculated parameters of the four-wheel driven tractor and its combination with mounted plough in relation to the slip; the combination works with the maximum performance (thrust conditions: Sp 1; parameters of specific resistance:  $p'_o = 65$  kPa;  $\varepsilon' = 5$  t m<sup>-3</sup>;  $v_o = 0.50$  m s<sup>-1</sup>; tractor:  $L = 2.68$  m;  $\alpha_p = 0.85$ ;  $\eta_t = 0.86$ ; plough:  $G_n = 7.85$  kN;  $n = 5$ ;  $b_f = 0.30$  m;  $t_f = 0.22$  m)

Úloha byla řešena na číslicovém počítači VÚZS Praha (ing. B. Šnobl). Z obr. 10 vyplývá tento důležitý závěr: při rostoucím výchozím prokluzu se společně s výkonností  $W_v$  a rychlostí  $v_a$  zvětšují i ostatní veličiny s výjimkou hmotnosti traktoru  $m_t$ , která má nevýrazné minimum v okolí prokluzu 18 %.

## ZÁVĚR

V práci byly zdůvodněny, odvozeny a analyzovány podmínky, při nichž dojde k nejvyšší výkonnosti kolového traktoru s pluhem za předpokladu, že závislost odporu pluhu na rychlosti lze vyjádřit součtem konstantního členu a členu obsahujícího čtverec rychlosti. Podle potřeby lze teorii rozšířit i na případy, kdy rychlostní závislost odporu pluhu by byla vyjádřena polynomem typu  $a_0 \cdot v^0 + a_1 \cdot v^1 + a_2 \cdot v^2 + a_3 \cdot v^3 + \dots$  nebo i jinou analytickou funkcí.

Klíčovým problémem bylo nalézt pracovní (agregační) rychlost  $v_a$  při ideálním pracovním režimu pro stanovený prokluz, s nímž má traktor pracovat. S pomocí vypočtené rychlosti  $v_a$  se určí potřebné základní parametry traktoru, např. hmotnost a výkon motoru i technicko-ekonomické vlastnosti agregace.

Príslušný vzorec pro agregační rychlost je odvozen vlastně dvojím způsobem: jednak s pomocí výkonnostní funkce náradí a potenciální výkonové křivky traktoru, jednak přímo z průběhu výkonnosti podél potenciální výkonové křivky. Formálně jsou obě řešení stejně obtížná. Autor zdůraznil a podrobněji rozvedl řešení první, protože toto řešení dává názor na výkonnostní pole v souřadnicích tahové charakteristiky traktoru, ukazuje v podstatě na velmi úzké rozmezí rychlostí, v nichž je agregace dobře realizovatelná, a umožňuje vytvořit dobrý názor na problém ještě před vlastním řešením.

Traktor s pluhem je v práci posuzován komplexně. Teorie ve svých důsledcích ukazuje, že při udržení měrné energetické náročnosti orby na příznivé nízké hladině (tentoto ukazatel bude stále významnější) je agregační rychlost výrazně ovlivněna složkou odporu pluhu, závislou na rychlosti, tj. rychlostním součinitelem měrného odporu  $\varepsilon$  ( $\varepsilon'$ ). Pokud se nepodaří např. u orebních těles pro těžší půdy snížit  $\varepsilon'$  pod hodnotu cca  $4,5 \text{ t m}^{-3}$ , nelze počítat se zvýšením výhodné agregační rychlosti nad hodnotu  $2 \text{ m s}^{-1}$  (tj.  $7,2 \text{ km h}^{-1}$ ).

Konkrétní řešení uvedená v této práci mají především demonstrovat praktickou využitelnost teorie a přispět k jejímu snazšímu pochopení. Ve VÚZS byl s použitím teorie vypracován program, který umožňuje důslednou analýzu parametrů a vlastností agregace traktor — pluh. Detaily řešení i závažné výsledky jsou připravovány ke zveřejnění.

## Seznam použitých symbolů

Symbody v textu mají rozměry v základních jednotkách SI; symbody v tabulkách a obrázcích mají podle potřeby rozměry v násobcích základních jednotek SI podle ČSN 01 1300. Význam dalších symbolů je patrný z obr. 6 a 9.

|        |                |                                          |
|--------|----------------|------------------------------------------|
| $E_v$  | $\text{J/m}^3$ | měrná energie na obrácení půdy           |
| $F_x$  | N              | tahová síla (vodorovná složka)           |
| $G_n$  | N              | tíha pluhu                               |
| $G_t$  | N              | tíha traktoru                            |
| $H$    | N              | hnací síla                               |
| $O_x$  | N              | odpor plužních těles                     |
| $P_e$  | W              | efektivní výkon motoru                   |
| $P_f$  | W              | tahový výkon traktoru                    |
| $P_j$  | W              | jmenovitý výkon motoru                   |
| $P_p$  | W              | potenciální výkon traktoru               |
| $P'_p$ | W              | potenciální výkon při částečném zatížení |

|               |          |                                                      |
|---------------|----------|------------------------------------------------------|
| $S$           | $m^2$    | průřez obrácené půdy                                 |
| $W_s$         | $m^2/s$  | teoretická plošná výkonnost agregace                 |
| $W_v$         | $m^3/s$  | teoretická objemová výkonnost agregace               |
| $b_f$         | $m$      | záběr jednoho plužního tělesa                        |
| $b_n$         | $m$      | pracovní záběr pluhu                                 |
| $c$           | $Pa$     | soudržnost (koheze) půdy                             |
| $g$           | $m/s^2$  | zrychlení zemské tíže                                |
| $j_k$         | $m$      | charakteristický posuv půdy                          |
| $l$           | $m$      | délka styčné plochy pneumatiky                       |
| $m_t$         | $kg$     | hmotnost traktoru                                    |
| $p$           | $Pa$     | měrný odpor pluhu, $F_x/S$                           |
| $p'$          | $Pa$     | měrný odpor orebního tělesa, $O_x/S$                 |
| $p_o$         | $Pa$     | měrný odpor pluhu při rychlosti $v_o$                |
| $p'_o$        | $Pa$     | měrný odpor orebního tělesa při rychlosti $v_o$      |
| $q_s$         | $Pa$     | střední kontaktní tlak pneumatiky                    |
| $t$           | —        | součinitel (složitý výraz) podle vzorce (20)         |
| $t_f$         | $m$      | hloubka orby                                         |
| $v$           | $m/s$    | pracovní rychlost agregace                           |
| $v_a$         | $m/s$    | pracovní rychlost při nejvyšší výkonnosti            |
| $v_o$         | $m/s$    | rychlost při nejmenším měrném odporu                 |
| $v_w$         | $m/s$    | rychlost podle vzorce (6)                            |
| $w_t$         | $W/kg$   | měrný výkon traktoru                                 |
| $\alpha_p$    | —        | zatižení motoru, $P_e/P_j$ ; $P'_p/P_p$              |
| $\delta$      | —        | prokluz                                              |
| $\delta_s$    | —        | střední (charakteristický) prokluz                   |
| $\epsilon$    | $kg/m^3$ | rychlostní součinitel měrného odporu pluhu           |
| $\epsilon'$   | $kg/m^3$ | rychlostní součinitel měrného odporu orebního tělesa |
| $\eta_f$      | —        | tahová účinnost traktoru                             |
| $\eta_r$      | —        | valivá účinnost traktoru                             |
| $\eta_t$      | —        | mechanická účinnost traktoru                         |
| $\eta_\delta$ | —        | prokluzová účinnost traktoru                         |
| $\lambda_x$   | —        | poměr rozměru $x$ ku rozvoru traktoru $L$            |
| $\mu$         | —        | součinitel záběru                                    |
| $\mu_m$       | —        | součinitel lpění (při nekonečném prokluzu)           |
| $q_f$         | —        | měrná tahová síla traktoru, $F_x/G_t$                |
| $\varphi$     | —        | úhel vnitřního tření v půdě                          |
| $\psi$        | —        | součinitel valení                                    |
| K2            | —        | traktor s pohonem zadními koly                       |
| K4            | —        | traktor s pohonem všemi koly                         |

## Literatura

- BRÁZDA, Z. — PŘÍHODA, Z.: Snižování tažného odporu pluhu. [Výzkumná zpráva úkolů 19-102.] Praha - Chodov, Výzkumný ústav zemědělských strojů 1959. 58 s.
- FRANKE, R.: KTL-Schleppertest. Berichte über Landtechnik, 81. Vyd. Hellmut-Neureuter, Mnichov 1964. 112 s.
- GORJAČKIN, V. P.: Teoriya pluga. Moskva, Promizdat 1927.
- GREČENKO, A.: Posuzování kolových traktorů podle tahových charakteristik. Mech. elektrif. Zeměd., 3, 1957, č. 3, s. 145-162.
- GREČENKO, A.: Kolové a pásové traktory. Praha, Stát. zeměd. nakl. 1963. 402 s.
- GREČENKO, A.: Funkční vlastnosti traktorů. Praha, Stát. pedagog. nakl. 1970. 202 s.
- GREČENKO, A.: A systematic tractor range. Agric. Engin., 29, 1974, č. 3, s. 80-85.
- NETÍK, O.: Příspěvek ke stanovení základních parametrů traktorů (agregace kolo-vého traktoru s pluhem). Zeměd. Techn., 13, 1967, č. 1, s. 5-28.
- PINKAS, J.: Výzkum nových měřicích a hodnotících metod pro zkoušení zemědělských strojů v laboratorních a provozních zkouškách. [Zpráva autorizované zkušebny č. 37/70.] Praha - Chodov, Výzkumný ústav zemědělských strojů 1971.
- SCHLEGEL, J. E. — MORLING, R. W.: Optimum travel speed for maximum plow ing acreage. Transactions ASAE, 12, 1969, č. 5, s. 690-694, 697.
- ZOZ, F. M.: Factors affecting the width and speed for least cost tillage. Agric. Engin., 29, 1974, č. 3, s. 75-79.

Došlo dne 7. 2. 1979

ГРЕЧЕНКО, А. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственных машин, Прага - Ходов): Теория наивысшей производительности трактора с плугом. *Zeměd. Techn.*, 25, 1979 (9) : 513-533.

В работе выведены и анализированы условия, при которых колесный трактор с плугом может достигнуть наивысшей производительности. Предполагается, что удельное сопротивление плужных корпусов возрастает с квадратом скорости. Сцепные свойства трактора характеризуются билинейным уравнением буксования; экспоненциальное уравнение в данном случае нельзя применить. Теория сосредоточена на установление рабочей скорости, при которой достигается самая высокая производительность. Результаты могут быть применены у тракторов с двухколесным и четырехколесным приводом и любых типов плугов или других орудий для обработки почвы.

трактор; плуг; производительность пахоты

GREČENKO, A. (Research Institute for Agricultural Machinery, Praha - Chodov): *Theory of Maximum Performance of the Tractor-Plough Combination*. *Zeměd. Techn.*, 25, 1979 (9) : 513-533.

Conditions which ensure the maximum performance of a wheel tractor with plough are derived and analysed. The specific resistance of the plough bottoms is supposed to increase with the second power of speed. The slip-thrust properties of the tractor are characterized by the bilinear equation; the respective exponential equation cannot be used in this case. The theoretical procedure concentrates on the finding of the speed of operation which provides for maximum performance. The results of this work can be applied to tractors with two- and four-wheel drive, combined with an arbitrary type of plough or other implements for the soil cultivation.

tractor; plough; performance in ploughing

GREČENKO, A. (Forschungsinstitut für Landmaschinen, Praha - Chodov): *Theorie der höchstmöglichen Schlepper-Pflug-Leistung*. *Zeměd. Techn.*, 25, 1979 (9) : 513-533.

In der Abhandlung werden Bedingungen abgeleitet und analysiert, bei denen die höchste Leistungsfähigkeit des Radschleppers mit dem Pflug eintritt. Es wird angenommen, daß der spezifische Widerstand der Pflugkörper mit dem Quadrat der Geschwindigkeit ansteigt. Die Kraftschlußigenschaften des Schleppers werden durch die bilineare Schlupfgleichung charakterisiert; die Exponentialgleichung kann in diesem Fall nicht angewandt werden. Die Theorie wird auf das Finden der Arbeitsgeschwindigkeit konzentriert, bei der die höchste Leistung auftritt. Die Ergebnisse des Aufsatzes können auf Schlepper mit Zweirad- und Allradantrieb sowie beliebige Arten der Pflüge und sonstiger Bodenbearbeitungsgeräte angewandt werden.

Schlepper; Pflug; Pflügenleistung

---

Adresa autora:

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

---

**Výběr z přírůstků**  
**Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTIZ**  
**z úseku zemědělská technika**

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

HANSER, A. D 67.446/32  
**Maschinenring-Struktur in Österreich.** Stand: Ende 1975. Auswertung einer ÖKL-Erhebung. -205. ÖKL-Arbeit.  
Wien, Österr. Kuratorium f. Landtechnik 1977. 41 s., tb. Landtechnische Schriftenreihe, H. 32. (Zemědělské stroje — Rakousko — využití — přehledy — 1975)

NILSSON, B. C 10.542/373  
**Är jordbruket övermekaniserat? Vad är lämpig maskinkapacitet?**  
Uppsala, Jordbrukstekniska institutet 1978. 31 s., 11 obr. Meddelande nr 373. (Strojový park — rozsah — zemědělské závody — Švédsko — výzkum)

D 68.260  
**Power farming technical annual.**  
Sydney, Pacific publications 1975. 447 s., obr., 1976. 439 s., obr. (Zemědělské stroje a traktory — Austrálie — ročenky / Motory — Austrálie — ročenky / Automobily — Austrálie — ročenky)

IVANOV, A. D. D 68.312  
**Narčnik na vzaimozamenjaemite časti v sel'skostopanskata tehnika.**  
Sofija, Zemizdat 1978. 376 s., 7 tab. (Zemědělské stroje a traktory — součásti — příručka)

GORDON, D. J. D 39.777/85/1976  
**Hydraulic systems.**  
Toronto, Ontario Ministry of agric. and food 1976. 44 s., 32 obr., 2 tab. Publication 85. (Hydraulická zařízení — stroje — přehledy)

MEYER, M. C 19.978/111  
**Ergebnisse von Reifenversuchen.**  
Tänikon, Eidg. Forschungsanstalt f. Betriebswirtschaft u. Landtechnik 1976. 46 s., obr. Blätter für Landtechnik 111. (Pneumatiky — dezény běhounů — vlastnosti — výzkum / Pneumatiky — prokluz — vlivy — výzkum — Švýcarsko)

E 35.130/109  
**Problemy mehanizacii stacionarnych tehnologičeskich processov v po-levodstve.**  
Jelgava, Latvij. seľskochozjaj. akadēmija 1977. 68 s., 2 tab., obr. Trudy LSCHA 109. (Mechanizace zemědělství — rostlinná výroba — sborník / Zemědělské stroje stacionární — rostlinná výroba — sborník — SSSR — LotSSR)

# MATEMATICKÝ MODEL PRO OPTIMALIZACI ŠÍŘKY ZÁBĚRU ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ A NÁŘADÍ

M. Kavka

---

KAVKA, M. (Vysoká škola zemědělská, Praha): *Matematický model pro optimalizaci šířky záběru zemědělských strojů a nářadí*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9): 535–545.

Pomocí popsaného modelu lze optimalizovat šířku záběru libovolného zemědělského stroje nebo nářadí, u kterého odpor závisí na šířce záběru, popřípadě na zahloubení pracovních orgánů. Princip činnosti modelu je založen na propočítávání všech možných kombinací: traktor – převodový stupeň – šířka záběru. Ke každému traktoru zařazenému do výpočtu je přiřazena optimální šířka záběru podle kritéria maximální výkonnosti nebo přímých jednotkových nákladů a na závěr výpočtu je stanoveno pořadí výhodnosti. Model lze využít jak k optimalizaci parametrů vybraných strojů (nářadí) před započítáním výroby, tak při sestavování traktorových soupřav přímo v zemědělské praxi, resp. k sestavování některých vzorových pracovních postupů nebo tzv. rozhodovacích tabulek při respektování spektra podmínek, ve kterých mohou soupřavy pracovat.

sestavování soupřav; optimalizace záběru; kritériální funkce; modelování procesů; využití počítačů

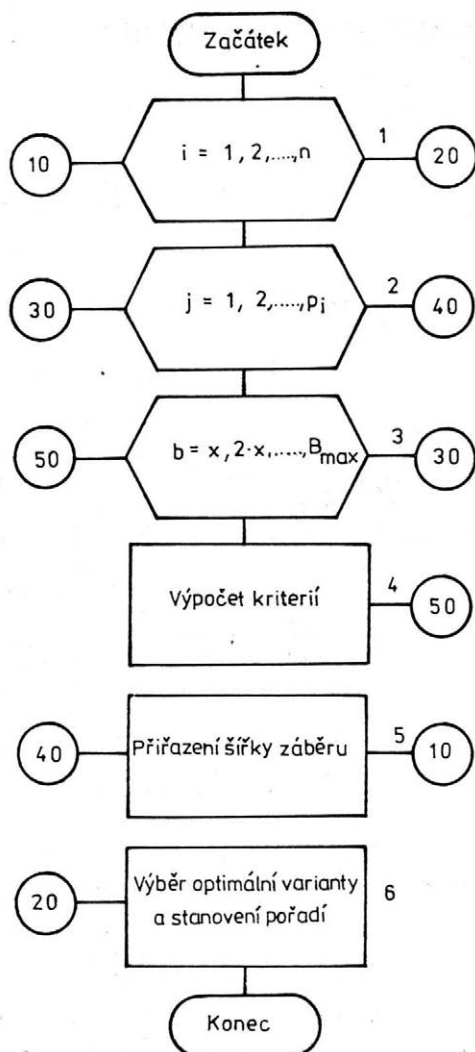
---

V literatuře (Kavka aj., 1978) bylo poukázáno na způsoby sestavování traktorových soupřav z konkrétních typů traktorů a zemědělských strojů. Model, který bude popsán, se kvalitativně odlišuje od modelu dříve popsaného. Umožňuje totiž optimalizovat šířku záběru libovolného stroje nebo nářadí, u kterého tažný odpor závisí na šířce záběru, popřípadě na zahloubení pracovních orgánů (pluhy, smyky, brány, válce, kombinátory, sečí stroje, sazeče apod.). Kromě určení vhodné šířky stroje (nářadí) za konkrétním typem traktoru je možno stanovit také pořadí výhodnosti sestavených traktorových soupřav (z různých typů traktorů) pro dané přírodní a hospodářské podmínky.

## METODICKÝ POSTUP

Na obr. 1 je znázorněn přístup k řešení dané problematiky. Podobně jako u modelu (Kavka aj., 1978) se kritéria vypočítávají pro všechny možné kombinace typů traktorů, převodových stupňů a různé šířky záběru (velikost přírůstku šířky záběru je možné zadat) až do maximální šířky  $B_{max}$ . Když proběhne cyklus  $b$  a  $j$ , vybere se podle zvolených kritérií vhodná šířka záběru (popř. počet plužních těles nebo řádků) k traktoru konkrétního typu a když skončí všechny cykly, stanoví se pořadí výhodnosti soupřav, jejichž šířka byla stanovena podle různého kritéria.

