

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

3

ROČNÍK 36 (LXIII)
PRAHA
BŘEZEN 1990
CENA 15 Kčs
CS ISSN 0044-3883

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

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

Vedoucí redaktorka ing. Eva Grafnetrová

OBSAH

Havlíček J.: Optimalizace mezních stavů technických objektů	129
Klůfa J.: Odhad parametrů logaritmicko-normálního modelu spolehlivosti zemědělské techniky	141
Cyrus P.: Tribometr pro měření třecích vlastností sypkých zemědělských materiálů	151
Maleř J.: Sklízecí mlátička pro svahy s podélným a příčným vyrovnáváním	161
Ďuriš M., Ďudák J., Ostrožlík M.: Modelovanie technologického procesu zberu obilnín	175
Žák K.: Terminologie v oboru zemědělská technika	186

СОДЕРЖАНИЕ

Гавличек Я.: Оптимизация предельных состояний технических объектов	139
Клуфа Й.: Оценка параметров логарифмической и нормальной модели надежности сельскохозяйственной техники	149
Цырус П.: Трибометр для измерения свойств скольжения сыпучих сельскохозяйственных материалов	159
Малерж Й.: Уборочная молотилка для склонов с продольным и поперечным выравниванием	172
Дюриш М., Дюдак Й., Острожлик М.: Моделирование технологического процесса уборки зерновых хлебов	183

CONTENTS

Havlíček J.: Optimizing the limit states of technical objects	139
Klůfa J.: An estimate of the parameters of the logarithmic-normal reliability model for farm machinery	149
Cyrus P.: A tribometer to measure the friction characteristics of agricultural bulk materials	159
Maleř J.: A hillside harvester-thresher provided with transverse and longitudinal leveling systems	172
Ďuriš M., Ďudák J., Ostrožlík M.: Modelling the technological process of grain harvesting	184

HAVLÍČEK, J. (Vysoká škola zemědělská, Praha): *Optimalizace mezních stavů technických objektů*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3): 129 – 140.

Mezní stavy technických objektů jsou v současném normovaném pojetí definovány jako stavy, při jejichž dosažení musí být další využití objektu přerušeno, přičemž kritéria těchto mezních stavů jsou stanovena dohodou mezi zpracovatelem a uživatelem objektu. Tento přístup k řešení celého velmi závažného problému nemůže přinést objektivní výsledky. Velmi přibližné odhady zkreslují tak v celé oblasti provozu strojů při hodnocení jejich jakosti a spolehlivosti většinu získávaných ukazatelů. To má samozřejmě vliv na hospodárnost provozu strojů a úroveň technicko-ekonomických parametrů. V navrženém pojetí se postup získávání spolehlivostních ukazatelů a mezních stavů rozšiřuje na tři základní etapy: experiment s cílem stanovit ukazatele tzv. fyzického života a mezního fyzického stavu, stanovení optimální úrovně ukazatelů mezního stavu na základě zvoleného kritéria a stanovení normovaných ukazatelů spolehlivosti, založených na optimalizované (nikoliv dohodnuté) úrovni mezního stavu. Jsou definovány základní pojmy, zdůvodněna volba optimalizačního kritéria a zpracován postup optimalizačního řešení. Realizovaná praktická řešení (optimalizace stavu pro obnovu pístní skupiny motorů, klikových hřídelů, řezných nástrojů, mazacího motorového oleje aj.) jsou účelná a mají vysoký pozitivní ekonomický efekt.

mezní stav technických objektů; kritéria mezního stavu; mezní fyzický stav; fyzický život; optimální stav pro obnovu; náklady vlastní obnovy; náklady na provoz

Mezní stavy technických objektů (strojů a zařízení) mají v nauce o spolehlivosti mimořádně významné postavení. Jsou základním podkladem jak pro výrobce, tak pro uživatele strojů v tom smyslu, že definují nejvýše přípustnou změnu sledovaných parametrů, po jejímž dosažení je ukončen provozuschopný stav objektu a vzniká porucha. Mezní stavy se tím stávají východiskem celé nauky o spolehlivosti objektů, která se v současném pojetí obsahově zaměřuje na tři základní úkoly:

— zjišťuje doby provozu jednotlivých objektů do mezního stavu, získané hodnoty technického života statisticky zpracovává do podoby číselných a funkčních ukazatelů bezporuchovosti a životnosti;

— u obnovovaných objektů zjišťuje časové údaje o pracnostech a průběžných dobách údržbových činností, statisticky je zpracovává do podoby číselných a funkčních ukazatelů udržitelnosti, případně do podoby jednoduchých nebo komplexních ukazatelů dalších vlastností (diagnostikovatelności, skladovatelnosti, pohotovosti aj.);

— v souvislosti s rozvojem technické diagnostiky se zabývá problémem prognózy dispozičního života objektů, zatím bez výrazného zpětného ovlivnění základních konceptních a terminologických norem z oblasti nauky o spolehlivosti.

Definovanou úroveň mezního stavu je významně ovlivněna velikost technického života objektů a tím i úroveň všech závislých ukazatelů spolehlivosti. V podobě technických podmínek pro provoz strojů údaje o mezních stavech významně ovlivňují okamžiky obnovy strojů a jejich prvků a tím i efektivnost jejich provozu. Cílem tohoto příspěvku je zdůvodnit a navrhnout změnu v konceptním pojetí mezních stavů a uvést princip jejich optimalizace.

Prvým charakteristickým rysem současné koncepce je specifický způsob chápání podstaty mezního stavu. Podle ČSN 01 0102 se za mezní stav považuje stav objektu, ve kterém musí být další využití objektu přerušeno pro neodstranitelné porušení bezpečnostních požadavků, nebo překročení stanovených mezí zadaných parametrů, nebo snížení efektivity provozu pod přípustnou hodnotu, nebo pro nutnost vykonání generální opravy.

Tím, že definice dává pokyn přerušit provoz (využití) objektu při dosažení mezního stavu, chápe tento stav jako pevnou nepřekročitelnou mez, resp. výraznou hranici mezi provozuschopným a poruchovým stavem objektu.

Druhým charakteristickým rysem současné koncepce je určení, kdo má kvantitativní údaje a ukazatele mezních stavů zpracovávat. Platné normy v tomto směru uvádějí:

— podle ČSN 01 0102 se znaky (kritéria) mezního stavu stanoví technickou dokumentací pro daný objekt;

— podle ČSN 01 0601 provádí zpracovatel objektu stanovení znaků provozuschopných a mezních stavů, které mohou vzniknout v objektu, a dohodne je s uživatelem (odběratelem).

V podstatě to znamená, že současná nauka o spolehlivosti strojů vyřazuje volbu kritérií poruch a stanovení mezních stavů ze svého rámce a považuje řešení tohoto problému za úkol pro obecné inženýrské disciplíny. Sama pak výsledek chápe jako danou skutečnost, na kterou svým současným obsahovým pojetím navazuje. Požaduje v podstatě, aby mezní stav byl definován dříve, než se realizuje spolehlivostní experiment či sledování.

Oba zmíněné charakteristické rysy současného koncepčního pojetí mezního stavu lze považovat za slabá místa této koncepce a do značné míry i za překážku dalšího rozvoje a uplatnění nauky o spolehlivosti objektů.

Za první nedostatek uvedené definice mezního stavu ve smyslu ČSN 01 0102 lze považovat nevhodnou duplicitu pojmů. V podstatě není nutné jako charakteristické rysy dosažení mezního stavu uvádět odděleně porušení bezpečnostních požadavků, překročení mezí zadaných parametrů, ani snížení efektivity provozu pod přípustnou mez. Při snaze o toto podrobné členění lze totiž jako nedostatek konstatovat, že výčet charakteristických rysů je neúplný — v tomto podrobném členění chybí např. zdůraznění významných parametrů ergonomických, ekologických a dalších. Vhodnější by zřejmě bylo využít další možnosti — podrobné členění v základní definici neuvádět a všechny dílčí rysy zahrnout do obecné integrující formy: ukazatelem mezního stavu je překročení stanovených mezí zadaných parametrů. V normované definici je tento obecný ukazatel nevhodně uveden na stejné úrovni vedle neúplného počtu podřízených dílčích ukazatelů, což snižuje úroveň normy. Poslední definovaný ukazatel (charakteristický rys mezního stavu) — nutnost generální opravy — nemá potřebnou vědeckou úroveň, je výsledkem užití (aplikace) mezního stavu, nikoliv kritériem či podkladem pro stanovení a do normy s tak velkým a základním významem nepatří.

Důkaz oprávněnosti tvrzení, že mezní stav není vhodné chápat jako nepřekročitelnou mez, při jejímž dosažení musí být využití objektu přerušeno, je uveden v dalších částech příspěvku a v jeho závěrech.

MOŽNOST DEFINOVAT MEZNÍ STAV PŘED ZAHÁJENÍM SPOLEHLIVOSTNÍHO EXPERIMENTU

Z výše uvedených citací z ČSN 01 0102 a ČSN 01 0601 vyplývá, že ukazatel mezního stavu je předmětem dohody mezi zpracovatelem a uživatelem objektu, přičemž nauka o spolehlivosti chápe mezní stav jako předaný podklad, z něhož dále vychází.

Lze jednoznačně potvrdit, že tímto postupem je skutečně v současné době stanovena naprostá většina číselných ukazatelů mezního stavu, vycházejí z nich výrobci strojů a jako nezbytný podklad je používají uživatelé strojů v provozu pro stanovení okamžiků obnovy. Problémy a pochybnosti vznikají při analýze jakostní úrovně těchto ukazatelů mezního stavu a metodiky jejich stanovení. V rozhodující většině konkrétních případů lze dojít k těmto závěrům:

- mezní stav v technické formě je pro potřeby nauky o spolehlivosti definován zpravidla formou jediné hodnoty číselného ukazatele, jejíž stanovení je založeno na jiné jediné hodnotě příslušného tzv. kritéria (ukazatel bezpečnosti, efektivnosti provozu, ekologické a ergonomické vlastnosti aj.), která je odhadnuta bez bližšího zdůvodnění, resp. u níž se rozhodnutí o velikosti požaduje od příslušných specialistů;

- velmi často se jedná o řešení využívající jen fyzikálně-technických podkladů se zanedbáním ekonomické stránky řešení;

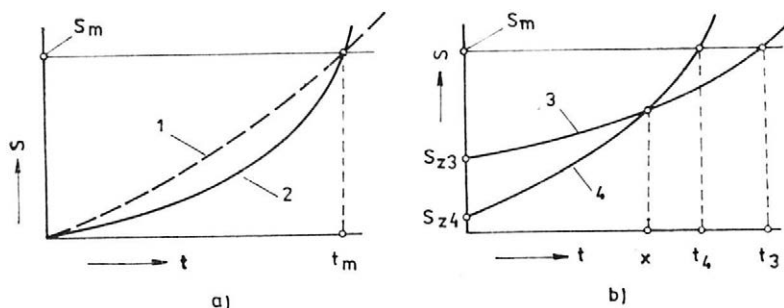
- praxe provozu strojů takto stanovené hodnoty mezních stavů často nepřijímá, nedodržuje je, velmi často je i vysoce překračuje bez zjevných negativních důsledků.

Základní příčinu nízké jakosti definovaných mezních stavů je možné vidět v samé podstatě požadavku definovat (dohodnout) mezní stav před zahájením spolehlivostních experimentů. Je to požadavek, jehož uplatnění nemůže přinést kvalitní výsledky a který je ve své podstatě nesprávný. Žádnou konkrétní úroveň např. požadavku bezpečnosti (viz citované ČSN 01 0102 a ČSN 01 0601) nelze předem prohlásit za nepřijatelnou, není-li uváděna ve vztahu k době provozu, po které je jí dosaženo, a ve vztahu k nákladovým a zdravotním rizikům. Totéž platí o mezích sledovaných parametrů, o úrovni efektivnosti provozu i o potřebě generální opravy.

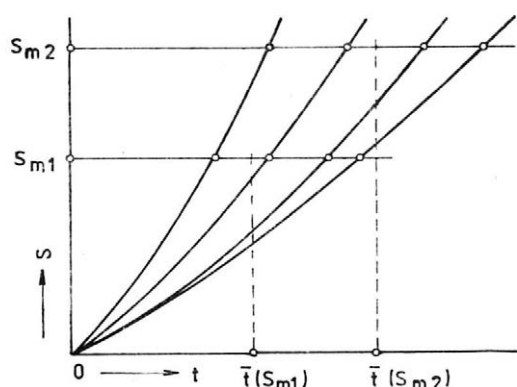
Lze učinit závěr, že zpracovatel objektu nemá před zahájením spolehlivostních experimentů dostatek podkladů pro stanovení mezních stavů se žádoucí úrovní jejich jakosti. Je odkázán na odhady založené na porovnání s hodnotami mezních stavů jiných výrobků, na intuici apod. Lze konstatovat, že tyto veličiny, které jsou zmíněnými normami uváděny jako kritéria, tj. měřítka pro posuzování, ve své podstatě kritérii nejsou, ale jsou to jen ukazatele mezních stavů v jiné formě (podobě).

Na řadě příkladů lze dokázat, jaké negativní důsledky má současné pojetí, kdy zpracovatel objektu je nucen definovat mezní stav před zahájením spolehlivostních experimentů:

- na obr. 1 jsou uvedeny průběhy změn sledovaného parametru S jako funkce doby provozu t pro dva různé prvky (znázorněné plnou a přerušovanou čarou); protože oba dosáhnou téhož mezního stavu S_m po stejné době provozu t_m , považuje je současná nauka o spolehlivosti za rovnocenné, přestože v celém intervalu 0 až t_m je prvek č. 2



1. Příklady změn sledovaných parametrů s dobou provozu t a vliv současného pojetí stavu S_m na úroveň jakosti ukazatelů spolehlivosti — Examples of changes in the parameters studied, with operation time t and the reliability indicator quality level as affected by the present approach to limit state S_m



2. Schéma vlivu rozdílné úrovně mezního stavu ($S_{m1} < S_{m2}$) na velikost příslušející střední doby provozu $\bar{t}(S_{m1})$ a $\bar{t}(S_{m2})$ — The effect of different limit state levels ($S_{m1} < S_{m2}$) on the magnitudes of operation mean times $\bar{t}(S_{m1})$ and $\bar{t}(S_{m2})$

z hlediska úrovně sledovaného ukazatele lepší (stejně tak může být po okamžiku t_m horší než prvek č. 1).

— prvek č. 3 na obr. 1b má delší technický život než prvek č. 4, což současné pojetí nauky o spolehlivosti zaregistruje; mimo pozornost však zůstanou rozdíly v počátečních hodnotách S_{z3} a S_{z4} sledovaného parametru u obou prvků, zcela je pominuta možná rozdílnost výrobních nákladů obou prvků i rozdílná úroveň jejich technického stavu v různých etapách jejich provozu (v intervalu 0 až x vykazuje prvek 4 vyšší úroveň sledovaného parametru, po okamžiku x je vyšší úroveň u prvku 3).

Podobných příkladů lze nalézt mnoho; ze všech vyplývá, že požadavek na definování mezního stavu před spolehlivostním experimentem není vhodný, vede k nepřesnostem a ve svých důsledcích i k ne hospodárnému provozu v důsledku obnovy objektů v nesprávných okamžicích.

Určitým paradoxem je, že nízká úroveň jakosti ukazatelů mezního stavu způsobí nízkou úroveň všech ukazatelů spolehlivosti i v těch případech, kdy jsou stanoveny a vypočítány i velmi přesnými a náročnými postupy a metodami (obr. 2).

Tím, že koncepční pojetí současné nauky o spolehlivosti vyřazuje vlastní stanovení mezních stavů ze své obsahové náplně, dává celé nauce charakter disciplíny, která pouze popisuje dané skutečnosti.

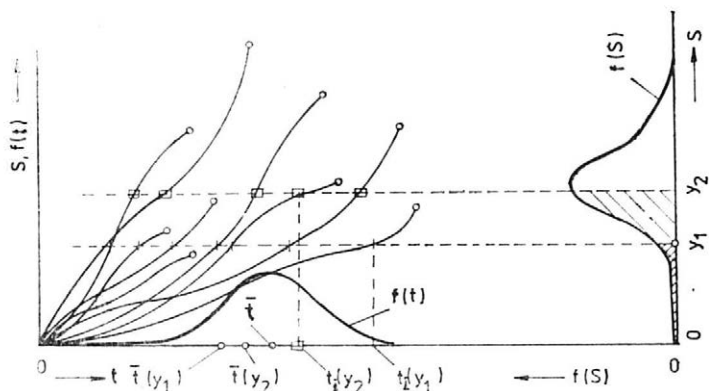
Je zřejmé, že při snaze o zlepšení je nutné překonat především problém získání určitých spolehlivostních údajů dříve, než je definován mezní stav. Východiskem je definování tzv. mezního fyzického stavu a fyzického života.

MEZNÍ FYZICKÝ STAV A FYZICKÝ ŽIVOT

Předpokládejme realizaci spolehlivostního experimentu s výběrovým souborem tzv. elementárních prvků (objekty, které z hlediska konstrukční a montážní složitosti nelze již dále dělit — např. třecí plochy součástí, bříty řezných nástrojů, základní elektrotechnické prvky apod.), které se ponechají v činnosti bez omezení, pokud jsou z fyzikálně-technických hledisek schopny plnit svoji funkci. Sledovanými veličinami jsou objem vykonané práce — doba provozu t a průběžné změny sledovaného parametru (diagnostického signálu S). K ukončení funkce (činnosti) dojde jednou ze dvou možných forem:

— u prvků, které z hlediska úrovně plnění požadovaných funkcí vyhovují dvoustavovému modelu (dobrý — špatný), vznikne havarijní porucha (náhlá a úplná); patří k nim např. kluzná a valivá ložiska, velký sortiment elektrotechnických prvků, ozubená kola aj.;

— u vícestavových prvků, kde narůstající změny technického stavu (sledovaného parametru S) mají průběžný měřitelný a významný vnější projev ve změně ukazatelů



3. Podklady pro stanovení ukazatelů spolehlivosti jako funkce doby provozu t a funkce sledovaného parametru S ; $t_i(y_1)$ — doba provozu prvku žijícího při stavu y_1 ; $t_i(y_2)$ — doba provozu prvku žijícího při stavu y_2 — Underlying data for the determination of the reliability indicators as functions of operation time t and investigated parameter S ; $t_i(y_1)$ — the operation time of element alive on condition y_1 ; $t_i(y_2)$ — the operation time of element alive on condition y_2

jakosti a hospodárnosti provozu, dojde k nehavarijní ztrátě schopnosti plnit funkce na přijatelné úrovni (zhoršování funkce je postupné, fyzikálně-technické ukončení je méně výrazné a je obvykle velmi vzdálené od reálné přípustné úrovně); patří sem např. všechny nástroje, písty a válce pístových strojů a řada dalších.

Diskrétní hodnotu sledovaného parametru, příslušející jedné nebo druhé formě ukončení fyzikálně-technické schopnosti plnit funkce, označme jako ukazatel mezního fyzického stavu a dobu provozu, příslušející tomuto stavu, jako fyzický život. Schematicky lze výsledek experimentu znázornit formou podle obr. 3 (dosažení mezního fyzického stavu je označeno kroužky). Protože jak fyzický život, tak diskretní hodnota parametru S , příslušející meznímu fyzickému stavu, mají charakter náhodně proměnných veličin, lze běžnými postupy získat ukazatele spolehlivosti dvojího druhu:

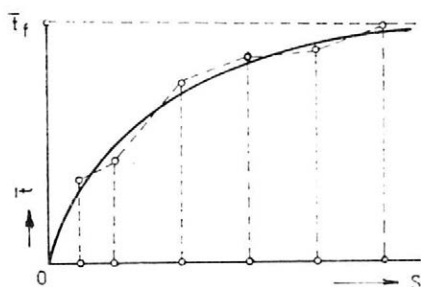
- buď jako funkci doby provozu, např. $f(t)$, $R(t)$, $F(t)$ a další, nebo
- jako funkci sledovaného parametru, např. $f(S)$, $R(S)$, $F(S)$ a další.

Z obr. 3 je zřejmé, že každé diskretní hodnotě sledovaného ukazatele S u jednotlivých prvků výběrového souboru o rozsahu n přísluší rozdílné doby provozu $t_i(S)$. To umožňuje pro každou diskretní hodnotu S stanovit empirickou střední dobu provozu $\bar{t}(S)$ pomocí vztahu

$$\bar{t}(S) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{m(S)} t_i(S) + \sum_{j=1}^{n-m(S)} t_{fj}(S) \quad (1)$$

kde: $m(S)$ — počet prvků, které při stavu S ještě nedosáhly mezního fyzického stavu
 $t_{fj}(S)$ — fyzický život j -tého prvku, který nedožil stavu S

Mění-li se hodnoty diagnostického signálu z hodnoty y_1 na hodnotu y_2 (obr. 3), vzrůstá střední doba provozu z hodnoty $\bar{t}(y_1)$ na hodnotu $\bar{t}(y_2)$, až v limitním případě pro $y = \infty$ se hodnota $\bar{t}(y)$ blíží střednímu fyzickému životu $\bar{t}_f$. Ze získaných diskretních hodnot lze pak funkci $\bar{t}(S)$ vyjádřit spojitě (obr. 4). Diskretních hodnot i funkce $\bar{t}(S)$ lze využít pro substituci (náhradu) signálu S a naznačené spolehlivostní funkce $f(S)$, $F(S)$, $R(S)$ a další vyjádřit v jiné podobě jako např. $f(\bar{t})$, $F(\bar{t})$, $R(\bar{t})$ a další, což přináší řadu výhod (Havlíček, 1989) a dalších možností (sjednocuje se forma vyjádření různých signálů S , zjednodušují se optimalizační výpočty aj.). Pokud se tedy v dalších vztazích vyskytuje symbol $\bar{t}$, jedná se o veličinu příslušející známé diskretní veličině sledovaného ukazatele S .



4. Střední doba provozu jako funkce diagnostického signálu — sledovaného parametru S — The mean time of operation as a function of the diagnostic signal — investigated parameter S

Ukazatele mezního fyzického stavu $F(S)$, $f(S)$, $R(S)$ a další, resp. jejich upravená forma po substituci $\bar{t}$ za S ve tvaru $F(\bar{t})$, $R(\bar{t})$, $f(\bar{t})$ a další umožňují definovat základní optimalizační problém — jakou hodnotu S , resp. jakou hodnotu $\bar{t}$ je nejúčelnější považovat za optimální hodnotu ukazatele mezního stavu (ve smyslu normované terminologie), resp. zkráceně za optimální stav pro obnovu. Při vlastním řešení této úlohy je nezbytné především vybrat optimalizační kritérium (měřítko pro rozhodování) a definovat kritériální (účelovou) funkci celého řešení.

V souvislosti s definicí mezního fyzického stavu a fyzického života prvků je nutno zaujmout stanovisko k námitce, že u nejvíce rizikových prvků (např. z oblasti jaderné energetiky aj.) nelze zkoušky fyzického života vůbec vykonat. Námitku je nutno uznat za plně oprávněnou, dosažení mezního fyzického stavu nepřipadá s ohledem na závažnost rizik samozřejmě vůbec v úvahu. Současně lze ovšem tvrdit, že právě u tohoto druhu prvků je zcela nepřijatelné použít i současný normovaný přístup — a priori definovat mezní stav; jeho nutně odhadovaná veličina by mohla vyvolat mimořádně závažné důsledky. Východiskem je využití principu navrženého prvního kroku optimalizačního řešení — mezní stav a priori neurčovat, zvolit nejvyšší možný počet ukazatelů pro sledování změn technického stavu kontinuálně od samého počátku a na základně průběhu těchto změn jako funkce doby provozu odhadovat velikost rizik a dávat pokyn k obnově (Havlíček, 1990).

PODSTATA OPTIMALIZAČNÍHO ŘEŠENÍ

Jak bylo již uvedeno, normovaná tzv. kritéria poruch a mezních stavů ve smyslu ČSN 01 0102 lze chápat buď jako kritéria druhého řádu (jejich velikost je nutno zdůvodnit jiným nadřazeným kritériem), nebo, což je přesnější, je považovat za ukazatele stavu — sledované parametry, které jsou předmětem optimalizace, založené na jiném kritériu — měřítku pro rozhodování. Je samozřejmé, že lze v daném směru zkoumat pouze ty parametry, které se vlivem činnosti objektu mění (zhoršují).

