



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

9

ROČNÍK 24 (LI)
PRAHA
ZÁŘÍ 1978
CENA 10 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Rídí redakční rada

Ing. Jiří Fiala, CSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc.,
ing. Vladimír Dufek, doc. ing. Marko Đuriš, CSc., ing. Fran-
tišek Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Dušan
Hutla, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Jiří Kulík, Jan Květoň,
ing. Vladimír Píša, doc. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing.
Zdeněk Štefl, CSc., Josef Višinský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá ing. Jiří Fiala, CSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1978

■

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

■

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

■

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

■

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

ZÁKLADNÝ SÍLOVÝ ROZBOR MLÁŤACIEHO MECHANIZMU Z HLADISKA VIACSEZÓNNYH POKUSOV

J. Šesták, P. Sklenka

ŠESTÁK, J. — SKLENKA, P. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Základný silový rozbor mláťacieho mechanizmu z hľadiska viacsézónnych procesov*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9): 513—530.

Experimentmi uskutočnenými s pšenicom 'Bezostá' a 'Jubilejná' a jačmeňom 'Jantár' a 'Dvoran' sme v zberových sezónach 1970, 1971, 1972, 1973 na dvoch typoch mlatkových mláťacích mechanizmov stanovili: — Odporová sila mláťacieho koša je priamoumerná obvodovej sile mláťacieho bubna. Konštrukčná invariantnosť mláťacích mechanizmov bola potvrdená. — Súčiniteľ úmernosti medzi odporovou silou mláťacieho koša a obvodovou silou mláťacieho bubna je závislý od obvodovej rýchlosti mláťacieho bubna a nezávisí od zmeny priechodnosti. — Radiálna i tangenciálna sila na vstupe a výstupe mláťacieho koša je lineárne závislá od zmeny priechodnosti a obvodovej rýchlosti mláťacieho bubna. Zataženie mláťacieho koša je vždy väčšie na jeho vstupe než na výstupe. Konštrukčné usporiadanie nemá rozhodujúci účinok na pomer síl medzi vstupom koša a jeho výstupom.

mláťací mechanizmus mlatkový; viacsézónne pokusy; zmena parametrov zataženia; silový rozbor; odpor mláťacieho koša; obvodová sila; súčiniteľ úmernosti; rozvoj teórie mláťacieho procesu

Fyzikálna štruktúra mláťacieho procesu je v zásade definovaná jednoduchými dynamickými princípmi. Identifikovaná odporová sila mláťacieho koša je daná rovnicami stanovenými Gorjačkinom (1949). Predpoklady určené integračnými dynamickými princípmi a opisujúce proces výmlatu boli ďalej rozvíjané najmä v prácach Pustigyna (1948) a Giňka (1966).

Znalosti efektívneho zataženia mláťacieho koša sú základom k určeniu jeho regulačných i automatizačných prvkov. Zmena zataženia mláťacieho koša, závislá od parametrov jeho nastavenia, ako i základných fyzikálno-mechanických vlastností spracovávanej hmoty a jej analytické vyjadrenie, je nutnou podmienkou pre možnosti jeho efektívneho konštrukčného riešenia. Predkladaný príspevok zohľadňuje analytický rozbor zataženia mláťacieho koša, ktorý bol uskutočnený v priebehu zberových sezón 1970, 1971, 1972, 1973 s obilninami — pšenica: 'Bezostá' a 'Jubilejná', jačmeň: 'Jantár' a 'Dvoran'. Pre daný konštrukčný typ mláťacieho mechanizmu sme sledovali účinok zmeny priechodnosti obilnej hmoty, obvodovej rýchlosti mláťacieho bubna, ako i strednej šírky pracovnej medzery na silové zataženie mláťacieho koša.

PODMIENKY EXPERIMENTU

Spracovávaná plodina bola charakterizovaná:

- podielom vlhkosti zrna,
- podielom vlhkosti slamy,
- pomerom zrna k slame.

Tieto hodnoty sme určili normovanými potupmi a sú vždy uvedené v zodpovedajúcej časti vyhodnotenia.

Všetky pokusy boli vyhodnotené za predpokladu konštantnej diferencie vlhkosťných parametrov. Závislosť zaťaženia od zmeny podielu vlhkosti zrna či slamy bola nepreukázaná a nie je zhodnotená. Každý pokus bol trikrát opakovaný a záznamová hodnota je stanovená ako aritmetický priemer opakovaní.

POUŽITÝ MECHANIZMUS A METODICKÝ POSTUP

Pre pokusy v rokoch 1970 a 1971 sme použili mlátačí mechanizmus zostavený zo sériových dielcov žacej mlátačky ŽM-330, doplnený vkladacím dopravníkom, v rokoch 1972 a 1973 mlátačí mechanizmus zostavený z dielcov prototypu žacej mlátačky SM-500, doplnený šikmým vkladacím dopravníkom a separačnou skupinou. Podrobný popis obidvoch typov je uvedený v prácach Šestáka (1975 a, b). Zmenu parametrov nastavenia sme uskutočnili pre „trojné“ základné nastavenia: $\Delta = 22/5 \text{ mm mm}^{-1}$, $n = 1200 \text{ min}^{-1}$, $q = 2 \text{ kg s}^{-1}$ tak, že pre dve konštantné hodnoty varírovala voľná tretia hodnota. To je efektívne znázornené vo vyhodnocovacích grafoch a tabuľkách. Pre záznam reakčných síl mlátačieho koša sme skonštruovali špeciálne jednocelové snímače. Súhlasne samostatne sme zaznamenali točivý moment mlátačieho bubna ako i zmenu jeho frekvencie otáčania. Pre zápis snímaných veličín sme použili oscilograf N-115 zo ZSSR. Oscilogramy sme metodicky spracovali a efektívne aproximačné hodnoty ako i analytické funkcie sme podľa programu určili číslicovým počítačom MSP-2A. Detailný popis meracích skupín a dielcov ako i metodika spracovania experimentov je podrobne uvedená v prácach Šestáka (1972, 1975a).

VÝSLEDKY A ICH VYHODNOTENIE

Definíciu odporovej sily mlátačieho koša v Coulombovom tvare určil vo svojich prácach Gorjačkin rovnicou:

$$F_o = f_p F_v \quad (1)$$

Predpokladal jednoduchú závislosť medzi odporom koša F_o a obvodovou silou mlátačieho bubna F_v . Súčiniteľ úmernosti f_p , všeobecnejšie určovaný ako súčiniteľ „pretierania“, zahrňuje teda komplexne fyzikálno-mechanické procesy prebiehajúce pri výmlate.

Keď zotrvačné účinky obilnej hmoty zahrnieme do deficitu obvodovej sily mlátačieho bubna, platí

$$F_v = F_z + F_o = qv + F_v f_p \quad (2)$$

a tiež

$$F_v = \frac{qv}{1 - f_p} \quad (3)$$

Tento jednoduchý tvar pre obvodovú silu mlátiacieho bubna, ktorá je takto definovaná zmenou priechodnosti, obvodovej rýchlosti bubna ako i súčiniteľa pretierania, sa stal základom pre výpočet hlavných skupín mlátiacieho mechanizmu.

Problematickým bolo a je určenie súčiniteľa f_p pre jednotlivé kinematické a konštrukčné zmeny mlátiacieho mechanizmu. Aplikovaný rozbor uvedeného vzťahu, doplnený efektívnymi experimentmi, je prvou problematikou nášho príspevku.

ZÁVISLOSŤ ODPORU KOŠA OD OBVODOVEJ SILY MLÁŤACIEHO BUBNA

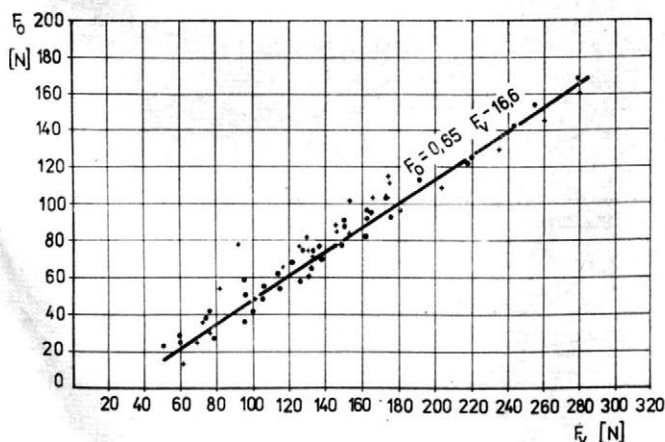
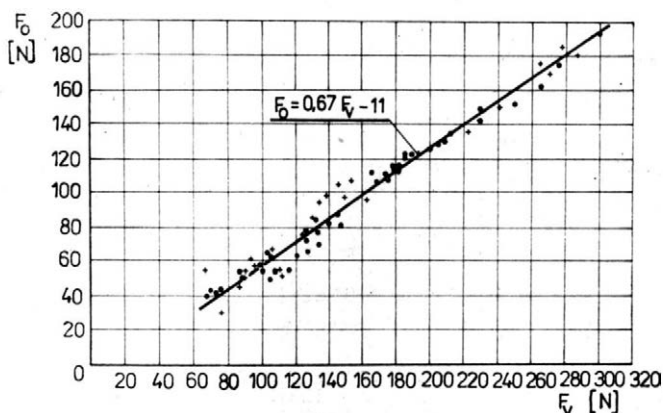
Vzájomnú závislosť oboch veličín sme pre všetky variácie nastavenia potvrdili uvedenými experimentmi. Pre pšenicu 'Bezostá' a 'Jubilejná' je význačená na obr. 1, pre jačmeň 'Jantár' a 'Dvoran' na obr. 2. Stanovené koeficienty korelácie pre pšenice:

$$r_{xy} = 0,991$$

pre jačmene:

$$r_{xy} = 0,986$$

1. Závislosť odporu mlátiacieho koša od obvodovej sily mlátiacieho bubna pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Dependence of the resistance of the threshing concave on the circumferential velocity of the cylinder in the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties



2. Závislosť odporu mlátiacieho koša od obvodovej sily mlátiacieho bubna pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Dependence of the resistance of the threshing concave on the circumferential velocity of the cylinder in the 'Jantár' and 'Dvoran' barley varieties

ukazujú na vysokú významnosť lineárnej závislosti so spoľahlivosťou 99 %. Podmienky, za ktorých boli experimenty uskutočnené, sú vyznačené v tab. I a II.

I. Podmienky experimentov pre pšenice 'Bezostá' a Jubilejná — Conditions of experiments with the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s ⁻¹)	(kg s ⁻¹)	(mm)	(mm mm ⁻¹)	(%)	(%)	(1)
Bezostá	1970	22 -38	0,8 -3,5	16 -20	18/3	10-16	14 -20	—
	1971	22 -38	0,8 -3,5	16 -20	31/9	10-16	14 -20	—
Jubilejná	1972	25 -34,8	0,7 -2,4	9,5-26,2	18/3	11-13	10 -16	—
	1973	25,1-38	0,75-2,9	9,5-26,2	31/9	10-12,5	8,4-12,1	—

II. Podmienky experimentov pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Conditions of experiments with the 'Jantár' and 'Dvoran' barley varieties

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s ⁻¹)	(kg s ⁻¹)	(mm)	(mm mm ⁻¹)	(%)	(%)	(1)
Jantár	1970	22-38	0,8 -3,5	16 -20	18/3	16-42	12,5-16	—
	1971	22-38	0,8 -3,5	16 -20	31/9	16-42	12,5-16	—
Dvoran	1972	22-38	0,75-2,0	9,5-26,2	18/3	10-18	9,2-16,3	—
	1973	23-38	0,76-2,4	9,5-26,2	31/9	9-16,2	10 -13	—

Charakter rozloženia experimentálnych hodnôt a náhrada aproximačnou priamkou plne podporuje predpoklad Gorjačkina (1949) vyjadrený rovnicou:

$$F_o = F_v - q \cdot v \quad (4)$$

Analyticky vyjadrené funkcie sa môžu približovať k počiatku súradníc, alebo sa od neho vzdalujú, zodpovedajúc hodnotám priechodnosti a obvodovej rýchlosti bubna. Zrejme tento úsek zodpovedá obvodovej sile (ak uvažujeme pohyb bubna bez mlátenia obilnej hmoty) spotrebovanej pre beh naprázdno.

Závislosť súčiniteľa úmernosti f_p (koeficient pretierania) od kinematických parametrov nastavenia mláfacieho mechanizmu

Zmena priechodnosti obilnej hmoty

Platnosť závislosti medzi obvodovou silou bubna a odporom koša sme experimentálne potvrdili. Potom v sledovanom intervale merania platí:

$$F_o = F_v - q \cdot v \quad (5)$$

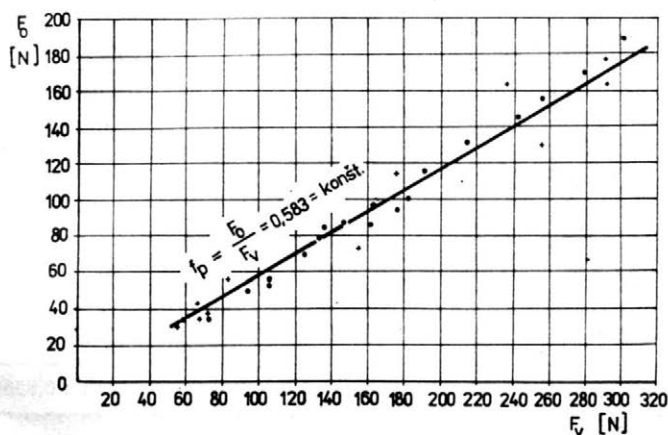
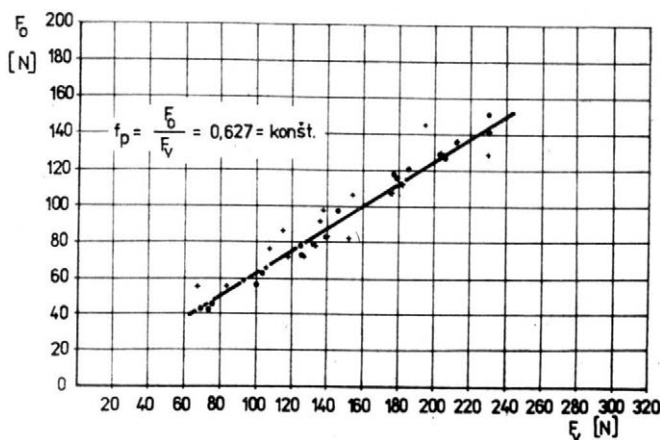
resp.

$$f_p = \frac{F_o}{F_v} = 1 - \frac{q \cdot v}{F_v} \quad (6)$$

S ohľadom na závislosť výkonu od priechodnosti dostaneme:

$$f_p = 1 - \frac{v^2}{k_1} = \text{konšt.} \quad (7)$$

3. Určenie súčiniteľa úmernosti pre variabilnú priechodnosť pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Determination of the coefficient of proportionality for variable throughput rates in the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties



4. Určenie súčiniteľa úmernosti pre variabilnú priechodnosť pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Determination of the coefficient of proportionality for variable throughput rates in the 'Jantár' and 'Dvoran' barley varieties

Súčiniteľ pretierania (úmernosti) nie je závislý od zmeny priechodnosti obilnej hmoty. Uvedené teoretické zdôvodnenie sme v ďalšom potvrdili experimentmi graficky vyjadrenými na obr. 3 pre pšenicu 'Bezostá' a 'Jubilejná' a na obr. 4 pre jačmeň 'Jantár' a 'Dvoran'. Z oboch závislostí jednoznačne vyplýva, že súčiniteľ pretierania má konštantnú hodnotu:

pre pšenice: $f_p = 0,627$,

pre jačmene: $f_p = 0,583$.

Podmienky experimentov sú uvedené v tab. III a IV.

Zmena obvodovej rýchlosti mláčiaceho bubna

Za predpokladu konštantnej medzery a priechodnosti môžeme súčiniteľ úmernosti opäť vyjadriť vzťahom (6). Po dosadení do rovnice (6) za obvodovú silu (alebo s uvažovaním, že obvodová sila je konštantná) dostaneme nakoniec:

$$f_p = 1 - \frac{q}{k_2} \cdot v = 1 - k_3 \cdot v \quad (8)$$

III. Podmienky experimentov pri určovaní súčiniteľa úmernosti pšeníc 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Conditions of experiments in the determination of the coefficient of proportionality for the wheat varieties 'Bezostaya' and 'Yubileinaya'

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s ⁻¹)	(kg s ⁻¹)	(mm)	(mm mm ⁻¹)	(%)	(%)	(1)
Bezostá +	1970	32,1	1,0 -3,5	17,5	22/5	15-16	10 -11	1 : 1,18
	1971	32,1	0,8 -8,6	17,5	22/5	14-16	16 -20	1 : 1,41
Jubilejná +	1972	34,6	0,76-2,0	14,5	22/5	11-13	10 -16	1 : 1,08
	1973	33,7	0,75-2,6	14,5	22/5	10-12,5	8,4-12,1	1 : 0,858

IV. Podmienky experimentov pri určovaní súčiniteľa úmernosti jačmeňov 'Jantár' a 'Dvoran' — Conditions of experiments in the determination of the coefficient of proportionality for the barley varieties 'Jantár' and 'Dvoran'

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s ⁻¹)	(kg s ⁻¹)	(mm)	(mm mm ⁻¹)	(%)	(%)	(1)
Jantár +	1970	32,5	1 ÷ 3,5	17,5	22/5	17 ÷ 42	15 ÷ 17	1 : 1,38
	1971	32,5	0,9 ÷ 2,8	17,5	22/5	12 ÷ 13	15 ÷ 16	1 : 0,77
Dvoran +	1972	31,6	0,75 ÷ 1,92	14,5	22/5	10 ÷ 18	9,2 ÷ 16,3	1 : 0,853
	1973	33,1	0,76 ÷ 2,7	14,5	22/5	9 ÷ 16	10 ÷ 13	1 : 0,856

Súčiniteľ pretierania je lineárne závislý od zmeny obvodovej rýchlosti mlátiaceho bubna.

Skutočnosť uvedených teoretických predpokladov sme overili našimi pokusmi. Závislosť súčiniteľa pretierania od zmeny obvodovej rýchlosti pre pšenicu 'Bezostá' je vyznačená na obr. 5. Analytické funkcie majú potom tvar:

Pre rok 1970: $f_p = 1,08 - 0,0132 v$ (9)

koeficient korelácie $r_{xy} = 0,9871$

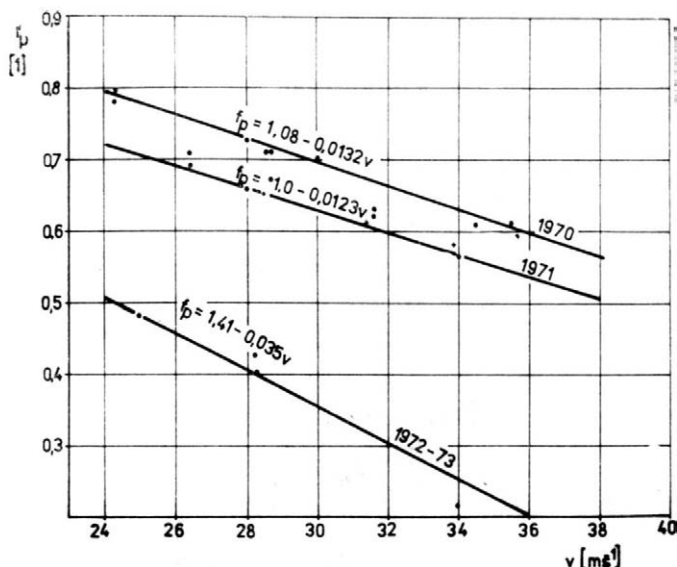
pre $v = 7$ stupňov je závislosť na 1% hladine významnosti potvrdená s 99% spoľahlivosťou

pre rok 1971: $f_p = 1,0 - 0,0123 v$ (10)

koeficient korelácie: $r_{xy} = 0,993$

Podmienky experimentov sú vyznačené v tab. V.

5. Závislosť súčiniteľa úmernosti od zmeny obvodovej rýchlosti mláfacieho bubna pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Dependence of the coefficient of proportionality on changes in the circumferential velocity of the threshing cylinder in the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties



V. Podmienky experimentov pre určenie súčiniteľa úmernosti pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Conditions of experiments for the determination of the coefficient of proportionality for the wheat varieties 'Bezostaya' and 'Yubileinaya'

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s^{-1})	(kg s^{-1})	(mm)	(mm mm^{-1})	(%)	(%)	(1)
Bezostá	1970	R	20	145	22/5	15	14,6	1 : 1,20
	1971	R	158	17,5	22/5	10	16,0	1 : 1,41
Jubilejná	1972	R	1,25	14,5	22/5	9,8	11,8	1 : 1,079
	1973	R	1,18	14,5	22/5	11,3	126	1 : 0,92

Pre rok 1972—1973 pšenica 'Jubilejná':

$$f_p = 1,41 - 0,035 v \quad (11)$$

koefficient korelácie: $r_{xy} = 0,856$

lineárna závislosť je rovnako významná

Pre jačmeň 'Jantár' a 'Dvoran' je závislosť vyznačená na obr. 6. Analytické vyjadrenie funkcie pre jačmeň 'Jantár':

$$f_p = 1,0 - 0,0152 v \quad (12)$$

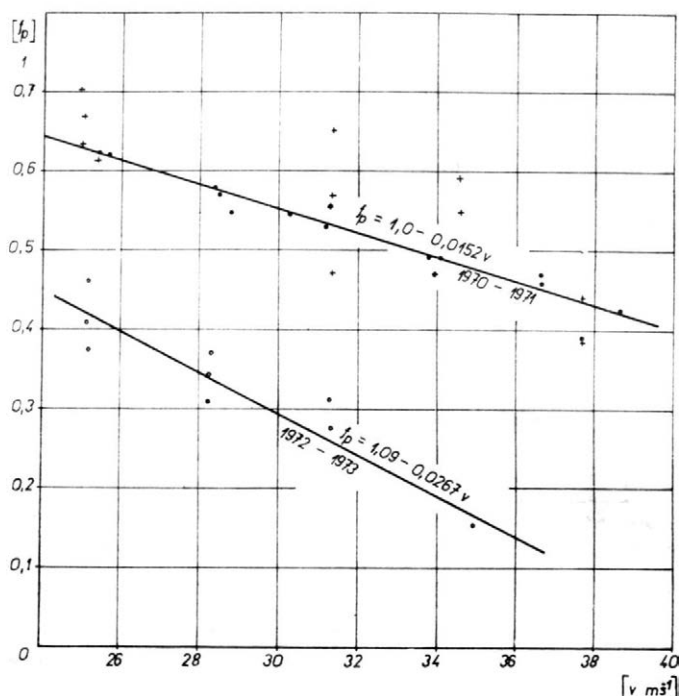
koefficient korelácie: $r_{xy} = 0,980$

Analytické vyjadrenie funkcie pre jačmeň 'Dvoran':

$$f_p = 1,09 - 0,0267 v \quad (13)$$

koefficient korelácie: $r_{xy} = 0,956$

Podmienky experimentov sú uvedené v tab. VI.



6. Závislosť súčiniteľa úmernosti od zmeny obvodovej rýchlosti mlátiaceho bubna pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Dependence of the coefficient of proportionality on changes in the circumferential velocity of the threshing cylinder in the 'Jantár' and 'Dvoran' barley varieties

VI. Podmienky experimentov na určenie súčiniteľa úmernosti pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Conditions of experiments for the determination of the coefficient of proportionality for the barley varieties 'Jantár' and 'Dvoran'

Plodina	Rok	v (m s ⁻¹)	q (kg s ⁻¹)	Δs (mm)	Δ (mm mm ⁻¹)	w_s (%)	w_z (%)	β (1)
Jantár	+ 1970	R	2	17,5	22/5	42	13,5	1 : 1,38
	• 1971	R	1,58	17,5	22/5	17	16,0	1 : 0,77
Dvoran	• 1972	R	1,82	14,5	22/5	14,11	14,15	1 : 0,90
	o 1973	R	1,28	14,5	22/5	12,8	13,1	1 : 0,858

Závislosť je vysokovýznamná so spoľahlivosťou 99 %. Je zrejmé, že pokles súčiniteľa pretierania pri vysokých obvodových rýchlostiach nebude lineárny, pretože nemôže dosiahnuť nulovú hodnotu.

Posun u pšenice 'Jubilejná' a jačmeňa 'Dvoran' je dôsledkom zmeny konštrukcie, koša a jeho usporiadania.

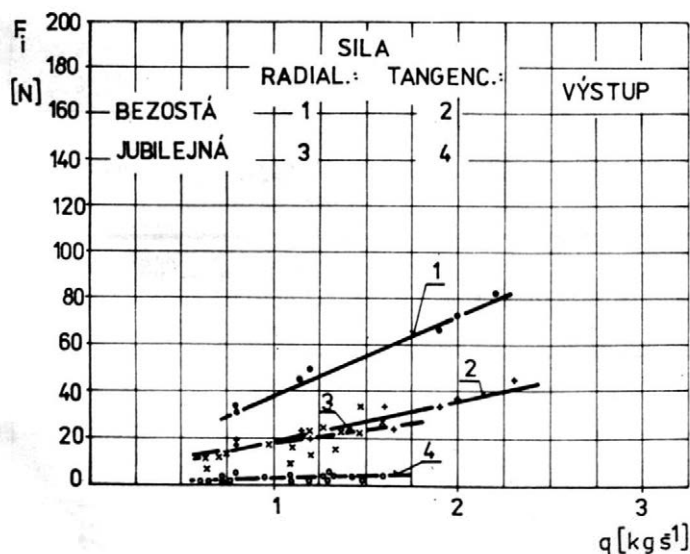
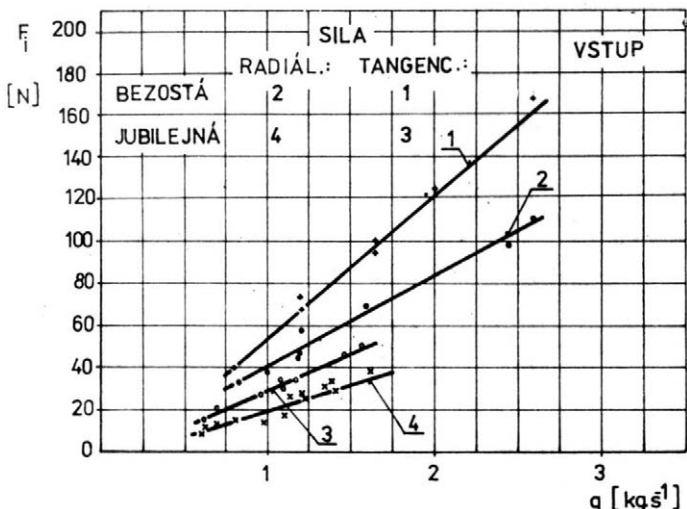
Koeficient úmernosti je veličina premenná, ktorá je závislá od obvodovej rýchlosti mlátiaceho bubna.

