

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

5

ROČNÍK 23 (L)
PRAHA
KVĚTEN 1977
CENA 10 Kč

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Rídí redakční rada

Ing. Jiří Fiala, CSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., doc. ing. Marko Duriš, CSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Jaroslav Homolka, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Karel Joza, Jan Květoň, ing. Ján Kuchár, ing. Vladimír Píša, doc. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Štefl, CSc., Josef Višínský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá ing. Jiří Fiala, CSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1977



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



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



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



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

FYZIKÁLNĚ MECHANICKÁ ÚPRAVA SLÁMY ŠTÍPÁNÍM, ŠROTOVÁNÍM A ŘEZÁNÍM

J. Maleř

MALEŘ, J. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Fyzikálně mechanická úprava slámy štípáním, šrotováním a řezáním*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5) : 247-265.

Předložená zpráva obsahuje porovnání tří způsobů fyzikálně mechanické úpravy slámy, a to štípáním, šrotováním a řezáním. Ke zkouškám bylo použito stacionárního štípače slámy DRS-2 (který byl vyvinut ve spolupráci VÚZT, Praha, a Vývojového střediska STS Strakonice), stacionárního šrotovníku slámy VDS (sériový výrobek STS Klatovy) a stacionární řezačky JS-130 (sériový výrobek). Instalovaný příkon porovnávaných strojů: štípač 19,5 kW, šrotovník 30 kW, řezačka 14 kW. Maximální výkonnost porovnávaných strojů: štípač 2,7 t h⁻¹, šrotovník 1,04 t h⁻¹, řezačka 0,875 t h⁻¹. Střední příkon při maximální výkonnosti porovnávaných strojů: štípač 13,26 kW, šrotovník 16,23 kW, řezačka 6,12 kW. Měrná potřeba elektrické energie porovnávaných strojů: štípač 5,3 kWh t⁻¹, šrotovník 17,28 kWh t⁻¹, řezačka 8,3 kWh t⁻¹. Průměrná délka částic u porovnávaných strojů: štípač 3,52 cm, šrotovník 1,94 cm, řezačka 4,32 cm. Množství podélně rozštípnutých částic u porovnávaných strojů: štípač 84,34 %, šrotovník 86,79 %, řezačka 51,54 %. Nový způsob úpravy slámy štípáním ukázal je až 2,7 t h⁻¹ při zpracování volně ložené balíkové slámy.

štípání; štípač; šrotování; šrotovník; řezání; řezačka; úprava slámy; výkonnost; příkon; potřeba energie

K rezervám krmivové základny patří sláma, kterou je třeba považovat za cennou organickou hmotu. Předpokladem dobrého využití slámy v bacheru zvířat (chemické zpracování organickými kyselinami, biologické zpracování mikroflórou) je její fyzikálně mechanická úprava.

V ČSSR byla rozpracována nová metoda fyzikálně mechanické úpravy slámy štípáním (Maleř, 1975). Předkládaná práce se zabývá porovnáním této metody s dosavadními metodami fyzikálně mechanické úpravy, tj. se šrotováním a řezáním.

Výzkum fyzikálně mechanické úpravy slámy vycházel ze závěrů zootechnických výzkumů (Volektiv, 1976a, b), ve kterých se uvádí, že skot nejlépe přijímá slámu upravenou jako tvarované krmivo (až o 30 % vyšší příjem ve srovnání s tradiční úpravou) a že sláma přijímaná skotem by měla být přežvykovatelná, neboť se tím značně podpoří uvolňování krmné hodnoty prostřednictvím organických kyselin a mikroflóry bacheru.

Za přežvykovatelné byly označeny částice slámy o délce nad 2 cm (přitom optimální jsou částice o délce 5 až 10 cm), kterých má být 60 až 70 % z celkového množství slámy.

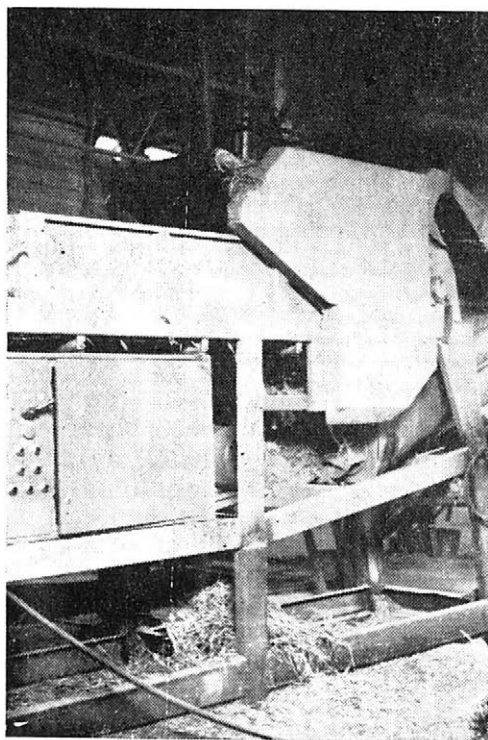
Ke zlepšení účinku organických kyselin a mikroflóry bacheru je vhodné, aby částice byly podélně rozštípnuty, neboť sláma z vnitřní strany je méně odolná.

Na základě těchto představ byl zahájen výzkum a vývoj zařízení, které umožní fyzikálně mechanickou úpravu slámy tak, aby více než 80 % částic bylo podélně rozštípnuto a přitom aby podíl částic nad 2 cm činil více než 60 %. Výsledkem této práce je stacionární štípač slámy, který je určen pro úpravu slámy ke krmení a zejména k výrobě tvarovaného krmiva.

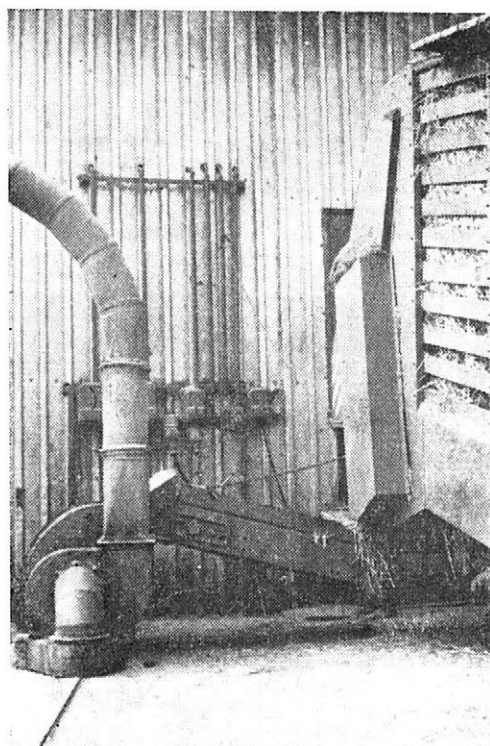
METODIKA

a) Návrh stacionárního štípače (obr. 1) vycházel z výsledků uvedených v závěrečné zprávě Z-1079 a z práce Maleře (1975). Navíc bylo zapotřebí respektovat požadavky bezpečnosti a hygieny práce podle platných oborových norem.

b) Stacionární štípač byl ověřován ve společných zkouškách VÚZT, Praha-Řepy, a SZZLS, Praha-Řepy, a to v JZD Blšany, farma Kryry (okres Podbořany). Tyto zkoušky trvaly dva roky a během nich se postupně od-



1. Stacionární štípač slámy — Stationary straw splitter



2. Stacionární šrotovník — Stationary straw crusher

straňovaly nejrůznější závady v konstrukci stroje tak, aby splňoval nejen technologické požadavky, ale zároveň i požadavky bezpečnosti a hygieny práce.

c) Teprve po odstranění veškerých zjištěných závad bylo přikročeno ke komplexnímu technologickému ověření v lince s tvarovacím lisem TL-600.

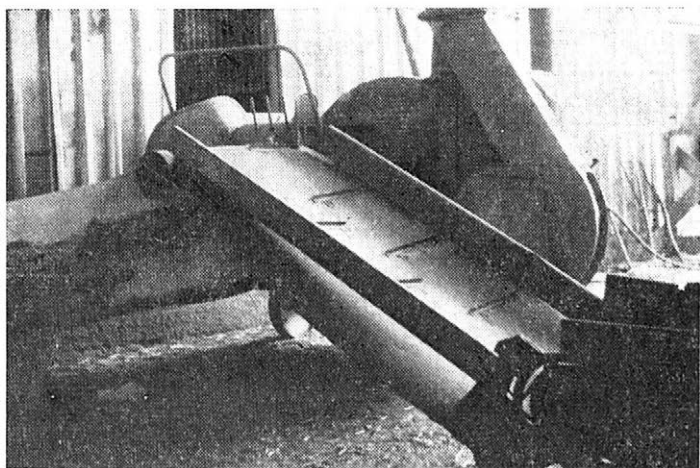
d) Vzhledem k tomu, že stacionární štípač svou výkonností podstatně převyšuje výkonnost tvarovacího lisu, byl ověřován rovněž samostatně s cílem vyšetřit maximální výkonnost.

e) Stacionární štípač byl ověřován při zpracování lisované balíkové slámy volně ložené, sklizené sběracími vozy.

f) V jednotlivých zkouškách byla vyšetřena výkonnost linky: střední příkony, převládající maximální příkony, střední měrná spotřeba elektrické energie. V průběhu každé zkoušky byly odebrány vzorky slámy, stejně jako vzorky briket. Odebrané vzorky byly vyhodnoceny v agrolaboratoři VÚZT, Praha-Řepy.

g) Pro porovnání se dělaly obdobné zkoušky v JZD Mořina (farma Kuchař, okres Beroun), kde místo stacionárního štípače byl do linky zařazen stacionární šrotovník (obr. 2), a na Oborovém podniku Státní statek Bílina (farma Kladruby, okres Teplice), kde místo stacionárního štípače byla do linky zařazena stacionární řezačka (obr. 3). U všech tří linek byly ověřeny stejné parametry.

3. Stacionární řezačka
— Stationary straw cutter



VLASTNÍ PRÁCE

OVĚŘOVANÉ STROJE (LINKY)

Z ověřovaných strojů (linek) je podrobněji popsán pouze navrhovaný stroj, tj. stacionární štípač.

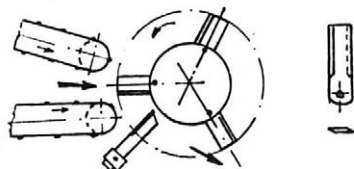
Stacionární štípač slámy DRS-2

Tento štípač je určen ke štípání balíkové i volné slámy před jejím dalším využitím nebo před zpracováním v živočišné výrobě, pro výrobu

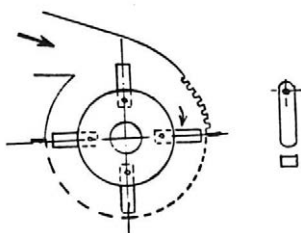
tvarovaných krmiv, podestýlku nebo tradiční krmení. Zpracovávaný materiál: předřezaná sláma od sběracích vozů, dlouhá sláma od sběracích vozů, lisovaná sláma. Vlhkost zpracovávaného materiálu: 14 až 20 %. Výstupní materiál: štípaná sláma s převládající délkou částic 2 až 10 cm, maximální délka částic do 14 cm, přitom více než 80 % zpracované slámy je podélně rozštípnuto.

Štípač slámy se skládá z těchto hlavních částí: rám s dvoukolovým podvozkem, skříň, pracovní ústrojí, rotor s protiostrím, vkládací dopravníky, šnekový dopravník, hnací elektromotor, elektrický rozvaděč.

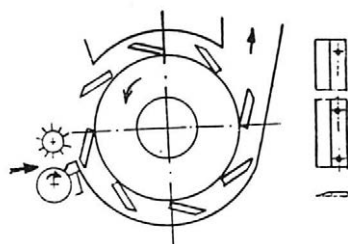
ŠTÍPAČ



ŠROTOVNÍK



ŘEZAČKA



4. Porovnání pracovních orgánů štípače, šrotovníku a řezačky — Comparison of the working elements of the splitter, crusher and cutter

Technické údaje: délka v pracovní poloze 7300 mm; délka v přepravní poloze 5750 mm; šířka 1330 mm; výška v přepravní poloze 2930 mm; výška v pracovní poloze 1840 mm; hmotnost stroje 1715 kg; otáčky rotoru 2900 ot min⁻¹; průměr rotoru 520 mm; počet nožů rotoru 72; počet nožů protiostrí 25; rozměr pneu 6,50-16; příkon hlavního elektromotoru 14 kW; příkon elektromotoru šnekového dopravníku 1,5/2,2 kW; příkon elektromotoru variátoru 1,5 kW; maximální přepravní rychlost 10 km h⁻¹.

Štípač slámy se liší od šrotovníku (drtiče) a řezačky uspořádáním pracovních orgánů (viz schéma na obr. 4.).

Schéma tří ověřovacích linek je na obr. 2, 3 a 4. Jednotlivé linky jsou shodné, liší se pouze strojem na úpravu slámy. Linka A je se stacionárním štípačem, linka B se stacionárním šrotovníkem, linka C se stacionární řezačkou. U všech tří linek bylo použito tvarovacího lisu TL-600 s instalovaným příkonem 53 kW, s velikostí otvorů matrice 20 mm, s výkonností 1,0 až 1,8 t ha⁻¹.

Podmínky zkoušek

Přehled o rozsahu zkoušek je obsažen v tab. I a II.

Průchodnost

Průměrná průchodnost, uváděná v tab. I a II, byla vypočítána z celkové hmotnosti slámy zpracované v jedné zkoušce a času zpracování. Dá se předpokládat, že tato průměrná průchodnost odpovídá střednímu příkonu. Při každé zkoušce byl pořízen úplný záznam odebíraného příkonu. Vyneseme-li do téhož grafu střední příkon, kterému odpovídá průměrná

I. Rozsah zkoušek a dosažené výkonnosti s volně loženou slámou — Extent of experiments and performance obtained with loosely inserted straw

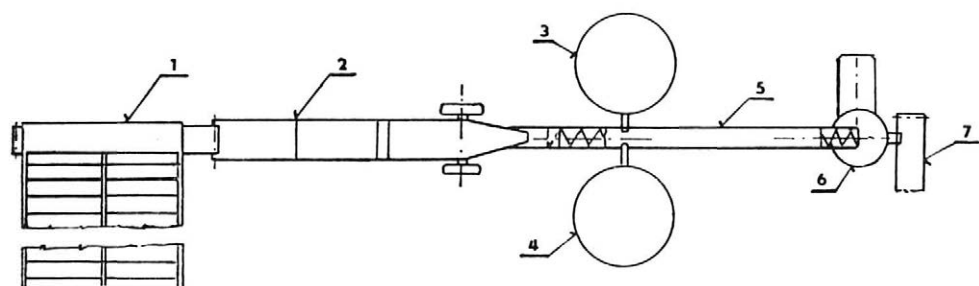
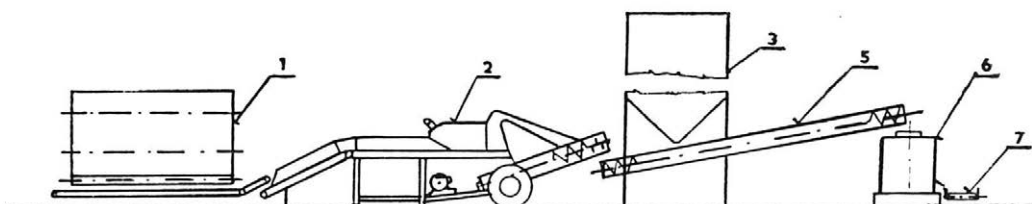
Linka	Zkouška	Sláma druh vlhkost	Hmotnost slámy (kg)	Čas zpra- cování (s)	Výkonnost při úpravě		Výkonnost při tvarování (t h ⁻¹)
					(kg s ⁻¹)	(t h ⁻¹)	
A Štípač	6021	pšeničná 16,5 %	640	3683	0,174	0,626	1,529
	6022	pšeničná 16,5 %	870	5630	0,154	0,556	1,255
	6024*)	pšeničná 16,5 %	770	1005	0,766	2,757	
B Šrotovník	6042	pšeničná 14 %	480	2037	0,235	0,848	1,640
	6043	pšeničná 14 %	480	1829	0,262	0,945	1,950
	6044	pšeničná 14 %	510	1767	0,288	1,040	2,100
C Řezačka	6062	pšeničná 15 %	850	3611	0,235	0,849	1,620
	6063	pšeničná 15 %	800	4896	0,163	0,588	1,280
	6064**)	pšeničná 15 %	700	2880	0,243	0,875	1,620

*) Tato zkouška probíhala při odpojení štípači od tvarovací linky. Jsou proto uvedeny pouze výkonnosti štípače.

**) U této zkoušky byly vyměněny nože stacionární řezačky za nové.
Lisovaná sláma byla zpracovávána pouze u linky A (štípač).

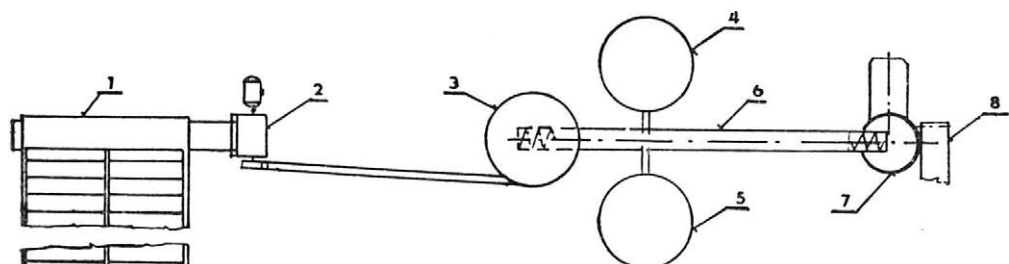
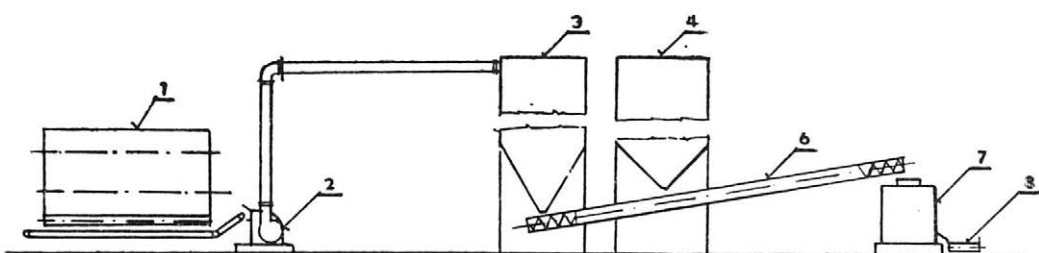
II. Rozsah zkoušek s lisovanou slámou a dosažené výkonnosti — Extent of experiments and performance obtained with baled straw

Zkouška	Hmotnosti jednotlivých lisovaných balíků (kg)	Hmotnost slámy zpracované v jedné zkoušce (kg)	Čas zpra- cová- ní (s)	Výkonnost při zpracování slámy	
				(kg s ⁻¹)	(t h ⁻¹)
6029	7,5—5—9—5,5—7,5—5,5	40	54	0,741	2,666
6030	7—5,5—7—6,5—5,5—5	36,5	50	0,730	2,628
6031	6—7,5—7—5,5—5,5—7	38,5	46	0,837	3,013
6032	5,5—5—8—8,5—6—7	40	219	0,183	0,657
6033	7—5—5—6,5—5—6,5	35	219	0,160	0,575
6034	7,5—6,5—7,5—7—5—5,5	39	244	0,160	0,575



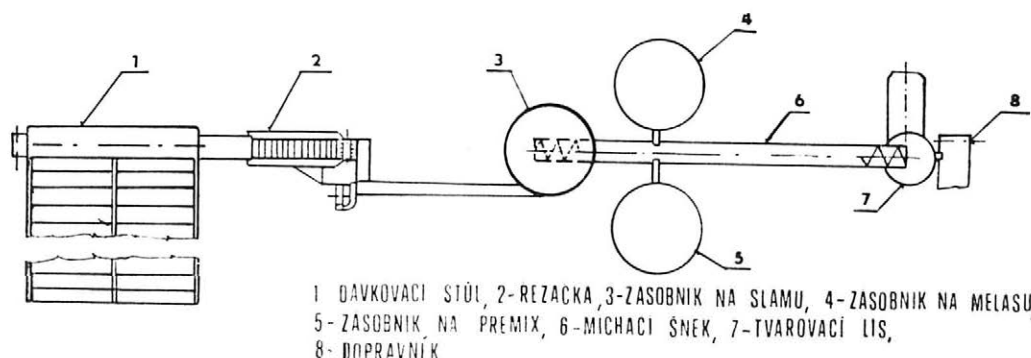
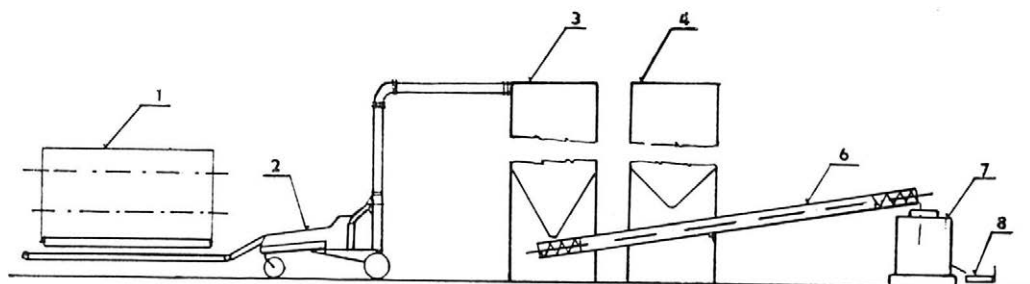
1-DÁVKOVACÍ STŮL, 2-ŠTÍPAČ, 3-ZASOBNÍK NA MELASU, 4-ZASOBNÍK NA PREMIX, 5-MÍCHACÍ ŠNEK, 6-TVAROVACÍ LIS, 7-DOPRAVNÍK

5. Linka štípání a tvarování slámy — Straw splitting and shaping line



1-DÁVKOVACÍ STŮL, 2-ŠROTOVNÍK, 3-ZASOBNÍK NA SLÁMU, 4-ZASOBNÍK NA MELASU, 5-ZASOBNÍK NA PREMIX, 6-MÍCHACÍ ŠNEK, 7-TVAROVACÍ LIS, 8-DOPRAVNÍK

6. Linka šrotování a tvarování slámy — Straw crushing and shaping line



7. Linka řezání a tvarování slámy — Straw cutting and shaping line

průchodnost, a úseky s maximálním a minimálním odběrem příkonu, můžeme současně usuzovat na toleranci, ve které se mění průchodnost.

V grafu na obr. 5 jsou tolerance průchodnosti u štípače, šrotovníku a rezačky, v grafu na obr. 6 jsou tolerance průchodností u štípače při jeho maximální výkonnosti a v grafu na obr. 7 jsou tolerance průchodností u tvarovacích lisů. Nejvyrovnaněji pracuje štípač. V míchacím šneku však dochází k nerovnoměrnostem, které jsou příčinou značných změn průchodnosti v tvarovacím lisu.

Délka částí slámy po štípání, šrotování, řezání

V průběhu každé zkoušky byly odebrány tři vzorky slámy, které byly v laboratoři podrobeny rozboru. Vzorky byly odebírány bezprostředně za štípačem, šrotovníkem či rezačkou. Úplný přehled všech rozborů je uveden ve zprávě VÚZT — 1304. Výsledky rozborů ze zkoušek č. 6021, 6043 a 6064 jsou uvedeny v grafu na obr. 8.

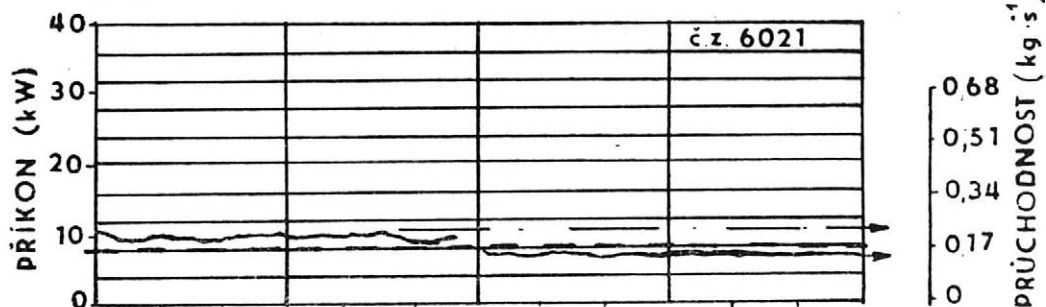
Výsledky rozborů délek částic můžeme mimo jiné hodnotit podle zastoupení ve dvou třídách (do 1 cm a nad 10 cm).

Třída do 1 cm délky

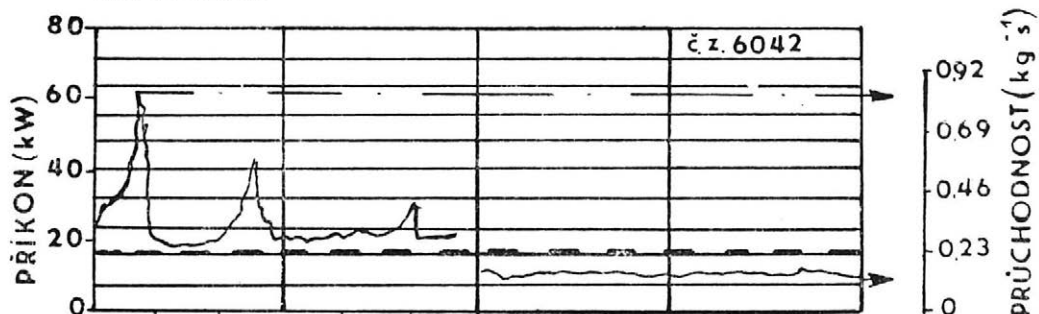
U štípané slámy se podíl částic do 1 cm délky pohyboval v rozmezí 4,44 až 13,86 %. Výrazně nižší bylo zastoupení částic (4,83 %) při zkoušce štípače o výkonnosti $2,75 \text{ t h}^{-1}$ při úpravě volně ložené slámy. Z toho se dá usuzovat, že se stoupající výkonností se podíl částic slámy v délkách do 1 cm snižuje.

