

ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
MINISTERSTVA ZEMĚDĚLSTVÍ,
LESNÍHO A VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

Zemědělská technika

5

ROČNÍK 8 (XXXV) – PRAHA, ŘÍJEN 1962

CENA 10 Kčs

ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
MINISTERSTVA ZEMĚDĚLSTVÍ,
LESNÍHO A VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Rídí redakční rada: inž. Jaroslav Sulc (předseda), inž. Jaroslav Frolík, inž. Stanislav Haš, doc. Bohumil Hůrek, inž. Karel Joza, Jan Květoň, inž. Vladimír Majer, CSc. inž. Jozef Martaus, doc. dr. inž. Zdeněk Štefl, inž. Ján Tomovčík, inž. Alois Vávra. —
Vedoucí redaktorka Helena Svobodová.

© Ústav vědeckotechnických informací MZLVH, Praha 1962

Obsah — Содержание — Content — Inhalt

Koskuba K.: Příspěvek k praktické aerodynamice obilního zrna К вопросу практической аэродинамики зерновой массы Beitrag zur praktischen Aerodynamik des Getreidekornes Cotribution à l'aérodynamique du grain de blé	309
Souček Zb.: Silové a energetické poměry kolové řezačky Соотношение усилий и энергетический баланс дисковой силосорезки Energie- und Kraftverhältnisse der Radhäckselmaschine Conditios de forces et énergétiques des haches-paille	337
Vaněk K.: Výpočet počtu strojů a výkonů pro velkovýrobní technologie Вычисление числа машин и производительностей для крупнопроизводственной технологии Die Berechnung der Anzahl von Maschinen und Leistungen für Groß- erzeugungstechnologien	361

Příspěvek k praktické aerodynamice obilního zrna

К вопросу практической аэродинамики зерновой массы

Beitrag zur praktischen Aerodynamik des Getreidekornes

Contribution à l'aérodynamique pratique du grain de blé

ČÁST II

CSc. Karel KOSKUBA

Krajská zemědělská stanice, Praha

Úvod

Tato část II. navazuje na část I., uveřejněnou v čísle 4 letošního ročníku Zemědělské techniky, ve které byla popsána metodika zjišťování změny koeficientu aerodynamického odporu obilního zrna na počátku poletu ve vzdušném proudu a potřebné zařízení k provedení experimentů.

Výsledky pokusů

Pokusy byly provedeny na třech obilovinách: ozimé pšenici (odrůda Pyšelka, sklizeň 1957), jarním ječmenu (odrůda Valtický, sklizeň 1958) a ozimém žitu (odrůda České, sklizeň 1957).

Let zrna byl fotografován během žní v r. 1958 v Čáslavi jako součást rozsáhlejších polně laboratorních pokusů. Ostatní měření, týkající se zkoušeného materiálu, byla provedena později v r. 1958 a 1959. Výsledky ze snímků byly zpracovány koncem r. 1959 a počátkem r. 1960.

Podmínky měření

Rychlost vzdušného proudu byla vypočítána z dynamického tlaku, zjištěného třikrát opakovaným měřením v devíti pravidelně rozmístěných místech průřezu kanálu těsně před místem vypouštění zrn.

Dynamický tlak byl měřen Prandtlovou trubicí s mikromanometrem METRUM a měření kontrolováno mikromanometrem ROSSENMÜLLER.

Průměrná rychlost vzdušného proudu byla stanovena s přesností 0,1 m/s. Nerovnoměrnost rychlostního pole nepřekročila v celém kanálu hodnotu 5–6 %, přitom ve střední části v místech poletu zrna byla podstatně menší.

Otáčky rotační clony byly udržovány na hodnotě 4500 ot/min., takže všechna měření byla provedena frekvencí 300 snímků za vteřinu.

Naměřené a vypočítané údaje jsou uvedeny v tab. I.

I.

Označení zkoušek	Druh obilí	Vlhkost zrna %	Počet snímků za vteřinu s ⁻¹	Údaje o vzdušném proudě					
				Teplo- ta	Barom. tlak	Měrná hmota	Kinem. viskoz.	Dynam. viskoz.	Rychl. vzduchu
						ρ	$\nu \cdot 10^6$	$\mu \cdot 10^6$	u
				°C	mm Hg	kg s ⁻² m ⁻⁴	m ² s ⁻¹	kg s m ⁻²	m s ⁻¹
1-I	Pšenice Pyšelka (57)	15,1	300	19,0	753,0	0,122	15,000	1,8301	9,5
5-I	Ječmen (58)	17,2	300	20,0	753,0	0,122	15,040	1,8348	
6-I	Žito (57)	14,0	300	20,0	753,0	0,122	15,040	1,8348	
1-II	Pšenice Pyšelka (57)	15,1	300	25,5	745,5	0,118	15,567	1,8605	11,9
5-II	Ječmen (58)	17,2	300	25,5	745,5	0,118	15,567	1,8605	
6-II	Žito (57)	14,0	300	25,5	745,5	0,118	15,567	1,8605	

II. Rozměry

Plodina	Označení pokusu	Rozměry zrna					max
		délka	šířka	tloušťka	charakt. rozměr	poměr 1 : c	
		a	b	c	1		
		mm	mm	mm	mm	—	
1	2	3	4	5	6	7	8
Pšenice ozimá přepad	1-C	5,84	3,39	2,90	3,85	1,33	17,4
(Pyšelka 1957) střed	1-B	5,62	3,20	2,74	3,67	1,37	16,3
propad	1-A	5,39	2,72	2,52	3,33	1,32	14,5
Jarní ječmen přepad	5-C	8,33	3,56	2,68	4,30	1,60	23,8
(Valtický 58) střed	5-B	7,92	3,31	2,45	4,00	1,63	21,2
propad	5-A	7,55	2,89	2,18	3,62	1,66	19,5
Ozimé žito přepad	6-C	7,74	2,67	2,70	3,82	1,41	16,9
(České 1957) střed	6-B	7,34	2,44	2,46	3,53	1,43	16,1
propad	6-A	7,02	2,26	2,25	3,27	1,45	15,1

Charakteristický rozměr 1 = $\sqrt[3]{abc}$

Pro střední průřez zrna platí $F = \frac{4F_{\max} + F_{\min}}{5}$

Podmínky zkoušek

Potřebné údaje o použitém obilí jsou uvedeny v tab. II. Frakce byly vytvořeny hrubým roztříděním zrn na sítěch s podélnými otvory o šířkách 2,75 a 2,4 mm. Rozměry zrna byly měřeny pomocí speciálního přístroje k současnému měření všech tří rozměrů zrna (viz podrobněji zprávu VÚZT Z-462, Koskuba, 1959).

Průřez zrna byl stanoven jako podélný a příčný obrys pomocí profilprojektoru METRA se zvětšením $10\times$ a změřen Amslerovým polárním planimetrem.

Váha zrna byla zjištěna vážením 2×500 zrn na analytických váhách. Specifická váha zrna byla zjišťována původní suspenzační metodou titrací roztoku bromidu vápenatého (Koskuba, 1959).

Vlhkost zrna byla stanovena elektrickým vlhkoměrem F8WG po předsušení ve vakuové sušárně.

Postup zpracování výsledků

Ze snímku, zvětšeného do skutečné velikosti, zjistíme vodorovné souřadnice polohy těžiště letícího zrna v intervalech odpovídajících 0,01 vteřiny. Diference těchto souřadnic jsou úměrné vodorovné složce rychlosti c_x .

Jako výchozí hodnoty uvažujeme pro daný pokus průměrné hodnoty složky $\bar{c}_x$ pro příslušnou souřadnici času. Z těchto hodnot sestavíme graf závislosti

a váhy zrna

Průřez zrna		Váha jednoho zrna	Hmotnost zrna	Měrná váha zrna	Objem jednoho zrna	Průměr ekvival. koule	Poměr $d : 1$
min.	střední						
$F_{\min}$	F	G	$m \cdot 10^5$	γ	v	$d_{ekv.}$	
mm ²	mm ²	mg	kg s ² m ⁻¹	g cm ⁻³	mm ³	mm	—
9	10	11	12	13	14	15	16
8,5	15,6	46,52	0,474	1,224*)	38,01	4,17	1,08
7,7	14,6	40,06	0,408	1,222*)	32,78	4,12	1,10
6,6	12,9	30,95	0,315	1,193*)	25,94	3,67	1,10
9,1	20,9	51,26	0,522	1,193	42,97	4,34	1,01
7,9	18,5	41,63	0,424	1,198	34,75	4,05	1,01
6,8	17,0	30,90	0,315	1,146	26,96	3,72	1,03
6,8	14,9	43,12	0,440	1,211	35,61	4,08	1,07
5,7	14,0	34,48	0,351	1,216**)	28,38	3,77	1,07
4,9	13,1	28,69	0,292	1,220	23,52	3,55	1,09

*) Použity údaje z pokusů 2A–C

**) Hodnota interpolována z pokusů 6–A a 6–C.

vodorovné složky rychlosti $\bar{c}_x$ na čase. Vyrovnání této křivky $\bar{c}_x = f(t)$ a extrapolaci k počátku konáme graficky podle zásad:

1. pro počátek křivky platí $c_x = 0$ pro $t = 0$,
2. vyrovnaná křivka se přimyká těsněji k bodům z většího počtu měření,
3. křivka závislosti rychlosti na čase je plynulá a nevykazuje žádné zlomy průběhu závislosti (např. inflexní body!).

Z vyrovnané křivky odměříme hodnoty c_x a zaneseme je do tabulky. Vodorovnou složku zrychlení zrna a_x stanovíme jako diferenci rychlostí c_x . Z vyrovnaných hodnot a z údajů o vzdušném proudu a zrna vypočítáme bezdimenzionální parametry $\pi_1 - \pi_6$.

