

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

4

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

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Rídí redakční rada: prof. ing. Miloslav Velebil, DrSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Vladimír Dufek, CSc., prof. ing. Marko Đuriš, 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

Kovář J., Petřík K.: Vliv křemíkatých nečistot na kvalitu a kvantitu otěrových kovů v převodových olejích	193
Ochodnický V., Blahušiak B., Švec S., Mancovič M.: Ovládanie vstrekovacieho čerpadla elektrickým signálom	203
Tomlein P.: Úspory a straty na nákladoch pri určovaní nasávacích oblastí opravovniam	209
Dworecki Z.: Redukcia sériových mechanických obvodov v oscilátore s jedným stupňom voľnosti	219
Jílek J.: Exergetická analýza výměníku tepla vzduch—odpadní vlhký vzduch s parciální kondenzací	229
Kastelovič E., Sloboda A., Veselovská E., Jech J.: Kinematická analýza kopírujícího prihrňača	239
Žák K.: Terminologie v oboru zemědělská technika	248

ZE ZAHRANIČÍ

Kindler E.: Seminář o simulaci systémů materiálových toků v NDR	218
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Коварж Й., Петржик К.: Влияние кремниевого кала на качество и количество истирающих металлов в передаточном масле	201
Оходники В., Благушиак Б., Швец Г., Манцович М.: Управление топливным насосом с помощью электросигнала	208
Томлейн П.: Экономия и убытки расходов при определении ремонтных мастерских в доильных областях	216
Дворецки З.: Редукция серийных механических цепей в осцилляторе с одной степенью свободы	228
Йилек Й.: Экзергетический анализ теплообменника по части воздух-отработанный влажный воздух с частичной конденсацией	237
Кастелович Э., Слобода А., Веселовска Э., Йех Я.: Кинематический анализ копирующего мотовила	247

CONTENTS

Kovář J., Petřík K.: Effect of siliceous impurities on the quality and quantity of abrasion metals in gear oils	201
Ochodnický V., Blahušiak B., Švec S., Mancovič M.: Electric signal to control the fuel injection pump	208
Tomlein P.: Cost savings and losses in determining the areas to be serviced by repair centres	217

VLIV KŘEMÍKATÝCH NEČISTOT NA KVALITU A KVANTITU OTĚROVÝCH KOVŮ V PŘEVODOVÝCH OLEJÍCH

J. Kovář, K. Petřík

KOVÁŘ, J. — PETŘÍK, K. (Vysoká škola zemědělská, Praha; Výzkumný a vývojový ústav STS a OZS, Praha): *Vliv křemíkatých nečistot na kvalitu a kvantitu oterových kovů v převodových olejích*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4) : 193–202.

Předložená práce, první svého druhu, se zabývá vlivem křemíkatých nečistot na kvalitu a kvantitu oterových kovů v převodových olejích. Získané výsledky nasvědčují tomu, že se jedná o parabolickou závislost mezi přírůstkem oterových kovů a obsahem křemíkatých nečistot. Uvedené poznatky, získané na modelovém i plnorozměrném zařízení, by měly být podnětem k zvýšení pozornosti věnované křemíkatým nečistotám, které mají značný vliv na opotřebení strojních součástí zejména v podmínkách zemědělství a stavebnictví.

modelové a plnorozměrové zkoušky s definovaným obsahem křemíkatých nečistot; opotřebení převodových systémů; hloubková ferrografie

Prašnost prostředí, zejména v polních podmínkách, se nemalou měrou podílí na opotřebení motorů, převodovek a převodových systémů zemědělských a stavebních strojů. Spolupůsobí přitom i další vlivy, jako je vlhkost vzduchu, směr a síla větru, vlhkost půdy, její složení aj. Podstatnou složkou půdy, která způsobuje opotřebení strojních součástí, jsou vysoce abrazivní částice oxidu křemičitého (SiO_2). Jejich vliv na opotřebení motorů zpracovali někteří autoři, o vlivu na převodové systémy jsme v odborné literatuře naší, ani zahraniční žádnou samostatnou práci nenašli.

MATERIÁL A METODA

PROBLEMATIKA URČENÍ KONCENTRACE KŘEMÍKATÝCH NEČISTOT V PŘEVODOVKÁCH

Stanovení množství prachu v převodovce je složitější, než jeho stanovení v motoru. Vzduch se do motoru nasává přes filtr, jehož účinnost odlučování buď známe, nebo ji můžeme přesně zjistit. Z množství nasátého vzduchu a z koncentrace prachu v 1 m^3 se tedy určí, kolik gramů prachu se dostává do motoru.

Problém s určením množství nečistot v oleji exploatovaném v převodovkách, diferenciálních a rozvodovkách, či v jiných převodových systémech se stálou náplní oleje spočívá v tom, že nelze jednoznačně určit, v jakém množství a kterými cestami se křemíkaté částice do oleje nejčastěji dostávají. Cest jejich možného přístupu do převodového systému je více, např. netěsnostmi skříně, netěsnými kroužky hřídelových výstupů, odvodušňovacími otvory převodové skříně, nebo při plnění skříně novým olejem, zejména v prašném prostředí. V současné době neexistuje ani normativ pro určení přípustné koncentrace křemíkatých částic v převodových olejích.

Zvolili jsme proto metodu vycházející ze zkušeností, podle které se projevuje stav nadměrného opotřebení při koncentraci 30 ppm křemíku v exploatovaném oleji (tj. 30 g Si v 1000 kg oleje). Snažili jsme se o zjištění vlivu nadměrných koncentrací křemíku v oleji na strojní součásti.

Pro přípravu vzorků simulujících stav nadměrného opotřebení jsme provedli odběr prachu ze vzduchových filtrů různých zemědělských strojů. U odebraného vzorku prachu jsme provedli rozbor k určení procentického zastoupení velikosti jednotlivých zrn ve vzorku (sestrojení křivky zrnitosti) a množství prachových nečistot na 1 dm^3 převodového oleje tak, aby se vyhovělo podmínce koncentrace, tj. 30 ppm křemíku. Z předchozích stanovení potřebného množství prachových nečistot (Petřík, 1988) jsme určili množství 0,07 g prachových nečistot na 1 dm^3 oleje.

Vzhledem k provádění jen krátkodobých degračních zkoušek (5 h na soustruhu, 1300 km v převodovce) zvýšili jsme koncentraci prachových nečistot na 1 dm^3 oleje desetkrát, tj. z 0,07 g. dm^{-3} na 0,7 g. dm^{-3} . Od této základní koncentrace, tj. 0,7 g. dm^{-3} , jsme si připravili další vzorky s odstupňovanými koncentracemi, které byly k základní koncentraci v poměru 0 (čistý olej), 0,25, 0,5, 1,0 (základní koncentrace), 1,5 a 2,0. Při namíchání prachových nečistot se použil převodový olej PP-80.

ZKOUŠKY SIMULUJÍCÍ STAV NADMĚRNÉHO (HAVARIJNÍHO) OPOTŘEBENÍ PŘEVODOVÝCH SYSTÉMŮ

Zkoušky se prováděly dvojím způsobem. Jedna série vzorků s odstupňovaným množstvím prachových nečistot se zkoušela v upravených podmínkách na soustruhu. Další série vzorků se stejně odstupňovanými koncentracemi se zkoušela v rychlostní převodovce vozidla Š 1203.

— Zkoušky na soustruhu (obr. 1)

Provozní podmínky, za kterých se zkoušely jednotlivé vzorky oleje s odstupňovanými koncentracemi prachu na zkušebním vzorku (třetí dvojice) z nízkolegované šedé litiny, byly: přítláčná síla $F = 25 \text{ N}$, počet otáček $n = 1000 \cdot \text{min}^{-1}$, doba provozu $t = 5 \text{ h}$.

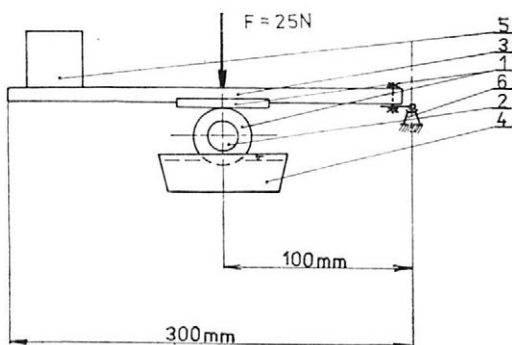
— Zkoušky v rychlostní převodovce vozidla Š 1203

Princip spočíval v naplňování rychlostní převodovky olejem s jednou z odstupňovaných koncentrací prachu. Náplň s danou koncentrací byla v provozu po dobu, než automobil ujel $1300 \pm 25 \text{ km}$. Po uplynutí této doby se provedl odběr vzorku exploatovaného oleje a náplň se vypustila. Pak se převodovka propláchl čistým proplachovacím olejem a po jeho vypuštění se naplnila další náplní se stanovenou koncentrací prachu.

Dále jsme odebrali běžné vzorky exploatovaného oleje z rychlostních převodovek několika vozidel stejného typu (Š 1203). Tyto vzorky se odebíraly u vozidel stejného typu proto, aby bylo možné případné srovnání mezi vzorky běžnými a vzorky charakterizujícími oblast nadměrného opotřebení.

ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCOVÁNÍ VZORKŮ EXPLOATOVANÉHO OLEJE

Pro sledování vlivu křemíkatých nečistot na kvalitu a kvantitu otěrových kovů v převodových olejích jsme získali 18 vzorků, které se podle svého původu a účelu (charakteristika oblasti nadměrného či běžného opotřebení) rozdělily do 3 sérií. Údaje o získaných vzorcích jsou uvedeny v tab. I.



1. Schéma zkoušky prováděné na soustruhu (1 — vzorky nízkolegované šedé

litiny; 2 — hřídel s nalisovaným vzorkem (kroužek) upnutý mezi koník a univerzální upínku; 3 — rameno s upravenou ploškou pro vzorek (destička); 4 — vana s olejovou náplní a prachovými nečistotami; 5 — závaží k docílení přítláčné síly ($F = 25 \text{ N}$); 6 — upevnění ramene na supportu) — A diagram of a lathe test (1 — samples of low-alloy grey cast iron; 2 — shaft with a pressed-on sample (ring) fixed between the tailstock and the general-purpose clamp; 3 — arm with adjusted flat for sample (plate); 4 — tub filled with oil and dust impurities; 5 — weight to produce thrust ($F = 25 \text{ N}$); 6 — fixing to the arm on the support)

Číslo série	I	II	III	
Místo zkoušky	soustruh	rychlostní převodovka vozidla Š 1203		
Oblast opotřebení	nadměrné (havarijní)		běžné (nehavarijní)	
Velikost olejové náplně	0,2 l	0,7 l		
Doba provozu	5 h	1300 ± 25 km	0—30 000 km	
Číslo vzorku v jednotlivých sériích	množství prachových nečistot přidaných do jednotlivých vzorků oleje [g]		SPZ	počet ujetých km v době odběru
1	0	0	ACB-16-85	1 000 po GO
2	0,035	0,1225	ACK-82-83	3 000
3	0,070	0,2450	ACU-62-18	3 000
4	0,140	0,4900	ACU-89-95	4 000
5	0,210	0,7350	RAB-39-43	9 649
6	0,280	0,9800	ACY-76-38	30 000

METODIKA POUŽITÁ PRO MĚŘENÍ

Dominantní metodou byla ferrografická analýza (Kovář, 1986), skládající se z ferroskopického a ferrodenzimetrického vyšetření. Ferroskopické vyšetření se provádělo na bichromatickém mikroskopu a jeho účelem bylo zjistit počet, velikost, tvar a původ částic vyskytujících se ve vzorku exploatovaného oleje. Ferrodenzimetrické vyšetření sloužilo k zjištění transmitance v úseku celé ferrografické stopy. Cílem měření bylo určit přírůstek otěrových částic v závislosti na množství přidaných křemíkatých nečistot u vzorků charakterizujících oblast nadměrného opotřebení a velikost znečištění oleje ve vztahu k počtu ujetých kilometrů u vzorků charakterizujících oblast běžného opotřebení.

Měření prováděná na přístroji PKMA, přímočtoucím kapilárním magnetickém analyzátoru (Kovář, 1981) jsou doplňující zkouškou pro určení jednotkové koncentrace otěrových částic WPC, procentického zastoupení velkých částic PLP a indexu intenzity opotřebení I_{io} . Údaje získané o transmitanci v L a S pozici na ferrodenzimetru připojeném k bichromatickému mikroskopu byly totiž vlivem přítomnosti značného počtu křemíkatých nečistot zkresleny. Na přístroji PKMA se tento jev eliminoval v důsledku jiného systému ukládání částic.

Spektrální analýzy na atomovém absorpčním spektrometru (AAS-III) jsme použili jako doplňující zkoušky pro stanovení železa (ppm) v jednotlivých vzorcích exploatovaného oleje.

Při vyhodnocení jsme použili vztah (Kovář, 1983)

$$A = T_0 - T \quad (1)$$

kde: A — procento plochy pokryté nečistotami [%]

T_0 — transmitance čisté podložky [$100 \mu A \triangleq 100 \%$]

T — transmitance plochy v nastavené pozici [μA nebo %]

Získané hodnoty absorbance se vztáhly k standardnímu objemu, tj. na jednotku objemu (1 ml). Hodnoty představující procento plochy pokryté nečistotami v nastavené pozici ferrogramu vztahené na jednotku objemu se doplnily do vztahu

$$\varnothing A_{st} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{sti}}{n} \quad (2)$$

kde: $\bar{A}_{st}$ — průměrná absorbance zjištěná na ferrografické podložce v nastavené pozici
[% . ml⁻¹]

n — počet měřených pozic ($n = 12$)

A_{sti} — hodnota absorbance vztažená k standardnímu objemu, změřená v jednotlivých nastavených pozicích, tj. po 5 mm [% . ml⁻¹]

$$WPC = D_{Lst} + D_{Sst} \quad (3)$$

$$PLP = \frac{D_{Lst} - D_{Sst}}{WPC} \cdot 100 \quad (4)$$

$$I_{io} = D_{Lst}^2 - D_{Sst}^2 \quad (5)$$

kde: D_{Lst}, D_{Sst} — hodnota denzity v pozici L či S vztažená na jednotku objemu [% . ml⁻¹]

WPC — měrná koncentrace ořetrových částic [% . ml⁻¹], vyjadřuje kvantitativní zastoupení částic vztažených na jednotku objemu

PLP — procento velkých částic, vystihuje kvalitativní zastoupení částic [%]

I_{io} — index intenzity opotřebení, vyjadřuje velmi citlivě režim opotřebení stroje, neboť stoupá se čtvercem rozdílu

II. Ferroskopický nálezný z bichromatického mikroskopu — Ferrosopic finding from the bichromatic microscope

Série III

$V_{exp} = 1$ ml

Vzorek č. 3

$V_{\ell} = 30$ ml

Rychlostní převodovka Š 1203, SPZ ACU-62-18

$V_{zf} = 8$ ml

Doba provozu: 3000 km

Datum odběru: 13. 1. 1988

Typ částic otěru	Počet částic v zorném poli [ks]				
	bez 0	malý 3	nepříliš 3–6	střední 6–12	značný 12
Běžný adhezivní otěr, šupinky v řetízkách	L				
Abrazivní částice spirálky, drátky					
Únavový otěr velké troj- rozměrné částice					L-i 1000 S-20-25
Laminární částice vzniklé delaminací					
Sférické částice					
Oxidové částice červené Fe ₂ O ₃ DMO černé Fe ₃ O ₄					L-80
Korozivní otěr					
Neželezné částice					
Oxidy neželezných částic				S-tribo- polymery	
Nekovové částice polymerní křemičité					L S-i v koruně

Směrem ke konci ferrogramu je stopa v koruně bohatá na jemné částice barevných kovů. Ve stopě jsou patrná buničitá vlákna.

Výsledky ferroskopické analýzy (Petřík, 1988) byly formulovány do standardní formy ferrografických protokolů (tab. II). Výsledky měření na ferrodenzimetru připojeném k bichromatickému mikroskopu, na přístroji PKMA a na atomovém absorpčním spektrometru AAS-III jsou uvedeny v tab. III, IV, V.

DISKUSE

ZHODNOCENÍ FERROSKOPICKÝCH NÁLEZŮ

Z ferroskopického vyšetření série I vyplývá, že narůstající koncentrace křemíkatých nečistot přidávaných do vzorků oleje měla značný vliv na tvorbu otěrových částic. Série je charakteristická zastoupením otěrových částic typu adhezivního, únavového a DMO. V sérii je patrný i značný výskyt tribopolymerů.

Vyšetření série II rovněž prokazuje značný vliv křemíkatých nečistot na tvorbu otěrových částic. V této sérii jsou zastoupeny otěrové částice typu adhezivního, červeného

III. Výsledky měření na ferrodenzimetru připojeném k bichromatickému mikroskopu — Results of measurement on a ferrodensimeter connected with a bichromatic microscope

Série III

Rychlostní převodovka Š 1203

Číslo vzorku	1			2			3		
SPZ	ACB-16-85			ACK-82-23			ACU-62-18		
Doba provozu [km]	1000			3000			3000		
V_{exp} [ml]	1			1			1		
V_t [ml]	50			50			30		
V_{zf} [ml]	8			8			8		
Pozice na ferrogramu [mm]	T	A	A_{st}	T	A	A_{st}	T	A	A_{st}
	[%]	[%]	[% · ml ⁻¹]	[%]	[%]	[% · ml ⁻¹]	[%]	[%]	[% · ml ⁻¹]
0	56	44	280,5	69	31	197,6	85	15	58,1
5	55	45	286,9	48	52	331,5	86	14	54,3
10	50	50	318,8	46	54	344,3	76	24	93,0
15	45	55	350,6	49	51	325,1	74	26	100,8
20	42	58	369,8	51	49	312,4	71	29	112,4
25	42	58	369,8	53	47	299,6	71	29	112,4
30	41	59	376,1	54	46	293,3	67	33	127,9
35	41	59	376,1	53	47	299,6	66	34	131,8
40	41	59	376,1	55	45	286,9	64	36	139,5
45	42	58	369,8	53	47	299,6	59	41	158,9
50	43	57	363,4	49	51	325,1	50	50	193,8
55	35	65	414,4	39	61	388,9	42	58	224,8
Součet	—	—	4252,3	—	—	3703,9	—	—	1507,7
Aritmetický $\bar{x}$	—	—	354,36	—	—	308,66	—	—	125,64

Série III — rychlostní převodovka Š 1203

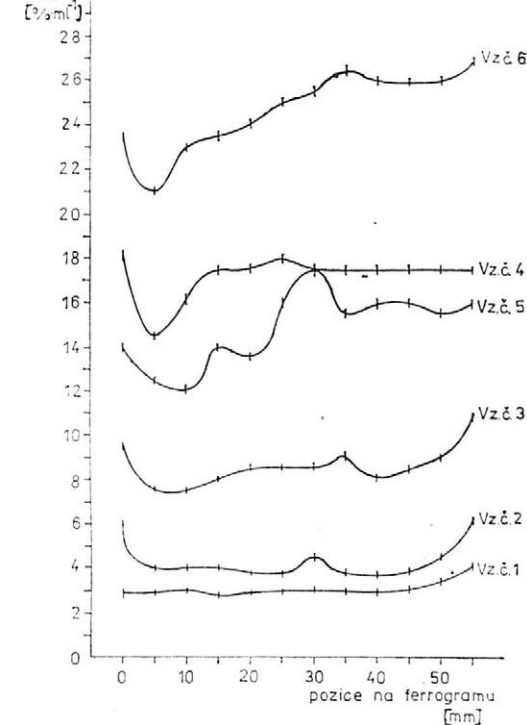
Číslo vzorku		1	2	3	4	5	6
SPZ		ACB 16–85	ACK 82–23	ACU 62–18	ACU 89–95	RAB 39–43	ACY 76–38
Doba provozu	[km]	1000	3000	3000	4000	9649	30 000
V_{exp}	[ml]	1	1	1	1	1	1
V_{ℓ}	[ml]	15	15	10	10	10	10
V_{zf}	[ml]	1	1	1	1	1	1
D_L		486	476	289	373	445	405
D_S		468	434	279	361	382	391
D_{Lst}	[% . ml ⁻¹]	864	846	353	456	544	495
D_{Sst}	[% . ml ⁻¹]	832	772	341	441	467	478
WPC	[% . ml ⁻¹]	1696	1618	694	897	1011	973
PLP	[%]	1,9	4,6	1,8	1,6	7,6	1,8
I_{io}		54 272	120 688	8469	13 187	77 832	16 637

oxidu (Fe_2O_3), DMO, dále částice pocházející z barevných kovů (neželezné kovové částice) a jejich oxidů. I zde se vyskytují tribopolymery, avšak nikoli v takové míře jako v sérii I. Adhezivní částice jsou ve vzorcích obsaženy ve značném počtu, ale se stoupající koncentrací křemíkatých nečistot v oleji se jejich výskyt snižuje, přičemž ve vzorku s nejvyšším obsahem prachových křemíkatých nečistot zjištěny nebyly. Abrazie je reprezentována jemnými částicemi ve tvaru drátků s případným výskytem srpečků i céček. Neželezné (barevné) kovové částice včetně jejich oxidů jsou zde zastoupeny ve velké míře a je zřejmá větší působnost křemíkatých nečistot na opotřebení ložiskových kovů.

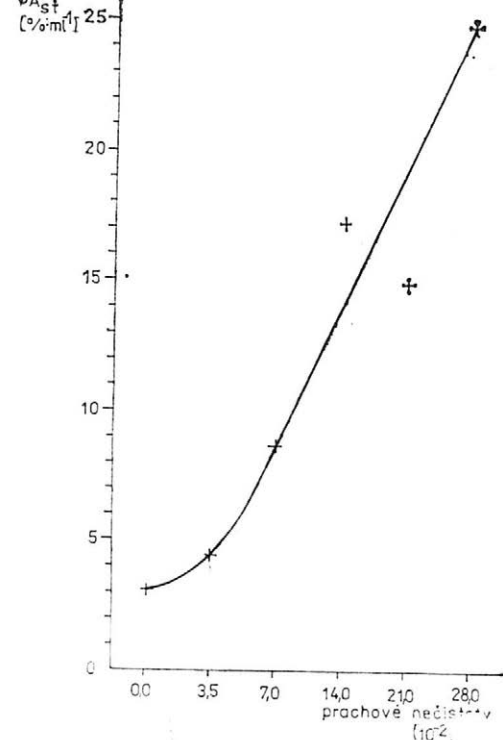
Série III názorně ukazuje, jak scestný může být normativ pro výměny převodového oleje, který vychází pouze z počtu ujetých kilometrů. Série je reprezentována otěrovými částicemi typu adhezivního, abrazivního, únavového a DMO. Vzorky obsahují i částice barevných kovů, především ve formě oxidů. Přítomny jsou také tribopolymery. Zarážející je okolnost, že v této sérii bylo velké množství křemíkatých nečistot. Celá série je jinak charakteristická vysokým počtem únavových, trojrozměrných částic, které u někte-

V. Obsah železa stanovený na atomovém absorpčním spektrometru — Iron content determined on the atomic absorption spectrometer

Číslo série	I	II	III
Číslo vzorku	obsah železa [ppm]		
1	< 1	82	600
2	4	103	700
3	2	130	246
4	5	198	500
5	2	202	560
6	11	460	410



2. Velikost absorbance v jednotlivých pozicích ferrogramů u série I — Magnitude of absorbance in the different positions of ferrograms in series I



3. Závislost průměrné absorbance jednotlivých ferrogramů na množství přidávaných prachových (křemíkatých) nečistot u série I — Dependence of the average absorbance of separate ferrograms on the amount of added dust (siliceous) impurities in series I

rých vzorků dosahují až makroskopických rozměrů. Údaje o množství nečistot mohou být hodně zkresleny častým doplňováním oleje.

ZHODNOCENÍ FERRODENZIMETRICKÝCH ÚDAJŮ Z FERROGRAMŮ

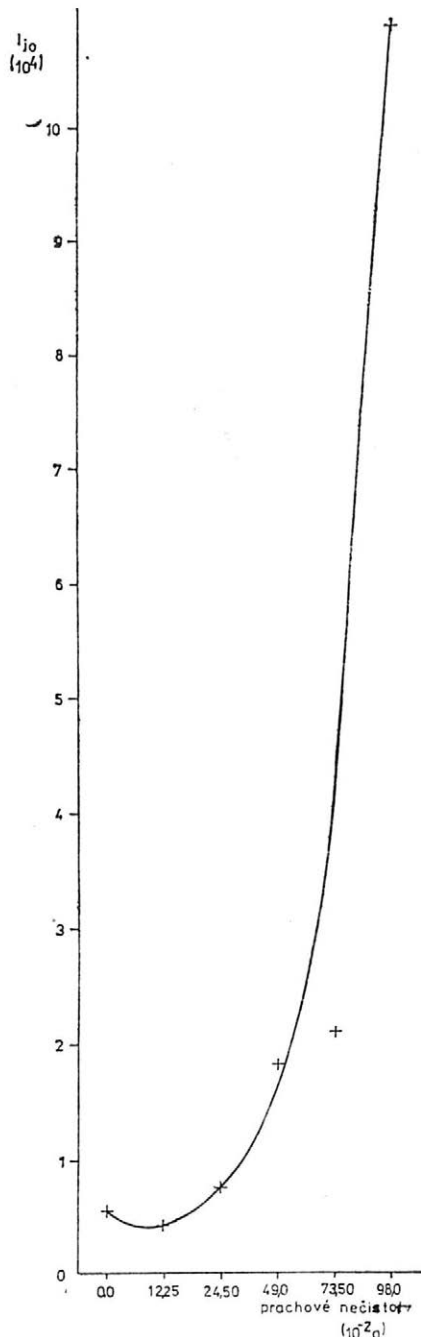
Toto vyšetření představovalo stěžejní test, jehož cílem bylo zjistit závislost mezi přírůstkem otěrových částic a množstvím přidávaných prachových (křemíkatých) nečistot. Tyto absorbance jsou vyneseny v grafech (Petřík, 1988 — obr. 2). Z takto zjištěných absorbancí se stanovila průměrná absorbance $\bar{A}_{st}$ ferrogramu.