VOLBA OPTIMALIZAČNÍHO KRITÉRIA

Při volbě kritéria, tj. měřítka pro rozhodování v oblasti definovaného optimalizačního problému, lze vyjít z následující úvahy:

Každý objekt (stroj, zařízení, jejich součást) je určen pro vykonávání určité požadované činnosti, jejíž rozsah lze v souladu se ČSN 01 0102 vyjádřit jako dobu provozu t (doba nebo rozsah práce objektu). Logicky lze za optimální hodnotu ukazatele mezního stavu považovat tu, jejíž dodržování při obnově přinese maximální efekt — tj. na jedné straně co největší rozsah vykonané práce — dobu provozu t a současně co nejmenší zhoršení významných sledovaných parametrů. Toto jejich zhoršování lze obecně popsat narůstá-

jícím objemem spotřebované živé i zvěcné práce, materiálu a energie, s dalším sjednocujícím ekvivalentem — nákladovým vyjádřením; problémem zůstávají takové parametry, jako jsou rizika bezpečnosti (ohrožení zdraví nebo života), ukazatele úrovně ergonomických, ekologických, estetických aj. vlastností. Přestože snaha vyjádřit změny těchto ukazatelů v nákladové podobě se zdá poněkud násilná, nebo dokonce nereálná, není v podstatě jiná cesta — přípustná úroveň je i u těchto ukazatelů dána ekonomickými možnostmi. Např. určité míry a rizika poškození zdraví či dokonce života, znečištění ovzduší apod. je nutno vždy připustit, protože jinak by převážná část např. strojů a zařízení nemohla být vůbec exploatována; únosná míra těchto rizik a zhoršujících se faktorů je vždy přímo či nepřímo ovlivněna vznikajícími nákladovými důsledky a k uplatnění nákladového kritéria i v těchto případech vždy dochází.

Za těchto předpokladů lze definovat, že integrálním kritériem při optimalizaci zvoleného ukazatele S mezního stavu je velikost sumy všech souvisejících a vyvolaných nákladů, připadajících na jednotku vykonané práce — doby provozu t . Pro výběrový soubor o rozsahu n zkoušených objektů lze jeho velikost vyjádřit vztahem

$$u(S) = \frac{\sum_{i=1}^n N_{Oi} + \sum_{i=1}^n N_{Pi}(S)}{\sum_{i=1}^n t_i(S)} \quad (2)$$

kde: S — sledovaný parametr — ukazatel technického stavu objektu

u — průměrné náklady na jednotku doby provozu

N_O — tzv. náklady vlastní obnovy objektu, definované obecně jako ta část jeho výrobních nákladů (pořizovací ceny), která byla za období provozu spotřebována a musí být při obnově nahrazena; u neobnovovaných objektů se N_O přibližně rovná výrobním nákladům N_P objektu

N_P — suma veškerých nákladů, vyvolaných zhoršováním technického stavu objektu v provozu; jsou dále označovány souhrnným pojmem náklady na provoz s tím, že v jejich velikosti jsou buď vhodnou formou přímo zahrnuty úrovně výše zmíněných ukazatelů ergonomických, ekologických, estetických aj., nebo jsou změny těchto ukazatelů sledovány vedle nákladů na provoz s tím, že míra jejich únosného zhoršení je v podstatě též určena ekonomikou.

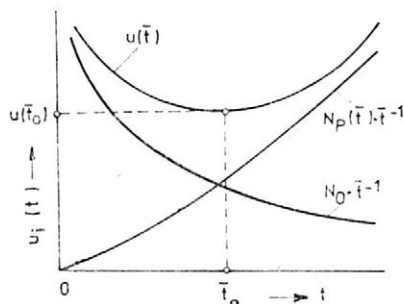
Jestliže je veličina S nahrazena veličinou $\bar{t}$ (jak bylo již uvedeno) a dále veličiny N_{Oi} , N_{Pi} a t_i , příslušející jednotlivým prvkům výběrového zkoumaného souboru, se nahradí středními hodnotami N_O , N_P a $\bar{t}$, jsou hledané kritérium i účelová funkce celého optimalizačního problému definovány vztahem

$$u(\bar{t}) = \frac{N_O + N_P(\bar{t})}{\bar{t}} \quad (3)$$

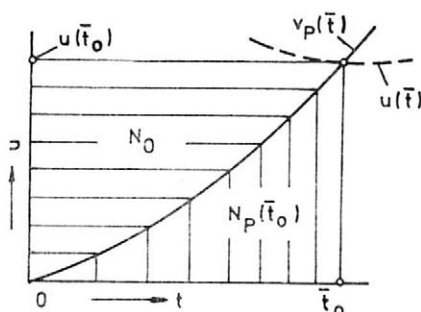
který vyjadřuje sumu nákladů na obnovu a nákladů na provoz, připadajících na jednotku doby provozu (rozsahu — objemu vykonané práce) průměrného objektu. Optimální úroveň ukazatele mezního stavu přísluší lokálnímu minimu funkce (3), což je výsledek jednoznačný, nevyvolávající další pochybnosti, ani potřebu doplňujícího řešení či odhadů.

VLASTNÍ OPTIMALIZAČNÍ ŘEŠENÍ

Grafické řešení lokálního minima účelové funkce (3) je na obr. 5. Veličině $u(\bar{t}_0)$ příslušející střední doba provozu $\bar{t}_0$ umožňuje s ohledem na platnost vztahu $\bar{t}_0 = \bar{t}(S_0)$ pomocí funkce $\bar{t}(S)$ podle obr. 4 definovat optimální hodnotu S_0 sledovaného zvoleného ukazatele mezního stavu.



5. Graf účelové funkce (3) — The diagram of objective function (3)



6. Princip použití funkce $v_P(\bar{t})$ pro stanovení hodnoty $\bar{t}_0$ — The principle of employing function $v_P(\bar{t})$ to determine value $\bar{t}_0$

Z principu řešení je zřejmé, že ukazatelů mezního stavu lze zvolit i větší počet, realizovat jejich měření v rámci jediného experimentu a za nej kvalitnější z nich považovat ten, jehož uplatněním lze získat nejmenší hodnotu pořadnice lokálního minima účelové funkce (3) — ve své podstatě jde o výběr optimální diagnostické metody.

Při analytickém řešení lokálního minima funkce (3) se získá vztah

$$\frac{dN_P(\bar{t}_0)}{d\bar{t}_0} = \frac{N_0 + N_P(\bar{t}_0)}{\bar{t}_0} \quad (4)$$

Definuje-li se levá strana rovnice (4) jako okamžité náklady na provoz při stavu $\bar{t}_0$, resp. S_0 a označí symbolem $v_P(\bar{t}_0)$, platí dále

$$v_P(\bar{t}_0) = u(\bar{t}_0) \quad (5)$$

což je znázorněno na obr. 6, kde svisle šrafovaná plocha pod funkcí $v_P(\bar{t})$ vyjadřuje pro stav $\bar{t}_0$, resp. S_0 velikost nákladů na provoz

$$N_P(\bar{t}_0) = \int_0^{\bar{t}_0} v_P(\bar{t}) d\bar{t} \quad (6)$$

a vodorovně šrafovaná plocha náklady vlastní obnovy N_0 .

Tato v podstatě formální úprava podkladů pro optimalizační řešení má mimořádně významné důsledky při praktické aplikaci, kde vyjadřuje, že pro stanovení optimální úrovně ukazatele mezního stavu postačí:

— sledovat kontinuálně průběh změn vybraného ukazatele S , resp. $\bar{t}$, technického stavu jako funkce doby provozu t ;

— sledovat současně vliv těchto změn na úroveň okamžitých nákladů na provoz $v_P(\bar{t})$;

— využít běžné dostupnosti údaje o nákladech vlastní obnovy N_0 , stanovit jejich pomocí veličinu $\bar{t}_0$ a pak i hledanou veličinu S_0 ukazatele mezního stavu objektu.

Poř. číslo kroku	Současný normovaný postup	Navržené optimalizační řešení
1	—	experiment a stanovení ukazatelů fyzického života a ukazatelů mezního fyzického stavu
2	dohoda zpracovatele a uživatele objektu o úrovni ukazatelů mezního stavu	optimalizační řešení založené na nákladovém kritériu, při němž se stanoví optimální úrovně ukazatelů mezního stavu
3	stanovení normovaných ukazatelů spolehlivosti vycházející z dohodnuté úrovně mezního stavu	stanovení normovaných ukazatelů spolehlivosti vycházející z optimalizované úrovně mezního stavu

Tím je jednoznačně prokázáno, že nikoliv předem dohodnutá jediná mezní hodnota ukazatele technického stavu, ale průběh jeho změn jako funkce doby provozu je rozhodujícím podkladem pro získání optimální úrovně ukazatele mezního stavu na žádoucí úrovni jakosti.

Na základě optimalizované veličiny S_o lze pak běžnými normovanými postupy získat údaje o technickém životě a všechny na něm závislé normované ukazatele spolehlivosti s vysokou úrovní jakosti a vypovídací schopnosti. Tab. I uvádí srovnání obou analyzovaných postupů řešení. V naznačených souvislostech lze výše definovaný fyzický život považovat za zvláštní formu technického života a připomenout, že výsledné ukazatele spolehlivosti jsou pro každou z těchto forem odlišné.

VLASTNOSTI OPTIMALIZOVANÉHO UKAZATELE MEZNÍHO STAVU

Použití nákladového kritéria pro optimalizaci ukazatele mezního stavu dává jeho optimalizované hodnotě S_o , resp. $\bar{t}_o$, některé charakteristické vlastnosti.

Hodnota S_o , resp. $\bar{t}_o$, nemá charakter pevné nepřekročitelné meze, ale vlastnosti optimální hodnoty — její dodržování není kategoricky určeno, odchylky jsou možné v obou směrech. Její dodržení u izolovaného objektu přináší maximální efekt z hlediska použitého kritéria — nejnižší náklady na jednotku vykonané práce — doby provozu $\bar{t}$. Odchylky jsou vždy doprovázeny vznikem ztrát, při předčasné obnově vznikají ztráty z nevyčerpání nákladů vlastní obnovy N_o , při překročení ukazatele se zvyšují do ztrátové oblasti náklady na provoz $N_P(\bar{t})$.

Hodnoty S_o , resp. $\bar{t}_o$, v daném pojetí nemají charakter neměnného, konstantního údaje, příslušejícího trvale objektu. Jsou to údaje proměnlivé, jejichž velikost závisí obecně na konkrétní úrovni cen a na konkrétních provozních podmínkách objektu, tj. na konkrétním průběhu nákladů na provoz $N_P(\bar{t})$ a na velikosti nákladů N_o . Změny těchto podkladů vyvolávají jak změny v hodnotách S_o a $\bar{t}_o$, tak změny příslušejícího technického života a tím i všech odvozených ukazatelů spolehlivosti. Z toho vyplývá potřeba kontinuálně sledovat podmínky a parametry jak výroby, tak provozu objektů, při jejich změnách inovovat hodnotu S_o , resp. $\bar{t}_o$, a v návaznosti nově stanovit ukazatele jakosti a spolehlivosti u výrobců objektů, pro státní zkušebny i pro uživatele a jeho útvary údržby.

Princip optimalizace ukazatele mezního stavu objektů může být uplatněn v několika významných aplikačních oblastech:

— při optimalizaci ukazatelů mezního stavu elementárních strojních prvků, tj. při určování potřeby jejich oprav nebo výměn; uskutečněné experimenty (Legát, 1986) ukázaly např. možnost významných změn v obnovách součástí pístní skupiny motorů, přinesly nové pohledy na velikost hodnot i soustavu technických podmínek pro obnovu klikových hřídelů a ložisek — vždy s významnou změnou odvozených ukazatelů spolehlivosti;

— nově lze řešit (a získat tak významné úspory) problém seskupování obnov různých prvků v rámci těžce strojní soustavy; např. společná obnova dvou různých prvků těžce soustavy v jediném okamžiku, kdy dochází k překročení optimalizované hodnoty ukazatele mezního stavu u jednoho prvku a současně k předčasné obnově jiného prvku, může přinést významné úspory v řadě směrů, kterými jsou převáženy ztráty z nedodržení individuálních veličin S_{oi} , resp. t_{oi} pro jednotlivé prvky; navržený princip optimalizace umožňuje nalézt nejvýhodnější řešení (Havlíček, 1989);

— při optimalizaci diskrétních hodnot ukazatelů určujících potřebu vykonání významných operací preventivní údržby; uskutečněné experimenty (Novák, 1989) např. ukázaly možnost dosáhnout významných úspor optimalizací obnov mazacích olejů u pístových strojů, v převodovkách, hydraulických systémech aj.;

— při optimalizaci obnov strojů a zařízení jako celku, tj. při modernizaci a inovaci např. výrobních zařízení, kde při využití výpočetní techniky a postupů a metod informatiky lze respektovat i vlivy morálního opotřebení a operativně řídit i všechny procesy obnovy (Legát, 1986);

— při posuzování efektivnosti různých variant konstrukčního a výrobního provedení objektů z hlediska jejich uplatnění v provozu aj.

Je zřejmé, že kritérium optimalizace — průměrné náklady na jednotku vykonané práce, kterým jsou optimalizovány ukazatele mezních stavů, je v souladu s požadavky a zapadá do koncepce optimální jakosti.

ZÁVĚR

Přijetím koncepce optimální hodnoty ukazatele mezního stavu by bylo možné výrazně zvětšit význam nauky o spolehlivosti objektů. Z vědního oboru, který v podstatě popisuje projevené skutečnosti a pouze registrovanou velikostí svých ukazatelů dává podněty ke změnám jakostních vlastností, se uplatněním zmíněné koncepce může stát živý nástroj, jehož pozice se zvýší jak ve vztahu k výrobcí objektů, tak zásadně v provozní sféře. V podstatě umožní optimální rozvoj inherentních jakostních vlastností, vycházející z racionalizace procesů obnovy objektů s praktickým projevem v tom smyslu, že se dosáhne hospodárného provozu.

Přijetí navržené koncepce by v první etapě vyžadovalo jednak přistoupit ke změně v definicích několika základních pojmů v platných normách (především pojmů mezní stav a kritérium poruchy), jednak několik pojmů doplnit (mezní fyzický stav, fyzický život, kritérium mezního stavu, technický stav, ukazatele technického stavu a některé další). Do plného souladu by měly být uvedeny základní terminologické normy o spolehlivosti s novelizovanou normou o jakosti výrobků, která nepochybně bude následovat po novém koncipování zákona o jakosti výrobků a služeb.

- ČSN 01 0102. Názvosloví spolehlivosti v technice. 1981.
 ČSN 01 0105. Názvosloví technické diagnostiky. 1984.
 ST-SEV 292. Spolehlivost v technice. Základní názvy a definice. 1976.
 ČSN 01 0601. Technické objekty. Pravidla pro stanovení kritérií poruch a mezních stavů. 1982.
 ČSN 01 0660. Údržba. Termíny a definice. 1985.
 ČSN 01 0113. Jakost výrobků. Termíny a definice. 1981.
 HAVLÍČEK, J. a kol.: Provozní spolehlivost strojů. Praha, SZN 1989.
 LEGÁT, V.: Řízení optimální spolehlivosti a obnovy strojů a jejich prvků. Praha, Vysoká škola zemědělská 1986.
 NOVÁK, K.: Optimalizace obnov mazacích olejových náplní motorů. [Kandidátská disertace.] Praha, Vysoká škola zemědělská 1989.

Došlo dne 11. 7. 1989

ГАВЛИЧЕК, Я. (Сельскохозяйственный институт, Прага): **Оптимизация предельных состояний технических объектов.** Земед. Техн., 36, 1990 (3) : 129-140.

Предельные состояния технических объектов в современном нормированном понимании определяется как состояние, при котором следующее использование объекта прекращается, причем критерии предельных состояний определяются соглашением между организацией — разработчиком и пользователем. Этот подход к решению общей, очень важной проблемы не может дать объективных результатов. Очень приблизительные оценки во всей области эксплуатации техники искажают, при оценке ее качества и надежности, большинство получаемых показателей. Это в свою очередь влияет на экономику эксплуатации техники и на уровень технико-экономических показателей. В предложенном понимании способ получения показателей надежности и предельных состояний распространяется на три основных этапа — эксперимент с целью определения показателей так называемой «физической жизни» и предельного физического состояния, определение оптимального уровня показателей предельного состояния на основе выбранного критерия и определения нормированных показателей надежности, основанных на оптимизированном (не условно принятом) уровне предельного состояния. Определяются основные понятия, обосновывается выбор оптимизированного критерия и разрабатывается ход оптимизированного решения. Проведенные в жизнь практические решения (оптимизация состояния по обновлению поршневой группы двигателей, коленчатых валов, режущих устройств и смазочного масла двигателей и др.) целесообразны и они обладают высоким положительным экономическим эффектом.

предельное состояние технических объектов; критерии предельного состояния; «физическая жизнь»; оптимальное состояние для обновления; расходы собственного обновления; эксплуатационные расходы

HAVLÍČEK, J. (University of Agriculture, Praha): *Optimizing the limit states of technical objects.* Zeméd. Techn., 36, 1990 (3) : 129-140.

Under the present standardized approach, the limit states of technical objects are defined as states which, when arrived at, necessitate the technical object to be stopped from further utilization, the criteria of the limit states being agreed upon between the elaborator and the user. This approach to dealing with the entire problem of great consequence cannot bring objective results as it is based on very rough estimates and, therefore, distorts most of the indicators obtained in evaluating the quality and reliability of machines over the whole area of their operation. This, of course, affects the economical operation of machines and the level of technical and economic parameters. The proposed approach expands the procedure for obtaining reliability indicators and limit states to three basic stages: an experiment aimed at determining the indicator of the so-called physical life and physical limit state; the determination of an optimum level of limit state indicators based on a selected criterion; and the determination of standardized reliability indicators relying

on an optimized (not agreed upon) level of limit state. Basic terms are defined, reasons for selecting the optimization criterion are given and an optimization solution procedure are worked out. The practical solutions implemented (such as state optimization to restore engine piston assembly, crankshafts, cutting tools, engine oil and the like) are purposeful and reveal a high positive economic effect.

limit state of technical objects; limit state criteria; physical limit state; physical life; optimum state for restoration; costs of the restoration proper; costs of operation

HAVLÍČEK, J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha): *Optimierung der Grenzzustände der technischen Objekte*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 129-140.

Die sog. Grenzzustände der technischen Objekte sind in der gegenwärtigen normierten Auffassung als Zustände definiert, bei deren Erreichen die weitere Ausnutzung des Objektes unterbrochen werden muss, wobei die Kriterien dieser Grenzzustände durch eine Vereinbarung zwischen Bearbeiter und Benutzer der Objektes festgelegt werden. Ein solches Herangehen an die Lösung des gesamten schwerwiegenden Problems kann keine objektiven Ergebnisse bringen. Die sehr annähernden Schätzungen entstellen und verzerren in dem gesamten Gebiet des Einsatzes der Landmaschinen bei der Bewertung deren Qualität und Zuverlässigkeit die meisten ermittelten Kennziffern. Das wirkt sich selbstverständlich auf die Rentabilität des Betriebes der Landmaschinen und das Niveau der technisch-ökonomischen Parameters aus. In der vorgeschlagenen Auffassung erweitert sich die Gewinnung der zuverlässigen Parameter und der Grenzzustände auf drei grundlegende Etappen: Versuch mit dem Ziel, die Parameter des sog. physischen Lebens und des physischen Grenzzustandes festzulegen, Bestimmung des optimalen Niveaus der Parameter des Grenzzustandes aufgrund eines gewählten Kriteriums und Bestimmung der normierten Zuverlässigkeitsparameter aufgrund des optimierten (nicht vereinbarten) Niveaus des Grenzzustandes. Es sind die Grundbegriffe definiert, die Wahl eines optimierenden Kriteriums begründet und der Vorgang einer optimierenden Lösung bearbeitet. Die realisierten praktischen Lösungen (Optimierung des Zustandes für die Erneuerung der Kolbenmotorengruppe, der Kurbelwellen, der Schneidinstrumente, des Motorschmieröls usw.) sind zweckmässig und haben einen hohen positiven ökonomischen Effekt.

Grenzzustand der technischen Objekte; Kriterien des Grenzzustandes; physischer Grenzzustand; physisches Leben; optimaler Zustand für die Erneuerung; Kosten für die eigene Erneuerung; Betriebskosten

Adresa autora:

Prof. ing. Jaroslav Havlíček, CSc., Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6 - Suchbát

J. Klůfa

KLŮFA, J. (Vysoká škola ekonomická, Praha): *Odhad parametrů logaritmicko-normálního modelu spolehlivosti zemědělské techniky*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3): 141–149.

V příspěvku jsou aplikovány závěry teorie bodového odhadu k odhadu spolehlivosti zemědělské techniky. Odhad je jednoduchý v případě, že se doba bezporuchové činnosti řídí exponenciálním rozdělením, komplikovanější v případě Weibullova rozdělení. V práci byl nalezen odhad spolehlivosti prvku za předpokladu, že pro dobu bezporuchové činnosti vyhovuje model logaritmicko-normálního rozdělení. Odhad byl nalezen metodou maximální věrohodnosti. Tato metoda je v závěru práce ilustrována (včetně testu shody s logaritmicko-normálním rozdělením) na konkrétním příkladu.

rozdělení doby bezporuchového stavu; spolehlivost zemědělské techniky; bodový odhad metodou maximální věrohodnosti; aplikace metody bodového odhadu

Spolehlivost prvku (součásti, zemědělského stroje či zařízení) je definována jako obecná vlastnost objektu, spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek. Důležitou součástí spolehlivosti je bezporuchovost, jejímž ukazatelem je pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$. Označíme-li dobu bezporuchové činnosti X , pak $R(t)$ lze formálně zapsat vztahem

$$R(t) = P(X \geq t). \quad (1)$$

$R(t)$ tedy představuje pravděpodobnost, že u prvku za dobu t nedojde k poruše.

Doba bezporuchové činnosti prvku X nabývá různých nezáporných hodnot, které mimo jiné závisí také na náhodě. Je to tedy náhodná veličina, která se řídí nějakým pravděpodobnostním rozdělením (exponenciálním, Weibullovým, logaritmicko-normálním, rozdělením gama, useknutým normálním apod.). Je zpravidla známo ze zkušenosti, který z těchto pravděpodobnostních modelů je při sledování doby bezporuchové činnosti konkrétního prvku vhodný. Pokud předchozí informace o činnosti daného prvku chybí, případně vznikají pochybnosti o správnosti teoretického modelu, je možné na základě nezávisle zjištěných dob bezporuchové činnosti $x_1, \dots, x_n$ těchto prvků (tj. náhodného výběru) testovat shodu mezi experimentem získaným výběrovým rozdělením a zvoleným teoretickým modelem. K tomu lze použít některé závěry teorie testování statistických hypotéz — např. Pearsonův χ^2 test dobré shody (Klůfa aj., 1984).

V mnoha případech je vyhovujícím pravděpodobnostním modelem pro dobu bezporuchové činnosti prvku X Weibullovo rozdělení s kladnými parametry m, θ (blíže neurčené konstanty, charakteristické pro konkrétní prvky) dané hustotou

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{m}{\theta} \cdot x^{m-1} \cdot \exp(-x^m/\theta) & \text{pro } x > 0 \\ f(x) &= 0 & \text{pro } x \leq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Spolehlivost prvku (funkce času t) je pak podle definice dána vztahem

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{m}{\Theta} x^{m-1} \exp(-x^m/\Theta) dx = \exp(-t^m/\Theta) \quad \text{pro } t > 0 \quad (3)$$

Protože však v tomto vztahu vystupují neznámé parametry m , Θ (typické pro každou zkoumanou součástku, zemědělský stroj či zařízení), spolehlivost $R(t)$ neznáme. Proto se snažíme na základě nezávisle zjištěných dob bezporuchové činnosti $x_1, \dots, x_n$ parametry m , Θ , respektive celou parametrickou funkci $\exp(-t^m/\Theta)$, co možná nejlépe odhadnout. Používáme k tomu matematicko-statistických metod, speciálně metod teorie bodového odhadu.

Právě zformulovaná úloha odhadu spolehlivosti zemědělské techniky v modelu Weibullova rozdělení byla řešena v předchozí práci (Klůfa, 1988), proto se jí zde věnovat nebudeme. V tomto příspěvku se budeme zabývat odhadem spolehlivosti $R(t)$ v případě, že doba bezporuchové činnosti prvku X se řídí logaritmicko-normálním rozdělením.