V tejto súvislosti predpoklad Gorjačkina (1949), že súčiniteľ pretierania je veličina konštantná, nezávislá od obvodovej rýchlosti, nebol správny. Reálne zdôvodnenie je vidieť v tom, že so zvýšením obvodovej rýchlosti mlátiaceho bubna odpor koša klesá a zložka impulznej sily narastá.

SILOVÉ ZATAŽENIE MLÁČACIEHO KOŠA

V rokoch 1971 a 1973 sme zisťovali silové účinky na mláči kôš, a to na jeho vstupe a výstupe. Závislosti boli stanovené analyticky pre zmenu priechodnosti a obvodovej rýchlosti bubna, keď fixácia snímacích článkov pre zmenu medzery bola značným technickým problémom a v priebehu pokusov nebola doriešená.

7. Závislosť odporových síl mláčacieho koša na jeho vstupe od zmeny priechodnosti obilnej hmoty pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Dependence of the resistance forces of the threshing concave at its inlet on changes in throughput rates for the harvested material of the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties



8. Závislosť odporových síl mláčacieho koša na jeho výstupe od zmeny priechodnosti obilnej hmoty pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Dependence of the resistance forces of the threshing concave at its outlet on changes in throughput rates for the harvested material of the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties

Zmena priechodnosti obilnej hmoty

Všetky ďalej uvedené závislosti vyhodnotené aproximačnými krivkami nahradzujú zodpovedajúcu zmenu v danom intervale sledovania.

Pšenica 'Bezostá' a 'Jubilejná'

Závislosť zmeny tangenciálnej a radiálnej sily na vstupe pracovnej medzery od zmeny priechodnosti je vyznačená na obr. 7, pre výstup na obr. 8.

Podmienky experimentov sú uvedené v tab. VII, analytické náhradné funkcie so štatistickými charakteristikami sú uvedené v tab. VIII a IX.

VII. Podmienky experimentov pro určenie odporovej sily koša pri variabilnej priechodnosti pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Conditions of experiments for the determination of the resistance force of the concave with variable throughput rates for the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s ⁻¹)	(kg s ⁻¹)	(mm)	(mm mm ⁻¹)	(%)	(%)	(1)
Bezostá	1970	—	—	—	—	—	—	—
	1971	34	R	17,5	22/5	11	20	1,16
Jubilejná	1972	—	—	—	—	—	—	—
	1973	33,1	R	14,5	22/5	14,1	12,4	1 : 1,086

VIII. Analytické náhradné funkcie so štatistickými charakteristikami — vstup — pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Analytic substitute functions with the statistical characteristics — inlet — for the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties

Rovnica priamky	Koeficient korelácie	Spoľahlivosť aproximácie
Radiálna zložka		
$F_R = 41,6 q - 0,7$ Bezostá	0,981	99 %
$24,1 q - 4,2$ Jubilejná	0,925	90 %
Tangenciálna zložka		
$F_T = 70,0 q - 14,0$ Bezostá	0,997	99 %
$29,6 q - 0,6$ Jubilejná	0,994	99 %

IX. Analytické náhradné funkcie so štatistickými charakteristikami — výstup — pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Analytic substitute functions with the statistical characteristics — outlet — for the 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' wheat varieties

Rovnica priamky	Koeficient korelácie	Spoľahlivosť aproximácie
Zložka radiálna		
$F_R = 29,8 q + 3,0$ Bezostá	0,898	99 %
$12,8 q + 4,1$ Jubilejná	0,943	99 %
Zložka tangenciálna		
$F_T = 17,6 q + 1,4$ Bezostá	0,941	99 %
$2,41 q + 0,0$ Jubilejná	0,9981	99 %

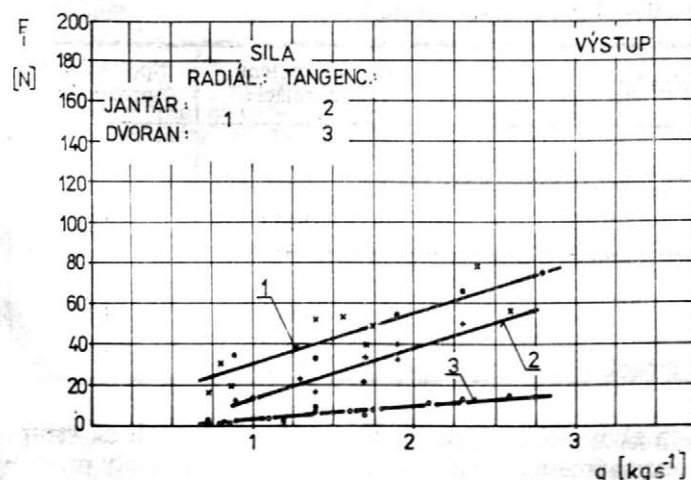
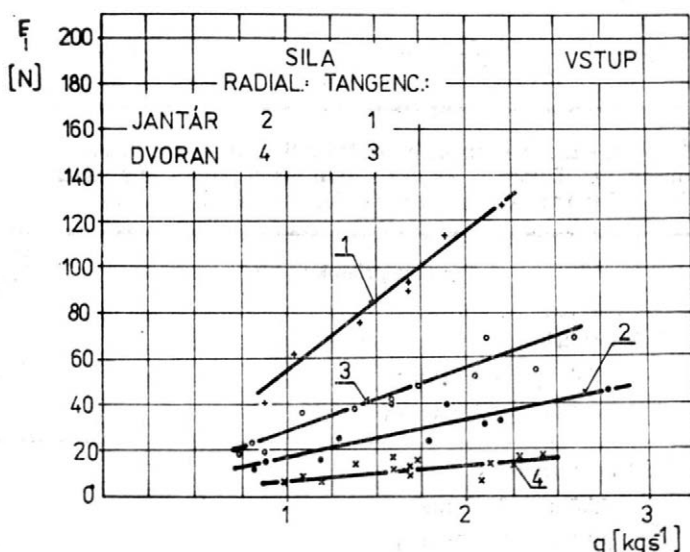
Z vyhodnotenia je zrejmé, že uvedené analytické vyjadrenie je významné.

Pomer síl na vstupe a výstupe môžeme v celom intervale sledovania vyjadriť súčiniteľom 1,45. V celom rozsahu sledovania vidíme, že špičkové hodnoty sú oproti priemerným cca 1,30-krát väčšie, pričom vyššia hodnota zodpovedá vyššej hladine sledovanej priechodnosti (nad 2 kg s^{-1}).

Jačmene 'Jantár' a 'Dvoran'

Zmeny síl sú vyznačené pre vstup na obr. 9 a pre výstup na obr. 10. Podmienky experimentov sú uvedené v tab. X, aproximačné funkcie so štatistickými charakteristikami v tab. XI. a XII.

9. Závislosť odporových síl mláfacieho koša na jeho vstupe od zmeny priechodnosti obilnej hmoty pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' – Dependence of the resistance forces of the threshing concave at its inlet on changes in throughput rates for the harvested material of the 'Dvoran' and 'Jantár' barley varieties



10. Závislosť odporových síl mláfacieho koša na jeho výstupe od zmeny priechodnosti obilnej hmoty pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' – Dependence of the resistance forces of the threshing concave at its outlet on changes in throughput rates for the harvested material of the 'Jantár' and 'Dvoran' barley varieties

Pomer sily na vstupe a výstupe môžeme určiť súčiniteľom 1,42. Analogicky špičkové hodnoty dosahujú 1,25 ÷ 1,6-krát vyššiu hladinu než hodnoty priemerné.

X. Podmienky experimentov pre určenie odporovej sily koša pri variabilnej priechodnosti pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Conditions of experiments for the determination of the resistance force of the concave with variable throughput rates for the 'Jantár' and 'Dvoran' barley varieties

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s ⁻¹)	(kg s ⁻¹)	(mm)	(mm mm ⁻¹)	(%)	(%)	(1)
Jantár	1970	—	—	—	—	—	—	—
	1971	33	R	17,5	22/5	17,2	16,0	1 : 1,077
Dvoran	1972	—	—	—	—	—	—	—
	1973	33,7	R	14,5	22/5	10,5	11,3	1 : 1,086

XI. Aproximačné funkcie so štatistickými charakteristikami — vstup — pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Approximation functions with statistical characteristics — inlet — for the barley varieties 'Jantár' and 'Dvoran'

Rovnica priamky	Koeficient korelácie	Spoľahlivosť aproximácie
Zložka radiálna		
$F_R = 16,4 q + 0,6$ Jantár	0,918	99 %
$6,58 q + 3,7$ Dvoran	0,905	99 %
Zložka tangenciálna		
$F_T = 55,8 q - 7,0$ Jantár	0,962	95 %
$28,0 q + 0,4$ Dvoran	0,806	90 %

XII. Aproximačné funkcie so štatistickými charakteristikami — výstup — pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Approximation functions with statistical characteristics — outlet — for the barley varieties 'Jantár' and 'Dvoran'

Rovnica priamky	Koeficient korelácie	Spoľahlivosť aproximácie
Zložka radiálna		
$F_R = 24 q + 5,2$ Jantár	0,960	99 %
$24 q + 5,2$ Dvoran		
Zložka tangenciálna		
$F_T = 16,6 q - 1,5$ Jantár	0,910	99 %
$7,1 q - 0,4$ Dvoran	0,987	99 %

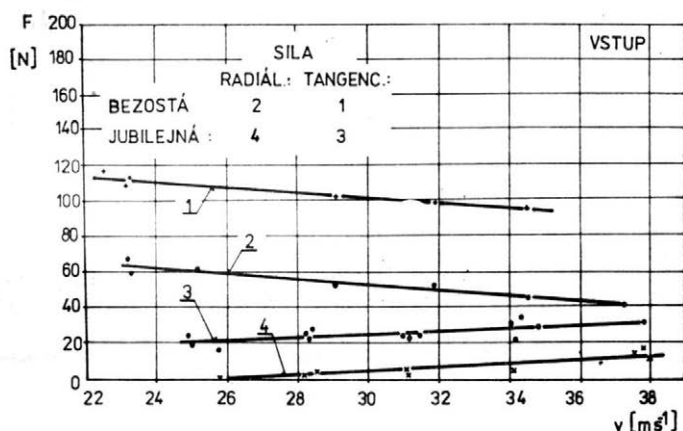
Z vyhodnotenia uvedených závislostí vyplýva, že zmena síl pôsobiach na vstupe a výstupe mlátiaceho koša je priamoúmerná zmene priechodnosti obilnej hmoty pracovnou medzerou. Nižšie priemerné hodnoty síl dosiahnuté u plodín z roku 1973 oproti roku 1971 odôvodňujeme konštrukčnou zmenou mlátiaceho koša, ako aj menším oblúkom opásania.

Zmena obvodovej rýchlosti mlátiacieho bubna

V celom rozsahu intervalu sledovania boli závislosti zmeny síl pôsobiacich na mlátiací kôš od zmeny obvodovej rýchlosti s vyhovujúcou presnosťou linearizované, i keď z fyzikálneho rozboru procesu mlátenia by týmto priebehom skôr zodpovedali funkcie nelineárne.

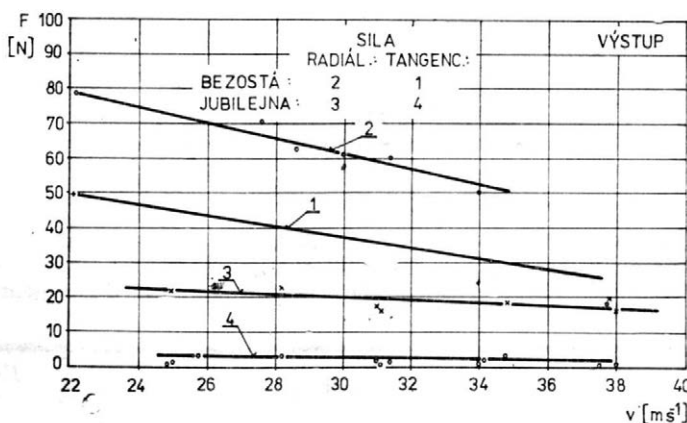
Pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná'

Hľadané závislosti, preložené experimentálne určenými hodnotami, sú pre vstup vyznačené na obr. 11 a pre výstup mlátiacieho koša na obr. 12. Podmienky pokusov sú



11. Závislosť odporových síl mlátiacieho koša na jeho vstupe od zmeny obvodovej rýchlosti mlátiacieho bubna pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Dependence of the resistance forces of the threshing concave at its inlet on changes in the circumferential velocity of the cylinder for the wheat varieties 'Bezostaya' and 'Yubileinaya'

12. Závislosť odporových síl mlátiacieho koša na jeho výstupe od zmeny obvodovej rýchlosti mlátiacieho bubna pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Dependence of the resistance forces of the threshing concave at its outlet on changes in the circumferential velocity of the cylinder for the wheat varieties 'Bezostaya' and 'Yubileinaya'



v tab. XIII, analytické vyjadrenie funkcií so základnými štatistickými ukazovateľmi v tab. XIV a XV.

Zmena síl pôsobiacich na mlátiací kôš so zmenou obvodovej rýchlosti vykazuje veľmi malý rozptyl v celom intervale sledovania. Špičkové hodnoty síl dosahujú 1,15 ÷ 1,62-krát vyššiu úroveň než hodnoty priemerné. Priebehy ukazujú, že zmenou uloženia koša u SM-500 sa mení aj charakter priebehu síl. Pre pšenicu 'Jubilejná' nie je možné zvyšovaním obvodovej rýchlosti bubna jednoznačne určiť tendenciu.

XIII. Podmienky experimentov pre určenie odporovej sily koša pri variabilnej obvodovej rýchlosti mláfacieho bubna pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Conditions of experiments for the determination of the resistance force of the concave with variable circumferential velocity of the threshing cylinder for the wheat varieties 'Bezostaya' and 'Yubileinaya'

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s ⁻¹)	(kg s ⁻¹)	(mm)	(mm mm ⁻¹)	(%)	(%)	(1)
Bezostá	1970	—	—	—	—	—	—	—
	1971	R	1,58	17,5	22/5	10	16	1 : 1,41
Jubilejná	1972	—	—	—	—	—	—	—
	1973	R	1,31	14,5	22/5	14,0	12,4	1 : 0,93

XIV. Analytické vyjadrenie funkcií so základnými štatistickými ukazovateľmi — vstup — pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Analytic expression of the functions with the basic statistical data — inlet — for the wheat varieties 'Bezostaya' and 'Yubileinaya'

Rovnica priamky	Koeficient korelácie	Spoľahlivosť aproximácie
Zložka radiálna		
$F_R = 99,60 - 1,56 v$ Bezostá	0,948	99 %
$F_R = 0,834 - 20,0 v$ Jubilejná	0,968	99 %
Zložka tangenciálna		
$F_T = 166 - 2,28 v$ Bezostá	0,844	98 %
$F_T = 0,834 v$ Jubilejná	0,952	95 %

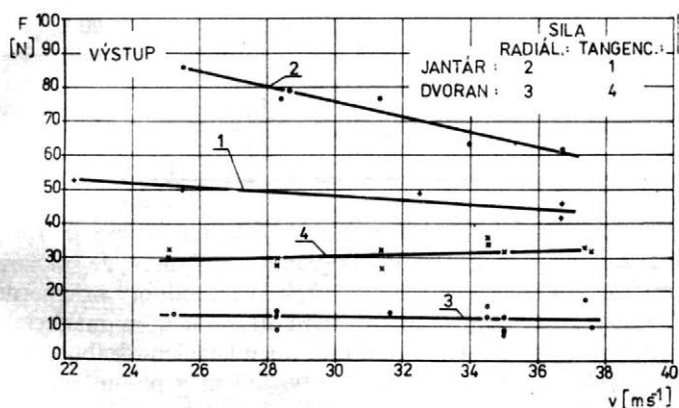
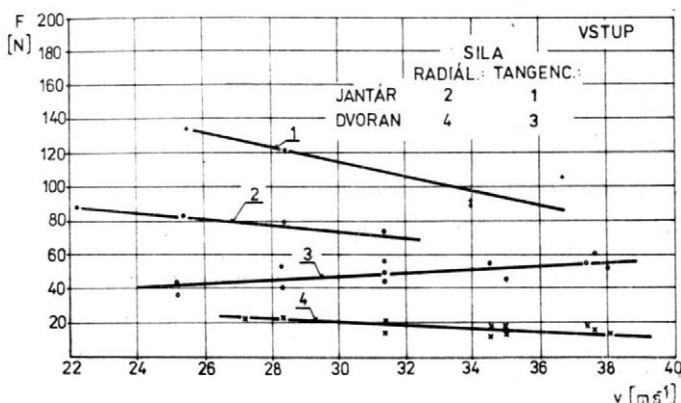
XV. Analytické vyjadrenie funkcií so základnými štatistickými ukazovateľmi — výstup — pre pšenice 'Bezostá' a 'Jubilejná' — Analytic expression of the functions with the basic statistical data — outlet — for the wheat varieties 'Bezostaya' and 'Yubileinaya'

Rovnica priamky	Koeficient korelácie	Spoľahlivosť aproximácie
Zložka radiálna		
$F_R = 129,4 - 2,3 v$ Bezostá	0,989	99 %
$F_R = 31,22 - 0,375 v$ Jubilejná	0,832	90 %
Zložka tangenciálna		
$F_T = 78 - 1,4 v$ Bezostá	0,760	95 %
$F_T = 6,8 - 0,1332 v$ Jubilejná	0,905	95 %

Jačmeň 'Jantár' a 'Dvoran'

Závislosti zmeny síl pôsobiacich na vstup a výstup mláfacieho koša sú znázornené na obr. 13 pre vstup a na obr. 14 pre výstup. Podmienky pokusov sú vyznačené v tab. XVI, aproximačné funkcie s určenými štatistickými charakteristikami v tab. XVII a XVIII.

13. Závislosť odporových síl mláfacieho koša na jeho vstupe od zmeny obvodovej rýchlosti mláfacieho bubna pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Dependence of the resistance forces of the threshing concave at its inlet on changes in the circumferential velocity of the cylinder for the barley varieties 'Jantár' and 'Dvoran'



14. Závislosť odporových síl mláfacieho koša na jeho výstupe od zmeny obvodovej rýchlosti mláfacieho bubna pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Dependence of the resistance forces of the threshing concave at its outlet on changes in the circumferential velocity of the cylinder for the barley varieties 'Jantár' and 'Dvoran'

XVI. Podmienky experimentov pre určenie odporovej sily koša pri variabilnej obvodovej rýchlosti mláfacieho bubna pre jačmene 'Jantár' a 'Dvoran' — Conditions of experiments for the determination of the resistance force of the concave with variable circumferential velocity of the cylinder for the barley varieties 'Jantár' and 'Dvoran'

Plodina	Rok	v	q	Δs	Δ	w_s	w_z	β
		(m s ⁻¹)	(kg s ⁻¹)	(mm)	(mm mm ⁻¹)	(%)	(%)	(1)
Jantár	1970	—	—	—	—	—	—	—
	1971	R	1,7	17,5	22/5	17,2	16,0	1 : 0,77
Dvoran	1972	—	—	—	—	—	—	—
	1973	R	1,12	14,5	22/5	15,0	16,2	1 : 0,78

XVII. Aproximačné funkcie s určitými štatistickými charakteristikami – vstup –
Approximation functions with determined statistical characteristics – inlet

Rovnica priamky	Koeficient korelácie	Spoľahlivosť aproximácie
Zložka radiálna		
$F_R = 148 - 2,53 v$	0,961	99 %
$38 - 0,6 v$	0,820	90 %
Zložka tangenciálna		
$F_T = 223 - 3,57 v$	0,849	90 %
$12 + 1,2 v$	0,835	95 %

XVIII. Aproximačné funkcie s určenými štatistickými charakteristikami – výstup –
Approximation functions with determined statistical characteristics – outlet

Rovnica priamky	Koeficient korelácie	Spoľahlivosť aproximácie
Zložka radiálna		
$F_R = 139 - 2,14 v$ Jantár	0,932	98 %
$21,25 - 3,3 v$ Dvoran	0,829	90 %
Zložka tangenciálna		
$F_T = 68,0 - 0,6 v$ Jantár	0,86	99 %
$20,76 + 0,33 v$ Dvoran	0,92	95 %

Vyhodnotením uvedených závislostí je možné stanoviť: Sila na vstupe je 1,6÷1,7-krát väčšia než na výstupe. Z rozboru získaných oscilogramov vyplynulo, že špičkové hodnoty síl pôsobiach na mlátači kôš sú 1,4 až 1,6-krát väčšie než hodnoty priemerné.

Charakter priebehu síl sa výrazne mení konštrukčným usporiadaním mlátačieho mechanizmu. Významná je zrejme poloha vstupu obilniny do mlátačieho bubna, uhol opásania koša, ako aj jeho konštrukčné usporiadanie. Nepotvrdilo sa v plnom rozsahu, že zvyšovaním obvodovej rýchlosti klesá akčná sila na kôš, či už na vstupe, alebo na výstupe. Nižšia hladina síl pre pšenicu 'Jubilejná' a jačmeň 'Dvoran' je v plnom rozsahu zdôvodniteľná nižším uhlom opásania u SM-500, ako aj iným charakterom pracovnej medzery (stredná medzera).

ZÁVER

Experimentmi a ich rozborom sme potvrdili predpoklad akademika Gorjačkina o úmernosti medzi obvodovou silou mlátačieho bubna a odporom mlátačieho koša. Stanovili sme závislosť pre odpor koša v tvare:

$$F_o = qv + f_p F_v \quad (14)$$

Ďalej sme určili, že zmenou priechodnosti sa súčiniteľ f_p nemení a má stálu hodnotu pre pšenicu $f_p = 0,627$ pri $v = 32,1 \text{ m s}^{-1}$
pre jačmene $f_p = 0,583$ pri $v = 32,5 \text{ m s}^{-1}$

Tento súčiniteľ však je závislý od zmeny obvodovej rýchlosti mláťacieho bubna. Linearizácia závislosti v sledovanom intervale je vysoko preukazná a rovnica má tvar:

$$f_p = 1 - k v \quad (15)$$

Z hľadiska určenia silového zaťaženia mláťacieho koša sme zistili:

Radiálna a tangenciálna sila na vstupe a výstupe mláťacieho koša je lineárne závislá od zmeny priechodnosti i obvodovej rýchlosti mláťacieho bubna. Všeobecne má závislosť tvar:

$$F_i = a \{v; q\} \pm b$$

Konštanty a , b zodpovedajú nastaveniu mechanizmu. Zaťaženie mláťacieho koša je vždy väčšie na vstupe než na výstupe. Toto platí v každom konštrukčnom usporiadaní mechanizmu.

Použité označenie

F_i [N]	— sila
F_v	— obvodová sila bubna
F_o	— odporová sila mláťacieho koša
F_z	— zotrvačná sila obilniny
f_p [1]	— súčiniteľ úmernosti (pretierania)
v [m s ⁻¹]	— obvodová rýchlosť mláťacieho bubna
q [kg s ⁻¹]	— priechodnosť (hltnosť) obilnej hmoty
β [1]	— pomer zrna k slame
w [%]	— podiel vlhkosti materiálu
Δs [mm]	— stredná šírka pracovnej medzery
Δ [mm mm ⁻¹]	— pomer pracovných medzier — vstup : výstup

Literatúra

GIŇKO, G. M.: K rozvítiu teórie barabana akademika Gorjačkina. Zem. mech., Tom IX, Mašstroj, Moskva 1966.

GORJAČKIN, V. P.: Sobraniye sočinienij, Tom IV. Selchozgziz, Moskva 1949.

PUSTYGIN, M. A.: Teoriya i tehnologičeskij rasčet molotilnych ustrojstv. Selchozgziz, Moskva 1958.

ŠESTÁK, J.: Rozbor energetických nárokov procesu mlátenia dimenzionálnou analýzou. Zeměd. Techn., 18, 1972, č. 3, s. 163-175.

ŠESTÁK, J.: [Závěrečná správa za úlohu ZT-0-7-1c.] Nitra, Vysoká škola poľnohospodárska 1975.

ŠESTÁK, J.: Rozbor základných silových pomerov procesu mlátenia. Acta technolog. agricul., Univ. agric., Nitra (XIV), 1975.

Došlo dňa 19. 10. 1977

ШЕСТАК, И. — СКЛЕНКА, П. (Сельскохозяйственный институт, Нитра): Основной анализ сил молотильного механизма с точки зрения многосезонных опытов. Земед. Techn., 24, 1978 (9) : 513-530.

