

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

9

ROČNÍK 34 (LXI)

PRAHA

ZÁŘÍ 1988

CENA 10 Kčs

CS ISSN 0044-3083

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ

ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

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

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

Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

OBSAH

Eberl M.: Možnost optimalizace některých konstrukčních prvků zemědělských strojů	513
Klůfa J.: Maximálně věrohodné a momentové odhady spolehlivosti zemědělské techniky	525
Bauer F.: Orba neseným pluhem z hlediska vybraných parametrů traktoru	533
Polák M., Bílý J., Sečkář P.: Vplyv nitridovania na odolnosť odhrňovačiek pluhov proti abrazívnemu opotrebeniu	541
Laufik F.: Vradenie poddajností do mechanizmu protibežných žacích lišt	549
Kučírek J.: Distribuce vzduchu větracího systému experimentálního skladu brambor JZD Kámen	555
Informace	
Rataj V.: Určenie počtu opakovaní experimentu	563
Aktuality	
Ostrožlík M.: Robotizácia vo vybraných oblastiach rastlinnej výroby	570
Životní jubilea	
Truxová D.: K výročí profesora ing. Radoše Řezníčka, DrSc.	532

СОДЕРЖАНИЕ

Эберл М.: Возможность оптимализации некоторых конструктивных элементов у сельскохозяйственных машин	524
Клүфа Й.: Максимальные достоверные и мгновенные оценки надежности сельхозтехники	530
Бауер Ф.: Вспашка навесным плугом с точки зрения выбранных параметров трактора	538
Полак М., Билы Й., Сечкар П.: Влияние азотирования на устойчивость отвалов плугов против абразивному износу	548
Лауфик Ф.: Введение поддатливости в механизм жатвенных планок совершающих движение в противоположном направлении	554
Кучирек Й.: Распределение воздуха вентиляционной системы экспериментального хранилища картофеля ЕСХК Камен	560

MOŽNOST OPTIMALIZACE NĚKTERÝCH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ

M. Eberl

EBERL, M. (AGROZET, koncernový Výzkumný ústav zemědělských strojů, Praha-Chodov): *Možnost optimalizace některých konstrukčních prvků zemědělských strojů*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9): 513–524.

Jsou uvedeny některé směry optimalizace konstrukčních částí zemědělských strojů s ohledem na minimalizaci hmotnosti použitého materiálu. Na některých příkladech jsou demonstrovány typické vlastnosti úloh minimalizace hmotnosti staticky určitých a neurčitých soustav, ozubených soukolí a tenkostěnných obdélníkových uzavřených profilů. Výsledky řešení jsou znázorněny i graficky. Informativně je pojednáno i o obecnějším pojetí optimalizace, než je minimalizace hmotnosti, a je nastíněn další možný postup rozvoje této oblasti.

optimalizace; minimální hmotnost; pevnost

Tak jako v mnoha oblastech lidské činnosti, existuje i v zemědělském strojírenství snaha dosáhnout užitého efektu při minimálních nákladech. V případě, že toho bude dosahováno pomocí strojního zařízení určité konstrukce, nazveme tuto konstrukci hospodárnou neboli optimální.

Tento proces, uskutečňovaný původně intuitivně, se se zvyšujícím objemem lidského poznání sám stával efektivnějším a v současné době se i v oboru zemědělského strojírenství projevuje jako výhodné použít tzv. optimalizačních přístupů. K zlepšujícím se variantám strojních zařízení se v konstrukční praxi běžně dospívá pomocí návrhů ověřovaných kontrolními výpočty. Tento postup však neumožňuje přímo nalézt nejvýhodnější varianty, a proto vzniká pochopitelná snaha dosáhnout bezprostředně kvantitativního určení optimálních hodnot konstrukčních parametrů za použití analytických, numerických nebo grafických metod, aplikovaných na určité stadium návrhu konstrukce.

Zvyšování efektivnosti zemědělského strojírenství však souvisí obecně s optimalizací celkové hospodářské činnosti, a zahrnuje tak nejen oblast výrobní, spojenou s volbou rozměrů konstrukce, materiálů, technologií, ale i oblast využití konstrukce, ve které se rozhoduje o jejím optimálním provozním nasazení. Takto obecně pojatý problém optimalizace je však nadmíru složitý a v konečném tvaru téměř neřešitelný. Proto praxe k tomuto cíli směřuje optimalizací podle dílčích kritérií, která na jedné straně umožňují jasnější a jednodušší formulace problémů, na druhé straně však tyto formulace mohou být pro přílišné zjednodušení i zavádějící. Je nutné v praxi věnovat stejnou pozornost jak vlastnímu řešení, tak i výběru optimalizačních kritérií. Předmětem optimalizace strojních konstrukcí mohou být různé veličiny, které více či méně vystihují nejdůležitější požadavky kladené na toto zařízení. V dalším textu uvádíme několik případů minimalizace hmotnosti, na kterých lze alespoň zčásti ukázat různá hlediska vystupující v problémech optimalizace některých konstrukčních prvků strojních zařízení i metody, kterými lze dospět k optimálnímu řešení.

Zvláště v dnešní době, kdy energetická a materiálová náročnost má stále větší vliv na celkovou efektivnost strojních zařízení, nabývají tyto postupy na významu.

OPTIMALIZAČNÍ KRITÉRIA A PODMÍNKY FUNKČNOSTI

Kvantitativním popisem optimalizačního kritéria často bývá funkce reálných proměnných a proces optimalizace směřuje k výběru takového souboru parametrů zařízení, který ji extremalizuje. Tak tomu je i v případě minimalizace hmotnosti, která při daném materiálu závisí na rozměrech součástí.

Funkci reálných proměnných, jejíž extremalizace je cílem optimalizačního procesu, bývá zvykem nazývat kritériální funkcí nebo účelovou funkcí optimalizační úlohy. Podmínky funkčnosti zařízení se pak nazývají omezujícími podmínkami optimalizační úlohy a mohou být vyjádřeny rovnostmi nebo nerovnostmi.

Úlohu optimalizace lze v uvedeném pojetí stručně vyjádřit takto:
nalézt vektor proměnných

$$X_{opt} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

který extremalizuje účelovou funkci

$$y = f(X)$$

při splnění omezujících podmínek

$$g_i(X) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m$$

Při optimalizaci strojních zařízení může vystupovat v roli účelové funkce například cena konstrukce, cena materiálu konstrukce, resp. jeho hmotnost, celkové náklady na provoz, objem konstrukce, její tuhost apod. Je vidět, že například minimalizace hmotnosti je zvláštním případem minimalizace výrobní ceny konstrukce.

Základem pro optimální konstruování je tedy znalost vztahu mezi cenou, resp. hmotností a parametry konstrukce, což spolu s rovnicemi teorie pružnosti nebo plasticity umožňuje uvedené kritérium minimalizovat, aniž by byla porušena funkce konstrukce. Jako omezující podmínky pak v uvedených úlohách optimalizace vystupují např. podmínky geometrické, dále podmínky pevnostní nebo podmínky dosažení jiných mezních stavů — stability, plasticity, deformace apod.

MINIMALIZACE HMOTNOSTI NĚKTERÝCH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

Účelovou funkcí je v těchto případech celková hmotnost, kterou je třeba minimalizovat. Jednotlivé případy jsou vybrány buď přímo z praxe, nebo jsou zkonstruovány tak, aby na nich bylo možné ilustrovat vliv různých faktorů na proces optimalizace. Protože se jedná o součásti konstrukcí, je počet optimalizovaných parametrů záměrně malý, čímž vynikne vlastní účel a optimalizační postup při určité názornosti.

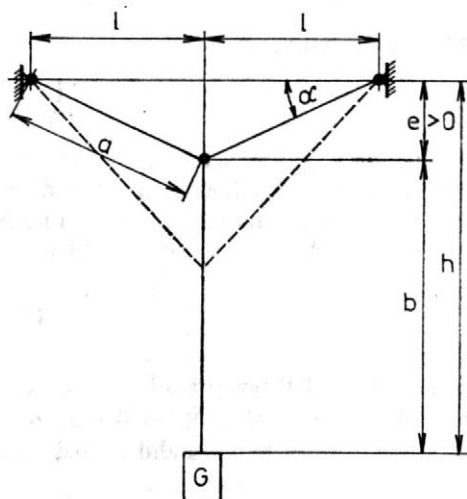
STATICKY URČITÉ SOUSTAVY

U staticky určitých soustav, u kterých namáhání jednotlivého prvku je určeno pro pevnou konfiguraci soustavy pouze zatížením a nezávisí na poddajnosti prvků ostatních, můžeme rozlišovat principiálně dvě úlohy optimalizace.

V případě, že je známa konfigurace prvků soustavy (tím rozumíme pevně stanovenou polohu stykových bodů mezi prvky) a typ prvků, spočívá úloha optimalizace pouze v určení zatížení jednotlivých prvků pomocí statických podmínek rovnováhy a v jejich dimenzování podle zvolené pevnostní hypotézy tak, aby využití materiálu bylo co největší při samozřejmém požadavku splnění funkce soustavy. Příkladem může být staticky určitá prutová soustava, u které se podle jejího zatížení a dovoleného napětí součástí volí průřezy jednotlivých prutů tak, aby byla splněna podmínka pevnosti (event. podmínka zachování stability) se zvoleným součinitelem bezpečnosti. V některých případech (např. dlouhé, štíhlé prutové soustavy) může dojít ke ztrátě stability buď celé prutové soustavy nebo její části, a pak je i zde zpravidla nutné změnit její konfiguraci.

Složitější postup minimalizace hmotnosti je však obvykle potřebný v případě, kdy chceme určit nejen co nejvhodnější průřezy prutů, ale i co nejvýhodnější konfiguraci celé soustavy. V tomto případě jsou známy pouze polohy působišť vnějšího zatížení a ostatní rozměry je třeba určit z podmínky minimální hmotnosti. Lze to například ukázat na případě dále popsané úlohy.

1. Staticky určitá soustava — symetrický závěs břemene — Statically determinate system — symmetric suspension of load



Mezi dva úchyty, vzdálené od sebe o $2l$ a ležící na vodorovné přímce, je třeba doprostřed zavěsit těleso tíhy G ve svislé vzdálenosti h od úchytů. Soustavu splňující danou funkci je možné realizovat systémem vzpěr či táhlů tak, jak ukazuje obr. 1.

Z podmínek rovnováhy této staticky určité soustavy plyne velikost osových sil. Síla F v šikmých táhlech o průřezu A je rovna

$$F = \frac{G}{2 \sin \alpha}$$

a protože $\sin \alpha = \frac{e}{a}$

$$a^2 = e^2 + l^2$$

vychází pro F výraz

$$F = \frac{G}{2} \frac{\sqrt{e^2 + l^2}}{e}$$

Síla ve svislém táhle o průřezu B je rovna tíze tělesa G . Osová napětí pak nabývají hodnot:

$$\sigma_a = \frac{F}{A} = \frac{G}{2A} \frac{\sqrt{e^2 + l^2}}{e}$$

$$\sigma_b = \frac{G}{B}$$

Předpokládáme-li stejnou měrnou hmotnost u všech táhlů, pak stačí minimalizovat celkový objem táhl daný výrazem

$$V = bB + 2aA = |h - e| B + 2A \sqrt{e^2 + l^2}$$

Bude-li možné průřezy táhl volit tak, aby materiál byl maximálně využit, tedy

$$A = \frac{F}{\sigma_D} = \frac{G}{2\sigma_D} \cdot \frac{\sqrt{e^2 + l^2}}{|e|}$$

$$B = \frac{G}{\sigma_D}$$

kde: σ_D — dovolené napětí

bude objem dán výrazem

$$V = \frac{G}{\sigma_D} \left(\frac{e^2 + l^2}{|e|} + |h - e| \right)$$

Protože ke každé takové soustavě s $e < 0$ existuje zřejmě soustava s $e > 0$ namáhaná stejnými absolutními hodnotami napětí, o menším objemu (pouze při $h = 0$ nejvýše stejného objemu), omezme se v dalším na případy s $e > 0$.

Podmínka pro extrém funkce objemu má pak tvar:

$$\frac{dV}{de} = \frac{G}{\sigma_D} \left(1 - \frac{l^2}{e^2} \pm 1 \right) \stackrel{!}{=} 0$$

Znaménko $+$ platí pro případ, že $e \geq h$,

znaménko $-$ platí pro případ, že $e \leq h$.

Z toho plyne, že optimální e v našem smyslu pro $e \geq h$ bude

$$e_{\text{opt}} = \frac{l}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

a pro $e \leq h$ bude

$$e_{\text{opt}} \rightarrow \infty \quad (2)$$

Druhá derivace V podle e je přitom pro $e > 0$ kladná, což svědčí o lokálním minimu funkce objemu.

Z výrazů (1) vyplývá jejich platnost pro $h \leq \frac{l}{\sqrt{2}}$, z výrazů (2) platnost pro $h \geq \frac{l}{\sqrt{2}}$. Lze tedy shrnout:

$$\text{pro } h \leq \frac{l}{\sqrt{2}} \text{ je } e_{\text{opt}} = \frac{l}{\sqrt{2}},$$

$$\text{pro } h \geq \frac{l}{\sqrt{2}} \text{ je } e_{\text{opt}} = h.$$

Podmínka při $h \geq \frac{l}{\sqrt{2}}$ platí proto, že podle vztahu (2) nemůže e růst nade všechny meze, ale může být nejvýše rovno h . Pro tuto hodnotu, podíváme-li se na výraz pro V , také nastává minimum, neboť e větší než h být nemůže a pro hodnoty $e < h$ hodnota V roste. Z toho vyplývá, že například speciálně pro $h = 0$ bude vždy $e_{\text{opt}} = \frac{l}{\sqrt{2}}$. Tuto situaci znázorňuje obr. 2. Z obrázku je patrné, že u obou možností provedení by bylo třeba brát navíc ohled na únosnost vzhledem ke stabilitě.

Jiná situace nastane při použití stejného průřezu u všech členů soustavy. Tedy $A = B = S$. Zde stačí minimalizovat pouze celkovou délku L , neboť průřez je stálý.

Při $S = \frac{G}{\sigma_D}$, což jistě musí být splněno pro svislý člen soustavy, je délka L dána výrazem:

$$L = 2 \sqrt{l^2 + e^2} + |h - e|$$

Podmínka extrému

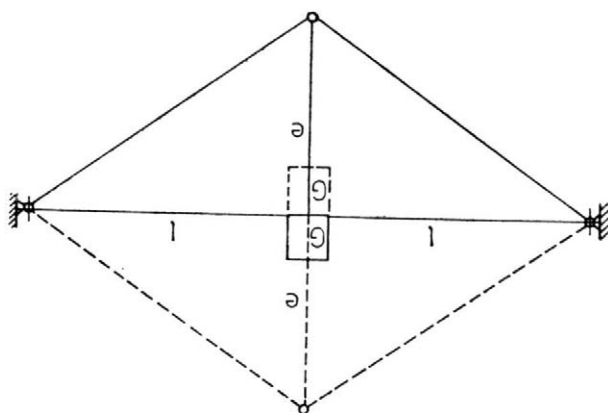
$$\frac{dL}{de} = \frac{2e}{\sqrt{l^2 + e^2}} \pm 1 \stackrel{!}{=} 0$$

2. Staticky určitá soustava minimální hmotnosti téhož typu jako na obr. 1 pro $h = 0$ — Statically determinate system of minimum weight, the same type as in Fig. 1 for $h = 0$

pak z obdobných důvodů jako v předchozím případě poskytuje dvojí řešení pro různé poměry h a l :

$$\text{při } h \geq \frac{l}{\sqrt{3}} \text{ je } e_{\text{opt}} = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

$$\text{a při } h \leq \frac{l}{\sqrt{3}} \text{ je } e_{\text{opt}} = h$$



Výsledek obou případů optimalizace názorně ukazují grafy na obr. 3. Grafy jsou sestaveny pro: a) $h = 1$ m, $l = 1$ m, b) $h = 1$ m, $l = 2$ m, dovolené napětí $\sigma_D = 200$ MPa a tíhu $G = 1000$ N. Pro oba tyto případy jsou dobře vidět minima účelových funkcí, když v případě

$$\text{a) } h > \frac{l}{\sqrt{2}} > \frac{l}{\sqrt{3}}$$

$$\text{b) } h < \frac{l}{\sqrt{3}} < \frac{l}{\sqrt{2}}$$

Z uvedených příkladů je zřejmé, že v případě vyhledávání optimální konfigurace členů nemusí vždy jít i u soustav staticky určitých o zcela rutinní záležitost a že postupy, které proces optimalizace vyžaduje, mohou být podle povahy úlohy rozmanité. Složitější soustavy je možné optimalizovat pomocí numerických metod a výpočetní techniky.

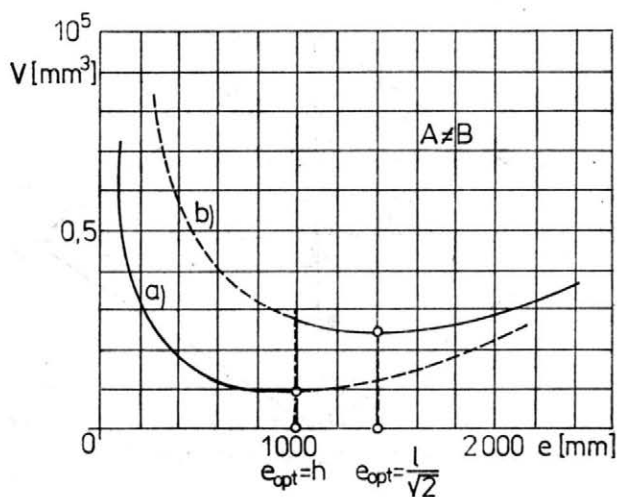
STATICKY NEURČITÉ SOUSTAVY

Namáhání jednotlivých prvků staticky neurčitých soustav závisí vedle zatížení a konfigurace soustavy také na poddajnostech ostatních prvků tvořících soustavu. To více komplikuje postup optimalizace proti soustavám staticky určitým.

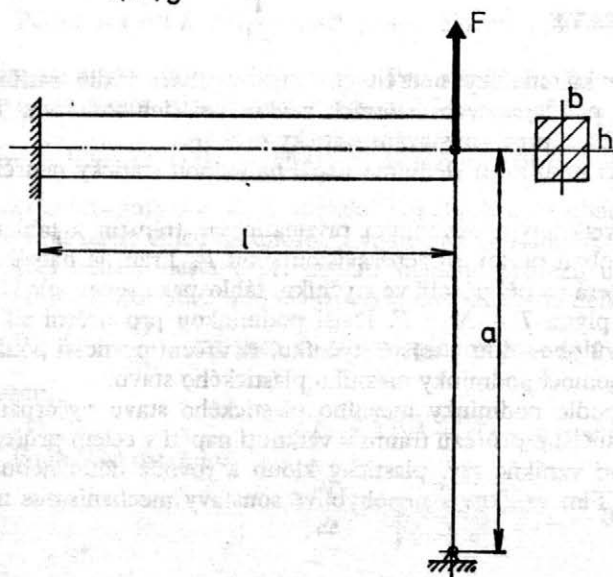
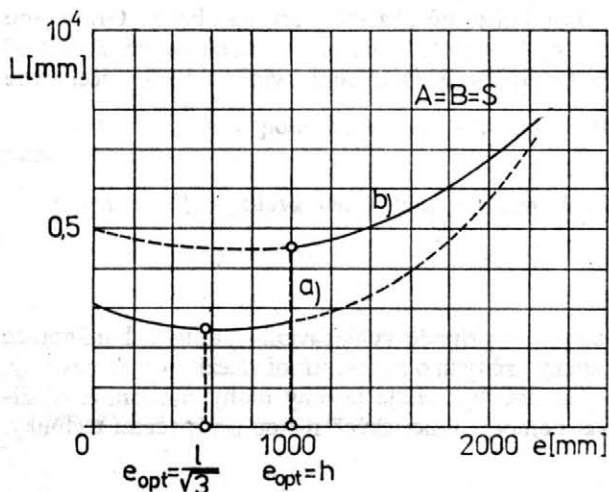
Zákonnosti při minimalizaci hmotnosti sledujeme např. na jednou staticky neurčité soustavě z obr. 4.

Jde o soustavu tvořenou vetknutým ohýbaným prismatickým trámem a táhlem, která je v kloubovém styčnicku obou prvků zatížena svislou silou F . Trám je namáhán ohybovým momentem síly T , která na něj působí ve styčnicku, táhlo pak osovou silou N , přičemž z rovnováhy styčnicku plyne $T + N = F$. Další podmínkou pro určení sil T a N je podmínka rovnosti posuvů obou dílů v místě styčnicku. K určení pevnosti použijeme v tomto případě výpočet pomocí podmínky mezního plastického stavu.

Únosnost soustavy bude podle podmínky mezního plastického stavu vyčerpána, dosáhne-li v táhle a v nejnamáhanějším průřezu trámu u vetknutí napětí v celém průřezu meze kluzu σ_k . Pak ve vetknutí vznikne tzv. plastický kloub a rovněž táhlo nebude schopno přenést větší zatížení. Tím vznikne z nepohyblivé soustavy mechanismus neplnící požadovanou funkci.



3. Průběh kritériálních funkcí minimální hmotnosti symetrického závěsu — The course of criterial functions of minimum weight of symmetric hinge



4. Příklad jednou staticky neurčitě soustavy — An example of a once statically undeterminate system

Pro trám obdélníkového průřezu musí pak platit:

$$T_M \cdot l = \sigma_k \frac{bh^2}{4}$$

a pro táhlo

$$N_M = \sigma_k \cdot S$$

kde: S — průřez táhla [mm²]

b — šířka průřezu trámu [mm]

h — výška průřezu trámu [mm]

Pomocí uvedených výrazů a podmínky rovnováhy lze určit mezní sílu, kterou soustava ještě přenes

$$F_{mez} = T_M + N_M = \sigma_k \left(\frac{bh^2}{4l} + S \right)$$

Pro sílu F tedy musí platit:

$$F \leq \sigma_k \left(\frac{bh^2}{4l} + S \right)$$

Objem $V = bhl + S$ je třeba minimalizovat.

Lze tedy explicitně pro S psát:

$$S \geq \frac{F}{\sigma_k} - \frac{b}{4l} h^2$$

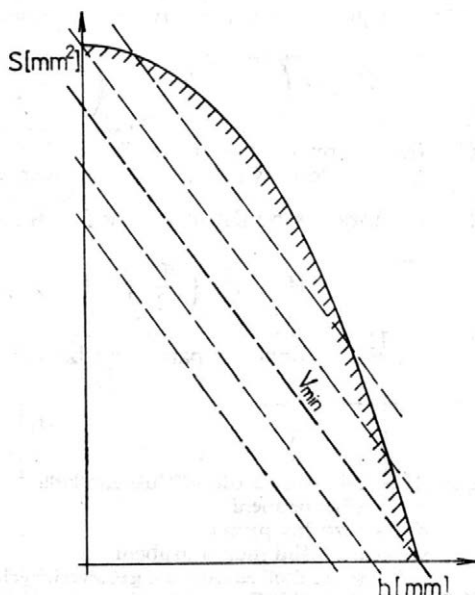
$$S = \frac{1}{a} (V - bhl)$$

Zjednodušíme-li situaci na $b = \text{konst.}$, lze uvedené výrazy zobrazit tak, jak uvádí obr. 5.

Mezní čáru nerovnosti zde představuje parabola druhého stupně, čáru stálého objemu přímka. Podle rozměrových poměrů soustavy pak minimální objem nastává buď při $S = 0$, $h \neq 0$ nebo při $S \neq 0$, $h = 0$. Předěl mezi těmito stavy je dán rovností $Fa^2 = 4l^3 b \sigma_k$.

Tam, kde mezní čára nerovnosti tvoří konvexní zakázanou oblast, v níž některé parametry mohou nabýt nulových hodnot, a je-li grafem stálého objemu přímka, nabude nulové hodnoty také některý z parametrů pro minimální objem. V takovém případě se minimalizací objemu staticky neurčitých soustav dospěje k některé staticky určité soustavě, jejíž prvky jsou podmnožinou množiny prvků soustavy původní. Uvedená vlastnost však nemusí platit vždy. Stačí např., aby některý z prvků byl omezen podmínkou stability, nebo prostě nesmí chybět z funkčních důvodů. V uvedeném příkladě může být (působí-li síla v cpačném smyslu než je uvedeno na obr. 4) kladena podmínka zachování stability na vzpěru, popř. může být trám zatížen spojitým zatížením a pak je jeho přítomnost jistě nevyhnutelná.

Vyřeší-li se úloha za těchto předpokladů, mohou podle poměrů parametrů úlohy jako optimální vyjít i kombinace $h \neq 0$ i $S \neq 0$.



5. Omezující podmínka a jí vyhovující čára minimálního objemu soustavy z obr. 4 — The limiting condition and the corresponding line of the minimum volume of the system from Fig. 4

Přenos krouticího momentu mechanickou cestou tvoří důležitou oblast konstrukce zemědělských strojů i jiných zařízení. Nabízí se tedy otázka, jak minimalizovat hmotnost materiálu potřebného ke stavbě mechanického pohonu skládajícího se z ozubených převodů a hřídelů. Podívejme se nyní na případ, kdy rozhodujícím mezním stavem pro funkci takového pohonu je statická pevnost ozubení a hřídelů. To je všude tam, kde ojedinělá provozní přetížení značně přesahují hodnoty krouticího momentu obsažené v běžném spektru zatížení. Se statickou pevností úzce souvisí i únavová odolnost, takže optimální konstrukce takového pohonu vzhledem ke statické pevnosti bude poměrně dobře respektovat i hledisko únavové.