Kritériem výběru optimální šířky záběru jsou buď přímé jednotkové náklady, nebo výkonnost soupřavy. Ke stanovení pořadí výhodnosti je použito kritéria lhůty splatnosti



1. Princip optimalizace šířky záběru zemědělského stroje nebo nářadí k danému typu traktoru — A principle of the optimal operating width of a farm machine or implement for the given type of tractor

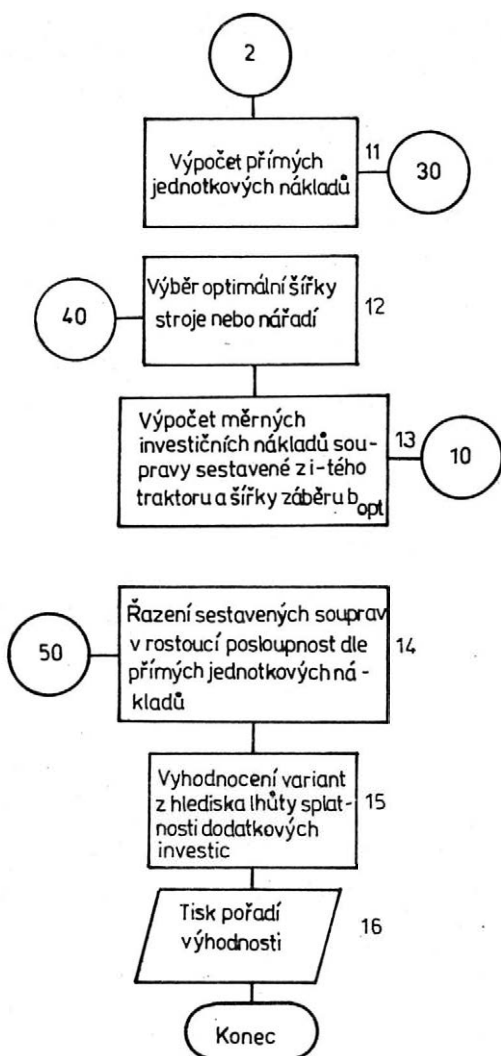
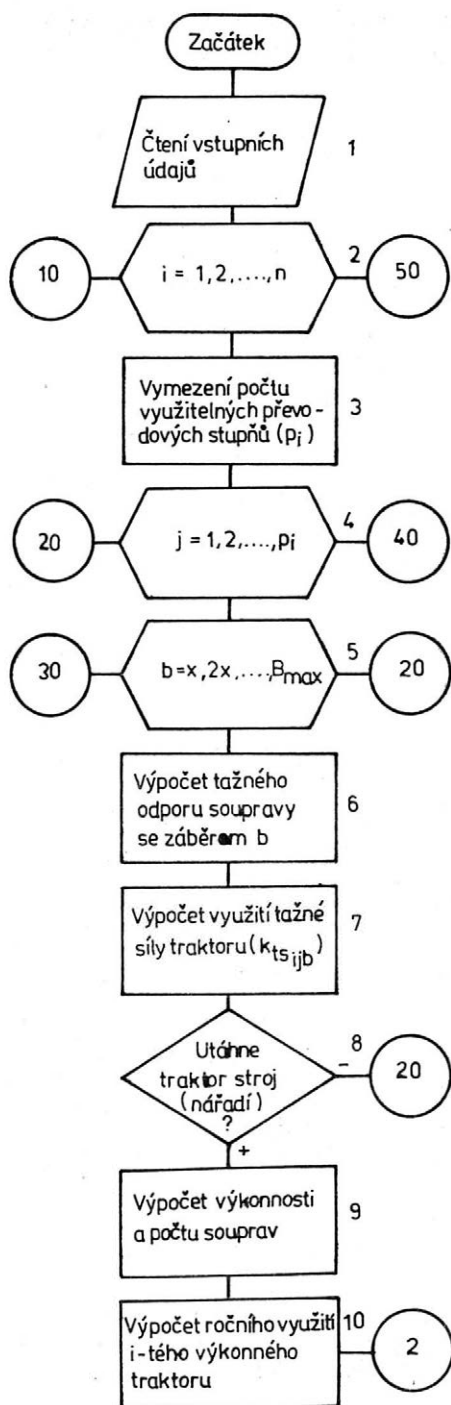
dodatkových investic a přímých jednotkových nákladů. Doplnkovými kritérii je spotřeba nafty a živé práce.

Vstupní údaje, které ovlivňují sestavování traktorových souprav, jsou tyto:

— typy traktorů zařazených do výpočtu a základní údaje o nich, tj. hmotnost, jmenovitá tažná síla a jezdová rychlost při různých převodových stupních, výkon motoru, měrná spotřeba paliva, doporučené roční využití, koeficient oprav, pořizovací cena, životnost a změna jezdové rychlosti v závislosti na využití tažné síly,

— měrné údaje (přepočtené na 1 bm záběru) o sledovaném stroji (nářadí), tj. hmotnost, životnost, koeficient oprav, pořizovací cena, popř. šířka plužního tělesa, meziřádková vzdálenost, obvyklé moduly šířky záběru,

— přírodní a hospodářské podmínky a agrotechnické požadavky, tj. maximální pracovní rychlost, maximální šířka záběru, průměrná svahovitost, měrný odpor stroje (nářadí), popř. měrný odpor při orbě, hloubka orby, druh podložky, součinitel možného zvýšení odporu, přírůstek odporu v závislosti na pracovní rychlosti, agrotechnická lhůta,



2. Vývojový diagram — A diagram of development

počet hodin práce denně v čase  $T_{02}$ , rozsah práce a rozsah všech prací pro traktory vyšších výkonových tříd, počet pracovníků k obsluze soupravy a jejich hodinová mzda.

## POPIS MODELU

Stavba modelu a princip činnosti budou ukázány na zjednodušeném vývojovém diagramu (obr. 2).

Blok 1: Čtou se vstupní údaje o traktorech, o stroji (nářadí) a pracovních podmínkách. Údaje, které lze zadávat při každém novém výpočtu, jsou uvedeny v tab. II.

Bloky 2, 3, 4, 5: Blok 2 naznačuje cyklus typů traktorů  $i$  ( $i = 1, 2 \dots, n$ ), blok 4 cyklus převodových stupňů  $i$ -tého traktoru, využitelných při dané pracovní operaci (počet využitelných převodových stupňů je vymezen v bloku 3) a blok 5 cyklus šířky záběru  $b$  ( $b = x, 2x, \dots, B_{max}$ ). Přírůstek šířky záběru v cyklu  $b$  je podle zadaného modulu  $x$  ( $x = \in(0; B_{max})$ ).

Blok 6: Podle vztahu (1) se vypočítá tažný odpor soupravy, sestavené z  $i$ -tého traktoru a stroje (nářadí) o šířce  $b$ .

$$O_{ib} = k_s \cdot b + (b \cdot G_1 + G_i) \cdot \sin \alpha \quad (N) \quad (1)$$

$$k_s = k_o \cdot h \text{ (pro orbu)} \quad (N \cdot m^{-1})$$

$$k_s = \kappa \text{ (pro většinu dalších operací)} \quad (N \cdot m^{-1})$$

Bloky 7, 8: V bloku 7 se vypočítává využití tažné síly traktoru  $k_{ts_{ijb}}$  a v bloku 8 se kontroluje, zda  $i$ -tý traktor při  $j$ -tém převodovém stupni utáhne stroj (nářadí) o záběru  $b$ . V případě, že využití tažné síly je menší než zadaná hodnota, přechází se k bloku 9; v opačném případě je výpočet vrácen k bloku 4. Velikost tažné síly je upravena podle druhu podložky, tj. zmenšena o 0, 10 nebo 20 % (strniště, mezi strništěm a oranicí, oranice).

Bloky 9, 10, 11: Výkonnost, nutný počet souprav ke splnění zadaného rozsahu práce, roční využití  $i$ -tého traktoru a přímé jednotkové náklady se vypočítávají podle vztahů (3), (4), (5) a (6). Náklady na pohonné hmoty a maziiva lze orientačně vypočítat ze vztahu (7).

Pracovní rychlost  $v_{p_{ijb}}$  je počítána ze vztahu (2), který lze odvodit z tahové charakteristiky traktoru. Ve vztahu (2) se vychází z předpokladu, že v paměti počítače jsou registrovány jmenovité hodnoty tažné síly  $Fh_{ij}$  a jezdové rychlosti  $v_{ij}$  a dále se zjednodušeně předpokládá lineární závislost rychlosti na odporu soupravy.

Vztah (5) se užívá pro zjišťování skutečného ročního využití výkonných kolových traktorů, tj. traktorů vhodných pouze pro vymezený okruh pracovních operací. Vlastní algoritmus zjišťování skutečného ročního využití se skládá v podstatě ze dvou kroků. V prvním kroku je ze vztahu (5) vypočítáno možné roční využití s ohledem na celkový rozsah všech prací a nutný počet souprav ke splnění zadaného rozsahu práce. Ve druhém kroku se zjišťuje, zda vypočtené roční využití sledovaného traktoru je větší než využití doporučené (zadané). V případě, že vypočtené využití je větší, počítá se v dalším výpočtu s využitím doporučeným, v opačném případě s využitím vypočteným ze vztahu (5).

$$v_{p_{ijb}} = (Fh_{ij} - O_{ib}) \cdot a_{ij} + v_{ij} \quad (m \cdot s^{-1}) \quad (2)$$

$$W_{02_{ijb}} = 0,36 \cdot v_{p_{ijb}} \cdot b \cdot \tau_{02} \quad (ha \cdot h^{-1}) \quad (3)$$

$$n_{s_{ijb}} = E \left( \frac{U}{A \cdot k_p \cdot W_{02_{ijb}} \cdot T_{02}} \right) + 1 \quad (1) \quad (4)$$

$$t_{r_{ijb}} = \frac{t_i \cdot U_c}{n_{s_{ijb}}} \quad (\text{h rok}^{-1}) \quad (5)$$

$$N_{ijb} = \frac{N_{a_i} + N_{o_i} + N_{u_i}}{t_{r_{ijb}} \cdot W_{02_{ijb}}} + \frac{N_{PHM_{ijb}} + N_m}{W_{02_{ijb}}} + \frac{C_{1n} \cdot (1 + k_{opr_n})}{T_{1n}} \quad (\text{Kčs ha}^{-1}) \quad (6)$$

$$N_{PHM_{ijb}} = P_i \cdot g_i \cdot k_{ts_{ijb}} \cdot C_{kn} \quad (\text{Kčs h}^{-1}) \quad (7)$$

Bloky 12, 13: V indexových proměnných, registrujících výkonnost a přímé jednotkové náklady, jsou registrovány hodnoty pro všechny využitelné převodové stupně všech  $n$  traktorů zařazených do výpočtu a všechny možné šířky záběru stroje (nářadí). Pomocí jednoduchého algoritmu je pak v bloku 12 vybrána optimální varianta z hlediska maximální výkonnosti (úspory živé práce) nebo přímých jednotkových nákladů. Pro tyto vybrané varianty jsou v bloku 13 počítány měrné investiční náklady — vztah (8).

$$M_{ijb} = \frac{C_i}{t_{r_{ij_{opt}}} \cdot b_{opt} \cdot W_{02_{ij_{opt}}} \cdot b_{opt}} + \frac{C_{b_{opt}} \cdot n_{s_{ijb_{opt}}}}{U} \quad (\text{Kčs ha}^{-1} \text{ rok}) \quad (8)$$

Bloky 14, 15, 16: V bloku 14 se řadí  $n$  sestavené soupravy v rostoucí posloupnost podle přímých jednotkových nákladů. Tento blok je zařazen pro snazší vyhodnocení variant z hlediska lhůty splatnosti dodatkových investic, které se dělá v bloku 15. V bloku 16 se tiskne pořadí výhodnosti sestavených souprav podle různých kritérií, tj. soupravy se sestavují podle dvou kritérií a pořadí výhodnosti se stanovuje podle přímých jednotkových nákladů a lhůty splatnosti dodatkových investic.

Sestavené soupravy z hlediska lhůty splatnosti dodatkových investic se vyhodnocují vztahem (9) — (Višínský aj., 1968). Ze vztahu (9) vyplývá, že lhůta splatnosti dodatkových investic je charakterizována jako podíl rozdílů přímých jednotkových a měrných investičních nákladů dvou srovnávaných variant. Podle výsledků porovnání všech variant mezi sebou lze usuzovat na jejich výhodnost. K algoritmizování daného problému je třeba udělat určité úpravy. Proto byly varianty

$$\lambda = \frac{M_1 - M_2}{N_2 - N_1} \quad (\text{rok}) \quad (9)$$

seřazeny v rostoucí posloupnost podle přímých jednotkových nákladů a vyhodnocovalo se směrem od varianty s nižšími přímými jednotkovými náklady (tab. I). Tím se dosáhne toho, že jmenovatel ve vztahu (9) nabývá hodnot větších nebo rovných nule a ve výpočtu je možno počítat s těmito případy:

a)  $\Delta N = 0$  a  $\Delta M > 0$  nebo  $\Delta M < 0$  — výhodnější je ta varianta, u níž jsou měrné investiční náklady nižší;

b)  $\Delta N > 0$  a  $\Delta M > 0$  — číslo vyjadřuje, za kolik roků se dodatkové investice zaplatí úsporou přímých nákladů, vyjde-li  $\lambda = (0,66 \text{ až } 0,75) \cdot T_z$ , pak je výhodnější va-

rianta s vyššími měrnými investičními náklady a nižšími přímými jednotkovými náklady, tj. varianta 1; v opačném případě varianta 2 (Višinský aj., 1968);

c)  $\Delta N > 0$  a  $\Delta M < 0$  – absolutní výhodnost varianty 1.

I. Způsob vyhodnocování variant z hlediska lhůty splatnosti dodatkových investic – A method of assessing the variants with regard to the time limit of paying the additional costs

| Pořadí výhodnosti podle přímých jednotkových nákladů | Fáze vyhodnocování |     |      |     | Součinitel* výhodnosti |    |
|------------------------------------------------------|--------------------|-----|------|-----|------------------------|----|
|                                                      | I.                 | II. | III. | IV. | 1.                     | 2. |
| 1                                                    | 1                  | 1   | 1    | 1   | 4                      | 3  |
| 2                                                    | 2                  | 2   | 2    | 2   | 3                      | 4  |
| 3                                                    | 3                  | 3   | 3    | 3   | 2                      | 2  |
| 4                                                    | 4                  | 4   | 4    | 4   | 1                      | 0  |
| 5                                                    | 5                  | 5   | 5    | 5   | 0                      | 1  |

\* První případ ukazuje, že pořadí výhodnosti podle lhůty splatnosti dodatkových investic je totožné s pořadím podle přímých jednotkových nákladů; ve druhém případě by pořadí bylo změněno na 2, 1, 3, 5, 4

Vyhodnocením všech kombinací (tab. I) se získá četnost výskytu výhodnosti každé varianty. Tato četnost je zaznamenána v pomocné indexované proměnné (součiniteli výhodnosti) a z ní lze stanovit pořadí výhodnosti podle lhůty splatnosti dodatkových investic.

## VÝSLEDKY

Na základě modelu byl sestaven program v jazyce BASIC pro programovatelný kalkulátor HP-9830 a dělány výpočty pro různé pracovní operace, resp. kombinace vstupních údajů (tab. II).

Vstupní údaje obsažené v tab. II popisují přírodní a hospodářské podmínky, agrotechnické požadavky a měrné údaje o stroji (nářadí). Údaje o traktorech jsou trvale uloženy v databance. Ve výpočtu se počítá s 18 typy traktorů: U-651, Z-4718, Z-4911, Z-4945, Z-5718, Z-5748, Z-6718, Z-6748, Z-6945, Z-8011, Z-8045, ZT-303, Z-12011, Z-12045, Z-16045, ŠT-180, ŠT-181, K-700.

V tab. III. jsou uvedeny výsledky výpočtů, na jejichž základě lze usuzovat na správnou činnost modelu.

K optimalizaci šířky záběru bylo použito kritéria maximální výkonnosti a minimálních přímých jednotkových nákladů. Výpočty ukázaly, že není rozdíl ve výsledcích, a proto jsou uvedeny výsledky pouze podle kritéria maximální výkonnosti. Toto kritérium lze při zvoleném přístupu k sestavování traktorových souprav považovat za hlavní, protože je exaktnější.

Pořadí výhodnosti sestavených souprav pro konkrétní podmínky bylo stanoveno podle kritéria minimálních přímých jednotkových nákladů a lhůty splatnosti dodatko-

# II. Vstupní údaje — Input data

| Pracovní operace                                  |                    | Jednotka                            | Orba                                   |       | Smyko-<br>vání +<br>vláčení | Kombi-<br>nátoro-<br>vání | Seti   | Sázení   |
|---------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------|-----------------------------|---------------------------|--------|----------|
|                                                   |                    |                                     | 1. v.                                  | 2. v. |                             |                           |        |          |
| Rozsah práce                                      |                    | ha . 10 <sup>3</sup>                | 2,0                                    | 2,0   | 1,0                         | 1,0                       | 1,0    | 0,2      |
| Celkový rozsah práce<br>pro výkonné traktory      |                    | ha . 10 <sup>3</sup>                | 8,0                                    |       |                             |                           |        |          |
| Součinitel $\tau_{02}$                            |                    | 1                                   | 0,85                                   |       |                             |                           | 0,75   |          |
| Agrotechnická lhůta                               |                    | d                                   | 50                                     |       | 15                          |                           |        |          |
| Součinitel pracovních<br>dní                      |                    | 1                                   | 0,8                                    |       |                             |                           |        |          |
| Čas $T_{02}$ za den                               |                    | h                                   | 9 a 16*                                |       | 9                           |                           | 8      |          |
| Maximální pracovní<br>rychlost                    |                    | km h <sup>-1</sup>                  | 7,0                                    |       | 9,0                         | 7,0                       | 12,0   | 5,0      |
| Svahovitost                                       |                    | o                                   | 3,0                                    |       |                             |                           |        |          |
| Maximální šířka<br>záběru/modul $x$               |                    | m                                   | 2,8/0,35                               |       | 15/1                        | 10/1                      | 12/3   | 4,5/1,5  |
| Měrný<br>odpor                                    | při orbě           | Pa . 10 <sup>3</sup>                | 50,0                                   | 90,0  | —                           | —                         | —      | —        |
|                                                   | nářadí<br>(stroje) | N m <sup>-1</sup> . 10 <sup>3</sup> | —                                      | —     | 2,5                         | 3,7                       | 1,5    | 3,5      |
| Přírůstek odporu v zá-<br>vislosti na rychlosti   |                    | N s m <sup>-1</sup>                 | 1500                                   | 2000  | 60                          | 40                        | 15     | 30       |
| Součinitel možného<br>zvýšení odporu              |                    | 1                                   | 1,4                                    |       | 1,3                         | 1,4                       | 1,2    | 1,3      |
| Záběr plužního tělesa ;<br>meziřádková vzdálenost |                    | m                                   | 0,35                                   |       | —                           | —                         | —      | 0,75     |
| Hloubka orby                                      |                    | m                                   | 0,27                                   |       | —                           | —                         | —      | —        |
| Druh podložky                                     |                    | —                                   | strniště                               |       | oranice                     |                           | mezi   |          |
| Hmotnost 1 bm nářadí<br>(stroje)                  |                    | t m <sup>-1</sup>                   | 0,40                                   |       | 0,25                        | 0,35                      | 0,35   | 0,60     |
| Cena 1 bm nářadí<br>(stroje)                      |                    | Kčs m <sup>-1</sup>                 | 19 000,—                               |       | 3000,—                      | 3500,—                    | 4900,— | 13 000,— |
| Životnost 1 bm nářadí<br>(stroje)                 |                    | ha m <sup>-1</sup>                  | 2000 ha, tj. 700<br>ha na 1 pl. těleso |       | 800                         | 600                       | 500    | 330      |
| Koeficient oprav                                  |                    | 1                                   | 1,2                                    |       | 1,5                         | 1,5                       | 0,8    | 2,1      |
| Počet                                             | řidičů             | 1                                   | 1,0                                    |       |                             |                           |        |          |
|                                                   | ostatních          | 1                                   | 0                                      |       |                             |                           | 1,0    |          |
| Mzda                                              | řidiče             | Kčs h <sup>-1</sup>                 | 10,20                                  |       |                             |                           |        |          |
|                                                   | ostatních          | Kčs h <sup>-1</sup>                 | 6,00                                   |       |                             |                           |        |          |

\* Výkonné traktory (K-700, Z-12011, Z-12045, Z-16045, ŠT-180, ŠT-181) nasazeny 16 h denně, ostatní 9 h (v čase operativním)