METODA

Spolehlivost prvku, jak jsme viděli v předchozím příkladu, je obecně nějakou parametrickou funkcí, kterou označíme $\tau(\Theta) = R(t; \Theta)$, kde Θ je buď jediný parametr, nebo vektor parametrů. Naším cílem je parametrickou funkci $\tau(\Theta)$ odhadnout na základě náhodného výběru $x_1, \dots, x_n$, tj. pomocí vhodné funkce $T(x_1, \dots, x_n)$ nezávislé na parametru Θ (takovým funkcím říkáme statistiky). K odhadu se dají použít různé statistiky, nejvhodnější z nich však bude ta, jejíž rozdělení bude co nejvíce koncentrováno kolem odhadované hodnoty $\tau(\Theta)$. Tomuto požadavku vyhovuje tzv. nejlepší nestranný odhad $\tau(\Theta)$, tj. statistika se střední hodnotou $\tau(\Theta)$ a nejmenším rozptylem — viz kritéria kvality bodových odhadů (Klůfa aj., 1984).

Prakticky důležitým příkladem nejlepšího nestranného odhadu je statistika

$$T(x_1, \dots, x_n) = \left(1 - \frac{t}{x_1 + \dots + x_n}\right)^{n-1} \quad (4)$$

Tato statistika, jak se dá ukázat (Klůfa, 1976), je nejlepším nestranným odhadem spolehlivosti v modelu exponenciálního rozdělení (speciální případ Weibullova rozdělení pro $m = 1$), tj. parametrická funkce

$$\tau(\Theta) = R(t; \Theta) = \exp(-t/\Theta) \quad (5)$$

kde: Θ — jediný kladný parametr

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

Metoda maximální věrohodnosti se provádí takto: Jestliže $x_1, \dots, x_n$ je náhodný výběr ze spojitého rozdělení s hustotou $f(x, \Theta)$ závislou na parametru Θ (resp. vektoru parametrů Θ), pak sdružené rozdělení náhodného výběru $x_1, \dots, x_n$ je (vzhledem k nezávislosti $x_1, \dots, x_n$) dáno vztahem

$$f(x_1, \Theta) \cdot f(x_2, \Theta) \cdot \dots \cdot f(x_n, \Theta) \quad (6)$$

Představme si nyní, že jsme experimentem získali konkrétní hodnoty $x_1, \dots, x_n$. Parametr (resp. vektor parametrů) Θ potom určíme tak, aby sdružená hustota náhodného výběru, chápaná při daných hodnotách $x_1, \dots, x_n$ jako funkce Θ , byla maximální.

Sdružená hustota náhodného výběru, chápaná jako funkce Θ při daných hodnotách $x_1, \dots, x_n$ se nazývá funkce věrohodnosti a značí se $L(\Theta)$, tj.

$$L(\Theta) = f(x_1, \Theta) \cdot \dots \cdot f(x_n, \Theta) \quad (7)$$

Metoda maximální věrohodnosti spočívá tedy v tom, že se za odhad $\hat{\Theta}$, které při daných hodnotách $x_1, \dots, x_n$ maximalizuje funkci věrohodnosti $L(\Theta)$. Získáme-li maximálně věrohodný odhad $\hat{\Theta}$ parametru Θ , pak maximálně věrohodným odhadem parametrické funkce $\tau(\Theta)$ je statistika $\tau(\hat{\Theta})$.

Prakticky je zpravidla jednodušší maximalizovat místo funkce věrohodnosti $L(\Theta)$ její přirozený logaritmus $\ln L(\Theta)$, který se nazývá logaritmická funkce věrohodnosti. Protože přirozený logaritmus je funkce rostoucí, nabývá $\ln L(\Theta)$ maxima v totéž bodě jako funkce věrohodnosti $L(\Theta)$.

V dalším aplikujeme metodu maximální věrohodnosti k odhadu spolehlivosti zemědělské techniky v případě, že doba bezporuchové činnosti X se řídí logaritmicko-normálním rozdělením.

ODHAD SPOLEHLIVOSTI V MODELU LOGARITMICKO-NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ

V tomto odstavci budeme vycházet z toho, že doba bezporuchové činnosti prvku X má logaritmicko-normální rozdělení s parametry μ a σ^2 ($-\infty < \mu < \infty$, $\sigma^2 > 0$). Hustota tohoto rozdělení je

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad \text{pro } x > 0$$

$$f(x) = 0 \quad \text{pro } x \leq 0 \quad (8)$$

takže spolehlivost prvku, jehož doba bezporuchové činnosti se řídí logaritmicko-normálním rozdělením, je dána vztahem

$$R(t) = \int_t^\infty \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] dx = \Phi\left(\frac{\mu - \ln t}{\sigma}\right) \quad \text{pro } t > 0 \quad (9)$$

kde Φ je distribuční funkce normovaného normálního rozdělení

$$\left[\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx\right], \text{ která je podrobně tabelována ve statistických}$$

tabulkách a tabulkových přílohách statistických učebnic a skript.

Naším cílem je najít co nej kvalitnější odhad parametrické funkce

$$\tau(\mu, \sigma^2) = R(t; \mu, \sigma^2) = \Phi\left(\frac{\mu - \ln t}{\sigma}\right) \quad (10)$$

na základě náhodného výběru $x_1, \dots, x_n$ z logaritmicko-normálního rozdělení (nezávisle zjištěných dob bezporuchové činnosti zkoumaných součástí, strojů či zařízení). Odhad získáme metodou maximální věrohodnosti.

Funkce věrohodnosti je dána vztahem

$$L(\mu, \sigma^2) = \frac{1}{x_1 \cdot \dots \cdot x_n} \cdot \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right)^n \cdot \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \mu)^2\right] \quad (11)$$

což je při daných hodnotách $x_1, \dots, x_n$ funkce dvou proměnných μ a σ^2 , kterou máme maximalizovat. Jednodušší však bude v tomto případě maximalizovat logaritmickou funkci věrohodnosti, kterou lze upravit na tvar

$$\ln L(\mu, \sigma^2) = - \sum_{i=1}^n \ln x_i - \frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \mu)^2 \quad (12)$$

Parciální derivace logaritmické funkce věrohodnosti podle μ a σ^2 jsou

$$\begin{aligned} \partial_1 \ln L(\mu, \sigma^2) &= - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n 2(\ln x_i - \mu) \cdot (-1) \\ \partial_2 \ln L(\mu, \sigma^2) &= - \frac{n}{2\sigma^2} + \frac{1}{2(\sigma^2)^2} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \mu)^2 \end{aligned} \quad (13)$$

Dále vytvoříme tzv. soustavu rovnic věrohodnosti

$$\begin{aligned} \partial_1 \ln L(\mu, \sigma^2) &= 0 \\ \partial_2 \ln L(\mu, \sigma^2) &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

V našem případě dostaneme po úpravách soustavu

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sigma^2} \left[\sum_{i=1}^n \ln x_i - n \cdot \mu \right] &= 0 \\ -n\sigma^2 + \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \mu)^2 &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

která má jednoznačné řešení

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \stackrel{\text{ozn.}}{=} \overline{\ln x}, \quad \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \overline{\ln x})^2 \quad (16)$$

Podle nutné podmínky pro lokální extrém funkce dvou proměnných logaritmická funkce věrohodnosti $\ln L(\mu, \sigma^2)$ může mít maximum nebo minimum jenom v právě vypočteném bodě

$$\left[\overline{\ln x}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \overline{\ln x})^2 \right] \stackrel{\text{ozn.}}{=} [\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2] \quad (17)$$

v jiných bodech $[\mu, \sigma^2]$ extrém určitě nemá. O tom, zda v bodě $[\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2]$ je či není lokální extrém, rozhodneme prostřednictvím matice

$$\begin{bmatrix} \partial_{11} \ln L(\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2), & \partial_{12} \ln L(\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2) \\ \partial_{21} \ln L(\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2), & \partial_{22} \ln L(\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2) \end{bmatrix} \quad (18)$$

jejíž prvky tvoří parciální derivace 2. řádu logaritmické funkce věrohodnosti v bodě $[\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2]$. Např. parciálním derivováním $\partial_1 \ln L(\mu, \sigma^2)$ podle σ^2 dostaneme

$$\partial_{12} \ln L(\mu, \sigma^2) = - \frac{1}{(\sigma^2)^2} \left[\sum_{i=1}^n \ln x_i - n \cdot \mu \right] \quad (19)$$

takže po dosažení $\hat{\mu}$ a $\hat{\sigma}^2$ máme $\partial_{12} \ln L(\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2) = 0$. Analogicky nakonec dostaneme matici

$$\begin{bmatrix} -\frac{n}{\hat{\sigma}^2} & 0 \\ 0 & -\frac{n}{2(\hat{\sigma}^2)^2} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Tato čtvercová symetrická matice definuje kvadratickou formu, která je negativně definitivní podle tzv. Sylvestrovy věty (Horský, 1987). Podle postačující podmínky pro lokální extrém funkce dvou proměnných má logaritmická funkce věrohodnosti $\ln L(\mu, \sigma^2)$ v bodě $[\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2]$ maximum. Maximálně věrohodným odhadem parametrů μ a σ^2 jsou tedy statistiky

$$\hat{\mu} = \overline{\ln x}, \quad \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \overline{\ln x})^2 \quad (21)$$

Maximálně věrohodným odhadem spolehlivosti prvku v modelu logaritmicko-normálního rozdělení, tj. parametrické funkce $\tau(\mu, \sigma^2) = \Phi[(\mu - \ln t)/\sigma]$, je statistika

$$\Phi \left[\frac{(\overline{\ln x} - \ln t)}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \overline{\ln x})^2}} \right] \stackrel{\text{ozn.}}{=} \hat{R}(t) \quad (22)$$

kde Φ je distribuční funkce normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$

$$\text{a } \overline{\ln x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i.$$

Postup při odhadu spolehlivosti součásti, zemědělského stroje či zařízení v modelu logaritmicko-normálního rozdělení je uveden na konkrétním příkladu.

PŘÍKLAD ODHADU SPOLEHLIVOSTI

Předpokládejme, že jsme experimentem zjistili tyto doby bezporuchové činnosti sledovaného prvku:

$$x_1 = 66,7, x_2 = 92,8, x_3 = 151,4, x_4 = 79,8, x_5 = 177,7, x_6 = 273,1, x_7 = 33,4, \\ x_8 = 36,6, x_9 = 156,0, x_{10} = 11,6, x_{11} = 52,5, x_{12} = 33,4, x_{13} = 11,8, x_{14} = 38,1$$

(pro jednoduchost jsme v tomto ilustračním příkladu zvolili rozsah výběru n pouze 14, jinak pochopitelně odhad spolehlivosti je tím lepší, čím je rozsah výběru n větší).

Pokud máme dobrý důvod se domnívat, že doba bezporuchové činnosti prvku se řídí logaritmicko-normálním rozdělením, přejdeme rovnou k odhadu spolehlivosti sledovaného prvku. V opačném případě nejprve provedeme test shody s logaritmicko-normálním rozdělením. Pro úplnost dále provedeme jak test shody s logaritmicko-normálním rozdělením, tak odhad spolehlivosti prvku.

Test shody s logaritmicko-normálním rozdělením

Při testu shody vyjdeme z následující vlastnosti logaritmicko-normálního rozdělení: Má-li náhodná veličina $Y = \ln X$ normální rozdělení, pak náhodná veličina X má logaritmicko-normální rozdělení. K ověření, že doba bezporuchové činnosti prvku X

má logaritmicko-normální rozdělení, se v důsledku této vlastnosti stačí přesvědčit, že $y_1, \dots, y_{14}$ ($y_i = \ln x_i$, $i = 1, \dots, 14$) je náhodný výběr z normálního rozdělení. V našem příkladu máme:

$$y_1 = 4,20, y_2 = 4,53, y_3 = 5,02, y_4 = 4,38, y_5 = 5,18, y_6 = 5,61, y_7 = 3,51, y_8 = 3,60, \\ y_9 = 5,05, y_{10} = 2,45, y_{11} = 3,96, y_{12} = 3,51, y_{13} = 2,47, y_{14} = 3,64$$

(protože se jedná o příklad, zaokrouhlovali jsme přirozené logaritmy na dvě desetinná místa).

Nyní budeme testovat hypotézu, že $y_1, \dots, y_{14}$ je náhodný výběr z normálního rozdělení. Použijeme k tomu testy normality založené na šikmosti a špičatosti. Označme pro $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

$$m'_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^k, \quad m_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^k \quad (23)$$

($\bar{y} = m'_1$) pořadě výběrový obecný a centrální moment k -tého řádu. Výběrová šikmost a_3 a špičatost e_4 jsou definovány vztahy

$$a_3 = m_3/(\sqrt{m_2})^3, \quad e_4 = m_4/(m_2)^2 \quad (24)$$

K testům normality použijeme veličiny

$$U_a = \frac{a_3}{\sqrt{D(a_3)}}, \quad U_e = \frac{e_4 - E(e_4)}{\sqrt{D(e_4)}} \quad (25)$$

Střední hodnota $E(e_4)$ a směrodatné odchylky $\sqrt{D(a_3)}$, $\sqrt{D(e_4)}$ závisí pouze na rozsahu výběru n , takže je lze snadno tabelovat (Klůfa a Havlíček, 1981). Nemáme-li tabulky k dispozici, použijeme vzorce

$$E(e_4) = 3 - \frac{6}{n+1}, \quad D(a_3) = \frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}, \quad D(e_4) = \frac{24(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)} \quad (26)$$

Test založený na šikmosti zamítne hypotézu o normalitě rozdělení na hladině významnosti přibližně rovné α , když

$$|U_a| > u_{\alpha} \quad (27)$$

Test založený na špičatosti zamítne hypotézu o normalitě rozdělení na hladině významnosti přibližně rovné α , když

$$|U_e| > u_{\alpha} \quad (28)$$

kde: u_{α} — kritická hodnota normovaného normálního rozdělení (Klůfa aj., 1984).

Ze shora uvedených dat vypočteme:

$$\sum_{i=1}^{14} y_i = 57,11; \quad \sum_{i=1}^{14} y_i^2 = 244,99; \quad \sum_{i=1}^{14} y_i^3 = 1095,17; \quad \sum_{i=1}^{14} y_i^4 = 5062,47.$$

S použitím těchto výsledků dostaneme podle (23) první čtyři obecné momenty

$$m'_1 = 4,079; \quad m'_2 = 17,499; \quad m'_3 = 78,226; \quad m'_4 = 361,605.$$

Centrální momenty vypočteme z obecných ze vztahů

$$m_2 = m'_2 - (m'_1)^2 = 0,861$$

$$m_3 = m'_3 - 3 m'_2 m'_1 + 2 (m'_1)^3 = -0,174$$

$$m_4 = m'_4 - 4 m'_3 m'_1 + 6 m'_2 (m'_1)^2 - 3 (m'_1)^4 = 1,692$$

Výběrová šikmost a špičatost s použitím vztahů (24) je

$$a_3 = -0,218, \quad e_4 = 2,282$$

Nakonec dostaneme podle (25) s použitím tabulek (Klůfa a Havlíček, 1981)

$$U_a = -0,410, \quad U_e = -0,407$$

Obvyklé volbě hladiny významnosti $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$ odpovídají hodnoty $u_{0,01} = 2,576$ a $u_{0,05} = 1,960$. Protože $|U_a| = 0,410$ a $|U_e| = 0,407$, neplatí $|U_a| > u_\alpha$ ani $|U_e| > u_\alpha$. Testem založeným na šikmosti hypotézu, že $y_1, \dots, y_{14}$ je náhodný výběr z normálního rozdělení, nezamítneme na obou zvolených hladinách významnosti. Stejný závěr dává test založený na špičatosti. Data $y_1, \dots, y_{14}$ tedy nejsou v rozporu s hypotézou o normalitě rozdělení.

Na základě závěrů testů je možné náhodný výběr $y_1, \dots, y_{14}$ považovat za výběr z normálního rozdělení a v důsledku toho lze experimentem zjištěná data $x_1, \dots, x_{14}$ považovat za náhodný výběr z logaritmicko-normálního rozdělení. Logaritmicko-normální rozdělení je tedy vyhovujícím pravděpodobnostním modelem pro rozdělení doby bezporuchové činnosti prvku.

Odhad spolehlivosti prvku

Z předchozího výpočtu (použili jsme značení $\ln x_i = y_i$) máme

$$\hat{\mu} = \overline{\ln x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = m'_1 = 4,079$$

a

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \overline{\ln x})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = m_2 = 0,861$$

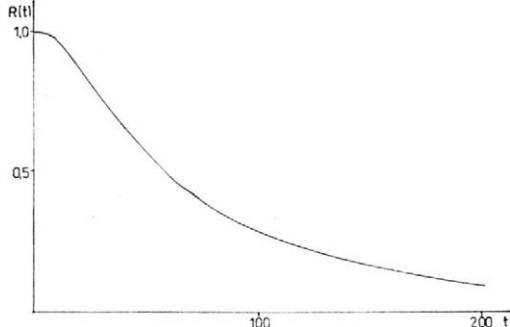
Maximálně věrohodným odhadem spolehlivosti sledovaného prvku je podle (22)

$$\hat{R}(t) = \Phi \left(\frac{4,079 - \ln t}{0,928} \right)$$

Z tohoto vztahu lze nyní určit s použitím tabulek distribuční funkce Φ normovaného normálního rozdělení (Klůfa aj., 1984 — tab. I) pro různé kladné hodnoty t odhad spolehlivosti prvku (popřípadě také graf funkce $\hat{R}$ — obr. 1):

I. Odhad spolehlivosti prvku — The estimate of the reliability of element

t	1	10	15	20	25	30	35	40
$\hat{R}(t)$	1	0,972	0,931	0,879	0,824	0,767	0,712	0,663
t	45	50	60	80	100	120	150	200
$\hat{R}(t)$	0,614	0,571	0,492	0,371	0,284	0,224	0,159	0,095



1. Graf závislosti spolehlivosti na čase —
The reliability as affected by time

Odtud například zhruba polovina součástí (strojů, zařízení) bude pracovat bez poruchy alespoň po dobu $t = 60$ (podíl těchto součástí bude náhodně kolísat kolem 49,2 %).

ZÁVĚR

Odhad spolehlivosti zemědělských strojů a zařízení závisí na tom, co lze předpokládat o rozdělení doby bezporuchové činnosti zkoumaného stroje či zařízení. Jestliže se doba bezporuchové činnosti řídí Weibullovým rozdělením (nejčastější případ), pak velmi kvalitní odhad spolehlivosti je možné získat metodou maximální věrohodnosti. Jak bylo popsáno v předchozím příspěvku (Klůfa, 1988), nalezení odhadu vyžaduje numerické řešení jedné rovnice o jedné neznámé. Bez numerických metod, pouze s užitím speciálních tabulek, se dá získat méně kvalitní odhad spolehlivosti momentovou metodou.

Jednoduše (dosazením do shora uvedeného vzorce) lze určit odhad spolehlivosti v modelu exponenciálního rozdělení, které je speciálním případem rozdělení Weibullova. Tento odhad je zároveň nejkratší ze všech odhadů spolehlivosti. Doba bezporuchové činnosti součástí, strojů či zařízení se však jen zřídka řídí exponenciálním rozdělením (exponenciální rozdělení vyhovuje v situacích, kdy předchozí činnost prvku neovlivňuje jeho další životnost — např. elektrotechnické prvky).

Jestliže doba bezporuchové činnosti prvku má logaritmicko-normální rozdělení, pak velmi kvalitní odhad spolehlivosti byl v tomto příspěvku nalezen metodou maximální věrohodnosti. Odhad spolehlivosti touto metodou je v modelu logaritmicko-normálního rozdělení jednoduchý (nevyžaduje použití numerických metod). Získáme jej dosazením do shora uvedeného vzorce s použitím tabulek distribuční funkce normovaného normálního rozdělení.

Literatura

- HORSKÝ, Z.: Učebnice matematiky pro posluchače VŠE I. Praha, Státní nakladatelství technické literatury / Alfa 1987.
- KLŮFA, J.: Bodový odhad a jeho aplikace v zemědělské praxi. Zeměd. Techn., 22, 1976, č. 8, s. 477-485.
- KLŮFA, J. — HAVLÍČEK, J.: Cvičení ze statistiky a matematických metod. Praha, Vysoká škola zemědělská 1981.
- KLŮFA, J. — KÁBA, B. — HAVLÍČEK, J.: Statistika a matematické metody. Praha, Vysoká škola zemědělská 1984.
- KLŮFA, J.: Maximálně věrohodné a momentové odhady spolehlivosti zemědělské techniky. Zeměd. Techn., 34, 1988, č. 9, s. 525-531.
- MACHEK, J.: Teorie odhadu. Praha, Státní pedagogické nakladatelství 1966.

Došlo dne 14. 6. 1989

КЛУФА, Й. (Экономический институт, Прага): Оценка параметров логарифмической и нормальной модели надежности сельскохозяйственной техники. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 141-149.

В статье произведено прикладное применение выводов теории точечной оценки для оценки надежности сельскохозяйственной техники. Оценка проста, в случае, что срок безаварийной работы управляется по экспоненциальному распределению, более сложна, в случае распределения Вейбулла. В работе нашли оценку надежности элемента при предположении, что в сроке безаварийной работы модель отвечала логарифмическому и нормальному распределению. Оценку произвели методом максимальной достоверности. В заключении статьи дается иллюстрация данного метода (включительно теста сходства с логарифмическим и нормальным распределением) на конкретном примере.

распределение срока безаварийного состояния; надежность сельскохозяйственной техники; точечная оценка методом максимальной достоверности; применение метода точечной оценки

KLÚFA, J. (School of Economics, Praha): *An estimate of the parameters of the logarithmic-normal reliability model for farm machinery.* Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 141-149.

The conclusions of the point-estimate theory are used to estimate the reliability of farm machinery. The estimate is simple, provided that the time period of trouble-free operation is governed by exponential distribution, but more intricate when Weibull's distribution applies. In the study, the reliability of element has been estimated on condition that the model of logarithmic-normal distribution satisfies the time period of trouble-free operation. The estimate was arrived at by the method of maximum credibility. This method, including a test for agreement with the logarithmic-normal distribution, is illustrated at the end of the study, using a particular example.

trouble-free state time distribution; farm machinery reliability; point estimate by the method of maximum crebility; application of the point-estimate method

KLÚFA, J. (Ökonomische Hochschule, Praha): *Schätzung der Parameter des logarithmisch-normalen Zuverlässigkeitsmodells für Landtechnik.* Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 141-149.

In der vorliegenden Arbeit sind Schlussfolgerungen der Theorie der Punktschätzung für die Schätzung der Zuverlässigkeit der Landtechnik angeführt. Die Schätzung ist ganz einfach, falls die Dauer der störungsfreien Tätigkeit der exponentiellen Verteilung entspricht; viel komplizierter ist die im Falle der sog. Weibull'schen Verteilung. In der vorliegenden Arbeit konnte der Schätzwert der Zuverlässigkeit eines Elementes unter der Voraussetzung gefunden werden, dass für die Dauer der störungsfreien Tätigkeit das Modell der logarithmisch-normalen Verteilung genügend ist. Der Schätzwert konnte mittels der Methode der maximalen Glaubwürdigkeit gefunden werden. Diese Methode ist im Schlussteil der vorliegenden Arbeit (einschliesslich des Tests der Übereinstimmung mit der logarithmisch-normalen Verteilung) an einem konkreten Beispiel dargestellt.

Verteilung der Dauer des störungsfreien Zustandes; Zuverlässigkeit der Landtechnik; Punktschätzung mittels der Methode der maximalen Glaubwürdigkeit; Anwendung der Punktschätzungsmethode

Adresa autora:

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

INFORMACE Z ÚSTŘEDNÍ ZEMĚDĚLSKÉ A LESNICKÉ KNIHOVNY ÚVTIZ

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna (ÚZLK) v Praze zaujímá významné místo v naší informační soustavě. Knihovna byla založena v roce 1926 a v roce 1927 byla zpřístupněna veřejnosti.

Velikostí knihovního fondu patří ÚZLK mezi největší zemědělské knihovny na světě. Knihovna má více než 1 mil. svazků, ročně přibývá do jejích fondů asi 13 až 15 tis. publikací. ÚZLK průběžně odebírá 1300 až 1500 titulů odborných časopisů.