Porovnáním hodnot $\bar{A}_{st}$ mezi jednotlivými ferrogramy v dané sérii se pro sérii I a II (série charakterizující oblast nadměrného opotřebení) jevila k jejich charakterizaci jako nejvýstižnější parabolická závislost (obr. 3).

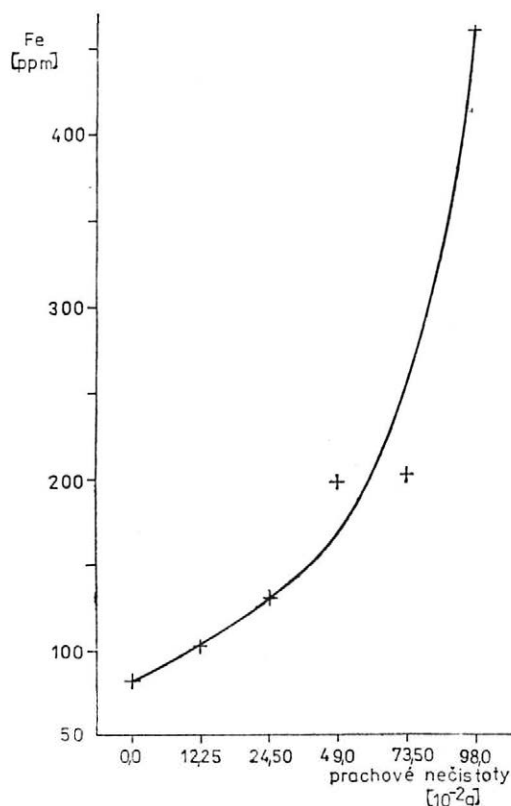
I v tomto testu výsledky série III nepotvrzují nějakou významnou souvislost s počtem ujetých kilometrů. Charakterizovat sérii III (tj. oblast běžného opotřebení) s ohledem na závislost obsahů otěrových kovů a křemíkatých nečistot nebylo z finančních a organizačních důvodů možné.

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ Z PŘÍSTROJE PKMA

Ze změřených a přepočtených údajů vyplývá pro sérii I a II, že měrná koncentrace otěrových částic WPC vykazuje opět parabolickou závislost vzhledem k narůstajícímu



4. Závislost indexu intenzity opotřebení na množství přidávaných prachových (křemíkatých) nečistot u série II — Dependence of the wear intensity index on the amount of added dust (siliceous) impurities in series II



5. Závislost obsahu železa (do $5 \mu\text{m}$) na množství přidávaných prachových (křemíkatých) nečistot u série II — Dependence of iron content up to $5 \mu\text{m}$ on the amount of added dust (siliceous) impurities in series II

obsahu prachových křemíkatých nečistot (Petřík, 1988). Tato závislost platí rovněž pro index intenzity opotřebení I_{10} (Petřík, 1988 — obr. 4). Daný vztah u procentálního zastoupení velkých částic PLP ze sledovaných veličin nelze potvrdit. U série III výsledky dosahují opět vysokých hodnot, které jsou z hlediska současných poznatků v tribotechnické diagnostice považovány za nevyhovující.

Přírůstek železa je u série I malý, nicméně ze získaných hodnot lze usuzovat na parabolickou závislost. U série II je přírůstek železa podstatně větší a vynesené změřené hodnoty (obr. 5) lépe vystihují parabolickou závislost. Údaje získané o sérii III svědčí o vysoké přítomnosti železa v běžných vzorcích. S tím souvisí otázka, jakou mez by obsah železa, či jiných otěrových kovů neměl překročit. Z výsledků měření vyplývá parabolická závislost mezi přírůstkem otěrových kovů a obsahem křemíkatých nečistot.

Literatura

KOVÁŘ, J.: Úloha částicové analýzy v tribotechnické diagnostice. Praha, MON 1986.

KOVÁŘ, J.: Přístrojová technika vyvinutá a používaná na převádzkovou tribotechnickou diagnostiku. In: 1. symposium INTERTRIBO 81. Vysoké Tatry 1981.

KOVÁŘ, J.: Wear Particle Analysis. In: III. konference o tribologii. Budapešť 1983.

PETŘÍK, K.: Vliv křemíkatých nečistot na kvalitu a kvantitu otěrových kovů v převodových olejích. [Diplomová práce.] Praha 1988. 104 s. — Vysoká škola zemědělská.

Došlo dne 10. 4. 1989

КОВАРЖ, Й. — ПЕТРЖИК, К. (Сельскохозяйственный институт, Прага; Научно-конструкторский институт МТС и РСУ, Прага): Влияние кремниевого кала на качество и количество истирающих металлов в передаточном масле. Земед. Techn., 36, 1990 (4) : 193-202.

Эта первая своего рода работа рассматривает влияние кремниевого кала на количество и качество упомянутых металлов. Как свидетельствуют результаты, в данном случае мы имеем дело с параболической зависимостью между приростом истирающих металлов и содержанием этого кала. Эти данные, полученные на модельном и полноразмерном устройстве, должны послужить сигналом относительно кремниевого кала, который в значительной мере ведет к износу машинных деталей, в частности в условиях сельского хозяйства и строительной индустрии.

модельные и полноразмерные испытания с дефинированным содержанием кремниевого кала; износ передаточных систем; глубинная феррография

KOVÁŘ, J. — PETŘÍK, K. (University of Agriculture, Praha; Research and Development Institute of Machine and Tractor Stations and Farm Machine Repair Shops, Praha): *Effect of siliceous impurities on the quality and quantity of abrasion metals in gear oils.* Zeméd. Techn., 36, 1990 (4) : 193-202.

The paper is the first to deal with effect of siliceous impurities on the quality and quantity of abrasion metals in the oils used for gear lubrication. The results suggest that there is a parabolic dependence between the increment of abrasion metals and the content of siliceous impurities. The findings obtained on a model and on a full-scale equipment should encourage greater attention to be paid to siliceous impurities which have a considerable effect on the wear of machine parts, especially in agriculture and in the building industry.

model and full-scale tests with defined contents of siliceous impurities; wear of gear systems; deep ferrography

KOVÁŘ, J. — PETŘÍK, K. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha; Forschungs- und Entwicklungsinstitut der Maschinen- und Traktorenstation und Reparaturwerkstätte für Landmaschinen, Praha): *Einfluss siliziumhaltiger Unreinheiten auf die Qualität und Quantität der Abriebmetalle in Getriebeölen*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4) : 193-202.

Die vorliegende Arbeit, die erste ihrer Art, befasst sich mit dem Einfluss von siliziumhaltigen Unreinheiten auf die Qualität und Quantität der Abriebmetalle in Getriebeölen. Die ermittelten Ergebnisse deuten darauf hin, dass es sich um eine parabolische Abhängigkeit zwischen der Zunahme an Abriebmetallen und dem Gehalt an siliziumhaltigen Unreinheiten handelt. Die angeführten unter modellierten und volldimensionellen Bedingungen gewonnenen Erkenntnisse sollten ein Anlass zur Steigerung der Aufmerksamkeit gegenüber den siliziumhaltigen Unreinheiten sein, da diese einen bedeutenden Einfluss auf den Verschleiss der maschinellen Bestandteile unter den Bedingungen der Landwirtschaft und des Bauwesens ausüben.

modellierte und volldimensionelle Prüfungen mit definiertem Gehalt an siliziumhaltigen Unreinheiten; Verschleiss der Getriebesysteme; Tiefenferrographie

Adresa autorů:

Ing. Jiří Kovář, CSc., Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6 - Suchbátarův

Ing. Karel Petřík, Výzkumný a vývojový ústav STS a OZS, Černokostecká 116, 100 32 Praha 10 - Malešice

V. Ochodnický, B. Blahušiak, S. Švec, M. Mancovič

OCHODNICKÝ, V. — BLAHUŠIAK, B. — ŠVEC, S. — MANCOVIČ, M. (Zá-vody ťažkého strojárstva, kombinát, Výskumno-vývojový ústav, Martin): *Ovlá-danie vstrekovacieho čerpadla elektrickým signálom*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4) : 203-208.

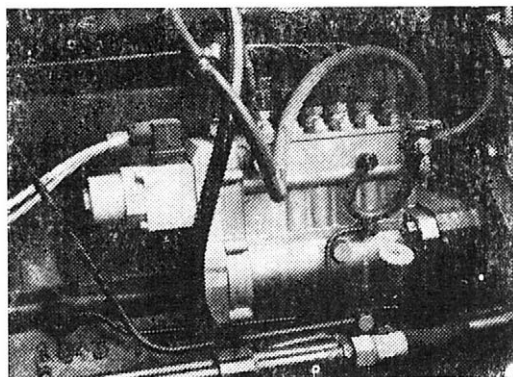
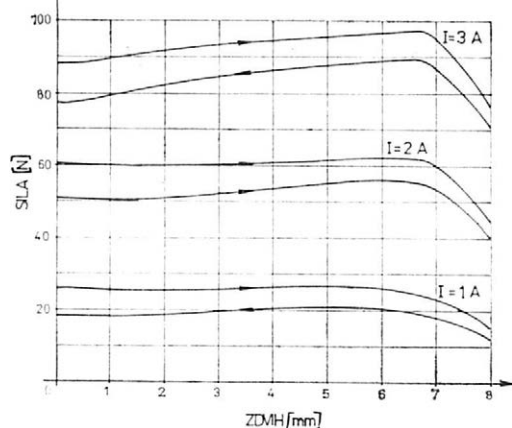
U nás, tak ako u vyspelých výrobcov poľnohospodárskych traktorov, sa na mobilné energetické prostriedky aplikujú poznatky získané výskumom v ob-lasti elektroniky. V Závodoch ťažkého strojárstva, kombinát, Výskumno-vývojový ústav Martin bol vyvinutý elektrický systém ovládania vstreko-vacieho čerpadla. Tento systém bol zabudovaný na traktor ťažkej rady UR II B Z 121 45 a v súčasnosti je podrobovaný dlhodobým skúškam. V našom prís-pevku je bližšie popisovaný elektromechanický polohovací člen, jeho na-pojenie na vstrekovacie čerpadlo a ďalšie prvky ovládania a regulácie vstre-kovacieho čerpadla.

poľnohospodársky traktor; vstrekovacie čerpadlo; ovládanie; elektrický signál

Podľa názorov fy Renault sa dnešná traktorová elektronika (t.j. systémy Autotronic a Datatronic) za niekoľko rokov bude považovať za úplne základnú (Hutla, 1988). Elektronické a servohydraulické silové a kontrolné systémy prešli zo štádia overovania do sériovej vý-roby (Šťastný, 1988). Aj u nás sa výrobcovia poľnohospodárskych traktorov zaoberajú elektronizáciou niektorých vybraných uzlov poľno-hospodárskeho traktora. Je to prvá etapa komplexného riešenia elektro-nizácie a jej aplikácie na poľnohospodársky traktor. Jedným zo zá-kladných uzlov transmisie traktora je spaľovací motor. Riadenie dávky paliva prostredníctvom elektrického signálu na báze ovládania klasické-ho vstrekovacieho čerpadla vhodnými elektromechanickými prevodník-mi, majú poprední výrobcovia napr. fa Bosch, Barber — Colman, Wood-ward a ďalší, úspešne zvládnuté.

METÓDA

Účelom práce bolo zabudovanie elektricky ovládaného vstrekovacieho čerpadla na poľnohospodársky traktor. K tomuto bol vybraný poľnohospodársky traktor ťažkej rady UR II B Z 121 45. Podrobný popis ovládania vstrekovacieho čerpadla prostredníctvom elektrického signálu je v literatúre (Ochodnický, 1983, 1987, 1990). Pôvodný mechanický regulátor RV3M bol z čerpadla PP6M9 (Motorpal Jihla-va) demontovaný a na jeho miesto bol umiestnený elektromechanický polohovací člen pozostávajúci z



1. Statická charakteristika PEM 057
 $F = f(x)/I = \text{parameter}$ — Static characteristics of PEM 057, $F = f(x)/I = \text{parameter}$

2. Pohľad na zabudovanie vstrekovacieho čerpadla na traktore Z 121 45 — The fuel injection pump as built in the Z 121 45 tractor

- akčného člena — proporcionálny plášťový elektromagnet PEM 057
- pružinového mechanizmu
- snímača polohy regulačnej tyče — diferenciálny indukčný snímač transformátorového typu
- snímača frekvencie otáčania ochrany (Jiskra Tábor)

Parametre proporcionálneho plášťového elektromagnetu PEM 057:

— prevádzkové napätie menovité U_N [V]	12
— menovitý riadiaci prúd I_N [A]	3
— odpor cievky R_{V20} [Ω]	2,8
— menovitá sila F_N [N]	90
— proporcionálny zdvih x_p [mm]	7
— úplný zdvih x_n [mm]	12
— hysterézia sila — zdvih [%]	15
— sila — prúd [%]	15
— šírka $\times$ výška $\times$ dĺžka [mm]	57 $\times$ 95 $\times$ 95
— celková hmotnosť [kg]	1,93

Statická charakteristika PEM 057 sila ako funkcia zdvihu $F = f(x)/I = \text{par.}$ je na obr. 1.

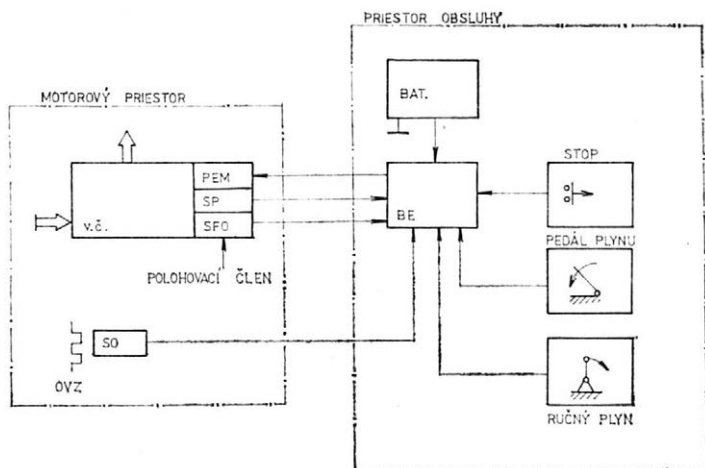
Celkový pohľad na zabudovanie elektricky ovládaného vstrekovacieho čerpadla na traktore Z 121 45 je na obr. 2.

VLASTNÁ PRÁCA

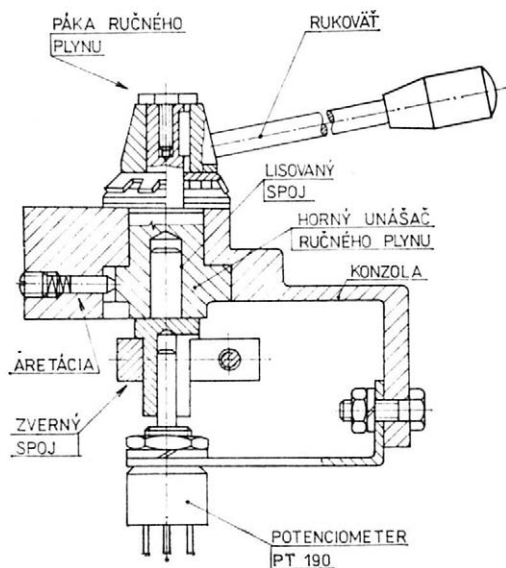
Bloková schéma ovládacieho obvodu vstrekovacieho čerpadla, tak ako bola aplikovaná na traktore Z 121 45, je na obr. 3. V motorovom priestore je situované vstrekovacie čerpadlo s polohovacím členom a snímač frekvencie otáčania SO, ktorý je zabudovaný nad ozubeným vencom zotrvačníka motora. V priestore obsluhy je situovaný blok elektroniky BE, plynový pedál, ručný plyn, stop tlačítko.

Polohovací člen vstrekovacieho čerpadla je okrem PEM 057, snímača polohy SP, osadený aj snímačom frekvencie otáčania SFO (ZTS, k. VVÚ Martin). Tento snímač, prostredníctvom dvoch komparátorov zabudovaných v bloku elektroniky, chráni prekroenie maximálnej frekvencie otáčania motora. Adekvátnym spôsobom je monitorovaná aj minimálna frekvencia otáčania motora. V oboch prípadoch, keď dôjde k dosiahnutiu krajných hodnôt, motor je uvedený do STOP stavu.

3. Bloková schéma ovládacieho obvodu vstrekovacieho čerpadla — Block diagram of the control circuit of the injection pump



4. Konštrukčné prevedenie ručného plynu — Design of the hand control of gas

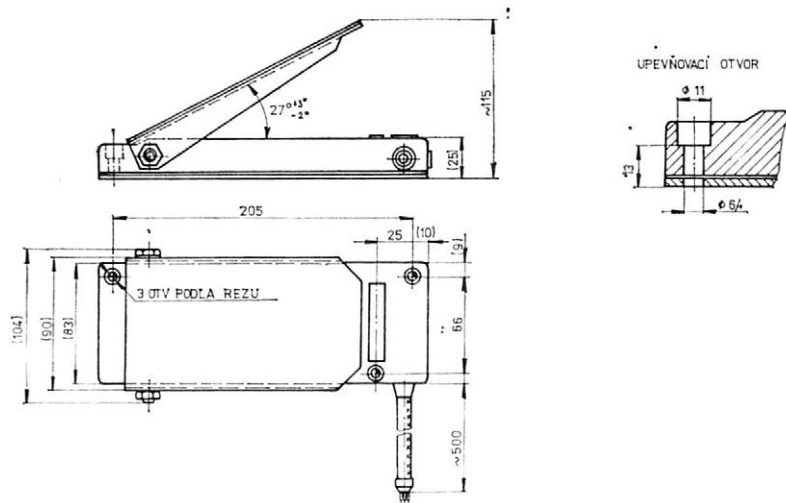


Páka a nastavovanie ručného ovládania dávky paliva bola zachovaná. Tento ovládací prvok sa nachádza na pravej strane pod volantom. Mechanický prenos informácie bol nahradený elektrickým. Ako zadávateľa požadovanej hodnoty ručného plynu sme použili potenciometer TP 190 (Tesla Lanškroun). Konštrukčné usporiadanie tohto uzla je na obr. 4.

Požadovaná dávka paliva je zadávaná prostredníctvom nožného pedálu VS 101 (ZTS k.p. EVÚ Nová Dubnica). Elektrické obvody pedálu VS 101 bolo potrebné modifikovať pre 12 V jednosmernú palubnú sieť. Zabudované rozmery pedálu VS 101 sú na obr. 5.

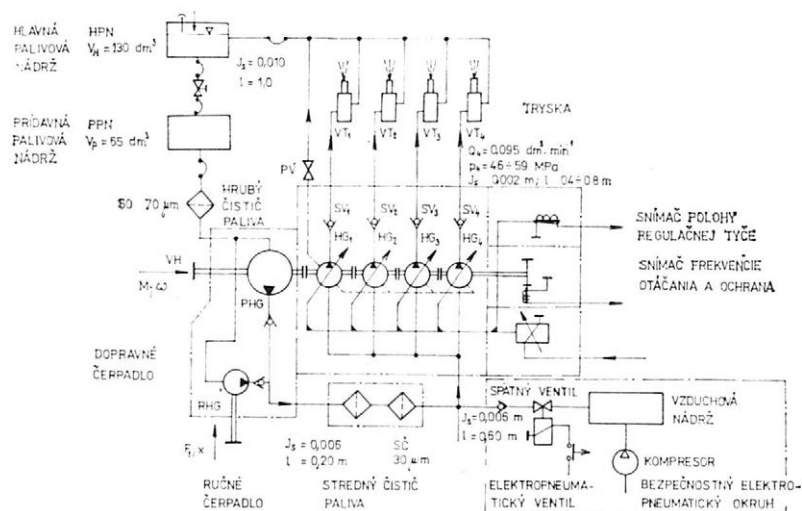
Vonkajšia spätná väzba od frekvencie otáčania bola vytvorená prostredníctvom snímača frekvencie otáčania SO (Jiskra Tábor), ktorý bol zabudovaný nad ozubený veniec zotrvačníka motora.

Hydraulická schéma palivového systému Z 121 45 je na obr. 6. V prípade, že dôjde (i napriek elektronickým obvodom zabraňujúcim motoru



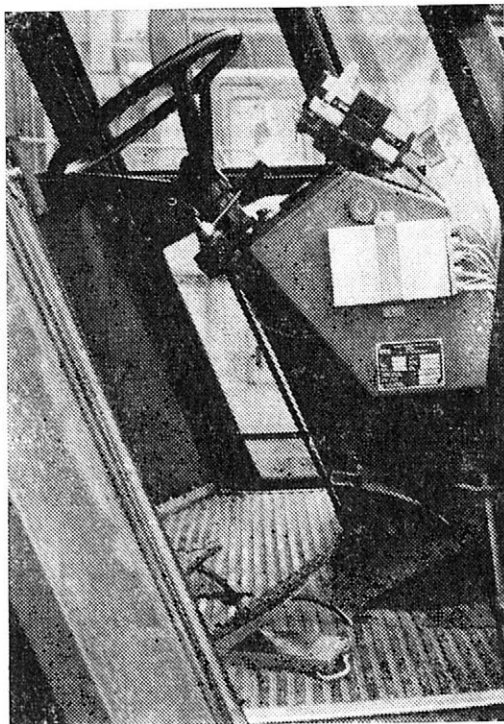
5. Zabudovacie rozmery pedála VS 101 — Dimensions of the VS 101 pedal

v nežiadúcej činnosti) k nekontrolovateľnej činnosti motora, má obsluha možnosť uviesť motor do stop stavu zavzdušnením palivového systému. Zavzdušnenie palivového systému zabezpečuje elektropneumatický okruh, pozostávajúci z kompresora, nádrže, elektropneumatického ventilu a spätného ventilu. Spätný ventil slúži k zabráneniu únikov paliva do vzduchového systému. V okruhu bol použitý elektropneumatický ventil EV 68 (Mesit, Uherské Hradiště). Celkový pohľad na rozmiestnenie bloku elektroniky, ručného plynu, nožného plynu a stop tlačítka v priestore obsluhy, je na obr. 7. Na snímku je vidieť kazetu bloku elektroniky. Rozmery tejto kazety sú 35 X 120 X 190 mm. Nad kazetou je umiestnené stop tlačítko, ktorým sa stopuje chod motora. Stop tlačítko sme realizovali prostredníctvom ovládača pomocných obvodov T6 (Elektropřístroj Modřany n. p. závod Písek). Blok elektroniky BE (obr. 3), za-



6. Hydraulická schéma palivového systému Z 121 45 — Hydraulic scheme of the fuel system of the Z 121 45 tractor

7. Pohľad na zabudovanie ovládacích prvkov na traktore — A view of the controls as built in the tractor



bezpečuje spolu s už popísaným polohovacím členom ekvivalentnú náhradu mechanického regulátora RV3M. Blok elektroniky tvoria: ústredná jednotka; servozosilňovač; obvody pre snímače; obvody ochrán; korečné obvody. Pre zníženie dymivosti motora boli do BE zabudované: korekcia od polohy regulačnej tyče; otáčková antikorekcia; rampovanie žiadanej hodnoty. Zavedením týchto korekcií, ako potvrdili štendové skúšky, sa hodnota dymivosti znížila o 30 percent. Okrem uvedených korekcií BE obsahuje aj korektor na nulovú nerovnomernosť chodu.

Tvarovací obvod v bloku elektroniky umožňuje formovať vonkajšiu momentovú charakteristiku motora.