# III. Výsledky výpočtu – Results of the computation

| Pracovní operace     | Pořadí výhodnosti | Typ traktoru | Záběr (m) | Výkonnost v čase<br>$T_{02}$ (ha h <sup>-1</sup> ) | Náklady<br>(Kčs ha <sup>-1</sup> ) | Využití tažné<br>síly (1) | Požadovaný<br>počet souprav | Počet pluhových<br>těles nebo řádků | Potřeba                             |                                              |
|----------------------|-------------------|--------------|-----------|----------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
|                      |                   |              |           |                                                    |                                    |                           |                             |                                     | živé práce<br>(h ha <sup>-1</sup> ) | nafty<br>(dm <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) |
| Orba<br>1. varianta  | 1                 | K-700        | 2,80      | 1,51                                               | 136,—                              | 0,78                      | 3                           | 8                                   | 0,66                                | 24,0                                         |
|                      | 2                 | Z-16045      | 1,75      | 1,03                                               | 143,—                              | 0,75                      | 4                           | 5                                   | 0,97                                | 23,8                                         |
|                      | 3                 | Z-12045      | 1,40      | 0,75                                               | 145,—                              | 0,70                      | 5                           | 4                                   | 1,33                                | 21,9                                         |
|                      | 4                 | ŠT-181       | 2,45      | 1,16                                               | 146,—                              | 0,74                      | 3                           | 7                                   | 0,86                                | 24,1                                         |
|                      | 5                 | Z-8045       | 1,40      | 0,54                                               | 167,—                              | 0,76                      | 11                          | 4                                   | 1,85                                | 22,2                                         |
| Orba<br>2. varianta  | 1                 | Z-12045      | 1,05      | 0,46                                               | 224,—                              | 0,81                      | 7                           | 3                                   | 2,16                                | 41,2                                         |
|                      | 2                 | K-700        | 1,40      | 0,83                                               | 225,—                              | 0,79                      | 4                           | 4                                   | 1,20                                | 44,5                                         |
|                      | 3                 | Z-16045      | 1,05      | 0,61                                               | 227,—                              | 0,79                      | 6                           | 3                                   | 1,64                                | 42,3                                         |
|                      | 4                 | ŠT-181       | 1,40      | 0,66                                               | 248,—                              | 0,74                      | 5                           | 4                                   | 1,51                                | 42,7                                         |
|                      | 5                 | Z-8045       | 0,70      | 0,33                                               | 249,—                              | 0,80                      | 17                          | 2                                   | 3,03                                | 38,4                                         |
| Smykání<br>+ vláčení | 1                 | K-700        | 13,00     | 6,81                                               | 37,—                               | 0,87                      | 2                           | —                                   | 0,15                                | 6,0                                          |
|                      | 2                 | ŠT-181       | 9,00      | 5,69                                               | 37,—                               | 0,84                      | 2                           | —                                   | 0,18                                | 5,6                                          |
|                      | 3                 | Z-12045      | 7,00      | 3,58                                               | 38,—                               | 0,84                      | 3                           | —                                   | 0,28                                | 5,5                                          |
|                      | 4                 | Z-16045      | 8,00      | 4,55                                               | 39,—                               | 0,83                      | 3                           | —                                   | 0,22                                | 5,9                                          |
|                      | 5                 | ŠT-180       | 7,00      | 4,93                                               | 40,—                               | 0,80                      | 2                           | —                                   | 0,20                                | 6,1                                          |
| Kombinátorování      | 1                 | K-700        | 9,00      | 4,83                                               | 49,—                               | 0,77                      | 2                           | —                                   | 0,21                                | 7,5                                          |
|                      | 2                 | Z-12045      | 5,00      | 2,62                                               | 50,—                               | 0,77                      | 4                           | —                                   | 0,38                                | 6,9                                          |
|                      | 3                 | Z-16045      | 6,00      | 3,46                                               | 50,—                               | 0,79                      | 3                           | —                                   | 0,29                                | 7,5                                          |
|                      | 4                 | ŠT-181       | 8,00      | 3,76                                               | 52,—                               | 0,75                      | 3                           | —                                   | 0,26                                | 7,5                                          |
|                      | 5                 | ZT-303       | 3,00      | 1,82                                               | 54,—                               | 0,82                      | 6                           | —                                   | 0,55                                | 7,9                                          |
| Seti                 | 1                 | Z-16045      | 12,00     | 7,47                                               | 36,—                               | 0,83                      | 2                           | —                                   | 0,27                                | 3,65                                         |
|                      | 2                 | Z-12045      | 12,00     | 5,55                                               | 36,—                               | 0,79                      | 2                           | —                                   | 0,36                                | 3,4                                          |
|                      | 3                 | Z-12011      | 12,00     | 5,35                                               | 37,—                               | 0,90                      | 2                           | —                                   | 0,37                                | 3,9                                          |
|                      | 4                 | Z-8045       | 12,00     | 3,96                                               | 39,—                               | 0,87                      | 3                           | —                                   | 0,50                                | 3,5                                          |
|                      | 5                 | Z-6748       | 9,00      | 3,26                                               | 40,—                               | 0,92                      | 4                           | —                                   | 0,61                                | 3,6                                          |
| Sázení brambor       | 1                 | ZT-303       | 4,50      | 1,71                                               | 146,—                              | 0,86                      | 2                           | 6                                   | 1,17                                | 8,9                                          |
|                      | 2                 | Z-12045      | 4,50      | 1,88                                               | 146,—                              | 0,62                      | 2                           | 6                                   | 1,07                                | 7,8                                          |
|                      | 3                 | Z-8045       | 4,50      | 1,54                                               | 151,—                              | 0,75                      | 2                           | 6                                   | 1,29                                | 7,7                                          |
|                      | 4                 | Z-5748       | 3,00      | 1,17                                               | 151,—                              | 0,83                      | 3                           | 4                                   | 1,70                                | 7,8                                          |
|                      | 5                 | Z-6748       | 3,00      | 1,17                                               | 154,—                              | 0,72                      | 3                           | 4                                   | 1,72                                | 7,8                                          |

Pozn.: 1) Tisknuto je pořadí výhodnosti všech traktorů zařazených do výpočtu, tj. je možné vybrat soupravu i s nižším pořadím výhodnosti.

2) Rozdíly v přímých jednotkových nákladech do 5 % nelze považovat za významné; k posouzení je nutné použít také potřebu živé práce a nafty.

vých investic. Podobně jako v předchozím případě byly získány stejné výsledky. Z těchto důvodů je možné v dalších modelech kritérium lhůty splatnosti zcela vypustit a značně zrychlit výpočet. Toto kritérium je opodstatněné pouze při posuzování, zda je vhodné pořídit novou investici.

Z tab. III vyplývá, že kromě základních ukazatelů je ke každé sestavené traktorové soupravě tisknuta také potřeba živé práce a nafty na jednotku zpracované plochy, výkonnost v čase  $T_{02}$  a k ní vztahené přímé jednotkové náklady, požadovaný počet souprav nutný k zpracování zadaného rozsahu práce a stupeň využití tažné síly traktoru. Prvních pět ukazatelů lze použít jako plánovacích podkladů, ale také jako kritérií k stanovení pořadí výhodnosti (např. potřeba živé práce). Poslední ukazatel slouží k hodnocení zálohy výkonu traktoru.

## ZÁVĚR

Z výpočtů vyplývá, že model správně reaguje na změny vstupních údajů. V dané etapě vývoje je tento model pro praxi potřebnější, než dosud autorem prezentované modely. Lze jej využít jak k optimalizaci parametrů uvedených strojů a nářadí (např. před začátkem výroby), tak při sestavování traktorových souprav přímo v zemědělské praxi, resp. k sestavování některých vzorových pracovních postupů nebo tzv. rozhodovacích tabulek při respektování spektra podmínek, ve kterých mohou soupravy pracovat.

## Seznam použitých znaků

|                |                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a_{ij}$       | — součinitel vyjadřující přírůstek pracovní rychlosti $i$ -tého traktoru při $j$ -tém převodovém stupni proti rychlosti jmenovité v závislosti na rozdílu mezi jmenovitou tažnou silou a odporem soupravy ( $\text{m s}^{-1} \text{N}^{-1}$ ) |
| $\alpha$       | — průměrná svahovitost pozemků ( $^\circ$ )                                                                                                                                                                                                   |
| $A$            | — agrotechnická lhůta ( $\text{d rok}^{-1}$ )                                                                                                                                                                                                 |
| $b$            | — šířka záběru zemědělského stroje nebo nářadí ( $\text{m}$ )                                                                                                                                                                                 |
| $B_{max}$      | — maximální šířka záběru zemědělského stroje nebo nářadí ( $\text{m}$ )                                                                                                                                                                       |
| $b_{opt}$      | — optimální šířka záběru zemědělského stroje nebo nářadí ( $\text{m}$ )                                                                                                                                                                       |
| $C_i$          | — pořizovací cena $i$ -tého traktoru (Kčs)                                                                                                                                                                                                    |
| $C_{1n}$       | — pořizovací cena 1 bm stroje nebo nářadí (Kčs $\text{m}^{-1}$ )                                                                                                                                                                              |
| $C_{b_{opt}}$  | — pořizovací cena stroje nebo nářadí o optimální šířce záběru (Kčs)                                                                                                                                                                           |
| $C_{kn}$       | — komplexní cena nafty (Kčs $\text{kg}^{-1}$ )                                                                                                                                                                                                |
| $F_{h_{ij}}$   | — jmenovitá tažná síla $i$ -tého traktoru při $j$ -tém převodovém stupni (N)                                                                                                                                                                  |
| $g_i$          | — měrná spotřeba paliva $i$ -tého traktoru ( $\text{kg kW}^{-1} \text{h}^{-1}$ )                                                                                                                                                              |
| $G_i$          | — tíha $i$ -tého traktoru (N)                                                                                                                                                                                                                 |
| $G_{1n}$       | — tíha 1 bm stroje nebo nářadí (N $\text{m}^{-1}$ )                                                                                                                                                                                           |
| $h$            | — hloubka orby ( $\text{m}$ )                                                                                                                                                                                                                 |
| $k_o$          | — měrný odpor při orbě (Pa)                                                                                                                                                                                                                   |
| $k_{opr_n}$    | — koeficient oprav stroje nebo nářadí (1)                                                                                                                                                                                                     |
| $k_s$          | — odpor 1 bm stroje nebo nářadí (N $\text{m}^{-1}$ )                                                                                                                                                                                          |
| $z$            | — měrný odpor stroje nebo nářadí (N $\text{m}^{-1}$ )                                                                                                                                                                                         |
| $k_{ts_{ijb}}$ | — součinitel využití tažné síly $i$ -tého traktoru při zařazeném $j$ -tém převodovém stupni a šířce záběru $b$ (1)                                                                                                                            |
| $\lambda$      | — lhůta splatnosti dodatkových investic (rok)                                                                                                                                                                                                 |
| $E$            | — entier ze vztahu v závorce (nejblíže nižší celé číslo)                                                                                                                                                                                      |
| $M_{ijb}$      | — měrné investiční náklady při kombinaci $ijb$ (Kčs $\text{ha}^{-1} \text{rok}$ )                                                                                                                                                             |
| $M_{1,2}$      | — měrné investiční náklady u dvou srovnávaných variant (Kčs $\text{ha}^{-1} \text{rok}$ )                                                                                                                                                     |
| $N_{s_{ijb}}$  | — nutný počet souprav k zvládnutí zadaného rozsahu práce při kombinaci $ijb$ (1)                                                                                                                                                              |
| $N_{ijb}$      | — přímé jednotkové náklady při kombinaci $ijb$ (Kčs $\text{ha}^{-1}$ )                                                                                                                                                                        |
| $N_{1,2}$      | — přímé jednotkové náklady u dvou srovnávaných variant (Kčs $\text{ha}^{-1}$ )                                                                                                                                                                |
| $N_{at}$       | — roční odpisy $i$ -tého traktoru (Kčs $\text{rok}^{-1}$ )                                                                                                                                                                                    |
| $N_m$          | — součet hodinové mzdy traktoristy a obsluhy (pokud je při provádění dané operace nutná) (Kčs $\text{h}^{-1}$ )                                                                                                                               |
| $N_{ot}$       | — roční náklady na opravy $i$ -tého traktoru (Kčs $\text{rok}^{-1}$ )                                                                                                                                                                         |

|                 |                                                                                                                                                    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $N_{PHM_{ijb}}$ | — náklady na pohonné hmoty a maziva (Kčs h <sup>-1</sup> )                                                                                         |
| $N_{ut}$        | — zúročení $i$ -tého traktoru (Kčs rok <sup>-1</sup> )                                                                                             |
| $p_i$           | — maximální počet převodových stupňů $i$ -tého traktoru, využitelných při sledované pracovní operaci (z hlediska maximální pracovní rychlosti) (1) |
| $P_i$           | — výkon motoru $i$ -tého traktoru (kW)                                                                                                             |
| $\tau_{02}$     | — součinitel využití operativního času (1)                                                                                                         |
| $t_i$           | — potřeba práce $i$ -tého traktoru na zpracování jednoho průměrného hektaru (h $\varnothing$ ha <sup>-1</sup> )                                    |
| $t_{rijb}$      | — možné roční využití $i$ -tého (výkonného) traktoru (h rok <sup>-1</sup> )                                                                        |
| $T_{02}$        | — čas operativní za den (h d <sup>-1</sup> )                                                                                                       |
| $T_z$           | — životnost sledované traktorové soupravy (rok)                                                                                                    |
| $T_{z1n}$       | — životnost 1 bm záběru stroje nebo nářadí (ha m <sup>-1</sup> )                                                                                   |
| $O_{ib}$        | — tažný odpor traktorové soupravy sestavené z $i$ -tého traktoru a stroje (nářadí) o záběru $b$ (N)                                                |
| $U$             | — zadaný rozsah práce (ha rok <sup>-1</sup> )                                                                                                      |
| $U_c$           | — celkový rozsah všech prací pro výkonné kolové traktory ( $\varnothing$ ha rok <sup>-1</sup> )                                                    |
| $v_{ij}$        | — jmenovitá pojezdová rychlost $i$ -tého traktoru při zařazeném $j$ -tém převodovém stupni (m s <sup>-1</sup> )                                    |
| $v_{rijb}$      | — skutečná pracovní rychlost (m s <sup>-1</sup> ) při kombinaci $ijb$                                                                              |
| $W_{02ijb}$     | — výkonnost v čase operativním při kombinaci $ijb$ (ha h <sup>-1</sup> )                                                                           |
| $k_p$           | — součinitel pracovních dní (1)                                                                                                                    |
| $x$             | — modul přírůstku šířky záběru (m)                                                                                                                 |

## Literatura

- KAVKA, M. — ONDŘEJ, L.: Matematický model pro sestavování traktorových orebných souprav. Zeměd. Techn., 24, 1978, č. 3, s. 493-502.  
 VIŠINSKÝ, J. aj.: Využití zemědělských strojů, Praha, Stát. zeměd. nakl. 1968.

Došlo dne 3. 11. 1976

KAVKA, M. (Сельскохозяйственный институт, Прага - Сухдол): Математическая модель оптимизации ширины захвата у сельскохозяйственных машин и орудий. Земед. Techn., 25, 1979 (9) : 535-545.

При помощи описанной модели можно оптимизировать ширину захвата у любой сельскохозяйственной машины, или орудия, у которого от ширины захвата или от глубины работы рабочего органа зависит сила сопротивления. Принцип деятельности модели основан на вычислении всех возможных комбинаций: трактор — передача — ширина захвата. Для каждого трактора, включенного в расчеты, выбрана оптимальная ширина захвата согласно критериям максимальной производительности, или прямых затрат на единицу, и в заключение расчетов определяется порядок выгодности машин. Модель можно использовать как для оптимизации параметров избранных машин (орудий) до начала производства, так и при составлении тракторных агрегатов непосредственно в сельскохозяйственной практике, или для составления некоторых образцовых рабочих процессов, или т.н. решающих таблиц при соблюдении спектра условий, при которых могут агрегаты работать.

составление агрегатов; оптимизация захвата; критериальные функции; моделирование процессов; использование вычислительных машин

KAVKA, M. (University of Agriculture, Praha - Suchdol): A Mathematical Model of the Optimal Operating Width in Farm Machines and Implements. Zeméd. Techn., 25, 1979 (9) : 535-545.

A described model can help to optimize the operating width of any farm machine or implement where resistance depends on the operating width, and/or on the sinking of working elements. A principle of the model function has been derived from computing all possible combinations: tractor — relative speed — operating width. Each tractor subjected to the computations is provided the optimal operating width according to the maximal performance or direct costs; in conclusion the order of profitable combinations is given. The model can be used when optimizing the parameters of selected machines (implements) prior to their manufacturing, or when

assembling tractor aggregates directly on a farm, and/or to make up model procedures or the so called decision-making tables while respecting the conditions of operations in the field.

assembling of tractor aggregates; optimal operating width; criterional function; modelling of processes; use of electronic computers

KAVKA, M. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha-Suchdol): *Mathematisches Modell für die Optimierung der Arbeitsbreite von Landmaschinen und Geräten*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9) : 535-545.

Mit Hilfe des beschriebenen Modells kann man die Arbeitsbreite einer beliebigen Landmaschine oder eines landwirtschaftlichen Gerätes optimieren, bei denen der Widerstand von der Arbeitsbreite, bzw. Tiefgang der Arbeitsorgane abhängig ist. Das Prinzip der Modelltätigkeit beruht auf der Berechnung aller möglichen Kombinationen: Schlepper – Geschwindigkeitsstufe – Arbeitsbreite. Jedem in die Berechnung eingereihten Schlepper wird die optimale Arbeitsbreite zugeordnet entsprechend dem Kriterium der höchsten Leistungsfähigkeit oder der direkten Einzelkosten und abschließend wird in der Berechnung die Reihenfolge der Vorteilhaftigkeit festgelegt. Das Modell kann sowohl zur Optimierung der Parameter von ausgewählten Maschinen (Geräten) vor der Produktionsaufnahme als auch für die Zusammenstellung der Schlepperkombinationen unmittelbar in der landwirtschaftlichen Praxis, bzw. zur Zusammenstellung einiger mustergültigen Arbeitsverfahren oder sog. Entscheidungstabellen angewandt werden, unter Berücksichtigung des Bedingungsspektrums, unter denen die Kombinationen arbeiten können.

Zusammenstellung der Kombinationen; Optimierung der Arbeitsbreite; Kriteriumsfunktion; Modellierung der Prozesse; Anwendung der Rechenanlagen

---

Adresa autora:

Doc. ing. Miroslav K a v k a, CSc., Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6 - Suchdol

**Výběr z přírůstků**  
**Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTIZ**  
**z úseku zemědělská technika**

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

HÜBNER, B. — SCHÜPPEL, G. E 38.142/153,1,2  
**Umschlag und Lagerung von losen Mineraldüngemitteln in ACZ. Arbeitsmaterial für ACZ. Teil 1, 2.**  
Leipzig, VEB - ACZ. T. 1. 1977. 84 s., obr., tb. T. 2. 1977. 71 s., obr., tb. Agrabuch 153. (Strojená hnojiva — skladování — mechanizace / Strojená hnojiva — překládání — mechanizace)

BOSMA, A. H. — CAPPON, A. — KLARENBECK, J. V. D 64.961/87  
**Ontwikkeling van en onderzoek aan een zelfrijdende mestinjecteur.**  
Wageningen, IMAG 1977. 31 s., 18 obr., 3 tab., res. angl. Publikatie 87. (Injektory hnojiv — hloubkové — zkoušení — Holandsko — zprávy)

D 67.902/609

**Merkenonderzoek Thermo-Unit CO<sub>2</sub> toestel type CG 10.**  
Wageningen, IMAG 1975. 5 s. Bulletin 609. (Rozprašovače kyslíčnicku uhličitého — skleníkové — typ CG 10 — zkoušení — Holandsko — zprávy)

C 24.773

**Wissenschaftlich technischer Fortschritt Getreide.**  
Leipzig, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften 1978. Nestr., obr. (Obilniny — pěstování — mechanizace — NDR)

PUGAČEV, A. N. D 67.408  
**Повреждение зерна машинами.**  
Moskva, Kolos 1976. 318 s., obr., 112 tab. (Zemědělské stroje — seřízení — obilní zrno — poškození mechanické — příručka)

C 24.772

**Wissenschaftlich technischer Fortschritt Kartoffeln.**  
Leipzig, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften 1978. Nestr., obr. (Brambory — pěstování — mechanizace — NDR)

BOUMAN, A. — BOUMA, J. — EDENS, F. J. D 64.961/91  
**Een nieuwe oogstmethode voor vlas.**  
Wageningen, IMAG 1978. 34 s., 13 obr., 5 tab. (Sklizeče lnu — výzkum — Holandsko / Len — sklizeň — metody — výzkum — Holandsko)

ZIEMANN, P. E 27.603/753  
**Böschungsmähwerk E 147 D — VEB Meliorationstechnik Pritzwalk.**  
Potsdam-Bornim, Zentrale Prüfstelle f. Landtechnik 1976. 7 s., obr., tab. Prüfbericht Nr. 753. (Žací lišty — traktorové — E 147 D — půdy sva-hové — zkoušení — NDR — zprávy)

J. Souček

SOUČEK, J. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Statistické hodnocení průběhu řádku cukrovky*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9): 547—556.