Významným zdrojem literatury je mezinárodní výměna publikací. Knihovna si vyměňuje literaturu s 1200 partnery ze 60 zemí světa a získává firemní literaturu od 1600 firem.

K informacím o knihách a časopisech, které jsou ve fondech ÚZLK, je návštěvníkům knihovny k dispozici rozsáhlý systém čtenářských katalogů a kartoték. Informování mimopražských uživatelů průběžně zajišťují tyto bibliografické publikace:

Výběr z nových přírůstků zahraniční zemědělské literatury ve fondu ÚZLK ÚVTIZ vychází šestkrát ročně; každý záznam je opatřen předmětovými hesly a signaturou; v úvodu každého čísla je uveden přehled plánovaných vědeckotechnických akcí v ČSSR a v zahraničí; je určen především pro meziknihovní výpůjční službu; celoroční předplatné 60,— Kčs, cena jednotlivých čísel 10,— Kčs.

Zemědělská literatura je typový přehled odborné zemědělské literatury z československé produkce, která je vhodná pro zemědělské výrobní podniky; vychází jednou ročně; záznamy jsou doplněny podrobnou charakteristikou a signaturou ÚZLK, v závěrečné části je vždy uveden výtah z plánu ediční činnosti čs. nakladatelství na následující rok; cena 12,— Kčs.

Seznam časopisů z devizových oblastí objednaných ÚZLK vychází jednou ročně; slouží především k objednávkám služeb typu Current Contents a následných xerokopírovacích služeb; cena 25,— Kčs.

Seznam časopisů z ČSSR a ostatních zemí RVHP vychází jednou za dva roky; cena 15,— Kčs.

Bulletin Čs. výboru pro spolupráci s FAO vychází čtyřikrát ročně; přináší originální informace z oblasti činnosti FAO a vyčerpávající informace o nových přírůstcích knižní a časopisecké literatury FAO do ÚZLK; celoroční předplatné 60,— Kčs.

Přehled rešerší a tematických bibliografií z oboru zemědělství, lesnictví a veterinární medicíny vychází čtyřikrát ročně; zajišťuje komplexní informace o sekundárních informačních zdrojích, včetně profilů ARI ze systémů Agroindex a Agris a počítačově zpracovaných retrospektivních rešerší; celoroční předplatné 48,— Kčs, cena jednotlivých čísel 12,— Kčs.

Agrofirm je automatizovaně zpracovávaný informační zpravodaj o nových přírůstcích firemní literatury, kterou si lze objednat v ÚZLK buď přímo, nebo prostřednictvím cirkulační výpůjční služby, eventuálně ve formě xerokopie; vychází 12krát ročně; předběžná výše celoročního předplatného 127,— Kčs.

Objednávky na všechny tyto informační materiály přijímá Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, odbyt a propagace, Slezská 7, 120 56 Praha 2.

P. Cyrus

CYRUS, P. (Pedagogická fakulta, Hradec Králové): *Tribometr pro měření třecích vlastností sypkých zemědělských materiálů*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 151-160.

Pro stanovení třecích vlastností sypkých materiálů bylo autorem navrženo nové experimentální zařízení, nový typ tribometru, jehož popis je v příspěvku uveden. Je zde zpracována i metodika pro zjišťování součinitele vnitřního smykového tření i vnějšího smykového tření. Pro dokreslení funkce vyvinutého tribometru jsou uvedeny některé výsledky měření pro jarní ječmen odrůdy Kredit a kluznou podložku z nerezavého plechu. Příspěvek je doplněn o záznamy průběhu třecí síly F_t na dráze smyku.

třecí vlastnosti; součinitel vnějšího smykového tření; součinitel vnitřního smykového tření; tribometr

Vývoj a konstrukce nových zemědělských strojů se neobejde bez důkladných znalostí zejména fyzikálních i tribologických vlastností zemědělských materiálů. S tribologickými vlastnostmi úzce souvisí zkvalitňování manipulace se zemědělskými materiály při sklizni nebo při dalším posklizňovém zpracování.

V mnoha případech umíme modelovat technologický proces manipulace se zemědělským materiálem. Někdy nám však pro řešení optimalizace procesů chybí pro dosazení do matematických vztahů vstupní údaje. Hodnoty uváděné v dostupné literatuře jsou v mnoha případech rozdílné a ne vždy odpovídají našim stanoveným podmínkám. Proto je nutné ve výzkumu těmito otázkám i nadále věnovat náležitou pozornost.

V průběhu let byla vyvinuta řada experimentálních metod sloužících ke zjišťování tribologických vlastností různých materiálových dvojic. Principy přístrojů používaných k měření jsou do značné míry odlišné. Jak uvádí např. S z e r i (1980), nebo P o l z e r a M e i s n e r (1984), volba principu měření závisí na druhu a vlastnostech měřených materiálových dvojic a na parametrech a podmínkách, za kterých třecí proces probíhá. V poslední době se problematikou měření tribologických vlastností zemědělských materiálů u nás zabývalo dílčím způsobem několik autorů.

N o v o t n ý a j. (1985) zjišťovali pomocí klasického sklonového tribometru součinitel smykového tření pšenice, při smyku po kluzné podložce. Obilí bylo pevně fixováno ve zkušebním tělese, které se smýkalo po nakloněné rovině s kluznou podložkou vyrobenou z ocele. Hodnoty součinitelů smykových tření byly určovány na základě úhlu nakloněné roviny a času potřebného k překonání stanovené dráhy.

Tribometr s otáčející se smykovou podložkou použili Fiala (1965) a Sedláček aj. (1985) při zjišťování třecích vlastností některých zemědělských materiálů, např. cukrovky, brambor, siláže, senáže atd. Měřený vzorek, v němž byl upnut zemědělský materiál, se smýkal po kluzné podložce, která se otáčela kolem svislé osy. Rychlost smykové podložky byla regulována podle potřeby pohonnou jednotkou. Třecí síla vznikající v místě styku zemědělského materiálu a kluzné podložky byla snímána měřicím čidlem.

Při výzkumu mechanických vlastností krmných směsí použili Budíček a Kavan (1981) krabicový rotační tribometr, jehož konstrukce umožňovala zjišťovat hodnoty vnějšího i vnitřního součinitele smykového tření. Tento přístroj pracoval na principu usmýkávání mezikruhové vrstvy sypkého materiálu zatížené určitou silou. Ze změřeného třecího momentu, potřebného k usmyknutí vrstvy, byl následně vypočten součinitel smykového tření.

Další typy tribometrů jsou založeny na principu uložení zkoušeného materiálu ve zkušebním tělese krabicového typu, které je taženo nebo tlačeno posuvným pohybem. V publikovaných pracích autorů jsou popsány rozdílné způsoby uložení sypkého materiálu i odlišná doporučená metodika měření smykové pevnosti. Krupička aj. (1975) určovali statické hodnoty součinitele smykového tření pšenice pomocí Casagrandeova přístroje. Majzlík (1984) použil při řešení výzkumného úkolu technologie skladování surovin i krmných směsí v zásobnících, Jeníkeho způsob měření. Tento princip měření smykové pevnosti sypkých materiálů popisuje Fedá (1977). Smykový přístroj se skládá ze dvou kruhových prstenců, v nichž je pod určitým zatížením sevřen sypký materiál. Ten je usmýkáván v rovině smyku působením síly, z jejíž hodnoty následně vypočteme velikost součinitele smykového tření.

Pro měření třecích vlastností masokostní kaše i jiných partikulárních látek za vysokých tlaků použil Novák (1985) tribometr s hydraulickými pístky. Přístroj se skládá z válce, do něhož je vložen zkoušený materiál. Ten je přitlačován hydraulickými pístky na protahovanou kluznou podložku, která je tažena přímočarým pohybem, přičemž je snímána síla potřebná k protažení podložky.

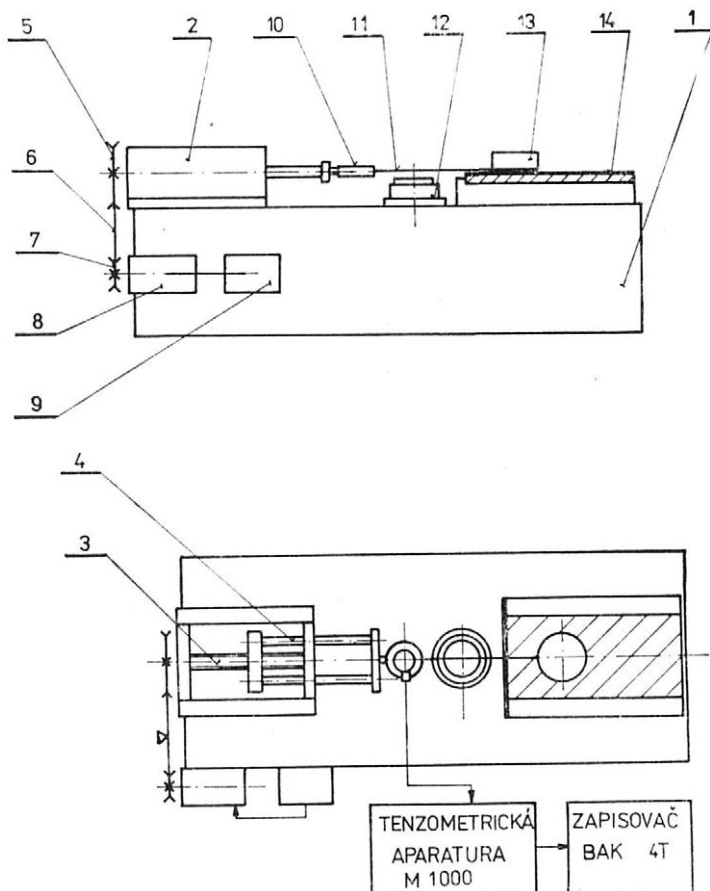
Mezi některá další měřicí zařízení vyvinutá v poslední době patří i tribometr pro zjišťování tribologických vlastností sypkých zemědělských materiálů. Vývoj tohoto zařízení byl proveden autorem na katedře fyziky a základů techniky Pedagogické fakulty v Hradci Králové, v rámci spolupráce při řešení výzkumného úkolu VII-3-11/01-03 katedry mechaniky a strojírenství VŠZ v Praze.

MATERIÁL A METODA

Pro stanovení třecích vlastností sypkých zemědělských materiálů byl na základě výsledků z provozu již zhotovených a vyzkoušených tribometrů navržen nový typ tribometru. Konstrukce byla provedena s ohledem na splnění těchto vytčených požadavků:

- vzorek sypkého materiálu je fixován ve zkušebním tělese krabicového typu
- zkušební těleso se sypkým materiálem je taženo posuvným pohybem
- zařízení umožňuje:
 - změnu zatížení zkušebního vzorku
 - změnu rychlosti smyku

1. Schéma tribometru (1 — podstavec, 2 — těleso šroubového převodu, 3 — šroubový převod, 4 — vedení, 5 — řemenice, 6 — klínový řemen, 7 — řemenice, 8 — pohonná jednotka, 9 — regulátor, 10 — měřicí čidlo, 11 — závěs, 12 — těleso válce, 13 — zkušební těleso, 14 — kluzná podložka) — A diagram of the tribometer (1 — stand, 2 — screw gearing body, 3 — screw gearing, 4 — guide, 5 — pulley, 6 — V-belt, 7 — pulley, 8 — driving unit, 9 — controller, 10 — measuring sensor, 11 — suspension, 12 — cylinder body, 13 — specimen, 14 — sliding plate)



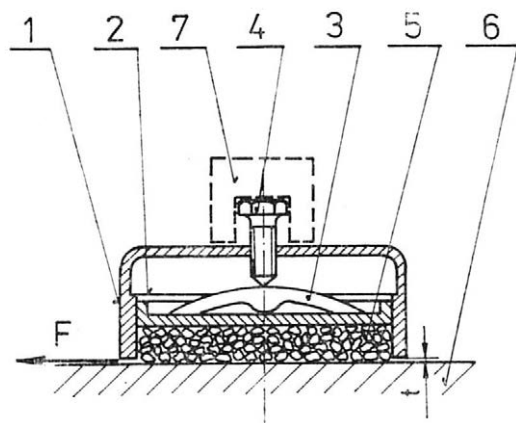
měřit třecí sílu pro určení součinitele vnitřního smykového tření sypkého materiálu

měřit třecí sílu pro určení součinitele vnějšího smykového tření sypkého materiálu při smyku po různých typech materiálů kluzných podložek.

Navržené zařízení je schematicky zobrazeno na obr. 1. Na podstavci 1 je umístěna pohonná jednotka 8 s regulátorem otáček 9. Prostřednictvím řemenového převodu, složeného z řemenic 5, 7 a klínového řemene 6 se přivádí výkon na šroubový převod 3, který umožňuje změnu rotačního pohybu na pohyb translační. Ve zkušebním tělese 13 je fixován sypký materiál. Třecí odpor vznikající mezi sypkým materiálem a kluznou podložkou 14 je snímán měřicím čidlem 10, které je spojeno se zkušebním tělesem 13 závěsem 11. Měřicí čidlo 10 je navrženo tak, aby umožňovalo grafický záznam třecí síly v závislosti na dráze smyku zkušebního tělesa 13. Pro měření součinitele vnitřního smykového tření sypkého materiálu se použije tělesa 12.

METODIKA MĚŘENÍ VNĚJŠÍHO SOUČINITELE SMYKOVÉHO TŘENÍ DVOJICE: SYPKÝ MATERIÁL — KLUZKÁ PODLOŽKA

Zkušební těleso (Cyrus, 1986), ve kterém je uložen sypký materiál, je zobrazeno na obr. 2. Těleso válce 1 se položí na zkušební kluznou podložku 6 a naplní se rovnoměrně sypkým materiálem 5. Do tělesa se nasune přitlačný válec 2, na který se přiloží přitlačná hvězdice 3. Působením šroubu 4 na přitlačnou hvězdici 3 se posune přitlačný válec 2. Tím se zvedne těleso válce 1 a vytvoří se malá mezera t mezi válcem



2. Schéma zkušební tělesa pro měření vnějšího smykového tření sypkého materiálu (1 — těleso válce, 2 — přítlačný válec, 3 — přítlačná hvězdice, 4 — šroub, 5 — sypký materiál, 6 — kluzná podložka, 7 — závaží) — A diagram of the specimen used to measure the external sliding friction of bulk material (1 — cylinder body, 2 — pressure roll, 3 — pressure star, 4 — screw, 5 — bulk material, 6 — sliding plate, 7 — weight)

a kluznou podložkou 6. Zkušební těleso se potom připojí pomocí závěsu k měřicímu čidlu. Změna zatížení sypkého materiálu je provedena závažím 7.

Zatížení F_n sypkého materiálu uloženého ve zkušebním tělese vypočteme ze vztahu

$$F_n = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_z) \cdot g \quad (1)$$

kde: m_1 — hmotnost tělesa válce [kg]
 m_2 — hmotnost přítlačného válce [kg]
 m_3 — hmotnost přítlačné hvězdice [kg]
 m_4 — hmotnost přítlačného šroubu [kg]
 m_5 — hmotnost vzorku sypkého materiálu [kg]
 m_z — hmotnost závaží [kg]
 g — tíhové zrychlení [m s^{-2}]

Pro sypký materiál uložený ve zkušebním tělese a pro danou kluznou podložku lze určovat součinitel vnějšího smykového tření za pohybu i za klidu. Při měření součinitele smykového tření za klidu zjišťujeme maximální hodnotu třecího odporu v okamžiku, kdy dojde k pohybu zkušební tělesa z předcházejícího klidu.

Součinitel smykového tření vypočteme ze vztahu

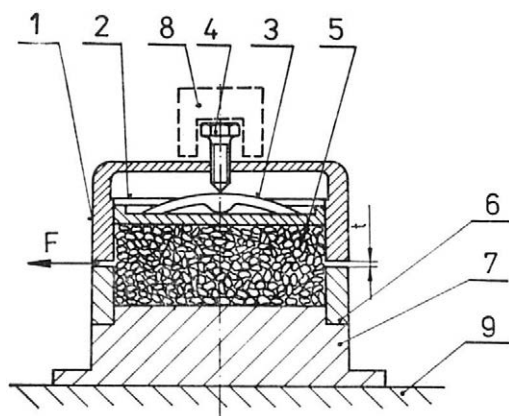
$$f = \frac{F_t}{F_n} \quad (2)$$

kde: f — součinitel smykového tření
 F_n — zatížení sypkého materiálu [N]
 F_t — třecí odpor [N]

METODIKA MĚŘENÍ VNITŘNÍHO SOUČiniteLE SMYKOVÉHO TŘENÍ

Pro určení hodnot součinitele vnitřního smykového tření sypkých materiálů bylo navrženo zařízení, jehož schéma je zobrazeno na obr. 3. Na kroužek 6 se přiloží těleso válce 1. Vzniklý vnitřní prostor se naplní sypkým materiálem 5. Potom se do tělesa válce 1 nasune přítlačný válec 2, na který se přiloží přítlačná hvězdice 3. Působením šroubu 4 na přítlačnou hvězdici 3 se posune přítlačný válec 2. Tím se zvedne těleso válce 1 a vytvoří se potřebná mezera t mezi tělesem válce 1 a kroužkem 6. Zkušební těleso 1 se následně připojí k měřicímu čidlu, které umožnu-

3. Schéma zařízení pro měření vnitřního součinitele smykového tření sypkého materiálu (1 — těleso válce, 2 — přitlačný válec, 3 — přitlačná hvězdice, 4 — šroub, 5 — sypký materiál, 6 — kroužek, 7 — těleso, 8 — závaží, 9 — základová deska) — A diagram of the equipment employed to measure the coefficient of bulk material sliding friction (1 — cylinder body, 2 — pressure roll, 3 — pressure star, 4 — screw, 5 — bulk material, 6 — ring, 7 — body, 8 — weight, 9 — base plate)



je snímat sílu F potřebnou k usmyknutí sypkého materiálu 5 v rovině smyku ležící v mezeře t . Změna zatížení sypkého materiálu se provádí závažím 8.

Zatížení sypkého materiálu vypočteme podle vztahu (1).

Součinitel vnitřního smykového tření sypkého materiálu se určí ze vztahu (3), jak uvádí Fed a (1977)

$$f = \frac{\tau}{\sigma} \quad (3)$$

kde: σ — normálové napětí vzniklé v sypkém materiálu od zatížení F_n [Pa]

$$\sigma = \frac{F_n}{S} \quad (4)$$

kde: τ — tečné napětí vzniklé v rovině smyku sypkého materiálu [Pa]

$$\tau = \frac{F_t}{S} \quad (5)$$

kde: F_n — zatížení sypkého materiálu [N]

F_t — třecí odpor [N]

S — plocha průřezu smyku sypkého materiálu [m²]

po dosazení do vztahu (3) platí

$$f = \frac{F_t}{F_n} \quad (6)$$

MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ PRO STANOVENÍ HODNOT TŘECÍHO ODPORU

Pro snímání a možnost záznamu měřeného třecího odporu F_t v závislosti na dráze smyku zkušební tělesa bylo navrženo a odzkoušeno měřicí čidlo. Hlavní částí je deformační prstenec. Na něm jsou nalepeny čtyři tenzometry SM 120, zapojené do Wheatstoneova můstku. Elektrický signál, je dále zpracováván tenzometrickou aparaturou systému M 1000, ke které je připojen souřadnicový zapisovač BAK 4 Tk.

Složení aparatury:

Napájecí zdroj M 1301 — slouží k napájení jednotek měřicího systému stejnosměrným napětím a napětím sinusovým o kmitočtu 5 kHz.

Měřicí zesilovaš M 1101 — je určen pro staticko-dynamická měření s pasívními snímači odporového typu. Napájecí napětí snímačů je skokově volitelné v rozsazích 1, 2, 4 V.

Indikační jednotka M 1401 — slouží k měření stejnosměrných nebo pomalu se měnících výstupních napětí funkčních jednotek měřicího systému M 1000.

Výrobce uvedených přístrojů je Mikrotechna n. p. Praha

Souřadnicový zapisovač BAK 4 T k — maximální citlivost 0,1 mV mm⁻¹, minimální citlivost 500 mV mm⁻¹, maximální zapisovací rychlost 650 mm . s⁻¹.

Výrobce je Analogová technika Aritma Praha.

Použité tenzometry — typ SM 120, ohmová hodnota 119 Ω, konstanta snímače 1,98 ± 2 %.

Výrobce je Mikrotechna Praha

POHONNÁ JEDNOTKA TRIBOMETRU

Pro pohon tribometru byla zvolena elektrická ruční vrtačka typu EV 513 D s možností nastavení dvou rychlostí vřetene pomocí mechanické převodovky s ozubenými koly. Pro větší rozsah volby otáček byl vyroben tyristorový regulátor. Ten umožňuje plynulou změnu otáček vřetene vrtačky v rozsahu od 0 do 520 . min⁻¹ pro I. stupeň a od 0 do 2100 . min⁻¹ pro II. stupeň.

Technické údaje tribometru:	délka	1100 mm
	šířka	450 mm
	výška	800 mm

rychlost posuvu plynule měnitelná v rozsahu 0 až 0,03 m . s⁻¹.

Navržené experimentální zařízení bylo použito ke zjišťování třecích vlastností jarního ječmene Kredit.

CHARAKTERISTIKA MATERIÁLU

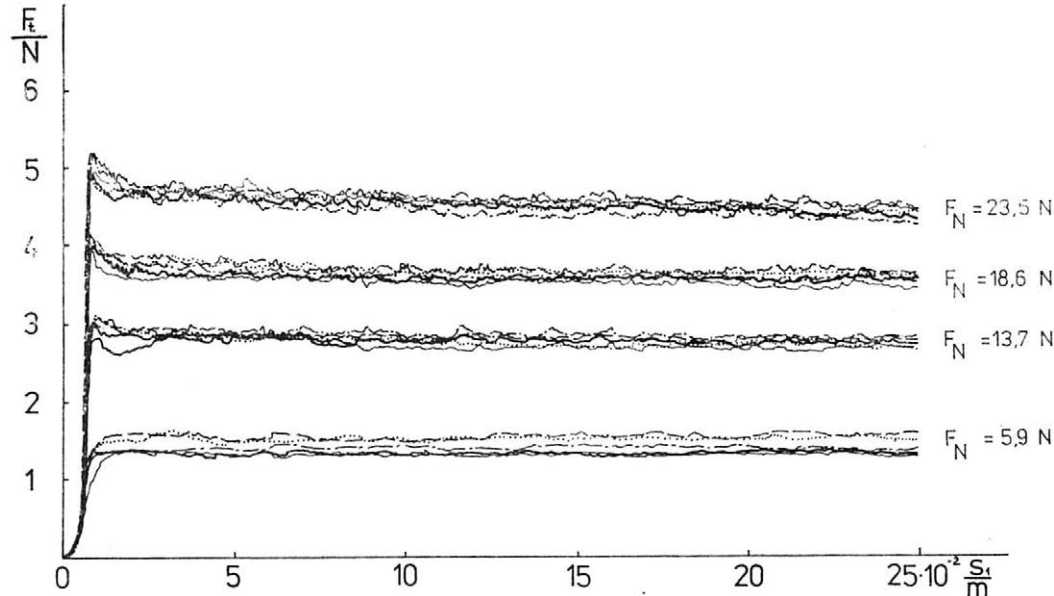
Vzorky ječmene byly získány z Oblastní čistící stanice osiv Uhřetice. Byly vybrány z velkokapacitního kontejneru po předešlém dosoušení, čištění a třídění podle ČSN pro zpracování osiv. Jarní ječmen Kredit pochází ze sklizně roku 1987 ze SS Svobodné Dvory, okres Hradec Králové.

Hmotnost sušiny tisíce zrn byla vypočtena podle vztahu (7). K určení hmotnosti obilí byly použity laboratorní váhy Chirana P 3/200.

$$m_s = \frac{100 - V_v}{100} \cdot m_{1000} \quad (7)$$

kde: m_s — hmotnost sušiny tisíce zrn [g]
 m_{1000} — hmotnost tisíce zrn při zjištěné vlhkosti [g]
 V_v — obsah vody (vlhkost obilí) [%]

Vlhkost obilí byla určována nedestruktivním měřičem vlhkosti HG — 2 s měřicím rozsahem vlhkosti 11 až 23 % při přesnosti měření ± 0,5 % vlhkosti.