Во время опытов, проводимых с пшеницей сортов 'Безостая' и 'Юбилейная' и с ячменем 'Янтар' и 'Дворан', в урожайные годы 1970, 1971, 1972 и 1973 на двух типах бичевых молотильных механизмов было установлено: — Сила сопротивления молотильной деки прямо пропорциональна окружной силе молотильного барабана. Постоянство конструкции молотильных механизмов подтвердилось. Коэффициент пропорциональности между силой сопротивления молотильной деки и окружным усилием молотильного барабана зависит от окружной скорости молотильного барабана и не зависит от изменения пропускной способности. Радиальное усилие и касательная сила на входе и выходе молотильной деки линейно зависят от изменения пропускной способности и окружной скорости молотильного барабана. Нагрузка молотильной деки на входе всегда больше, чем на выходе. Конструк-

ционное упорядочение не оказывает решающего воздействия на соотношение сил между входом и выходом деки.

бичевой молотильный механизм; многолетние опыты; изменение параметров нагрузки; анализ сил; сопротивление молотильной деки; окружная сила; коэффициент пропорциональности; развитие теории молотильного процесса

ŠESTÁK, J. — SKLENKA, P. (University of Agriculture, Nitra): *The Basic Analysis of Forces of the Threshing Mechanism from the Results Obtained in Several Seasons*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9) : 513-530.

Experiments with two types of beater-bar threshing mechanisms were performed on the wheat varieties 'Bezostaya' and 'Yubileinaya' and barley varieties 'Jantár' and 'Dvoran' in the harvest seasons of 1970, 1971, 1972 and 1973. The following results were obtained: The resistance force of the threshing concave is directly proportionate to the circumferential velocity of the threshing cylinder. The experiments proved the invariability of the construction of the threshing mechanism. — The coefficient of proportionality between the resistance force of the threshing concave and the circumferential velocity of the cylinder depends on the circumferential velocity of the cylinder, without depending on change in throughput. The radial and tangential force at concave inlet and outlet is linearly dependent on changes in throughput and circumferential velocity of the cylinder. Concave load is always greater at the inlet than outlet. The design of the mechanism does not exert any decisive influence on the ratio of forces at the inlet and outlet of the concave.

beater-bar threshing mechanism; multi-seasonal experiments; change in load parameters; analysis of forces; resistance of the threshing concave; circumferential velocity; coefficient of proportionality; development of the theory of the threshing process

ŠESTÁK, J. — SKLENKA, P. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Grundlegende Kraftanalyse des Dreschwerkes aus der Sicht der Mehrsaisonversuche*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9) : 513-530.

Die mit dem Weizen 'Bezostá' und 'Jubilejná' und mit der Gerste 'Jantár' und 'Dvoran' vorgenommenen Experimente haben in den Erntesaisonen 1970, 1971, 1972 und 1973 auf zwei Typen der Schlagleistendreschwerke folgende Ergebnisse ergeben: — Die Widerstandskraft des Dreschkorbes ist der Umfangskraft der Dreschtrommel direkt proportional. Die konstruktive Invarianz der Dreschwerke wurde bestätigt. — Der Beiwert der Proportionalität zwischen der Widerstandskraft des Dreschkorbes und der Umfangskraft der Dreschtrommel ist von der Umfangsgeschwindigkeit der Dreschtrommel abhängig und hängt nicht von der Änderung der Durchgangsleistung ab. — Die Radial- sowie Tangentialkraft am Eintritt und Austritt des Dreschkorbes ist von der Änderung der Durchgangsleistung und Umfangsgeschwindigkeit der Dreschtrommel linear abhängig. Die Belastung des Dreschkorbes ist jeweils am dessen Eintritt höher als am Austritt. Die konstruktive Anordnung übt keinen ausschlaggebenden Einfluß auf das Kraftverhältnis zwischen dem Eintritt und Austritt des Korbes aus.

Schlagleistendreschwerk; Mehrsaisonversuche; Änderung der Belastungsparameter; Kraftanalyse; Widerstand des Dreschkorbes; Umfangskraft; Beiwert der Proportionalität; Entwicklung der Theorie des Dreschprozesses

Adresy autorov:

Doc. ing. Jozef Šesták, CSc., ing. Peter Sklenka, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, ul. plk. Gagua 10, 949 01 Nitra

MĚŘENÍ RYCHLOSTI A PROKLUZU TRAKTORU DOPPLEROVÝM RADAREM

J. Mládek, S. S. Stuchly, A. Thansandote

MLÁDEK, J. — STUCHLY, S. S. — THANSANDOTE, A. (Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Praha; University of Ottawa, Ottawa; Carleton University, Ottawa): *Měření rychlosti a prokluzu traktoru Dopplerovým radarem*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9): 531 — 546.

Je popsáno zařízení pro měření skutečné rychlosti traktoru a prokluzu hnacích kol Dopplerovým radarem. Koncepce návrhu zařízení vychází z rozboru teorie měření rychlosti mikrovlnným Dopplerovým radarem. Diskuse se zabývá hlavními parametry systému; jsou to: Dopplerova frekvence, typ antény, úhel osy vyzářovaného svazku vzhledem k terénu, úroveň odraženého signálu, odrazecí vlastnosti terénu, polarizace vyzářené energie atd. Zvláštní pozornost je věnována vlivu vibrací traktoru a situování antény radaru na přesnost měření. Navržené funkční vzorky Dopplerových měřičů prokluzu dávají uspokojivé výsledky v porovnání s konvenčními metodami. Ukazuje se, že Dopplerův měřič rychlosti a prokluzu by se mohl stát součástí vybavení traktorů.

traktor; měření rychlosti; měření prokluzu; Dopplerův radar

Měření skutečné pracovní rychlosti traktoru a zemědělských strojů je základem pro jejich řízení a současně i podkladem pro indikaci prokluzu hnacích kol. Průběžné sledování rychlosti i prokluzu by umožnilo lepší využití výkonu, úsporu pohonných hmot, snížení opotřebení pneumatik, a tím i celkové zvýšení efektivity. Barger aj. (1963) udávají, že maximálního využití výkonu traktoru se dosáhne při hodnotách prokluzu mezi 10 až 15 %. Z toho vyplývá i potřeba kontinuálního měření, které umožňuje volbu správného zatížení, popřípadě rychlosti při práci traktoru.

Většina dosud známých metod měření vychází z vyjádření prokluzu na základě rychlosti podle definičního vztahu

$$\delta = 1 - \frac{v}{v_t}$$

kde: v — skutečná rychlost traktoru
 v_t — teoretická (bezprokluzová) rychlost

Metody měření prokluzu při zkouškách traktorů byly detailně popsány Grečenkem (1963), který rovněž navrhl jeden z prvních systémů kontinuálního měření (Grečenko, 1960). Největší problém zde spočívá v určení skutečné rychlosti traktoru. Nej-

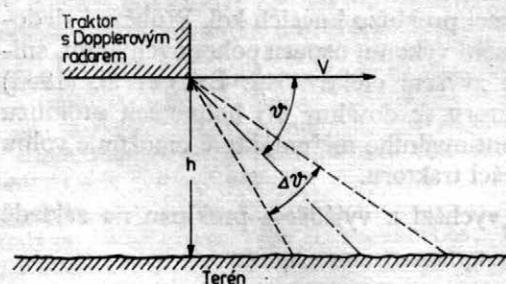
častěji používané páté kolo sice zcela vyhovuje při zkouškách, ale je příliš těžkopádným zařízením, aby mohlo být montováno standardně u všech traktorů. V poslední době bylo vyvinuto několik dalších metod a zařízení pro kontinuální měření prokluzu (Zoerb aj., 1971; Paulson a Zoerb, 1971; Lyne a Meiring, 1977). I tyto systémy používají většinou páté kolo a nedokázaly se prosadit v praxi jako součást vybavení traktorů. V poslední publikované práci (Lyne a Meiring, 1977) neposkytlo měření otáček předních kol dostatečně přesnou informaci o skutečné rychlosti traktoru. Ze snahy najít řešení, které by odstranilo uvedené nedostatky, vyplynula i práce spočívající v nové aplikaci Dopplerova radaru pro měření skutečné rychlosti traktoru a následný výpočet prokluzu kol. Výzkum jsme dělali na University of Manitoba ve Winnipegu v Kanadě ve spolupráci s výrobcem traktorů a zemědělských strojů, firmou John Deere.

Mikrovlnný Dopplerův radar se používá řadu let v letectví i při silniční kontrole rychlosti vozidel a jeho možnosti i omezení jsou velmi dobře známy (Berger, 1957). V poslední době byly publikovány i práce zabývající se jeho užitím pro měření skutečné rychlosti automobilů (Hyltin aj., 1973; Grimes a Jones, 1974), jejichž výsledků i úvah lze použít při aplikaci u traktorů. Při této aplikaci se vedle známých problémů, jako je výběr vhodné frekvence, šířky anténního svazku, úhlu osy antény vzhledem k terénu, objevují některé specifické problémy. Jde především o vliv vibrací traktoru při jízdě terénem na přesnost měření a otázky odrazu signálu od mnoha typů povrchu (beton, asfalt, štěrky, různé typy půd s různou drsností povrchu, travnaté porosty, sníh, led apod.).

V článku chceme ukázat na základní technické problémy, které souvisí s návrhem, konstrukcí i realizací měřicího zařízení, a současně uvést hlavní poznatky, které dosud tento výzkum přinesl.

TEORIE MĚŘENÍ RYCHLOSTI DOPPLEROVÝM RADAREM

Dopplerův radar s trvalou nosnou vlnou vysílá elektromagnetickou energii o vlnové délce λ a přijímač detekuje signál odražený od terénu. V odraženém signálu je zahrnuta informace o rychlosti radaru, a tím i traktoru vzhledem k terénu (Hyltin aj., 1973). Schematicky je Dopplerův princip, aplikovaný pro měření rychlosti zobrazen na obr. 1.



1. Aplikace Dopplerova principu pro měření rychlosti-geometrie svazku vyzařované elektromagnetické energie — Doppler radar velocity measurements — beam geometry

Skutečná rychlost traktoru vzhledem k terénu může být pak matematicky popsána vztahem

$$v = \frac{\lambda}{2 \cos \vartheta} f_d \quad (1)$$

kde: v — rychlost vozidla (m s^{-1})

λ — vlnová délka vysílaného signálu (m)

ϑ — úhel pozorování, tj. úhel osy svazku vysílané energie vzhledem k horizontální rovině

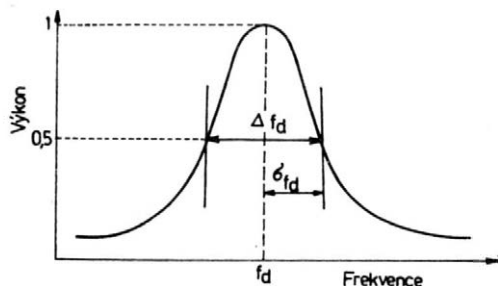
f_d — Dopplerův kmitočet (Hz)

Například pro $\vartheta = 45^\circ$ a typickou frekvenci 10,525 GHz je rychlost 1 km h^{-1} ekvivalentní Dopplerovu kmitočtu 13,8 Hz.

V ideálním případě bychom dodrželi pouze jedinou frekvenci f_d odpovídající rychlosti v . Ze vztahu (1) je Dopplerův kmitočet

$$f_d = \frac{2v}{\lambda} \cos \vartheta \quad (2)$$

2. Spektrální rozložení Dopplerova signálu způsobené divergencí anténního svazku — Spectral spread due to the divergence of the antenna beam



V důsledku divergence signálu od antény dopadá energie na terén pod různými úhly. Dopplerův signál je potom dán celým pásmem frekvencí (obr. 2) o spektrální šíři Δf_d .

$$\Delta f_d = \frac{2v}{\lambda} \Delta \vartheta \sin \vartheta \quad (3)$$

kde: $\Delta \vartheta$ — šířka anténního svazku (definovaná poklesem o 3 dB)

Δf_d — spektrální šířka ekvivalentní šumu fluktuace pozadí

Směrodatná odchylka měření frekvence je přibližně rovna

$$\sigma_{fd} = \frac{\Delta f_d}{2} = \frac{v}{\lambda} \Delta \vartheta \sin \vartheta \quad (4)$$

Vlivem statistických změn povrchu terénu, od kterého se odráží vysílaný signál, se dostatečně zvětšuje spektrální šíře Dopplerova signálu. Spektrální šíře šumu snímání, způsobená tímto jevem, je

$$\Delta f_s = 2\sigma_{fs} = \frac{v \sin^2 \vartheta}{\pi h \Delta \vartheta} \quad (5)$$

kde: h — výška zdroje signálu nad terénem

Směrodatná odchylka σ_d zahrnující chyby způsobené šumem fluktuace pozadí i šumem snímání je pak dána

$$\sigma_d = (\sigma_{fd}^2 + \sigma_{fs}^2)^{1/2} \quad (6)$$

Při měření Dopplerova kmitočtu může být signál zpracován systémem, který průměruje v časovém intervalu T . Výsledná relativní chyba měření je

$$\frac{\sigma_{d,T}}{f_d} = \frac{1}{f_d} \sqrt{\sigma_d^2 / T} \quad (7)$$

Tyto základní vztahy jsou dále vodítkem pro hodnocení systému měření skutečné rychlosti traktoru a prokluzu kol a k posouzení jeho technické realizovatelnosti. Vedle technických hledisek je nutno brát v úvahu i otázky nákladů, zejména na dvě nejdůležitější části — Dopplerův radar a vyhodnocovací zařízení.

KONSTRUKČNÍ HLEDISKA

Při aplikaci Dopplerova radaru pro měření rychlosti automobilů (Hyltin aj., 1973) se podrobně rozebírají vlivy výběru parametrů systému. Vysoce podrobný rozbor jednotlivých vlivů ukázal, že konečné řešení je výsledkem mnoha protichůdných požadavků jak technických, tak i ekonomických. Při návrhu zařízení pro měření prokluzu kol traktoru jsme vyšli z těchto zkušeností. Zabývali jsme se podrobně hlavně problémy, které jsou typické pro novou aplikaci Dopplerova radaru. Jsou to zejména otázky vlivu vibrací traktoru, odrazových vlastností terénu a s tím související návrh vhodného typu antény, úhlu pozorování a otázky vyhodnocovacího zařízení.

FREKVENCE

Výběr frekvence je výsledkem zvážení otázek odrazu signálu od terénu, atmosférického útlu signálu, interference s jinými zdroji, rozměrů antény, její citlivosti a v neposlední řadě i ceny. Z hlediska montáže na traktor je výhodnější anténa menších rozměrů, a tím i co nejvyšší frekvence. Současně s tím lze dosáhnout i užšího anténního svazku při daných rozměrech antény. Úroveň odraženého Dopplerova signálu rovněž vzrůstá se vzrůstající frekvencí. Z druhé strany zvýšení frekvence a extrémní zúžení svazku může zvyšovat šum snímání. Navíc, a co je možná pro praktickou aplikaci rozhodující, cena Dopplerových modulů pro vyšší pásma než 10 GHz velmi rychle vzrůstá. Proto byla také vybrána frekvence 10,525 GHz.

ŠÍRKA VYZAŘOVACÍHO SVAZKU ANTÉNY

Šířka svazku přímo souvisí s rozměry antény a podle předchozích teoretických úvah ovlivňuje úroveň šumu fluktuace pozadí i snímání. Z hlediska minimalizace šumu fluktuace pozadí je žádoucí minimální šířka svazku. Extrémně úzký svazek zvyšuje šum snímání a také neúměrně zvětšuje rozměry antény. Proto po pečlivém zvážení a experimentálním ověření několika antén (Stuchly aj., 1978) byla vybrána trychtýřová anténa se šířkou svazku 14°. U trychtýřové antény je rozměr ústí v přímém vztahu k šířce svazku

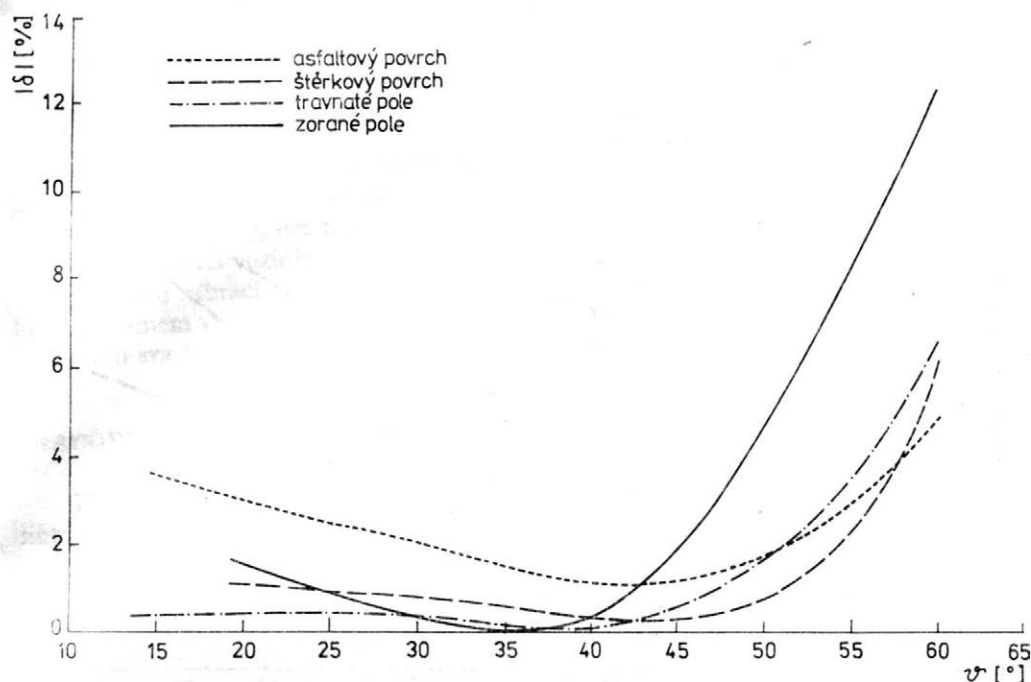
$$\Delta\theta = \frac{k\lambda}{D_a} \quad (8)$$

kde: λ — délka vlny
 D_a — průměr ústí antény
 k — konstanta úměrnosti přibližně rovná jedné

ÚHEL POZOROVÁNÍ

Výběr úhlu pozorování θ , pod kterým dopadá elektromagnetická energie na povrch terénu, ovlivňuje úroveň odraženého signálu, šíři spektra Dopplerova signálu i posuv maxima tohoto spektra. Dopplerův kmitočet vztahovaný na rychlost 1 km h⁻¹ je vyšší pro malé úhly θ . Šum fluktuace pozadí je úměrný sinu úhlu pozorování a šum snímání druhé mocniny tohoto úhlu. Se snižujícím se úhlem θ však začíná klesat i úroveň signálu a projevují se i další efekty, které popisujeme dále v části zabývající se odrazovými vlastnostmi

povrchu terénu. To potvrzují i měření rychlosti, která jsme dělali při různých úhlech pozorování a nad různými povrchy. Některé z výsledků jsou uvedeny v obr. 3 (Tran-sandote aj., 1977). Přesnost měření je lepší než 1% pro úhly pozorování mezi 25 a 45°, kromě měření na asfaltovém povrchu, kde nízká úroveň odraženého Dopplerova signálu způsobila dodatečné chyby při vyhodnocování.



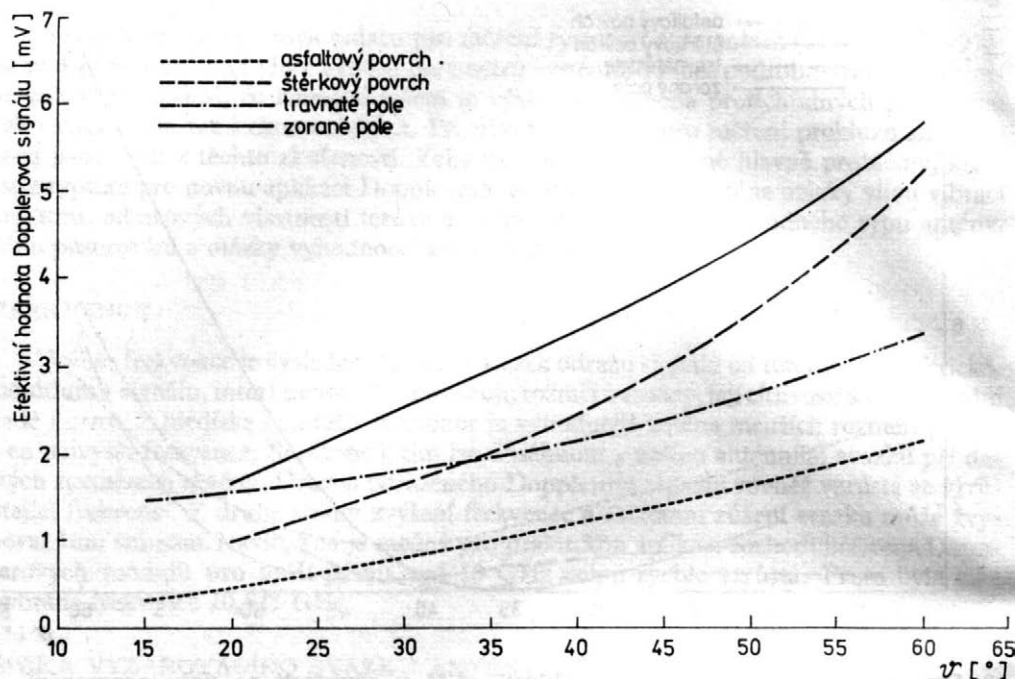
3. Směrodatná odchylka měření rychlosti $\sigma d/fd$ v závislosti na úhlu pozorování — Standard deviation $\sigma d/fd$ as a function of viewing angle

ODRAZ ELEKTROMAGNETICKÉ ENERGIE OD POVRCHU TERÉNU

Snímač pro měření rychlosti musí být schopen pracovat na mnoha typech terénů majících různé odrazové vlastnosti, to znamená na všech možných druzích povrchu jako asfalt, beton, šterk, různé porosty, půda, sníh, led apod. Odrážecí vlastnosti povrchu závisí na jeho drsnosti i elektrických vlastnostech a mohou ovlivnit úroveň Dopplerova signálu a do jisté míry i hodnotu Dopplerova kmitočtu, která odpovídá maximu spektra.

Lze říci, že hrubší povrch odráží větší množství vyzářené energie. Stejně tak se zvyšuje úroveň signálu, jestliže se úhel dopadu blíží normále na povrch. Teoretické výsledky (Broderick a Hayre, 1969; Ruck aj., 1970) potvrzené i experimenty ukazují, že povrchy s velkými nerovnostmi dávají signál o vysoké úrovni pro úhly blízké normále. Úroveň signálu pak prudce klesá pro snižující se úhel θ . Pro malé θ je pak dominantní odraz od malých nerovností. To potvrzují i experimentální výsledky měření normalizovaného odrážecího povrchu (Grant, Yapple, 1957; Dickey aj., 1974; Bush, Ulaby, 1975), uskutečněných nad různými povrchy. U všech těchto měření se jednalo o experimenty s vysílačem umístěným v poměrně velké vzdálenosti od terénu. Při použití Dopplerova radaru na traktoru bude vzdálenost zdroje signálu od povrchu o několik řádů menší. Proto jsme dělali rozsáhlé experimentální ověření závislosti úrovně odraženého signálu pro různé druhy povrchu a úhly dopadu signálu (Stuchly aj., 1978). Pro ilustraci jsou na obr. 4 uvedeny výsledky získané měřením signálů od čtyř odlišných povrchů. Dopple-

rův modul s výkonem 10 mW byl namontován přímo na traktoru. Ústí trychtýřové antény se ziskem 18 dB bylo 50 cm nad terénem. Výsledky ukazují, že vzhledem k malé vzdálenosti lze dosáhnout poměrně vysoké úrovně odraženého signálu i pro poměrně hladký asfaltový povrch. Ze strany malých hodnot úhlu pozorování jsme však omezení hodnotou asi 15° , kdy jednak klesá úroveň signálu, ale hlavně se začíná projevovat další jev, a to posuv maxima výkonového spektra Dopplerova signálu.



4. Úroveň Dopplerova signálu v závislosti na úhlu pozorování — Doppler signal amplitude as a function of viewing angle

Posuv maxima známe z aplikací Dopplerova radaru v letectví a je způsoben zhruba čtyřmi základními příčinami. Z geometrie svazku vyzářené energie (obr. 1) vidíme, že vzdálenost odrazného povrchu není konstantní přes celý svazek. To způsobuje, že střed výkonového spektra se posouvá směrem k nižším kmitočtům. Z teoretických úvah vyplývá, že Dopplerův kmitočet je úměrný $\cos \theta$ úhlu pozorování. Signál odražený přes celý svazek se skládá z příspěvků signálu odražených pod různými úhly θ . V důsledku nelinearity funkce $\cos$ dochází opět k posuvu středu spektra Dopplerova signálu. Třetí velmi důležitou příčinou je skutečnost, že normalizovaný odrazecí povrch σ° terénu se mění pro různé úhly θ . Tento jev je zvláště výrazný pro hladké povrchy a malé úhly θ . Poslední příčinou je skutečnost, že radar musí pracovat nad různými terény, jejichž nerovnosti i odrazové vlastnosti se mohou velmi rychle měnit, což opět může vést k posuvům spektra Dopplerova signálu.