Důležitým úkolem při konstrukci zemědělských spojů v polní výrobě je řešení jejich automatického směrového vedení, a to zejména při meziřádkových operacích, kde typickým představitelem plodiny s největším počtem meziřádkových operací je cukrovka. Vzhledem k současným možnostem výpočetní techniky je však pro řešení výhodnější použít metod dynamické statistiky a problém tak přiblížit reálným podmínkám. K tomu, aby mohl být úkol úspěšně řešen, je nutné mít dostatek informací. Kromě jiného je třeba znát průběh křivosti řádků jako poruchového signálu s obecně náhodným průběhem, působícího na systém automatického řízení. Proto jsme měřili větší množství realizací v různých půdních podmínkách u různých typů secích strojů. Získané údaje jsme zpracovali počítačem na experimentální korelační křivky, resp. výkonové spektrální hustoty, a z nich jsme stanovili koeficienty odpovídajících analytických výrazů. Výsledky ukázaly i další důležité skutečnosti a z nich vyplývající požadavky na kvalitu přípravy půdy, konstrukci a stav secích strojů.

křivost; řádek cukrovky; korelační křivka; spektrální výkonová hustota; automatické řízení

Rozvoj moderní zemědělské velkovýroby je umožněn především rozvojem dokonalé mechanizace, využitím poznatků vědy v oblasti zemědělské výroby, stavby strojů atd., což dává dohromady předpoklad k vývoji a výrobě stále modernější, výkonnější a hospodárnější zemědělské techniky. Má-li však být maximálně využito její výkonnosti při minimální energetické náročnosti, čili má-li pracovat co nejefektivněji, nelze již spoléhat při řízení a obsluze pouze na kvalitu a spolehlivost obsluhy, ale je nutné použít automatizace odpovídajícího stupně složitosti.

Důležitým úkolem při řešení automatizace zemědělských strojů v polní výrobě je jejich automatické směrové vedení při meziřádkových operacích, u kterých jsou na přesnost vedení kladeny vysoké nároky a u kterých při stoupajících jezdových rychlostech nemůže již tuto činnost spolehlivě zajistit člověk.

K tomu, aby mohl být tento problém řešen, je nutné získat dostatek informací o průběhu poruchových signálů působících na okruh automatického řízení. Typickým představitelem plodiny s největším počtem meziřádkových operací v našich podmínkách je cukrovka.

Pro klasické řešení regulačních obvodů pod vlivem poruchových, resp. řídicích signálů existují různé matematické metody, v současné době většinou za pomoci počítačů. Používá se působící vstupní signál různého tvaru, vždy však jednoduchý, matematicky přesně definovaný a opakovatelný. Jsou to např.: skoková funkce ( $y = k$ ), šikmý řádek ( $y = kx$ ), sinová funkce ( $y = k \cdot \sin \omega t$ ) atd.

Společným nedostatkem těchto metod je skutečnost, že používají tvarů vstupních signálů, které se v praxi téměř nevyskytují. Proto i výsledky řešení budou více či méně odlišné od skutečnosti podle toho, jak se skutečný a modelový signál od sebe liší, přičemž pro regulační obvod je nejnejpříznivější signál typu skokové funkce. Pro řešení regulačních obvodů, při současných možnostech výpočetní techniky, je vhodnější použít skutečný signál získaný měřením v reálných podmínkách. Téměř všechny naměřené realizace získané v konkrétních podmínkách mají obecně náhodný průběh — z hlediska statistiky mají nejčastěji (myšleno obecně) charakter nestacionárního, neergodického průběhu měřené veličiny. K tomu, aby jich bylo možné dále použít, je nejprve nutné takto získané průběhy upravit, tj. převést na stacionární a ergodické. U většiny naměřených realizací u zemědělských procesů se většinou jedná o nestacionárnost v širším slova smyslu z hlediska průběhu střední hodnoty. Vhodnou matematickou operací (Balakirev, Dudnikov, 1976; Pardubský, Zuna, 1973) je lze převést na stacionární — např. pomocí vyrovnávacích úseků nebo použitím tzv. klouzavého průměru. V podstatě se jedná o určitý druh filtrace, přičemž uvedenou metodou „odfiltrováváme“ nízkofrekvenční složky, které mají nepatrný počet opakování (vln) — (Balakirev, Dudnikov, 1976). Ty je pak možné podrobit samostatnému hodnocení podle charakteru průběhu těchto hodnot, podle podmínek, za kterých se měřilo, atd.

#### METODICKÝ POSTUP

Abychom mohli úspěšně řešit technické problémy, zejména automatizaci řízení, je nutné (kromě dalších údajů) znát parametry poruchového signálu působícího prostřednictvím snímače na okruh automatiky. V tomto případě je poruchovým signálem křivost řádků cukrovky, resp. jeho statistické parametry.

Rozbor byl uskutečněn z většího počtu měření. V literatuře se pro obdobná měření doporučuje délka trati 50 až 300 m. Čím je úsek delší, tím lépe je splněn požadavek na stacionaritu výsledků (z hlediska statistiky) a je tím zároveň možné do zpracování zahrnout i nejnižší frekvence. Vzhledem k tomu, že dané měření se provádělo ručně, byla zvolena délka trati 50 m, a to zejména s ohledem na možnou přesnost měření. Při vlastním měření jsme v určité vzdálenosti od odhadnuté osy řádku vytýčili pomocnou přímkou a souřadnicovým způsobem jsme odčítali polohy jednotlivých řep. Měřili jsme po jednocení a prvním plečkování, tzn. v nízkém porostu, kde není tak obtížné určovat střed rostlin.

Při řešení regulačních systémů metodami dynamické statistiky se nejčastěji používají vstupní poruchové signály, charakterizované korelačními funkcemi a spektrálními hustotami vzhledem k tomu, že v praxi se u poruchových signálů jedná téměř vždycky o náhodný děj. V daném případě mají při uvedeném způsobu měření naměřené průběhy charakter neergodických a nestacionárních (z hlediska statistiky) procesů. Centrováním a vyrovnáním průběhů metodou „klouzavého průměru“ se tyto realizace převedou (opět z hlediska statistiky) na procesy stacionární a ergodické a lze je dále zpracovat. Je možné vypočítat korelační křivky, křivky výkonové spektrální hustoty a z nich potom parametry regresních rovnic (analytických vztahů) např. metodou nejmenších čtverců.

Pro stochastické, ergodické a stacionární procesy s konečnou délkou trvání platí pro výpočet autokorelační funkce v normovaném tvaru pro centrovaný průběh:

$$R_{yy}(\tau) = \frac{1}{TD} \int_0^T y(t) y(t + \tau) dt \quad (1)$$

a pro výpočet normované spektrální hustoty:

$$S_{yy}(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} R_{yy}(\tau) \cos \omega \tau d\tau \quad (2)$$

kde:  $D$  — rozptyl  
 $R_{yy}(\tau)$  — korelační funkce  
 $S_{yy}(\omega)$  — výkonová spektrální hustota  
 $T$  — délka realizace  
 $y$  — pořadnice  
 $\tau$  — korelační zdvih  
 $\omega$  — kruhová frekvence

Pro další použití je nutné vypočtené křivky aproximovat vhodným analytickým vztahem — rovnicí. Pro daný účel jsou v literatuře uvedeny regresní rovnice, které podle průběhu křivek (1), resp. (2) mají obdobný průběh s různým stupněm přesnosti shody reálné a teoretické křivky. Pro řešení daného problému, po zpracování prvních měření, se ukázal jako vyhovující vztah (opět v normovaném tvaru) pro korelační funkci (3) a pro výkonovou spektrální hustotu (4):

$$R_{yy}(\tau) = e^{-\alpha\tau} \cos \beta\tau \quad (3)$$

$$S_{yy}(\omega) = \frac{2\alpha}{\pi} \cdot \frac{\omega^2 + \alpha^2 + \beta^2}{(\omega^2 - \alpha^2 - \beta^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2} \quad (4)$$

Vztah (4) je v daném případě odvozen ze vztahu (3) jeho integrací podle vztahu (5) — stačí tedy aproximací stanovit parametry  $\alpha$  a  $\beta$ .

$$S_{yy}(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} R_{yy}(\tau) \cos \omega \tau d\tau \quad (5)$$

Při použití vztahu (3) lze konstanty  $\alpha$  a  $\beta$  stanovit přímo z průběhu experimentálně vypočtené korelační křivky.

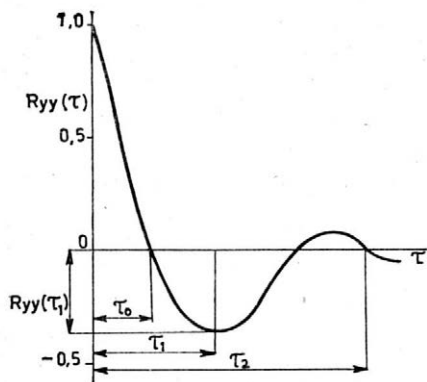
Pro daný případ při průběhu  $R_{yy}(\tau)$  podle obr. 1 pro konstanty  $\alpha$  a  $\beta$  lze použít vztahy:

$$\beta = \frac{\pi}{2\tau_0} \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\pi} \lg \left| \frac{1}{R_{yy}(\tau_1)} \right| \quad (7)$$

Podle průběhu experimentálně určené korelační křivky se tedy volí typ aproximačního analytického vztahu a z toho i vyplývajícího vztahu pro výkonovou spektrální hustotu.

Při výpočtu průběhu experimentální křivky výkonové spektrální hustoty podle vztahu (2) na základě průběhu experimentální korelační křivky podle vztahu (1) se výpočet dělá přibližně do hodnoty  $\tau_2$  (obr. 1).



Dále uváděné hodnoty jsou stanoveny podle vztahů (6) a (7) a maximální hodnoty křivky spektrální hustoty podle vztahů (8), (9) a (10), odvozených ze vztahu (4).

$$S_{yy\max} = \frac{\pi}{\alpha} \quad (8)$$

při

$$\omega_{yy\max} = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \quad (9)$$

$$L_{yy\max} = \frac{2\pi}{\omega_{\max}} \quad (10)$$

## VÝSLEDKY

V tab. II je uvedena část zpracovaných výsledků z měření, seřazená podle měřeného místa podle tab. I.

### I. Podmínky měření — Conditions of measurements

| Číslo souboru | Místo měření | Druh půdy       | Typ secího stroje |
|---------------|--------------|-----------------|-------------------|
| 1— 9          | Dobruška     | jílovitohlinitá | 12 — SEPÚZ        |
| 10—11         | Byseň        | jílovitohlinitá | 12 — SEPÚZ        |
| 12—13         | Vodčery      | jílovitohlinitá | 12 — SEPÚZ        |
| 14—15         | Chýně        | hlinitá         | Saxonia           |
| 16—19         | Vodčery      | jílovitohlinitá | Unicorn           |
| 20—23         | Hostivice    | jílovitohlinitá | 12 — SEPÚZ        |

Abychom mohli stanovit obecnější výsledky, především pásmo nejčastějšího výskytu sledovaného parametru, sestavili jsme ze všech získaných hodnot tabulku četnosti (tab. III — VIII) bez ohledu na působící vlivy (půdní podmínky, secí stroj atd).

II. Výsledné parametry jednotlivých měření — Resultant values from the different measurements

| Soubor číslo | $D$<br>(cm <sup>2</sup> ) | $s_y$<br>(cm) | $\alpha \cdot 10^{-4}$<br>(cm <sup>-1</sup> ) | $\beta \cdot 10^{-4}$<br>(cm <sup>-1</sup> ) | $S_{yy\max}$<br>(cm) | $\omega_{yy\max}$<br>(m <sup>-1</sup> ) | $L_{\max}$<br>(m) |
|--------------|---------------------------|---------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| 1            | 2                         | 3             | 4                                             | 5                                            | 6                    | 7                                       | 8                 |
| 1            | 5,61                      | 2,37          | 6,3                                           | 62,8                                         | 505                  | 0,63                                    | 10,0              |
| 2            | 4,76                      | 2,18          | 5,9                                           | 61,6                                         | 540                  | 0,62                                    | 10,2              |
| 3            | 5,36                      | 2,32          | 4,1                                           | 36,1                                         | 776                  | 0,36                                    | 17,3              |
| 4            | 9,18                      | 3,03          | 10,7                                          | 43,6                                         | 298                  | 0,45                                    | 14,0              |
| 5            | 9,04                      | 3,01          | 7,6                                           | 35,7                                         | 418                  | 0,37                                    | 17,2              |
| 6            | 6,28                      | 2,50          | 5,0                                           | 35,7                                         | 636                  | 0,36                                    | 17,4              |
| 7            | 5,56                      | 2,36          | 21,0                                          | 50,0                                         | 151                  | 0,54                                    | 11,6              |
| 8            | 5,39                      | 2,32          | 22,7                                          | 56,1                                         | 140                  | 0,61                                    | 10,4              |
| 9            | 3,13                      | 2,10          | 21,3                                          | 54,2                                         | 149                  | 0,58                                    | 10,8              |
| 10           | 3,31                      | 1,82          | 11,1                                          | 36,1                                         | 287                  | 0,38                                    | 16,6              |
| 11           | 3,98                      | 2,00          | 23,9                                          | 57,4                                         | 133                  | 0,62                                    | 10,1              |
| 12           | 3,48                      | 1,87          | 14,4                                          | 46,9                                         | 221                  | 0,49                                    | 12,8              |
| 13           | 5,19                      | 2,28          | 21,5                                          | 59,3                                         | 148                  | 0,63                                    | 10,0              |
| 14           | 4,71                      | 2,17          | 20,2                                          | 64,0                                         | 158                  | 0,67                                    | 9,4               |
| 15           | 3,03                      | 1,74          | 15,0                                          | 51,5                                         | 212                  | 0,54                                    | 11,7              |

III. Rozdělení četnosti parametru  $\alpha$  — Incidence of parameter  $\alpha$

| $\alpha \cdot 10^{-4}$ (cm <sup>-1</sup> ) | 0—9,9 | 10,0—<br>—19,9 | 20,0—<br>—29,9 | 30,0—<br>—39,9 | 40,0—<br>—49,9 | 50,0—<br>—59,9 | 60,0—<br>—99,9 | > 100,0 |
|--------------------------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| Četnost (%)                                | 17,0  | 25,0           | 38,3           | 4,3            | 2,1            | 2,1            | 4,3            | 6,4     |

Koeficienty korelačních funkcí  $\alpha$  a  $\beta$ , uvedené v tab. II, byly vypočteny pomocí vztahů (6) a (7) z experimentálních korelačních křivek. U koeficientu  $\alpha$  (tab. III) bylo uvažováno rozdělení do 6 + 2 tříd s šířkou pásma  $10 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>-1</sup>, kromě posledních dvou pásem, kde je rozdělení odlišné s ohledem na ojedinělý výskyt v různých hodnotách.

Z tab. III je vidět, že největší výskyt je v pásmu (20—30)  $10^{-4}$  cm<sup>-1</sup>. Z rozdělení v jednotlivých třídách podle tab. III a s přihlédnutím k hodnotám uvedeným v tab. II je patrné, že vrchol, resp. maximum četnosti se pohybuje kolem hodnoty  $20 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>-1</sup>, i když průměrná hodnota ze všech údajů je  $29,50 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>-1</sup>.

Koeficient  $\alpha$  v daných vztazích vyjadřuje velikost útlumu kmitavého průběhu korelační křivky a zároveň určuje maximum hodnoty křivky spektrální hustoty. S ohledem na další použití je žádoucí, aby experimentální korelační křivka měla větší útlum, tzn. větší hodnotu  $\alpha$  a z toho vyplývající nižší hodnotu maxima  $S_{yy\max}$ . Velikost hodnoty  $\alpha$  je dále ve vztahu (7) přímo úměrná hodnotě  $\beta$ . Jak je dále uvedeno, je žádoucí, aby velikost hodnoty  $\beta$  byla pro daný účel co nejnižší. Z toho všeho pro parametr  $\alpha$  vyplývá, že je třeba, aby experimentální korelační křivka měla co největší útlum a co nejmenší hodnotu prvního lokálního záporného maxima.

IV. Rozdělení četnosti parametru  $\beta$  — Incidence of parameter  $\beta$ 

| $\beta \cdot 10^{-4} \text{ (cm}^{-1}\text{)}$ | 20,0—<br>—39,9 | 40,0—<br>—59,9 | 60,0—<br>—79,9 | 80,0—<br>—99,9 | 100,0—<br>—159,9 | > 160,0 |
|------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------|
| Četnost (%)                                    | 19,1           | 36,2           | 25,5           | 6,4            | 8,5              | 4,3     |

U koeficientu  $\beta$  se v tab. IV. počítalo s rozdělením do 5 + 2 tříd s šířkou pásma  $20 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ , kromě posledních dvou pásem, kde je rozdělení hrubší ze stejných důvodů jako u parametru  $\alpha$ . U tohoto koeficientu se největší výskyt objevuje v pásmu (40—60)  $10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ . Hodnota celkového průměru  $66,44 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$  je vyšší než udávané pásmo, což je způsobeno nesymetrickým rozdělením hodnot v tab. IV a vlivem výskytu ojedinělých vysokých hodnot. Vlastní velikost hodnot  $\beta$  je mimo jiné ovlivněna délkou realizace a vyrovnávacího úseku. Dá se předpokládat, že se vzrůstem těchto hodnot se bude absolutní hodnota  $\beta$  snižovat. Z toho vyplývá, že se největší výskyt hodnot bude přesouvat do oblasti nižších hodnot (tab. IV), tzn., že maximum výskytu v pásmu (40—60)  $10^{-4} \text{ cm}^{-1}$  se bude pohybovat v oblasti spodní hranice pásma.

Koeficient  $\beta$  v použitých vztazích ovlivňuje parametr  $\alpha$  a hodnotu frekvence  $\omega_{yy \max}$  pro  $S_{yy \max}$ . Z hlediska použití při řešení technických problémů, a pro regulaci obzvláště, je žádoucí, aby frekvence  $\omega_{yy \max}$  a tudíž i koeficient  $\beta$  byly co nejnižší. Znamená to, aby se křivost rádků přesouvala do větších vlnových délek.

V. Rozdělení četnosti parametru  $S_{yy \max}$  — Incidence of parameter  $S_{yy \max}$ 

| $S_{yy \max} \text{ (cm)}$ | 0—99 | 100—199 | 200—299 | 300—599 | > 600 |
|----------------------------|------|---------|---------|---------|-------|
| Četnost (%)                | 19,2 | 42,6    | 21,3    | 12,7    | 4,2   |

Hodnota  $S_{yy \max}$  je v tab. V rozdělena do 3 + 2 tříd s šířkou pásma 100 cm; poslední dvě třídy mají opět hrubší dělení pro ojedinělý výskyt hodnot různých velikostí.

Z tab. V je zřejmé, že maximální četnost je v pásmu 100—200 cm. Střední hodnota  $S_{yy \max} = 233,56 \text{ cm}$  je opět vyšší ze stejných důvodů jako u předchozí tabulky.

Ze vztahu pro hodnotu vrcholu křivky  $S_{yy \max}$  a s ohledem na skutečnosti uvedené u předchozích parametrů je žádoucí, aby hodnota vrcholu byla nízká. Vzhledem k řešení technických problémů (automatizované řízení apod.) je potřebné, aby s rostoucí hodnotou vrcholu  $S_{yy \max}$  klesala i hodnota  $\omega_{yy \max}$ , tzn., aby se největší rozptyl, největší amplitudy, vyskytovaly u nejnižších frekvencí, nejdelších vlnových délek. Dále je žádoucí, aby pokles hodnoty  $S_{yy}$  od maxima k vyšším frekvencím  $\omega$  byl co nejstrmější, tzn., aby byl rozptyl nebo amplitudy v oblasti vyšších frekvencí minimální.

