

VĚDECKÝ ČASOPIS



# ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

1

ROČNÍK 37 (LXIV)  
PRAHA  
LEDEN 1991  
CS ISSN 0044-3883

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ  
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ  
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Řídí redakční rada: ing. Jiří Fiala, DrSc. (předseda), prof. ing. Ján Jech, CSc., ing. Bohumil Studeník, CSc., ing. Vladimír Čech, CSc., RNDr. Jiří Blahovec, DrSc., ing. Zdeněk Pastorek, CSc., doc. ing. František Ptáček, CSc., ing. Dušan Hutla, ing. Jan Horáček, CSc.

Redaktorky: RNDr. Marcela Braunová, ing. Marie Černá, CSc.

## OBSAH

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Matúš I., Kamarýt M., Mancovič M.: Výkonové straty transmisie poľnohospodárskeho traktora . . . . .                      | 1  |
| Kľúfa J.: Aplikace teorie bodového odhadu k odhadu bezporuchovosti zemědělských strojů v modelu gama rozdělení . . . . . | 9  |
| Breš M.: Určování základních ukazatelů bezporuchovosti traktorů Zetor UŘ a jejich hlavních montážních skupin . . . . .   | 19 |
| Brožek M., Nováková A.: Porovnání odolnosti proti abrazivnímu opotřebení vybraných návarových materiálů . . . . .        | 31 |
| Poničan J.: Vplyv vybraných fyzikálno-mechanických vlastností sóje na kvalitu zberu . . . . .                            | 39 |
| Jech J., Artim J.: Vplyv pozberového spracovania osiva hrachu na kvalitu produktu . . . . .                              | 49 |
| INFORMACE                                                                                                                |    |
| Pázral E.: Možnosti využití elektrické energie v zemědělské velkovýrobě . . . . .                                        | 61 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Matúš I., Kamarýt M., Mancovič M.: The output loss of transmission in farm tractors . . . . .                                                           | 1  |
| Kľúfa J.: Application of the theory of point estimate to an estimate of inherent reliability of farm machines in the gamma distribution model . . . . . | 9  |
| Breš M.: Determination of basic characteristics of inherent reliability of Zetor UŘ tractors and of their main assemblies . . . . .                     | 19 |
| Brožek M., Nováková A.: Comparison of resistance to abrasion wear of selected filler materials . . . . .                                                | 31 |
| Poničan J.: The effects of some physico-mechanical characteristics of soybean on its harvest . . . . .                                                  | 39 |
| Jech J., Artim J.: The effects of post-harvest treatment of pea seed on pea quality . . . . .                                                           | 49 |

## INHALT

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Matúš I., Kamarýt M., Mancovič M.: Leistungsverluste der Transmission des Traktors . . . . .                                                    | 1  |
| Kľúfa J.: Abwendung der Theorie der Punktschätzung zur Schätzung der Ausfallfreiheit der Landmaschinen im Modell der Gamma-Verteilung . . . . . | 9  |
| Breš M.: Festlegung der Grundparameter der Ausfallfreiheit der Traktoren der Baureihe Zetor UŘ und ihrer wichtigsten Baugruppen . . . . .       | 19 |
| Brožek M., Nováková A.: Vergleich der Resistenz gegen den sog. abrasiven Verschleiss der ausgewählten Auftragschweissmaterialien . . . . .      | 31 |
| Poničan J.: Einfluss der ausgewählten physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Sojabohnen auf die Ernte . . . . .                            | 39 |
| Jech J., Artim J.: Einfluss der Nacherntebehandlung des Erbsensaatgutes auf die Qualität des Finalproduktes . . . . .                           | 49 |

# VÝKONOVÉ STRATY TRANSMISIE POĽNOHOSPODÁRSKEHO TRAKTORA

I. Matúš, M. Kamarýt, M. Mancovič

MATÚŠ, I. – KAMARÝT, M. – MANCOVIČ, M. (ZTS, kombinát, Výskumno-vývojový ústav, Martin): *Výkonové straty transmisie poľnohospodárskeho traktora*. Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 1–8.

Snahou konštruktéra poľnohospodárskeho traktora je minimalizovať výkonové straty transmisie. Čím je väčší odstup výkonových strát od efektívneho výkonu motora, tým viac výkonu má užívateľ k dispozícii pri eksploatacii traktora v súprave. V práci sú uvedené výsledky stendových skúšok transmisie poľnohospodárskeho traktora Z 8211 a Z 12211. Celková výkonová strata Z 12211 je 6 % nominálneho výkonu  $P_n$  pri teplote pracovného média PP 80 90 °C. Celková výkonová strata je funkciou doby zábehu transmisie, množstva pracovného média v transmisii, teploty pracovného média, frekvencie otáčania na vstupe, zaradeného prevodového stupňa jednotlivých prevodových agregátov a ďalších veličín. Bolo zisťované percentuálne rozloženie výkonových strát na jednotlivé agregáty. Najväčšiu výkonovú stratu má základná prevodovka, ďalej nasleduje okruh hydrauliky a zadný most.

poľnohospodársky traktor; transmisia; stratový výkon; skúšobný stav

Transmisia poľnohospodárskeho traktora patrí k uzlom, ktoré rozhodujúcou mierou určujú jeho užitné vlastnosti. Tento agregát musí mať vhodné konštrukčné prevedenie, aby splnil podmienku samonosnosti, a musí bezpečne, spoľahlivo a s čo najmenšími stratami preniesť efektívny výkon od motora k hnacím kolesám. Základnú štruktúru transmisie u traktorov československej výroby tvorí okrem spaľovacieho motora medziskriňa, násobič krútiaceho momentu, základná prevodovka, prevodovka redukcií a reverzu a zadný most. K tejto základnej zostave sú pridané ďalšie prvky ako napríklad hydrogenerátory, resp. iné agregáty, ktoré na jednej strane vhodne rozširujú aplikačné možnosti vozidla, na druhej strane však odberom energie znižujú ťahový výkon traktora.

Pre ťahový výkon poľnohospodárskeho traktora (S e m e t k o a kol., 1986) platí:

$$P_t = P_e - P_m - P_\delta - P_v, \quad (1)$$

kde:  $P_e$  – efektívny výkon motora [W]  
 $P_m$  – stratový výkon transmisie [W]  
 $P_\delta$  – výkon stratený preklzom [W]  
 $P_v$  – výkon stratený valením [W]

Stratový výkon transmisie môžeme rozpísať takto:

$$P_m = P_{MS} - P_{NM_k} - P_{PA} - P_{PB} + P_{ZM}, \quad (2)$$

- kde:  $P_{MS}$  – stratový výkon medziskrine [W]  
 $P_{NM_k}$  – stratový výkon násobiča krútiaceho momentu [W]  
 $P_{PA}$  – stratový výkon základnej prevodovky [W]  
 $P_{PB}$  – stratový výkon prevodovky redukcií a reverzu [W]  
 $P_{ZM}$  – stratový výkon zadného mostu [W].

Stratový výkon medziskrine je:

$$P_{MS} = P_R + \sum_{i=1}^n P_{HG_i}, \quad (3)$$

- kde:  $P_R$  – stratový výkon rozvodovky [W]  
 $P_{HG_i}$  – stratový výkon  $i$ -teho hydrogenerátora [W]  
 $n$  – počet hydrogenerátorov.

## MATERIÁL A METÓDA

Rozboru stratového výkonu sme podrobili dve transmisie traktora Zetor 8211 a 12211 rady UR II C. Cieľom nášho snaženia bolo stanoviť percentuálne výkonové straty pre jednotlivé prvky a agregáty. Merania sme realizovali na skúšobnom stave bez zaťaženia. Schéma skúšobného stavu je na obr. 1, celkový pohľad na skúšobný stav je na obr. 2. Skúšobný stav podľa obr. 1 a 2 umožňuje na základe krútiaceho momentu  $M$  a vstupnej uhlovej rýchlosti  $\omega$  určiť celkový stratový výkon transmisie. Pre tento stratový výkon platí:

$$P = M \cdot \omega \quad [W; Nm; rad \cdot s^{-1}]. \quad (4)$$

Tento stratový výkon sa mení podľa toho, ktoré časti transmisného systému sú zaradené do činnosti a ktoré sú z činnosti vyradené. Okrem už uvedeného je stratový výkon taktiež funkciou teploty  $T$ , takže môžeme napísať

$$P = f(\omega; T, \dots). \quad (5)$$

Postup pri meraní bol tento:

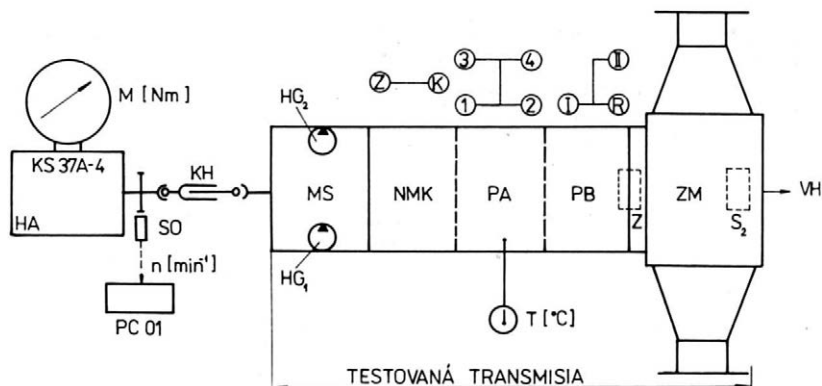
1. Frekvencia otáčania hnacieho agregátu HA  $n = 5,00; 8,33; 16,66; 25,00; 33,33; 36,66 \text{ s}^{-1}$ .
2. Pri uvedenej frekvencii otáčania odčítať vstupný krútiaci moment  $M$  [Nm] – opakovať trikrát.
3. Podľa vzťahu (4) vypočítať stratový výkon.
4. Meranie urobiť pre tri teplotné hladiny ( $T = 20^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}; 50^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}; 90^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}$ ).
5. Zostrojiť statickú charakteristiku  $P = f(n)$ .
6. Percentuálne stanovenie výkonovej straty pri nominálnej frekvencii otáčania  $n = 36,66 \text{ s}^{-1}$  podľa vzťahu

$$P[\%] = \frac{P[W]}{P_n[W]} \cdot 100, \quad (6)$$

kde podľa (2)  $P_n = 84,8 (+5 \%) \text{ kW}$  pre Z 12211  
 $P_n = 57,1 (+5 \%) \text{ kW}$  pre Z 8211.

Výkon  $P_n$  je stanovený pri menovitej frekvencii otáčania v súlade s normami ČSN 30 0412 a ČSN 09 0772 čl. 11 po 100 Mh skúške.

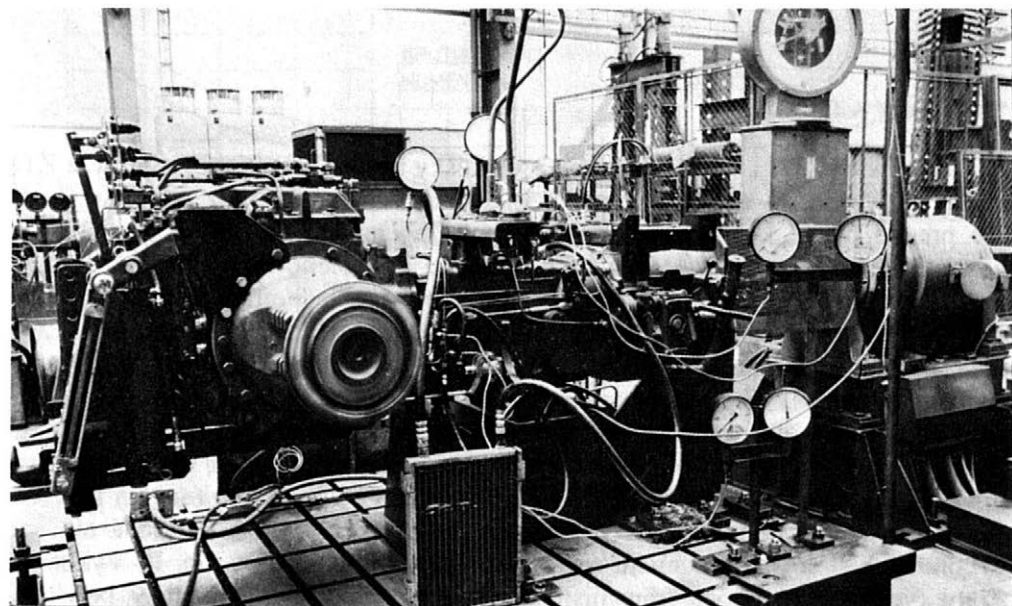




HA - dynamometer KS 37A-Y, MEZ Vsetín  
 T - teplomer Pt 100  
 SO - snímač otáčok  
 MS - medziskriňa  
 NMK - násobič krútiaceho momentu  
 PA - základná prevodovka  
 PB - prevodovka redukcií a reverzu

ZM - zadný most  
 VH - vývodový hriadeľ  
 S<sub>2</sub> - spojka vývodového hriadeľa  
 Z - zubová spojka vývodového hriadeľa  
 HG<sub>1</sub> - hydrogenerátor hydrauliky traktora  
 HG<sub>2</sub> - hydrogenerátor servoriadenia

1. Schéma skúšobného stavu transmisie poľnohospodárskeho traktora – Diagramme of the test stand of the transmission of a farm tractor



2. Celkový pohľad na skúšobný stav transmisie poľnohospodárskeho traktora bez zaťaženia – A general view of the test stand of the transmission of a farm tractor without loading

Pole meraní pri kombinácii rôznych zaradených agregátov je veľmi rozsiahle. Výber kombinácií, pri ktorých sme realizovali merania, je uvedený v tab. I. Všetky merania boli urobené pri rozopnutej uzávierke zadného diferenciálu, nezávislej frekvencii otáčania vývodového hriadeľa  $16,66 \text{ s}^{-1}$  a zapojenom hydrogenerátore prevodovky.

- I. Podmienky skúšok transmisie Z 8211 a 12211; (Z – zajac, K – korytnačka, 1 – stav zapnutý, 0 – stav rozpojený, N – neutrál, X° – zaradený prevodový stupeň) – The conditions of tests of Z 8211 and 12211 transmission; (Z – hare, K – turtle, 1 – engaged gears, 0 – disengaged gears, N – neutral, X° – engaged gear)

| P. č. | MS                   | NKM            | PA | PB  | VH               |
|-------|----------------------|----------------|----|-----|------------------|
| 1     | $HG_1 = 1; HG_2 = 1$ | $Z = 1; K = 0$ | N  | N   | $S_2 = 1; Z = 1$ |
| 2     | $HG_1 = 0; HG_2 = 1$ | $Z = 1; K = 0$ | N  | N   | $S_2 = 1; Z = 1$ |
| 3     | $HG_1 = 0; HG_2 = 1$ | $Z = 1; K = 0$ | N  | N   | $S_2 = 0; Z = 1$ |
| 4     | $HG_1 = 0; HG_2 = 1$ | $Z = 1; K = 0$ | N  | N   | $S_2 = 0; Z = 1$ |
| 5     | $HG_1 = 0; HG_2 = 0$ | $Z = 1; K = 0$ | N  | N   | $S_2 = 0; Z = 1$ |
| 6     | $HG_1 = 0; HG_2 = 1$ | $Z = 0; K = 1$ | 4° | II° | $S_2 = 0; Z = 0$ |
| 7     | $HG_1 = 0; HG_2 = 1$ | $Z = 1; K = 0$ | 4° | II° | $S_2 = 0; Z = 0$ |
| 8     | $HG_1 = 0; HG_2 = 1$ | $Z = 1; K = 0$ | 4° | N   | $S_2 = 0; Z = 0$ |
| 9     | $HG_1 = 0; HG_2 = 1$ | $Z = 1; K = 0$ | 1° | I°  | $S_2 = 0; Z = 0$ |
| 10    | $HG_1 = 0; HG_2 = 1$ | $Z = 1; K = 0$ | 1° | N   | $S_2 = 0; Z = 0$ |

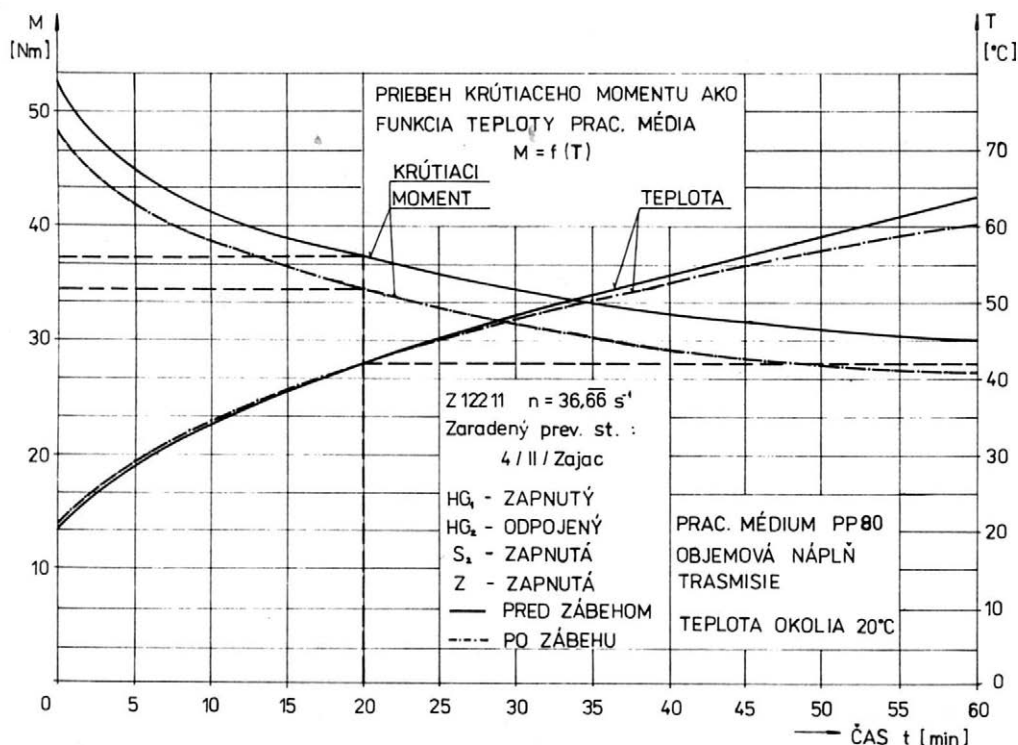
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Transmisie Z 8211 a Z 12211 sme pre skúšky získali zo sériovej výroby v ZTS k., k. p. Martin. V oboch prípadoch sa jedná o transmisie bez odberu výkonu pre predné hnané kolesá. Transmisie neboli zabehnuté. Na obr. 3 je znázornená statická charakteristika  $M = f(T)$  priebehu krútiaceho momentu ako funkcia teploty pracovného média. Zábeh transmisie bol pre jednotlivé kombinácie prevodových stupňov robený v rozsahu 120 minút. Celková doba zábehu transmisie bola 16 hodín. Z obr. 3 vyplýva, že zábehom transmisie došlo k zníženiu pasívnych odporov o 3 až 4 Nm, čo predstavuje pokles o 6 až 8 %. Taktiež sa zmenšila teplota pracovného média transmisie po 60minútovom chode o 4 °C. Z obr. 3 vyplýva, že po 60minútovom chode poklesla pôvodná výkonová strata o 44 %. Statické charakteristiky  $P = f(n)$  a stratový výkon ako funkcia frekvencie otáčania pre podmienky uvedené v tab. I sú na obr. 4 a 5. Celková bilancia výkonových strát pre transmisiiu traktora Z 12211 je uvedená v tab. II. Výkonové straty (vo watoch) oboch transmisii sú zhodné. Nepodstatné rozdiely boli spôsobené výrobnými toleranciami. Celková výkonová strata transmisie Z 12211 ako funkcia teploty pracovného média je na obr. 6. Údaje pod 20 °C boli extrapolované

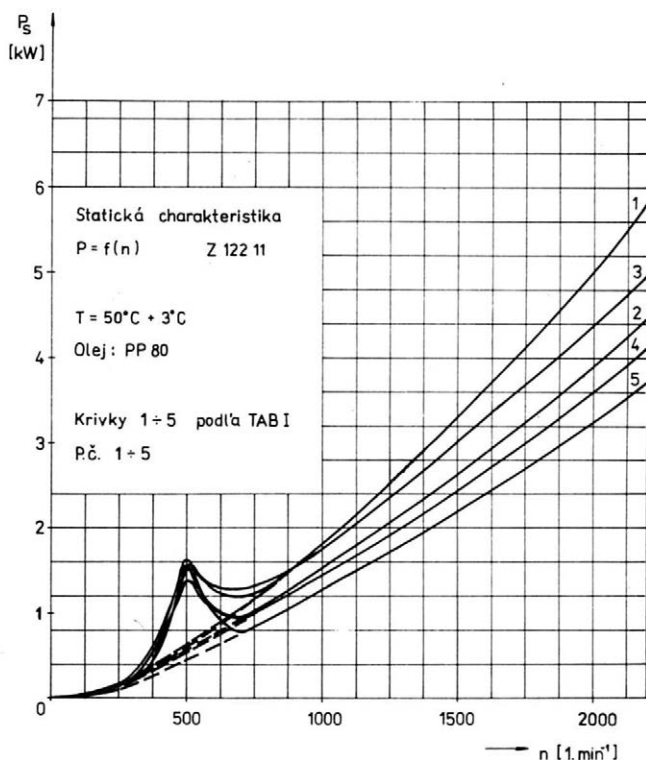
## II. Percentuálne stanovenie výkonových strát – Determination of the percent of output losses

| Agregát                                        | Výkonová strata |         |
|------------------------------------------------|-----------------|---------|
|                                                | $P$ [kW]        | $P$ [%] |
| Hydrogenerátor hydrauliky – HG <sub>1</sub>    | 1,36            | 1,6     |
| Hydrogenerátor servoriadenia – HG <sub>2</sub> | 1,59            | 0,7     |
| Vývodový hriadeľ – VH                          | 0,34            | 0,4     |
| Násobič krútiaceho momentu – NM <sub>k</sub>   | 0,25            | 0,3     |
| Základná prevodovka – PA                       | 1,86            | 2,2     |
| Prevodovka redukcia a reverzu – PB             | 0,42            | 0,5     |
| Zadný most – ZM                                | 1,61            | 1,9     |
| Celková strata transmisie                      | 6,43            | 7,6     |

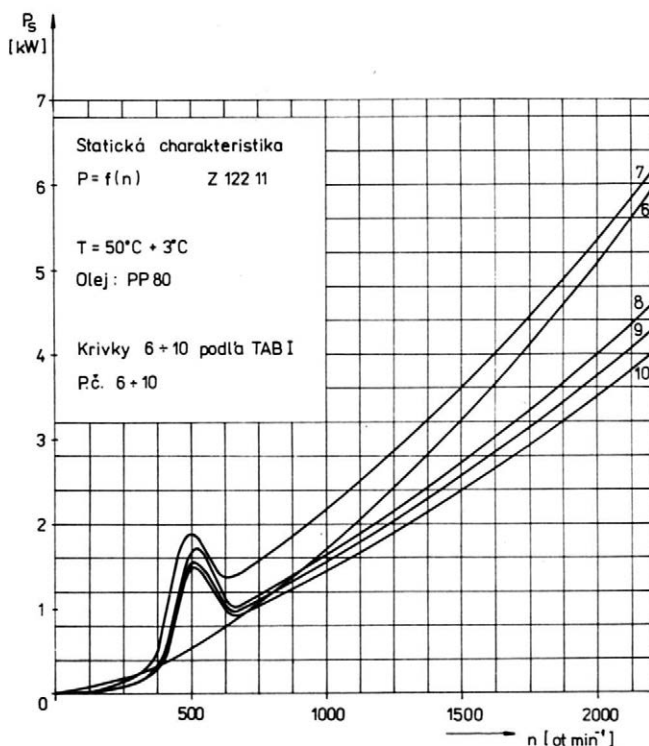
Teplota PP 80–50±5 °C



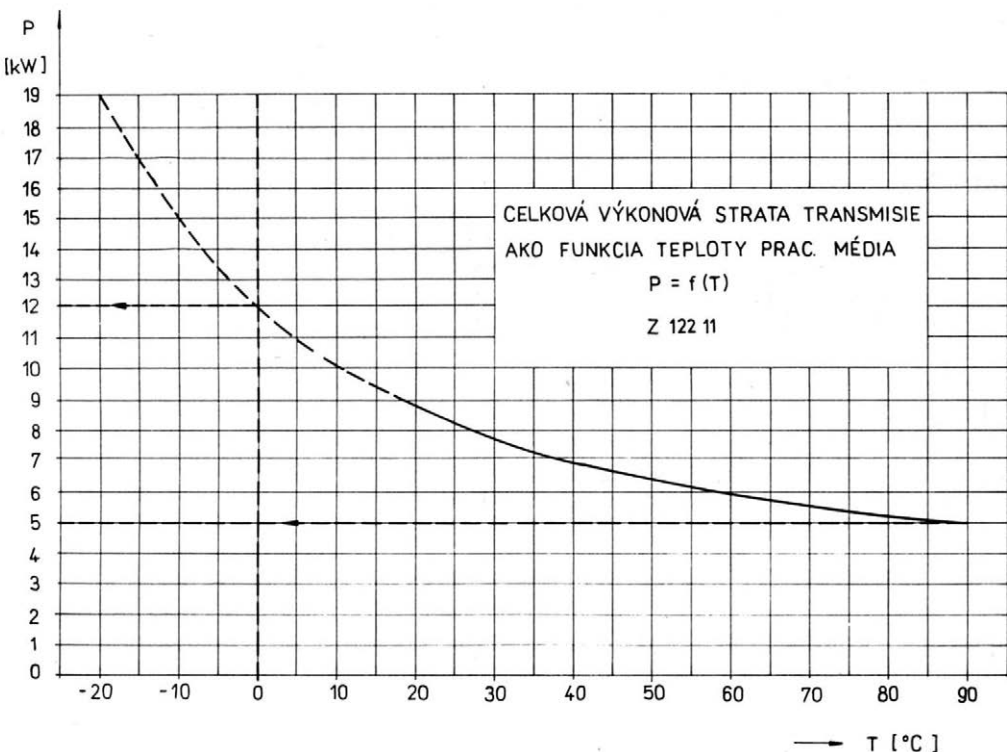
3. Štatická charakteristika  $M = f(T)$  transmisie Z 12211 – Steady characteristics  $M = f(T)$  of Z 12211 transmission



4. Štatická charakteristika  $P = f(n)$  transmisie Z 12211  
 – Steady characteristics  
 $P = f(n)$  of Z 12211 transmission

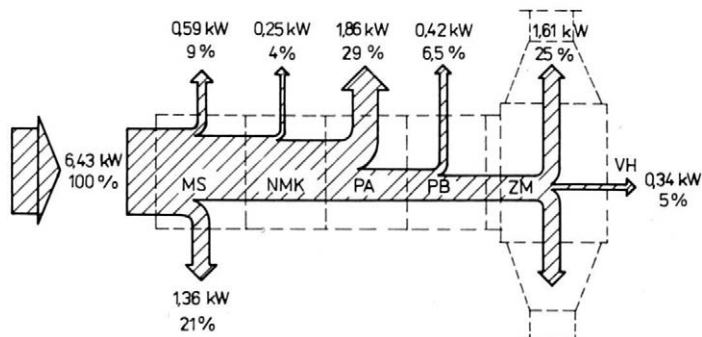


5. Štatická charakteristika  $P = f(n)$  transmisie Z 12211  
 – Steady characteristics  
 $P = f(n)$  of Z 12211 transmission



6. Štatická charakteristika  $P = f(T)$  Z 12211 – Steady characteristics  $P = f(T)$  of Z 12211 transmission

a treba ich brať orientačne. Z obr. 4 a 5 vidno, že v okolí frekvencie otáčania  $500 \text{ min}^{-1}$  dochádza ku aktivovaniu násobiča krútiaceho momentu a ku krátkodobému stúpnutiu pasívneho odporu transmisie. Z praktického hľadiska nemá toto stúpnutie význam, volnobežné otáčky spaľovacieho motora poľnohospodárskeho traktora sú postavené nad túto hodnotu. Pre názornosť sme zobrazili stratové výkony podľa tab. II (obr. 7). Pracovné médium bol olej PP 80. Obsah oleja v transmisii bol podľa návodu na obsluhu – ZETOR (1987). Výkonová strata označovaná ako strata hydrogenerátora hydrauliky  $HG_2$  je pomerne vysoká z dôvodu, že  $HG_2$  bol pri testovaní spojený s príslušným hydraulickým okruhom. Samotný hydrogenerátor je možné od transmisie odpojiť prostredníctvom spojky ovládanej mechanicky.