POLARIZACE

Volba polarizace elektromagnetické energie vyzářené anténou souvisí s odrazovými vlastnostmi terénu, šířkou svazku a parazitními odrazy od podvozku traktoru. Statistický průměr odražené energie při vertikální polarizaci je poněkud vyšší než při horizontální

(Ruck aj., 1970). Rovněž pokles hodnot normalizovaného odrazového povrchu σ^0 se zmenšujícími se úhly pozorování je menší pro vertikální polarizaci (Barrick, Peake, 1968), což příznivě ovlivňuje poměr signál/šum. Rušivý vliv posuvu maxima spektra Dopplerova signálu je také menší. Vertikální polarizace dává i užší svazek v rovině pohybu traktoru. Tím lze při stejných rozměrech antény dosáhnout užšího spektra. Vzhledem k tomu, že většina vodivých součástí podvozku je v horizontální poloze, je u vertikální polarizace menší pravděpodobnost rušivých vícenásobných odrazů. Proto byla také jednoznačně zvolena vertikální polarizace vysílané elektromagnetické energie.

POČET ANTĚNNÍCH SVAZKŮ

V předchozích úvahách jsme předpokládali jediný svazek. Užijeme-li dva svazky, jeden směřující dopředu a druhý dozadu pod týmž úhlem θ , je okamžitý Dopplerův kmitočet dvojnásobný, než udává vztah (2). Hyltin aj. (1973) ukázali, že tak lze výrazně omezit vliv vibrací vozidla. Nevýhodou je podstatné zkomplikování systému. Teoretické rozboru vlivu vibrací uvedené dále i praktická měření (Stuchly aj., 1978) dokazují, že při vhodném výběru úhlu pozorování okolo 30 až 35° a správném situování antény lze i s jedním svazkem dosáhnout dostatečné přesnosti měření.

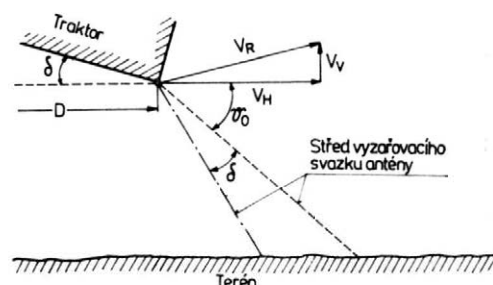
PRACOVNÍ PODMÍNKY TRAKTORU

Při posuzování vhodnosti užití Dopplerova radaru pro měření rychlosti traktoru je nutné zvážit některá specifická hlediska vyplývající z podmínek práce traktoru.

Jsou to především:

- vlivy vibrací traktoru,
- provedení a montáž zařízení na traktor,
- parazitní odrazy signálu od pohyblivých součástí traktoru,
- vlivy prostředí.

5. Změny geometrie svazku vyzařované energie v důsledku vibrací traktoru —
Change of the beam geometry due to the tractor tilt and vertical motion



Mezi nejvýznamnější zdroje chyb patří bezesporu změny úhlu pozorování a vektoru okamžité rychlosti v důsledku vibrací traktoru. V provozních podmínkách při práci traktoru není vektor okamžité rychlosti traktoru paralelní s povrchem, po němž se traktor pohybuje. Je to způsobeno přenosem nerovností terénu na traktor, různými mody kmitání traktoru jako dynamické soustavy a rychlými změnami zátěže. Vertikální kmitání a kývání traktoru v podélné rovině se projeví nejvýrazněji, protože mění jak absolutní velikost vektoru rychlosti, tak i úhel mezi osou antény Dopplerova radaru a vektorem rychlosti (obr. 5). Vektor výsledné rychlosti traktoru je součtem skutečné rychlosti traktoru v horizontálním směru a vektoru rychlosti ve vertikálním směru. Okamžitou hodnotu Dopplerova kmitočtu lze pak vyjádřit

$$f_d \approx \frac{2}{\lambda} \left[V_H^2 + \left(\frac{dh}{dt} + D \frac{d\delta}{dt} \right)^2 \right]^{1/2} \cdot \cos \left[\vartheta_0 + \delta + \operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{dh}{dt} + D \frac{d\delta}{dt}}{V_H} \right) \right] \quad (9)$$

Jako výsledek divergence vyzáření energie má spektrum Dopplerova signálu šířku

$$\Delta f_d \approx \frac{2}{\lambda} \left[V_H^2 + \left(\frac{dh}{dt} + D \frac{d\delta}{dt} \right)^2 \right]^{1/2} \cdot \Delta \vartheta \cdot \sin \left[\vartheta_0 + \delta + \operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{dh}{dt} + D \frac{d\delta}{dt}}{V_H} \right) \right] \quad (10)$$

To znamená, že v určitém čase t_1 je Dopplerův signál reprezentován celým spektrem kmitočtů o spektrální šíři Δf_{d_1} a frekvenci maxima f_{d_1} . V následujícím čase t_2 má Dopplerův signál jinou spektrální šířku Δf_{d_2} i frekvenci maxima f_{d_2} .

Řešení a výpočet výsledného spektra závisí na mnoha neznámých, souvisejících s dynamickými vlastnostmi traktoru a popisem nerovností povrchu terénu, po kterém se traktor pohybuje. Proto pro vytvoření modelu, na kterém by bylo možné sledovat vliv kmitání traktoru na měření jeho rychlosti, byla nutná určitá zjednodušení. V tomto modelu se předpokládá vertikální kmitání pouze o jedné frekvenci ω_{h_1} a konstantní amplitudě h_1 , podobně kývání v podélné rovině o jediné frekvenci ω_{δ_1} a konstantní amplitudě δ_1 . Výsledné spektrum Dopplerova signálu pak bylo vypočteno na počítači IBM 365 pro časový interval 6 s při vzorkování 100 vzorků za sekundu. Experimentální data pro výpočty byla převzata z literatury (Matthews, 1964) a jsou uvedena v tab. I.

I. Parametry popisující vibrace traktoru — Parameters describing tractor vibrations

Křivka č.	Vertikální zrychlení a_h (m s ⁻²)	f_{h_1} (Hz)	δ_1 (°)	f_{δ_1} (Hz)
1	0	0	0	0
2	1,95	3,5	0,25	4
3	1,95	3,5	0,5	4
4	3,8	3,5	1	4

Typické výsledky výpočtu, popisující vliv kmitání traktoru na přesnost měření Dopplerova kmitočtu, jsou na obr. 6. Křivky 1, 2, 3 a 4 jsou vypočteny pro hodnoty uvedené v tab. I. Vzdálenost antény od těžiště traktoru byla 1,2 m a šířka svazku antény $\Delta \vartheta = 13,6^\circ$. Výsledky ukazují, že vliv kmitání traktoru, a tím chyby měření kmitočtu i rychlosti vzrůstají s úhlem ϑ .

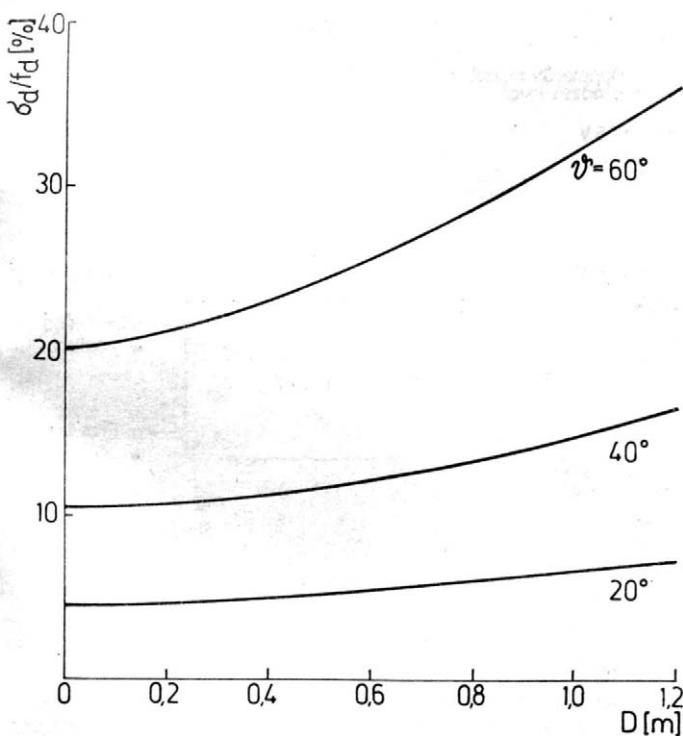
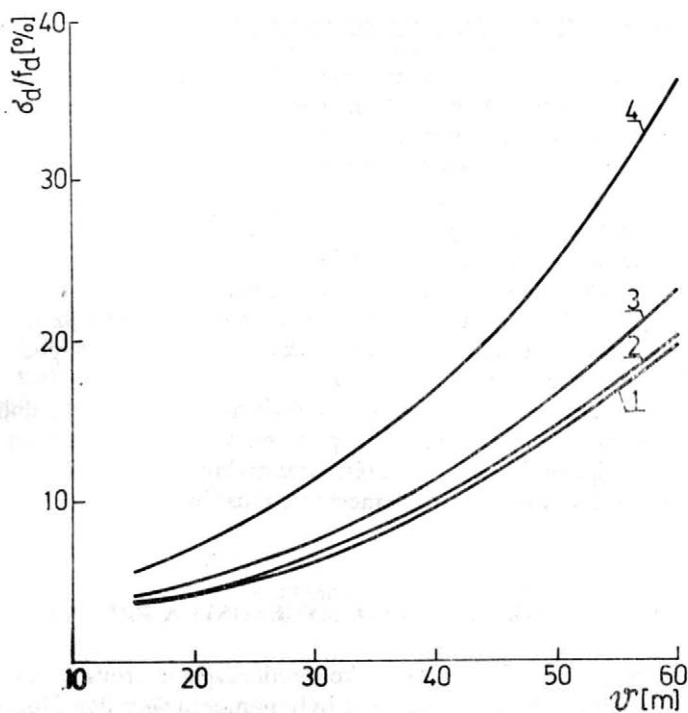
Obr. 7 dále ukazuje vliv umístění antény na traktoru v různých vzdálenostech od těžiště na přesnost měření frekvence. Hodnoty σ_a/f_a jsou vypočteny pro

$$a_h = 3,8 \text{ m s}^{-2} \quad f_{h_1} = 3,5 \text{ Hz}$$

$$\delta_1 = 1^\circ \quad f_{\delta_1} = 4 \text{ Hz}$$

$$\Delta \vartheta = 13,6^\circ$$

6. Vliv vibrací traktoru na přesnost měření rychlosti — Influence of the tractor vibrations on the accuracy of the velocity measurements



7. Směrodatná odchylka $\delta a/f_d$ v závislosti na vzdálenosti antény od těžiště traktoru — Standard deviation $\delta a/f_d$ versus the distance of the antenna from the centre of gravity

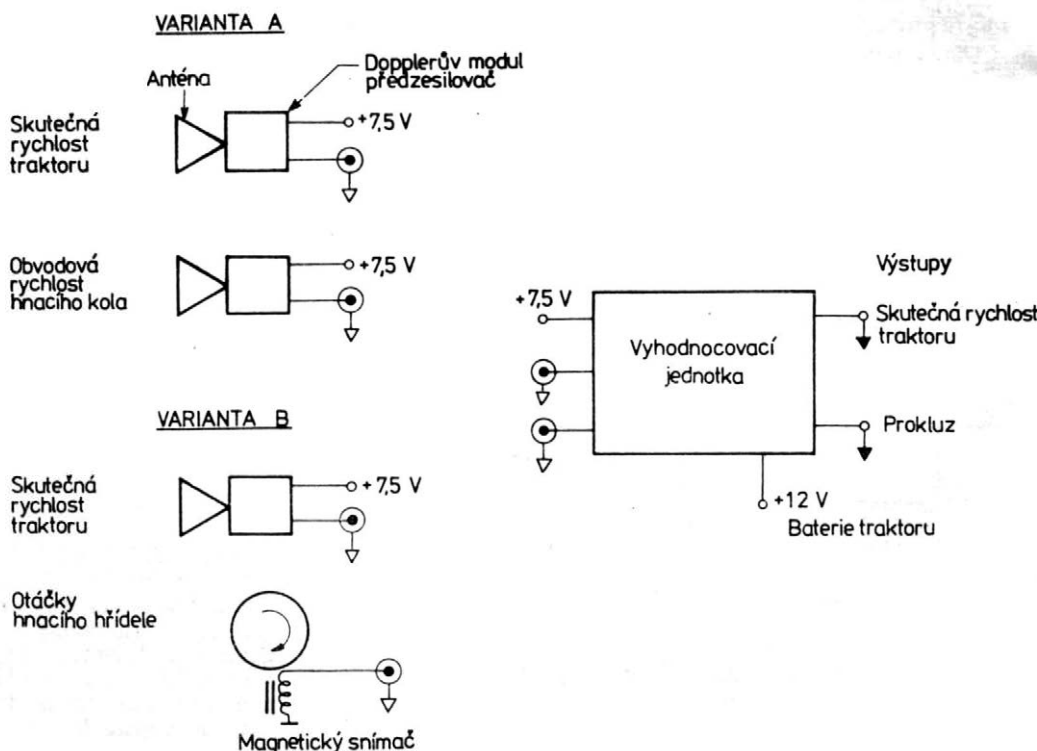
Uvažujeme-li absolutní vzrůst σ_a/f_a se vzdáleností antény od těžiště, je jasné, že vzrůst σ_a/f_a je menší pro malé úhly ϑ .

Tím se současně dostáváme k dalšímu problému, a to typu, provedení a umístění antény a radaru. Musíme brát v úvahu, že anténa bude vystavena různému znečištění (například blátem, olejovým filmem, sněhem, vodou, solí apod.). Proto také musí být snímač proveden jako kompaktní blok obsahující anténu i vlastní Dopplerův modul. Situování musí brát zřetel na výsledky, které byly získány rozbořem vlivu vibrací traktoru na přesnost měření rychlosti. To znamená, že výběr místa, kde bude umístěna anténa, je nesmírně důležitý. Stejně důležitá je i výška antény nad povrchem. Rozměr antény by měl být minimální a měla by být určitá flexibilita v možnostech umístění na různé typy traktorů. Vlastní vyhodnocovací zařízení, které již může být umístěno v kterémkoliv místě, by mělo vyhovovat běžným klimatickým podmínkám, vlivu změn teplot, vlhkosti a vibracím.

Při umístění antény pod podvozkem traktoru může dojít k vícenásobnému odrazu elektromagnetické energie od povrchu terénu a podvozku (popřípadě některých pohyblivých součástí), při umístění před traktorem i k odrazům od jiných vozidel. Tento jev se nezdá být vážným problémem, ale musí být rovněž zvážen při výběru vhodného místa pro anténu.

FUNKČNÍ VZOREK MĚŘIČE RYCHLOSTI A PROKLUZU

Návrhu měřiče prokluzu kol předcházela ověřovací měření na traktoru Massey-Ferguson model 150. Na traktoru byly namontovány dva Dopplerovy moduly pro měření



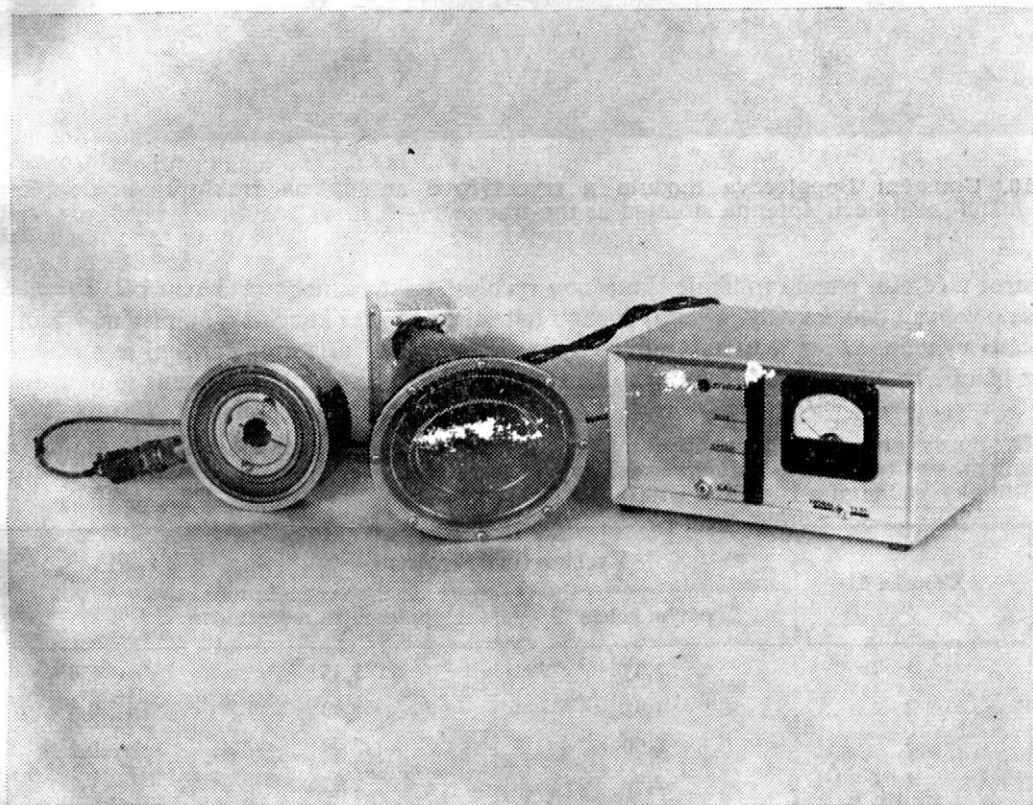
8. Blokové schéma funkčního vzorku měřiče prokluzu — Block diagram of the prototype of the Doppler radar slip monitor

rychlosti traktoru a obvodové rychlosti hnacího kola. Pro kontrolní měření byl traktor vybaven pátým kolem, snímači otáček hnacích kol, otáček vývodového hřídele a zařízením pro měření rychlosti traktoru měřicím pásmem (Stuchly aj., 1975, 1976; Thansandote, 1976). Výstupní signály z těchto zařízení byly při experimentech nahrávány na vícestopý magnetofon. Signály byly analyzovány analogovým zařízením měřícím frekvenci maxima výkonového spektra Dopplerova signálu a na počítači DEC PDP 11/40 (Stuchly aj., 1978).

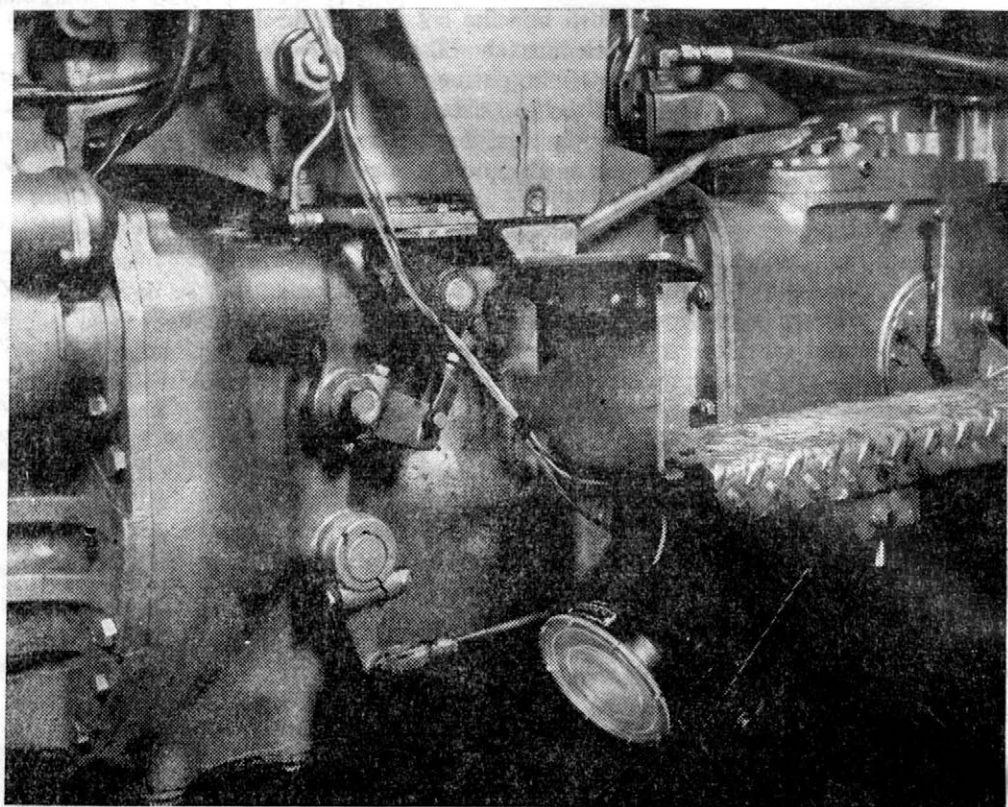
Na základě velmi uspokojivých výsledků předběžných experimentů byly postaveny dvě varianty funkčních vzorků měřiče rychlosti traktoru a prokluzu kol (Thansandote aj., 1977). Principiální blokové schéma je na obr. 8 — u varianty A se používají dva Dopplerovy moduly (rychlost traktoru, obvodová rychlost kol), u varianty B je jeden Dopplerův modul (rychlost traktoru) a magnetický snímač (otáčky hnacího hřídele).

Byly použity Dopplerovy moduly MA-86656A (Microwave Associates. Inc.) o frekvenci 10,525 GHz a výkonu 10 mW. Stejnosměrné napájení 7,5 V a 120 mA. Trychtýřová anténa o délce 230 mm a eliptickém ústí měla zisk větší než 18 dB, šířku svazku 14° a potlačení vedlejších vyzařovacích laloků minimálně 15 dB. Úhel pozorování byl zvolen 33° vzhledem k povrchu terénu.

Praktické provedení funkčního vzorku varianty B je znázorněno na obr. 9. V levé části tohoto obrázku je magnetický snímač otáček hnacího hřídele, uprostřed Dopplerův modul s eliptickou trychtýřovou anténou a v pravé části vyhodnocovací a napájecí jednotka. V této jednotce se dělá analogové zpracování signálů ze snímačů. Měřicí pří-



9. Funkční vzorek měřiče rychlosti a prokluzu — Prototype of the velocity and slip monitor



10. Umístění Dopplerova modulu a trychtýřové antény na traktoru — Doppler module and horn antenna situated at the tractor

stroj v čelním panelu indikuje skutečnou rychlost traktoru nebo prokluzu kol. K volbě se používají tlačítka. Oba výstupy mohou být současně přes konektory, umístěné v zadní části vyhodnocovací jednotky, připojeny k registračnímu přístroji. Zařízení je napájeno z baterie traktoru. Situování antény na traktoru je vidět na obr. 10. Anténa je umístěna

II. Porovnání výsledků měření rychlosti traktoru Dopplerovým radarem a pátým kolem — Comparison of the results of tractor velocity measurement with the Doppler radar and the fifth wheel

Zkouška č.	Rychlost (m s^{-1}) měřená		Rozdíly* (%)
	pátým kolem	Dopplerovým radarem	
1	1,33	1,35	+1,5
2	1,92	1,93	+0,5
3	2,50	2,49	-0,4
4	2,89	2,85	-1,4
5	3,73	3,71	-0,5

* — normalizováno vzhledem k rychlosti pátého kola

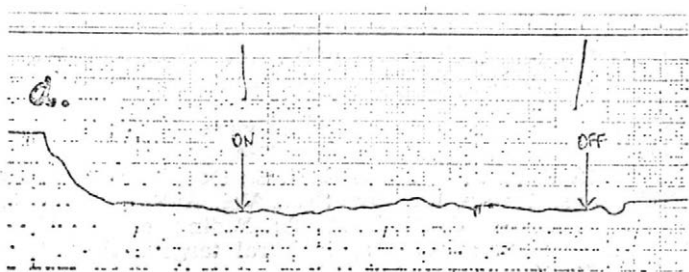
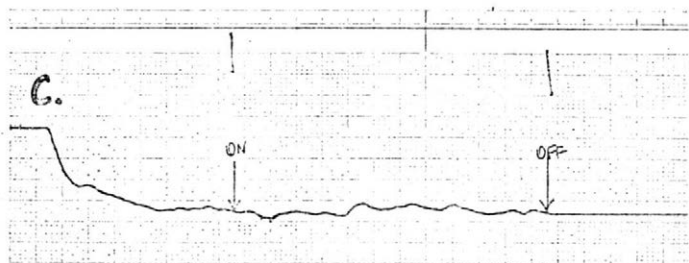
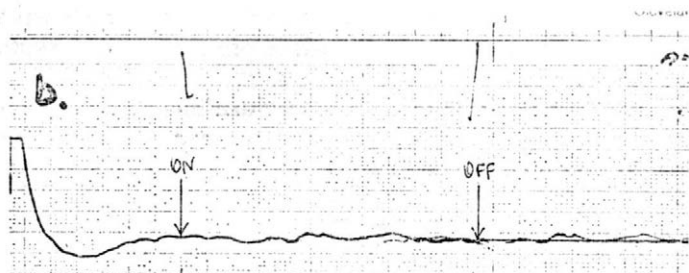
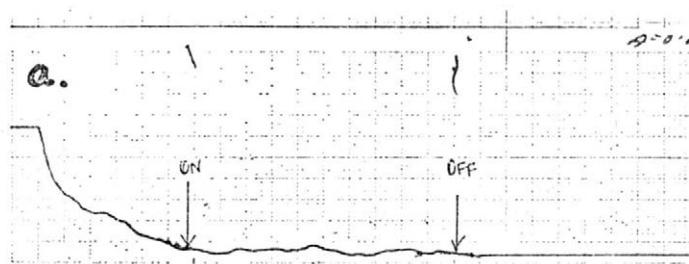
pod stupátkem řidiče co nejbliže těžišti traktoru. Je pochopitelné, že v definitivním provedení by bylo nutné chránit anténu i Dopplerův modul před poškozením krytem.

EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ A DISKUSE

Měřili jsme v různých podmínkách při jízdě traktoru na asfaltovém a betonovém povrchu, po polní cestě, po travnatém a zoraném poli. Účelem ověřovacích měření bylo porovnat výsledky měření rychlosti standardní metodou pátým kolem a Dopplerovým radarem a ověřit funkci obou vzorků měřiče rychlosti a prokluzu.