U šrotované slámy se podíl těchto částic pohyboval v rozmezí 7,62 až

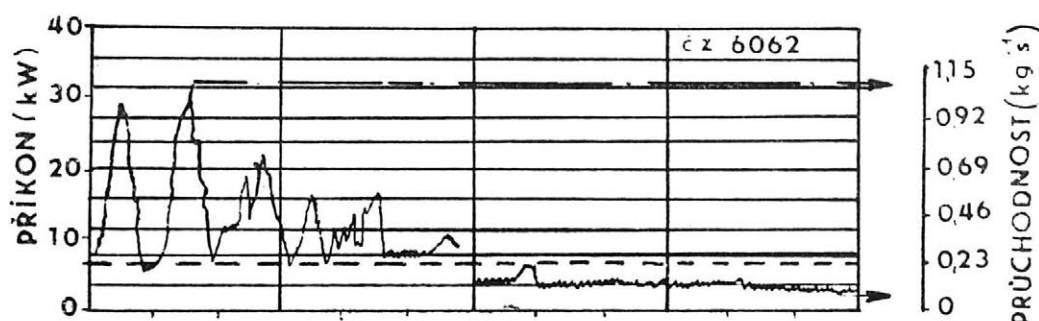
ŠTÍPAČ



ŠROTOVNÍK



ŘEZAČKA



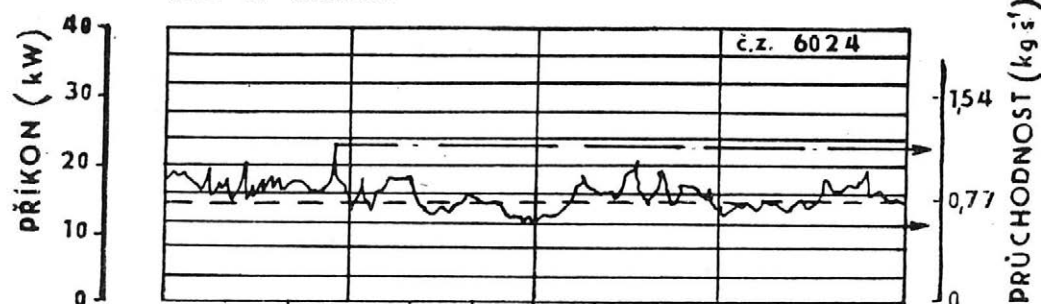
8. Průchodnost štípače, šrotovníku a řezačky — Throughput of the splitter, crusher and cutter

58,28 %. Výrazně nižšího zastoupení částic (14,83 %) bylo dosaženo při zkoušce s upravenými, tj. podstatně zvětšenými otvory síta šrotovníku. Z toho se dá usuzovat, že se zvětšujícími se otvory síta šrotovníku se zvětšuje podíl těchto částic.

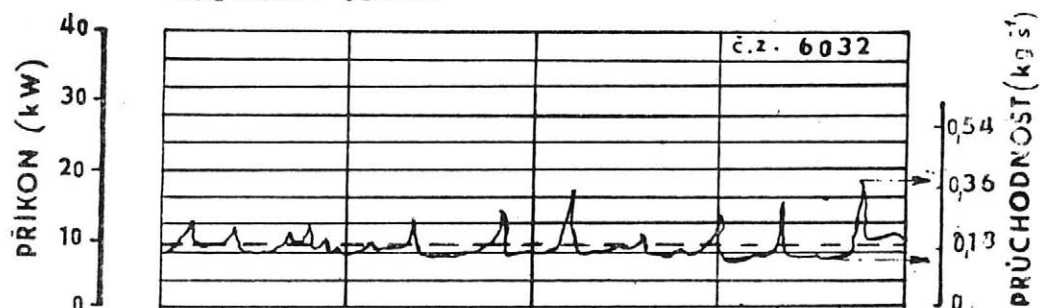
U řezané slámy se podíl částic do 1 cm délky pohyboval v rozmezí 9,87 až 24,68 %. Je zde naznačena obrácená závislost než u štípání. Při nižší výkonnosti ($0,588 \text{ t h}^{-1}$) klesá podíl těchto částic velmi podstatně (10,20 %).

K obdobným závěrům dospíváme, posuzujeme-li celkový podíl nepřevýkovatelné slámy (tj. do 2 cm). Zatímco u štípání je tento rozdíl ve srovnatelných zkouškách 35,58 %, u šrotování je to 69,73 %, u řezaček pak 39,7 %.

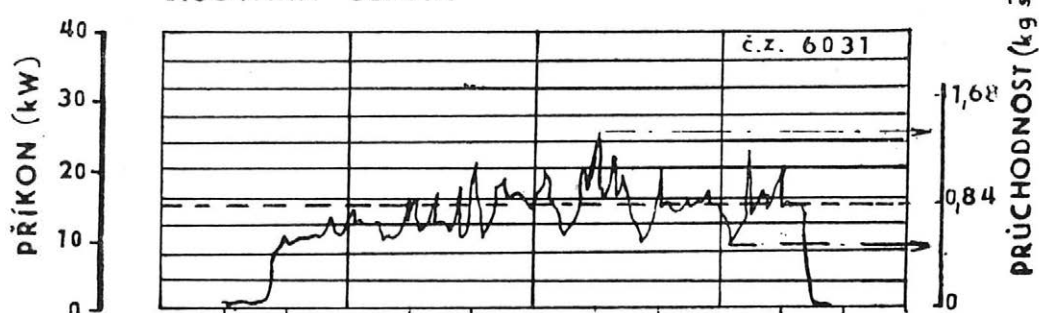
VOLNÁ SLÁMA



LISOVANÁ SLÁMA



LISOVANÁ SLÁMA



9. Průchodnost štípače — Throughput of the straw splitter

Třída nad 10 cm délky

U štípané slámy je podíl částic do 10 cm délky 1,39 až 14,43 %. Výrazně nižší zastoupení bylo při štípání balíkové slámy. Naopak při štípání volně ložené slámy je možné učinit závěr, že se stoupající výkonností se zvětšuje podíl těchto částic.

U šrotované slámy je podíl těchto částic 0,09 až 21,00 %. Se zvětšujícími se otvory síta šrotovníku stoupá zastoupení těchto částic.

U řezané slámy s klesající výkonností se zvětšoval podíl těchto částic.

Z hlediska současné potřeby podíl délek slámy u stacionárního štípače vyhovuje. Z hlediska dalšího vývoje rotoru štípače bude zapotřebí podíl částic v obou uvedených třídách dále snižovat.

Průřez částic slámy po štípání, šrotování, řezání

Vedle délky částic byl zkoumán i jejich průřez. Úplný přehled všech rozborů je uveden ve zprávě VÚZT – 1304. Výsledky rozborů ze zkoušek č. 6021, 6043 a 6064 jsou uvedeny v grafu na obr. 9.

Průřez částic slámy můžeme posuzovat především podle podílu tzv. podélně štípnutých částic.

Při štípání se podíl podélně štípnutých částic pohyboval v toleranci 77,15 až 94,70 %.

Při šrotování se podíl podélně štípnutých částic pohyboval v toleranci 59,48 až 90,50 %. Přitom je třeba upozornit, že při zkoušce č. 6041 bylo použito síta se zvětšenými otvory. Tím se sice zvětšila průměrná délka částic (na 5,16 cm), současně však kleslo zastoupení podélně rozštípnutých částic na 59,48 až 67,09 %.

Při řezání se podíl podélně štípnutých částic pohyboval v toleranci 50,04 až 56,74 %.

V dalším výzkumu je třeba řešit rotor štípače slámy tak, aby štípal i částice s kolénky, které se rozhodující měrou podílejí na obsahu částic s kruhovým průřezem (15,1 % – 19,27 %). Proti tomu podíl částic s kruhovým průřezem bez kolének je jen zanedbatelný (1,71 – 3,04 %).

Podíl slámy v tvarovaném krmivu

Při každé zkoušce byly odebírány tři vzorky tvarovaného krmiva od lisu. Tvarované krmivo se v laboratoři nejprve zvážilo a pak se rozpustilo ve vodě. Z roztoku byla sláma separována, vysušena a roztríděna do jednotlivých rozměrových tříd. Tak mohl být stanoven poměr slámy k ostatním komponentům, jakož i stupeň její fyzikálně mechanické úpravy v tvarovacím lisu.

Podíl slámy v briketách se při štípání pohyboval od 37,06 do 50,33 %, při šrotování od 46,26 do 58,80 %, při řezání od 39,73 do 56,07 %.

Výsledky rozborů svědčí o tom, že používaný míchací šnek tomuto účelu nevyhovuje. Z hlediska perspektivy je třeba uvažovat o jiném stroji, který umožní dosáhnout vyrovnanějšího podílu slámy. Zastoupení slámy v tvarovaném krmivu se při současné technologii tvarování (tj. při určitém seřízení linky) mění o 12 až 16 %.

Délka částic slámy v tvarovaném krmivu

Rozbor slámy podle délek částic v tvarovaném krmivu a jeho porovnání s rozбором slámy podle délek po štípání, šrotování či řezání osvětluje podíl tvarovacího lisu na konečné fyzikálně mechanické úpravě. Výsledky rozborů slámy u vybraných zkoušek jsou obsaženy v grafu na obr. 8.

Rozbor délek částic slámy v tvarovaném krmivu svědčí o tom, že u všech tří porovnávaných způsobů úpravy slámy se konečný efekt znehodnotí při vlastním tvarování, které podstatně zvýší stupeň úpravy.

Výsledky těchto rozborů ukazují, že sláma obsažená v tvarovaném krmivu je v rozhodující části nepřezvykovatelná. Toto krmivo je proto vhodné pouze jako doplňkové.

Sekundární úprava slámy v tvarovacím lisu je nežádoucí a navíc je velmi náročná na potřebu energie. K nejintenzivnější sekundární úpravě v tvarovacím lisu dochází u slámy štípané. Při štípání se podíl částic slámy

o délce do 1 cm zvýšil z 12,39 na 89,30 %, při řezání z 19,21 na 82,09 % a při šrotování ze 48,07 na 93,38 %.

Soudržnost tvarovaného krmiva

Tvarovací lis vyrábí směs kompaktních briket a drtě (tj. odrolu a expandovaných briket). Ze vzorků odebíraných při každé zkoušce byl stanoven poměr mezi celými briketami a drtí (tab. III).

III. Poměr mezi celými briketami a drtí — Ratio of briquettes to crushed particles

Linka	Zkouška	Celé brikety (%)	Drt (%)
A Štípání	6021	94	6
	6022	91	9
B Šrotování	6042	79	21
	6043	76	24
	6044	83	17
C Řezání	6062	76	24
	6063	66	34
	6064	32	68

Soudržnost tvarovaného krmiva je ovlivněna nejen úpravou slámy, ale zejména obsahem melasy.

Vzhledem k tomu, že u všech tří srovnávaných linek byl podíl melasy i druh slámy a její vlhkost přibližně stejný, můžeme ze zjištěných odlišností usuzovat na vliv úpravy slámy na soudržnost tvarovaného krmiva.

Nejmenší soudržnost se projevila při tvarování řezané slámy, která má největší podíl trubkovitých částí. To lze vysvětlit tím, že po zmáčknutí se trubkovitá část vždycky nerozdrtí a trubky ve tvarovaném krmivu vytvářejí pnutí, které je příčinou jeho expandování.

Největší soudržnost se projevila při tvarování štípané slámy, což lze vysvětlit tím, že štípaná sláma do jisté míry váže tvarované krmivo, nevytváří v něm pnutí, a proto je expandování nízké.

Problému soudržnosti je třeba věnovat v dalším výzkumu mimořádnou pozornost, protože spolehlivá soudržnost je jedním z předpokladů dalšího rozšíření tvarovaných krmiv.

Energetická měření

Příkony se registračně zaznamenávaly wattmetrem. Bylo použito měřící trafoskříně s měnitelnými rozsahy proudů 0,5/5 A — 100/5 A. Měřeno bylo na rozsahu 20 — 50 — 100/5 A. Čas byl měřen technickými stopkami a kontrolován elektrickým měřidlem SHS-1. Při vyhodnocování se dělala kontrola času podle registračních záznamů. Spotřeba elektrické energie byla měřena elektroměrem.

Instalovaný příkon elektromotorů: dávkovací stůl 11 kW, míchací šnek

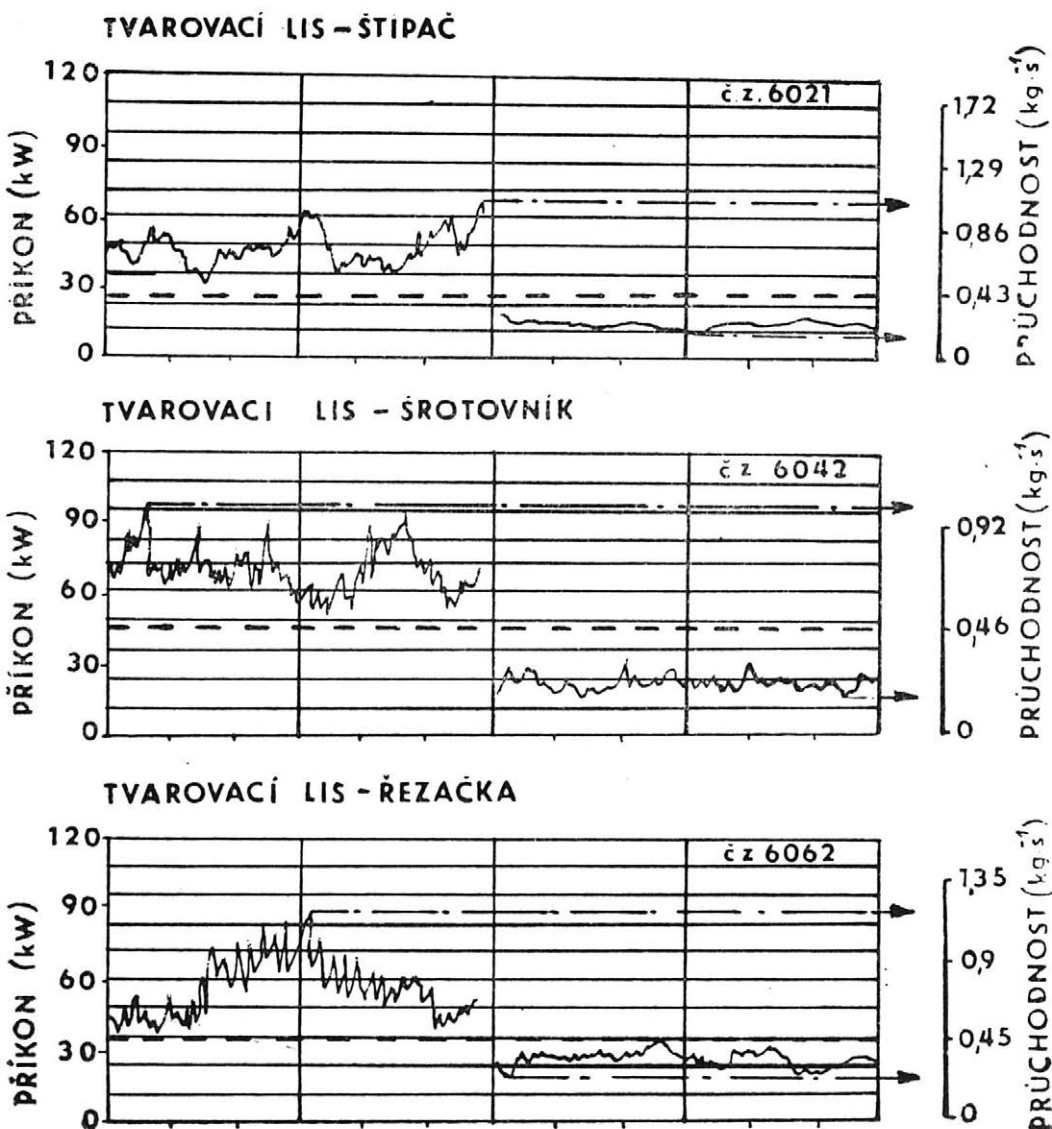
5,5 kW, tvarovací lis 53 kW, štípač slámy 14 kW + 4 kW + 1,5 kW, šrotovník 30 kW, řezačka 14 kW.

Příkony naprázdno

Záznamy měření příkonu naprázdno jsou vyrovnané. Nejnižší příkon naprázdno měla řezačka (4 kW), nejvyšší měl šrotovník (11,2 kW); štípač dosahoval příkonu naprázdno 7,75 kW.

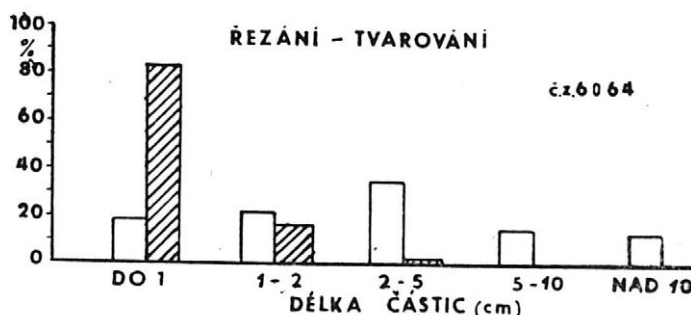
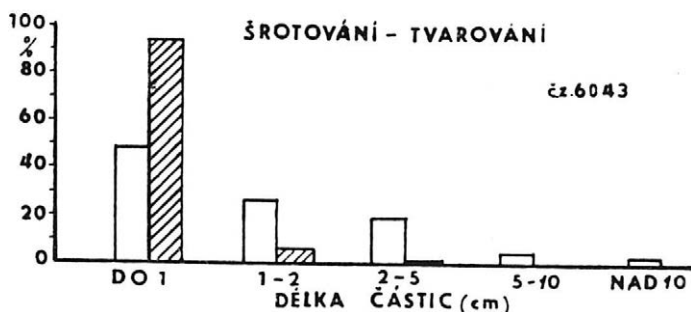
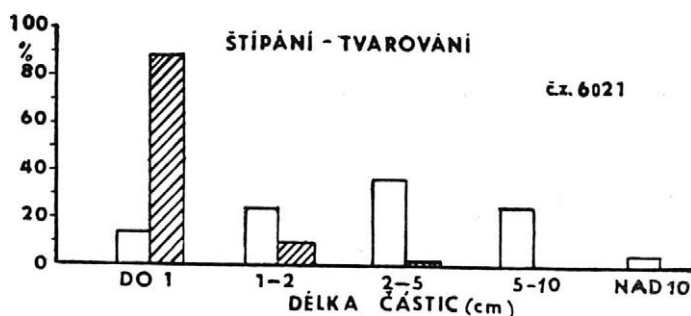
Střední příkony

Zjištěné střední příkony u strojů na úpravu slámy byly ovlivňovány výkonností (obr. 10, 11, 12).



10. Průchodnost tvarovacích lisů — Throughput of the shaping presses

11. Délka částic slámy po štípání, šroťování, řezání a tvarování — Length of straw particles after splitting, crushing, cutting and shaping

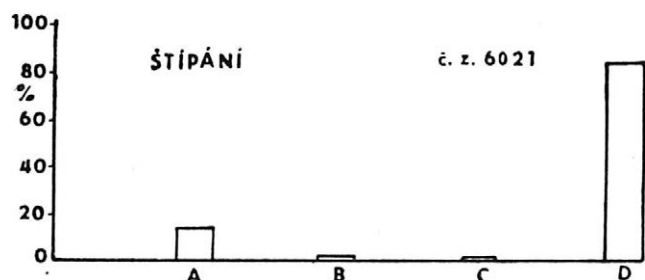


▨ TVAROVÁNÍ

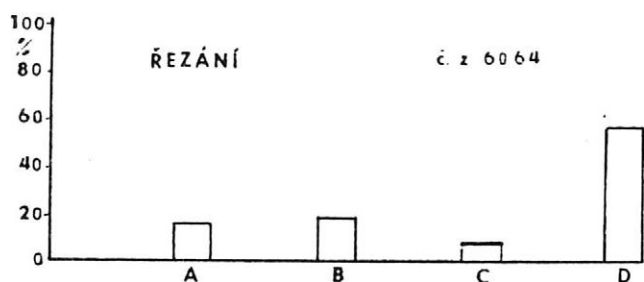
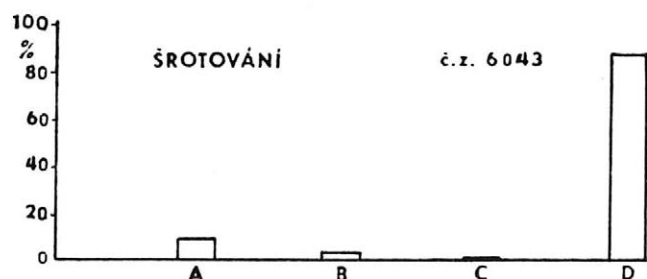
□ ŠTÍPÁNÍ ŠROTOVÁNÍ ŘEZÁNÍ

Střední příkon štípače při jeho nasazení u tvarovacích lisů (kdy jeho výkonnost je limitována výkonností tvarovacího lisu) byl pouze o 0,20 kW vyšší než příkon naprázdno (7,95 kW). I při zpracovávání balíkované slámy při výkonnosti odpovídající potřebám tvarovacího lisu se střední příkon příliš nezvýšil (8,05 kW). Výrazný nárůst středního příkonu se projevil teprve při více než čtyřnásobném zvýšení výkonnosti ($2,5 \text{ t h}^{-1}$), a to na hodnotu 13,5 kW.

Střední příkon šroťovníku (16,23 kW) byl ve srovnání se štípačem podstatně vyšší než příkon naprázdno (11,2 kW). Na rozdíl od štípače, který výkonností podstatně převyšuje tvarovací lis, je výkonnost šroťovníku ve srovnání s tvarovacím lisem velmi vyrovnaná — bez dalších rezerv. Kromě toho je šroťovník velmi choulostivý na vlhkost slámy. Při



12. Průřez částic slámy po štípání, šrotování a řezání — Cross-section of the straw particles after splitting, crushing and cutting



PRŮŘEZY:

A - KRUHOVÝ S KOLÍNKEM
B - KRUHOVÝ

C - ZMAČKNUTÝ
D - PODÉLNĚ ŠTÍPNUTÝ

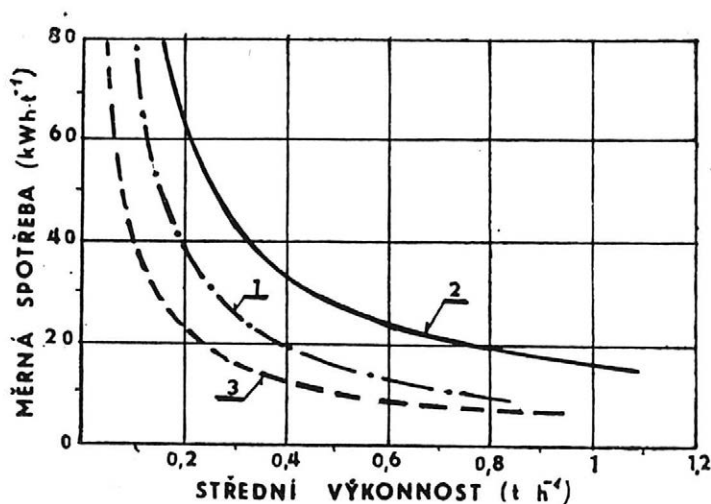
zpracování slámy, která se sbírala sběracími vozy ráno, tj. za rosy, se šrotovník soustavně ucpával a jeho výkonnost výrazně klesala.

Střední příkon stacionárních řezaček (6,17 kW) je o 2,17 kW vyšší než příkon naprázdno (4,00 kW).

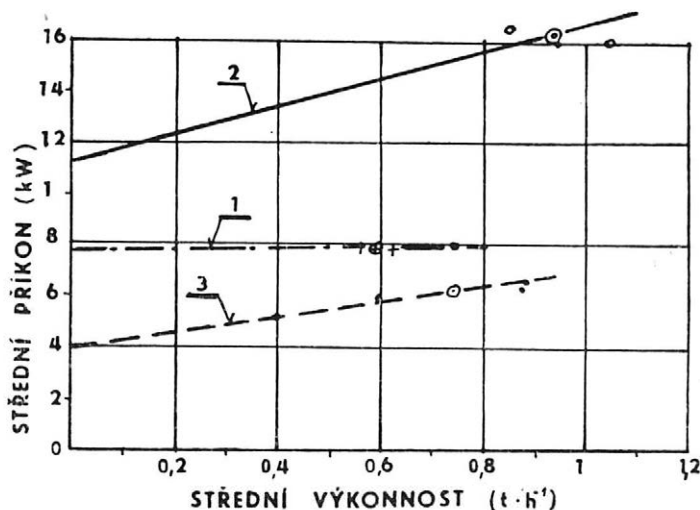
Nárůst středního příkonu (obr. 10, 11, 12) s rostoucí výkonností je nejstřmější u šrotovníku, zatímco u štípače je minimální.

Střední příkon u tvarovacích lisů vykazuje u jednotlivých linek značné rozdíly, které lze mimo jiné vysvětlit různým opotřebením pracovních orgánů tvarovacího lisu.

13. Měrná spotřeba elektrické energie a střední příkony u štípače, šrotovníku a řezačky – Specific power consumption and mean inputs of the splitter, crusher and cutter



1 - ŠTÍPAČ, 2 - ŠROTOVNÍK, 3 - ŘEZAČKA.