ZÁVER

Polohovací člen vstrekovacieho čerpadla, tak ako je zachytený na obr. 2, má svoje základné črty doriešené. Nepredpokladáme v najbližších rokoch na ňom zásadné zmeny. Kazeta bloku elektroniky je situovaná vpravo od volantu na kryte pod palubnou doskou. Toto riešenie považujeme za prechodné. V budúcnosti bude táto kazeta situovaná mimo zorné pole obsluhy. Pre potreby obsluhy zostanú v jej akčnom rádiuse k dispozícii: páka ručného plynu, pedál nožného plynu a stop tlačítko. Zabudovaním popísaného systému na traktor sa sleduje overenie jeho funkčnosti a spoľahlivosti počas dlhodobej prevádzky vozidla. Písať o zhodnotení prínosov elektrického systému ovládania vstrekovacieho čerpadla vzhľadom k jeho cene a ďalším faktorom je zatiaľ predčasné. Zámer trvalého osadenia elektricky ovládaného vstrekovacieho čerpadla na mobilnom energetickom prostriedku má svoje reálne opodstatnenie iba v prípade súčinnosti systému s prevodovkou radenou pod

zafažením, pričom radenie sa uskutočňuje prostredníctvom elektrohydraulických prevodníkov. Takéto riešenie agregátov umožňuje zavedenie na mobilný objekt v širšom merítku automatizáciu transmisného systému. Uvedeným spôsobom možno zlepšiť úžitkové parametre vozidla a zvýšiť komfort obsluhy.

Literatúra

- HUTLA, D.: Mikroelektronika u strojů pro rostlinnou výrobu. Zeměd. Tech., 34, 1988, č. 10, s. 636-639.
- OCHODNICKÝ, V. — MANCOVIČ, M. — BARÁNI, V.: Návrh riadenia dodávky paliva na motoroch Zetor pomocou elektrického signálu. [Výskumná správa.] ZTS k. VVÚ Martin 1983.
- OCHODNICKÝ, V. — VALOVIČ, I. — ŠVEC, S.: Elektricky ovládané vstrekovacie čerpadlo PP 6 M9 proporcionálnym elektromagnetom PEM 057. [Výskumná správa.] ZHS k. VVÚ Martin 1987.
- OCHODNICKÝ, V. — MANCOVIČ, M.: Ovládanie vstrekovacieho hydrogenerátora. Hydraulika. V tlači.
- ŠTASTNÝ, M.: Trendy vývoje zemědělské techniky na výstavě DLG Agritechnica 87. Zeměd. Techn., 34, 1988, s. 437-443.

Došlo dňa 15. 9. 1989

ОХОДНИЦКИ, В. — БЛАГУШИАК, Б. — ШВЕЦ, С. — МАНЦОВИЧ, М. (Заводы тяжелого машиностроения, комбинат Научно-исследовательского института, Мартин): Управление топливным насосом с помощью электросигнала. Земěд. Techn., 36, 1990 (4) : 203-208.

В нашей стране, как и у передовых производителей с/х тракторов, у мобильных энергосредств используются научные данные в области электроники. На упомянутых заводах в Мартине разработана электросистема по управлению топливным насосом. Система вмонтирована в трактор тяжелой серии УР II Б 3 121 45 и в данный момент проходит длительные испытания. В нашей статье подробно описаны электромеханический координатный элемент, его подключение к насосу, как и другие элементы управления и регулировки.

сельскохозяйственный трактор; топливный насос; управление; электросигнал

OCHODNICKÝ, V. — BLAĽUŠIAK, B. — ŠVEC, S. — MANCOVIČ, M. (Heavy Engineering Works, Research and Development Institute, Martin): *Electric signal to control the fuel injection pump*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4) : 203-208.

Czechoslovak producers, like all advanced producers of farm tractors, apply the results of electronics research to the construction of field power units. The Research and Development Institute of the Heavy Engineering Works at Martin developed an electric system of the control of the fuel injection pump. This system was used in the tractor of the heavy-duty series UR II B Z 121 45 and now it is undergoing long-term tests. The authors of this paper describe in detail the electro-mechanical positioning link, its connection to the injector and other features of the control and regulation of the fuel injection pump.

farm tractor; fuel injection pump; control; electric signal

Adresa autorov:

Prom. fyz. Vladimír Ochodnický, ing. Stanislav Švec, ing. Milan Mancovič, Branislav Blahušiak, Závody ťažkého strojárstva, kombinát, Výskumnovývojový ústav, Thurzova 16, 036 21 Martin

P. Tomlein

TOMLEIN, P. (Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky, kombinátny podnik, Rovinka): *Úspory a straty na nákladoch pri určovaní nasávacích oblastí opravovniám*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4): 209–217.

Trojstupňový systém komplexnej starostlivosti o dojaciu techniku je postavený na plánovanej prevencii s priemyselným základom koncentrácie a špecializácie generálnych opráv dojacích súprav. Ich sústredením do deviatich centier v rámci Slovenskej socialistickej republiky vznikla dôležitá úloha s ekonomickým dopadom pri určovaní nasávacích oblastí, vzhľadom už na dané rozmiestnenie a opravárske kapacity a potreby odberateľov. Úloha je riešená s cieľom minimalizovať dopravné náklady využitím kyvadlovej i kruhovej dopravy, s ohľadom na rovnomernosť využitia daných opravárskych kapacít pri výmennom spôsobe cyklických opráv dojacích súprav v trojmesačných intervaloch.

linka na generálne opravy dojacích súprav; minimalizácia dopravných nákladov; kyvadlová doprava; kruhová doprava; náklady na odpisy; opravárska kapacita

Na riešenie základných dopravných úloh bol naprogramovaný základný primárny algoritmus SM LP (Kolektív, 1976), ktorý využil tiež Kubový (1982) pri návrhu distribúcie strojových skupín a podskupín v treťom opravárskom stupni. Takto riešená dopravná úloha zodpovedá kyvadlovej doprave. Problematike riešenia okružných dopravných úloh bol v literatúre venovaný rad prác. Bertiss (1979) uvádza algoritmus, ktorý generuje všetky permutácie. Iné prístupy k riešeniu dopravných úloh popisuje Peško (1980), Kučera (1983) a ďalší.

V literatúre sa konštatuje, že existuje vzťah nákladov k objemu výroby, ktorý sa, nie vždy dá jednoznačne určiť. Úspora, ktorá vzniká v závislosti od veľkosti výrobných úloh, sa hodnotí podľa celkových zmien vo vlastných nákladoch a v nákladoch na dopravu (Havlíček, 1983). Za dôležitú súčasť materiálových nákladov sú považované odpisy, ktoré vyjadrujú akú časť svojej hodnoty preniesli základné fondy do hodnoty nového výrobku.

Návrhom systému zavádzania a zaistenia generálnych opráv dojacích súprav (ďalej GO DS) v SR sa zaoberá Tomlein (1986), ktorý v roku 1983 popísal určenie nasávacích oblastí liniek GO DS s optimalizáciou len pre kyvadlovú dopravu, pričom nezohľadnil problém rovnomernosti využitia daných opravárskych kapacít liniek GO DS.

METODIKA

Určenie nasávacích oblastí liniek GO DS v SR pri danom rozmiestnení a kapacitách dodávateľov — liniek GO DS a danom rozmiestnení a potrebách odberateľov — okresných STS je riešené ako dopravná úloha, kde cieľom je rozdeliť DS od 9 dodávateľov medzi 34 odberateľov s využitím kyvadlovej a kruhovej dopravy.

Výber z variantných riešení rozdelení nasávacích oblastí je zameraný na:

- minimálne dopravné náklady pri využití kyvadlovej alebo kruhovej dopravy,
- rovnomerné využitie opravárskych kapacít liniek GO DS v SR.

Vybrané riešenia sú porovnávané podľa:

- počtu najazdených kilometrov pri kyvadlovej alebo kruhovej doprave s týždenným cyklom dopĺňania zásob,
- nákladov na kyvadlovú alebo kruhovú dopravu vypočítaných podľa TR 4 z roku 1984 pre výkony valníkových vozidiel so sadzbami v Kčs za tarifný stupeň do štyroch ton bez nákladov na zdržanie,
- zmien v odpisovej nákladovosti na jednu opravu v závislosti od výrobných úloh liniek GO DS. Náklady na odpisy sú vypočítané z rovnakej obstarávacej ceny liniek GO DS z dôvodu rovnakej projektovanej opravárskej kapacity podľa Vyhlášky Federálneho ministerstva financií č. 94 z roku 1980. Odpisová nákladovosť na jednu opravu je vypočítaná ako podiel nákladov na odpisy linky GO DS a jej výrobné úlohy. Priemerná odpisová nákladovosť je vypočítaná aritmetickým priemerom odpisových nákladovostí na jednu opravu na jednotlivých linkách GO DS. Zmeny v celkovej odpisovej nákladovosti v porovnávaných rozdeleniach nasávacích oblastí liniek GO DS sú vypočítané ako súčin rozdielu priemerných odpisových nákladovostí a celkového počtu GO DS v SSR.
- súčtov kumulatívnych prácností generálnych opráv dojazdových súprav – závislých od ročných výrobných úloh – na jednotlivých linkách GO DS v SR, vypočítaných násobkom výrobných úloh a prácností, ktoré sa predpokladajú po vyprodukovaní $x = W_i$, podľa rovnice teoretickej zábehovej funkcie prácností, vzhľadom na rovnakú technológiu a organizáciu opráv vo všetkých hodnotených linkách GO DS.

Za výhodnejšie je považované to rozdelenie nasávacích oblastí liniek GO DS, pri ktorom úspora na dopravných nákladoch je väčšia ako straty na ostatných nákladoch.

Minimum dopravných nákladov pri kyvadlovej doprave je riešené SM LP (Kolektív, 1976),

kde účelovú funkciu vyjadruje vzťah pre minimalizáciu kusokilometrov, v ktorom $\sum_{i=1}^9 p_{ij} = P_j$

sú požiadavky odberateľov, W_i výrobné úlohy dodávateľov, x_{ij} vzdialenosti medzi dodávateľmi a odberateľmi. Počítač hľadal minimum lineárnej formy rovnice Z:

$$Z = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{34} p_{ij} \cdot x_{ij} = \text{minimum} \quad (1)$$

za platnosti počiatočných podmienok:

$$\sum_{i=1}^{34} p_{ij} = W_i \quad i = 1, \dots, 9 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^9 p_{ij} = P_j \quad j = 1, \dots, 34 \quad (3)$$

$$p_{ij} \geq 0 \quad \text{pre všetky } i \text{ a } j \quad (4)$$

ďalej podmienky rovnomerného využitia kapacít dodávateľov:

$$W_i = W \quad i = 1, \dots, 9 \quad (5)$$

a podmienky vybilancovanosti úlohy:

$$\sum_{i=1}^9 W_i = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{34} p_{ij} \quad (6)$$

Podľa výsledkov z počítača sú W_i upravované postupne tak, aby v cieľovom riešení boli splnené podmienky:

$$\sum_{j=1}^{34} p_{ij} = W_i \quad \text{pre každé } i = 1, \dots, 9 \quad (7)$$

$$p_{ij} \in \{0; P_j\}$$

(8)

čo znamená, že každého odberateľa môže zásobovať len jeden dodávateľ. Tým sa zjednodušuje sieť dodávateľsko-odberateľských vzťahov a obmedzuje sa možnosť šírenia choroboplodných zárodkov medzi oblasťami.

Následne je overená vhodnosť simplexovej metódy lineárneho programovania v riešení uvedenej dopravnej úlohy pri prechode z kyvadlovej dopravy na kruhovú. Vzhľadom na konštantné dodávky odberateľom je optimalizovaná vzdialenosť ako základný parameter ovplyvniteľných nákladov ak distribútorom je linka GO DS a dopravné náklady sú zahrnuté do ceny GO. Programovo je riešená minimalizácia sumáru kilometrov optimálnych ciest okruhov v daných oblastiach zámenou pochybných odberateľov — najvzdialenejších, excentricky umiestnených voči dodávateľom a väčšine odberateľov — v celej oblasti SSR. V programovom riešení je využitý podprogram pre hľadanie optimálnej cesty kruhovou dopravou (problém obchodného cestujúceho), podľa algoritmu, ktorý prezerá všetky riešenia (Bertiss, 1979), programovo spracovaný vo Výskumnom ústave dopravnom v Žiline. Sledované sú tiež zmeny v dodávateľsko-odberateľských vzťahoch (výrobných úlohách liniek GO DS), ktoré vznikajú po zámenách odberateľov medzi nasávacími oblasťami liniek GO DS.

VLASTNÁ PRÁCA

URČENIE NASÁVACÍCH OBLASTÍ LINIEK GO DS V SR

Kyvadlová doprava

Minimalizáciou kusokilometrov SM LP podľa metodiky sú minimalizované dopravné náklady dodávateľov — liniek GO DS pri distribúcii DS kyvadlovou dopravou

I. Minimá účelovej funkcie kusokilometrov pre vybrané rozdelenie SR a určené nasávacie oblasti liniek GO DS simplexovou metódou lineárneho programovania — Minimums of the special function of piece/kilometers for the selected distributions of the Slovak Republic and the areas with the GO DS lines to be serviced by the centres, as determined by the simplex method of linear programming

Variant (oblasť)	Minimum funkcie (1) platí podmienka (5) $W_i = W$ [ks.km.rok ⁻¹]	Minimum funkcie (1) platia podmienky (7, 8) $\sum_{j=1}^{34} p_{ij} = W_i; p_{ij} \in \{0; P_j\}$	
		kyvadlová doprava	
		[ks.km.rok ⁻¹]	[km.rok ⁻¹] Td = týždeň
1	2	3	4
A — 5 dod.; 21 odb.	13 453 376	12 091 720	97 240
B — 4 dod.; 13 odb.	6 957 528	6 836 264	60 216
Spolu s SR	20 410 904	18 927 984	157 456
A1 — 4 dod.; 13 odb.	10 015 224	11 404 608	67 704
B1 — 5 dod.; 21 odb.	11 743 168	12 111 592	122 200
Spolu v SR	21 758 392	23 516 200	189 904
Rozdiel (A1 + B1) — (A + B)	1 347 488	4 588 216	32 448

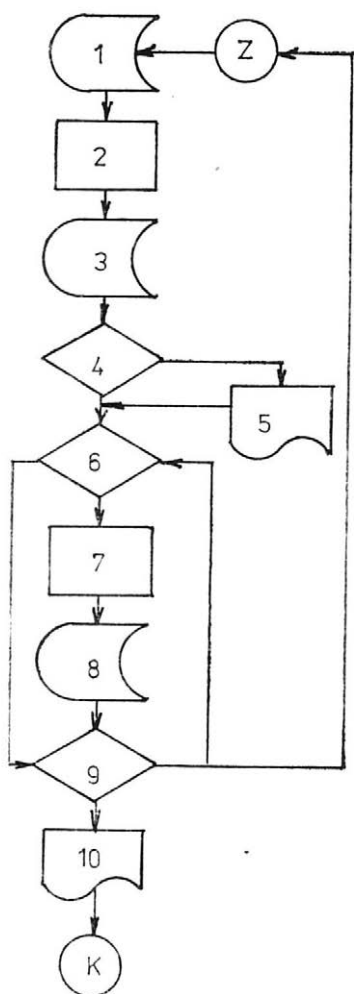
II. Porovnanie vybraných variantov rozdelenia nasávacích oblastí liniek GO DS
GO DS lines to be serviced by the repair centres in the Slovak Republic

Variant	Nasávacie oblasti liniek GO DS Dodávateľ – odberatelia	Výrobné úlohy liniek GO DS W	Využitie opravár. kapacít	Kyvadlová Td =
		[ks.rok ⁻¹]	[%]	[km.rok ⁻¹]
A	Pezinok – Holice n. O.; Galanta; Senica	303 60	98	14 768
	Nitra – Šulekovo; Nové Mesto n. V.; Topoľčany	34 388	101,9	13 208
	Krškany – Nové Zámky; Hurbanovo	36 496	108	13 000
	Krupina – V. Krtíš; Lučenec; R. Sobota; Kremnička	23 836	70,6	30 576
	Žilina – P. Bystrica; Prievidza; Žiar n. H.; T. Teplice	18 688	55,4	25 688
B	Trstená – L. Mikuláš; Kežmarok	19 172	56,8	24 648
	Prešov – Vranov; Stropkov; Bardejov	17 960	53,2	14 768
	Košice – Spišská Nová Ves; Rožňava	17 344	51,4	15 496
	Michalovce – Humenné; Trebišov	21 640	64	5 304
Spolu v SR		222 584	73,2	157 456
A1	Pezinok – Holice n. O.; Hurbanovo	28 656	84,9	14 976
	Nitra – Šulekovo; Senica	28 440	84,3	12 272
	Krškany – Nové Zámky; Galanta	32 520	96,4	15 496
	Žilina – P. Bystrica; Nové Mesto n. V.; Topoľčany	20 348	60,3	24 960
B1	Krupina – V. Krtíš; Lučenec; R. Sobota; Žiar n. H.	24 704	73,2	31 512
	Trstená – T. Teplice; Kremnička; L. Miku- láš; Prievidza	23 476	69,6	43 472
	Prešov – Bardejov; Kežmarok; Spišská N. V.	21 640	64	21 736
	Košice – Trebišov; Rožňava	22 372	66,3	11 960
	Michalovce – Humenné; Stropkov; Vranov	20 428	60,5	13 520
Spolu v SR		222 584	73,2	189 904
Rozdiel (A1 + B1) – (A + B)				32 448

k jednotlivým odberateľom – okresným STS v rámci SR (Tomlein, 1983). Takto optimalizované rozdelenie spôsobilo nerovnomerné rozloženie ročných výrobných úloh liniek GO DS v intervale $W \in < 17\,344; 36\,496 >$ (tab. II, stĺpce 3, 4 – variant A a B). S cieľom riešiť rovnomernejšie využitie opravárskych kapacít bolo z vhodných riešení vybrané rozdelenie podľa variantu A1 a B1 uvedené v tab. II s rozložením $W \in < 20\,348; 32\,520 >$ pri splnení podmienky, že jedného odberateľa môže zásobovať len jeden, podľa možností najbližší dodávateľ.

doprava týždeň	Kruhová doprava Td — týždeň x		Odpisová nákladovosť na jednu GO DS	Kumulovaná prácnosť GO DS $Y = 2,86 \cdot W^{-0,2863} \cdot W$
[Kčs. rok ⁻¹]	[km. rok ⁻¹]	[Kčs. rok ⁻¹]	[Kčs. GO DS ⁻¹ . rok ⁻¹]	[Nh. rok ⁻¹]
60 632	11 232	40 872	2,05686	13 881
55 016	8 060	30 576	1,97743	14 276
50 856	7 280	27 144	1,86322	14 896
117 104	14 872	52 884	2,85283	10 990
84 292	12 636	46 020	3,63869	9 238
88 608	16 120	56 316	3,54684	9 409
59 020	9 204	34 008	3,78619	8 980
59 436	10 660	39 156	3,92066	8 759
24 076	5 304	21 996	3,14233	10 258
599 040	95 368	348 972	2,976	100 687
57 668	11 804	42 588	2,37297	12 534
47 008	9 204	34 008	2,39099	12 467
59 436	10 244	37 440	2,09102	13 718
93 184	13 520	47 736	3,34185	9 817
115 544	15 392	54 600	2,75529	11 275
165 204	19 396	68 328	2,89657	10 872
83 096	12 532	46 020	3,14233	10 258
47 424	11 960	42 588	3,0395	10 504
54 808	8 632	32 292	3,3287	9 844
723 372	112 684	405 600	2,81769	101 289
124 332	17 316	56 628	-0,1583	602

Minimá účelovej funkcie kusokilometrov pre vybrané rozdelenie SR a určené nasávacie oblasti liniek GO DS simplexovou metódou lineárneho programovania sú v tab. I, stĺpec 2. Z výsledkov je preukázaná výhodnosť oblastí A a B oproti A1 a B1 pri optimálnom rozvoze dojaciach súprav pri rovnakých výrobných úlohách všetkých liniek GO DS v jednotlivých oblastiach. Výhodnosť oblastí A a B sa ešte zvýšila po úprave výrobných úloh liniek GO DS tak, aby každého odberateľa zásoboval len jeden dodávateľ (tab. I, stĺpec 3). Splnením tejto podmienky sa naopak zvýšil počet kusokilometrov



1. Vývojový diagram minimalizácie sumáru kilometrov optimálnych ciest okruhov v daných oblastiach zámienou pochybných odberateľov v celej oblasti SR (1 — ukladanie oblastí, stanovených SM LP, s dodávateľsko-odberateľskými vzťahmi; 2 — riešenie optimálnych ciest v nasávacích oblastiach (problém obchodného cestujúceho); 3 — vypis optimálnych ciest, vstupných hodnôt dodávateľsko-odberateľských vzťahov a záznam do externých súborov; 4 — rozhodnutie o tlači riešenia z bodu 3; 5 — tlač; 6 — zámiena odberateľov medzi jednotlivými oblasťami liniek GO DS v SR — udanie pochybností; 7 — riešenie optimálnych ciest nových okruhov a prepočet zmien v dodávateľsko-odberateľských vzťahoch; 8 — záznam do externých súborov; 9 — porovnanie súčtov optimálnych ciest pred a po jednotlivých zámienach odberateľov medzi okruhmi v celej SR spolu so sledovaním zmien v dodávateľsko-odberateľských vzťahoch. Rozhodnutie o ďalšom riešení; 10 — tlač optimálnych ciest v jednotlivých okruhoch, počtov kilometrov a zmien vo výrobných úlohách liniek GO DS) — Development diagram of the minimization of the sum of kilometers of optimum routes in the circuits within the given areas trough replacement of dubious users in the whole Slovak Republic (1 — assignment of the areas determined by SM LP, with supplier-purchaser relations; 2 — design of the optimum routes in the areas serviced (travelling salesman's problem); 3 — identification of optimum routes, input values of the supplier-purchaser relations, and record in external sets; 4 — decision on the print of solution from point 3; 5 — print; 6 — exchange of users between the areas with the GO DS lines in the Slovak Republic — indication of doubt; 7 — solution to the problem of optimum routes in the new circuits and calculation of changes in the supplier-purchaser relations; 8 — record in external sets; 9 — comparison of the sums of optimum routes before and after each exchange of users between the circuits in the whole Slovak Republic, together with monitoring of changes in the supplier-purchaser relations. Decision on further solution; 10 — print of optimum routes in each circuit, numbers of kilometers and changes in the production tasks of GO DS lines

v oblastiach A1 a B1, ale dosiahlo sa rovnomernejšie využitie opravárskych kapacít liniek GO DS v SR. Z výsledkov vyplýva, že každá snaha o ďalšie vyrovnanie využitia opravárskych kapacít liniek GO DS v SR bude viesť k zvýšeniu dopravných nákladov. Rozdiel 32 448 km za rok (tab. I, stĺpec 4) znamená, že v oblastiach A1 a B1 by sa ubehlo o 20,6 % viac kilometrov za rok, ako v oblastiach A a B pri týždennom cykle dopĺňania zásob DS vo výmenných fondoch.

Kruhová doprava

Následne je overená vhodnosť simplexovej metódy lineárneho programovania v riešení uvedenej dopravnej úlohy pri prechode z kyvadlovej dopravy na kruhovú. Programovo riešená minimalizácia sumáru kilometrov porovnáva súčty kilometrov optimálnych ciest pred a po zámienach pochybných odberateľov medzi oblasťami liniek GO DS v celej SR spolu so sledovaním zmien v dodávateľsko-odberateľských vzťahoch.

V programe je využitý podprogram pre hľadanie optimálnej cesty kruhovou dopravou v určených nasávacích oblastiach liniek GO DS. Skompletizovaný program podľa vývojového diagramu (obr. 1) bol spustený po doplnení o podprogram pre transponovanie matic k zostavovaniu kilometrovníka vzdialenosti medzi jednotlivými STS.

Testovaním optimálnosti SM LP pri stanovení nasávacích oblastí liniek GO DS s prechodom z kyvadlovej dopravy na kruhovú, na základe súčtov kilometrov optimálnych ciest v jednotlivých okruhoch pred (variant A a B) a po zámenách pochybných odberateľov v celej SR, prišlo k zníženiu celkového počtu kilometrov len v prípade zámeny medzi STS Kremnička a STS Žiar nad Hronom, ktorá bola realizovaná do výslednej distribučnej siete liniek GO DS v SR. Touto zámenou sa dosiahla úspora 2548 km za rok pri kruhovej doprave s týždenným cyklom dopĺňania zásob.

Výsledné riešenie týmto spôsobom zabezpečuje minimálne dopravné náklady pri danom usporiadaní dodávateľských kapacít a odberateľských potrieb pri distribúcii DS po GO s tým, že je heuristicky riešený problém prechodu z kyvadlovej dopravy na kruhovú pri stanovení nasávacích oblastí špecializovaných opravovní.

Zo zabezpečenia okružných trás podľa grafikonu dopravy vyplynulo, že vo všetkých určených oblastiach je možné uskutočniť výmeny DS vzhľadom na prepravné vzdialenosti a počty DS k výmene pri týždennom cykle dopĺňania zásob, jedným vozidlom v priebehu jedného dňa.

POROVNANIE VYBRANÝCH ROZDELENÍ VZHLADOM NA ÚSPORY A STRATY NA NÁKLADOCH

Takto upravené rozdelenie nasávacích oblastí liniek GO DS v SR k využitiu kruhovej dopravy pre variant A a B je porovnávané s variantom A1 a B1 vzhľadom na úspory na nákladoch na dopravu pri využití kyvadlovej alebo kruhovej dopravy a straty vznikajúce v súvislosti s nerovnomerným využitím opravárskych kapacít liniek GO DS.