11. Výsledky měření prokluzu. Varianta B (Dopplerův modul a magnetický snímač), rychlost posuvu registračního papíru 1 mm s^{-1} , stupnice prokluzu $1\% / 1 \text{ dílek}$. Šipky indikují začátek a konec zkušební dráhy — Results of the slip measurements. One Doppler radar module and a magnetic pick-up, asphalt road, chart speed 1 mm s^{-1} , slip 1 percent/division. Arrows indicate the beginning and the end of the test runway

- a) standardní metoda
2%, měřič prokluzu
2,5% (průměr)
- b) standardní metoda
8,2%, měřič prokluzu
8% (průměr)
- c) standardní metoda
11,8% měřič prokluzu
12% (průměr)
- d) standardní metoda
15% měřič prokluzu
12% (průměr)



Některé výsledky porovnávacích měření na zkušební dráze s travnatým povrchem jsou uvedeny v tab. II (Thansandote aj., 1977). Byla zjištěna velmi uspokojivá přesnost, rozdíly údajů rychlosti nebyly větší než 1,5 %.

Varianta A měřiče prokluzu (dva Dopplerovy moduly) dává v laboratoři poměrně dobré výsledky. Její praktické použití je však spojeno s některými problémy, jako je obtížnost cejchování, definování úhlu mezi osou anténního svazku a vektorem obvodové rychlosti kola, ochrana antény pro měření obvodové rychlosti před znečištěním. Měří se také pouze prokluz jednoho kola, který se může v důsledku funkce diferenciálu značně lišit od střední hodnoty prokluzu obou hnacích kol. Tím, že by se přidal další Dopplerův modul, by se zbytečně zvýšila cena zařízení.

Proto jsme zvolili jako definitivní řešení variantu B (Dopplerův modul a magnetický snímač). Snímání otáček hnacího hřídele diferenciálu se zdá být optimálním řešením, neboť výsledná hodnota prokluzu se téměř rovná střední hodnotě z prokluzu obou hnacích kol. Zařízení je kompaktnější i cenově výhodnější. Ukázky záznamů kontinuálního měření prokluzu na zkušební dráze s asfaltovým povrchem jsou na obr. 11. Tyto i další experimenty potvrdily, že výsledky měření prokluzu v rozsahu 0 až 25 % jsou v dobré shodě s měřením standardní metodou s přesností vyhovující většině praktických aplikací.

ZÁVĚR

Dopplerův radar plně vyhovuje pro měření rychlosti traktoru. Při správné volbě parametrů a pracovních podmínek je přesnost měření skutečné rychlosti traktoru lepší než 1,5 %.

Nejlepších výsledků měření prokluzu hnacích kol bylo dosaženo užitím Dopplerova modulu pro snímání rychlosti traktoru a magnetického snímače pro otáčky hnacího hřídele diferenciálu. Zařízení dává průběžnou informaci o střední hodnotě prokluzu hnacích kol. Výsledky jsou ve velmi dobré shodě s měřením standardní metodou a plně potvrzují technickou realizovatelnost zařízení. Současný ohromný pokrok v oblasti technologie mikrovlnných obvodů umožňuje vyrábět kompaktní miniaturní a cenově přístupné Dopplerovy moduly i pro aplikaci v zemědělství. Měřič prokluzu kol využívající Dopplerův princip měření rychlosti se tak může stát v blízké budoucnosti součástí vybavení traktoru.

Poděkování

Autoři děkují Agriculture Canada a vedoucímu katedry zemědělské techniky University do Manitoba dr. G. E. Laliberte, že jim umožnil výzkum, za účinnou pomoc při experimentální práci a vývoji měřících zařízení pracovníkům university H. Schlosserovi a J. G. Putnamovi, za cenné rady a doporučení doc. ing. A. Grečenkovi, CSc., z Výzkumného ústavu zemědělských strojů v Praze.

Literatura

- BARGER, E. L. — LILJEDAHN, J. B. — CARLETON, W. M. — McKIBBEN, E. G.: Tractors and their power units. New York, J. Wiley, 1963.
BARRICK, D. E. — PEAKE, W. H.: A review of scattering from surfaces with different roughness scales. Radio Sci., 3, 1968, s. 865-868.
BERGER, F. B.: The design of airborne Doppler velocity measuring systems. IRE Trans. on Aero. Navig. Electronics, Dec., 1957, s. 157-175.
BRODERICK, R. F. — HAYRE, H. S.: Doppler return from a random rough surface. IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., Vol. AES-5, 1969, č. 3, s. 441-449.
BUSH, T. F. — ULABY, F. T.: Fading characteristics of panchromatic radar backscatter from selected agricultural targets. IEEE Trans. Geoscience Electronics, Vol. GE-13, 1975, č. 4, s. 149-157.

- DICKEY, F. M. — KING, C. — HOLTZMAN, S. C. — MOORE, R. K.: Moisture dependency of radar backscatter from irrigated and non-irrigated fields at 400 MHz and 13.3 GHz. IEEE Trans. Geoscience Electronics, Vol. GE-12, 1974, č. 1, s. 19-22.
- GRANT, C. R. — YAPLEE, B. S.: Backscattering from water and land at centimeter and millimeter wavelengths. Proc. IRE, 45, 1957, č. 7, s. 976-982.
- GREČENKO, A.: Zařízení pro měření energetiky pneumatiky. Kaučuk a plastické hmoty, 1960, č. 9, s. 323-326.
- GREČENKO, A.: Kolové a pásové traktory. SZN, Praha-1963.
- GRIMES, D. M. — JONES, R. D.: Automotive radar: a brief review. Proc. IEEE, 62, 1974, č. 6, s. 804-822.
- HYLTIN, T. M. — FUSCHER, T. D. — TYSON, H. B. — REGUEIRO, W. R.: Vehicular radar speedometer. SAE Paper 730125, Jan. 1973.
- LYNE, P. W. — MEIRING, P.: A wheel slip meter for traction studies. Trans. ASAE, 1977, č. 2, s. 238-242.
- MATTHEWS, J.: Ride comfort for tractor operators: II. Analysis of ride vibrations on pneumatic-tyred tractors. J. Agric. Eng. Res., 9, 1964, č. 1, s. 147-158.
- PAULSON, G. E. — ZOERB, G. C.: Automatic indication of tractor-wheel slip. Winter Meeting, ASAE, Chicago, Paper 71-584, Dec. 1971.
- PAULSON, G. E. — ELLIOTT, W. S.: A digital slip meter. IFAC Symp. on Automatic Control for Agr., Saskatoon, Paper B5, June, 1974.
- RUCK, G. T. — BARRICK, D. E. — STUART, W. D. — KRICHBAUM, C. K.: Radar cross section handbook. Plenum, New York 1970.
- STUCHLY, S. S. — TOWNSEND, J. S. — THANSANDOTE, A.: Further development of Doppler radar slip meter for agricultural tractors. Annual Meeting, ASAE, NCR, Fargo, North Dakota, paper 75-101-NCR, October, 1975.
- STUCHLY, S. S. — TOWNSEND, J. S. — THANSANDOTE, A.: Travel reduction measurement by Doppler radar methods. Summer Meeting, ASAE, Lincoln, paper 76-1070, June, 1976.
- STUCHLY, S. S. — THANSANDOTE, A. — MLÁDEK, J. — TOWNSEND, J. S.: A Doppler radar velocity meter for agricultural tractors. IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. VT-27, 1978, č. 1, s. 24-30.
- THANSANDOTE, A.: A Doppler radar slip monitor for traction equipment. M. Sc. Thesis, University of Manitoba, Winnipeg, 1976.
- THANSANDOTE, A. — STUCHLY, S. S. — MLÁDEK, J. — TOWNSEND, J. S. — SCHLOSSER, H.: A new slip monitor for traction equipment. Trans. ASAE, 1977, č. 5, s. 851-856.
- ZOERB, G. C. — PAULSON, G. E. — ARCHIBALD, D.: A test tractor for direct indication of draft and slip. Annual Meeting, ASAE (NCR), CSAE, Winnipeg, Man., paper NC71-105, September, 1971.

Došlo dno 16. 5. 1978

МЛАДЕК, Й. — СТУХЛЫ, С. С. — ТАНСАНДОТЕ, А. (Научно-исследовательский институт пищевой промышленности, Прага; Университет в Оттаве, Оттава; Карлетонский университет, Оттава): Измерение скорости и буксования трактора при помощи радиолокатора Допплера. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9) : 531-546.

В статье описывается приспособление для измерения действительной скорости проекта и буксования ходовых колес при помощи радиолокатора Допплера. Концепция проекта приспособления основана на анализе теории измерения скорости микроволновым радиолокатором Допплера. Обсуждаются главные параметры системы: частота Допплера, тип антенны; угол оси излучаемого пучка по отношению к местности, уровень отраженного сигнала, свойства отражения местности, поляризация излучаемой энергии и т. д. Особое внимание уделяется влиянию вибрации трактора и положению антенны радиолокатора на точность измерения. Предложенные функциональные образцы буксования измерителей Допплера дали удовлетворительные результаты по сравнению с обычными методами. Измерительный прибор Допплера для измерения скорости и буксования может быть составной частью оснащения трактора.

трактор; измерение скорости; измерение буксования; радиолокатор Допплера

MLÁDEK, J. — STUCHLY, S. S. — THANSANDOTE, A. (Research Institute of Food Industry, Praha, University of Ottawa, Ottawa, Carleton University, Ottawa): *Velocity and Slip Measurements Using Microwave Doppler Radar*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9) : 531-546.

A new technique for measuring the true ground speed and wheel slip of agricultural tractors is described. The method and design of the slip monitor are based on the application of the microwave Doppler radar. Basic parameters of the measuring system are discussed; namely Doppler frequency, antenna beamwidth, antenna viewing angle, backscattering properties of the terrain, Doppler signal level, polarization effects, etc. The influence of tractor vibrations on the accuracy of velocity measurements is considered. Experimental results obtained during the test tests of two slip meter prototypes are in good agreement with those measured by a conventional method. The results demonstrate that the Doppler velocity and slip monitor can be used on tractors in the near future.

tractor; velocity measurement; slip measurement; Doppler radar

MLÁDEK, J. — STUCHLY, S. S. — THANSANDOTE, A. (Forschungsinstitut der Nahrungsmittelindustrie, Praha; University of Ottawa, Ottawa; Carleton University Ottawa): *Messung der Schleppergeschwindigkeit und des Schlupfes mit dem Dopplerschen Radar*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9) : 531-546.

Es wird eine Einrichtung zur Messung der Istgeschwindigkeit des Schleppers und des Triebbradschlupfes mit dem Dopplerschen Radar beschrieben. Die Konzeption des Entwurfes der Einrichtung geht von der Analyse der Messungstheorie der Geschwindigkeit mit einem Dopplerschen Mikrowellenradar aus. Die Diskussion behandelt die Hauptparameter des Systems: Dopplersche Frequenz, Antennentyp, Achsenwinkel des ausgestrahlten Bündels in Rücksicht auf das Gelände, Niveau des reflektierten Signals, Reflexionseigenschaften des Geländes, Polarisierung der ausgestrahlten Energie usw. Eine besondere Aufmerksamkeit gilt dem Einfluß der Schleppererschütterungen und der Laganordnung der Radarantenne auf die Meßgenauigkeit. Die entworfenen Funktionsmuster der Dopplerschen Schlupfmessgeräte bringen zufriedenstellende Ergebnisse im Vergleich zu den herkömmlichen Methoden. Es geht hervor, daß der Dopplersche Geschwindigkeits- und Schlupfmeßapparat zum Bestandteil von gut ausgerüsteten Schleppern werden könnte.

Schlepper; Geschwindigkeitsmessung; Schlupfmessung; Dopplersche Radargerät

Adresa autorů:

Ing. Josef Mládek, CSc., Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Třebosická 12, 100 00 Praha 10

Dr. Stanislaw S. Stuchly, Associate Professor, Dept. of Electrical Engineering, University of Ottawa, Ottawa, Ontario, K1N 6N5, Canada

Artnarong Thansandote, Dept. of Electronics, Carleton University, Ottawa, Ontario, K1S 5B6, Canada

R. Řezníček, J. Blahovec

ŘEZNÍČEK, R. — BLAHOVEC, J. (Vysoká škola zemědělská, Praha): *Návrh definice texturního profilu ovoce a zeleniny*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9): 547–552.

Navrhli jsme systém texturních parametrů, který vychází z některých starších systémů, používá však důsledně fyzikálně opodstatněných veličin. Pro určování texturních parametrů je používán záznam z tlakové zkoušky — deformační křivka — vzorku stlačovaného mezi dvěma deskami.

mechanické vlastnosti ovoce a zeleniny; texturní parametry; textura potravin

Pod texturou potravin se chápou strukturní prvky potravin i způsob, jakým jsou tyto prvky registrovány fyziologickými smysly při jejich konzumu. Tak obecně specifikovala pojem textury potravin Szczesniaková v roce 1963. Intuitivně se pojmu textury potravin používalo již dříve při komisionálním zkoušení kvality potravin. Szczesniaková (1963) nejen definuje pojem textury, ale navrhla také soustavu texturních parametrů, které — jsou-li stanoveny — vytvářejí obecný texturní profil příslušné potravin. My se zde budeme zabývat pouze mechanickými parametry; jejich seznam a klíčová slova stupnice jsou uvedena v tab. I.

I. Mechanické parametry obecného texturního profilu (podle Szczesniakové, 1963) — Mechanical parameters of the general texture profile (after Szczesniak, 1963)

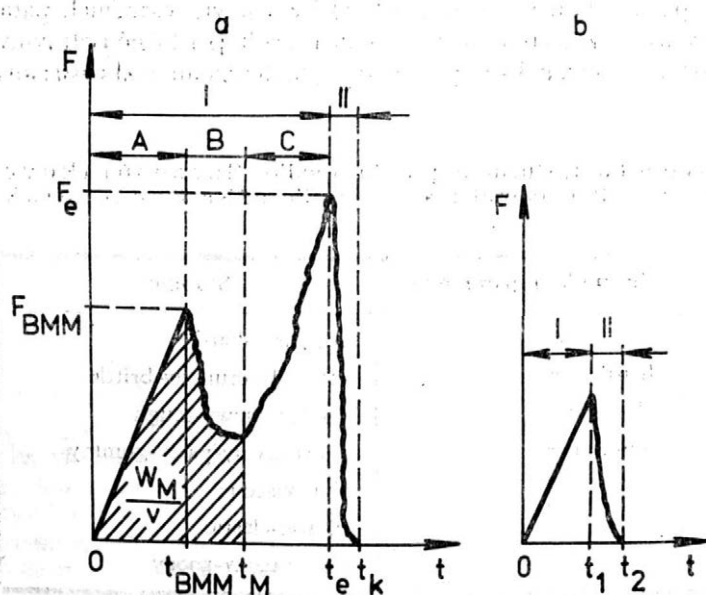
Primární parametry	Sekundární parametry	Stupnice
hardness		soft-firm-hard
cohesivness	brittleness	crumbly-crunchy-brittle
	chewiness	tender-chewy-tough
	gumminess	short-mealy-pasty-gummy
viscosity		thin-viscous
elasticity		plastic-elastic
adhesivness		sticky-tacky-goey

V posledních deseti letech je v odborných kruzích věnována zvýšená pozornost objektivnímu stanovení texturních parametrů na základě různých testů, při nichž se tyto parametry měří. O tomto zájmu svědčí zaměření monotematických sborníků (Chokyum, 1975; Kramer, Szczesniak, 1973), ale také většina prací uveřejněných ve speciálním časopise *Journal of Texture Studies*. Jedním z prvních návrhů, jak prostřednictvím přístroje stanovit mechanické parametry texturního profilu, bylo využití texturometru General Foods Co. (Friedman aj., 1963). Tento texturometr simuluje prostřednictvím periodického vlačování různých nástrojů činnost zubů při žvýkání; po vyhodnocení záznamů závislosti síla-čas lze vyhodnotit soubor texturních parametrů uvedených v tab. I. Metoda určování texturních parametrů byla volena zejména s ohledem na vlastnosti kašovitých a polotekutých materiálů. Tuto metodu stanovování texturního profilu použil Bourne (1968) pro ovoce. Místo texturometru použil v tomto případě univerzální deformační stroj Instron. Stejně pak byly stanovovány mechanické parametry texturního profilu u okurek (Breene aj., 1972).

Cílem této práce je informovat o naší snaze pozměnit texturní profil, jeho mechanické parametry a metodiku stanovování parametrů z deformačního testu. Motivy těchto změn snad budou zřejmé z dalšího výkladu. V podstatě však spočívaly ve snaze, aby parametry měly dobré fyzikální opodstatnění a aby navazovaly na reologické a mechanické vlastnosti ovoce a zeleniny.

MECHANICKÉ PARAMETRY TEXTURNÍHO PROFILU

Základními mechanickými parametry zůstanou — jako pro pevné látky (tab. I): I — tvrdost, II — soudržnost a III — pružnost. V dalším výkladu bude upřesněn zejména komplex parametrů nazývaný soudržnost. Základním testem pro stanovování mechanických parametrů je v našem případě tlakový test: stlačování vzorku o plošném obsahu A průřezu kolmého k působící tlakové síle F a výšce h mezi dvěma deskami, tak, jak je to naznačeno v obr. 1. V obr. 1 jde vlastně o dva testy u dvou různých vzorků z téhož materiálu. V obou případech se testy skládají ze zatěžování (I) a odtěžování (II).



1. Tlakový test — The compression test

V prvním případě je vzorek deformován až k rozdrčení (obr. 1a), v druhém případě není přestoupěna biologická mez makrodeformace (obr. 1b). Rychlost v deformace při zatěžování je konstantní, co do velikosti je stejná jako rychlost klesání deformace $-v$ při odtěžování a je rovna rychlosti příčnicku deformačního stroje. Záznamový papír se pohybuje v průběhu testu konstantní rychlostí. Záznam tedy představuje závislost tlakové síly F působící na vzorek na čase t . Obr. 1a je typický pro velké deformace vzorků zhotovených z pletiva ovoce a zeleniny, což jsme si velkým počtem měření pomocí zařízení Instron ověřili. V oblasti A dochází k viskoelastické, nedestruktivní deformaci vzorku. Po překročení biologické meze makrodeformace BMM , dané deformací $v \cdot t_{BMM}$ a silou F_{BMM} , pletivo praská v důsledku smykových napětí a postupně se štěpí. Vzorek se při tom drtí, rozmělnňuje. Energie potřebná k tomuto rozmělnění je vyznačena v obr. 1a šrafováním a má hodnotu W_M . Tento proces probíhá v celé oblasti B a je prakticky ukončen v minimu závislosti $F = f(t)$; v oblasti C se stlačuje již rozmělněné pletivo vzorku a vytlačuje se do stran. Důležitá je volba velikosti maximálního stlačení vzorku $D_e = t_e \cdot v$ vzhledem k jeho výšce h . Přihlédneme-li k tomu, že minimum závislosti $F = f(t)$ se u vzorků z ovoce a zeleniny objevuje při deformacích odpovídajících hodnotě 0,3 až 0,5 h a hodnota F_e by neměla být výrazněji ovlivněna procesy drcení tkáně, jež probíhají v oblasti B (obr. 1a), pak volba $D_e = 0,75 h$ uváděná Bournem (1968) je vhodná a budeme ji také používat. Test (obr. 1b) slouží pouze ke stanovení pružnosti neporušené tkáně.

Budeme nyní probírat jednotlivé mechanické parametry texturního profilu za sebou a uvedeme vždy jejich fyzikální definici stanovenou z tlakového testu — zároveň se stručným vysvětlením.

I. TVRDOST (H)

— míra odolnosti materiálu proti velké (plastické) deformaci, vyjádřená sekantním modulem:

$$H = \frac{F_e h}{A D_e} \quad (1)$$

$$[H] = \text{Pa}$$

kde: D_e — maximální stlačení

$$D_e = t_e \cdot v \quad (1a)$$

v — rychlost posuvu příčnicku deformačního stroje

II. SOUDRŽNOST

— není definována jednoduchým parametrem, nýbrž tvoří komplex čtyř dílčích parametrů:

Ila. Pevnost (S)

— míra odporu materiálu proti porušení stability deformovaného vzorku, vyjádřená napětím na mezi pevnosti materiálu:

$$S = \frac{F_{BMM}}{A} \quad (2)$$

$$[S] = \text{Pa}$$

Biologická mez makrodeformace je spojena s lomy a praskáním vzorků, což je typická vlastnost deformace ovocných a zeleninových pletiv. Při deformaci tlakem nelze

zachytit jiné způsoby ztráty stability než křehký lom (tzn. např. nikoliv zaškrcování). U materiálů, které se neporušují lomem či praskáním a u nichž se tedy biologická mez makrodeformace při deformaci tlakem neobjevuje, nelze pevnost uvedeným způsobem stanovovat.

IIb. Křehkost (B)

— míra sklonu materiálu ke ztrátě stability při malé plastické deformaci, nebo bez ní:

$$B = \frac{1}{2} \frac{F_{BMM} \cdot t_{BMM} \cdot v}{W_M} \quad (3)$$

Křehkost definovaná vztahem (3) vyjadřuje vlastně podíl deformační energie akumulované ve vzorku v průběhu viskoelastické deformace k deformační energii potřebné k rozmělnění vzorku. Od tohoto výkladu se definiční vztah (3) mírně může odchylovat, vzhledem k nedokonalé lineárnosti závislosti F na t v oblasti od počátku deformace do BMM . Tyto odchylky jsou však nepodstatné, což jsme měli možnost si ověřit na velkém počtu záznamů. V případě větších odchylek od lineárnosti je však možné ve vztahu (3)

nahradit výraz $\frac{1}{2} F_{BMM} \cdot t_{BMM} \cdot v$ výrazem $v \int_0^{t_{BMM}} F dt$, jehož hodnotu by bylo nutné

získat podobně jako W_M , tzn. planimetrováním záznamu nebo použitím integrátoru. Pokud se na deformační křivce nepozoruje BMM , pak definice (3) selhává a jako hodnota B může být brána 0. B může nabývat hodnot od 0 do 1.

IIc. Natahavost (G)

— míra schopnosti materiálu deformovat se bez porušení částečně vratným způsobem:

$$G = \frac{t_{BMM} \cdot v}{h} E_1 \quad (4)$$

kde: E_1 — počáteční pružnost definovaná vztahem (6a)

Natahavost definovaná výrazem (4) je bezrozměrná veličina, která může teoreticky nabývat hodnot od 0 do 1. V případě křehkých látek, jakými jsou ovocná a zeleninová pletiva, při jejichž deformaci se na deformační křivce objevuje biologická mez makrodeformace, vystihuje definice (4) právě natahavost limitovanou lomem. Omezení natahavosti jinými mechanismy (zaškrzení apod.) nemůže být principiálně tlakovým testem odhaleno. Pro materiály, u nichž jsou tyto mechanismy typické, se na deformační křivce neobjeví BMM a natahavost nebude moci být vůbec definována, nebo lze za ni přímo užít počáteční pružnost E_1 .

IId. Tuhost (T)

— podíl spotřebované energie na rozdrčení vzorku a objemu tohoto vzorku:

$$T = \frac{W_M}{A h} \quad (5)$$

$$[T] = \text{J m}^{-3}$$

Termín tuhost nahrazuje termín žvýkatelnost (chewiness) z tab. I, protože lépe odpovídá termínům vystihujícím vzrůstání tohoto parametru — měkký, žvýkavý, tuhý. Definice (5) je pro materiály s BMM jasná. Poněkud se liší od tuhosti definované Finneyem (1969), který ji definuje z deformační energie vztažené k BMM. Definice (5) zahrnuje do tuhosti navíc deformační energii z celého průběhu drcení. Pro případ, že se na deformační křivce materiálu nevyskytuje BMM, dá se pro tuhost užít vztah:

$$T = \frac{W_{40\%}}{A h} \cdot \frac{1}{(1 - E_2)} \quad (5a)$$

kde: $W_{40\%}$ — deformační energie při relativní deformaci rovné 40 % (tato deformace odpovídá přibližně minimu na deformačních křivkách vzorků ovocných a zeleninových pletiv vykazujících BMM)

E_2 — konečná pružnost (viz vztah (6b))

Fyzikálně pak vztah (5a) obsahuje deformační energii při 40% trvalé deformaci.

III. PRUŽNOST (E)

— poměr vratné deformace k celkové deformaci — nazývá se také stupněm pružnosti:

$$E_1 = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \quad (6a)$$

$$E_2 = \frac{t_k - t_e}{t_k} \quad (6b)$$

Počáteční pružnost E_1 je definována pro deformaci menší než ta, která odpovídá BMM. Její stanovení plyne z testu na obr. 1b. Konečná pružnost E_2 odpovídá zvolené hodnotě deformace vzorků $D_e = 0,75$ h (čas t_e — obr. 1a) v podmínkách, kdy křehká tkáň je rozdrčena.

ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU TEXTURNÍCH PARAMETRŮ A ZÁVĚR

Navrhovaný systém texturních parametrů se připojuje k řadě systémů uváděných různými autory (např. Jowitt, 1974). Námi navrhovaný systém z některých starších systémů vychází, důsledně však používá fyzikálně opodstatněných veličin. Tím je alespoň z části odstraněna operacionalistická libovůle a chyby a nepřesnosti z ní vyplývající. Další výhodou navrhovaného systému je poměrně jednoduchý test, na jehož základě jsou určovány texturní parametry: vzorek jednoduchého tvaru je stlačován prostým tlakem. Numerické vyjádření texturních parametrů však vyžaduje planimetrování deformační křivky (W_M), popř. použití integrátoru ve spojení s měřicí soustavou deformačního stroje. Je třeba však upozornit na to, že zvolené české termíny pro texturní parametry neodpovídají zcela významu těchto termínů pro popis vlastností technických materiálů. Tyto termíny bylo nutné zvolit jako kompromis mezi názvoslovím používaným v naukách o technických materiálech a zžitým názvoslovím pro hodnocení vlastností potravin.