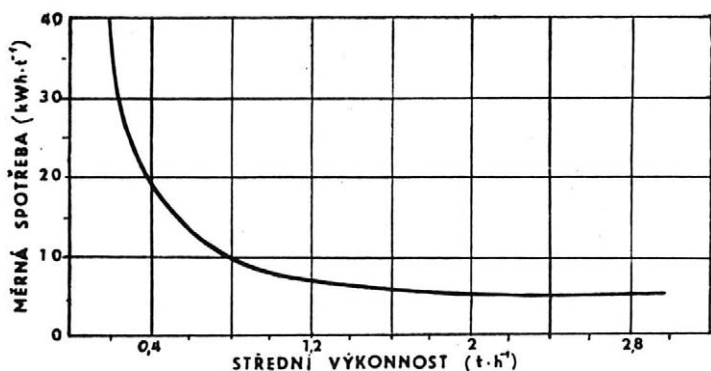
Převládající maximální příkony

Zjištěné převládající maximální příkony u štípače (11 kW) – pokud upravuje slámu pro současné tvarovací lisy – nasvědčují tomu, že lze snížit instalovaný příkon motorů z 19,5 kW na 12,0 až 14,0 kW, budou-li štípače využívány pouze pro tento účel.

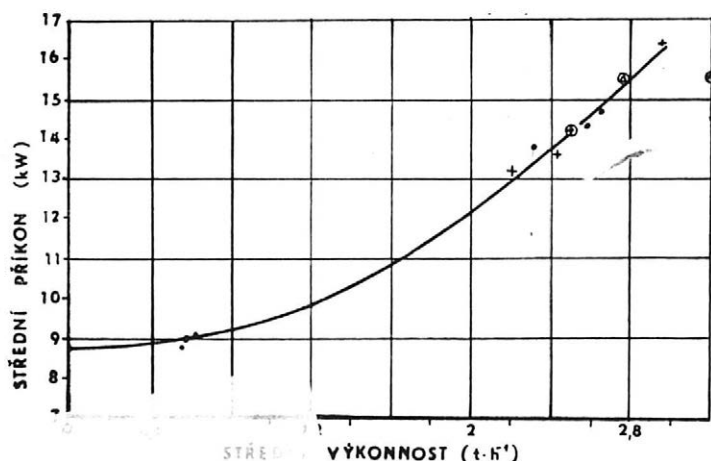
Při zpracování lisované slámy a dále při výkonnostech nad 2,5 t h⁻¹ lze považovat instalovaný příkon motorů za vyhovující.

Zjištěné převládající maximální příkony u šrotovníku (50 kW) svědčí o poměrně značném krátkodobém přetížení motorů i o značných nerovnostech dávkování zpracovávaného materiálu.

Maximální příkony u řezačky (30 kW) svědčí o značném krátkodobém přetížení motorů. Vlivem nerovnoměrného dávkování se značně krátkodobě přetěžuje motor tvarovacího lisu (až 90 kW).



14. Měrná spotřeba elektrické energie a střední příkony při štípání lisované slámy — Specific power consumption and mean power inputs during splitting baled straw



Střední měrná spotřeba elektrické energie

Porovnání průběhu středních měrných potřeb elektrické energie obsahují grafy na obr. 13, 14, 15.

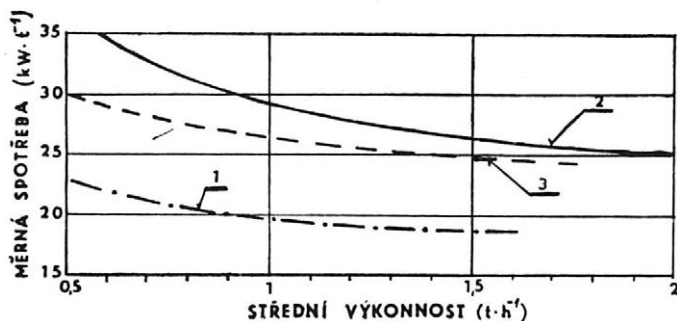
Nejpříznivější průběh střední měrné spotřeby elektrické energie v závislosti na výkonnosti je u štípače, který má sice při výkonnosti $0,584 t h^{-1}$ měrnou potřebu elektrické energie poměrně značnou ($13,5 kWh t^{-1}$), ale s růstem výkonnosti nad $2,5 t h^{-1}$ klesající na hodnotu $5,3 kWh t^{-1}$.

Nejpříznivější je průběh měrné potřeby elektrické energie u šrotovníku — $17,28 kWh t^{-1}$ při výkonnosti $0,939 t h^{-1}$.

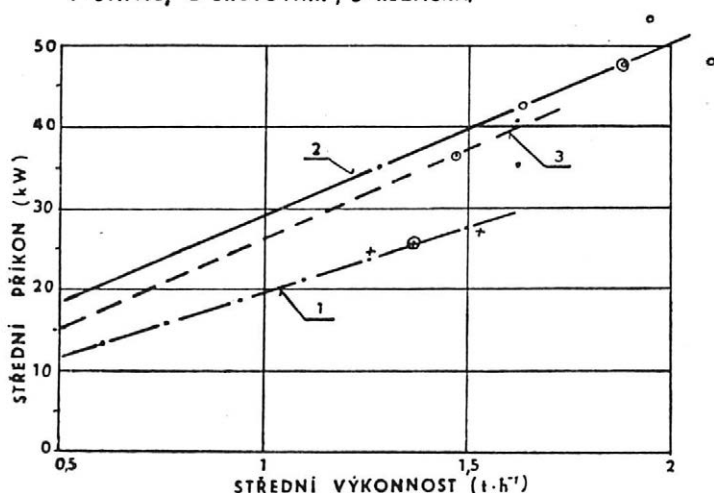
DISKUSE

Posuzujeme-li nově navrhovaný stroj — štípač slámy — podle dosažených výsledků zkoušek, můžeme konstatovat, že se podařilo vyvinout stroj o výkonnosti do $2,7 t h^{-1}$, schopný upravovat lisovanou i volně loženou slámu. Přitom více než 80 % částic je u tohoto stroje podélně rozštípnutých a více než 60 % částic má délku nad 2 cm, z toho více než polovina délku nad 5 cm. Měrná potřeba elektrické energie klesá s růstem výkonnosti tohoto stroje a optima dosahuje při maximální výkonnosti ($5,3 kWh t^{-1}$).

15. Měrná spotřeba elektrické energie a střední příkony u tvarovacích lisů — Specific power consumption and mean power inputs of the shaping presses



1 - ŠTÍPAČ, 2 - ŠROTOVNÍK, 3 - ŘEZAČKA.



Porovnáme-li štípač se stroji na fyzikálně mechanickou úpravu slámy, tj. se šrotovníkem a řezačkou, pak musíme konstatovat, že štípač jako jediný plní požadavky výživářů na úpravu slámy a zároveň má velmi nízkou energetickou potřebu.

I u šrotovníku lze (vyřezáním otvorů sít, popřípadě náhradou síta za kladívkové „protiostří“) zlepšit strukturu délek částic i průřezu částic. Je však třeba vidět, že štípač s instalovaným příkonem 19,5 kW má přibližně trojnásobnou výkonnost než šrotovnik s instalovaným příkonem 30 kW. Dále je třeba poznamenat, že u šrotovníku nelze přímo zpracovávat lisovanou slámu. Mezi základní nedostatky šrotovníku patří i to, že dobře pracuje pouze se suchou slámou (pod 14 % vlhkosti). Se stoupající vlhkostí slámy prudce klesá jeho výkonnost a vzrůstá měrná spotřeba elektrické energie.

Nejméně vhodné pro fyzikálně mechanickou úpravu slámy je řezání, neboť trubkovitých částic je u tohoto způsobu nejvíce.

Výsledky rozborů ukazují, že tvarovací lisy TL-600 přiváděnou slámu dále značně drtí, což je zejména u štípané a šrotované slámy nežádoucí. Sláma po tvarování je ve většině případů nepřezvykovatelná (obsah částic nad 2 cm se pohybuje v zanedbatelném množství 0,25–1,47 %). Proto také krmivo tvarované tvarovacími lisy s rovnými maticemi a rolnami je vhodné pouze jako doplňkové krmivo pro skot. Jestliže v budoucnu vý-

zkum výživy skotu dospěje k názoru, že je vhodné „monodietní“ krmení tvarovaným krmivem (např. při výkrmu býků), bude zapotřebí nahradit dosavadní lisy za lisy, jejichž funkcí bude pouze lisovat tvarované krmivo, nikoliv však nevhodně sekundárně upravovat částice drcením. Pro tento účel se nabízejí pístové tvarovací lisy, popřípadě lisy s prstencovou maticí, které tvarují krmivo o průměrné délce nad 5 cm. V tomto je také zapotřebí orientovat další výzkum.

ZÁVĚR

Navrhovaný způsob fyzikálně mechanické úpravy slámy štípáním má podle srovnávacích zkoušek značné přednosti proti dosavadním způsobům úpravy, tj. proti šrotování a řezání.

Výkonnost nově vyvinutého stacionárního štípače slámy je až $2,7 \text{ t h}^{-1}$ při zpracování volně ložené i balíkové slámy. Při této výkonnosti upravuje slámu tak, že více než 60 % částic má délku nad 2 cm a více než 80 % částic je podélně rozštípnutých. Střední odebíraný příkon je 13,26 kW. převládající maximální příkon 24,00 kW a měrná spotřeba energie $5,30 \text{ kWh t}^{-1}$.

Vzhledem k předpokládanému obsahu slámy v briketách (50–60 %) odpovídá vyvinutý stacionární štípač slámy svou výkonností tvarovacímu lisu s výkonností 4 až 5 t h^{-1} tvarovaného krmiva.

Literatura

KOLEKTIV: Způsoby využití slámy ve výživě skotu. Metodika ÚVTIZ, Praha 1976.

KOLEKTIV: Význam obilní slámy jako vysoce hodnotného krmiva pro živočišnou výrobu. Metodika ministerstva zemědělství NDR, 1976.

MALEŘ, J.: Štípání lisované slámy. [Výzkumná zpráva Z-1079.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1974.

MALEŘ, J.: Štípání slámy. Zeměd. Techn., 21, 1975, č. 3, s. 133–144.

MALEŘ, J.: Fyzikálně mechanická úprava slámy štípáním, šrotováním, řezáním. [Výzkumná zpráva Z-1304.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1976.

—: Využití slámy pro krmné účely. Literární rešerše (177 záznamů). Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1971–1976.

Došlo, dne 5. 1. 1977

МАЛЕРЖ, Й. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Физическо механическая обработка соломы путем сегментирования, первичного дробления зерна и измельчения. Земед. Techn., 23, 1977 (5): 247–265.

Предложенный отчет содержит сравнение трех способов физическо-механической обработки соломы, а именно, путем сегментирования, первичного дробления и измельчения. Для испытания применяли стационарную сегментирующую машину ДРС-2 (которая была сконструирована в сотрудничестве с НИИСТ, Прага и Экспериментальной базой МТС Страконице), стационарную дробильную установку ВДС (серийный выпуск МТС Клатовы) и стационарный измельчитель РЖВС-130 (серийное изделие). Установленная потребляемая мощность сравниваемых машин: сегментирующая машина 19,5 квт, дробильная установка 30 квт, измельчитель 14 квт. Максимальная производительность сравниваемых машин: сегментирующая машина 2,7 т/час, дробильная машина 1,04 т/час, измельчитель 0,875 т/час. Средняя потребляемая мощность при максимальной производительности сравниваемых машин: сегментирующая машина 13,26 квт, дробильная машина 16,23 квт, измельчитель 6,12 квт. Удельная затрата электроэнергии сравниваемых машин: сегментирующая машина 5,3 квт/час, дробильная установка 17,28 квт/час, измельчитель 8,3 квт/час. Средняя длина частиц у сравниваемых машин: сегментирующая машина 3,52 см, дробильная машина 1,94 см,

измельчитель 4,32 см. Количество расщепленных вдоль частиц у сравниваемых машин: сегментирующая машина 84,34 %, дробильная установка 86,79 %, измельчитель 51,54 %. Новый способ обработки соломы при помощи сегментирования, по сравнению с другими приведенными способами, имеет больше преимуществ. Производительность машины достигает 2,7 т/час при обработке соломы в кучах и в тюках.

сегментирование; сегментирующая солома; дробление, дробильная установка; измельчение; измельчитель; обработка соломы, производительность; потребляемая мощность; затрата энергии

MALER, J. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepý): *Mechanical Treatment of Straw by Splitting, Crushing and Cutting*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5) : 247-265.

The report submitted compares three methods of mechanical treatment of straw, i. e. by splitting, crushing nad cutting. The experiments were carried out with help of a stationary DRS-2 straw splitter (developed by the Research Institute of Agricultural Engineering, Prague, in cooperation with the Development Centre of the Strakonice Machine and Tractor Station), a stationary VDS straw crusher (series produced by STS Klatovy), and a stationary RVS-130 straw cutter (series product). The rated power input of the machines was: splitter — 19.5 kW, crusher — 30 kW, cutter — 14 kW. Maximum performance of the machines used: splitter — 2.7 t/h, crusher — 1.04 t/h, cutter — 0.875 t/h. Mean power input of the compared machines at maximum performance: splitter — 13.26 kW, crusher — 16.23 kW, cutter — 6.12 kW. Specific power consumption of the machines compared: splitter — 5.3 kWh/t, crusher — 17.28 kWh/t, cutter — 8.3 kWh/t. Average length of particles produced by the machines: splitter — 3.52 cm, crusher — 1.94 cm, cutter 4.32 cm. Quantity of longitudinally split particles in the machines compared: splitter — 84.34%, crusher — 86.79%, cutter — 51.54%. The new method of treating the straw by splitting has marked advantages over the other methods investigated. The machine processes up to 2.7 t/h of loosely inserted and baled straw.

splitting; splitter; crushing; crusher; cutting; cutter; treatment of straw; performance; power input; power consumption

MALER, J. (Forschungsinstitut für Landwirtschaftstechnik, Praha - Řepý): *Die physikalisch-mechanische Strohaufbereitung durch Spalten, Schroten und Häckseln*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5) : 247-265.

Der vorgelegte Bericht enthält den Vergleich von drei Methoden der physikalisch-mechanischen Strohaufbereitung, und zwar durch Spalten, Schroten und Häckeln. Für die Experimente wurden folgende Maschinen benützt: stationäre Strohspaltmaschine DRS-2 (entwickelt in der Zusammenarbeit des Forschungsinstituts für die Landwirtschaftstechnik und der Entwicklungszentrale des Staatsguts Strakonice), stationäre Strohschrotmühle VDS (Serienerzeugnis des Staatsguts Klatovy) und stationäre Stroh Häckselmaschine RVS-130 (Serienerzeugnis). Die installierte zugeführte Leistung der verglichenen Maschinen: Spaltmaschine 19,5 kW, Schrotmühle 30 kW, Häckselmaschine 14 kW. Die maximale Leistung der verglichenen Maschinen: Spaltmaschine 2,7 t h⁻¹, Schrotmühle 1,04 t h⁻¹, Häckselmaschine 0,875 t h⁻¹. Die mittlere zugeführte Leistung bei maximaler Leistung der verglichenen Maschinen: Spaltmaschine 13,26 kW, Schrotmühle 16,23 kW, Häckselmaschine 6,12 kW. Der spezifische Bedarf der elektrischen Energie von verglichenen Maschinen: Spaltmaschine 5,3 kWh t⁻¹, Schrotmühle 17,28 kWh t⁻¹, Häckselmaschine 8,3 kWh t⁻¹. Die durchschnittliche Länge der Partikeln bei den verglichenen Maschinen: Spaltmaschine 3,52 cm, Schrotmühle 1,94 cm, Häckselmaschine 4,32 cm. Die Menge der länglich gespalteten Partikeln bei den verglichenen Maschinen: Spaltmaschine 84,34 %, Schrotmühle 86,79 %, Häckselmaschine 51,54 %. Die neue Methode der Strohaufbereitung durch Spalten hat im Vergleich zu den weiteren erwähnten Methoden beträchtliche Vorteile aufgewiesen. Die Leistung der Maschine beträgt 2,7 t h⁻¹ bei der Verarbeitung von lose geschüttetem Stroh und von Strohballen.

Spalten; Spaltmaschine; Schroten; Schrotmühle; Häckseln; Häckselmaschine; Strohaufbereitung; Leistung; zugeführte Leistung; Energiebedarf

Adresa autora:

Doc. ing. Josef Maler, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepý

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

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

JAKOB, P. C 19.978/91

Entmistungssysteme für die Rindvieh- und Schweinehaltung.

Tänikon, Eidg. Forschungsanstalt f. Betriebswirtschaft und Landtechnik 1975. 8 s. 4 tab. Blätter für Landtechnik 91. (Chlévká mrva — odkliz — mechanizace — metody — vepřiny / Skot — chov — chlévská mrva — odkliz — mechanizace — metody — výzkum — Švýcarsko)

LONGHOUSE, A. D.

C 4.152/632T

Partial in-house drying and mechanical removal of manure from caged laying hens.

Morgantown, West Virginia — Agricultural experiment station 1974. 16 s. obr. tab. Bulletin — Agric. station exp. 632 T. (Slepice — chov klecový — výkaly — odkliz — výzkum / Hnějí slepičí — sušení — výzkum — USA)

PUTINCEVA, M. A. — MAZUROVA, N. M.

E 32.262/956

Analiz i rezervy ispol'zovanija traktornogo parka v Nečernozemnoj zone.

Moskva, VNIITEISCh 1976. 84 s. tab. Obzornaja informacija 956. (Traktorový park — využití — SSSR — oblasti nečernozemní — studijní zpráva — SSSR)

STOCHASTICKÁ SIMULACE CHOVU PRASAT METODOU MONTE CARLO

K. Prokop, M. Kavka, P. Vetiška, T. Doucha

PROKOP, K. — KAVKA, M. — VETIŠKA, P. — DOUCHA, T. (Vysoká škola zemědělská, Praha-Suchbátov): *Stochastická simulace chovu prasat metodou MONTE CARLO*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5) : 267-280.

Zkoumaný systém uzavřeného obratu stáda prasat má tyto komponenty: prasnice čtyř kategorií (jalové, nízkobřeží, vysokobřeží, kojící), skupiny vepřů ve třech objektech (porodna, předvýkrm, výkrm). Každá prasnice má tyto atributy: běžná kategorie, datum příchodu, věk (tj. počet porodů). Každá skupina vepřů má tyto atributy: běžný objekt, datum příchodu, velikost skupiny. Atributy prasníc i skupin vepřů se mění během vývoje. Stochastický simulační model obsahuje tři náhodné veličiny (doby pobytu v jednotlivých kategoriích a koeficient úhynu). Použití metody MONTE CARLO je založeno na třech pravděpodobnostech (zabřeznutí, reinseminace, brakování). Mezi vstupní údaje dále patří veličiny charakterizující počáteční stav stáda a doba formování skupiny. Výstupní veličiny udávají hodnoty týkající se libovolného období prognózy: týdenní produkce vepřů z výkrmu, denní počty brakovaných prasníc, denní stavy prasníc v každé kategorii, denní počty porodů. Model může sloužit pro krátkodobé i středně dlouhé prognózy. Výsledky výpočtů jsou podkladem pro výpočet týdenního zisku z prodeje masa, denní potřeby krmiv, příslušných přímých nákladů a čistého zisku celé výkrmny. Model tak umožňuje optimalizaci některých vstupních veličin, plánování potřebných kapacit objektů, produkce fekálií atd.

stochastický simulační model; uzavřený obrat stáda prasat; prognózy krátkodobé a středně dlouhé; optimalizace vstupních veličin

Projektování a výstavba velkovýkrmů prasat s moderní technologií výkrmu a jejich optimální využití je jedna z cest, jak zajistit dostatek vepřového masa. Aby projektované komplexy a s nimi spojené investice splnily očekávaný efekt, je nutné na jedné straně správně projektovat a na druhé straně je třeba zajistit optimální podmínky pro vlastní chov. V běžné praxi se při stanovení požadavků a podmínek vychází většinou z praktických zkušeností a teoretických poznatků získaných v příslušných oborech. Při vlastních teoretických výpočtech (např. určení kapacit objektů a z toho vyplývajících požadavků na mechanizaci) se používá klasických výpočtových metod. Těmito metodami však není možné postihnout skutečné chování systému, neboť biologický materiál podléhá náhodným vlivům daným okamžitými dispozicemi živého organismu a podmínkami, které jej obklopují. Jedna z cest, jak postihnout většinu náhodností a při-

blížit se co nejvíce skutečnosti, je využití pravděpodobnostních matematických metod.

V našem případě byl sestaven stochastický simulační model metodou MONTE CARLO (Prokop, 1975), který je schopen za pomoci zadáných vstupních veličin simulovat vývoj stáda prasat ve výkrmně. Pro výzkumnou, projektovou i běžnou praxi se tento model může stát významným pomocníkem.

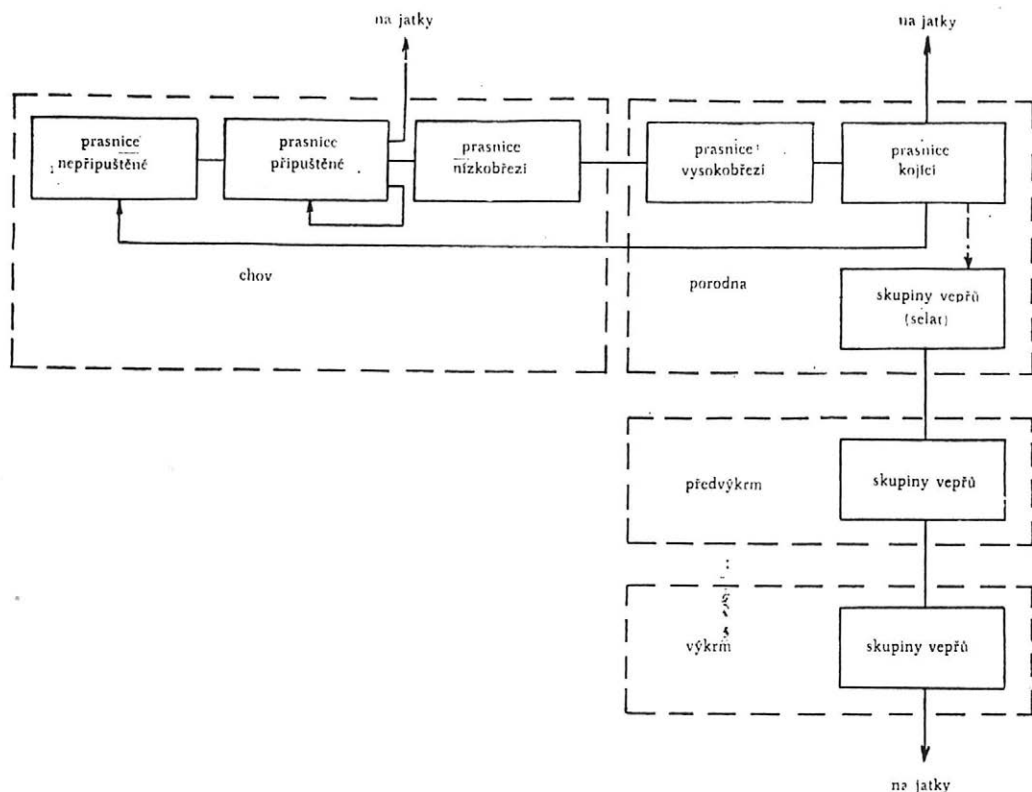
IDEALIZOVANÝ SYSTÉM

Hlavní zásadou velkovýrobního technologického procesu výkrmu prasat při uzavřeném obratu stáda je, že jednotlivé operace (zapouštění, březost prasnic, porod, odchov odstavených selat, předvýkrm a odvoz na jatky) probíhají po skupinách. Vhodným zformováním skupin lze dosáhnout plynulosti výkrmu, maximálního využití výkrmny a maximální produkce.

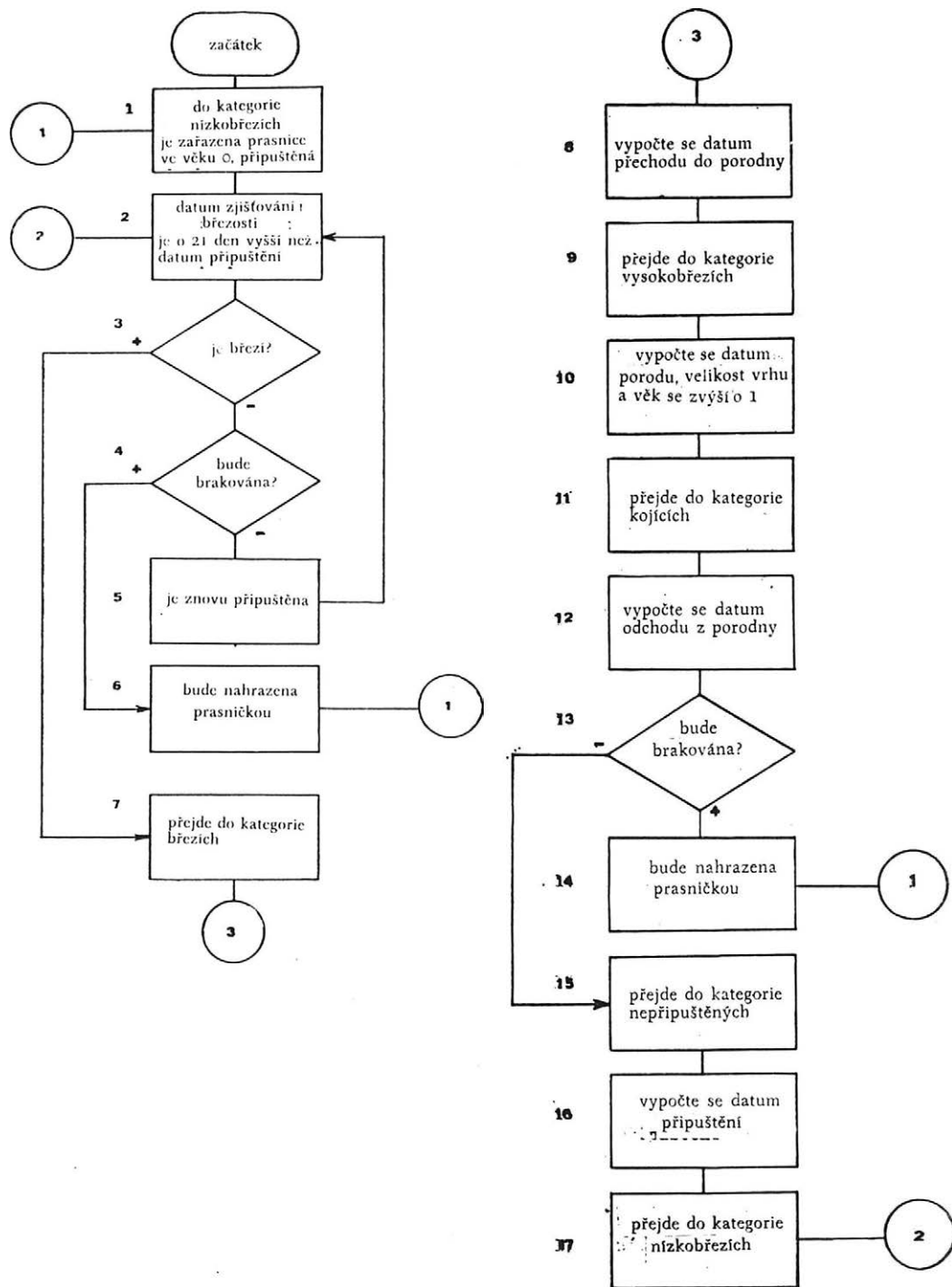
Systém se skládá z daného počtu prasnic a z jistého počtu skupin vepřů. Stav systému v každém dni je popsán stavem všech prasnic a stavem všech skupin vepřů v daném dni.