4. Grafický záznam průběhu třecí síly F_t na dráze smyku s pro dvojici materiálů: Ječmen odrůdy Kredit — nerezový plech, při různých hodnotách zatížení F_N . Vlhkost ječmene $V_v = 14,5\%$, rychlost smyku $v = 0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ — Graphic representation of the course of friction force F_t along sliding path s for two materials: Kredit variety barley — stainless steel sheet, at different loading values F_N . Barley moisture $V_v = 14,5\%$, sliding rate $v = 0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Charakteristika kluzné podložky:

materiál nerezový plech {ČSN 42 5315}
rozměr 350 mm × 170 mm × 4 mm

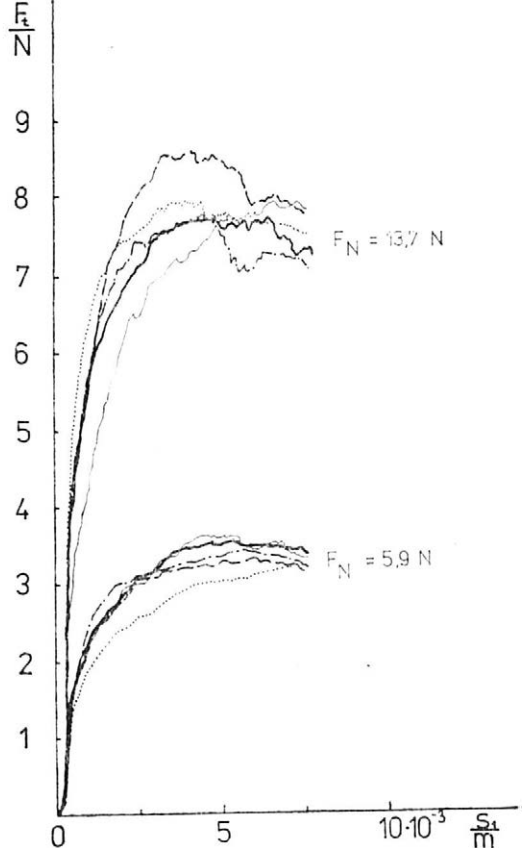
Drsnost povrchu R_a (střední aritmetická odchylka) $1,8 \mu\text{m}$. Drsnost povrchu kluzné podložky byla určována přístrojem SURFTEST — III fy Mitutoyo (Japonsko). Měření bylo prováděno podle ČSN 01 4450.

VÝSLEDKY

Pro ověření funkce navrženého tribometru bylo provedeno měření třecích vlastností jarního ječmene Kredit o vlhkosti $14,5\%$. Byly zjišťovány hodnoty součinitelů vnitřního smykového tření i hodnoty součinitele vnějšího smykového tření pro kluznou podložku z nerezového ple-

I. Parametry jarního ječmene Kredit — The parameters of spring barley (Kredit variety)

Rozměry obilky			m_s
a	b	c	
[mm]			[g]
$3,7 \pm 0,3$	$7,6 \pm 0,58$	$2,8 \pm 0,25$	41,1



5. Grafický záznam průběhu třecí síly F_t na dráze smyku s_l pro ječmen odrůdy Kredit, při měření součinitel vnitřního smykového tření. Zatížení $F_N = 5,9$ N a 13,7 N, vlhkost ječmene $V_v = 14,5$ %, rychlost smyku $v = 0,001$ m.s⁻¹ — Graphic representation of the course of friction force F_t along sliding path s_l for Kredit variety barley obtained in the measurement of the internal sliding friction coefficient. Loading $F_N = 5.9$ N and 13.7 N, barley moisture $V_v = 14.5$ %, sliding rate $v = 0.001$ m.s⁻¹

chu. Pro dokreslení funkce tribometru jsou uvedeny některé vybrané výsledky z ověřovacích zkoušek.

Na obr. 4 je grafický záznam průběhu třecí síly F_t na dráze smyku pro různé hodnoty zatížení F_N obilního materiálu. Obilky ječmene byly do zkušebního tělesa nasypány rovnoměrně a další postup zkoušky byl proveden podle popsané metodiky měření. Na obr. 4 je pro každé zatížení uvedeno vždy pět záznamů. Vyhodnocením těchto křivek pořízených souřadnicovým zapisovačem BAK 4Tk určíme hodnoty součinitele smykového tření pro danou materiálovou dvojici. Pro tento případ se hodnota součinitele smykového tření pohybuje v rozmezí 0,2 až 0,25. Pro velikost zatížení F_N v rozmezí 5,9 až 23,5 N se hodnota součinitele smykového tření výrazně nezměnila.

Na obr. 5 je průběh třecí síly F_t v závislosti na dráze smyku zaznamenaný při měření součinitele vnitřního smykového tření. Pro zatížení $F_N = 5,9$ a 13,7 N je uvedeno vždy pět měření. Vzorek obilního materiálu byl opět volně nasypán do prostoru kroužku a zkušebního tělesa. Konsolidace obiliek nebyla prováděna. Z obrázku je patrné, že při zatížení $F_N = 13,7$ N je větší rozptyl hodnot F_t než u zatížení $F_N = 5,9$ N. Vypočtená hodnota součinitele vnitřního smykového tření pro obě zatížení F_N se výrazně neliší a pohybuje se v rozmezí hodnot 0,52 až 0,57.

DISKUSE

Navržený tribometr pro zjišťování třecích vlastností sypkých zemědělských materiálů se při ověřovacích zkouškách probíhajících v ro-

ce 1988 na katedře fyziky a základů techniky plně osvědčil. Dosažené výsledky měření na tomto experimentálním zařízení pro jarní ječmen Kredit jsou srovnatelné s výsledky, které uvádějí např. Balassy (1985) a Novotný aj. (1985). Tribometr je univerzální a je ho možno použít pro zjišťování hodnot součinitelů vnějších i vnitřních smykových tření zemědělských i nezemědělských sypkých materiálů.

Literatura

- BALASSY, Z.: On friction properties of corn crops. In: Sborník mechanizační fakulty VŠZ, Praha, MON 1985, s. 27-32.
- CYRUS, P.: Zařízení pro měření vnějšího součinitele smykového tření sypkých materiálů. Autorské osvědčení č. 243 361. 1986.
- FEDA, J.: Základy mechaniky partikulárních látek. Praha, ČSAV 1977.
- BUDÍČEK, L. — KAVAN, V.: Mechanické vlastnosti krmiv pro konstrukci a provoz krmivářské techniky. Zeměd. Techn., 27, 1981, č. 5, s. 279-297.
- FIALA, J.: Tření zemědělských materiálů. Zeměd. Techn., 11, 1965, s. 4, s. 205-219.
- KRUPIČKA, B. — ĐURKOVIČ, O. — HNILICA, P. — ANDRT, M.: Výzkum změny fyzikálně mechanických vlastností materiálů způsobených pracovními orgány strojů v živočišné výrobě. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1975.
- MAJZLÍK, R.: Řešení technologie skladování surovin a krmných směsí v zásobnících. [Závěrečná zpráva.] Pečky, Výzkumný ústav krmivářského průmyslu a služeb 1984.
- NOVOTNÝ, V. — JÍLEK, J. — BŘEZINA, J.: Determining friction properties of wheat on inclined tribometer. In: Sborník mechanizační fakulty VŠZ v Praze, Praha, MON 1985, s. 645-652.
- NOVÁK, L.: Třecí vlastnosti masokostní kaše a moučky za extrémních tlaků. [Kandidátská disertace.] Praha, Vysoká škola zemědělská 1985.
- POLZER, G. — MEISNER, F.: Osnovy trenia i изнашивания. Moskva, Машиностроение 1984.
- SEDLÁČEK, V. — PROCHÁZKA, S. — SCHELLER, R. — CYRUS, P. — BAYER, J.: Tribologické vlastnosti agrobiologických materiálů. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1985.
- SZERI, Z.: Tribology. Hemisphere Publishing Corporation Washington, New York, London 1980.

Došlo dne 23. 3. 1989

ЦЫРУС, П. (Педагогический факультет, Градец Кралове): Трибометр для измерения свойств скольжения сыпучих сельскохозяйственных материалов. Земед. Techn., 36, 1990 (3) : 151-160.

Для определения свойств скольжения сыпучих материалов автор предложил новое экспериментальное устройство, новый тип трибометра, описание которого приводится в данной статье. Здесь разрабатывается и методика по определению коэффициентов внутреннего скользящего трения и внешнего скользящего трения. Для более полной наглядности функции вновь разработанного трибометра приводятся некоторые результаты измерения для ячменя ярового сорта Kredit и скользящей подкладки из нержавеющей жести. Статья дополнена записями хода силы скольжения Φ_t на пути скольжения.

свойства скольжения; коэффициент внешнего скользящего трения; коэффициент внутреннего скользящего трения; трибометр

CYRUS, P. (Teacher-Training College, Hradec Králové): A tribometer to measure the friction characteristics of agricultural bulk materials. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 151-160.

A novel experimental device — a new type of tribometer — has been designed to measure the friction characteristics of bulk materials. Apart from the description

of the tribometer, methodology for the determination of both internal and external sliding friction coefficient is also dealt with. Some results obtained in the measurement for spring barley (Kredit variety) with a stainless steel sliding plate are given to illustrate the function of the tribometer designed. Recordings of the course of friction force F_f on the sliding path are also presented.

friction characteristics; external friction coefficient; internal sliding friction coefficient; tribometer

CYRUS, P. (Pädagogische Fakultät, Hradec Králové): *Tribometer für die Messung der Reibungseigenschaften der landwirtschaftlichen Schüttmaterialien*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 151-160.

Für die Bestimmung der Reibeigenschaften der Schüttmaterialien wurde vom Autor der vorliegenden Arbeit eine Versuchsvorrichtung, ein neuer Tribometertyp entworfen, dessen Beschreibung angeführt ist. Es ist hier auch die Methodik für die Ermittlung des Koeffizienten der inneren als auch der äusseren Gleitreibung angeführt. Für die Darstellung der Funktion des entwickelten Tribometers sind einige Messergebnisse für die Sommergerstensorte Kredit und die Gleitunterlage aus rostfreiem Blech wiedergegeben. Die vorliegende Arbeit enthält als Ergänzung Aufzeichnungen des Verlaufs der Reibungskraft F_f auf der Schlupfbahn.

Reibungseigenschaften; Koeffizient der äusseren Gleitreibung; Koeffizient der inneren Gleitreibung; Tribometer

Adresa autora:

Doc. ing. Pavel Cyrus, CSc., Pedagogická fakulta, Leninovo náměstí 301, 501 91 Hradec Králové

SKLÍZECÍ MLÁTIČKA PRO SVAHY S PODÉLNÝM A PŘÍČNÝM VYROVNÁVÁNÍM

J. Maleř

MALEŘ, J. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha): *Sklízecí mlátička pro svahy s podélným a příčným vyrovnáváním*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 161-173.

Nejkomplexněji lze sklizeň zrnin na svazích řešit sklízecími mlátičkami s podélným a příčným vyrovnáváním. Konstruktivní řešení E-514 H se od standardního stroje liší přidavým rámem umožňujícím uchycení vyrovnávacího ústrojí, vlastním vyrovnávacím ústrojím (tj. snímači svahu, přímočarými hydromotory, zvláštní hydraulickou soustavou), hydrostatickými pohony (hydrokoly), výkonnější hnací jednotkou (motor 110 kW). Při sklizni na svazích 0 až 15° se průměrné ztráty zrna snižují z 3 až 6 ‰ (hodnota ztrát u stroje bez vyrovnávání) na 0,75 až 1,5 ‰. Nejvýhodnější je jízda proti spádnicí a po vrstevnici (index ztrát 1), méně výhodná je jízda po spádnicí (index ztrát 1,56). Svahová dostupnost je při rychlosti jízdy 1,1 m.s⁻¹ (4 km.h⁻¹) za sucha 16°, za mokra 10°. Odhad ceny adaptace sklízecí mlátičky 100 000 Kčs; možný nárůst tržní produkce za rok 31 162,5 až 62 325 Kčs, návratnost investičních prostředků na adaptaci 1,6 až 3,2 roky. Sklízecí mlátička pro svahy s podélným a příčným vyrovnáváním je zařazena do čs. soustavy strojů jako jedna ze tří modifikací (bez vyrovnávání, s podélným vyrovnáváním, s podélným a příčným vyrovnáváním) sklízecí mlátičky o průchodnosti 4 až 8 kg.s⁻¹.

sklizeň zrnin; svahy do 16°; sklízecí mlátička; podélné a příčné vyrovnávání; konstrukční řešení; ztráty zrna

Vedle sklízecích mlátiček s příčným, popřípadě podélným vyrovnáváním lze problém sklizně zrnin na svazích řešit sklízecími mlátičkami s podélným a příčným vyrovnáváním.

Příspěvek obsahuje výsledky výzkumu s funkčním modelem sklízecí mlátičky E-514 Kombínátu Fortschritt, vybavené souborem mechanických celků k podélnému a příčnému vyrovnávání italskou firmou Nicosia se sídlem v Rocapalumba.

Sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním se liší od standardní tím, že mláticí, odlučovací a čisticí ústrojí, včetně kabiny řidiče a zásobníku se zrnem, se bez ohledu na sklon pozemku udržují ve vodorovné poloze. Žací stůl sleduje sklon pozemku, mlátička a kabina nezávisle na tom zůstávají přibližně ve stejné poloze. Hnací kola jsou upevněna na kyvných ramenech, která se naklání kolem osy na rámu stroje. Kola jsou vždy kolmá k vodorovné rovině nezávisle na sklonu pozemku.

Výrobou sklízecích mlátiček s podélným a příčným vyrovnáváním se v Evropě zabývá firma Class (NSR) a firma Fiatagri (Itálie), v USA především firma John Deere.

Výzkumem sklízecích mlátiček s podélným a příčným vyrovnáváním se v posledních letech zabýval Kutzbach (1985), který potvrzuje přednosti těchto strojů při sklizni zrnin na svazích.

Cenové relace sklízecích mlátiček zveřejnil časopis Power Farming (říjen 1987): cena standardního stroje Fiatagri 3550 je 44 250 liber šterlingů (GBP), cena stroje s podélným a příčným vyrovnáváním Fiatagri 3550 AL 62 000 liber šterlingů (GBP). Pořizovací cena sklízecí mlátičky s podélným a příčným vyrovnáváním je ve srovnání s pořizovací cenou standardní sklízecí mlátičky o 40 % vyšší.

METODA

Sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním, jako modifikace sklízecí mlátičky E-514, byla konstrukčně řešena a vyrobena italskou firmou Nicosia, se sídlem v Rocapalumbě. Sklízecí mlátička byla pro účely ověření v sezóně 1988 zapůjčena Kombinátem Fortschritt JZD Rozvoj Posázaví v Jílovém.

V srpnu se tato mlátička podrobila provozním a polně laboratorním zkouškám. Bylo dosaženo výkonnosti: pšenice 87 ha, ječmen 58 ha, hrách 10 ha, tj. celkem 155 ha (517,6 t).

V říjnu jsme pokračovali v laboratorních zkouškách za účelem vyšetření kriterií svahové dostupnosti v resortní zkušebně kvÚZS Praha.

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

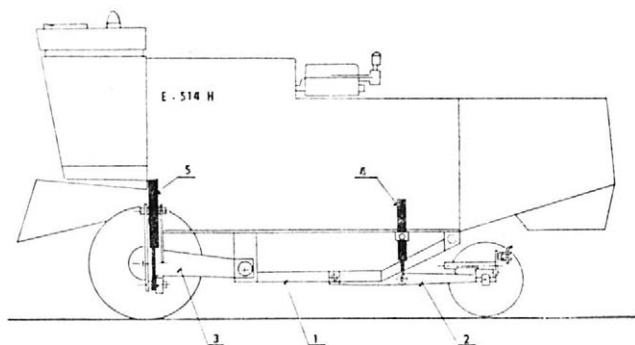
Sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním je na obr. 1 a 2.

Mlátičí odlučovací a čistící ústrojí včetně kabiny řidiče a zásobníku se zrnem se bez ohledu na sklon pozemku udržuje ve vodorovné poloze. Technická charakteristika:

Žací ústrojí: šířka záběru 4,8 m, přihaněč s šesti přiháňkami o průměru 1080 mm, měnitelné otáčky 16 až 54 min⁻¹, hydraulické ovládání rychlosti i polohy přihaněče.

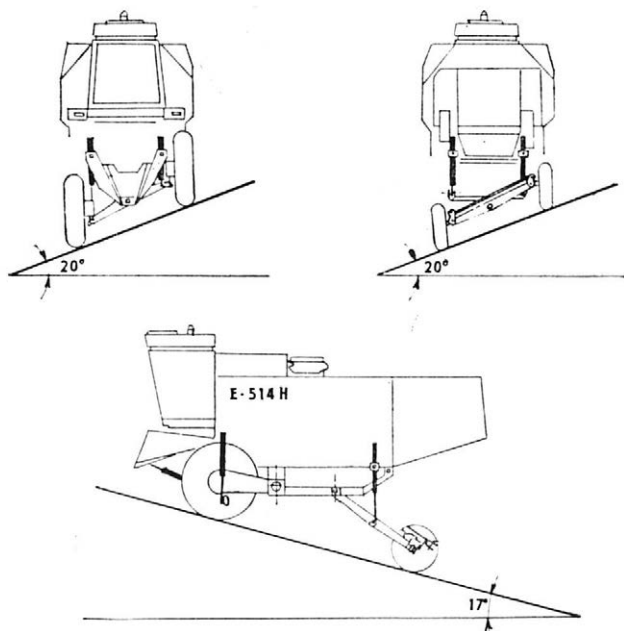
Mlátičí ústrojí: mlátičí buben 8 mlatek o šířce 1278 mm a průměru 600 mm; rychlost mlátičího bubnu měnitelná variátorem s přidavným reduktorem od 296 do 1300 min⁻¹, mlátičí koš se 14 lištami, s plochou 0,81 m², s úhlem opásání 115°.

Odlučovací ústrojí: čtyřdílná, čtyřstupňová klávesová vytrásadla; šířka vytrasky 319 mm, délka vytrasky 4,0 m, plocha vytrásadel 5,2 m², celková separační plocha 6,45 m².



1. Sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním (1 — rám sklízecí mlátičky, 2 — rám podélného vyrovnávání, 3 — výkyvné rameno hnacího kola, 4, 5 — přímooběžné hydromotory) — The harvester-thresher provided with the longitudinal and transverse levelling system (1 — thresher frame, 2 — longitudinal and levelling frame, 3 — driving wheel swing arm, 4, 5 — linear hydraulic motors)

2. Sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním — The harvester-thresher provided with the longitudinal and transverse levelling system



Čisticí ústrojí: stroj má jedno čisticí ústrojí, plocha horního síta $1,85 \text{ m}^2$, plocha spodního síta $1,17 \text{ m}^2$, celková plocha sít $3,02 \text{ m}^2$, ventilátor s variátorem s otáčkami 242 až 775 min^{-1} .

Zásobník na zrno: celková kapacita $3,6 \text{ m}^3$, vyprazdňovací dopravník je hydraulicky ovládán, délka vyprazdňovacího dopravníku 3 m, vyskladňovací výška dopravníku 3,8 m.

Motor: vznětový šestiválec s přeplňováním o obsahu 5,8 l, výkon 110 kW při 2400 min^{-1} , palivová nádrž na 200 l.

Pojezdové ústrojí: hydrostatické.

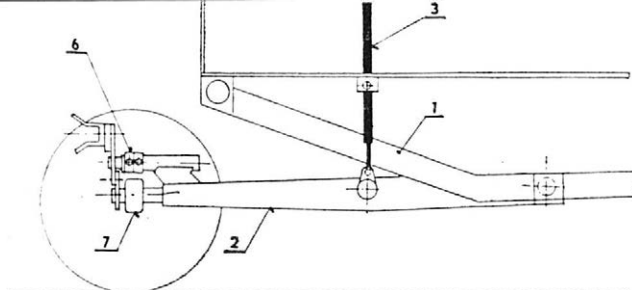
Vyrovnávací ústrojí: ovládání je automatické nebo ruční, je vybaveno samostatnou hydraulickou soustavou s čerpadlem, je tvořeno dvěma páry přímočarých hydromotorů. Umožňuje podle údajů výrobce vyrovnávat vlastní mlátičku i kabinu do vodorovné roviny při jízdě proti svahu do $16,3^\circ$, při jízdě po svahu do $4,03^\circ$ a při jízdě po vrstevnici do $20,15^\circ$.

Rozměry a hmotnost: délka se žacím stolem 9,85 m, délka bez žacího stolu 7,65 m, šířka bez žacího stolu 3,9 m, maximální výška 3,7 m, rozvor 4,28 m, rozchod předních kol 3,3 m, rozchod zadních kol 2,73 m, hmotnost se žacím stolem 11 490 kg.

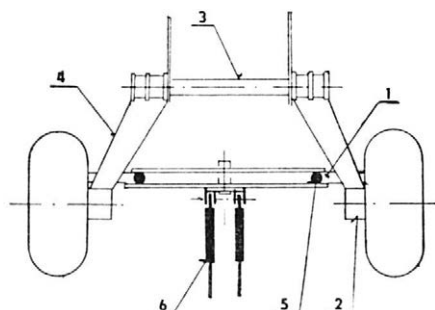
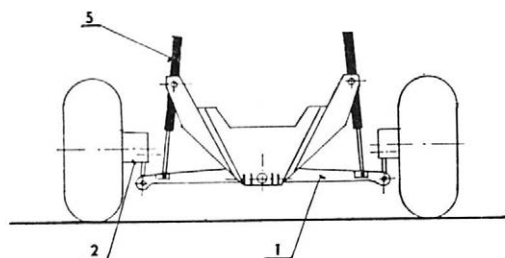
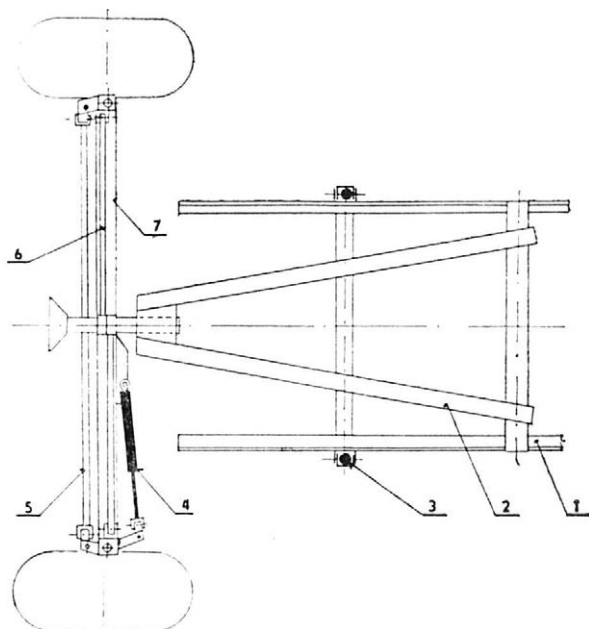
Sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním se od standardní liší v těchto celcích:

Podvozkový rám s výkyvnými rameny přední nápravy slouží k uchycení vlastní mlátičky i vyrovnávacího ústrojí.