VI. Rozdělení četnosti frekvence  $\omega_{yy \max}$  — Incidence of frequency  $\omega_{yy \max}$ 

| $\omega_{yy \max} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ | 0,30—<br>—0,40 | 0,45—<br>—0,59 | 0,60—<br>—0,74 | 0,75—<br>—0,89 | 0,90—<br>—1,04 | 1,05—<br>—1,99 | > 2,00 |
|--------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| Četnost (%)                                | 21,3           | 27,7           | 21,3           | 14,9           | 2,1            | 8,5            | 4,2    |

V tab. VI je uvedeno rozdělení hodnot  $\omega_{yy \max}$  do 5 + 2 tříd se šířkou pásma 0,15 m<sup>-1</sup>, opět kromě posledních dvou tříd. Největší výskyt hodnot  $\omega$  je v pásmu 0,45 až 0,59 m<sup>-1</sup> s tím, že maximum bude blíže spodní hranici s ohledem na stejné důvody jako u parametru  $\beta$  (tab. VI).

Vzhledem k tomu, že maximální hodnoty vlnové délky  $L$  byly vypočteny ze vztahu (10), platí i zde obdobné závěry. Rozpětí hodnot (tab. VII) bylo rozděleno do pěti tříd s šířkou pásma 5 m. Maximum výskytu je v pásmu 10 až 15 m a střední hodnota ze všech údajů je 11,4 m.

VII. Rozdělení četnosti vlnové délky  $L$  — Incidence of wave length  $L$

| $L$<br>(m)  | 0—4,9 | 5,0—9,9 | 10,0—14,9 | 15,0—19,9 | 20,0—24,9 |
|-------------|-------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Četnost (%) | 12,8  | 25,5    | 42,6      | 14,9      | 4,2       |

Předchozí měření a rozborů platí pro jednotlivé řádky, tzn., že byl vždy změřen a zpracován jeden řádek z jednoho záběru secího stroje. Vzhledem k tomu, že pro automatické směrové řízení strojů pracujících v řádcích kultury se používá jednoho až tří snímačů směrové odchylky, bylo pro vzájemné porovnání uskutečněno měření a výpočet čtyř souběžných řádků (vždy uprostřed záběrů šestiřádkových strojů). V tab. VIII je

VIII. Parametry měření souběžných řádků — Parameters of measuring the parallel rows

| Soubor číslo | $D$<br>(cm <sup>2</sup> ) | $s_y$<br>(cm) | $\alpha \cdot 10^{-4}$<br>(cm <sup>-1</sup> ) | $\beta \cdot 10^{-4}$<br>(cm <sup>-1</sup> ) | $S_{yy \max}$<br>(cm) | $\omega_{yy \max}$<br>(m <sup>-1</sup> ) | $L_{\max}$<br>(m) |
|--------------|---------------------------|---------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-------------------|
| 16           | 7,96                      | 2,82          | 14,8                                          | 32,7                                         | 215                   | 0,36                                     | 17,4              |
| 17           | 7,08                      | 2,66          | 14,6                                          | 32,2                                         | 218                   | 0,35                                     | 17,7              |
| 18           | 9,30                      | 3,05          | 16,3                                          | 32,7                                         | 195                   | 0,39                                     | 16,3              |
| 19           | 7,50                      | 2,74          | 16,3                                          | 34,9                                         | 195                   | 0,39                                     | 16,3              |
| Souhrn       | 7,59                      | 2,82          | 14,4                                          | 40,8                                         | 221                   | 0,43                                     | 14,4              |
| 20           | 7,90                      | 2,80          | 15,8                                          | 48,6                                         | 202                   | 0,51                                     | 12,3              |
| 21           | 9,44                      | 3,07          | 15,0                                          | 40,3                                         | 212                   | 0,43                                     | 14,4              |
| 22           | 9,16                      | 3,02          | 13,5                                          | 39,3                                         | 236                   | 0,42                                     | 15,1              |
| 23           | 7,11                      | 2,66          | 24,6                                          | 54,2                                         | 130                   | 0,59                                     | 10,6              |
| Souhrn       | 8,40                      | 2,90          | 22,4                                          | 52,4                                         | 142                   | 0,57                                     | 11,0              |

uvedena část zpracovaných výsledků z měření. Výpočet pro vzájemné porovnání parametrů se dělal jednak jednotlivě po řádcích jako v předchozím případě, jednak jako soubor čtyř souběžných realizací. Z výsledků v jednotlivých čtveřicích je patrné, že vzájemné rozdíly jsou nepatrné a jsou způsobeny nepravidelnostmi především v oblasti vyšších frekvencí — vliv nepřesností vlastního výsevu a uložení semena v zemi a vliv nepravidelností v růstu jednotlivých rostlin.

Z hlediska snímání směrové odchylky snímači automatického řízení není rozhodující jejich rozmístění. Z tab. VIII je patrné, že parametry korelační funkce, resp.

spektrální hustoty, i průběhy jednotlivých řádků se jak u jednotlivých řádků (jednotlivě zpracovaných) navzájem, tak u výsledné, resp. souhrnné křivky (zpracování čtyř realizací najednou, v tab. VIII označené „souhrn“) mezi sebou u jedné čtveřice příliš neliší. Tato skutečnost umožňuje použít libovolného počtu snímačů, aniž by mohlo dojít k chybné funkci automatického systému řízení.

## ZÁVĚR

S ohledem na mnohdy značnou nevyrovnanost porostů (velká mezerovitost, prázdné plochy) je vhodné použít minimálně tři snímače rozmístěných co nejdále od sebe v rozmezí pracovního záběru stroje. Sumární signál z většího počtu snímačů umožňuje navíc dokonalejší „filtraci“ vysokých frekvencí a eliminaci náhodných maximálních odchylek nebo prázdných míst. To vše má příznivý vliv na přesnost vedení stroje v řádku a na stabilitu celého systému automatického řízení.

Příspěvek se zabývá rozbořem porostu cukrovky z hlediska křivosti řádků u různých typů v čs. zemědělství používaných secích strojů a v různých podmínkách. Účelem těchto měření bylo získat dostatek podkladů, na jejichž základě by bylo možné stanovit obecné parametry křivosti řádků, použitelné při řešení technických problémů strojů pracujících v cukrovce, zejména pro řešení automatického směrového řízení strojů nebo pracovních orgánů.

Statistické výsledky měření ukázaly mimo jiné rozdílnost hodnot u jednotlivých typů secích strojů a vliv půdních podmínek. Přestože tyto rozdíly (v absolutní velikosti) nejsou tak velké, je zřejmé, že snížení celkové hodnoty rozptylu a přesun jeho maxima do oblasti větších vlnových délek by umožnilo u následných strojů snížit procento poškozených jedinců, event. zvýšit pojezdové rychlosti, což je v souladu s obecnou tendencí snižovat ztráty a zvyšovat výkonnost. Rozhodující činitele, zajišťující příznivější parametry křivosti řádků, jsou v zásadě tyto:

- dokonalá příprava půdy, zajišťující vhodnou strukturu půdy a rovinatost plochy;
- konstrukce secího stroje a jeho umístění vzhledem k tažnému prostředku. Z hlediska vlivů je to zejména:

- snížení hmotnosti soupravy a snížení momentů setrvačnosti zejména k podélné ose,
- zajištění dobré říditelnosti soupravy vhodným umístěním pracovních orgánů a rozložení hmotnosti na obě nápravy,
- zajištění dostatečné příčné tuhosti rozhodujících skupin a dílů, zejména u pohyblivých, a snížení možnosti vzniku nežádoucích vůlí;

- použití automatického směrového řízení secí soupravy podél požadované nebo dané trajektorie.

Dá se předpokládat, že požadavky může dobře splnit jedině speciální stroj, u kterého lze již při návrhu a vývoji soupravy jako celku tyto požadavky respektovat.

## Literatura

- BALAKIREV, V. S. — DUDNIKOV, E. G.: Experimentálnoje opredělenie charakteristik promyšlenných objektov upravlenija. Moskva, Energija 1976.  
BENEŠ, J.: Statistická dynamika regulačních obvodů. Praha, SNTL 1961.  
PARDUBSKÝ, B. — ZUNA, I.: Směrnice pro vyhodnocování náhodných procesů charakterizující provozní podmínky. [Výzkumná zpráva.] Praha, SVÚSS 1973.  
REKTORYS, K.: Přehled užití matematiky, Praha, SNTL 1975.

Došlo dne 24. 4. 1979

СОУЧЕК, Й. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Статистическая оценка рядков сахарной свеклы. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9) : 547-556.

Важной задачей при конструировании сельскохозяйственных машин в полеводстве является решение их автоматического управления, особенно при междурядных операциях, где типичным представителем культуры с максимальным числом междурядных операций является сахарная свекла. В связи с современными возможностями вычислительной техники, однако, для решения выгоднее применять методы динамической статистики и, таким образом, проблему приблизить к реальным условиям. Для того, чтобы задача была успешно решена, необходимо иметь достаточное количество информации. Кроме прочего, необходимо знать степень кривизны рядков как сигнала повреждаемости случайного характера, действующего на систему автоматического управления. Поэтому мы измеряли большое количество операций в разных почвенных условиях и у разных типов сеялок. Полученные данные обрабатывались на вычислительной машине, составлялись экспериментальные корреляционные кривые, или спектральная производительная степень густоты, на основе которых мы определяли коэффициенты соответствующих аналитических выражений. Результаты показали, что имеются и другие важные факторы, которые определяют требования к качеству подготовки почвы, конструкции и состоянию сеялок.

кривизна рядков; рядки сахарной свеклы; корреляционная кривая; спектральная производительная густота; автоматическое управление

SOUČEK, J. (Research Institute for Agricultural Engineering, Praha - Řepry): *Statistical Evaluation of the Row of Sugar Beet*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9) : 547-556.

An important aspect of the construction of machines for agricultural crop production is the system of automatic directing guide, especially in relation to inter-row operations, where sugar beet is a typical representative of crops with the highest number of inter-row operations. In view of the present possibilities of computing machinery, the solution of this problem can be obtained more easily by methods of dynamic statistics which make it possible to approach as far as possible real conditions. The successful solution of this problem is conditioned by a sufficiency of information. This includes knowledge about the course of deflection of the rows as an error signal with a generally random course which acts on the system of automatic control. Therefore a large number of operations was measured under various soil conditions and with different types of sowing machines. The obtained data were computerized into experimental correlation curves, or performance spectral densities, which made it possible to determine coefficients corresponding to the analytical expressions. The results also indicated other important facts from which demands ensue for preparing the soil as well as the construction and state of sowing machines.

deflection of rows; row of sugar beet; correlation curve; performance spectral density; automatic control

SOUČEK, J. (Forschungsinstitut der Landtechnik, Praha - Řepry): *Statistische Bewertung des Verlaufes einer Zuckerrübenreihe*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9) : 547-556.

Eine wichtige Aufgabe bei der Konstruktion der Landmaschinen für die Feldwirtschaft stellt die Lösung ihrer automatischen Richtungsleitung dar, besonders während der Arbeitsgänge zwischen den Reihen, wo ein typischer Darsteller der Frucht mit der größten Anzahl der Zwischenreihenarbeitsgänge die Zuckerrübe ist. Infolge der gegenwärtigen Möglichkeiten der Rechentechnik ist jedoch für die Lösung vorteilhafter, die Methoden der dynamischen Statistik anzuwenden und das Problem so den Realbedingungen näherzubringen. Um die Aufgabe erfolgreich lösen zu können, muß man über eine Fülle von Informationen verfügen. Man muß u. a. den Verlauf der Reihenkrümmung als des Störungssignals kennen mit dem allgemein zufälligen Verlauf, das auf das System der automatischen Steuerung einwirkt. Wir haben eine größere Menge der Realisierungen unter verschiedenen Bodenbedingungen bei verschiedenen Sämaschinen typen gemessen. Die erhaltenen Angaben wurden mittels der Rechenanlage zu experimentellen Korrelationskurven, bzw. spektralen Leistungsdichten bearbeitet und davon die Beiwerte der entsprechenden analytischen Darstellungen festgelegt. Die Ergebnisse deuteten auch auf weitere

bedeutende Tatsachen und die daraus resultierenden Forderungen auf die Bodenbearbeitungsgüte, Bauart und Zustand der Sämaschinen.

Krümmung; Zuckerrübenreihe; Korrelationskurve; spektrale Leistungsdichte; automatische Steuerung

---

*Adresa autora:*

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

---

# HODNOTENIE RIEŠENÍ HNOJNÝCH KONCOVIEK NA FARMÁCH OŠÍPANÝCH V SSR

## B. Podstavek

---

PODSTAVEK, B. (Ústav pre vedeckú sústavu hospodárenia, Bratislava): *Hodnotenie riešení hnojných koncoviek na farmách ošípaných v SSR*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9) : 557-574.

Každé riešenie hnojnej koncovky veľkokapacitných fariem ovplyvňuje plynulosť a spoľahlivosť prevádzky farmy. Súčasne rozhodujúcou mierou vplyva na ekonomiku každej farmy a čistotu životného prostredia a jej okolia. Z týchto pohľadov sme v rokoch 1976 až 1978 hodnotili vhodnosť rôznych riešení hnojných koncoviek vybraných veľkokapacitných fariem. U fariem ošípaných sme hodnotili také riešenie hnojných koncoviek, ktoré umožňovalo: a. využívať hnojovicou na hnojenie pôdy bez separácie; b. využívať separované časti hnojovice na hnojenie pôdy (pričom s každou časťou po separácii sa manipuluje a hospodári samostatne); c. mechanicko-biologické a mechanicko-chemicko-biologické čistenie tekutej časti hnojovice po separácii; d. sušenie hnojovice. V práci sú zhrnuté výsledky len z hodnotenia vybraných hnojných koncoviek u fariem ošípaných v SSR. Anaerobné čistenie sme nemohli hodnotiť, nakoľko riešenie takej hnojnej koncovky je realizované len v jednom prípade v ČSR.

separácia; mechanicko-biologické čistenie; využívanie hnojovice na hnojenie pôdy; sušenie hnojovice

---

V Slovenskej socialistickej republike je v prevádzke 51 veľkokapacitných fariem ošípaných, ktoré denne produkujú v priemere 6069 m<sup>3</sup> hnojovice. Mnohé veľkokapacitné farmy sú realizované v podmienkach, kde využívanie hnojovice na hnojenie pôdy je spojené s veľkými problémami, alebo je vôbec nemožné. V štádiu projektovej prípravy bol projektant farmy nútený riešiť hnojnú koncovku iným, nákladnejším spôsobom. Súbežne s výstavbou veľkokapacitných fariem ošípaných boli projektované aj hnojné koncovky fariem, ktoré umožňovali:

- využívanie hnojovice na hnojenie pôdy bez separácie i so separáciou,
- mechanicko-biologické aerobné čistenie tekutého separátu hnojovice; pevný separát sa používa na kompostovanie a potom na hnojenie pôdy,
- mechanicko-biologicko-chemické aerobné čistenie tekutého sepa-

rátu hnojovice; pevný separát a prebytočný kal z procesu čistenia sa používa na hnojenie pôdy,  
— sušenie hnojovice.

Každý z týchto systémov pracuje s určitými výsledkami, ktoré viac alebo menej negatívne ovplyvňujú ekonomické výsledky každej veľkokapacitnej farmy. Ministerstvo poľnohospodárstva a výživy SSR — v snahe získať komplexné výsledky z prevádzky rôznych technických riešení hnojných koncoviek — objednalo u Pôdohospodárskeho projektového ústavu v Bratislave vyhodnotenie funkčnosti hnojných koncoviek vybraných veľkokapacitných fariem — [Podstavek, 1978a]. Výsledky tohoto hodnotenia u vybraných fariem ošípaných uvádza táto práca.

## METODIKA

V roku 1976 objednalo MPVŽ-SSR vyhodnotenie funkčnosti troch rozdielnych riešení hnojných koncoviek u vybraných 18 veľkokapacitných fariem hovädzieho dobytku, ošípaných a hydiny, z toho u 12 veľkokapacitných fariem ošípaných. Farmy ošípaných boli vybraté tak, aby do vyhodnocovania boli prijaté všetky vyprojektované systémy riešenia hnojných koncoviek:

a) Farmy, u ktorých je koncovka riešená tak, že hnojovica sa bez separácie používa na hnojenie pôdy:

1. farma pre 5000 ošípaných s uzavretým obratom stáda v Senici,
2. farma pre 7883 ošípaných s uzavretým obratom stáda v Belovej Vsi,
3. farma pre 5000 ošípaných s uzavretým obratom stáda v Andovciach — Zemnom.

b) Farmy, u ktorých je koncovka riešená tak, že tekutý separát hnojovice sa používa na hnojenie pôdy cez závlahové zariadenie a pevný separát sa kompostuje:

1. farma Vlčany pre 7883 ošípaných s uzavretým obratom stáda,
2. farma Hroboňovo pre 25 000 kusov výkrmu ošípaných.

c) Farmy, v ktorých hnojná koncovka je riešená pomocou mechanicko-biologicko-chemickej čističky odpadových vôd (ČOV):

1. farma pre 22 500 kusov výkrmu ošípaných v Košickej Polianke,
2. farma pre 22 000 kusov výkrmu ošípaných v Budči.

d) Farma, v ktorej je hnojná koncovka riešená pomocou mechanicko-biologickej čističky odpadových vôd, pričom biologický stupeň je riešený ako pomalá, dlhodobá, nízkozafarbovaná aktivácia:

1. farma pre 4757 ošípaných s uzavretým obratom stáda vo Svodíne.

e) Farma, u ktorej je hnojná koncovka riešená pomocou čističky odpadových vôd typu Agroclár:

1. farma pre 5000 ošípaných s uzavretým obratom stáda vo V. Čalomiji.

f) Farmy, u ktorých je koncovka riešená na spôsob sušičiek:

1. farma pre 9516 ošípaných s uzavretým obratom stáda vo Vrábľoch,
2. farma pre 10 240 ošípaných s uzavretým obratom stáda v Rovinke,
3. farma pre 10 200 ošípaných s uzavretým obratom stáda v Zabiedove.