V grafech závislosti $c_x = f(t)$ jsou zakresleny pro názornost také teoretické vodorovné složky rychlosti zrna, vypočítané pro danou rychlost vzdušného proudu a pro odhadovaný koeficient tvarového odporu K_t z rovnice (2) — viz část I. Teoretický průběh rychlostí v grafech na obr. 1 a 2 odpovídá údajům z tab. III.

III. Teoretický průběh vodorovné složky rychlosti zrna*)

Čas	Unášecí rychlost $u = 9,5 \text{ m/s}$				Unášecí rychlost $u = 11,9 \text{ m/s}$			
	vodorovná složka rychlosti pro $K_t =$				vodorovná složka rychlosti pro $K_t =$			
	0,08	0,1	0,125	0,16	0,08	0,1	0,125	0,16
t	C_x				C_x			
s	ms^{-1}				ms^{-1}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,001	0,0072	0,0090	0,0113	0,0144	0,0113	0,0141	0,0177	0,0226
0,005	0,036	0,0449	0,0561	0,0717	0,0564	0,0704	0,0879	0,1122
0,01	0,072	0,0894	0,1115	0,1422	0,1122	0,1399	0,1744	0,2223
0,02	0,1422	0,1771	0,2204	0,2803	0,2223	0,2766	0,3438	0,4365
0,04	0,280	0,348	0,431	0,544	0,4365	0,5407	0,6683	0,8422
0,66	0,414	0,512	0,632	0,794	0,643	0,793	0,975	1,220
0,08	0,544	0,671	0,824	1,030	0,842	1,070	1,318	1,573
0,10	0,671	0,824	1,008	1,253	1,034	1,266	1,541	1,903
0,12	0,794	0,972	1,185	1,465	1,220	1,487	1,696	2,214
0,14	0,914	0,115	1,354	1,667	1,400	1,699	2,051	2,504
0,16	1,030	1,253	1,517	1,858	1,573	1,903	2,288	2,778
0,18	1,143	1,387	1,673	2,041	1,741	2,099	2,513	3,037
0,20	1,253	1,517	1,823	2,215	1,903	2,288	2,728	3,282
0,24	1,465	1,764	2,107	2,539	2,213	2,644	3,131	3,732
0,28	1,667	1,996	2,370	2,836	2,504	2,974	3,499	4,138
0,32	1,858	2,215	2,616	3,109	2,779	3,282	3,838	4,505
0,40	2,214	2,616	3,059	3,592	3,282	3,838	4,439	5,144
1,0	4,056	4,628	5,157	5,730	5,804	6,466	7,116	7,802
100,0	9,377	9,401	9,421	9,438	11,776	11,801	11,820	11,838

*) Pro vodorovnou složku rychlosti c_x platí $c_x = \frac{K_t t u^2}{1 + K_t t u}$

Závislost argumentů π_1 a π_2 , vyjádřené rovnicí (13) z části I, vyšetříme tímto způsobem:

Vzhledem k malé proměnlivosti parametrů $\pi_3 \div \pi_6$ během všech variant pokusů u plodiny předpokládáme, že tato závislost platí obecně pro plodinu (druh zrna).

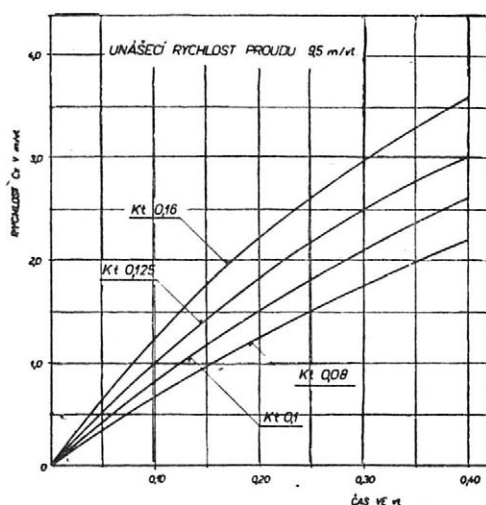
Předběžné zpracování výsledků ukázalo, že nejvhodnějším typem funkce pro závislost $\varnothing [\pi_1, \pi_2] = 0$ se jeví funkce

$$\pi_1 = C' = C'_0 + ae^{-b\pi_2} \quad (1)$$

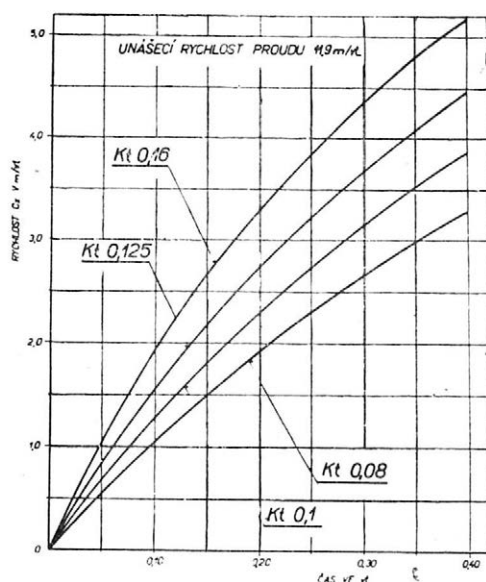
tj. že koeficient odporu ($\pi_1 = C' = \frac{R}{F(u-c_x)^2 Q}$) klesá na počátku poletu zrna k nějaké hodnotě C'_0 , kterou si pak zachovává vzhledem k tomu, že výraz

$$ae^{-b\pi_2} \rightarrow \varnothing$$

$$\text{pro } \pi_2 \rightarrow \infty$$



1. Teoretický průběh vodorovné složky rychlosti zrna c_x ($u = 9,5$ m/s)



2. Teoretický průběh vodorovné složky rychlosti zrna c_x ($u = 11,9$ m/s)

Funkci (1) upravíme na tvar

$$C' - C'_0 = ae^{-b\pi_2}$$

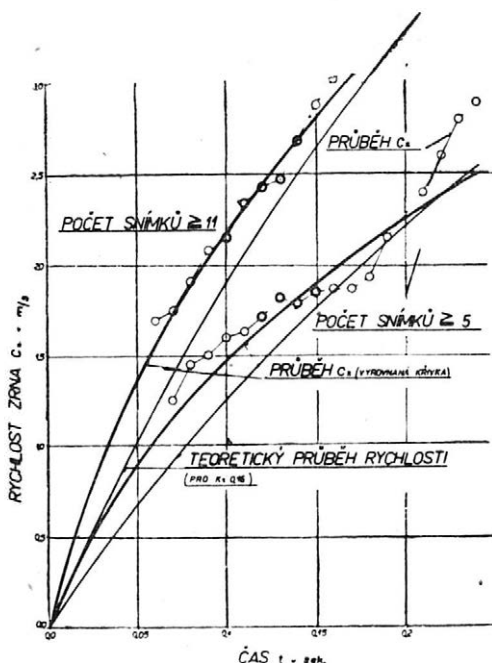
logaritmujeme

$$\log(C' - C'_0) = \log a - b(\log e) \pi_2 \quad (2)$$

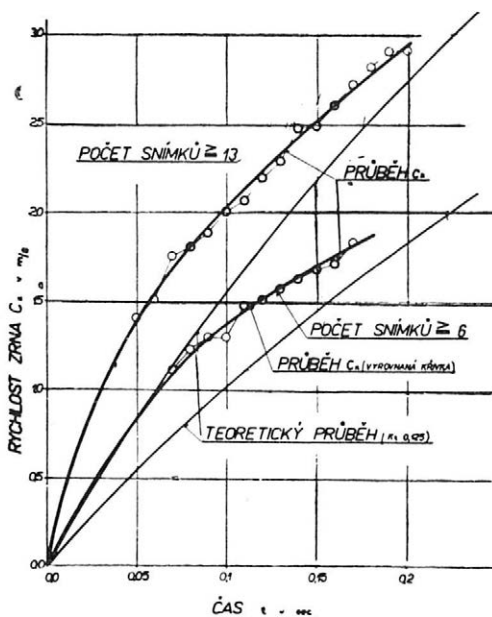
a k vyšetření závislosti (2) použijeme regresní analýzy.

Musíme ovšem nejdříve stanovit hodnotu C'_0 , tj. hodnotu, ke které se asymptoticky blíží koeficient C' ($= \pi_1$), vzrůstá-li π_2 (tj. t !).

Ke stanovení C'_0 použijeme známé poučky z analytické geometrie (Bronštejn, Semeňajev, 1948), podle které pro exponenciální funkci typu



3. Pšenice — malé zrno, průběh $c_x = f(t)$. — (Pokus 1-I-A, 1-II-A)



4. Pšenice — střed, průběh $c_x = f(t)$. — (Pokus 1-I-B, 1-II-B)

$$y = ae^{bx} + c$$

platí pro libovolné x_1, x_2 a $x_3 = \frac{x_1 + x_2}{2}$

$$c = \frac{y_1 y_2 - y_3^2}{y_1 + y_2 - 2y_3}$$

kde y_1, y_2 a y_3 jsou hodnoty odpovídající x_1, x_2 a x_3 .

Body $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ a (x_3, y_3) nalezneme na grafu funkce $\varnothing [\pi_1, \pi_2] = \varnothing$. Na graf vynášíme střední hodnoty a křivku vyrovnáme graficky.