Hledejme například hospodárné rozdělení celkového převodového poměru i na dva stupně i_1, i_2 za účelem minimalizace hmotnosti ozubených kol, která převod tvoří. Objem vyjádříme s uspokojivou přesností přibližně jako součet objemu roztečných válců všech ozubených kol tvořících převod

$$V = \pi \left(\frac{d_1}{2} \right)^2 b_1 + \pi \left(\frac{i_1 d_1}{2} \right)^2 b_1 + \pi \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 b_2 + \pi \left(\frac{i_2 d_2}{2} \right)^2 b_2$$

kde: d_1, b_1 — roztečný průměr a šířka ozubení hnacího kola prvního převodu
 d_2, b_2 — roztečný průměr a šířka ozubení hnacího kola druhého převodu

Po úpravě s použitím výrazu $i = i_1 \cdot i_2$:

$$V = \pi b_1 \left(\frac{d_1}{2} \right)^2 (1 + i_1^2) + \pi b_2 \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 \left[1 + \left(\frac{i}{i_1} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Napětí od ohybu v patě zubu lze vyjádřit výrazem (ČSN 01 4686)

$$\sigma_F = \frac{\varphi_M}{b d m}$$

kde: M — moment na ose příslušného kola

b — šířka ozubení

d — roztečný průměr

m — normální modul ozubení

φ — součinitel závislý na geometrických parametrech ozubení, dynamických vlastnostech soukolí, přesnosti výroby, materiálu i uložení kol

Protože pevnostní podmínky můžeme zapsat ve tvaru

$$\frac{\varphi_1 M_1}{b_1 d_1 m_1} \leq \sigma_{D1}, \quad \frac{\varphi_2 M_2 i_1}{b_2 d_2 m_2} \leq \sigma_{D2}$$

lze pro mezní případ rovnosti vyjádřit šířky ozubení b_1 a b_2 a dosadit do vztahu (3)

kde: σ_{D1}, σ_{D2} — dovolená napětí v ohybu paty zubu

Při volbě co největšího modulu m za účelem dosažení co největší pevnosti zubu v ohybu jsme omezeni jistým mezním počtem zubů z_m .

$$\text{Tedy položíme: } \frac{d_1}{m_1} = \frac{d_2}{m_2} = z_m$$

Za těchto předpokladů se hodnoty součinitelů φ_1 a φ_2 k sobě blíží, takže zhruba $\varphi_1 \doteq \varphi_2 = \varphi$.

Pak výraz (3) pro celkový objem dostane tvar:

$$V = \frac{\pi}{4} \frac{\varphi}{\sigma_D} M_1 z_m \left(1 + i_1^2 + i_1 + \frac{i^2}{i_1} \right)$$

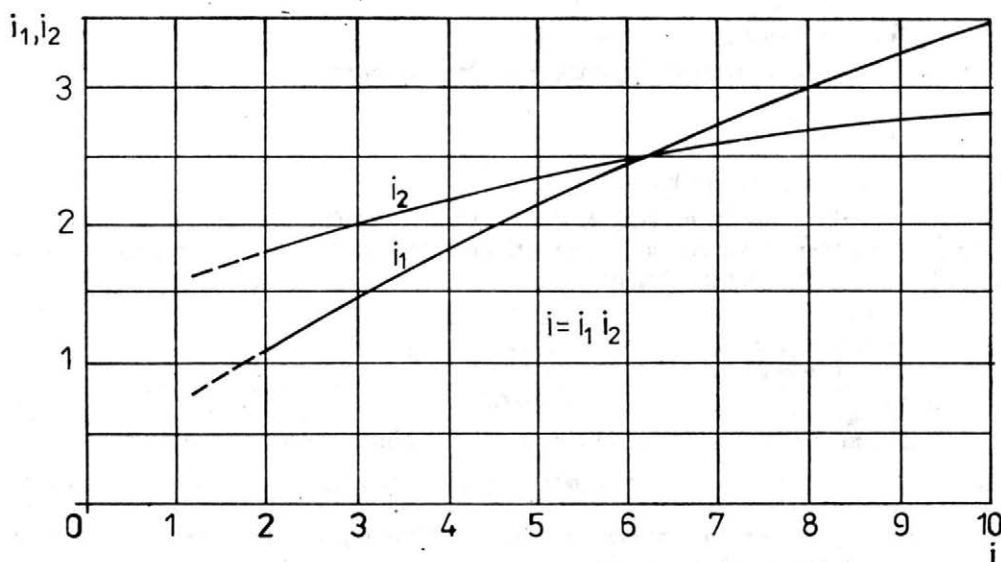
hodláme-li všechna kola vyrobit z materiálu o stejném dovoleném napětí.

Podmínka extrému $\frac{dV}{di_1} \stackrel{!}{=} 0$ dá v našem případě kubickou rovnici pro i_1 :

$$i_1^3 + \frac{i_1^2}{2} - \frac{i^2}{2} = 0 \quad (4)$$

Přitom $\frac{d^2V}{di_1^2} = 2 + \frac{2i^2}{i_1^3} > 0$, což znamená skutečné minimum.

V uvedeném smyslu hospodárné rozdělení celkového převodového poměru $i = 2$ až 10 na dva dílčí poměry i_1 a i_2 znázorňuje diagram na obr. 6.



6. Optimální rozdělení převodových poměrů dvoustupňového převodu z hlediska minimální hmotnosti — Optimum distribution of the ratios of two-speed gear from the point of view of minimum weight

TENKOSTĚNNÉ OBDÉLNÍKOVÉ UZAVŘENÉ PROFILY NEJMENŠÍ HMOTNOSTI

Při znalosti všech složek zatížení průřezu profilu je vhodné pokusit se o takové dimenzování průřezu, které by při splnění pevnostních podmínek zajistilo minimální spotřebu materiálu. Takovéto dimenzování má vliv i na zvýšení spolehlivosti, neboť i při poměrně hmotnostně shodných provedeních má průřez s optimalizovanými rozměry poněkud vyšší statické charakteristiky. Důsledkem toho může vzniklý pokles nominálních mechanických napětí pak i v případě, že se jedná pouze o několik procent, způsobit výrazný vzrůst únavové životnosti třeba z hodnoty nevyhovující na hodnotu uspokojivou.

V případě relativně štíhlých profilů tenkostěnného průřezu se zpravidla významně uplatňuje pouze ohybové a krutové namáhání. Napětí od posouvající a osově síly bývají řádově nižší a nepřispívají tak příliš k pevnostnímu vyčerpání průřezu.

Uveďme postup určení rozměrů průřezu tenkostěnného uzavřeného obdélníkového profilu minimální hmotnosti (objemu). Uvažujme přitom častý případ současného půso-

bení největších hodnot všech tří uvedených složek namáhání. Největší namáhání nastává v jednom z rohů a je reprezentováno hodnotou tzv. redukovaného napětí, které podle hypotézy HMMH je dáno výrazem:

$$\sigma_{\text{red}}^2 = (\sigma_1 + \sigma_2)^2 + 3\tau^2 \quad (5)$$

kde: σ_1 — normálové napětí od ohybu v rovině rovnoběžné s výškou průřezu h
 σ_2 — normálové napětí od ohybu v rovině rovnoběžné se šířkou průřezu b
 τ — tečné napětí způsobené krutem

Napětí od ohybových momentů M_1, M_2 jsou dána výrazy:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2}$$

kde: W_1, W_2 — příslušné průřezové moduly v ohybu

Napětí od krutu (moment M_k) pak bude dáno výrazem:

$$\tau = \frac{M_k}{W_k}$$

kde: W_k — průřezový modul v krutu

Je-li b šířka průřezu, h výška průřezu a t tloušťka stěny profilu, pak lze u tenkostěnného průřezu s dostatečnou přesností potřebné statické charakteristiky průřezu vypočítat podle přibližných výrazů:

$$\begin{aligned} W_1 &\doteq bht + \frac{1}{3}th^2 \\ W_2 &\doteq bht + \frac{1}{3}tb^2 \\ W_k &\doteq 2bht \end{aligned} \quad (6)$$

Z důvodů minimální hmotnosti požadujeme minimální plochu průřezu, tedy

$$S \doteq 2(b + h)t \stackrel{!}{=} \min \quad (7)$$

Dosazením (6) do (5), aplikací pevnostní podmínky pro plné využití materiálu $\sigma_{\text{red}} = \sigma_D$ a úpravou získáme vztahy

$$h^4 = \left(\frac{M_1}{\sigma_D \cdot t} \right)^2 \left[\left(\frac{1}{x + \frac{1}{3}} + \frac{m_0}{x \left(1 + \frac{x}{3} \right)} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{m_k}{x} \right)^2 \right] \quad (8)$$

$$2h_1(1 + x)t \stackrel{!}{=} \min$$

kde: $x = \frac{b}{h}$

$$m_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$$m_k = \frac{M_k}{M_1}$$

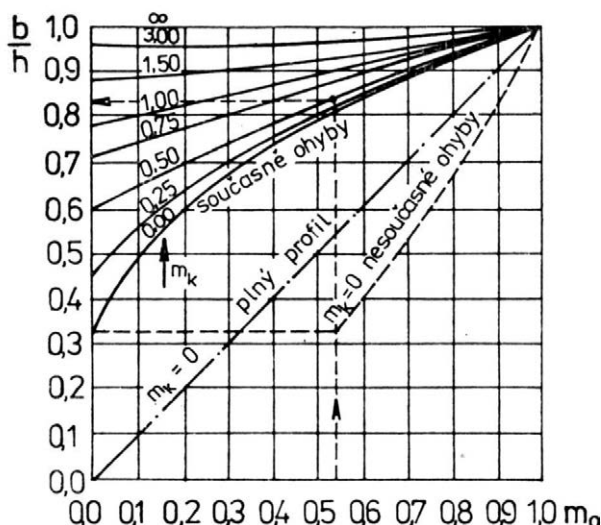
σ_D — dovolené napětí v tahu (tlaku)

Eliminací h z výrazů (8) a s uvažováním toho, že M_1, σ_D, t jsou konstanty pro konkrétní případ, dospějeme ke kritériu minimální plochy průřezu:

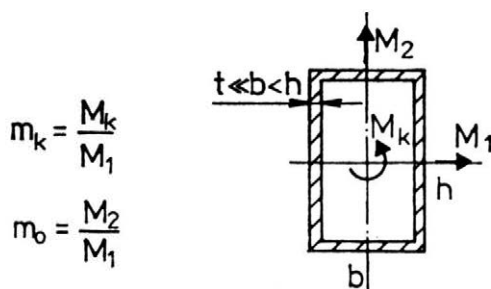
$$Q = \left[\left(\frac{1}{x + \frac{1}{3}} + \frac{m_0}{x \left(1 + \frac{x}{3} \right)} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{m_k}{x} \right)^2 \right] (1 + x)^4 \stackrel{!}{=} \min \quad (9)$$

Pomocí tohoto kritéria pak můžeme sestavit soustavu křivek minimální plochy průřezu tak, jak uvádí obr. 7. Čárkovaně je znázorněna i obdobně odvozená čára nejmenší plochy, působí-li oba kolmé ohyby nespočasně a je-li $M_k = 0$. Čerchovaně je znázorněna čára minimální plochy plného obdélníkového průřezu ($M_k = 0$), kde jako optimální vychází poměr šířky a výšky

$$\frac{b}{h} = \frac{M_2}{M_1}$$



7. Soustava čar minimálního průřezu tenkostěnného uzavřeného obdélníkového profilu — System of lines of the minimum cross section of a thin-walled closed rectangular profile



V případě velké tenkostěnnosti průřezu může vznikat i nebezpečí, že se stěny vyboulí, a proto je pak nutné navíc provést kontrolu bezpečnosti vzhledem k meznímu stavu stability.

ZÁVĚR

Uvedené postupy optimalizace některých typických konstrukčních prvků naznačují cestu, kterou je možné dále snižovat materiálovou a energetickou náročnost zemědělských strojů a zařízení a zvyšovat jejich spolehlivost. Zvláště v případě zavádění nových, kvalitnějších materiálů o poněkud vyšší ceně, jako je např. řada ocelí KODUR se zvýšenou mezí kluzu z VSŽ Košice, lze aplikací optimalizačních metod dosáhnout lepším využitím materiálu větší efektivnosti jak výroby, tak i spotřeby (Eberl, 1986). Příklady minimalizace hmotnosti ukazují na jednodušších konstrukčních dílech některé typické vlastnosti matematických modelů těchto úloh. Tyto vlastnosti vystupují i v úlohách složitějších.

Způsob hospodárného rozdělení celkového převodového poměru i minimalizace hmotnosti tenkostěnného profilu obdélníkového uzavřeného průřezu je prakticky používán při dimenzování konstrukcí některých strojů. Byla např. navržena změna rozdělení celkového převodu hnacího soukolí vířivého kypřiče PB2-100 s ohledem na maximální

využití materiálu. Minimalizace hmotnosti tenkostěnného profilu se využilo při návrhu výložníku jeřábového nakladače ND4-040, čelního nakladače ND5-032 (Eberl, 1987) a nosníku otočného pluhu PH1-534. V těchto případech posloužily jako podklad výsledky tenzometrických měření na funkčních vzorcích uvedených strojů, čímž bylo zjištěno skutečné provozní namáhání sledovaných částí konstrukce. Optimalizační metody jsou tedy v konkrétních případech spjaty i se sběrem informací o provozních poměrech zařízení.

V případech, kterými jsme se v předchozím textu zabývali, bylo k určení optimálních hodnot parametrů použito analytických metod. Se zvyšujícím se počtem optimalizovaných parametrů je však nutné počítat s použitím numerických metod a výpočetní techniky, na což je zaměřen i další rozvoj této oblasti v k. VÚZS. Další pozornost bude výhledově věnována i obecnějším formulacím optimalizačních kritérií (jako např. požadavku minimalizace celkových nákladů), což může vést k potřebě řešit vícekritériální úlohy apod. K tomu je zapotřebí také současně získat spolehlivé údaje o faktorech určujících charakter optimalizační úlohy.

Literatura

ČSN 01 4686. Pevnostní výpočet čelních a kuželových ozubených kol (návrh ČSN). 1975.

EBERL, M.: Některé možnosti optimalizace součástí zemědělských strojů a zařízení. [Písemný referát k odborné zkoušce.] AGROZET, k. VÚZS, Praha 1986.

EBERL, M.: Snížení hmotnosti konstrukce nakladače ND5-032 racionálním dimenzováním nosných dílů z oceli se zvýšenými parametry. [Výzkumná zpráva.] AGROZET, k. VÚZS, Praha 1987.

Došlo dne 6. 1. 1988

ЭБЕРЛ, М. (АГРОЗЕТ, концерновый научно-исследовательский институт сельскохозяйственных машин, Прага-Ходов): *Возможность оптимизации некоторых конструктивных элементов у сельскохозяйственных машин*. Земѣд. Techn., 34, 1988 (9) : 513-524.

Приводятся некоторые направления в оптимизации конструкции сельскохозяйственных машин с учетом минимализации веса их материалов. На нескольких примерах продемонстрированы типичные свойства роли такой минимализации в определенных и неопределенных в статистическом отношении системах, у зубчатых полушарий и тонкостенных прямоугольных замкнутых профилей. Результаты разработок приводятся также в графическом изображении. В информационном порядке рассматривается в широком спектре оптимизация конструкции и намечается дальнейший процесс развития данной области.

оптимизация; минимализация веса; прочность

EBERL, M. (AGROZET, Research Institute of Farm Machinery, Praha-Chodov): *Possibilities of Optimizing Some Structural Elements of Farm Machines*. Земѣд. Techn., 34, 1988 (9) : 513-524.

Some directions of the optimization of the structural units of farm machines are suggested, aimed at minimizing the weight of the material used. Several examples are used to demonstrate the typical features of the problems of the minimization of weight in statically determine and undeterminate systems, gears, and thin-walled rectangular closed profiles. The results are represented also graphically. There is also a brief analysis of a more general approach to optimization than that based just on the minimization of weight. Further development in this field is suggested.

optimization; minimum weight; strength

Adresa autora:

Ing. Martin Eberl, Agrozet, koncernový Výzkumný ústav zemědělských strojů, 140 03 Praha 4 - Chodov

MAXIMÁLNĚ VĚROHODNÉ A MOMENTOVÉ ODHADY SPOLEHLIVOSTI ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY

J. Klůfa

KLŮFA, J. (Vysoká škola ekonomická, Praha): *Maximálně věrohodné a momentové odhady spolehlivosti zemědělské techniky*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9): 525–531.

V práci jsou aplikovány závěry teorie bodového odhadu k odhadu spolehlivosti zemědělské techniky. Odhad je jednoduchý v případě, že se doba bezporuchové činnosti sledovaného prvku (součástky, stroje, zařízení) řídí exponenciálním rozdělením. V obecnějším případě tzv. Weibullova rozdělení už není úloha zdaleka tak jednoduchá. V této situaci jsme hledali odhad spolehlivosti metodou maximální věrohodnosti a momentovou metodou. Obě metody jsou na závěr práce ilustrovány na konkrétním příkladu.

rozdělení doby bezporuchové činnosti; bodový odhad; metoda maximální věrohodnosti; momentová metoda; aspekty aplikace

Spolehlivost prvku (součástky, stroje, zařízení) je definována jako pravděpodobnost, že se prvek za dobu t neporouchá, tj. pravděpodobnost, že doba bezporuchové činnosti prvku bude větší nebo rovna t . Označíme-li spolehlivost symbolem $R(t)$ a dobu bezporuchové činnosti prvku X , pak definici spolehlivosti můžeme formálně zapsat vztahem

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

Doba bezporuchové činnosti prvku X je náhodná veličina, která se řídí nějakým pravděpodobnostním rozdělením. Ukazuje se, že v mnoha případech je vyhovujícím pravděpodobnostním modelem tzv. Weibullovo rozdělení, dané distribuční funkcí

$$F(x) = 1 - \exp(-x^m/\theta) \quad \text{pro } x > 0$$

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

kde: m, θ – kladné parametry rozdělení, tj. blíže neurčené konstanty, které jsou charakteristické pro konkrétní součástky, zemědělské stroje či zařízení

Parametry m, θ (nebo jejich funkce, neboť spolehlivost je parametrická funkce) je třeba odhadnout na základě tzv. náhodného výběru $x_1, \dots, x_n$, tj. na základě experimentálně zjištěných dob bezporuchové činnosti u n náhodně vybraných prvků (součástek, strojů, zařízení). K odhadu použijeme matematicko-statistických metod, konkrétně metod teorie bodového odhadu.

Vycházíme-li z toho, že doba bezporuchové činnosti X se řídí Weibullovým rozdělením, pak spolehlivost prvku $R(t)$ lze upravit na tvar

$$R(t) = P(X \geq t) = 1 - P(X < t) = 1 - F(t) = \exp(-t^m/\theta) \quad \text{pro } t > 0$$

Dalším úkolem bude tuto parametrickou funkci (spolehlivost závisí na neznámých parametrech m, θ Weibullova rozdělení) odhadnout co možná nejlépe na základě nezávisle zjištěných dob bezporuchové činnosti určitého prvku $x_1, \dots, x_n$.

Úlohu bodového odhadu lze obecně formulovat takto:

Nechť $x_1, \dots, x_n$ je náhodný výběr z rozdělení $F(x, \theta)$, kde F je distribuční funkce, která je závislá na neznámém parametru θ (θ může být jediný parametr nebo vektor parametrů). Naším úkolem je hodnotu parametru θ , resp. hodnotu nějaké parametrické funkce $\tau(\theta)$, odhadnout na základě náhodného výběru $x_1, \dots, x_n$, tj. je třeba najít takovou funkci $T(x_1, \dots, x_n)$ nezávislou na parametru θ (takovým funkcím říkáme statistiky), aby byla „dobrým“ odhadem neznámé hodnoty parametru či dané parametrické funkce.

Odhad je přirozeně tím lepší, čím je blíže skutečné hodnotě odhadované veličiny. 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 prostřednictvím náhodné veličiny. Kvalitu odhadu nelze tedy posuzovat podle konkrétní hodnoty statistiky T , nýbrž podle rozdělení této statistiky — statistika T bude tím lepším odhadem parametru θ či parametrické funkce $\tau(\theta)$, čím její rozdělení bude koncentrovanější kolem neznámé hodnoty θ , resp. $\tau(\theta)$. Proto zpravidla požadujeme, aby odhad T byl tzv. nestranným odhadem $\tau(\theta)$, tj. $E(T) = \tau(\theta)$, a aby odhad T měl ze všech nestranných odhadů co možná nejmenší rozptyl — tzv. nejlepší nestranný odhad. Další požadovanou vlastností odhadu je tzv. konzistence odhadu (Klůfa aj., 1984). Pak je pravděpodobnost, že konkrétní hodnota statistiky T bude blízká odhadované konstantě $\tau(\theta)$ největší. Použití vychýleného odhadu (tedy nikoli nestranného) by bylo možné přirovnat k použití vzduchovky s vychýlenou muškou — naděje na to, že cíl bude zasažen, je, ale je malá. Analogicky použití nejlepšího nestranného odhadu T parametrické funkce $\tau(\theta)$ se dá přirovnat k použití nej kvalitnější vzduchovky (s nejmenším rozptylem) s nevychýlenou muškou. Pak pravděpodobnost zásahu cíle bude největší.

Důležitým praktickým příkladem nejlepšího nestranného odhadu je odhad spolehlivosti prvku (součástky, stroje, zařízení) v případě, že doba bezporuchové činnosti prvku se řídí exponenciálním rozdělením. (Exponenciální rozdělení je speciální případ Weibullova rozdělení pro $m = 1$.) Pak se dá ukázat (Klůfa, 1976), že nejlepším nestranným odhadem spolehlivosti $R(t)$, tj. parametrické funkce $\tau(\theta) = \exp(-t/\theta)$, je statistika

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

Podstatně složitější bude odhad spolehlivosti $R(t)$, tj. parametrické funkce $\tau(\theta, m) = \exp(-t^m/\theta)$, v případě, že doba bezporuchové činnosti prvku se řídí obecnějším Weibullovým rozdělením. Touto úlohou se budeme zabývat.

Odhad spolehlivosti $\exp(-t^m/\theta)$ v případě dvouparametrického Weibullova rozdělení budeme hledat tzv. metodou maximální věrohodnosti. Tato metoda sice neposkytuje vždy nejlepší nestranné odhady, poskytuje však odhady (Machek, 1966) s příznivými asymptotickými vlastnostmi, tj. odhady, které jsou při velkém rozsahu výběru n dostatečně kvalitní. Protože však, jak uvidíme dále, maximálně věrohodný odhad spolehlivosti v případě Weibullova rozdělení naráží na numerické potíže, doplníme tento postup ještě o tzv. momentovou metodu odhadu spolehlivosti zemědělské techniky (momentová metoda mnohdy poskytuje odhady, které nejsou příliš kvalitní — tyto odhady se někdy také používají jako počáteční aproximace pro iterační metody).

Metodu maximální věrohodnosti podrobněji popsali Klůfa aj. (1984). Nyní uvedeme pouze výsledek jejího použití k odhadu parametrů m, θ Weibullova rozdělení. Podle této metody je třeba najít odhad parametrů m, θ řešením následující soustavy tzv. věrohodnostních rovnic

$$\frac{n}{m} + \sum_{i=1}^n \ln x_i - \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^n x_i^m \cdot \ln x_i = 0$$

$$\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^n x_i^m - n = 0$$

kde: $x_1, \dots, x_n$ — experimentem zjištěné doby bezporuchové činnosti určitého prvku (daná čísla)
 n — počet sledovaných prvků (rozsah výběru)

Jestliže řešení této soustavy dvou rovnic pro dvě neznámé označíme $\hat{m}$ a $\hat{\theta}$, pak maximálně věrohodným odhadem spolehlivosti $R(t)$ v případě Weibullova rozdělení, tj. parametrické funkce $\tau(\theta, m) = \exp(-t^m/\theta)$, je tato statistika ($\hat{m}$ a $\hat{\theta}$ jsou zřejmě funkcí $x_1, \dots, x_n$, tj. $\hat{m} = \hat{m}(x_1, \dots, x_n)$ a $\hat{\theta} = \hat{\theta}(x_1, \dots, x_n)$ jsou statistiky)

$$T(x_1, \dots, x_n) = \exp(-t^{\hat{m}}/\hat{\theta})$$

Uvedenou soustavu věrohodnostních rovnic je nutné řešit numericky. Postup naznačíme na konkrétním ilustračním příkladu.

O mnoho jednodušší není ani momentový odhad parametrů Weibullova rozdělení (Klůfa aj., 1984). Tato metoda opět vede k řešení soustavy dvou rovnic pro dvě neznámé

$$\Gamma\left(\frac{m+1}{m}\right) \cdot \theta^{1/m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\Gamma\left(\frac{m+2}{m}\right) \cdot \theta^{2/m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2$$

kde: $\Gamma(p)$ — tzv. gama funkce, která je pro $p > 0$ tabelována

Z první rovnice dostaneme

$$\theta = \left[\bar{x} / \Gamma\left(\frac{m+1}{m}\right) \right]^m$$

a dosazením do druhé máme po úpravách rovnici pro m

$$V(m) = V$$

kde: $V = s/\bar{x}$ — výběrový variační koeficient (s je výběrová směrodatná odchylka, $\bar{x}$ je výběrový aritmetický průměr)

$V(m)$ — variační koeficient Weibullova rozdělení, pro který platí

$$V(m) = \sqrt{\Gamma\left(\frac{m+2}{m}\right) - \Gamma^2\left(\frac{m+1}{m}\right)} / \Gamma\left(\frac{m+1}{m}\right)$$

Protože variační koeficient $V(m)$ Weibullova rozdělení závisí jen na parametru m , lze jej jednoduše tabelovat. S použitím tabulky se pak dá přibližně najít řešení soustavy (řešení označíme $\tilde{m}$ a $\tilde{\theta}$) takto:

a) momentový odhad $\tilde{m}$ parametru nalezneme řešením rovnice $V(m) = V$, tj. v tabulce hodnot variačního koeficientu Weibullova rozdělení hledáme takové $\tilde{m}$, aby $V(\tilde{m}) \doteq V$;

b) máme-li $\tilde{m}$, dostaneme momentový odhad $\tilde{\theta}$ parametru θ dosazením $\tilde{m}$ do upravené první rovnice soustavy (použijeme tabulku gama-funkce).