Pri hodnotení hnojných koncoviek v zmysle schválenej metodiky sme prácu zamerali na:

1. zistenie skutočnej produkcie hnojovice a jej mechanicko-chemického zloženia,
2. zhodnotenie vhodnosti a funkčnosti uplatnených systémov odstraňovania hnojovice z výrobných objektov fariem,
3. získanie údajov a poznatkov o vhodnosti každého riešenia hnojnej koncovky z hľadiska organizácie práce, spoľahlivosti prevádzky, prevádzkových nákladov,

I. Projektované a v prevádzke namerané hodnoty pevných a tekutých exkrementov a vody — Computed and measured values of solid and liquid excrements and water

| Miesto farmy<br>ošípaných   | Kapacita<br>farmy      |               | Projektované hodnoty<br>exkrementov a vody |         |        |        | Namerané hodnoty exkre-<br>mentov a vody |         |         |        | Špecifické hodnoty  |        |       |                     |        |        |
|-----------------------------|------------------------|---------------|--------------------------------------------|---------|--------|--------|------------------------------------------|---------|---------|--------|---------------------|--------|-------|---------------------|--------|--------|
|                             | pro-<br>jekto-<br>vaná | sku-<br>točná | pevné                                      | tekuté  | voda   | spolu  | pevné                                    | tekuté  | voda    | spolu  | projektované        |        |       | skutočné            |        |        |
|                             |                        |               |                                            |         |        |        |                                          |         |         |        | pevné               | tekuté | voda  | pevné               | tekuté | voda   |
|                             |                        |               | m <sup>3</sup> za deň                      |         |        |        | m <sup>3</sup> za deň                    |         |         |        | kg ks <sup>-1</sup> |        |       | kg ks <sup>-1</sup> |        |        |
| Senica                      | 5 000                  | 7 000         | 9,500                                      | 12,000  | 10,500 | 32,00  | 14,000                                   | 16,800  | 76,340  | 107,14 | 1,90                | 2,4    | 2,10  | 2,0                 | 2,4    | 10,910 |
| Belova Ves                  | 7 883                  | 7 419         | 13,401                                     | 18,919  | 14,980 | 47,30  | 14,096                                   | 18,546  | 52,008  | 84,69  | 1,70                | 2,4    | 1,90  | 1,9                 | 2,5    | 7,010  |
| Vlčany                      | 7 883                  | 7 419         | 19,508                                     | 19,230  | 14,562 | 47,30  | 14,098                                   | 18,549  | 52,003  | 84,65  | 1,70                | 2,4    | 1,80  | 1,9                 | 2,5    | 7,009  |
| Hroboňovo, mokrý<br>výkrm   | 25 000                 | 22 100        | 45,500                                     | 117,500 | —      | 163,00 | 41,800                                   | 99,000  | 10,000  | 150,00 | 1,82                | 4,7    | —     | 1,9                 | 4,5    | 0,450  |
| K. Polianka, výkrm          | 22 500                 | 22 500        | 42,750                                     | 108,000 | 0,350  | 151,10 | 42,750                                   | 103,500 | 130,500 | 276,75 | 1,90                | 4,8    | 0,015 | 1,9                 | 4,6    | 5,800  |
| Budča, výkrm                | 22 000                 | 22 000        | 41,800                                     | 107,800 | 15,400 | 165,00 | 41,200                                   | 103,400 | 75,400  | 220,00 | 1,90                | 4,9    | 0,70  | 1,9                 | 4,7    | 3,500  |
| Svodín                      | 4 757                  | 6 644         | 8,087                                      | 12,368  | 13,545 | 34,00  | 11,959                                   | 16,610  | 38,431  | 67,00  | 1,70                | 2,6    | 2,80  | 1,8                 | 2,5    | 5,780  |
| V. Čalomija                 | 5 000                  |               |                                            |         |        |        |                                          |         |         |        |                     |        |       |                     |        |        |
| Vráble                      | 9 516                  | 10 675        | 16,770                                     | 22,838  | 41,045 | 80,06  | 20,283                                   | 25,620  | 194,097 | 240,00 | 1,70                | 2,4    | 4,30  | 1,9                 | 2,4    | 18,180 |
| Rovinka, výkrm<br>ošípaných | 10 240                 | 8 700         | 17,486                                     | 34,514  | —      | 52,00  | 15,660                                   | 39,150  | 21,660  | 76,66  | 1,70                | 3,4    | —     | 1,8                 | 4,5    | 2,490  |
| Zabiedovo                   | 10 200                 | 11 290        | 17,340                                     | 26,520  | 6,140  | 50,00  | 20,322                                   | 27,096  | 34,582  | 81,00  | 1,70                | 2,6    | 0,60  | 1,8                 | 2,4    | 3,060  |
| Andovce — Zemné             | 5 000                  | 6 003         | 10,205                                     | 9,006   | 15,789 | 35,00  | 10,805                                   | 15,006  | 35,929  | 61,74  | 2,04                | 1,8    | 3,16  | 1,8                 | 2,5    | 5,990  |

4. zistenie a zhodnotenie problémov spojených s ošetrovaním, manipuláciou, dopravou, skladovaním, využívaním, čistením a sušením hnojovice,

5. zistenie vplyvu použitého riešenia hnojnej koncovky na výšku investičných nákladov farmy a na ekonomickú efektívnosť farmy,

6. zistenie vhodnosti technologických zariadení použitých v riešení hodnotených hnojných koncoviek fariem,

7. zistenie vplyvu prevádzky hnojnej koncovky farmy na životné prostredie.

## VLASTNÁ PRÁCA

Uplatňovaním bezpodstielkovej technológie ustajnenia zvierat sa vyriešili viaceré problémy, ale súčasne vznikli aj nové, a to s manipuláciou, ošetrovaním a využívaním hnojovice. Niektoré technické problémy, súvisiace práve s manipuláciou, ošetrovaním a využívaním hnojovice, bude treba podľa poznatkov praxe ešte upresniť.

Touto prácou chceme prispieť k poznaniu problémov, ktoré sú v praxi pri rôznych riešeniach manipulácie, ošetrovania a využívania hnojovice.

## SKUTOČNÁ PRODUKCIA HNOJOVICE NA HODNOTENÝCH FARMÁCH OŠÍPANÝCH

Na všetkých hodnotených farmách ošipovaných bola nameraná produkcia hnojovice podstatne vyššia, než udávajú výpočty v projektovej

II. Percentuálne zastúpenie časti exkrementov a vody v hnojovici podľa projektov a podľa skutočne nameraných hodnôt — Percentual proportion of excrements and water in the liquid manure according to project-design and according to factually measured values

| Miesto farmy ošipovaných            | Kapacita farmy  |             | Projektované hodnoty |                   |       | Namerané hodnoty   |                   |       |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|----------------------|-------------------|-------|--------------------|-------------------|-------|
|                                     |                 |             | zloženie hnojovice   |                   |       | zloženie hnojovice |                   |       |
|                                     | projektovaná ks | skutočná ks | pevné exkrementy     | tekuté exkrementy | voda  | pevné exkrementy   | tekuté exkrementy | voda  |
|                                     |                 |             | %                    |                   |       | %                  |                   |       |
| Senica                              | 5 000           | 7 000       | 29,68                | 37,50             | 32,82 | 13,47              | 15,52             | 71,25 |
| Belova Ves                          | 7 883           | 7 419       | 28,34                | 39,99             | 31,67 | 16,69              | 21,90             | 61,41 |
| Vlčany                              | 7 883           | 7 419       | 28,55                | 40,66             | 30,79 | 16,65              | 21,91             | 61,44 |
| Hroboňovo, mokrý výkrm ošipovaných  | 25 000          | 22 000      | 27,91                | 72,09             | —     | 27,33              | 66,00             | 6,67  |
| Košická Polianka, výkrm ošipovaných | 22 500          | 22 500      | 28,29                | 71,48             | 0,23  | 15,45              | 37,40             | 47,15 |
| Budča, výkrm                        | 22 000          | 22 000      | 25,32                | 65,33             | 9,33  | 18,73              | 47,00             | 37,27 |
| Svodín                              | 4 757           | 6 644       | 23,39                | 36,78             | 39,83 | 17,85              | 24,79             | 57,36 |
| V. Čalomija                         |                 |             |                      |                   |       |                    |                   |       |
| Vráble                              | 9 516           | 10 675      | 20,30                | 28,53             | 51,27 | 8,45               | 10,68             | 80,87 |
| Rovinka, výkrm ošipovaných          | 10 240          | 8 700       | 33,63                | 66,37             | —     | 20,68              | 51,07             | 28,25 |
| Zabiedovo                           | 10 200          | 11 290      | 34,68                | 53,04             | 12,28 | 34,00              | 33,31             | 42,69 |
| Andovce — Zemné                     | 5 000           | 6 003       | 29,16                | 25,73             | 45,11 | 17,50              | 24,31             | 58,19 |

dokumentácii, urobené podľa platných ČSN 73 6760 a ON 73 6761 (Podstavek, 1978a,b; tab. I,II). Pri projektovaní fariem ošípaných sa počítalo s hodnotami manipulačnej vody v rozpätí 0,7 až 4,3 l na kus a deň. Tieto hodnoty sú vyššie o 60 až 70 % než hodnoty uvedené v citovaných normách. V prevádzke hodnotených fariem sme však namerali ešte podstatne vyššiu spotrebu prevádzkovej vody. Toto zvýšenie nie je u hodnotených fariem ošípaných odôvodnené potrebou vyplývajúcou z prevádzky. Zbytočne a neodôvodnene sa zvyšuje objem hnojovice a v dôsledku toho aj investičné a prevádzkové náklady na hnojné koncovky. Najvyššie zvýšenie objemu hnojovice sme namerali na farmách ošípaných v Senici, Vrábľoch a Svodine (tab. I,II). Špecifická spotreba manipulačnej vody na kus a deň nameraná vo Vrábľoch činila 18,18 l, v Senici 10,91 l a vo Svodine 5,78 l (tab. I). Špecifické hodnoty exkrementov navrhnuté v projekte a namerané v prevádzke sa podstatne nelíšili. Na farmách s uzavretým obratom stáda činili tieto hodnoty u pevných exkrementov v priemere 1,78 kg na kus a deň a u tekutých exkrementov 2,37 kg na kus a deň. Na farmách s mokrým výkrmom ošípaných namerané špecifické hodnoty produkcie pevných exkrementov činili 1,9 až 2,0 kg a tekutých exkrementov v priemere 4,5 kg na kus a deň. Na farmách so suchým výkrmom namerané hodnoty produkcie pevných exkrementov činili v priemere 1,9 kg na kus a deň a tekutých exkrementov 4,6 kg (tab. I).

Dôvody pre zvýšenie spotreby manipulačnej vody na hodnotených farmách sú:

— mimoriadne veľká poruchovosť kolíkových napájačiek,

III. Priemerné hodnoty zisťovaných prvkov v hnojovici u fariem ošípaných (priemer je získaný zo siedmich výsledkov rozboru vzoriek hnojovice z každej farmy) — Average content of components in the liquid manure from pig farms (mean value obtained from seven analyses of liquid manure samples from each pig farm)

| Miesto farmy    | Hodnota zistených prvkov |                    |       |             |             |       |       |               |     |                    |
|-----------------|--------------------------|--------------------|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------------|-----|--------------------|
|                 | sušina                   | N lát-<br>ky       | popol | váp-<br>nik | hor-<br>čík | sodík | meď   | mo-<br>lybden | pH  | fosfor             |
|                 | %                        | g kg <sup>-1</sup> |       |             |             |       |       |               |     | g kg <sup>-1</sup> |
| Senica          | 2,39                     | 0,26               | 0,40  | 6,48        | 0,78        | 2,28  | 19,01 | 34,62         | 6,8 | 0,35               |
| Belova Ves      | 3,04                     | 0,28               | 0,61  | 0,46        | 0,20        | 0,46  | 6,46  | 6,50          | 6,7 | 0,31               |
| Vlčany          | 3,05                     | 0,29               | 0,62  | 0,49        | 0,29        | 0,45  | 7,80  | 12,55         | 6,7 | 0,93               |
| Hroboňovo       | 6,76                     | 0,50               | 1,21  | 1,73        | 0,41        | 0,69  | 6,46  | 11,37         | 6,9 | 0,42               |
| K. Polianka     | 3,98                     | 0,31               | 0,89  | 1,02        | 0,20        | 0,25  | 4,70  | 12,90         | 6,7 | 0,45               |
| Budča           | 4,80                     | 0,39               | 1,06  | 1,12        | 0,69        | 0,39  | 5,90  | 15,70         | 6,8 | 0,44               |
| Svodín          | 5,31                     | 0,45               | 1,03  | 1,09        | 0,62        | 0,43  | 9,12  | 16,33         | 6,8 | 0,46               |
| V. Čalomija     |                          |                    |       |             |             |       |       |               |     |                    |
| Vráble          | 1,76                     | 0,19               | 0,39  | 3,06        | 0,18        | 0,30  | 6,04  | 11,88         | 6,9 | 0,39               |
| Rovinka         | 5,2                      | 0,42               | 1,01  | 4,30        | 0,38        | 2,11  | 9,01  | 32,12         | 6,7 | 0,30               |
| Zabiedovo       | 4,87                     | 0,38               | 1,03  | 0,71        | 0,43        | 0,30  | 4,80  | 11,20         | 7,0 | 0,43               |
| Andovce — Zemné | 3,26                     | 0,30               | 0,84  | 1,09        | 0,63        | 0,39  | 5,62  | 15,20         | 6,8 | 0,42               |

— ošípané sa hrajú s kolíkovými napájačkami, pričom voda odteká aj v dobe, kedy ju zvieratá nepotrebnú,

— obsluhujúci personál nie vždy hospodárne používa prevádzkovú vodu vo výrobných objektoch fariem.

#### CHEMICKO-FYZIKÁLNE ZLOŽENIE HNOJOVICE

Chemicko-fyzikálne zloženie hnojovice ošípaných na jednotlivých hodnotených farmách je uvedené v tab. III. Sušina hnojovice bola v rozpätí od 1,76 do 6,76 %. Pri mimoriadne vysokom riedení (1:4) tvorila sušina 1,76 % (Vráble). Pri podstatne nižšom riedení (4,6:1) tvorila sušina hnojovice 6,76 %. Nameraná produkcia sušiny na 100 kg živej hmotnosti ošípaných sa pohybovala v rozpätí od 658 do 680 kg.

Chemické zloženie hnojovice ošípaných je veľmi závislé od charakteru a zloženia kŕmnych zmesí, spôsobu kŕmenia a systému odstraňovania hnojovice z výrobných objektov. Priemerný obsah všetkých dusíkatých látok bol vo veľmi zriedenej hnojovici  $4,52 \text{ kg m}^{-3}$ , maximálny obsah  $5,0 \text{ kg m}^{-3}$  a minimálny  $1,9 \text{ kg m}^{-3}$  hnojovice.

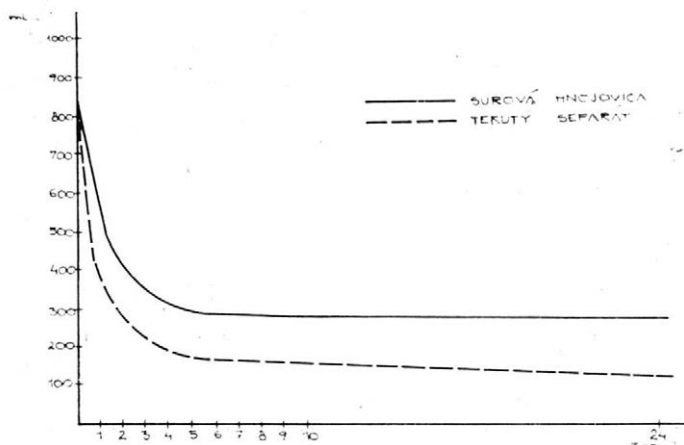
#### ZHODNOTENIE SYSTÉMOV ODSTRÁŇOVANIA HNOJOVICE Z VYROBNÝCH OBJEKTOV FARIEM OŠÍPANÝCH

Na hodnotených farmách ošípaných boli použité dva rôzne spôsoby odstraňovania hnojovice z výrobných objektov, a to:

- hydromechanický spôsob — preron,
- mechanický spôsob — zhrňovacia lopata SLG — farmy Senica, Svodín, Andovce — Zemné, Hroboňovo.

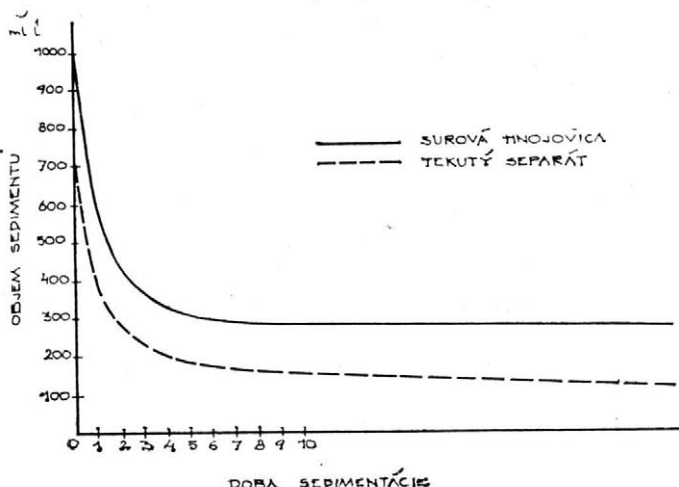
Pri veľmi riedkej hnojovici je preronový systém odstraňovania z podroštových kanálov menej vhodný, pretože:

— Hnojovica ošípaných rýchle sedimentuje (obr. 1, 2). Z toho dôvodu sa na rôznych miestach preronových kanálov vytvárajú zhluky sedimentujúcich látok, ktoré nepravidelne odtekajú. Tekutá časť hnojovice odteká stále a vytvára v usadenej časti meandre. Hladina sedimentu pomaly stúpa. Sedimentované látky čiastočne odtekajú spolu s tekutou časťou, ale nie tak, aby sa vytvorila rovnováha medzi prítokom a odo-



1. Sedimentačné krivky hnojovice a tekutého separátu po separácii z farmy ošípaných vo Svodíne — Sedimentation curves of liquid manure and its liquid part after separation from the pig farm at Svodina

2. Sedimentačné krivky hnojovice a tekutého separátu po separácii z farmy ošípaných v Budči — Sedimentation curves of liquid manure and its liquid part after separation from the pig farm at Budeč



kom. Vzniká preto nebezpečenstvo, že sa kanál zaplní pevnou usadeninou. V snahe predísť určitému nebezpečenstvu vyplavujú pracovníci farmy odsedimentované látky z podroštových kanálov prúdom vody pod tlakom.

— Preronový systém vo väčšine prípadov zvyšuje investičné náklady na realizáciu výrobných objektov (zvýšený objem zemných prác, hlboké preronové kanály, izolácia kanálov, nároky na vodotesný betón, zakladanie v podmienkach so zvýšenou hladinou podzemnej vody) o 16,4 až 19,8 %.

Nechceme tento systém odstraňovania hnojovice z výrobných objektov odsudzovať. Poukazujeme len na problémy, ktoré sa vyskytujú v prevádzke tohoto systému s tým, že treba doriešiť hydrauliku týchto kanálov. Veľmi zriedenú hnojovicu by bolo možné z výrobných objektov odstraňovať gravitačne.

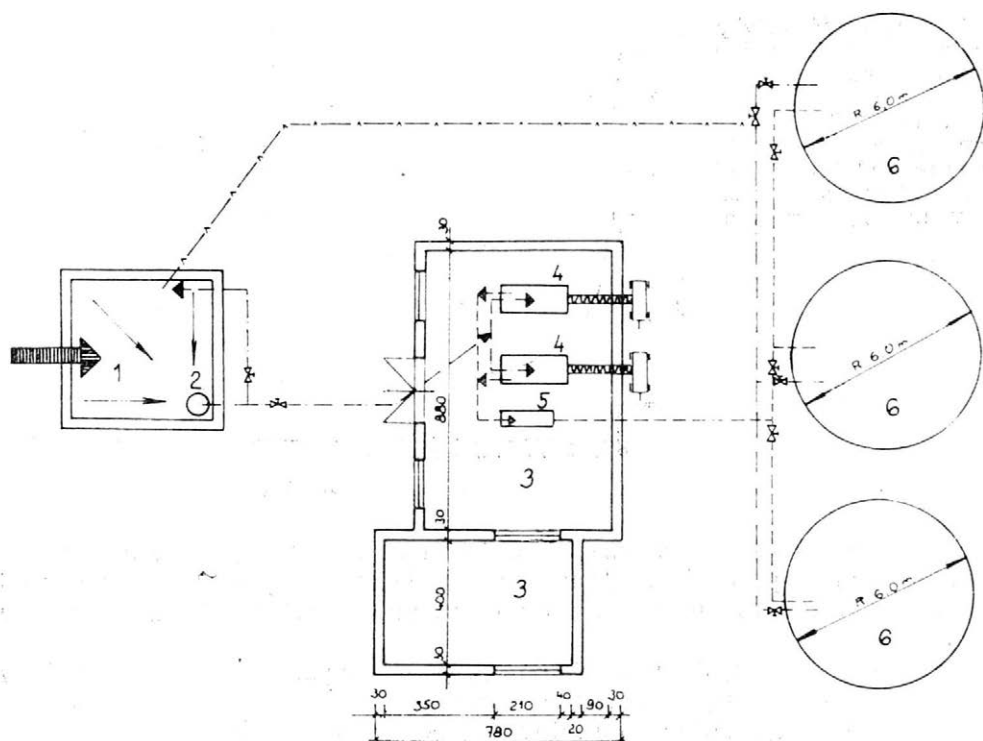
Mechanický spôsob odstraňovania hnojovice pomocou zhrňovacích lopát SLG (v prevádzke na farmách Svodín, Zemné — Andovce, Senica) je spoľahlivý.

#### VYUŽÍVANIE HNOJOVICE NA HNOJENIE PÔDY (obr. 3)

Na piatich z 12 hodnotených veľkokapacitných fariem ošípaných sa používa hnojovica na hnojenie pôdy. Na farme ošípaných vo Vlčanoch sa na separáciu používajú sedimentačno-filtračné nádrže, v Hroboňove bubnový lis Mawo-Gascoigne, v Zemnom — Andovciach separátor československej výroby OVP-10.

Vo Vlčanoch prestali sedimentačno-filtračné nádrže fungovať, nakoľko neboli vhodne navrhnuté. Filtrácia uskutočňovaná cez balíky slamy prebiehala dobre, pokiaľ fungoval odtok tekutého filtrátu. Percento sušiny tekutého filtrátu za filtračnou slamou sa pohybovalo od 1,1 do 1,8 a pevného filtrátu pred filtračnou slamou od 13,3 do 14,1.