7. Schématické znázornenie toku stratového výkonu – Graphical representation of the flow of output loss



## ZÁVER

Poznanie pasívnych odporov, resp. výkonových strát je dôležité pre projektantov transmisie. Pre poľnohospodársky traktor Z 12211 predstavujú výkonové straty pri teplote pracovného média 90 °C cca 6 %. Táto hodnota je vzťahovaná k menovitému výkonu traktora  $P_n = 84,8$  kW. Orientačne je výkonová strata nezaťaženej transmisie pri 0 °C pracovného média 14 %  $P_n$  a pri -20 °C cca 22 %  $P_n$ . Po 16hodinovom zábehu došlo ku zníženiu pasívnych odporov o cca 6 až 8 % oproti pôvodnej hodnote. Stúpnutím teploty pracovného média z 20 na 60 °C poklesli pasívne odpory o cca 44 %. V prípade, že výkonovú stratu 6,43 kW považujeme za 100 %, tak jednotlivé agregáty z tejto hodnoty odoberajú: hydrogenerátor hydrauliky - 21 %, hydrogenerátor servoriadenia - 9 %, násobič krútiaceho momentu - 4 %, základná prevodovka - 29 %, prevodovka redukcií a reverzu - 6,5 %, zadný most - 25 % a vývodový hriadeľ - 5 %.

## Literatúra

SEMETKO, J. a kol.: Mobilné energetické prostriedky 3. Bratislava, Príroda 1986.  
ZETOR - Návod na obsluhu. Vydanie 1/88. TSNP Martin 1987.

Došlo dňa 6. 10. 1989

MATÚŠ, I. - KAMARÝT, M. - MANCOVIČ, M. (Heavy Engineering Works, Research and Development Institute, Martin): *The output loss of transmission in farm tractors*. Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 1-8.

Designers of farm tractors try to minimize the output loss of transmission. The user has the greater output power at disposal during the exploitation of a tractor combination set, the smaller is the output loss with respect to the effective output of the engine. In the present paper the results of transmission tests performed on a stand are given for Z 8211 and Z 12211 farm tractors. The total output loss in a Z 12211 tractor makes 6 % of the rated power  $P_n$  at the temperature of PP 80 transmission medium 90 °C. The total output loss is a function of the running-in time of transmission, amount of transmission medium, temperature of transmission medium, input speed, engaged gear of individual gear sets and other characteristics. The percent division of output loss in individual gear sets was determined. The highest output loss was found out in the basic transmission, followed by the hydraulic circuit and rear axle tube.

farm tractor; transmission; output loss; test stand

---

### Adresa autorov:

Ing. Ivan Matúš, ing. Martin Kamarýt, ing. Milan Mancovič, Závody ťažkého strojárstva, Výskumno-vývojový ústav, Thurzova 16, 036 21 Martin

---

# APLIKACE TEORIE BODOVÉHO ODHADU K ODHADU BEZPORUCHOVOSTI ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ V MODELU GAMA ROZDĚLENÍ

J. Klůfa

---

KLŮFA, J. (Vysoká škola ekonomická, Praha): *Aplikace teorie bodového odhadu k odhadu bezporuchovosti zemědělských strojů v modelu gama rozdělení*. Zeměd. Techn., 36, 1991 (1): 9–18.

V práci jsou použity metody teorie bodového odhadu k odhadu funkce spolehlivosti u zemědělských strojů, u kterých se dá předpokládat, že doba jejich bezporuchové činnosti má gama rozdělení. Odhad je jednoduchý v případě exponenciálního rozdělení, které je speciálním případem gama rozdělení. V ostatních případech byl odhad nalezen metodou maximální věrohodnosti. Protože však tato metoda je numericky náročná, byl doplněn také o jednodušší odhad momentovou metodou. V závěru práce jsou obě metody ilustrovány na konkrétním příkladu.

bezporuchovost zemědělské techniky; gama rozdělení; funkce spolehlivosti; odhad metodou maximální věrohodnosti a momentovou metodou; aspekty aplikace

---

Charakteristikou bezporuchovosti zemědělských strojů a zařízení je pravděpodobnost bezporuchové činnosti prvku (stroje, zařízení či jejich součástí) po dobu  $t$ , kterou dále budeme značit  $R(t)$ . Formálně lze  $R(t)$  zapsat vztahem

$$R(t) = P(X \geq t),$$

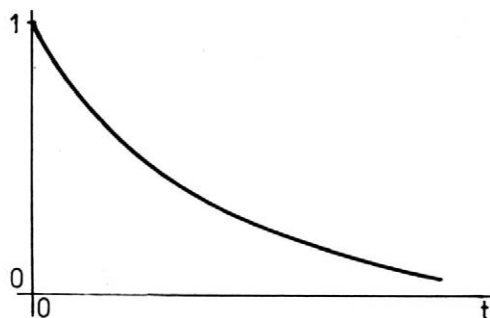
kde  $X$  – doba bezporuchové činnosti prvku.

$R(t)$  je pravděpodobnost, že doba bezporuchové činnosti prvku je větší nebo rovna  $t$ . Pro funkci  $R$  (říká se jí funkce spolehlivosti) zřejmě vždy platí

$$R(0) = 1, \lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$$

a dále  $R$  je vždy nerostoucí funkcí času  $t$  (typický průběh funkce spolehlivosti  $R$  je na obr. 1).

Graf funkce spolehlivosti  $R$  je charakteristický pro každý zemědělský stroj, zařízení či jejich součást (u málo kvalitních prvků klesá strmě, u kvalitnějších klesá pozvolně) a jeho přesný průběh v konkrétních situacích zpravidla neznáme. Můžeme jej však odhadnout s použitím matematicko-statistických metod (metody teorie odhadu) na základě výsledků pozorování daného stroje či součásti.



1. Graf funkce spolehlivosti  $R$  – A graph of reliability  $R$  function

## METODIKA ODHADU BEZPORUCHOVOSTI ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY

Úlohu bodového odhadu  $R(t)$  – pravděpodobnosti bezporuchové činnosti prvku po dobu  $t$ , lze obecně zformulovat takto: Doba bezporuchové činnosti prvku  $X$  je spojitá náhodná veličina (nabývá různých nezáporných hodnot, které mimo jiné závisí také na náhodě). Tato náhodná veličina  $X$  se řídí nějakým pravděpodobnostním rozdělením daným hustotou pravděpodobnosti  $f(x, \Theta)$ , která závisí na parametru\*)  $\Theta$  (blíže určená konstanta). Pravděpodobnost bezporuchové činnosti prvku  $R(t)$  je tedy

$$R(t) = P(X \geq t) = \int_t^{\infty} f(x, \Theta) dx. \quad (1)$$

Hustotu pravděpodobnosti  $f(x, \Theta)$ , kterou se řídí doba bezporuchové činnosti prvku  $X$ , zpravidla známe ze zkušenosti\*\*), neznámý zůstává pouze parametr  $\Theta$ , který je charakteristický pro konkrétní zemědělské stroje a jejich součásti. Po dosazení hustoty  $f(x, \Theta)$  do (1) závisí  $R(t)$  pouze na  $\Theta$ , tzn. je jakousi parametrickou funkcí, kterou označíme  $\tau(\Theta)$ . Např. pro jednoparametrické exponenciální rozdělení s hustotou  $f(x, \Theta) = \frac{1}{\Theta} \exp(-x/\Theta)$  pro  $x > 0$ ,  $f(x, \Theta) = 0$  pro  $x \leq 0$  dostaneme podle (1) pro  $t > 0$

$$R(t) = \exp(-t/\Theta) \stackrel{\text{ozn.}}{=} \tau(\Theta). \quad (2)$$

Naším úkolem je neznámou hodnotu parametrické funkce odhadnout na základě tzv. náhodného výběru  $x_1, \dots, x_n$ , tj. na základě experimentálně zjištěných dob bezporuchové činnosti u  $n$  náhodně vybraných prvků (strojů stejného typu nebo jejich součástí). Chceme tedy najít funkci výběrových hodnot  $T(x_1, \dots, x_n)$ , nezávislou na parametru  $\Theta$  (takovým funkcím říkáme statistiky), která by byla co nej kvalitnější odhadem neznámé hodnoty parametrické funkce  $\tau(\Theta)$ .

Odhad bude přirozeně tím lepší, čím bude blíže skutečné hodnotě  $\tau(\Theta)$ . Protože statistika  $T$  je náhodná veličina (její konkrétní hodnota závisí na náhodě, neboť na náhodě závisí i doby bezporuchové činnosti jednotlivých prvků), odhadujeme vlastně konstantu pomocí náhodné veličiny. Kvalitu odhadu nelze tedy posuzovat

\*)  $\Theta$  je buď jediný parametr rozdělení, nebo vektor parametrů – např. u normálního rozdělení je  $\Theta = (\mu, \sigma^2)$ .

\*\*) Většinou vyhovuje Weibullovo rozdělení, někdy také exponenciální, logaritmicke-normální, gama rozdělení, useknuté normální rozdělení apod.

podle konkrétní hodnoty  $T$ , nýbrž podle rozdělení této statistiky – statistika  $T$  bude tím lepším odhadem parametrické funkce  $\tau(\theta)$ , čím bude její rozdělení koncentrovanější kolem neznámé hodnoty  $\tau(\theta)$ . Proto zpravidla požadujeme, aby odhad  $T$  byl tzv. nestranným odhadem  $\tau(\theta)$ , tj.  $E(T) = \tau(\theta)$  pro všechna  $\theta$ , a aby odhad  $T$  měl ze všech nestranných odhadů nejmenší rozptyl (tzv. nejlepší nestranný odhad). Pak je pravděpodobnost, že konkrétní hodnota  $T$  bude blízká odhadované konstantě  $\tau(\theta)$  největší – viz kritéria kvality bodových odhadů (Klůfa et al., 1984). Prakticky důležitým příkladem nejlepšího nestranného odhadu je statistika

$$T(x_1, \dots, x_n) = \left(1 - \frac{t}{x_1 + \dots + x_n}\right)^{n-1}. \quad (3)$$

Tato statistika, jak se dá ukázat (Klůfa, 1976), je nejlepším nestranným odhadem pravděpodobnosti bezporuchové činnosti prvku po dobu  $t$  v modelu exponenciálního rozdělení (dobu bezporuchové činnosti prvku  $X$  se řídí exponenciálním rozdělením), tj. parametrické funkce  $\tau(\theta)$  dané vztahem (2).

Nejlepší nestranný odhad parametrické funkce  $\tau(\theta)$  lze zkonstruovat s použitím tzv. Raovy-Blackwellovy věty. Tímto postupem byl také získán uvedený nejlepší nestranný odhad funkce spolehlivosti v nejjednodušším případě, kdy doba bezporuchové činnosti se řídí exponenciálním rozdělením (Klůfa, 1976). Jestliže však model exponenciálního rozdělení nevyhovuje, pak odhad funkce spolehlivosti pomocí Raovy-Blackwellovy věty najít nelze – např. odhad v obecnějším modelu Weibullova rozdělení (Klůfa, 1988). V těchto případech budeme bezporuchovost zemědělské techniky odhadovat metodou maximální věrohodnosti, která poskytuje odhady s příznivými asymptotickými vlastnostmi (Machek, 1966), tj. odhady, které jsou při velkém rozsahu výběru  $n$  velmi kvalitní. Protože však nalezení maximálně věrohodného odhadu často naráží na numerické potíže – např. odhad funkce spolehlivosti v modelu Weibullova rozdělení (Klůfa, 1988), doplňuje se zpravidla tento postup ještě o tzv. momentovou metodu. Momentová metoda však mnohdy poskytuje odhady, které nejsou příliš kvalitní (někdy se používají jako počáteční aproximace pro iterační metody).

Metoda maximální věrohodnosti spočívá v tom, že se za odhad parametru (resp. vektoru parametrů)  $\theta$  zvolí  $\hat{\theta}$ , které při daných hodnotách  $x_1, \dots, x_n$  maximalizuje tzv. logaritmicou funkci věrohodnosti

$$\ln L(\theta) = \sum_{i=1}^n \ln f(x_i, \theta). \quad (4)$$

Získáme-li  $\hat{\theta}$ , pak maximálně věrohodným odhadem parametrické funkce  $\tau(\theta)$  je statistika  $\tau(\hat{\theta})$ .

Momentová metoda spočívá v tom, že se za odhad parametru  $\Theta = (\Theta_1, \Theta_2)$  zvolí  $\hat{\Theta} = (\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2)$ , které je řešením soustavy rovnic\*)

$$\begin{aligned}\mu'_1(\Theta_1, \Theta_2) &= m'_1, \\ \mu'_2(\Theta_1, \Theta_2) &= m'_2,\end{aligned}\quad (5)$$

kde  $\mu'_1, \mu'_2$  – tzv. obecné momenty náhodné veličiny  $X$  ( $\mu'_k = E(X^k)$  pro  $k = 1, 2, \dots$ )

$m'_1, m'_2$  – tzv. výběrové obecné momenty ( $m'_k = \sum_{i=1}^n x_i^k$ ).

Tyto momenty se určí z náhodného výběru  $x_1, \dots, x_n$ . Momentovým odhadem parametrické funkce  $\tau(\Theta)$  je analogická statistika  $\tau(\hat{\Theta})$ .

## ODHAD FUNKCE SPOLEHLIVOSTI V MODELU GAMA ROZDĚLENÍ

Nyní budeme předpokládat, že doba bezporuchové činnosti prvku  $X$  je náhodná veličina, která se řídí rozdělením gama. V případech, kdy model gama rozdělení nevyhovuje, byl odhad funkce spolehlivosti  $R$  popsán v předchozích pracích – exponenciální rozdělení (Klůfa, 1976), Weibullovo rozdělení (Klůfa, 1988), logaritmicko-normální rozdělení (Klůfa, 1990).

Hustota pravděpodobnosti gama rozdělení s parametry  $m > 0$  a  $\Theta > 0$  je

$$f(x) = \frac{x^{m-1}}{\Theta^m \cdot \Gamma(m)} \exp\left(-\frac{x}{\Theta}\right) \quad \text{pro } x > 0 \quad (6)$$

$$f(x) = 0 \quad \text{pro } x \leq 0$$

kde:  $\Gamma$  – tzv. gama funkce, definovaná pro  $m > 0$  vztahem

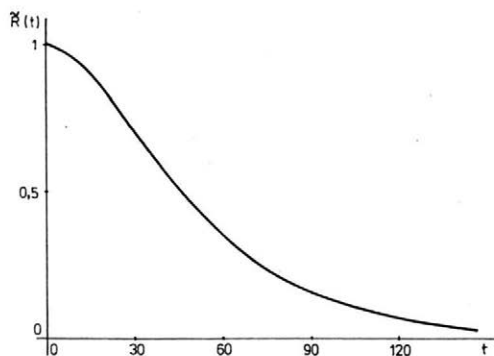
$$\Gamma(m) = \int_0^\infty x^{m-1} e^{-x} dx. \quad (7)$$

Integrací *per partes* a matematickou indukci se snadno přesvědčíme, že pro všechna přirozená čísla  $m$  platí  $\Gamma(m) = (m-1)!$ , takže gama funkci lze v tomto smyslu považovat za zobecnění pojmu faktoriál. Další hodnoty funkce gama se získají numerickou integrací. Protože funkce gama se velmi často užívá v technických aplikacích, jsou její hodnoty tabelovány (např. tab. III v práci autorů Klůfa et al., 1984). Funkce gama je spojitá v intervalu  $(0, \infty)$ , její graf je uveden na obr. 2. Kromě gama funkce se užívá i tzv. neúplná gama funkce  $\Gamma^*$ , definovaná pro  $m > 0$  a  $\lambda > 0$  vztahem

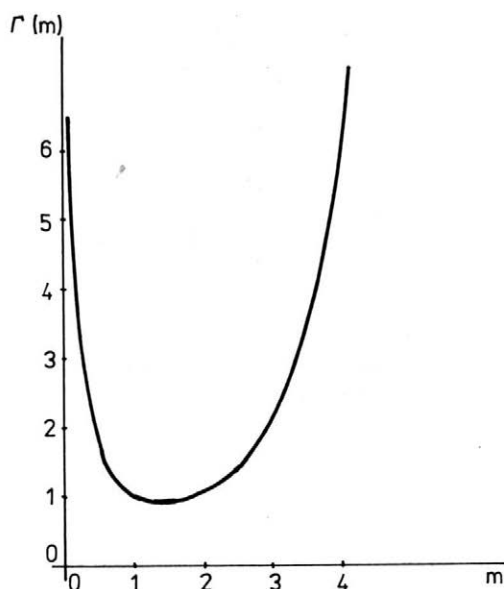
$$\Gamma^*(m, \lambda) = \frac{1}{\Gamma(m)} \int_0^\lambda x^{m-1} e^{-x} dx. \quad (8)$$

Neúplná gama funkce je rovněž tabelována.

\*) V případě jediného parametru  $\Theta$  řešením první rovnice soustavy (5), v případě více než dvou parametrů se soustava (5) příslušným způsobem rozšíří.



3. Graf závislosti spolehlivosti na čase – A graph of the dependence of reliability on time



2. Graf funkce gama – A graph of gamma function

Funkce spolehlivosti má v modelu gama rozdělení s použitím (1) a substituce  $y = x/\theta$  pro  $t > 0$  tvar

$$\begin{aligned} R(t) &= \int_t^\infty \frac{x^{m-1}}{\theta^m \Gamma(m)} \exp\left(-\frac{x}{\theta}\right) dx = \frac{1}{\Gamma(m)} \int_{t/\theta}^\infty y^{m-1} \cdot e^{-y} dy = \\ &= 1 - \frac{1}{\Gamma(m)} \int_0^{t/\theta} y^{m-1} e^{-y} dy = 1 - \Gamma^*\left(m, \frac{t}{\theta}\right). \end{aligned} \quad (9)$$

Jestliže  $m$  je přirozené číslo, pak se dá opakovanou integrací *per partes* zjistit, že vztah (9) pro funkci spolehlivosti lze přepsat na tvar ( $t > 0$ )

$$R(t) = \sum_{j=0}^{m-1} \frac{1}{j!} \cdot \left(\frac{t}{\theta}\right)^j \cdot \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right), \quad (10)$$

který můžeme bez potíží vyčíslit \*)

Funkce spolehlivosti  $R(t) = 1 - \Gamma^*\left(m, \frac{t}{\theta}\right) \stackrel{\text{ozn.}}{=} \tau(m, \theta)$  je parametrická funkce, jejíž hodnotu, vzhledem k neznámým hodnotám parametrů  $m$  a  $\theta$ , neznáme. Budeme ji proto odhadovat na základě náhodného výběru  $x_1, \dots, x_n$ . K odhadu aplikujeme metodu maximální věrohodnosti a momentovou metodu.

#### Metoda maximální věrohodnosti

Logaritmická funkce věrohodnosti je s použitím (4) a (6)

$$\ln L(m, \theta) = (m-1) \cdot \sum_{i=1}^n \ln x_i - n \cdot m \cdot \ln \theta - n \cdot \ln \Gamma(m) - \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^n x_i \quad (11)$$

\*) K vyčíslení (10) můžeme také použít běžně dostupné tabulky Poissonova rozdělení; parametr Poissonova rozdělení  $\lambda = t/\theta$  – viz. např. tab. III v práci autorů Klůf a Havlíček (1981).



Její parciální derivace podle  $m$  a  $\Theta$  jsou

$$\begin{aligned}\partial_m \ln L(m, \Theta) &= \sum_{i=1}^n \ln x_i - n \cdot \ln \Theta - n \cdot \frac{\Gamma'(m)}{\Gamma(m)} \\ \partial_\Theta \ln L(m, \Theta) &= -\frac{n \cdot m}{\Theta} + \frac{1}{\Theta^2} \sum_{i=1}^n x_i\end{aligned}\quad (12)$$

pro všechna  $m > 0$  a  $\Theta > 0$ . Maximálně věrohodné odhady  $\hat{m}$  a  $\hat{\Theta}$  určíme řešením tzv. soustavy rovnic věrohodnosti (parciální derivace (12) položíme rovny nule), která má po úpravách tvar

$$\begin{aligned}\overline{\ln x} - \ln \Theta - \frac{\Gamma'(m)}{\Gamma(m)} &= 0 \\ -m \cdot \Theta + \bar{x} &= 0\end{aligned}\quad (13)$$

V této soustavě jsme použili značení (aritmetický průměr)

$$\overline{\ln x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i, \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Soustavu (13) pro neznámé  $m$  a  $\Theta$  řešíme tak, že z druhé rovnice soustavy vypočteme  $\Theta = \bar{x}/m$  a dosadíme do první. Po úpravách máme

$$\ln m - \frac{\Gamma'(m)}{\Gamma(m)} = \ln \bar{x} - \overline{\ln x} \quad (14)$$

To je rovnice pro jednu neznámou  $m$  kterou je třeba řešit numericky (pravou stranu rovnice vyčíslíme z náhodného výběru). Derivace funkce gama existuje pro všechna  $m > 0$  a je rovna (lze derivovat za znakem integrálu)

$$\Gamma'(m) = \int_0^\infty x^{m-1} \cdot e^{-x} \cdot \ln x \, dx \quad (15)$$

Přibližné řešení rovnice (14) můžeme také nalézt s použitím speciálních tabulek, resp. v případě potřeby si bez potíží vhodné tabulky sestavíme (např. pomocí numerické integrace tabelujeme pro  $m > 0$  hodnoty levé strany rovnice (14), která závisí jenom na  $m$ ).

Získáme-li řešení rovnice (14) – označme jej  $\hat{m}$ , pak druhou neznámou v soustavě rovnic věrohodnosti (13) určíme ze vztahu

$$\hat{\Theta} = \frac{\bar{x}}{\hat{m}} \quad (16)$$

(řešení  $\hat{m}$  a  $\hat{\Theta}$  je jednoznačné a dá se dokázat, že pro  $\hat{m}$  a  $\hat{\Theta}$  má logaritmická funkce věrohodnosti maximální hodnotu).

**Z á v ě r:** Maximálně věrohodným odhadem funkce spolehlivosti  $R(t) = 1 - \Gamma^*\left(m, \frac{t}{\theta}\right)$  v modelu gama rozdělení je statistika

$$1 - \Gamma^*\left(\hat{m}, \frac{t}{\hat{\theta}}\right) \stackrel{ozn.}{=} \hat{R}(t), \quad (17)$$

kde  $\Gamma^*$  – neúplná  $\gamma$  funkce  
 $\hat{m}, \hat{\theta}$  – maximálně věrohodné odhady parametrů gama rozdělení

### Momentová metoda

Střední hodnota gama rozdělení s hustotou (6) je

$$E(X) = \int_0^\infty x \cdot f(x) dx = \frac{1}{\Gamma(m)} \int_0^\infty \left(\frac{x}{\theta}\right)^m \exp\left(-\frac{x}{\theta}\right) dx = \theta \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma(m)} = \theta \cdot m$$

kde jsme použili substituci  $y = x/\theta$  a vztah  $\Gamma(m+1) = m \cdot \Gamma(m)$ , který obdržíme integrací *per partes*. První obecný moment gama rozdělení tedy je

$$\mu'_1(m, \theta) = \theta \cdot m$$

a analogicky lze najít druhý obecný moment

$$\mu'_2(m, \theta) = \theta^2 \cdot m(m+1)$$

Momentové odhady  $\tilde{m}$  a  $\tilde{\theta}$  určíme řešením soustavy (5), která má v modelu gama rozdělení tvar

$$\begin{aligned} \theta \cdot m &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ \theta^2 m(m+1) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{aligned} \quad (18)$$

Soustavu rovnic (18) pro neznámé  $m$  a  $\theta$  řešíme tak, že z první rovnice vypočteme  $\theta = \bar{x}/m$  a dosadíme do druhé. Po úpravách nakonec dostaneme

$$\tilde{m} = \frac{\bar{x}^2}{s^2}, \quad \tilde{\theta} = \frac{s^2}{\bar{x}} \quad (19)$$

kde:  $\bar{x}$  – shora uvedený výběrový aritmetický průměr a

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2$$

je výběrový rozptyl.

**Z á v ě r:** Momentovým odhadem funkce spolehlivosti  $R(t) = 1 - \Gamma^*(m, \frac{t}{\hat{\theta}})$  v modelu gama rozdělení je statistika

$$1 - \Gamma^*\left(\frac{\bar{x}^2}{s^2}, \frac{\bar{x}}{s^2}t\right) \stackrel{ozn.}{=} \bar{R}(t) \quad (20)$$

kde:  $\Gamma^*$  – neúplná gama funkce definovaná vztahem (8).

Postup při odhadu funkce spolehlivosti v modelu gama rozdělení ilustrujeme na konkrétním příkladu.

## PŘÍKLAD ODHADU FUNKCE SPOLEHLIVOSTI

Předpokládejme, že odhadujeme funkci spolehlivosti u zemědělského stroje (resp. součásti), o kterém ze zkušenosti víme, že jeho doba bezporuchové činnosti se řídí gama rozdělením. Náhodně vyberem např.  $n = 10$  těchto strojů a sledujeme jejich činnost (v našem ilustračním příkladu jsme zvolili rozsah výběru  $n$  pouze 10, jinak je pochopitelně z hlediska kvality odhadu žádoucí zvolit rozsah výběru  $n$  co největší). Takto získáme např. tyto doby bezporuchové činnosti:  $x_1 = 76, x_2 = 5, x_3 = 70, x_4 = 24, x_5 = 136, x_6 = 40, x_7 = 52, x_8 = 37, x_9 = 101, x_{10} = 14$ .

### Odhad metodou maximální věrohodnosti

Z náhodného výběru vypočteme aritmetický průměr  $\bar{x} = 555/10 = 55,5$  a  $\ln \bar{x} = 4,016383$ . Dále určíme  $\ln x = 36,784592/10 = 3,6784592$ . Rovnice (14) má pak tvar

$$\ln m - \frac{\Gamma'(m)}{\Gamma(m)} = 0,3379. \quad (21)$$

Tuto rovnici vyřešíme numericky (s použitím numerické integrace např. metodou půlení intervalů), nebo pomocí speciálních tabulek. Jestliže  $\hat{m}$  je řešením rovnice (21), pak  $\hat{\theta}$  vypočteme podle (16) ze vztahu

$$\hat{\theta} = 55,5/\hat{m}.$$

Maximálně věrohodný odhad funkce spolehlivosti sledovaného zemědělského stroje je podle (17)

$$\hat{R}(t) = 1 - \Gamma^*\left(\hat{m}; \frac{\hat{m}}{55,5}t\right) \quad (22)$$

(postup jsme jen naznačili, nemáme-li k dispozici vhodné tabulky, nelze se obejít bez výpočetní techniky).