Pšenice

Na tab. IV je přehled bezdimenzionálních argumentů: Argument π_4 vyjadřuje vlastně Reynoldsovo číslo na počátku poletu zrna ($c_x = 0$!); mění se v rozmezí $\sim 2100-2900$. Argument π_5 , který vyjadřuje poměr zúčastněných hmot ($\frac{\rho F l}{m}$, kde $\rho F l$ je hmota vzduchu v objemu $F l$, m je hmota zrna) se mění v rozmezí $\sim 0,00015-0,00017$. Geometrická podobnost (argument π_6) je vyjádřena poměrem $\sim 1,05-1,16$.

V tab. V je uveden postup zpracování výsledků jednotlivých pokusů (na příkladu pokusu 1—II—B). Vyrovnání hodnot z tabulek je provedeno na příslušných grafech na obr. 3, 4 a 5.

Hodnoty u obou bezdimenzionálních parametrů, jejichž funkci hledáme, jsou vyneseny v grafu na obr. 6.

Označení pokusu*)	Bezdimenzionální argumenty					
	$\pi_1 = C'$	π_2	$\pi_3 = R_e$	π_4	π_5	π_6
	$\frac{R}{F(u-c_x)^2 \varrho}$	$t \frac{\varrho F}{m} u$	$\frac{(u-c_x) l \varrho}{\mu}$	$\frac{u l \varrho}{\mu}$	$\frac{\varrho F l}{m}$	$\frac{F}{l^2}$
	—	—	$R_e 10^{-3}$	$\pi_4 10^{-3}$	$\pi_5 10^4$	—
1-I-C	Veličina závisle proměnná	3,82 t	0,26 (u-c _x)	2,47	1,55	1,05
1-I-B		4,15 t	0,24 (u-c _x)	2,28	1,60	1,08
1-I-A		4,75 t	0,22 (u-c _x)	2,09	1,66	1,16
1-II-C		4,62 t	0,24 (u-c _x)	2,86	1,49	1,05
1-II-B		5,02 t	0,23 (u-c _x)	2,74	1,55	1,08
1-II-A		5,75 t	0,21 (u-c _x)	2,50	1,61	1,16

*) Arabská čísla určuje druh plodiny, římská čísla odlišuje rychlost použitého vzdušného proudu, písmeno značí velikostní skupinu zrn.

Ke stanovení koeficientu $\bar{C}'_o$ byly graficky vyrovnány křivky $\bar{C}' = f(t)$. Hodnoty $\bar{C}'$ byly stanoveny jako průměry příslušných tříd pro rozřídění, jehož výsledek je uveden v tab. VI. Vyrovnání křivky a výpočet koeficientu je proveden v grafu na obr. 7.

Závislost mezi C' a $t \frac{\varrho F}{m} u$ je vyšetřena pomocí regresní analýzy závislosti mezi $\log(C' - C'_o)$ a $t \frac{\varrho F}{m} u$.

Korelační koeficient a ostatní potřebné parametry vypočítáme po zavedení pomocných proměnných známým způsobem (viz Myslivec, 1957), v korelační tabulce — viz tab. VII.

Po substituci

$$y = \log [10^3 (C' - C'_o)] = \frac{y' - y'_o}{\Delta y'} ;$$

$$x = t \frac{\varrho F}{m} u = \frac{x' - x'_o}{\Delta x'}$$

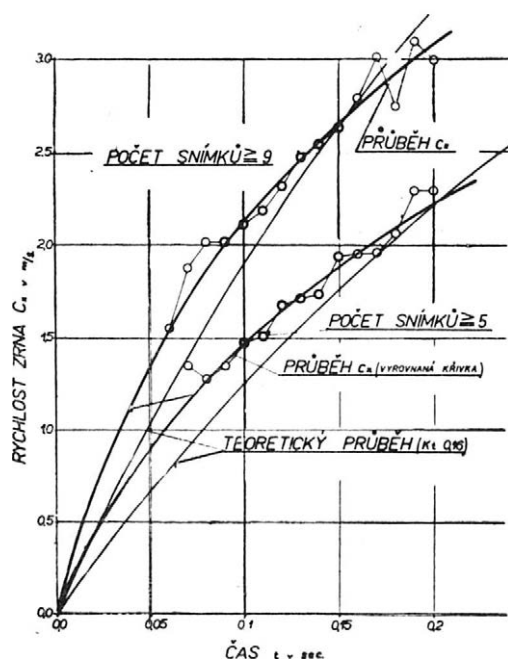
kde $y'_o = 1,85$

$x'_o = 0,45$

$\Delta y' = 0,1$

$\Delta x' = 0,05$

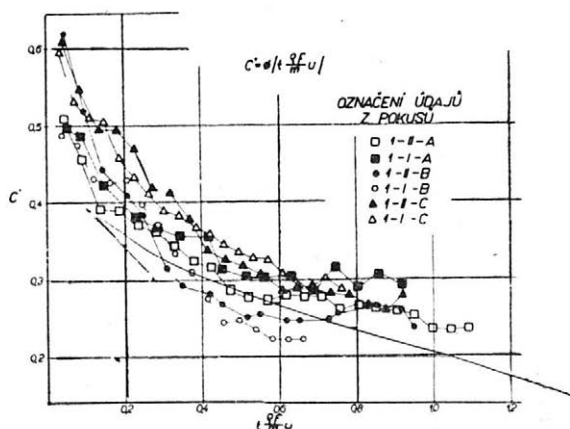
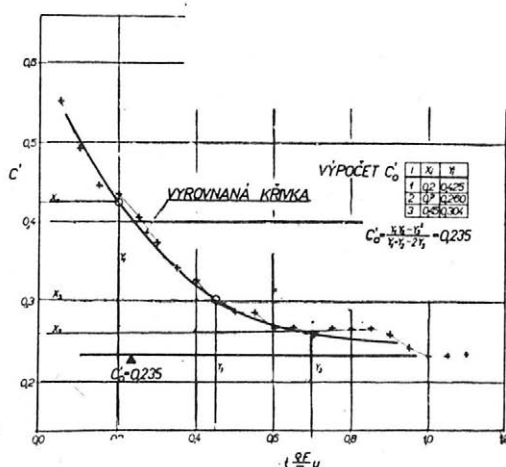
vyčíslíme v tabulce hodnoty:



5. Pšenice — velké zrn, průběh $c_x = f(t)$.
(Pokus 1-I-C, 1-II-C)

V. POKUS 1-II-B (Pšenice „Pyšelka – 1957“, střed)

Naměřeno			Vyrovnané hodnoty			Vypočítané hodnoty		
t	$\frac{t}{c_x}$	počet snímků	c_x	a_x	c_x	$\frac{a_x}{(u-c_x)^2} \frac{m}{\rho F}$	$t \frac{\rho F}{m} u$	Re
s	ms^{-1}	—	ms^{-1}	ms^{-2}	ms^{-1}	—	—	—
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,01			0,250					
2			0,593	34,3	0,44	0,619	0,050	3140
3			0,865	27,2	0,73	517	100	
4			1,087	22,2	0,98	441	151	
5			1,284	19,7	1,19	408	201	
6	1,4	1	1,462	17,8	1,38	382	251	
7	1,5	3	1,605	14,3	1,53	315	301	
8	1,75	3	1,734	12,9	1,67	292	351	
9	1,80	14	1,855	12,1	1,80	282	402	
10	1,88	18	1,968	11,3	1,91	268	452	
11	2,00	19	2,072	10,4	2,02	251	502	2710
12	2,06	21	2,174	10,2	2,12	254	552	
13	2,19	22	2,272	9,8	2,22	246	602	
14	2,28	21	2,367	9,5	2,32	246	653	
15	2,47	20	2,461	9,4	2,41	246	703	
16	2,48	17	2,555	9,4	2,51	254	753	
17	2,71	13	2,643	8,8	2,60	242	803	
18	2,81	7	2,730	8,7	2,69	244	853	
19	2,90	5	1,814	8,4	2,76	239	904	
20	2,90	3	1,896	8,2	2,86	237	954	2480


6. Pšenice (Pyšelka – 1957) — závislost koeficientu odporu C' na funkci času $\left(t \frac{\rho F}{m} u \right)$

7. Pšenice (Pyšelka – 1957) — vyrovnaní křivky $C' = f\left(t \frac{\rho F}{m} u \right)$

$t \frac{q F}{m} u$		$C' = \frac{a_x}{(u-c_x)^2} \frac{m}{q F}$		Třídní četnost
Třídní interval	Střed třídy	$\Sigma C'$	$\overline{C'}$	
1	2	3	4	5
0,025–0,075	0,05	3,314	0,552	6
0,075–0,125	10	3,947	493	8
0,125–0,175	15	2,679	446	6
0,175–0,225	20	2,175	435	5
0,225–0,275	25	2,840	406	7
0,275–0,325	30	2,626	375	7
0,325–0,375	35	2,388	341	7
0,375–0,425	40	2,293	327	7
0,425–0,475	45	2,091	299	7
0,475–0,525	50	1,728	288	6
0,525–0,575	55	1,727	288	6
0,575–0,625	60	1,873	268	7
0,625–0,675	65	1,622	270	6
0,675–0,725	70	1,825	261	7
0,725–0,775	75	1,396	279	5
0,775–0,825	80	1,754	268	4
0,825–0,875	85	1,075	269	4
0,875–0,925	90	1,304	261	5
0,925–0,975	95	0,489	244	2
0,975–1,025	1,00	0,234	234	1
1,025–1,075	05	0,234	234	1
1,075–1,125	10	0,236	236	1

$$\begin{array}{ll}
 n = 115 & \Sigma x'y' = -2926 \\
 \Sigma x' = 47 & \Sigma x'^2 = 3327 \\
 \Sigma y' = -105 & \Sigma y'^2 = 4436
 \end{array}$$

Z těchto hodnot stanovíme směrodatné odchylky

$$s_{x'}^2 = \frac{\Sigma x'^2}{n} - \left(\frac{\Sigma x'}{n} \right)^2 = 28,76; \quad s_{x'} = 5,241$$

$$s_{y'}^2 = \frac{\Sigma y'^2}{n} - \left(\frac{\Sigma y'}{n} \right)^2 = 37,74; \quad s_{y'} = 6,143$$

a průměry

$$\bar{x}' = \frac{\Sigma x'}{n} = 0,408, \quad \bar{y}' = \frac{\Sigma y'}{n} = -0,9130$$

pomocných proměnných x' a y' .