Stav prasnice v daném dni je popsán trojicí veličin (kategorie, datum přechodu do kategorie, věk). Prasnice může být v některé z pěti kategorií:

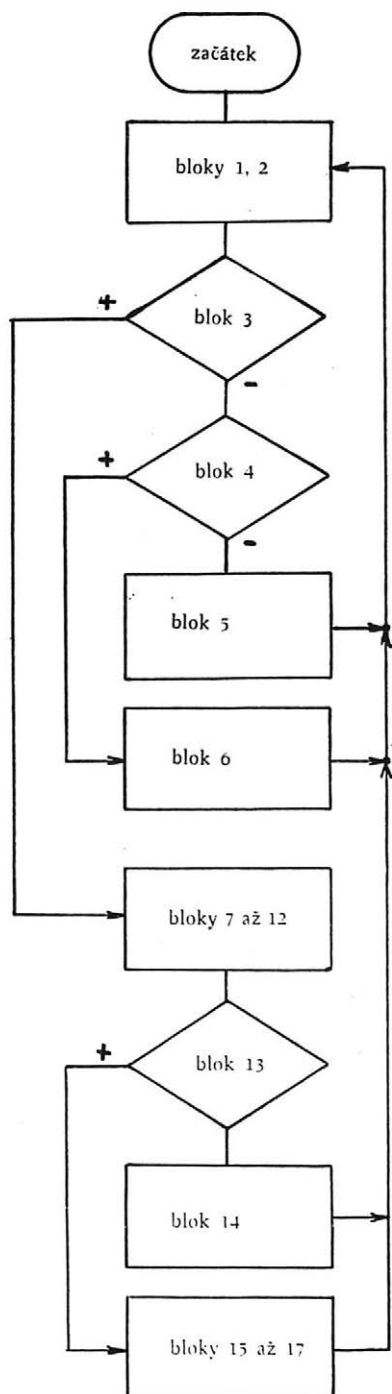
1. nepřipuštěné,
2. nízkobřeží,



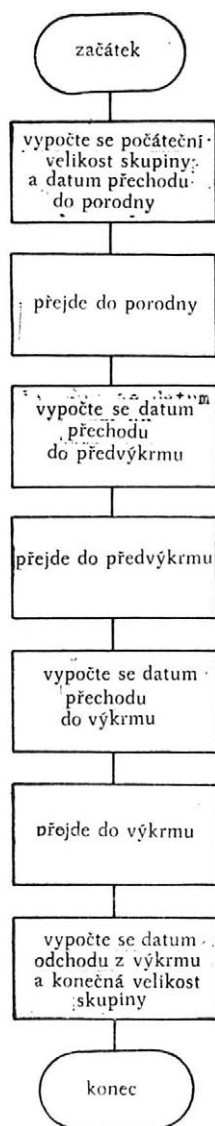
1. Schéma idealizovaného systému výroby vepřového masa — Scheme of an ideal system of pork production



2. Vývojový diagram prasnice — Diagram of the development of sow



3. Přehledný vývojový diagram prasnice — General diagram of the development of sow



4. Vývojový diagram skupiny vepřů — Diagram of the development of a group of boars

3. připuštěné,
4. vysokobřezí,
5. kojící.

Kategorie 1 až 3 jsou umístěny v objektu chov, kategorie 4 a 5 v porodně (obr. 1).

Dat^{em} přechodu do kategorie rozumíme číslo, které je přiřazeno skutečnému datu podle jistého kódu.

Věkem prasnice rozumíme počet porodů, které prasnice do daného dne absolvovala.

Důležitou konstantou systému je číslo T_{skup} , které udává jednak dobu formování skupiny selat, jednak tzv. převodní dny, tj. dny, v nichž se prasnice převádějí z objektu chov do porodny, z porodny do chovu nebo na jatky, a skupiny vepřů se převádějí z daného objektu do dalšího objektu, resp. na jatky.

Doba pobytu v kategorii „nepřipuštěné“, tj. čekání na den, kdy se (po přechodu z porodny do objektu chov) u dané prasnice objeví říje, je náhodná.

Doba březosti dané prasnice má rovněž jistý rozptyl kolem střední hodnoty, která je biologickou konstantou.

Také velikost vrhu je náhodná veličina.

Vývoj dané prasnice můžeme sledovat na vývojovém diagramu (obr. 2).

Stav skupiny vepřů v daném převáděcím dni je popsán trojicí veličin (objekt, datum přechodu do objektu, velikost).

Skupina může být v některém ze tří objektů:

1. porodna,
2. předvýkrm,
3. výkrm.

Datum přechodu musí být převáděcím dnem.

Pokud jde o velikost skupiny, je nutné nejprve definovat vznik skupiny (selat): skupina vzniká po dobu T_{skup} mezi dvěma sousedními převáděcími dny; je utvořena ze všech selat, která se během této doby v systému narodí. Skupina tedy začíná svou existenci na konci intervalu, ve kterém se tvoří (formuje); příslušný převáděcí den považujeme za den přechodu do objektu „porodna“. Takto jsou tedy stanoveny počáteční hodnoty stavové trojice: (porodna, konec formování, součet vrhů za dobu formování).

POPIS MODELU

1. SIMULACE VÝVOJE JEDNÉ PRASNICE

Předpokládejme, že hodnotami vstupních veličin jsou určeny počáteční hodnoty veličin tvořících stavovou trojici

(kategorie, datum přechodu, věk).

V závislosti na počátečních hodnotách stavové trojice a rovněž v závislosti na náhodě (viz bloky 3, 4, 13; obr. 2) projde prasnice během simulovaného (např. dvouletého) období jistým vývojem, který odpovídá prů-

chodu různými bloky ve vývojovém diagramu (obr. 2). Obr. 3 ukazuje přehledně všechny možnosti větvení procesu.

2. SIMULACE VÝVOJE JEDNÉ SKUPINY VEPŘŮ

Předpokládejme, že hodnotami vstupních veličin jsou určeny počáteční hodnoty veličin tvořících stavovou trojici

(objekt, datum přechodu, velikost).

Počet porodů v daném intervalu (např. týdnu, v němž se utváří skupina selat) závisí na náhodě. Rovněž počet selat, narozených při každém z těchto porodů, je náhodný (rozdělení příslušné náhodné veličiny je dáno hodnotami vstupních veličin). Je tedy zřejmé, že počáteční velikost skupiny vepřů závisí na náhodě. Počáteční hodnoty veličin „objekt“ a „datum přechodu“ jsou dány hodnotami vstupních veličin. Další vývoj hodnot stavové trojice až do odchodu skupiny na jatky je pak již pevně určen, protože posloupnost objektů je pevně dána (obr. 4), doby pobytu v jednotlivých objektech jsou konstantní a velikost úhynu sice závisí na náhodě, ale jeho hodnota je (náhodně) určena před začátkem simulace vývoje dané skupiny.

Výstupní veličiny jsou tyto:

N_{vi}	— počet vepřů odcházejících na jatky v I -tém intervalu
N_{bpi}	— počet brakovaných prasnic v I -tém dni
N_{ni}	— počet prasnic v chovu, které v I -tém dni jsou buď nepřipustěné nebo u nich dosud nebyla zjištěna březost
N_{bi}	— počet březích prasnic v chovu v I -tém dni (připustěné)
N_{vbi}	— počet březích prasnic v porodně v I -tém dni (vysokobřezi)
N_{pi}	— počet prasnic v porodně po porodu v I -tém dni (kojící)
N_{ssi}	— počet skupin selat v porodně v I -tém intervalu
N_{spi}	— počet skupin vepřů v předvýkrmu v I -tém intervalu
N_{svi}	— počet skupin vepřů ve výkrmu v I -tém intervalu
$N_{por, i}$	— počet porodů v I -tém dni

Vstupní veličiny lze rozdělit na veličiny charakterizující počáteční stav stáda ($n_p, d_{ch}, d_{po}, d_{por}, n_s, d_f, d_{pr}, d_v$) a na ostatní veličiny, které charakterizují vývoj stáda během modelovaného období.

Pro každou skupinku nepřipustěných prasnic v chovu, které přišly do objektu v týž den, je udáno datum příchodu skupinky a věk (tj. počet dosud absolvovaných porodů) každé prasnice skupinky.

Pro každou skupinku (nizkobřezích) prasnic v chovu, které byly připuštěny v týž den, je dáno datum připuštění a věk každé prasnice skupinky.

Pro každou skupinku připuštěných prasnic, které zabřezly v týž den, je dáno datum připuštění a věk každé prasnice skupinky.

Pro každou skupinku vysokobřezích prasnic, které přišly do porodny v týž den, je dáno datum příchodu skupinky a věk každé prasnice skupinky.

Pro každou skupinku kojících prasnic, které porodily v týž den, je dáno datum porodu a věk každé prasnice skupinky.

Pro každou skupinu selat v porodně je dáno datum zformování a velikost skupiny, pro každou skupinu vepřů v předvýkrmu, resp. výkrmu, datum příchodu do předvýkrmu, resp. výkrmu, a velikost skupiny.

Mezi vstupní veličiny charakterizující vývoj stáda patří zejména doby

pobytu jedinců jednotlivých kategorií v příslušných objektech (T_{ch} , T_p , T_{por} , T_{pr} , T_v) a statistické charakteristiky vývoje (p_b , p_z , u , p_{ri} , p_{vi} , p_{bi}).

Číslo p_b je relativní četnost prasnic, které byly pro nezabřeznutí brakovány (po zjišťování březosti). Podobně je číslo p_z rovno relativní četnosti případů zabřeznutí při připuštění. Pro dané i je číslo p_{bi} rovno relativní četnosti prasnic brakovaných (po odstavení selat) ve věku i . Připomeňme, že všechny tyto statistické charakteristiky je nutné vypočítat z většího počtu případů.

Relativní četnost p_{vi} , resp. p_{ri} , je pravděpodobnost toho, že náhodná veličina „vrh“, resp. T_j , nabude hodnoty i .

Úplný seznam vstupních veličin je tento:

n_p	— počet dosud absolvovaných porodů prasnice
d_{ch}	— kód data příchodu prasnice do chovu
d_p	— kód data připuštění
d_{po}	— kód data příchodu prasnice do porodny
d_{por}	— kód data porodu
n_s	— velikost skupiny vepřů (počáteční)
d_i	— kód data zformování skupiny vepřů (selat)
d_{pr}	— kód data příchodu skupiny vepřů do předvýkrmu
d_v	— kód data příchodu skupiny vepřů do výkrmu
T_{mod}	— délka modelovaného období (dní)
T_{skup}	— doba formování skupiny (dní)
T_{por}	— doba pobytu prasnic a selat po porodu v porodně (dní)
T_{pr}	— doba pobytu vepřů v předvýkrmu (dní)
T_v	— doba pobytu vepřů ve výkrmu (dní)
p_b	— pravděpodobnost brakování prasnice po nezabřeznutí
T_{ch}	— doba pobytu prasnice v chovu (dní) po zabřeznutí
T_p	— průměrná doba pobytu prasnice v porodně před porodem (dní)
t_p	— tolerance dne porodu
t_u	— tolerance úhynu vepřů
p_z	— pravděpodobnost zabřeznutí prasnice
u	— procento průměrného úhynu vepřů za celou dobu vývoje
d_z	— kód data začátku modelovaného období
λ	— maximální počet narozených selat v jednom vrhu zmenšený o 3
n_{pmax}	— maximální počet porodů jedné prasnice
T_j	— maximální doba před výskytem říje (dní) po převodu do chovu
p_{vi}	— pravděpodobnost vrhu $i + 3$ selat, $i = 1, \dots, \lambda$
p_{bi}	— pravděpodobnost brakace ve věku i , $i = 0, \dots, n_{pmax}$
p_{ri}	— pravděpodobnost výskytu říje za dobu $i + 22$ dní, $i = 1, \dots, T_j$

POMOCNÝ PROGRAM

Mezi vstupní veličiny modelu mj. patří, jak bylo uvedeno, veličiny charakterizující detailně počáteční stav stáda. Při použití modelu pro dlouhodobé prognózy (a v některých dalších případech použití) však počáteční stav stáda není znám; místo toho jsou známy hodnoty jistých veličin charakterizujících počáteční stav stáda globálně. Autoři tohoto článku vypracovali speciální program, s jehož pomocí lze z „globálních“ veličin vypočítat veličiny „detailní“. Vstupní veličiny tohoto programu (který bude podrobně popsán ve zvláštním článku) jsou tyto:

m_{ne}	— počet prasnic v chovu, které na začátku modelovaného období nejsou březí
m_{ni}	— počet připuštěných prasnic na začátku modelovaného období
m_v	— počet vysokobřezích prasnic na začátku modelovaného období
m_k	— počet kojících prasnic na začátku modelovaného období
v_{po}	— velikost jednotlivých skupin selat v porodně na začátku modelovaného období

- v_{pr} — velikost jednotlivých skupin vepřů v předvýkrmu na začátku modelovaného období
 v_v — velikost jednotlivých skupin vepřů ve výkrmu na začátku modelovaného období
 s_{max} — maximální věk prasnice
 $\tau_i, i = 0, \dots, s_{max}$ — relativní četnost prasnic o věku i ve stádě

Výstupními veličinami jsou $n_p, d_{ch}, d_p, d_{po}, d_{por}, n_s, d_f, d_{pr}, d_v$.

EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ TEORETICKÉHO ŘEŠENÍ

Aby autoři získali poznatky o reálnosti modelu, přistoupili k jeho experimentálnímu ověření při sestavování dlouhodobé prognózy na jedné velkovýkrmně v ČSR. Byla vypracována prognóza na období jednoho roku, tj. $T_{mod} = 360$. V závodě činila doba formování skupiny jeden týden, tj. $T_{skup} = 7$. Průměrná doba pobytu vepřů v porodně, resp. v předvýkrmu,

I. Rozdělení náhodné veličiny vrh — Distribution of the random quantity litter

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
p_{ot}	0,05	0,03	0,07	0,11	0,24	0,15	0,14	0,10	0,08	0,02	0,01

II. Rozdělení náhodné veličiny n_p — Distribution of the random quantity n_p

i	0	1	2	3	4	5	6	7
v_t	0,1770	0,1520	0,1415	0,1335	0,1250	0,1085	0,0917	0,0708

III. Rozdělení náhodné veličiny T_j — Distribution of the random quantity T_j

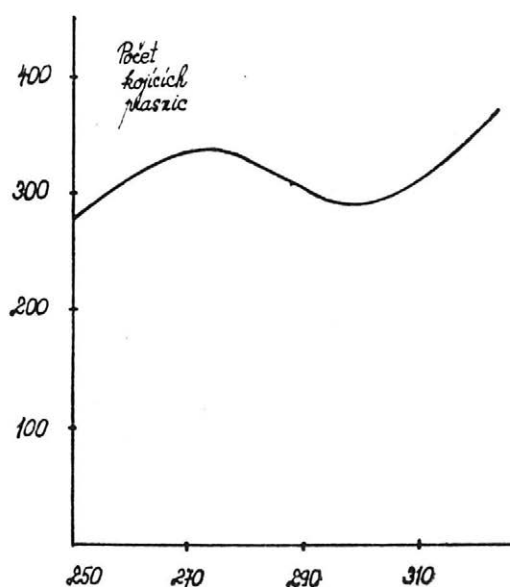
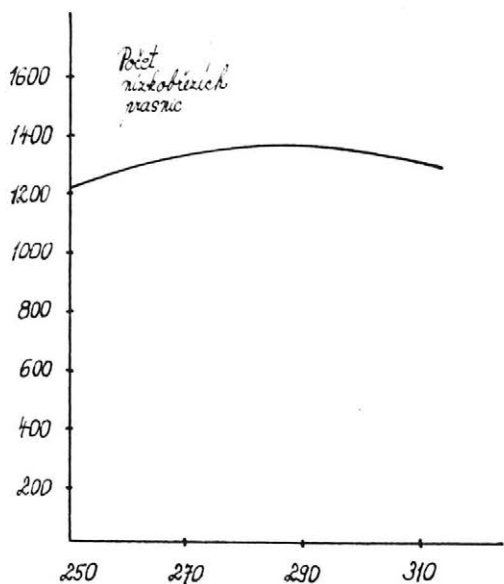
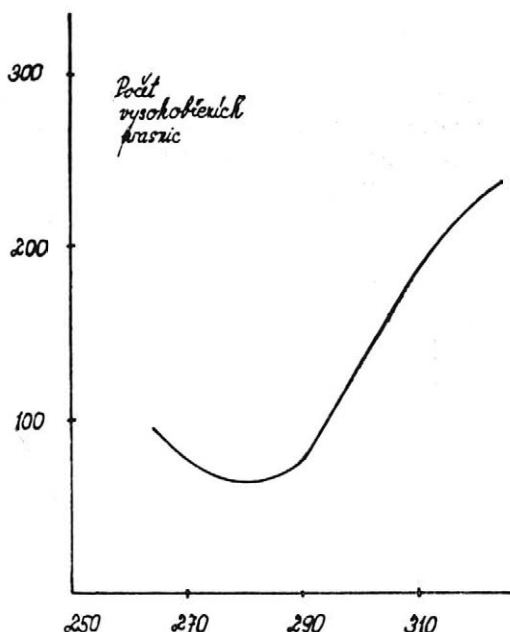
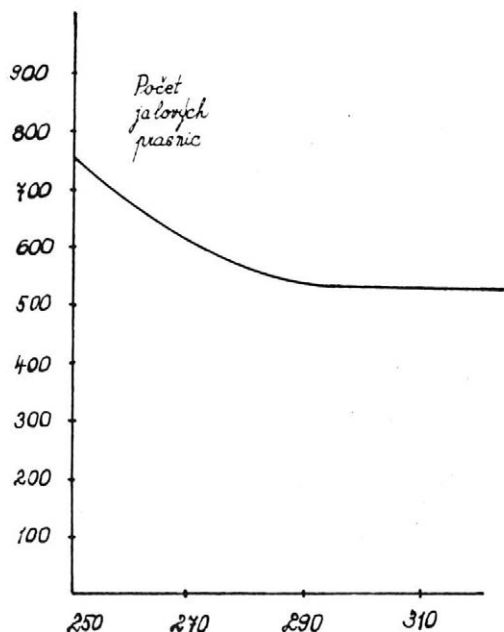
i	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p_{rt}	0,004	0,012	0,082	0,350	0,340	0,114	0,038	0,039	0,021

IV. Relativní četnosti brakace prasnic v různém věku — Relative incidence of culled sows at various age

i	1	2	3	4	5	6	7	8
p_{bt}	0,1400	0,0685	0,0590	0,0626	0,1330	0,1540	0,2270	1,0000

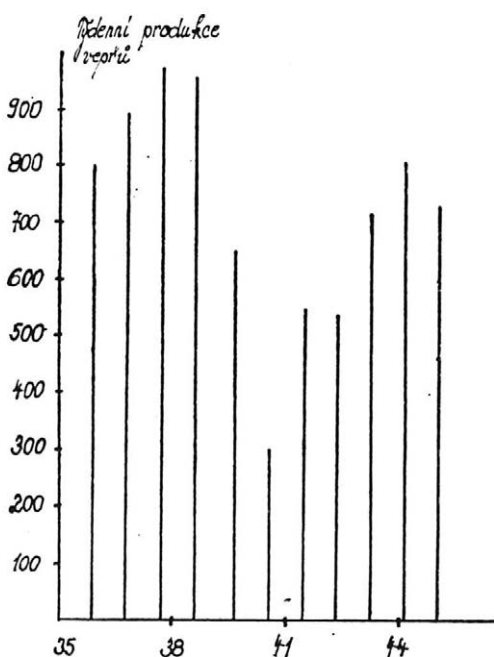
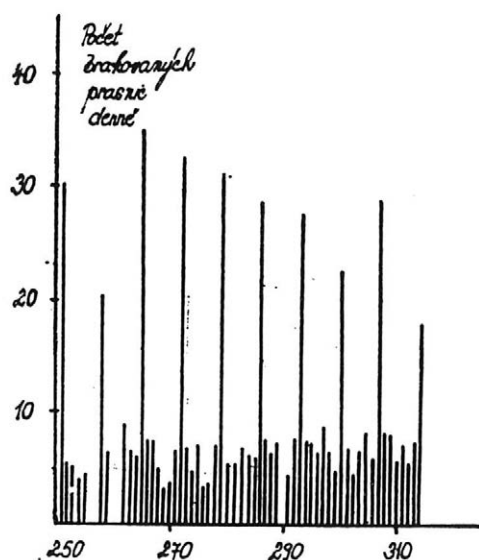
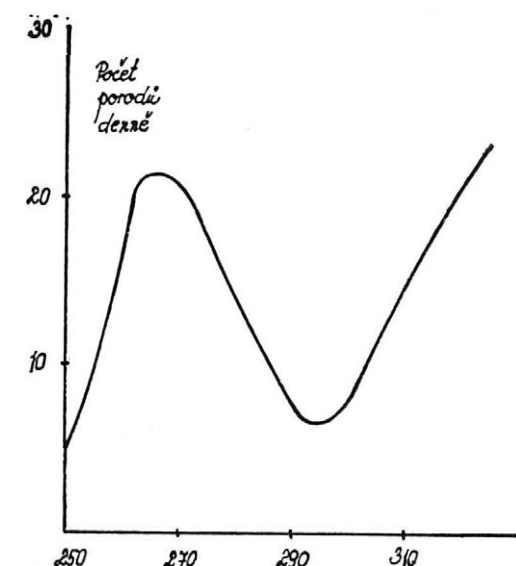
V. Počáteční velikost skupin selat v porodně, vepřů ve výkrmu a předvýkrmu — Initial size of piglet groups in a farrowing house, and of boar groups in fattening and pre-fattening houses

v_{po}	908	899	890		
v_{pr}	886	881	877		
	872	868	863	858	
	854	850	846	842	
v_v	838	834	830	826	
	822	818	814	810	
	806	802	798	794	790



5. Vývoj počtu jalových, nízkobřezích, vysokobřezích a kojících prasnic — Development of the number of sterile, low-pregnant, high-pregnant and milking sows

resp. ve výkrmu byla tři týdny, resp. sedm týdnů, resp. sedmnáct týdnů, tj. $T_{por} = 21$, $T_{pr} = 49$, $T_v = 119$. (Tedy průměrná doba pobytu vepře ve výkrmně od narození do odvozu na jatky je 189 dní.) Relativní četnost prasnic, které byly po nezabřeznutí brakovány (tj. p_b), byla 0,4. Relativní četnost prasnic, které při připuštění zabřezly (tj. p_z), byla 0,59. Průměrné procento úhynu vepřů za celou dobu pobytu (u) bylo 15 %. Relativní četnosti jednotlivých vrhů jsou dány v tab. I. Relativní četnosti prasnic různých



6. Vývoj počtu porodů, počtu brakovaných prasnic a produkce vepřů — Development of the number of farrowings, number of culled sows, and boar production

ného věku ve stádě jsou uvedeny v tab. II. Relativní četnosti počtu dní, za který nastane říje po převodu do chovu, jsou v tab. III. Konečně relativní četnosti počtu prasnic, brakovaných po skončení pobytu v porodně v různém věku, udává tab. IV. Doba pobytu prasnice v chovu po zabřeznutí (T_{ch}) byla průměrně osmdesát dní, průměrná doba pobytu prasnice v porodně před porodem (T_p) byla sedm dní, počáteční počet nebřezích prasnic v chovu (m_{ne}) byl 516, počáteční počet nízkobřezích prasnic (m_{ni}) byl 1392, počáteční počet vysokobřezích prasnic (m_v) byl 134 a počáteční počet kojících prasnic (m_k) byl 358. Rozborem dalších statistických údajů byly získány tolerance pro porod, resp. pro procento úhynu: $t_p = 5$, $t_u = 2$. V porodně byly na začátku tři skupiny selat o velikostech uvedených v tab. V (odpovídá době odstavu 21 den). Tatáž tabulka udává velikosti sedmi skupin vepřů v předvýkrmu (odpovídá hodnotě T_{pr}) a velikosti 17 skupin vepřů ve výkrmu (odpovídá hodnotě T_v).

ROZBOR VÝSLEDKŮ

Grafy, které byly získány přímo na výstupu počítače, nelze pro jejich velký objem v tomto článku reprodukovat. Proto uvádíme jen ukázky grafických výsledků pro 250. až 314. den (s výjimkou grafu Týdenní produkce vepřů, který je ukázkou z 36. až 47. týdne). Grafy (s dvěma výjimkami) vznikly vesměs zprůměrováním hodnot, které se v jednotlivých dnech od sebe liší.