### Odhad momentovou metodou

Odhad funkce spolehlivosti momentovou metodou je oproti předchozímu podstatně jednodušší. Z náhodného výběru vypočteme

$$s^2 = \frac{1}{10} \cdot 45843 - 55,5^2 = 1504,05$$

Momentové odhady parametru gama rozdělení jsou podle (19)

$$\bar{m} = 55,5^2 / 1504,05 = 2,048$$

$$\bar{\theta} = 1504,05 / 55,5 = 27,1$$

Momentovým odhadem funkce spolehlivosti sledovaného zemědělského stroje je podle (20)

$$\bar{R}(t) = 1 - \Gamma^*(2,048; 0,037t) \quad (23)$$

K vyčíslení odhadu  $\bar{R}(t)$  pravděpodobnosti bezporuchové činnosti stroje po dobu  $t$  pro různá kladná  $t$  podle vztahu (23) potřebujeme tabulky neúplné gama funkce nebo odpovídající výpočetní techniku (numerická integrace), neboť podle (8) je

$$\Gamma^*(2,048; 0,037t) = \frac{1}{\Gamma(2,048)} \int_0^{0,037t} x^{1,048} \cdot e^{-x} dx$$

Pokud bychom zvolili  $\bar{m} \doteq 2$ , pak vztah (23) se dá podle (10) upravit na tvar

$$R(t) \doteq \sum_{j=0}^1 \frac{1}{j!} (0,037 \cdot t)^j \cdot \exp(-0,037 \cdot t) = e^{-0,037t} (1 + 0,037t) \quad (24)$$

Ze vztahu (24) nyní můžeme bez potíží pro různé kladné hodnoty  $t$  určit momentový odhad  $\bar{R}(t)$  (popř. graf funkce  $\bar{R}$  – obr. 3):

|        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $t$    | 10     | 20     | 30     | 40     | 50     | 60     | 70     |
| $R(t)$ | 0,9463 | 0,8302 | 0,6954 | 0,5645 | 0,4481 | 0,3497 | 0,2693 |
| $t$    | 80     | 90     | 100    | 110    | 120    | 130    | 150    |
| $R(t)$ | 0,2052 | 0,1550 | 0,1162 | 0,0866 | 0,0642 | 0,0473 | 0,0255 |

Odtud např. stroj bude pracovat bez poruchy alespoň po dobu  $t = 80$  s pravděpodobností přibližně rovnou jedné pětině (podíl strojů, které se po dobu  $t = 80$  neporouchají, bude kolísat kolem 20,5 %).

## ZÁVĚR

Speciálním případem gama rozdělení s parametrem  $m = 1$  je rozdělení exponenciální, které dobře popisuje rozdělení doby bezporuchové činnosti prvků, u kterých dochází k poruše ze zcela náhodných příčin a nikoli zákonitě v důsledku mechanického opotřebení, únavy materiálu apod. (např. elektronické prvky). V takovém případě má funkce spolehlivosti tvar (2) a existuje její nejlepší nestraný odhad, který je dán vztahem (3). Tento odhad lze z náhodného výběru  $x_1, \dots, x_n$  bez potíží vyčíslit (není nutné aplikovat numerické metody).

U prvků (zemědělských strojů, zařízení a jejich součástí), u kterých dochází k poruchám v důsledku mechanického opotřebení, únavy materiálu apod., se doba bezporuchové činnosti zpravidla řídí Weibullovým rozdělením (např. valivá ložiska) a někdy také gama rozdělením. Odhad funkce spolehlivosti v modelu Weibullova rozdělení byl popsán v naší předchozí práci (Klůfa, 1988). V této práci byl nalezen odhad funkce spolehlivosti v modelu gama rozdělení.

K odhadu funkce spolehlivosti  $R(t)$  v případě, že doba bezporuchové činnosti prvku má gama rozdělení, jsme použili metodu maximální věrohodnosti. Protože odhad touto metodou je numericky náročný (numerické řešení rovnice o jedné neznámé, numerická integrace), doplnili jsme jej také o jednodušší odhad momentovou metodou. Jsme-li schopni nalézt (v současné době je potřebná výpočetní technika dostupná) jak momentový odhad, tak odhad metodou maximální věrohodnosti, dáme vždy přednost maximálně věrohodnému odhadu funkce spolehlivosti.

## Literatura

- KLŮFA, J.: Bodový odhad a jeho aplikace v zemědělské praxi. Zeměd. Techn., 22, 1976, č. 8, s. 477–485.
- KLŮFA, J.: Maximálně věrohodné a momentové odhady spolehlivosti zemědělské techniky. Zeměd. Techn., 34, 1988, č. 9, s. 525–531.
- KLŮFA, J.: Odhad parametrů logaritmicko-normálního modelu spolehlivosti zemědělské techniky. Zeměd. Techn., 36, 1990, č. 3, s. 141–149.
- KLŮFA, J. – HAVLÍČEK, J.: Cvičení ze statistiky a matematických metod. [Skripta pro obor mechanizace zemědělství VŠZ.] Praha, Vysoká škola zemědělská 1981.
- KLŮFA, J. – KÁBA, B. – HAVLÍČEK, J.: Statistika a matematické metody. [Skripta pro obor mechanizace zemědělství VŠZ.] Praha, Vysoká škola zemědělská 1984.
- MACHEK, J.: Teorie odhadu. [Skripta MFF UK.] Praha, SPN 1966.

Došlo dne 24. 1. 1990

KLŮFA, J. (Prague School of Economics, Praha): *Application of the theory of point estimate to an estimate of inherent reliability of farm machines in the gamma distribution model*. Zeměd. Techn., 36, 1991 (1): 9–18.

In the present paper methods of the theory of point estimate were used for an estimate of the inherent reliability function in those farm machines where it can be assumed that the time of their inherent reliability has the gamma distribution. The estimate is simple in the case of the exponential distribution; this is a special case of the gamma distribution. In the other cases the estimate was found by the method of maximum likelihood. This is a numerically laborious method, and this is the reason why a simpler estimate by the method of moments was also used. In the final part of the paper a concrete example is described to illustrate the two methods.

inherent reliability of farm machines; gamma distribution; function of inherent reliability; estimate by the method of maximum likelihood and by the method of moments; aspects of application

---

Adresa autora:

RNDr. Jindřich Klůfa, CSc., Vysoká škola ekonomická, náměstí W. Churchilla 4, 130 67 Praha 3

---

# URČOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH UKAZATELŮ BEZPORUCHOVOSTI TRAKTORŮ ZETOR UŘ A JEJICH HLAVNÍCH MONTÁŽNÍCH SKUPIN

M. Breš

---

BREŠ, M. (Vysoká škola zemědělská, Brno): *Určování základních ukazatelů bezporuchovosti traktorů Zetor UŘ a jejich hlavních montážních skupin*. Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 19–30.

Bezporuchovost patří mezi nejdůležitější vlastnosti charakterizující spolehlivost a jakost traktorů. Základním ukazatelem bezporuchovosti je pravděpodobnost bezporuchového provozu. Abychom mohli dosahovat zvýšení hodnot tohoto ukazatele a traktoru jako celku, musíme v první řadě určit pravděpodobnost bezporuchového provozu jeho jednotlivých montážních skupin. Na základě rozboru dosažených výsledků je třeba provést vhodná opatření ke zlepšení sledovaného ukazatele u nejhorších montážních skupin, čímž se dosáhne zvýšení pravděpodobnosti bezporuchového provozu celého traktoru. V práci je uvedena metodika stanovení pravděpodobnosti bezporuchového provozu jednotlivých montážních skupin traktoru. Metodiku lze použít pro stanovení uvedeného ukazatele u libovolně konstrukčně složitých strojů a zařízení.

bezporuchovost; pravděpodobnost bezporuchového provozu; montážní skupina

---

Zabezpečení bezporuchového provozu zemědělské techniky se stává klíčovým problémem nejen uživatelů, ale také výrobců.

Provozní spolehlivost stroje je jednou z nejdůležitějších vlastností jakosti stroje a vyjadřuje jeho schopnost zachovat si po stanovenou dobu své funkční vlastnosti a charakteristiky vyjádřené v technických podmínkách dodávky. Tato schopnost závisí na jakosti vlastní konstrukce včetně jakosti konstrukce jednotlivých montážních skupin, výroby a montáže, na zachování provozních podmínek, pro které byl stroj navržen a konstruován na jedné straně, a na druhé straně závisí také na dodržování předpisu pro jeho obsluhu, údržbu a opravy ze strany uživatelů a opravárenských, případně servisních organizací.

Problematikou provozní spolehlivosti se zabývají v současné době výrobci zemědělských strojů a zejména traktorů na celém světě.

V Československu výrobce traktorů k. p. Agrozet Zetor Brno ve spolupráci s katedrou energetiky Vysoké školy zemědělské v Brně již řadu let buduje jednotný systém sběru a zpracování informací o provozní spolehlivosti vyráběných traktorů.

Vyhodnocování a stanovení číselných hodnot ukazatelů provozní spolehlivosti traktorů není samoučelnou činností. Znalost ukazatelů má zásadní význam při porovnávání různých typů traktorů různých výrobců nebo při porovnávání modernizovaných traktorů s dříve vyráběnými. Nezanedbatelný význam mají sledované ukazatele provozní spolehlivosti při hodnocení nápravných či zlepšovacích opatření, jejichž cílem je právě zvýšení spolehlivosti traktorů.

Mezi základní ukazatele charakterizující spolehlivost patří ukazatele bezporuchovosti a zejména pravděpodobnost bezporuchového provozu. Je nutné zde poznamenat, že do popředí se dostává požadavek znalosti nejen pravděpodobnosti bezporuchového provozu traktoru jako celku, ale rovněž znalost pravděpodobnosti bezporuchového provozu jeho hlavních a základních montážních skupin.

V československém zemědělství traktory představují převážnou část mobilních energetických prostředků a náklady spojené se zakoupením a jejich provozem jsou značné. Je proto důležité zajistit co nejefektivnější využití traktorů, tzn. dosáhnout optimální výkonnosti s minimálními náklady. Využití traktorů při současné minimalizaci provozních nákladů je v převážné míře ovlivňováno jejich spolehlivostí.

Odtud vyplývá rovněž stoupající zájem uživatelů o sledování a vyhodnocování ukazatelů provozní spolehlivosti obhospodařované zemědělské techniky.

Cílem tohoto článku je seznámení široké odborné veřejnosti a zájemců s postupem vyhodnocování a stanovení číselných hodnot pravděpodobnosti bezporuchového provozu hlavních montážních skupin traktoru v závislosti na traktoru jako celku.

## MATERIÁL A METODY

Přijatý systém sledování provozní spolehlivosti traktorů Zetor UŘ I umožňuje rozřídění poruch do jednotlivých intervalů podle doby jejich výskytu, jakož i rozřídění podle hlavních montážních skupin. Umožňuje to stanovení ukazatelů provozní spolehlivosti nejen pro jednotlivé traktory, ale rovněž pro jejich montážní skupiny.

Stanovení množství ukazatelů spolehlivosti závisí na konstrukci stroje, podmínkách exploatace, zkušebním plánu, atd. Počet ukazatelů není konstantní, ale může se měnit v závislosti na podmínkách v širokém rozsahu. Dosavadní průběh spolehlivostních zkoušek prováděných katedrou energetiky VŠZ v Brně podle ČSN 01 0611 odpovídá zkušebním plánům  $n, M, t$  a  $n, M, r$ , jejichž podstatou je, že se zkoušky ukončí buď při výskytu určitého počtu poruch ( $r$ ), nebo po uplynutí určité doby trvání zkoušek ( $t$ ). Veškeré poruchy, které vzniknou během provozu u sledovaných traktorů, se odstraňují, nebo poškozené části se vyměňují, takže původní počet ( $n$ ) sledovaných traktorů (prvků), zůstává nezměněný. Symbol  $M$  znamená výrobky opravitelné. Zavedením skupinového třídění poruch do intervalů uvedené zkušební plány splývají, a lze použít jednotný výpočetní postup.

Ke stanovení číselných hodnot ukazatelů je jako teoretický model používáno dvouparametrické Weibullovo rozdělení. Toto rozdělení je zejména vhodné ke stanovení střední doby mezi poruchami, střední doby trvání oprav, a ke stanovení ukazatele pravděpodobnosti bezporuchového provozu a gamaprocentního technického života (K o v á ř, B r e š, 1989).

Pro získání prvotních údajů o provozu traktoru je na traktorech kromě počítadla motohodin zabudován tachograf a hodiny zaznamenávající čas práce motoru. (Hodiny se uvádějí do chodu spouštěním motoru.) Dále je zabudován palivoměr. Tachograf zaznamenává změnu otáček a kromě toho traktorista zaznamenává na tachografickém kotouči pomocí záseků, které vznikají otevřením a zavřením víčka tachografu, začátek a konec pracovní směny, začátek a konec denního ošetření a v případě vzniku poruchy, kterou odstraňuje během pracovní směny, také začátek a konec doby trvání poruchy. Údaje jednotlivých zabudovaných přístrojů zaznamenává řidič do Výkazu práce traktoru za směnu, kam rovněž zaznamenává podmínky provozu a všechny druhy dob trvání prostojů. V případě poruchy uvádí řidič popis a projev poruchy. Mechanizátor družstva na základě denního výkazu vyplňuje tzv. týdenní výkaz práce, ve kterém uvádí příčinu poruchy, katalogové číslo opravované součástky a způsob opravy. Všechny údaje uvedené v denním a týdenním výkazu práce, týkající se provozu a provozní spolehlivosti jednotlivých traktorů, jsou pak zaznamenávány na počítači. Sestavený program evidence o provozu traktoru umožňuje výpis potřebných údajů vztahujících se k celému traktoru nebo pouze k jednotlivým montážním skupinám.

Použitý postup sledování a stanovení číselných hodnot ukazatelů bezporuchovosti umožňuje jejich vyhodnocování jak pro celé soubory, tak pro jednotlivé traktory a jejich montážní skupiny.



Další část příspěvku je věnována problematice vyhodnocení pravděpodobnosti bezporuchového provozu hlavních montážních skupin traktoru.

V případě použití zvoleného teoretického modelu lze konstatovat, že náhodná veličina bude mít Weibullovo rozdělení v případě, že distribuční funkce má tvar

$$F(t) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{t}{a} \right)^b \right], \quad (1)$$

kde:  $a$  – parametr měřítka

$b$  – parametr tvaru Weibullova rozdělení.

Pravděpodobnost bezporuchového provozu určíme podle vztahu

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2)$$

Základem výpočtu podle uvedeného rozdělení je stanovení číselných hodnot bodových odhadů parametrů  $a$  a  $b$ .

Bodový odhad parametru  $b$  Weibullova rozdělení provádíme řešením Newtonovou iterační metodou funkce

$$\left( \frac{m}{b} + \sum_{i=1}^k n_i \cdot \ln t_i \right) \cdot \sum_{i=1}^k n_i \cdot t_i^b - m \cdot \sum_{i=1}^k n_i \cdot t_i^b \cdot \ln t_i = 0 \quad (3)$$

kde:  $k$  – počet intervalů

$n_i$  – četnost  $i$ -tého intervalu

$t_i$  – střed  $i$ -tého intervalu

$m$  – celkový počet výskytu náhodného jevu

Bodový odhad parametru  $a$  Weibullova rozdělení stanovíme podle vztahu:

$$a = \left( \frac{\sum_{i=1}^k n_i \cdot t_i^b}{m} \right)^{\frac{1}{b}} \quad (4)$$

Předložené vztahy (3) a (4) ve srovnání s normou ČSN 01 0611 jsou nepatrně pozměněny, neboť při výpočtu uvažujeme intervalové třídění poruch.

Při vyhodnocení pravděpodobnosti bezporuchového provozu celého traktoru podle zvoleného modelu nevznikají větší potíže, je třeba znát celkový počet poruch za sledované období a jejich četnost v jednotlivých intervalech.

V případě stanovení číselných hodnot uvedeného ukazatele pro jednotlivé montážní skupiny traktoru je třeba provést následující rozvahu:

Určíme  $n$  montážních skupin tvořících traktor a označíme jejich pravděpodobnosti bezporuchového provozu jako  $R_1(t)$ ,  $R_2(t)$  až  $R_n(t)$ . Nastane-li porucha v kterékoli montážní skupině, dojde k zastavení provozu celého traktoru. Z toho vyplývá, že traktor můžeme považovat za systém se sériovým uspořádáním prvků, jehož činnost je podmíněna současnou činností všech jeho prvků. Pak můžeme spolehlivost  $R(t)$  takového systému o  $n$ -prvcích spojených sériově vyjádřit vztahem:

$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot \dots \cdot R_n(t) \quad (5)$$

Při přímém určování číselných hodnot pravděpodobnosti bezporuchového provozu jednotlivých montážních skupin je třeba přiřadit těmto skupinám poruchy podle doby výskytu. Dále pak stanovíme doby mezi poruchami v jednotlivých skupinách a pro výpočet použijeme dříve uvedený teoretický model.

Pravděpodobnost bezporuchového provozu celého traktoru stanovená podle vztahu (5) se však může méně či více lišit od hodnot tohoto ukazatele stanovených podle vztahu (2).

Přiblížení výsledků získaných podle vztahu (5) a (2) dosáhneme použitím tzv. korekčního výpočtu, který provádíme vhodnou úpravou vztahu (5). Díky této úpravě získáme soustavu  $n$ -rovníc, z kterých lze určit spolehlivost jednotlivých skupin.

$$\begin{aligned} R(t) &= R_1(t) \cdot R_A(t) \\ R(t) &= R_2(t) \cdot R_B(t) \\ &\vdots \\ R(t) &= R_n(t) \cdot R_N(t) \end{aligned} \quad (6)$$

kde:  $R_A(t), R_B(t)$  až  $R_N(t)$  – pravděpodobnost bezporuchového provozu traktoru stanovená bez uvažování poruch montážní skupiny, pro kterou číselnou hodnotu uvedeného ukazatele určíme

Vyhodnocení provádíme na základě skutečnosti, že pravděpodobnost určitého jevu (poruchy) se definuje jako poměr případů příznivých k počtu případů možných (H a v l í č e k, 1983).

V případě stanovení číselných hodnot  $R_A(t)$ ,  $R_B(t)$  až  $R_N(t)$  všechny poruchy traktoru, kromě poruch uvažované montážní skupiny, roztrídíme do příslušných intervalů podle doby jejich výskytu. To znamená, že výpočet provádíme za předpokladu, že v dané montážní skupině nenastala žádná porucha.

Po určení hodnot pravděpodobnosti bezporuchového provozu  $R_A(t)$ ,  $R_B(t)$  až  $R_N(t)$  stanovíme spolehlivost celého traktoru.

Abychom mohli provést výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu celého traktoru v závislosti na stanovených hodnotách  $R_A(t)$ ,  $R_B(t)$  až  $R_N(t)$ , sestavíme další soustavu rovnic.

Při sestavování vycházíme ze skutečnosti, že pravděpodobnosti bezporuchového provozu  $R_A(t)$ ,  $R_B(t)$  až  $R_N(t)$  lze stanovit jako součin spolehlivosti jednotlivých skupin bez uvažování jediné montážní skupiny, pro kterou zjišťujeme hodnoty pravděpodobnosti bezporuchového provozu. Tím získáme systém  $n$ -rovníc o  $n-1$  neznámých každá.

$$\begin{aligned} R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot R_4(t) \cdot \dots \cdot R_n(t) &= R_A(t) \\ R_1(t) \cdot R_3(t) \cdot R_4(t) \cdot \dots \cdot R_n(t) &= R_B(t) \\ R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_4(t) \cdot \dots \cdot R_n(t) &= R_C(t) \\ &\vdots \\ R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot \dots \cdot R_{n-1}(t) &= R_N(t) \end{aligned} \quad (7)$$

Vzájemným násobením pravých a levých stran získáme následující rovnici:

$$[R_1(t)]^{n-1} \cdot [R_2(t)]^{n-1} \cdot \dots \cdot [R_n(t)]^{n-1} = R_A(t) \cdot R_B(t) \cdot \dots \cdot R_N(t), \quad (8)$$

přičemž:

$$[R_1(t)]^{n-1} \cdot [R_2(t)]^{n-1} \cdot \dots \cdot [R_n(t)]^{n-1} = [R(t)]^{n-1}, \quad (9)$$

potom také platí:

$$[R(t)]^{n-1} = R_A(t) \cdot R_B(t) \cdot \dots \cdot R_N(t). \quad (10)$$

Rovnice (10) je konečnou rovnicí, z které určujeme pravděpodobnost bezporuchového provozu traktoru v závislosti na montážních skupinách; po úpravě tato rovnice bude mít tvar:

$$R(t) = \sqrt[n-1]{R_A(t) \cdot R_B(t) \cdot R_C(t) \cdot \dots \cdot R_N(t)} \quad (11)$$

Dosazením takto stanovené pravděpodobnosti bezporuchového provozu  $R(t)$  celého traktoru a dříve určených hodnot  $R_A(t)$ ,  $R_B(t)$  až  $R_N(t)$  do soustavy rovnic (6) vypočítáme neznámé číselné hodnoty uvedeného ukazatele montážních skupin  $R_1(t)$ ,  $R_2(t)$  až  $R_n(t)$ .

V případě traktorů Zetor UŘ I doporučujeme sledování a stanovení pravděpodobnosti bezporuchového provozu následujících montážních skupin:

- motor  $R_1(t)$
- převodové ústrojí  $R_2(t)$
- přední náprava a řízení  $R_3(t)$
- zadní náprava  $R_4(t)$
- zvedací mechanismus  $R_5(t)$
- příslušenství traktoru  $R_6(t)$

K příslušenství zařazujeme všechny ostatní poruchy, které vznikly na traktoru a které nelze zařadit přímo ke dříve uvedeným skupinám, např. poruchy systému vzduchových brzd.

Potom soustava rovnic (6) bude obsahovat šest rovnic:

$$\begin{aligned} R_1(t) \cdot R_A(t) &= R(t) \\ R_2(t) \cdot R_B(t) &= R(t) \\ R_3(t) \cdot R_C(t) &= R(t) \\ R_4(t) \cdot R_D(t) &= R(t) \\ R_5(t) \cdot R_E(t) &= R(t) \\ R_6(t) \cdot R_F(t) &= R(t) \end{aligned} \quad (12)$$

a rovnice (11) bude mít tvar

$$R(t) = \sqrt[5]{R_A(t) \cdot R_B(t) \cdot R_C(t) \cdot R_D(t) \cdot R_E(t) \cdot R_F(t)}. \quad (13)$$

Pravděpodobnosti bezporuchového provozu dříve uvedených montážních skupin určíme z upravené soustavy rovnic (12)

$$\begin{aligned} R_1(t) &= R(t) \cdot [R_A(t)]^{-1} \\ R_2(t) &= R(t) \cdot [R_B(t)]^{-1} \\ R_3(t) &= R(t) \cdot [R_C(t)]^{-1} \\ R_4(t) &= R(t) \cdot [R_D(t)]^{-1} \\ R_5(t) &= R(t) \cdot [R_E(t)]^{-1} \\ R_6(t) &= R(t) \cdot [R_F(t)]^{-1} \end{aligned} \quad (14)$$

Předložená metodika umožňuje stanovení korigovaných hodnot pravděpodobnosti bezporuchového provozu montážních skupin libovolně složitých strojních zařízení, neboť počet sledovaných skupin lze libovolně rozjemňovat a je zaručený velmi přesný výsledek.

## VÝSLEDKY

Na základě předložené metodiky byly zpracovány výsledky sledování provozní spolehlivosti traktoru Zetor 7045 výrobní číslo 4389.

Uvedený traktor pracoval v běžných provozních podmínkách v ZD Podhorácko se sídlem v Lomnici u Tišnova a sledování jeho využití a provozní spolehlivosti bylo prováděno v rámci výzkumné činnosti katedry energetiky VŠZ v Brně. Výsledky sledování provozní spolehlivosti jsou shrnuty v tab. I, v níž je udána četnost výskytu poruch u traktoru jako celku a u montážních skupin v jednotlivých intervalech doby provozu.

I. Výsledky sledování provozní spolehlivosti traktoru Zetor 7045 výrobní číslo 4389 – Results of investigation of the inherent reliability of Zetor 7045 tractor, no. 4389

| POŘ. ČÍS. | HORNÍ<br>HRANICE<br>INTERVALU<br>[Mh] | Traktor | Motor    |          | Převodové<br>ústrojí |          | Přední<br>náprava |          | Zadní<br>náprava |          | Zvedací<br>mechanismus |          | Příslušenství |          |
|-----------|---------------------------------------|---------|----------|----------|----------------------|----------|-------------------|----------|------------------|----------|------------------------|----------|---------------|----------|
|           |                                       | $n_j$   | $n_{j1}$ | $n_{jA}$ | $n_{j2}$             | $n_{jB}$ | $n_{j3}$          | $n_{jC}$ | $n_{j4}$         | $n_{jD}$ | $n_{j5}$               | $n_{jE}$ | $n_{j6}$      | $n_{jF}$ |
| 1.        | 400                                   | 10      | 2        | 8        | 1                    | 9        | 1                 | 9        | 1                | 9        | 4                      | 6        | 1             | 9        |
| 2.        | 800                                   | 7       | 2        | 5        | 1                    | 6        | 0                 | 7        | 1                | 6        | 2                      | 5        | 1             | 6        |
| 3.        | 1200                                  | 11      | 0        | 11       | 2                    | 9        | 2                 | 9        | 0                | 11       | 2                      | 9        | 5             | 6        |
| 4.        | 1600                                  | 5       | 2        | 3        | 0                    | 5        | 0                 | 5        | 0                | 5        | 1                      | 4        | 2             | 3        |
| 5.        | 2000                                  | 11      | 5        | 6        | 1                    | 10       | 2                 | 9        | 0                | 11       | 1                      | 10       | 2             | 9        |
| 6.        | 2400                                  | 2       | 0        | 2        | 0                    | 2        | 0                 | 2        | 2                | 0        | 0                      | 2        | 0             | 2        |
| 7.        | 2800                                  | 6       | 3        | 3        | 2                    | 4        | 0                 | 6        | 0                | 6        | 1                      | 5        | 0             | 6        |
| 8.        | 3200                                  | 17      | 7        | 10       | 2                    | 15       | 3                 | 14       | 1                | 16       | 1                      | 16       | 3             | 14       |
| 9.        | 3600                                  | 7       | 1        | 6        | 2                    | 5        | 1                 | 6        | 2                | 5        | 0                      | 7        | 1             | 6        |
| 10.       | 4000                                  | 10      | 3        | 7        | 0                    | 10       | 0                 | 10       | 1                | 9        | 2                      | 8        | 4             | 6        |
| 11.       | 4400                                  | 4       | 2        | 2        | 0                    | 4        | 1                 | 3        | 0                | 4        | 0                      | 4        | 1             | 3        |
| 12.       | 4800                                  | 4       | 2        | 2        | 0                    | 4        | 0                 | 4        | 0                | 4        | 0                      | 4        | 2             | 2        |
| 13.       | 5200                                  | 4       | 4        | 2        | 0                    | 6        | 0                 | 6        | 0                | 6        | 1                      | 5        | 1             | 5        |
| 14.       | 5600                                  | 1       | 0        | 1        | 0                    | 1        | 1                 | 0        | 0                | 1        | 0                      | 1        | 0             | 1        |

II. Četnost výskytu dob mezi poruchami v jednotlivých intervalech u traktoru a u jednotlivých montážních skupin – The frequency of occurrence of times between failures in individual intervals in the tractor and in individual assemblies

| POR. ČÍS. | HORNÍ<br>HRANICE<br>INTERVALU<br>[Mh] | Traktor | Motor    |          | Převodové<br>ústrojí |          | Přední<br>náprava |          | Zadní<br>náprava |          | Zvedací<br>mechanismus |          | Příslušenství |          |
|-----------|---------------------------------------|---------|----------|----------|----------------------|----------|-------------------|----------|------------------|----------|------------------------|----------|---------------|----------|
|           |                                       | $n_j$   | $n_{j1}$ | $n_{jA}$ | $n_{j2}$             | $n_{jB}$ | $n_{j3}$          | $n_{jC}$ | $n_{j4}$         | $n_{jD}$ | $n_{j5}$               | $n_{jE}$ | $n_{j6}$      | $n_{jF}$ |
| 1.        | 30                                    | 49      | 6        | 26       | 2                    | 39       | 1                 | 38       | 0                | 45       | 2                      | 39       | 2             | 32       |
| 2.        | 60                                    | 22      | 6        | 9        | 0                    | 16       | 0                 | 18       | 0                | 15       | 4                      | 10       | 2             | 15       |
| 3.        | 90                                    | 12      | 5        | 11       | 0                    | 16       | 1                 | 16       | 1                | 14       | 0                      | 16       | 2             | 11       |
| 4.        | 120                                   | 5       | 2        | 4        | 1                    | 6        | 0                 | 5        | 1                | 5        | 0                      | 7        | 4             | 2        |
| 5.        | 150                                   | 7       | 3        | 9        | 2                    | 6        | 0                 | 6        | 0                | 7        | 1                      | 6        | 0             | 10       |
| 6.        | 180                                   | 1       | 0        | 3        | 1                    | 2        | 2                 | 1        | 0                | 1        | 1                      | 1        | 2             | 2        |
| 7.        | 210                                   | 3       | 3        | 2        | 1                    | 3        | 0                 | 4        | 0                | 4        | 1                      | 5        | 0             | 3        |
| 8.        | 240                                   | 0       | 1        | 0        | 0                    | 0        | 0                 | 0        | 0                | 0        | 1                      | 0        | 0             | 1        |
| 9.        | 270                                   | 1       | 1        | 1        | 0                    | 1        | 0                 | 1        | 0                | 1        | 0                      | 1        | 2             | 0        |
| 10.       | 300                                   | 0       | 2        | 1        | 1                    | 0        | 0                 | 0        | 0                | 0        | 0                      | 0        | 3             | 0        |
| 11.       | 330                                   | 1       | 0        | 1        | 0                    | 1        | 1                 | 0        | 0                | 1        | 0                      | 1        | 3             | 1        |
| 12.       | 360                                   | 0       | 0        | 1        | 0                    | 0        | 1                 | 0        | 0                | 0        | 0                      | 0        | 2             | 0        |
| 13.       | 390                                   | 1       | 1        | 1        | 0                    | 1        | 0                 | 1        | 2                | 0        | 1                      | 1        | 0             | 1        |

V tab. II jsou uvedeny četnosti dob mezi poruchami ve zvolených intervalech a jsou opět stanoveny pro traktor jako celek a pro jednotlivé montážní skupiny, nebo pro traktor bez uvažování poruch jedné z montážních skupin. Zde je třeba upozornit, že v případě montážních skupin jsou uvedeny pouze četnosti těch dob mezi poruchami, které byly kratší než horní hranice posledního uvedeného intervalu. Při výpočtech jednotlivých ukazatelů byly však brány v úvahu všechny další doby mezi poruchami bez ohledu na jejich délku.