Největší nevýhodou navrhovaného systému je to, že se hodí k hodnocení pouze křehkých materiálů. Pro tvárné materiály lze podle navržené metodiky stanovit pouze omezený počet texturních parametrů: pružnost, tvrdost a tuhost. K popisu textury kořenové zeleniny, jádrového ovoce a jiných křehkých zelenin a ovoce se však navrhovaný systém texturních parametrů hodí.

- BOURNE, M. C.: Texture Profile of Ripening Pears. J. Fd. Sci., 33, 1968, s. 223.
 BREENE, W. M. — DAWIS, P. W. — HUNGEN CHOU: Texture profile analysis of cucumbers. J. Fd. Sci., 37, 1972, s. 113.
 FINNEY, E. E.: To define texture in fruits and vegetables. Agric. Engng., 50, 1969, s. 462-465.
 FRIEDMAN, H. H. — WHITNEY, J. E. — SZCZESNIAK, A. S.: The Texturometer. A New Instrument for Objective Texture Measurement. J. Fd. Sci., 28, 1963, s. 390.
 JOWITT, R.: The terminology of food texture. J. Text. Stud., 5, 1974, s. 351.
 SZCZESNIAK, A. S.: Classification of Textural Characteristics. J. Fd. Sci., 28, 1963, s. 410.
 —: Texture Measurements of Foods. Edt. KRAMER, A. — SZCZESNIAK, A. S. — D. Riedel Publ. Co., Dordrecht 1975.
 —: Theory Determination and Control of Physical Properties of Food Materials. Edt. CHOKYUM Rha. D. Riedel Publ. Co., Dordrecht 1975.

Došlo dne 19. 4. 1973

РЖЕЗНИЧЕК, Р. — БЛАГОВЕЦ, Й. (Сельскохозяйственный институт, Прага): Проект определения текстурного профиля фруктов и овощей. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9) : 547-552.
 Была предположена система текстурных параметров, основанная на некоторых старших системах, которая последовательно применяет физически обоснованные величины. Для определения текстурных параметров применяется запись об испытаниях давления — кривая деформаций — образца, сдвигаемого между двумя пластинками.

механические свойства фруктов и овощей; текстурные параметры; текстура пищевых продуктов

ŘEZNÍČEK, R. — BLAHOVEC, J. (University of Agriculture, Praha): *Proposed Definition of the Texture Profile of Fruits and Vegetables*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9) : 547-552.

A system of texture parameters was proposed, based on some older systems but using just physically fully justified figures. The compression test record (deformation curve) of a sample compressed between two plates is used for the determination of texture parameters.

mechanical properties of fruits and vegetables; texture parameters; food texture

ŘEZNÍČEK, R. — BLAHOVEC, J. (Landwirtschaftliche Hochschule Praha): *Entwurf der Begriffsbestimmung des Texturprofils von Früchten und Gemüse*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9) : 547-552.

Es wurde ein System der Texturparameter entworfen, das von einigen älteren Systemen ausgeht, jedoch folgerichtig physikalisch begründete Größen anwendet. Zur Bestimmung der Texturparameter wird eine Aufzeichnung von der Druckprüfung — Verformungskurve — der zwischen zwei Platten zusammengepressten Probe angewandt.

mechanische Eigenschaften von Früchten und Gemüse; Texturparameter; Textur der Nahrungsmittel

Adresa autorů:

Prof. ing. Radoš Řezníček, DrSc., RNDr., ing. Jiří Blahovec, CSc., Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6

J. Švarcbek, J. Švec

ŠVARCBEK, J. — ŠVEC, J. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy; Ústav pro hydrodynamiku ČSAV, Praha): *Nový způsob měření množství mléka při strojním dojení*. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9): 553—570.

Zaváděním automatizace u technologie dojení dojníc se současně zvyšují požadavky na jednotlivé automatizační prvky, z nichž nejdůležitější je průtokoměr mléka. Tímto důležitým problémem se zabývají i pracovníci Výzkumného ústavu zemědělské techniky, takže už je možné uvést některé dílčí výsledky výzkumu. Vlastní řešení bylo zaměřeno na zjištění možnosti kontinuálního měření hmotnosti protékající kapaliny v podtlakovém prostředí. Ve výsledném řešení je uveden princip průtokoměru s teoretickými výpočty tvaru šterbiny přepadu měrné komory.

průtokoměr mléka; hmotnostní tok; objemové měření; kontinuální vážení; šterbina přepadu

Nezbytnou pracovní operací technologické linky dojení je zjišťování množství mléka nadojeného od jednotlivých dojníc. Má to značný význam nejen z hlediska chovatelského, ale i výrobního při sledování produkce mléka ve vztahu ke skladbě krmné dávky, zdravotního stavu mléčné žlázy, nebo při posuzování vlivu dojení techniky apod. Podle výkyvů množství nadojeného mléka lze pak snadno zjišťovat příčiny a operativně zamezit působení nepříznivých vlivů na mléčnou produkci. Protože při velkovýrobní technologii dojení je realizace těchto požadavků velice problematická, stejně jako ruční vykonávání ostatních úkonů (např. čištění vemene, indentifikace zdravotního stavu mléčné žlázy, dodojování jednotlivých dojníc, snímání dojíací soupravy pro vydojení dojnice, dávkování jaderného krmiva apod.), začínají se ruční úkony nahrazovat automatizací. Tím se nejen zkvalitňuje a zpřesňuje pracovní postup v souladu s daným programem, ale současně se podstatně snižuje potřeba živé práce na jednotku produkce.

V souvislosti s požadavky na automatické řízení celého procesu dojení je pracovní úkon — měření množství mléka v průběhu dojení dojnice — nejdůležitějším a lze říci základním článkem technologické linky. Tento úkon (průtokoměr) technologické linky (u níž se už uplatňují automatizační prvky) zatím převážně nahrazuje indikátor průtoku mléka, který nemůže měřit jeho množství. Výzkum i výrobci dojíací techniky se proto zaměřují na řešení tohoto problému. Jejich cílem je vyvinout vhodné zařízení, které by měřilo množství mléka nadojeného od jednotlivých dojníc a umožňovalo jeho registraci na příslušnou kartu při současném řízení celého procesu dojení.

Množství mléka získané strojním dojením od jednotlivých dojnic se v současné době zjišťuje různými způsoby, které lze rozdělit do tří základních skupin:

1. Zařízení (dojící konve a odměrné nádoby), ve kterém se shromažďuje mléko po celou dobu dojení; celkové množství mléka se pak zjišťuje objemově nebo hmotnostně;
2. zařízení (v podstatě redukováné odměrné nádoby), v němž se odlučuje určitá část protékajícího mléka a jeho množství se zjišťuje v malé nádobce podle stupnice udávající celkové množství;
3. zařízení (průtokoměry), kterým se objemově nebo podle hmotnosti odměřuje (dávkuje) množství protékajícího mléka.

Posoudíme-li jednotlivé způsoby měření z hlediska jejich použití u velkovýrobní technologie dojení, nelze zastírat, že odměrné nádoby už nevyhovují daným požadavkům, takže v popředí důležitosti jsou průtokoměry. Dosud známé průtokoměry pracují na principu dávkování dvěma střídavě se sklápějícími miskami, které jsou proti sobě uloženy na hřídeli. Misky jsou magneticky (nebo protizávažím) přidržovány v pozici plnění, dokud hmotnost mléka nedosáhne stanovené dávky (např. 0,1 kg). Počet naplněných misek se registruje na počítadle. Přesnost měření je však značně závislá na průtočném množství mléka (tj. na intenzitě dojení), neboť v momentu překlápění jednotlivých misek se jím ovlivňuje stupeň jejich naplnění. To lze vysvětlit tím, že při vyšším průtočném množství mléka přiteče do sklápějící se misky více než při nižším průtoku. I když se výchytky naměřených hodnot částečně vyrovnávají, chyby v přesnosti měření jsou v některých případech vyšší než $\pm 5\%$.

VLASTNÍ PRÁCE

Abychom mohli stanovit nejvhodnější způsob měření množství mléka nadojeného od jednotlivých dojnic v dojárnách, navrhli jsme, a v laboratorních podmínkách ověřili zařízení, s tímto postupem řešení:

FUNKČNÍ MODEL PRŮTOKOMĚRU NA PRINCIPU OBJEMOVÉHO MĚŘENÍ

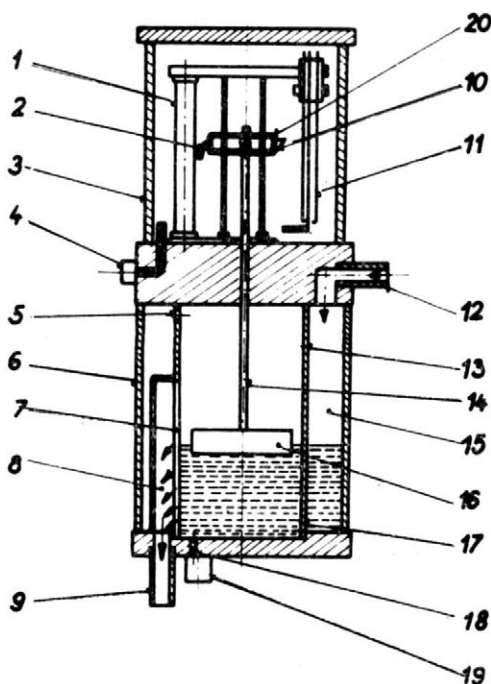
Průtokoměr, který je schematicky znázorněn na obr. 1, se skládá z horní komory 3 a dolní komory 6. V horní komoře jsou umístěny jeden nebo dva potenciometry 1 (proudový a napěťový) s běžcem 2 a vodicími saněmi 20, přičemž ružice 10 umožňuje ovládat kontakty 11. V dolní komoře je umístěna měrná válcová nádoba 13 s plovákem 16. Měrná nádoba 13 je otvory 5 a 17 propojena s mezistěnným prostorem 15 a v její boční straně je šterbinový otvor 7, který vyústuje do komory 8, z které současně vyústuje hubice 9. Dno je opatřeno hubicí 19 (pro připojení vzorkovnice), která je s měrnou nádobkou 13 propojena regulačním otvorem 18. Do horní části mezistěnné komory 15 vyústuje hubice 12, k níž se připojuje mléčná hadice dojící soupravy.

Činnost průtokoměru je odvozena od pohybu plováku 16, který se převádí přes tyč 14 na běžec 2, a tím i na potenciometr 1. Podstata měření spočívá v tom, že po přítoku mléka z hubice 12 do mezistěnné komory 15 se přes otvor 17 vyrovnává jeho hladina i v měrné nádobce 13 a současně by se mělo zamezit vnikání pěny mléka pod plovák 16. Z měrné nádoby 13 pak mléko vytéká šterbinovým otvorem 7 do komory 8 a odtud hubicí 9 do mléčného potrubí.

Množství protékajícího mléka ovlivňuje výšku plováku 16, což udává lineární vztah mezi průtokem mléka a výškou hladiny uvnitř měrné nádoby 7. Změny výšky plováku 16 jsou v závislosti na okamžitém průtoku mléka přenášeny tyčí 14 a vodicími saněmi 20

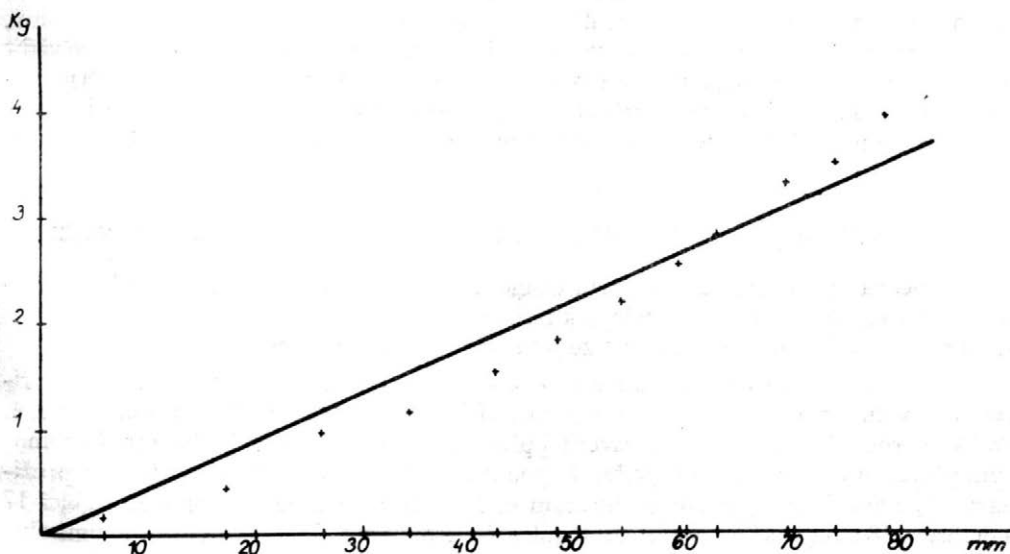
1. Schéma průtokoměru, jehož činnost spočívá na principu objemového měření — Diagram of the flowmeter whose function rests on the principle of volume measurement

1 — potenciometr, 2 — běžec, 3 — kryt, 4 — konektor, 5 — otvory pro odlučování vzduchu, 6 — plášť, 7 — štěrbinový otvor, 8 — komora přepadu, 9 — hubice pro odvod mléka z průtokoměru, 10 — ovladač kontaktů, 11 — kontakty, 12 — hubice pro přívod mléka, 13 — měrná nádobka, 14 — tyč, 15 — mezistěnná komora, 16 — plovák, 17 — spojovací otvor mezi měrnou nádobkou a mezistěnnou komorou, 18 — otvor pro odebrání vzorku mléka, 19 — hubice pro připojení vzorkovnice, 20 — vodící saně



s běžcem 2 na potenciometr 1, který může být napojen na integrační článek s přenosem na počítadlo součtové hodnoty, nebo přímo přes napájecí zdroj k zapisovacímu přístroji.

Činnost průtokoměru jsme ověřovali v laboratoři a informativně i v provozních podmínkách. Při laboratorních zkouškách byla zjišťována závislost tvaru přepadové



2. Cejchovní křivka průtokoměru pro objemové měření — Calibration curve of the flowmeter for continuous volume measurement

šterbiny na linearitu v rozsahu hmotnostního toku vody od 0 do 4 kg min⁻¹. Hodnoty zjištěné ze záznamu registračního přístroje Vareg jsou vyneseny na obr. 2.

Při informativním provozním ověřování průtokoměru byla zjišťována přesnost měření při různé intenzitě dojení. Z měření vyplývá, že přesnost výsledných hodnot byla ovlivněna tím, že vnikala pěna pod plovák. Odlučovač pěny lze proto považovat za nedostatečný, takže je nutné další řešení (např. připojení přidavného odlučovače, nebo úměrné zvětšení vlastní odlučovací komory).

MĚŘENÍ MNOŽSTVÍ MLÉKA NA PRINCIPU KONTINUÁLNÍHO VÁŽENÍ

Vzhledem ke zmíněným nedostatkům plovákového průtokoměru při objemovém měření množství mléka jsme přistoupili k řešení jiného způsobu měření, a to na základě kontinuálního vážení protékajícího mléka, jehož hmotnost jsme snímali tenzometrickým snímačem. V průběhu řešení byly ověřeny tři varianty:

1. s přetokem mléka přes měrnou plošinku (nakloněnou rovinu);
2. s průtokem mléka válcovou nádobou se šterbinovým přepadovým otvorem;
3. s průtokem mléka měrnou nádobou tvaru komolého kužele se šterbinovým přepadovým otvorem.

Laboratorním ověřováním bylo zjištěno, že v první variantě hmotnostní tok mléka přes měrnou plošinku je ovlivňován několika závislostmi, např. nerovnoměrností rozložení vrstvy (filmu) kapaliny, což bylo způsobeno jednak povrchovým pnutím a viskozitou kapaliny, jednak nedostatečným „rozvrstvením“ většího průtočného množství kapaliny při přítoku na měrnou plošinku. Tím lze vyjádřit vztah, podle něhož je hmotnostní rychlost kapaliny úměrná výšce její vrstvy a úhlu sklonu přetokové dráhy. Protože výsledky měření byly negativní, pokračovali jsme v řešení variantou č. 2 a současně jsme ověřovali teoretický výpočet tvaru šterbiny přepadu.

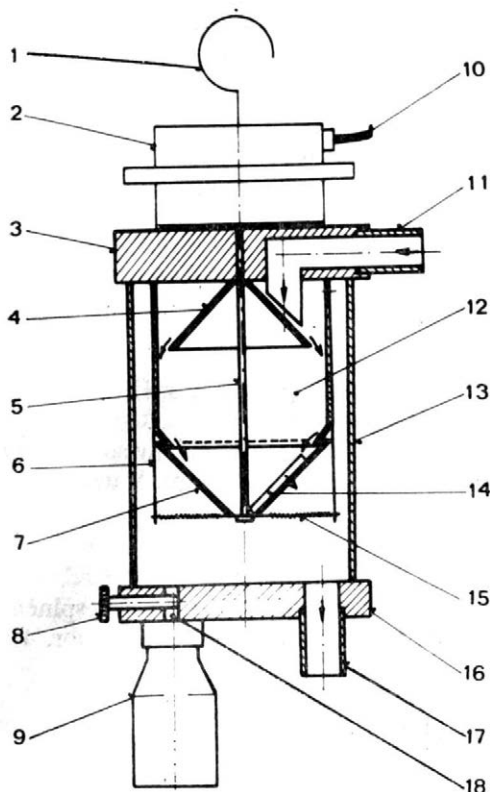
Na základě dosavadních zkušeností a teoretického výpočtu tvaru šterbiny přepadu byl navržen a zhotoven funkční model průtokoměru, jehož měrná nádoba měla válcový tvar s bočním šterbinovým otvorem. Při funkčních zkouškách průtokoměru se zjistilo, že linearita hmotnostního toku kapaliny je ovlivněna nejen tvarem výtokové šterbiny, ale při hmotnostním toku do 0,40 kg min⁻¹ i tvarem měrné nádoby, což lze vysvětlit tím, že se zvýšilo tření kapaliny po ploše dna. Proto byl dále měněn tvar dna měrné nádoby, a to tak, že dno bylo v určitém úhlu sklonu k výtokové šterbině, nebo byl tvar dovnitř vypouklý. I když se těmito úpravami zlepšila přesnost měření, nebylo dosaženo úplné linearity.

PRŮTOKOMĚR MLÉKA S MĚRNOU NÁDOBKOU TVARU KOMOLÉHO KUŽELE

Konečná úprava navrženého průtokoměru spočívala ve výměně měrné válcové nádoby za nádobu s tvarem komolého kužele, jehož základna je umístěna pod odlučovací komorou vzduchu tak, jak je zřejmé ze schematického znázornění na obr. 3.

Horní část průtokoměru tvoří opět těleso tenzometrického snímače 2, které je připojeno k víku 3 pláště 13. Pod vtokovou hubicí 11 je uvnitř komory 12 umístěna clona 4. Pod komorou 12 a clonou 4 je na závěsu 5 připojena měrná nádoba 7 s bočním šterbinovým přepadovým otvorem 14, přičemž spodní část měrné nádoby je vystředěna pružinami 15, které jsou připojeny k držákům 6. Dno 16 je opatřeno výtokovou hubicí 17 a otvorem 18 s regulací jeho průřezu regulačním šroubem 8. Pod otvorem 18 je umístěna vzorkovnice 9.

Činnost průtokoměru je odvozena od vtoku kapaliny hubicí 11, jejíž tok je usměrněn clonou 4 ke stěně komory 12, z níž kapalina vytéká do měrné nádoby 7 a jejím šterbi-



3. Schéma průtokoměru, jehož činnost spočívá na principu kontinuálního vážení — Diagram of the flowmeter whose function rests on the principle of continuous weighing

1 — držák, 2 — těleso tenzometrického snímače, 3 — víko, 4 — clona, 5 — závěs, 6 — držáky, 7 — měrná nádobka, 8 — regulační šroub, 9 — vzorkovnice, 10 — elektrický vodič, 11 — vtoková hubice, 12 — odlučovací komora vzduchu, 13 — plášť, 14 — štěrbinový otvor, 15 — pružiny, 16 — dno, 17 — výtoková hubice, 18 — otvor pro odebrání vzorku mléka,

novým otvorem 14 dále na dno 16. Hubicí 17 vytéká kapalina (mléko) příslušnou hadicí do potrubí. Hmotnost mléka protékajícího měrnou komorou 7 se přes závěs 5 průběžně snímá tenzometrickým snímačem 2, který je elektrickým vodičem 10 připojen k vyhodnocovací jednotce. Vyhodnocovací jednotka bude podrobněji popsána v jiném článku.

Tvar štěrbinového přepadu u měrné nádoby průtokoměru byl upravován podle teoretického výpočtu z hlediska hydrauliky, který je uveden v další části této práce.

VÝPOČET TVARU ŠTĚRBINOVÉHO PŘEPADU PRŮTOKOMĚRU

PRINCIP MĚŘENÍ Z HLEDISKA HYDRAULIKY

Do nádoby opatřené na boku štěrbinovým přepadem přitéká množství Q kapaliny. V nádobě stoupne hladina kapaliny do určité výšky h , která umožní, aby přepadové množství vytékající z nádoby se rovnalo přitékajícímu množství, tj. přepad kapaliny Q se rovná průtoku Q . Přitom potřebná výška h je závislá na velikosti průtoku, tj.

$$h = f(Q) \quad (1)$$

Odtud je možné vyjádřit závislost průtoku Q na výšce hladiny h :

$$Q = f(h) \quad (2)$$

Předpokládá se, že výšky h jsou vždy nad nejnižším bodem přepadové hrany.

Měřicí zařízení registruje (po vyloučení vlastní hmotnosti nádoby popř. „mrtvé“ hmotnosti kapaliny pod nejnižším bodem přepadové hrany) hmotnost G kapaliny nahromaděné v nádobce před přepadem, tj. mezi úrovní nejnižšího bodu přepadové hrany a hladinou ve výšce h . Hmotnost kapaliny G závisí tedy na výšce h a na tvaru nádoby, tj. na velikosti zatopeného objemu nádoby V (nad úrovní nejnižšího bodu přepadové hrany). Protože pro danou nádobku závisí objem V také na výšce hladiny h , je hmotnost kapaliny G závislá na výšce h :

$$G = \rho V = f(h) \quad (3)$$

kde: ρ — hustota kapaliny

Aby údaj o hmotnosti kapaliny G byl úměrný průtoku Q , tj. aby měřicí zařízení udávalo přímo průtok Q v celém rozsahu potřebných výšek h , musí být funkční závislost $f(h)$ v obou vztazích (2) a (3), po vyloučení násobných součinitelů, stejná. Vliv součinitelů se zahrne do celkového součinitele měřicího zařízení a určí se cejchováním. V uvedeném případě

$$Q = k G \quad (4)$$

Je tedy třeba navrhnout takový tvar přepadové hrany, aby byl vztah (4) splněn.

Pro velikost přepadu Q při libovolném tvaru přepadové hrany platí vztahy (obr. 4): pro elementární průtok plochou $2xdz$

$$dQ = \mu \sqrt{2gz} \cdot 2xdz = \mu \sqrt{8g} xz^{\frac{1}{2}} dz$$

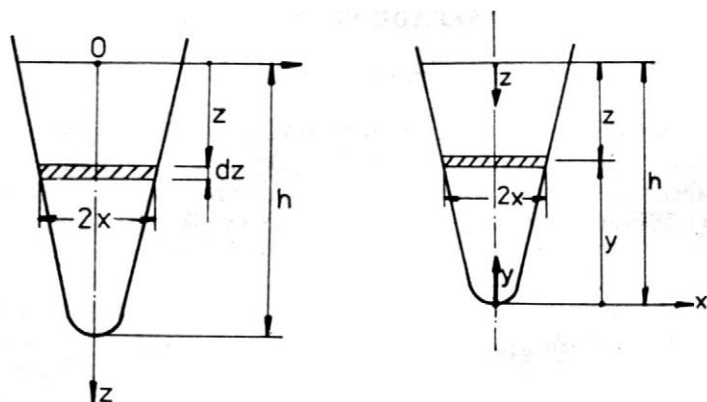
odtud integrací v mezích $\langle 0; h \rangle$ pro celkový přepad Q

$$Q = \int_0^h dQ = \mu \sqrt{8g} \int_0^h xz^{\frac{1}{2}} dz \quad (5)$$

kde: μ — součinitel přepadu

g — gravitační zrychlení

z — hloubka pod hladinou v nádobce



4., 5. Tvar přepadové hrany — Shape of the overflow edge

Velikost součinitele μ závisí na více faktorech, zejména na kontrakci paprsku kapaliny vytékající přepadem. Jeho hodnota je proměnná podle tvaru přepadové hrany i s výškou přepadu h . Pokud nejsou k dispozici přesnější hodnoty získané experimentálně, předpokládá se pro praktické výpočty obvykle konstantní hodnota pro vodu vytékající z velkého prostoru přepadem umístěným vysoko nade dnem nádoby přibližně

$$\mu \approx 0,6 \div 0,62 \quad (6)$$

Aby bylo možné integraci naznačenou v rovnici (5) provést, je nutné znát pro určitý přepad závislost

$$x = f(z) \quad (7)$$

kteřá je dána tvarem přepadové hrany.

Při vlastním řešení se vycházelo za dvou základních tvarů nádoby: válcová nádoba a nádoba ve tvaru komolého kužele rozšiřujícího se směrem nahoru.