Graf vývoje počtu jalových prasnic (obr. 5 vlevo nahoře) má lokální extrémy po sedmi dnech. Z hodnoty lokálního maxima se stav prasnic snižuje až na hodnotu lokálního minima, což souvisí s převáděním prasnic do skupiny nízkobřezích ihned po zjištění březosti. Pak se stav naráz zvýší, což je způsobeno převodem prasnic z porodny.

Graf vývoje počtu nízkobřezích prasnic (obr. 5 vlevo dole): Prasnic v této kategorii přibývá zvolna denním příchodem ze skupiny nízkobřezích a ubývá najednou převodem do kategorie vysokobřezích (v porodně). Každý sedmý den tedy klesá počet prasnic z hodnoty lokálního maxima na hodnotu lokálního minima.

Grafy vývoje počtu vysokobřezích a kojících prasnic (obr. 5 vpravo): V obou grafech, podobně jako v grafech předchozích, jsou zaznamenány denní i sedmidenní změny s lokálními maximy a minimy při převezech.

Ukázka vývoje počtu porodů je v obr. 6 vlevo nahoře: počet porodů je důležitým údajem pro rozvržení služeb v porodně aj.

Graf na obr. 6 vpravo udává vývoj počtu brakovaných prasnic během roku. Má všechna lokální minima ve dnech, které jsou násobky sedmi. Tato periodicitu je způsobena tím, že největší počet prasnic se brakuje při převodu z porodny do kategorie nízkobřezích, tj. jednou za sedm dní. Ostatní hodnoty brakovaných prasnic odpovídají dennímu brakování těch prasnic, které pravidelně při připuštění nezabřezávají.

Poslední graf (obr. 6 dole) udává počet vepřů, kteří jsou v jednotlivých týdnech dodáváni na jatky.

Uděláme-li celkovou bilanci pravděpodobného počtu vepřů, kteří budou během roku dodáni na jatky (včetně brakovaných prasnic), zjistíme, že v našem případě je produkce asi o 100 t nižší než odpovídá plánu. Tento rozdíl je způsoben vysokým úhynem vepřů, který se při výpočtu předpokládal. Při dosazení plánované hodnoty úhynu odpovídá i produkce plánovaným hodnotám (asi 5000 t včetně brakovaných prasnic).

Z popisu idealizovaného systému, modelu a z výsledků experimentálního ověření vyplývá, že model lze využít pro simulaci vývoje stáda prasat ve výkrmnách s uzavřeným obratem stáda, na základě daného výchozího stavu skutečného nebo projektovaného. Tento výchozí stav lze podle uvážení měnit a zjišťovat (simulovat) chování celého systému, aniž to vyžádá zdoluhavé a nákladné ověřování v praxi. Pomocí tzv. dialogu s modelem lze zjistit optimální výchozí stav, který zajistí maximální produkci a využití velkovýkrmny. Vedoucímu pracovníku nebo projektantu je tak dána možnost sledovat a předvídat stav, který pravděpodobně nastane při změně určitých podmínek (např. horší kvalita krmiva způsobí prodloužení doby výkrmu, důsledky vyššího procenta úhynu apod.) a dělat příslušná preventivní opatření.

Celý model lze dále rozpracovat a využít jej k dalším účelům. Jedná se především o tyto možnosti (označme $N_{ni} + N_{bi} + N_{vi} + N_{pi}$ symbolem C_i):

1. Určením maximálních hodnot veličin C_i , N_{ssi} , N_{spi} , N_{svi} lze stanovit požadované kapacity objektů při dlouhodobém plánování. V tomto případě ovšem neznáme počáteční stav stáda, a proto je možné použít pomocného programu pro výpočet očekávaného počátečního stavu stáda; pomocí tohoto programu počítač automaticky naděruje hodnoty vstupních veličin n_p , d_{ch} , d_p , d_{po} , d_{por} , n_s , d_j , d_{pr} a d_v ; program bude popsán ve zvláštním článku.

2. Z různých hledisek lze vstupní veličiny různě rozdělit na řízené a neřízené. (Pro účely dlouhodobého plánování lze místo dříve uvedených veličin $n_p, \dots, d_v$ za řízené vstupní veličiny považovat vstupní veličiny pomocného programu pro výpočet očekávaného počátečního stavu stáda.) Jedno z přirozených hledisek je dáno cílem sledování vliv změny dob pobytu v jednotlivých objektech (na hodnoty výstupních veličin).

Hodnotu veličiny p_b (relativní četnost brakací pro nezabřeznutí) je možné ovlivnit změnou kritérií. Primární říditelnou veličinou je tedy vlastně kritérium, podle něhož se řídí rozhodování o brakaci po nezabřeznutí prasnice. Totéž platí o veličině p_{bi} .

Číslo p_z za normálních podmínek (při daném plemeni prasat) je nutno považovat za neříditelnou veličinu. Totéž platí o veličinách p_{vi} a p_{ri} .

Položíme-li si za cíl sledování vlivu velikosti úhynu na produkci masa, resp. na finanční efekt výroby, pak je u řízenou veličinou. Je zřejmé, že snížení hodnoty u je za normálních podmínek spojeno se zvýšením nákladů; je-li známa (aspoň přibližně) funkce, podle níž náklady závisí na hodnotě u , je možné optimalizovat veličinu u vzhledem k minimálním celkovým nákladům (je totiž zřejmé, že velmi malé hodnoty veličiny u lze dosáhnout jen za pomoci značných nákladů, takže celkový finanční efekt zvýšení produkce masa tímto způsobem je nulový nebo i záporný).

3. Doplněním cen lze pomocí hmotnosti produkováných prasat vypočítat zisk z výroby masa v každém intervalu.

4. Doplněním průměrné spotřeby krmiv jednotlivých kategorií prasat (prasnic, selat, vepřů v předvýkrmu a výkrmu) lze pomocí veličin C_i , N_{spi} , N_{svi} , N_{ssi} vypočítat spotřebu krmiv jednotlivých kategorií v každém dni.

тате продажи мяса, ежедневной затраты кормов, соответствующих прямых расходов и чистой прибыли от всего откорма. Модель, таким образом, позволяет осуществить оптимизацию некоторых входных величин, планирование необходимых мощностей объектов, продукцию фекалий и т. д.

стохастическая имитирующая модель; закрытый оборот стада свиней; прогнозы кратковременные и среднесрочные; оптимизация входных величин

PROKOP, K. — KAVKA, M. — VETIŠKA, P. — DOUCHA, T. (University of Agriculture, Praha - Suchdol): *Stochastic Simulation of Pig Rearing with help of the Monte Carlo Method*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5) : 267-280.

The investigated system of closed turnover in a pig herd has the following components: four categories of sows (sterile, low-pregnant, high-pregnant, and milking sows), groups of boars in three types of houses (farrowing, pre-fattening, fattening). Each sow has the following attributes: current category, date of acception, age (i. e. the number of farrowings). Each group of boars has the following attributes: current house, date of acception, size of the group. The attributes of the sows and groups of boars change in the course of development. The stochastic simulation model includes three random quantities (the period of participation in each category, and the coefficient of death rate). Application of the Monte Carlo method is based on three probabilities (conception, reinsemination, and culling). The input data also include values characterizing the initial state of the herd and the time of forming the group. The output data give values concerning an arbitrary period of prognosis: weekly pig production from fattening, daily figures of culled sows, daily stock of sows in each category, daily numbers of farrowings. The model may be used for short-term and medium-term forecasts. The computation results are a basis for calculating weekly profits from meat sales, daily feed consumption, direct costs, and net profits from the whole fattening farm. The model enables optimization of some input data, planning of the necessary capacity of the houses, production of excrements, and so on.

stochastic simulation model; closed turnover of the pig herd; short-term and medium-term forecasts; optimization of input data

PROKOP, K. — KAVKA, M. — VETIŠKA, P. — DOUCHA, T. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha - Suchdol): *Die stochastische Nachbildung der Schweinezucht mittels der Monte Carlo — Methode*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5) : 267-280.

Das untersuchte System des geschlossenen Umsatzes der Schweineherde hat folgende Komponenten: Zuchtsäue von vier Kategorien (Jungzuchtsäue, niedertragende Zuchtsäue, hochtragende Zuchtsäue), Schweinegruppen in drei Objekten (Abferkelstall, Vormast, Mast). Jede Zuchtsau hat folgende Attribute: laufende Kategorie, Ankunftsdatum, Alter (d. i. Anzahl der Geburten). Jede Schweinegruppe hat folgende Attribute: laufendes Objekt, Ankunftsdatum, Gruppengröße. Die Attribute der Zuchtsäue und der Schweinegruppen ändern sich im Laufe der Entwicklung. Das stochastische Nachbildungsmodell enthält drei Zufallsgrößen (Aufenthaltsdauer in den einzelnen Kategorien und Mortalitätskoeffizient). Die Benützung der MONTE CARLO — Methode beruht auf drei Wahrscheinlichkeiten (Trächtigkeitswerden des Mutterschweines, Reinsemination, Bracken). Unter Eingangsdaten gehören weiter solche Größen, die den Anfangsstand der Herde und die Formationsdauer der Gruppe charakterisieren. Die Ausgangsdaten geben Werte an, die beliebige Zeiträume der Prognose betreffen: wöchentliche Produktion der Schweine aus der Mast, Tagesanzahlen der ausgemerzten Zuchtsäue, Tagesstände der Zuchtsäue in allen Kategorien, Tagesanzahl der Geburten. Das Modell kann für kurzfristige als auch mittelfristige Prognosen dienen. Die Ergebnisse der Berechnungen bilden eine Unterlage für die Berechnung der Wochenerträge von dem Fleischverkauf, des Tagesbedarfs an Futtermittel, der betreffenden Direktkosten und des Nettogewinns des ganzen Masthauses. Das Modell ermöglicht auf diese Weise die Optimierung einiger Eingangsgrößen, die Planung der nötigen Kapazität der Objekte, die Produktion von Fäkalien u. s. w.

stochastisches Nachbildungsmodell; geschlossener Umsatz der Schweineherde; kurzfristige und mittelfristige Prognose; Optimierung der Eingangsgrößen

Adresy autorů:

Karel Prokop, prom. ped., ing. Miroslav Kavka, CSc., ing. Tomáš Doucha, Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6 - Suchdol
Ing. Petr Vetiška, Vývojový podnik STS OZS, 100 00 Praha 10 - Malešice

5. Doplněním cen krmiv pro jednotlivé kategorie prasat lze vypočíst náklady za krmiva a pomocí zisku z výroby masa vypočítat čistý zisk výkrmny.

6. Doplněním průměrné produkce fekálií jednotlivých kategorií prasat lze pomocí veličiny $C_i + N_{ssi} + N_{spi} + N_{svi}$ vypočítat produkci fekálií v každém dni.

Závěrem lze konstatovat, že předložený model je dalším krokem v oblasti modelování zemědělských procesů metodou simulace. Tento model, i když zdánlivě nesouvisí s mechanizací, lze využít také pro projektování a využívání mechanizačního systému, neboť správné stanovení požadavků na mechanizační systém je na jedné straně výchozím podkladem při projektování strojního vybavení velkovýkrmny a na druhé straně mechanizační systém může ovlivnit změnu výchozího stavu při vlastním provozu. Ukazuje se, že je třeba pro plánování a řízení zemědělského provozu a speciálně pro operativní plánování a řízení provozu zemědělské techniky sestavit celou řadu takovýchto modelů, které by praxe mohla běžně využívat.

Článek vznikl na základě výsledků práce vědecko-výzkumného týmu, složeného ze zemědělských odborníků, matematika a programátora: Karel Prokop je autorem obecného algoritmu modelu, Miroslav Kavka vypracoval idealizaci reálného systému, Petr Vetiška obstaral experimentální údaje a přizpůsobil jim obecný algoritmus, Tomáš Doucha podle algoritmu vypracoval program pro počítač a pomocný program pro tisk grafů.

Literatura

JANÍK, J.: Simulace chovu prasat pomocí samočinného počítače [Diplomová práce.] Praha 1974. — Vysoká škola zemědělská.

KAVKA, M.: Technické poznatky o výkrmu prasat v Rumunsku. Mechanizace zemědělství 1971, č. 1.

KAVKA, M.: Metoda návrhu cyklu pohybu prasat ve výkrmně za předpokladu uzavřeného obratu stáda. Mechanizace zemědělství, 1972, č. 4.

PROKOP, K.: Modelování procesů v zemědělské výrobě. Sborník mechanizační fakulty VŠZ Praha, 1975.

PROKOP, K. — KAVKA, M. — DOUCHA, T.: Simulace velkovýkrmu prasat metodou MONTE CARLO. Sborník příspěvků z konference k 30. výročí osvobození ČSSR. VŠZ Praha, 1976.

VETIŠKA, P.: Užití simulace chovu prasat metodou MONTE CARLO [Diplomová práce.] Praha 1975. — Vysoká škola zemědělská.

Došlo dne 8. 10. 1975

ПРОКОП, К. — КАВКА, М. — ВЕТИШКА, П. — ДОУХА, Т. (Сельскохозяйственный институт, Прага - Сухдол): Стохастическое моделирование свиноводства по методу Монте Карло. Земед. Techn., 23, 1977 (5): 267-280.

Изучаемая система закрытого оборота стада свиней имеет следующие компоненты: свиноматки четырех категорий (свинки, низкосупоросные, высокосупоросные, подсосные), группы хряков в трех объектах (родильный, предварительный откорм, откорм). Каждая свиноматка имеет следующие атрибуты: обычная категория, дата прихода, возраст (т. е. число опоросов). Каждая группа хряков имеет следующие атрибуты: обычный объект, дата поступления, величина группы. Атрибуты свиноматок и групп хряков меняются в процессе развития. Стохастическая модель содержит три случайные величины (время пребывания в отдельных категориях и коэффициент гибели). Применение метода МОНТЕ КАРЛО основано на трех вероятностях (забеременение, повторное искусственное осеменение, выбраковка). К входным данным, далее, относятся величины, характеризующие начальное состояние стада и время формирования группы. Выходные величины это величины, касающиеся любого периода прогноза: еженедельная продукция хряков при откорме, ежедневное число выбракованных свиноматок, ежедневное поголовье свиноматок в каждой категории, ежедневное число опоросов. Модель может служить для кратковременного и среднего периодов. Результаты вычислений являются основанием для вычисления прибыли за неделю, полученной в резуль-

VYUŽITÍ DIAGNOSTIKY PRO OPTIMÁLNÍ OBNOVU STROJNÍCH PRVKŮ

L. Pejša

PEJŠA, L. (Vysoká škola zemědělská, Praha-Suchbátov): *Využití diagnostiky pro optimální obnovu strojních prvků*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5): 281–295.

Za pomoci komplexní spolehlivostní charakteristiky, vyjadřující pravděpodobné okamžité měrné náklady na provoz prvku včetně rizika havárie a rizika neekonomického provozu, je stanovena prognóza měrných nákladů na provoz a obnovu prvku daného technického stavu v dispoziční době provozu stroje. Dále je navržen způsob minimalizace měrných nákladů na provoz a obnovu, spočívající ve stanovení vhodných termínů obnovy s ohledem na diagnosticky zjištěný technický stav jednotlivých prvků stroje a na možnosti úspor montážních prací při společné obnově více prvků.

diagnostika; optimalizace; obnova; spolehlivost

Uvažujeme obecný strojní prvek, u něhož byl diagnosticky zjištěn obecný technický stav S . Prvek je součástí stroje, jehož dispoziční doba provozu T je v daném okamžiku diagnosticky prověřky buď pevně stanovena vnějšími podmínkami, nebo může být optimalizovanou veličinou.

Parametr technického stavu S charakterizuje schopnost prvku plnit jemu stanovenou funkci se zcela určitým rizikem havarijní poruchy a se zcela určitými provozními náklady. V krajním případě lze však také pouze konstatovat, že prvek vůbec není schopen dalšího provozu ani při jakkoliv zvýšených provozních nákladech. Diagnóza musí tudíž prvek především zařadit do jedné ze dvou základních skupin stavů:

1. Poruchový stav — prvek není z fyzikálního hlediska schopen dalšího provozu.
2. Provozoschopný stav — prvek je schopen dalšího provozu, ale bez ohledu na případné vysoké provozní náklady a riziko havarijní poruchy.

Zařazení sledovaného prvku do jedné z uvedených skupin stavů zásadně ovlivňuje prognózu nákladů na další provoz stroje a je tedy třeba oba případy alespoň zpočátku zkoumat odděleně.

OBNOVA PROVOZUSCHOPNÉHO PRVKU

Provozoschopný stav prvku umožňuje odsunout obnovu na pozdější dobu. Otázkou ovšem je, zda je to výhodné z hlediska zabezpečení provozu prvku po celou další uvažovanou dispoziční dobu provozu stroje T . Například může nastat případ, kdy dispoziční doba T je již velmi malá, tzn., že stroj je na konci své předpokládané doby využití, při-

čemž konkrétní sledovaný prvek je sice v provozuschopném stavu, ovšem pracuje velmi neehospodárně a se zvýšeným rizikem havarijní poruchy. I v takovémto případě však může nastat situace, kdy bude výhodné ponechat prvek v provozu, protože ekonomický důsledek okamžitých vysokých provozních nákladů a zvýšeného rizika havárie zdaleka nedosáhne nákladů na obnovu.

Při jiné, delší dispoziční době provozu stroje T , může nastat situace opačná a může se jevit jako ekonomicky výhodné obnovit prvek mnohem dříve než bývá běžné, aby ještě bylo možné obnovený prvek dostatečně využít.

Z uvedeného hlediska můžeme předběžně vyslovit tuto zásadu:

— Kritériem pro potřebu obnovy strojního prvku nemůže být pouze jeho okamžitý technický stav, ale je třeba vzít v úvahu další vlivy, především předpokládanou dispoziční dobu provozu stroje.

Pevné, tzv. mezní podmínky provozu, při jejichž dosažení je jednoznačně určena potřeba obnovy prvku, se proto zpravidla jeví jako nepřijatelné, i když by jejich používání poněkud usnadnilo vlastní proces diagnostiky. Na druhé straně ovšem nelze připustit, aby potřeba obnovy konkrétního prvku byla po každé diagnóze složitě a pracně počítána ze všech základních konkrétních údajů.

Proto je v této práci navrženo řešení, které vychází nikoliv z tradičních pevných mezních podmínek provozu, ale z normativu S_0 pro obnovu prvku (Pejša, 1977). Obnova při dosažení normativu S_0 je optimální pouze z hlediska samotného prvku bez ohledu na celý stroj. Další vlivy, zejména dispoziční doba provozu stroje T , zde budou uplatněny v podobě konkrétní korekce normativu S_0 a projeví se buď zkrácením, nebo prodloužením doby provozu prvku.

Nemůže-li být kritériem optimální obnovy pouze technický stav prvku, je třeba hledat kritérium jiné, komplexnější.

Vezmeme-li v úvahu, že prvek musí být v provozuschopném stavu po celou následující dispoziční dobu provozu stroje T , nabízí se zde jediné vhodné kritérium, a sice prognóza středních měrných nákladů na provoz a obnovu prvku $u(T, S, y)$, vyjádřená v obecné podobě vztahem [1]. Měrné náklady $u(T, S, y)$ zahrnují nejen vliv technického stavu prvku S , ale i vliv dispoziční doby T a v uvedené obecné podobě také vliv počtu obnov y . Počet obnov je zde proměnnou veličinou, jejíž optimální hodnota bude v dalším stanovena tak, aby náklady $u(T, S, y)$ dosáhly svého minima.

První člen čitatele pravé strany rovnice [1] vyjadřuje střední náklady na provoz prvku od jeho okamžitého stavu S do dosažení stavu pro obnovu S_y . Vztahem [1a] je stav pro obnovu S_y stanoven tak, aby při počtu budoucích obnov a při níže definované tzv. relativní době provozu prvku $\bar{t}(S)$ byl zabezpečen provoz stroje po celou jeho následující dispoziční dobu T . Veličina S_y je přímo závislá na počtu obnov y a pro dané T a S bude tedy rovněž stanovena její optimální hodnota.

Druhý člen čitatele pravé strany rovnice [1] vyjadřuje střední náklady na provoz a obnovu prvku v dalším období provozu stroje, a sice pro každou z počtu obnov y jednak náklady na obnovu N_0 , jednak náklady na provoz od počátečních stavů prvku S_2 do stavů pro obnovu S_y .

Uvedené absolutní náklady v čitateli rovnice [1] jsou vztaženy na dispoziční dobu provozu stroje T a dostáváme tak hledané náklady měrné:

$$u(T, S, y) = \frac{\frac{\bar{t}(S_y)}{\bar{t}(S)} \int_{\bar{t}(S)}^{\bar{t}(S_y)} v(x) d\bar{t}(x) + y \left[N_0 + \int_{\bar{t}(S_2)}^{\bar{t}(S_y)} v(x) d\bar{t}(x) \right]}{T} \quad [1]$$

$$\text{pro:} \quad \bar{t}(S_y) = \frac{T + \bar{t}(S)}{y + 1} \quad [1a]$$

- kde: $u(T, S, y)$ — prognóza měrných nákladů na provoz a obnovu prvku v dispoziční době provozu stroje T od dosažení technického stavu S , při obecném počtu budoucích obnov y ($\text{Kčs} \cdot \text{doba provozu}^{-1}$)
- t — doba provozu prvku nebo stroje obecně, vyjádřená např. spotřebou paliva, počtem motohodin, produkcí stroje nebo i prostou dobou provozu stroje v hodinách
- T — dispoziční doba provozu stroje, tj. doba provozu od daného okamžiku zkoumání do ukončení provozu stroje a jeho likvidace
- S — diagnosticky zjištěná okamžitá hodnota parametru technického stavu prvku (vyjádřená v různých fyzikálních jednotkách včetně doby provozu t)
- y — počet budoucích obnov daného prvku v následující dispoziční době provozu stroje T — jako proměnná optimalizovaná veličina
- $\bar{t}(s)$ — relativní doba provozu prvku při jeho technickém stavu S ; je zde ztotožněna se střední dobou od začátku provozu prvku do dosažení stavu S
- S_y — hodnota parametru S v okamžiku obnovy prvku; je stanovena tak, aby při počtu obnov y byla vyplněna dispoziční doba T
- $\bar{t}(S_y)$ — střední doba provozu prvku od počátku provozu do dosažení stavu pro obnovu S_y
- S_z — hodnota parametru S na počátku provozu obnoveného prvku (nového nebo opraveného)
- $t(S_z)$ — relativní doba provozu právě obnoveného prvku; je rovna nule při obnově standardní kvality, při méně kvalitní obnově je možné považovat prvek za relativně starší
- $v(S)$ — střední okamžité měrné provozní náklady prvku při jeho technickém stavu S ($\text{Kčs} \cdot \text{doba provozu}^{-1}$)
- N_o — střední náklady na obnovu prvku, tj. střední náklady na montáž a základní prostoje, buď včetně nákladů na pořízení a opravy připadající na jedno meziopravářské období u prvku opraveného, nebo pouze včetně nákladů na pořízení u prvku neopraveného — základním prostojem je zde míněno prodloužení mimosezónní opravy stroje v důsledku obnovy daného prvku

Veličina $v(S)$ ve vztahu [1] představuje komplexní spolehlivostní charakteristiku zahrnující riziko havarijní poruchy, riziko neekonomického provozu a náklady na diagnostiku v této podobě:

$$v(S) = \frac{f(S)}{q(S)} N_h + v_e(S) + v_d \quad [2]$$

- kde: $f(S)$ — hustota pravděpodobnosti poruchy v závislosti na náhodně proměnném obecném parametru technického stavu S (S^{-1})
- $q(S)$ — odolnost prvku proti opotřebení, tj. proti změně parametru S (doba provozu $\cdot S^{-1}$)
- N_h — střední havarijní náklady prvku, tj. střední náklady na obnovu prvku po havarijní poruše, zmenšené o náklady na včasnou obnovu (Kčs)
- $v_e(S)$ — střední okamžité přímé měrné provozní náklady prvku při jeho technickém stavu S ($\text{Kčs} \cdot \text{doba provozu}^{-1}$)
- v_d — měrné náklady na diagnostiku prvku ($\text{Kčs} \cdot \text{doba provozu}^{-1}$)

Odvození a zdůvodnění veličiny $v(S)$ ve vztahu [2] uvádí Pejša (1975), proto zde budou shrnuty pouze některé závěry potřebné pro další rozbor.

Vycházíme z definice:

$$q(S) = \frac{d\bar{t}(S)}{dS} \quad [3]$$

a stanovíme tzv. relativní dobu provozu, tj. střední dobu provozu odpovídající změně technického stavu z počáteční hodnoty S_z na okamžitou hodnotu S :

$$\bar{t}(S) = \int_{S_z}^S q(x) dx \quad [4]$$

Ve zvláštním případě, kdy jako parametr technického stavu je volena přímo doba provozu, čili prvek není diagnostikován, nabývá vztah [3] známého tvaru:

$$q(t) = \frac{d\bar{t}(t)}{dt} = R(t) \quad [5]$$

kde: $R(t)$ — pravděpodobnost bezporuchového provozu prvku v době provozu t

Dále pak pro uvedený zvláštní případ, kdy prvek není diagnostikován, platí na základě [2] a [5] opět běžně známý vztah:

$$v(t) = \lambda(t) N_h + v_e(t) + v_d \quad [6]$$

kde: $\lambda(t)$ — intenzita poruch prvku v době provozu t (doba provozu⁻¹)

Při dalším rozboru problému zůstaneme u obecné formulace parametru technického stavu S a vezmeme v úvahu možnost použití výsledných vztahů i u nediagnostikovaných prvků, kde je sledována pouze doba provozu.