Vyrovnávací ústrojí s vlastní hydraulickou soustavou: sklon stroje je snímán dvěma kyvadlovými snímači (jeden pro příčný sklon, druhý pro podélný sklon). Impuls od snímačů je přenašen na elektromagnetické ventily hydraulického rozvaděče, kte-

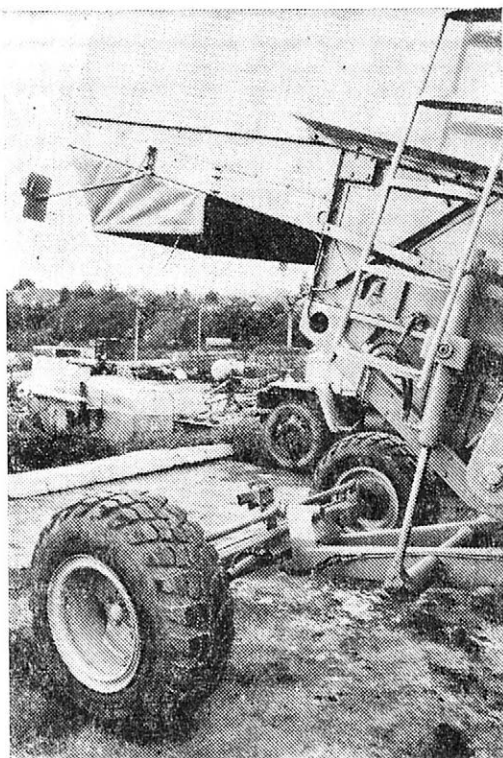


3. Vyrovnávací ústrojí zadní nápravy E-514 H (1 — pevný rám, 2 — rám zadní kyvné nápravy, 3-4 — přímočaré hydromotory, 5 — spojovací tyč, 6 — táhlo, 7 — zadní náprava) — The levelling mechanism of the E-514 H rear axle (1 — fixed frame, 2 — rear swing axle frame, 3-4 — linear hydraulic motors, 5 — connecting rod, 6 — draw bar, 7 — rear axle)



4. Vyrovnávací ústrojí přední nápravy E-514 H (1 — přední náprava, 2 — hydrostatické pohony, 3 — osa kyvných ramen, 4 — kyvná ramena, 5-6 — přímočarý hydromotor) — The levelling mechanism of the E-514 H front axle (1 — front axle, 2 — hydrostatic drives, 3 — swing arm centre line, 4 — swing arms, 5-6 — linear hydraulic motor)

5. Vyrovnávací ústrojí přední nápravy — Front axle levelling mechanism



rý usměrňuje olej do přímočarých hydromotorů. Dva hydromotory (průměr válce 80 mm, zdvih pístu 800 mm) slouží k příčnému vyrovnávání, dva hydromotory (průměr válce 80 mm, zdvih pístu 900 mm) slouží k podélnému vyrovnávání. Vyrovnávací ústrojí zadní nápravy je na obr. 3 a 4, vyrovnávací ústrojí přední nápravy je na obr. 5.

Hydrostatický pohon s vlastní hydraulickou soustavou: hnací kola jsou opatřena hydromotory (řešení tzv. hydrokoly) bez převodovky. Ovládání pojezdové rychlosti stroje je pouze jednou pákou.

Zadní náprava: uplatněna je jiná konstrukce zadní nápravy, tj. rovná bez svislých čepů. Způsob uchycení a vyrovnávání zadní nápravy je na obr. 3.

Motor: u standardního stroje je výkon motoru 85 kW; u svahového stroje je zvýšen na 110 kW.

Pneumatiky: u standardního stroje použity vpředu pneumatiky 18.4 — 30 12 PR a vzadu 10 — 20 8 PR, u svahového stroje použity vpředu pneumatiky 23.1 — 26 MB 39 a vzadu 16 — 20 U27.

ZTRÁTY ZRNA

Ztráty zrna se zjišťovaly při sklizni pšenice na pozemcích JZD Jílové pomocí kontrolních misek o vnitřních rozměrech 2000 × 500 × 50 mm. Miska se zasouvala za jízdy sklízecí mlátičky za zadní kola tak, aby na ni dopadl proud slamnatých částic z čistícího a odlučovacího ústrojí. Sláma nad miskou se protrásala a zrna na misce se vysbírala a zváž-

žila. Při záběru sklízecí mlátičky 4 m představuje zachycené zrno ztrátu za 2 m².

Zjištěná závislost ztrát zrna se v rozsahu měření ohodnotila jako lineární. Vypočetly se rovnice lineární regrese, korelační koeficienty a testovala jejich významnost.

Ztráty zrna se měřily na ozimé pšenici o výnosu 3,8 až 4,2 t. ha⁻¹, při obsahu vody v zrně do 18 %. Výsledky měření ztrát jsou obsaženy v tab. I.

I. Ztráty zrna na pšenici — Wheat grain losses

Způsob jízdy	Hmotnostní tok [kg. s ⁻¹] <i>x</i>	Ztráty v hrubém a jemném omla- tu zrna [%] <i>y</i>	Rovnice lineární regrese	Korelační koeficient
Rovina 0° (0–2°)	6	0,6–1,0		
Po vrstevnici 5° (4–6°)	4–6	0,6–1,2	$y = -0,747 + 0,33 x$	$r = 0,980$
10° (9–11°)	3–5	0,7–1,4	$y = -0,26 + 0,336 x$	$r = 0,991$
15° (14–16°)	2–4	0,8–1,6	$y = 0,177 + 0,327 x$	$r = 0,933$

V rovnicích lineární regrese je *y* - celkové ztráty zrna v %; *x* - hmotnostní tok sklizené hmoty v kg. s⁻¹

Jízda po vrstevnici: u sklízecí mlátičky s podélným a příčným vyrovnáváním je stroj na vrstevnici vyrovnáván. Proto také dochází k podstatnému snížení ztrát zrna. Na 15° svahu se snižují ztráty zrna ve srovnání se stroji bez příčného vyrovnávání z 4,7 na 1,6 %.

Jízda po spádnici: u sklízecí mlátičky s podélným a příčným vyrovnáváním jsou stejné pracovní podmínky jako u sklízecí mlátičky s podélným vyrovnáváním. Proto jsou výsledky měření shodné (Maleř, 1988).

Jízda proti spádnici: u sklízecí mlátičky s podélným a příčným vyrovnáváním jsou stejné pracovní podmínky jako u sklízecí mlátičky s podélným vyrovnáváním. Proto jsou výsledky měření shodné (Maleř, 1988).

Průměrné ztráty zrna:

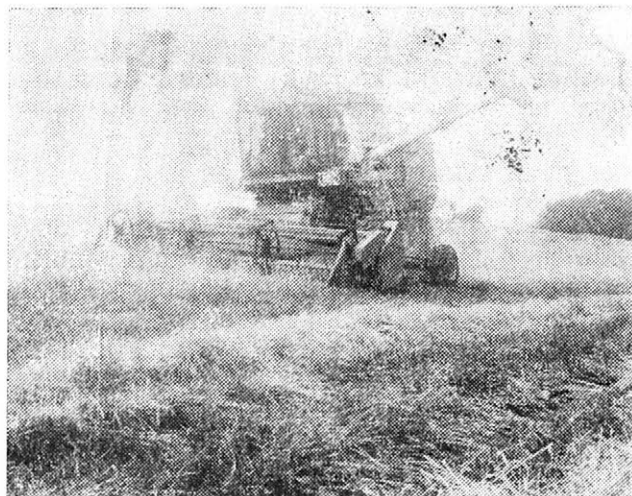
Pro účely výpočtu ekonomické efektivity byly stanoveny průměrné ztráty zrna v oblastech se svahovitými pozemky 0 až 15° takto:

- sklízecí mlátička bez vyrovnávání 3 až 6 %,
- sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním 0,7 až 1,5 %.

TECHNIKA JÍZDY (obr. 6)

Optimální nasazení: pozemky o sklonu 0 až 15°.

Možné nasazení: 16° — za sucha (ve všech směrech jízdy).



Volba směru jízdy: ztráty zrna po vrstevnici a proti spádnici jsou menší než ztráty po spádnici.

Volba směru jízdy	Index ztrát zrna
jízda proti spádnici	1
jízda po vrstevnici	1
jízda po spádnici	1,56

Volba průchodnosti: závisí na sklonu pozemku, obsahu vody v zrně, obsahu zelených příměsí.

Volba průchodnosti v závislosti na sklonu pozemku	Index nominální průchodnosti
sklon pozemku 0°	1
sklon pozemku 5°	1
sklon pozemku 10°	0,83
sklon pozemku 15°	0,66

Nasazení těchto strojů je výhodné tam, kde zastoupení pozemků se sklonem nad 10° je značné.

Sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním velmi podstatně snižuje sklizňové ztráty zrna. Má význam zejména tam, kde konfigurace terénu vyžaduje současné vyrovnání stroje v podélném i příčném směru.

Vzhledem ke zvýšené pořizovací ceně se předpokládá minimální zastoupení těchto strojů v parku sklízecích mlátiček. Ve většině případů postačí, když ve skupině 4 až 6 strojů bude jeden stroj s podélným i příčným vyrovnáváním.

Pomocí tohoto stroje se předpokládá:

- připravit pozemky (tj. prosekat a obsekat) pro sklizeň standardních strojů adaptovaných pro sklizeň na svazích;
- sklízet pozemky se současným podélným i příčným sklonem.

Poznámka k provozu stroje: po mechanické stránce byl stroj dobře vyroben, takže v průběhu sezóny nedošlo k vážnějším závadám. Zejména všechny hydraulické prvky (hydraulické soustavy pojezdu stroje i hydraulické soustavy vyrovnávacího ústrojí) pracovaly bezchybně.

SVAHOVÁ DOSTUPNOST

Před zjišťováním kritérií svahové dostupnosti byly vyšetřeny souřadnice těžiště a vypočítána statická stabilita (tab. II).

Boční statická stabilita vlevo se zjišťovala na naklápěcí plošině ve zkušební hale KVÚZS Praha (obr. 7) ve třech sestavách (Horský, 1988). Výsledky měření boční statické stability na sklápěcí plošině: sklon stroje v podélném směru 0° až $30,38^\circ$; sklon stroje v podélném směru -4° až $29,5^\circ$; sklon stroje v podélném směru $+17^\circ$ až $30,38^\circ$.

II. Souřadnice těžiště a výpočet statické stability — Centre-of-gravity coordinates and the calculation of static stability

Sklon stroje [°]	Rozvor [mm]	Hodnoty podélné stability			
		x	y	h_T	β_1
0°	4290	904	1590	2279	$21,63^\circ$
-4°	4270	985	1590	2458	$21,83^\circ$
$+17^\circ$	4070	546	1590	2441	$12,60^\circ$
		Hodnoty příčné stability			
		x_1	y	h_{T2}	β_2
0°	4290	797	1199	2226	$28,31^\circ$
-4°	4270	882	1167	2400	$25,93^\circ$
$+17^\circ$	4070	435	1311	2424	$28,41^\circ$

x, x_1 — podélná vzdálenost těžiště od přední osy, y — příčná vzdálenost těžiště od přímky naklápění, h_T — výška těžiště nad zemí, h_{T2} — výška těžiště nad přímkou překlápění, β_1 — podélná stabilita dopředu, β_2 — příčná stabilita vlevo



7. Měření boční statické stability na naklápěcí plošině — The measurement of static side stability on the tilting platform

Údaj	Náprava	
	hnací	hnaná
Typ pláště (dezén)	23,1–26 MB 39	16–20 U27
Výrobce pneu	PIRELLI	PNEUMANT
Typ ráfku	DM–20	13,0–20
Provedení pláště	AM	AM
Druh dezénu	TN	TN
Tlak huštění [kPa]	250	150
Jmenovitá nosnost [kg]	5955	5600
Šířka pneu [m]	0,586	0,426
Volný průměr [m]	1,6	1,075
Statický poloměr [m]	0,714	0,498

Sklízecí mlátička ve zkoušeném provedení umožňuje:

- při jízdě proti spádnici plné vyrovnání svahu do 17°,
- při jízdě po spádnici dolů vyrovnání svahu do 4°,
- při jízdě po vrstevnici vyrovnání svahu do 20°.

V průběhu laboratorních zkoušek byly vyšetřeny údaje potřebné pro výpočet svahové dostupnosti, a to pomocí metody, kterou publikoval Grečenko (1985).

Výpočet svahové dostupnosti sklízecí mlátičky E-514 s podélným a příčným vyrovnáváním, s využitím hodnot uvedených v tab. III, IV, V v závislosti na pracovní rychlosti je pro suchý terén na obr. 8, pro mokré terén na obr. 9.

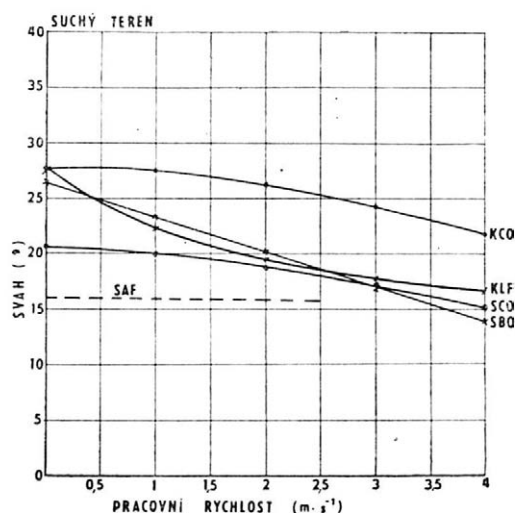
Z výpočtu a experimentálního ověření byla stanovena svahová dostupnost (tab. VI).

IV. Hmotnosti a rozměry — Weight and dimensions

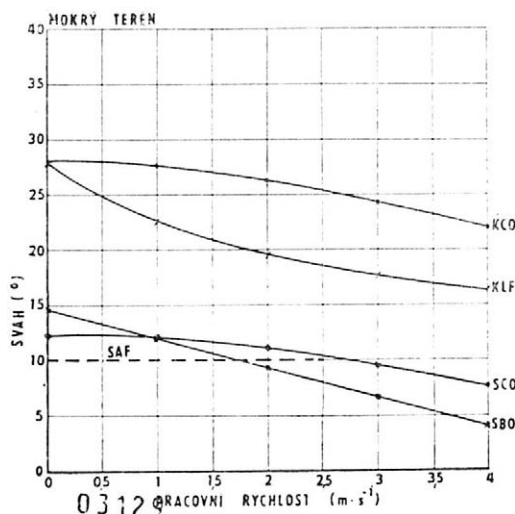
	Nivelizace		
	rovina	–4°	+17°
Hmotnost stroje celkem [kg]	11 490	11 490	11 490
Zatížení hnací nápravy [kg]	9 070	8 840	9 950
Zatížení hnané nápravy [kg]	2 420	2 650	1 540
Výška těžiště [m]	2,279	2,458	2,441
Rozchod hnací nápravy [m]	3,280	3,280	3,280
Rozvor [m]	4,290	4,270	4,070
Vnější st. pol. otáčení [m]	10	10	10

Podélná	Omezující kritéria svahové dostupnosti			
	za sucha rychlost 1,7 m.s ⁻¹		za mokra rychlost 1,4 m.s ⁻¹	
Rovina	SCO	19°	SCO	12°
	KCO	27°	KCO	27°
	KLF	20°	KLF	21°
-4°	SBO	21°	SBO	11°
	SAF	20°	XAF	14°
	KAF 1	-1,1 m (Z)	KAF 1	-0,2 m (Z)
	KAF 2	-0,9 m (P)		—
+17°	SAF	16°	SAF	10°

Vysvětlivky k tab. V. a k obr. 8 a 9: SCO — průjezd U-zatáčkou ze spádnice do spádnice; KCO — průjezd U-zatáčkou ze spádnice do spádnice (odolnost proti převržení); KLF — boční nadhoz na vrstevnici; SBO — brzdění ze spádnice svahu; SAF — rozjezd do spádnice svahu; KAF — rozjezd do spádnice svahu (odolnost proti převržení). Kritérium KAF posuzuje podélnou stabilitu při rozjezdu (KAF 1) a brzdění (KAF 2) ve spádnici svahu. P — jízda vpřed, Z — jízda vzad. Záporné hodnoty naznačují potřebu snížit těžiště do optimální polohy.



8. Svahová dostupnost sklízecí mlátičky E-514 H s podélným a příčným vyrovnáváním — The gradeability of the E-514 H harvester-thresher provided with the longitudinal and transverse levelling system



9. Svahová dostupnost sklízecí mlátičky E-514 H s podélným a příčným vyrovnáváním — The gradeability of the E-514 H harvester-thresher provided with the longitudinal and transverse levelling system

Podmínky	Rychlost jízdy		Svahová dostupnost [°]
	[m.s ⁻¹]	[km.h ⁻¹]	
Suché	1,7	6,12	15
	1,1	4,0	16
Mokré	1,4	5,04	10
	1,1	4,0	10

DISKUSE

Ze zkoušek vyplynuly doporučené změny konstrukčního řešení:

- upravit mechanismus ovládání ruční brzdy;
- dotížit hnanou nápravu na 23 %, tj. umístit závaží 300 kg do neutrální osy řídící nápravy, čímž se dosáhne zvýšení podélné stability dopředu asi na 27°;
- vybavit stroj sklonoměrem signalizujícím úhel svahu v podélném i příčném směru;
- umístit na stroji štítek s vyznačením svahové dostupnosti;
- vybavit sedačku ochranným bezpečnostním pásem.

ZÁVĚR

Sklízecí mlátička s podélným a příčným vyrovnáváním prokázala oprávněnost zařazení do čs. soustavy strojů jako jedna ze tří modifikací sklízecí mlátičky o průchodnosti 4 až 8 kg.s⁻¹.

Odhad ceny adaptace sklízecí mlátičky (tj. nárůstu ceny proti standardnímu stroji) do 100 000 Kčs. Možný nárůst tržní produkce za rok v důsledku snížení ztrát zrna o 2,25 až 4,5 % činí 31 162,5 až 62 325 Kčs. Doba návratnosti investičních prostředků na adaptaci je v rozmezí 1,6 až 3,2 roku.

Literatura

GREČENKO, A.: Svahová dostupnost traktorů a zemědělských strojů. [Výzkumná zpráva.] Praha, Agrozet, kVÚZS 1985. 18 s.

HORSKÝ, J.: Zpráva o odborné zkoušce č. 5/88. Praha, Agrozet, kVÚZS 1988. 15 s.

KUTZBACH, H. D.: Verringerung der Körnerverluste bei Mähdeschern im Hangeinsatz. Landtechnik, 1985, č. 8, s. 278-280.

MALEŘ, J.: Svahové sklízecí mlátičky s vyrovnáváním. [Výzkumná zpráva.] Praha, VÚZT 1988. 47 s.

Došlo dne 15. 2. 1989

МАЛЕРЖ, Й. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага): Уборочная молотилка для склонов с продольным и поперечным выравниванием. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 171-173.

Наиболее комплексно можно решить уборку зерновых хлебов на склонах уборочными молотилками с продольным и поперечным выравниванием. Конструктивное решение E-514 H от стандартной машины отличается добавочной рамой, позволяющей прикрепить выравнивающего устройства, собственным выравнивающим устройством (т. е. датчиками склона, прямолинейными гидродвигателями, особенной гидравлической системой), гидростатическими приводами (гидроколесами), более мощной единицей привода (двигатель 140 кВт). При уборке на склонах 0—15° средние потери зерна снижаются из 3, даже 6 % (значение потерь у машины без выравнивания) до 0,75—1,5 %. Наиболее выгодно передвижение против линии максимального уклона и по горизонтали (индекс потерь 1), менее пригодно передвижение по линии максимального уклона (индекс потерь 1,56). Склоновая доступность при скорости передвижения 1,1 м.с⁻¹ (4 км.час⁻¹) в сухую погоду 16°, во влажную погоду 10°. Оценка цены адаптации уборочной молотилки 100 000 крон; возможный прирост товарной продукции за 1 год 31152,50—62325 крон, окупаемость капиталовложений на адаптацию 1,6—3,2 года. Уборочная молотилка для склонов с продольным и поперечным выравниванием введена в чехословацкую систему машин как одна из трех модификаций (без выравнивания, с продольным выравниванием, с продольным и поперечным выравниванием) уборочной молотилки с проходной способностью 4—8 кг.с⁻¹.

уборка зерновых; склоны до 16°; уборочная молотилка; продольное и поперечное выравнивание; конструктивное решение; потери зерна

MALEŘ, J. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha): A hillside harvester-thresher provided with transverse and longitudinal levelling systems. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 171-173.

The most comprehensive way of harvesting grain crops grown on hillsides is to employ harvester-threshers provided with longitudinal and transverse levelling systems. As compared to standard machines, the design of the E-514 H differs in an additional frame to attach the levelling mechanism, the levelling mechanism itself (i. e., hillside pick-ups, linear hydraulic motors, special hydraulic system), hydrostatic drives („hydrowheels“) and more powerful driving unit (140-kW motor). When used on hillsides 0 to 15°, the harvester-thresher reduces grain losses from 3 to 6 % (losses with machines without any levelling system) down to 0.75 to 1.5 % on average. The most appropriate is to drive the harvester-thresher up the hill and along the contour line (loss index 1); a drive down the hill is less advantageous (loss index 1.56). For the speed of 1.7 m.s⁻¹ (4 km.h⁻¹), the gradeability is 16° and 10° under dry and wet conditions, respectively. Harvester-thresher modification costs: 100 000 Kčs (estimate); possible rise in market output a year: 31 162.5 to 62 325 Kčs; recoupment period of investment outlays on modification: 1.6 to 3.2 years. The hillside harvester-thresher provided with the longitudinal and transverse levelling system has been incorporated into the Czechoslovak system of machines as one of the three modifications (no levelling, longitudinal leveling, longitudinal and transverse levelling) of harvester-thresher 4 to 8 kg.s⁻¹ in throughput.

grain crops harvesting; hillsides up to 16°; harvester-thresher; longitudinal and transverse levelling; design solution, grain losses

MALEŘ, J. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha): Mähdrescher für die Arbeit im Hangterrain mit länglichem und transversalem Ausgleich. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 161-173.

Am komplexesten kann die Getreideernte im Hangterrain mit Hilfe von Mähdreschern mit länglichem und transversalem Ausgleich gelöst werden. Die Konstruktionslösung E-514 unterscheidet sich von der Standardausführung durch einen Zusatzrahmen, der die Montage der ausgleichenden Vorrichtung ermöglicht, durch die ausgleichende Vorrichtung (d. h. Hangkontaktabnehmer, geradlinige Hydromotoren, hydraulisches System), durch hydrostatische Antriebe (Hydroräder), durch eine leistungsstärkere Antriebseinheit (Motor 140 kW). Bei den Ernte im Hangterrein

mit einer Hangneigung von 0 bis 15° fallen die durchschnittlichen Kornverluste von 3 bis 6 % (Verluste bei Mähdreschern ohne jede Ausgleiche) auf 0,75 bis 1,5 % ab. Am geeignetesten ist die Fahrt gegen die Gefällwechsellinie und auf der Schichtlinie (Verlustindex 1). Weniger geeignet ist die Fahrt auf der Gefällwechsellinie (Verlustindex 1,56). Die Hangzugänglichkeit beträgt bei einer Geschwindigkeit von 1,1 m.s⁻¹ (4 km.s⁻¹) im trockenen Terrain 16°, im nassen Terrain 10°. Die Adaptation des Mähdreschers kostet ungefähr 100 000 Kčs; die mögliche Steigerung der Marktproduktion pro Jahr beträgt 162,5 bis 62 325 Kčs, der Rückfluss der Investitionsmittel beträgt 1,6 bis 3,2 Jahre. Der Mähdrescher für die Arbeit im Hangterrain mit länglichem und transversalem Ausgleich ist im System der tschechoslowakischen Maschinen als eine von drei Modifikationen des Mähdreschers mit einer Durchgangskapazität von 4 bis 8 kg.s⁻¹ (ohne jeden Ausgleich, mit länglichem, mit länglichem und transversalem Ausgleich) eingereiht.

Getreideernte; Hangterrein bis 16° Neigung. Mähdrescher; länglicher und transversaler Ausgleich; Konstruktionslösung; Kornverluste

Adresa autora:

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

Upozorňujeme čtenáře, že časopis

ZEMĚDĚLSKÉ AKTUALITY

vydáváný Ústavem vědeckotechnických informací

pro zemědělství (Slezská 7, 120 56 Praha 2)

je zaměřen na progresivní informace pro zemědělskou praxi při zavádění a uplatňování vědeckotechnického rozvoje, na nejnovější zahraniční trendy vývoje zemědělství a zkušenosti předních čs. podniků s uplatňováním nových technologií, vlastních inovačních prvků a metodických postupů při realizaci vědeckotechnického rozvoje.

Vychází měsíčně, od 1. 10. 1989 má formát A/4, barevnou obálku s tematicky zaměřenými fotografiemi na 1. a 4. straně a čtyřstránkovou barevnou přílohu vystihující současný trend při uplatňování VTR ve světě i u nás.

Cena časopisu je 15,— Kčs, celoroční předplatné 180,— Kčs. Objednávky přijímá odd. odbytu a propagace ÚVTIZ, Slezská 7, 120 56 Praha 2.

Obracíme se na všechny autory a čtenáře se žádostí o spolupráci při dotváření nové vnitřní struktury časopisu. Nabízíme Vám možnost publikování článků, které by informovaly o aplikaci nových poznatků vědy v praxi a seznamovaly širokou zemědělskou veřejnost s novými metodami, technologiemi, přípravky, stroji apod., které již byly použity přímo v zemědělských podnicích. Podrobnější informace si vyžádejte v redakci časopisu (ing. Pokorná, ÚVTIZ, tel. 25 55 73).