Máme-li k dispozici tabulku hodnot gama-funkce a tabulku hodnot variačního koeficientu Weibullova rozdělení (Klůfa aj., 1984 — tab. III a IV), pak přibližné řešení soustavy, tj. momentové odhady $\tilde{m}$ a $\tilde{\theta}$ parametrů m a θ , lze určit poměrně jednoduše. Momentovým odhadem spolehlivosti $R(t)$ v případě Weibullova rozdělení je potom statistika

$$T(x_1, \dots, x_n) = \exp(-t^{\tilde{m}}/\tilde{\theta})$$

Tento postup ukážeme na konkrétním ilustračním příkladu.

PŘÍKLAD ODHADU SPOLEHLIVOSTI

Na konkrétních datech naznačíme postup odhadu spolehlivosti prvku (součástky, stroje, zařízení) v případě, že doba bezporuchové činnosti prvku se řídí Weibullovým rozdělením. Nejprve se budeme zabývat problematikou odhadu spolehlivosti metodou maximální věrohodnosti a potom budeme tutéž úlohu řešit momentovou metodou.

Předpokládejme, že jsme experimentem zjistili tyto doby bezporuchové činnosti sledovaného prvku: $x_1 = 104$, $x_2 = 40$, $x_3 = 55$, $x_4 = 43$, $x_5 = 17$, $x_6 = 139$, $x_7 = 27$, $x_8 = 73$, $x_9 = 8$ a $x_{10} = 79$.

Pro jednoduchost jsme rozsah výběru n volili pouze 10, jinak pochopitelně bude odhad spolehlivosti tím lepší, čím bude zvolený rozsah výběru n větší.

ODHAD SPOLEHLIVOSTI METODOU MAXIMÁLNÍ VĚROHODNOSTI

Soustavu věrohodnostních rovnic řešíme takto: z druhé rovnice vypočteme

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^m$$

a po dosazení do první rovnice soustavy máme

$$\frac{1}{m} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i - \left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i^m \cdot \ln x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^m} \right] = 0$$

To je rovnice pro jedinou neznámou m , kterou je nutné řešit numericky. Označíme-li levou stranu této rovnice $f(m)$, pak zřejmě funkce f je spojitá pro všechna $m > 0$ (f je elementární funkce — vznikla aritmetickými operacemi z konstanty, m a exponenciály, je tedy spojitá v celém svém definičním oboru). Proto můžeme rovnici $f(m) = 0$ řešit například metodou půlení intervalů (je to vždy konvergentní metoda). Volíme například $m_1 = 0,1$, $m_2 = 1$, $m_3 = 2$, $m_4 = 3$ atd. a počítáme funkční hodnoty $f(m_1)$, $f(m_2)$, ... tak dlouho, až funkční hodnota změní znaménko. Je-li například $f(m_i) \cdot f(m_{i+1}) < 0$, pak podle tzv. Bolzanovy věty je v intervalu (m_i, m_{i+1}) kořen rovnice $f(m) = 0$. Tento kořen hledáme tak, že interval rozpůlíme a vypočteme funkční hodnotu funkce f ve středu tohoto intervalu. Podle znaménka této funkční hodnoty pak rozhodneme, ve které polovině intervalu hledaný kořen je. Postup dále opakuje (půlíme vhodné intervaly) tak dlouho, dokud nedosáhneme požadované přesnosti.

V našem případě je $\sum_{i=1}^{10} \ln x_i = 37,904678$, takže rovnice $f(m) = 0$ má tvar

$$\frac{1}{m} = 3,7904678 - \frac{104^m \cdot \ln 104 + \dots + 79^m \cdot \ln 79}{104^m + \dots + 79^m} = 0$$

Řešení této rovnice se neobejde bez výpočetní techniky, proto postup naznačíme

m	0,1	1	2	1,5	1,75 ...
znaménko $f(m)$	+	+	-	+	

Řešení $\hat{m}$ rovnice $f(m) = 0$ je tedy v intervalu 1,5 až 2, tj. $\hat{m} \in (1,5, 2)$. Nalezna me-li dalším půlením intervalů s požadovanou přesností $\hat{m}$, pak $\hat{\Theta}$ vypočteme ze vztahu $\hat{\Theta} = (104^{\hat{m}} + \dots + 79^{\hat{m}})/10$. Známe-li $\hat{m}$ a $\hat{\Theta}$, určíme maximálně věrohodný odhad spolehlivosti prvku již uvedeným způsobem.

ODHAD SPOLEHLIVOSTI MOMENTOVOU METODOU

Nejprve vypočteme výběrový variační koeficient V . Protože aritmetický průměr $\bar{x} = 58,5$ a směrodatná odchylka $s = \sqrt{(49\,263/10) - 58,5^2} = 38,782083$, je výběrový variační koeficient $V = 0,6629$. Rovnici $V(m) = 0,6629$ přibližně řešíme s použitím tabulky hodnot variačního koeficientu $V(m)$ Weibullova rozdělení. Klůfa aj. (1984 — tab. IV) uvádějí, že rovnici $V(m) = 0,6629$ nejlépe vyhovuje $\tilde{m} = 1,54$. Dále máme

$$\tilde{\theta} = \left[58,5 / \Gamma \left(\frac{2,54}{1,54} \right) \right]^{1,54} = 619,2$$

kde jsme použili hodnotu gama-funkce $\Gamma(1,65) = 0,9001$ (Klůfa aj., 1984 — tab. III).

Momentový odhad [označíme jej $\tilde{R}(t)$] spolehlivosti sledovaného prvku $R(t)$ je tedy

$$\tilde{R}(t) = \exp(-t^{1,54}/619,2)$$

Z tohoto vztahu nyní můžeme pro různé hodnoty t určit momentový odhad spolehlivosti prvku (popřípadě také graf funkce R — obr. 1):

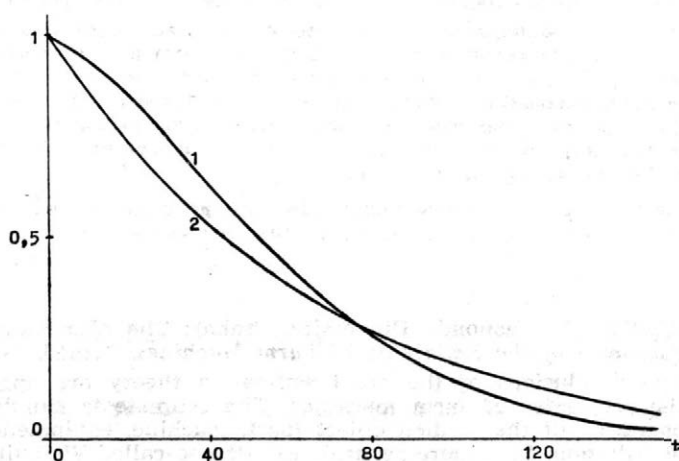
t	0	20	40	60	80	100	120	150
$\tilde{R}(t)$	1	0,850	0,623	0,413	0,252	0,143	0,076	0,027
$\bar{R}(t)$	1	0,731	0,529	0,378	0,266	0,185	0,127	0,070

Odtud například prvek bude pracovat bez poruchy alespoň po dobu $t = 80$ s pravděpodobností přibližně rovnou jedné čtvrtině.

Poznámka: Pokud bychom se na základě předchozích zkušeností mohli domnívat, že doba bezporuchové činnosti sledovaného prvku se řídí exponenciálním rozdělením (nebo se o tom přesvědčili testem shody), pak bychom k odhadu spolehlivosti tohoto prvku použili statistiku

$$\bar{R}(t) = \left(1 - \frac{t}{585} \right)^9$$

V takovém případě je $\bar{R}(t)$ nejlepším nestranným odhadem spolehlivosti $R(t)$.



1. Graf závislosti spolehlivosti na čase — Diagram of the dependence of reliability on time

Odhad spolehlivosti zemědělských strojů a zařízení je poměrně jednoduchý v případě, že se dá předpokládat, že doba bezporuchové činnosti stroje či zařízení se řídí exponenciálním rozdělením (můžeme se o tom přesvědčit například χ^2 testem dobré shody). V takovém případě existuje odhad s nejpriznivějšími vlastnostmi, a je tedy velmi kvalitní. Bohužel však pro různé součástky, stroje či zařízení model exponenciálního rozdělení nevyhovuje (exponenciální rozdělení vyhovuje v situacích, kdy předchozí činnost prvku nijak neovlivňuje jeho další životnost — např. elektrotechnické prvky). Pokud se doba bezporuchové činnosti prvku, jehož spolehlivost odhadujeme, řídí univerzálnějším Weibullovým rozdělením, odhad už není zdaleka tak jednoduchý. Odhad jsme pak hledali metodou maximální věrohodnosti, která při dostatečně velkém rozsahu výběru n poskytuje kvalitní odhady. Aby však odhad spolehlivosti prvku mohl být nalezen, vyžaduje to použít numerických metod a výpočetní techniky. V současné době, kdy je potřebná výpočetní technika běžně dostupná, nepředstavuje odhad spolehlivosti prvku tímto způsobem problém. Bez výpočetní techniky, pouze s použitím tabulek hodnot gama-funkce a hodnot variačního koeficientu Weibullova rozdělení, lze poměrně jednoduše odhadnout spolehlivost zemědělské techniky momentovou metodou. Jsme-li schopni nalézt jak momentový odhad, tak odhad metodou maximální věrohodnosti, měli bychom však vždy dávat přednost maximálně věrohodnému odhadu spolehlivosti zemědělské techniky.

Literatura

- KLŮFA, J.: Bodový odhad a jeho aplikace v zemědělské praxi. Zeměd. Techn., 22, 1976, č. 8, s. 477-485.
- 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, Univerzita Karlova 1966.

Došlo dne 17. 2. 1988

КЛУФА, Й. (Экономический институт, Прага): Максимальные достоверные и мгновенные оценки надежности сельхозтехники. Земед. Techn., 34, 1988 (9) : 525-531.

В работе приводятся выводы теории балловой оценки для определения надежности сельскохозяйственной техники. Оценка проста в том случае, когда время бесперебойного действия данного элемента (запчасти, машины, устройства) руководствуется экспоненциальным распределением. Но в более общем случае так наз. распределения Вайбулла эта роль уже не столь проста. В такой именно ситуации мы искали оценку надежности по методу макс. вероятности и момента. Оба метода показаны в конце работы на конкретном примере.

распределение времени бесперебойного действия; балловая оценка; метод максимальной вероятности; метод момента; аспекты приложения

KLŮFA, J. (Economic University, Praha): *The Maximum Likelihood and Moment Estimates of the Reliability of Farm Machines.* Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 525-531. The conclusions of the point estimation theory are applied to the estimation of the reliability of farm machines. The estimate is simple if the time of fail-safe operation of the studied object (part, machine, equipment) depends on exponential distribution. In a more general case (the so-called Weibull distribution) the problem

is much less simple. In such a situation the reliability estimate was sought by the maximum likelihood method and the moment method. Both these methods are illustrated on actual examples at the end of the paper.

distribution of the time of fail-safe operation; point estimation; maximum likelihood method; moment method; aspects of application

KLŮFA, J. (Ökonomische Hochschule, Praha): *Maximal glaubwürdige und Moment-Schätzungen der Zuverlässigkeit der Landtechnik*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9): 525-531.

In der vorliegenden Arbeit werden die Schlussfolgerungen der Theorie der Punktschätzung zur Zuverlässigkeitsschätzung der Landtechnik herangezogen. Die Schätzung ist einfach in dem Falle, wenn sich die Dauer der störungsfreien Funktion des verfolgten Elementes (Einzelteil, Maschine, Vorrichtung) nach der Exponentialverteilung richtet. In einem allgemeineren Fall der sog. Weibullschen Verteilung ist die Aufgabe nicht mehr so einfach. In diesem Fall suchten wir die Schätzung der Zuverlässigkeit mittels der Methode der maximalen Glaubwürdigkeit und der Moment-Methode. Die beiden Methoden werden zum Schluss der vorliegenden Arbeit an einem konkreten Beispiel angeführt.

Verteilung der Dauer der störungsfreien Funktion; Punktschätzung; Methode der maximalen Glaubwürdigkeit; Moment-Methode; Anwendungsaspekte

Adresa autora:

RNDr. Jindřich Klůfa, CSc., Vysoká škola ekonomická, nám. A. Zápotockého 4, 130 67 Praha 3

ŽIVOTNÍ JUBILEA

K VÝROČÍ PROFESORA ING. RADOŠE ŘEZNÍČKA, DrSc.

Dne 12. července 1988 oslavil své šedesáté narozeniny prof. ing. Radoš Řezníček, DrSc., proděkan pro vědecko-výzkumnou činnost mechanizační fakulty Vysoké školy zemědělské v Praze a vedoucí katedry fyziky. Pro ty, kteří ho znají, je tento fakt téměř neuvěřitelný, neboť jeho životní elán a soustavná sportovní a organizační činnost jej zařazují mezi mladé lidi.

Po absolutoriu reálného gymnázia studoval na strojní fakultě ČVUT v Praze, kterou ukončil v roce 1951. Po jednoletém působení v n. p. Škoda a n. p. Aero přešel na VŠZ v Praze, fakultu mechanizační, kde působil dosud. V roce 1959 ukončil studium v externí aspirantúře na ČVUT, v roce 1962 předložil habilitační práci a v roce 1963 byl jmenován docentem. V roce 1973 obhájil doktorskou disertační práci a v roce 1977 byl jmenován řádným profesorem pro aplikovanou fyziku.

Prof. Řezníček se nejdříve věnoval hlavně problémům souvisejícím s energetikou a diagnostikou zemědělské techniky. Unikátní experimentální a teoretické metody zavedl pro studium vlastností umělých dešťů a zadržovačů a dojících strojů. Velká část jeho vědecké práce je spojena s problematikou proudění tekutin. Zdokonalil mnoho optických metod pro studium proudění. V této oblasti činnosti získal mezinárodní věhlas, o čemž svědčí i to, že je stálým členem programového a řídicího výboru periodických sympozií o vizualizaci proudění.

V posledních dvaceti letech se vědecká práce prof. Řezníčka přesouvá stále více ke studiu fyzikálních vlastností zemědělských materiálů, rostlin, plodů a produktů. Unikátními pracemi jsou studie o vazbě zrna v klasu a o energetické náročnosti jeho uvolňování z klasu, o fyzikálních vlastnostech rajčat a dalších rostlin z hlediska mechanizované sklizně. V tomto směru vědecké práce je pokládán za zakladatele názorové a pracovní školy. Svědčí o tom i skutečnost, že je řadu let předsedou komise teoretických základů zemědělské techniky odboru zemědělské techniky, výstavby a energetiky ČSAZ. Jeho práce je v tomto zaměření velmi dobře známa i v zahraničí.

V posledním období se zajímá o výzkum zaměřený na zemědělskou robotiku. Je vedoucím a iniciátorem ustavení vědecko-výzkumného pracoviště „Inteligentní kybernetické systémy pro zemědělskou techniku“ na MF VŠZ v Praze. Aktivně se účastnil práce vědeckého kolegia teoretických základů zemědělství ČSAV jako jeho člen a vědecký sekretář komise pro energetiku v zemědělství.

Organizační schopnosti prof. Řezníčka i jeho umění vést pracovní kolektivy se projeví i v publikační činnosti. Výsledky jeho vědecké práce jsou shrnuty do 150 původních publikací uveřejněných v našich i zahraničních časopisech, 25 výzkumných zpráv a čtyř monografií. Úspěšné je i jeho působení při organizování mezinárodních akcí. Výrazně se rovněž podílel na navázání mnoha mezinárodních spoluprací mezi VŠZ a vysokými školami v jiných zemích.

Vedle bohaté odborné a publikační činnosti prof. Řezníček po celou dobu svého působení na katedře fyziky přednáší fyziku studentům mechanizační fakulty. Je spoluautorem několika skript a sbírek příkladů. Na mechanizační fakultě úspěšně pracoval i ve funkci učitele ročníku. Velmi obětavě se věnuje studentské vědecké a odborné činnosti. Vedle pedagogické činnosti se intenzivně a zodpovědně věnuje výchově aspirantů našich i zahraničních. Je členem komisí pro obhajoby kandidátských prací a doktorských disertačních prací, různých vědeckých rad a vědeckých komisí. Za svoji dlouholetou, úspěšnou činnost byl odměněn řadou vyznamenání.

Prof. Řezníček je příkladem všestranného člověka. Je milý, pozorný a pečlivý, vždy ochotný pomoci radou i skutkem. Jako učitel je mezi studenty oblíben, neboť látku vykládá přístupně, má smysl pro jemný humor a vyniká vlídným a přátelským jednáním. Jeho spolupracovníci si ho váží a jsou mu vědci za to, že vytváří příznivé podmínky pro plnění jejich vědeckých a pedagogických úkolů i pro jejich další odborný růst. Je respektován pro svoji příkladnost a obětavost v každodenní vědecko-pedagogické práci.

Svého životního jubilea se prof. Řezníček dožívá v plném pracovním zatížení a v nevdědné aktivitě. My, jeho spolupracovníci, přátelé a žáci, vysoce hodnotíme jeho obětavost a zásluhou práci a přejeme mu do dalších let mnoho zdraví, optimismu, osobní spokojenosti a pracovních úspěchů. Ať ho těší výsledky vlastní práce i práce kolektivu, který vede!

*Ing. Dagmar Truxová, CSc.
Vysoká škola zemědělská v Praze*

ORBA NESENÝM PLUHEM Z HLEDISKA VYBRANÝCH PARAMETRŮ TRAKTORU

F. Bauer

BAUER, F. (Vysoká škola zemědělská, Brno): *Orba neseným pluhem z hlediska vybraných parametrů traktoru*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 533-539.

V článku jsou uvedeny výsledky terénního měření orebního agregátu, zaměřené na problematiku prokluzu všech čtyř hnacích kol traktoru a na spotřebu paliva. Oralo se dvěma způsoby: na silovou regulaci a na opěrné kolo pluhu. Výsledky měření ukazují rozdílnost prokluzu hnacích kol pohybujících se v brzdě a hnacích kol pohybujících se po záhonu. Orba uskutečňovaná na silovou regulaci snižuje prokluz hnacích kol traktoru i spotřebu paliva.

prokluz hnacích kol; spotřeba paliva; orební agregát

Aplikace různých typů regulace hydraulického zvedacího zařízení traktorů umožňuje zvýšit výkonnost a současně pozitivně ovlivnit kvalitu práce. Velmi často se v praxi stává, že právě nedodržená rychlost při orbě bývá příčinou nekvalitní orby. Stává se tak mimo jiné i na úsecích se zvýšeným odporem ztuhlé ornice, kde se zvětšuje prokluz a ztrácí rychlost orebního agregátu. V této situaci se zhoršuje kvalita práce pluhu, která se projevuje nedokonalým obrácením skývy a současně se ztrátou rychlosti klesá i výkonnost orebního agregátu.

Smyslem příspěvku je ukázat rozdílnost prokluzu hnacích kol traktoru a spotřeby paliva vztažené na množství zorané půdy při použití silového regulačního systému a při orbě na opěrné kolo pluhu — volná poloha tříbodového závěsu traktoru.

METODA

Traktor Zetor 7245 byl agregován s neseným pluhem PH-1-434. Oralo se dvěma způsoby — silovou regulací a volnou polohou, kdy hydraulický regulační mechanismus byl vyřazen z činnosti. Traktor pracoval vždy na první rychlostní stupeň a ovládací páka ruční regulace dodávky paliva byla v maximální poloze.

Princip funkce silové regulace spočívá v tom, že mechanicko-hydraulický systém reaguje na změnu síly v impulsním táhle a snaží se sílu udržet na konstantní hodnotě za cenu částečného vyhlubování nebo zahlubování pluhu. Orba s volnou polohou, hydraulický regulační mechanismus je vyřazen z činnosti a poloha tříbodového závěsu traktoru je určována vertikálním pohybem opěrného kola pluhu po povrchu pole. Hloubka orby je určována profilem povrchu pole, po kterém se pohybuje opěrné kolo. Správnost funkce silové regulace byla vyzkoušena pracovníky Výzkumného ústavu traktorů přímo v k. p. Agrozet Zetor.

Na pozemku určeném pro měření byl vybrán vhodný úsek s minimální svažitostí. Na měřeném místě byla vytyčena 50 m dlouhá dráha s 30m úseky pro rozjezd a zastavení orební soupravy. Na měřicím úseku byla měřena spotřeba nafty. Dále

Hloubka půdy [cm]	Objemová hmotnost redukovaná [g.cm ⁻³]	Pórovitost [% obj.]	Absolutní vlhkost		Maximální kapilární vodní kapacita [% obj.]	Obsah vzduchu	
			podle objemu [%]	podle hmotnosti [%]		minimální kapacita [%]	při odběru vzorku [%]
0—5	1,56	41,98	15,18	9,13	39,80	2,18	26,80
5—10	1,61	41,38	22,16	14,13	39,44	1,94	19,22
10—15	1,65	39,89	23,54	14,61	38,15	1,74	16,35

byl měřen čas potřebný k projetí vytyčeného úseku. Aby byly zajištěny stejné podmínky pro silovou regulaci a pro orbu na opěrné kolo, byl pluh seřizován na hloubku orby 0,23 m a stejný záběr pluhu 1,05 m. Naměřené hodnoty hloubky orby a záběru pluhu jsou uvedeny v tab. II.

Spotřebu nafty jsme měřili měřicím přístrojem FLOWTRONIC-250, doplněným o FLOWJET-VENTIL 4703. Toto zařízení se skládá ze snímače, čítače impulsů a ventilu FLOWJET. Snímač je pístový průtokoměr, který spotřebu paliva na měřeném úseku zobrazí na displeji čítače v mililitrech.

Ventil FLOWJET spolu se snímačem byly namontovány do palivového okruhu a měly za úkol zajistit chlazení cirkulaci nafty v palivovém systému motoru. FLOWTRONIC-250 umožňuje měřit spotřebu paliva s přesností 0,5 %.

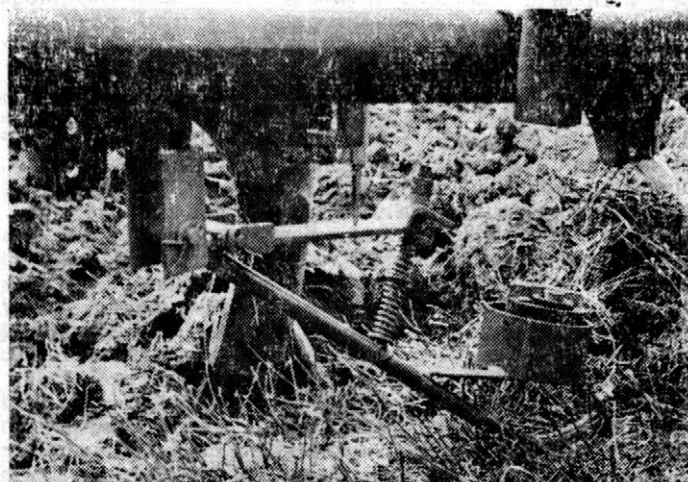
Hloubka orby byla měřena průběžně mechanickým hmatačem, otočným kolem čepu upevněného na rámu pluhu (obr. 1). Hmatač byl přitlačován k povrchu půdy konstantní silou, vyvozenou závažím umístěným na hmatači. S hmatačem byl mechanicky přes pojistné zařízení vázán pohyb jehly indukčního snímače Hottinger, který zaznamenával hloubku orby v průběhu měření. Záběr pluhu byl měřen ručně v pětimetrových intervalech.

Prokluz byl měřen tak, že pracovníci v měřeném úseku sledovali vyznačenou značku na hnacích kolech traktoru a vyznačili pomocí výtyček ujetou dráhu odpovídající pěti otáčkám jednotlivých hnacích kol. Stejným způsobem byla měřena dráha odpovídající pěti otáčkám jednotlivých kol; měřené místo se projelo traktorem s vyhloubeným pluhem — bez zatížení. Prokluz δ je dán vztahem:

$$\delta = \frac{l_0 - l}{l_0}$$

kde: l_0 — délka ujeté dráhy bez zatížení

l — délka dráhy ujeté se zatížením



1. Mechanický hmatač pro měření hloubky orby — A mechanical feeler for the measurement of the depth of ploughing

II. Naměřené a vypočtené hodnoty terénního měření — The recorded and calculated values of the field measurement

Regulace	Číslo měření	Hloubka orby h [m]	Záběr pluhu B [m]	Spotřeba m_p [ml]	Spotřeba objemová Q_o [ml.m ⁻³]	Spotřeba hektarová Q_{ha} [l.ha ⁻¹]	Levé zadní kolo jízda po záhoně $l_o = 21,82$ m		Pravé zadní kolo jízda v brázdě $l_o = 21,90$ m		Levé přední kolo jízda po záhoně $l_o = 16,22$ m		Pravé přední kolo jízda v brázdě $l_o = 16,07$ m	
							l [m]	δ [%]	l [m]	δ [%]	l [m]	δ [%]	l [m]	δ [%]
Silová regulace	1	0,225	0,946	113,0	10,617	23,89	18,76	14,02	20,00	8,67	13,53	16,58	14,13	12,07
	2	0,215	0,967	116,5	11,207	24,09	18,67	14,40	19,36	11,59	13,95	13,99	14,28	11,13
	3	0,220	0,981	114,1	10,338	23,26	18,32	16,00	19,40	11,40	13,56	16,39	13,93	13,31
	4	0,225	0,975	117,7	10,664	24,14	18,65	14,52	19,12	12,69	13,48	16,89	14,22	11,51
	5	0,215	0,971	114,4	10,959	23,56	18,89	13,42	19,58	10,59	13,42	17,26	14,48	8,89
	6	0,230	0,980	113,8	10,097	23,22	18,40	15,67	19,32	11,78	13,48	16,89	14,05	12,57
	7	0,230	0,980	115,7	10,266	23,61	18,23	16,45	19,89	9,17	13,47	16,95	14,70	8,52
	8	0,235	0,964	115,0	10,152	23,85	18,54	15,03	19,62	10,41	13,75	15,22	14,48	8,89
	9	0,232	0,983	124,3	10,900	25,28	18,00	17,50	19,42	11,32	13,30	18,00	13,94	13,25
Volná poloha orba na opěrné kolo	10	0,230	1,073	142,9	12,091	26,63	17,36	20,40	19,10	12,75	13,43	17,16	13,51	15,90
	11	0,231	1,126	159,8	12,287	28,38	17,25	20,93	19,23	12,16	13,20	18,57	13,11	18,40
	12	0,235	1,058	145,3	11,688	27,46	16,99	22,10	19,05	13,00	13,17	18,80	13,32	17,10
	13	0,225	0,995	134,1	11,979	26,95	17,43	20,10	19,38	11,50	13,30	18,00	13,49	16,00
	14	0,230	1,051	143,2	11,847	24,25	16,69	23,50	18,61	15,00	13,26	18,20	13,57	15,50

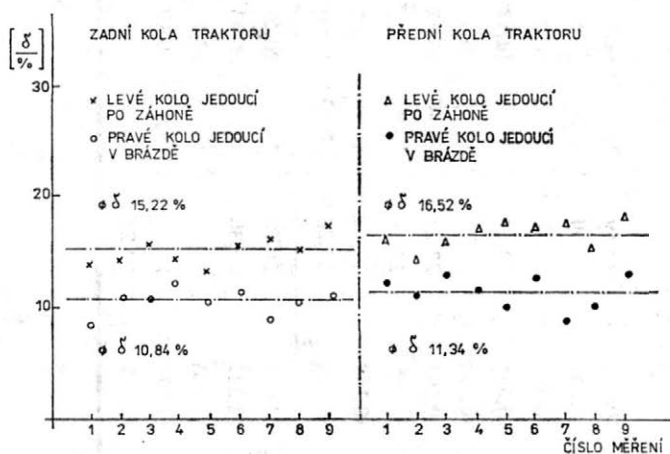
Naměřené a vypočtené hodnoty prokluzu jsou uvedeny v tab. II. Celková hmotnost orebního agregátu činila 4800 kg, zadní nápravy 3650 kg, přední nápravy 1150 kg. Pneumatiky zadní 16,9/14-30 měly huštění 140 kPa, přední 11,2/10-24 huštění 200 kPa.