						$x = t \frac{\rho F}{m} u =$							
Střed						0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
	$y' \backslash x'$					-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
		f				6	8	6	5	7	7	7	7
		$f y'$		$f x'$		-48	-56	-36	-25	-28	-21	-14	-7
		$f y'^2$		$f x'^2$		384	392	216	125	112	63	28	7
$y = \log [10^3 (C' - C_o)] = \frac{y' - y'_o}{\Delta y'} = \frac{y' - 1,85}{0,1}$	2,55	7	3	21	148	3 -168							
	2,45	6	8	48	288	2 -96	4 -168	1 -36	1 -30				
	2,35	5	7	35	175	1 -40	3 -105	2 -60	1 -25				
	2,25	4	10	40	160		1 -28	2 -48	2 -40	3 -48	2 -24		
	2,15	3	12	36	108			1 -18	1 -15	4 -48	3 -27	2 -12	1 -3
	2,05	2	8	16	32						1 -6	2 -8	3 -6
	1,95	1	9	9	9						1 -3	1 -2	1 -1
	1,85	∅	9	∅	∅							1	
	1,75	-1	9	-9	9							1 +2	
	1,65	-2	11	-22	44								2 +4
	1,55	-3	2	-6	18								
	1,45	-4	2	-8	32								
	1,35	-5	5	-25	125								
	1,25	-6	3	-18	108								
	1,05	-8	4	-32	256								
	0,95	-9	3	-27	243								
	0,65	-12	1	-12	144								
	0,35	-15	1	-15	225								
	0,05	-17	8	-136	2312								
	Celkem		115	-105	4436								
$\Sigma f x' y'$						-304	-301	-162	-110	-96	-60	-20	-6

$$\frac{x' - x'_0}{\Delta x'} = \frac{x' - 0,45}{0,05}$$

0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	Cel- kem
Ø	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
7	6	6	7	6	7	5	4	4	5	2	1	1	1	115
Ø	6	21	21	24	28	30	28	32	45	20	11	12	13	47
Ø	6	24	63	96	140	180	196	256	405	200	121	144	169	3327
														- 168
														- 330
														- 230
														- 188
														- 123
1		1 + 4												- 16
2	2 + 2	1 + 2				1 + 6								+ 4
1	1	1	2	1	1			1						Ø
1				2 - 8	2 - 10	1 - 6	1 - 7		1 - 9					- 38
	2 - 4		2 - 12	1 - 8	2 - 20	1 - 12	1 - 14							- 66
1		1 - 6												- 6
							1 - 28	1 - 32						- 60
						1 - 30		1 - 40	3 - 135					- 205
		1 - 12				1 - 36				1 - 54				- 102
	1 - 8		1 - 24	1 - 32	1 - 40									- 104
1							1 - 63	1 - 72						- 135
									1 - 108					- 108
										1 - 150				- 150
		1 - 34	2 - 102	1 - 68	1 - 85						1 - 187	1 - 204	1 - 221	- 901
														- 2926
Ø	- 10	- 46	- 138	- 116	- 155	- 78	- 112	- 144	- 252	- 204	- 187	- 204	- 221	- 2926

Koeficient korelace mezi x' a y' stanovíme ze vzorce

$$r = \frac{\Sigma x' y' - n \bar{x}' \bar{y}'}{n s_{x'} s_{y'}} = -0,779.$$

K odhadu intervalu, v němž s danou spolehlivostí leží koeficient korelace mezi našimi proměnnými, použijeme Fisherovy transformace

$$z' = \frac{1}{2} \lg \frac{1+r}{1-r}.$$

Pro $r = -0,78$ odpovídá hodnota $z' = 1,0454$ (viz Myslivec, 1957, tab. XX). Směrodatná odchylka $\sigma_{z'}$ činí v tomto případě

$$\sigma_{z'} = \frac{1}{\sqrt{n-3}} = 0,0945.$$

Při 95% spolehlivosti leží hodnota ζ , odpovídající neznámé hodnotě korelačního koeficientu σ základního souboru v intervalu mezi čísly

$$\zeta_1 = z' - 1,96 \sigma_{z'} = 0,8604$$

$$\zeta = z' + 1,96 \sigma_{z'} = 1,2308.$$

$$\text{Z tabulek pro } r = \frac{e^{2z'} - 1}{e^{2z'} + 1}$$

(viz opět Myslivec, 1957, tab. XX) stanovíme lineární interpolací

$$\sigma_1 = 0,696; \sigma_2 = 0,845.$$

Neznámá hodnota korelačního koeficientu základního souboru leží tedy s 95-procentní spolehlivostí v intervalu od 0,696 do 0,845.

Pro průměry a rozptyly původních proměnných platí

$$\bar{x} = x'_o + \Delta x' \frac{\Sigma x'}{n} = 0,470$$

$$\bar{y} = y'_o + \Delta y' \frac{\Sigma y'}{n} = 1,759$$

$$s_x^2 = \Delta^2 x' s_x^2 = 0,0719$$

$$s_y^2 = \Delta^2 y' s_y^2 = 0,3774$$

Regresní koeficient stanovíme ze vztahu (koeficient korelace je invariantní vzhledem k provedené transformaci!)

$$b_{y \cdot x} = r \frac{s_y}{s_x} = -1,784.$$

Můžeme tedy napsat rovnici regresní přímky

$$y = \bar{y} + b_{y \cdot x} (x - \bar{x}) = 2,598 - 1,784 x$$

Platí tudíž (viz rovnice (2))

$$\log [10^3 (C' - C_o')] = \frac{2,598}{\log a} - \frac{1,784}{b \log e} t \frac{\sigma F}{m} u$$

a odtud

$$C' = C_o' + 0,3963e^{-4,108 t \frac{\sigma F}{m} u}$$

A to je přibližná rovnice pro určení změny koeficientu odporu zrna pšenice na počátku poletu ve vzdušném proudu.

Ječmen

Na tabulce VIII je přehled bezdimenzionálních argumentů.

Argument π_4 se pohybuje v rozmezí $\sim 2300-3200$. π_5 se mění v rozmezí $\sim 0,00017-0,00024$. Geometrická podobnost je vyjádřena poměrem $\sim 1,13-1,30$.

VIII. Ječmen („Valtický 1958“)

Označení pokusu	Bezdimenzionální argumenty					
	$\pi_1 = C'$	π_2	$\pi_3 = Re$	π_4	π_5	π_6
	$\frac{R}{F(u-c_x)^2}$	$t \frac{\sigma F}{m} u$	$\frac{(u-c_x) l \rho}{\mu}$	$\frac{ul \rho}{\mu}$	$\frac{\sigma F l}{m}$	$\frac{F}{l^2}$
	—	—	$Re \cdot 10^{-3}$	$\pi_4 \cdot 10^{-3}$	$\pi_5 \cdot 10^4$	—
5-I-C	Velikost závisle proměnná	4,64 t	0,29 (u-c _x)	2,76	2,10	1,13
5-I-B		5,05 t	0,27 (u-c _x)	2,56	2,10	1,16
5-I-A		6,25 t	0,24 (u-c _x)	2,28	2,40	1,30
5-II-C		5,62 t	0,27 (u-c _x)	3,21	2,03	1,16
5-II-B		6,13 t	0,25 (u-c _x)	2,98	2,06	1,13
5-II-A		7,58 t	0,23 (u-c _x)	2,74	1,66	1,30

Na tab. IX je uveden postup zpracování výsledků jednotlivých pokusů (na příkladu pokusu 5-II-B). Vyrovnání hodnot z tabulek je provedeno na příslušných grafech na obr. 8, 9 a 10.

Hodnoty obou bezdimenzionálních argumentů, jejichž funkci hledáme, jsou vyneseny v grafu na obr. 11.

K stanovení koeficientu C_o' bylo provedeno grafické vyrovnání křivky $\bar{C} = f(t)$. Hodnoty $\bar{C}'$ byly stanoveny způsobem stejným jako u pšenice — viz tab. X. Vyrovnání křivky a výpočet koeficientu C_o' jsou uvedeny v grafu na obr. 12.

Regresní rovnici vyčíslíme po zavedení pomocných proměnných a po výpočtu potřebných parametrů v korelační tabulce XI.