M. Ďuriš, J. Ďuďák, M. Ostrožlík

ĎURIŠ, M. — ĎUĎÁK, J. — OSTROŽLÍK, M. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Modelovanie technologického procesu zberu obilnín*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3): 175 — 184.

Príspevok poskytuje základné údaje pre vypočítanie tempa zberu. Na základe priebehu procesu dozrievania obilnín a jeho zmien vplyvom klimatických faktorov, je možné vypočítať potrebu obilných kombajnov pre jednotlivé fázy zberu obilnín. To umožňuje skvalitniť prípravu plánov medzioblastnej kooperácie tak, aby bolo zabezpečené maximálne využitie obilných kombajnov a znížilo sa riziko strát zrna vypadávaním pri oneskorenom zbere. Cieľom štúdie je optimalizácia rozhodovacej činnosti pri riadení zberu obilnín so zameraním na minimalizáciu strát pri oneskorenom zbere, minimalizáciu jednotkových nákladov na prevádzku zberovej techniky a racionalizáciu presunov zberových strojov medzi výrobnými jednotkami.

obilniny; technologický proces; modelovanie

Príprava technologického procesu zberu obilnín pri uplatňovaní priemyselných metód poľnohospodárskej výroby vyžaduje využívanie matematických metód. Používané riešenia, založené na skúsenostiach riadiacich pracovníkov, sú často sprevádzané chybami, neúčelným vynakladaním finančných prostriedkov na nákup techniky, ako aj stratami úrody pri oneskorenom zbere.

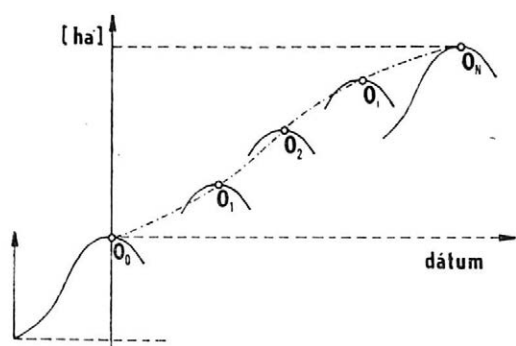
Používané metodiky výpočtu potreby strojov pre zabezpečenie prác, ktoré súvisia priamo i nepriamo so zberom obilnín nezohľadňujú napr. dynamiku procesu zberu. Snahou riadiacich pracovníkov je zberové práce čo najrýchlejšie ukončiť. Z toho dôvodu si poľnohospodárske podniky zabezpečujú na ich zvládnutie, cestou kooperácie väčší počet výkonných obilných kombajnov. Často sa pritom však nezohľadňujú kvalitatívne a ekonomické dôsledky takéhoto postupu riešenia.

Nasadením väčšieho počtu obilných kombajnov je možné skrátiť celkovú dĺžku trvania zberových prác. Tým sa predíde stratám zrna prirodzeným vypadávaním. Zvýšením počtu obilných kombajnov sa znižuje celkový rozsah ich zaťaženia. Výsledkom je narastanie jednotkových nákladov na prevádzku obilných kombajnov. Kooperáciou obilných kombajnov zároveň vznikajú náklady na túto činnosť.

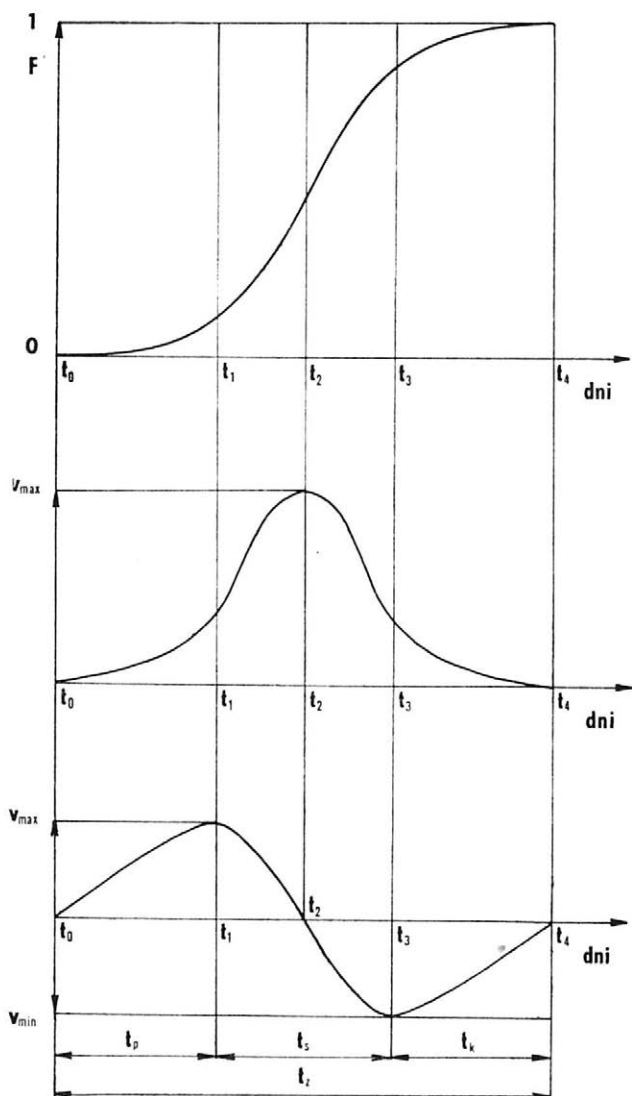
V podmienkach samofinancovania výrobnéj činnosti musí byť pre poľnohospodárske podniky rozhodujúce uplatňovať poznatky pre čo najefektívnejšie využívanie vlastnej zberovej techniky.

METÓDA

Pri projektovaní predpokladaného priebehu zberu obilnín je nevyhnutné zohľadňovať dynamiku procesu, ktorá je charakterizovaná termínami dozrievania obilnín na jednotlivých plochách. Je ovplyvňovaná striedaním obilnín v rámci osevného postupu, rôznymi termínami sejby na jednotlivých pozemkoch, zmenami klimatických faktorov počas zberového obdobia, rôznym hnojením a ďalšími faktormi.



1. Nástup termínov zrelosti obilnín: O_0 — termín zrelosti najskôr dozrievajúcej obilniny (spravidla to býva ozimný jačmeň), O_N — termín zrelosti najneskôr dozrievajúcej obilniny, O_i — termíny zrelosti jednotlivých odrôd obilnín — The onset of grain crops ripeness times: O_0 — the time of ripeness for grain crop ripening first (winter barley, as a rule), O_N — the time of ripeness for grain crop ripening last, O_i — the times of ripeness for individual varieties of grain crops



2. Proces zrenia zrna — Grain ripening process

Pri zbere obilnín môžu vzniknúť nasledovné varianty:

súčasné dozretie obilnín na všetkých honoch,
značné odstupy medzi termínmi dozrievania obilnín na jednotlivých honoch,
postupné dozrievanie obilnín na honoch, intenzívnosť ktorého možno zosúladiť s možnou výkonnosťou disponibilného parku obilných kombajnov.

Na základe štúdia procesu dozrievania obilnín je možné konštatovať, že v našich podmienkach prevláda tretí variant (obr. 1).

Analýzu dozrievania obilnín urobíme za predpokladu, že sa jedná o dynamický proces a termíny plnej zrelosti jednotlivých odrôd obilnín nastupujú podľa závislosti normálneho rozdelenia (Bakytová a i., 1979; Grofik, 1987).

Proces dozrievania obilnín $F = f(t)$ v počiatočnej fáze t_p sa vyvíja s narastajúcou rýchlosťou $f''(t) > 0$. V strednej fáze t_s je rýchlosť približne konštantná $f''(t) \cong 0$. V konečnej fáze t_k sa rýchlosť dozrievania spomaľuje $f''(t) < 0$. Graf $F = f(t)$ má tvar integrálnej krivky (obr. 2). Dĺžka jednotlivých fáz t_p , t_s , t_k , ako aj dĺžka celého procesu dozrievania $t_z = t_p + t_s + t_k$, sa mení v závislosti od radu faktorov, z ktorých základnými sú prírodné faktory.

Pre každú výrobnú oblasť sú charakteristické značné výkyvy, ktoré majú náhodný charakter. Menia sa dĺžky jednotlivých fáz i celého procesu dozrievania. Tieto sú bezprostredne závislé od druhovej a odvodovej skladby obilnín a veľkosti plôch, na ktorých sa obilniny pestujú. V súvislosti s uvedeným predpokladáme (približne), že rýchlosť dozrievania v sa rovná:

$$v = \frac{dF}{dt} = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} \quad [\text{ha} \cdot \text{deň}^{-1}] \quad (1)$$

kde: a, σ — parametre, získané na základe zhodnotenia experimentálne nameraných údajov

Priebeh dozrievania vyjadruje funkcia

$$F = \int_{t_0}^{t_4} v \cdot dt \cong \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{t_0}^{t_4} e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} dt \quad [\text{ha}] \quad (2)$$

Predpokladajme, že pre $t_z = t_4 - t_0$ platí približne

$$t_z = 6\sigma \quad [\text{dni}] \quad (3)$$

Potom pre parametre normálneho rozdelenia platí

$$a = \frac{t_z}{2} = 3\sigma \quad [\text{dni}] \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{t_z}{6} \quad [\text{dni}] \quad (5)$$

Počiatočná fáza $t_p = t_1 - t_0$ charakterizuje narastanie procesu dozrievania od t_0 (pri ktorom podľa prijatého predpokladu $F = 0$) do t_1 . Konečná fáza $t_k = t_4 - t_3$ charakterizuje ubúdanie procesu dozrievania od t_3 do t_4 (pri ktorom podľa prijatého predpokladu $F = 1$). Momenty času t_1 a t_3 , v ktorých zrýchlenie

$$v' = f''(t) = \frac{t-a}{\sigma^3 \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

dosahuje zodpovedajúce maximum a minimum, sa stanovujú zo vzťahu:

$$v'' = -\frac{1}{\sigma^3 \sqrt{2\pi}} \cdot \left[1 - \frac{(t-a)^2}{\sigma^2} \right] \cdot e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} = 0 \quad (7)$$

Riešením rovnice (7) dostaneme:

$$t_1 = a - \sigma = t_0 + 2\sigma \quad [\text{dni}] \quad (8)$$

$$t_3 = a + \sigma = t_0 + 4\sigma \quad [\text{dni}] \quad (9)$$

V strednej fáze rýchlosť dozrievania obilnín dosahuje najvyššie hodnoty. Dĺžka strednej fázy sa určí zo vzťahu:

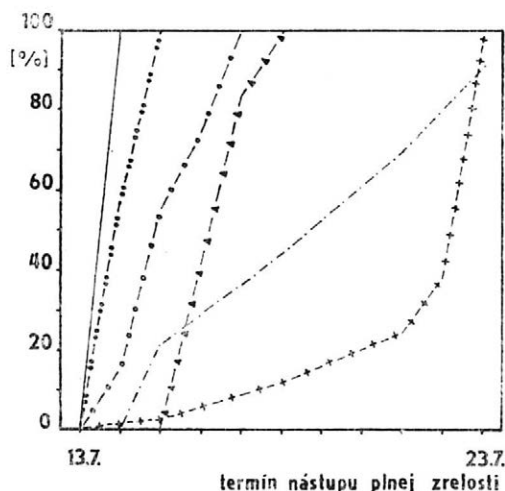
$$t_s = t_3 - t_1 = 2\sigma \quad [\text{dni}] \quad (10)$$

Proces dozrievania obilnín podmieňuje tiež proces ich zberu. Na to treba prihliadať, najmä pri plánovaní potreby zberovej techniky a jej využívaní v jednotlivých fázach zberu obilnín.

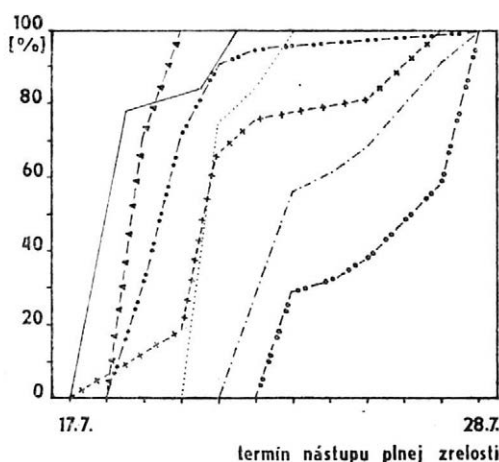
VLASTNÁ PRÁCA A VÝSLEDKY

Analýza procesu dozrievania obilnín a priebehu zberových prác bola robená na JRD Nová Ves nad Žitavou v rokoch 1986 až 1988. Pre jednotlivé roky boli na základe údajov agronomickej služby JRD spracované údaje o postupe dozrievania porastov obilnín a údaje o postupe žatevných prác. Postup dozrievania jednotlivých odrôd pšenice ozimnej je za jednotlivé roky sledovania znázornený na obr. 3, 4, 5. Vo všetkých sledovaných rokoch najskoršie dozrela odroda Košútka. V jednotlivých rokoch sa rýchlosť jej dozrievania menila v závislosti na klimatických faktoroch. Odstup termínov dozrievania ďalších odrôd pšenice ozimnej v jednotlivých rokoch je približne rovnaký.

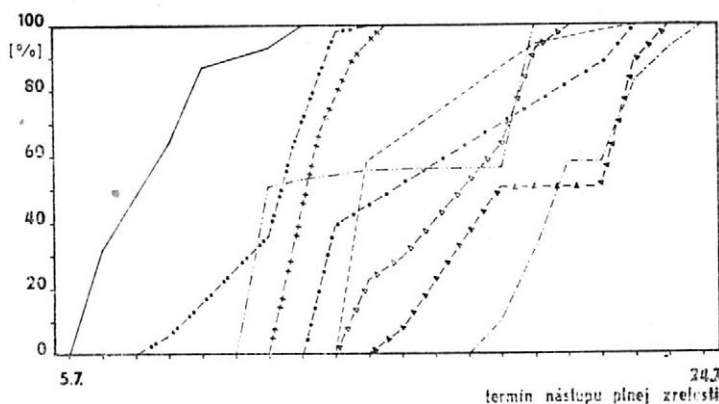
Na obr. 6, 7, 8 sú podobne spracované údaje o postupe dozrievania odrôd jačmeňa jarného.



3. Postup dozrievania odrôd pšenice ozimnej (1986) — The ripening advance of winter wheat varieties (1986)

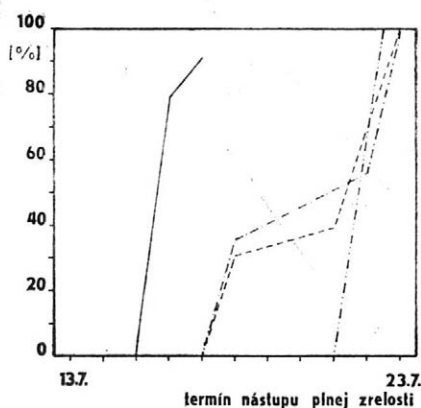


4. Postup dozrievania odrôd pšenice ozimnej (1987) — The ripening advance of winter wheat varieties (1987)

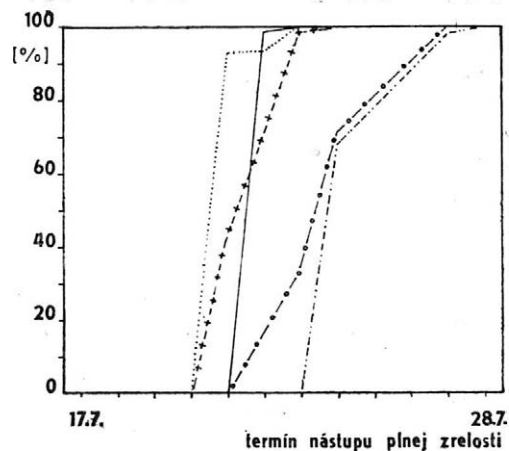


Košútka	—————
Mironovská	-----
Zvezda	
Viginta	-.-.-.-.-
Jubilejná	-.-.-.-.-
Agra	-○-○-○-○-
Roxana	-○-○-○-○-
Hana	-●-●-●-●-
Danubia	-●-●-●-●-
Mara	-△-△-△-△-
Vala	-▲-▲-▲-▲-
Iris	-+-+-+-+-
Hela	-+-+-+-+-

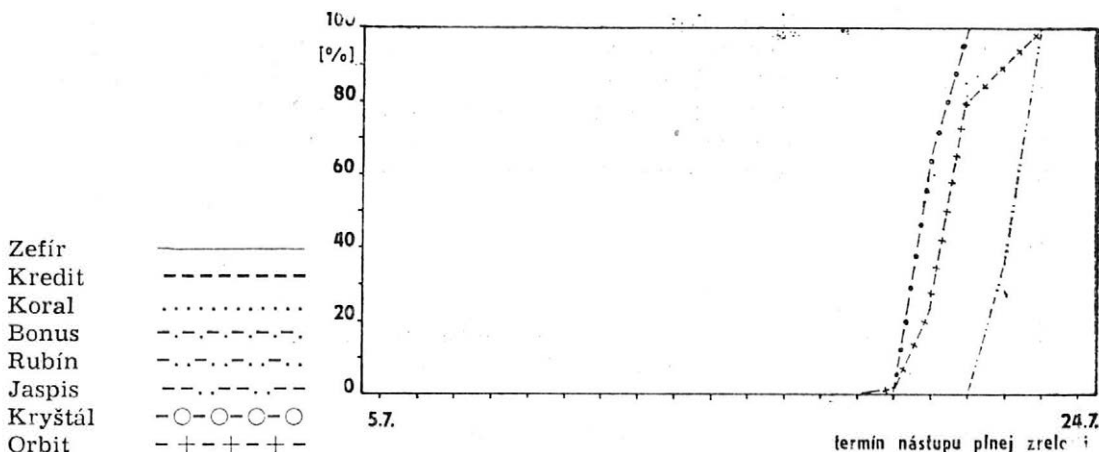
5. Postup dozrievania odrôd pšenice ozimnej (1988) — The ripening advance of winter wheat varieties (1988)



6. Postup dozrievania odrôd jačmeňa jar-ného (1986) — The ripening advance of spring barley varieties (1986)



7. Postup dozrievania odrôd jačmeňa jar-ného (1987) — The ripening advance of spring barley varieties (1987)

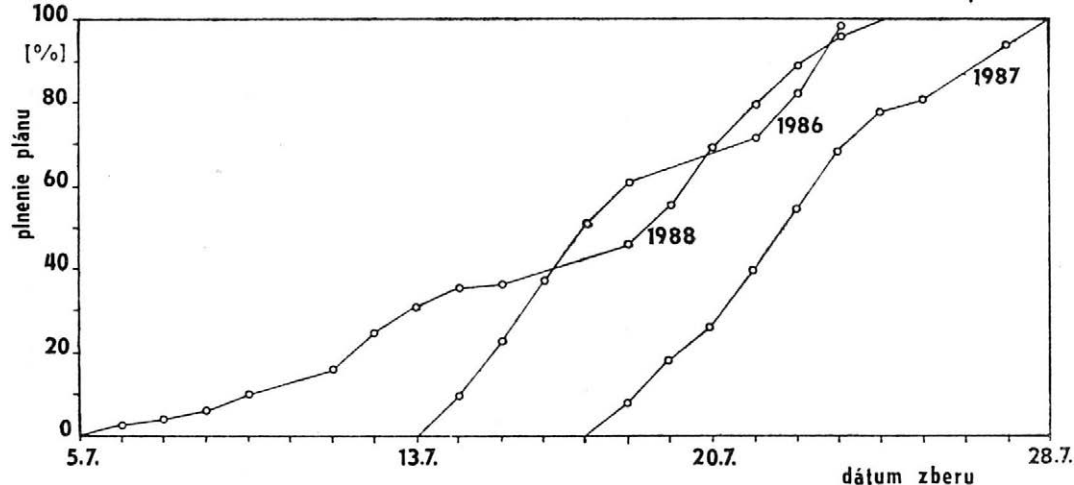


8. Postup dozrievania odrôd jačmeňa jar-ného (1988) — The ripening advance of spring barley varieties (1988)

Obr. 9 predstavuje súhrnné priebeh zberových prác v jednotlivých sledovaných rokoch. V jednotlivých rokoch sa priebeh zberu obilnín výrazne odlišuje, ako v začiatku, tak aj v rýchlosti zberu.

Na posúdenie variability porovnávaných údajov o priebehu zberových prác za jednotlivé roky sme využili možnosti štatistickej analýzy. Najskôr sme testom Weibulla podľa ČSN 01 0225 overili platnosť hypotézy, že v jednotlivých sledovaných rokoch proces dozrievania obilnín a priebeh ich zberu majú normálne rozdelenie. Na základe vypočítaného kritéria W na hladine významnosti $\alpha = 0,10$ bol prijatý záver, že empirické hodnoty neposkytujú žiadny dôkaz o neplatnosti testovanej hypotézy. Z toho môžeme predpokladať, že hodnoty majú normálne rozdelenie. Výsledky testovania a vypočítané hodnoty kritéria W sú uvedené v tab. I., II., III.

V tab. IV., V., VI. sú uvedené základné štatistické ukazovatele priebehu zberu obilnín v jednotlivých rokoch. Hranice intervalov pre výpočet rozdelenia početnosti boli volené tak, aby sa údaje dali navzájom porovnať.



9. Postup zberových prác JRD Nová Ves nad Žitavou — The progress of harvesting work at the Coop Farm Nová Ves nad Žitavou

Štatisticky spracované údaje boli použité do programu simulácie priebehu zberu obilnín za účelom výpočtu potreby obilných kombajnov, dopravných prostriedkov a techniky na zber slamy v jednotlivých fázach žatvy. Priebeh zberu obilnín sa simuloval pri využití metódy štatistických pokusov -MONTE-CARLO. Pre výpočet potreby zberovej a dopravnej techniky bol využitý program tvorby zberových komplexov, zostavený na KMRV VŠP v Nitre (Ďuriš a i., 1987a, b).

DISKUSIA

JRD Nová Ves nad Žitavou malo v hodnotenom období k dispozícii v priemere 12 vlastných a 6 kooperačných obilných kombajnov. Každoročne vznikol problém s upresňovaním termínu nástupu kooperačných obilných kombajnov.

I. Test Weibulla. Testovaný parameter: denný prírastok (1986) — Weibull test. Tested parameter: daily increment (1986)

	$X(I)$	$X(I)^2$	f	$A(N-f+1)$	$X(N-f+1)-X(f)$	$\frac{A(N-f+1)}{[X(N-f+1)-X(f)]}$
1	128	16384				
2	132	17424				
3	133	17689				
4	152	23104				
5	167	27889	4	0,0561	15	0,8415
6	176	30976	3	0,1743	43	7,4949
7	189	35721	2	0,3164	57	18,0348
8	202	40804	1	0,6052	74	44,7848
Suma	1279	209991				71,156

Hodnota kritéria $W = 0,918748$. Na hladine významnosti $\alpha = 0,10$ je hodnota kritéria $W^*_{0,10} = 0,851$, tzn. $W^* < W$.

II. Test Weibulla. Testovaný parameter: denný prírastok (1987) — Weibull test.
Tested parameter: daily increment (1987)

	$X(I)$	$X(I)^2$	f	$A(N-f+1)$	$X(N-f+1)-X(f)$	$\frac{A(N-f+1)}{[X(N-f+1)-X(f)]}$
1	40,0	1600,0				
2	102,5	10506,3				
3	107,5	11556,3				
4	120,0	14400,0				
5	144,0	20736,0				
6	153,5	23562,3	5	0,0399	9,5	0,37905
7	192,5	37056,3	4	0,1224	72,5	8,87400
8	194,5	37830,3	3	0,2141	87,0	18,62670
9	194,5	37830,3	2	0,3291	92,0	30,27720
10	224,0	50176,0	1	0,5739	184,0	105,59800
Suma	1473	245254				163,75500

Hodnota kritéria $W = 0,948194$. Na hladine významnosti $\alpha = 0,10$ je hodnota kritéria $W^*_{0,10} = 0,869$, tzn. $W^* < W$.