Tab. III a IV obsahují výsledky vyhodnocení. V tab. III jsou uvedeny výsledky vyhodnocení základních ukazatelů bezporuchovosti traktoru jako celku, stanovené tzv. přímou metodou podle Weibullova rozdělení. Je zde rovněž provedeno porovnání číselných hodnot pravděpodobnosti bezporuchového provozu  $R(t)$  traktoru stanovených podle rovnice (2) a  $R(t)\Phi$  stanovených podle rovnice (5), přičemž jednotlivé složky této rovnice byly určeny opět tzv. přímou metodou. Z porovnání vyplývají zřejmé rozdíly zvláště v prvních intervalech. Poslední sloupec této tabulky obsahuje číselné hodnoty pravděpodobnosti bezporuchového provozu uvedeného traktoru  $R(t)\Phi_k$ , určené jako součin korigovaných hodnot zmíněného ukazatele, dílčích montážních skupin stanovených podle popsaného postupu.

Z porovnání číselných hodnot ukazatele  $R(t)$  a  $R(t)\Phi_k$  vyplývá, že rozdíly jsou téměř zanedbatelné a při grafickém znázornění obě hodnoty splývají. Rozdíly jsou způsobeny zaokrouhlováním číselných hodnot při provádění matematických operací.

Tab. IV obsahuje korigované hodnoty pravděpodobnosti bezporuchového provozu montážních skupin traktoru ( $R_1(t) \dots R_6(t)$ ), stejně jako pro traktor bez uvažování poruch jedné z dříve uvedených montážních skupin ( $R_A(t) \dots R_F(t)$ ). Tato tabulka umožňuje posouzení vlivu jednotlivých montážních skupin na celkovou bezporuchovost traktoru. Vyjádříme-li pravděpodobnost bezporuchového provozu v procentech, pak lze konstatovat, že v případě, že se podaří odstranit poruchovost motoru, poroste tento ukazatel pro traktor v prvním intervalu z 60,11 % na 70,69 %. Obdobně lze stanovit vliv dalších montážních skupin.

Pro názornost výsledky výpočtů jsou graficky zobrazeny na obr. 1 a 2. Z obr. 2 vyplývá, že nejneprůzračnější průběh pravděpodobnosti bezporuchového provozu, pokud jde o montážní skupiny, byl zjištěn u motoru ( $R_1(t)$ ) a nejlepší v celém rozsahu u převodového ústrojí ( $R_2(t)$ ).

Jako další velmi důležitý ukazatel bezporuchovosti byla stanovena střední doba mezi poruchami. Pro traktor jako celek byla dosažena hodnota  $\Theta = 56,88$  Mh, pro motor  $\Theta_1 = 166,4$  Mh, pro převodové ústrojí  $\Theta_2 = 464,94$  Mh, pro přední nápravu  $\Theta_3 = 464,63$  Mh, pro zadní nápravu  $\Theta_4 = 623,58$  Mh, pro zvedací mechanismus  $\Theta_5 = 348$  Mh a pro příslušenství  $\Theta_6 = 233,56$  Mh.

## ZÁVĚR

Jedním z ukazatelů kvality strojů je jejich bezporuchovost. Zvyšování kvality vyráběných traktorů je podmíněno vyšší kvalitou jednotlivých montážních skupin. Z tohoto hlediska článek vychází vstříc požadavkům široké odborné praxe a zejména výrobce traktorů, neboť poprvé umožňuje komplexní posouzení vlivu jednotlivých montážních skupin na celkovou bezporuchovost traktoru. Výsledky

III. Výsledky vyhodnocení základních ukazatelů bezporuchovosti traktoru Zetor 7045 výrobní číslo 4389 – Results of evaluation of the basic characteristics of inherent reliability of Zetor 7045 tractor, no. 4389

| POR. ČÍS. | HORNÍ<br>HRANICE<br>INTERVALU<br>[Mh] | $\eta_j$ | $N_j$ | $f(t)$  | $\lambda(t)$ | $F(t)$ | $F'(t)$ | $R(t)\Phi$ | $R(t)$ | $R(t)\Phi_k$ |
|-----------|---------------------------------------|----------|-------|---------|--------------|--------|---------|------------|--------|--------------|
| 1.        | 30                                    | 49       | 49    | 0,01054 | 0,01754      | 0,3989 | 0,4804  | 0,5683     | 0,6011 | 0,6025       |
| 2.        | 60                                    | 22       | 71    | 0,00633 | 0,01795      | 0,6472 | 0,6961  | 0,3246     | 0,3528 | 0,3560       |
| 3.        | 90                                    | 12       | 83    | 0,00373 | 0,01819      | 0,7949 | 0,8137  | 0,1843     | 0,2051 | 0,2087       |
| 4.        | 120                                   | 5        | 88    | 0,00218 | 0,01837      | 0,8815 | 0,8627  | 0,1041     | 0,1185 | 0,1218       |
| 5.        | 150                                   | 7        | 95    | 0,00126 | 0,01851      | 0,9319 | 0,9314  | 0,0585     | 0,0682 | 0,0708       |
| 6.        | 180                                   | 1        | 96    | 0,00073 | 0,01862      | 0,9610 | 0,9412  | 0,0327     | 0,0390 | 0,0410       |
| 7.        | 210                                   | 3        | 99    | 0,00042 | 0,01872      | 0,9777 | 0,9706  | 0,0182     | 0,0223 | 0,0237       |
| 8.        | 240                                   | 0        | 99    | 0,00024 | 0,01880      | 0,9873 | 0,9706  | 0,0101     | 0,0127 | 0,0136       |
| 9.        | 270                                   | 1        | 100   | 0,00014 | 0,01888      | 0,9928 | 0,9804  | 0,0056     | 0,0072 | 0,0078       |
| 10.       | 300                                   | 0        | 100   | 0,00008 | 0,01895      | 0,9959 | 0,9804  | 0,0031     | 0,0041 | 0,0045       |
| 11.       | 330                                   | 1        | 101   | 0,00004 | 0,01901      | 0,9977 | 0,9902  | 0,0017     | 0,0023 | 0,0026       |
| 12.       | 360                                   | 0        | 101   | 0,00002 | 0,01906      | 0,9987 | 0,9902  | 0,0009     | 0,0013 | 0,0015       |
| 13.       | 390                                   | 1        | 102   | 0,00001 | 0,01911      | 0,9993 | 0,9900  | 0,0005     | 0,0007 | 0,0008       |

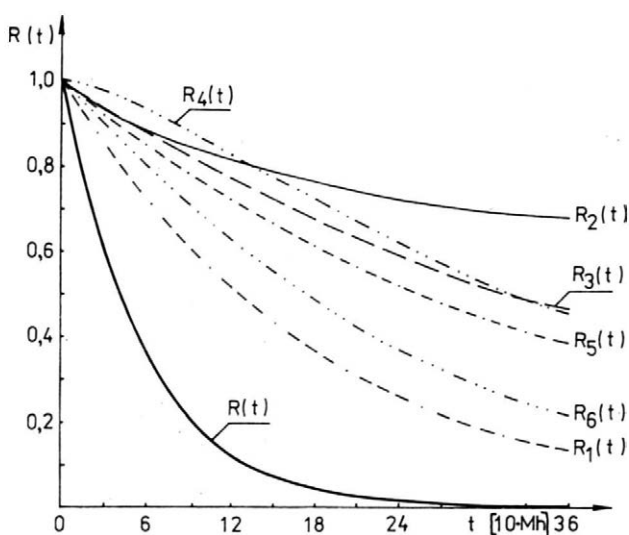
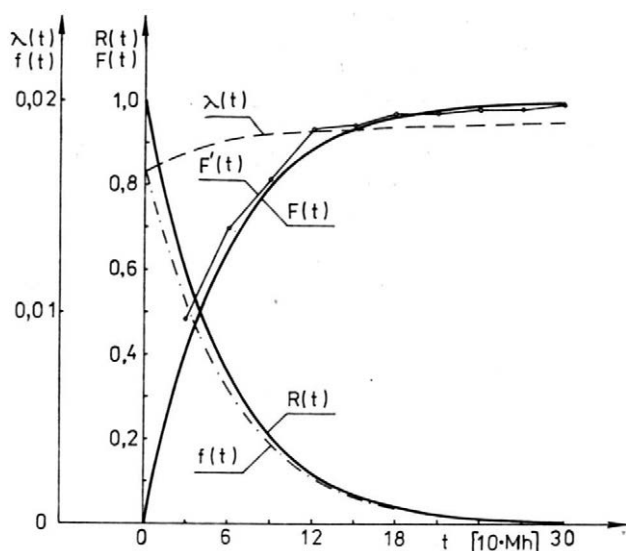


IV. Výsledky vyhodnocení pravděpodobnosti bezporuchového provozu jednotlivých montážních skupin – Results of evaluation of the probability of survival of individual assemblies

| POŘ.ČÍS. | HORNÍ<br>HRANICE<br>INTERVALU<br>[Mh] | Traktor | Motor              |                    | Převodové<br>ústrojí |                    | Přední<br>náprava  |                    | Zadní<br>náprava   |                    | Zvedací<br>mechanismus |                    | Příslušenství      |                    |
|----------|---------------------------------------|---------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|          |                                       | R(t)    | R <sub>1</sub> (t) | R <sub>A</sub> (t) | R <sub>2</sub> (t)   | R <sub>B</sub> (t) | R <sub>3</sub> (t) | R <sub>C</sub> (t) | R <sub>4</sub> (t) | R <sub>D</sub> (t) | R <sub>5</sub> (t)     | R <sub>E</sub> (t) | R <sub>6</sub> (t) | R <sub>F</sub> (t) |
| 1.       | 30                                    | 0,6011  | 0,8511             | 0,7079             | 0,9309               | 0,6472             | 0,9360             | 0,6437             | 0,9766             | 0,6169             | 0,9221                 | 0,6534             | 0,9022             | 0,6678             |
| 2.       | 60                                    | 0,3528  | 0,7217             | 0,4933             | 0,8843               | 0,4026             | 0,8766             | 0,4061             | 0,9319             | 0,3820             | 0,8500                 | 0,4188             | 0,8032             | 0,4432             |
| 3.       | 90                                    | 0,2051  | 0,6108             | 0,3417             | 0,8470               | 0,2464             | 0,8210             | 0,2542             | 0,8813             | 0,2368             | 0,7837                 | 0,2663             | 0,7112             | 0,2935             |
| 4.       | 120                                   | 0,1185  | 0,5168             | 0,2357             | 0,8164               | 0,1492             | 0,7694             | 0,1583             | 0,8286             | 0,1470             | 0,7224                 | 0,1686             | 0,6275             | 0,1941             |
| 5.       | 150                                   | 0,0681  | 0,4368             | 0,1621             | 0,7902               | 0,0896             | 0,7282             | 0,0982             | 0,7755             | 0,0913             | 0,6660                 | 0,1063             | 0,5523             | 0,1282             |
| 6.       | 180                                   | 0,0390  | 0,3687             | 0,1112             | 0,7664               | 0,0535             | 0,6755             | 0,0161             | 0,7231             | 0,0567             | 0,6138                 | 0,0668             | 0,4846             | 0,0846             |
| 7.       | 210                                   | 0,0223  | 0,3114             | 0,0761             | 0,7476               | 0,0317             | 0,6337             | 0,0374             | 0,6714             | 0,0353             | 0,5656                 | 0,0419             | 0,4247             | 0,0558             |
| 8.       | 240                                   | 0,0127  | 0,2615             | 0,0520             | 0,7273               | 0,0187             | 0,5913             | 0,0230             | 0,6210             | 0,0219             | 0,5191                 | 0,0262             | 0,3696             | 0,0368             |
| 9.       | 270                                   | 0,0072  | 0,2197             | 0,0355             | 0,7091               | 0,0110             | 0,5532             | 0,0141             | 0,5735             | 0,0136             | 0,4756                 | 0,0164             | 0,3223             | 0,0242             |
| 10.      | 300                                   | 0,0041  | 0,1860             | 0,0242             | 0,7031               | 0,0064             | 0,5172             | 0,0087             | 0,5294             | 0,0085             | 0,4412                 | 0,0102             | 0,2830             | 0,0159             |
| 11.      | 330                                   | 0,0023  | 0,1576             | 0,0165             | 0,6842               | 0,0038             | 0,4906             | 0,0053             | 0,4906             | 0,0053             | 0,4127                 | 0,0063             | 0,2476             | 0,0105             |
| 12.      | 360                                   | 0,0013  | 0,1339             | 0,0112             | 0,6818               | 0,0022             | 0,4688             | 0,0033             | 0,4545             | 0,0032             | 0,3846                 | 0,0039             | 0,2174             | 0,0069             |

vyhodnocení sledování provozní spolehlivosti traktoru Zetor 7045 výrobní číslo 4389 plně potvrzují správnost použitého postupu určování sledovaných ukazatelů.

1. Grafické znázornění průběhu základních ukazatelů bezporuchovosti traktoru Zetor 7045 výrobní číslo 4389 – Graphical representation of the basic characteristics of inherent reliability of Zetor 7045 tractor, no. 4389



2. Zobrazení výsledků vyhodnocení pravděpodobnosti bezporuchového provozu montážních skupin traktoru – The results of evaluation of the probability of survival of tractor assemblies

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

- $a$  – parametr měřítka Weibullova rozdělení
- $b$  – parametr tvaru Weibullova rozdělení
- $f(t)$  – funkce hustoty poruch
- $F(t)$  – teoretická distribuční funkce
- $F'(t)$  – empirická distribuční funkce

|                       |                                                                                                                        |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $k$                   | – počet intervalů                                                                                                      |
| $m$                   | – celkový počet poruch                                                                                                 |
| Mh                    | – motohodina – jednotka doby provozu                                                                                   |
| $n_i$                 | – četnost $i$ -tého intervalu                                                                                          |
| $n_j$                 | – četnost výskytu daného jevu (poruch, dob mezi poruchami) u traktoru jako celku                                       |
| $N_j$                 | – kumulativní četnost výskytu daného jevu u traktoru jako celku                                                        |
| $n_{j1} \dots n_{jn}$ | – četnost výskytu daného jevu u jednotlivých montážních skupin                                                         |
| $n_{jA} \dots n_{jN}$ | – četnost výskytu daného jevu u traktoru bez uvažování poruch jedné z montážních skupin                                |
| $R(t)$                | – pravděpodobnost bezporuchového provozu traktoru jako celku podle vztahu (2)                                          |
| $R_1(t) \dots R_n(t)$ | – pravděpodobnost bezporuchového provozu jednotlivých montážních skupin traktoru                                       |
| $R_A(t) \dots R_N(t)$ | – pravděpodobnost bezporuchového provozu traktoru bez uvažování poruch jedné z montážních skupin                       |
| $R(t)\Phi$            | – pravděpodobnost bezporuchového provozu traktoru v závislosti na $R_1(t)$ až $R_n(t)$ určených přímo metodou          |
| $R(t)\Phi_k$          | – pravděpodobnost bezporuchového provozu traktoru v závislosti na $R_1(t)$ až $R_n(t)$ určených podle popsané metodiky |
| $t$                   | – doba provozu                                                                                                         |
| $t_i$                 | – střed $i$ -tého intervalu                                                                                            |
| $\lambda(t)$          | – intenzita poruch                                                                                                     |
| $\Theta$              | – střední doba mezi poruchami                                                                                          |

## Literatura

HAVLÍČEK, J. a kol.: Provozní spolehlivost strojů. Praha, SZN-1983.

KOVÁŘ, R. – BREŠ, M.: Zobecnění postupu stanovení ukazatelů bezporuchovosti a životnosti zemědělské techniky podle Weibullova rozdělení. Zeměd. Techn., 35, 1989, č. 5. s. 289–297.

ČSN 01 0611: Spolehlivost v technice, pravidla stanovení bodových a intervalových odhadů ukazatelů spolehlivosti. Parametrické odhady. 1983.

Došlo dne 14. 2. 1990

BREŠ, M. (University of Agriculture, Brno): *Determination of basic characteristics of inherent reliability of Zetor UR tractors and of their main assemblies.* Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 19–30.

Inherent reliability is one of the most important characteristics of tractor reliability and quality. Probability of survival is the basic characteristic of inherent reliability. In order to achieve better values of this characteristic and of the tractor as a whole, first of all probability of survival of individual assemblies must be determined. Analyzing available results, suitable measures should be taken that will improve this characteristic in the most problematic assemblies; this will in turn improve the probability of survival of the whole tractor. In the present paper methodics is described of determining the probability of survival of individual tractor assemblies. This method can be used for determination of the given characteristic of no matter how sophisticated machines and equipments.

inherent reliability; probability of survival; assembly

---

Adresa autora:

Ing. Marian Breš, CSc., Vysoká škola zemědělská, Zemědělská 1, 613 00 Brno

---

# POROVNÁNÍ ODOLNOSTI PROTI ABRAZÍVNÍMU OPOTŘEBENÍ VYBRANÝCH NÁVAROVÝCH MATERIÁLŮ

M. Brožek, A. Nováková

---

BROŽEK, M. – NOVÁKOVÁ, A. (Vysoká škola zemědělská, Praha): *Porovnání odolnosti proti abrazivnímu opotřebení vybraných návarových materiálů*. Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 31–37.

Mnohé součásti (např. nářadí na zpracování půdy) jsou v provozu intenzivně abrazivně opotřebovávány účinkem tvrdých částic. Hodnoty opotřebení se v praxi pohybují v rozmezí od několika desetin až po několik desítek mm. Vzhledem k rozsahu abrazivního opotřebení je vhodná aplikace přídavných materiálů, a to nejen při renovaci již opotřebovaných dílů, ale i při výrobě dílů nových. V práci jsou předloženy výsledky laboratorních zkoušek vybraných přídavných materiálů tuzemské i zahraniční výroby s cílem porovnat jejich odolnost proti abrazivnímu opotřebení.

odolnost materiálu; abrazivní opotřebení

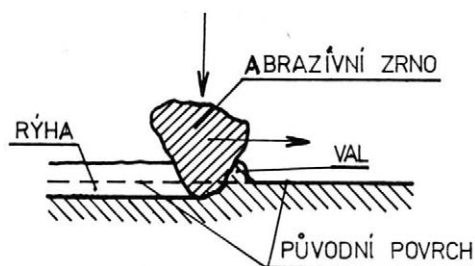
---

Opotřebení je trvale nežádoucí změna povrchu (nebo rozměrů) způsobená vzájemným působením funkčních povrchů nebo funkčního povrchu a opotřebovávajícího média. Projevuje se jako odstraňování nebo přemisťování částic z opotřebovovaného povrchu mechanickými účinky, popř. doprovázenými i jinými vlivy (např. chemickými, elektrochemickými, elektrickými). Podle ČSN 01 5050 je opotřebení rozděleno na základní druhy – adhezivní, abrazivní, erozivní, kavitační, únavové, vibrační a jiná opotřebení. Analýza opotřebení strojů a zařízení v provozu prokázala, že jednou z nejčastějších příčin malé životnosti strojů a jejich poruch je abrazivní opotřebení (V o c e l, 1978).

Abrazivní opotřebení (obr. 1) je charakterizováno oddělováním částic z opotřebovovaného povrchu, a to buď rýhováním a řezáním tvrdými částicemi, nebo rýhováním a řezáním tvrdými částicemi a drsným povrchem druhého tělesa (ČSN 01 5050). Přitom intenzita abrazivního opotřebení strojů a jejich součástí je ovlivňována mnoha faktory - např. druhem, tvrdostí a množstvím abrazivních částic (B a l l a, 1987; V o c e l, 1978), strukturou opotřebovovaného materiálu (B a l l a, 1987; S u c h á n e k, B a k u l a, 1987; V o c e l, 1978), podmínkami, při nichž opotřebení probíhá (P a n g r á c, 1987; S u c h á n e k, et al., 1984) atd.

## ZÁKLADNÍ ROVNICE ABRAZÍVNÍHO OPOTŘEBENÍ

Otěruvzdornost materiálu se obvykle stanovuje v laboratorních podmínkách. Zjištěná hodnota není materiálovou konstantou, ale je závislá na celé řadě faktorů. Přesto je laboratorně zjištěná hodnota abrazivní odolnosti užitečná pro bližší výběr materiálu pro konkrétní použití v podmínkách abrazivního opotřebení.



Za zjednodušujících podmínek byla odvozena rovnice pro výpočet opotřebovaného objemu  $W_o$  účinkem abraziva při kluzném pohybu. Platí, že (V o c e l, 1978).

$$W_o = k_{abr} \cdot \frac{F \cdot L}{\pi \cdot H}, \quad (1)$$

kde:  $F$  – síla na vzorek  
 $L$  – dráha  
 $H$  – tvrdost materiálu  
 $k_{abr}$  – koeficient.

Z rovnice (1) vyplývá, že objemový oter  $W_o$  je úměrný přítláčné síle  $F$  a celkové dráze  $L$  a nepřímo úměrný tvrdosti exponovaného povrchu  $H$ .

V odborné literatuře je dosud více uváděna závislost poměrné odolnosti proti abrazivnímu opotřebení podle Chruščova ve tvaru (V o c e l, 1978)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= b \cdot h & \dots & \text{pro čisté kovy a žháné oceli} \\ \varepsilon &= \varepsilon_0 + b_1 \cdot (H - H_o) & \dots & \text{pro tepelně zpracované oceli} \\ \varepsilon &= \text{konst.} & \dots & \text{pro povrchy zpevněné tvářením za studena} \end{aligned} \quad (2)$$

kde:  $\varepsilon$  – poměrná odolnost proti abrazivnímu opotřebení stanovená jako poměr úbytku vzorku a etanolu z cínoolovnaté slitiny  
 $H$  – tvrdost materiálu  
 $H_o$  – tvrdost materiálu v žháném stavu  
 $\varepsilon_0$  – poměrná odolnost materiálu proti abrazivnímu opotřebení v žháném stavu  
 $b, b_1$  – koeficient závislý na druhu materiálu

## MOŽNOSTI ZJIŠŤOVÁNÍ ODOLNOSTI MATERIÁLU PROTI ABRAZIVNÍMU OPOTŘEBENÍ

Metodiku zkoušek odolnosti materiálu proti různým druhům opotřebení je třeba volit se zřetelem na převládající podmínky procesu opotřebení.

Při laboratorních zkouškách lze obvykle simulovat pouze některé základní parametry. Získané výsledky je možné aplikovat až po důkladné analýze skutečných provozních podmínek. Na laboratorních přístrojích můžeme studovat vliv jednotlivých faktorů na charakter a intenzitu opotřebení. Jejich výhodou je dobrá reprodukovatelnost měření.

Provozní zkoušky umožňují sledovat a hodnotit opotřebení přímo na konkrétní součásti nebo konstrukčním uzlu. Jejich výsledky jsou však často ovlivněny proměnlivostí parametrů. Proto mají význam jen pro konkrétní výrobní zařízení nebo pro zařízení pracující v obdobných podmínkách (V e n d l, 1989).

V odborné literatuře je publikováno velké množství údajů o přístrojích na zkoušení odolnosti materiálů proti jednotlivým druhům opotřebení.

Podle podmínek v oblasti dotyku se experimentální zařízení pro zjišťování abrazivní odolnosti rozdělují na přístroje s vázanými částicemi, přístroje s volnými částicemi a přístroje s vrstvou volných částic mezi dvěma stykovými plochami.

## Přístroje s vázanými částicemi

Vázané částice se mohou vyskytovat ve formě brusného plátna nebo brusného kotouče. Přístroje s brusným plátnem se používají ke zkouškám kovových materiálů nejčastěji. Jejich předností je jednoduchost a spolehlivost. Rozptyl výsledků je relativně malý ( $\pm 5\%$ ). Nevýhodou je proměnlivá kvalita používaného brusného plátna, která musí být průběžně kontrolována etanoly. V ČSFR byla zpracována metodika zkoušek na přístrojích s brusným plátnem a s rotačním pohybem (ČSN 01 5084). Kromě přístrojů s rotačním pohybem se používají přístroje s pohybem přímočarým vratným, popř. přístroje s brusným plátnem.

Předností přístrojů s brusným kotoučem je možnost zkoušet materiály proti abrazivnímu opotřebení za vysokých teplot. Nevýhodou všech přístrojů s brusným plátnem a kotoučem je klesající abrazivita v průběhu zkoušky. Abrazivní částice se postupně opakovanými interakcemi s povrchy zkoušených vzorků otupují a vylamují a navíc se jejich povrch znečišťuje částicemi otěru. K omezení této negativní vlastnosti se přístroje s brusným plátnem obvykle konstruují tak, že zkoušený vzorek se stýká buď zcela, nebo zčásti vždy s novým nepoužitým plátnem.

## Přístroje s volnými částicemi

Přístroje s volnými částicemi lze rozdělit na přístroje s brusnou nádobou, přístroje s pružným kotoučem a přístroje bubnové.

Základem přístrojů s brusnou nádobou je zkušební nádoba s abrazivními částicemi, do které zasahují zkušební vzorky. Při vzájemném relativním pohybu vzorků a volných částic se jejich povrchy opotřebovávají. Předností těchto přístrojů je větší přiblížení se provozním podmínkám, možnost využít ke zkouškám různé druhy částic a zkoušet materiály i za vysokých teplot. Nedostatkem je postupný pokles abrazivity volných částic následkem jejich interakcí s povrchem zkušebních vzorků.

U přístrojů s pružným kotoučem vyvolávají abrazivní účinek částice sypané mezi vzorek a rotující kotouč. Modelují se tak podmínky blízké provozu strojních zařízení pracujících v zemině. Nedostatkem těchto přístrojů je snížená reprodukovatelnost výsledků zkoušek při použití nestandardního abraziva s různou velikostí částic.