Dalším nejbližším úkolem je upravit vztah [1] tak, aby bylo možné snadněji optimalizovat počet obnov y . Za tímto účelem zde bez důkazu převezmeme z práce [2] vztah pro stanovení normativu pro obnovu prvku:

$$N_o = \int_{v(S_z)}^{v(S_o)} \bar{t}(x) dv(x) \quad [7]$$

kde: S_o — normativ technického stavu pro obnovu prvku, tj. optimální hodnota S pro obnovu izolovaně uvažovaného prvku

$v(S_o)$ — normativ středních okamžitých měrných provozních nákladů, tj. optimální hodnota $v(S)$ pro obnovu izolovaně uvažovaného prvku (Kčs · doba provozu⁻¹)

Vztah [7] sice vyjadřuje hledanou hodnotu normativu S_o , respektive $v(S_o)$, ve formě poněkud složité, ovšem při známých experimentálně statisticky zjištěných funkcích $v(S)$ a $\bar{t}(S)$ a při známé hodnotě N_o je numerické nebo grafické řešení velmi snadné.

Známe-li normativ S_o , lze již na základě vztahu [4] stanovit další potřebnou veličinu:

$$\bar{t}(S_o) = \int_{S_z}^{S_o} q(x) dx \quad [8]$$

kde: $\bar{t}(S_o)$ — normativ doby provozu pro obnovu prvku, tj. střední doba provozu odpovídající změně technického stavu z počáteční hodnoty S_z na normativní hodnotu S_o

Uvedený normativ S_o a z něho plynoucí hodnoty $v(S_o)$ a $\bar{t}(S_o)$ jsou pro každý prvek a zvolenou diagnostickou metodu zjistitelné konstanty, které lze bezprostředně využít pro optimální obnovu izolovaně uvažovaného prvku.

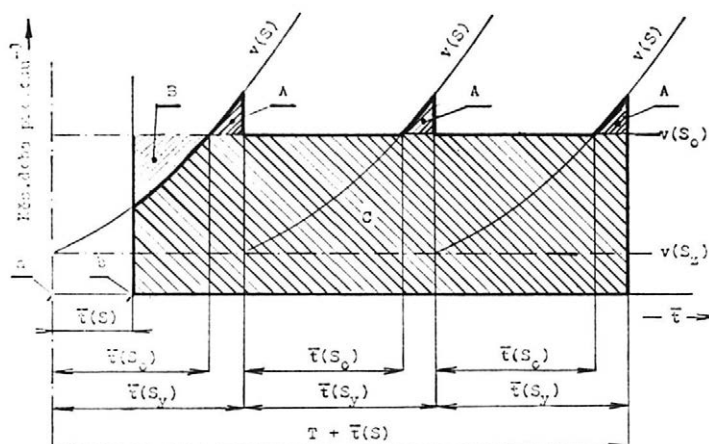
Ve složitějším případě, daném vztahem [1], kdy je respektována požadovaná dispoziční doba provozu stroje T , se však optimální obnovy dosáhne při hodnotě parametru S již obecně odlišné od normativu S_o . Přesto se jeví jako výhodné využít i zde uvedených normativních hodnot a tyto hodnoty v podstatě pouze vhodným způsobem korigovat.

Po úpravě pravé strany rovnice [1] metodou *per partes* a s využitím rovnic [7] a [1a] lze zkoumané měrné náklady $u(T, S, y)$ vyjádřit následujícím vztahem [9]. V tomto

vztahu je již výrazně oddělena konstantní složka $v(S_0)$, ale proměnná složka, závislá na počtu obnov y , má ještě poměrně složitý tvar.

$$u(T, S, y) = v(S_0) + \frac{(y+1) \int_{v(S_y)}^{v(S_0)} [\bar{t}(x) - \bar{t}(S_y)] dv(x) - \int_{v(S)}^{v(S_0)} [\bar{t}(x) - \bar{t}(S)] dv(x)}{T} \quad [9]$$

Řešenou problematiku lze poněkud přiblížit grafickým zobrazením (obr. 1).



1. Příklad prognózy obnov prvku v dispoziční době provozu stroje T — Example of a forecast of machine element renewal in operation time T

a — pravděpodobný začátek provozu prvku

b — okamžik prognózy, při němž má prvek relativní dobu provozu $\bar{t}(S)$

A — absolutní ztráta v důsledku posunutí okamžiku obnovy z normativu doby provozu $\bar{t}(S_0)$ na hodnotu $\bar{t}(S_y)$, odpovídají zde počtu obnov $y = 2$ (Kčs)

B — využitelná hodnota prvku od okamžiku prognózy do dosažení normativu S_0 (Kčs)

C — absolutní náklady na provoz a obnovu prvku v dispoziční době provozu stroje T za předpokladu ideálního počtu obnov y , při němž se hodnoty $\bar{t}(S_0)$ a $\bar{t}(S_y)$ ztotožňují (Kčs)

Na obr. 1 je příklad prognózy obnov prvku v případě, kdy počet obnov y je jako celé číslo poněkud menší než počet ideální a kdy tedy vznikají ekonomické ztráty v důsledku překročení normativu pro obnovu $\bar{t}(S_0)$. Obdobně by bylo možné zobrazit příklad ekonomických ztrát v důsledku nedosažení normativu $\bar{t}(S_0)$, přičemž matematické závěry jsou pro oba případy stejné.

V souladu s obr. 1 lze vztah [9] napsat v této podobě:

$$u(T, S, y) = v(S_0) + \frac{(y+1) A - B}{T} \quad [10]$$

kde:

$$A = \int_{v(S_y)}^{v(S_0)} [\bar{t}(x) - \bar{t}(S_y)] dv(x) \quad [10a]$$

$$B = \int_{v(S)}^{v(S_0)} [\bar{t}(x) - \bar{t}(S)] dv(x) \quad [10b]$$

Integrál A zde představuje prognózu absolutní ztráty v Kčs, vzniklé v důsledku jedné z $(y + 1)$ nutných odchylek technického stavu pro obnovu S_y od normativu S_0 .

Integrál B představuje využitelnou hodnotu prvku od okamžiku prognózy do dosažení normativu S_0 . Skutečnost, že tato hodnota je ve vztahu [9] i ve vztahu [10] odčítána od celkových budoucích nákladů, lze logicky pochopit. Jedná se o hodnotu nákladů do prvku již dříve vložených, které budou bez další investice v budoucnu využity a sníží tak prognózu nákladů na hodnotu $u(T, S, y)$.

Problém další vhodné úpravy vztahu [9] se nyní zúžil na přibližné, ovšem dostatečně přesné, vyjádření uvedených integrálů A a B .

Předpokládejme, že funkci okamžitých měrných provozních nákladů $v(S)$ lze nahradit přímkou pro hodnoty proměnné S ne příliš vzdálené od normativu S_0 . Prakticky tento předpoklad znamená, že plochy A a B , představující na obr. 1 omezené integrály [10a] a [10b], budeme považovat za plochy trojúhelníků.

Příslušnou směrnicí přímky, nahrazující v daném úseku funkci $v(S)$, lze stanovit tak, aby chyba v důsledku linearizace byla minimální. Předběžně však bylo ověřeno, že plně postačí jednoduché vyjádření v této podobě:

$$\varepsilon = \frac{v(S_0) - v(S_z)}{2 \bar{t}(S_0)} \quad [11]$$

kde: ε — konstanta úměrnosti ekonomických ztrát v důsledku odchylky od normativu pro obnovu S_0 ; je zde rovna poloviční hodnotě směrnice přímky nahrazující v daném úseku funkci $v(S)$ (Kčs · doba provozu⁻²)

Za uvedeného předpokladu dostatečné přesnosti lze funkci $v(S)$ v uvažovaném rozmezí proměnné $S \in \langle S_y : S_0 \rangle$ a $S \in \langle S_z : S_0 \rangle$ vyjádřit pomocí rovnice [11] takto:

$$v(S) = v(S_0) + 2\varepsilon [\bar{t}(S) - \bar{t}(S_0)] \quad [12]$$

Je nutno podotknout, že přibližný tvar [12] funkce $v(S)$ lze použít pouze v uvedeném případě, kdy se zkoumá vliv odchylek od normativu. Samotný normativ $v(S_0)$ musí být nezbytně stanoven pomocí přesného tvaru funkce [2].

Za pomoci přibližného vztahu [12] již lze integrály [10a] a [10b] nahradit těmito přibližnými jednoduchými funkcemi:

$$A = \varepsilon [\bar{t}(S_0) - \bar{t}(S_y)]^2 \quad [13]$$

$$B = \varepsilon [\bar{t}(S_0) - \bar{t}(S)]^2 \quad [13a]$$

Vztah [9], resp. [10] nabývá tohoto jednoduchého přibližně platného tvaru:

$$u(T, S, y) = v(S_0) + \frac{\varepsilon}{T} \left[(y + 1) \left(\bar{t}(S_0) - \bar{t}(S_y) \right)^2 - \left(\bar{t}(S_0) - \bar{t}(S) \right)^2 \right] \quad [14]$$

$$\text{pro: } \bar{t}(S_y) = \frac{T + \bar{t}(S)}{y + 1} \quad [14a]$$

Nyní již je možné přistoupit ke stanovení optimálního počtu obnov y , zabezpečujícího minimum měrných nákladů $u(T, S, y)$. Vzhledem k tomu, že počet obnov y může být pouze celé kladné číslo nebo nula, je volen tento postup jeho optimalizace:

— V první fázi je veličina y považována za spojitě proměnnou a je stanoven ideální, prakticky nerealizovatelný počet obnov $y = K$ jako obecně necelé číslo, při němž však funkce $u(T, S, y)$ nabývá absolutního minima $u(T, S, K)$.

— V druhé fázi jsou stanoveny mezní hodnoty pro zaokrouhlení ideálního počtu obnov K na celé číslo $y = k$ tak, aby odpovídající — již realizovatelná hodnota funkce $u(T, S, k)$ — minimálně převýšila absolutní minimum $u(T, S, K)$.

Ze vztahu [14] lze odvodit:

$$u(T, S, K) = v(S_0) - \frac{\varepsilon}{T} [\bar{t}(S_0) - \bar{t}(S)]^2 \quad [15]$$

$$\text{pro:} \quad K = \frac{T + \bar{t}(S)}{\bar{t}(S_0)} - 1 \quad [15a]$$

kde: $u(T, S, K)$ — absolutní minimum funkce $u(T, S, y)$; je prakticky nerealizovatelné pro dané T a náhodnou hodnotu $\bar{t}(S)$

K — ideální počet budoucích obnov pro dané T a S ; obecně necelé kladné číslo

Ideální počet obnov je možné zaokrouhlit buď směrem dolů na celou část čísla K , tj. na

$$k_a = [K] \quad [16]$$

nebo směrem nahoru, tj. na

$$k_b = [K] + 1 \quad [17]$$

kde: $[K]$ — celá část čísla K

$k_a; k_b$ — zaokrouhlený počet obnov K směrem dolů a směrem nahoru

Hledané mezní hodnoty ideálního počtu obnov K jsou takové, pro něž má zaokrouhlení směrem dolů stejný ekonomický důsledek jako zaokrouhlení směrem nahoru. Vycházíme tedy z rovnosti měrných nákladů $u(T, S, y)$ pro $y = k_a$ a $y = k_b$:

$$u(T, S, k_a) = u(T, S, k_b) \quad [18]$$

Ze vztahů [14] až [17] dále plyne:

$$u(T, S, k_a) = u(T, S, K) + \frac{\varepsilon \bar{t}^2(S_0)}{T} \cdot \frac{([K] - K)^2}{[K] + 1} \quad (19)$$

$$u(T, S, k_b) = u(T, S, K) + \frac{\varepsilon \bar{t}^2(S_0)}{T} \cdot \frac{([K] + 1 - K)^2}{[K] + 2} \quad (20)$$

Řešením vztahů [18] až [20] již dostáváme tuto podmínku pro zaokrouhlení ideálního počtu obnov K :

$$(K + 1)^2 \leq ([K] + 1)([K] + 2) \Rightarrow k = [K]$$

$$(K + 1)^2 > ([K] + 1)([K] + 2) \Rightarrow k = [K] + 1 \quad [21]$$

kde: k — optimální počet plánovaných obnov prvku v dispoziční době provozu stroje T

Na základě podmínky [21] konkrétně platí:

$$\begin{aligned} (K+1) &\leq \sqrt[3]{2} && \text{zaokrouhlíme na } k=0 \\ \sqrt[3]{2} < (K+1) &\leq \sqrt[3]{6} && \text{zaokrouhlíme na } k=1 \\ \sqrt[3]{6} < (K+1) &\leq \sqrt[3]{12} && \text{zaokrouhlíme na } k=2 \\ \sqrt[3]{12} < (K+1) &\leq \sqrt[3]{20} && \text{zaokrouhlíme na } k=3 \\ \sqrt[3]{20} < (K+1) &\leq \sqrt[3]{30} && \text{zaokrouhlíme na } k=4 \\ \sqrt[3]{30} < (K+1) &\leq \sqrt[3]{42} && \text{zaokrouhlíme na } k=5 \\ &&& \text{atd.} \end{aligned}$$

Dosažením optimální hodnoty $y = k$ do vztahu [14] a [14a] dostáváme:

$$u(T, S) = v(S_0) + \frac{\varepsilon}{T} \left[(k+1) \left(\bar{t}(S_0) - \frac{T + \bar{t}(S)}{k+1} \right)^2 - \left(\bar{t}(S_0) - \bar{t}(S) \right)^2 \right] \quad [22]$$

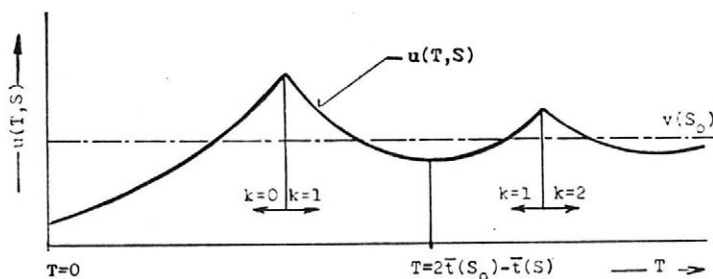
$$\text{přičemž: } \bar{t}(S_p) = \frac{T + \bar{t}(S)}{k+1} \quad [22a]$$

$$\bar{t}_a(S_p) = \bar{t}(S_p) - \bar{t}(S) = \frac{T - k\bar{t}(S)}{k+1} \quad [22b]$$

- kde: $u(T, S)$ – prognóza měrných nákladů na provoz a obnovu prvku v dispoziční době provozu stroje T od dosažení technického stavu S , při optimálním počtu obnov k
- k – stanoveno ze vztahu [21] a [15a]
- $\bar{t}(S_p)$ – plánovaná střední doba provozu prvku od začátku provozu do obnovy
- $\bar{t}_a(S_p)$ – plánovaná střední doba provozu prvku od okamžiku prognózy do první následující obnovy
- S_p – plánovaný stav pro obnovu prvku zabezpečující optimální počet obnov k

Jak je zřejmé, prognóza měrných nákladů $u(T, S)$ zahrnuje pouze pravděpodobné náklady budoucí a nebere v úvahu náklady vynaložené již dříve, před dosažením technického stavu S . Tuto skutečnost je třeba mít nadále na paměti a vhodně ji využít při optimalizaci provozu celého stroje.

Na obr. 2 je typický průběh funkce $u(T, S)$. Svých lokálních maxim nabývá tato



2. Příklad prognózy měrných nákladů $u(T, S)$ při obecném technickém stavu prvku S a optimálním počtu obnov k – Example of a forecast of specific costs $u(T, S)$ at a general technical state of the element S and an optimum number of renewals k

funkce v dobách provozu odpovídajících mezním hodnotám K , při nichž zaokrouhlení směrem nahoru i dolů přináší stejné ekonomické ztráty.

V limitním případě, kdy se dispoziční doba provozu stroje T blíží k nule, ztotožní se prognóza měrných nákladů $u(T, S)$ s hodnotou okamžitých středních měrných provozních nákladů $v(S)$. Vezmeme-li v úvahu, že pro $T \rightarrow 0$ je $k = 0$, lze za pomoci [11] a příslušné definice ε napsat limitu vztahu [22]:

$$\lim_{T \rightarrow 0} u(T, S) = v(S) \quad [23]$$

Dále pak je ještě zajímavé, že při velké dispoziční době T již vliv zaokrouhlení počtu obnov ztrácí význam a prognóza měrných nákladů $u(T, S)$ se ztotožňuje s normativem $v(S_0)$. Vezmeme-li v úvahu, že pro $T \rightarrow \infty$ je $k \rightarrow K$, lze za pomoci [15a] napsat limitu vztahu [22]:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} u(T, S) = v(S_0) \quad [24]$$

OBNOVA POROUCHANÉHO PRVKU

Poruchový stav prvku nedává možnost odsunout obnovu na pozdější dobu. Není-li prvek v dané době provozu obnoven, zbývá další jediná možnost, a sice vyřadit z provozu celý stroj. Otázkou je, zda právě při takovéto příležitosti, kdy např. u staršího stroje dojde k náhodné poruše významného drahého prvku, by již nebylo výhodné ukončit technický život celého stroje a nebo zda se obnova daného prvku ještě vyplatí.

Za uvedeným účelem je i v tomto případě třeba stanovit prognózu měrných nákladů na provoz a obnovu prvku. Tyto měrné náklady budou zřejmě značně velké při malých hodnotách dispoziční doby provozu stroje T , přičemž při vysokých hodnotách T lze očekávat malé rozdíly od předcházejícího případu obnovy provozuschopného prvku. V obecném případě pro porouchaný prvek platí:

$$u(T, y) = \frac{(y + 1) \left[N_0 + \int_{\bar{t}(S_y)}^{\bar{t}(S_0)} v(x) d\bar{t}(x) \right]}{T} \quad [25]$$

$$\text{pro:} \quad \bar{t}(S_y) = \frac{T}{y + 1} \quad [25a]$$

kde: $u(T, y)$ – prognóza měrných nákladů na obnovu porouchaného prvku a na jeho provoz a obnovu v dispoziční době T od opětovného uvedení stroje do provozu, při obecném počtu budoucích obnov y
 y – počet budoucích obnov daného prvku v následující dispoziční době provozu stroje T jako proměnná optimalizovaná veličina (nezahrnuje obnovu současnou)

Vztahy [25] a [25a] obsahují stejné veličiny jako vztahy [1] a [1a]. Řešení je rovněž obdobné, proto budou uvedeny pouze závěry. Analogicky vztahu [14] platí:

$$u(T, y) = v(S_0) + \frac{\varepsilon}{T} (y + 1) [\bar{t}(S_0) - \bar{t}(S_y)]^2 \quad [26]$$

$$\text{pro: } \bar{t}(S_p) = \frac{T}{y+1} \quad [26a]$$

Optimalizací veličiny y dostáváme v případě porouchaného prvku tento ideální počet budoucích obnov v následující době provozu T :

$$K = \frac{T}{\bar{t}(S_o)} - 1 \quad [27]$$

Dále pak obdobně jako [22] platí:

$$u(T) = v(S_o) + \frac{\varepsilon}{T} (k+1) \left[\bar{t}(S_o) - \frac{T}{k+1} \right]^2 \quad [28]$$

$$\text{přičemž: } \bar{t}(S_p) = \frac{T}{k+1} \quad [28a]$$

$$a(S_p) = 0 \quad [28b]$$

kde: $u(T)$ — prognóza měrných nákladů na současnou obnovu prvku a na provoz a obnovu v dispoziční době T od opětného uvedení stroje do provozu, při optimálním počtu budoucích obnov k

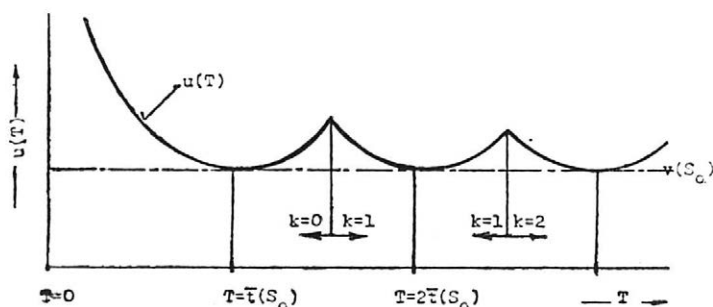
k — stanoveno ze vztahu [21] a [27]

V limitním případě ze vztahu [28] dostáváme:

$$\lim_{T \rightarrow 0} u(T) = \infty \quad [29]$$

$$\lim_{T \rightarrow \infty} u(T) = v(S_o) \quad [30]$$

Znalost funkcí $u(T, S)$ a $u(T)$ má základní význam při rozhodování o účelné obnově celého stroje. Tuto prognózu měrných nákladů, stanovenou pro jednotlivé strojní prvky, však je třeba ještě korigovat s ohledem na možné úspory při montáži společně obnovovaných prvků (obr. 3).



3. Příklad prognózy měrných nákladů $u(T)$ — Example of a forecast of specific costs $u(T)$

KOREKCE PLÁNOVANÝCH DOB PROVOZU PRVKŮ S OHLEDEM NA MOŽNOST SPOLEČNÉ MONTÁŽE PŘI OBNOVĚ

Sledujeme-li jako konečný cíl optimální obnovu celého stroje, je nutné vzít v úvahu skutečnost, že časové okamžiky optimálních obnov jednotlivých prvků nejsou totožné a že jejich menší korekce mohou přinést úspory plynoucí ze společné montáže, společných prostojů a z nákladů na dopravu do opravy.

Jedná se o problém, jehož zcela přesné řešení by bylo v provozní praxi značně náročné na operativní využití výpočetní techniky. Jádrem problému je v tom, že kterákoliv společná obnova dvou či více prvků může přinést ekonomický zisk a že všechny realizovatelné kombinace společných obnov by bylo třeba prověřit z hlediska vlivu na prognózu měrných nákladů na provoz a obnovu dané skupiny prvků. Takových kombinací je ovšem značné množství, zejména při větší hodnotě T .

Z technicko-organizačního hlediska realizace obnovy se jeví účelné řešit uvedený problém podle tohoto schématu:

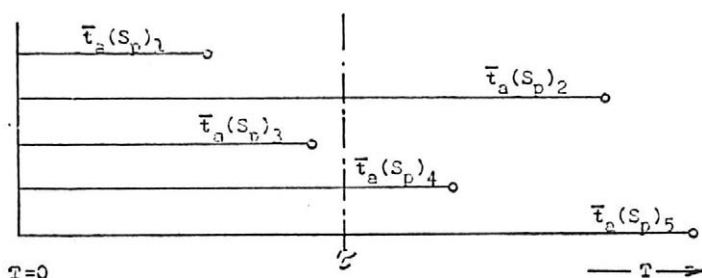
1. Vybrat různé skupiny prvků s možností úspor při společné obnově.
2. Z každé skupiny prvků, sestavené podle bodu 1, vyčlenit ty prvky, jejichž plánovaná střední doba provozu do nejbližší obnovy $\bar{t}_a(S_p)$ leží v období τ do příští diagnostické prověrky. Takto vyčleněné prvky se stávají základem nejbližšího kroku obnovy, čímž je míněna obnova buď okamžitá, nebo obnova při nejbližší příští prověrce.
3. Z každé skupiny prvků sestavené podle bodu 1 vybrat všechny takové kombinace nejbližších společných obnov, z nichž každá by obsahovala vedle ostatních prvků všechny vyčleněné prvky podle bodu 2. Každá z těchto kombinací je jedním z možných nejbližších kroků obnovy, přičemž pouze jediná kombinace bude v dalších bodech výpočtu ohodnocena jako ekonomicky nejvýhodnější.
4. Pro každou kombinaci podle bodu 3 vypočítat optimální termín společné obnovy prvků. Je-li ve skupině některý prvek porouchán, je jediným možným a tudíž i optimálním termínem okamžitá obnova.
5. Vyčlenit takové kombinace, jejichž optimální termín společné obnovy leží v období τ do příští diagnostické prověrky.
6. Z vyčleněných kombinací podle bodu 5 vybrat kombinaci ekonomicky nejvýhodnější. Je-li ve skupině některý prvek porouchán, představuje takto vybraná kombinace okamžitou obnovu jako konečné řešení. Jinak následuje bod 7.
7. Není-li ve skupině žádný porouchaný prvek, představuje kombinace vybraná podle bodu 6 obnovu v období τ do příští diagnostiky a je nutné ještě rozhodnout, zda je ekonomicky výhodné provést obnovu ihned, nebo posunout termín do příští diagnostické prověrky, kdy bude na základě nově zjištěného technického stavu prvků celý výpočet opakován.

Podle uvedeného schématu bude optimalizován pouze nejbližší krok obnovy, tzn., že budou výhodně kumulovány nejbližší obnovy prvků v dané skupině. Při každé další diagnostické prověrce bude však vždy znovu optimalizován nejbližší krok, a to po celou dobu provozu stroje. Vždy znovu bude takto při každé diagnostické prověrce o každém sledovaném prvku rozhodnuto, zda je účelné jej obnovit okamžitě nebo obnovu odložit do některé z příštích prověrek.

Jak je zřejmé, uvedené schéma vychází z organizační zásady dělat plánované obnovy pouze v termínech těsně navazujících na diagnostické prověrky. Tato organizační zásada je nutná zejména u sezónních strojů a pokud by se v jiných případech nejevila výhodná, lze prostě z naznačeného schématu výpočtu vypustit bod 7 a obnovu provést v termínu podle bodu 6.

Ze schématu výpočtu je třeba podrobněji rozpracovat body 3, 4, 6 a 7.

Postup je stejný v případě, kdy ve skupině jsou prvky pouze provozuschopné, i v případě, kdy některý prvek je porouchán.



4. Příklad skupiny prvků s možností úspor při společné obnově $P = 5$; $P_\tau = 2$; $p = 1, 2, 3$; $C = 8$ — Example of a group of elements with possible savings due to joint renewal $P = 5$; $P_\tau = 2$; $p = 1, 2, 3$; $C = 8$

Na obr. 4 je příklad skupiny $P = 5$ prvků s možností úspor při společné obnově, u nichž plánovaná střední doba provozu do nejbližší obnovy prvního prvku $\bar{\tau}_a(S_p)_1$ a třetího prvku $\bar{\tau}_a(S_p)_3$ leží v období τ do příští diagnostiky. Plánované střední doby provozu do nejbližší obnovy ostatních prvků leží mimo toto období.