Měření se konalo na pozemku po sklizni cukrovky, fyzikální vlastnosti půdy jsou uvedeny v tab. I. Měření probíhalo v říjnu roku 1986, na pozemku byla hlinitá půda půdního typu hnědozem.

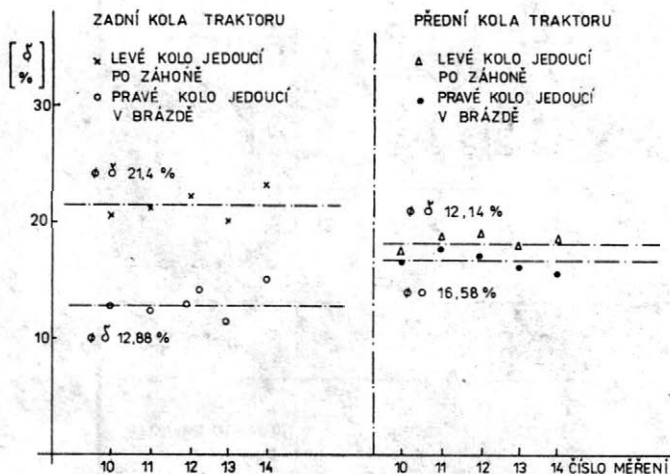
VÝSLEDKY

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tab. II, graficky jsou zpracovány v obr. 2 až 5.

Z obr. 2 a 3 je zřejmá rozdílnost prokluzu hnacích kol. Nejnižší průměrný prokluz δ byl naměřen u pravého zadního kola 10,84 %, průměrný prokluz u levého zadního kola, jedoucího po záhoně, činí 15,22 %; rozdíl je $\Delta\delta$ 4,38 %. Obr. 3 ukazuje rozdíl průměrného prokluzu mezi zadními koly traktoru $\Delta\delta$ 8,52 %. Rozdíl v prokluzu u zadních kol,



2. Rozdíl prokluzu u hnacích kol traktoru v orbě s neseným silovým — regulace silová — A difference in the slipping of the driving wheels of the tractor during ploughing with a mounted plough — force regulation



3. Rozdíl prokluzu u hnacích kol traktoru v orbě s neseným pluhem — volná plocha — orba na opěrné kolo — A difference in the slipping of the driving wheels of the tractor during ploughing with a mounted plough — open area — ploughing with the carrier wheel

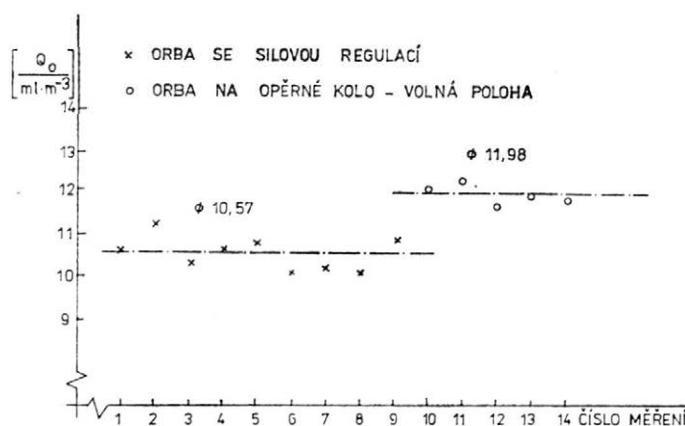
který u orby na opěrné kolo činí $\Delta\delta$ 8,52 %, je způsoben tím, že opěrné kolo pluhu zachycuje účinek klopného momentu odhrnovaček pluhu. U orby na silový systém (opěrné kolo je mimo dotyk s povrchem pole) se účinek klopného momentu projeví jako síla zvyšující adhezi levého zadního kola jedoucího po záhoně, a tím snižuje prokluz.

Nižší hodnoty prokluzu hnacích kol jedoucích v brázdě vyplývají z větší adheze připadající na tato kola z celkové hmotnosti traktoru, což je jedna z výhod orebních agregátů pohybujících se pravými koly v brázdě. Skutečnost, že u způsobu orby na opěrné kolo pluhu byly naměřeny u všech čtyř hnacích kol vyšší průměrné hodnoty prokluzu (obr. 3), je způsobena tím, že orba na opěrné kolo téměř nevyužívá hmotnosti pluhu ke zvýšení adheze, a proto je u tohoto způsobu orby podstatně větší prokluz.

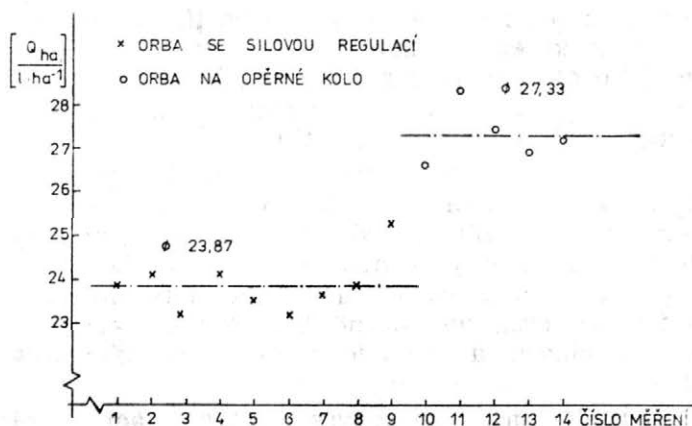
Nižších hodnot průměrného prokluzu u všech čtyř hnacích kol traktoru je dosaženo, jak plyne z obr. 2, u způsobu orby na silovou regulaci. U způsobu orby bez použití opěrného kola, tedy u silové regulace, je zadní náprava traktoru trvale dotížena částí hmotnosti pluhu a kromě toho je dotěžována při vyhlubování pluhu, kterým silová regulace reaguje na zvětšení síly v impulsním táhle tříbodového závěsu traktoru. Změna síly v impulsním táhle může být způsobena jednak změnou odporu půdy (změna homogenity), jednak vlivem nerovnosti terénu, po kterém se orební agregát pohybuje.

Silová regulace reaguje na nerovnost povrchu pole. Traktor agregovaný s neseným pluhem tvoří celek otáčející se kolem bodů dotyku zadních kol s povrchem pole. Přední kola traktoru, jedoucí po nerovném povrchu pole, přenášejí vertikální kolísání na pluh, což se projeví kolísáním hloubky orby. Tím se mění síla v impulsním táhle. Silový systém regulace na tuto skutečnost reaguje a hloubku orby vyrovnává (Bauer, 1986).

Na obr. 4 a 5 je znázorněna průměrná spotřeba nafty při způsobu orby na silovou regulaci a na opěrné kolo. Z grafických záznamů vyplývá, že spotřeba paliva přepočtená na m^3 zorané půdy byla o 13,3 % vyšší u orby na opěrné kolo; v přepočtu na hektar zorané půdy tento rozdíl činí 14,5 %.



4. Vliv regulace na spotřebu paliva přepočtenou na m^3 zorané půdy — The effect of the regulation on fuel consumption calculated per m^3 of the soil ploughed



5. Vliv regulace na spotřebu paliva přepočtenou na hektar (ha) zorané půdy — The effect of the regulation on the fuel consumption calculated per hectare (ha) of the soil ploughed

ZÁVĚR

Výsledky měření ukazují rozdílnost prokluzu hnacích kol traktoru pohybujících se v brázdě a hnacích kol pohybujících se po záhoně. Silová regulace reaguje na změnu zatížení, pomocí regulačního systému se dotěžuje zadní náprava traktoru, což se prakticky projeví nižším prokluzem a nižší spotřebou paliva (Bauer, 1985). Určitou nevýhodou orebního agregátu pohybujícího se pravými koly v brázdě je vliv bezprostředního tlaku kol na dno brázdy, čímž se přispívá k nežádoucímu zhutňování podorníční vrstvy půdního profilu.

Literatura

BAUER, F.: Vliv regulační hydrauliky traktoru z hlediska spotřeby paliva a výkonnosti orebního agregátu. [Výzkumná zpráva.] Brno, VÚTr Agrozet Zetor 1985.
BAUER, F.: Optimalizace přenosu energie u zemědělského traktoru. [Závěrečná zpráva výzkumného úkolu.] Brno, Vysoká škola zemědělská 1986.

Došlo dne 1. 3. 1988

БАУЕР, Ф. (Сельскохозяйственный институт, Брно): Вспашка навесным плугом с точки зрения выбранных параметров трактора. Земед. Техн., 34, 1988 (9) : 533-539.

В статье приводятся результаты полевого измерения пахательного агрегата, направленные на проблематику буксования всех четырех приводных колес трактора и на расход горючего. Пахали двумя способами: на силовую регулировку и на опорное колесо плуга. Результаты измерений показывают различность буксования приводных колес, которые двигались в колею в сравнении с приводными колесами передвигающимися по загогу. Вспашка проведенная на силовую регулировку понижает буксование основных колес трактора и расход горючего.

буксование приводных колес; расход горючего; агрегат для вспашки

BAUER, F. (University of Agriculture, Brno): *Ploughing with a Mounted Plough with respect to the Selected Parameters of the Tractor.* Земед. Техн., 34, 1988 (9) : 533-539.

Results of the field measurement of a ploughing set aiming at the problems of the slipping of all four driving wheels of the tractor and fuel consumption are shown in the paper. Two types of ploughing were used: with force regulation and with

the carrier wheel of a plough. Results of the measurement show the difference in the slipping of driving wheels travelling in the furrow as compared with driving wheels travelling in the bed. Ploughing with the force regulation was found to reduce both the slipping of driving wheels of the tractor and the fuel consumption. slipping of driving wheels; fuel consumption; ploughing set

BAUER, F. (Landwirtschaftliche Hochschule, Brno): *Pflügen mittels Aufsattelpflug vom Gesichtspunkt ausgewählter Parameter der Schlepper*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 533-539.

Im Artikel werden Ergebnisse von Terrainmessungen eines Pflugaggregats wiedergegeben, die auf die Problematik des Schlupfes aller vier Treibräder des Schleppers sowie auf den Brennstoffverbrauch ausgerichtet waren. Es wurden zwei Pflugverfahren gegenübergestellt: mit Kraftregelung und mit Stützrolle des Pfluges. Die Ergebnisse der Messungen weisen auf eine Unterschiedlichkeit des Schlupfes der sich in der Pflugfurche bewegend Treibräder gegenüber den auf dem Beet laufenden Treibrädern hin. Das auf Kraftregelung realisierte Pflügen setzt sowohl den Schlupf der Treibräder des Schleppers als auch den Brennstoffverbrauch herab.

Schlupf der Treibräder; Brennstoffverbrauch; Pflugaggregat

Adresa autora:

Doc. ing. František Bauer, CSc., Vysoká škola zemědělská, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 10/88 časopisu

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

mají být uveřejněny práce:

D. Hutla: Vědecké práce koncernového Výzkumného ústavu zemědělských strojů v Praze-Chodově

A. Grečenko, V. Novotný, H. Rásochová: Geometrie styčné plochy některých pneumatik na vrstevnici svahu

J. Kupr, I. Lanča: Funkčně-energetické porovnání bubnového a kolového řezacího ústrojí sklízecích řezaček

L. Trnka: Poznatky z výzkumu dojitých zařízení Alfa Laval Duovac, Miele-MLT System a Fullwood

S. Talich, V. Preisler: Zvýšení provozní spolehlivosti pneumatických ventilkových pulsátorů

Z. Příhoda: Secí stroj pro přesný výsev semen řepy a kukuřice

D. Hutla: Mikroelektronika u strojů pro rostlinnou výrobu

VPLYV NITRIDOVANIA NA ODOLNOSŤ ODHRŇOVAČIEK PLUHOV PROTI ABRAZÍVNEMU OPOTREBENIU

M. Polák, J. Bíly, P. Sečkář

POLÁK, M. — BÍLY, J. — SEČKÁŘ, P. (Vysoká škola poľnohospodárska, Košice; Vysoká škola technická, Košice; Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Vplyv nitridovania na odolnosť odhrňovačiek pluhov proti abrazívnemu opotrebeniu*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 541-548.

Ako vyplýva z laboratórnych a prevádzkových skúšok, sú charakter a intenzita opotrebenia povrchu odhrňovačiek silne ovplyvnené nielen pôdou, ale aj materiálom použitým k ich výrobe. Životnosť odhrňovačiek možno zvýšiť zvýšením čistoty a základných mechanických vlastností východzieho materiálu alebo dodatočným opracovaním povrchu odhrňovačiek (napr. nástrekmí, tepelným spracovaním). Pri použití nitridovania ako technológie zvyšujúcej povrchovú tvrdosť sa získala aj zvýšená odolnosť proti korózii a najmä proti opotrebeniu. Významný je aj ekonomický prínos, ktorý sa prejavil znížením nákladov pri prevádzkovaní odhrňovačky za dobu jej životnosti o 18 až 25 %. povrchová tvrdosť; odolnosť proti opotrebeniu; odolnosť proti korózii

Problém zabezpečenia dlhodobej, bezpečnej a bezporuchovej prevádzky poľnohospodárskych strojov a ich funkčných častí sa stáva čoraz limitujúcejším faktorom.

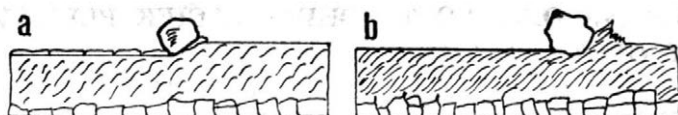
Stupňovaním výkonov poľnohospodárskych strojov sa zvyšujú aj problémy s ich opotrebením.

Rozbory poruchovosti poľnohospodárskych strojov dokazujú, že najčastejším druhom ich opotrebenia je opotrebenie abrazívne. Tomuto opotrebeniu sú vystavené najmä pracovné orgány poľnohospodárskych strojov spracujúcich pôdu a zemných strojov a pracovné nástroje určené k rezaniu plodín a materiálov.

V tejto súvislosti je domínujúcou požiadavkou zabezpečiť vyššiu kvalitu pracovných nástrojov (Polák a Jaš, 1986). Jednou z ciest je nitridovanie. Nitridovanie patrí k najefektívnejším metódam zvyšovania povrchovej tvrdosti, pevnosti, odolnosti proti abrazívnemu opotrebeniu aj proti korózii. Tieto vlastnosti na niektorých súčiastkach poľnohospodárskych strojov pomáha zachovať metóda popísaná v tejto práci.

Abrazívne opotrebenie je proces poškodzovania povrchu súčiastok, podmienený existenciou abrazívneho prostredia v zóne trenia. Abrazívnym opotrebením sú poškodzované pracovné orgány poľnohospodárskych strojov na spracovanie pôdy a stavebné cestné stroje, a to v dôsledku prenikania tvrdých častíc vzduchom, mazaním, spaľovaním zmesí, pri obrábaní abrazívnymi nástrojmi.

Ako uvádza Kostecij (1975), existujú dve výrazné formy pre-



1. Štruktúra povrchových vrstiev pri prvej (a) a druhej (b) forme abrazívneho opotrebenia — Structure of surface layers at the first (a) and second (b) form of abrasive wear

javu abrazívneho procesu líšiace sa charakterom vzájomného pôsobenia častíc a kovu:

1. s prevahou mechanicko-chemického poškodzovania povrchových tvarov (plastická deformácia s okysličením) — prvá forma;
2. s prevahou mechanického poškodenia povrchovej časti kovu (vniknutie abrazívnych častíc na povrch, poškodenie povrchových tvarov kovu bez oddelenia častíc základného kovu alebo odobratím mikroštruktúry) — druhá forma.

Prejav mechanicko-chemickej alebo mechanickej formy tohto druhu poškodenia závisí od vzájomného pomeru mechanických vlastností abrazívnych častíc v povrchových vrstvách opotrebovaného kovu.

Pri vzájomnom pomere tvrdosti kovu Nu k tvrdosti abrazívnych častíc Na väčšom ako 0,6 ($K_T = \frac{Nu}{Na}$ 0,6) prevažuje mechanicko-chemická forma opotrebenia.

Pri pomere $K_T < 0,6$ prevažuje mechanická forma opotrebenia.

Prvá forma abrazívneho opotrebenia — mechanicko-chemická (obr. 1a) — prevláda u orgánov poľnohospodárskych strojov spracujúcich pôdu, u stavebných a banských strojov pri trení kovového povrchu po abrazívnej vrstve.

Druhá forma abrazívneho opotrebenia — mechanická (obr. 1b) — prevláda u osí a hriadeľov poľnohospodárskych strojov. Odolnosť pracovných orgánov strojov spracujúcich pôdu (odhrňovačiek, lemešov a plazov) možno zvýšiť renováciou povrchu — nanosením oteruvzdornej vrstvy alebo tepelným spracovaním.

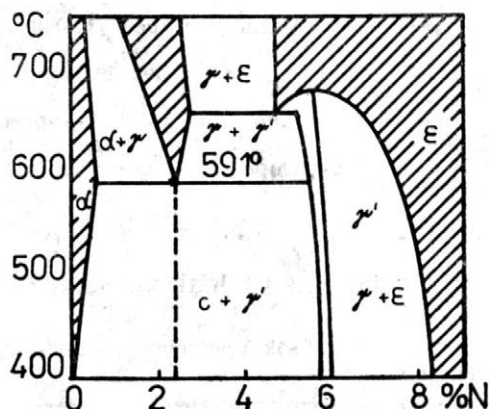
K perspektívnym spôsobom zvyšovania životnosti odhrňovačiek patrí nitríďovanie. Klasické nitríďovanie na zvýšenie odolnosti proti opotrebeniu sa robí pri teplotách 500 až 550 °C. Základným nedostatkom nitríďovania je dĺžka procesu — 35 až 60 hodín. Za túto dobu sa vytvorí vrstva 0,5 až 0,6 mm hlboká, s tvrdosťou HV 1110 až 1200. Zvýšenie teploty na 600 až 620 °C zrýchľuje difúzne procesy, ale znižuje tvrdosť. Kidiň aj. [1978] opisujú perspektívne spôsoby zrýchlenia procesu nitríďovania pomocou vysokofrekvenčného (indukčného) ohrevu. Dnes už sú rozpracované metódy nitríďovania indukčným ohrevom v plynnom, tekutom a tuhom prostredí aj pri použití plazmového výboja. Rozširujú sa možnosti nitríďovania aj na jednoduchých nelegovaných typoch ocelí.

Železo s dusíkom vytvára pri rozličných teplotách a koncentráciách rôzne fázy, ktoré možno vidieť na rovnovážnom diagrame (obr. 2) — (Guľjajev, 1977). Podľa Tkačeva (1977) sú to tieto fázy: tuhý roztok dusíka v Fe- α — α -fáza, tuhý roztok na základe nitrídu železa Fe₄N (5,7—6,1 % N) — γ -fáza, tuhý roztok na základe nitrídu železa Fe₃N (8—11,2 % N) — ϵ -fáza. Vznik ϵ -fázy je možný pri 11,35 % dusíka a pri teplote 450 °C.

Difúzne nasýtenie ocele dusíkom spôsobuje v povrchovej vrstve vznik dusíkatých fáz, ktorých charakter je daný režimom nitríďovania, t. j. teplotou, časom a koncentráciou dusíka.

Klasická schéma nitríďovania s využitím čpavku disociujúceho pri teplotách 500 až 600 °C za vzniku atomárneho dusíka je:





V oceli spôsobuje nitridovanie tieto zmeny:

1. zvyšuje jej tvrdosť, a tým aj odolnosť proti opotrebeniu,
2. zvyšuje medze jej únavy,
3. zvyšuje jej koróznú odolnosť.

Odolnosť proti opotrebeniu nitridovaných vrstiev je jeden a pol až štyri razy väčšia ako pri cementovaných vrstvách (Tkačev, 1977).

Protikorózne nitridovanie sa robí pri teplotách 600 až 800 °C počas 0,2 až 10 hodín. Hlavným cieľom je tu získať v povrchovej vrstve spojitú vrstvu ε-fázy (4,55 % N), ktorá má vysokú odolnosť proti korózii v atmosfére, na vode a v niektorých iných prostriedkoch. Nitridovanie sa končí prudkým ochladením.

MATERIÁL A METÓDA

Úlohou výskumu bolo vykonať:

1. laboratórne skúšky opotrebenia odhrňovačiek pozorovaním opotrebených povrchov — topografie povrchov na rastrovacom mikroskope — I,
2. laboratórne skúšky opotrebenia metódou rezania parafínovej zmesi s vydrobenými zrnami keramického piesku — II (Sečkář a Balla, 1976, 1977; Sečkář a i., 1980),
3. prevádzkové skúšky odhrňovačiek v orbe.

POUŽITÉ MATERIÁLY A ICH SPRACOVANIE

Pre overenie morfológie opotrebených povrchov odhrňovačiek sme použili vzorky zo sériových odhrňovačiek nasadených v prevádzkových skúškach v rokoch 1980 až 1982 v rôznych pôdnych podmienkach. Materiál odhrňovačiek: oceľ 12 060. Bolo vyhotovených celkom 36 vzoriek. Z každej zo šiestich náhodne vybraných odhrňovačiek sme vyhotovili po šesť vzoriek tak, aby objektívne reprezentovali rozdielnú intenzitu opotrebenia, tvar odhrňovačiek a miesta opotrebenia. Vzorky v rozmeroch 2 × 2 cm boli odmastené a očistené na ultrazvukovej čističke. Povrchy vzoriek sme pozorovali na riadkovacom mikroskope JSM-35-CF japonskej výroby.

Pre laboratórne skúšky opotrebenia II sme použili:

- oceľ 12 020 — ušľachtilá oceľ na cementovanie,
- oceľ 12 060 — ušľachtilá oceľ povrchovo kalená,
- oceľ 15 230 — chrómvánadová oceľ na nitridovanie.

Teplné spracovanie:

— cementovanie (oceľ 12 020) v drevnom uhlí s prídavkom 20 % BAC₂O₃ pri teplote 880 °C deväť hodín. Po nauhličení nasledovalo kalenie z teploty 890 °C do vody a opakované kalenie po teplote 800 °C do oleja, potom popustenie pri teplote 180 °C 15 minút na vzduchu,

— indukčné kalenie (oceľ 12 060) — ohrev vysokofrekvenčným generátorom GU-201 10 sekúnd,
 — priame kalenie (oceľ 12 060) — ohrev v elektrickej peci, teplota 820 °C do vody,
 — nitridovanie (oceľ 15 230) — pred nitridovaním sa vzorky zušľachtli takto: kalenie — teplota 860 °C — voda, popustenie — teplota 450 °C — vzduch, nitridovanie v soľnom kúpeli NS 350 pri teplote 520 °C dve hodiny.

VÝSLEDKY

Dosiahnuté výsledky uvádzame v tab. I.

I. Výsledky skúšok opotrebenia odhrňovačiek — Results of the tests for the wear of mouldboards

Poradové číslo	Materiál a jeho spracovanie	Tvrdosť HV 30	Úbytok hmotnosti [g]	Pomeraná odolnosť [ψ]	Po- známka
1	12060 — prírodný stav	251	0,0370	1,00	etalón
2	12060 — indukčné kalenie	657	0,0220	1,68	
3	12060 — priame kalenie	779	0,0203	1,82	
4	12020 — cementovanie	539	0,0153	2,42	
5	15230 — kalenie	501	0,0321	1,15	
6	15230 — kalenie s popustením	433	0,0474	0,78	
7	15230 — nitridovanie	534	0,0143	2,59	

DISKUSIA

MORFOLÓGIA OPOTREBENÝCH POVRCHOV

Intenzívne opotrebenie

Charakteristický vzhľad opotrebeného povrchu vzoriek odhrňovačiek pri pozorovaní na riadkovacom mikroskope JEOL dokumentuje obr. 3, na ktorom vidieť jednotlivé ryhy a ohraničené ostrovčeky rôznej veľkosti. Tie sa pri väčšom zväčšení prejavujú ako oblasti odkrytých polyedrických zŕn (obr. 4). Príčinu ich vzniku vysvetľuje morfológická analýza, z ktorej vyplýva, že ide o miesta, v ktorých sa predtým vyskytovali rozvalcované vmestky. Je to jav súvisiaci s čistotou ocele. Pravdepodobne rovnakú príčinu majú aj vady vo forme pórov (obr. 5).