Po substituci

$$y = \log [10^3 (C' - C_o')] = \frac{y' - y_o'}{\Delta y'} ; x = t \frac{\sigma F}{m} u = \frac{x' - x'_o}{\Delta x'}$$

IX. POKUS 5-II-B (Ječmen „Valtický – 1958“ střed)

Naměřeno			Vyrovnané hodnoty			Vypočítané hodnoty		
t	$\overline{c_x'}$	počet snímků	c_x	a_x	c_x	$\frac{a_x}{(u-c_x)^2} \frac{m}{\rho F}$	$t \frac{\rho F}{m} u$	Re
s	ms^{-1}	—	ms^{-1}	ms^{-2}	ms^{-1}	—	—	—
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,01			0,190					
2			0,540	39,0	0,37	0,569	0,061	2,65
3			0,844	30,4	0,70	470	123	
4	1,16	8	1,098	25,4	0,98	414	184	
5	1,31	9	1,555	21,5	1,45	383	306	
6	1,71	14	1,745	19,0	1,65	352	368	
7	1,81	15	1,915	17,0	1,84	326	429	
8	1,95	20	2,068	15,3	2,00	303	490	
9	2,09	20	2,215	14,7	2,14	299	552	
0,10	2,34	21	2,361	14,6	2,29	307	613	2,21
11	2,40	20	2,500	13,9	2,43	301	674	
12	2,58	18	2,630	13,0	2,57	289	736	
13	2,63	15	2,754	12,4	2,69	284	797	
14	2,85	13	2,878	12,4	2,81	291	858	
15	3,14	11	3,002	12,4	2,95	301	920	
16	3,16	11	3,120	11,8	3,06	293	981	
17	3,42	8	3,228	10,8	3,18	276	1,042	
18	2,48	5	3,334	10,6	3,28	278	1,103	
19	3,80	4	3,434	10,0	3,39	268	1,165	1,96
20	3,50	1						

kde $y'_0 = 2,05$ $x'_0 = 0,55$
 $\Delta y' = 0,1$ $\Delta x' = 0,05$

vyčíslíme z tabulky hodnoty:

$$\begin{aligned}
 n &= 106 & \Sigma x'y' &= -1297 \\
 \Sigma x' &= -24 & \Sigma x'^2 &= 3742 \\
 \Sigma y' &= 94 & \Sigma y'^2 &= 734
 \end{aligned}$$

Z těchto hodnot stanovíme směrodatné odchylky

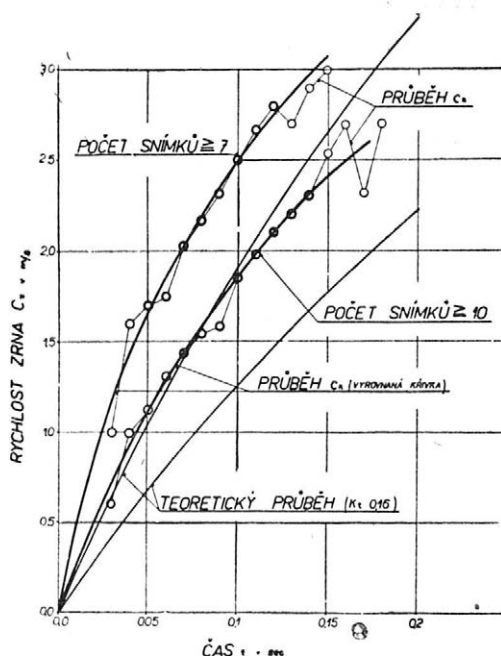
$$s_{x'}^2 = 35,25 ; \quad s_{x'} = 5,937$$

$$s_{y'}^2 = 6,138 ; \quad s_{y'} = 2,478$$

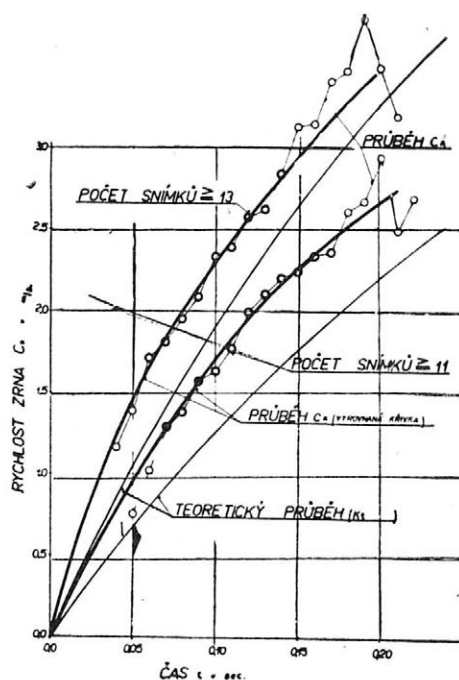
a průměry

$$\bar{x}' = 0,2664 ; \quad \bar{y}' = 0,8868$$

pomocných proměnných x', y' .



8. Ječmen — malé zrno, průběh $c_x = f(t)$. — (Pokus 5-I-A, 5-II-A)



9. Ječmen — střed, průběh $c_x = f(t)$. — (Pokus 5-I-B, 5-II-B)

Koeficient korelace mezi veličinami x' a y' stanovíme opět ze vzorce

$$r = \frac{\sum x' y' - n \bar{x}' \bar{y}'}{n s_{x'} s_{y'}} = -0,812$$

Podobným způsobem jako v předchozím případě stanovíme interval 95% spolehlivosti koeficientu korelace, který činí 0,733–0,867.

Nyní stanovíme průměry a rozptyl původních proměnných

$$\bar{x} = 0,537 \quad s_x^2 = 0,0881$$

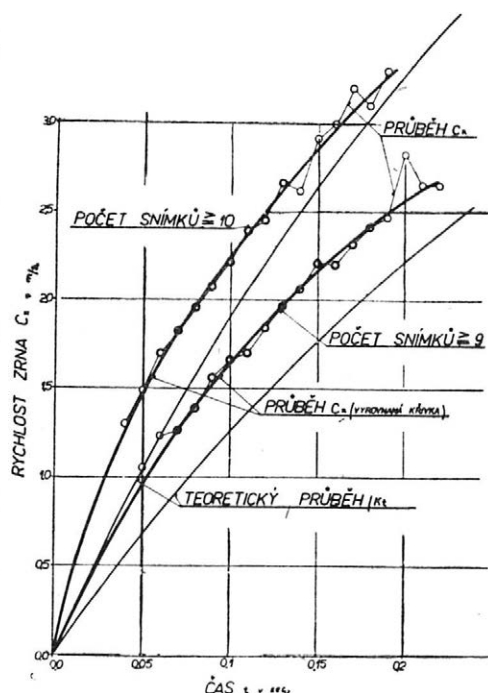
$$\bar{y} = 2,139 \quad s_y^2 = 0,0614.$$

Regresní koeficient stanovíme opět ze vztahu

$$b_{y \cdot x} = r \frac{s_y}{s_x} = -0,678.$$

Můžeme, tedy napsat rovnici regresní přímky

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x}) = 2,503 - 0,678 x.$$



10. Ječmen — velké zrno, průběh $c_x = f(t)$. — (Pokus 5-I-C, 5-II-C)

$t \frac{q F}{m} u$		$C' = \frac{a_x}{(u-c_x)^2} \frac{m}{q F}$		Třídní četnost
Třídní interval	Střed třídy	$\Sigma C'$	$\overline{C'}$	
1	2	3	4	5
0,025—0,075	0,05	2,524	0,505	5
0,075—0,125	10	2,371	474	5
0,125—0,175	15	1,765	441	4
0,175—0,225	20	2,128	426	5
0,225—0,275	25	2,516	419	6
0,275—0,325	30	2,827	404	7
0,325—0,375	35	1,929	386	5
0,375—0,425	40	1,447	362	4
0,425—0,475	45	2,068	345	6
0,475—0,525	50	1,757	351	5
0,525—0,575	55	1,992	332	6
0,575—0,625	60	1,980	330	6
0,625—0,675	65	1,347	337	4
0,675—0,725	70	1,276	319	4
0,725—0,775	75	1,845	308	6
0,775—0,825	80	1,466	293	5
0,825—0,875	85	1,738	290	6
0,875—0,925	90	1,403	281	5
0,925—0,975	95	1,394	279	5
0,975—1,025	1,00	1,122	280	4
1,025—1,075	05	0,510	255	2
1,075—1,125	10	0,278	278	1
1,125—1,175	15	0,268	268	1

A odtud stanovíme přibližnou závislost změny koeficientu odporu C' na počátku poletu zrna ječmene ve tvaru

$$C' = C'_0 + 03184 e^{-1,561 t \frac{q F}{m} u}$$

Žito

Z přehledu bezdimenzionálních argumentů na tab. XII vyplývá:

Argument π_6 se pohybuje v rozmezí 2090—2860; π_5 se mění v rozmezí 0,00015—0,00018; π_6 — geometrická podobnost je vyjádřena poměrem 1,02—1,22.

Výsledky jednotlivých pokusů byly zpracovány podobným způsobem jako u pšenice a ječmene. Vyrovnání hodnot z tabulek je provedeno na grafech na obr. 13, 14 a 15.

Hodnoty obou bezdimenzionálních argumentů, jejichž funkci hledáme, jsou vyneseny v grafu na obr. 16.

Ke stanovení koeficientu C_0 bylo provedeno grafické vyrovnání křivky $\bar{C}' = f(t)$. Roztřídění hodnot a výpočet průměrů je uveden v tab. XIII, grafické vyrovnání je na obr. 17.

V korelační tabulce (tab. XIV) je proveden výpočet potřebných údajů ke zjištění závislosti.