Porovnanie nákladov na dopravu pri týždennom cykle dopĺňania zásob DS vo výmenných fondoch za rok je v prospech variantu A a B s rozdielom 124 332 Kčs.rok⁻¹ pri kyvadlovej doprave a 56 628 Kčs.rok⁻¹ pri kruhovej doprave voči variantu A1 a B1 (tab. II, stĺpec 6, 8).

Náklady na odpisy budov a zariadení liniek GO DS sú počítané z celkových projektovaných rozpočtových nákladov, ktoré sa podľa súhrnných generálnych rozpočtov pohybovali od 800 000 Kčs do 1 273 000 Kčs na jednu linku GO DS, z čoho technologická časť tvorila 300 až 548 000 Kčs. Vzhľadom na to, že linky GO DS v SR boli budované na rovnakú projektovanú opravársku kapacitu, k výpočtu sú vzaté rovnaké rozpočtové náklady 1 200 000 Kčs na linku GO DS, z čoho 550 000 Kčs tvoria náklady na technologickú časť. Náklady na odpisy celkom sú 68 000 Kčs za rok z obstarávacej ceny linky GO DS. Odpisová nákladovosť na jednu opravu na jednotlivých linkách GO DS je v tab. II, stĺpec 9. Rozdiel 0,1583 Kčs v priemernej odpisovej nákladovosti na jednu opravu v neprospech oblasti A a B, vynásobený počtom GO DS v SR za rok tvorí stratu 35 235 Kčs.rok⁻¹, čo je 62 % z úspor na nákladoch na kruhovú dopravu a len 28 % z úspor na nákladoch na kyvadlovú dopravu voči oblasti A1 a B1.

Rozdiel súčtov kumulatívnych prácností generálnych opráv dojacích súprav vypočítaných v závislosti od ročných výrobných úloh liniek GO DS podľa rovnice (tab. II, stĺpec 10) je 602 Nh.rok⁻¹ v prospech variantu A a B. Tento rozdiel závisí od typu zvolenej funkcie a intervalu, v ktorom sú prácnosti na danej funkcii porovnávané. Vzhľadom na to, že vypočítaný rozdiel tvorí len ~ 0,6 % z celkovej prácnosti a na linkách GO DS v SR sa vypočítané rozdiely v prácnosti pri rôznych ročných produkciách GO DS a rovnakej technológii opráv dostatočne nepreukázali, nie je tento rozdiel ďalej ekonomicky vyhodnocovaný.

Na realizáciu je vybrané rozdelenie nasávacích oblastí liniek GO DS podľa variantu A a B, vzhľadom na preukázanú výhodnosť voči variantu A1 a B1, súčasné požiadavky na energetické úspory a skutočnosti, že každá snaha o ďalšie vyrovnanie výrobných úloh liniek GO DS bude viesť k ďalšiemu zvyšovaniu nákladov na dopravu.

ZÁVER

Výsledné rozdelenie nasávacích oblastí bolo porovnávané s variantnými riešeniami, ktoré sledovali rovnomernejšie využitie opravárskych kapacít liniek GO DS. Za výhodnejšie je považované pôvodné rozdelenie nasávacích oblastí optimalizované najprv pre kyvadlovú, potom pre kruhovú dopravu, pri ktorom úspora na dopravných nákladoch bola väčšia ako straty na ostatných nákladoch závislých od veľkosti výrobných úloh (náklady na odpisy, mzdové náklady).

Použité označenie

DS	— dojacia súprava
GO	— generálna oprava
p_{ij}	— množstvo [ks] dodané od i -tého dodávateľa j -tému odberateľovi
P_j	— požadované množstvo [ks] j -tého odberateľa
SM LP	— simplexová metóda lineárneho programovania
T_d	— cyklus dopĺňania zásob
x_{ij}	— vzdialenosť medzi dodávateľmi a odberateľmi
x	— kumulovaný počet opravených kusov [kum.ks]
Y	— kumulovaná prácnosť [Nh.rok ⁻¹]
W_i	— výrobná úloha i -tého dodávateľa [ks.rok ⁻¹]

Literatúra

- BERTISS, A. T.: Štruktúry dát. Teória a prax. Bratislava, Alfa 1979, s. 50-51.
HAVLIČEK, J. a kol.: Provozní spolehlivost strojů. Praha, SZN 1983.
KOLEKTÍV: Zpracování některých metod maticové algebry na stolním kalkulátoru Wang. Metodická příručka. Praha, VÚPŘNH 1976.
KUČERA, L.: Kombinatorické algoritmy. Praha, SNTL 1983.
KUBOVÝ, P.: Návrh distribuce strojních skupin a podskupin ve třetím opravárenském stupni směřující k úsporám PHM: [Výzkumná zpráva.] Praha, VVÚ STS a OZS 1982, 31 s.
PEŠKO, Š.: Optimalizácia rozvrhu práce vozidlového parku. [Výzkumná správa.] Žilina, VÚD 1980.
TOMLEIN, P.: Návrh systému zaistenia generálnych opráv dojacích strojov, Zeměd. Techn., 32, 1986, č. 7, s. 415-424.
TOMLEIN, P.: Optimalizácia dopravy dojacích strojov na generálnu opravu a spáf. Zeměd. Techn., 29, 1983, č. 12, s. 749-758.

Došlo dňa 13. 9. 199

ТОМЛЕЙН, П. (Научно-исследовательский институт сельхозтехники, комбинатное предприятие, Ровинка): Экономия и убытки расходов при определении ремонтных мастерских в доильных областях. Земед. Techn., 36, 1990 (4) : 209-217.

Трехступенчатая система комплексного ухода за доильной техникой базируется на плановом предварительном текущем и на промышленной основе концентрации и специализации генремонтных доильных установок. Их роль возросла с их сосредоточением в 9 пунктах Словакии при экономических последствиях в деле определения молокозаборных областей с учетом данного размещения, ремонтных емкостей и запросов потребителей. Роль разрабатывается с целью минимизировать транспортные издержки с помощью маятникового и кругового движения, как и равномерного пользования имеющимися ремонтными емкостями при обменном способе циклического ремонта доильных установок в 3-месячные интервалы.

линия для генремонта доильных агрегатов; минимализация транспортных издержек; маятниковое движение; круговое движение; издержки амортизации; ремонтная емкость

TOMLEIN (Research Institute of Agricultural Engineering, Rovinka): *Cost savings and losses in determining the areas to be serviced by repair centres*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4) : 209-217.

The three-level system of complex upkeep of milking machines is built on planned prevention with industry-based concentration and specialization of complete overhauls of milking sets. The concentration of the service in nine centres in the Slovak Republic gave rise to a new task of economic importance: to define the areas to be serviced by each centre, with due respect to the distribution of the existing repair facilities and to the requirements of the users. The transport costs are to be minimized through the use of the shuttle and circle systems of transport, aimed at a regular utilization of the existing repair facilities in the replacement method of cyclic repairs of milking sets in three-month intervals.

line for complete overhaul of milking machines; minimization of transport costs; shuttle transport; circular transport; depreciation costs; capacity of repair facilities

TOMLEIN, P. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Kombinatbetrieb, Rovinka): *Ersparnisse und Verluste auf dem Gebiet der Kosten bei der Festlegung der Sammelgebiete der Reparaturwerkstätten*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4) : 209-217.

Das Dreistufensystem der Pflege der Melktechnik beruht auf einer planmässigen Vorbeugung mit einer industriemässigen Basis der Konzervation und Spezialisierung der Generalreparaturen der Melkanlagen. Durch ihre Konzentration in neun Zentren im Rahmen der Slowakischen Sozialistischen Republik entstand eine wichtige Aufgabe mit einer bedeutenden ökonomischen Wirkung bei der Festlegung der Sammelgebiete in bezug auf die gegebene Verteilung und die Reparaturkapazitäten und die Bedürfnisse der Bezieher. Die Aufgabe wird in bezug auf die Minimierung der Transportkosten auf dem Wege der Ausnutzung des Pendel- und Kreistransportes, mit Rücksicht auf eine regelmässige Ausnutzung der bestehenden Reparaturkapazitäten bei den sog. Austauschreparaturen der Melkanlagen in dreimonatigen Intervallen gelöst.

Strasse für Generalreparaturen der Melkanlagen; Minimierung der Transportkosten; Pendel- und Kreistransport; Abschreibungskosten; Reparaturkapazität

Adresa autora:

Ing. Peter Tomlein, CSc., Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky, kombinátny podnik, 900 42 Rovinka

ZE ZAHRANIČÍ

SEMINÁŘ O SIMULACI SYSTÉMŮ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ V NDR

Magdeburská technická univerzita O. von Guerickeho uspořádala ve svém nově vybudovaném areálu dvoudenní seminář orientovaný na simulaci systémů materiálových toků a montážních procesů. Spolupořadatelé byly dvě další instituce z Magdeburku, a to výrobní koncern Schwermaschinenbau Kombinat E. Thälmann a VEB Forschung, Entwicklung und Rationalisierung, což je resortní výzkumný vývojový a racionalizační podnik ministerstva těžkého strojírenství NDR.

Na semináři se sešlo téměř sto odborníků širokého věkového spektra — od studentů vysokých škol až po zkušené inženýry z výroby a vysokoškolské profesory. Slovo odborníci je zde opravdu na místě, neboť studenti předkládali výsledky (ročníkových či diplomových prací) srovnatelné s kvalifikovanými pracemi zkušených graduovaných pracovníků a profesori nenavrhovali koncepce, jak něco dělat do budoucnosti, nýbrž předváděli konkrétní programové systémy ověřené ve styku s výrobou. Kontakt praxe s vysokými školami (technického typu) je v NDR nesrovnatelně užší než u nás.

Na semináři odeznělo 17 přednášek, na každou bylo vyhrazeno 45 minut, takže bylo možno referovat detailně, případně demonstrovat simulační modely přímo na počítači; posluchárna, v níž byl seminář umístěn, má totiž zabudován profesionální osobní počítač napojený na 10 televizorů, vhodně umístěných před očima posluchačů. Byli pozváni i dva zahraniční přednášející, a to z ČSSR a ze SRN. Poněkud zvláštní výběr, jak se může zdát při povrchním pozorování, byl dán dosaženými výsledky. Připomeňme, že v ČSSR se systémy materiálových toků úspěšně simulují téměř 15 let a že hlavní podněty vyšly ne z těžkého strojírenství, nýbrž ze zemědělství (Kindler aj., 1983), jak se o tom mohli přesvědčit i členáři našeho časopisu (Kavka aj., 1975; Chochol aj., 1981). Vědí o tom i odborníci z NDR, kde byly publikovány některé stěžejní československé výsledky (Prokop, 1979; Kindler aj., 1981, 1982); metoda objektově orientovaného programování, která je v ČSSR využívána k tomuto účelu po celou dobu (Mojka a Janda, 1979) a která se nyní objevuje v celém světě ve vztahu k umělému intelektu, byla předmětem československého referátu, neboť byla v ČSSR mezitím rozšířena i na simulaci montážních procesů. Lze s jistým uspokojením konstatovat, že jde o další potvrzení faktu, že v oblasti moderních exaktních metod je zemědělská technika průkopníkem nových směrů, které později pronikají do jiných, často vzdálených oblastí, jak bylo již dříve pozorováno a popsáno na stránkách našeho časopisu (Kindler, 1984).

Přednášející ze SRN podrobně popsal simulační program pro velkou třídu montážně-dopravních systémů. řízený interaktivně grafickými signály umístovanými na obrazovce počítače. Tento systém byl vytvořen po mnohaleté důkladné práci ve Fraunhoferově institutu pro dopravu a zboží distribuci v Dortmundu (jméno Fraunhofer je ovšem známo z optiky, avšak ve SRN si tohoto vědce a vynálezce velmi váží a nazvali podle něho systém 25 ústavů zaměřených na různé inženýrsko-exaktní obory a umístěných v nejrůznějších městech SRN).

Aktuálnost simulace montážních procesů a systémů materiálových toků, překračující hranice těžkého strojírenství, se projevila i v mnoha dalších přednáškách. Účastníci vyjádřili vhodnost každoročního opakování semináře s podobným zaměřením.

Literatura

- CHOCHOL, Š. — PROKOP, K. — ZACHARIÁŠ, L. — MALÍK, M. — KINDLER, E.: Simulace výroby, konzervace a spotřeby píce v podniku. Zeměd. Techn., 27, 1981, č. 10, s. 613-622.
- KAVKA, M. — PROKOP, K. — BÍLKOVÁ, A. — DOUCHA, T.: Stochastický simulační model sklizně píce a jeho experimentální ověření. Zeměd. Techn., 21, 1975, č. 9, s. 597-610.
- KINDLER, E.: Matematika a zemědělské vědy. Zeměd. Techn., 30, 1984, č. 1, s. 59-64.
- KINDLER, E. — PROKOP, K. — CHOCHOL, Š.: Dynamic modelling of transport in agricultural systems. Elektr. Inform. - Verarb. Kyber., 17, 1981, č. 13, s. 645-657.
- KINDLER, E. — CHOCHOL, Š. — PROKOP, K.: Theory of material flows and its use for simulation. In: 27. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Hochschule, Ilmenau, 1982, Band 6, s. 133-136.
- KINDLER, E. — CHOCHOL, Š. — PROKOP, K.: Systems of material flow. International journal of general systems, 9, 1983, č. 3, s. 217-224.
- MOJKA, A. — JANDA, J.: Unifikace typových prvků programových bank. Zeměd. Techn., 25, 1979, č. 3, s. 185-188.
- PROKOP, K.: Languages for simulation of complicated stochastic systems. In: 8. Jahrestagung Grundlagen der Modellierungs- und Simulationstechnik. WGMA. Rostock, 1979, s. 90-92.

PhDr. RNDr. Evžen Kindler, CSc.,
Výpočetní centrum Karlovy Univerzity, Praha

REDUKCIA SÉRIOVÝCH MECHANICKÝCH OBVODOV V OSCILÁTORE S JEDNÝM STUPŇOM VOĽNOSTI

Z. Dworecki

DWORECKI, Z. (Instytut Mechanizacji Rolnictwa Akademii Rolniczej, Poznań, PLR): *Redukcja sériowych mechanicznych obwodów w oscylatorze s jednym stupniom wolności*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4): 219–228.

Práca analyzuje dynamické mechanické obvody, ktoré majú byť podrobené modelovaniu pomocou oscilátora s jedným stupňom voľnosti. Analýza pozostáva z určenia frekvencie vlastných kmitov jednotlivých prvkov a celého obvodu. V práci je vyriešený matematický model rozvodového mechanizmu, ktorý bol zostavený pomocou metódy konečných prvkov. V závere je uvedený model s jedným stupňom voľnosti, vypočítaný pri dodržaní podmienky rovnováhy medzi energiou obvodu a modelu.

rozvodový mechanizmus; matematický model; diskretizácia obvodu; energetická metóda modelovania; kmity vlastné

Rozvoj poľnohospodárstva a s ním súvisiacej mechanizácie poľnohospodárstva spôsobuje nutnosť používania komplikovaných a úzko špecializovaných poľnohospodárskych strojov. Preto už v etape projektovania stroja musí byť urobená dôkladná analýza jeho zaťaženia. Matematické modelovanie je súčasne všeobecne používanou metódou analýzy pohybu a zaťaženia časti stroja. Vytvorené matematické modely sú tiež užitočné pri určovaní príčin havárií poľnohospodárskych strojov.

Pre modelovanie dynamických mechanických obvodov je potrebné urobiť viacero zjednodušení. Jedným z nich je náhrada obvodov s kontinuálnym rozložením hmoty a tuhosti, t. j. obvodov s nekonečným počtom stupňov voľnosti, modelmi so sústredenou hmotou. Tento proces je pomenovaný deskretizáciou obvodu a nie je totožný s diskretizáciou vstupov a výstupov, ktorá spočíva na popisovaní budiacej funkcie a odpovedi v diskretných časových intervaloch. Diskretizácia obvodu má viacero kladov. Jeden z nich spočíva v tom, že diskretné modely sú popisované pomocou jednoduchých diferenciálnych rovníc a nie pomocou rovníc parciálnych.

Najjednoduchším diskretným modelom dynamického mechanického obvodu je oscilátor s jedným stupňom voľnosti. Náhrada zložitého mechanického obvodu takýmto modelom je často sprevádzaná intuíciou. Vedie to k mnohým chybám, pretože nie každý mechanický sériový obvod a jeho pohyb je možné nahradiť pohybom koncentrovanej hmoty na nehmotnej pružine.

V literatúre, týkajúcej sa dynamiky mechanických obvodov, sa stretávame tiež s opačnými chybami, ktoré spočívajú v použití modelov s viacerými stupňami voľnosti v obvodoch, ktoré je možné úspešne nahradiť jednoducho modelom. Tieto chyby vyplývajú z nedostatočnej vstupnej analýzy obvodu, ktorá by sa mala začínať kontrolou dynamiky elementov modelovaného obvodu.

Cieľom práce je upozorniť na možnosť eventuálnych chýb pri modelovaní dynamického mechanického obvodu s viacerými stupňami voľnosti. Na základe matematického modelu rozvo-
dového mechanizmu poukázat na nutnosť použitia energetických metód pri výpočte vlastných
frekvencií jednotlivých elementov a celého obvodu.

DYNAMICKÉ VLASTNOSTI ELEMENTOV OBVODU

Sériový obvod mechanický je možné si predstaviť ako množinu n elementov, ktoré postupne na seba pôsobia a sú podrobované účinku sily alebo kinematiky. Elementami obvodu môžu byť prúty pospájané do série, alebo po sebe nasledujúce časti skrúcaného hriadeľa respektívne páky obvodu. Všetky uvedené druhy elementov môžu vystupovať v jednom obvode. Ako príklad môžu poslúžiť reduktory alebo obvody prenášajúce výkon z motora na pojazďové kolesá traktora. Chovanie obvodu je závislé okrem iného od dynamických vlastností jeho elementov. V prvom rade je potrebné určiť frekvenciu kmitov týchto elementov v smere od uzla k uzlu.

Frekvencie vlastných kmitov jednotlivých prvkov s kontinuálnym rozložením hmoty je možné vypočítať pomocou integrálnej rovnice.

Túto rovnicu dostaneme na základe podmienok rovnováhy pre jednotlivé elementárne úsečky prúta hriadeľa, resp. nosníka, keď zoberieme do úvahy aj ich zotrvačné sily. Iný spôsob odvodenia rovnice malých kmitov spočíva v použití princípu premenlivosti hybnosti ku konečnej úsečke prvku v konečnej časovej jednotke (Gutowski a Swietlicki, 1986). Tretím spôsobom odvodenia rovnice je použitie Langrangeových rovníc II. stupňa pre kontinuálny obvod. Po dosadení hraničných podmienok odvodených rovníc, ktoré určujú spôsob upevnenia koncov elementov, dostaneme závislosti pre frekvenciu vlastných kmitov. Tieto vzťahy pre jednoduché prúty v tvare hranola, nosníky a hriadele sú uvedené vo väčšine príručiek, ktoré sa týkajú kmitov a dynamiky strojov.

Výpočet frekvencie vlastných kmitov nie je často jednoduchý. Občas je nutné zavedenie dodatočných podmienok pre rovnicu pohybu, ktoré vyplývajú z podopretia prvku v obvode a tiež z jeho geometrie.

Vstupná analýza dynamických vlastností prvka elementov obvodu často dovoľuje odmietnuť možnosť nahradenia obvodu oscilátorom s jedným stupňom voľnosti. Takto je možné sa rozhodnúť napr. vtedy, keď sa frekvencie vlastných kmitov jedného, resp. niekoľkých prvkov dajú porovnať s budiacou pulzáciou silovou alebo kinematickou.

VLASTNÉ KMITY OBVODU

Je možné dokázať, že frekvencie vlastných kmitov sériového obvodu sú menšie, ako najnižšie frekvencie sumárnych prvkov. Z tohoto dôvodu je nutné vypočítať frekvencie kmitov celého obvodu. Zostavenie rovníc pre pohyb obvodu s kontinuálnym rozložením hmotnosti, ktorý je zložený zo stláčaných prútov, skrúcaných hriadeľov a ohýbaných nosníkov s premenlivým prierezom, nie je prakticky možné. Musíme najprv vykonať redukciu obvodu na obvody s konečným počtom stupňov voľnosti. Deje sa to delením obvodu na konečný počet prvkov. Metóda konečných prvkov umožňuje vytvoriť sústavu rovníc pre voľný pohyb, ktoré pre netlmené obvody majú tvar

$$M\ddot{x} + C\dot{x} = 0 \quad (1)$$

kde: M — matica hmotnosti obvodu
 C — matica tuhosti obvodu
 x — vektor obecných premiestnení

Po rozdelení obvodu na konečný počet úsečiek a ich nahradení konečnými prvkami sa určujú hlavné stupne voľnosti, ktoré zodpovedajú obecným premiestneniam. Matice hmotnosti a tuhosti obvodu sa tvoria z matíc hmotnosti a tuhosti konečných prvkov súhlasne s ich topológiou. Z týchto matíc sa vyškrtnú tie riadky a stĺpce, ktoré zodpovedajú podopretiu obvodu (Kruszewski a. i., 1984).

Riešiť rovnice voľného pohybu čiže vypočítať hodnoty a vlastné vektory je možné rôznymi metódami (Bishop a. i., 1972, Dworecki, 1987).

Vzhľadom na náročnosť výpočtov, týka sa to zvlášť veľkých sústav, boli vytvorené mnohé počítačové metódy, ktoré umožňujú výpočet výskytu a tvaru kmitov vlastných rozličných obvodov. Medzi najviac používané systémy patrí Automatic System of Kinematic Analysis (Fraun, 1974), Structural Analysis Program a tiež NASTRA (Kruszewski a. i., 1984). Dosadzovanie hodnôt sa vo väčšine systémov začína topológiou obvodu, ktorá obsahuje

- označenie typov konečných prvkov medzi jednotlivými uzlami,
- ohraničenie stupňov voľnosti v uzloch v súlade s podopretím,
- označenie hlavných stupňov voľnosti, ktoré zodpovedajú obecným súradniciam.

Charakteristika obvodu obsahuje:

- súradnice uzlov,
- geometrické dáta lementov (plochy prierezov, momenty zotrvačnosti prierezov),
- charakteristiky pružnosti materiálov (Youngov modul, Poissonova konštanta),
- hmotnostné charakteristiky materiálov (hustoty).

Program zostavuje maticu obvodu a vypočítava hodnoty a vlastné vektory.

REDUKCIA OBVODU NA OSCILÁTOR S JEDNÝM STUPŇOM VOLNOSTI

Získané frekvencie vlastných kmitov obvodu môžu byť vodítkom pre redukciu obvodu na jeden stupeň voľnosti. Až po porovnaní týchto frekvencií s budiacimi frekvenciami je možné sa rozhodnúť pre prípadnú redukciu obvodu. Keď druhá vlastná frekvencia je blízka budiacej frekvencii, potom jednohmotový model neodrzakdlí činnosť obvodu. Vtedy je možné použiť model dvojhmotový. Čím viac frekvencií vlastných kmitov bude blízky budiacej frekvencii, tým vyšší stupeň musí mať použitý model.

Definitívna vzdialenosť medzi frekvenciou vlastných kmitov a budiacou frekvenciou je závislá na žiadanej presnosti analýzy, tvare budiacej frekvencie a pod.

Redukcia obvodu spočíva vo výpočte náhradnej hmoty m_z a náhradnej tuhosti c_z obvodu. Pri týchto výpočtoch je nutné vziať do úvahy rovnováhu kinetickej a potenciálnej energie jednohmotového a mnohohmotového modelu

$$\frac{1}{2} m_z \dot{x}^2 = \frac{1}{2} \dot{x} M \dot{x} \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} c_z x_z^2 = \frac{1}{2} x C x \quad (3)$$

kde x_z je obecná súradnica modelu s jedným stupňom voľnosti. Nezohľadnenie týchto súvislostí a použitie iných metód výpočtu m_z a c_z môže spôsobiť aj 300 % chybu (Wlad, 1982).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Za účelom analýzy tlmenia rozvodového mechanizmu motora a určenia podmienok verifikácie ventilových pružín bolo potrebné zostaviť matematický model tohto obvodu. Vstupná analýza ukázala, že tlmenie v skúšanom obvode je potrebné popísať nelineárnou závislosťou. Použitie mnohohmotového modelu vedie k popísaniu obvodu pomocou viacerých nelineárnych rovníc pohybu. Preto bolo potrebné si overiť či obvod je možné nahradiť modelom s jedným stupňom voľnosti. V doteraz známych prácach, ktoré sa zaoberali analýzou obvodu rozvodu sa používali jednohmotové modely a tiež mnohohmotové, pričom sa nezdôvodňovala ich voľba.

Predmetom modelovania bol rozvodový mechanizmus motora S-4001 (obr. 1). Sústava sa skladá zo zdvihadla, tyče, váhadla, podložky s poistkou, ventila a pružín. Pohyb tohoto obvodu je odvodený od vačkového hriadeľa s maximálnou frekvenciou otáčania 1000 min.⁻¹ resp. 16,7 Hz.