Podle bodu 2 a 3 uvedeného schematu výpočtu vybereme v příkladě na obr. 4 pro prvky č. 1 až č. 5 tyto kombinace společných obnov: 1, 3 — 1, 3, 2 — 1, 3, 4 — 1, 3, 5 — 1, 3, 2, 4 — 1, 3, 2, 5 — 1, 3, 4, 5 — 1, 3, 2, 4, 5 — tj. celkem osm kombinací.

Obecně bude počet uvedeným způsobem vybraných kombinací roven:

$$C = 1 + \sum_{p=1}^{P-P_\tau} \binom{P-P_\tau}{p} \quad [31]$$

kde: C — počet kombinací společné obnovy skupiny P prvků

P — celkový počet prvků ve skupině s možností úspor při společné obnově

P_τ — počet prvků ze skupiny P , jejichž plánovaná střední doba provozu do nejbližší obnovy leží v období τ do příští diagnostiky

p — proměnný počet prvků ze skupiny $P-P_\tau$, zařazovaný do jednotlivých kombinací

VÝPOČET OPTIMÁLNÍHO TERMÍNU SPOLEČNÉ OBNOVY U JEDNOTLIVÝCH KOMBINACÍ (bod 4 schematu)

a) Postup v případě, kdy ve skupině jsou pouze provozuschopné prvky

Pro stanovení optimálního termínu společné obnovy lze odvodit tuto rovnici:

$$\bar{\tau}_a(S_p)_{m,n} = \frac{\sum_{i=m}^n \varepsilon_i \left(1 + \frac{1}{k_i}\right) \bar{\tau}_a(S_p)_i}{\sum_{i=m}^n \varepsilon_i \left(1 + \frac{1}{k_i}\right)} \quad [32]$$

- kde: $\bar{t}_a(S_p)_{m,n}$ — optimální střední doba provozu do společné nejbližší obnovy kombinace obsahující m -tý až n -tý prvek
 ε_i — konstanta úměrnosti ekonomických ztrát v důsledku odchylky od normativu pro obnovu S_o u i -tého prvku
 k_i — optimální počet plánovaných obnov i -tého prvku v dispoziční době provozu stroje T
 $\bar{t}_a(S_p)_i$ — plánovaná střední doba provozu i -tého prvku od okamžiku prognózy do první následující obnovy
 m až n — prvky dané kombinace společné obnovy

Vztah [32] byl odvozen za podmínky, aby ekonomické ztráty v důsledku sumy odchylek $\bar{t}_a(S_p)_{m,n} - \bar{t}_a(S_p)_i$ byly pro danou kombinaci minimální s přihlédnutím k tomu, že zisk ze společné montáže je u dané kombinace konstantní. Jak je zřejmé, optimální termín společné obnovy je zde dán váženým průměrem hodnot $\bar{t}_a(S_p)_i$, přičemž váha jednotlivých hodnot je dána součinitelem $\varepsilon_i(1 + k_i)$. Odvození uvádí Pejša (1975).

b) Postup v případě, kdy ve skupině je některý prvek porouchán

V případě, že z prvků dané kombinace m až n je v okamžiku prognózy alespoň jeden prvek porouchán, je jediným a tudíž i optimálním termínem okamžitá obnova. Pro tuto podmínku platí:

$$\bar{t}_a(S_p)_{m,n} = 0 \quad [32a]$$

Kdybychom mechanicky i v tomto případě použili pro výpočet vztah [32], stanovili bychom chybně optimální střední dobu provozu ne do první nejbližší, ale do následující druhé společné obnovy.

VÝBĚR EKONOMICKY NEJVÝHODNĚJŠÍ KOMBINACE SPOLEČNÉ OBNOVY PRVKŮ (bod 6 schematu)

Postup je stejný v případě, kdy ve skupině jsou prvky pouze provozuschopné, i v případě, kdy některý prvek je porouchán.

Jakékoliv posunutí termínů plánovaných obnov $\bar{t}_a(S_p)_i$ znamená na jedné straně vždy ztrátu z nedodržení optima pro obnovu, ovšem na druhé straně přináší zisk ze společné montáže při obnově. U každé zkoumané kombinace společné obnovy lze výsledný zisk stanovit podle následující rovnice, odvozené rovněž v práci Pejši (1975):

$$Z_{m,n} = M_{m,n} - \sum_{i=m}^n [\bar{t}_a(S_p)_{m,n} - \bar{t}_a(S_p)_i]^2 \left(1 + \frac{1}{k_i}\right) \varepsilon_i \quad [33]$$

kde: $Z_{m,n}$ — zisk plynoucí ze společné obnovy kombinace obsahující m -tý až n -tý prvek

Ekonomicky nejvýhodnější je zřejmě ta kombinace, která přináší zisk maximální:

$$\max Z_{m,n} = Z_p \quad [34]$$

kde: Z_p — zisk plynoucí z nejvýhodnější kombinace společné obnovy skupiny P prvků (je vždy nezáporný, v krajním případě roven nule, není-li žádná kombinace společné obnovy ekonomicky výhodná)

$M_{m,n}$ — zisk plynoucí ze společné montáže kombinace obsahující m -tý až n -tý prvek

Na základě uvedených vztahů je již možné vyjádřit:

$$u_P(T) = \frac{Z_P}{T} \quad [35]$$

kde: $u_P(T)$ — měrný zisk plynoucí z nejvýhodnější kombinace společné obnovy skupiny P prvků

ROZHODNUTÍ, ZDA JE VÝHODNÉ DĚLAT OBNOVU IHNEDE, NEBO JI ODLOŽIT NA DALŠÍ DIAGNOSTICKOU PROVĚRKU (bod 7 schematu)

Postup je použitelný v případě, kdy ve skupině jsou pouze provozuschopné prvky. Je-li ve skupině některý prvek porouchán, pozbývá bod 7 schematu význam.

Vycházíme z organizační zásady dělat plánované obnovy v termínech diagnostických prověrek. S ohledem na tuto zásadu již byly stanoveny střední náklady na obnovu prvku N_0 , které v sobě nezahrnují náklady na prostoje v sezóně nebo v období mezi dvěma prověrkami. Pokud bychom neposunuli termín obnovy do období plánovaných diagnostických prověrek, bylo by nutné hodnotu N_0 zatížit dalšími náklady na prostoje při pracovním nasazení stroje a na dopravu do opravy.

Lze odvodit podmínku, při jejímž splnění je ekonomicky výhodné provést společnou kombinaci společné obnovy podle bodu 6 schematu při diagnostické prověrce:

$$\sum_{i=m}^n [\tau - \bar{t}_a(S_p)_i]^2 \left(1 + \frac{1}{k_i}\right) \varepsilon_i > \sum_{i=m}^n \bar{t}_a^2(S_p)_i \left(1 + \frac{1}{k_i}\right) \varepsilon_i \quad [22]$$

kde: τ — interval do příští diagnostické prověrky (doba provozu) m až n — prvky nejvýhodnější kombinace společné obnovy

ZÁVĚR

Předložené řešení spolu s dřívějšími závěry (Pejša, 1977), na které je navázáno, představuje základní soustavu vztahů potřebnou pro objektivní řízení diagnostiky a optimální obnovy strojních prvků. Důsledná aplikace vyžaduje, aby zemědělský podnik měl k dispozici řídicí počítač s programem zpracovaným na základě uvedených vztahů a aby koncová jednotka počítače byla umístěna přímo na diagnostickém pracovišti.

Počítač by v reálném čase přijímal informace o technickém stavu jednotlivých prvků stroje, o narůstání prosté doby provozu a o obnovách jednotlivých prvků. Zpětně by dával pokyny k obnově jednotlivých prvků v termínu těsně navazujícím na diagnostickou prověrku, nebo by informoval o účelnosti odkladu rozhodnutí na nejbližší další prověrku.

Jeví se účelné v nejbližší budoucnosti ověřit realizaci v naznačené podobě. Později však bude nutné uvažovat o napojení na ostatní řízené úseky podniku. Zejména bude patrně nutné zavést vazbu na účetní evidenci, evidenci skladu náhradních dílů, vazbu na okamžité vytížení opravy a na úkoly podniku.

Nedořešený zůstává problém obnovy stroje z hlediska jeho celkového fyzického a morálního opotřebení. Uvedeným způsobem by totiž bylo možné konkrétní stroj obnovovat neustále a obnova by z hlediska daného stroje byla neustále optimální. Je nutné stanovit podmínky pro určení okamžiku, kdy se další — i když optimální — obnova stává ekonomicky nevýhodnou a kdy je třeba starý stroj nahradit strojem novým.

Literatura

PEJŠA, L.: Technická diagnostika v soustavě optimální péče o provozní spolehlivosti strojů v zemědělství. [Výzkumná zpráva ZT-0-3/6.] Praha, Vysoká škola zemědělská 1975.

PEJŠA, L.: Optimalizace diagnostiky poruch strojních prvků. Zeměd. Techn., 23, 1977, č. 1, s. 9-21.

Došlo dne 19. 11. 1976

ПЕЙША, Л. (Сельскохозяйственный институт, Прага - Сухдол): Использование диагностики при оптимальном обновлении машинных элементов. Земед. Techn., 23, 1977 (5): 281-295.

При помощи комплексной надежности характеристики, выражающей вероятные моментальные удельные расходы на эксплуатацию элементов, включая риск аварии и риск неэкономической эксплуатации, дается прогноз удельных расходов на эксплуатацию и обновление элементов данного технического состояния в имеющийся период эксплуатации машины. Далее, был предложен способ минимизации удельных расходов на эксплуатацию и обновление, заключающийся в определении пригодных сроков обновления с учетом диагностически установленного технического состояния отдельных элементов машины и возможности экономии монтажных работ при общем обновлении большого числа элементов.

диагностика; оптимизация; обновление; надежность

PEJŠA, L. (University of Agriculture, Praha - Suchdol): *Utilization of Diagnostics for Optimum Renewal of Machine Elements*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5): 281-295.

Using the complex characteristics of reliability which expresses the probable immediate specific costs for operating the machine (including the risk of breakdown and risk of uneconomic operation), the author forecasts specific costs for operation and renewal of machine elements of a given technical state, within the available period of machine operation. He further proposes a method of minimizing specific costs for operation and renewal, based on determining suitable deadlines of renewal with a view to the diagnostically ascertained technical state of the separate elements and with a view to possible savings of assembly work in the course of renewing several elements simultaneously.

diagnostics; optimization; renewal; reliability

PEJŠA, L. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha - Suchdol): *Die Ausnützung der Diagnostik für optimale Erneuerung der Maschinenelemente*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5): 281-295.

Mittels der komplexen Verlässlichkeitscharakteristik, welche die wahrscheinlichen augenblicklichen spezifischen Kosten des Betriebs des Elements, einschließlich des Risikos einer Havarie und des Risikos des unökonomischen Betriebs ausdrückt, wird die Prognose der spezifischen Kosten des Betriebs und der Erneuerung des Elements im gegebenen technischen Zustand in der Dispositionzeit der Maschine ermittelt. Weiter wird die Methode der Minimierung von spezifischen Kosten des Betriebs und der Erneuerung vorgeschlagen, die auf der Ermittlung von geeigneten Erneuerungsterminen mit Rücksicht auf den diagnostisch festgestellten Zustand einzelner Maschinenelemente und auf die Möglichkeiten der Einsparung von Montagearbeiten bei gemeinsamer Erneuerung mehrerer Elemente beruht.

Diagnostik; Optimierung; Erneuerung; Verlässlichkeit

Adresa autora:

Doc. ing. Ladislav Pejša, CSc., Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6 - Suchdol

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

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

POLJAK, A. Ja. — ŠČUPAK, A. D. D 63.804
Eksploatacija mašinotraktornych agregatov na povyšennych skorostjach.
Moskva, Kolos 1974. 313 s. obr. tab. (Traktorové agregáty — pracovní rychlosti — zvyšování — příručka)

E 35.330/68

Energetika i tjagovaja dinamika traktora.

Voroněž, S.-choz. inst. im. K. D. Glinki 1975. 260 s. obr. tab. Naučnyje trudy. Tom 68. (Traktory — tahové vlastnosti — sborník / Traktory — energetika — sborník — SSSR)

D 55.720/CS-500

Cabine de sécurité BRIL sur tracteur SAME Corsaro 70.

Gembloux, Min. de l' agric. — Station de génie rural 1975. 7 s. obr. tab. Bulletin O. C. D. E. No CS-500. (Traktory — SAME Corsaro 70 — ochranné rámy — BRIL — zkoušení — Belgie — zprávy)

KRAMER, E. — SCHÜPBACH, A. C 19.978/88

Bremsung landwirtschaftlicher Anhänger.

Tänikon, Eidg. Forschungsanstalt f. Betriebswirtschaft und Landtechnik 1975. 5 s. 10 obr. Blätter für Landtechnik 88. (Přívěsy traktorové — brzdy — použití)

J. Hrbek, M. Kurpelová

HRBEK, J. — KURPELOVÁ, M. (Hydrometeorologický ústav, Praha; Hydrometeorologický ústav, Bratislava): *Klimatické podklady pro plán kooperace ve žních*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5) : 297-307.

Přehledně jsme zpracovali a formou pravděpodobného zajištění předkládáme údaje použitelné při plánování kapacity strojů a kooperace v jejich nasazení ve žňových pracích. Příspěvek obsahuje údaje o pravděpodobném zahájení jednotlivých druhů obilovin k určitému datu a o délce trvání sklizňového období a hodnoty koeficientu využitelnosti a odvozené průměrné denní využitelnosti v hodinách pro jednotlivé dekády žňového období. Z těchto údajů jsou pak stanoveny celkové počty hodin, které jsou k dispozici pro práci sklizňových strojů během 10, 20 a 30 dnů od začátku žní. Výsledky jsou zpracovány přehledně v tabulkách, grafech a mapách podle nadmořské výšky a roztrženy podle zemědělských výrobních oblastí tak, aby byly co nejsnazší aplikovatelné v zemědělské praxi.

sklizeň obilovin; kombajny; klima

Předkládaný příspěvek seznamuje s výsledky prací Hydrometeorologických ústavů ČSSR, v nichž jsou hodnoceny klimatické podmínky nasazení obilných kombajnů. Při této práci, v jejíž některých fázích jsme úzce spolupracovali s Výzkumným ústavem zemědělské techniky a s Výzkumným ústavem obilnářským, jsme vycházeli z předpokladu, že upřesnění obrazu o vlivu počasí na práci sklizňových strojů a pokud možno kvantitativní vyjádření těchto vztahů umožní lépe plánovat a organizovat žňové práce a přispěje tak ke zvýšení efektivity sklizně obilovin.

METODIKA

Tento příspěvek navazuje na dřívější práce (Hrbek, 1962, 1974, 1975; Hrbek, Reinhartová, 1968; Kurpelová, 1976), zabývající se klimatickými podmínkami sklizně obilovin, ve kterých byla rovněž podrobně popsána metodika zpracování. Upouštíme zde tedy od podrobné metodiky a uvádíme z ní stručně pouze to, co je třeba pro porozumění vlastní práci.

Práce se skládá ze tří samostatných částí: první podává informaci

o termínech sklizně, druhá hodnotí využitelnost sklizňového období z hlediska vlivu počasí na nasazení kombajnů a třetí podává informaci o narušení sklizně výskytem povětrnostně nepříznivých období.

Při zpracování údajů o termínech sklizně jsme vycházeli z významu, který je druhové a odrůdové skladbě obilovin dáván z hlediska plynulosti sklizně a optimálního vyřízení sklizňových strojů (Maleš, 1971). Ve svých pracích jsme se soustředili na otázku termínů sklizně z hlediska druhů a zabývali jsme se pouze otázkou vlastní sklizně. Byly stanoveny pravděpodobnosti zahájení sklizně do určitého data, délka období mezi začátkem sklizně první a poslední obiloviny a trvání období od začátku do konce sklizně. Vycházeli jsme při tom z fenologických údajů a z odpovídajících definic v „Návodu pro fenologické pozorovatele“. (Za začátek žní byl považován den, kdy byla v dané oblasti pozorování zahájena v širší míře sklizeň ozimého žita, za ukončení den, kdy v dané oblasti je pokoseno, až na zanedbatelné výjimky, všechno obilí.) Pro stanice s dlouhými pozorovacími řadami byly aproximovány soubory dat N rozdělením, spočteny kvantily a použity k vyjádření hodnot zajištění.

Stanovení využitelnosti sklizňového období pro přímou kombajnovou sklizeň vychází z experimentálně zjištěného vztahu mezi denní možností nasazení strojů a denními úhrny srážek v řadě několika za sebou jdoucích dnů. Na tomto základě byly podle srážkových úhrnů jednotlivé dny žňového období rozděleny na deset typů, např. na bezsrážkový po dni bezsrážkovém, srážkový po silně srážkovém, na den srážkového období atd. Podle využitelnosti byly vytčeny tři kategorie dnů: plně využitelné, částečně využitelné a nevyužitelné. Jednotlivé typy dnů pak byly zařazeny do těchto kategorií. Koeficient využitelnosti daného období, např. dekády, je pak dán procentuálním podílem využitelné doby (tj. součtem dnů využitelných a polovinou dnů částečně využitelných – doba dnů částečně využitelných je totiž v průměru z 50 % využitelná a z 50 % nevyužitelná) z doby celkové. Koeficienty využitelnosti byly stanoveny pro 75 stanic pro roky 1951 až 1973 pro období 10, 20 a 30 dnů od začátku žní.

Z koeficientu využitelnosti a z délky denní směny, která je v praxi v dané kalendářní době ke sklizni používána (tj. od 8.00 hod., kdy obecně osychá rosa a je zahájena práce, až do soumraku), byly pro každou ze tří dekád, počínaje zahájením žní, stanoveny počty hodin, které byly pro sklizeň k dispozici. Z těchto údajů byly stanoveny počty hodin, které byly k dispozici během 10, 20 a 30 dnů od začátku žní. Pro vybraný soubor stanic byla ověřena možnost aproximace těchto dat N rozdělením. Na základě přijatého modelu byly pak vypočteny kvantily odpovídající 10%, 20%, 50%, 80% a 90% zajištění.

Nevyužitelná období byla definována jako sled nevyužitelných dnů o délce ≥ 3 , ≥ 4 , ≥ 5 , ≥ 6 a ≥ 9 dnů, vyvolaný vydatnými a déle trvajících srážkami. Tato období byla stanovena pro 75 stanic v letech 1950 až 1973. Byl určen počet dnů spadajících do těchto nevyužitelných období v době 10, 20 a 30 dnů od začátku sklizně.

VLASTNÍ PRÁCE A DISKUSE

Výsledky zpracování termínů sklizně uvádíme v tabulkách. Z tabulky pravděpodobného zahájení sklizně k určitému datu (tab. I)

I. Pravděpodobnost zahájení sklizně obilovin k určitému datu — Probable date of starting the grain harvest

	Zemědělská výrobní oblast	Sklizeň je zahájena před daným datem v období deseti let				
		jednou	dvakrát	pětkrát	osmkrát	devětkrát
ČSR	kukuřičná	11. VII.	14. VII.	20. VII.	26. VII.	29. VII.
	řepařská do 250 m n. m.	15. VII.	18. VII.	24. VII.	29. VII.	1. VIII.
	řepařská nad 250 m n. m.	22. VII.	26. VII.	3. VIII.	9. VIII.	12. VIII.
	bramborářská do 450 m n. m.	20. VII.	24. VII.	1. VIII.	8. VIII.	12. VIII.
	bramborářská nad 450 m n. m.	27. VII.	30. VII.	7. VIII.	13. VIII.	17. VIII.
	horských hospodářství	14. VIII.	18. VIII.	25. VIII.	1. IX.	4. IX.
SSR	kukuřičná	4. VII.	7. VII.	12. VII.	17. VII.	20. VII.
	řepařská do 300 m n. m.	8. VII.	10. VII.	16. VII.	21. VII.	24. VII.
	řepařská nad 300 m n. m.	17. VII.	23. VII.	27. VII.	1. VIII.	4. VIII.
	bramborářská nad 500 m n. m.	29. VII.	1. VIII.	7. VIII.	13. VIII.	16. VIII.
	horských hospodářství nad 700 m n. m.	10. VIII.	16. VIII.	25. VIII.	4. IX.	9. VIII.

II. Časové údaje o trvání žnového období ve dnech — Length of the duration of harvest

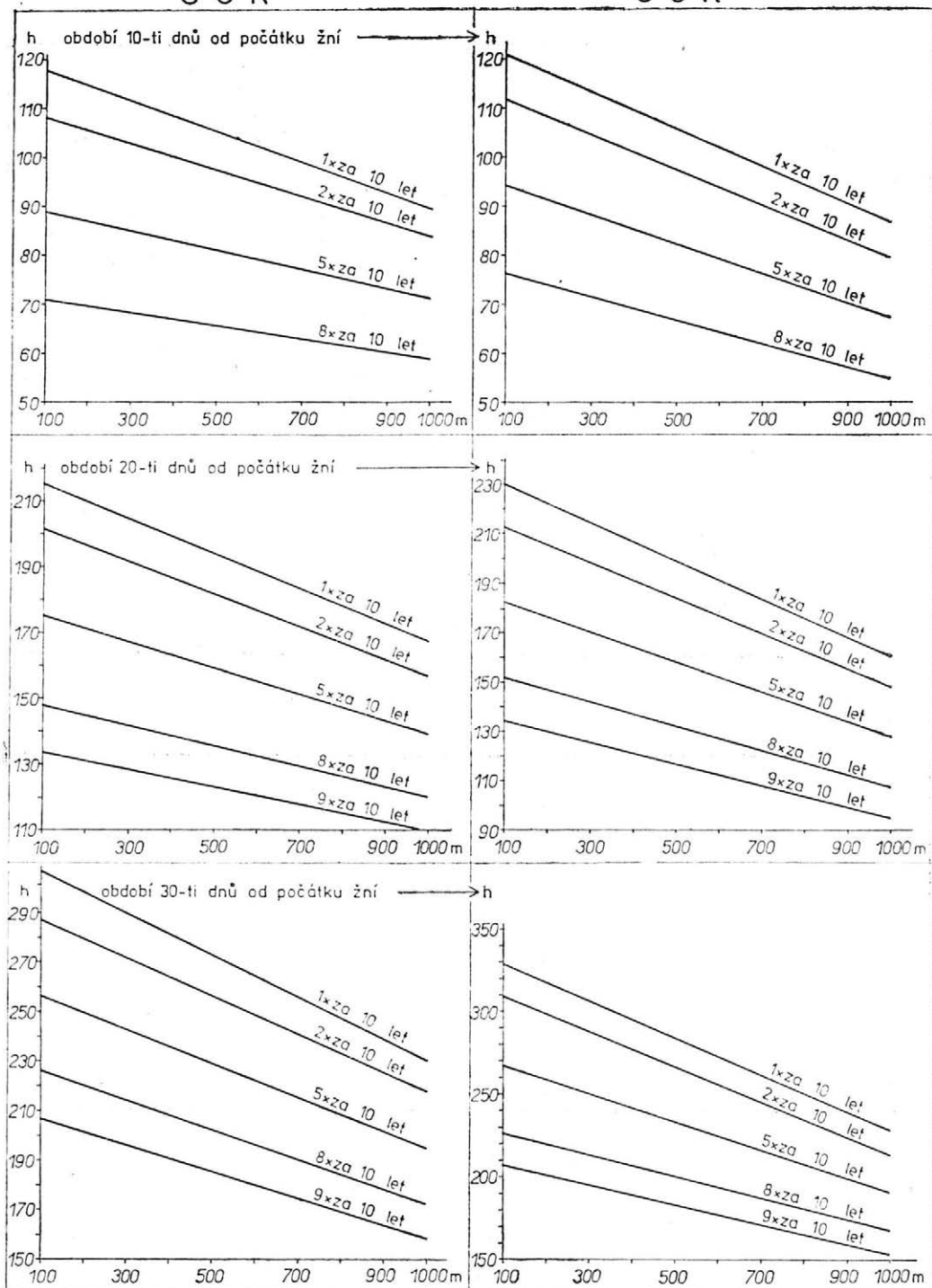
Zemědělská výrobní oblast	Období mezi počátkem sklizně první a poslední obiloviny			Období od počátku do konce sklizně je v období deseti let				
	min.	oblastní průměr	max.	1 ×	2 ×	5 ×	8 ×	9 ×
				kratší než				
Kukuřičná	2	10	22	13	16	21	26	29
Řepařská	8	17	26	17	20	26	32	36
Bramborářská	7	18	29	16	20	26	32	36
Horských hospodářství	3	17	34	12	17	26	34	38

je zřejmá výrazná závislost na nadmořské výšce. Z údajů tab. II vyplývá, že v délce období mezi začátky sklizně první a poslední sklizené obiloviny není mezi jednotlivými výrobními oblastmi podstatný rozdíl. Pouze kukuřičná oblast má výrazně kratší období. To je ovšem do značné míry způsobeno tím, že v této oblasti je sortiment obilovin druhově užší.