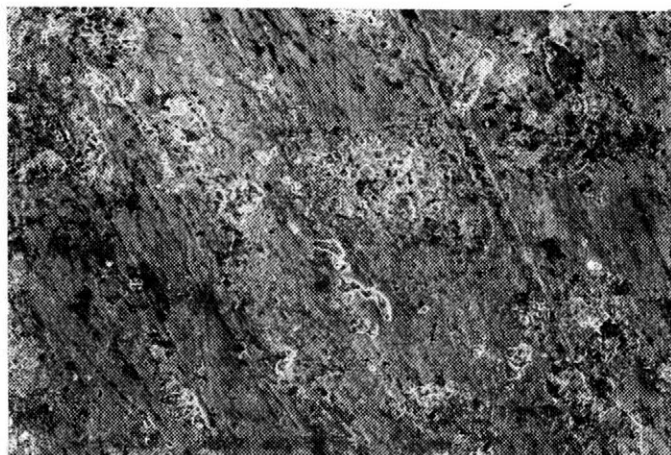
Oblasť rovnomerného opotrebenia odhrňovačky ryhami rôznej hĺbky dokumentuje obr. 6.

Nízke opotrebenie

Morfológiu opotrebeného povrchu odhrňovačky dokumentuje obr. 7. Na rozdiel od predchádzajúcich vzoriek sa v tejto vzorke veľkoplošné typy kazov nevyskytovali tak často, ale často sa vyskytovali bodové kazy (obr. 8).

Z laboratórnych pozorovaní vyplýva, že charakter opotrebenia povrchu odhrňovačiek je okrem charakteru pôdy silne ovplyvnený aj ma-

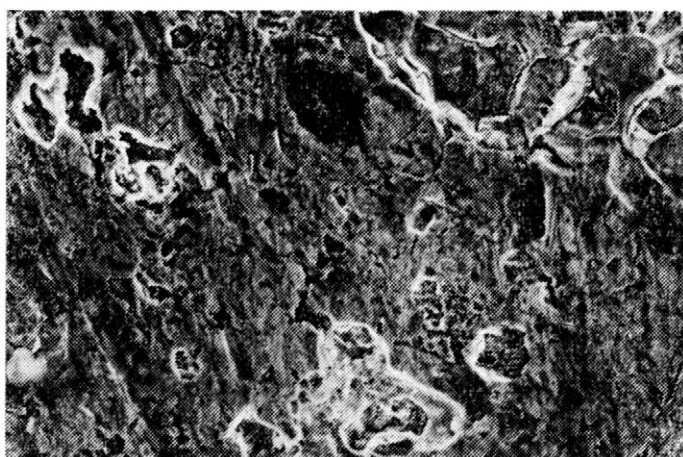
3. Celkový záber opotrebovaného povrchu vzorky odhrňovačky pri 100-násobnom zväčšení na riadkovacom mikroskope — General view of worn surface of a mouldboard specimen at 100-fold magnification as observed under the scanning microscope



4. Povrch vzorky pri 100-násobnom zväčšení, na ktorom sa ohraničené ostrovčeky javia ako polyedrické zrná martenzitu — Surface of a specimen at 100-fold magnification, on which the confined islets look like polyedric martensite grains

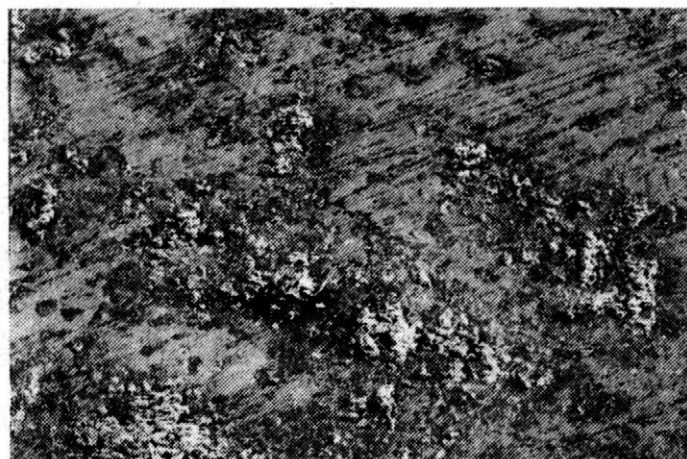


5. Povrch vzorky pri 100-násobnom zväčšení dokumentujúcom nečistotu ocele (výskyt rozvalcovaných sírníkových vmestkov) — Surface of a specimen at 100-fold magnification documenting the impurity of steel (occurrence of expanded sulphidic inclusions)

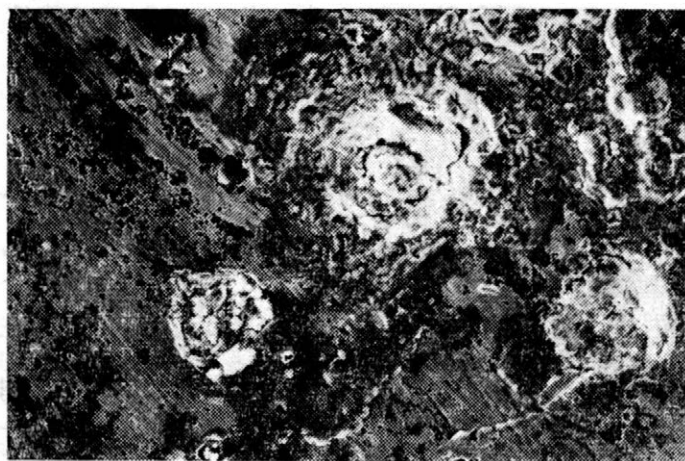




6. Oblasť rovnomerného opotrebenia odhrňovačky rýhami rôznej hĺbky pri 600-násobnom zväčšení na riadkovacom mikroskope — Region of the uniform wear of a mouldboard by furrows of different depths at 600-fold magnification, as observed under the scanning microscope



7. Povrch vzorky odhrňovačky, ktorá bola vystavená najmenšiemu opotrebeniu pri 100-násobnom zväčšení — Surface of the specimen of a mouldboard exposed to the least wear; 100-fold magnification



8. Výskyt bodových kazov na povrchu odhrňovačky pri 400-násobnom zväčšení vzorky — The occurrence of point defects on the specimen of the mouldboard; 400-fold magnification

terialom odhrňovačky. Zvýšenie životnosti možno dosiahnuť dvoma spôsobmi: 1. zvýšením čistoty a základných mechanických vlastností, 2. dodatočným spracovaním povrchu odhrňovačiek (nástreky, tepelné spracovanie).

Skúšky opotrebenia

Na základe dosiahnutých výsledkov (tab. I) vidieť, že hmotnostné úbytky, a teda i odolnosť proti abrazívnemu opotrebeniu, sú v relácii s tvrdosťou jednotlivých skupín vzoriek okrem ocele 15 230. Táto oceľ má vo všetkých troch skupinách vzoriek nižšiu tvrdosť, ale pomernú odolnosť proti opotrebeniu ϕ pri skupine nitridovaných vzoriek má najvyššiu.

Hoci je tvrdosť nitridovaných vzoriek v porovnaní s tvrdosťou udávanou v literatúre výrazne nižšia, významnú úlohu pri odolnosti proti opotrebeniu má podľa laboratórnych skúšok húževnatá podkladová vrstva pod nitridovaným povrchom. Podobne ako my v našich experimentoch i V o c e l a i. (1976) konštatujú celkovú nižšiu odolnosť ocele triedy 15 (15 123, 15 241, 15 261) proti abrazívnemu opotrebeniu ($\phi = 1,12 - 1,88$).

PREVÁDZKOVÉ SKÚŠKY ODHRŇOVAČIEK PLUHOV

Experimentálne overenie nitridovaných odhrňovačiek sme vykonali na pozemkoch JRD Kamenica nad Cirochou v rokoch 1980 až 1983. Výsledky uvádzame v tab. II. Experimenty sme robili pri hlbkej a strednej orbe na pozemkoch s hnedými glejovitými pôdami, kamenistými na 10 až 15 %, pri vlhkosti 20 až 25 %. Pri skúškach sme použili oráciu súpravu traktor ŠT-180 a pluh 6 PHX-30-H-1.

II. Technicko-ekonomické ukazovatele opotrebenia odhrňovačiek — Technical and economic indicators of the wear of mouldboards

Materiál	Materiál východzí	Zoraná plocha [ha]	Intenzita opotrebenia [g. ha ⁻¹]	Náklady na ha [Kčs]
Sériové odhrňovačky odf CDRI	12050	67	49,30	2,75
Nitridované odhrňovačky	13240	401	13,52	0,71
Odhrňovačky — návar práškom K-50	12050	289	17,26	0,94

ZÁVER

Na základe laboratórnych a prevádzkových skúšok bolo zistené, že nitridovanie je jeden z najperspektívnejších spôsobov renovácie nielen odhrňovačiek pluhov, ale aj iných pracovných orgánov poľnohospodárskych strojov. Nitridovanie odporúčame použiť pri ďalších prevádzkových a laboratórnych skúškach aj na iných typoch ocelí a iných typoch pôd.

Literatúra

- GULJAJEV, A. P.: Metallovedeniye. Moskva, Metallurgija 1977.
- KIDIN, I. N. a kol.: Elektrochimiko-termičeskaja obrabotka metallov i splavov. Moskva, Metallurgija 1978.
- KOSTECKIJ, B. I.: Nadežnost a dolgoutečnost mašin. Kijev 1975.
- POLÁK, M. — JAŠ, F.: Možnosti zvyšovania životnosti odhrňovačiek pluhov v praxi. Zeměd. Techn., 32, 1986, s. 553-560.
- SEČKÁR, P.: Štúdium opotrebenia a metód predlžovania životnosti matric granulátorov. [Habilitačná práca.] Nitra 1980. — Vysoká škola poľnohospodárska.
- SEČKÁR, P. — BALLA, J.: Materiál na modelovanie a urýchlené skúšanie opotrebenia pracovných orgánov poľnohospodárskych strojov v laboratórnom prostredí. Autorské osvedčenie na vynález č. 179739. 1976.
- SEČKÁR, P. — BALLA, J.: Hodnotenie tvarovej stálosti rezných orgánov pri spracovaní pôdy — modelové laboratórne skúšky. In: Zvyšování životnosti strojů pracujících v podmínkách intenzivního opotřebení částicemi. Praha, DT ČSVTS 1977, s. 120-124.
- SEČKÁR, P. — BALLA, J. — MARKO, M.: Nový spôsob hodnotenia procesu abrazívneho opotrebenia. Acta technol. agric. Univ. agric. Nitra, XX, 1980, s. 113-122.
- TKAČEV, V. N.: Materialovedeniye. Kijev, Vyšša škola 1977.
- VOCEL, M. — DUFEK, V. a kol.: Tření a opotřebení strojních součástí. Praha, Státní nakladatelství technické literatury 1976.

Došlo dňa 18. 2. 1988

ПОЛАК, М. — БИЛЫ, Й. — СЕЧКАР, П. (Сельскохозяйственный институт, Кошице; Высшее техническое училище, Кошице; Сельскохозяйственный институт, Нитра): Влияние азотирования на устойчивость отвалов плугов против абразивному износу. Земед. Techn., 34, 1988 (9) : 541-548.

Из лабораторны и эксплуатационных испытаний вытекает, что характер и интенсивность износа поверхности отвала находится под сильным влиянием почвы, но и материала, из которого он изготовлен. Животоспособность отвалов можно увеличить увеличением чистоты и основных механических свойств исходного материала или недостаточной обработкой поверхности отвалов (напр. набрызгом, тепловой обработкой). При применении азотирования, как технологии увеличивающей поверхностную твердость увеличилась и повышенная устойчивость против коррозии и в основном против износа. Знаменательна также экономическая польза, которая проявилась понижением расходов при эксплуатации отвалов за период ее животоспособности на 18—25 %.

поверхностная твердость; устойчивость против износа; устойчивость против коррозии

POLÁK, M. — BÍLY, J. — SEČKÁR, P. (University of Agriculture, Košice; University of Technology, Košice; University of Agriculture, Nitra): The Effect of Nitration on the Resistance of Moldboards to Abrasive Wear. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 541-548.

As follows from laboratory and operational tests, the character and intensity of the wear of the surface of moldboards are strongly influenced not only by the soil but also by the material used for their production. It is possible to prolong the service life of moldboards by increasing the purity and basic mechanical properties of initial material or by the additional working of the surface of moldboards (e. g. by spraying, thermal treatment). The use of nitration as a technology increasing the surface hardness resulted in increased resistance to corrosion and mainly to wear. The economic contribution was also significant, which resulted in the reduction of costs during the operation of moldboard in the course of its service life by 18 to 25 %.

surface hardness; wear resistance; corrosion resistance

Adresy autorov:

Ing. Matej Polák, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Kalininova č. 1, 040 01 Košice

Ing. Jozef Bíly, CSc., Vysoká škola technická, Park J. A. Komenského, 040 01 Košice

Doc. ing. Pavol Sečkář, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Gard. plukovníka Gagua č. 10, 949 01 Nitra

VRADENIE PODDAJNOSTÍ DO MECHANIZMU PROTIBEŽNÝCH ŽACÍCH LÍŠŤ

F. Laufik

LAUFİK, F. (Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky, Rovinka): *Vradenie poddajností do mechanizmu protibežných žacích líšt*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9): 549–554.

Pre naladenie mechanizmu protibežných žacích líšt bola použitá poddajnosť, zaradená paralelne i sériovo k žaciemu mechanizmu. Je ukázaný postup optimalizácie parametrov týchto konštrukčných prvkov a naznačený postup dimenzovania s uvažovaním dynamických prvkov. zovšeobecnená súradnica; vlastný vektor; normovaná súradnica; sektoriálne charakteristiky

Intenzifikácia poľnohospodárskej výroby si vynútila konštruovanie malých žacích mechanizmov, ktoré majú perspektívu efektívneho využitia i na menej prístupných a menších plochách. Použitie prstových žacích líšt vedie najmä u týchto malých strojov, vďaka ich nízkej hmotnosti, k rozkmitaniu celého mechanizmu. Vonkajšiu rovnováhu zotrvačných hmotností pohyblivých častí mechanizmu umožňuje kinematika protibežných žacích líšt. Pri ich použití stroj nechveje, avšak vnútorné sily často presahujú hranicu únosnosti bežných konštrukčných materiálov najmä preto, že zotrvačné sily mechanizmu sú rádovo vyššie než sily pracovné.

METÓDA

Pre dosiahnutie minimálnych hodnôt vnútorných síl je potrebné zaistiť zhodu prevádzkových a vlastných otáčok mechanizmu. Vo všeobecnosti má platiť (Laufik, 1987):

$$\omega_{prev}^2 = \Omega_{vc}^2 = \frac{\sum C_i}{\sum I_i} \quad (1)$$

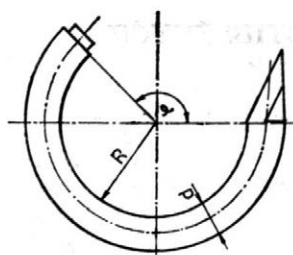
kde: C_i — všetky tuhosti v sústave

I_i — všetky hmotnostné momenty objemov v sústave

Je v záujme výrobnej náročnosti, energetických nákladov na prevádzku a jednoduchosti obsluhy minimalizovať menovateľa vo vzťahu (1). Preto je cieľom splniť vzťah (1) zmenou čitateľa. Pri návrhu výrobného výkresu konštrukčného prvku s vlastnosťou takejto poddajnosti je potrebné určiť jeho rozmery s ohľadom na celú sústavu.

VLASTNÁ PRÁCA

Vzhľadom na to, že väčšinu konštrukčných parametrov možno z funkčných dôvodov meniť len vo veľmi obmedzenom rozsahu, je najúčelnejším postupom pri ladení lineárneho mechanizmu žacieho stroja vytvorenie vyvažovacieho subsystému o optimalizovanej hmotnosti a tuhosti. Vyváženie realizujeme subsystémom s , vytvoreným paralelne radenými pružinami v tvare časti závitú valcovej pružiny o troch voľných parametroch vektoru $\mathbf{p}$: R — polomer závitú, d — priemer jej priečného prierezu, φ — uhol rozovretia (obr. 1).



1. Paralelná pružina ku kosačke MT8-046 — A spring parallel to the cutter MT8-046

Matematický model diskretizovaného systému žacieho mechanizmu je pri zobrazení v n -rozmernom usporiadaní skleronómne-holonómny

$$\mathbf{M}(\mathbf{p}) \ddot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{B}(\mathbf{p}) \dot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{K}(\mathbf{p}) \mathbf{q}(t) = \mathbf{f}(t) \quad (2)$$

Takto sú matice $\mathbf{M}$, $\mathbf{B}$ a $\mathbf{K}$ známymi funkciami voľných parametrov $\mathbf{p}$. Vektor $\mathbf{q}(t)$ zovšeobecnených súradníc možno vyjadriť v blokovom tvare

$$\mathbf{q}(t) = [\mathbf{q}_a^T, \mathbf{q}_s^T], \quad \mathbf{q}_a \in R^a, \quad \mathbf{q}_s \in R^s \quad (3)$$

kde: prvky vektoru $\mathbf{q}_a$ — deformácie hnacieho hriadeľa

prvky vektoru $\mathbf{q}_s$ — relatívne výchylky subsystému s žacieho mechanizmu vzhľadom na pohonnú sústavu

Rovnako možno v blokovom tvare vyjadriť matice koeficientov rovnice (2) $\mathbf{A} \in \{\mathbf{M}, \mathbf{B}, \mathbf{K}\}$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A}_a & \mathbf{A}_{as} \\ \mathbf{A}_{sa} & \mathbf{A}_s \end{bmatrix} \quad (4)$$

pričom $\mathbf{A}_s \in \{\mathbf{M}_s(\mathbf{p}), \mathbf{B}_s(\mathbf{p}), \mathbf{K}_s(\mathbf{p})\} \in R^{s,s}$ sú matice separovaného subsystému s .

Do frekvenčného spektra budenia zasahuje s dominantných vlastných vektorov $\mathbf{v}_d$ normalizovaných M normou. Dominantné vlastné vektory oddelíme od ostatných transformáciou

$$\mathbf{q}(t) = [\mathbf{v}_1 \quad \mathbf{v}_2] \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1(t) \\ \mathbf{x}_2(t) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Pre neplatný matematický model (2) dynamickej odozvy žacieho mechanizmu získame vzťah v tvare

$$\ddot{\mathbf{x}}_1(t) + \mathbf{v}_s^T \mathbf{B}_s \mathbf{v}_s \dot{\mathbf{x}}_1(t) + \lambda_1 \mathbf{x}_1(t) = \mathbf{v}_1^T \mathbf{f}(t) \quad (6)$$

kde: $\mathbf{v}_1$ — modálna submatrica

λ — spektrálna submatrica

pričom sme vďaka normovacím podmienkam zanedbali dynamickú väzbu tlmiacich síl medzi žacím mechanizmom a pohonom (Hang a Arora, 1979). Čiže

$$\mathbf{v}_1^T \mathbf{B} \mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_s^T \mathbf{B}_s \mathbf{v}_s, \quad \mathbf{v}_1^T \mathbf{B} \mathbf{v}_2 = 0 \quad (7)$$

pretože $\mathbf{B}_{as}$ je zanedbateľné.

$$\mathbf{v}_1 = [\mathbf{v}_d] \in R^{n \times n} \quad \lambda_1 = \text{diag}(\Omega_d^2) \in R^{s,s} \quad (8)$$

$$d \in \{1, 2, \dots, n\}$$

Dynamická odozva žacieho mechanizmu je

$$\mathbf{q}_s(t) = \mathbf{v}_s \cdot \mathbf{x}_1(t) \quad (9)$$

pričom $\mathbf{x}_1(t)$ je riešením redukovaného modelu podľa rovnice (6) v s -rozmernom priestore. Pretože ide o harmonické budenie v tvare

$$\mathbf{f}(t) = \mathbf{f} e^{i\omega t} \quad (10)$$

pričom prevádzkové otáčky hnacieho systému sú konštantné, je ustálená odozva subsystému

$$\mathbf{q}_s(t) = \mathbf{v}_s (\lambda_1 - \omega^2 \mathbf{E} + i\omega \mathbf{v}_s^T \mathbf{B}_s \mathbf{v}_s)^{-1} \mathbf{v}_1^T f e^{i\omega t} \quad (11)$$

Cieľom optimalizácie vektoru $\mathbf{p}$ je nájsť taký vektor $\mathbf{p} \in R^3$ z prípustnej oblasti, aby bola potlačená dynamická odozva žacieho mechanizmu s na budenie zobrazené vektorom $\mathbf{f}(t)$. Preto cieľová funkcia, ktorá má byť minimalizovaná, má tvar

$$\psi(\mathbf{p}) = \mathbf{v}_s (\lambda_1 - \omega^2 \mathbf{E} + i\omega \mathbf{v}_s^T \mathbf{B}_s \mathbf{v}_s)^{-1} \mathbf{v}_1^T f \quad (12)$$

pričom vzhľadom na rovnicu (10) postačí, ak je splnené

$$\mathbf{v}_s \lambda_1 - \omega^2 \mathbf{E} + i\omega \mathbf{v}_s^T \mathbf{B}_s \mathbf{v}_s)^{-1} \mathbf{v}_1^T = 1 \quad (13)$$

DISKUSIA

Pre paralelne radenú pružinu s parametrami R , d a φ (obr. 1) sa podľa rovníc (2) až (13) získala závislosť (Laufik a i., 1984)

$$1 = \frac{QIR^2}{2ud^4} \left[\frac{1}{E\tilde{f}} \left(\varphi + \frac{\sin 2\varphi}{2} \right) + \frac{1}{G\tilde{f}_k} \left(3\varphi - 4 \sin \varphi - \frac{\sin 2\varphi}{2} \right) \right] \quad (14)$$

kde

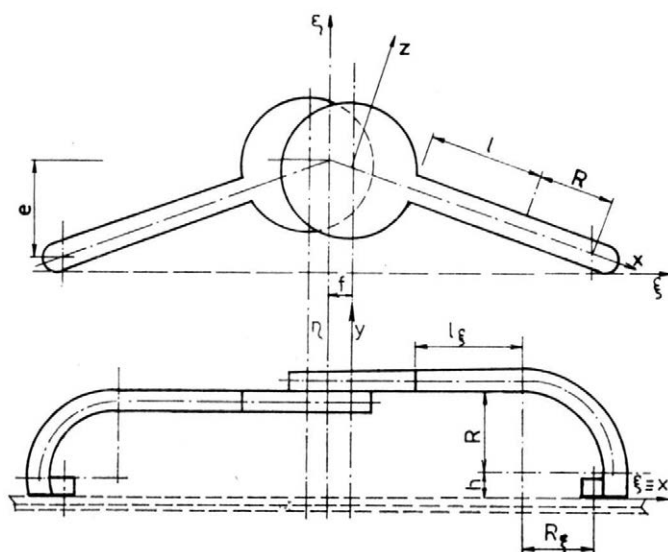
$$Q = Q[M(\mathbf{p}), \Omega_d^2(\mathbf{p}), \mathbf{p}] \quad (15)$$

je zaťažujúci účinok lišty vyvolaný mechanizmom s a u je zdvih žacej lišty.

Obmedzujúcu podmienku pre vzťah (14) je pevnostná podmienka, z ktorej platí

$$d = \frac{\tau_{ct} \pi R^2}{64u} \left[\frac{1}{E\tilde{f}} \left(\varphi + \frac{\sin 2\varphi}{2} \right) + \frac{1}{G\tilde{f}_k} \left(3\varphi - 4 \sin \varphi - \frac{\sin 2\varphi}{2} \right) \right] \quad (16)$$

Pri návrhu paralelne radenej poddajnosti podľa rovníc (15) a (16) môže nastať prípad, kedy je počet premenných parametrov R , d a φ nepostačujúci, keďže sa požaduje pomerne vysoká tuhosť pri veľkej predpísanej deformácii u . Aby nebolo nevyhnutné používať drahé konštrukčné materiály s vysokou medzou únavy τ_{ct} , možno použiť



2. Kľukový mechanizmus kosačky so sériovou poddajnosťou — The crank mechanism of the cutter with series compliance

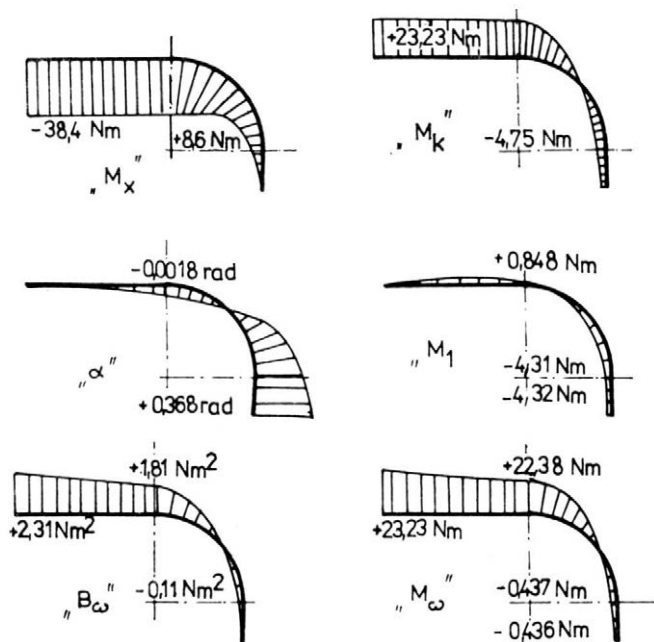
Použitie takéhoto zapojenia však zároveň spôsobuje zmenu veľkosti pracovných výchyliek žacích líšt (zdvihu u), a preto sú i ich amplitúdy predmetom optimalizácie. Spravidla možno u poddajných ojníc ovplyvňovať dynamické vlastnosti len zmenou tvaru priečného prierezu, pretože všetky ostatné parametre bývajú predpísané funkciou mechanizmu. Takto sa osvedčilo použitie otvoreného tenkostenného prierezu (napr. podľa obr. 3). Uvedený prierez umožňuje meniť spektrum namáhání v širokom rozsahu na základe zmeny jediného parametra (napr. v podľa obr. 3), zmenou ktorého sa dosahuje zmena polohy stredu šmyku pri nepatrnej zmene hmotnosti ojnice. Tenkostenný profil sa pri veľkej tuhosti vyznačuje nízkou hmotnosťou, čím sa výrazne znižujú i zotrvačné sily namáhajúce mechanizmus.