Pre výpočet frekvencie pozdĺžnych vlastných kmitov zdvihadla bolo zdvihadlo nahradené prútom v tvare hranola s prierezom

$$S = \frac{m}{l_0} \quad (4)$$

Frekvencie prúta, ktorý je votknutý z dvoch strán sú (Gutowski a Swietlicki, 1986)

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

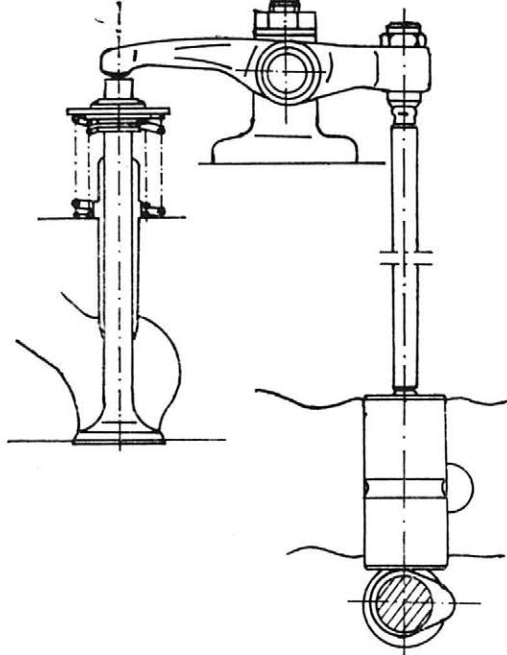
kde: n — hmotnosť

l — dĺžka

E — Youngov modul

ρ — hustota

Vypočítané frekvencie mali hodnoty $n.4,3.10^4$ Hz.



1. Rozvodový obvod motora S — 4001
— S — 4001 engine valve drive system

2. Tvar kmitov vahadla — Form
of valve locker free vibration

Taktiež sa uskutočnil výpočet frekvencie strednej časti zdvihadla bez sedla a bez taniera zdvihadla ($n. 5,69 \cdot 10^4$ Hz).

Analogicky bola vypočítaná frekvencia kmitov tyče ($n. 8,6 \cdot 10^3$ Hz), sa vypočítali osovú frekvencie vlastných kmitov vonkajšej pružiny ($n. 2,3 \cdot 10^2$ Hz) a vnútornej pružiny ($n. 2,0 \cdot 10^2$ Hz).

Ventil predstavuje prútový prvok, ktorý nahradzuje driek a tiež koncentrovanú hmotu nahradzujúcu tanier ventilu. Frekvencie takéhoto obvodu uchyteného z jednej strany predstavujú hodnotu $[(2n - 1) \cdot 8,0 \cdot 10^3$ Hz].

Frekvencie kmitov podložky s poistkou neboli vyčíslené, pretože ich geometrický tvar svedčí o tom, že tieto frekvencie sú mnohonásobné väčšie ako frekvencie ostatných elementov.

Pred vyčíslením frekvencie vlastných kmitov vahadla vznikla potreba určiť jeho moment zotrvačnosti I metódou fyzického kyvadla. Vahadlo sa nahradilo dvoma prvkami (obr. 2), ktoré mali moment zotrvačnosti vzhľadom k osi rotácie rovný momentu zotrvačnosti vahadla a poloha ťažiska modelu bola zhodná s polohou ťažiska vahadla.

Frekvencia vlastných kmitov vahadla sa vypočítala Rayleighovou metódou. Tvar vlastných kmitov sa stanovil podľa obr. 2. Potenciálna energia ohýbaného nosníka sa vyjadrí vzťahom:

$$E_p = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M dx}{EI_z} = \frac{1}{2} \int_0^l EI_z \left(\frac{\delta^2 y}{\delta x^2} \right)^2 dx \quad (6)$$

kde: M — ohybový moment

I_z — moment zotrvačnosti prierazu S vzhľadom k osi ohybu

Keď predpokladáme harmonické kmity, potom platí:

$$y(x, t) = A(x) \sin(\omega t + \varphi) \quad (7)$$

kde: $A(x)$ — funkcia tvaru kmitov

Po dosadení dostaneme:

$$E_p = \frac{1}{2} \sin(\omega t + \varphi) \int_0^l EI_z \left(\frac{\delta^2 A(x)}{\delta x^2} \right)^2 dx \quad (8)$$

Maximálna potenciálna energia je pre $\sin(\omega t + \varphi) = 1$, kedy kinetická energia $E_k = 0$

$$E_{p_{\max}} = \frac{1}{2} \int_0^l EI_z \left(\frac{\delta^2 A(x)}{\delta x^2} \right)^2 dx \quad (9)$$

Pre harmonické kmity nosníka podopretého na koncoch

$$A(x) = A \sin \frac{\pi x}{l} \quad (10)$$

V prípade vahadla bude

$$E_p = \frac{1}{2} \left\{ \int_0^{l_1} EI_1 \left[\left(A_1 \sin \frac{\pi x_1}{l_1} \right)'' \right]^2 dx_1 + \int_0^{l_2} EI_2 \left[\left(A_2 \sin \frac{\pi x_2}{l_2} \right)'' \right]^2 dx_2 \right\} \quad (11)$$

Funkcia tvaru kmitov na podpere v strednej časti musí byť kontinuálna a teda derivácie funkcie musia byť zhodné:

$$\left(A_1 \sin \frac{\pi x_1}{l_1} \right)' \Big|_{x_1=l_1} = \left(-A_2 \sin \frac{\pi x_2}{l_2} \right)' \Big|_{x_2=0} \quad (12)$$

Odtiaľ

$$\frac{A_1 \pi}{l_1} \cos \frac{\pi x_1}{l_1} \Big|_{x_1=l_1} = \frac{-A_2 \pi}{l_2} \cos \frac{\pi x_2}{l_2} \Big|_{x_2=0} \quad (13)$$

$$\frac{A_1 \pi}{l_1} \cos \pi = \frac{-A_2 \pi}{l_2} \cos 0 \quad (14)$$

Po zjednodušení dostaneme $A_1 = 1$, $A_2 = \frac{l_2}{l_1}$

Keď vypočítané amplitúdy dosadíme do (11), po zintegrovaní dostaneme

$$E_p = \frac{1}{4} \pi^4 E \left(\frac{I_1}{l_1^3} + \frac{I_2}{l_1^2 l_2} \right) \quad (15)$$

Kinetická energia ohývaného nosníka bude

$$E_k = \frac{1}{2} \int_0^l \varrho S \left(\frac{\delta y}{\delta t} \right)^2 dx \quad (16)$$

Po dosadení predchádzajúceho riešenia dostaneme

$$E_k = \frac{1}{2} \omega^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \int_0^l \varrho S A^2(x) dx \quad (17)$$

kde: ϱ — hustota

Maximum kinetickej energie vystupuje pre

$$\cos(\omega t + \varphi) = 1 \quad (18)$$

vtedy $E_p = 0$, ale

$$E_{k_{\max}} = \frac{1}{2} \omega^2 \int_0^l \rho S A^2(x) dx \quad (19)$$

Po dosadení vypočítanej funkcie tvaru kmitov a po zintegrovaní dostaneme

$$E_{k_{\max}} = \frac{1}{4} \omega^2 \rho S l A^2 \quad (20)$$

V našom prípade bude

$$E_{k_{\max}} = \frac{1}{4} \omega^2 \rho \left(S_1 l_1 + S_2 \frac{l_2^3}{l_1^2} \right) \quad (21)$$

Pri úvahe, že oba nosníky sú okrúhleho prierezu a po porovnaní

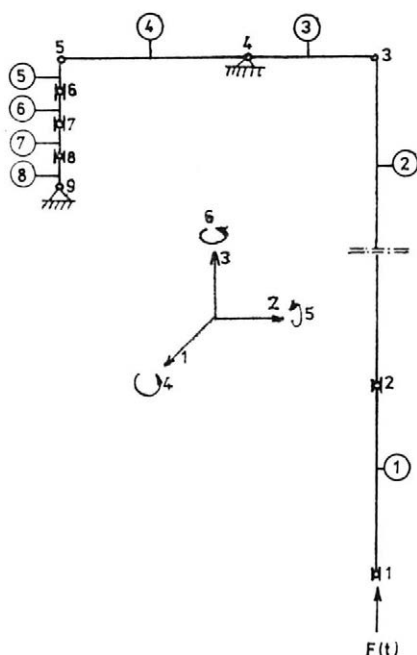
$$E_{p_{\max}} = E_{k_{\max}} \quad (22)$$

bolo zistené, že frekvencia sa rovná $3,9 \cdot 10^4$ Hz.

Po analýze získaných výsledkov je možné konštatovať, že pružina má najmenšiu frekvenciu vlastných kmitov. Frekvencie ostatných elementov obvodu sú o dva rady väčšie. Vzhľadom k tomu, že tuhosť pružiny je najmenšia, možno usudzovať, že obvod bude kmitať, ako koncentrovaná hmota na nehmotnej pružine, a na tieto kmity sa budú nanášať vlastné kmity samotnej pružiny.

V malej miere tento pohyb bude rušený kmitami vysokej frekvencie od kmitov ostatných elementov obvodu. Táto hypotéza bola potvrdená na modeli celého obvodu.

Model obvodu (obr. 3) sa skladá z dvoch prutových prvkov, ktoré nahrádzajú zdvihadlo 1 a tyč 2, z dvoch nosníkových prvkov 3 a 4, ktoré zobrazujú ramená váhadla a štyroch prutových prvkov 5, 6, 7, 8, ktoré nahrádzajú ventilové pružiny. Hmotnosti



3. Sieť konečných prvkov modelu rozvodového obvodu — Finite element network of the valve drive system model

1. TOPOLOGY

2. NET (1) (9)
3. FLA2 (1) (1) (1) (2)
4. FLA2 (2) (1) (2) (3)
5. BECOS (3) (1) (3) (4)
6. BECOS (4) (1) (4) (5)
7. FLA2 (5) (4) (5,1) (6,1)
8. SUPPRESS (1) (9) (1,1)
9. SUPPRESS (2) (2) (1,1)
10. SUPPRESS (2,3) (2) (4,5)
11. SUPPRESS (5,6) (2) (3,2)
12. SUPPRESS (2) (3) (6,1)
13. EXTERNAL (3) (3) (1,1)
14. EXTERNAL (3) (4) (5,1)
15. END NET
16. END TOPOLOGY

1 10. 0.
 2 10. 6.
 3 10. 36.
 4 6. 36.
 5 0. 36.
 6 0. 35.
 7 0. 34.
 8 0. 33.
 9 0. 32.

\$GEDA N=1 G=1 C=2
 1 3.69 3.69

\$GEDA N=1 G=2 C=2
 1 0.41 0.41

\$GEDA N=1 G=3 C=8
 1 3.852579 1.1811179 1.1811179 0. 2.3622358

\$GEDA N=1 G=4 C=8
 1 1.20865 0.11624954 0.11624954 0. 0.232499908

\$GEDA N=1 G=5 C=2 E=A
 1 18.095238E-6 18.095238E-6

\$EMOND N=1 C=2 G=A
 1 2.1E6 0.5

\$EMOD N=1 C=2 G=5 E=A
 1 2.1E6 0.

\$DENS N=1 C=1 G=A
 1 7.8E-6

\$DENS N=1 C=1 G=5 E=A
 1 7.875E-1

\$FIN

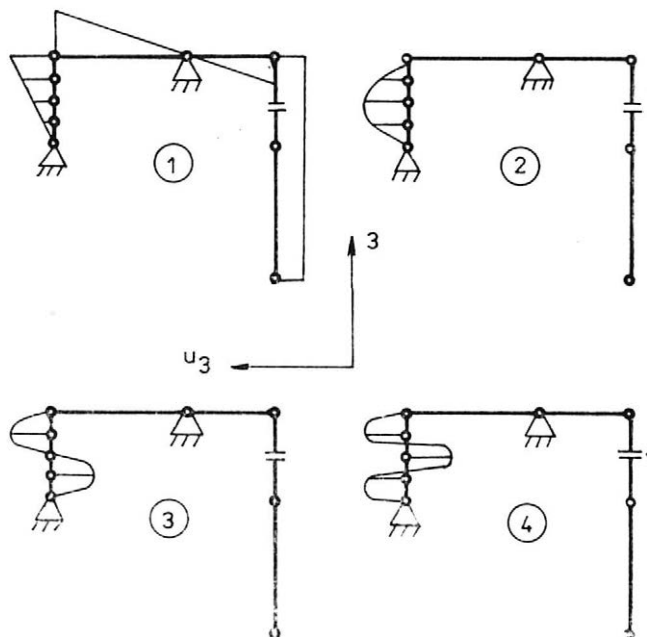
II. Matica hmotnosti a tuhosti, frekvencie vlastných kmitov a vektory modelu rozvodového obvodu — Mass matrix, stiffness matrix, free vibration frequencies and vectors of a valve drive system model

1	2	3	4	5	6	7
0.57564E-04	0.28782E-04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.	0.98544E-04	0.15990E-04	0.0	0.0	0.0	0.0
.	.	0.73327E-04	-0.35305E-05	0.0	0.0	0.0
.	.	.	0.14961E-03	0.20000E-05	0.0	0.0
.	.	.	.	0.80000E-05	0.20000E-05	0.0
.	.	.	.	.	0.80000E-05	0.20000E-05
.	.	.	.	.	.	0.80000E-05
1	2	3	4	5	6	7
0.12915E+07	-0.1215E+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.	0.13202E+07	-0.28700E+05	0.0	0.0	0.0	0.0
.	.	0.35859E+05	0.47727E+04	0.0	0.0	0.0
.	.	.	0.32198E04	0.38000E+02	0.0	0.0
.	.	.	.	0.76000E+02	-0.38000E+02	0.0
.	.	.	.	.	0.76000E+02	-0.38000E+02
.	.	.	.	.	.	0.76000E+02

MODE	EIGENVALUE	COMPLEX CIRCULAR FREQUENCY		FREQUENCY	MODE	MODAL DAMPINS
1	0.31881238E-04	(0.0	, 0.17710565E+03)	0.28187241E+02	1	0.0
2	0.47157158E-06	(0.0	, 0.14562170E+04)	0.23176414E+03	2	0.0
3	0.10469296E-06	(0.0	, 0.30905889E+04)	0.49188232E+03	3	0.0
4	0.39911960E-07	(0.0	, 0.50055117E+04)	0.79665186E+03	4	0.0
5	0.25035909E-07	(0.0	, 0.63200195E+04)	0.10058623E+04	5	0.0
6	0.14620833E-08	(0.0	, 0.26152543E+05)	0.41623047E+04	6	0.0
7	0.15779003E-10	(0.0	, 0.25174462E+06)	0.40066402E+05	7	0.0

1	2	3	4	5	6	7
TVARY KMITOV						
1-3	-0.667737	0.035001	-0.018657	0.016497	0.780458	1.000000
2-3	-0.667736	0.034995	-0.018645	0.016469	0.778367	-0.756403
3-3	-0.667576	0.034425	-0.017284	0.013338	0.544296	0.171139
5-3	1.000000	-0.046770	0.014499	0.005241	1.000000	-0.072624
6-3	0.758782	0.682054	-0.999984	0.704302	-0.697424	0.020436
7-3	0.510062	1.000000	-0.007226	-1.000000	0.440898	-0.005720
8-3	0.256298	0.715520	1.000000	0.708094	-0.213432	0.001470

4. Prvý, druhý, tretí a štvrtý tvar vlastných kmitov μ_3 — posun v smere 3 — First, second, third and fourth free vibration form μ_3 — displacement along 3



a tuhosti prvkov zodpovedajú skutočným hmotnostiam a tuhostiam časti rozvodového mechanizmu. Koniec ventila je počas práce voľný, čiže neuzatvára kinematickú reťaz. Preto v uzle 5 je koncentrovaná hmotnosť, ktorá obsahuje hmotu ventilu, taniera a poistky.

Hodnoty týkajúce sa obvodu a jeho elementov sú v tab. I. Výpočet sa uskutočnil na počítači IBM 360 v systéme ASKA. V topologickom popise jednotlivé zátvorky pri prútových prvkoch (FLA 2) a nosníkových (BECOS) obsahujú číslo skupiny prvkov, počet prvkov, čísla uzlov, ktoré spájajú prvok. Zátvorky pri popise podopretia (SUP-PRESS) a hlavných stupňov voľnosti (EXTERNAL) obsahujú: číslo smeru, počet uzlov, čísla uzlov. Po tomto sú uvedené súradnice každého uzla. Ďalej sú uvádzané geometrické dáta každej skupiny prvkov (GEDA): pre prútové prvky prierezy na koncoch; pre nosníky priečne plochy prierezu, momenty zotrvačnosti prierezu I_x , I_y , deviačný moment zotrvačnosti a_y a tiež pólový moment zotrvačnosti prierezu I_o . Dáta taktiež obsahujú Youngov modul a Poissonovu konštantu (EMOD) a tiež merné hmotnosti materiálov (DENS). Dáta sú v jednotkách, v ktorých systém pracuje [kg, cm].

Výpočtom sme obdržali matice hmôt a tuhosti a tiež frekvencie a tvary vlastných kmitov (tab. II).

Ako vidíme, prvá a druhá frekvencia sa rádovo líšia, pritom druhá frekvencia je mnohonásobne väčšia ako frekvencia, ktorá ju vybudila. Príklady tvarov vlastných kmitov obvodu sú zobrazené na obr. 4. Môžeme tvrdiť, že pohyb obvodu bude nepatrne narušaný kmitami pružiny. Celú hmotu obvodu je možné sústrediť do jedného uzla, pretože druhá frekvencia vlastných kmitov je postačujúco vzdialená od frekvencie, ktorá ju vyvolala.

Po redukcii matíc hmôt a tuhosti do uzla 5 dostaneme $m_z = 0,3040$ kg, $c_z = 0,96830 \cdot 10^3 \cdot 9,81$ N.m⁻¹ čo zodpovedá frekvencii 28,4028 Hz.

ZÁVER

Pri modelovaní dynamických mechanických obvodov je možné sa dopustiť dvoch druhov chýb. Jednou z nich je neodôvodnené zredukované obvodu s viacerými stupňami

voľnosti na obvod s jedným stupňom voľnosti. Druhou chybou je náhrada jednoduchého obvodu modelom s viacerými stupňami voľnosti. Predložený algoritmus umožňuje vyhnúť sa týmto chybám. Výpočet frekvencií vlastných kmitov jednotlivých častí obvodu umožňuje získať základné vedomosti o obvode a poukazuje na diskretizáciu obvodu konečnými prvkami. Rozhodnutie sústrediť hmotu obvodu do jedného uzla je možné jedine po vypočítaní frekvencie vlastných kmitov celého obvodu. Výpočet náhradných hmotností a tuhostí môže byť správny pri dodržaní podmienky rovnováhy medzi energiou obvodu a modelu.

Literatúra

- BISHOP, R. E. D. a kol.: Macierzowa analiza drgań. Warszawa, WNT 1972.
BRAUN, K. A. a kol.: ASKA — part II. Linear Dynamic Analysis. ASD Universität Stuttgart, 1974.
DWORECKI, Z.: Metody wrażliwościowe w dynamice układów mechanicznych. Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie nr. 206, 1987.
GUTOWSKI, . — SWIETLIKI, W. A.: Dynamika i drgania układów mechanicznych. Warszawa, PWN 1986.
KRUSZEWSKI, J. a kol.: Metoda elementów skonczonych w dynamice konstrukcji. Warszawa, ARKADY 1984.
WLAD, P.: Badanie wpływu nieliniowości tłumienia wybranych elementów i par na dynamike układu wzrządu tłokowego silnika spalynowego. Poznań, Politechnika Poznańska 1982.

Došlo dňa 2. 6. 1989

ДВОРЕЦКИ, З. (Институт механизации сельского хозяйства при СХА — Познань, ПНР): Редукция серийных механических цепей в осцилляторе с одной степенью свободы. Земед. Techn., 36, 1990 (4) : 219-228.

Анализируются динамические механические цепи, подвергаемые моделированию с помощью осциллятора с одной степенью свободы. В анализ входят определение частоты собственных колебаний как отдельных звеньев, так и всей цепи. В работе разработана математическая модель распределительного механизма, составленного с помощью метода финальных компонентов. В заключение приводится модель с одной степенью свободы, выведенная при соблюдении условия равновесия между энергией цепи и моделью.

распределительный механизм; математическая модель; дискретизация цепи; энергo-метод моделирования; собственные колебания

DWORECKI, Z. (Institute of Farm Mechanization of Agricultural Academy, Poznań, Poland): *Reduction of mechanical series circuits in oscillator with one degree of freedom*. Zeméd. Techn., 36, 1990 (4) : 219-228.

There is an analysis of the dynamic mechanical circuits that are to be subjected to simulation, using an oscillator with a single degree of freedom. The analysis consists in the determination of the frequency of the free vibration of the separate elements and the whole system. The mathematical model of the engine valve drive system, constructed by the finite element method, is solved in the paper. A model with a single degree of freedom is shown in the conclusion; the condition of equilibrium between the energy of the circuit and the model was respected when the model was calculated.

engine valve drive system; mathematical model; discretization of circuit; energy method of simulation; free vibration

Adresa autora:

Ing. Zbigniew Dworecki, Instytut Mechanizacji Rolnictwa Akademii Rolniczej, Wojska Polskiego 60, 60-627, Poznań, PLR

EXERGETICKÁ ANALÝZA VÝMĚNÍKU TEPLA VZDUCH – ODPADNÍ VLHKÝ VZDUCH S PARCIÁLNÍ KONDENZACÍ

J. Jílek

JÍLEK, J. (Vysoká škola zemědělská, Praha): *Exergetická analýza výměníku tepla vzduch – odpadní vlhký vzduch s parciální kondenzací*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4): 229–238.

Teplo vlhkého odpadního vzduchu (např. ze zemědělských sušáren) je možné využít ve výměníku tepla vzduch – odpadní vlhký vzduch s parciální kondenzací k ohřevu vzduchu. Část exergie vstupního vlhkého vzduchu se v ideálním infinitezimálním výměníku tepla předává ohřívanému vzduchu a část odchází ve formě exergie zkondenzované vodní páry. Ideálním výměníkem tepla se rozumí výměník tepla bez exergetických ztrát. Exergii kondenzátu lze využít jen zčásti, a to při vhodném konstrukčním řešení. Jinak např. při teplotě kondenzace 80 °C se ztrácí 20 % exergie. S klesající teplotou kondenzace se podíl exergie kondenzátu na úbytku exergie vlhkého vzduchu zvyšuje.

využití výstupního vzduchu sušáren; výměník tepla vzduch – vlhký vzduch s parciální kondenzací; exergie vlhkého vzduchu; exergie vody

Odpadem mnoha procesů, např. zemědělského sušárenství, je teplý vzduch s vysokou měrnou vlhkostí. Použitím výměníků tepla vzduch – vlhký vzduch s parciální kondenzací v komoře výměníku lze využít nejen část citelného tepla, ale zejména část latentního tepla vodní páry. „Kvalitu“ hmotových toků vstupujících a vystupujících z výměníku tepla je možné hodnotit termodynamickým pojmem exergie. Analyzován je infinitezimální ideální výměník tepla. Ideálním výměníkem tepla zde rozumíme výměník bez exergetických ztrát, tj. výměník s vratným průběhem všech procesů. Nutnou podmínkou vratnosti procesů ve výměníku jsou nulové ztráty tepla vnější stěnou výměníku, nulový gradient tlaku ohřívaného a ochlazovaného prostředí a nulový rozdíl teplot mezi vlhkým vzduchem, kterému je teplo odnímáno, a vzduchem, kterému je toto teplo předáváno. Ve skutečnosti při přestupu tepla nutně musí dojít k určité exergetické ztrátě, která je hnací silou přestupu tepla. Uvedená analýza je limitním případem ve smyslu nekonečně pomalého procesu přestupu tepla bez exergetické ztráty. Potom exergie vstupního vlhkého vzduchu je rovna součtu exergie výstupního ochlazeného vlhkého vzduchu, exergie vody zkondenzované vodní páry a přírůstku exergie vzduchu, který teplo přijal. Infinitezimálním výměníkem tepla je část výměníku tepla, ve které dochází k infinitezimální změně teploty ochlazovaného vlhkého vzduchu. Ohřívaným prostředím je vzduch nasávaný z okolí. Cílem práce je určit teoretické omezení praktického využití vlhkého teplého vzduchu, např. výstupního vzduchu ze sušáren, pomocí výměníků tepla vzduch – vlhký odpadní vzduch s parciální kondenzací v komoře výměníku.

ZAVEDENÍ POJMU EXERGIE A ANERGIE

U integrovaných energetických systémů může být energie opouštějící jeden proces využívána v jiných vhodných procesech. Navazující procesy musí mít schopnost využití

této energie, která je většinou částečně degradovaná předchozím procesem. Protože energie prochází libovolným procesem nezměněna co do kvantity, vzniká otázka existence fyzikální veličiny, která by podchytila degradaci energie, tedy kvalitativní změnu energie. Z hlediska praktických výpočtů by bylo výhodné, aby tato veličina měla charakter stavové veličiny, neboť potom bychom se při analýze složitého procesu nemuseli detailně zabývat celým jeho průběhem, ale jistou hodnotu této veličiny lze potom přiřadit každému stavu hmoty na začátku, uvnitř a na konci procesu.