Bubnové přístroje jsou velmi jednoduché a spolehlivé v provozu. Výsledky zkoušek se obvykle aplikují k hodnocení odolnosti materiálů proti opotřebení v podmínkách mletí.

## Přístroje s vrstvou částic mezi dvěma stykovými povrchy

U přístrojů s vrstvou částic mezi dvěma stykovými povrchy je obtížné dosáhnout její rovnoměrnosti. Odstraňování rozdrčených částic z pracovní oblasti a dodávka částic nových působí značné potíže.

Kromě těchto přístrojů existuje řada zkušebních zařízení poloprovozního charakteru, jako jsou laboratorní čelistové drtiče, kladivové mlýny apod.

## STANOVENÍ ODOLNOSTI KOVOVÝCH MATERIÁLŮ PROTI ABRAZIVNÍMU OPOTŘEBENÍ NA BRUSNÉM PLÁTNĚ

Podstata zkoušky abrazivního opotřebení na přístroji s brusným plátnem spočívá v opotřebování zkušebního tělesa brusným plátnem za definovaných podmínek.

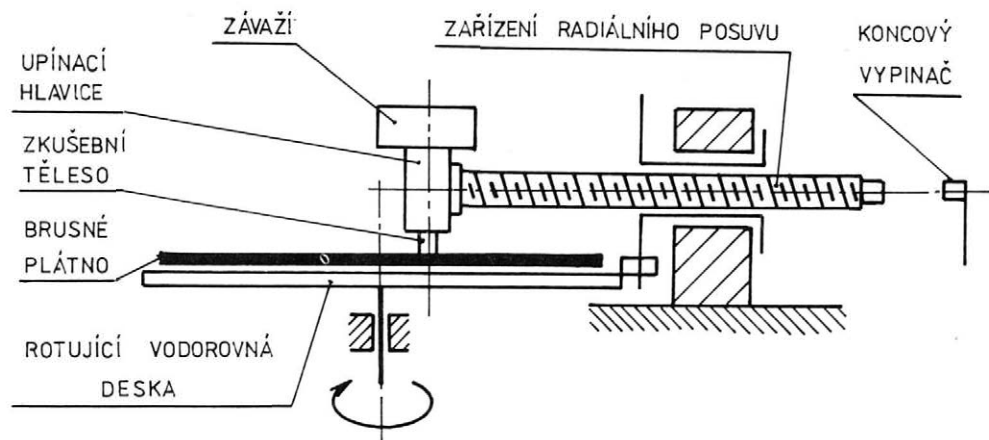
Zkušební přístroj s brusným plátnem (obr. 2) sestává z rovnoměrně se otáčející vodorovné desky, na kterou se upevňuje brusné plátno. Zkušební těleso je drženo upínací hlavicí a k brusnému plátnu je přitlačováno silou vyvozenou závažím. Dále sestává ze zařízení umožňujícího radiální posuv vzorku a koncového vypínače. Zkušební těleso je během zkoušky posunováno od středu ke kraji brusného plátna (nebo i v opačném směru) a část svého povrchu přichází neustále do styku s nepoužitým brusným plátnem.

ČSN 01 5084 definuje technická data přístroje, zkušební tělesa, porovnávací tělesa, brusné plátno, postup při zkoušce a vyhodnocení zkoušek.

Poměrná odolnost proti abrazivnímu opotřebení se vypočítává ze vztahu

$$\psi_{abr} = \frac{W_{oPZ}}{W_{oZ}} = \frac{W_{hPZ} \cdot \varrho_Z}{W_{hZ} \cdot \varrho_{PZ}} \quad (3)$$

kde:  $W_{oPZ}$  – průměrný objemový úbytek porovnávacích zkušebních těles [mm<sup>3</sup>]  
 $W_{hPZ}, W_{hZ}$  – průměrný hmotnostní úbytek porovnávacích, resp. zkoušených těles [g]  
 $W_{oZ}$  – průměrný objemový úbytek zkoušených těles, [mm<sup>3</sup>]  
 $\varrho_{PZ}, \varrho_Z$  – měrná hmotnost porovnávacích, resp. zkoušených těles [g · cm<sup>-3</sup>].



2. Schéma přístroje s brusným plátnem SVÚM AB-1 – Diagramme of an instrument with the SVÚM AB- abrasive cloth

## VÝSLEDKY

Problematikou stanovení abrazivní odolnosti materiálů používaných při renovacích opotřebovaných součástí zemědělské techniky s cílem jejich nejvhodnějšího použití pro konkrétní účely se na katedře materiálu a technologie mechanizační fakulty VŠZ v Praze zabýváme již několik let. Za tuto dobu bylo odzkoušeno 30 druhů materiálů, připadajících v úvahu pro opravy dílů v provozu opotřebovaných abrazí. Zkoušky dále pokračují s dalšími druhy přídatných materiálů ve všech formách – obalenými elektrodami, tyčinkami pro nanášení plamenem, dráty pro navařování v oxidu uhličitém i práškovými přídatnými materiály.

Zkoušky byly provedeny podle upravené ČSN 01 5084, která předepisuje ke zkouškám zkušební tělesa s průměrem 10 mm, resp. 6 mm. Použitá technologie nanášení vrstev neumožnila přípravu těles s těmito rozměry a katedra neměla možnost zhotovit tělesa vyřezáním z větších vzorků. Proto bylo přistoupeno ke zkoušení těles s rozměry 25×25×17 mm, na jejichž čelní plochy byly nanášeny zkoušené materiály. Všechny vzorky byly před nanášením materiálů pečlivě očištěny, popř. „otryskány“. Metodika a postup zhotovení vrstvy byly voleny vždy podle požadavků výrobce, konkrétně podle daného materiálu (elektrody, tyčinky, dráty, prášky). Pro zkušební tělesa větších rozměrů nebylo možné využít stávající upínací



hlavici zkušebního přístroje s brusným plátnem. Pro provedení experimentů byla navržena a vyrobena upínací hlavice umožňující uchycení zkušebních těles s výše uvedenými rozměry. V důsledku použití větších těles při zkoušce musela být při

I. Poměrná velikost opotřebení, tvrdost HV 30 a cena zkoušených materiálů – Relative amount of wear, HV 30 hardness and the price of the materials tested

| Materiál          | Forma materiálu** | Opotřebení [%] | Tvrdost nanášené vrstvy HV 30 | Cena [Kčs · kg <sup>-1</sup> ] |
|-------------------|-------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 12 020            | etalon            | 100,0          | 140                           |                                |
| K 40              | P                 | 91,4           | 311                           | 416                            |
| K 50              | P                 | 71,2           | 416                           | 401                            |
| K 55              | P                 | 46,1           | 576                           | 456                            |
| Castolin 23045    | P                 | 29,3           | 769                           | 1534*                          |
| Castolin 2        | E                 | 21,6           | 288                           | 654*                           |
| E - B - 531       | E                 | 21,0           | 838                           | 87                             |
| Castolin 6806     | E                 | 18,5           | 387                           | 1100*                          |
| Castolin 6804 XHD | E                 | 17,2           | 532                           | 1385*                          |
| Metco 16 E        | P                 | 16,6           | 695                           | 1370*                          |
| Elkéfém           | E                 | 15,8           | 644                           | 430                            |
| Castolin 6055     | E                 | 14,2           | 428                           | 2590*                          |
| Metco 35 C        | P                 | 13,0           | 446                           | 2840*                          |
| UNION A 350 IG    | D                 | 12,5           | 786                           | 200*                           |
| Metco 19 E        | P                 | 12,5           | 740                           | 1900*                          |
| Castolin N 9010   | E                 | 12,3           | 391                           | 3295*                          |
| Castolin 10092    | P                 | 11,5           | 563                           | 4080*                          |
| Castolin 10009    | P                 | 10,5           | 718                           | 2000*                          |
| Metco 15 E        | P                 | 10,5           | 841                           | 1160*                          |
| Elkéfém           | T                 | 10,0           | 628                           | 430                            |
| Castolin N 102    | E                 | 8,4            | 756                           | 365*                           |
| Castolin 10999    | P                 | 5,0            | 755                           | 2420*                          |
| Castolin R 8811   | E                 | 4,9            | 769                           | 2820*                          |
| Castolin 6712     | E                 | 3,5            | 793                           | 690*                           |
| Castolin 10611    | P                 | 3,1            | 628                           | 4100*                          |
| Castolin 6715     | E                 | 2,0            | 912                           | 1260*                          |
| Castolin 6710     | E                 | 1,7            | 958                           | 460*                           |
| Castolin 10112    | P                 | 1,6            | 819                           | 2980*                          |
| Castolin 10011    | P                 | 1,2            | 804                           | 3820*                          |
| UTP HA - 8        | P                 | 0,7            | 979                           | 900*                           |
| Interweld Mogul   |                   |                |                               |                                |
| W 58 - 1          | P                 | 0,3            | 947                           | 1220*                          |

\* nutno hradiť v devizách

\*\* forma materiálu blíže určuje podobu, ve které je přídavný materiál dodáván; při označení bylo použito těchto symbolů: P – práškový přídavný materiál, E – obalená elektroda, D – drát, T – tyčinka pro nanášení plamenem

použití stávajícího zkušebního přístroje délka třecí dráhy zkrácena z 50 m na 41,5 m. Jako etanolový materiál byla použita ocel 12 020. Ostatní parametry při zkoušce odpovídaly požadavkům normy. Tyto úpravy nezkreslily výsledky provedených zkoušek, protože se jedná o zkoušky porovnávací. Výsledky jsou srovnávány mezi sebou a délka třecí dráhy, ani velikost vzorku neovlivňují příliš jejich výsledky. Při experimentech byla zjišťována hmotnost zkušebních těles před zkouškou a po zkoušce a tvrdost HV 30 nanesených vrstev. Závěrem byla stanovena poměrná velikost opotřebení zkoušených materiálů vzhledem k materiálu etanolovému jako poměr hmotnostních úbytků zkoušených a porovnávacích těles. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. I.

## ZÁVĚR

Provedené zkoušky byly laboratorní a z poměrně malého počtu vzorků. Přesto je možné zkoušené materiály na základě výsledků zkoušek porovnat.

V tab. I jsou materiály seřazeny v pořadí klesajícího opotřebení vzhledem k etanolům v podmínkách intenzivní abraze. Obecně nelze prohlásit, že některé z přídavných materiálů (tyčinky, elektrody, prášky, dráty) jsou lepší než jiné.

Z tab. I je zřejmá tendence, že pro vyšší tvrdost vrstvy je dosahováno i lepší odolnosti proti opotřebení. Neplatí to však obecně, neboť na odolnost proti opotřebení má značný vliv i struktura daného materiálu. Všechny materiály s vysokou odolností proti opotřebení jsou nestejnorodé a mají tvrdé částice (nejčastěji karbidy) nerovnoměrně rozloženy v měkké a houževnaté základní hmotě. Určující pro odolnost materiálu proti opotřebení je tvrdost karbidů, jejich velikost a rozdělení v základní hmotě.

Z jednotlivých skupin materiálů, které byly zkoušeny, mají nejnižší odolnost proti abrazivnímu opotřebení prášky typu K, nejvyšší skupina přídavných materiálů firmy Castolin. Vůbec nejvyšší odolnost proti intenzivnímu opotřebení vykazovaly přídavné materiály UTP HA 8 a Interweld 58 – 1.

Pro výpočet ekonomické efektivity renovace z hlediska zemědělské praxe je důležitá nejen technická kvalita přídavného materiálu, ale i jeho cena a dostupnost na trhu. Z tab. I vyplývá, že limitujícím prvkem pro aplikaci daných materiálů v provozu bude jejich poměrně vysoká cena a nutnost jejich placení devizami.

## Literatura

- BALLA, J.: Niektoré poznatky z vplyvu abrazíva a štruktúry materiálu na opotrebovanie. *Strojrenství*, 37, 1987, č. 4, s. 250–251.
- BROŽEK, M. – JIRKA, M. – NOVÁKOVÁ, A.: Zkoušky vrstev odolných proti abrazivnímu opotřebení. In: *Vrstvy odolné proti opotřebení*, Gottwaldov, DT ČSVTS Praha, 1989, s. 248–251.
- HAVLÍČEK, J. a kol.: *Provozní spolehlivost strojů*. Praha, SZN 1983. 656 s.
- JIRKA, M. – BROŽEK, M. – BŘEZINA, J.: Zkoušky odolnosti práškových přídavných materiálů proti abrazi. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1985. 51 s.
- JIRKA, M. – BROŽEK, M. – KOŘÍNEK, P.: *Odolnost návarových materiálů proti abrazivnímu opotřebení*. Praha, VŠZ 1986. 30 s.
- PANGRÁC, M.: *Odolnost zemědělských nástrojů v podmínkách abrazivního opotřebení a rázů*. *Strojrenství*, 37, 1987, č. 4, s. 228–231.

SUCHÁNEK, J. – BAKULA, J.: Vliv strukturních faktorů na odolnost kovových materiálů proti abrazivnímu účinku částic. *Strojírenství*, 37, 1987, č. 4, s. 232–236.

SUCHÁNEK, J. – BAKULA, J. – SMRKOVSKÝ, E.: Možnosti použití čs. návarových materiálů při zvyšování odolnosti strojů proti abrazivnímu opotřebení. *Zváranie*, 33, 1984, č. 10, s. 312–315.

VENDL, J.: Zjišťování abrazivní odolnosti vybraných materiálů na přístroji s brusným plátnem. [Diplomová práce.] Praha 1989. 56 s. – Vysoká škola zemědělská. Mechanizační fakulta. 56 s.

VOCOL, M.: Mechanismus abrazivního opotřebení a vliv struktury materiálu na zvyšování životnosti strojů v podmínkách abraze. Praha, SVÚM b. r. 10 s.

VOCOL, M.: Návrh materiálové volby na strojní součásti pracující v intenzivní abrazi. [Výzkumná zpráva.] Praha, SVÚM 1978. 26 s.

ČSN 01 5050. Opotřebení materiálu. Názvosloví. 1969.

ČSN 01 5084. Stanovení odolnosti kovových materiálů proti abrazivnímu opotřebení na brusném plátně. 1974.

Došlo dne 9. 4. 1990

BROŽEK, M. – NOVÁKOVÁ, A. (University of Agriculture, Praha): *Comparison of resistance to abrasion wear of selected filler materials*. *Zeměd. Techn.*, 37, 1991 (1): 31–37.

Many parts (e.g. in soil cultivation implements) are exposed to abrasion wear, caused by the action of hard soil particles. The values of wear range from several tenths of mm up to several tens of mm. Application of filler materials is desirable to make up for the wear; this applies not only to the reconditioning of worn parts but also to the production of new ones. Results of laboratory tests with selected filler materials, both Czechoslovak and imported, are shown to compare their resistance to abrasion wear.

material resistance; abrasion wear

---

*Adresa autorů:*

Ing. Milan Brožek, CSc., Alexandra Nováková, Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6-Suchbát

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 2/1991 časopisu

## **ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA**

budou uveřejněny tyto práce:

**Breš M.:** Vyhodnocování základních ukazatelů  
provozní spolehlivosti traktorů Zetor UŘ I

**Kochan J.:** Ztráty výnosu cukrovky ve vazbě na dobu sklizně  
a technickou pohotovost sklízeců

**Kubát T.:** Rovnoměrnost postřiku při pásovém zavlažování

**Ostrožlík M.:** Integrované programové riadenie zberu obilnín

**Varga J.:** Tepelnotechnické posudzovanie ustajňovacích  
objektov z hľadiska letného obdobia

**Souhrada J., Šedivá Z.:** Metody stanovení vlivu  
výrobních postupů a technického zajištění  
na efektivnost výroby krmiv pro skot

**Žák K.:** Terminologie v oboru zemědělská technika –  
rozmetadla hnojiv

# VPLYV VYBRANÝCH FYZIKÁLNO-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ SÓJE NA KVALITU ZBERU

J. Poničan

---

PONIČAN, J. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Vplyv vybraných fyzikálno-mechanických vlastností sóje na kvalitu zberu*. Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 39–47.

Z hľadiska konštrukcie pracovných mechanizmov je dôležité poznať technologické a fyzikálno-mechanické vlastnosti porastu. V práci je rozobraný vplyv rozloženia strukov na rastline sóje vo vzťahu k žaciemu mechanizmu. Z nameraných výsledkov vyplýva, že jednotlivé odrody nasadzujú struky nad povrchom poľa rozdielne. Žacie a pracovné mechanizmy zberových strojov (najmä prihrňač) sa veľkou mierou podieľajú na zvýšených stratách pri zbere sóje. Z tohoto pohľadu je dôležité poznať silu, pri pôsobení ktorej dochádza k otváraniu strukov. Merania sa uskutočnili v poľných a laboratórnych podmienkach.

sója; straty; poškodenie semien; rozloženie strukov na rastline; výška rastlín; vlhkosť semien; sila na otváranie strukov; sila na odhrávanie strukov

---

Sója ako kultúrna rastlina je známa storočia, ale jej hlavný význam ako potravinový stúpol najmä v posledných 50 rokoch. Podstatný nárast pestovateľských plôch s následným priemyselným spracovaním sa viaže k USA. Dnes je sója s pestovateľskou plochou 50 až 52 miliónov hektárov a priemernou úrodou 1,8 t/ha jednou z najdôležitejších potravín i surovinou pre potravinársky priemysel (Vratarič, 1988).

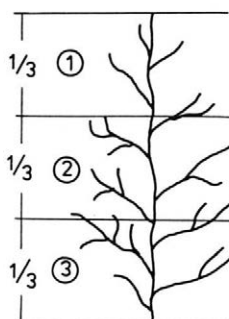
Biologické vlastnosti niektorých odrôd a klimatické podmienky, v ktorých je sója na Slovensku pestovaná, ovplyvňujú efektívnosť jej pestovania. Zberové straty sa v našich podmienkach pohybujú v rozmedzí 9–18 % (Fortuník, 1978; Poničan, 1989). Tieto straty sú spôsobované predovšetkým tým, že v našich podmienkach pestované odrody nasadzujú prvé struky nízko nad povrchom poľa. Pri odrodách Dunajka a ISz-15 sa vo výške do 10 cm nachádza 10–12 % strukov (Poničan, 1987). K stratám dochádza jednak neodkosením, ale aj prestrihnutím tých strukov, ktoré sú v rovine rezu kosa. Väčšina strukovín a teda aj sója sú náchylné na otváranie strukov a na vypadávanie semien pri dotyku s pracovným mechanizmom. Z tohoto pohľadu je dôležité, najmä nastavenie prihrňača (Lazič, 1988).

V procese výmlatu je kvalita semien sóje ovplyvňovaná najmä pevnosťou semien. Z laboratórnych i praktických meraní vyplýva, že v závislosti od odrôd a vlhkosti semien (8 až 12 %) dochádza k 3–10% poškodeniu semien už pri obvodovej rýchlosti 12 až 14 m/s (Fortuník, 1978, Lazič, 1988, Poničan, 1989).

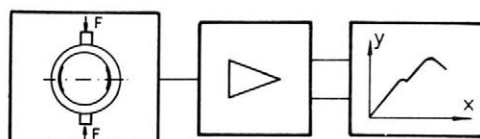
Spoznanie a využitie technologických a fyzikálno-mechanických vlastností porastu i semien sóje je teda dôležité a zohráva významnú úlohu pri konštrukcii a nastavení pracovných mechanizmov strojov.

## MATERIÁL A METÓDA

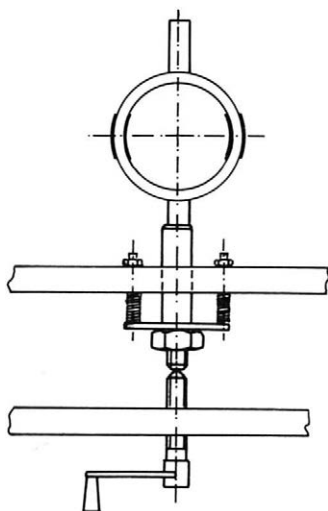
Pre meranie boli použité odrody sóje Amsoy, Beeson, Corsoy, Ewans, Hodgson, Chark, Rampage, Schippewa, Williams, Wilkin, Wells a Feng Schov. Meranie technologických vlastností porastu bolo robené na parcelách PIK Bečej (SFRJ) počas môjho študijného pobytu. Fyzikálno-mechanické vlastnosti stonkov sóje, otváranie strukov a odtrhávajúce strukov od byle sa uskutočnilo v laboratórnych podmienkach Inštitútu pre poľnohospodársku techniku, Poľnohospodárskej fakulty v Novom Sade. Na obr. 5 sú uvedené priemerné hodnoty meraní. Výsledky 2. a 3. roku sú prebrané z meraní Inštitútu pre poľnohospodársku techniku v Novom Sade (SFRJ). Materiál pre laboratórne merania bol prinesený pred meraním z poľa a stonky boli rozdelené na tretiny podľa výšky porastu (obr. 1). Meranie veľkosti sily, potrebnej na otváranie strukov a odtrhávajúce struk od byle, bolo robené na laboratórnom prístroji. Schéma zapojenia prístroja je na obr. 2. Veľkosť sily, potrebnej na otvorenie struku bola vyvozená ručným prevodom na oceľový krúžok s tenzometrami (obr. 3). Pri odtrhávajúce struku od byle bol použitý prípravok podľa obr. 4.



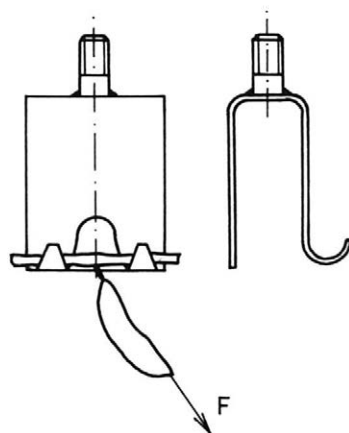
1. Schéma odoberania strukov pre meranie veľkosti sily – Diagramme of pod sampling to measure some forces



2. Schéma zapojenia prístroja pre tenzometrické snímanie sily – Diagramme of the connection of an instrument for tensometric measurements of forces



3. Schéma prenosu sily na tenzometrický snímač – Diagramme of force transmission to a tensometric sensor



4. Prípravok na zavesenie byle so strukom pred meraním sily potrebnej na odtrhnutie struku – The fixture holding a stem with pod before measuring the force of pod tearing off

Merania technologických vlastností rastlín na poli boli robené na súborech 500 rastlín a meranie veľkosti sil v laboratórnych podmienkach na súborech 20 strukov.

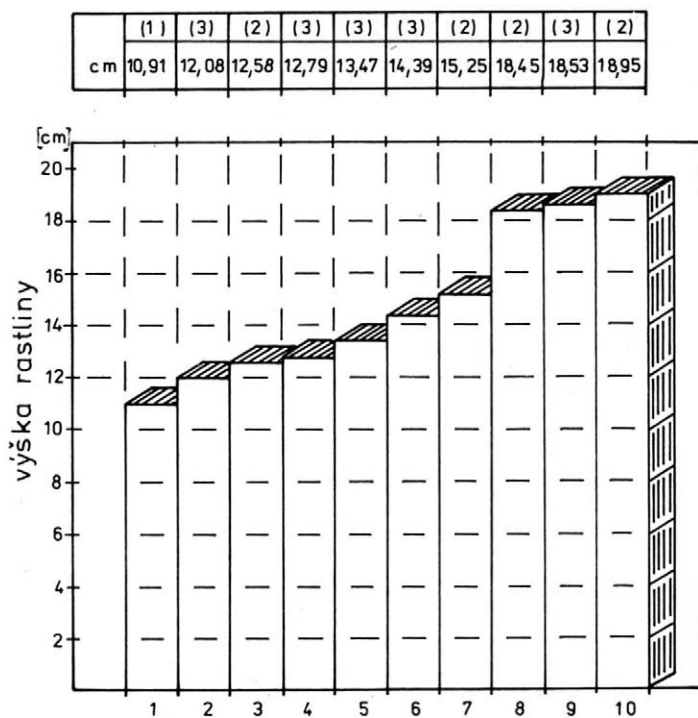
Vlhkosť semien a strukov bola stanovená v sušiarňi ULTRA-X pri teplote 120 °C po dobu 8 hodín. Merania boli uskutočnené počas šesťmesačného študijného pobytu na Univerzite v Novom Sade.

## VÝSLEDKY

### Technologické vlastnosti porastu sóje

Technologické vlastnosti porastu môžeme charakterizovať výškou porastu, výškou uchytenia najnižšieho struku nad povrchom poľa a hmotnosťou 1000 zŕn. Tieto hodnoty sú uvedené v tab. I.

Z nameraných hodnôt vyplýva, že zo sledovaných odrôd najväčšiu dĺžku byle dosahujú odrody Amsoy (93,2 cm) a Corsoy (89,1 cm). Výška uchytenia spodných strukov na byli je dôležitá z hľadiska kosenia. Z tohoto pohľadu sú najvýhodnejšie opäť odrody Corsoy, Amsoy a Wells, ktoré prvé struky nad povrchom poľa nasaďujú vo výške 17 až 18 cm. Histogram uchytenia spodných strukov na byli pre jednotlivé odrody je na obr. 5.



5. Histogram uchytenia spodného struku na rastline pre jednotlivé odrody; 1 – Feng-Schov, 2 – Rampage, 3 – Ewans, 4 – Hodgson, 5 – Traverse, 6 – Chark, 7 – Swift, 8 – Corsoy, 9 – Wells, 10 – Amsoy; (1), (2), (3) – ročné meranie – Histogramme of lower pod setting in the plant in different varieties; 1 – Feng-Schov, 2 – Rampage, 3 – Ewans, 4 – Hodgson, 5 – Traverse, 6 – Chark, 7 – Swift, 8 – Corsoy, 9 – Wells, 10 – Amsoy; (1), (2), (3) – yearly measurements



I. Priemerné hodnoty technologických vlastností porastu sóje – Average values of technological characteristics of soybean stand

| Odroda     | Dĺžka byle     |               |           | Výška uchytenia najnižšieho struku |               |           | Hmotnosť 1000 zŕn (v g) pri vlhkosti 13,5 % |
|------------|----------------|---------------|-----------|------------------------------------|---------------|-----------|---------------------------------------------|
|            | $\bar{x}$ [cm] | $\sigma$ [cm] | $v_k$ [%] | $\bar{x}$ [cm]                     | $\sigma$ [cm] | $v_k$ [%] |                                             |
| Amsoy      | 93,2           | 7,9           | 8,4       | 17,0                               | 7,0           | 39,5      | 193,8                                       |
| Corsoy     | 89,1           | 10,7          | 12,0      | 18,0                               | 6,4           | 33,5      | 151,6                                       |
| Ewans      | 78,0           | 10,3          | 13,2      | 12,5                               | 5,4           | 43,2      | 147,6                                       |
| Hodgson    | 78,3           | 8,5           | 10,8      | 11,7                               | 3,7           | 31,4      | 154,2                                       |
| Chark      | 77,0           | 6,9           | 9,0       | 10,6                               | 5,9           | 55,8      | 192,4                                       |
| Rampage    | 73,0           | 7,6           | 10,4      | 10,5                               | 3,9           | 37,6      | 182,8                                       |
| Swift      | 87,0           | 10,1          | 11,6      | 15,8                               | 9,9           | 62,0      | 142,5                                       |
| Wells      | 77,6           | 7,9           | 10,2      | 15,3                               | 6,0           | 41,1      | 178,8                                       |
| Traverse   | 69,8           | 10,4          | 14,9      | 11,9                               | 5,2           | 44,0      | 193,2                                       |
| Feng-Schov | 56,7           | 8,9           | 15,7      | 10,9                               | 3,6           | 33,0      | 206,6                                       |

Z hľadiska kosenia má osobitný význam rozmiestnenie strukov na rastline. Táto skutočnosť je predovšetkým dôležitá, najmä do výšky 20 cm nad povrchom poľa, kde dochádza ku koseniu stebiel. Histogram početnosti rozloženia strukov na byliach sóje pre jednotlivé odrody je na obr. 6. Z nameraných hodnôt je vidieť, že z pohľadu žacieho mechanizmu sú najvhodnejšie odrody Corsoy, Amasoy a Swift, pri ktorých sa vo výške do 10 cm nad zemou nachádza 1,03–2,02 % všetkých strukov a pri výške do 20 cm 4,1–7,5 % všetkých strukov.