PŘEPAD Z VÁLCOVÉ NÁDOBKY

Objem zatopené části nádoby V je

$$V = \pi R^2 h = k_1 h \quad (8)$$

hmotnost zadržené kapaliny je

$$G = \rho V = k_2 h \quad (9)$$

kde: R — poloměr dna nádoby
 k_1 a k_2 — konstanty

Tvar přepadové hrany přepadu v boku nádoby tedy musí mít tvar, který zajistí pro velikost přepadu Q platnost vztahu

$$Q = k_3 h \quad (10)$$

Vztah (10) ukazuje, že předpokládaný přepad je tzv. přepad proporcionální (lineární). Pro jeho tvar, tj. pro tvar přepadové hrany, platí (obr. 5 a 4):

$$x = k_4 y^{-\frac{1}{2}} = k_4 (h - z)^{-\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Po dosazení do obecného výrazu (5) vychází

$$Q = \mu \sqrt{8g} \cdot k_4 \int_0^h (h - z)^{-\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \mu \sqrt{8g} k_4 \mathcal{J}_1 \quad (12)$$

Integrál se řeší integrací *per partes*. Po dosazení mezí

$$\mathcal{J}_1 = \int_0^h (h - z)^{-\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \int_0^h (h - z)^{\frac{1}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz \quad (13)$$

Dále je nutné určit hodnotu integrálu $\mathcal{J}_2$ (z důvodů, zřejmých později)

$$\mathcal{J}_2 = \int_0^h (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz \quad (14)$$

Obdobným postupem jako v případě integrálu $\mathcal{J}_1$ se určí

$$\mathcal{J}_2 = \int_0^h (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz = 3 \int_0^h (h-z)^{\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = 3\mathcal{J}_3 \quad (14')$$

kde

$$\mathcal{J}_3 = \int_0^h (h-z)^{\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz \quad (15)$$

Integrál $\mathcal{J}_3$ má řešení v uzavřeném tvaru (Čuřík, 1944)

$$\mathcal{J}_3 = \int_0^h (h-z)^{\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \int_0^h \sqrt{hz - z^2} dz = \frac{h^2}{8} \int_0^h \frac{dz}{\sqrt{hz - z^2}}$$

dále

$$\mathcal{J}_3 = \frac{h^2}{8} \int_0^h \frac{dz}{\sqrt{hz - z^2}} = \frac{h^2}{8} \left[\arcsin \frac{2z-h}{\sqrt{h^2}} \right]_0^h = \frac{\pi h^2}{8}$$

takže

$$\mathcal{J}_3 = \int_0^h (h-z)^{\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \frac{\pi h^2}{8} \quad (16)$$

Podle (14')

$$\mathcal{J}_2 = 3\mathcal{J}_3 = \frac{3\pi h^2}{8} \quad (17)$$

Integrál $\mathcal{J}_2$ — rovnice (14) — je možné ještě upravit

$$\begin{aligned} \mathcal{J}_2 &= \int_0^h (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz = \int_0^h (h-z) (h-z)^{\frac{1}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz = \\ &= h \int_0^h (h-z)^{\frac{1}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz - \int_0^h (h-z)^{\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz \end{aligned}$$

Podle (13) a (15)

$$J_2 = hJ_1 - J_3$$

a dále s použitím (17) a (16)

$$hJ_1 = J_2 + J_3 = \frac{3\pi h^2}{8} + \frac{\pi h^2}{8} = \frac{\pi h^2}{2}$$

$$J_1 = \frac{\pi h}{2} \quad (18)$$

Tím je hodnota integrálu J_1 určena.

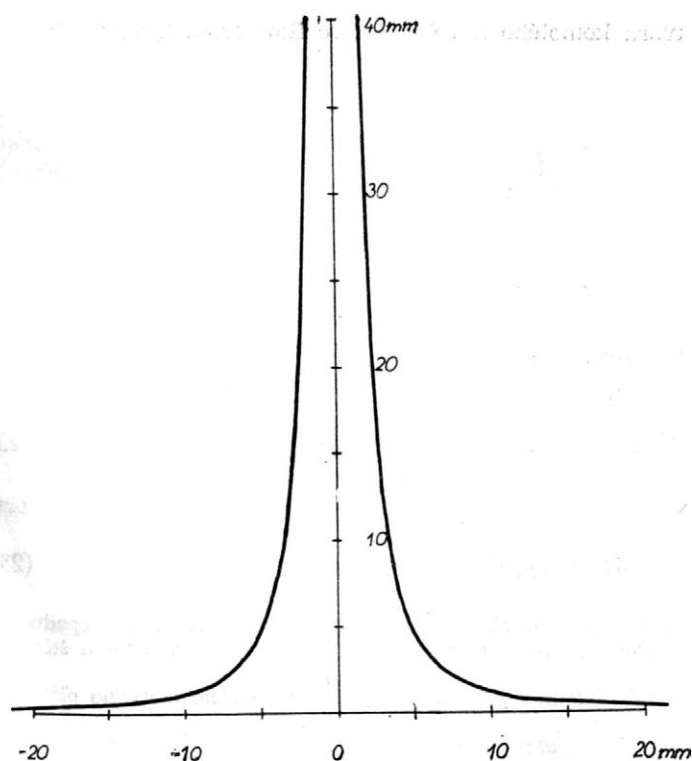
Pro přepad Q štěrbinou v boku válcové nádoby platí podle (12) a (18)

$$Q = \mu \sqrt{8g} \cdot k_4 \frac{\pi h}{2} = \mu \sqrt{8g} k_5 h \quad (19)$$

$$k_5 = \frac{\pi k_4}{2} \quad (20)$$

kde konstantu k_5 musíme určit z požadavku, aby při výšce přepadu h_{max} přepadalo množství kapaliny Q_{max} . Stanovený vztah (19) zřejmě splňuje zadanou podmínku (10), kde

$$k_3 = k_5 \mu \sqrt{8g} \quad (21)$$



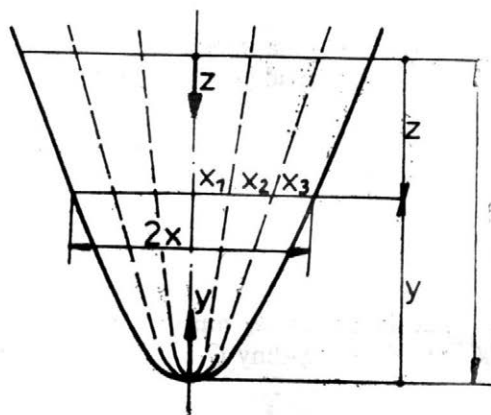
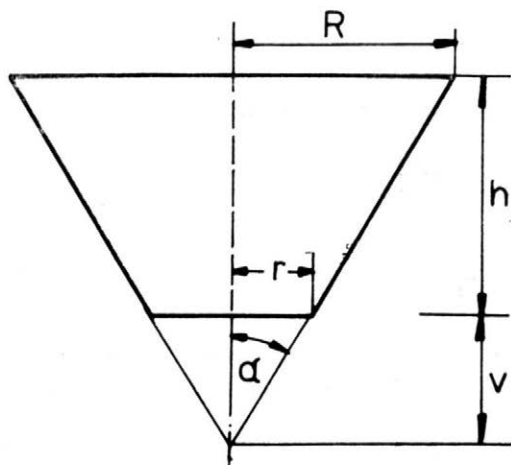
6. Teoreticky vypočítaný tvar štěrbinu přepadu válcové nádoby — Theoretically calculated shape of the overflow slot in a cylindrical vessel

Teoreticky vypočítaný tvar štěrby pro $Q_{max} = 3,5 \text{ l min}^{-1}$ a $h_{max} = 20 \text{ mm}$ — s použitím rovnice (19) a (11) — ukazuje obr. 6.

PŘEPAD Z NÁDOBKY TVARU KOMOLÉHO KUŽELE (obr. 7)

Objem zatopené části nádoby V je

$$V = \frac{\pi R^2 (h + v)}{3} - \frac{\pi r^2 v}{3}$$



7., 8. Přepad z nádoby tvaru komolého kužele — Overflow from a vessel in the shape of truncated cone

Protože

$$\frac{R}{h + v} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$r = v \operatorname{tg} \alpha$$

$$R = (h + v) \operatorname{tg} \alpha$$

je

$$V = \frac{\pi \operatorname{tg}^2 \alpha (h + v)^3 - \pi \operatorname{tg}^2 \alpha v^3}{3} = \frac{\pi \operatorname{tg}^2 \alpha}{3} (h^3 + 3vh^2 + 3v^2h) = k_6 (h^3 + 3vh^2 + 3v^2h) \quad (22)$$

hmotnost zadržené kapaliny je

$$G = \rho V = k_7 (h^3 + 3vh^2 + 3v^2h) \quad (23)$$

kde: r — poloměr vodorovného řezu nádobkou ve výši nejnižšího bodu štěrby přepadu
 R — poloměr vodorovného řezu nádobkou ve výšce h nad nejnižším bodem štěrby přepadu
 v — výška nejnižšího bodu štěrby přepadu nad vrcholem kužele tvořícího plášť nádoby
 α — poloviční úhel při vrcholu kuželového pláště nádoby
 k_6 a k_7 — konstanty

Tvar přepadové hrany přepadu v boku nádoby tedy musí mít tvar, který zajistí pro velikost přepadu Q platnost vztahu

$$Q = k_8 (h^3 + 3vh^2 + 3v^2h) \quad (24)$$

Vztah (24) ukazuje, že velikost přepadu Q závisí současně na první, druhé a třetí mocnině výšky h .

Aby bylo možné teoreticky určit potřebný tvar přepadové hrany, vychází se z předpokladu, že celková velikost přepadu Q se skládá ze tří dílčích přepadů

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (25)$$

kde:

$$Q_1 = k_8 h^3 \quad (26)$$

$$Q_2 = k_8 \cdot 3vh^2 \quad (27)$$

$$Q_3 = k_8 \cdot 3v^2h \quad (28)$$

tj.

$$Q_1 \text{ je úměrný } h^3 \dots Q_1 = k_8 h^3 \quad (26)$$

$$Q_2 \text{ je úměrný } h^2 \dots Q_2 = k_8 \cdot 3vh^2 = k_8' h^2 \quad (27')$$

$$Q_3 \text{ je úměrný } h \dots Q_3 = k_8 \cdot 3v^2h = k_8'' h \quad (28')$$

Protože vztah (25) platí při dané výšce h , stejně pro všechny dílčí přepady, znamená to (obr. 8), že celková šířka přepadu $2x$ v libovolné výšce y nad nejnižším bodem přepadové šterbiny se rovná součtu šířek dílčích přepadů ve výšce y :

$$2x = 2(x_1 + x_2 + x_3) \quad (29)$$

Je tedy třeba nalézt takové závislosti $x_i = f_i(h)$ pro šířky jednotlivých dílčích přepadů, aby vztahy (2) pro tyto dílčí přepady splňovaly úměrnosti (26) až (28').

Šterbina přepadu je umístěna na plášti kužele, není tedy svislá. V obecném výrazu (5) pro přepadové množství je proto třeba zavést místo veličiny dz (tj. výšky elementární průtočné plochy ve svislém směru) veličinu $ds = dz/\cos \alpha$ (tj. skutečnou výšku elementární průtočné plochy). Výraz (5) přejde na

$$Q = \int_0^h dQ = \frac{\mu \sqrt{8g}}{\cos \alpha} \int_0^h x z^{\frac{1}{2}} dz \quad (5')$$

a) Přepad Q_1 :

Podle (26) se požaduje, aby platila úměrnost

$$Q_1 = k_8 h^3 \quad (26)$$

Na základě rozboru výpočtu jiných druhů přepadů lze očekávat, že potřebná šířka přepadu bude

$$x_1 = k_9 y^{\frac{3}{2}} = k_9 (h - z)^{\frac{3}{2}} \quad (30)$$

Po dosazení do výrazu (5') vychází

$$Q_1 = \mu \sqrt{8g} \frac{k_9}{\cos \alpha} \int_0^h (h - z)^{\frac{3}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \mu \sqrt{8g} \frac{k_9}{\cos \alpha} J_4 \quad (31)$$

Řešením integrálu

$$J_4 = \int_0^h (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz \quad (32)$$

integrací *per partes* se dostane po dosazení mezi

$$J_4 = \int_0^h (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \frac{1}{5} \int_0^h (h-z)^{\frac{5}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz = \frac{1}{5} J_5 \quad (33)$$

Dále se upraví integrál J_5 :

$$\begin{aligned} J_5 &= \int_0^h (h-z)^{\frac{5}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz = \int_0^h (h-z) (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz = \\ &= h \int_0^h (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{-\frac{1}{2}} dz - \int_0^h (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz \end{aligned}$$

a s přihlédnutím k (14) a (33)

$$J_5 = h J_2 - J_4$$

Odtud se dosadí za J_5 do (33); platí

$$J_4 = \frac{1}{5} J_5 = \frac{1}{5} (h J_2 - J_4)$$

$$J_4 = \frac{h}{6} J_2$$

Konečná hodnota integrálu J_4 se určí dosazením ze (17):

$$J_4 = \int_0^h (h-z)^{\frac{3}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \frac{h}{6} \cdot \frac{3\pi h^2}{8} = \frac{\pi h^3}{16} \quad (34)$$

a výsledný výraz pro přepad Q_1 podle (31) je

$$Q_1 = \mu \sqrt{8g} \frac{k_9}{\cos \alpha} \frac{\pi h^3}{16} = \mu \sqrt{8g} k_{10} h^3 \quad (35)$$

kde

$$k_{10} = \frac{\pi k_9}{16 \cos \alpha} \quad (36)$$

je-li šířka přepadu x_1 dána výrazem (30). Vztah (35) splňuje požadovanou úměrnost (26).

b) Přebad Q_2 :

Podle (27') se požaduje, aby platila úměrnost

$$Q_2 = k_8' h^2 \quad (27')$$

Analogicky k předcházejícímu případu se předpokládá potřebná šířka přepadu

$$x_2 = k_{11} y^{\frac{1}{2}} = k_{11} (h - z)^{\frac{1}{2}} \quad (37)$$

Z obecného výrazu (5') vychází — s přihlédnutím k (16)

$$\begin{aligned} Q_2 &= \mu \sqrt{8g} \frac{k_{11}}{\cos \alpha} \int_0^h (h - z)^{\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \mu \sqrt{8g} \frac{k_{11}}{\cos \alpha} \mathcal{I}_3 = \\ &= \mu \sqrt{8g} \frac{k_{11}}{\cos \alpha} \frac{\pi h^2}{8} = \mu \sqrt{8g} k_{12} h^2 \end{aligned} \quad (38)$$

kde

$$k_{12} = \frac{\pi k_{11}}{8 \cos \alpha} \quad (39)$$

Vztah (38) splňuje požadovanou úměrnost (27'), šířka x_2 je dána výrazem (37).

c) Přebad Q_3 :

Podle (28') musí být splněna úměrnost

$$Q_3 = k_8'' h \quad (28')$$

Tuto podmínku splňuje tzv. lineární přepad. Jeho šířka x_3 je určena výrazem (11)

$$x_3 = k_{13} y^{-\frac{1}{2}} = k_{13} (h - z)^{-\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Z obecného výrazu (5') pro přepad se dostane po dosazení podle (13) a (18)

$$\begin{aligned} Q_3 &= \mu \sqrt{8g} \frac{k_{13}}{\cos \alpha} \int_0^h (h - z)^{-\frac{1}{2}} z^{\frac{1}{2}} dz = \\ &= \mu \sqrt{8g} \frac{k_{13}}{\cos \alpha} \mathcal{I}_1 = \mu \sqrt{8g} \frac{k_{13}}{\cos \alpha} \frac{\pi h}{2} = \mu \sqrt{8g} k_{14} h \end{aligned} \quad (40)$$

kde

$$k_{14} = \frac{\pi k_{13}}{2 \cos \alpha} \quad (41)$$

Vztah (40) splňuje požadovanou úměrnost (28'), šířka x_3 je dána výrazem (11).

d) Přebad $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$:

Štěrbina v boku kuželovité nádoby, kterou vytéká přepadem kapalina, musí mít šířku $2x = f(y)$

$$2x = 2(x_1 + x_2 + x_3) \quad (29)$$

takovou, aby přepad Q splňoval vztah (24)

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = k_8(h^3 + 3vh^2 + 3v^2h) \quad (24)$$

který je možné s přihlédnutím k (5') upravit na

$$Q = \frac{\mu\sqrt{8g}}{\cos \alpha} f(h) = \frac{\mu\sqrt{8g}}{\cos \alpha} k_{15}(h^3 + 3vh^2 + 3v^2h) \quad (42)$$

Podle (25), (35), (38) a (40), s přihlédnutím k (36), (39) a (41)

$$\begin{aligned} Q &= \mu\sqrt{8g} (k_{10}h^3 + k_{12}h^2 + k_{14}h) = \\ &= \frac{\mu\sqrt{8g}}{\cos \alpha} \left(\frac{\pi k_9}{16} h^3 + \frac{\pi k_{11}}{8} h^2 + \frac{\pi k_{13}}{2} h \right) \end{aligned} \quad (43)$$

Porovnání výrazů (43) a (42) určuje podmínky pro konstanty k_9 , k_{11} a k_{13} :

$$k_9 = \frac{16k_{15}}{\pi} \quad (44)$$

$$k_{11} = \frac{8k_{15}}{\pi} \cdot 3v \quad (45)$$

$$k_{13} = \frac{2k_{15}}{\pi} \cdot 3v^2 \quad (46)$$

Nyní je již možné určit potřebnou šířku štěrby přepadu Q . Platí pro ni vztah (29), upravený na (29')

$$x = x_1 + x_2 + x_3 \quad (29')$$

Výraz pro poloviční šířku štěrby přepadu se dostane dosazením podle (30), (37) a (11) s přihlédnutím k (44) až (46)

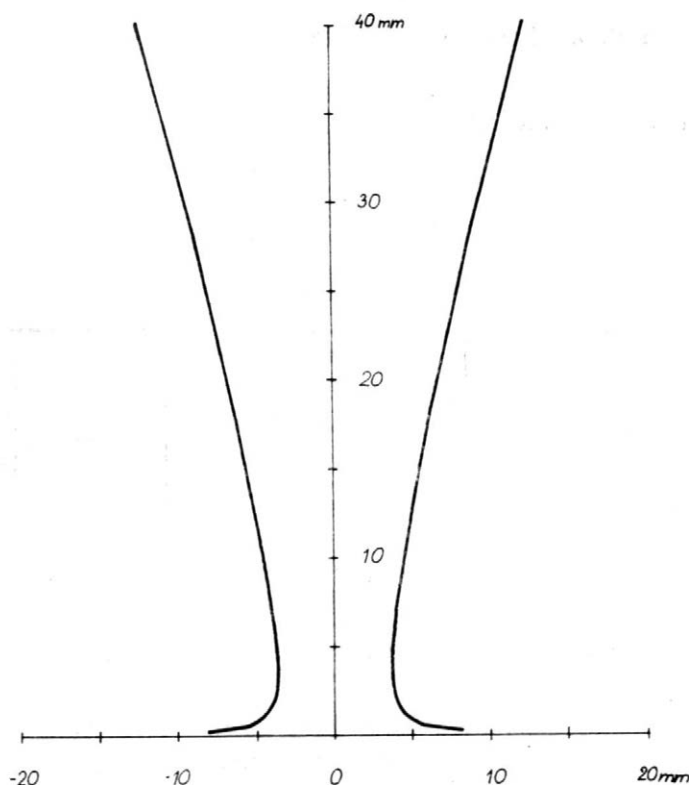
$$x = k_9 y^{\frac{3}{2}} + k_{11} y^{\frac{1}{2}} + k_{13} y^{-\frac{1}{2}} = \frac{k_{15}}{\pi} (16y^{\frac{3}{2}} + 24vy^{\frac{1}{2}} + 6v^2y^{-\frac{1}{2}}) \quad (47)$$

kde konstanta k_{15} se určí ze vztahu (42) tak, aby při maximální přípustné výšce h_{max} proteklo přepadem maximální požadované množství Q_{max} .

Tvar štěrby určený podle teoreticky odvozeného vzorce (47) pro $Q_{max} = 3,5 \text{ l min}^{-1}$, $h_{max} = 20 \text{ mm}$ a $v = 19,61 \text{ mm}$, $\alpha = 31,48^\circ$, $\cos \alpha = 0,8528$, $r = 12 \text{ mm}$, $R = 35,5 \text{ mm}$, ukazuje obr. 9.

Šířka štěrby takto určená bude pro daný případ ve srovnání se skutečně potřebnou, experimentální cestou stanovenou šířkou zřejmě příliš velká. Podobně tomu bude i v případě válcové nádoby. Důvodů tohoto nesouhlasu může být více. Jako nejpodstatnější je nutno uvést:

9. Tvar šterbiny určený podle teoreticky odvozeného vzorce — Shape of the overflow slot determined by help of a theoretically derived equation



1. Vliv přítokové rychlosti

V obecném vzorci (5') nebo (5) pro velikost přepadu Q je zanedbán vliv přítokové rychlosti. Tento vliv ve skutečnosti, zejména při daném geometrickém tvaru zařízení, zanedbatelný nebude. Vliv přítokové rychlosti zvětšuje při pevně zadané šířce šterbiny velikost přepadu Q .

2. Vliv hodnoty součinitele přepadu μ

V uvedeném teoretickém výpočtu se brala hodnota součinitele přepadu $\mu = 0,62$. Tato hodnota odpovídá přibližně pro případy přepadů, kdy kapalina vytéká z velkého prostoru přepadem umístěným ve velké výšce nad dnem nádrže, takže dochází ke značné kontrakci přepadového paprsku. U nádobky s kónickým pláštěm, kdy šterbina přepadu má nadto polohu ne svislou, ale nakloněnou po proudu, a nejnižší bod přepadové hrany je v úrovni dna nádrže před přepadem (nebo jen nepatrně nad tímto dnem), však bude mít součinitel přepadu hodnotu značně vyšší než tu, která byla zavedena do výpočtu. Součinitel μ je ve vzorci (5) násobnou konstantou, vyšší hodnota μ se projeví při zadané šířce šterbiny přímo na zvětšení velikosti přepadu Q .

Oba uvedené vlivy tedy zvyšují při zadané šířce šterbiny velikost přepadu Q . Z toho vyplývá, že pro dosažení požadovaného přepadu Q bude muset být potřebná šterbina užší než byla vypočítaná.

Zmíněné vlivy není možné vyloučit teoreticky a zahrnout je do výpočtu; je možné je zjistit pouze experimentálně. Znamená to, že teoreticky vypočítaný tvar šterbiny může sloužit pouze jako výchozí informace, skutečný tvar šterbiny se musí zjistit experimentálně.

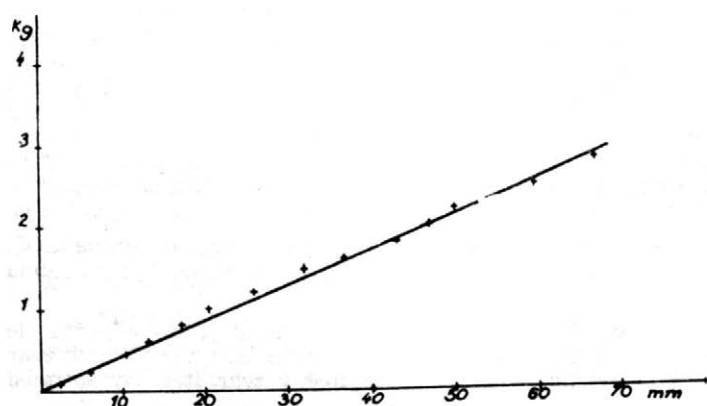
LABORATORNÍ OVĚŘOVÁNÍ ČINNOSTI PRŮTOKOMĚRU

Při ověřování činnosti průtokoměru byla použita modelová kapalina. Výsledky měření jsou uvedeny v tab. I a graficky na obr. 10 a 11. Uspořádání průtokoměru s vyhodnocovací jednotkou při laboratorním měření je na obr. 12.