Po substituci

$$y = \log [10^3 (C' - C'_0)] = \frac{y' - y'_0}{\Delta y'_0};$$

$$x = t \frac{\rho F}{m} u = \frac{x' - x'_0}{\Delta x'_0}$$

kde:

$$y'_0 = 2,35$$

$$\Delta y'_0 = 0,1$$

$$x'_0 = 0,5$$

$$\Delta x'_0 = 0,05$$

vyčíslíme z tabulky hodnoty

$$n = 115$$

$$\Sigma x' = 17$$

$$\Sigma y' = -76$$

$$\Sigma x'y' = -1413$$

$$\Sigma x'^2 = 3787$$

$$\Sigma y'^2 = 660$$

Opět stanovíme směrodatné odchylky a průměry

$$s_{x'}^2 = 32,510$$

$$s_{y'}^2 = 5,302$$

$$\bar{x}' = 0,635$$

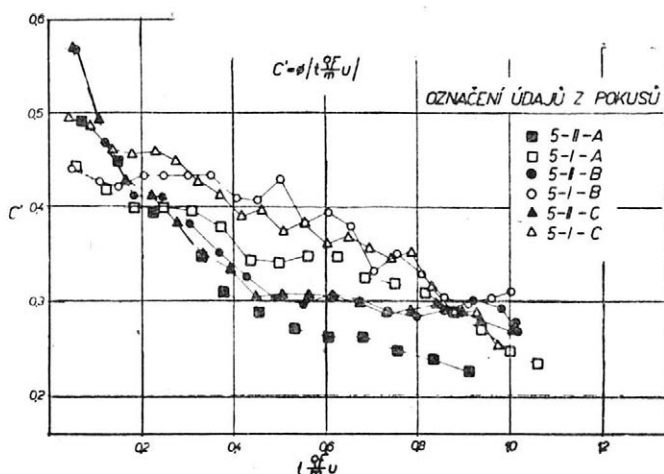
$$s'_x = 5,636$$

$$s'_{y'} = 2,303$$

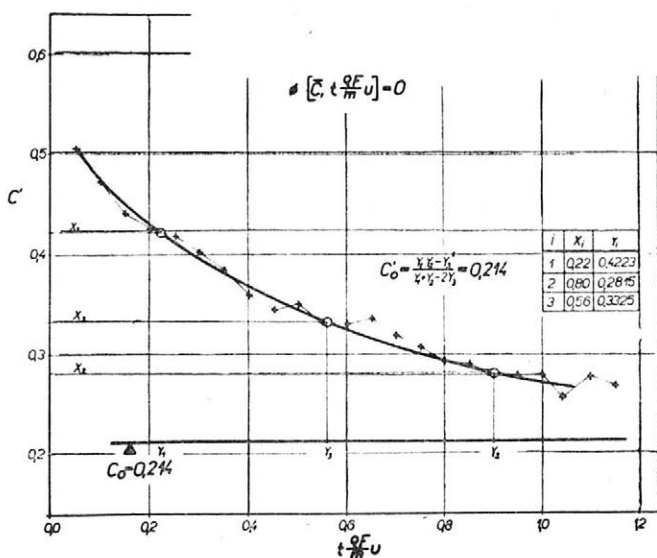
$$\bar{y}' = -0,661$$

Koeficient korelace mezi veličinami x' a y' stanovíme ze vzorce

$$r = \frac{\Sigma x'y' - n \bar{x}' \bar{y}'}{n s_{x'} s_{y'}} = -0,914$$



11. Ječmen (Valtický — 1958) — Závislost koeficientu odporu C' na funkci času $\left(t \frac{\rho F}{m} u\right)$



12. Ječmen (Valtický — 1958) — Vyrovnání křivky

$$C' = f\left(t \frac{\rho F}{m} u\right)$$

$x = t \frac{q F}{m} u =$

Střed						0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4		
	x'					-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3		
		y'	f					5	5	4	5	6	7	5	4
	$f_{x'}$							-50	-45	-32	-35	-36	-35	-20	-12
				$f_{y'}$	$f_{x'^2}$					500	405	256	245	216	175

$y = \log [10^3 (C' - C'_0)] = \frac{y' - y'_0}{\Delta y'} = \frac{y' - 2,05}{0,1}$	2,65	6	1	6	36	1 - 60								
	2,55	5	1	5	25	1 - 50								
	2,45	4	12	48	192	3 - 120	4 - 144	2 - 64	1 - 28	1 - 24	1 - 20			
	2,35	3	22	66	198		1 - 27	2 - 48	4 - 84	5 - 90	3 - 45	2 - 24	1 - 9	
	2,25	2	11	22	44						2 - 20	1 - 8	1 - 6	
	2,15	1	13	13	13						1 - 5	2 - 8	1 - 3	
	2,05	Ø	16	Ø	Ø								1	
	1,95	-1	15	-15	15									
	1,85	-2	6	-12	24									
	1,75	-3	4	-12	36									
	1,65	-4	1	-4	16									
	1,55	-5	2	10	50									
	1,45	-6	1	- 6	36									
	1,35	-7	1	- 7	49									
	Celkem		106	94	734									

	$\Sigma f x' y'$	-230	-171	-112	-112	-114	-90	-40	-18
--	------------------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

$$\frac{x'-x'_0}{\Delta x'} = \frac{x'-0,55}{0,05}$$

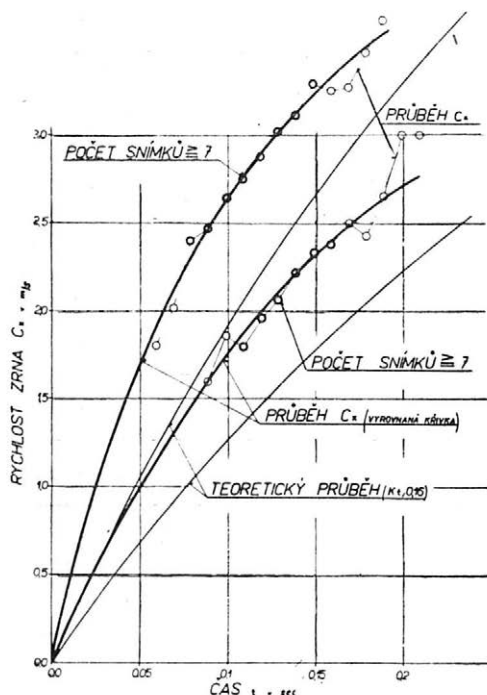
0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,15	1,0	1,05	1,1	1,15	Cel- kem
-2	-1	∅	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
6	5	6	6	4	4	6	5	6	4	5	4	2	1	1	106
-12	-5	∅	6	8	12	24	25	36	28	40	36	20	11	12	-24
24	5	∅	6	16	36	96	125	216	196	320	324	200	121	144	3742
															- 60
															- 50
															- 400
2 -12	1 -3		1 3												- 339
	1 -2	2	1 2	2 8	1 6										- 20
1 - 2	1 -1	1	1 1		1 3	2 8	2 10								+ 3
2	2	2	2		1	1	1	2		1	1				∅
1 2				2 -4		2 - 8	1 - 5	3 -18	4 -18	1 -28	1 - 8	- 9			- 78
							1 -10			2 -32	1 -18	1 -20	1 -22		- 102
		1	1 -3		1 -9									1 -36	- 48
										1 -32					- 32
						1 -20					1 -45				- 65
								1 -36							- 36
												1 -70			- 70
													-22	-36	-1297
-12	-6		3	4	∅	-20	- 5	-54	-28	-72	-72	-90			-1297

Označení pokusu	Bezdimenzionální argumenty					
	$\pi_1 = C'$	π_2	$\pi_3 = Re$	π_4	π_5	π_6
	$\frac{R}{F(u-c_x)^2 \varrho}$	$t \frac{\varrho F}{m} u$	$\frac{(u-c_x) l \varrho}{\mu}$	$\frac{ul \varrho}{\mu}$	$\frac{\varrho F l}{m}$	$\frac{F}{l^2}$
	—	—	$Re \cdot 10^{-3}$	$\pi_4 \cdot 10^{-3}$	$\pi_5 \cdot 10^4$	—
6-I-C	Veličina závisle proměnná	3,92 t	0,25 (u-c _x)	2,38	1,58	1,02
6-I-B		4,63 t	0,24 (u-c _x)	2,28	1,72	1,12
6-I-A		5,20 t	0,22 (u-c _x)	2,09	1,79	1,22
6-II-C		4,76 t	0,24 (u-c _x)	2,86	1,53	1,02
6-II-B		5,60 t	0,22 (u-c _x)	2,62	1,66	1,12
6-II-A		6,30 t	0,21 (u-c _x)	2,50	1,73	1,22

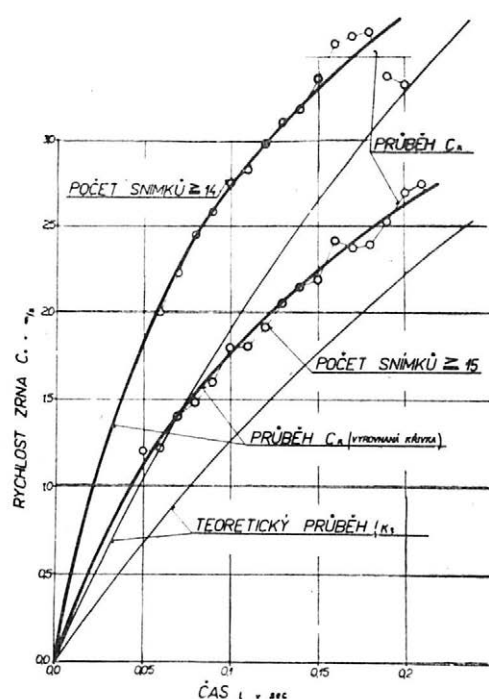
Pomocí Fisherovy transformace stanovíme interval 95% spolehlivosti vypočítaného koeficientu korelace, který činí 0,872—0,937.