V usporiadaní uvedenom na obr. 2 sa predpokladá natočenie excentra kľukového mechanizmu oproti klasickému použitiu o 90° , t. j. rovina excentra kolmá na jeho os symetrie je komplanárna s rovnicou pohybu žacích líšt $\zeta - \zeta$. Na obr. 3 je znázornená strednica profilu, pričom okrem rozmerov je symbolom M označený počiatkový bod sektoriálnej súradnice, P je pomocný pól zvolený vo vzdialenosti r od strednice, S je stred krivosti oblúkovej časti profilu, C je stred šmyku profilu, y, z, α a Δ sú pomocné súradnice a r_1 je sektoriálna súradnica na oblúku.

$$\mathbf{q}_s(t) = ue^{i\omega t} \quad (17)$$
$$\mathbf{v}_g(\lambda_1 = \omega^2 \mathbf{E} + i\omega \mathbf{v}_g^T \mathbf{B}_g \mathbf{v}_g)^{-1} \mathbf{v}_1^T f = u \quad (18)$$
$$1 = \frac{f}{\mu} \Theta [\mathcal{J}(v), \mathcal{J}_\omega(v), \mathcal{J}_k(v), v, Q] \quad (19)$$

Q — zaťažujúci účinok žacieho mechanizmu s podľa rovnice (15)

Pre ilustráciu uvedme, že pre trávnu kosačku, vyrábanú Kovospracujúcim podnikom ONV Prešov o parametroch $P = 2,2 \text{ kW}$, $\omega_{exc} = 125,7 \text{ rad.s}^{-1}$, $l = 42 \text{ mm}$, $R = 41,1 \text{ mm}$, $e = 50,9 \text{ mm}$ a požadovanom zdvihu $u = 14,3 \text{ mm}$, bolo určené (La u-



4. Priebehy amplitúd silových veličín na kľuke: α — uhol natočenia, M_1 — moment voľného krútenia, B_ω — bimoment, M_ω — moment stiesneného krútenia, M_k — moment krútiaci, M_o — ohybový moment v rovine osi kľuky — The course of the amplitudes of force variables on the crank: α — angle of rotation, M_1 — free torsional moment, B_ω — binary moment, M_ω — confined torsional moment, M_k — torsional moment, M_o — bending moment on the level of the axis of the crank

fik, 1985) $f = 13,4$ mm a rozmery prierezu $r = 11$ mm, $v = 4$ mm, $s = 4$ mm a $t = 2$ mm. Priebehy amplitúd ohybového momentu, krútiaceho momentu, momentu voľného krútenia M_1 , bimomentu B_ω , momentu stiesneného krútenia M_ω uhla natočenia α pre kľuku o týchto parametroch sú znázornené na obr. 4.

ZÁVER

Použitie pružných prvkov v žacích strojoch predstavuje vysoký stupeň inovácie týchto zariadení. Vzhľadom na to, že konštrukcia týchto prvkov si vyžaduje spravidla použitie výpočtovej techniky a vzhľadom na výrobnú náročnosť sú takéto realizácie v spoločenskej praxi veľmi zriedkavé, a to i napriek tomu, že ich použitie zaručuje parametre, ktoré klasickým riešením nie je možné dosiahnuť.

Použitie označenia

B_ω	[Nm ²]	bimoment
b	[kg · s ⁻¹]	konštanta tlmenia
d	[m]	priemer
E	[Pa]	Youngov modul pružnosti v ťahu
	[—]	jednotková matica
e	[—]	Eulerovo číslo
	[m]	vyosenie kľukového mechanizmu
f	[N]	amplitúda sil
	[m]	excentricita kľukového mechanizmu
i	[—]	imaginárna jednotka
J	[m ⁴]	kvadratický moment plochy priečného prierezu
J_k	[m ⁴]	polárny kvadratický moment plochy prierezu
J_ω	[m ⁶]	sektoriálny kvadratický moment plochy
k	[N · m ⁻¹]	tuhosť
l	[m]	dĺžka
M	[Nm]	moment sily
m	[kg]	hmotnosť
p	[—]	parameter konštrukčného prvku

Q	[N]	amplitúda zaťažujúcej sily
q	[—]	zovšeobecnená súradnica
R	[m]	polomer
u	[m]	zdvih kľukového mechanizmu
v	[—]	prvok vlastného vektora
x	[—]	normovaná zovšeobecnená súradnica
α	[rad]	natočenie
φ	[rad]	uhol
λ	[rad.m ⁻¹]	vlastné číslo
Ω	[rad.s ⁻¹]	vlastná uhlová rýchlosť
ω	[rad.s ⁻¹]	uhlová rýchlosť budenia
τ_{et}	[Pa]	medza únavy materiálu v šmyku

Literatúra

HANG, J. E. — ARORA, S. J.: Applied optimal design. Mechanical and structural systems. John Wiley and Sons 1979.

LAUFİK, F.: Vplyv poddajnosti ojníc excentra na dynamiku protibežných žacích lišt. In: Zbor. Dynamické a pevnostné problémy strojných konštrukcií. SAV 1985.

LAUFİK, F.: Ladenie dynamických vlastností protibežných žacích lišt. Zeměd. Techn., 33, 1987, č. 11, s. 695-702.

LAUFİK, F. a kol.: Zlepšovacie návrh č. 239/84/PPO VVÚ ZŤS, Zvolen 1984.

Došlo dňa 7. 4. 1988

ЛАУФИК, Ф. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Ровинка): Введение податливости в механизм жатвенных планок совершающих движение в противоположном направлении. Земед. Techn., 34, 1988 (9) : 549-554.

Для регулировки механизма жатвенных планок совершающих движение в противоположном направлении использовали податливость, введенную параллельно и серийно в жатвенный механизм. Приводят ход оптимизации параметров данных конструктивных элементов и намеренный ход определения размеров с учетом динамических влияний.

обобщенная координата; собственный вектор; нормированная координата; секторные характеристики

LAUFİK, F. (Research Institute of Agricultural Engineering, Rovinka): Inclusion of Compliance in the Mechanism of Counter-active Cutter Bars. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 549-554.

Compliance included parallelly and in series in the mowing mechanism was used to tune the mechanism of counter-active cutter bars. The procedure for the optimization of the parameters of these structural elements and the procedure for dimensioning with respect to dynamic effects are given.

generalized coordinate; vector; standardized coordinate; sectorial characteristics

LAUFİK, F. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Rovinka): Einschaltung nachgiebiger Kupplung in den Mechanismus der Gegenlaufmähbalken. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 549-554.

Zum Abgleich des Mechanismus von Gegenlaufmähbalken wurde eine nachgiebige Kupplung angewandt, die sowohl parallel als auch seriell zum Schneidwerk eingereiht wurde. Es wird ein Verfahren der Parameteroptimierung dieser Konstruktionselemente dargestellt und der Prozeß deren Dimensionierung unter Berücksichtigung der dynamischen Einflüsse angedeutet.

verallgemeinerte Koordinate; Eigenvektor; normierte Koordinate; Sektorencharakteristika

Adresa autora:

Ing. František Laufík, CSc., Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky, 900 41 Rovinka

DISTRIBUCE VZDUCHU VĚTRACÍHO SYSTÉMU EXPERIMENTÁLNÍHO SKLADU BRAMBOR JZD KÁMEN

J. Kučírek

KUČÍREK, J. (Oseva, Výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský, Havlíčkův Brod): *Distribuce vzduchu větracího systému experimentálního skladu brambor JZD Kámen*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 555-561.

V práci jsou uvedeny zjištěné objemové průtoky vzduchu v nejdůležitějších průřezích větracího systému experimentálního skladu brambor v naskladněném stavu. Byla navržena metoda pro zjišťování rovnoměrností provětrávání naskladněných brambor a pro zjišťování průtočného množství vzduchu procházejícího bramborami. Touto metodou byla zjištěna vysoká rovnoměrnost provětrávání naskladněných brambor a skutečné množství vzduchu $141 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Dále byl zjištěn únik vzduchu netěsnostmi skladovací komory. Tento únik snižuje průtočné množství vzduchu procházejícího bramborami o $7,2 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Celková účinnost chlazení se snižuje přísáváním $38,7 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ vnitřního vzduchu. Byla navržena opatření, která by zamezila úniku vzduchu.

brambory; větrání brambor; rovnoměrnost provětrávání brambor; průtočné množství vzduchu

Větrání brambor je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících jejich kvalitu a biologickou hodnotu při skladování. Nejdůležitějším požadavkem kladeným na větrací systém je zabezpečení rovnoměrného průchodu požadovaného množství vzduchu skladovacím prostorem (J u n, 1983). Intenzita větrání se dimenzuje na hodnotu, která zaručuje dostatečně rychlý odvod tepla při zchlazování a dostatečné osušování hlíz (B u r t o n, 1963). Rovnoměrnost větrání je důležitá proto, aby se zamezilo vzniku potní vrstvy. Nerovnoměrné větrání má za následek nerovnoměrnou teplotu ve vrchní vrstvě brambor. Nejvyšší teplota vzniká v místech s nejnižší intenzitou větrání a tam také zpravidla dochází nejdříve ke kondenzaci (H y l m ö a j., 1976; C l o u d a M o r e y, 1980). Potní vrstva je jedním z faktorů, který může způsobovat vyšší skladovací ztráty. Volná voda na povrchu hlíz, za předpokladu přítomnosti bakterií a některých hub, napomáhá jejich rozmnožení a umožňuje jim pronikat do hlíz (D o b i á š a j., 1985).

V této práci byly zjišťovány objemové průtoky vzduchu v nejdůležitějších průřezích větracího systému, množství vzduchu prošlé naskladněnými bramborami a rovnoměrnost provětrávání vrstvy volně ložených brambor v komorách při naskladněném stavu.

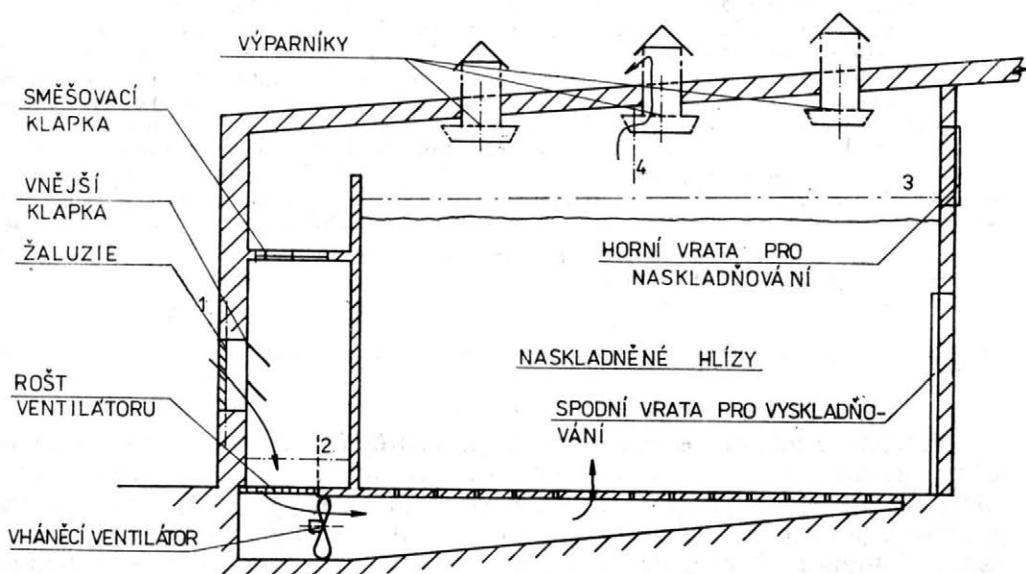
MATERIÁL A METODY

Měření se uskutečnila v experimentální bramborárně JZD Kámen ve skladovací komoře pro volně ložené brambory o rozměrech $6 \times 26 \text{ m}$ s naskladněnou

výškou bramborů 4 m a kapacitou 400 t. V tomto skladu je aktivní přetlakové větrání s podpodlažními kanály. Vnější vzduch je nasáván přes žaluzie a vnější klapky do směšovací šachty a roštem k ventilátorům APR 800 s motorem 5,5 kW (dva ventilátory pro skladovací komory s kapacitou 400 t). Automatická regulace umožňuje samočinnou kombinaci směšování vnějšího a vnitřního vzduchu. Ventilátory vhánějí vzduch podpodlažními kanály a šterbinami v krycích panelech do naskladněných brambor. Z prostoru nad bramborami uniká vzduch ven výparníky s přetlakovými klapkami ve stropě bramborárny, nebo je opět nasáván přes směšovací klapky do směšovací komory. Měření byla prováděna při nastavení větracího systému na větrání vnějším vzduchem. Objemové průtoky vzduchu byly zjišťovány v těchto průřezech:

1. žaluzie přístupu vnějšího vzduchu,
2. rošt sání ventilátoru,
3. box nad bramborami,
4. výparníky.

Schéma větracího systému s označením měřených průřezů je znázorněno na obr. 1.



1. Schéma větracího systému bramborárny JZD Kámen — Diagram of the ventilation system of the potato store of the Kámen co-operative farm

Velikost měřených průřezů: 1. 1,46 m²

2. 3,04 m²

3. 156 m²

4. 2,88 m²

Rozměry kanálů: šířka kanálů: 1,50 m

rozteč kanálů: 3,40 m

průřez šterbin: 3,20 m²

— . — . — . — měřené průřezy

Objemové průtoky byly zjišťovány sondováním rychlostních profilů. Na měření rychlosti proudění vzduchu v žaluziích, v roštu sání ventilátoru a ve výparnicích byl použit vrtulkový anemometr. Rychlost proudění vzduchu pro zjišťování objemového průtoku vzduchu naskladněnými bramborami a rovnoměrnosti proudění byla měřena žárovým anemometrem fy Lambrecht. Plocha boxu byla rozdělena rastrem, který je uveden v tab. III. V měřených místech byla rychlost měřena pomocí plechového nástavce tvaru pláště válce o průměru 0,5 m a výšce 0,7 m. Spodní hrana válce, která dosedá na brambory, byla utěsněna. Tento nástavec slouží na vyrovnání rychlostních profilů vzduchu vystupujícího z naskladněných hlíz. Ve

I. Rychlost proudění vzduchu v žaluziích přívodu vnějšího vzduchu — The velocity of air flow in the louvers of outside air inlet

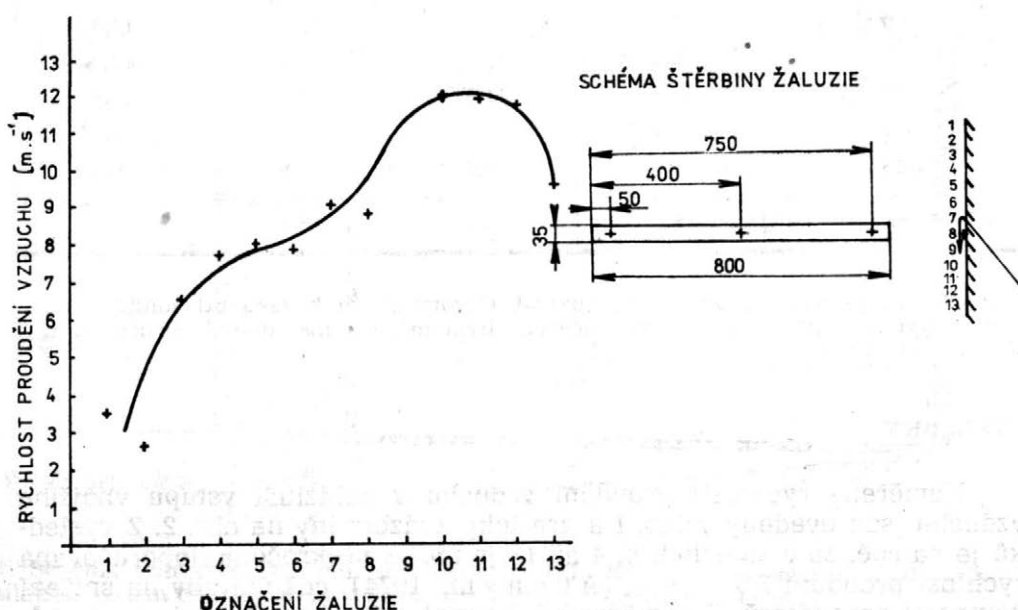
Označení žaluzie	Vzdálenost měřeného místa od kraje žaluzie			Průměrná rychlost v otvoru žaluzie [m.s ⁻¹]
	0,05 m	0,4 m	0,75 m	
1	3,8	2,8	3,8	3,4
2	2,6	2,5	2,7	2,6
3	7,0	6,5	6,0	6,5
4	7,8	7,6	7,6	7,7
5	8,6	7,7	7,7	8,0
6	8,2	8,2	7,2	7,9
7	8,8	9,0	9,3	9,0
8	9,6	7,6	9,2	8,8
9	10,5	11,3	12,1	11,3
10	12,3	11,8	11,9	12,0
11	11,5	11,9	12,1	11,8
12	11,7	11,6	11,8	11,7
13	11,0	9,0	8,8	9,6
W_1 střed [m.s ⁻¹]	8,7	8,3	8,5	8,5

výšce 0,5 m je opatřen otvory po obvodě. Otvory slouží k zasunutí sondy anemometru. Rychlost proudění v tomto průřezu byla měřena metodou doporučenou ISO (H e m z a l, 1971).

VÝSLEDKY

Naměřené rychlosti proudění vzduchu v žaluziích vstupu vnějšího vzduchu jsou uvedeny v tab. I a graficky znázorněny na obr. 2. Z výsledků je patrné, že v žaluziích č. 4 až 13 je mírně překročena doporučovaná rychlost proudění 7,5 m.s⁻¹ (A n o n y m, 1974), což má vliv na snížení účinnosti ventilátorů. Z naměřených hodnot můžeme určit objemový průtok vzduchu v tomto průřezu $Q_1 = 12,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výsledky měření na roštu ventilátoru jsou uvedeny v tab. II. Objemové množství vzduchu v tomto průřezu činí $Q_2 = 16,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rozdíl $Q_2 - Q_1 = 4,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je způsoben přisáváním vnitřního vzduchu z prostoru nad bramborami a ze sousedních směšovacích komor. Tato okolnost snižuje účinnost větrání v období zchlazování naskladněných hlíz. Přisávání vzduchu je možné zamezit utěsněním směšovacích klapek a ostatních netěsností ve směšovací komoře. Výsledky měření nad bramborami, uvedené v tab. III, ukazují vysokou rovnoměrnost provětrávání brambor po celé ploše boxu. Objemový průtok je zde $Q_3 = 15,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rozdíl $Q_2 - Q_3 = 0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je způsoben únikem vzduchu do chodby spodními vraty. To je možné odstranit zakrytím vrat PE fólií. Výsledky měření ve výparnících uvádí tab. IV. Průchod vzduchu výparníky je $Q_4 = 9,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rozdíl $Q_3 - Q_4 = 6,7 \text{ m}^3$ uniká vrchními vraty do chodby skladu a netěsnostmi do sousedních skladovacích komor vlastní směšovací komory.

Vzdálenost měřených míst od okraje roštu v příčném směru [m]	Vzdálenost měřených míst od okraje roštu v podélném směru [m]					
	0,281	1,082	1,984	2,616	3,518	4,319
0,040	5,8	5,3	4,2	3,6	4,4	5,8
0,155	6,5	5,0	5,9	5,4	5,6	6,9
0,284	6,8	6,6	5,9	5,8	6,0	7,0
0,376	6,9	6,9	6,9	6,8	7,0	7,0
0,505	6,0	4,5	5,4	6,7	4,3	6,2
0,620	4,0	3,1	5,6	2,9	2,6	3,0



2. Rychlost proudění vzduchu v žaluziích — Air flow rate in the louvres

Zjištěné objemové průtoky vzduchu v jednotlivých průřezích jsou shrnuty v obr. 3.

DISKUSE

Na základě provedených měření distribuce vzduchu větracího systému bramborárny JZD Kámen můžeme posoudit vhodnost tohoto systému pro větrání volně ložených brambor. Větrací systém splňuje hlavní požadavky kladené na větrací systémy. Množství vzduchu procházející bramborami je $141 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, což je v rozmezí hodnot udávaných ON 73 4520, a je dostačující pro správnou funkci větrání. Větrací systém zá-

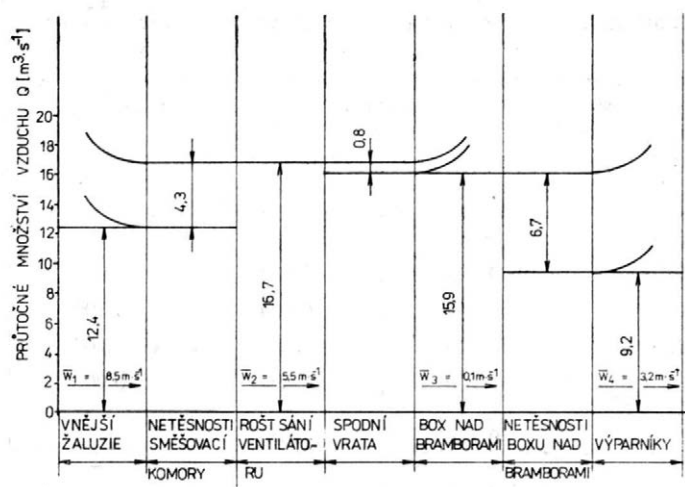
III. Rychlost proudění vzduchu nad bramborami — The velocity of air flow over the potatoes

Vzdálenost měřených míst od okraje boxu v podélném směru [m]	Vzdálenost měřených míst od okraje boxu v příčném směru [m]			
	1	3	5	$\varnothing W_3$ [m.s ⁻¹]
4	0,102	0,113	0,105	0,107
8	0,100	0,099	0,093	0,097
12	0,108	0,102	0,105	0,105
16	0,098	0,106	0,105	0,103
20	0,102	0,100	0,092	0,098
$\varnothing W_3$ [m.s ⁻¹]	0,102	0,104	0,100	
W_3 stř [m.s ⁻¹]		0,102		

IV. Rychlost proudění vzduchu v přetlakových klapkách výparníků — The velocity of air flow in the overpressure flaps of evaporators

Označení výparníku	Strana výparníku	Střední naměřené rychlosti [m.s ⁻¹] (sít měřených bodů v průřezech přetlakových klapek)					$\varnothing W_4$ [m.s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
		3,8	3,6	3,7	3,6	3,9		
1	L	3,6	3,2	3,1	3,2	2,5	3,4	1,64
	P	3,4	2,8	3,0	3,0	3,5	3,1	1,50
		3,6	3,3	3,1	3,2	2,3		
2	L	3,7	3,4	3,3	3,2	3,5	3,2	1,51
		3,4	3,3	3,2	2,6	2,0		
		3,4	3,3	3,3	3,2	3,6	3,2	1,53
	P	3,7	3,4	2,3	2,8	2,4		
3	L	3,7	3,3	3,3	3,2	3,6	3,2	1,53
		3,7	3,1	3,2	2,5	2,2		
		3,5	3,2	3,2	3,2	3,6	3,1	1,50
	P	3,5	3,2	3,2	2,4	2,4		

roven zabezpečuje vysokou rovnoměrnost provětrávání vrstvy brambor. Měřením byly zjištěny některé nedostatky, které zvyšují počet hodin větrání, a tím energetickou náročnost větracího systému. Jde především o přísávání 38,7 m³.t⁻¹.h⁻¹ vnitřního vzduchu při větrání vnějším vzduchem, únik 7,2 m³.t⁻¹.h⁻¹ vzduchu do chodby skladů a zvýšenou rychlost na žaluziích přívodu vnějšího vzduchu. Tyto nedostatky lze bez velkých nákladů odstranit.



3. Distribuce vzduchu v bramborárně JZD Kámen, box na 400 t, dva ventilátory APR 800, větrání vnějším vzduchem — Air distribution in the potato store of the Kámen co-operative farm, box with a capacity of 400 t, two APR 800 fans, ventilation with outside air

Metoda použitá pro zjišťování nejdůležitějších parametrů větracího systému — množství vzduchu procházejícího bramborami a rovnoměrnost větrání — se ukázala jako vhodná a přesnější než metody dosud u nás používané [J u n, 1978].

Literatura

- ANONYM: Potato storage. A guide to the practical design of installations. Farm-electric Handb., 1973, č. 23, s. 1-65; 118.
 BURTON, V. G.: The basic principles of potato storage in Great Britain. Europ. Potato J., 6, 1963, č. 2, s. 77-92.
 CLOUD, H. A. — MOREY, R. V.: Distribution duct performance for through ventilation of stored potatoes. Trans. ASAE, 23, 1980, č. 5, s. 1213-1218.
 DOBIÁŠ, K. — HAUSVATER, E. — MUSIL, J.: Mokrá hniloba hlíz a černání stonků brambor. Buletin OSEVY — Výzkumného a šlechtitelského ústavu bramborářského, Havlíčkův Brod 1985.
 HEMZAL, K.: Vybrané statí z větrání. Praha, ČVUT 1971.
 HYLMÖ, B. — PERSSON, T. — WIKBERG, G.: Bulk stoving of potatoes. Interpretation of a condensation problem. Acta Agric. scand., 26, 1976, s. 99-102.
 JUN, J.: Skladování brambor. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1983.
 JUN, J.: Větrací systémy ve skladech brambor. Věd. Práce Výzk. šlecht. Úst. bramb. Havl. Brod, 7, 1978, s. 69-80.
 ON 73 4520. Projektování staveb pro uskladnění brambor. 1977.

Došlo dne 25. 2. 1988

КУЧИРЕК, Й. (ОСЕВА — Научно-исследовательский и селекционный институт картофелеводства, Гавличкув Брод): Распределение воздуха вентиляционной системы экспериментального хранилища картофеля ЕСХК Камен. Земед. Techn., 34, 1988 (9) : 555-561.