V Hroboňove spoľahlivo funguje bubnový lis Mawo-Gascoigne, CH 9463 Oberriet, typ Walter Matle AG, rok výroby 1976. Výkon separátora sa v závislosti od sušiny hnojovice menil v rozpätí 7 až 15 m<sup>3</sup>h; príkon



3. Technická schéma riešenia hnojných koncoviek veľkokapacitných fariem, keď sa hnojovica používa na hnojenie pôdy — Technical design of slurry treatment plants on large-capacity pig farms where the liquid manure is used for fertilization

1. zberná žumpa
2. čerpadlo, GFMU, NFT, ČEK, MIX-III, ČTV-15
3. separačná stanica
4. separátory československej výroby ODRA-500
5. vysokotlakové čerpadlo typu EPK
6. nadzemné oceleové nádrže

- — — výtlačné a recirkulačné potrubie na hnojovicu
- — — doprava tekutého separátu
- — — potrubie na vyprazdňovanie skladovacích nádrží

bol 2 X 1,5 KW. Tekutý separát obsahuje 1,8 až 2,2 % sušiny. Sušina pevného separátu sa pohybovala v rozpätí od 18 do 21 %.

V Zemnom — Andovciach je separátor OVP-10 veľmi poruchový. Boli problémy s nastavením jeho správneho chodu. Životnosť sita je veľmi malá — maximálne dva roky pri dennej prevádzke 8 až 10 hodín.

Skladba objektov hnojnej koncovky u hodnotených fariem je prispôbená zámerom, aby navrhnuté technické riešenie umožňovalo vo vzťahu k farme vhodnú a prevádzkovo spoľahlivú manipuláciu s hnojovicou a vo vzťahu k pôde realizáciu aplikácie hnojovice na pôdu vo vhodných agrotechnických podmienkach.

Z piatich hodnotených riešení sú najpriateľnejšie výsledky na tých farmách, kde sa tekutý separát aplikuje na pôdu cez závlahové zariadenie.

V Belovej Vsi, Vlčanoch a Hroboňove pristrekujú vo vegetačnom období tekutý separát do závlahového systému Horný Žitný ostrov, Šaľa — Kolárovo, Hroboňovo. Tekutý separát sa riedi závlahovou vodou

v pomere 1 : 6. Objem separátu dodávaný na pôdu — 49 až 65 m<sup>3</sup> na hektár za rok, množstvo dusíka dodávaného do pôdy — 98 až 123 kg na hektár za rok.

V mimovegetačnom období sa tekutý separát vyváža na pole fekálnym vozom. Počas nepriaznivého počasia sa tekutý separát skladuje v nadzemných ocelových skladovacích nádržiach.

V Hroboňove predáva farma pevný separát Rašelinovým závozom po 5 Kčs za 1 q. Rašelinové závody ho používajú na prípravu hodnotného hnojiva pre záhradkárov a pestovateľov kvetov.

Pri vyvážaní hnojovice na pôdu fekálnym vozom sa nedajú vytvoriť objektívne podmienky, ktoré by umožňovali aplikovať hnojovicu v rovnomerných dávkach podľa potreby rastlín a pôdy. Aplikáciu hnojovice na pôdu fekálnymi vozmi je možné charakterizovať len ako umiestňovanie hnojovice v maximálnych dávkach s dodržiavaním maximálnej prípustnej miery zaťaženia pôdy jednotlivými prvkami hnojovice, ale tak, že nevznikajú negatívne účinky na životné prostredie, pričom sa potreba rastlín na živiny v mnohých prípadoch prekračuje.

Ekonomické zhodnotenie úplných ročných prevádzkových nákladov zvyrazňuje vhodnosť aplikácie hnojovice na pôdu cez hnojivé závlahy [tab. IV]. Pri aplikovaní hnojovice na pôdu cez závlahové zariadenia zaťažujú celkové ročné prevádzkové náklady výrobu 1 kg bravčového mäsa čiastkou 0,12 až 0,19 Kčs kg<sup>-1</sup>, pri vyvážaní hnojovice fekálnymi vozmi čiastkou 0,32 až 0,40 Kčs kg<sup>-1</sup>. Investičné náklady na hnojnú

IV. Investičné a prevádzkové náklady rôznych riešení hnojných koncoviek veľkokapacitných fariem — Investment and operational costs of different types of slurry treatment plants on large-capacity pig farms

| Miesto farmy     | Počet ošipa-<br>ných na<br>farme<br>ks | Investičné náklady v Kčs na |                            |                    |                            | % z cel-<br>kového<br>IN na<br>farmu | Úplné ročné prevádzkové<br>náklady |                              |                         |
|------------------|----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
|                  |                                        | celú farmu                  |                            | hnojnú koncovku    |                            |                                      | celkom<br>Kčs                      | prepočet na                  |                         |
|                  |                                        | celkom<br>mil. Kčs          | prepočet<br>na 1 ks<br>Kčs | celkom<br>mil. Kčs | prepočet<br>na 1 ks<br>Kčs |                                      |                                    | výrobu<br>1 kg mä-<br>sa Kčs | jednu<br>ošipanu<br>Kčs |
| Senica           | 7 000                                  | 26,400                      | 5280                       | 1,048              | 209,60                     | 3,78                                 | 357 000                            | 0,32                         | 51,00                   |
| Belova Ves       | 7 489                                  | 37,919                      | 4810                       | 2,821              | 357,86                     | 7,44                                 | 395 000                            | 0,32                         | 53,00                   |
| Vlčany           | 7 419                                  | 67,450                      | 6745                       | 3,210              | 321,00                     | 4,76                                 | 227 000                            | 0,19                         | 30,11                   |
| Hroboňovo        | 22 000                                 | 32,000                      | 1422                       | 3,915              | 178,60                     | 12,13                                | 452 000                            | 0,12                         | 20,54                   |
| Košická Polianka | 22 500                                 | 125,507                     | 5578                       | 12,225             | 543,33                     | 9,70                                 | 1 450 000                          | 0,49                         | 64,44                   |
| Budča            | 22 000                                 | 107,701                     | 4895                       | 5,338              | 242,64                     | 4,90                                 | 1 450 000                          | 0,46                         | 65,90                   |
| Svodín           | 6 644                                  | 28,879                      | 4349                       | 2,975              | 447,77                     | 10,30                                | 323 000                            | 0,28                         | 48,61                   |
| Veľká Čalomija   | 7 400                                  | 23,775                      | 3213                       |                    |                            |                                      |                                    |                              |                         |
| Vráble           | 10 675                                 | 42,930                      | 4021                       | 6,244              | 584,95                     | 14,54                                | 3 090 000                          | 1,97                         | 289,46                  |
| Rovinka          | 8 700                                  | 38,347                      | 3745                       | 7,725              | 754,40                     | 20,15                                | 1 597 000                          | 0,82                         | 183,56                  |
| Zabiedovo        | 11 290                                 | 68,429                      | 6843                       | 6,742              | 674,20                     | 9,83                                 | 644 000                            | 0,33                         | 57,50                   |
| Andovce — Zemné  | 6 003                                  | 27,761                      | 5552                       | 2,919              | 583,20                     | 10,51                                | 277 000                            | 0,40                         | 46,14                   |

končovku (umožňujúcu využívanie hnojovice na hnojenie pôdy) zafazujú jedno ustajňovacie miesto čiastkou 187,6 až 583,2 Kčs na kus (Podstavek, 1978b).

Zložitosť problematiky kvalifikovaného využívania hnojovice na hnojenie pôdy sa u hodnotených fariem zvyrazňovala dvoma faktormi, ktoré sa vzájomne negatívne ovplyvňujú. Sú to:

- zvýšená produkcia hnojovice o hodnoty uvedené v tab. I, II,
- kapacita skladovacích nádrží vo vzťahu ku zvýšenej produkcii hnojovice je mala, a preto nemôže podstatnou mierou pozitívne prispieť k účelnému využívaniu hnojovice na hnojenie pôdy (tab. V).

V. Technicko-ekonomické údaje skladovacích nádrží — Technical and economic parameters of storage tanks

|                                                          | Veľkokapacitné farmy ošípaných |                  |          |                  |                  |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------|----------|------------------|------------------|
|                                                          | Senica                         | Belova Ves       | Vlčany   | Hroboňovo        | Andovce - Zemné  |
| Kapacita farmy — projektovaná                            | 5000                           | 7883             | 7883     | 25 000           | 5000             |
| Kapacita farmy — skutočná                                | 7000                           | 7419             | 7419     | 22 000           | 6000             |
| Produkcia hnojovice — projektovaná m <sup>3</sup> za deň | 32                             | 47               | 47       | 163              | 35               |
| Produkcia hnojovice — skutočná m <sup>3</sup> za deň     | 107                            | 84,69            | 84,65    | 150              | 61,74            |
| Druh skladovacích nádrží                                 | betónové polozapustené         | oceľové nadzemné | betónové | oceľové nadzemné | oceľové nadzemné |
| Kapacita nádrží — projektovaná m <sup>3</sup>            | 1498                           | 3 × 1300         | 2 × 1204 | 2 × 3570         | 3 × 1204         |
| Projektovaná doba uskladnenia hnojovice v dňoch          | 47                             | 83               | 47       | 43               | 103              |
| Skutočná doba uskladnenia hnojovice v dňoch              | 14                             | 46               | 28,5     | 47,6             | 58,5             |
| Investičný náklad na 1 m <sup>3</sup> objemu nádrže Kčs  | 460                            | 391              | 480      | 412              | 391              |

Nadzemné nádrže sú vybudované u týchto hodnotených fariem ošípaných: Belova Ves, Hroboňovo, Andovce — Zemné. Betónové polozapustené nádrže na surovú hnojovicu sú vybudované na farmách ošípaných: Senica, Vlčany. Údaje získané hodnotením sú uvedené v tab. V. Priemerný investičný náklad na 1 m<sup>3</sup> objemu uskladnenej hnojovice je u oceľových nádrží vyrobených Královopolskými strojárňami Brno 412 Kčs, u oceľových nádrží vyrobených STS Prešov 391 Kčs a u železobetónových nádrží polozapustených, realizovaných dodávateľom stavby, 480 Kčs.

Z hľadiska investičných nákladov, organizácie výstavby, spoľahlivosti uskladnenia hnojovice v nádržiach a odstránenia nebezpečia kontaminácie povrchových a podzemných vôd sú najvhodnejšie oceľové a drevené nádrže.

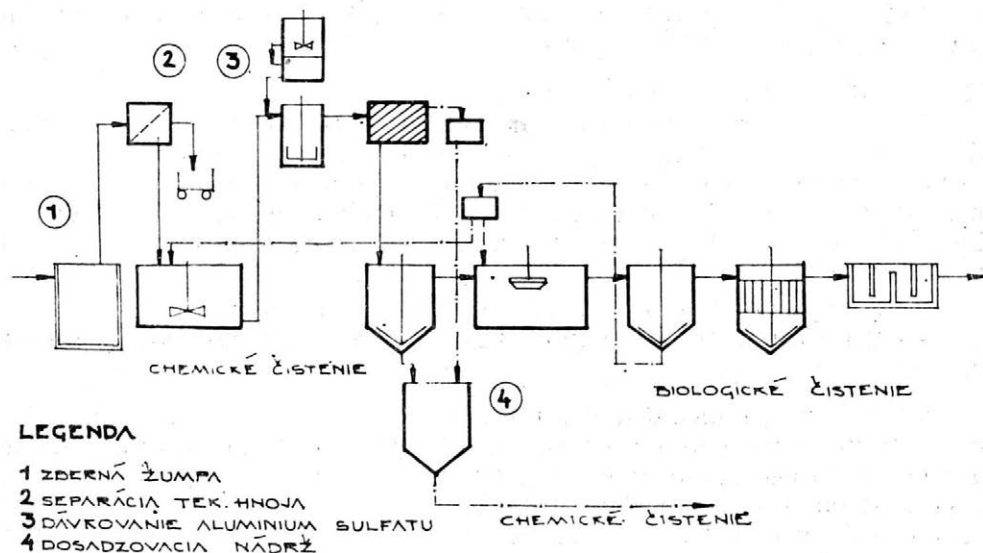
Na prečerpávanie hnojovice boli na hodnotených farmách ošipovaných použité kalové čerpadlá čs. výroby GFMU-100, ČTV-15, MIX-III, RK-1. Všetky tieto čerpadlá pracujú v riedkej hnojovici bez problémov. Pri navrhovaní každej hydraulikkej sústavy veľkokapacitných fariem ošipovaných treba vo výpočtoch zohľadňovať tekutosť hnojovice (Podstavek, 1977). Z hodnotených čerpadiel sa veľmi dobre osvedčilo čerpadlo GFMU-100, treba však prihliadať na sušinu hnojovice. Pri sušine hnojovice 5,8 až 6,7 % začína mať čerpadlo prevádzkové problémy.

#### RIEŠENIE HNOJNEJ KONCOVKY FARIEM ČISTIARŇAMI ODPADOVÝCH VÔD

Na štyroch vyhodnocovaných veľkokapacitných farmách boli hnojné koncovky riešené pomocou čistiární odpadových vôd.

##### Košická Polianka (obr. 4)

V Košickej Polianke, okr. Košice, je realizovaná veľkokapacitná farma ošipovaných o kapacite 22 500 kusov výkrmu. Pre farmu bola z MLR dovezená čistiareň odpadových vôd. Výrobcom ČOV v MLR je firma VIDUS TATABANYA. Z zásady sa jedná o mechanicko-biologickú čistiareň odpadových vôd s chemickým predčistením.



4. Technologická schéma riešenia ČOV v Košickej Polianke a Budči — Technological diagram of the waste-water treatment plant at Košická Polianka and Budeč

#### Mechanický stupeň

je riešený dvoma kruhovými vybračnými sitami maďarskej výroby s výkonom  $8,3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  pri sušine 3,98 %. Denná produkcia hnojovice sa delí na dve časti:

- pevný separát —  $9,96 \text{ m}^3$ , so sušinou 24,3 %,
- tekutý separát  $267,06 \text{ m}^3$ , so sušinou 3,1 %.

Nameraná hodnota BSK<sub>5</sub> hnojovice pred separáciou činila v dôsledku veľkého zriedenia  $9300 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ . Po separácii bola hodnota BSK<sub>5</sub> u tekutého separátu  $7002 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ .

### Chemický stupeň

slúži na predčistenie hnojovice. Na koaguláciu sa používa síran hlinitý. Koaguláciou na chemickom stupni sa znižuje hodnota BSK<sub>5</sub> na  $3012 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ . Na  $1 \text{ m}^3$  tekutého separátu sa dávkuje 1,6 kg síranu hlinitého.

### Biologické stupne

Po chemickom stupni priteká voda na biologické dvojstupňové čistenie. Biologické stupne sú riešené ako vysoko a nízko zaťažovaná aktívacia. Aktivačné nádrže sú vybavené povrchovými separátormi typu ABTA, výrobok MLR (obdoba čs. aeračných turbín typu NORM SIGMA BSK).

Zvyškové znečistenie vody namerané v roku 1977 bolo takéto:

- maximálne BSK<sub>5</sub> (január 1977) =  $125 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$
- minimálne BSK<sub>5</sub> (október 1977) =  $48 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$

Na biologickom stupni je čistiaci účinok 99 %. Vyčistená voda sa v priebehu celého roka v súlade s vodohospodárskym rozhodnutím vypúšťa do vodného toku Torysa. Z farmy nepretržite odtieká 2,8 až 3,0 l vyčistenej vody za sekundu, ktorá neznečisťuje vodu v toku. Vodohospodárskym orgánom povolený stupeň zvyškového znečistenia na odtoku z ČOV sa v prevádzke dodržiava.

### Hospodárenie s kalom

V dôsledku čistiaceho procesu vzniká na ČOV 89 až  $91 \text{ m}^3$  kalov za deň. Kal z chemického stupňa robí farme značné problémy, nakoľko je veľmi vodnatý a obsahuje hliník. Na koaguláciu používaný síran hlinitý znehodnocuje kal v tom zmysle, že jeho následné používanie na hnojenie pôdy je obmedzené. Pri používaní síranu hlinitého v procese čistenia dochádza:

- k zvýšenej hladine síranov v predčistenej vode,
- k negatívnemu pôsobeniu hliníka na pôdu pri používaní kalu na hnojenie pôdy.

Pri zvýšenej koncentrácii hliníka v pôdnom roztoku nad  $1 \text{ mg}$  chlóridu hlinitého na jeden liter sa znižuje klíčivosť semena, rast rastlín a v nepodstatnej miere aj výnosy. V dôsledku zvýšenej hladiny hliníka v pôde dochádza k negatívnemu vplyvu a zmenám schopnosti rastliny hospodáriť s vodou (Dvorník, Haselbach, 1964). Skutočný vplyv obsahu hliníka v kale na pôdu a rastlinu by bolo potrebné overiť výskumom.

### Úplné ročné prevádzkové náklady

Úplné ročné prevádzkové náklady ČOV v roku 1976 činili 1 450 000 Kčs. Z toho pripadalo na:

- mzdy pracovníkov 345 806 Kčs rok<sup>-1</sup>
- skúšobnú prevádzku 327 686 Kčs rok<sup>-1</sup>

- spotrebu chemikálií
- dopravu a odvoz kalu

229 094 Kčs rok<sup>-1</sup>  
154 083 Kčs rok<sup>-1</sup>

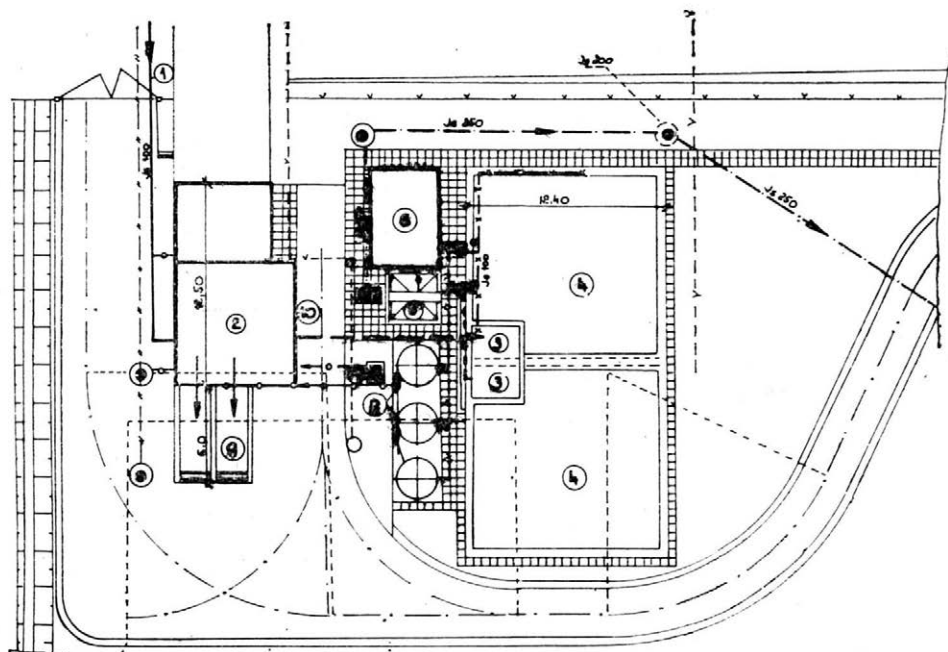
V roku 1977 bola hodnota ročných prevádzkových nákladov ČOV 1 067 000 Kčs. Výroba 1 kg bravčového mäsa bola zaťažovaná čiastkami:

- v roku 1976 0,46 Kčs kg<sup>-1</sup>
- v roku 1977 0,29 Kčs rok<sup>-1</sup>

### Budča

Na farme ošipaných v Budči, okr. Zvolen, je hnojná koncovka riešená tiež pomocou ČOV (ako v Košickej Polianke). Zvyškové znečistenie na odtoku z tejto čistiarne vyjadrené v BSK<sub>5</sub> je maximálne 370 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (február 1978) a minimálne 90 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (3. 4. 1978). Ročné prevádzkové náklady ČOV sú na úrovni Košickej Polianky v roku 1976 a zaťažujú výrobu 1 kg bravčového mäsa čiastkou 0,42 Kčs kg<sup>-1</sup>.