Při řešení otázky míry kvality energie spatřujeme jistou neekvivalentnost různých druhů energie, již lze vyjádřit pojmem transformovatelnost energie. Transformací se zde rozumí přechod energie z jednoho systému do druhého. Je logické považovat druhy energie navzájem neomezeně transformovatelné, tj. beze zbytku, za standard, k němuž lze přirovnávat druhy energie omezeně transformovatelné. Nutno upřesnit, že neomezená transformovatelnost energie musí vyplývat z toho, že tato transformovatelnost není omezena žádným přírodním zákonem. Jestliže např. nedosahujeme 100% transformaci kinetické energie v energii elektrickou v elektrickém generátoru, neznamená to omezení transformovatelnosti kinetické energie. V limitním případě bez ztrát této přeměny dosáhnout lze a tato přeměna není, jak se dosud ukazuje, omezena žádným přírodním zákonem. Tímto limitním případem je zřejmě vratný proces. Existují však omezeně transformovatelné druhy energie, které nelze plně beze zbytku přeměnit na neomezeně transformovatelné druhy energie. Zde je předem určena míra transformovatelnosti (menší než 100 %), přičemž této míry lze dosáhnout opět v ideálním vratném případě. Příkladem je přeměna vnitřní energie hmoty v práci a teplo při teplotě okolí $T_0 > 0$ K.

Teplo a práce jsou formy přenosu energie. Pro snadnější vyjadřování zde zahrnujeme práci pod neomezeně transformovatelné druhy energie a teplo pod omezeně transformovatelné druhy energie.

Ukazuje se, že za standard, tj. za neomezeně transformovatelné druhy energie, lze považovat energii elektrickou, gravitační, kinetickou a neobjemovou práci. Za energii omezeně transformovatelnou na výše uvedené neomezeně transformovatelné druhy energie nutno považovat vnitřní energii a teplo.

Jestliže kvalitu plně transformovatelných druhů energie vezmeme za 100% standard, naskytá se možnost nazvat míru kvality pracovní schopností energie systému, neboť neomezeně transformovatelnou energii lze stoprocentně transformovat na jiné neomezeně transformovatelné druhy energie pouze přes práci, nikoli přes teplo.

Při stanovení pracovní schopnosti energie je nutno stanovit ještě jeden standard. Nabízí se 0% standard určený rovnováhou daného systému s okolím, tj. pracovní schopnost energie okolí pokládáme za nulovou. Zde je ale jisté slabé místo stanovení pracovní schopnosti energie, neboť z uvedené definice tohoto pojmu pomocí 100% a 0% standardu vyplývá závislost pracovní schopnosti omezeně transformovatelných druhů energie na parametrech okolí. Tato závislost je tím větší, čím má energie nižší procento transformovatelnosti na neomezeně transformovatelné druhy energie. Pracovní schopnost neomezeně transformovatelných druhů energie na okolí nezávisí. Pro pracovní schopnost energie se používá termínu exergie. Anergie je doplněk exergie na hodnotu energie.

Při podrobnější analýze je nutné rozlišit exergii hmoty vstupující do systému (otevřený systém) a exergii uzavřeného systému. V technických aplikacích je významná především exergie hmoty v otevřeném systému. Exaktně je exergie hmoty vstupující do systému definována neobjemovou prací včetně vlačné práce, kterou systém vykoná při vratném přechodu hmoty do rovnovážného stavu s okolím. Neobjemová práce, např. elektrická energie, je druh energie, který nesouvisí se změnou objemu systému, tj. s kontrakcí nebo expanzí systému. Neobjemová práce je největší, jestliže proces přechodu do rovnováhy s okolím je vratný. Každý nevratný proces je spojen s exergetickou ztrátou.

Měrná exergie hmoty v otevřeném systému e je obecně dána vztahem (Fratzscher aj., 1986; Brodjanskij, 1973; Baehr, 1966)

$$e = h - h_0 - T_0 (s - s_0) \quad (1)$$

Anergie hmoty v otevřeném systému je rovna teplu o teplotě T_0 , které systém předává během svého vratného přechodu do rovnovážného stavu s okolím. Teplu o teplotě T_0 nemá exergii. Měrná anergie hmoty v otevřeném systému a je dána vztahem (Fratzscher aj., 1986)

$$a = h - h_0 - e = T_0 (s - s_0)$$

EXERGIE VODY A VLHKÉHO VZDUCHU

Předpokládáme-li chování vodní páry podle stavové rovnice pro ideální plyn a považujeme-li za okolí vlhký vzduch o teplotě T_0 a o měrné vlhkosti x_0 (odpovídající parciální tlak vodní páry označíme $(P_{D,0})$, potom pro výpočet měrné exergie vody e_W platí (Jílek, 1988)

$$e_W(T) = h_W(T) - h_W(T_0) - T_0 \left[s_W(T) - s_W(T_0) + r_D \ln \frac{P_{D,0}}{P_D''(T_0)} \right] \quad (2)$$

V případě, že v rozmezí teplot T_0 a T je možné považovat měrnou tepelnou kapacitu vody c_W za konstantu, nabývá vztah (2) výpočtově jednoduššího tvaru

$$e_W(T) = c_W \left(T - T_0 - T_0 \ln \frac{T}{T_0} \right) + r_D T_0 \ln \frac{P_D''(T_0)}{P_{D,0}} \quad (3)$$

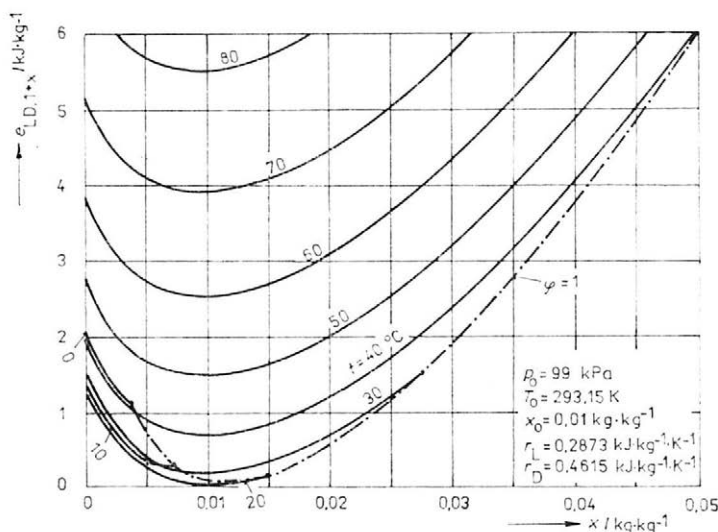
Při stanovení exergie vlhkého vzduchu předpokládáme chování složek vlhkého vzduchu vodní páry a suchého vzduchu podle stavové rovnice ideálního plynu. Potom pro měrnou exergii vlhkého vzduchu vztaženou na 1 kg suchého vzduchu, tj. na $(1+x)$ kg vlhkého vzduchu $e_{LD,1+x}$ platí (Jílek, 1988)

$$\begin{aligned} e_{LD,1+x}(T, x, p) = & h_L(T) - h_L(T_0) - T_0 \left[s_L(T) - s_L(T_0) - r_L \ln \frac{x_0 + 0,622}{x + 0,622} \right] + \\ & + x \left\{ h_D(T) - h_D(T_0) - T_0 \left[s_D(T) - s_D(T_0) - r_D \ln \frac{x(x_0 + 0,622)}{x_D(x + 0,622)} \right] \right\} + \\ & + (r_L + x r_D) T_0 \ln \frac{P}{P_0} \end{aligned} \quad (4)$$

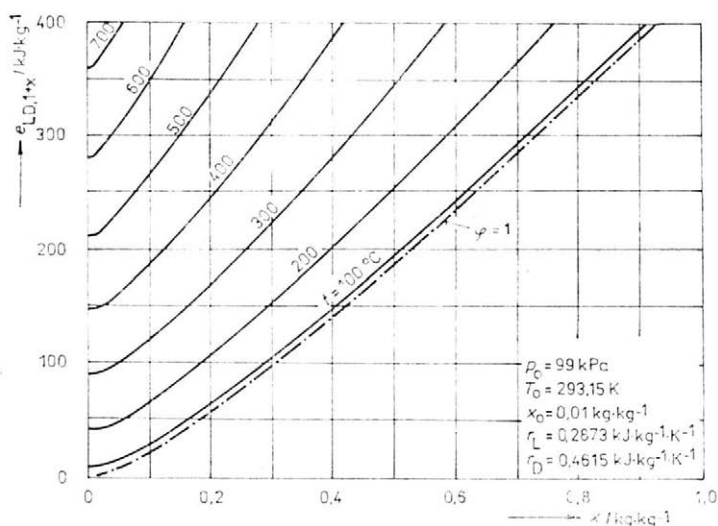
přičemž rozdíly měrných entropií $s_L(T) - s_L(T_0)$ a $s_D(T) - s_D(T_0)$ se předpokládají za konstantního libovolného tlaku. Rozdíl měrných entropií ideálního plynu za konstantního tlaku nezávisí na hodnotě tohoto tlaku. Je-li možné v rozmezí teplot T_0 a T považovat měrné tepelné kapacity suchého vzduchu a vodní páry za konstantního tlaku $c_{p,L}$ a $c_{p,D}$ za konstanty, nabývá vztah (4) tvaru, který je uváděn v literatuře (Kato, 1984; Moebus, 1972)

$$\begin{aligned} e_{LD,1+x}(T, x, p) = & (c_{p,L} + x c_{p,D}) \left(T - T_0 - T_0 \ln \frac{T}{T_0} \right) + r_L T_0 \ln \frac{x_0 + 0,622}{x + 0,622} + \\ & + x r_D T_0 \ln \frac{x(x_0 + 0,622)}{x_D(x + 0,622)} + (r_L + x r_D) T_0 \ln \frac{p}{p_0} \end{aligned} \quad (5)$$

Při použití tohoto vztahu v rozsazích $T \in \langle 313,15; 393,15 \rangle$ K, $x \in \langle 0,01; 1,0 \rangle$ kg.kg⁻¹, $c_P = [h(393,15 \text{ K}) - h(293,15 \text{ K})]/100$ K podle tabulek (Keenan, 1978; Baehr aj.,



1. Závislost exergie vlhkého vzduchu na teplotě a měrné vlhkosti $x \in <0; 0,05> \text{ kg.kg}^{-1}$ — Dependence of moist air exergy on temperature and specific humidity $x \in <0; 0,05> \text{ kg.kg}^{-1}$



2. Závislost exergie vlhkého vzduchu na teplotě a měrné vlhkosti $x \in <0; 1,0> \text{ kg.kg}^{-1}$ — Dependence of moist air exergy on temperature and specific humidity $x \in <0; 1,0> \text{ kg.kg}^{-1}$

1961) chyba za dále uvedených parametrů okolního vzduchu nepřevyšuje 3 %. Exergie vlhkého vzduchu podle rovnice (5) sestává ze tří složek. První složku (první člen na pravé straně) lze nazvat teplotní exergií. Druhou složku (druhý a třetí člen) je možné označit za exergii parciálních tlaků složek. Třetí složka (čtvrtý člen) představuje exergii celkového tlaku.

Exergie vlhkého vzduchu podle vztahu (4) pro $p = p_0$ v závislosti na měrné vlhkosti x a teplotě t je pro dva intervaly měrných vlhkostí $x \in <0; 0,05> \text{ kg.kg}^{-1}$ a $x \in <0; 1,0> \text{ kg.kg}^{-1}$ podle tabulek (Keenan, 1978; Baehr aj., 1961) zobrazena na obr. 1 a 2. Voleny jsou tyto parametry okolí

$$T_0 = 293,15 \text{ K} \quad (6)$$

$$x_0 = 0,01 \text{ kg.kg}^{-1} (\varphi_0 = 67,0 \%) \quad (7)$$

$$p_0 = 99 \text{ kPa} \quad (8)$$

Předpokládáme elementární výměník tepla, do kterého vstupuje nasycený vlhký vzduch s parametry $T, x''(T), p = p_o$ a z kterého vystupuje nasycený vlhký vzduch s parametry $T - dT, x''(T - dT), p = p_o$. Hodnoty měrných tepelných kapacit $c_W, c_{P,L}, c_{P,D}$ považujeme za konstanty.

Během elementární kondenzace část entalpie vstupního vlhkého vzduchu odchází s vodou $dh_{W,1+x}$ a část přestupuje do ohřívajícího prostředí dq_{1+x} . Přitom platí

$$dh''_{LD,1+x} = \left[\left(\frac{\partial h''_{LD,1+x}}{\partial T} \right)_{x''} + \left(\frac{\partial h''_{LD,1+x}}{\partial x''} \right)_T \frac{dx''}{dT} \right] dT \quad (9)$$

Zvolíme-li nulovou entalpii vody a nulovou entalpii suchého vzduchu při teplotě T_o , potom pro entalpii vody h_W a entalpii vlhkého vzduchu $h''_{LD,1+x}$ (entalpie ideálního plynu nezávisí na jeho tlaku) platí

$$h_W(T) = (T - T_o) c_W \quad (10)$$

$$h''_{LD,1+x}(T, x'') = c_{P,L}(T - T_o) + x''[l(T_o) + c_{P,D}(T - T_o)] \quad (11)$$

Podle vztahu (11) platí

$$\left(\frac{\partial h''_{LD,1+x}}{\partial T} \right)_{x''} = c_{P,L} + x'' c_{P,D} \quad (12)$$

$$\left(\frac{\partial h''_{LD,1+x}}{\partial x''} \right)_T = l(T_o) + c_{P,D}(T - T_o) \quad (13)$$

S uvážením rovnic (12), (13) a vztahu

$$l(T) = l(T_o) - (c_W - c_{P,D})(T - T_o) \quad (14)$$

přechází vztah (9) na tvar

$$dh''_{LD,1+x} = \left[(c_{P,L} + x'' c_{P,D}) + l(T) \frac{dx''}{dT} \right] dT + c_W(T - T_o) \frac{dx''}{dT} dT \quad (15)$$

Protože podle obr. 3 platí

$$dh''_{LD,1+x} = -h''_{LD,1+x}(T, x'') + h''_{LD,1+x}(T - dT, x'') = -dq_{1+x} - dh_{W,1+x} \quad (16)$$

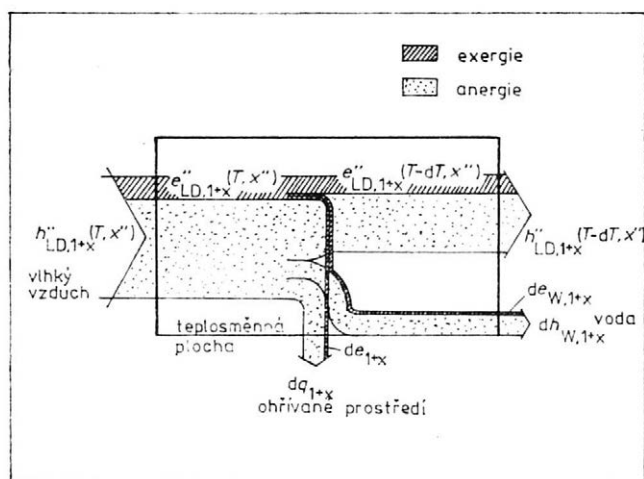
z porovnání se vztahem (15) vyplývá

$$dq_{1+x} = - \left[(c_{P,L} + x'' c_{P,D}) + l(T) \frac{dx''}{dT} \right] dT \quad (17)$$

$$dh_{W,1+x} = -c_W(T - T_o) \frac{dx''}{dT} dT \quad (18)$$

Během elementární kondenzace část exergie vstupního vlhkého vzduchu odchází s vodou $de_{W,1+x}$ a část přestupuje do ohřívajícího prostředí de_{1+x} . Přitom platí

$$de''_{LD,1+x} = \left[\left(\frac{\partial e''_{LD,1+x}}{\partial T} \right)_{x''} + \left(\frac{\partial e''_{LD,1+x}}{\partial x''} \right)_T \frac{dx''}{dT} \right] dT \quad (19)$$



3. Toky entalpie, exergie a energie elementárním ideálním výměníkem tepla s parciální kondenzací — Enthalpy, exergy and energy flows in an elementary ideal heat exchanger with partial condensation

Podle vztahu (5) platí

$$\left(\frac{\partial e''_{LD,1+x}}{\partial T} \right)_{x''} = (c_{P,L} + x''c_{P,D}) \left(1 - \frac{T_o}{T} \right) \quad (20)$$

$$\left(\frac{\partial e''_{LD,1+x}}{\partial x''} \right)_T = c_{P,D} \left(T - T_o - T_o \ln \frac{T}{T_o} \right) + r_D T_o \ln \frac{x''(x_o + 0,622)}{x_o(x'' + 0,622)} \quad (21)$$

S uvažáním rovnic (20), (21)

$$p_{D,o} = p_o \frac{x_o}{x_o + 0,622} \quad (22)$$

$$p''_{D}(T) = p_o \frac{x''}{x'' + 0,622} \quad (23)$$

a vztahu (odvozen dále)

$$r_D T_o \ln \frac{p''_{D}(T)}{p''_{D}(T_o)} = l(T) \left(1 - \frac{T_o}{T} \right) + (c_W - c_{P,D}) \left(T - T_o - T_o \ln \frac{T}{T_o} \right) \quad (24)$$

přechází po úpravě vztah (19) na tvar

$$de''_{LD,1+x} = \left[(c_{P,L} + x''c_{P,D}) + l(T) \frac{dx''}{dT} \right] \left(1 - \frac{T_o}{T} \right) dT + \left[c_W \left(T - T_o - T_o \ln \frac{T}{T_o} \right) + r_D T_o \ln \frac{p''_{D}(T_o)}{p_{D,o}} \right] \frac{dx''}{dT} dT \quad (25)$$

Protože podle obr. 3 platí

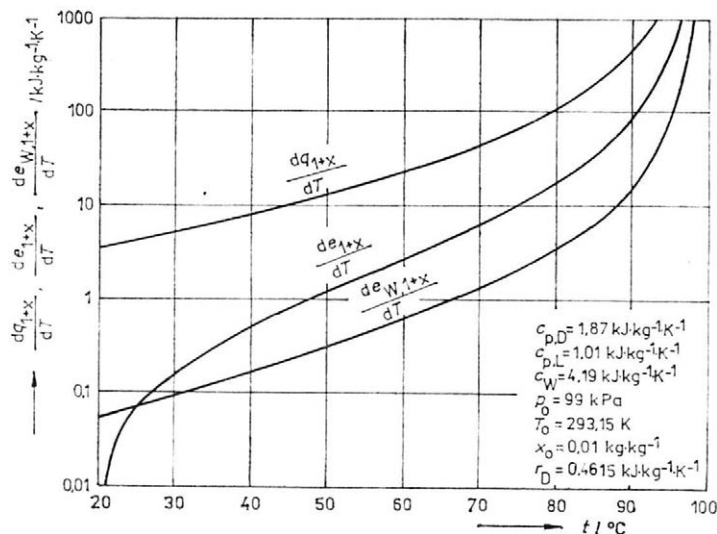
$$de''_{LD,1+x} = -e''_{LD,1+x}(T, x'') + e''_{LD,1+x}(T - dT, x'') = -de_{1+x} - de_{W,1+x} \quad (26)$$

z porovnání se vztahem (25) vyplývá

$$de_{1+x} = - \left[(c_{P,L} + x''c_{P,D}) + l(T) \frac{dx''}{dT} \right] \left(1 - \frac{T_o}{T} \right) dT \quad (27)$$

$$de_{W,1+x} = - \left[c_W \left(T - T_o - T_o \ln \frac{T}{T_o} \right) + r_D T_o \ln \frac{p''_{D}(T_o)}{p_{D,o}} \right] \frac{dx''}{dT} dT \quad (28)$$

4. Závislost veličin dq_{1+x}/dT , de_{1+x}/dT , $de_{W,1+x}/dT$ na teplotě — The dependence of quantities dq_{1+x}/dT , de_{1+x}/dT , $de_{W,1+x}/dT$ on temperature



Vztah (27) bylo možné obdržet přímo jako součin přestupujícího tepla podle vztahu (17) s Carnotovým faktorem $\left(1 - \frac{T_0}{T}\right)$. Vztah (28) bylo možné obdržet přímo jako součin kondenzující vody $\left(\frac{dx''}{dT} dT\right)$ s měrnou exergií vody podle vztahu (3).

Vztah (24) lze odvodit integrací Clausius-Clapeyronovy rovnice

$$d \ln p''_D(T_x) = \frac{l(T_x)}{r_D T_x^2} dT_x \quad (29)$$

v rozmezí teplot T_0 a T , předpokládáme-li teplotní závislost měrného výparného tepla

$$l(T_x) = l(T_0) - (c_W - c_{p,D})(T_x - T_0) \quad (30)$$

Přestupující teplo dq_{1+x}/dT , jeho exergie de_{1+x}/dT a exergie zkondenzované vody $de_{W,1+x}/dT$ podle vztahů (17), (27) a (28) v závislosti na teplotě t elementární kondenzace jsou znázorněny na obr. 4. Všechny znázorněné veličiny jsou v souladu s předchozím odvozením vztaženy na průtok 1 kg suchého vzduchu ochlazovaného prostředím. Jsou uvažovány parametry okolního vlhkého vzduchu (6) až (8), přičemž pro dx''/dT podle vztahů (23) a (29) platí

$$\frac{dx''}{dT} = \frac{0,622 p_0 l(T) p''_D(T)}{r_D (p_0 - p''_D(T))^2 T^2} \quad (31)$$

Hodnoty $p''_D(T)$ a $l(T)$ byly převzaty z tabulek (Keenan aj., 1978).

DISKUSE

Uvažujeme-li např. parametry sušícího prostředí z vysokoteplotní sušárny $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, $x = 0,7 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, potom z obr. 2 vyplývá, že v případě vratného převedení veškeré exergie z výstupního sušícího prostředí do toku okolního vzduchu při shodné průtočné hmotnosti suchého vzduchu v obou tocích bude teplota takto ohřátého vzduchu činit $613 \text{ }^\circ\text{C}$. Problémem je technická realizace převodu exergie. Nejjednodušším tech-

nickým řešením převodu exergie z výstupního sušícího prostředí sušáren do jiného prostředí je výměník tepla s parciální kondenzací, u kterého ale nelze dosáhnout vyšší teploty ohřátého prostředí, než je vstupní teplota ochlazovaného prostředí.

Křivky dq_{1+x}/dT a de_{1+x}/dT vyjadřující teplo a exergii, které přestupují z ochlazovaného nasyceného vzduchu elementárního ideálního výměníku tepla, se s rostoucí teplotou T podle obr. 4 k sobě asymptoticky blíží, neboť Carnotův faktor $\left(1 - \frac{T_o}{T}\right) \rightarrow 1$ při $T \rightarrow \infty$. Křivky de_{1+x}/dT a $de_{W,1+x}/dT$ se naopak s rostoucí teplotou T rozcházejí, neboť se zvětšuje podíl exergie přestupujícího tepla na úkor exergie zkondenzované páry. Při $t = 80^\circ\text{C}$ 80 % exergie odnímané vlhkému nasycenému vzduchu přechází do ohřívajícího prostředí a 20 % připadá na exergii zkondenzované páry. U ideálního výměníku s konečným ochlazením ochlazovaného prostředí o ΔT je možné určit přestupující teplo q_{1+x} , exergii předanou ohřívajícímu prostředí e_{1+x} a exergii zkondenzované páry $e_{W,1+x}$ podle vztahů

$$q_{1+x} = \int_T^{T-\Delta T} dq_{1+x} \quad (34)$$

$$e_{1+x} = \int_T^{T-\Delta T} de_{1+x} \quad (35)$$

$$e_{W,1+x} = \int_T^{T-\Delta T} de_{W,1+x} \quad (36)$$

kde diferenciály jsou dány vztahy (17), (27) a (28). Při vhodné konstrukci výměníku lze využít i část exergie zkondenzované páry s uvážením, že kondenzace probíhá v celém rozsahu teplot $\langle T - \Delta T; T \rangle$. K využití přichází v úvahu pouze jedna složka celkové exergie vody, tzv. teplotní exergie vody odpovídající prvnímu členu na pravé straně vztahu (3). Druhou složku exergie, vodu, danou druhým členem vztahu (3) nelze ve výměníku tepla využít.

ZÁVĚR

Ani v ideálním výměníku tepla vzduch—vlhký odpadní vzduch s parciální kondenzací v komoře výměníku nelze využít veškerou exergii vlhkého odpadního vzduchu. Část exergie vlhkého odpadního vzduchu se převádí do kondenzátu, u něhož lze využít pouze teplotní exergii. To je ovšem možné pouze při takovém konstrukčním řešení, které umožňuje ochlazování vzniklého kondenzátu. Není-li exergie kondenzátu využito, potom se např. při teplotě kondenzace 80°C ztrácí 20 % exergie odňaté ochlazovanému vlhkému vzduchu. S klesající teplotou kondenzace tato část exergie roste.