V работе приводятся установленные объемные течения воздуха в самых важных сечениях вентиляционной системы экспериментального хранилища картофеля в заполненном состоянии. Предложили метод для определения равномерности проветривания завезенного картофеля и для установления проточной способности воздуха проходящего картофелем. Этим методом определили высокую равномерность проветривания завезенного картофеля и действительное количество воздуха $141 \text{ м}^3 \cdot \text{т}^{-1} \cdot \text{час}^{-1}$. Общая эффективность охлаждения снижается досасыванием $38,7 \text{ м}^3 \cdot \text{т}^{-1} \cdot \text{час}^{-1}$ внутреннего воздуха. Предложили мероприятия, которые бы могли воспрепятствовать утечке воздуха.

картофель; проветривание картофеля; равномерность проветривания картофеля; проточная способность воздуха

KUČÍREK, J. (OSEVA, Research and Breeding Institute of Potato Growing, Havlíčkův Brod): *Air Distribution within the Ventilation System of an Experimental Potato Store on the Kámen Co-operative Farm*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 555-561.

The volumes of air flow found out in the most important sections of the ventilation system of an experimental store filled with potatoes are described. A method was proposed to find out the uniformity of aeration of the potatoes kept in the store and to find out air flow rates in the potatoes. By this method, a high uniformity of aeration of the potatoes in the store and the actual volume of air $141 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ were found out. The total efficiency of cooling is reduced by the suction of $38.7 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ of air from inside. The measures were proposed to prevent the leakage of air.

potatoes; aeration of potatoes; uniformity of aeration of potatoes; air flow rate

KUČÍREK, J. (OSEVA — Institut für Kartoffelforschung und -züchtung, Havlíčkův Brod): *Luftdistribution im Belüftungssystem des experimentellen Kartoffellagerhauses der landwirtschaftlichen Einheitsgenossenschaft Kámen*. Zeměd. Techn., 34, 1988 (9) : 555-561.

In der Arbeit werden die ermittelten Luftmengen durchflüsse in den wichtigsten Querschnitten des experimentellen Kartoffellagerhauses bei vollbelieferem Zustand angeführt. Es wurde eine Methode zur Bestimmung der Gleichmäßigkeit der Durchlüftung der eingelagerten Kartoffeln und zur Ermittlung der die Kartoffeln durchströmenden Luftdurchflußmenge entwickelt. Anhand dieser Methode konnte eine hohe Gleichmäßigkeit der Durchlüftung der eingelagerten Kartoffeln und eine Istmenge von $141 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Luft festgestellt werden. Der Gesamtwirkungsgrad der Herabsetzung der Lagertemperatur vermindert sich durch das Ansaugen von $38,7 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Innenluft. Es wurden Maßnahmen vorgeschlagen, die die Luftentweichung abwenden würden.

Kartoffeln; Kartoffelbelüftung; Gleichmäßigkeit der Kartoffeldurchlüftung; Luftdurchflußmenge

Adresa autora:

Ing. Jiří Kučírek, OSEVA — Výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský, Dobrovského 2366, 580 03 Havlíčkův Brod

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 11/88 časopisu

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

mají být uveřejněny práce:

- J. Houba, K. Chmelík, P. Jevič, J. Souhrada:
Limitní faktory efektivity využití bioplynu k vytápění
sušáren píce
- B. Studeník: Vplyv výrobných podmienok na využitie
traktorov
- Z. Volná: Tvorba ročních podnikových hodnot pro ukaza-
tele využití strokové techniky
- M. Zářecký, J. Hájek: Souprava výhřevných elektric-
kých desek a doupat pro selata BIOS-Multi
- J. Žufánek, B. Groda: Zefektivnění sklizňového pro-
cesu kořenových zelenin využitím znalosti morfologických
znaků kořene
- J. Blahovec: Lanový pohon k obdělávání půdy s využi-
tím prvků automatizace

URČENIE POČTU OPAKOVANÍ EXPERIMENTU

V príspevku je na konkrétnom príklade porovnaných šesť rôznych spôsobov určenia potrebného počtu opakovaní pri experimentoch. Spôsob výpočtu je potrebné voliť podľa predbežných poznatkov o skúmanom jave, ak je známa štandardná odchýlka alebo variačný koeficient. Pre praktické účely je vhodnejší pre bezrozmernú hodnotu používať variačný koeficient.

Pri príprave experimentálnych meraní je potrebné mať na zreteli dosiahnutie tých najobjektívnejších výsledkov. Z bežnej výskumnej praxe sú známe postupy mnohonásobného opakovania merania tej istej veličiny alebo toho istého javu podľa metodiky príslušného experimentu. Zvyšovanie presnosti merania sa bežne rieši zvyšovaním počtu opakovaní. Takéto postupy sú však opodstatnené len do určitých hraníc, ktoré je možné v záujme objektivizácie, zrýchlenia a zefektívnenia experimentov štatisticky určiť.

Zo skúseností je zrejmé, že i v oblasti výskumu poľnohospodárskych vied podlieha väčšina meraných hodnôt normálnemu rozdeleniu (výšky porastu, veľkosti plodov, hmotnosti plodov, výšky strnisk a pod.).

Ak je možné prijať tento predpoklad, máme možnosť potrebný počet opakovaní pokusu — pri dodržaní požiadaviek zachovania presnosti a pravdepodobnosti výskytu javu — určiť podľa rôznych metód.

V tejto práci je uvedený výpočet potrebného počtu opakovaní pri zisťovaní výšky porastu fazule tak, ako ho uvádzajú viacerí autori.

Správna aplikácia uvádzaných poznatkov predpokladá základné vedomosti o matematicko-štatistických metódach.

Určenie potrebného počtu opakovaní experimentu je podľa uvádzaných metód možné, ak sú vopred známe:

σ — štandardná odchýlka meranej veličiny. Táto hodnota môže byť známa z predchádzajúcich meraní, z predbežných kontrolných meraní alebo z literatúry.

Štandardná odchýlka pre výberový súbor (konečný) je definovaná ako:

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

kde: n — počet prvkov súboru

Štandardná odchýlka má fyzikálny rozmer skúmaného znaku.

V_k — variačný koeficient javu meranej veličiny, vyjadrujúci bezrozmernou hodnotou vzťah štandardnej odchýlky a strednej hodnoty sledovaného javu

$$V_k = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

kde: V_k — variačný koeficient [%]

σ — odhad štandardnej odchýlky základného súboru

$\bar{x}$ — stredná hodnota skúmaného súboru

Hodnota variačného koeficientu môže byť známa z predchádzajúcich meraní, alebo býva prevzatá z literatúry. V niektorých oblastiach skúmania je variačný koeficient viac použiteľný práve pre svoje bezrozmerné vyjadrenie.

Ak je známa štandardná odchýlka σ , je možné určiť počet opakovaní pokusu pre výber s opakovaním (s návratom prvku, s ktorým bol experiment vykonaný, do základného súboru) — (Reisenauer, 1965; Sachs, 1972) ako:

$$n = t_{\alpha}^2 \cdot \frac{\sigma^2}{\Delta^2}$$

kde: Δ — zvolená hodnota požadovanej presnosti

σ — odhad štandardnej odchýlky základného súboru

$$\sigma = \sigma_n \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

t_{α} — kritická hodnota dvojstranného testu, ktorá zodpovedá v prípade normálneho rozdelenia určitej pravdepodobnosti

I. Kritické hodnoty $t_{\alpha,\beta}$, normálneho rozdelenia pre dvojstranný a jednostranný test pre vybrané hodnoty pravdepodobnosti (podľa Sachs a, 1972)

Pravdepodobnosť %	Kritická hodnota	
	dvojstranný t_{α}	jednostranný t_{β}
70,0	1,036	0,524
80,0	1,282	0,842
90,0	1,645	1,282
95,0	1,960	1,645
99,0	2,576	2,326
99,9	3,291	3,090
99,9	3,891	3,719

Niektoré kritické hodnoty normálneho rozdelenia pre vybrané pravdepodobnosti sú uvedené v tab. I.

Pre určenie hodnoty pravdepodobnosti, t. j. predpokladu výskytu analogických výsledkov pri opakovaní pokusu, neexistujú presné pravidlá. Viacerí autori však zhodne uvádzajú, že v oblasti spojenej s mechanizáciou poľnohospodárskej výroby, za predpokladu normálneho rozloženia javu, je pravdepodobnosť dostatočná v rozsahu 68 až 70 %. Pri experimentoch spojených s konštrukciou strojov je potrebná pravdepodobnosť 90 %. Pri experimentoch, pri ktorých sa určujú dĺžky zákonitosti a hodnoty veličín slúžiacich ako základ pre ďalšie výpočty, je potrebné, aby pravdepodobnosť dosahovala 99 %.

Pri určení potrebného počtu opakovaní výberového súboru (ohraničeného) pre výber bez opakovania (prvky, na ktorých boli experimenty vykonané, sa opäť nezarádajú) je možné použiť vzťah, ktorý uvádzajú Kovačka a Kontšeková (1969) a Minkevič a Zacharovová (1977):

$$n = \frac{N \cdot t_{\alpha}^2 \cdot \sigma^2}{t_{\alpha}^2 \cdot \sigma^2 + N \cdot \Delta}$$

kde: N — rozsah použitého súboru

Tento spôsob výpočtu je možné použiť aj pre základný súbor, pretože — ako je ľahko overiteľné — pri hodnotách $N \geq 10^6$ sa potrebný počet opakovaní n ďalej zvyšuje len veľmi nepatrne.

Pre praktické využívanie poznatkov o veľkosti štandardnej odchýlky skúmanej veličiny pre určenie potrebného počtu opakovaní je možné použiť Romanovského tabuľku, ktorú uvádzajú viacerí autori (Vedenjapin, 1973; Melnikov, 1980; Zavalšin a Macnev, 1982 a pod.). Použitie tejto tabuľky predpokladá vopred určenú pravdepodobnosť, s ktorou chceme obdržať výsledky, a vypočítanú chybu Δ^* , určenú zo závislosti štandardnej odchýlky a presnosti merania

$$\Delta^* = \frac{\Delta}{\sigma}$$

kde: Δ — presnosť merania

σ — odhad štandardnej odchýlky základného súboru

Hodnoty pre určenie potrebného počtu opakovaní pokusu sú v tab. II. Z údajov v tab. II je zrejmé viacnásobné využitie nielen pre určenie potrebného počtu opakovaní, ale aj pre vykonaný pokus, na určenie jeho presnosti a pravdepodobnosti.

Ak je známy variačný koeficient V_k , je možné určiť potrebný počet opakovaní podľa autorov Sachs (1972), Artemiev a Hrubec (1984) a Kustermann (1986) takto:

$$n = \frac{V_k^2 \cdot t_{\beta}^2}{\delta^2}$$

kde: t_{β} — kritická hodnota pre jednostranný test, ktorá zodpovedá v prípade normálneho rozdelenia určitej pravdepodobnosti

δ — maximálna prípustná chyba [%]

V_k — variačný koeficient [%]

II. Určenie potrebného počtu opakovaní (podľa Romanovského)

Chyba Δ^*	Pravdepodobnosť							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
3,0	1	1	1	1	2	3	4	5
2,0	1	1	1	2	3	4	5	7
1,0	2	2	3	4	5	7	11	17
0,5	3	4	6	9	13	18	31	50
0,4	4	6	8	12	19	27	46	74
0,3	6	9	13	20	32	46	78	127
0,2	13	19	29	43	70	99	171	277
0,1	47	72	169	266	273	387	668	1 089
0,05	183	285	431	659	1 084	1 540	2 659	4 333
0,01	4 543	7 090	10 732	16 436	27 161	38 416	66 358	108 307

Hodnotu δ udávajú Artemiev a Hrubec (1984) ako prípustnú v intervale 10 až 20 % pri pozorovaní poľnohospodárskych strojov a kolektív autorov VISCHOM (1970) v intervale 4 % pri skúmaní vlastností rastlín.

Kritické hodnoty t_{β} jednostranného testu sú uvedené v tab. I.

Pre známu hodnotu variáčného koeficientu uvádzajú Artemiev a Hrubec (1984) aj metódu určenia potrebného počtu opakovaní pomocou pomeru $\frac{\delta}{V_k}$ s následným vyhľadávaním hodnôt uvedených v tab. III.

Doteraz uvádzané metódy vychádzali z predpokladu normálneho rozdelenia skúmaného javu.

V základnom výskume poľnohospodárskych materiálov sa však stretávame aj s binomickým rozdelením javu (možnosť vzniku len dvoch alternatív), napríklad pri skúškach klíčivosti zŕn. Z tohto dôvodu je uvádzaný aj postup určenia potrebného počtu opakovaní za predpokladu binomického rozdelenia javu.

Podľa Tessela (1984) je možné vychádzať zo vzťahu pre určenie hladiny významnosti

$$k = t_{\alpha} \sqrt{\frac{P(1-P)}{n} \cdot \frac{N-n}{N-1}}$$

kde: K – prípustná chyba odhadu

P – pravdepodobnosť výskytu javu

N – počet prvkov výberového súboru

n – potrebný počet opakovaní

Potrebný počet opakovaní pre $P = 0,5$ (najnepriaznivejší prípad) je možné určiť podľa vzťahu

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot 0,25 \cdot N}{K^2 \cdot (N-1) + 0,25 \cdot t_{\alpha}^2}$$

Tento vzťah je možné použiť tam, kde sú známe konečné údaje o veľkosti súboru. Je zrejmé že so zvyšujúcou sa hodnotou N sa zvyšuje aj hodnota n . Pre veľkosť výberového súboru $N > 25\,000$ sa určovaná hodnota n zvyšuje len veľmi nepatrne a pre výberový súbor $N > 10^6$ zostáva hodnota n pre praktické použitie konštantná.

V snahe získať objektívne výsledky s požadovanou presnosťou sú uvádzané spôsoby výpočtu potrebného počtu opakovaní prezentované pomocou konkrétneho zadania.

V rámci štúdia technologických vlastností strukovín bola meraná výška porastu fazule odrody 'Júlia' v čase zberu. Základné údaje tohto experimentu sú:

n_J	= 364	... počet zisťovaných údajov
h_J	= 23,36 cm	... stredná výška porastu fazule
σ_{mJ}	= 4,69697 cm	... štandardná odchýlka výšky porastu fazule
V_{kJ}	= 20,102 %	... variáčny koeficient výšky porastu fazule

III. Stanovenie počtu opakovaní pomocou pomeru $\frac{\delta}{V_k}$ pri jednostrannej hranici spoľahlivosti (podľa Artemieva a Hrubeca, 1984)

Počet opakovaní n	$\frac{\delta}{V_k}$		
	$\alpha = 0,80$	$\alpha = 0,9$	$\alpha = 0,95$
4	0,49	0,82	1,17
6	0,38	0,60	0,82
8	0,32	0,50	0,67
10	0,28	0,44	0,58
12	0,25	0,34	0,52
14	0,23	0,36	0,47
16	0,22	0,33	0,44
18	0,20	0,31	0,41
20	0,19	0,30	0,39
22	0,18	0,28	0,37
24	0,17	0,27	0,35
26	0,17	0,26	0,33
28	0,16	0,25	0,32
30	0,16	0,24	0,31
40	0,13	0,20	0,26
50	0,12	0,18	0,24
60	0,11	0,16	0,22
70	0,10	0,15	0,20
80	0,10	0,14	0,19
90	0,10	0,14	0,18
100	0,09	0,13	0,17

Počas experimentu sa pracovalo s presnosťou merania 0,01 m. Výsledky výpočtov podľa jednotlivých metód sú zhrnuté do tab. IV.

Z výsledkov prvej a druhej metódy je zrejmý veľmi malý rozdiel v určenom počte opakovaní. Tretia metóda, založená na odčítaní z tabuľky, vyžaduje určité stupňovanie a dáva výsledok s určitou rezervou. Všetky tri metódy je možné použiť tam, kde sú známe hodnoty štandardných odchýlok spracovávaných súborov. Zabezpečiť tento údaj a aplikovať ho (napr. pre rôzne ročníky zberu poľnohospodárskych plodín) je pomerne málo vhodné.

Použiteľnejším sa zdá byť variačný koeficient. Pomocou variačného koeficientu sa určuje potrebný počet opakovaní vo štvrtej, piatej a šiestej metóde.

Vzhľadom na normálové rozloženie množstva technologických vlastností (napr. rozmerové a hmotnostné charakteristiky a pod.), ktoré je dokázané dlhoročným základným výskumom, sa ako najvhodnejšia prejavuje štvrtá metóda. Táto metóda, ktorú uvádzajú Sachs a Kustermann (1986), využíva kritickú hodnotu t_{α} , určenú dvojstranným testom. Spôsob výpočtu podľa autorov Artemiev a Hrubec (1984) je podobný (metóda číslo päť a šesť), je však určený pre optimalizáciu počtu opakovaní pri opravách strojov a využíva kritickú hodnotu t_p , určenú jednostranným testom.

Pre praktické využitie štvrtej metódy sú v tab. V až VII uvedené variačné koeficienty niektorých vlastností, zistené pri experimentoch.

Orientačné určenie potrebného počtu opakovaní experimentu pre $P = 0,5$ a pre $N > 10^6$ je pri výpočte metódou podľa Van Tessela (1984) uvedené v tab. VIII.

IV. Potrebný počet opakovaní merania výšky porastu fazule odrody Júlia

Publikujúci autor	Metóda	n pravde- podobnosť		Poznámka
		95%	99%	
1. Reisenauer (1965), Sachs (1972), Minkevič a Zacharova (1977)	$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot \sigma_n^2}{\Delta^2}$	85	150	— vhodná pre veľké súbory — experimenty s opakovaním
2. Kovačka a Kontše- ková (1969), Minkevič a Zacharova (1977)	$n = \frac{N \cdot t_{\alpha}^2 \cdot \sigma_n^2}{t_{\alpha}^2 \cdot \sigma_n^2 + N \cdot \Delta}$	85*	147*	— vhodné pre ohraničené súbory — experimenty pre opakovania
3. Vedenjapin (1973), Zavališin a Macnev (1982), Melnikov (1980), kol. VISCHOM (1970)	odčítanie z tabuľky	99	171	— tabuľka podľa Romanovského (tab. II)
4. Sachs (1972), Kustermann (1986)	$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot V_k^2}{\delta^2}$	97	168	— využíva t_{α}
5. Artemiev a Hrubec (1984)	$n = \frac{t_{\beta}^2 \cdot V_k^2}{\delta^2}$	69	137	— využíva t_{β}
6. Artemiev a Hrubec (1984)	odčítanie z tabuľky	80	—	pomocou tabuľky pre $\frac{\delta}{V_k}$

* výpočet realizovaný pre $N = 10^6$

— v publikácii sa neuvádza

V. Variačné koeficienty niektorých technologických vlastností strukovín

Vlastnosť		Fazula	Hrach	Šošovica	Bôb	Sója
Porast	výška	17–26	19–32	15–36	13–17	16–20
	rozloženie strukov	29–65	34–51	22–57	23–29	48–64
Rastlina	dĺžka	17–22	10–16	13–21	10–16	13–18
	rozloženie strukov	29–56	11–19	17–26	14–26	47–60
Úroda		8–21	11–14	25–60	11–13	12–16
Semená	dĺžka	7–8	6–8	6–7	7–8	7–10
	šírka	6–7	7–13	6–7	8–9	7–10
	hrúbka	8–9	7–8	10–11	10–11	8–9
	hmotnosť	25–29	17–21	16–17	9–13	18–25

VI. Variačné koeficienty zistené pri statickom zatažovaní semien (F — medzná sila vyvolávajúca poškodenie; d — deformácia v tomto mieste)

Statické zatažovanie semien	F	d
Bôb	24	20
Šošovica	20	20
Slničnica*	31—40	32—40
Repka	25	32
Mak	19—20	32
Ďatelina	36	—

Testované semená boli počas experimentu v skladovacej vlhkosti

* ... semená slnečnice boli vybrané z hláv rôzneho priemeru

VII. Variačné koeficienty niektorých technologických vlastností koreňovej zeleniny a slnečnice

Vlastnosť	Variačný koeficient [%]
— Hmotnosť koreňov koreňovej zeleniny	40—50
Priemer koreňov koreňovej zeleniny	14—20
Výška koreňov koreňovej zeleniny od zeme	50—65
Dĺžka koreňov koreňovej zeleniny	22—35
— Výška porastu slnečnice	5—7
Výška hláv slnečnice pred zberom	8—9
Priemer hláv slnečnice	15—16
Počet semien v hlave slnečnice	15—22

VIII. Potrebný počet opakovaní pri skúmaní javu s binomickým rozdelením, určený podľa Van Tessela (1984)

Prípustná chyba odhadu K	Pravdepodobnosť získať správny výsledok		
	95 %	99 %	99,9 %
0,10	96	165	270
0,05	384	663	1 081
0,01	9 512	16 318	26 362

Záver

Uvádzané metódy určovania potrebného počtu opakovaní experimentov dávajú prehľad o spôsobe výpočtov a sú porovnané na konkrétnom príklade.

Pre praktický spôsob využívania v oblasti prípravy experimentov je najvhodnejšia metóda využívajúca známe hodnoty variačných koeficientov (podľa Sachsa, 1972, a podľa Kustermanna, 1986). Pre túto metódu sú v tabuľkách uvedené niektoré hodnoty variačných koeficientov pre výskum v oblasti technologických vlastností poľnohospodárskych plodín.

Použité označenia

F	— medzná sila
K	— prípustná chyba odhadu
N	— počet prvkov základného súboru
P	— pravdepodobnosť
V_k	— variačný koeficient
d	— deformácia
n	— potrebný počet opakovaní
t_α	— kritická hodnota pre danú spoľahlivosť, určená dvojstranným testom
t_β	— kritická hodnota pre danú spoľahlivosť, určená jednostranným testom
$\bar{x}$	— stredná hodnota
x_i	— dielčia hodnota
Δ	— presnosť merania
Δ^*	— chyba
a	— hladina presnosti
δ	— maximálna prípustná chyba
σ_n	— štandardná odchýlka výberového súboru
σ	— odhad štandardnej odchýlky základného súboru

Literatúra

- ARTEMIEV, J. N. — HRUBEC, J.: Prevádzková spoľahlivosť strojov. Bratislava, Príroda 1984.
- KOVAČKA, M. — KONTŠEKOVÁ, O.: Štatistické metódy. Bratislava, Alfa 1969.
- KUSTERMAN, M.: Beanspruchung realer Körper durch Stoss — dargestellt am Beispiel des Schlages gegen ein Maiskorn. [Disertation.] Stuttgart 1986. — Universität Hohenheim.
- MINKEVIČ, I. I. — ZACHAROVA, T. I.: Matematičeskije metody v fitopatologii. Leningrad, Kolos 1977.
- REISENAUER, R.: Metody matematické statistiky. Praha, Státní pedagogické nakladatelství 1965.
- SACHS, L.: Statistische Methoden. Berlin — Heidelberg — New York, Springer-Verlag 1972.
- SACHS, L.: Statistische Auswertungsmethoden. Berlin — Heidelberg — New York, Springer-Verlag 1972.
- TESSEL VAN: Statistik-Verfahren in Basic. München, Oldenburg Verlag 1984.
- VEDENJAPIN, G. V.: Obščaja metodika eksperimentalnogo issledovanija i obrabotki opytных dannyh. Moskva, Kolos 1973.
- VISCHOM — kolektív: Fizikomechaničeskije svojstva počv, rastenij i udobrenij. Moskva, Kolos 1970.
- VISCHOM — kolektív: Osnovy planirovanija eksperimenta v seľskochozajstvennych mašinach. Tech. Příručka. Moskva 1974.
- ZAVALIŠIN, F. S. — MACNEV, M. T.: Metody issledovanij po mehanizacii seľskochozajstvennogo proizvodstva. Moskva, Kolos 1982.

Došlo dňa 9. 11. 1987

Adresa autora:

Ing. Vladimír Rataj, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 2, 949 01 Nitra

ROBOTIZÁCIA VO VYBRANÝCH OBLASTIACH RASTLINNEJ VÝROBY

Priestor pre komplexný rozvoj a uplatnenie robotizácie sa vytvoril schválením koncepcie rozvoja robotov a manipulátorov uznesením Predsedníctva vlády ČSSR roku 1981. Vznikol štátny cieľový program 07 Roboty a manipulátory. V súčasnosti už pracujú u nás v rezorte MPaVŽ roboty v poľnohospodárskom opravárstve, potravinárskom priemysle i v rámci rastlinnej výroby. Robot československej výroby sa po prvýkrát využil na robotizovanom pracovisku pri paletizácii prepraviek.

Na vývoji robotov určených pre rastlinnú výrobu sa intenzívne pracuje na celom svete. Výsledkom v tejto oblasti sú roboty na zber rajčiakov (Kawamura, 1984, 1985), jablák (Upruch, 1983) a komplex robotov pre vinohrady (Sevila, 1985). Zavádzanie robotov pre rastlinnú výrobu v našich podmienkach analyzovali Řezníček (1987), Szabo (1987), Souhrada (1987), Souček (1987) a Ostrožlík (1987).

ROBOTY V RASTLINNEJ VÝROBE

Pod pojmom robot v rastlinnej výrobe rozumieme automaticky integrovaný systém schopný cieľovo orientovanej interakcie so systémovým okolím na základe inštrukcií človeka. Charakteristickým znakom robotov v rastlinnej výrobe je, že funkčná charakteristika robota je bližšia tým činnostiam, ktoré v rastlinnej výrobe vykonáva človek, a vzdialenejšia tým, ktoré vykonávajú doteraz známe stroje a zariadenia.

V rastlinnej výrobe sa môžu využiť: teleoperátory, manipulačné roboty, technologické roboty, inteligentné roboty, antropomorfné roboty.