Využitelnost žnového období je zpracována graficky (obr. 1). Pro Čechy a Moravu a pro Slovensko je uvedena pro období 10, 20 a 30 dnů od začátku žni závislost počtu využitelných hodin na nadmořské výšce (za využitelnou hodinu je považována taková, kdy práce

Č S R

S S R



1. Závislost zajištění počtu využitelných hodin na nadmořské výšce — Dependence of the number of available hours on the altitude above sea level

kombajnů není narušována povětrnostními vlivy). Korelační koeficienty uvedených lineárních regresních vztahů jsou ve 24 případech statisticky významné na 1% hladině významnosti, ve čtyřech případech na 5% hladině významnosti. Tak např. pro Lednici (okr. Břeclav, nadm. výška 140 m) zjistíme z tab. I, že zde žně jen výjimečně (jednou za 10 let) začínají před 11. VII., s 50% jistotou můžeme předpokládat, že budou zahájeny do 20. VII. a jen výjimečně, jednou za deset let, budou zahájeny až po 29. VII. Z tab. II vidíme, že v průměru za deset dní od začátku žní se zahájí sklizeň posledního druhu obiloviny a že žňové práce trvají v polovině let méně než 21 den. Jen výjimečně, s pravděpodobností jednou za deset let, by se sklizeň mohla protáhnout na asi tři dekády a stejně malou pravděpodobnost má i sklizeň během jediné dekády. Z obr. 5 vidíme, že pro období 20 dnů můžeme počítat s 50% jistotou s tím, že stroje budou mít k dispozici alespoň 173 pracovní hodiny, tj. 8 hod. 40' na den a s 80% jistotou (tj. s rizikem selhání dvakrát za 10 let) s tím, že bude k dispozici alespoň 148 hodin.

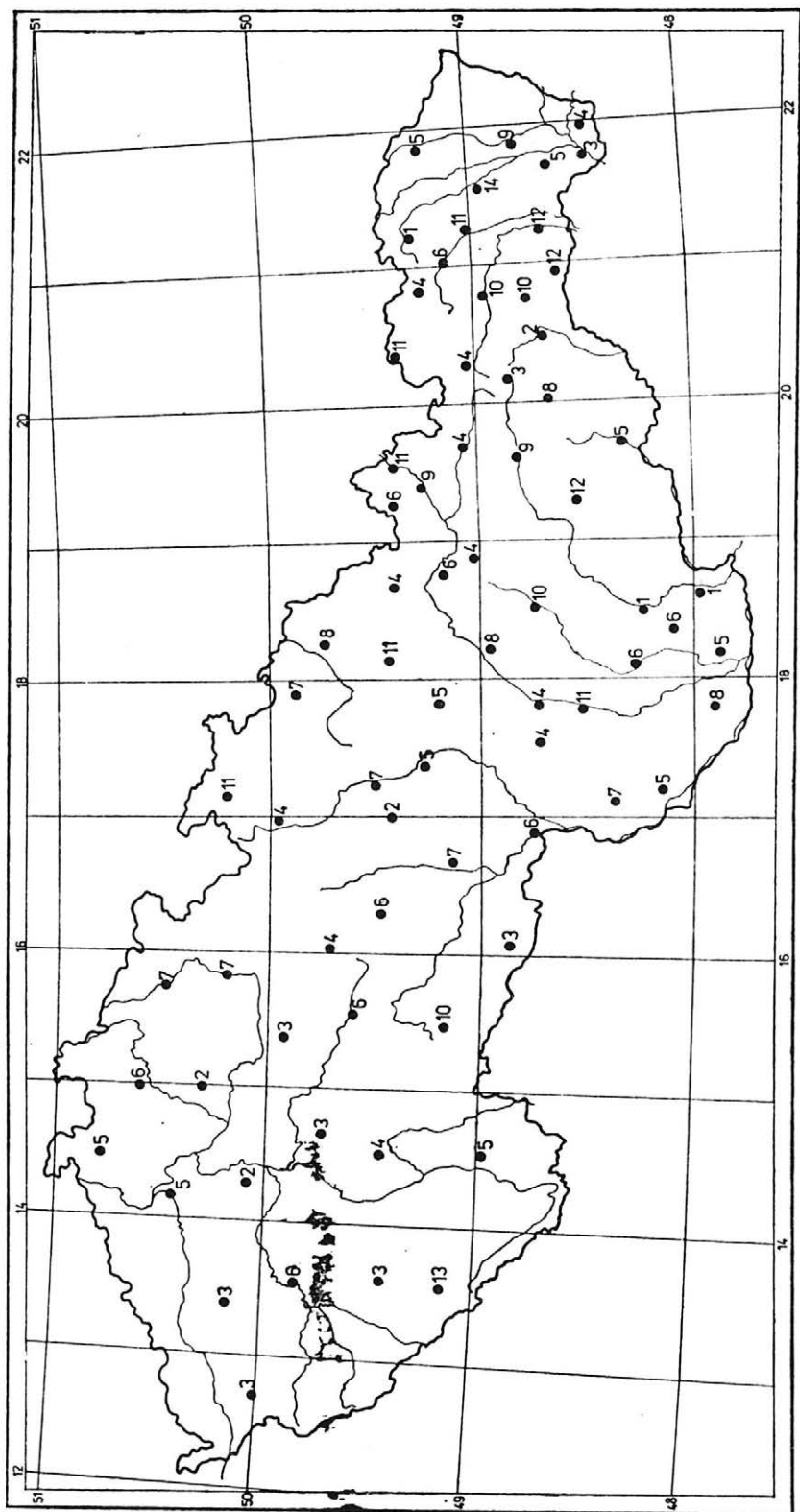
Pro porovnání zde ještě jako příklad odvodíme údaje pro místo v bramborářské výrobní oblasti. Tak např. v Humpolci, nadm. výška 510 m, můžeme s 50% jistotou očekávat zahájení žní do 7. VIII. Období od začátku žní do začátku sklizně poslední obiloviny bude trvat v průměru 18 dnů a sklizeň se protáhne na 20 až 30 dnů. V období 30 dnů sklizně je s 50% pravděpodobností zajištěno, že sklizeň bude mít k dispozici alespoň 227 hodin pro práci strojů, tj. 7 hod. 35' na den, s rizikem selhání dvakrát za deset let (pak 201 hodina).

Úměrně k těmto časům, které jsou k dispozici, lze pak podle výkonnosti strojů a velikosti ploch, které mají být sklizeny, kalkulovat potřebné počty sklizňových strojů. Z obr. 1 je patrný poněkud výraznější vliv rostoucí nadmořské výšky na zhoršení sklizňových možností na Slovensku, než je tomu v Čechách.

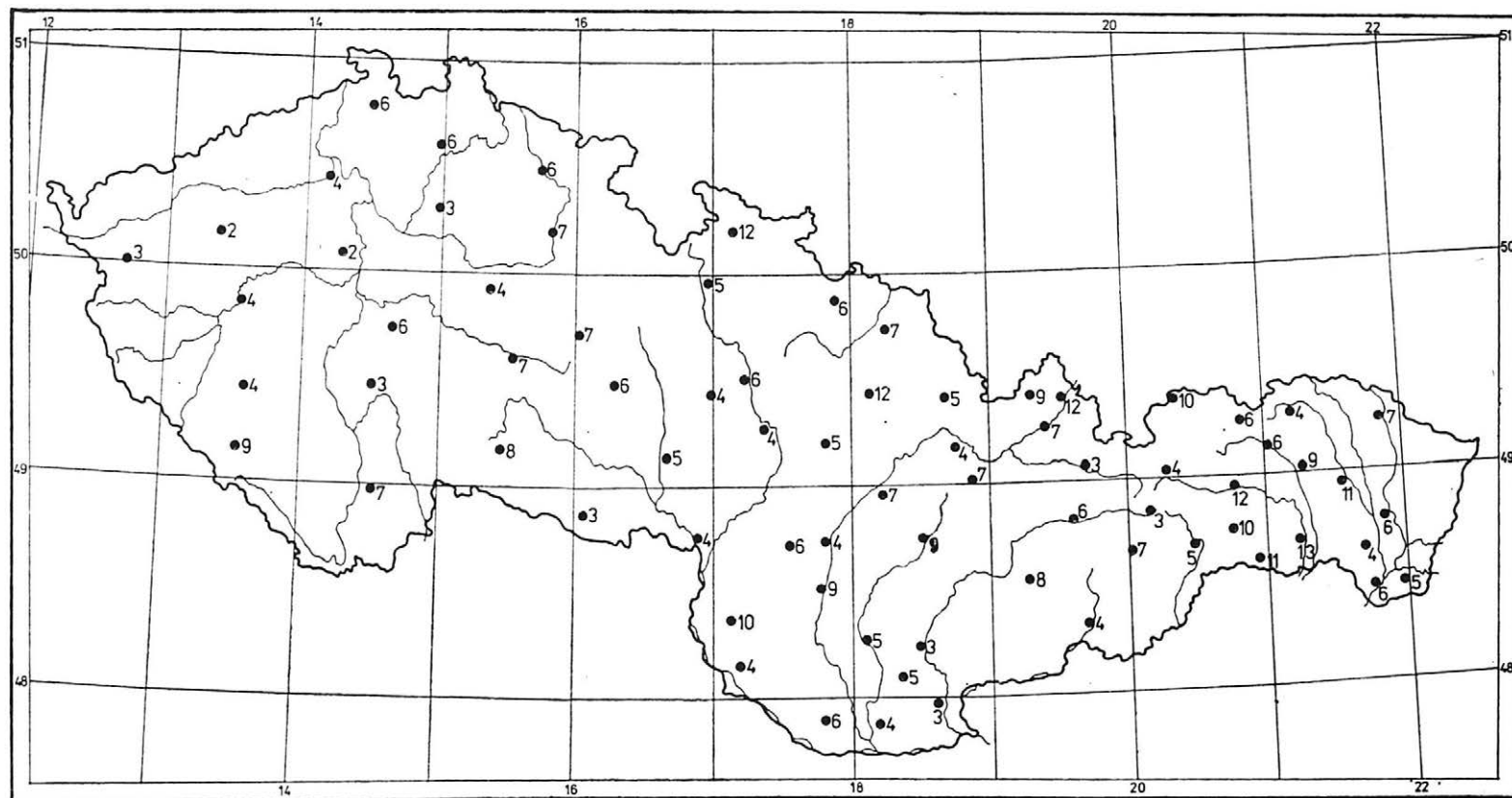
Údaje o tom, kolik procent dnů spadá v různých údobích žní do nevyužitelných období různé délky trvání, podávají mapky na obr. 2–5. Je z nich patrné výrazné zvýšení vlivu delších srážkových období ve vyšších polohách, zejména Jeseníku, Šumavy a Beskyd, které v těchto oblastech nestačí kompenzovat ani posun žní do pozdějšího, srážkově již chudšího období koncem léta. Na Slovensku je větší prostorová proměnlivost nevyužitelných období, což souvisí se značnou členitostí území, která způsobuje rozdílný výskyt srážek v různě exponovaných stanicích.

ZÁVĚR

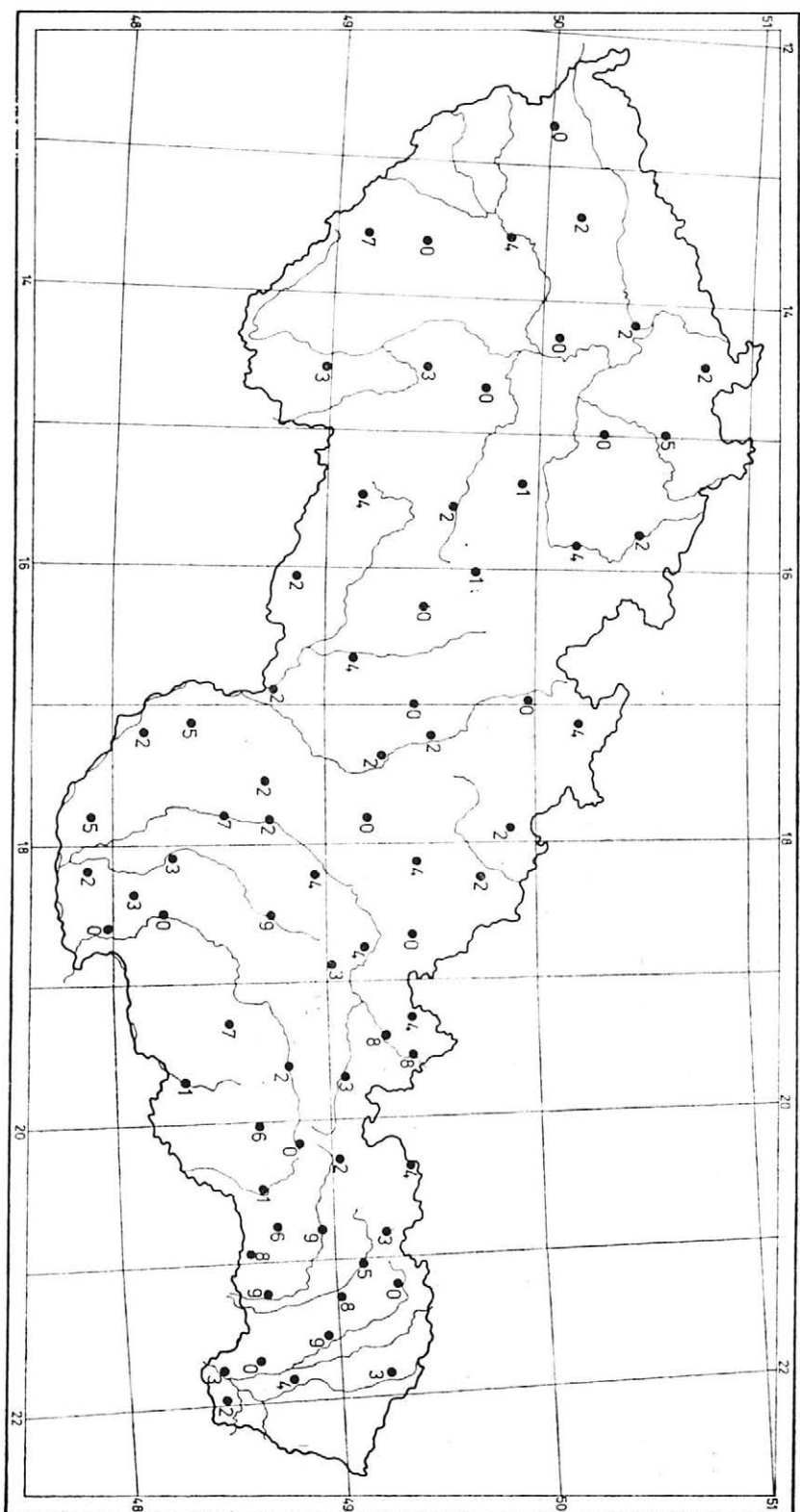
V práci jsme se pokusili poskytnout podklady, které by umožnily kvantitativně přesněji zahrnout faktor podnebí do přípravy plánů mezioblastních kooperací ve využívání sklizňových strojů ve žních. Práce je formulována tak, aby poskytla údaje odpovídající různému stupni požadovaného zajištění sklizně v daném termínu.



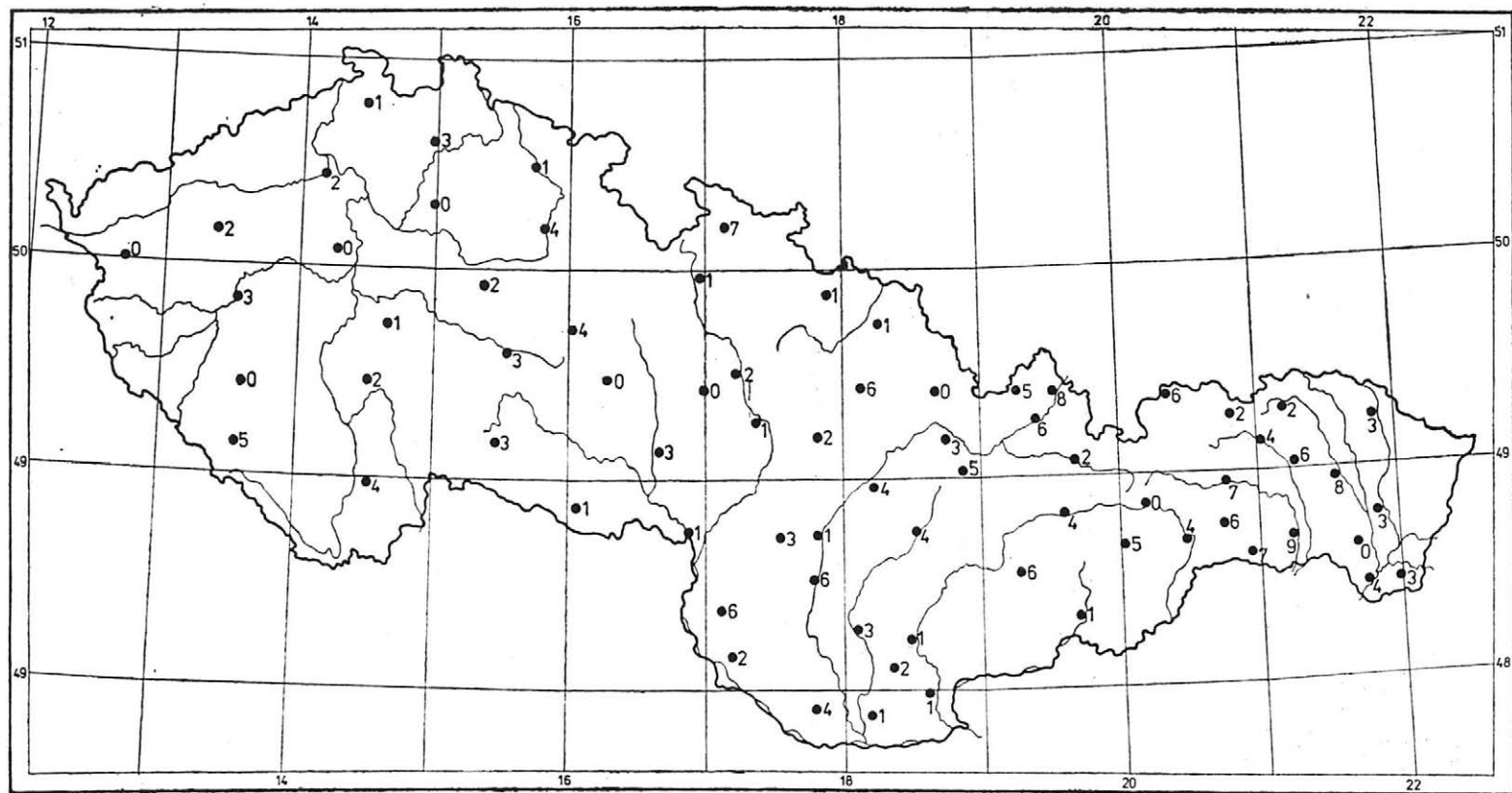
2. Výskyt nevyužitelných období (průměrné procento dnů spadajících do nevyužitelných období v trvání ≤ 3 dny, které se vyskytne během 20 dnů od začátku žní) — Incidence of unutilizable periods (average number of days ($\%$) belonging to the unutilizable period $\leq$ three days that occurs within 20 days from the beginning of the harvest)



3. Výskyt nevyužitelných období (průměrné procento dnů spadajících do nevyužitelných období v trvání ≤ 3 dny, které se vyskytne během 30 dnů od začátku žní) — Incidence of unutilizable periods (average number of days (%)) belonging to the unutilizable period $\leq$ three days that occurs within 30 days from the beginning of the harvest)



4. Výskyt nevyužitelných období (průměrné procento dnů spadajících do nevyužitelných období o trvání ≤ 9 dnů, které se vyskytne během 20 dnů od začátku žní) — Incidence of unutilizable periods (average number of days ($\%o$) belonging to the unutilizable period $\leq$ nine days that occurs within 20 days from the beginning of the harvest)



5. Výskyt nevyužitelných období (průměrné procento dnů spadajících do nevyužitelných období o trvání ≤ 9 dnů, které se vyskytne během 30 dnů od začátku žní) — Incidence of unutilizable periods (average number of days (%) belonging to the unutilizable period $\leq$ nine days that occurs within 30 days from the beginning of the harvest)

Literatura

- HRBEK, J.: Klimatické podmínky přímé kombajnové sklizně obilovin. Meteorologické zprávy, XV, 1962, č. 6, s. 153-164.
- HRBEK, J. — REINHARTOVÁ, J.: Pravděpodobnost výskytu bezsrážkových období v létě. Zeměd. Techn., 14, 1968, č. 6, s. 361-366.
- HRBEK, J.: Klimatické podmínky dělené sklizně obilovin v Čechách. Praha, Hydrometeorologický ústav 1974, 71 s.
- HRBEK, J.: Klimatické podmínky práce obilných kombajnů o průchodnosti 8–10 kg s⁻¹. Meteorologické zprávy, XXVIII, 1975, č. 4, s. 108-115.
- KURPELOVÁ, M.: Klimatické podmienky pre obilné kombajny o priechodnosti 8–10 kg s⁻¹ na Slovensku. Meteorologické zprávy, XXIX, 1976, č. 6.
- MALER, J.: Faktor včasnosti sklizně obilovin. Úroda, XIX, 1971, č. 6.

Došlo dne 22. 10. 1976

ГРБЕК, Й. — КУРПЕЛОВА, М. (Гидрометеорологический институт, Прага; Гидрометеорологический институт, Братислава): *Климатические данные для плана кооперации во время жатвы*. Земед. Техн., 23, 1977 (5): 297-307.

Мы наглядно разработали, и в форме предполагаемого применения предлагаем данные, применимые при планировании мощности машин и кооперации для их внедрения во время уборочных работ. В статье содержатся данные о вероятном начале уборки отдельных видов зерновых к определенному сроку и о продолжительности уборочного периода, и величины коэффициента применимости и выведенной среднесуточной применимости в часах для отдельных декад уборочного периода. На основе технических данных вычисляется общее количество часов, которые имеются в наличии для работ уборочных машин в течении 10, 20 и 30 дней с начала жатвы. Результаты обработаны наглядно в таблицах, графиках и картах согласно высоте над уровнем моря и расклассификованы по сельскохозяйственным производственным областям так, чтобы были легко применимы в сельскохозяйственной практике.

уборка зерновых; комбайны; климат

HRBEK, J. — KURPELOVÁ, M. (Hydrometeorological Institute, Praha; Hydrometeorological Institute Bratislava): *Climatic Data for the Plan of Cooperation during Harvest*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5): 297-307.

The authors have elaborated and present in probability form data usable when planning the capacity of machines and cooperation of their application in the course of harvesting operations. The article contains data on the probable start of harvesting various kinds of grain, duration of the harvesting period, and the coefficients of usability and derived average daily utilization (in hours) for single decades of the harvesting period. These data make it possible to determine the overall number of hours available for work of the harvesting machines during 10, 20 and 30 days from the beginning of harvesting operations. The results have been arranged in tables, figures and maps, according to altitude above sea level, and have been specified according to agricultural production areas so as to be most easily applied to agricultural practice.

grain harvest; harvester-threshers; climate

HRBEK, J. — KURPELOVÁ, M. (Hydrometeorologisches Institut, Praha; Hydrometeorologisches Institut, Bratislava): *Klimatische Unterlagen für den Kooperationsplan zur Erntezeit*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (5): 297-307.

Wir haben Angaben, die bei der Planung der Maschinenkapazität und der Kooperation während des Einsatzes dieser Maschinen zur Erntezeit benutzt werden können, übersichtlich verarbeitet und legen sie in der Form einer wahrscheinlichen Gewährleistung vor. Unser Beitrag beinhaltet Angaben über die wahrscheinliche Inangriffnahme der Ernte einzelner Getreidearten zu einem gewissen Datum und über die Dauer der Erntezeit und auch die Werte des Ausnutzungskoeffizienten und die durchschnittlichen abgeleiteten Tagesausnutzungswerte in Stunden für die

einzelnen Dekaden der Erntezeit. Aufgrund dieser Angaben werden dann Gesamtanzahlen der Stunden ermittelt, welche für die Arbeit der Erntemaschinen während 10, 20 und 30 Tage nach Erntebeginn zur Disposition stehen. Die Ergebnisse werden übersichtlich in Tabellen, Graphen und Karten nach Seehöhe verarbeitet und nach landwirtschaftlichen Produktionsgebieten derart klassifiziert, damit sie in geeignester Weise in der landwirtschaftlichen Praxis angewendet werden können.

Getreideernte; Kombinen; Klima

Adresy autorů:

Ing Josef Hrbek, Hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 140 00 Praha 4 - Komořany

Dr. Margita Kurpelová, CSc., Hydrometeorologický ústav, Jeseniova 43, 800 00 Bratislava - Koliba

Rukopis odevzdán k tisku 29. 3. 1977 — Podepsáno k tisku 13. 6. 1977

Maleř J.: Fyzikálně mechanická úprava slámy štípáním, šrotováním a řezáním	247
Prokop K., Kavka M., Vetiška P., Doucha T.: Stochastická simulace chovu prasat metodou Monte Carlo	267
Pejša L.: Využití diagnostiky pro optimální obnovu strojních prvků	281
Hrbek J., Kurpelová M.: Klimatické podklady pro plán kooperace ve žních	297

СОДЕРЖАНИЕ

Малерж Й.: Физическо-механическая обработка соломы путем сегментирования, первичного дробления зерна и измельчения	264
Прокоп К., Кавка М., Ветишка П., Духа Т.: Стохастическое моделирование свиноводства по методу Монте Карло	279
Пейша Л.: Использование диагностики при оптимальном обновлении машинных элементов	295
Грбек Й. — Курпелова М.: Климатические данные для плана кооперации во время жатвы	306

CONTENTS

Maleř J.: Mechanical Treatment of Straw by Splitting, Crushing and Cutting	265
Prokop K., Kavka M., Vetiška P., Doucha T.: Stochastic Simulation of Pig Rearing with help of the Monte Carlo Method	280
Pejša L.: Utilization of Diagnostics for Optimum Renewal of Maschine Elements	295
Hrbek J., Kurpelová M.: Climatic Data for the Plan of Cooperation during Harvest	306

INHALT

Maleř J.: Die physikalisch-mechanische Strohaufbereitung durch Spalten, Schroten und Häckseln	265
Prokop K., Kavka M., Vetiška P., Doucha T.: Die stochastische Nachbildung der Schweinezucht mittels der Monte Carlo-Methode	280
Pejša L.: Die Ausnützung der Diagnostik für die optimale Erneuerung der Maschinenelemente	295
Hrbek J., Kurpelová M.: Klimatische Unterlagen für den Kooperationsplan zur Erntezeit	306

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