Použitá označení

c	—	měrná tepelná kapacita	$[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
e	—	měrná exergie	$[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$
h	—	měrná entalpie	$[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$
l	—	měrné skupenské teplo	$[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$
p	—	tlak	$[\text{Pa}]$

q	—	měrné teplo $[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$
r	—	měrná plynová konstanta $[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
s	—	měrná entropie $[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
t	—	teplota $[^{\circ}\text{C}]$
T	—	termodynamická teplota $[\text{K}]$
x	—	měrná vlhkost $[\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}]$
φ	—	relativní vlhkost $[1]$
D	—	vodní pára
L	—	suchý vzduch
o	—	okolí
p	—	za konstantního tlaku
W	—	voda
x	—	pomocný (integrační) index
$1+x$	—	vztaženo na $(1+x)$ kg vlhkého vzduchu
$''$	—	stav vlhkostního nasycení vzduchu

Literatura

- BAEHR, H. D. — SCHWIER, K.: Die thermodynamischen Eigenschaften der Luft. Berlin, Springer-Verlag 1961. 136 s.
- BAEHR, H. D.: Thermodynamik. Berlin, Springer-Verlag 1966. 448 s.
- BRODJANSKIJ, V. M.: Eksergetičeskij metod termodynamičeskogo analiza. Moskva, Energia 1973. 295 s.
- FRATZSCHER, W. — BRODJANSKIJ, V. M. — MICHALEK, K.: Exergie. Theorie und Anwendung. Leipzig, VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1986. 348 s.
- JÍLEK, J.: Exergie vlhkého vzduchu a vody. In: Sborník mechanizační fakulty VŠZ v Praze. Praha, VŠZ 1988, s. 109—123.
- KATO, K.: Energy savings in grain drying — A thermodynamic evaluation. In: Proceedings of the fourth international drying symposium. Kyoto, 1984, s. 571—578.
- KEENAN, J. H. et al.: Steam tables. New York, Wiley 1978. 162 s.
- MOEBUS, W.: Die Exergie der Mehrstoffgemische — Anwendung auf das Gemisch feuchte Luft. Luft- und Kältetechnik, 8, 1972, č. 3, s. 125—128.

Došlo dne 20. 4. 1989

ЙИЛЕК, Й. (Сельскохозяйственный институт, Прага): Эксергетический анализ теплообменника по части воздух-отработанный влажный воздух с частичной конденсацией. Земѣд. Techn., 36, 1990 (4) : 231-240.

Тепло влажного отработанного воздуха (напр. в агросушилках) можно использовать у теплообменника по части воздух-отработанный влажный воздух с частичной конденсацией для воздушонагрева. Часть эксергии этого воздуха в идеальном инфинитезимальном теплообменнике сообщается нагреваемому воздуху, а часть выделяется в форме эксергии в конденсированном водяном пару. Под идеальным подразумевается такой теплообменник, у которого нет эксергических потерь. Эксергию конденсата можно использовать лишь отчасти, при условии правильного конструкторского решения. Иначе, напр. при температуре конденсации 80°C утрачивается 20 % этой эксергии. С падением температуры конденсации доля эксергии конденсата в убыли эксергии влажного воздуха возрастает.

использование воздуха сушилок; теплообменник порядке воздух-влажный воздух с частичной конденсацией; эксергия влажного воздуха; эксергия воды

JÍLEK, J. (University of Agriculture, Praha): The heat exchanger system of air — waste moist air with partial condensation: an exergy analysis. Zemѣд. Techn., 36, 1990 (4) : 229-238.

The heat of the moist waste air (e.g. from farm driers) can be used for air heating in the heat exchanger system of air — waste moist air with partial con-

densation. In the ideal infinitesimal heat exchanger, part of the exergy of the input moist air is transmitted to the air being heated and another part is lost in the form of the exergy of condensed water vapour. The ideal heat exchanger is an exchanger having no exergy losses. The exergy of the condensate can be used just partially if the exchanger is designed suitably. Otherwise, e.g. at a condensation temperature of 80 °C, 20 % of the exergy is lost. The lower the condensation temperature the higher the contribution of condensate exergy in the loss of exergy of moist air.

utilization of the waste air from driers; heat exchanger system of air — moist air with partial condensation; exergy of moist air; exergy of water

JÍLEK, J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha): *Exergetische Analyse des Wärmeaustauschers Luft — feuchte Abluft mit partieller Kondensation*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4) : 229-238.

Die Wärme der feuchten Abluft (z. B. aus landwirtschaftlichen Trockenlagen) kann im Wärmeaustauscher Luft — feuchte Abluft mit partieller Kondensation zur Lufterwärmung herangezogen werden. Ein Teil der Exergie der feuchten Eintrittsluft wird im idealen infinitesimalen Wärmeaustauscher der zu erwärmenden Luft übergeben und ein Teil der Exergie geht dann in Form von Exergie des kondensierten Wasserdampfes ab. Als idealer Wärmeaustauscher ist ein solcher ohne exergetische Verluste anzusehen. Die Kondensatexergie kann nur teilweise ausgenutzt werden und zwar nur bei einer geeigneten Konstruktionslösung. Sonst, z.B. bei einer Kondensationstemperatur von 80 °C gehen 20 % der Exergie verloren. Mit der sinkenden Kondensationstemperatur nimmt der Anteil der Exergie des gegebenen Kondensates an der Abnahme der Exergie der feuchten Luft zu.

Ausnutzung der Abluft von Trockenanlagen; Wärmeaustauscher Luft — feuchte Luft mit partieller Kondensation; Exergie der feuchten Luft; Wasserexergie

Adresa autora:

Ing. Josef Jílek, CSc., Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6 — Suchbátar

KASTELOVIČ, E. — SLOBODA, A. — VESELOVSKÁ, E. — JECH, J. (Vysoká škola technická, Košice; Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Kinematická analýza kopírujúceho prihrňáča*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (4): 239—247.

V príspevku je navrhnutý výpočet kopírujúceho prihrňáča na kombajn E-512 so zohľadnením požiadaviek na zber poľahnutých porastov. Navrhnutá metodika riešenia umožňuje názorné zobrazenie činnosti prihrňáča pomocou počítača PMD-85. Činnosť prihrňáča je možné animovať pre rôzne podmienky.

prihrňáč; trajektória koncového bodu; kulisa; výpočtový program; animované projektovanie

Súčasný trend vo výrobe strojov predpokladá výmenu jednotlivých funkčných skupín kombajnu. Jednou z týchto skupín je aj prihrňáč, ktorý zabezpečuje podávanie kosenej hmoty na priebežný závitkový dopravník a tak sa nemalou mierou podieľa na výške strát, ktoré spôsobuje žací stôl. Na kombajny, ktoré sa v súčasnosti prevádzkujú, sa vo výrobných závodoch montujú excentrické prihrňáče. Excentrický prihrňáč nedostatočne plní funkciu pri zbere poľahnutých obilnín a pri zbere strukovín (Jech a Kastelovič, 1982; Ivanov a Sološenko, 1984; Jech, 1984; Sloboda, 1988).

V našich podmienkach sa pre zber strukovín najčastejšie používajú kombajny E-512. Excentrický prihrňáč nedostatočne podáva poľahnutý porast na kosu a hlavne na priebežný závitkový dopravník. Pred závitkovým dopravníkom veľmi často vznikajú zhľuky materiálu, ktoré pri ďalšej operácii nerovnomerne zaťažujú vynášací dopravník a hlavne mlátiace ústrojenstvo. Súčasne sú tieto zhľuky prečesávané prstami prihrňáča, čím dochádza k stratám. Trajektória koncového bodu prsta prihrňáča u excentrických prihrňáčov je pomerne ďaleko od priebežného závitkového dopravníka (Jech a i., 1980).

Uvedené nedostatky odstraňuje kopírujúci prihrňáč, ktorý pre zber strukovín doporučujú autori Klenin a Sakun (1980), Jech (1984) a Sloboda (1988). Základné požiadavky na prácu kopírujúceho prihrňáča sú:

- kolmé vnikanie prihrňáčky do zberaného porastu
- plynulá zmena sklonu prstov
- rovnomerný pohyb po zvolenej trajektórii
- trajektória koncových bodov musí zabezpečiť dokonalé čistenie žacej lišty a pohybovať sa čo v najmenšej vzdialenosti od priebežného závitkového dopravníka
- odkosený materiál musí byť plynule podávaný na priebežný závitkový dopravník
- odkosený materiál nesmie byť vynášaný prstami prihrňáča a nesmie sa na ne namotávať
- prsty prihrňáča nesmú zasahovať do žacej lišty
- musí sa dať plynule meniť obvodová rýchlosť prihrňáča
- šírka konštrukčného riešenia kopírujúceho prihrňáča musí dovoliť jeho montáž na kombajn E-512

Pri riešení kopírujúceho prihrňáča sme vychádzali z konštrukčných prvkov kombajnu E-512 (obr. 1). Maximálna šírka vloženej kulisy môže byť 60 mm.

Dráha koncového bodu prsta kopírujúceho prihrňáča závisí predovšetkým na tvare kulisy, ktorá spolu s rotačným pohybom prihrňáča vedie prst po určenej trajektórii.

Tvar kulisy bol navrhnutý experimentálne pomocou vytvoreného modelu v mierke 1:1. Tvar kulisy tvorí krivka, ktorá sa skladá z ôsmich úsekov, z ktorých každý tvorí časť kružnice so svojim stredom, polomerom a uhlom. Zostrojená krivka predstavuje strednú dráhu kulisy pri dodržaní konštrukčných rozmerov prihrňáča z kombajnu E-512. Základné rozmery vodiacej kulisy uvádza tab. I.

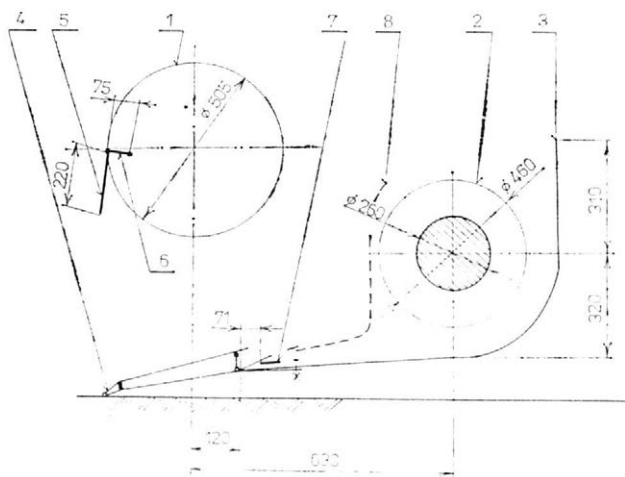
I. Základné rozmery vodiacej kulisy — The basic dimensions of the guiding coulisse

Úsek	Polomer	Súradnice stredu S_i [mm]		Dĺžka úseku v polár- nych súradniciach
i	R_i [mm]	x_i	y_i	$\Delta\alpha_i$ [°]
1	430	0	0	0 — 35,5
2	504	— 72,0	— 25,5	35,5 — 193,0
3	468	— 110,7	— 18,0	193,0 — 221,5
4	806	166,0	+ 184,4	221,5 — 246,5
5	402	— 52,0	— 157,5	246,5 — 282,5
6	1029	763,7	— 1322,0	282,5 — 297,0
7	462	— 52,0	— 76,0	297,0 — 312,0
8	796	— 364,0	56,4	312,0 — 360,0

Kontrola parametrov konštrukčného riešenia bola vykonaná animovaným projektovaním na počítači PMD-85-2. Pre úplnosť vstupných údajov bolo potrebné upresniť súradnice stredov jednotlivých kružníc, ich polomerov a uhlov.

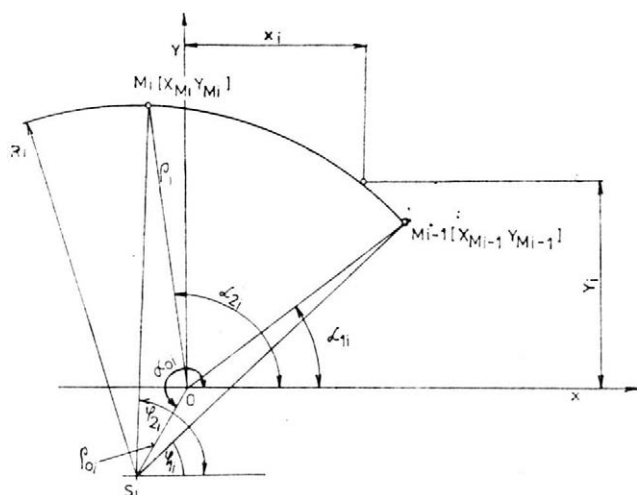
Stredy oblúkov boli popísané parametrickými rovnicami odvodenými z rovnice kružnice o vysunutom strede, pričom jedna zo súradníc bola obmedzená z návrhu a druhá vypočítaná zo vzťahu (1) podľa obr. 2:

$$(x_i - x_{1i})^2 + (y_i - y_{1i})^2 = R_i^2 \quad (1)$$



1. Schéma žacieho stola E 512: 1 — prihrňáč, 2 — priebežný závitkový dopravník, 3 — rám žacieho stola, 4 — zdvíhač porastu, 5 — prst prihrňadla, 6 — vahadlo prihrácky, 7 — kosa, 8 — požadovaný tvar dráhy prsta prihrádky — A diagram of the E 512 combine table: 1 — reel, 2 — delivery auger, 3 — combine table frame, 4 — lifter, 5 — reel finger, 6 — rake bar rocker arm, 7 — cutter bar, 8 — the required shape of the rake finger trajectory

2. Vzájomná závislosť uhlov a súradníc bodov — The angle — point coordinate relationship



V polárnom tvare v centrálnom súradnicovom systéme:

$$(q_i \cdot \cos \alpha_{2i} - q_{0i} \cdot \cos \alpha_{0i})^2 + (q_i \cdot \sin \alpha_{2i} - q_{0i} \cdot \sin \alpha_{0i})^2 = R_i^2 \quad (2)$$

Vstupom do počítača je rozmedzie uhlov, v ktorých sa jednotlivé oblúky na kulise nachádzajú:

$$\Delta\varphi = \varphi_{2i} - \varphi_{1i}$$

Ďalším riešením vzťah (2) nadobudne tvar:

$$q_i^2 - 2 q_i \cdot q_{0i} \cdot \cos (\alpha_{2i} - \alpha_{0i}) + q_{0i}^2 - R_i^2 = 0 \quad (3)$$

kde:

$$q_{0i} = \sqrt{x_{0i}^2 + y_{0i}^2}$$

a:

$$\alpha_{0i} = \arctg \frac{y_{0i}}{x_{0i}}$$

Jej korene sú:

$$q_{i1,2} = q_{0i} \cdot \cos (\alpha_{2i} - \alpha_{0i}) \pm \sqrt{q_{0i}^2 \cdot \cos^2 (\alpha_{2i} - \alpha_{0i}) - q_{0i}^2 + R_i^2} \quad (4)$$

Potom je možné určiť súradnice koncového bodu úseku M_i :

$$x_{Mi} = q_i \cdot \cos \alpha_{2i}$$

$$y_{Mi} = q_i \cdot \sin \alpha_{2i}$$

Zadaním súradníc jednotlivých stredov, počtov úsekov a rozmedzi uhlov mohli byť pomocou počítača určené a zakreslené na obrazovke všetky body na kulise (obr. 3).

Jednotlivé úseky sú popísané parametrickými rovnicami:

$$XI(I) = X1(I) + R_i \cdot \cos \varphi$$

$$YI(I) = Y1(I) + R_i \cdot \sin \varphi \quad (5)$$

$$\varphi \in (\varphi_1, \varphi_2)$$

Tým bola zobrazená krivka strednej dráhy vodiacej kulisy.

Nasledovným krokom bolo vykreslenie kružnice prihrňáča v závislosti na vypočítaných bodoch dráhy kulisy. Body kružnice boli popísané kvadratickou rovnicou na základe nasledovnej úvahy. Z vypočítaného bodu na kulise o daných súradniciach bola nakreslená imaginárna kružnica o polomere L , čo je dĺžka ramena. Vyjadrené matematicky:

$$(XX - XI)^2 + (YY - YI)^2 = L^2 \quad (6)$$

pričom:

$$XX = \sqrt{R^2 - YY^2}$$

po dosadení do vzťahu (6) dostaneme tvar:

$$R^2 - YY^2 + XI^2 - 2 XI \sqrt{R^2 - YY^2} + YY^2 + YI^2 - 2 YIYY = L^2 \quad (7)$$

Zavedením substitúcie:

$$A = R^2 + XI^2 + YI^2 - L^2$$

dostaneme pre výpočet koreňov rovnice (7) vzťah:

$$YY_{1,2} = \frac{A \cdot YI \pm \sqrt{A \cdot YI^2 - 4(XI^2 + YI^2) \cdot \left(\frac{A^4}{4} - XI^2 \cdot R^2\right)}}{2(XI^2 + YI^2)} \quad (8)$$

Vypočítaním kvadratickej rovnice dostávame dva korene. Pre kinematický model bolo vybrané riešenie pre reálny koreň.

Zo získanej krivky kulisy a kružnice bolo možné vypočítať a vykresliť dráhu koncového bodu prsta zo vzťahov (7, 8) a rovníc:

$$\begin{aligned} \cos \gamma &= \frac{XI(I) - XX(I)}{L} \\ \sin \gamma &= \frac{-YI(I) + YY(I)}{L} \end{aligned} \quad (9)$$

kde: γ — uhol sklonu prsta k vertikálnej rovine

$$\begin{aligned} XK(I) &= XX(I) + L1 \cdot \sin \gamma \\ YK(I) &= YY(I) - L1 \cdot \cos \gamma \end{aligned} \quad (10)$$

kde: XK a YK — súradnice koncového bodu prsta v okamžitej polohe

Uvedený výpočet platí za predpokladu, že priháňka je kolmá na rameno (obr. 3).

VÝPOČTOVÝ PROGRAM

Program umožňuje prostredníctvom tlačiarne D-100 vykresliť dráhu koncového bodu prsta priháňadla, znázornenie okamžitej polohy prsta vzhľadom k žaciemu stolu a povrchu poľa pri rôznych pracovných rýchlostiach.

II. Výpočtový program — Computer programu (prepis výstupu z počítača) — Computer programme (copy of computer output)

```
10 GCLEAR
20 READ N$
50 PO$ = " PROSIM O CHVILU STRPENIA; POCITAM"
60 DISP PO$
70 IF VAL(N$) > 0 THEN 900
100 PRINT "PROSIM O ZADANIE VSTUPNYCH UDAJOV"
105 PRINT
110 PRINT "UDAJE NA RIADKU 100000 ZNAMENAJU:"
120 PRINT "N — POCET USEKOV KULISY"
130 PRINT "R — POLOMER PRIHRNACA [MM]"
132 PRINT "RZ(1) — VNUTORNY POLOMER ZAVITOVKY [MM]"
134 PRINT "RZ(2) — VONKAJSI POLOMER ZAVITOVKY [MM]"
140 PRINT "L — DLZKA PRIHANKY (VAHADLA) [MM]"
150 PRINT "L1 — DLZKA PRSTOV [MM]"
155 PRINT "KR — KROK VYPOCTU"
```

```

160 PRINT "ZADAJ POCITACU PRIKAZ LLIST 10000"
170 PRINT:PRINT "PARAMETRE JEDNOTLIVYCH USEKOV SU NA RIADKOCH"
180 PRINT "      10000+PORADOVE CISLO USEKU":PRINT
190 PRINT "NAPR. PRE DEFINOVANIE 1.USEKU:LLIST 10001"
200 PRINT "      PRE DEFINOVANIE 2.USEKU:LLIST 10002"
210 PRINT "DATA ZNAMENAJU:"
220 PRINT "F1(1),F2(1) — HRANICE STREDOVEHO UHLA (STUPEN)"
230 PRINT "R(1) — POLOMER OBLUKA [MM]"
240 PRINT "X1(1),Y1(1) — SURADNICE STREDU OBLUKA [MM]"
250 PRINT
260 PRINT "PO ZADANI DAT SA PROGRAM SPUSTA PRIKAZ OM RUN"
500 END
900 READ R,L,L1,KR,RZ(1),RZ(2):N=VAL (N$)
930 DIM F1 (N),F2(N),R(N),X1(N),Y1(N),KR(N),XI(400), YI(400),YY(400),XX(400)
940 DIM XK(400),YK(400)
950 FOR I=1 TO N:READ F1(I),F2(I),R(I),X1(I),Y1(I):KR(I)=KR
970 IF F2(I)<F1(I) THEN KR(I)=-KR
980 NEXT I
1002 MI=.845 * 780
1005 SCALE -MI+70,MI+400.-938,938
1010 PEN 0:DEG:AXES 0,0:GOSUB3190
1015 J=0:PEN0
1020 FOR I=1 TO N:FOR FI=F1(I) TO F2(I) STEP KR(I):J=J+1
1030 XI(J)=X1(I)+R(I) * COS(FI):YI(J)=Y1(I)+R(I) * SIN(FI)
1050 PLOT XI(J),YI(J),1:NEXTFI:NEXTI
1060 IFFU=1THEN2060
1500 Z=0:ZN=1:YR=0:R1=R * R:LL=R1-(L * L)
1600 DEFFNCB(I)= LL+XI(I)^2+YI(I)^2
2000 DISPO$:FOR I=1 TO J:ZN=SGN(XI(I)):IFI<198THENZN=-ZN
2010 A=XI(I)^2+YI(I)^2:B=FNCB(I):C=B^2/4-(R * XI(I))^2:B=B * YI(I)
2040 YY(I)=(B+ZN * SQR(ABS(B^2-4 * A * C)))/(A * 2)
2050 XX(I)=SQR(ABS(R1-YY(I)^2))
2055 IF YY(I) < YY(I-1) THEN XX(I)=-XX(I)
2058 NEXTI:DISP
2060 PEN0:FOR I=1 TO J: PLOT XX(I),YY(I),1:NEXTI:DISPO$
2090 IF FU=1 THEN 3050
3000 FOR I=1 TO J:SG=(XI(I)-XX(I))/L:CG=(YY(I)-YI(I))/L
3020 XK(I)=XX(I)+I1 * CG:YK(I)=YY(I)+L1 * SG:NEXTI
3050 FU=0:PEN8:DISP "K1-POHYB;K2-FUZY;K3-VYMAZ;K4-CYKLO;K5-
COPY"
3080 MOVE XI(0),YI(0):PLOT XX(0),YY(0);XK(0),YK(0)
3100 FOR I=5 TO J STEP 5
3110 MOVE XI(I),YI(I):PLOT XX(I),YY(I);XK(I),YK(I)
3120 MOVE XK(I-5),YK(I-5):PLOT XX(I-5),YY(I-5);XI(I-5),YI(I-5):NEXTI
3150 MOVE XI(I-5),YI(I-5):PLOTXX(I-5),YY(I-5);XK(I-5),YK(I-5)
3160 ON INKEY GOTO 3172,3174,3176,4000,5000
3165 IF FU=1 THEN 1015
3170 GOTO 3080
3172 PEN8:GOTO3080

```

```

3174 PEN0:GOTO3080
3176 FU=1:PEN4:GOTO3080
3180 END
3190 MOVE 125,-690:LABEL 1,1;"<":DISP
3193 MOVE 125,-670:PLOT 316,-670;755,-600
3200 MOVE -MI+70,-730:PLOT MI+70,-730
3210 MOVE -121.5,-730:PLOT 125,-580
3220 MOVE 740,-320:LABEL 1,1;"+"
3240 FOR II=1 TO 2:FOR I=0 TO 360 STEP 5
3250 XZ=755+RZ(II)*COS(I):YZ=-310+RZ(II)*SIN(I):PLOTXZ,YZ,1:NEXTI:
NEXTII
3260 MOVE755,-600:FORI=270TO360STEP5:XZ=755+(RZ(2)+60)*COS(I)
3270 YZ=-310+(RZ(2)+60)*SIN(I):PLOTXZ,YZ:NEXTI
3280 PLOTXZ,-100
3500 DISP"AKA JE VYSKA PORASTU [MM] ?":INPUT VP:PP=-750+VP
3530 MOVE -MI+70,PP:PLOT -121.5,PP;125,-580+VP;755,-310-RZ(1):RETURN
4000 REM***CYKLOIDA*****
4010 IF INKEY<10THEN4010
4020 DISP"AKY JE PARAMETER CYKLOIDY ? (LAMBDA)":INPUTLA:RR=
R/LA:RA=3.1416/180
4030 DISP"AKA JE RYCHLOST JAZDY ? [KM/h]":INPUTVH:VS=VH/3.6
4040 SN=2*3.1415965*RR
4050 GCLEAR:SCALE-SN,R,-780,780:AXES0,0
4060 FORI=0TO360:PLOTR*COS(I),R*SIN(I),1:NEXTI
4070 FORI=90TO360STEP5:XC=XX(I)-RR*(I-90)*RA:XK=XK(I)-RR*(I-90)
*RA
4080 MOVEXC,YY(I):PLOTXK,YK(I):NEXTI
4090 FORI=0TO90STEP5:XC=XX(I)-RR*(I+270)*RA:XK=XK(I)-RR*(I+270)
*RA
4100 MOVEXC,YY(I):PLOTXK,YK(I):NEXTI
4110 MOVE-SN,-780:FILL1242;1
4120 MOVE-SN,-750:PLOT0,-750
4125 QQ=-SN
4126 EE=(-6*(SN+R)/25)
4130 MOVE QQ,-775:LABEL1,1;"<":MOVEEE,-775:LABEL*;">"
4140 MOVE-SN/2,-720:LABEL1,1;SN/1000"M"
4150 PRINT" LAMBDA="LA"; RYCHLOST="VH"KM/h"
4800 FU=1:DISP"K1-COPY; K2-NAVRAT NA STOL
4900 ON INKEY GOTO 5000,1015
4901 GOTO4900
5000 REM*****HRDCPY*****
5002 DISP"POZOR!!! LEN PRE TLACIAREN D-100":PAUSE20
5003 DISP"MAS TAKU TLACIAREN ? (ANO/NIE)":INPUTAA$
5004 IFASC(AA$)=65THEN5006
5005 GOTO1015
5006 DISP:DISP"TLACIAREN"
5010 POKE'2E,0:REMDISP"KOLKO MEDZIER ?":INPUT MM
5020 REMFOR I=0TOMM:ME$=ME$+CHR$(255):NEXTI
5025 ME$=CHR$(255)