Teleoperátory

Teleoperátory sú vždy riadené človekom. Pracujú v súprave s konvenčným stacionárnym alebo mobilným poľnohospodárskym strojom. Vykonávajú manipulačné a iné pohybové funkcie s diaľkovo riadenou pracovnou hlavicou. Majú široký sortiment jednoduchých operácií s možnosťou ich rýchlej zmeny a postupnosti bez prerušenia činnosti.

Manipulačné roboty

Manipulačné roboty rozdeľujeme na ručne ovládané a automatické. Sú určené na vykonávanie manipulačných a transportných operácií. Majú jednu až päť pohybových osí umožňujúcich priestorový pohyb pracovnej hlavy robota. Majú univerzálny charakter s možnosťou výmeny technologickej hlavy. Pracovná hlava robota je časť mechanickej jednotky robota, ktorá je v bezprostrednej interakcii s manipulovaným objektom alebo vykonáva technologické operácie. Pracovné hlavy môžu byť uchopovacie (chápadlá) alebo technologické. Pri zmene funkčnej činnosti je potrebná výmena pracovnej hlavy ako i jednotlivých prvkov kinematickej refaze. Technologickým úkonom je uchopenie, premiestnenie a uvoľnenie objektu spracovania chápadlom robota.

Technologické roboty

Technologické roboty predstavujú autonómne zariadenie určené na vykonávanie technologických operácií v rastlinnej výrobe. Sú programovo riadené, majú široký rozsah funkčných charakteristík. Technologickým úkonom tohoto typu robota je zmena fyzikálnych vlastností objektov spracovania. Dosahuje sa to pracovným úkonom robota. Predstavuje ho časovo i priestorovo neoddeliteľná činnosť robota zaradeného do výrobného procesu v rastlinnej výrobe, ktorej vykonávanie sa zabezpečuje riadením robota. Pracovný úkon robota v rastlinnej výrobe zabezpečuje technologický úkon robota vplývajúci na zmenu niektorých vlastností objektu spracovania.

covania, pohybový úkon robota, pri ktorom sa premiestňuje objekt spracovania, a riadiaci úkon robota, koordinujúci jeho činnosť. Postupnosť pracovných úkonov charakterizuje činnosť robota.

Medzi technologické roboty zaraďujeme roboty reprodukčné a adaptívne. Špecifikujeme ich podľa funkčnej charakteristiky. Sem patrí určený súbor ukazovateľov, kvantitatívnych a kvalitatívnych charakteristík, ktoré špecifikujú konštrukčné, technologické a aplikačné vlastnosti uvádzaných robotov. Medzi najdôležitejšie funkčné charakteristiky patrí pracovná zóna robota, kinematická štruktúra, nosnosť, pohybová charakteristika, opakovateľnosť polohovania, pracovné prostredie, vonkajšia funkcia, rozsah programovania robota. Reprodukčné roboty zaraďujeme do pevného výrobného systému, adaptívne roboty do pružného výrobného systému.

Inteligentné roboty

Inteligentné roboty predstavujú typ robotov s vyššou úrovňou vyznačujúcou sa určitými znakmi umelého intelektu. Roboty vnímajú a rozpoznávajú prostredie, vytvárajú a prispôbujú vnútornú reprezentáciu, model prostredia. Na základe tejto reprezentácie a v súlade so zadanými cieľmi rozhodujú o vlastnej činnosti. Manipulujú s predmetmi, ovplyvňujú prostredie, pohybujú sa v ňom. Môžu komunikovať s človekom v prirodzenom alebo umelom jazyku.

Umelého intelektu sa využíva vo forme všeobecných procesov vnímania a myslenia na základe modelovania kybernetického systému. Využíva sa pritom izomorfný systém.

Tento typ robota nazývame tiež roboty kognitívne.

Antropomorfné roboty

Antropomorfné roboty patria do skupiny kognitívnych robotov s umelým intelektom. Líšia sa od nich konštrukciou, ktorá je odvodená od pohybových funkcií človeka. Charakteristickým znakom je ich mobilita, samostatnosť a flexibilita. Mobilita je zabezpečená schopnosťou samostatného pohybu po zadaní cieľa v reálnom prostredí. Samostatnosť vyjadruje schopnosť po zadaní cieľa určiť vlastnú činnosť. Flexibilita zabezpečuje možnosť prispôbiť sa meniacim sa podmienkam na poli.

Zásadným rozdielom medzi priemyselným robotom a robotom pre rastlinnú výrobu je jeho mobilita. Základné charakteristiky robotov vymedzil Yonemoto (1985).

RIEŠENIA PRE JEDNOTLIVÉ TYPY ROBOTOV

Roboty na paletizáciu prepraviek

Roboty tohoto typu patria medzi technologické reprodukčné alebo adaptívne roboty. Majú výmenné pracovné hlavy určené na rôzne technologické operácie a s úspechom sa používajú v rezorte MPaVŽ. Prvé roboty tohoto typu boli inštalované v podniku FRUCONA v Prešove, Košiciach a Levoči.

Robot PR 32-E

Tento robot má päť stupňov voľnosti. Pohyb v jednotlivých osiach je zabezpečený elektrickými servopohonmi. Má monolitnú konštrukciu. Skladá sa z týchto konštrukčných skupín:

- základňa s pohonom rotácie,
- vertikálne rameno,
- horizontálne rameno,
- pohon vertikálneho ramena,
- pohon horizontálneho ramena,
- zápästie,
- pohon sklápania zápastia,
- ovládacia skriňa s riadiacim systémom.

Robot má tieto technické parametre:

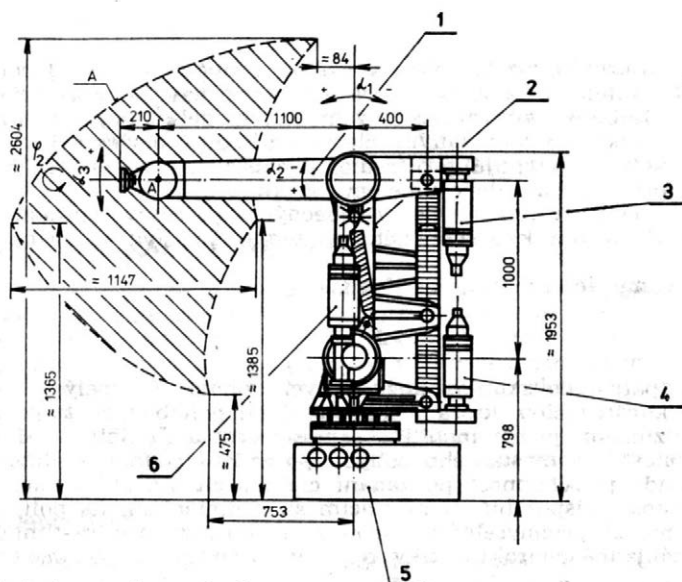
- menovitá manipulovateľná hmotnosť 32 kg
- manipulovateľná hmotnosť pri znížených parametroch rýchlostí a zrýchlení 63 kg

— presnosť polohovania koncového člena	$\pm 0,5$ mm
— príkon elektrickej energie	12 kW
— napájanie	380 V, 50 Hz
— hmotnosť strojovej časti	1340 kg
— hmotnosť ovládacej skrine	450 kg

Riadiaci systém robota RS-3 tvorí mikropočítač SM 50/40.

Robot sa využíva pri výmene súboru pracovných hlavíc na paletizovanie rôzne veľkých prepraviek, pri triedení plodov, pri manipulácii s rôznym paletizovaným poľnohospodárskym materiálom.

Pohľad na robot PR 32-E je na obr. 1. Robot sa vyrába v ČSSR a bol predvedený na výstave Agrokomplex 87 v Nitre.



1. Robot na paletizáciu prepraviek PR 32-E

1 — horizontálne rameno, 2 — vertikálne rameno, 3 — pohon horizontálneho ramena, 4 — pohon vertikálneho ramena, 5 — pohon rotácie, 6 — pohon zápästia

Roboty na zber zeleniny

Roboty na zber zeleniny sú antropomorfného kognitívneho typu. Zberajú sa nimi rôzne zeleninárske druhy. Separujúcimi faktormi sú veľkosť a stupeň zrelosti plodu. Zrelosť plodu je charakterizovaná farbou. Robotmi sa zabezpečuje zber zreých plodov o určitej egalizovanej veľkosti.

Robot UAK-C-01 na zber rajčiakov

Robot sa skladá z pojazďového ústrojenstva, manipulátora, senzorických vstupných kanálov, supermikropočítača a príslušenstva (obr. 2).

Pojazďové ústrojenstvo je dvojnápravové so štyrmi kolesami. Pohon je zabezpečený od akumulátorových batérií uložených v trupe. Základné rozmery robota sú 1000 x 1000 x 700 mm.

Robot je vybavený televíznou kamerou, ktorá zabezpečuje komplexnú analýzu scény. Služí ako oko robota. Ide o riadené snímanie v kamere disector. Trojdimenzná poloha každého bodu je určená dvomi vstupnými signálmi pri rôznych polohách.

Manipulátor robota je článkový, antropomorfného typu s piatimi stupňami voľnosti. Každý článok je vybavený potenciometrom a poháňaný elektromotorčekom (obr. 3).

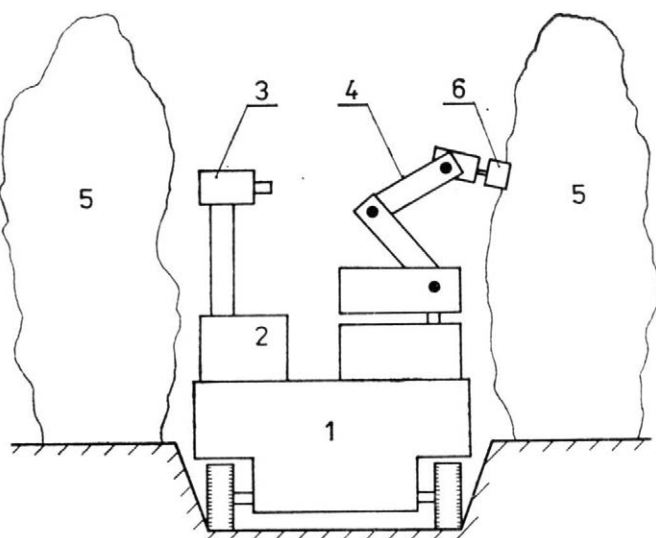
Na ľavej sekcii robota je umiestnený supermikropočítač. Na základe hlavného programu a podprogramov riadi pojazďovú rýchlosť robota, jeho otáčanie na úvrtiach, prácu televíznej kamery, vyhľadávanie zreých plodov a pracovný proces manipulátora.

Príslušenstvo robota tvoria elektromotory, dekodéry, vedenia, spínače, prepravky.

Robot vyrábajú v Japonsku. Bol predvedený na výstave Elektronika 86 v Prahe.

2. Robot na zber rajčiakov UAK-C-01

1 — pojazďové ústrojenstvo, 2 — supermikro-počítač, 3 — TV-kamera, 4 — manipulátor, 5 — rajčiakový krík, 6 — pracovná hlavica



Roboty na zber ovocia

Roboty na zber ovocia sú antropomorfného kognitívneho typu. Majú jeden až štyri manipulátory.

Robot MSU-4 na zber jablk

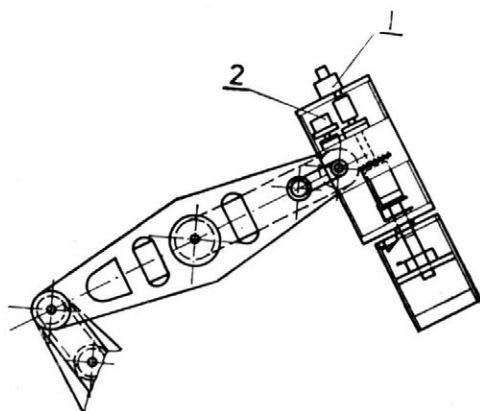
Rozmery robota: dĺžka 5 m, šírka 2,5 m. Má oceľovú konštrukciu, na ktorej sú umiestnené štyri kolesá vybavené hydromotormi, snímacím a dekódovacím ústrojenstvom. Robot je vybavený mikropočítačom s dvoma mikroprocesormi: jeden slúži na plne automatizované riadenie pojazdu a technologického procesu, druhý slúži na kontrolu kvality práce. Hydraulika je vybavená systémom čerpadiel a solenoidových ventilov. V trojrozmernom priestore vyhľadáva jablká senzor pri súčasnom navádzaní manipulátorov (obr. 4).

Komplex robotov Cemagref

V rastlinnej výrobe sa s komplexným prístupom k robotizácii pracovných operácií stretávame po prvýkrát v roku 1985.

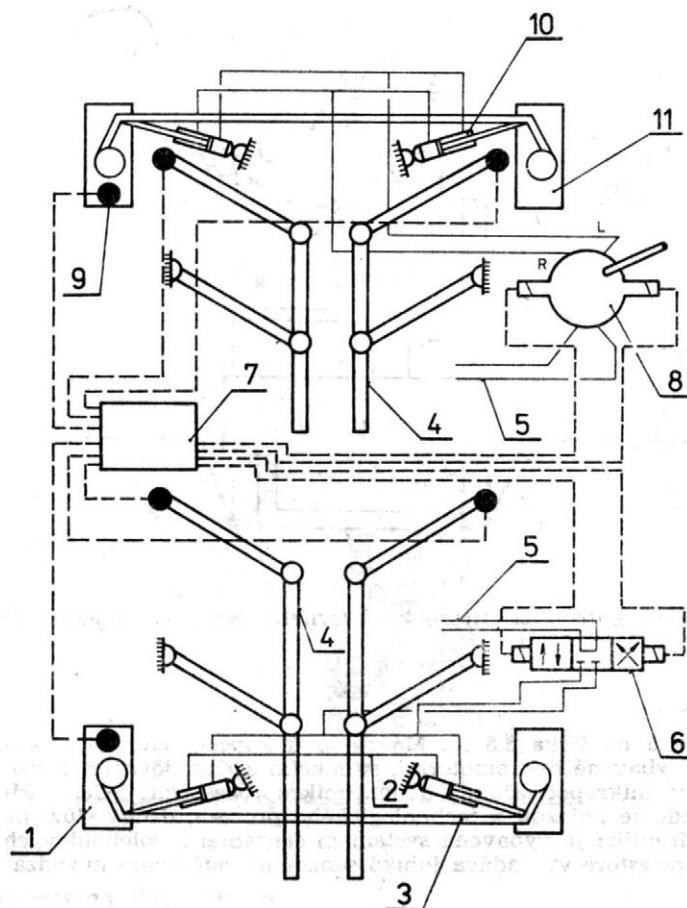
Komplex robotov pozostáva:

- z robota na aplikáciu chemických prípravkov pri ochrane viniča,
- z robota na uniformný rez viniča,
- z robota na zber hrozna.



3. Manipulátor robota na zber rajčiakov

1 — motory, 2 — potenciometre



4. Schématický diagram mikropočítačového automatizovaného riadenia robota na zber jablk MSU-4

1 — zadné koleso, 2 — elektrické vedenie, 3 — hydraulické vedenie, 4 — stromový senzor, 5 — čerpadlo, 6 — solenoidový ventil, 7 — kontrolný supermikropočítač, 8 — radiaci supermikropočítač, 9 — dekódovacie zariadenie, 10 — hydromotor, 11 — predné koleso

Robot na rez viniča Cemagref

Robot pracuje v súprave s traktorom. Tento adaptívny robot sa skladá z dvoch batérií manipulátorov, rámovej konštrukcie, televíznej kamery a príslušenstva.

Manipulátor je článkovýho typu. Prvým článkom je rameno, druhým prsty, tretím kotúčová píla (obr. 5). Pohon je zabezpečený elektromotorom. Zložením ôsmich manipulátorov dostaneme jednu batériu, zložením dvoch batérií dostaneme šestnásťčlánkový manipulátor. Televízna kamera tvorí oko robota, zabezpečuje rez viniča na tri až štyri očka. Počet očiek je snímaný televíznou kamerou (obr. 6). Spätnou slučkou je riadená výška rezu dvomi batériami manipulátorov.

Komplex robotov je vyrobený vo Francúzsku.

Roboty na triedenie plodov

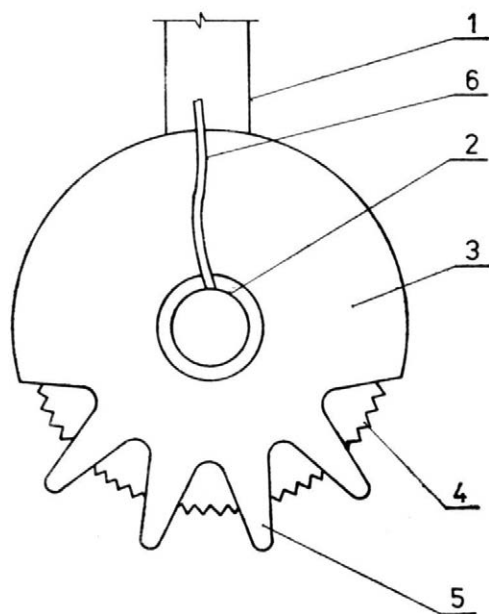
Roboty sa skladajú z časti strojovej a časti riadiacej. Strojová časť pozostáva z rámovej konštrukcie, manipulátorov, pásového dopravníka a príslušenstva.

Riadiaca časť sa skladá zo senzorických vstupných kanálov a supermikropočítača.

Robot na triedenie plodov MSU

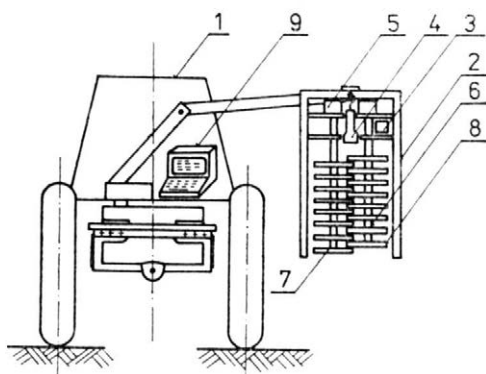
Robot sa skladá z manipulátora antropomorfného typu, elektronického triediaceho systému a príslušenstva.

Elektronický triediaci systém je zložený s videokamerou Cohu-4410, videomonitoru Elektrohome color, digitálneho bloku Datacube Inc., model VG-120 d, digitál-



5. Pracovné ústrojenstvo manipulátora na rez viniča

1 — článok, 2 — motor, 3 — kryt, 4 — pila, 5 — prst, 6 — prívodný kábel

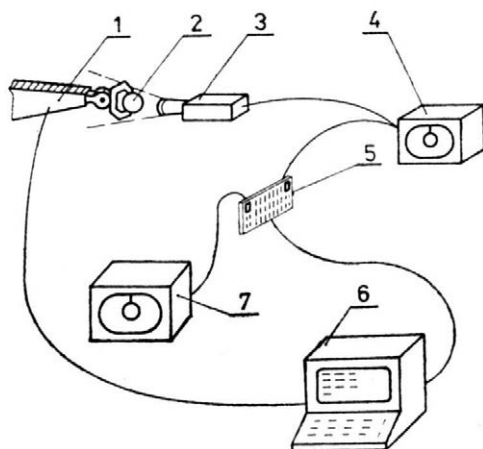


6. Robot na rez viniča Cemagref

1 — traktor, 2 — robot, 3 — mikroprocesor, 4 — TV-kamera, 5 — motor, 6 — pravá batéria manipulátorov, 7—8 — manipulátor, 9 — mikropočítač

7. Robot na triedenie plodov MSU

1 — pracovná hlavička manipulátora, 2 — plod, 3 — videokamera, 4 — videomonitor, 5 — digitálny blok, 6 — mikropočítač, 7 — digitálny monitor



neho monitoru Hitachi RGB color, supermikropočítača Intel System 86 1330 A. Plody sú vyhľadávané televíznou kamerou Pulnix TM-34 KAB CCD.

Technologický proces pozostáva z vyhľadania plodu na dopravníku, jeho signalizácie a triedenia podľa farby a veľkosti. Pracovný proces podstatne zrýchľuje videomonitor s prepojením cez elektronický digitálny blok na supermikropočítač. Egalizačné a triediace parametre sa nastavujú na digitálnom monitore (obr. 7).

ZÁVERY

V rezorte MPaVŽ pracujú roboty PR 32-E pri paletizácii prepraviek v podnikoch FRUCONA Prešov (2 kusy), FRUCONA Košice (1 kus), FRUCONA Levoča (1 kus), OBAL, Nove Mesto nad Váhom (1 kus), ČSTP Spišská Belá (1 kus), SKL

Liptovský Mikuláš (1 kus), SLOKO Vizovice (1 kus). Pripravuje sa inštalácia troch robotov v podniku SLOVLIK v Trenčíne. Ďalšie inštalácie robotov sa pripravujú do klimatizovaných skladov agrokombinátov pri triedení plodov s robotizovanou paletizáciou prepraviek. Už v súčasnosti sa rozpracovávajú robotizované technologické postupy pre ďalšie využitie týchto moderných technológií u nás.

Komplexná robototechnológia v rastlinnej výrobe predstavuje dnes špičku v súčasnom myslení a v teoretických záveroch pre prognózu niekoľkých rokov.

Pre nasadenie robotov v rastlinnej výrobe treba splniť mnoho požiadaviek veľmi rôznorodého charakteru. Na týchto úlohách treba aktívne a iniciatívne pracovať už dnes.

Medzi najzávažnejšie úlohy súčasnosti patrí vypracovať požiadavky pre možnosť nasadzovať roboty. Sú to: predbežný výber plodín, predbežný výber pracovných operácií, agrotechnické požiadavky, šľachtiteľské požiadavky, konštrukčné požiadavky, technické požiadavky, robototechnologické požiadavky, organizačné požiadavky, požiadavky na operatívne riadenie robototechnológií podporované počítačom.

Literatúra

KAWAMURA, N.: Study on agricultural robot. 1. Microcomputer controlled manipulator system for fruit harvesting. J. Jap. Soc. agric. Mach., 46, 1984, č. 3, s. 353-358.

KAWAMURA, N.: Study on agricultural robot. 2. Measurement of fruit location by MOS type color TV camera and fundamental experiment of fruit harvesting. J. Jap. Soc. agric. Mach., 47, 1985, č. 2, s. 177-182.

KAWAMURA, N.: Fruit harvesting robot. J. Jap. Soc. agric. Mach., 47, 1985, s. 237-241.

KAWAMURA, N.: Studies on agricultural robot. 3. Detection and detaching of fruits. Res. Rep. agric. Mach., 1985, č. 15, s. 23-29.

KAWAMURA, N.: Studies on agricultural robot. 4. Improvement of manipulator of fruit harvesting robot. Res. Rep. agric. Mach., 1985, č. 15, s. 30-36.

KAWAMURA, N.: Studies on agricultural robot. 5. Cooperative manipulator of fruit harvesting robot. Res. Rep. agric. Mach., 1985, č. 15, s. 36-41.

KAWAMURA, N.: Methods of detecting fruit by visual sensor attached to manipulator. Fruit detecting experiment and simulation by computer. J. Jap. Soc. agric. Mach., 1985, s. 60-64.

OSTROŽLÍK, M.: Vývoj robotov pre rastlinnú výrobu. Informácie MPAVŽ SS, 1987, č. 8, s. 18-19.

OSTROŽLÍK, M.: Analýza náhodných veličín. Zeměd. Techn., 33, 1987, č. 9, s. 561-572.

OSTROŽLÍK, M.: Elektronizácia, automatizácia, robotizácia, automatizované výrobné systémy v rastlinnej výrobe. Informácie MPAVŽ SS, 1987.

ŘEZNÍČEK, R.: Robotika v zemědělství a lesnictví. Sbor. Vys. Šk. zeměd. Praha 1987.

SEVILA, F.: La cultura dela vigne: de la mecanization à la robotication. Bull. Inform. Cemagref Montpellier, 1985, s. 67-77.

SEVILA, F.: A robot to prune the grape vine. Proc. Agri-Mat. conf., Chicago 1985, s. 190-199.

SOUČEK, J.: Robotizace v zemědělské prvovýrobě. VTR, ÚVTIZ Praha, 1987, č. 8.

SZABO, R.: Příprava nasazování robotov a manipulátorov v poľnohospodárstve. [Záverečná výskumná správa.] Rovinka, Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky 1985.

UPRUCH, B.: A microprocessor-based steering controller. Trans. ASAE, 1983.

YONEMOTO, K.: Present status and future of industrial robots. J. Jap. Soc. agric. Mach., 1985, s. 219-224.

Došlo dňa 16. 9. 1987

Adresa autora:

Ing. Milan Ostrožlík, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova, 949 01 Nitra

CONTENT

Eberl M.: Possibilities of Optimizing Some Structural Elements of Farm Machines	524
Klůfa J.: The Maximum Likelihood and Moment Estimates of the Reliability of Farm Machines	530
Bauer F.: Ploughing with a Mounted Plough with respect to the Selected Parameters of the Tractor	538
Polák M., Bílý J., Sečkář P.: The Effect of Nitration on the Resistance of Moldboards to Abrasive Wear	548
Laufik F.: Inclusion of Compliance in the Mechanism of Counter-active Cutter Bars	554
Kučírek J.: Air Distribution within the Ventilation System of an Experimental Potato Store on the Kámen Co-operative Farm	561

INHALT

Eberl M.: Möglichkeit zur Optimierung einiger Konstruktionselemente der Landmaschinen (E)	524
Klůfa J.: Maximal glaubwürdige und Moment-Schätzungen der Zuverlässigkeit der Landtechnik	531
Bauer F.: Pflügen mittels Aufsattelpflug vom Gesichtspunkt ausgewählter Parameter der Schlepper	539
Polák M., Bílý J., Sečkář P.: Einfluß von Nitrierverfahren auf die Verschleißfestigkeit der Pflugstreichbleche gegen Abrieb (E)	548
Laufik F.: Einschaltung nachgiebiger Kupplung in den Mechanismus der Gegenlaufmähbalken	554
Kučírek J.: Luftdistribution im Belüftungssystem des experimentellen Kartoffellagerhauses der landwirtschaftlichen Einheitsgenossenschaft Kámen	561

Rukopisy odevzdány k tisku 27. 5. 1988 — Podepsáno k tisku 15. 8. 1988

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

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