Pro vlastní měření jsme použili podtlaku 50,7 kPa a průtočné množství kapaliny v požadovaném hmotnostním toku jsme simulovali v umělém vemenu. Průtočné množství kapaliny od 0,20 do 4,00 kg min⁻¹, protéká průtokoměrem, jsme

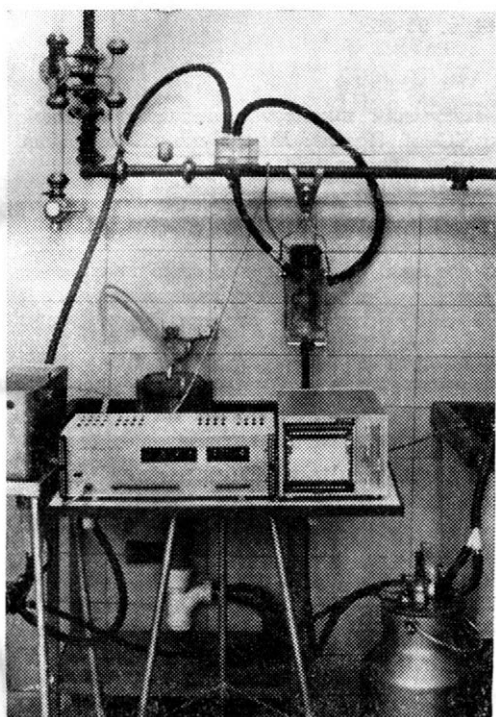
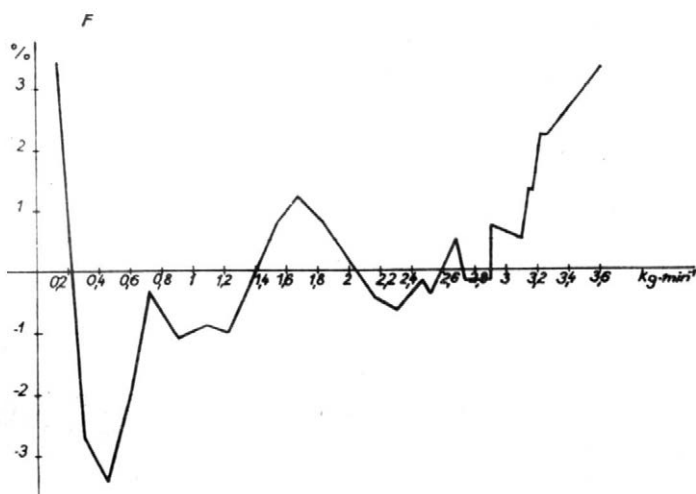
I. Naměřené hodnoty průtokoměrem, jehož měrná nádobka je tvaru komolého kužele
— Values obtained by a flowmeter with a vessel in the shape of truncated cone

Číslo měření	Průtočné množství			Rozdíl mezi skutečnou a naměřenou hodnotou	
	skutečná hodnota		naměřená hodnota		
	kg min ⁻¹	kg		kg	%
1	0,15	0,59	0,61	+0,02	+3,39
2	0,30	1,46	1,42	-0,04	-2,74
3	0,44	1,75	1,69	-0,06	-3,43
4	0,58	2,31	2,26	-0,05	-2,16
5	0,72	2,87	2,86	-0,01	-0,35
6	0,90	3,59	3,55	-0,04	-1,11
7	1,08	4,32	4,28	-0,04	-0,92
8	1,46	5,84	5,86	+0,02	+0,34
9	1,67	6,70	6,78	+0,08	+1,19
10	2,14	8,58	8,54	-0,04	-0,47
11	2,28	9,14	9,08	-0,06	-0,66
12	2,50	10,00	9,96	-0,04	-0,40
13	2,71	10,83	10,85	-0,02	-0,18
14	2,87	11,49	11,47	-0,02	-0,18
15	3,08	12,15	12,21	+0,06	+0,49
16	3,24	12,98	13,26	+0,28	+2,60
17	3,60	14,41	15,06	+0,65	+3,28



10. Cejchovní křivka průtokoměru pro kontinuální vážení — Calibration curve of the flowmeter for continuous weighing

11. Odchytky hmotnostního toku od střední hodnoty — Standard deviations of the weight flow



12. Uspořádání průtokoměru (pro kontinuální vážení) s vyhodnocovací jednotkou CVE-100 při laboratorním měření — Arrangement of the flowmeter (for continuous weighing) with a CVE-100 evaluation unit, in the course of laboratory measurements

vážili, a tím jsme porovnávali naměřenou a skutečnou hodnotu. Signály ze snímače průtokoměru byly současně zaznamenávány zapisovacím přístrojem Vareg.

Z výsledků měření vyplývá, že i nepatrné úpravy štěrbin se výrazně projeví v odchylkách mezi naměřeným a skutečným hmotnostním tokem. Přesnost měření může být rovněž ovlivněna rozdílnou přítokovou rychlostí kapaliny do měrné nádoby. Proto je velmi důležité, aby byl vzduch z přitékající kapaliny (mléka) dokonale odloučen.

Závěr

Navrhli jsme nový způsob měření hmotnostního toku mléka při použití funkčního modelu průtokoměru, jehož činnost spočívá na principu kontinuálního vážení protékajícího mléka. Signály z tenzometrického siloměru (snímače) průtokoměru byly zpracovávány vyhodnocovací jednotkou CVE-100, navrženou a zhotovenou pro účely zjišťování intenzity dojení.

Podle výsledků ověřovacích zkoušek v laboratorních a částečně i provozních podmínkách lze předpokládat využití navrhovaného průtokoměru mléka, který je přihlášen k udělení autorského osvědčení pro:

1. Měření celkového množství mléka nadojeného jednou dojnící, popřípadě skupinou dojnic. Při použití vhodného integračního článku je možný i automatický zápis nádoje na kartu dojnice, a tím uplatnění v systému hromadného sběru dat při chovu dojnic.

2. Zjišťování intenzity dojení v sestavě s vyhodnocovací jednotkou CVE-100 popřípadě i se současným grafickým záznamem analogového signálu průtokoměru zapisovacím přístrojem.

3. Automatické řízení procesu dojení těchto pracovních úkonů:

- a) dávkování jadrných krmiv dojnícím podle jejich užítkovosti,
- b) změny pracovní charakteristiky dojícího stroje podle množství mléka uvolňovaného z vemene dojnice,
- c) ukončení dojení a sejmutí strukových násadců dojící soupravy.

V dalším článku bude popsán tenzometrický snímač průtokoměru s vyhodnocovací jednotkou a způsob zjišťování intenzity dojení.

Literatura

ČUŘÍK: Matematika. Technický průvodce, 1944, s. 95-96.

Došlo dne 8. 2. 1978

ШВАРЦБЕК, Й. — ШВЕЦ, Й. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы; Институт гидродинамики ЧСАН, Прага): Новый способ измерения количества молока во время машинной дойки. *Zeměd. Techn.*, 24, 1978 (9): 553-570.

При внедрении автоматизации в технологию дойки дойных коров одновременно повышаются требования к отдельным элементам автоматизации, самым важным из которых является расходомер молока. В связи с важностью этой проблемы, ею занимается также НИИСТ, и можно уже привести некоторые результаты исследования. Само решение было направлено на поиски возможности непрерывного измерения массы протекающей жидкости в вакуумной среде. В итоге приводится принцип расходомера и теоретические расчеты формы щели перепада измерительной камеры.

расходомер молока; поток массы; объемное измерение; непрерывное взвешивание; щель перепада

ŠVARCBEK, J. — ŠVEC, J. (Research Institute for Agricultural Engineering, Praha - Řepy; Institute of Hydrodynamics of the Czechoslovak Academy of Sciences, Praha): *New Method of Measuring the Quantity of Milk during Machine Milking*. *Zeměd. Techn.*, 24, 1978 (9): 553-570.

The introduction of automation in the milking technology increases demands on the separate elements of automation, the most important of which is the milk flowmeter. This problem was studied at the Research Institute for Agricultural Engineering, and the first results are now presented. Main attention centred on elaborating a method of continuous measurement of the weight of the flowing liquid under the conditions of negative pressure. The authors describe the construction of the flowmeter, including theoretical calculations of the overflow slot in the measuring chamber.

milk flowmeter; weight flow; volume measurements; continuous weighing; overflow slot

Adresa autorů:

Jaroslav Švarcbeek, Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepy

Ing. Jan Švec, CSc., Ústav pro hydrodynamiku ČSAV, Podbabská 13, 160 00 Praha 6 - Dejvice

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA V ŠESTÉ PĚTILETCE

SOUSTAVA PRO KOMPLEXNÍ MECHANIZACI ZEMĚDĚLSTVÍ

Impuls k zavedení soustavy strojů do československého zemědělství byl dán rozhodnutím vlády v roce 1955. Od roku 1956 je tato soustava za spolupráce dalších specializovaných ústavů průběžně řešena ve Výzkumném ústavu zemědělské techniky a výsledky řešení slouží jako souborný realizační výstup v oblasti zemědělské techniky.

První návrh československé soustavy strojů pro komplexní mechanizaci zemědělství byl vypracován v roce 1957 a metodika jejího zpracování se pak stala v roce 1958 podkladem pro vypracování návrhu mezinárodní soustavy strojů pro členské státy RVHP. Tato skutečnost svědčí o vhodnosti použitých pracovních metod a o správnosti zásad a cílů československého návrhu.

Metodický postup při zpracování soustavy pro komplexní mechanizaci zemědělství lze charakterizovat takto:

1. Soustava pro komplexní mechanizaci zemědělství vychází z koncepce rozvoje mechanizace zpracované v souladu s prognózou rozvoje mechanizace a navazuje na výsledky výzkumu, poznatky ze zahraničí, zkušenosti zemědělské praxe apod.

2. Prognóza rozvoje mechanizace představuje dlouhodobé směry vývoje zemědělské techniky zabezpečující plánovitý růst objemu zemědělské produkce a snížení spotřeby živé práce. Je zpracovávána zpravidla na období 20 až 30 let.

3. Koncepce rozvoje mechanizace vychází z prognózy a zpracovává se ve formě podrobnějších podkladů na kratší období v návaznosti na národohospodářské plány.

4. Soustava strojů je souhrnné zpracování požadavků na technické a technologické zajištění zemědělské výroby a zahrnuje:

- doporučené výrobní a pracovní postupy,
- karty požadavků na jednotlivé mechanizační a energetické prostředky,
- soustavu strojů pro mechanizaci zemědělské výroby,
- rejstřík strojů.

Výrobní postup je sled operací a biologických procesů, při nichž dochází k žádoucím přeměnám pracovního předmětu v meziprodukt nebo konečný produkt za určitých ekonomických a přírodních podmínek.

Pracovní postup je stanovený sled operací v pracovním procesu, které spolu souvisejí, vzájemně se ovlivňují a jsou nutné ke splnění pracovního úkolu.

Operace je technologicky stejnorodá a ucelená část pracovního postupu nebo procesu vedoucího ke změně stavu, vlastností nebo místa pracovního předmětu. Její vykonávání lze obvykle zajistit různými způsoby.

Karty požadavků obsahují technologické, agrotechnické, zootechnické, exploatační a další požadavky na mechanizační a energetické prostředky ve formě ukazatelů z hlediska: kvality práce, potřeby energie, přípustných pracovních rychlostí, výkonnosti, potřeby pracovního času, pohotovosti mechanizačního prostředku atd., s přihlédnutím ke specifickým vlastnostem pracovních předmětů nebo výrobních prostředků.

Soustava strojů pro mechanizaci zemědělské výroby je souhrn mechanizačních a energetických prostředků vzájemně na sebe navazujících, nutných k realizaci zemědělské produkce v určitých přírodních a výrobních podmínkách, a skládá se :

- ze soustavy mechanizačních prostředků pro mechanizaci jednotlivých odvětví zemědělské výroby,
- ze soustavy energetických prostředků,
- ze soustavy dopravních prostředků,
- ze soustavy mechanizačních prostředků pro mechanizaci některých pracovních procesů.

Rejstřík strojů je souborným přehledem všech mechanizačních a energetických prostředků zařazených v soustavě strojů, s uvedením jejich hlavních charakteristik.

Poslední souborné zpracování takto pojatého materiálu je obsaženo v účelové publikaci MZVŽ ČSR, kde v letech 1973 až 1976 bylo vydáno pět dílů práce „Soustava pro komplexní mechanizaci zemědělské výroby do roku 1985“. Jednotlivé díly obsahují odvětví rostlinné výroby, speciální odvětví rostlinné výroby, živočišnou výrobu, souborné části soustavy a rejstřík mechanizačních prostředků.

Součástí zpracovaných podkladů byly rovněž agrotechnické a zootechnické požadavky na jednotlivé stroje nebo strojní linky.

PRÁCE NA SOUSTAVĚ PRO KOMPLEXNÍ MECHANIZACI ZEMĚDĚLSTVÍ V OBDOBÍ ŠESTÉ PĚTILETKY

Z neustále se prohlubující specializace zemědělské výroby formou integrace a kooperace zemědělských podniků a ze stoupajícího významu plánovitého řízení vyplývá nutnost připravovat v dostatečném předstihu také podklady pro řízení celé technické politiky v odvětví zemědělství.

Aby byla zajištěna dostatečná vědecká úroveň řešení tohoto problému, byly i práce na soustavě strojů zahrnuty do plánu rozvoje vědy a techniky v období let 1976 až 1980.

Pro problematiku soustavy pro komplexní mechanizaci je charakteristické, že :

- s ohledem na potřeby a možnosti národního hospodářství je třeba řešit soustavu strojů pro výrobní podmínky československého zemědělství,
- jde o úkol dlouhodobý, který musí být řešen systematicky a výsledky musí být kontinuálně zpřesňovány,
- výsledky musí být předávány s dostatečným předstihem realizátorům a státním orgánům,
- soustava musí zahrnovat všechna základní odvětví zemědělství a řešit je ve vzájemné návaznosti,

— musí být brány v úvahu výchozí podmínky dalšího rozvoje zemědělství, tj. podmínky organizační, ekonomické, technické a další.

S ohledem na předpokládané využití výsledků je zpracování podkladových materiálů zaměřeno na tři základní oblasti :

1. Oblast zpracování materiálů s dlouhodobou perspektivou, kde se zpracovávají obecné směry rozvoje zemědělské techniky pro období do roku 1990 až 2000. V podstatě se jedná o zpracování prognózy a koncepce rozvoje zemědělské techniky pro jednotlivá odvětví rostlinné a živočišné výroby a pro odvětví průřezová. Tyto materiály jsou výchozím podkladem pro zpracování požadavků na kratší výhledové období a mohou být použity i pro různé souhrnné koncepční materiály apod.

2. Ve druhé oblasti je zařazeno zpracování konkrétních požadavků na kratší výhledové období. Na toto období (cca 5 let) bude vypracován návrh soustavy opatření pro mechanizaci zemědělství, který bude zahrnovat: zpracování technologické části formou vzorových velkovýrobních postupů, formulaci požadavků na mechanizační prostředky formou karet požadavků, zpracování souhrnného přehledu o technických prostředcích včetně potřebných kmenových stavů strojů a komplexní zhodnocení přínosu navržené soustavy strojů.

3. Ve třetí oblasti je zahrnuto zpracování podkladů vyplývající ze spolupráce řešené problematiky v mezinárodním měřítku, a to zejména mezinárodní soustavy strojů a prognózy rozvoje mechanizace.

Z nastíněné problematiky je patrné, že se jedná o velkou škálu otázek, které musí být řešeny ve vzájemné návaznosti řady zúčastněných pracovišť. Proto se podílí na vypracování a posuzování podkladů široký aktiv odborníků činností v jednotlivých odborných komisích.

Problematicy celé soustavy strojů jsou zajišťovány těmito komisemi :

— hlavní komise se zabývá zejména metodickými otázkami a syntetickým posuzováním zpracovaných podkladů;

— odborné komise se zabývají podrobně celou problematikou jednotlivých odvětví a člení se takto : obiloviny, luštěniny a olejniny, kukuřice na zrno, píce, brambory, cukrovka, přadné rostliny, zelenina, sady, vinná réva, chmel, krmné směsi, kafilární moučky, prasata, ovce, drůbež, meliorace, závlahy, lesní a polní cesty, traktory, doprava, zpracování půdy, hnojení, ochrana rostlin, veterinárně-sanitární, technicko-exploatační, opravárenství, horské oblasti, sušárenství.

Jedním z hlavních cílů řešení je návrh pracovních postupů, které by efektivně nahradily ubývající pracovní síly ze zemědělství při současném zajištění zvyšujícího se objemu zemědělské výroby.

Tento cíl je možné charakterizovat ukazateli potřeby lidské práce uvedenými v tab. I. V ní je porovnávána současná úroveň potřeby lidské práce u nejdůležitějších plodin a výhledový limit této potřeby stanovený s ohledem na předkládaný pokles stálých pracovníků v zemědělství do roku 1990.

Rozvoj zemědělské techniky, nutné pro navržené pracovní postupy, bude orientován zejména na směry :

— dynamický rozvoj energetické základny se současnou změnou její

struktury, jako je široké uplatnění samojízdných strojů, využití různých druhů energie apod.,

- zvyšování výkonnosti jednotlivých strojů a linek cestou zvětšování záběrů, zvyšování pracovních rychlostí, kombinací operací, uplatněním automatizačních prvků apod.,
- dokončení komplexní mechanizace všech výrobních odvětví a přechod k automatizaci některých výrobních procesů.

I. Přehled potřeby lidské práce u nejdůležitějších plodin (h ha⁻¹)

Plodina	Současný stav		Výhledová limitní pracnost do r. 1990
	normativní pracnost	vykázaná skutečnost ¹⁾	
Obiloviny	32 – 35	83 – 90	18
Kukuřice na zrno	50	137	28
Pícniny	36	68	15
Louky	48	66	16
Brambory stolní	270	498	83
Cukrovka	263	402	93
Krmná řepa	412	607	159
Chmel	1192	2435	700
Len	162	264	82
Řepka	30	87	18
Vinice	—	1446	570
Zelenina	—	1676	903

Poznámka: ¹⁾ podle sledovaného souboru zemědělských podniků VÚEZVž za rok 1975

V rozvoji jednotlivých odvětví budou respektována zejména tato hlediska :

Traktory

Předpokládá se, že se bude zvyšovat průměrný výkon motoru v souvislosti se zvyšováním podílu vysoce výkonných energetických prostředků spolu s odklonem od univerzálních traktorů ke speciálním samojízným strojům a nákladním automobilům. Instalovaný výkon u traktorů by měl vzrůst 1,5krát, u nákladních automobilů 3,7krát a u samojízdných strojů 3,3krát, přičemž do roku 2000 by se mělo dojít zhruba ke třetinovému rozdělení instalovaného výkonu mezi uvedenými skupinami.

Dopravní prostředky

Základním směrem bude rozvoj automobilové dopravy tak, aby představovala 80 až 90 % celkového objemu přepravy při současném přechodu na zvýšení nosnosti souprav na 10 až 20 t a při širokém využití účelových nástaveb.

Přechod na automobilní těžkotonážní techniku si u manipulační a naskladňovací techniky vyžádá zvýšení její výkonnosti na 150 až 300 t h⁻¹.

Zpracování půdy

V oblasti zpracování půdy bude požadováno zejména používání vysoce výkonných energetických prostředků spolu s využíváním kombinovaných strojů. Požadováno bude rovněž zvyšování pracovních rychlostí na 10 až 15 km h⁻¹. Aby se omezila poruchovost strojů, bude uplatněn požadavek na linky sběru kamenů s výkonností 1 až 3 ha h⁻¹.

Hnojení

V oblasti hnojení průmyslovými hnojivy se očekává, že bude vybudována síť agrochemických podniků, které budou komplexně zabezpečovat hnojení průmyslovými i statkovými hnojivy a ochranu rostlin.

Traktorová i automobilní rozmetadla by měla být postupně nahrazena samojízdnými rozmetadly s nízkými měrnými tlaky na půdu. Pracovní záběry by se měly zvýšit až na cca 20 m a pracovní rychlost na cca 30 km h⁻¹. Při rozmetání statkových hnojiv bude kladen požadavek, aby se zvýšila nosnost na 10 až 20 t a aby se přecházelo k automobilním a samojízdným rozmetadlům.

Sklizňové práce

V oblasti sklizňových prací bude požadován důsledný přechod na samojízdné modifikace sklizečů. Uplatnění modifikace pomocných mechanismů těchto strojů (motorů, převodů, podvozků, kabin apod.) by mělo zajistit rozsáhlou kooperaci při jejich výrobě. Rovněž bude požadováno uplatnění indikace, signalizace a automatické regulace pracovních orgánů.

Z rozhodujících sklizňových strojů budou požadovány především samojízdné žací mačkače, samojízdné sklízecí řezačky s průchodností 15 kg s⁻¹ zavadlé píce nebo 30 kg s⁻¹ při sečení kukuřice, sklízecí mlátičky s průchodností 10 až 12 kg s⁻¹, pro horské oblasti sklízecí mlátičky s průchodností 5 kg s⁻¹, samojízdné šestiřádkové ořezávače chrástu a vyorávače bulv, samojízdny čtyřřádkový sklízeč brambor.

ZÁVĚR

Jedním z nejdůležitějších faktorů vědeckotechnického pokroku v zemědělství je mechanizace jeho výrobních procesů, přerůstající postupně v uplatňování poloautomatizovaných a automatizovaných pracovních postupů. Základním ekonomickým důsledkem tohoto procesu je pak růst produktivity práce jako nezbytný předpoklad efektivní výroby a současně s tím přiblížení pracovních podmínek v zemědělství podmínkám průmyslové výroby.

Proto je této problematice věnována nebývalá pozornost nejen v na-

šem státě, ale stejně i v mezinárodním měřítku v rámci spolupráce členských států RVHP.

Výsledky prací na soustavě strojů jsou proto jedním ze základních podkladů pro vývoj, výrobu a dodávky vhodných mechanizačních prostředků pro zemědělství a jsou rovněž nezbytným podkladem pro řízení technické politiky v čs. zemědělství, neboť umožňují řídit plánovitě proces obnovy strojní techniky v souladu s dlouhodobými potřebami a zdroji.

Josef Višínský, CSc.

Výzkumný ústav zemědělské techniky

Praha - Řepy

Rukopis odevzdán k tisku 13. 7. 1978 — Podepsáno k tisku 10. 10. 1978

Šesták J., Sklenka P.: Základný silový rozbor mláfacieho mechanizmu z hľadiska viasezónnych pokusov	513
Mládek J., Stuchly S. S., Thansandote A.: Měření rychlosti a prokluzu traktoru Dopplerovým radarem	531
Řezníček R., Blahovec J.: Návrh definice texturního profilu ovoce a zeleniny	547
Švarcberk J., Švec J.: Nový způsob měření množství mléka při strojním dojení	553
Zemědělská technika v šesté pětiletce	
Višínský J.: Soustava pro komplexní mechanizaci zemědělství	571

СОДЕРЖАНИЕ

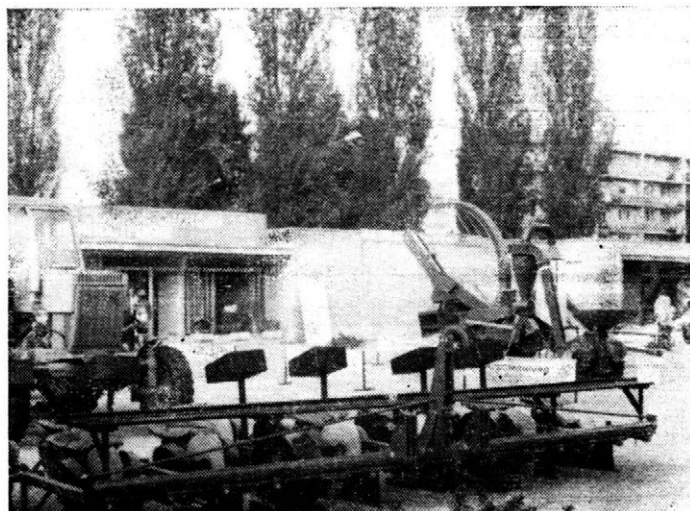
Шестак И., Склєнка П.: Основной анализ сил молотильного механизма с точки зрения многосезонных опытов	529
Младек И., Стухлы С. С., Тансандоте А.: Измерение скорости и буксования трактора при помощи радиолокатора Допплера	545
Резничек Р., Благовєц Й.: Проект определения текстурного профиля фруктов и овощей	552
Шварцбек Й., Швеєц Й.: Новый способ измерения количества молока во время машинной дойки	570

CONTENTS

Šesták J., Sklenka P.: The Basic Analysis of Forces of the Threshing Mechanism from the Results Obtained in Several Seasons	530
Mládek J., Stuchly S. S., Thansandote A.: Velocity and Slip Measurements with Microwave Doppler Radar	546
Řezníček R., Blahovec J.: Proposed Definition of the Texture Profile of Fruits and Vegetables	552
Švarcberk J., Švec J.: New Method of Measuring the Quantity of Milk during Machine Milking	570

INHALT

Šesták J., Sklenka P.: Grundlegende Kraftanalyse des Dreschwerkes aus der Sicht der Mehrsaisonversuche	530
Mládek J., Stuchly S. S., Thansandote A.: Messung der Schlepper-geschwindigkeit und des Schlupfes mit dem Dopplerschen Radar	546
Řezníček R., Blahovec J.: Entwurf der Begriffsbestimmung des Textur-profilis von Früchten und Gemüse	552
Švarcberk J., Švec J.: Neue Art der Messung der Milchmenge bei dem Maschinenmelken (A)	570



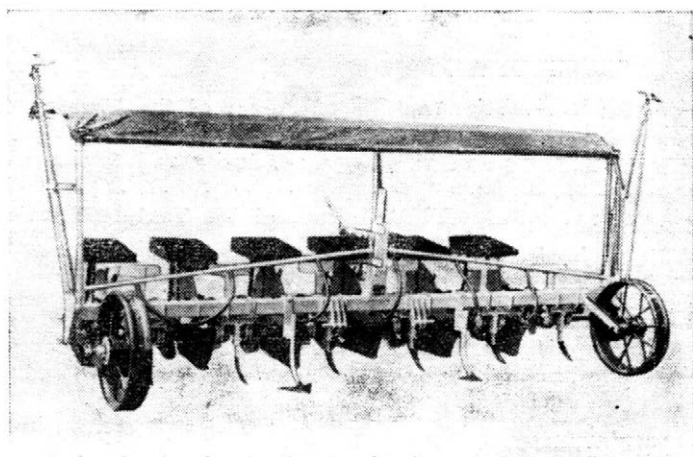
je automatizovaný dvanáctidílový stroj se sázecími jednotkami diskového typu, který se používá v širokém měřítku k mechanizované výsadbě rajčat, paprik, zelí, tabáku a jiných plodin.

Pojezdová rychlost

- pracovní 0,25 — 1,20 km h⁻¹
- dopravní 10,0 km h⁻¹

Výkon 2400 sazenic za hodinu

SÁZECÍ STROJ SKN - 6



je šestiřádkový stroj s vysokou provozní spolehlivostí: až 96 % sazenic zeleniny se ujme; rostliny jsou stejnoměrně zalévány.

Pracovní záběr 4,6 m
Výkon za hodinu čisté pracovní doby

0,3 — 1,2 ha h⁻¹

Sdružuje se s traktorem tř. 1,4 t.

Agromachinaimpex



Vývozce: PZO AGROMAŠINAIMPEX
Bulharsko, Sofia
ul. St. Lepoeva 1
telefon: 22 30 94
telex: 022 563

O další informace se laskavě obraťte na Bulharskou obchodní misi v ČSSR, Praha I, Krakovská 6, telefon 26 43 06.

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