```

```

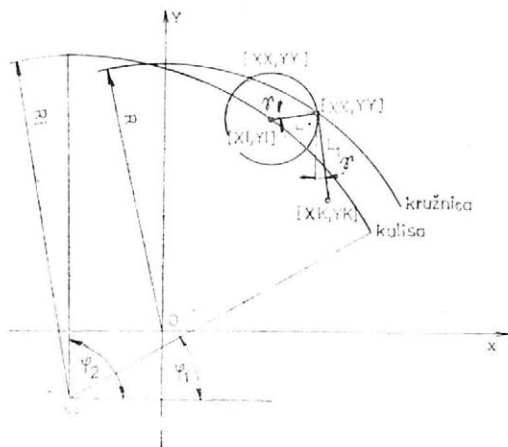
5030 OUTPUT403;CHR$(27)+"0";
5040 OUTPUT403;CHR$(27)+"1";
5050 FORST=44TO0STEP-1:HS="":HH$=""
5060 FORRI=0TO121:BMOVEST,RI:HS=HS+ME$+CHR$(255-USR(-31501)):
NEXTRI
5070 FORRI=122TO242:BMOVEST,RI:HH$=HH$+ME$+CHR$(255-USR
(-31501)):NEXTRI
5080 OUTPUT403;HS;HH$;
5090 OUTPUT403;CHR$(10);
5100 NEXTST
5110 OUTPUT403;CHR$(27)+"5";
5120 OUTPUT403;CHR$(27)+"2";
5130 POKE'2E,48
5140 GOTO3050
10000 DATA N,R ,L ,L1 ,KR,RZ(1),RZ(2)
10001 DATA F1(1),F2(1),R(1),X1(1),Y1(1)
10002 DATA F1(2),F2(2),R(2),X1(2),Y1(2)
10003 DATA F1(3),F2(3),R(3),X1(3),Y1(3)
10004 DATA F1(4),F2(4),R(4),X1(4),Y1(4)
10005 DATA F1(5),F2(5),R(5),X1(5),Y1(5)
10006 DATA F1(6),F2(6),R(6),X1(6),Y1(6)
10007 DATA F1(7),F2(7),R(7),X1(7),Y1(7)
10008 DATA F1(8),F2(8),R(8),X1(8),Y1(8)
10009 DATA F1(9),F2(9),R(9),X1(9),Y1(9)
10010 DATA F1(10),F2(10),R(10),X1(10),Y1(10)

```

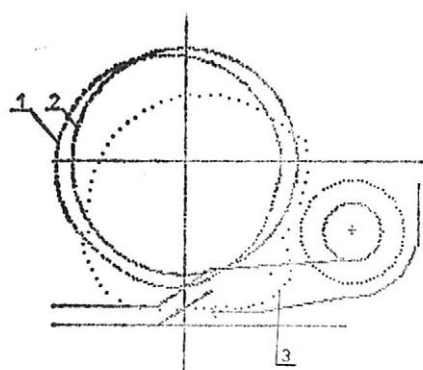
VÝSLEDKY

Grafické znázornenie dosiahnutých výsledkov je na obr. 4, 5 a 6.

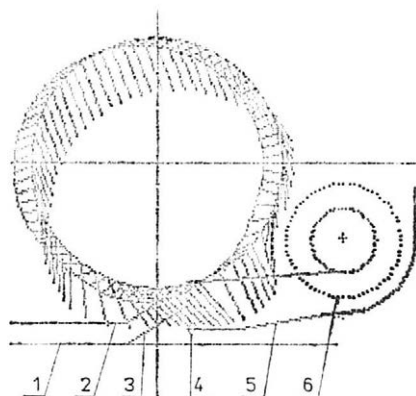
Program umožňuje kontrolu správnosti konštrukčného riešenia vodiacej kulis pre zvolené parametre práce prihŕňača. Zároveň môže slúžiť ako názorná pomôcka pre odborné školstvo.



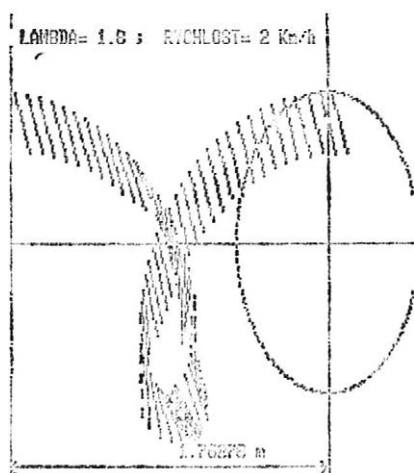
3. Kinematická závislosť jednotlivých pohybov — The kinematic relationship of individual movements



4. Dráha koncového bodu prsta priháňadla (1 — trajektória kulisy; 2 — kružnica, ktorú opisuje priháňadlo; 3 — dráha koncového bodu priháňadla) — The path of the end point of the reel finger (1 — trajectory of the arm; 2 — circle made by the reel; 3 — trajectory of the end point of the reel)



5. Znázornenie kinematiky prsta priháňača pri svojom rotačnom pohybe (1 — povrch pôdy; 2 — porast; 3 — zdvíhač; 4 — kosa; 5 — žací stôl; 6 — priebežný závitkový dopravník) — Diagrammatic representation of the kinematics of the reel finger in its rotary motion (1 — soil surface; 2 — stand; 3 — lifter; 4 — cutter; 5 — table; 6 — continuous auger conveyor)



6. Znázornenie polôh prsta priháňadla pri vytváraní cykloidy — Representation of the positions of the reel finger making a cycloid

Literatúra

- JECH, J. a kol.: Zber a výmlat strukovín [Výskumná správa.] Nitra, VŠP 1980.
 JECH, J.: Stroje pre rastlinnú výrobu II. Bratislava, Príroda 1984.
 JECH, J. — KASTELOVIČ, E.: Zberové stroje I. Košice, Edičné stredisko VŠT 1982.
 KLENIN, N. I. — SAKUN, B. R.: Seľskochozajstvennyje i meliorativnyje mašiny. Moskva, Kolos 1980.
 SLOBODA, A.: Teoretické základy určenia a hodnotenia konštrukčných parametrov mechanizmov pre zber strukovín. [Kandidátska dizertácia.] Nitra 1988. — Vysoká škola poľnohospodárska.
 IVANOV, B. I. — SOLOŠENKO, O. I.: Valkovije žatky. Moskva, Mašinostrojenie 1984.

Došlo dňa 19. 10. 1989

КАСТЕЛОВИЧ, Э. — СЛОБОДА, А. — ВЕСЕЛОВСКА, Э. — ЙЕИ, Я. (Высшее техническое училище, Кошице; Сельскохозяйственный институт, Нитра): **Кинематический анализ копирующего мотовила**. *Zeměd. Techn.*, 36, 1990 (4) : 239-247.

В статье предложен расчет копирующего мотовила на комбайне Е-512 с учетом уборки лежащих посевов. Предложенная методика решения позволяет получить наглядное изображение деятельности мотовила при помощи ЭВМ (ПМД-85). Деятельность мотовила можно приспособлять для различных условий работы.

мотовило; траектория концевой точки; кулиса; расчетная программа; проектирование приспособления

KASTELOVIČ, E. — SLOBODA, A. — VESELOVSKÁ, E. — JECH, J. (Technical University, Košice; University of Agriculture, Nitra): *A kinematic analysis of the sensing reel*. *Zeměd. Techn.*, 36, 1990 (4) : 239-247.

A calculation of the sensing reel for E-512 harvester-threshers is proposed. The requirement of lodged stand harvesting is taken account of. The proposed methodology of calculation allows the reel operation to be displayed graphically by means of a PMD-85 computer. The operation of the reel can be animated for various operating conditions.

reel; end point trajectory; coulisse; computing programme; animated designing

KASTELOVIČ, E. — SLOBODA, A. — VESELOVSKÁ, E. — JECH, J. (Technische Hochschule, Košice; Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Kinematische Analyse des kopierenden Zustreichers*. *Zeměd. Techn.*, 36, 1990 (4) : 239-247.

Die vorliegende Arbeit entwirft die Berechnung des kopierenden Zustreichers für den Mährescher E-512 in bezug auf die Anforderungen an die Ernte von gelagerten Beständen. Die Lösungsmethodik ermöglicht eine anschauliche Darstellung der Funktion des Zustreichers mit Hilfe des Rechners PMD-85. Die Funktion des Zustreichers kann für verschiedene Einsatzbedingungen simuliert werden.

Zustreicher; Trajektorie des Endpunktes; Kulisse; Berechnungsprogramm; simuliertes Projektieren

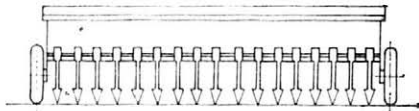
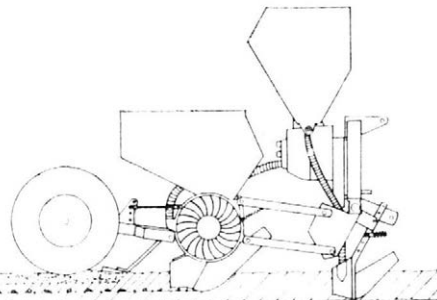
Adresy autorov:

Ing. Eduard Kastelovič, ing. Aurel Sloboda, CS., ing. Elena Veselovská, CSc., Vysoká škola technická, Švermova 9, 041 87 Košice

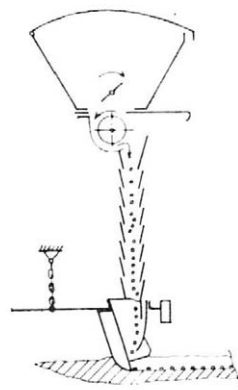
Prof. ing. Ján Jech, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 2, 949 01 Nitra

TERMINOLOGIE V OBORU ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Secí stroje

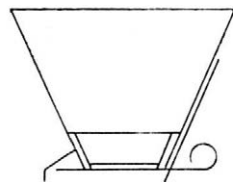
Název operace, stroje	Obrázek	Definice
1. setí, setba sejba посев, засев, сев Saat sowing		agrotechnické opatření, kterým se semena (osivo) rostlin vpravují do půdy
2. secí stroj sejačka, sejací stroj сеялка Sämaschine sowing machine; seeding machine		stroj k plynulému dávkování osiva, k jeho rovnoměrnému plošnému rozmístění a zapravení do požadované hloubky
3. secí stroj pro řádkové setí sejačka na řádkovou sejbu рядковая сеялка Drillmaschine drilling machine; drill seeder; sowing drill		secí stroj, který vysévá osivo plynulým tokem do rovnoběžných, navzájem stejně vzdálených řádků (pásů)
4. secí stroj pro přesné setí sejačka na přesnou sejbu сеялка (для) точного посева Einzelkornsämaschine single-seed drilling machine; seed spacing drill		secí stroj, který vysévá jednotlivá semena v požadovaných vzdálenostech do rovnoběžných, navzájem stejně vzdálených řádků
5. secí stroj pro bezorebné setí sejačka na bezorbovou sejbu сеялка для посева по дернине (стерне) Direktsaatmaschine direct drilling machine		secí stroj, kterým lze vysévat osivo do nepřipravené půdy

6. secí ústrojí
výsevné ústrojenstvo
высевающее устройство
Säaggregat
sowing mechanism; seeder unit



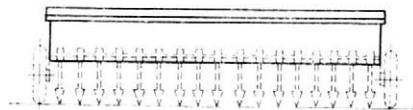
ústrojí, které vykonává celý proces setí, tj. vyhrnutí semen ze zásobníku osiva až po jejich zapravení do půdy; skládá se ze zásobníku osiva, výsevního ústrojí, popř. semenovodů a secích btek

7. zásobník osiva
zásobník osiva
семенной ящик
Saatgutbehälter, Saatkasten
seedbox



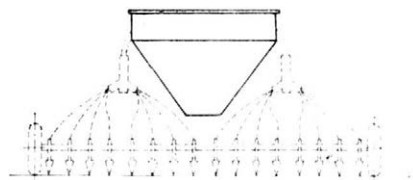
část secího ústrojí určená k uložení záso-
by vysévaného osiva

8. průběžný zásobník osiva
príbežný zásobník osiva
ruský termín není znám
Durchgebendesaatkasten; Geteiltesaat-
kasten
hopper, seed hopper

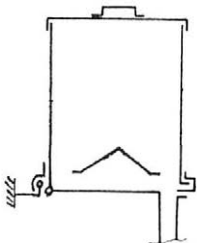
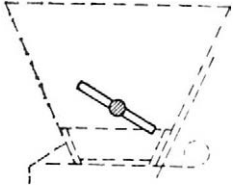
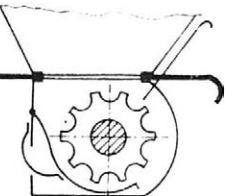
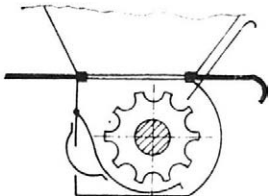


zásobník osiva, jehož délka odpovídá pra-
covnímu záběru secího stroje

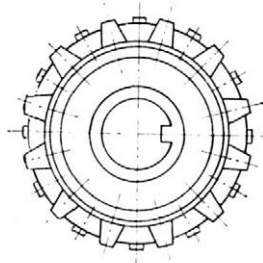
9. centrální zásobník osiva
centrálny zásobník osiva
семенной бункер
Saatguttank; Zentralersatgutbehälter
hopper; seed hopper



zásobník osiva, jehož délka je menší než
pracovní záběr secího stroje

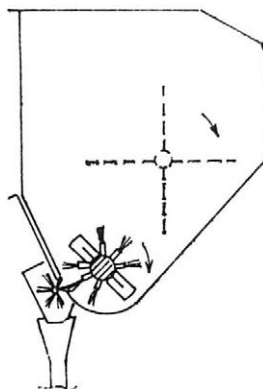
Název operace, stroje	Obrázek	Definice
10. zásobník pro každý řádek zásobník pre každý riadok семенная банка Trichter corn hopper		zásobník osiva používaný u secích strojů pro přesné setí
11. čechrač osiva načuchrávač osiva семенной бител Rührwerk seed mixer		součást zásobníku osiva, která zabraňuje tvoření dutin a zajišťuje stálý přísun osiva k výsevnímu ústrojí
12. výsevní ústrojí výsevné ústrojenstvo высевальной аппарат Sämechanismus, Säorgan, Säapparat feed mechanism, metering mechanism		část secího ústrojí, která při práci secího stroje odebírá ze zásobníku osiva jeho regulovatelné množství
13. řádkové výsevní ústrojí riadkové výsevné ústrojenstvo рядной высевальной аппарат Sämechanismus der Drillmaschine full-width drill feed mechanism		výsevní ústrojí u secího stroje pro řádkové setí, které odvádí odebrané množství osiva do semenovodů
14. válečkové výsevní ústrojí valčkové výsevné ústrojenstvo катушечный высевальной аппарат Schubsäradsystem fluted roller feed		výsevní ústrojí, jehož vlastní vysévací součástí je váleček, buď rýhovaný, nebo hladký

15. hrotové výsevní ústrojí
hrotové výsevné ústrojenstvo
штифтовый высевной аппарат
Nockensäradssystem, Nasensäradssystem
studded roller feed



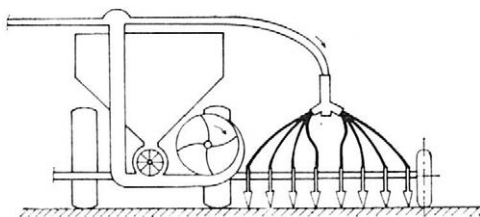
výsevní ústrojí, jehož vysévací součástí je kotouč s hroty po obvodu

16. kartáčové výsevní ústrojí
kefové výsevné ústrojenstvo
щеточный высевной аппарат
Bürstensäsystem
brush feed

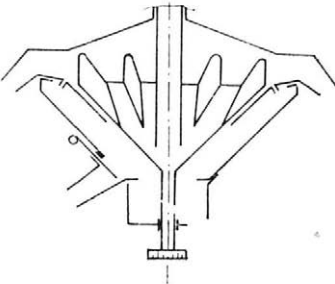
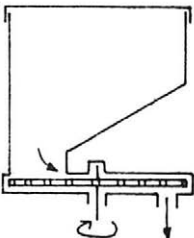
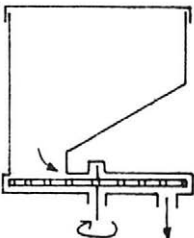
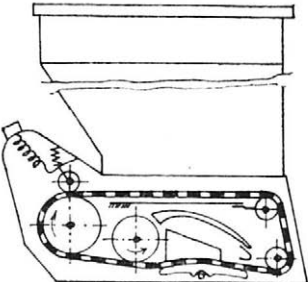


výsevní ústrojí, jehož vysévací součástí je točivý kartáč

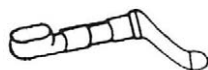
17. pneumatické výsevní ústrojí
pneumatické výsevné ústrojenstvo
пневматический высевной аппарат
Pneumatischesäsystem
pneumatic feed



výsevní ústrojí, jehož součástí je zpravidla váleček vyhrnující osivo do vzduchového proudu, který jej dopravuje přes rozdělovače nebo přímo semenovody do secích botek

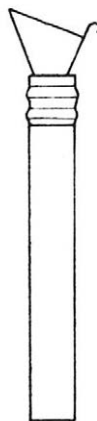
Název operace, stroje	Obrázek	Definice
18. odstředivé výsevní ústrojí odstředivé výsevné ústrojenstvo центробежный высевной аппарат Zentrifugalsäsystem centrifugal feed		výsevní ústrojí, jehož součástí je rotor, který působením lopatek a odstředivé síly usměrňuje osivo do semenovodů
19. výsevní ústrojí pro přesné setí výsevné ústrojenstvo na přesnú sejbu аппарат (для) точного посева Einzelkornsäsystem precision feed, single seed feed		výsevní ústrojí, které při práci secího stroje pro přesné setí odebírá ze zásobníku osiva jednotlivá semena a vypouští je v požadovaných vzdálenostech do půdního žlábků (řádků) vytvořeného secí botkou
20. kotoučové výsevní ústrojí kotúčové výsevné ústrojenstvo дисковый высевной аппарат Zellenscheibensämechanismus cell-wheel feed		výsevní ústrojí, jehož vysévací součástí je točivý kotouč s nabíracími jamkami nebo otvory
21. páskové výsevní ústrojí páskové výsevné ústrojenstvo ленточный высевной аппарат Zellenbandsämechanismus belt feed; belt type feed		výsevní ústrojí, jehož vysévací součástí je nekonečný děrovaný pás

22. lžičkové výsevní ústrojí
lyžičkové výsevné ústrojenstvo
ложечный высеваящий аппарат
Schöpfbeckersämechanismus
cup feed



výsevní ústrojí, jehož vysévací součástí je
točivý kotouč s otočnými lžičkami

23. semenovod
semenovod
семяпровод; семянопровод
Saatleitung
seed tube

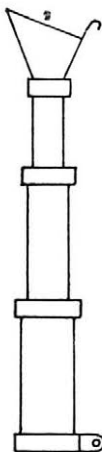


část secího ústrojí, kterou se odvádí osivo
od řádkového výsevního ústrojí do secích
btek

24. hadicový semenovod
hadicový semenovod
рукавный семяпровод
Gummischlauch
delivery tube

semenovod, jehož hlavní částí je hadice

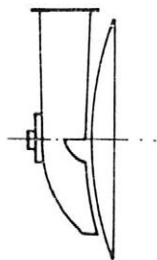
25. teleskopický semenovod
teleskopický semenovod
телескопический семяпровод
Teleskoprohr
telescopic seed tube



semenovod, jehož hlavní část tvoří trub-
ky teleskopicky do sebe zasouvateľné

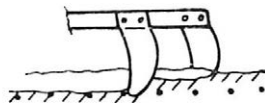
Název operace, stroje	Obrázek	Definice
26. secí botka výsevná pátka высеваящий сошник, башмак Säschar furrow opener, coulter, drill coulter, drill opener, drilling share		část secího ústrojí, která při práci secího stroje tvoří v půdě žlábek (řádek)
27. nožová secí botka nožová výsevná pátka ножевидный сошник Schleppschar, Stiefelschar chisel furrow opener, suffolk opener		secí botka, jejíž hlavní součástí, tvořící v půdě žlábek pro osivo, je klinovitý nůž
28. secí botka pro pásový výsev výsevná pátka pro pásový výsev сошник для ленточного посева Flügelschar sowing coulter for strip seeder, drilling share for strip seeder		secí botka v dolní části radličkovitě rozšířená, která rozptyluje semena do pásů
29. kotoučová secí botka сошник с плоским диском kotúčová výsevná pátka Scheibenschar flat disk-type furrow opener		secí botka, jejíž hlavní součástí, tvořící v půdě žlábek pro osivo, je jeden nebo více kotoučů

30. talířová sečí botka
tanierová výsevná päťka
сошник со сферическим диском
Scheibenschar, Tellerschar
concave disk — type furrow opener



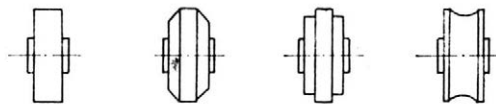
sečí botka, jejíž hlavní součástí, tvořící v půdě žlábek pro osivo, je talíř

31. zahrnovač
zahrnovač
закрыватель (борозды)
Zustreicher, Saatstriegel
coverer



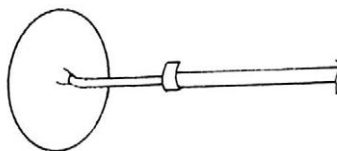
zařízení, kterým se zahrnují vysetá semena

32. zamačkávací váleček
zatlačací valček
прикатывающий каток
Druckrolle
press wheel



zařízení, kterým se docílí utužení půdy kolem vysetých semen

33. znamenák
značkovač
маркер, следоуказатель
Spurreisser
marker



zařízení, kterým se při práci stroje vytváří v půdě stopa pro jeho směrové vedení při další jízdě

Česká vědecko-technická společnost potravinářského průmyslu pobočky
ČVTS odboru potravinářského inženýrství a odboru potravinářské tech-
niky VÚPP

pořádají u příležitosti mezinárodního strojírenského veletrhu akci

NOVÁ TECHNIKA V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU

Akce se bude konat ve dnech 12. a 13. září 1990 ve Vranově nad Dyjí.
Odborným garantem akce je ing. Jiří Celba, CSc., Výzkumný ústav
potravinářského průmyslu, odbor potravinářského inženýrství, Radiová 7,
100 00 Praha 10

Dworecki Z.: Reduction of mechanical series in oscillator with one degree of freedom	228
Jílek J.: The heat exchanger system of air — waste moist air with partial condensation: an exergetic analysis	238
Kastelovič E., Sloboda A., Veselovská E., Jech J.: A kinematic analysis of the sensing reel	247

INHALT

Kovář J., Petřík K.: Einfluss siliziumhaltiger Unreinheiten auf die Qualität und Quantität der Abriebmetalle in Getriebeölen	202
Ochodnický V., Blahušiak B., Švec S., Mancovič M.: Betätigung der Einspritzpumpe mit elektrischem Signal (E)	208
Tomlein P.: Ersparnisse und Verluste auf dem Gebiet der Kosten bei der Festlegung der Sammelgebiete der Reparaturwerkstätten	217
Dworecki Z.: Reduzierung der mechanischen Serienkreise im Schwingungserreger mit einem Freiheitsgrad (E)	228
Jílek J.: Exergetische Analyse des Wärmeaustauschers Luft—feuchte Abluft mit partieller Kondensation	238
Kastelovič E., Sloboda A., Veselovská E., Jech J.: Kinematische Analyse des kopierenden Zustreichers	247



Rukopisy odevzdány k tisku 22. 12. 1989 — Podepsáno k tisku 7. 5. 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, Kovpalkova 26, 160 00 Praha 6.