Dále stanovíme průměry a rozptyl původních proměnných

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 0,532 & ; & & s_x^2 &= 0,08128 \\ \bar{y} &= 2,284 & ; & & s_y^2 &= 0,05302 \end{aligned}$$



13. Žito — malé zrno, průběh $c_x = f(t)$. — (Pokus 6-I-A, 6-II-A)



14. Žito — střed, průběh $c_x = f(t)$. — (Pokus 6-I-B, 6-II-B)

$t \frac{q F}{m} u$		$C' = \frac{a_x}{(u-c_x)^2} \frac{m}{q F}$		Třídni četnost
Třídni interval	Střed třídy	$\Sigma C'$	$\overline{C'}$	
1	2	3	4	5
0,025–0,075	0,05	3,791	0,632	6
0,075–0,125	10	3,373	562	6
0,125–0,175	15	3,222	537	6
0,175–0,225	20	2,983	497	6
0,225–0,275	25	2,787	465	6
0,275–0,325	30	2,748	458	6
0,325–0,375	35	2,619	437	6
0,375–0,425	40	2,555	426	6
0,425–0,475	45	2,934	419	7
0,475–0,525	50	2,827	404	7
0,525–0,575	55	2,265	378	6
0,575–0,625	60	1,858	372	5
0,625–0,675	65	2,128	355	6
0,675–0,725	70	1,782	356	5
0,725–0,775	75	1,996	333	6
0,775–0,825	80	1,532	306	5
0,825–0,875	85	1,188	297	4
0,875–0,925	90	1,363	273	5
0,925–0,975	95	1,392	278	5
0,975–1,025	1,00	777	259	3
1,025–1,075	05	738	246	3

a stanovíme regresní koeficient

$$b_{y \cdot x} = -0,738.$$

Rovnice regresní přímky má pak tvar

$$y = 2,677 - 0,738 x,$$

z té pak popsaným již způsobem stanovíme přibližnou rovnici změny koeficientu odporu u žita na počátku letu

$$C' = C'_0 + 0,4753e^{-1,699 t \frac{q F}{m} u}$$

Otáčení zrna ve vzdušném proudu

Snímek letícího zrna umožňuje utvořit si názor o otáčení zrna ve vzdušném proudu, neboť z fotografie lze ve většině případů přibližně stanovit dobu otočení zrna o 360°.

Výsledky vyšetření otáčení zrna jsou uvedeny ve formě grafu rozložení příslušných otáček zrna na obr. 18.

Jak vyplývá z grafu, otáčky zrna se pohybují v rozmezí $\sim 400-3000$ ot/min. u žita a $\sim 300-1500$ ot/min. u ječmene, se středem v oblasti kolem $800-1000$ ot/min.

Zvýšení rychlosti vzduchu se projevilo u žita malým zvýšením a u ječmene malým snížením průměrných otáček.

Diskuse výsledků

Přehled hlavních výsledků je uveden v tab. XV.

Při prvním pohledu na získané rovnice pro vztah mezi $(C' - C_0)$ a funkcí t se nabízí myšlenka vyslovit předpoklad, že lze rovnici vyčíslit společnou pro všechny zkoumané obiloviny.

To by znamenalo, že koeficienty korelace mezi $\log.(C' - C_0)$ a $f(t)$ jsou homogenní, tj. že jsou koeficienty korelace náhodných výběrů z nějakého základního souboru.

Testování homogenity provedeno opět pomocí Fisherovy transformace $z' = \frac{1}{2} \lg \frac{1+r}{1-r}$ a veličiny χ^2 (viz Myslivec, 1957, tab. XVI a IX!). Výpočet je uveden v tab. XVI.

$$\chi = T_2 - \frac{T_1^2}{n} = 14,81$$

Pro dva stupně volnosti ($\nu = 3-1$) nalezneme v tabulkách hodnot veličiny χ_p^2

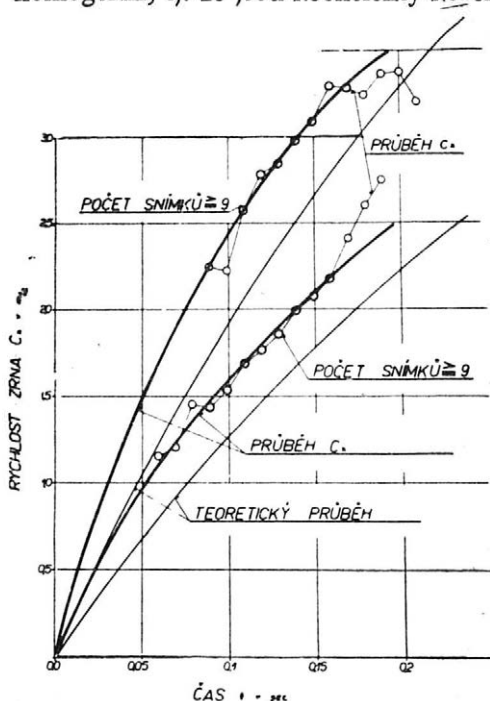
$$\left. \begin{aligned} \chi_{0,05}^2 &= 5,991 \\ \chi_{0,04}^2 &= 9,210 \end{aligned} \right\} \dots < \chi^2 = 14,81$$

Nemůžeme tedy pokládat skupinu korelačních koeficientů za homogenní.

Průběh změny koeficientu odporu C' je znázorněn na obr. 19. Vyšrafovaná část grafu zahrnuje zkoumanou oblast. Nelze totiž z experimentálně získaných zákonů závislosti si dovolit větší extrapolaci za hranice prováděného experimentu (v našem případě volit unášecí rychlost u mimo rozmezí $< 9,5; 11,9 >$).

Strmější průběh u pšenice by mohl vysvětlit příznivější tvar zrna — zrna pšenice se blíží tvarem k elipsoidu, je oblé a poměrně hladké.

Z obr. 19 je zřejmé, že na počátku poletu zrna je hodnota koeficientu odporu značně vyšší než hodnota naměřená po delším časovém období. Teoreticky může vzrůst hodnota koeficientu odporu přibližně o hodnotu $\sim 0,3-0,5$, tj. na dvou- až třínásobek normální hodnoty.



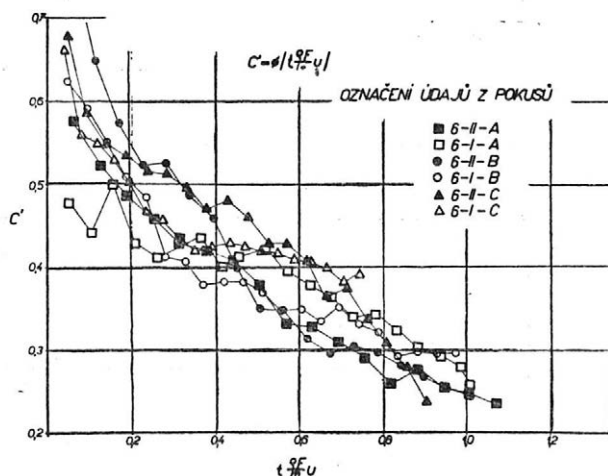
15. Žito — velké zrno, průběh $c_x = f(t)$. — (Pokus 6-I-C, 6-II-C)

Vzhledem k tomu, že u řady procesů, při nichž se využívá aerodynamických vlastností zrna, jde právě o krátký zlomek času, kdy je zrno ve styku se vzdušným proudem (síta, aspirace, vtok do dopravního kanálu), má tento poznatek určitý význam. Vysvětluje například, proč rychlosti větru u čistidel mlátiček musí být vždy značně nižší než kritické rychlosti zrna.

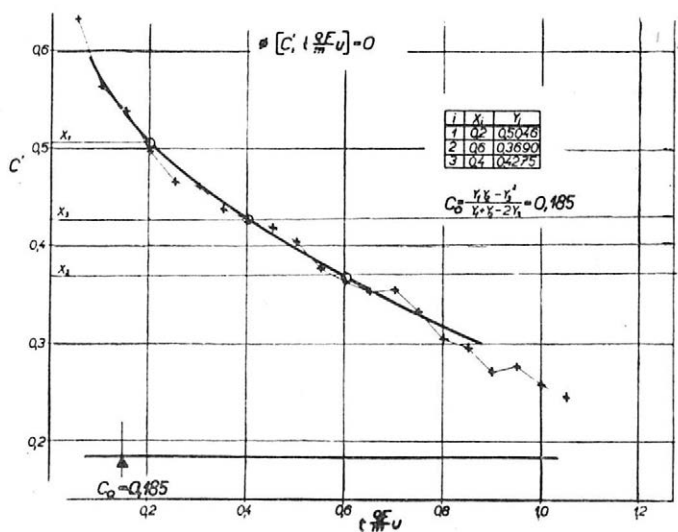
Poměry na počátku polету zrna si na základě získaných poznatků představujeme takto:

Vliv proudícího prostředí se při obtékání zrna projevuje v důsledku viskozity prostředí silovým účinkem jednak přímým jako povrchový odpor třecí, ale zejména tlakovým odporem.