### Svodin



5. Pódorys usporiadania ČOV vo Svodine — Layout of the waste-water treatment plant at Svodina

1. Prívod hnojovice zo žumpy na separátor.
2. Separačná stanica.
3. Vyrovnávací nádrž.
4. Aktivačné nádrž.
5. Dosadzovacia nádrž.
6. Čerpacia stanica.
7. Meranie odtoku z dekantáčnych nádrží.
8. Dekantačné nádrže.
9. Filtračné nádrže.

Na farme ošipaných vo Svodíne, okr. Nové Zámky, je realizovaná ČOV podľa projektu PPÚ Bratislava a Hyco Bratislava [Podstavek, 1972]. V zásade sa jedná o mechanicko-biologickú čistiacu stanicu [obr. 5].

### Mechanický stupeň

je riešený horizontálnou bubnovou odstredivkou PO-420 V, ktorou sa oddeľuje pevná časť hnojovice od tekutej. Výkon separátora pri sušine 5,31 % je  $12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Denná produkcia hnojovice sa delí na dve časti:

- pevný separát 10,5 — 11,2  $\text{m}^3$  za deň  
sušina 32 %
- tekutý separát 55,8 — 56,5  $\text{m}^3$  za deň  
sušina 1,4 — 1,56 %

Priemerná hodnota organického znečistenia vyjadrená v  $\text{BSK}_5$  surovej hnojovice bola  $13\,100 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ , tekutého separátu  $9600 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ . Čistiaci efekt mechanického stupňa — 26,72 %.

Pevný separát sa kompostuje a potom sa používa na hnojenie pôdy vo vinohradoch. Tekutý separát odteká gravitačne do vyrovnávacej nádrže.

### Biologický stupeň

je riešený ako dlhodobá nízkozaťažovaná aktivácia. Denné látkové zaťaženie aktivačných nádrží  $0,8 \text{ kg BSK}_5 \cdot \text{m}^3$ . Kalová zásoba je minimálne  $5,5 \text{ kg m}^{-3}$ . Dosadzovacia nádrž je dimenzovaná tak, aby zadržala kal tri hodiny.

VI. Namerané hodnoty organického zaťaženia biologického stupňa ČOV vo Svodíne (zima 1978) — Levels of biological pollution of the waste-water treatment plant at Svodina (winter 1978)

| Hodnotené prvky                                   | Merané hodnoty na jednotlivých stupňoch |                |             |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-------------|
|                                                   | surová hnojovica,<br>pred separáciou    | tekutý separát | odtok z ČOV |
| pH                                                | 7,15                                    | 7,40           | 8,15        |
| Alkalita                                          | 101,5                                   | 101,5          | 37,20       |
| Rozpustné látky $\text{mg l}^{-1}$                | 5 330                                   | 4 870          | 1 196       |
| Ner rozpustné látky $\text{mg l}^{-1}$            | 21 900                                  | 14 100         | 890         |
| Inhoff                                            | 500                                     | 560            | 400         |
|                                                   | 300                                     | 670            | 540         |
| $\text{BSK}_5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ | 18 100                                  | 13 264         | 340         |
| CHSK (Kubel)                                      | 68 780                                  | 47 750         | 856         |
| Projektované hodnoty:                             |                                         |                |             |
| $\text{BSK}_5$                                    | 13 100                                  | 10 600         | 82          |
| CHSK (Kubel)                                      | 32 000                                  | 23 000         | 254,2       |

V aktivačných nádržkách sú umiestnené povrchové aerátory čs. výroby typu NORM-SIGMA-BSK Ø 1500 mm.

Čistiaci efekt je rôzny. V letných mesiacoch (júl, august, september 1977), keď sa dodržiavali stanovené hydrotechnické parametre ČOV, bolo zvyškové znečistenie (BSK<sub>5</sub>) vody na odtoku 42 až 84 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> a v zimných mesiacoch (január, február, marec 1978) 830 až 1796 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>. Zhoršenie čistiaceho procesu bolo zapríčinené predovšetkým preťažovaním aktivačného procesu (tab. VI).

### Hospodárenie s prebytočným kalom

Prebytočný kal sa na ČOV odvodňuje dekantačnými nádržkami. Dekantačné nádrže sú tri: jedna nádrž sa naplňuje, v druhej prebieha dekantácia a tretia sa spúšťa. Voda z odvodneného kalu sa vracia do čistiaceho procesu. Odvodnený kal sa kompostuje.

### Úplné ročné prevádzkové náklady

V roku 1977, za sedem mesiacov prevádzky, činili prevádzkové náklady 323 204 Kčs, t. j. 0,51 Kčs na 1 kg bravčového mäsa.

V roku 1978 boli úplné ročné prevádzkové náklady 464 063 Kčs, t. j. 0,46 Kčs na 1 kg vyrobeného bravčového mäsa.

### Veľká Čalomija

Na farme ošipaných vo Veľkej Čalomiji je realizovaná ČOV typu AGROCLÁR. Pre komplexné zhodnotenie jej prevádzky sme ani v apríli 1978 nedostali od vedenia farmy súhlas, nakoľko čistička dlhšiu dobu nie je v prevádzke. Z hodnotenia preto jednoducho vypadla.

### RIEŠENIE HNOJNEJ KONCOVKY FARIEM OŠIPANÝCH POMOCOU SUŠÍČIEK

Z 12 hodnotených fariem ošipaných bola u troch (Vráble, Zabiedovo, Rovinka) hnojná koncovka riešená pomocou sušičiek. Sušenie veľmi riedkej hnojovice bolo mimoriadne ťažké a ekonomicky veľmi nákladné. Prevádzka je z tohoto dôvodu neekonomická. Vysoké úplné prevádzkové náklady zatažujú výrobu každého kilogramu bravčového mäsa čiastkou 1,94 až 2,87 Kčs.

### DISKUSIA

Hydroprojekt Praha (Jonáš, 1977) rozpracoval systém vyhnívania neseparovanej hnojovice ošipaných. V Třeboni je navrhnutá čistiareň pre 30 000 ošipaných. Vyhnívanie je dvojstupňové. Vyhnívacie nádrže sú vykurované na teplotu 38 až 40 °C. Produkcia kalového plynu je nad 1000 l kg<sup>-1</sup> odbúraných organických látok. Konečné dočistenie treba ešte urobiť v ďalšej aeračnej čistiarni. Na základe získaných podkladov sa domnievame, že anaerobné vykurované vyhnívanie surovej hnojovice s následným dočisťovaním kalovej vody v aeračných čistiarniach vyhovuje.

V západnej Európe sa používa hnojovica ošipaných na hnojenie pôdy len u fariem s koncentráciou do 3500 ošipaných (Jonenbreur, Poelma, 1973).

V zahraničí sa častejšie stretávame s biologickým aeróbnym spracovaním tekutého separátu hnojovice ošipaných (Hušek, 1974). Používajú sa oxidačné priekopy, biologické filtre, aktivácia a iné zariadenia. Okrem povrchových aerátorov je celá rada tzv. aerátorov tlakových, ktoré boli použité napr. pri systéme Hydrox Digester (britská firma), alebo Cadbourough Engineering, a recirkulačných aerátorov, ktoré vo svojich čistiarenských zariadeniach používajú švédska firma Fuchs-Alfa Laval (Rieman, Jensen, 1973), západonemecká firma Peters (Vetter, 1973) a iné.

Pre vyriešenie celého radu problémov spojených s vhodným ošetrovaním, manipuláciou a zúžitkovaním hnojovice by bolo prospešné, aby sa výskum, vývoj a projekcia spojili, aby mohli dať našej praxi viacero vhodných riešení s možnosťou uplatnenia v rozdielnych prírodných podmienkach.

## ZÁVER

Zvolený systém odstraňovania hnojovice z výrobných objektov fariem ošipaných podstatnou mierou ovplyvňuje tak mikroklimu a pracovné prostredie vo výrobných objektoch, ako aj výšku investičných a prevádzkových nákladov. Používanie preronového systému zapríčiňuje, že investičné náklady na výrobný objekt ošipaných sú o 16,4 až 19,8 % vyššie v porovnaní s objektmi, kde sa používa mechanická lopata.

Produkcia hnojovice u všetkých vyhodnocovaných fariem ošipaných bola vyššia oproti projektovaným hodnotám v zmysle ON 73 6761. Zvýšená produkcia hnojovice je spôsobená neúmerne veľkým množstvom vody, ktorá sa dostáva do exkrementov v podroštových kanáloch. Bude potrebné prehodnotiť údaje o prevádzkovej vode uvedené v citovanej norme a na druhej strane urobiť opatrenia v prevádzke veľkokapacitných fariem ošipaných s cieľom zabezpečiť zníženie objemu používanej prevádzkovej vody.

Z technických, investičných a prevádzkových dôvodov je účelné hnojovicu ošipaných separovať a s každou časťou manipulovať samostatne; pevný separát kompostovať a potom používať na hnojenie pôdy; tekutý separát u fariem s nižšou koncentráciou ošipaných sa môže používať na hnojenie pôdy a pri vyšších koncentráciách ho bude účelné biologicky čistiť s tým, aby sa vyčistená voda mohla vypúšťať do tokov bez nebezpečia znečistenia vôd. Riešenie hnojnej koncovky fariem ošipaných pomocou biologických čistiarní vôd považujeme pre určité konkrétne prípady za jediné možné riešenie. V ČSSR rozpracované a realizované riešenia ČOV bude účelné ďalej zdokonaľovať tak, aby sa dosiahlo také riešenie, kde by zvyškové znečistenie vody odtekajúcej z ČOV nepresahovalo BSK<sub>5</sub> 28 až 35 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>.

Sušičky pre riešenie hnojných koncoviek fariem ošipaných neodporúčame, nakoľko ich prevádzka je veľmi drahá a preto neekonomická.

## Literatúra

DVORNÍK, J. — HASELBACH: Púdoznalectví. Skriptó VŠZ Brno. Praha, Stát. zeměd. nakl. 1964.

HUŠEK, J.: Likvidace prasečích výkalů pro hnojení. Studijní informace ÚVTIZ, Praha 1974.

JONGERBREUR, A. A. — POELMA, H. R.: Enkele mogelijkheden voor de verwerking van dune mest. Bedrijfsontwikkeling, 4, 1973, č. 7-8.

PODSTAVEK, B.: Technické riešenie hnojných koncoviek veľkokapacitných fariem ošípaných. [Štúdia.] PPÚ Bratislava, 1972. 98 s.

PODSTAVEK, B.: Čerpanie hnojovice a tekutého hnoja. Zeměd. Techn., 23, 1977, č. 4, s. 203-216.

PODSTAVEK, B.: Skladovacie nádrže na hnojovicu. Zeměd. Techn., 23, 1977, č. 12, s. 701-716.

PODSTAVEK, B.: Vyhodnotenie vybraných hnojných koncoviek veľkokapacitných fariem. [Štúdia.] PPÚ Bratislava, 1978a. 230 s.

PODSTAVEK, B.: Vodné hospodárstvo veľkokapacitných fariem. [Typizačná štúdia.] PPÚ Bratislava, 1978b. 123 s.

RIEMANN, U. — JENSEN, H.: Ein neues Gerät zur aeroben Dungbehandlung. Landtechnik, 28, 1973, č. 11-12, s. 319-320.

VETTER, H.: Mist in Gülle. Frankfurt a. Main, DLG Verlag 1973. 130 s.

Došlo dňa 9. 2. 1979

ПОДСТАВЕК, Б. (Институт научной системы ведения хозяйства, Братислава): Оценка решения финальных этапов экскрементов на свиноводческих фермах СССР. Земěд. Techn., 25, 1979 (9) : 557-574.

Любое решение финального этапа экскрементов на крупных промышленных фермах влияет на бесперебойную и надежную работу фермы. Одновременно в высокой степени влияет на экономику каждой фермы и чистоту окружающей среды на ферме и в ее окрестностях. С этих аспектов в 1976—1978 гг. рассматривалась пригодность разных финальных этапов экскрементов, которые позволяли: а) использовать навозную жижу для удобрения почвы без сепарации, б) использовать сепарированные части навозной жижи для удобрения почвы (причем, с каждой частью после сепарации манипулируется и хозяйничают самостоятельно), в) механическо-биологическую и механическо-химическую чистку жидкой части навозной жижи после сепарации, г) сушку навозной жижи. В работе обобщены результаты оценки только некоторых финальных этапов экскрементов на свиноводческих фермах СССР. Анаэробная чистка не анализировалась, так как такое решение финального этапа экскрементов реализовано только на одном предприятии в ЧСР.

сепарация; механическо-биологическая чистка; использование навозной жижи для удобрения почвы; сушка навозной жижи

PODSTAVEK, B. (Institute for the Scientific System of Farming, Bratislava): *Evaluation of the Design of Slurry Treatment Plants on Pig Farms in Slovakia*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9) : 557-574.

On large-capacity pig farms, any design of the slurry treatment plant is intended to improve the smoothness and reliability of operation. At the same time, it also affects decisively the economic results as well as the environment on the pig farm and in its surroundings. Proceeding from these viewpoints, in 1976 — 1978 the suitability of slurry treatment plants was evaluated which enabled: a) application of the liquid manure as a fertilizer without separation; b) application of the liquid manure as a fertilizer when each part of the separated material is handled separately; c) mechanico-biological and mechanico-chemico-biological treatment of the liquid manure after separation; d) drying of the manure. The work includes the results of an evaluation of slurry treatment plants on selected pig farms in the Slovak Socialist Republic. Anaerobic treatment could not be evaluated because this type of slurry treatment plant has been installed only on one pig farm in the Czech Socialist Republic.

separation; mechanico-biological treatment; application of liquid manure as a fertilizer; drying of the manure

PODSTAVEK, B. (Institut für das wissenschaftliche Wirtschaftssystem, Bratislava): *Bewertung der Lösung von Endgliedern der Stallmistketten bei den Schweinezuchtanlagen in der SSR*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (9) : 557-574.

Jede Lösung des Endgliedes der Stallmistkette in Großproduktions-Schweinezuchtanlagen beeinflusst die Zügigkeit und Verlässlichkeit des Farmenbetriebes. Sie beeinflusst ebenfalls ausschlaggebend die Wirtschaftlichkeit jeder Farm und die Sauberkeit der Umwelt in der Farm und deren Umgebung. Unter diesen Gesichtspunkten haben wir in den Jahren 1976-1978 die Eignung verschiedener Lösungen der Stallmistkettenendglieder bewertet, die folgende Ergebnisse möglich machten: a) Gülle zur Bodendüngung ohne Trennung einzusetzen; b) den getrennten Gülleteil zur Bodendüngung zu benutzen (wobei jeder Teil nach erfolgter Trennung unabhängig behandelt und bewirtschaftet wird); c) mechanisch-biologische und mechanisch-chemisch-biologische Reinigung des fließfähigen Gülleteiles nach der Trennung; d) Trocknung der Gülle. Der Aufsatz umfaßt Ergebnisse der Bewertung nur bei den ausgewählten Stallmistkettenendgliedern bei den Schweinezuchtanlagen in der SSR. Die anaerobe Reinigung konnte nicht bewertet werden, denn die Lösung eines solchen Endgliedes der Stallmistkette ist nur in einem Falle in der ČSR realisiert.

Trennung; mechanisch-biologische Reinigung; Gülleinsatz für die Bodendüngung; Gülletrocknung

---

**Adresa autora:**

Ing. Bohumil Podstavek, Ústav pre vedeckú sústavu hospodárenia, Gagarinova ul., 812 00 Bratislava

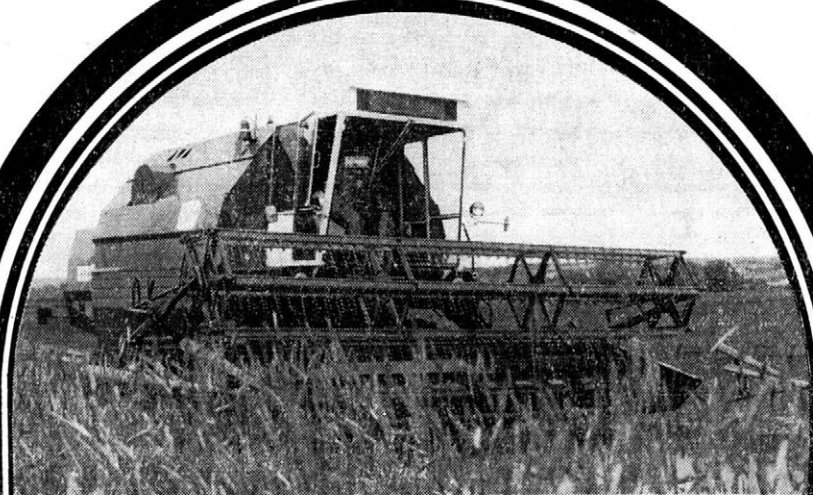
---

# **AGROMET** **MOTOIMPORT**

Podnik zahraničního obchodu  
Varšava, Polsko  
Pošt. schránka: 990  
Telegramy: MOTORIM WARSZAWA  
Dálnopis: 813 665, 813 511  
Telefon: 28 50 71

Vyvází a dováží:

— traktory — zemědělské stroje a nářadí — kompletní sušičky a chovná zařízení a jejich speciální přístroje — průmyslovou spolupráci ve výrobě traktorů, zemědělských strojů a jejich částí, dílců a součástek — náhradní díly pro traktory a široký sortiment zemědělských strojů.



Zveme Vás na návštěvu našich stánků č. 7, 9 na volné ploše „Z“ na Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně.

# Traktor MURGAŠ M-45

Mnoho problémů v zemědělství pomůže se zdarem vyřešit kolový traktor Murgaš M-45. Vyznačuje se lepší pojízdností v terénu a větší stabilitou; snadno zvládne i práce na pozemcích se sklonem až 25°.

Bohatá paleta již vyvinutých přívěsných strojů umožňuje, že traktor Murgaš M-45 může vykonávat mnohé pracovně náročné operace — obdělávání půdy, kosení a odklizení sena, práce spojené s ochranou rostlin, dopravní práce aj. Má naftový motor o výkonu 45 k.



## Agromachinaimpex

S žádostí o podrobnější informace se laskavě obraťte na Bulharskou obchodní misi v ČSSR, Praha 1, Krakovská 6, telefon 26 43 06.

Vývozce PZO Agromašinaimpex  
Bulharsko, Sofia

ul. St. Lepoeva 1  
telefon: 22 30 94  
telex: 022 563

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Grečenko A.: Teorie nejvyšší výkonnosti traktoru s pluhem . . . . .                              | 513 |
| Kavka M.: Matematický model pro optimalizaci šířky záběru zemědělských strojů a nářadí . . . . . | 535 |
| Souček J.: Statistické hodnocení průběhu řádku cukrovky . . . . .                                | 547 |
| Podstavek B.: Hodnotenie riešení hnojných koncoviek na farmách ošipavých v SSR . . . . .         | 557 |

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Греченко А.: Теория наивысшей производительности трактора с плугом . . . . .                               | 533 |
| Кавка М.: Математическая модель оптимизации ширины захвата у сельскохозяйственных машин и орудий . . . . . | 544 |
| Соучек Й.: Статистическая оценка рядков сахарной свеклы . . . . .                                          | 555 |
| Подставек Б.: Оценка решения финальных этапов экскрементов на свиноводческих фермах СССР . . . . .         | 573 |

## CONTENTS

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Grečenko A.: Theory of Maximum Performance of the Tractor-Plough Combination . . . . .                  | 533 |
| Kavka M.: A Mathematical Model of the Optimal Operating Width in Farm Machines and Implements . . . . . | 544 |
| Souček J.: Statistical Evaluation of the Row of Sugar Beet . . . . .                                    | 555 |
| Podstavek B.: Evaluation of the Design of Slurry Treatment Plants on Pig Farms in Slovakia . . . . .    | 573 |

## INHALT

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Grečenko A.: Theorie der höchstmöglichen Schlepper-Pflug-Leistung . . . . .                                              | 533 |
| Kavka M.: Mathematisches Modell für die Optimierung der Arbeitsbreite von Landmaschinen und Geräten . . . . .            | 545 |
| Souček J.: Statistische Bewertung des Verlaufes einer Zuckerrübenreihe . . . . .                                         | 555 |
| Podstavek B.: Bewertung der Lösung von Endgliedern der Stallmistketten bei den Schweinezuchtanlagen in der SSR . . . . . | 574 |



Rukopis odevzdán k tisku 5. 6. 1979 — Podepsáno k tisku 12. 9. 1979

---

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