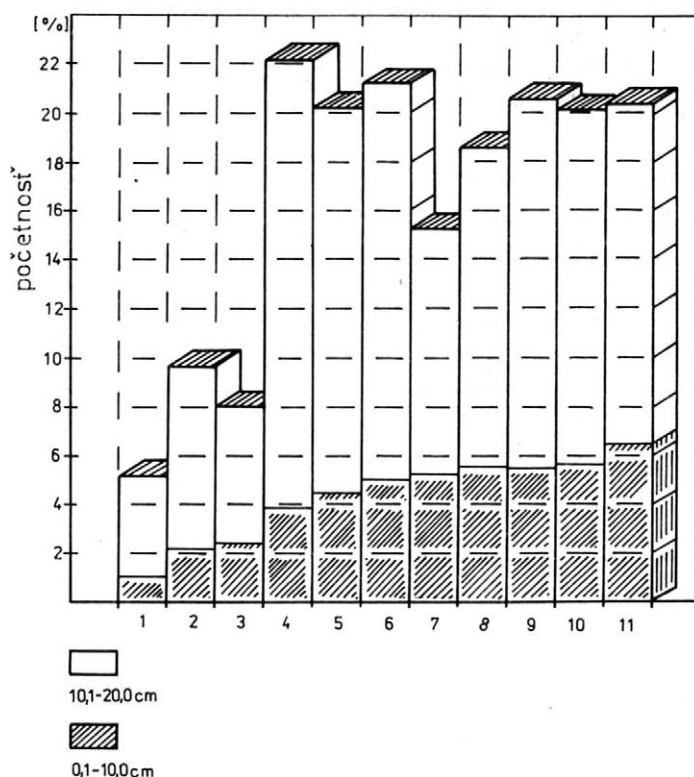
Fyzikálno-mechanické vlastnosti strukov

Vzájomný vzťah pôsobenia pracovných mechanizmov žacieho stola (prihŕňač, kosa) na rastliny v procese zberu je veľmi dôležitý. Horná tretina byle je počas práce vystavená pôsobeniu prihŕňača, v dolnej časti nastáva odrezávanie. Z tohoto dôvodu je dôležité poznať akou väznou silou sú prichytené struky k byli a pri akej sile dochádza k otváraní strukov.

II. Sila F [N] potrebná na odtrhnutie strukov od byle z hornej tretiny rastliny – The force F [N] of pod tearing off the stem in the upper third of the plant

| Odroda        | Vlhkosť semien |         |       |         |       |         |
|---------------|----------------|---------|-------|---------|-------|---------|
|               | 10,5 %         |         | 14 %  |         | 23 %  |         |
|               | [N]            | poradie | [N]   | poradie | [N]   | poradie |
| 1. Hodgson    | 5,69           | 1       | 5,23  | 1       | 5,25  | 1       |
| 2. Feng-Schov | 6,98           | 2       | 10,10 | 5       | 8,50  | 3       |
| 3. Traverse   | 7,37           | 3       | 8,43  | 3       | 9,24  | 4       |
| 4. Chark      | 9,32           | 4       | 8,25  | 2       | 7,28  | 2       |
| 5. Amsoy      | 9,41           | 5       | 9,56  | 4       | 9,83  | 5       |
| 6. Corsoy     | 13,04          | 6       | 13,26 | 6       | 12,24 | 6       |

| [cm]      | POČETNOST [%] |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,1-20,0  | 5,14          | 9,68 | 7,92 | 22,07 | 20,17 | 21,22 | 15,25 | 18,58 | 20,57 | 20,11 | 20,39 |
| 10,1-20,0 | 4,11          | 7,51 | 5,60 | 18,19 | 15,69 | 16,17 | 10,05 | 13,07 | 15,06 | 14,50 | 13,93 |
| 0,1-10,0  | 1,03          | 2,17 | 2,32 | 3,88  | 4,48  | 5,05  | 5,20  | 5,51  | 5,51  | 5,61  | 6,46  |

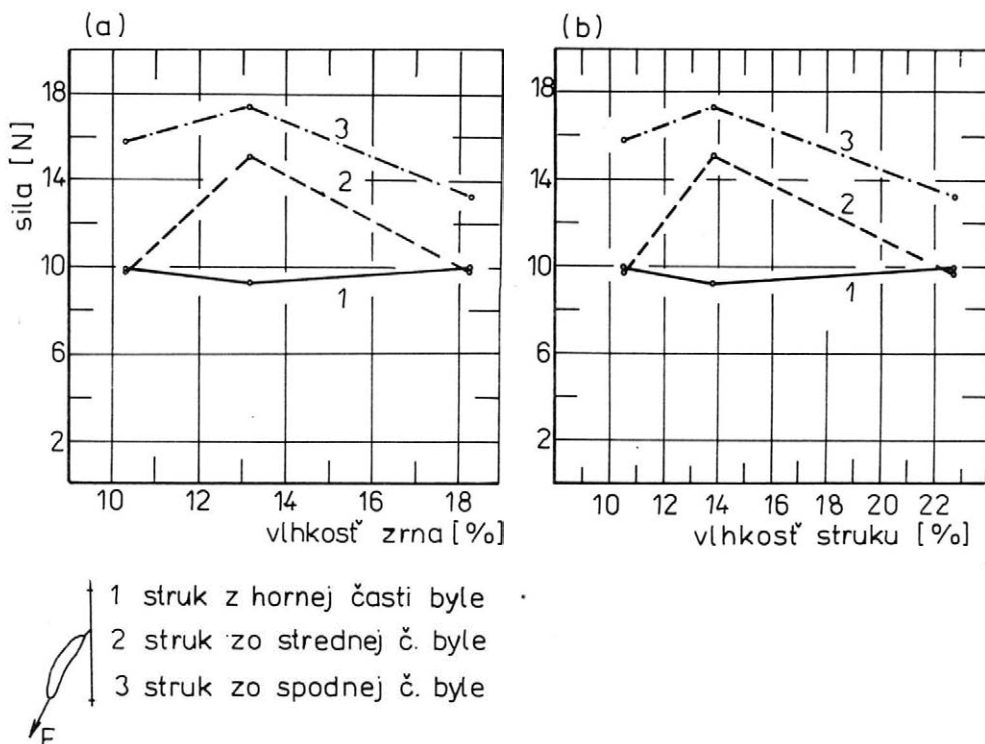


6. Histogram rozloženia strukov po výške rastliny 0 až 20 cm pre odrody: 1 – Corsoy, 2 – Amsoy, 3 – Swift, 4 – Hodgson, 5 – Feng-Schov, 6 – Ewans, 7 – Wells, 8 – Traverse, 9 – NS-10, 10 – Chark, 11 – Rampage – Histogramme of pod setting within the plant height of 0 to 20 cm in the varieties as follows: 1 – Corsoy, 2 – Amsoy, 3 – Swift, 4 – Hodgson, 5 – Feng-Schov, 6 – Ewans, 7 – Wells, 8 – Traverse, 9 – NS-10, 10 – Chark, 11 – Rampage

#### a) Sily potrebné na odtrhávajúce strukov od byle

Merania vychádzali z predpokladu, že veľkosť sily potrebnej na odtrhnutie strukov sa bude meniť v závislosti na odrode, mieste uchytenia struku na rastline a vlhkosti. Výsledky meraní pre jednotlivé odrody sú uvedené v tab. II. Z nameraných hodnôt vyplýva, že z hľadiska jednotlivých odrôd najväčšia sila, potrebná na odtrhnutie struku od byle, je pri odrode Corsoy (12,2–13,2 N) a najmenšia pri odrode Hodgson (5,23–5,26 N).

Priemerné hodnoty veľkosti sily [N] potrebnej na odtrhnutie strukov od byle v jednotlivých častiach rastliny udáva tab. III. Grafické zobrazenie veľkosti sily, potrebnej na odtrhnutie struku od byle pre odrodu Amsoy, je na obr. 7.



7. Veľkosť sily potrebnej na odtrhnutie struku v závislosti na vlhkosti struku pre odrodu sóje Amsoy – The force of pod tearing off the stem in dependence on the pod moisture content in the Amsoy soybean variety

Z nameraných hodnôt je možné konštatovať, že:

- sila, potrebná na odtrhnutie struku od byle je najmenšia v hornej tretine rastliny. V strednej časti je väčšia o 42 % a v spodnej o 58 %,
  - vplyv vlhkosti zrna v struku na veľkosť sily potrebnej na odtrhnutie struku od byle sa zvýrazňuje najmä u strukov zo strednej a spodnej časti rastliny.

## b) Sila potrebná na otváranie strukov

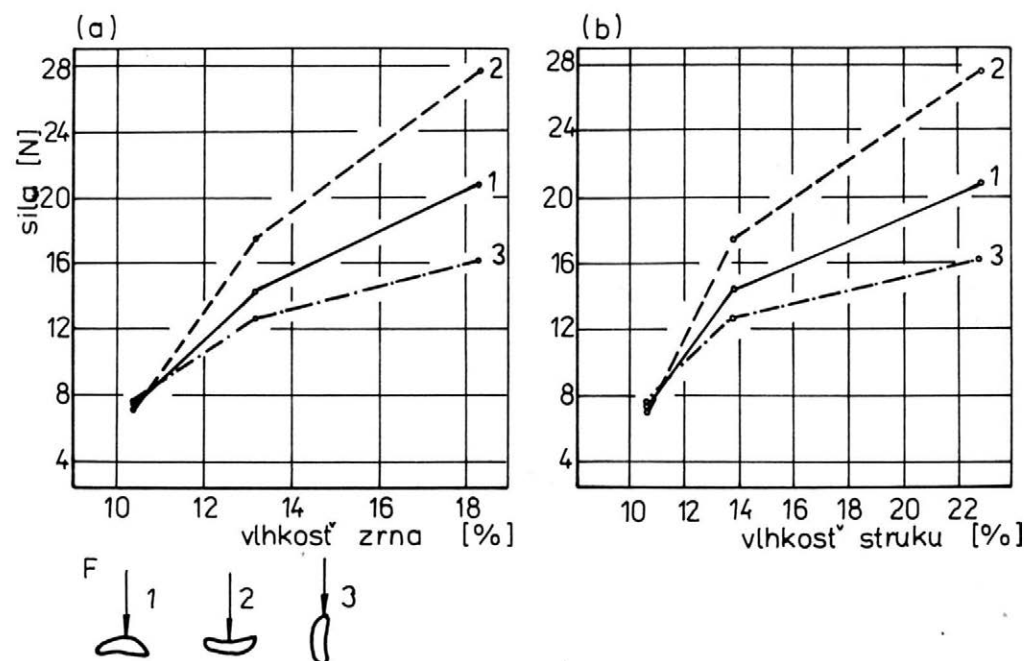
V procese mechanizovaného zberu sóje dochádza vplyvom pôsobenia pracovných mechanizmov (prihŕňača) k úderom a tlaku na struky. Vplyvom tejto činnosti dochádza k otváraniu strukov a následnému vypadávaniu semien, čo môže zvyšovať zberové straty.

Veľkosť sily, ktorá toto otváranie strukov spôsobí, bude závisieť od miesta a smeru pôsobenia tejto sily, vlhkosti strukov i semien a iste aj od odrodových vlastností.

III. Priemerná sila  $F$  [N] potrebná na odtrhnutie struku od byle v závislosti na výške rastliny (pre odrody uvedené v tab. II) – The average force  $F$  [N] of pod tearing off the stem in dependence on plant height (in varieties listed in Tab. II)

| Poloha na rastline            | Vlhkosť struku [%] | Sila [N] | Index  |
|-------------------------------|--------------------|----------|--------|
| 1.<br>Horná tretina rastliny  | 10,5               | 8,64     | 100,0  |
|                               | 14,0               | 9,14     | 105,7  |
|                               | 23,0               | 8,64     | 100,0  |
|                               | Priemer            | 8,81     | 101,93 |
| 2.<br>Stred rastliny          | 10,5               | 12,42    | 143,75 |
|                               | 14,0               | 12,70    | 147,0  |
|                               | 23,0               | 12,20    | 141,20 |
|                               | Priemer            | 12,44    | 143,9  |
| 3.<br>Spodná tretina rastliny | 10,5               | 14,57    | 168,62 |
|                               | 14,0               | 13,67    | 158,22 |
|                               | 23,0               | 13,22    | 153,0  |
|                               | Priemer            | 13,82    | 159,9  |

Závislosť veľkosti sily  $F$  [N], pri ktorej dochádza k otváraní strukov, a smer pôsobenia sily na struky v polohe, na chrbát struku (poloha 1), na vnútornú stranu struku (poloha 2) a v smere dĺžky struku (poloha 3) pre sóju odrody Amsoy je na obr. 8.



Z obr. 8 vyplýva, že v rozmedzí vlhkosti zrna (10,5–18,5 %) a struku (10,7 až 23 %) sila potrebná na otváranie strukov narastá (7,1–27,8 N). Najmenšia sila pre otváranie strukov je potrebná pri pôsobení po dĺžke struku a najväčšia v smere na vnútornú stranu struku.

Namerané hodnoty sily  $F$  [N] pre jednotlivé odrody sóje sú uvedené v tab. IV. a V. Z nameraných hodnôt je možné konštatovať, že:

- pri pôsobení sily v smere na chrbát struku je najmenšia sila potrebná na otvorenie struku pri odrode Feng Schov 6,1 N a najväčšia pri odrode Amsoy 20,5 N;
- pri pôsobení sily v smere na vnútornú stranu struku je najmenšia sila potrebná na otvorenie struku pri odrode Traverse 7,1 N a najväčšia pri odrode Amsoy 27 N;
- so zvyšovaním vlhkosti semien narastá aj sila potrebná na otváranie struku.

IV. Veľkosť sily  $F$  [N] potrebnej na otváranie strukov pôsobiacej v smere na chrbát struku – The force  $F$  [N] of pod opening exerted on the pod back

| Odrody        | Vlhkosť semien |         |        |         |      |         |        |         |
|---------------|----------------|---------|--------|---------|------|---------|--------|---------|
|               | 10,5 %         |         | 13,3 % |         | 16 % |         | 18,5 % |         |
|               | [N]            | poradie | [N]    | poradie | [N]  | poradie | [N]    | poradie |
| 1. Feng-Schov | 6,1            | 1       | 7,5    | 1       | 10,2 | 2       | 10,1   | 2       |
| 2. Corsoy     | 7,3            | 5       | 9,25   | 2       | 11,5 | 4       | 14,1   | 4       |
| 3. Chark      | 6,7            | 3       | 9,27   | 3       | 11,0 | 3       | 12,4   | 3       |
| 4. Traverse   | 6,4            | 2       | 9,98   | 4       | 9,8  | 1       | 7,8    | 1       |
| 5. Amsoy      | 6,9            | 4       | 15,27  | 5       | 17,9 | 6       | 20,5   | 6       |
| 6. Hodgson    | 7,8            | 6       | 17,50  | 6       | 14,2 | 5       | 14,2   | 5       |
| Priemer       | 6,8            |         | 11,4   |         | 12,4 |         | 13,2   |         |

V. Veľkosť sily  $F$  [N] potrebnej na otváranie strukov pôsobiacej v smere na vnútornú stranu struku – The force  $F$  [N] of pod opening exerted on the inner side of pod

| Odrody        | Vlhkosť semien |         |        |         |       |         |        |         |
|---------------|----------------|---------|--------|---------|-------|---------|--------|---------|
|               | 10,5 %         |         | 13,3 % |         | 16 %  |         | 18,5 % |         |
|               | [N]            | poradie | [N]    | poradie | [N]   | poradie | [N]    | poradie |
| 1. Feng-Schov | 8,2            | 5       | 10,6   | 2       | 12,10 | 1       | 13,1   | 1       |
| 2. Corsoy     | 8,0            | 4       | 12,4   | 3       | 14,26 | 2       | 15,8   | 2       |
| 3. Chark      | 7,2            | 2       | 15,7   | 4       | 17,2  | 3       | 18,6   | 3       |
| 4. Traverse   | 7,1            | 1       | 7,3    | 1       | 7,79  | 5       | 8,14   | 5       |
| 5. Amsoy      | 7,4            | 3       | 19,2   | 6       | 23,08 | 4       | 27,0   | 4       |
| 6. Hodgson    | 8,4            | 6       | 18,0   | 5       | 15,50 | 6       | 16,09  | 6       |
| Priemer       | 7,71           |         | 13,8   |         | 15,0  |         | 16,4   |         |

## ZÁVER

Z nameraných hodnôt v poľných a laboratórnych podmienkach vyplýva, že poznanie biologických a fyzikálno-mechanických vlastností porastu, semien a strukov sóje je veľmi dôležité pre nastavovanie a zriaďovanie pracovných mechanizmov zberacích strojov a má vplyv na ich konštrukciu.

Z hľadiska žacieho mechanizmu, najmä dodržiavanie výšky strniska, je veľmi dôležité poznať rozmiestnenie strukov po výške porastu. Je veľmi výhodné, ak struky na rastline sa nachádzajú čo možno najvyššie nad úrovňou poľa. Z meraných odrôd majú túto vlastnosť najmä odrody Corsoy, Amsoy a Wells, ktoré nasadzujú prvé struky na povrchu poľa vo výške 17–18 cm.

Pre hodnotenie činnosti prihrňača je dôležité, akou silou môžu jednotlivé pracovné časti pôsobiť na porast. Pri nadmernom styku s porastom dochádza k otváraní strukov a k vypadávaniu semien, čo môže spôsobovať straty semien. Z odrôd, ktoré boli pre meranie vybraté, vyplýva, že najmenšiu silu, potrebnú na otváranie strukov, vykazujú odrody Feng Schov a Traverse (6,1–7,1 N) a najväčšiu silu pri otváraní strukov vykazujú odrody Amsoy (20,5 N) a Corsoy (27 N).

## Literatúra

- FORTUNÍK, F.: Nové technologické princípy zberu sóje. [Záverečná správa.] Rovinka, VÚPT 1978.
- LAZIČ, V.: Účinok režimu rada vršajnog uredjaja i tipa korpe kombajna na kvalitet semena soje. Poljopriv. Tehn., Novi Sad, 1988.
- PONIČAN, J.: Straty zrna sóje pri zbere kombajnami E-512, E-516 a Sk-5. Acta technol. Agric. Univ. agric. Nitra, XXVIII, 1987.
- PONIČAN, J.: Vplyv kinematických parametrov rotujúceho ramena na poškodenie semien sóje. Zeměd. Techn., 35, (10) 1989.
- VRATARIČ, M.: Karakteristike sadašnjih i budućih sorata soje poljoprivrednog instituta Osijek. Poljopriv. Tehn., Novi Sad, 1988.

Došlo dne 23. 2. 1990

PONIČAN, J. (University of Agriculture, Nitra): *The effects of some physico-mechanical characteristics of soybean on its harvest*. Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 39–47.

It is important to know technological and physico-mechanical characteristics of soybean stand when designing working elements of a harvester. The position of seed pods in the plant is evaluated with respect to the design of a harvesting mechanism. The results indicate that the height of pod setting above the ground is different in varieties. Harvesting mechanisms (mainly reel) influence to a great extent an increase in the harvest loss. This is the reason why it is important to know the pressure when pods get open. The measurements were performed in field and laboratory conditions.

soybean; loss; seed damage; seed pod position in plant; plant height; seed moisture content; pressure; opening the pods; force of pod tearing off

---

Adresa autora:

Doc. ing. Juraj P o n i č a n , CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 2, 949 76 Nitra

---

Vážení přátelé!

**Překladačské oddělení ÚVTIZ**, jediné překladačské středisko pokrývající všechny obory zemědělství, lesnictví a potravinářství v ČSFR, spojuje dlouholeté zkušenosti překladačské praxe s odbornou kvalifikací ve všech oblastech zemědělství.

**Překladačské oddělení ÚVTIZ**, zajistí pro Vás překlady vědeckých zpráv, norem, odborných článků, metodik, reklamních textů, korespondence, technické dokumentace a dalších specializovaných textů.

**Překladačské oddělení ÚVTIZ**, zajistí i jazykovou přípravu Vašich pracovníků.

**Překladačské oddělení ÚVTIZ**, je tu pro Vás a jeho pracovníci se těší na spolupráci s Vámi.

**Sazebník překladů**

**za 1 normostranu**

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| z češtiny do cizího jazyka       | 80 Kčs  |
| z cizího jazyka do češtiny       | 60 Kčs  |
| z cizího jazyka do cizího jazyka | 100 Kčs |

Ústav vědeckotechnických informací  
pro zemědělství  
120 56 Praha 2  
Slezská 7  
Telefon: 25 55 59

# VPLYV POZBEROVÉHO SPRACOVANIA OSIVA HRACHU NA KVALITU PRODUKTU

J. Jech, J. Artim

---

JECH, J. – ARTIM, J. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Vplyv pozberového spracovania osiva hrachu na kvalitu produktu*. Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 49–60.

V práci je uvedený rozbor vplyvu jednotlivých článkov linky na pozberové spracovanie osiva hrachu (čističky, triedičky, moričky a sušičky) a dopravných zariadení linky na výslednú kvalitu osiva. Dôraz bol kladený na podiel jednotlivých strojov a zariadení na poškodzovanie zrn hrachu. Linka, na ktorej boli vykonané experimentálne merania patrí svojím riešením medzi najprogresívnejšie v Československu.

pozberové spracovanie; osivo; hrach; kvalita práce; poškodzovanie; klíčivosť

---

Pozberové spracovanie strukovín sa vykonáva na univerzálnych linkách strojov určených hlavne na pozberové spracovanie obilnín. Vzhľadom na špecifické vlastnosti strukovín, najmä náchylnosť na poškodzovanie vplyvom dynamických účinkov, univerzálne pozberové linky vyhovujú len čiastočne. Dôsledkom sú značné kvalitatívne a kvantitatívne straty, čo sa najvýraznejšie prejavuje pri osive strukovín. (Jech, Dolejší, 1978; Jech aj., 1989; Sosnowski, 1989). Určitým riešením je budovanie špecializovaných liniek určených len pre strukoviny. V porovnaní s univerzálnymi linkami je vhodne volená technológia dopravy a jednotlivé stroje a zariadenia linky (Jech, Artim, 1989).

Problematickou kvalitou práce jednotlivých článkov špecializovanej linky a otázkou poškodzovania zrn osiva hrachu v priebehu pozberového spracovania sa zaoberá táto práca.

Experimentálne merania boli vykonané na pozberovej linke v OČS Uhřetice, určenej na spracovanie osiva hrachu. Táto linka, ktorá je vybavená progresívnymi strojmi svetových firiem (HEID, CARTER, SORTEX, PETKUS a iné), patrí svojim technologickým a technickým riešením medzi najprogresívnejšie v Československu.

## MATERIÁL A METÓDA

### Popis pozberovej linky

Experimentálne merania boli vykonané na linke strojov na pozberové spracovanie osiva hrachu v Oblastnej čistiackej stanici Uhřetice. Na linke bol spracovávaný hrach odrody Tyrkys.

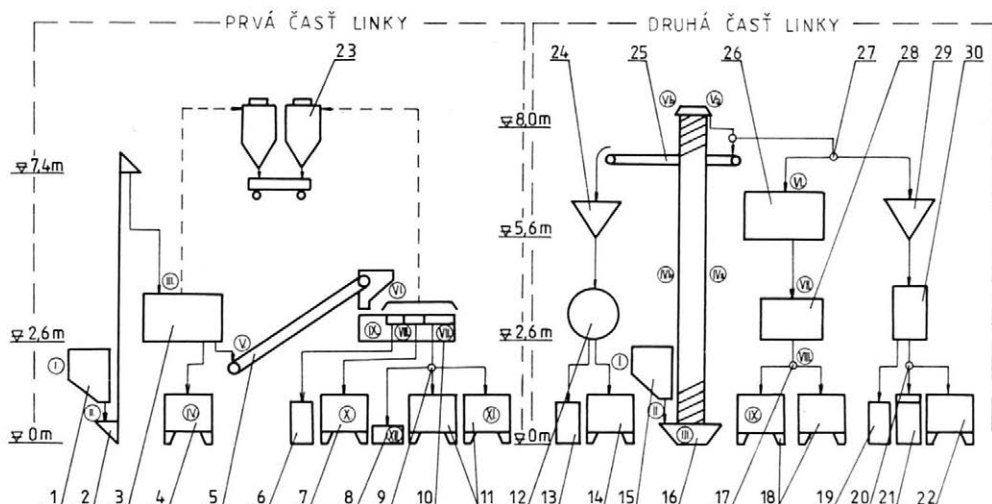
Pozberová linka pozostáva z dvoch častí. Prvá časť linky je určená na príjem, čistenie a triedenie osivového materiálu. Druhá časť linky pozostáva z troch sekcií. Prvá sekcia je určená na oddelovanie zrn hrachu napadnutých zrnárom hrachovým, druhá sekcia je určená na dodatočné triedenie osiva, v tretej sekcii sa osivo hrachu morí mokrú cestou.



Prvá a druhá časť linky na seba výkonnostne nenadväzujú. Vzhľadom na to je vyčistený a vytriedený materiál v prvej časti linky medziskladovaný a následne spracovaný v druhej časti linky.

Doprava a manipulácia s materiálom je riešená kombinovane. Materiál určený na spracovanie je prepravovaný v kontajneroch zo skladu na pozberovú linku (prvú alebo druhú časť pozberovej linky). Doprava v jednotlivých častiach linky je riešená rôznymi druhmi dopravníkov a spádovým potrubím.

Technologická schéma pozberovej linky a vyznačenie jednotlivých miest, z ktorých boli odoberané vzorky materiálu, je na obr. 1.



1. Technologická schéma linky strojov na pozberové spracovanie osiva hrachu: 1 – preklápač kontajnerov, 2 – kapsový dopravník, 3 – sitová čistička K 547, 4 – kontajner na odpady z čističky K 547, 5 – špeciálny pásový dopravník, 6 – vrece na odpady z pneumatického triediaceho stola, 7 – kontajner na osivový materiál vytriedený pneumatickým triediacim stolom, určený na opätovné čistenie a triedenie, 8 – automatické zariadenie na odber kontrolných vzoriek, 9 – usmerňovacia klapka, 10 – pneumatický triediaci stol CARTER, 11 – kontajnery na vytriedené osivo, 12 – ihlový trier, 13 – odpady z ihlového triera, 14 – kontajner na vytriedené osivo, 15 – preklápač kontajnerov, 16 – vibračný dopravník, 17 – dvojcestná klapka, 18 – kontajnery na namorené osivo, 19 – odpady z triediaceho systému SORTEX, 20 – dvojcestná klapka, 21 – automatická vrecovacia váha, 22 – kontajner na vytriedené osivo, 23 – cyklónový odlučovač, 24 – vyrovnávací zásobník, 25 – pásový dopravník, 26 – morička HEID, 27 – dvojcestná klapka, 28 – sušička na namorené osivo HEID, 29 – vyrovnávací zásobník, 30 – triediace zariadenie SORTEX. Rímskymi číslicami sú vyznačené miesta, z ktorých boli odoberané vzorky materiálu – Technological scheme of a machine line for pea seed post-harvest treatment: 1 – container tipper, 2 – pocket conveyor, 3 – K 547 screen cleaner, 4 – container of waste from a K 547 cleaner, 5 – special belt conveyor, 6 – bags of waste from a pneumatic sorting table, 7 – container of seed sorted on a pneumatic sorting table and to be cleaned and sorted again, 8 – automatic seed sampler, 9 – control flap, 10 – CARTER pneumatic sorting table, 11 – containers of sorted seed, 12 – needle grader, 13 – waste from a needle grader, 14 – container of sorted seed, 15 – container tipper, 16 – vibration conveyor, 17 – two-way flap, 18 – containers of dressed seed, 19 – waste from a SORTEX sorting system, 20 – two-way flap, 21 – automatic bagging scales, 22 – container of sorted seed, 23 – cyclone separator, 24 – equalizing container, 25 – belt conveyor, 26 – HEID seed dresser, 27 – two-way flap, 28 – HEID drier of dressed seed, 29 – equalizing container, 30 – SORTEX sorting equipment. Sampling spots are designated by Roman numerals

## Hodnotenie kvality práce jednotlivých článkov pozberovej linky

Pri hodnotení kvality práce strojov a zariadení linky bola pred spracovaním v prvej a druhej časti pozberovej linky a v miestach, kde dochádza ku kvalitatívnej a kvantitatívnej zmene zloženia materiálu (napr. čistička K-547A) vykonaná:

a) Základná charakteristika osivového materiálu

- vlhkosť zŕn, podľa ČSN 46 0610
- rozmerové a hmotnostné charakteristiky zŕn
- obsah organických a anorganických prímiesí, podľa ČSN 46 1050
- klíčivosť celých zŕn, podľa ČSN 46 0311
- vitalita celých zŕn – vodivostný test vitality (H o s n e d l, R ů ž i č k o v á, 1988).

b) Charakteristika poškodenia zŕn hrachu

1. m a k r o p o š k o d e n é z r n á – voľným okom viditeľné poškodenie zŕn.