III. Test Weibulla. Testovaný parameter: denný prírastok (1988) — Weibull test.
Tested parameter: daily increment (1988)

	$X(I)$	$X(I)^2$	f	$A(N-f+1)$	$X(N-f+1)-X(f)$	$\frac{A(N-f+1)}{[X(N-f+1)-X(f)]}$
1	15,0	225,0				
2	17,0	289,0				
3	30,0	900,0				
4	32,0	1 024,0				
5	35,0	1 225,0				
6	60,0	3 600,0				
7	61,0	3 721,0				
8	87,0	7 569,0				
9	101,0	10 201,0	8	0,1960	14,0	0,2744
10	102,0	10 404,0	7	0,0593	41,0	2,4313
11	127,0	16 129,0	6	0,1005	67,0	6,7335
12	127,0	16 129,0	5	0,1447	92,0	13,3124
13	134,5	18 090,5	4	0,1939	102,5	19,8747
14	138,0	19 044,0	3	0,2521	108,0	27,2268
15	147,0	21 609,0	2	0,3290	130,0	42,7700
16	199,5	39 800,3	1	0,5056	184,5	93,2832
Suma	1413	169 960,8				205,9060

Hodnota kritéria $W = 0,938539$. Na hladine významnosti $\alpha = 0,10$ je hodnota kritéria $W^*_{0,10} = 0,906$, tzn. $W^* < W$.

IV. Rozdelenie počtosti: denný prírastok (1986) — Frequency distribution: daily increment (1986)

Číslo intervalu	Dolná hranica	Horná hranica	Počet hodnôt	Relatívna počtnosť
1	—	50	—	—
2	50,01	100	—	—
3	100,01	150	3	0,375
4	150,01	200	4	0,500
5	200,01	250	1	0,125

Počet hodnôt mimo zadaných intervalov = 0; počet hodnôt zaradených do intervalov = 8; súčet súboru = 1279 [ha]; stredná hodnota súboru = 159,875 [ha]; štandardná odchýlka = 26,2461 [ha]; variačný koeficient = 16,4167 [%].

V. Rozdelenie počtosti: denný prírastok (1987) — Frequency distribution: daily increment (1987)

Číslo intervalu	Dolná hranica	Horná hranica	Počet hodnôt	Relatívna počtnosť
1	—	50	1	0,1
2	50,01	100	—	—
3	100,01	150	4	0,4
4	150,01	200	4	0,4
5	200,01	250	1	0,1

Počet hodnôt mimo zadaných intervalov = 0; počet hodnôt zaradených do intervalov = 10; súčet súboru = 1473 [ha]; stredná hodnota súboru = 147,3 [ha]; štandardná odchýlka = 53,1795 [ha]; variačný koeficient = 36,1029 [%].

VI. Rozdelenie počtosti: denný prírastok (1988) — Frequency distribution: daily increment (1988)

Číslo intervalu	Dolná hranica	Horná hranica	Počet hodnôt	Relatívna počtnosť
1	—	50	5	0,3125
2	50,01	100	3	0,1875
3	100,01	150	7	0,4375
4	150,01	200	1	0,0625
5	200,01	250	—	—

Počet hodnôt mimo zadaných intervalov = 0; počet hodnôt zaradených do intervalov = 16; súčet súboru = 1413 [ha]; stredná hodnota súboru = 88,3125 [ha]; štandardná odchýlka = 53,1354 [ha]; variačný koeficient = 60,1675 [%].

Na základe analýzy procesu dozrievania obilnín možno konštatovať, že termín ich prísunu zodpovedá nástupu strednej fázy procesu dozrievania, kedy sú už vytvorené predpoklady pre ich účelné využitie. Času t_1 zodpovedá približne 10 % zbranej plochy obilnín. Pri 90 % pozberaných plôch obilnín nastáva termín spomaľovania rýchlosti dozrievania t_3 . Pri dosiahnutí tejto fázy zberu treba organizovať odsun kooperačných obilných kombajnov. Na pozberanie prvých a posledných 10 % plôch obilnín postačujú vlastné obilné kombajny poľnohospodárskeho podniku.

Na základe štatistického spracovania údajov z jednotlivých rokov konštatujeme, že najlepšie predpoklady pre intenzifikáciu zberového procesu sú vytvorené v strednej fáze priebehu zberu obilnín. V tejto fáze je potrebných najviac obilných kombajnov pri optimálnej organizácii práce, kedy sa najlepšie využijú.

Závislosť priebehu zberu obilnín od procesu ich dozrievania bola analýzou potvrdená. Simulovanie priebehu zberu obilnín s využitím zákonitosti dozrievania druhov a odrôd obilnín podľa integrálnej krivky predpokladá poznanie odrodovej skladby a termínov dozrievania najskorších odrôd.

ZÁVER

Príspevok poskytuje podklady pre prípravu plánu kooperácie pri využívaní strojov na zber obilnín. Ekonomické použitie tejto investície a prevádzkovo nákladnej techniky vyžaduje vypracovanie technicko-organizačných opatrení, ktoré umožňujú plné využitie strojov a ich správne rozmiestnenie. Takéto využitie strojov je do veľkej miery podmienené správnym režimom organizácie presunov ako v rámci okresov, tak i medzi oblasťami. Pritom je potrebné mať na pamäti potrebu znížiť straty zrna na minimum. Z toho vyplýva požiadavka na rešpektovanie faktora včasnosti zberu.

Literatúra

ĐURIŠ, M. — ĐUĐÁK, J. — OSTROŽLÍK, M.: Analýza nasadenia žatevnej techniky z hľadiska jednotkových prevádzkových nákladov. Poľnohospodárstvo, Nitra, 1988, č. 2, s. 193-208.

ĐURIŠ, M. — ĐUĐÁK, J. — OSTROŽLÍK, M.: Modelovanie liniek na lisovanie slamy v rámci komplexného prúdového zberu obilnín. Zeměd. Techn., 33, 1987a, č. 7, s. 441-448.

ĐURIŠ, M. — ĐUĐÁK, J. — OSTROŽLÍK, M.: Analýza kooperácie zberovej techniky pri komplexnom prúdovom zbere zrnovín. Acta technol. agric. Univ. agric. Nitra, 1987b, s. 19-28.

Došlo dňa 31. 5. 1989

ДЮРИШ, М. — ДЮДАК, Й. — ОСТРОЖЛИК, М. (Сельскохозяйственный институт, Нитра): Моделирование технологического процесса уборки зерновых хлебов. Земед. Techn., 36, 1990 (3) : 175-184.

Статья служит источником основных данных по расчету темпов уборки. На основании хода процесса созревания зерновых хлебов и его изменений, под действием климатических факторов, можно рассчитать потребность в зерновых комбайнах для отдельных фаз уборки зерновых хлебов. Это позволяет улучшить качество подготовки планов межобластной кооперации так чтобы было обеспечено минимальное использование зерновых комбайнов и понизился риск потерь зерна выпадением при поздней уборке. Целью обзора является оптимизация деятельности решения при управлении уборкой зерновых хлебов с направлением на минимизацию потерь при поздней уборке, минимизацию расходов на единицу продукции, связанных

с эксплуатацией уборочной техники и рационализацию передвижения уборочных машин между производственными единицами.

зерновые хлеба; технологический процесс; моделирование

ĐURIŠ, M. — ĐUDÁK, J. — OSTROŽLÍK, M. (University of Agriculture, Nitra): *Modelling the technological process of grain harvesting*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 175-184.

Basic information to calculate the pace of harvesting is given. Using the course of the grain maturing process and its changes as affected by climatic factors, it is possible to specify the need for harvester-threshers in individual grain harvesting stages. This permits to improve the preparation of interregional co-operation plans to make full use of harvester-threshers and reduce the risk of grain losses by shedding in delayed harvesting. The study is aimed at optimizing the decision-making activities in the control of grain harvesting with special attention to the minimalization of losses resulting from delayed harvesting and of unit costs of harvest machinery operation, as well as to the rationalization of harvester transfer among production units.

cereals; technological process; modelling

ĐURIŠ, M. — ĐUDÁK, J. — OSTROŽLÍK, M. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Modellierung der Getreideerntetechnologie*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (3) : 175-184.

Die vorliegende Arbeit bietet die grundlegenden Angaben für die Berechnung der Erntegeschwindigkeit. Aufgrund der Nachreife der Getreidearten und infolge der durch klimatische Faktoren hervorgerufenen Veränderungen kann der Bedarf an Getriedemähdreschern für einzelne Erntephasen berechnet werden. Das ermöglicht die Vorbereitung der Pläne der regionalen Kooperation zu vervollkommen, die maximale Auslastung der Getriedemähdrescher zu gewährleisten und das Risiko der Kornverluste durch Ausfall bei verspäteter Ernte zu vermindern. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Optimierung der Entscheidungstätigkeit bei der Leitung der Getreideernte in bezug auf die Minimierung der Verluste bei verspäteter Ernte, auf die Minimierung der Einheitskosten für den Betrieb der Erntetechnik und auf die Rationalisierung des Transports der Erntemaschinen zwischen den einzelnen Produktionseinheiten.

Getreidearten; technologisches Verfahren; Modellierung

Adresa autorov:

Prof. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. Jozef Ďudák, ing. Milan Ostrožlík CSc.,
Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 2, 949 01 Nitra

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 4/1990 časopisu

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

budou uveřejněny tyto články:

Blahovec J., Skubisz G.: Mechanické vlastnosti lodyhy a kořene ozimé řepky

Polák M., Tribus O., Hvišč I.: Odolnosť odrôd zemiakov proti mechanickému poškodzovaniu a chorobám pri skladovaní

Ostrožlík M.: Analýza triedenia karotky

Pepich Š.: Prevádzkové hodnotenie drviča konárov SV 6-069 pri likvidácii stromového náletu

Juríček J., Karas A.: Spotreba súčiastok pri opravách dojacích súprav

Novotný F.: Hlavní směry vývoje klasických sklízecích mlátiček na vysoký sřez (1835—1975)

Žák K.: Terminologie v oboru zemědělská technika

TERMIONOLOGIE V OBORU ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Hesla definovali členové názvoslovné subkomise pro zemědělskou techniku, k tisku vybral a připravil doc. ing. Karel Žák, CSc., z Vysoké školy zemědělské v Českých Budějovicích.

Stroje pro plošné a meziřádkové zpracování půdy

Název operace, stroje	Obrázek	Definice
1. smykování smykovanie шлейфование Abschleppen smoothing; dragging; floating; slicking		operace, kterou se rovná povrch půdy, drtí měkké hroudy a ničí slabě zakořeněné plevele
2. vláčení bránenie боронование Eggen harrowing		operace, kterou se kypří vrchní vrstva půdy a při níž se částečně ničí a vytahují plevele, případně zapravují hnojiva nebo semena
3. válení valcovanie вальцование Walzen rolling		operace, kterou se půda utužuje a při níž se rozmělnují hroudy, případně rozrušuje škraloup
4. kypření kyprenie рыхление Lockern cultivation; mellowing; loosening		operace, kterou se provzdušňuje hlubší vrstva půdy, ničí se i hlouběji zakořeněné plevele, případně se zapravuje hnojivo
5. plečkování plečkovanie прополка Hackarbeit hoening; inter-row hoening		operace, kterou se ničí zakořeněné plevele a kypří půda mezi řádky kulturních rostlin
6. hrobkování; oborávání hrobkovanie; oborávanie; kopcovanie окучивание Häufelarbeit listering; ridging		operace, kterou se kypří a přihrnuje půda k rostlinám v řádku (do hrůbku) a ničí se mělce zakořeněné plevele

7. smyk
smyk
шлейф-борона
Schleppe
float; smoothing float; slicker;
smoothing harrow

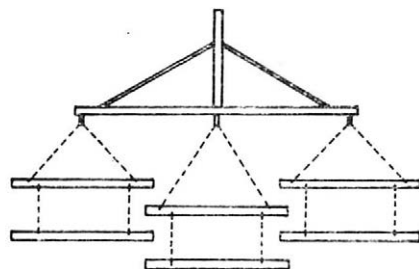
8. hladký smyk
hladký smyk
борона-волокуша
Balkenschleppe; Kastenschleppe
scrubber; smoothing drag

9. hřebový smyk
klincový smyk
зубовая шлейф-борона
Zinkenbalkenschleppe
flexible spike scrubber

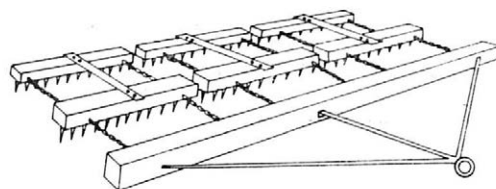
10. ozubený smyk
ozubený smyk
волокуша-гвоздевка
Zahnbalkenschleppe
float; nail drag; peg tooth harrow

11. brány
brány
борона
Egge
harrow

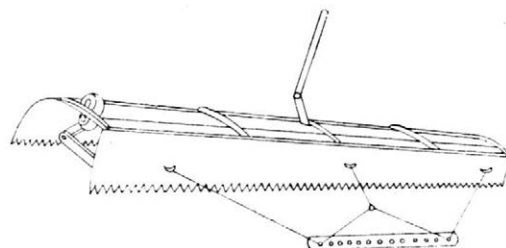
stroj používaný k smykování pomocí jedné nebo několika řad různě nastavených desek



smyk, jehož pracovní část tvoří hladké desky

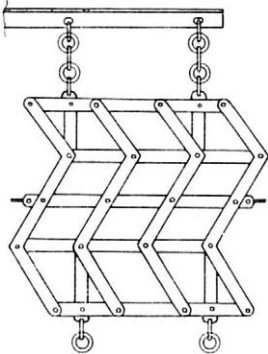
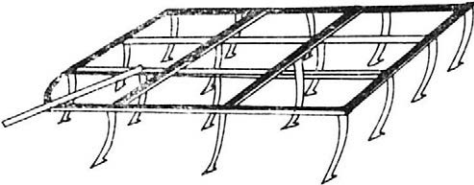
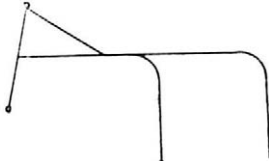


smyk, jehož pracovní část tvoří desky opatřené hřebíky

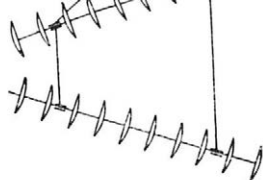


smyk, jehož pracovní část tvoří desky s ozubením

stroj používaný k vláčení; sestává z určitého počtu hřebů, prutů nebo talířů

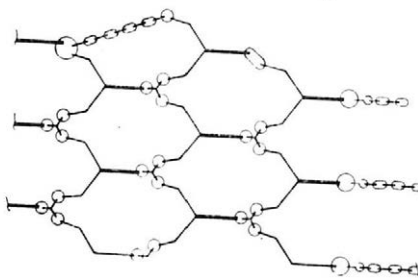
Název operace, stroje	Obrázek	Definice
12. hřebové brány klincové brány зубчатая борона Zinkenegge spike-tooth harrow; rigid tine harrow; rigid spike harrow; zig zag harrow		brány s tuhým rámem, k němuž jsou upevněny hřeby různého tvaru
13. radličkové brány radličkové brány лапчатая борона Löffleegge blade harrow; chisel-type harrow; drag harrow		brány s tuhým rámem, k němuž jsou upevněny hřeby, na jejichž konci jsou šípové radličky
14. prutové brány prutové brány пропалочная борона Hackstriegel; Ackerbürste weeder harrow		brány s tuhým rámem, k němuž jsou upevněny zpravidla ve dvou řadách delší pružné pruty

15. talířové brány
tanierové brány
дисковая борона
Scheibenegge
disc harrow



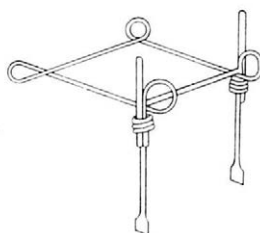
rotační brány, u nichž jsou zpravidla ve dvou řadách uloženy talíře, nasazené v každé sekci na společném hřídeli

16. kloubové brány
klbové brány
шарнирная борона
Gliederregge
flexible harrow



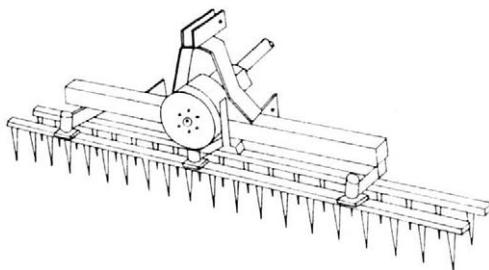
brány, jejichž články jsou vzájemně pohyblivě spojeny a na každém článku opatřeny jedním nebo několika hřeby

17. síťové brány
sietové brány
сетчатая борона
Netzegge
chain (link) harrow

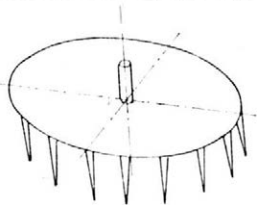
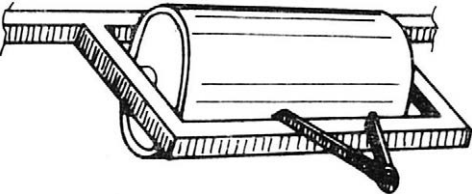
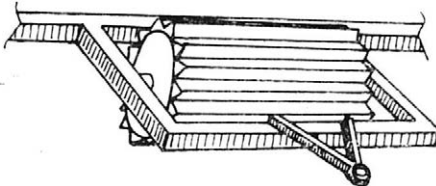
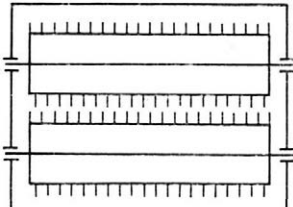
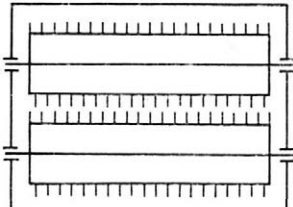


kloubové brány lehké konstrukce, jejichž články tvoří síť

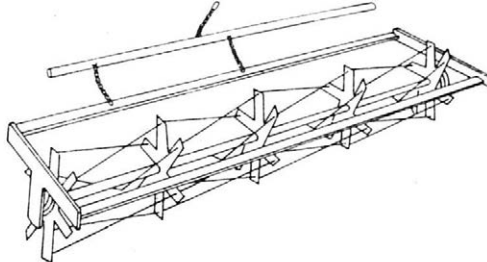
18. kývavé brány
kývavé brány
вибрационная борона
Rüttelegge
reciprocating harrow



brány, jejichž pracovní části konají kývavý pohyb vzhledem k základnímu rámu

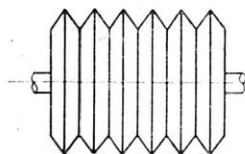
Název operace, stroje	Obrázek	Definice
19. rotační brány rotačné brány ротационная борона Kreiselegge; Wälzgege rotary harrow		brány, jejichž pracovní části konají rotační pohyb vzhledem k základnímu rámu; jsou poháněné a nepoháněné (valivé)
20. válec valec каток Ackerwalze land roller		stroj používaný k válení, sestavený z jednoho nebo několika dílů
21. hladký válec hladký valec цилиндрический гладкий каток Glattwalze flat roller; smooth roller		válec, jehož pracovní část má hladký povrch
22. rýhovaný válec ryhovaný valec желобчатый каток Rinnenwalze; geriffelte Walze corrugated roller; grooved roller		válec, jehož pracovní část má rýhovaný povrch
23. hřebový válec klincový válec каток-лункообразователь Zinkenwalze dibbling roller; spike tooth roller		válec, jehož pracovní část má na povrchu pláště hřeby

24. prutový válec
prútový valec
решетчатый каток
Stabwalze; Drahtwälzgege
cage roller



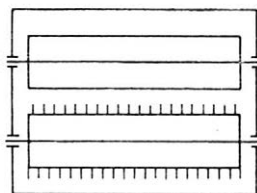
válec, jehož pracovní část je tvořena pruty

25. článkový válec
článkový valec
кольчатый каток
Rauhwalze
compound roller; ring roller; roll-pack



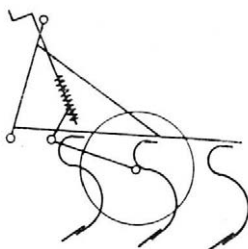
válec, jehož pracovní část je tvořena jednotlivými články (kotouč, prstenec, hvězdice apod.), které jsou nasazeny na společném hřídeli a jsou stejného nebo rozdílného tvaru

26. kombinovaný válec
kombinovaný valec
комбинированный или секционный каток
Kombinierte Walze
gang roller



válec, jehož pracovní části jsou tvořeny ze dvou nebo více válců s rozdílným povrchem

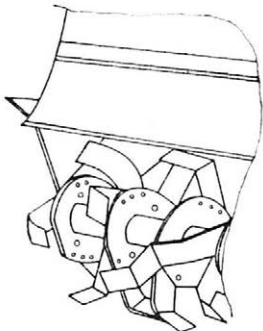
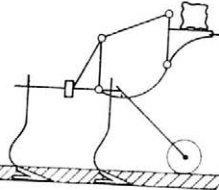
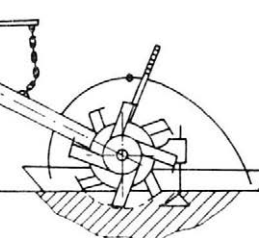
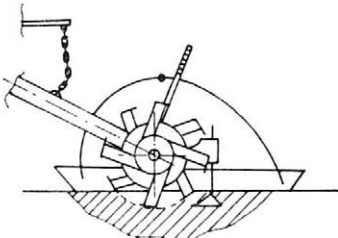
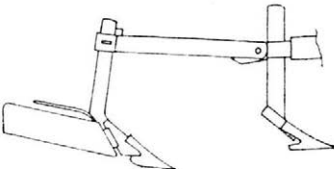
27. kypřič
kypřič
культиватор
Grubber
cultivator; loosener



stroj používaný ke kypření vhodně rozmístěnými pracovními nástroji

28. radličkový kypřič
radličkový kypřič
лаповый культиватор; плоскорез
Rahmengrubber
blade cultivator; tine cultivator

kypřič, jehož pracovní nástroje jsou pevné nebo odpružené

Název operace, stroje	Obrázek	Definice
29. rotační kypřič rotačný kypřič почвенная фреза Bodenfräse; Rotorgrubber; Rührgrubber rotary cultivator		kypřič, jehož pracovní nástroje konají vzhledem k rámu rotační pohyb
30. plečka plečka пропашной культиватор Hackmaschine hoeing machine; hoe; inter-row hoe		stroj používaný k plečkování vhodně rozmístěnými pracovními nástroji, připojenými k rámu kloubově nebo teleskopicky
31. radličková plečka radličková plečka пропашный лаповый культиватор Mehrfachgerät fixed share type hoe		plečka, jejíž pracovní nástroje jsou pevná nebo odpružené
32. rotační plečka rotačná plečka пропашная фреза Rotorhackmaschine; Rotationshackmaschine rotary hoe		plečka, jejíž pracovní nástroje konají vzhledem k rámu rotační pohyb
33. hrobkovač; oborávač hrobkovač; oborávač; kopcevač грядоделатель; окучник Häufiler ridger (mouldboard, disc, rotary) middle buster; ridging plough; butting plough		stroj používaný k hrobkování, sestavený z několika vhodně rozmístěných hrobkovačích těles a radliček; jsou radličné, talířové a rotační

INHALT

Havlíček J.: Optimierung der Grenzzustände der technischen Objekte	140
Klůfa J.: Schätzung der Parameter des logarithmisch-normalen Zuverlässigkeitsmodells für Landtechnik	149
Cyrus P.: Tribometer für die Messung der Reibungseigenschaften der landwirtschaftlichen Schüttmaterialien	160
Maleř J.: Mähdrescher für die Arbeit im Hangterrain mit länglichem und transversalem Ausgleich	173
Đuriš M., Đuďák J., Ostrožilík M.: Modellierung der Getreideernte-technologie	184

Rukopisy odevzdány k tisku 24. 11. 1989 — Podepsáno k tisku 26. 3. 1990

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA • Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství • Vychází měsíčně • Redaktorka ing. Eva Grafnetrová • Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541 • Vytiskl MÍR, novinářské závody, sdr. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2 • © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1990

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, ACT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, Gottwaldova tř. 206, 709 90 Ostrava 9. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — ústřední expedice a dovoz tisku Praha, administrace vývozu tisku, Kovpakova 26, 160 00 Praha 6.