Rozdelenie makropoškodených zŕn:

- a) celé zrná s viditeľným poškodením
- b) polovičky zŕn
- c) úlomky zŕn.

2. z r n á h r a c h u b e z m a k r o p o š k o d e n i a – mikropoškodenie týchto zŕn bolo sledované za pomoci nafarbovania v ultrazvukovej vane a mikroskopu pri 6-násobnom zväčšení

Rozdelenie zŕn bez makropoškodenia:

- a) nepoškodené zrná
- b) poškodené osemenie
- c) poškodený klíček
- d) poškodený klíček a osemenie.

Kvalita práce moričky a sušičky HEID bola hodnotená iba niektorými vybranými parametrami.

Vplyv dopravných zariadení pozberovej linky na kvalitu (poškodovanie) osiva hrachu bol hodnotený podľa charakteristiky poškodenia zŕn.

## Podmienky experimentov

a) Nastavenie a priechodnosť pozberovej linky

Nastavenie jednotlivých strojov a zariadení pozberovej linky bolo vykonané pracovníkmi podniku. Priemerná výkonnosť pozberovej linky bola  $4,67 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ .

b) Voľba odberných miest

Vzorky hrachu boli odoberané

- zo základného zrnového materiálu pred spracovaním na pozberovej linke
- na vstupe a na výstupe zo strojov a zariadení pozberovej linky
- z miest, kde je predpoklad zníženia kvality osiva.

c) Odber vzoriek

Pred vlastným odberom vzoriek bola premeraná časová návaznosť prechodu materiálu zvolenými odbernými miestami. U takto zistenej časovej návaznosti boli vzorky odoberané.

d) Hmotnosť vzoriek

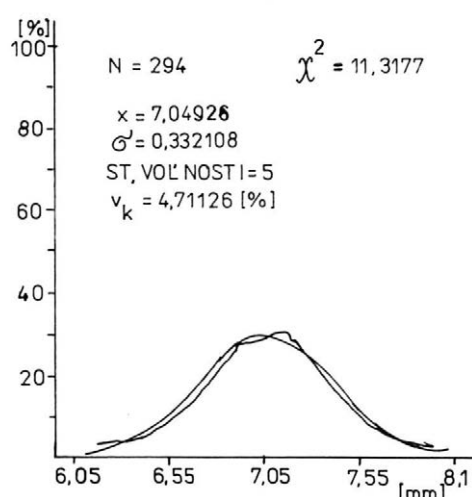
Pre určenie zloženia osivového materiálu (obsah prímiesí) určuje norma ČSN 46 0610 minimálnu hmotnosť vzorky 0,5 kg. Hmotnostné a rozmerové charakteristiky zŕn, poškodenie a klíčivosť zŕn hrachu boli určované z minimálneho počtu 300 zŕn.

## VÝSLEDKY MERANÍ

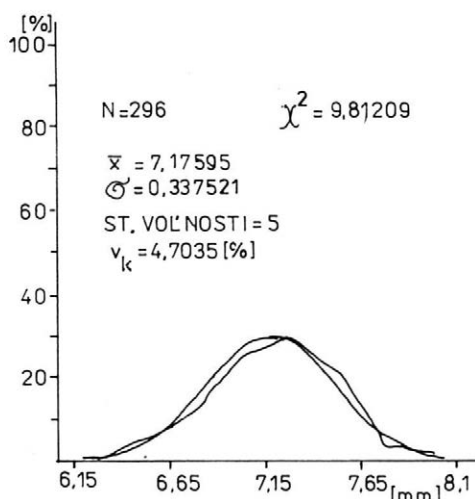
Počas experimentálnych meraní bol na linke spracovaný osivový hrach odrody Tyrkys.

Hrach bol zberaný obilnými kombajnami a pred spracovaním uskladnený v kon-

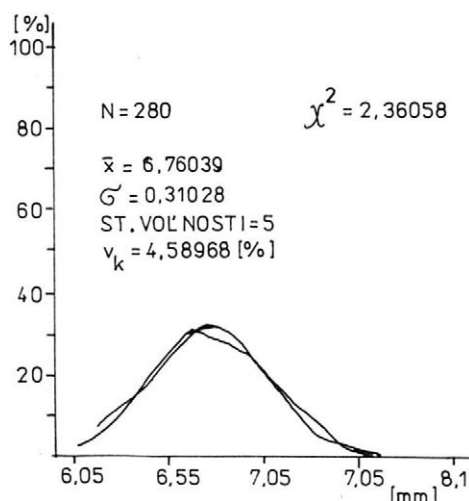
tajneroch. Základná charakteristika osivového materiálu pred spracovaním na pozberovej linke je na obr. 2 až 5 a v tab. I.



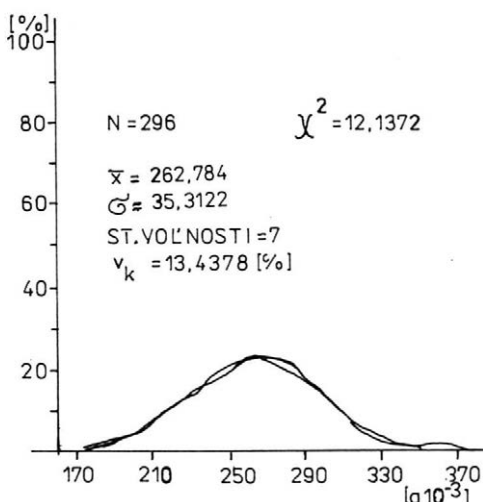
2. Variačné rozloženie početnosti dĺžky zŕn hrachu odrody Tyrkys pred spracovaním na pozberovej linke – Variation distribution of the frequency of seed length in the Tyrkys pea cultivar before treatment in a post-harvest treatment line



3. Variačné rozloženie početnosti šírky zŕn hrachu odrody Tyrkys pred spracovaním na pozberovej linke – Variation distribution of the frequency of seed width in the Tyrkys pea cultivar before treatment in a post-harvest treatment line



4. Variačné rozloženie početnosti hrúbky zŕn hrachu odrody Tyrkys pred spracovaním na pozberovej linke – Variation distribution of the frequency of seed diameter in the Tyrkys pea cultivar before treatment in a post-harvest treatment line



5. Variačné rozloženie početnosti hmotnosti zŕn hrachu odrody Tyrkys pred spracovaním na pozberovej linke – Variation distribution of the frequency of seed weight in the Tyrkys pea cultivar before treatment in a post-harvest treatment line

I. Charakteristika osivového materiálu (hrach Tyrkys) v jednotlivých odberných miestach prvej časti pozhrovej linky (odberné miesta sú znázornené na obr. 1) – The characteristics of pea seed (Tyrkys cv.) at different sampling spots of the first part of a post-harvest treatment line (sampling spots are represented in Fig. 1)

| Por. čís. | Meraná veličina                      | Rozmer                                       | Odborné miesta |       |       |        |        |       |       |       |        |        |       |        |       |       |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
|           |                                      |                                              | I.             | II.   | III.  | IV.    | V.     | VI.   | VII.  | VIII. | IX.    | X.     | XI.v  | XI.s   | XI.d  | XII.  |
| 1         | Vlhkosť materiálu                    | %                                            | 13,74          | –     | –     | 13,15  | 13,60  | –     | –     | –     | 13,15  | 14,20  | –     | 13,64  |       | –     |
| 2         | Makropoškodené zrná - z toho:        | %                                            | 10,56          | 10,42 | 11,14 | 89,17  | 3,98   | 5,33  | 5,28  | 5,85  | 17,00  | 6,67   | 5,73  | 5,79   | 6,49  | 6,30  |
|           | a) celé makropošk. zrná              | %                                            | 4,21           | 4,02  | 4,45  | 1,13   | 3,50   | 4,66  | 4,95  | 5,01  | 8,30   | 5,74   | 4,94  | 4,97   | 5,62  | 5,67  |
|           | b) polovičky zrn                     | %                                            | 5,92           | 5,93  | 5,98  | 88,04  | 0,40   | 0,64  | 0,33  | 0,70  | 8,70   | 0,89   | 0,76  | 0,80   | 0,85  | 0,62  |
|           | c) úlomky zrn                        | %                                            | 0,43           | 0,47  | 0,71  |        | 0,08   | 0,03  | –     | 0,14  |        | 0,04   | 0,03  | 0,02   | 0,02  | 0,01  |
| 3         | Mikropoškodené zrná - z toho:        | %                                            | 36,06          | 37,00 | 39,27 |        | 40,50  | 38,79 | 28,15 | 43,35 |        | 43,33  | 32,83 | 37,57  | 37,5  | 38,65 |
|           | a) mikropoškodenie osemenia          | %                                            | 29,90          | 30,72 | 32,74 |        | 35,79  | 30,77 | 23,43 | 37,07 |        | 37,57  | 30,02 | 28,29  | 28,04 | 30,12 |
|           | b) mikropoškodenie klíčka            | %                                            | 3,52           | 3,69  | 3,65  | 10,13  | 1,88   | 3,79  | 1,88  | 2,82  | 80,89  | 2,90   | –     | 2,78   | 2,92  | 2,80  |
|           | c) mikropoškodenie osemenia a klíčka | %                                            | 2,64           | 2,59  | 2,88  |        | 2,83   | 4,19  | 2,81  | 2,83  |        | 2,86   | 2,81  | 6,50   | 6,54  | 5,73  |
| 4         | Nepoškodené zrná                     | %                                            | 52,02          | 51,22 | 48,44 |        | 53,68  | 53,05 | 65,63 | 50,01 |        | 49,21  | 60,50 | 55,61  | 55,07 | 54,01 |
| 5         | Prímеси organické                    | %                                            | 1,30           | –     | –     | 0,32   | 1,77   | –     | –     | –     | 2,04   | 0,79   | –     | 0,71   | –     | –     |
| 6         | Prímеси anorganické                  | %                                            | 0,06           | –     | –     | 0,38   | 0,07   | –     | –     | –     | 0,07   | –      | –     | 0,14   | –     | –     |
| 7         | Klíčivosť celých zrn                 | %                                            | 96,00          | –     | –     | 95,00  | 96,00  | –     | –     | –     | 94,00  | 94,00  | 95,00 | 94,00  | 92,00 | 93,00 |
| 8         | Vitalita celých zrn                  | $\gamma$ S.cm <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> | 16,78          | –     | –     | 13,41  | 13,10  | –     | –     | –     | 13,10  | 20,54  | –     | 18,72  | –     | 19,20 |
| 9         | Hmotnosť tisíc zrn                   | g                                            | 262,78         | –     | –     | 149,62 | 265,28 | –     | –     | –     | 233,70 | 268,79 | –     | 270,80 | –     | –     |
| 10        | Stredný rozmer zrn                   | mm                                           | 6,90           | –     | –     | 5,70   | 6,97   | –     | –     | –     | 6,74   | 7,09   | –     | 6,86   | –     | –     |

a) Hodnoty 7,8 boli merané zo zrn bez makropoškodenia

b) V odborných miestach IV. a IX. (odpady) boli úlomky a polovičky zrn vyjadrené spolu

c) V kolónkach označených znamienkom „–“ nebolo potrebné merania vykonať

Charakteristika materiálu vstupujúceho a vystupujúceho z linky a v miestach, kde dochádza k zmene v zložení a kvalite osivového materiálu, je v tab. I a II.

Z tab. I vyplýva, že osivový materiál mal nízky obsah vlhkosti (13,74 %), čo vytvára predpoklad zvýšeného poškodzovania zŕn hrachu vplyvom dynamických účinkov. Zrnový materiál od kombajnov sa vyznačoval vysokým podielom makropoškodených – 10,56 % a mikropoškodených zŕn – 36,06 %. Vysoké percento poškodenia zŕn hrachu bolo zapríčinené nesprávnym režimom práce mechanizmov obilných kombajnov pri zbere. Obsah prímies bol nízky – 1,36 %, čo je z hľadiska následného čistenia výhodné. Klíčivosť zŕn dosiahla hodnotu 96 % pri veľmi dobrej vitalite zŕn hrachu, čo dáva predpoklad vysokej poľnej vzhádzavosti aj v nepriaznivých podmienkach. Potrebné je však pripomenúť, že klíčivosť a vitalita zŕn boli robené len zo zŕn hrachu bez makropoškodenia. Makropoškodené zrná vykazovali 30 až 50 % klíčivosť.

Doprava osivového materiálu do sitovej čističky K-547A bola vykonaná preklápačom kontajnerov a kapsovým dopravníkom. Preklápač kontajnerov v prvej časti linky spôsobuje nárast mikropoškodenia z 36,06 % na 37,0 %, pričom početnosť celých zŕn klesla o 0,25 %. Je to spôsobené hlavne dopadom zŕn na sklzový plech preklápača kontajnerov a nárazom zrna o zrno v spodnej časti preklápača kontajnerov.

Pri vertikálnej doprave kapsovým dopravníkom a následne spádovým potrubím do čističky K-547A došlo k nárastu makropoškodenia zŕn o 0,72 %. Percentuálne zastúpenie mikropoškodených zŕn stúplo z 37,0 % na 39,27 %. Pri tomto dopravnom zariadení k poškodeniu zŕn hrachu dochádza najmä pri nábere materiálu v spodnej časti dopravníka úderom o náberové hrany káps a pri výpade materiálu v hornej časti kapsového dopravníka. Kapsa mala objem 1500 cm<sup>3</sup>, bola vyrobená z oceľového plechu a jeho obvodová rýchlosť bola 2,6 m · s<sup>-1</sup>.

Kvalitu práce sitovej čističky K-547A sme posudzovali na základe rozboru vzoriek z vyčisteného materiálu a z odpadov.

Vo vyčistenom materiáli je badateľný nárast celých zŕn bez makropoškodenia o 6,1 % a nárast percentuálneho zastúpenia nepoškodených zŕn z pôvodných 48,44 % na 53,68 %. Početnosť polovičiek a úlomkov zŕn hrachu poklesla o 6,21 % v porovnaní so vstupným materiálom. Tieto údaje je možné vysvetliť rozpadom poškodených zŕn pri prechode sitovou čističkou a ich oddelením do odpadov.

Obsah prímies vo vyčistenom materiáli zostal na približne rovnakej úrovni – 1,95 %. Bolo to spôsobené zložením organických a anorganických prímies (hrudky a kamienky tvarom a rozmermi podobné zŕnám hrachu, ktoré sa obtiažne oddeľujú na sitovej čističke) a nevhodnou voľbou sít čističky K-547A.

Klíčivosť celých zŕn bez makropoškodenia ostala na pôvodnej hodnote – 96 %.

V porovnaní so vstupným materiálom je viditeľný nárast hmotnosti tisíc zŕn, ktorá vzrástla z 262,78 g na 265,28 g. Tento nárast je spôsobený prepadom podrozmerných zŕn do odpadov.

Pri čistení na sitovej čističke K-547A sa zo vstupného osivového materiálu vytriedi a do odpadov dostáva 8 % materiálu.

V odpade zo sitovej čističky K-547A sa nachádza 11,26 % celých zŕn, z toho 10,13 % celých zŕn bez makropoškodenia. Aj napriek nízkej hmotnosti týchto zŕn – hmotnosť tisíc zŕn 149,62 g a malým rozmerom – stredný rozmer zrna 5,70 mm, je vysoká klíčivosť – 95 %, a vitalita zŕn vyplýva z toho, že sa jedná o zdravé

II. Charakteristika osivového materiálu (hrach Tyrkys) v jednotlivých odberných miestach druhej časti pozberovej linky (odberné miesta sú znázornené na obr. 1) – The characteristics of pea seed (Tyrkys cv.) at different sampling spots of the second part of a post-harvest treatment line (sampling spots are represented in Fig. 1)

| Por. čís. | Meraná veličina                      | Rozmer                                       | Odborné miesta |       |       |        |        |        |        |       |       |       |       |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
|           |                                      |                                              | I.             | II.   | III.  | IV.a   | IV.b   | V.a    | V.b    | VI.   | VII.  | VIII. | IX.   |
| 1         | Vlhkosť materiálu                    | %                                            | 11,80          | –     | –     | –      | –      | –      | –      | –     | 12,50 | 12,20 | 12,10 |
| 2         | Makropoškodené zrná -<br>z toho:     | %                                            | 7,53           | 7,66  | 7,72  | 7,76   | 8,32   | 8,35   | 8,43   | 8,40  | 8,68  | 8,70  | 9,21  |
|           | a) celé makropoškodené zrná          | %                                            | 6,92           | 6,95  | 6,94  | 7,22   | 7,64   | 7,90   | 7,80   | 7,79  | 8,03  | 8,01  | 8,50  |
|           | b) polovičky a úlomky zrn            | %                                            | 0,61           | 0,71  | 0,78  | 0,54   | 0,68   | 0,63   | 0,63   | 0,61  | 0,65  | 0,69  | 0,70  |
| 3         | Mikropoškodené zrná -<br>z toho:     | %                                            | 37,44          | 39,73 | 37,71 | 38,17  | 38,27  | 41,46  | 39,83  | 41,05 | 89,97 | 89,95 | 89,44 |
|           | a) mikropoškodenie osemenia          | %                                            | 32,45          | 36,58 | 33,95 | 35,45  | 32,88  | 36,03  | 34,22  | 36,04 |       |       |       |
|           | b) mikropoškodenie klíčka            | %                                            | 3,17           | 1,34  | 1,89  | 0,91   | 2,65   | 1,81   | 2,71   | 2,10  |       |       |       |
|           | c) mikropoškodenie klíčka a osemenia | %                                            | 1,82           | 1,81  | 1,93  | 1,81   | 2,74   | 3,62   | 2,90   | 2,91  |       |       |       |
| 4         | Nepoškodené zrná                     | %                                            | 53,68          | 51,26 | 53,22 | 52,72  | 52,06  | 48,66  | 50,39  | 49,20 |       |       |       |
| 5         | Prímesi organické                    | %                                            | 1,31           | –     | –     | –      | –      | –      | –      | –     | –     | –     | –     |
| 6         | Prímesi anorganické                  | %                                            | 0,04           | –     | –     | –      | –      | –      | –      | –     | –     | –     | –     |
| 7         | Klíčivosť celých zrn                 | %                                            | 95,00          | –     | 95,00 | –      | 94,00  | –      | 94,00  | 93,00 | 94,00 | 93,00 | 92,00 |
| 8         | Vitalita celých zrn                  | $\gamma$ S.cm <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> | 27,50          | –     | 27,57 | –      | 27,14  | –      | 27,69  | 27,80 | +     | +     | +     |
| 9         | Hmotnosť tisíc zrn                   | g                                            | 243,41         | –     | –     | 246,95 | 237,59 | 237,27 | 234,71 | –     | –     | –     | –     |
| 10        | Stredný rozmer zrn                   | mm                                           | 6,78           | –     | –     | 6,83   | 6,86   | 6,77   | 6,73   | –     | –     | –     | –     |

a) Hodnoty 7,8 boli merané zo zrn bez makropoškodenia

b) V kolónkach označených znamienkom „–“ nebolo potrebné merania vykonať, v kolónkach s označením „+“ nebolo možné vykonať meranie

vitálne zrná. Otázne je, aký vplyv na biologickú úrodu by mal výsev takýchto zŕn.

Pri sledovaní zastúpenia jednotlivých frakcií zŕn vstupujúcich a vystupujúcich zo sitovej čističky K-547A sme zistili, že pri prechode čističkou dochádza k deštrukcii hlavne makropoškodených zŕn. Početnosť zŕn, ktoré sa rozpadli pri prechode čističkou, dosahuje 2,18 %. Je to spôsobené opakovaným úderom zŕn o pracovné elementy čističky. Hlavný podiel na poškodzovaní má pohyb zŕn po kmitajúcich sitách a rozhrňacia závitovka na vstupnej časti čističky.

Podiel jednotlivých pracovných mechanizmov čističky na poškodzovanie zŕn nebolo možné z objektívnych príčin zistiť (nebolo možné odobrať vzorky materiálu počas chodu čističky).

Doprava vyčisteného materiálu zo sitovej čističky K-547A na pneumatický triediaci stôl CARTER je riešená špeciálnym pásovým dopravníkom a sklzovým žľabom umiestneným na vstupe pneumatického triediaceho stola.

Pri tejto doprave dochádza k poklesu početnosti celých zŕn o 1,18 % a celých zŕn bez makropoškodenia o 2,34 %. Nárast makropoškodených zŕn činil 1,35 %. K výraznému nárastu poškodenia zŕn hrachu dochádza vplyvom vysokej rýchlosti rázu zŕn pri páde zo špeciálneho pásového dopravníka na plechový sklzový žľab (výška pádu 0,6 m), kde sa sčítava zotrvačná a gravitačná zložka sily padajúceho zrna.

Na pneumatickom triediacom stole CARTER je materiál rozdeľovaný do troch frakcií.

Vzorky z odpadov sme odoberali z odberného miesta IX (obr. 1). Tento odpad je určený na skrmovanie; obsahuje 80,89 % celých zŕn bez makropoškodenia.

Obsah organických prímiesí je 3,76 % a minerálnych 0,07 %. Odpad je vhodný na skrmovanie.

Z celkového množstva materiálu prichádzajúceho na triediaci stôl CARTER 3 % materiálu bolo vytriedeného do odpadu.

Na opätovné triedenie bolo odseparovaných 21 % materiálu z pneumatického triediaceho stola. Tento materiál je z pneumatického triediaceho stola spádovým potrubím dopravovaný do kontajnera.

V kontajneri bolo z celkového množstva osivového materiálu 98,27 % celých zŕn hrachu a z toho 92,53 % zŕn bez makropoškodenia.

Dopravné potrubie a pád zrna do kontajnera znižuje početnosť celých zŕn bez makropoškodenia o 1,25 % a zvyšuje makropoškodenie o 0,82 %. Zastúpenie nepoškodených zŕn kleslo z 50,01 % na 49,0 %. Je to spôsobené nevhodne zvoleným sklonom spádového potrubia, jeho nesprávnym ukončením (odpálenie autogénom), čím dochádza k obrusovaniu zŕn a dynamickým rázom. Značný podiel na poškodzovaní má pád zŕn zo spádového potrubia do kontajnera (najmä na dno kontajnera) a úder zŕn o drôtenú výstuž kontajnera.

Konečný vytriedený osivový materiál je spádovým potrubím dopravovaný do kontajnerov (pozícia 11 na obr. 1). Z kontajnerov boli odobraté vzorky materiálu z troch vrstiev (dna, stredu a z hornej vrstvy) za účelom zistenia vplyvu výšky pádu osivového materiálu do kontajnera na poškodzovanie zŕn hrachu.

Podrobne sme charakterizovali materiál v strednej časti kontajnera. Početnosť celých zŕn bola 98,24 % a z toho celé zrná bez makropoškodenia 93,27 %. Obsah polovičiek a úlomkov bol 0,82 % a obsah organických a anorganických prímiesí 0,94 %.



Keď porovnáваме obsah minerálnych prímiesí v jednotlivých častiach pneumatického triediaceho stola (tab. I) vidíme, že maximálny obsah týchto prímiesí sa nachádza v konečnom vytriedenom materiáli. Je to zapríčinené princípom práce pneumatického triediaceho stola, ktorý pracuje na základe rozdeľovania materiálu podľa hustoty.

Pri hodnotení klíčivosti a vitality zŕn sme vychádzali z hodnotenia celých zŕn bez makropoškodenia. Klíčivosť osivového materiálu ako celku bola nižšia o 3 % a dosiahla hodnotu 91 %.

Pri sledovaní výšky pádu osivového materiálu na dno, stred a do hornej časti kontajnera sme zistili značné rozdiely v percentuálnom zastúpení jednotlivých frakcií poškodených zŕn (tab. I).

Výrazný podiel v poškodzovaní zŕn je medzi spodnou a strednou časťou kontajnera. Možno si to vysvetliť tým, že ak dôjde k prekrytiu vystužovacích drôtov v kontajneri osivovým materiálom, poškodenie zŕn hrachu podstatne klesá.

Zariadenie na kontrolný odber vzoriek sa pomerne značne podieľa na poškodzovaní zŕn hrachu (tab. I). Ide hlavne o mikropoškodenie zŕn, čo sa prejavuje znížením klíčivosti kontrolovaného osivového materiálu.

Prvá časť pozberovej linky je určená na odseparovanie nežiadúcich zložiek z osivového materiálu. Tým sa znižuje hmotnosť vyčisteného a vytriedeného osivového materiálu oproti materiálu prichádzajúcemu na pozberovú linku. Výkonnosť prvej časti pozberovej linky bola  $4,67 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Na čističke K-547A došlo k oddeleniu 8 % materiálu do odpadov, čo činí  $374 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ . Na pneumatický triediaci stôl prichádzalo  $4296 \text{ kg}$  materiálu za hodinu. Do odpadov z pneumatického triediaceho stola sa dostávalo 2,8 % materiálu, čo činí  $129 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ . Na opätovné triedenie bolo oddelených 19,3 %, čo je  $902 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$  a vyčistený produkt z pôvodného množstva činil 69,9 %, čo je  $3265 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ . Z toho vyplýva, že výťažnosť osivového materiálu po prechode prvou časťou pozberovej linky bola 69,9 %. Je potrebné pripomenúť, že z materiálu oddeleného na pneumatickom triediacom stole určeného na opätovné triedenie (jeho hmotnostný podiel z množstva materiálu vstupujúceho na pozberovú linku bol 19,3 %) sa 12–15 % hmotnostného podielu osiva dostane do konečného vytriedeného osivového materiálu. Výťažnosť osiva po čistení a triedení v prvej časti linky sa tým zvýši na 82 až 85 %.

V druhej časti pozberovej linky sme sa zamerali na vplyv dopravných zariadení na poškodzovanie zŕn hrachu a kvalitu práce sekcie linky určenej na morenie osiva.

Vlhkosť vstupujúceho materiálu bola 11,74 % a dosahovala už značne kritické hodnoty z hľadiska poškodzovania. Početnosť celých zŕn bola 98,04 % so značným podielom makropoškodených zŕn – 6,92 %. Z celkového množstva zŕn bolo 53,68 % nepoškodených. Klíčivosť osivového materiálu ako celku bola nižšia o 4 % a činila 91 %. Zníženie celkovej klíčivosti zŕn je zapríčinené vysokým podielom makropoškodených zŕn – 7,35 %.

Pri vyklopení materiálu v preklápači kontajnerov došlo k nárastu poškodenia zŕn. Percentuálne zastúpenie nepoškodených zŕn hrachu pokleslo z 53,68 % na 51,26 % a stúplo mikropoškodenie zŕn o 2,29 %. Ide hlavne o praskanie osemenia zŕn hrachu spôsobené nízkou vlhkosťou a dynamickými účinkami pri vysypávaní materiálu.

Pri páde materiálu z preklápača kontajnerov na vstup vibračného dopravníka (výška voľného pádu 0,45 m) sme namerali mierny nárast poškodenia zŕn (tab. II).



Pri sledovaní vplyvu vibračného dopravníka na poškodzovanie zŕn hrachu pri vertikálnej doprave materiálu sme odoberali vzorky v dopravnej výške 3,2 m a na výstupe z vibračného dopravníka v dvoch vrstvách materiálu v závitovkovom žľabe – dna a hornej vrstvy.

Z nameraných hodnôt vyplýva, že vibračný dopravník na deštrukciu zŕn takmer nepôsobí. Vzástol počet mikropoškodených zŕn z 37,71 % na 39,83 %.

Pri doprave materiálu dochádza k čiastočnej separácii materiálu podľa hustoty zŕn. Z výsledkov (tab. II) možno usudzovať, že zrná pohybujúce sa na dne žľabu vibračného dopravníka sú viac mikropoškodzované. Jedná sa hlavne o oter zŕn o dno a boky žľabu.

Pri sledovaní kvality práce moričky B-10 rakúskej firmy HEID sme sledovali kvalitu a množstvo nanesenia aktívnej látky na osivo. Na morenie, ako adhezívna látka (a zároveň z bezpečnostných dôvodov) bolo použité červené farbivo Hydrokol, a tým kontrolu kvality namorenia klasickou spektrálnou metódou nie je možné použiť.

Kvalitu namorenia sme sledovali priamo podľa množstva vstrekaného moriaceho roztoku na nastavenú dávku osivového materiálu. Pri sledovaní množstva moridla naneseného na osivo sme zistili, že z potrebného množstva 0,042 l moridla na 6 kg osiva bolo nanesených len 85,7 %. Z uvedeného vyplýva, že kvalita namorenia osiva nemohla dosiahnuť optimálnej hodnoty. Bolo to spôsobené nesprávnym nastavením dávkovacieho zariadenia obsluhou.

Po prechode zŕn bubnovou moričkou sme zistili mierny nárast makropoškodenia zŕn z hodnoty 8,40 % na 8,68 %. Pri morení došlo k zvýšeniu vlhkosti osivového materiálu o 0,7 %, t.j. z 11,8 % na hodnotu 12,5 %.

Po namorení je osivový materiál osušovaný v sušičke TRT-5A firmy HEID. Jedná sa hlavne o odstránenie povrchovej vlhkosti, a tým o adhéziu aktívnej látky na zrná hrachu. Pri prechode sušičkou poklesla vlhkosť materiálu o 0,3 % na hodnotu 12,2 %. Teplota sušiaceho média sa pohybovala od 36 do 37,5 °C.

Po namorení a osušení je osivový materiál dopravovaný spádovým potrubím do kontajnerov. Pri tejto doprave dochádza k nárastu makropoškodených zŕn o 0,51 % a k zníženiu klíčovosti celých zŕn bez makropoškodenia na 92 %. Vo výslednom produkte je značný podiel makropoškodených zŕn – 9,21 %.

Z meraní vyplýva, že klíčovosť makropoškodených zŕn je nízka a zároveň makropoškodené zrná majú nízku polnú vzhádzavosť. Vyplýva z toho otázka, či vlastne „nehnojíme” pôdu vysokým percentom neklíčivých zŕn, ktoré sme mohli využiť ekonomickejšie (napr. skrmovanie). Klíčovosť namoreného osivového materiálu ako celku bola 88 %. Obsah organických a anorganických prímiesí bol 1,30 %, čo odporuje norme ČSN 46 0610, ktorá dovoľuje maximálny obsah prímiesí v osive strukovín 1 %. Konečný osivový materiál mal 12,1 % vlhkosť.

Z rozboru kvality práce pozberovej linky možno zhrnúť nasledovne:

Z hľadiska celkového poškodzovania najvyššie poškodzovanie zŕn spôsobuje ne-  
správna technológia zberu. Vstupný materiál prichádzajúci na pozberovú linku od  
obilných kombajnov je značne poškodený. V našom prípade činilo celkové po-  
škodenie 46,62 % a z toho bolo 10,56 % makropoškodených zŕn. Pri sledovaní  
vstupného materiálu na viacerých pozberových linkách bolo zistené, že jeho mak-  
ropoškodenie sa pohybovalo od 10 % do 21 % (Jech, 1986). Pri zbere vzniká  
prvotné poškodenie, ktoré má negatívny dôsledok na nasledovné pozberové spracovanie. Ani najprogresívnejšia pozberová linka nedokáže kvalitne spracovať takto  
znehodnotený osivový materiál.

Jednotlivé stroje a zariadenia pozberovej linky ovplyvňujú určitým podielom  
kvalitu osivového materiálu, ktorý poukazuje na mieru vhodnosti ich technologic-  
kého a technického riešenia pre pozberové spracovanie strukovín (tab. I a II).

Boli potvrdené poznatky o náchylnosti strukovín na mechanické poškodzovanie  
vplyvom dynamických účinkov pri zbere a pozberovom spracovaní.

Na celkovom poškodení sa v procese pozberového spracovania najpodstatnejšou  
mierou podieľajú dopravné a manipulačné zariadenia. Na sledovanej linke spô-  
sobili uvedené zariadenia 4,07 % makropoškodenia a 16,24 % mikropoškodenia.  
Mikropoškodenie zŕn bolo sledované len po moričku, pretože použitá metóda zis-  
ťovania mikropoškodenia nemohla byť po morení aplikovaná. Najvýraznejšie sa na  
poškodzovaní zŕn podieľa doprava samospádom.

Na čistenie je v linke použitá čistička pracujúca na princípe plochých kývavých  
sít. Pri čistení dochádzalo k deštrukcii 2,18 % hlavne celých makropoškodených  
zŕn.

Najvhodnejší pracovný mechanizmus na čistenie a triedenie strukovín sa javí  
pomalobežné valcové sito, prípadne pneumatikový triediaci stôl.

## Literatúra

- HOSNEDL, V. – RŮŽIČKOVÁ, Z.: Vitalita osiva hrachu v závislosti na zralosti a způsobu sklizně. Rostl. Výr., 34, 1988, č. 6, s. 635–640.
- JECH, J. – ARTIM, J.: Zhodnotenie linky strojov na pozberové spracovanie osiva hrachu. Nitra, VŠP 1989.
- JECH, J. – ARTIM, J. – PONIČAN, J. – RATAJ, V.: Racionalizácia zberu a pozberového ošetrovania strukovín a olejnin – Úvodná štúdia k čisteniu a triedeniu strukovín. Správa o ukončení vecnej etapy. Nitra, VŠP 1989.
- JECH, J. – DOLEJŠÍ, J.: Pozberové spracovanie semien strukovín čistením a triedením. Mechaniz. Poľnohosp., 7, 1978.
- JECH, J. a kol.: Vlastnosti strukovín z hľadiska zberu. Záverečná správa. Nitra, VŠP 1986.
- SOSNOWSKI, S.: Mechanické poškodenie sóje vznikajúce pri pozberovom spracovaní. Mechaniz. Poľnohosp., 18, 1989, č. 7.
- ČSN 46 0311: Osivo a sadba. Uznávaní osiva a sadby. 1985.
- ČSN 46 0610: Osivo a sadba. Zkoušení osiva. 1983.
- ČSN 46 1050: Osivo a sadba. Osivo strukovin. 1989.

JECH, J. – ARTIM, J. (University of Agriculture, Nitra): *The effects of post-harvest treatment of pea seed on pea quality*. Zeměd. Techn., 37, 1991 (1): 49–60.

The effects of individual components of a machine line for post-harvest treatment of pea seed (cleaner, grader, seed dresser and drier) and of vehicles were analyzed, as exerted on the final quality of seed. Individual machines and equipments were investigated with respect to pea seed damage. The machine line where experimental measurements were performed has one of the most progressive designs in Czechoslovakia.

post-harvest treatment; seeds; pea; quality of operation; damage; seed germination

---

*Adresa autorov:*

Prof. ing. Ján J e c h, CSc., ing. Jozef A r t i m, Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 2, 949 76 Nitra

---

## MOŽNOSTI VYUŽITÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE V ZEMĚDĚLSTVÍ

Elektronizace je jedním z rozhodujících směrů rozvoje národního hospodářství a výrazně se uplatňuje i v zemědělské velkovýrobě. Tento vývoj zákonitě zvyšuje zájem i o ostatní oblasti zemědělské elektroenergetiky. Proto je účelné nastínit ucelený, i když stručný přehled této problematiky a poukázat na nejnaléhavější úkoly, které je nutné řešit v blízké budoucnosti.

### Osvětlování a ozařování

Osvětlování a ozařování představuje jen několik procent v celkové bilanci spotřeby elektrické energie. Za současného stavu rozvoje vědy a techniky nemá jinou reálnou alternativu než na bázi elektrické energie. V náplni výzkumných řešení převládají aplikace nových světelných zdrojů a osvětlovacích soustav s příznivější skladbou spektra, blíží se více přirozenému osvětlení, či naopak s potlačenou nebo zesílenou některou složkou spektra k dosažení vyšších stimulačních účinků. Vedle toho se využívá i baktericidních účinků záření, jeho vlivu na snižování obsahu nitrátů v zelenině apod. Nové zdroje a soustavy mají zpravidla i podstatně vyšší energetickou účinnost a světelné technické parametry proti starším provedením. Problematika úzce navazuje na základní výzkum a její součástí jsou i programy osvětlovacích a ozařovacích cyklů pro rostliny i živočišné organismy a technické prostředky k jejich automatickému zabezpečení.

### Elektrotechnologie

Jak už z názvu vyplývá, elektrotechnologie jsou založeny rovněž výlučně na elektrické energii a spočívají v přímém působení elektrického proudu či elektrických a magnetických polí na pracovní předmět. Patří sem i působení jiných fyzikálních veličin, bezprostředně vázaných na elektrickou energii a elektrická zařízení, např. využití ultrazvuku či dielektrického ohřevu.

K nejznámějším příkladům patří elektroseparator živých a neživých semen, magnetická úprava vody (urychluje růst, zvyšuje výnosy), elektrostatické nanášení ochranných prostředků na rostliny (je obdobou nanášení barev a laků – elektricky nabitě kapénky se k chráněnému předmětu pevně přitahují, a to i zespodu, což pronikavě snižuje spotřebu postřikových prostředků a dokonaleji chrání rostlinu) atd. Je známo i elektrické hubení plevelů, spočívající v tom, že plevel, který přerostl kulturní rostlinu, se dostane do styku s elektrodou nabitou proti zemi vysokým napětím, čímž plevel projde proud, který ho spálí (ekologicky zcela nezávadný způsob). Při elektrickém odsolování půd se pomocí elektrod zavede do půdy elektrický proud, čímž se spotřeba vody na promývání sníží proti klasickým způsobům až čtyřikrát.

Elektrotechnologie jsou v měřítku, v němž se zatím ve světě provozují, energeticky zanedbatelné.

### Elektrické teplo

Elektrické teplo se s výhodou využívá při akumulacím vytápění, ohřevu technologické a užitkové vody, podlahového a půdního vytápění, ohřívání vzduchu, dále k doplňkovému ohřívání vody a vytápění v kombinaci s nekonvenčními zdroji tepla a k nejrůznějším speciálním ohřevům. Za předpokladu dalšího zvyšování cen LTO bude pravděpodobně ekonomicky únosné i elektrické nízkoteplotní sušení některých plodin.

Po technické stránce lze očekávat zdokonalování dosavadních známých principů s použitím nových tepelně izolačních a konstrukčních materiálů, zvyšováním kapacity zařízení (ohříváče vody na 2000 litrů) a s vysokým stupněm automatizace (řízení nabíjení spotřebičů i řízení výdej tepla, zapojení do integrovaných systémů, návaznost na počítačové řízení energetické optimalizace farmy apod.). Z dosud

méně běžných řešení připomínáme elektrodové kotle, u nichž je „odporovým topným tělesem“ přímo ohřívána voda v prostoru mezi elektrodami (výkon od 6 do 100 kW i více), a topné kabely pro prostorové, podlahové i půdní vytápění.

Ohřevy akumulárního charakteru mají velký význam energetický pro regulaci elektrizační soustavy na straně odběru. K tomu slouží tzv. Hromadné dálkové ovládání (HDO), které vysílá ovládací impulsy přímo po silnoproudém vedení pomocí tzv. přiložené frekvence a pružně a diferencovaně ovládá akumulární spotřebiče v kteroukoli dobu. Je to výhodné nejen pro energetiku, ale i pro spotřebitele, protože se rozšiřuje doba nabíjení nad dosavadních osm hodin a přesunuje se zčásti do denního mimošpičkového období, což umožňuje zmenšit akumulární zařízení nebo zvětšit odběr tepla, snižují se ztráty atd. Ve volných dnech se zapíná nižší tarif celodenně, což zvýhodňuje nepřetržité provozy, k nimž patří i živočišná výroba a další práce v zemědělství.

Přímotopné spotřebiče (láhne, kvočny) zaujímají zpravidla takové postavení, kdy zvýšené náklady na energii nejsou rozhodující a kde převládá vysoký výsledný provozně-ekonomický efekt. Jiné přímotopné lokální ohřevy a mikroohřevy mívají malou akumulární schopnost, vyznačují se rovněž malou energetickou náročností a jsou většinou technicky jinak neřešitelné. Využívá se velké přizpůsobivosti elektrických topných elementů technologickému zařízení. Elektrický ohřev kotců pro selata a další lokální ohřevy jsou snadno proveditelné, mají vysokou životnost, jsou nenáročné na údržbu a jsou energeticky vysoce efektivní tím, že není nutné vyhřívat celý prostor, ale jen tu jeho malou část, kde je to potřebné.

Při hodnocení elektrotepelných procesů nelze vystačit jen s jednoduchým energetickým přístupem, opřeným o náklady na energii. Je nutný komplexní přístup respektující všechny vlastnosti elektrických topných zařízení, jako jsou nižší investiční náklady, delší životnost, minimální údržba, snadná a spolehlivá automatizace, bezobslužnost, vysoká energetická účinnost lokálních ohřevů proti prostorovým, naprostá ekologická nezávadnost apod. Úlohou výzkumu je mj. shromáždit a zhodnotit podklady pro provozně-ekonomickou optimalizaci s přihlédnutím k specifickému charakteru zemědělského provozu (turnusovost, sezónnost), jimiž se někdy značně liší od průmyslu či bytové komunální sféry. Speciální a energeticky málo náročné procesy je zpravidla výhodné elektrizovat, ostatní je třeba pečlivě a všestranně porovnávat s jinými alternativami, což je neustálý proces vzhledem k neustálému pohybu cen paliv a energií i investičních vstupů.

## **Elektrické pohony stacionárních linek a technologických souborů**

Technologické aplikace využití elektrické energie k pohonu nelze vyjmenovat pro jejich velký počet a neustálý vznik dalších. Proto se soustředíme jen na hlavní přístupy k řešení s důrazem na jejich energetický dopad. Stacionární pohony je nutné chápat i jako nezbytnou výchozí základnu pro řešení elektrizace mobilních procesů.

V konstrukci strojně-technologického zařízení se již dlouho a všeobecně používá individuálního pohonu strojů a vícemotorového pohonu složitých strojů. V zemědělství se mnohem více než v jiných sektorech setkáváme s těžko zpracovatelnými materiály, což má za následek silně proměnlivé zatížení strojů a orgánů. Tomu se čelí předimenzováváním strojů – mechanickým i elektrickým, aby byla rezerva pro zajištění plynulosti provozu při nahodilém nárůstu zatížení. Tím ale klesá energetická účinnost procesu. U většiny strojů totiž platí hyperbolická závislost měrné spotřeby energie na výkonnosti, která s rostoucí výkonností klesá, zatímco s klesající výkonností progresivně stoupá. Tomu lze čelit automatickou regulací hmotnostního průtoku – výkonnosti u prvních strojů – vstupních článků linek. Dosažená rovnoměrnost se pak promítá příznivě do zatížení všech navazujících strojů. Automatickou regulací se rozpětí pracovního intervalu jednak zúží a jednak se posune blíže k mezní dosažitelné hodnotě výkonnosti, čímž stoupá produktivita zařízení, klesá měrná spotřeba energie a zároveň se prakticky odstraňuje i riziko náhlých přetížení, takže vzrůstá i provozní spolehlivost. U silně nerovnoměrných procesů lze zvýšit výkonnost až o 70 % a snížit spotřebu energie až o 20 %. Jsou vypracovány metody umožňující stanovit tyto potenciální rezervy z každého samovolně probíhajícího nebo ručně regulovaného procesu pořízení a rozbořem registračního záznamu průběhu příkonu charakteristického stroje v lince. U nových konstrukcí lze s těmito efekty již předem počítat a navrhovat lehčí a levnější konstrukce, méně dimenzované motory, rozvody, transformátory apod., což vše lze označit jako proces přechodu od extenzivního k intenzivnímu využívání techniky.

Druhou velice významnou oblastí je automatické ovládání, zabezpečení a kontrola chodu strojů a průběhu procesů, jejíž důsledné uplatňování vede k dosažení bezobslužného provozu linek. Je třeba

upozornit na nebezpečí přeceňování možností řízení procesů počítači či jinými elektronickými prostředky. Regulovaná či jinak automatizovaná soustava musí být především správně navržena a vyřešena z hlediska stability a dalších funkčních vlastností a vybavena potřebným systémem spolehlivých čidel a akčních členů, z nichž zdaleka ne všechny mají elektronický charakter. Řada neúspěchů vyšších forem řízení procesů připadá na vrub nedokonalosti a neúplnosti těchto periferních zařízení a naopak při jejich zvládnutí lze zvláště na nižších ovládacích úrovních vyřešit řadu automatizačních úloh i bez použití mikroelektronických prostředků.

V blízké budoucnosti se bude dále rozvíjet výkonová elektronika, tj. použití silových polovodičových prvků – diod, tyristorů, triaků, výkonových tranzistorů a jejich kombinací ke spínacím a regulačním účelům. Dosud používané tyristorové regulátory napětí pro regulaci otáček ventilátorů se budou dále zdokonalovat a doplní se o tranzistorové varianty a o měniče kmitočtu pro regulaci asynchronních motorů nakrátko, které mají řadu výhod, ovšem jsou poměrně nákladné. Proto, jak napovídají i zahraniční zkušenosti, se zejména spínací úkony budou i nadále řešit kontaktními prvky – stykači a jističi, u kterých se přechází na variabilní stavebnicové kombinace.

Účelná a důsledná automatizace na úrovni bezobslužnosti či s minimalizací nároků na obsluhu umožní převést část technologických procesů, zvláště těch, které pracují do zásoby, do kategorie procesů, které mohou pomáhat vyrovnávat zatížení elektrizační soustavy na straně odběru, podobně jako tepelné spotřebiče akumulárního typu.

Řada stacionárních procesů však probíhá i mimo farmu a s neelektrickým pohonem nebo s použitím dieselelektrického agregátu, což je prostor pro záměnu motorových paliv za elektrickou energii. Sem patří důsledná elektrizace závlahového hospodářství, náhrada vznětových motorů u strojů na vytváření stohů slámy a sena a u ventilátorů na dosoušení a provětrávání těchto stohů a další práce a manipulace „na okraji pole“.

Proto je nutné výzkumně vyřešit a zavést levný a efektivní systém elektrického napájení, který bude pravděpodobně vytvořen optimální kombinací pevných a přemístitelných (dočasně zřizovaných) napájecích zařízení. Nutnost zlevnění a zhuštění provozu si zřejmě vynutí přechod na výkonnější napěťové soustavy, než je obvyklých 3×380/220 V.

K záměně motorových paliv za elektrickou energii lze přispět i tzv. stacionarizací procesů, tj. záměnou dosavadních mobilních technologií za stacionární. Souvisí to úzce s možností zavádění dělených sklizní. Reálná, energeticky žádoucí i zemědělskou praxí žádaná je technologie sbírání píce a jejich další zpracování stacionární řezačkovou linkou. Jsou i jiné možnosti, které je však třeba pečlivě a všestranně ověřit. Dosud máme v paměti trojfázovou sklizeň obilovin, kde oddělení slámy a zrna probíhalo na stacionární lince s oddělovačem zrna – separátorem. Tehdejší výsledky lze dodnes použít pro odhad možné úspory, resp. záměny motorových paliv elektrickou energií. Samotná záměna nemůže být ovšem rozhodujícím ani dostačujícím důvodem k zavedení jiné technologie. Záleží na komplexním pojetí řešení celého problému a na dalších přínosech technologických, provozně ekonomických a ekologických (zvýšení energetické účinnosti, snížení ztrát a poškození zrna, bezobslužný provoz, možnost dokonalé automatizace a automatické kontroly jednoduchými a spolehlivými prostředky, zjednodušení dopravy a snížení přepravní náročnosti, výhodný souběžný úklid slámy atd.). Jsou možné i další dělené sklizně (brambory, cukrovka), pokud obstojí technologicky a ekonomicky ve smyslu naznačených přístupů.

Také dělené sklizně, resp. jejich stacionární fáze lze provádět nejen na farmě, ale i na vhodných elektrizovaných místech „na okraji pole“ (snížení nároků na sezónní dopravu, rozložení „špiček“, ponechání některých komponentů separace na poli atd.).

## **Elektrizace mobilních strojů a procesů**

Ve sklenicích se začíná zavádět systém nářadových mostů, umožňující jak automatizaci procesů s prvky robotizace, tak relativně bezproblémové napájení elektrickou energií. Jeho použití je však omezeno jen na novou výstavbu či zásadní rekonstrukce sklenic. Zřejmě univerzálnější použití by měl zahradnický elektrický malotraktor používaný jak v dosavadních typech sklenic, tak v dopravě, při sklizni, příp. i na volných pěstebních plochách.

V živočišné výrobě se začínají zavádět elektrické vybírače siláže ze žlabových sil. Mohou být řešeny buď jako jednoúčelové, nebo jako adaptéry či trvalé nástavby na traktor. Traktorové varianty budou patrně výhodnější při velkých koncentracích skotu, provázených potřebou poměrně rychlého vyskládňování žlabu a častějšími přejezdy.

Je známa i opakovaná realizace zlepšovacích návrhů, spočívající v rekonstrukci staršího kolového traktoru na elektrický pohon a v jeho úpravě pro vyhrnování hnoje z průjezdných stájí skotu. Jsou známy



i seriózní přípravy k pokusnému ověření moderní varianty elektrické lanové orby. Není bez zajímavosti, že nejen parní, ale i elektrická lanová orba je historicky starší než použití traktoru. Elektrotraktory jako takové jsou známy ze 40. a 50. let ze SSSR. Perspektivně se pro polní práce uvažuje s nářadovými mosty.

Stěžejní otázkou mobilní elektroenergetiky je napájení energií. Pro největší výkony přichází v úvahu jen napájení z elektrovodných sítí, což je výhodné zejména v zavlažovaných oblastech (vyšší využití speciálních rozvodů energie). V západní Evropě a USA se provádějí pokusy s napájením traktorů a nakladačů z akumulátorové baterie, což je výhodné pro menší výkony do 40 až 50 kW a přerušovaný provoz. Nezávislost na síti je vykoupena velkou hmotností baterie (asi jedna třetina pohotovostní hmotnosti vozidla) a vysokými náklady na baterii (45 % i více z celkových ročních nákladů). Zatím stále je ekonomicky nepřijatelnější trakční baterie olověná. Obrat by měl nastat až po roce 1995 (lehké baterie z vodivých polymerů). Proto pro zemědělskou velkovýrobu klademe hlavní důraz na vhodně vyřešené síťové napájení, které má dále i vysokou energetickou účinnost (proti 50 % i menší účinnosti nabíjecího a vybíjecího cyklu baterie), popř. síťové napájení kombinované s akumulátorovým pro přejezdy na kratší vzdálenosti.

Ke všem dříve uvedeným výhodám elektrizace patří u mobilních prostředků navíc zejména vyšší životnost, menší náročnost a náklady na údržbu a opravy, vyšší technická a provozní spolehlivost a vysoká provozní pohotovost (bezproblémové startování – provoz i za nejnižších venkovních teplot), z konstrukčního hlediska pak výhody uplatnění vícemotorových pohonů, vyloučení převodových skříní a spojek, postupné nahrazování hydraulických prvků elektrickými atd. K tomu se zejména v uzavřených prostorách přidávají významné přednosti ekologické – odstranění výfukových zplodin a podstatné snížení hluchosti.

V podmínkách ČSFR zvýhodňuje elektrizaci mobilních i jiných procesů absence vlastních přírodních zdrojů tekutých paliv, velkoryse se rozvíjející jaderná elektroenergetika a poměrně hustá elektrovodná síť.

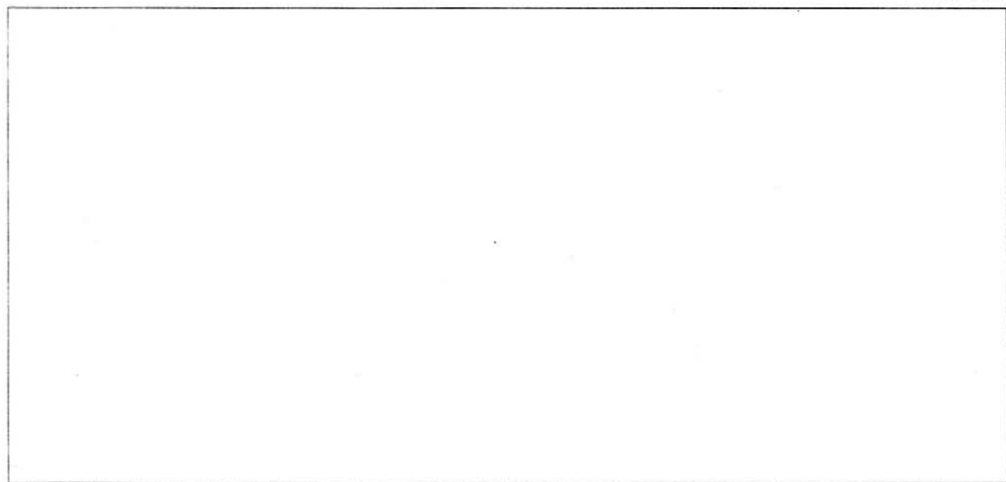
## **Závěr**

Vedle technologických zařízení využívajících elektrickou energii se v zemědělství vyskytují i zařízení, která tuto energii dodávají nebo i produkují. Sem patří transformátory, rozvody, kompenzace účinníku, záložní a zásukové zdroje, malé vodní a větrné elektrárny, elektrické agregáty na bioplyn a dřevoplyn a výhledově i články na přímou přeměnu sluneční energie na elektrickou. Problematiku elektrizace nelze však zužovat jen na stránku technickou; neméně důležité jsou i otázky provozu, údržby a revizí těchto zařízení, bezpečnosti práce s elektrickým zařízením, normalizace v elektrotechnice, normativy spotřeby energie a příkonové náročnosti zařízení a procesů a jejich měření a řada dalších s tím souvisejících problémů. Je zřejmé, že jde o problematiku velice pestrou a mnohotvárnou, jejíž všechny složky musí být řešeny ve správných vzájemných proporcích a na patřičné úrovni, má-li elektrická energie účelně, hospodárně i bezpečně sloužit rozvoji československého zemědělství.

*Ing. Emil P á z r a l, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, 163 07 Praha-Řepy*







Rukopisy odevzdány k tisku 11. 1. 1991 – Podepsáno k tisku 10. 4. 1991

---

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA • Vydává Československá akademie zemědělská – Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství • Vychází měsíčně • Redaktorky RNDr. Marcela Braunová, ing. Marie Černá, CSc. • Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 25 75 41 • Vytiskly Moravské tiskárny, s. p., Studentská 5, 771 64 Olomouc • © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1991

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, ACT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-EÚD Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-EÚD Praha, závod 03, Gottwaldova tř. 206, 709 09 Ostrava 9. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS – ústřední expedice a dovoz tisku Praha, administrace vývozu tisku, Kovpakova 26, 160 00 Praha 6.