V okamžiku počátku styku zrna s prostředím vznikne na náběžné straně tenká vrstvička vysokého přetlaku. Přetlak je, jak známo (viz Bažant, Felber, Brůha, 1937), úměrný součinu rychlosti prostředí a rychlosti zvuku. Vrstva přetlaku expanduje po stranách zrna a přispívá ke vzniku diskontinuitních ploch a vírů. Zpomalení proudu se na přední straně zrna projevuje přetlakem a na zadní straně podtlakem. Za částicí se tak počne vytvářet úplav tvořený řadou vírů (Kármánova řada vírů). Tento prostor je hlavní příčinou odporu, tj. síly, která vzniká aerodynamicky a působí proti směru pohybu prostředí. Vytváření úplavu trvá určitou dobu, neboť úplav má značnou délku. Délka úplavu je nepřímo úměrná rozměru zrna a rychlosti obtékání (vliv viskozity neuvažujeme, neboť u zrna jde



16. Žito (České — 1957), závislost koeficientu odporu C' na funkci času $\left(t \frac{\rho F}{m} u \right)$



17. Žito (České — 1957), vyrovnání křivky

$$\bar{C}' = f \left(t \frac{\rho F}{m} u \right)$$

$$x = t \frac{\rho F}{m} \quad u =$$

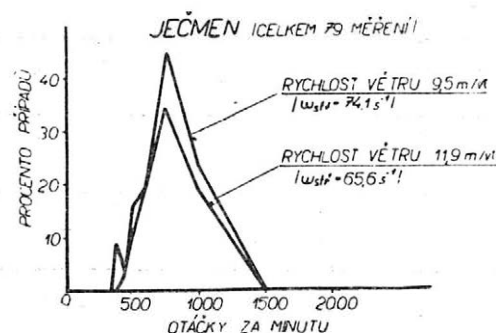
Střed					0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
	x'				—9	—8	—7	—6	—5	—4	—3	—2
	y'											
		f			6	6	6	5	6	6	6	6
			$f_{x'}$		—54	—48	—42	—36	—30	—24	—18	—12
			$f_{y'}$	$f_{x'^2}$	486	384	294	216	150	96	54	24
				$f_{y'^2}$								

$y = \log [10^3 (C' - C'_0)] = \frac{y' - y'_0}{\Delta y'} = \frac{y' - 2,35}{0,1}$	2,75	4	1	4	16	1 —36							
	2,65	3	5	15	45	3 —81	2 —48						
	2,55	2	16	32	64	1 —18	2 —32	6 —84	4 —48	1 —10	2 —16		
	2,45	1	15	15	15	1 —9	2 —16		1 —6	4 —20		2 —6	2 —4
	2,35	0	26	∅	∅				1	1	4	3	3
	2,25	—1	16	—16	16							1 3	1 2
	2,15	—2	9	—18	36								
	2,05	—3	14	—42	126								
	1,95	—4	3	—12	48								
	1,85	—5	6	—30	150								
	1,75	—6	4	—24	144								
	Celkem		115	—76	660								

$$\Sigma f_{x'} y' \quad -144 \quad -96 \quad -84 \quad -54 \quad -30 \quad -16 \quad -3 \quad -2$$

$$\frac{x' - x_0'}{\Delta x'} = \frac{x' - 0,5}{0,05}$$

0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	1,05	Celkem
-1	∅	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
7	7	6	5	6	5	6	5	4	5	5	3	3	115
-7	∅	6	10	18	20	30	30	28	40	45	30	33	73
7	∅	6	20	54	80	150	180	196	320	405	300	363	3785
													-36
													-129
													-208
2 -9	1												-63
4	3	3	2	2									∅
1 1	3	2 -2	2 -4	1 -3	4 -16		1 -6						-25
		1 -2	1 -4	2 -12		3 -30	1 -12	1 -14					-74
				1 -9	1 -12	3 -45	2 -36	2 -42	2 -48	3 -81			-273
								1 -28	1 -32		1 -40		-100
							1 -30		1 -40	2 -90	1 -50	1 -55	-265
									1 -48		1 -60	2 -132	-240
													1413
-1		-4	-8	-24	-28	-75	-84	-84	-168	-171	-150	-187	1413



18. Otáčení zrna ve vzdušném proudu

vždy o vzdušné prostředí, tedy o poměrně stálou hodnotu viskozity).

V době vytváření úplavu se mění odpor zrna: klesá od nějaké počáteční hodnoty exponenciálně k hodnotě odpovídající stacionárním podmínkám obtékání.

Velikost a délka úplavu se mění, protože zrno se otáčí průměrnou úhlovou rychlostí $\omega = (65-85) \text{ s}^{-1}$.

Vedle hlavní aerodynamické síly vzniká při proudění kolem zrna ještě řada vedlejších sil: např. zmíněná již síla vyvolaná Magnusovým efektem a dále síla, kterou objasnil náš fyzik Strouhal (viz Horák, 1960), způsobená pravidelným střídáním se vřít střídavě se odtrhávajících na obou stranách částice. Frekvence této síly v našem případě měla rozměr

$$\nu \approx 0,185 \frac{u}{d} \approx 600 \text{ s}^{-1}$$

(v případě, že bychom použili pro orientaci Strouhalův vztah odvozený pro drát o průměru d).

Změnu odporu vyjadřujeme změnou činitele úměrnosti v rovnici pro pohyb zrna — změnou koeficientu odporu C' . Tato změna má za následek také změnu rychlosti vznosu zrna, která je na počátku obtékání zrna značně menší než při obtékání stacionárním.

Pohled na tabulku charakteristických rozměrů zrna (tab. II) nám ukazuje, že vzájemné poměry charakteristických rozměrů zrn jsou u jednotlivých skupin zrn i u druhů zrn velmi stabilní a podobné.

Např. poměr $d : l$ (tj. průměr ekvivalentní koule k charakteristickému roz-

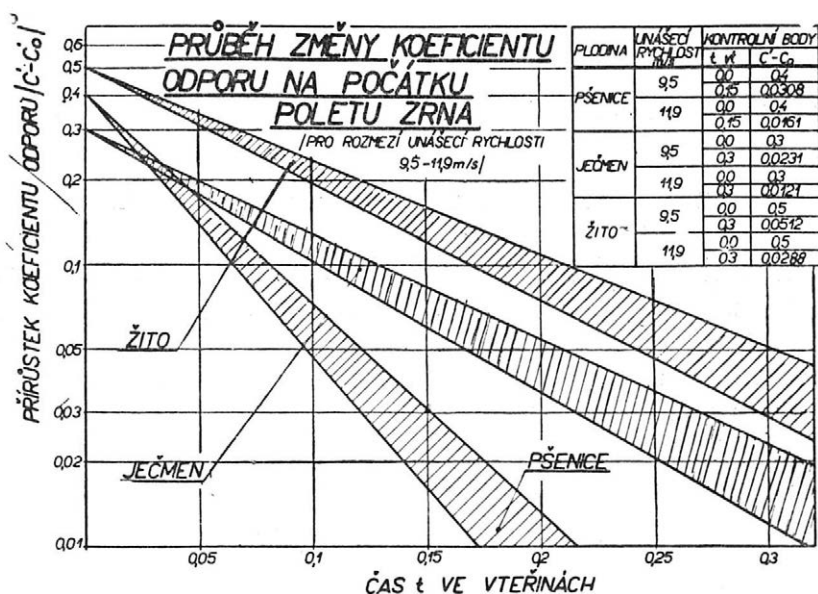
XV.

Plodina	Korelační poměr r mezi $\log(C' - C'_0)$ a funkcí $\left(t \frac{g F}{m} u\right)$ Meze korel. koef. zákl. souboru při 95% spolehlivosti	Průměrný koeficient odporu zrna C'_0	Závislost koef. odporu C' na čase na počátku poletu
Pšenice	$-0,78$ $<0,70 - 0,84>$	0,235	$C' = C'_0 + 0,4 e^{-1,8tu}$
Ječmen	$-0,81$ $<0,73 - 0,87>$	0,214	$C' = C'_0 + 0,3 e^{-0,9tu}$
Žito	$-0,91$ $<0,87 - 0,94>$	0,185	$C' = C'_0 + 0,5 e^{-0,8tu}$

XVI.

Pořadí měření	Rozsah souboru	Korelační koeficient	$z' = \arg \operatorname{tgh} r_i$	$n_i - 3$	$(n_i - 3) z'$	$(n_i - 3) z'^2$
1	2	3	4	5	6	7
1	115	-0,78	1,0454	112	117,085	122,401
2	106	-0,81	1,1270	103	116,081	130,823
3	115	-0,91	1,5275	112	171,080	261,325
Celkem				$n = 327$	$T_1 = 404,246$	$T_2 = 514,547$

měru $l = \sqrt[3]{abc}$, kde a, b, c jsou rozměry zrna) se pohybuje v rozmezí 1,01–1,10. Poměr $l : C$ (tj. charakteristického rozměru ke tloušťce zrna je u jednotlivých plodin rovněž velmi stabilní (u pšenice např. 1,32–1,37, u ječmene 1,60–1,65 atd.).



19. Průběh změny koeficientu odporu

To ukazuje, že podrobné prozkoumání vzájemného vztahu rozměrů může vést k umožnění určení charakteristického rozměru zrn takovým rozměrem, který lze velmi jednoduše v praxi stanovovat (tj. např. tloušťkou, zrna, kterou stanovíme tříděním na síť s podélnými otvory).

Závěr

Byla navržena a zhotovena jednoduchá a levná aparatura umožňující zachytit fotografickou cestou trajektorii zrna letícího ve vzdušném proudu.

Rozbor fotografických snímků letícího zrna ukázal, že na počátku poletu je změna aerodynamického odporu větší, než jak to odpovídá změně Reynoldsova čísla proudění vzduchu kolem zrna.

Na podkladě rozborů série snímků s různými zrny za různých podmínek byla odvozena pomocí teorie podobnosti závislost mezi přírůstkem odporu zrna a funkcí času ve tvaru

$$C' - C'_0 = ae^{-btu}$$

a stanoveny konstanty v této závislosti na pšenici, ječmen a žito pro rozsah rychlostí $u = 9,5 - 11,9$ m/vt.

Vypracovaná a ověřená metoda rozboru aerodynamických vlastností obilního zrna umožňuje stanovit základní aerodynamické charakteristiky obilního zrna potřebné pro výzkum procesů, při nichž se tyto charakteristiky využívají (čištění, třídění, fluidace, pneumatická doprava aj.).

Je také obecně použitelná pro vyšetření aerodynamických vlastností malých částic libovolných hmot (např. v pneumatické dopravě a chemické a úpravářské technologii).

Došlo dne 30. 5. 1961

Literatura

je uvedena u I. části této práce, uveřejněné v č. 4 letošního ročníku Zemědělské techniky.

К вопросу практической аэродинамики зерновой массы

На основе анализов снимков траекторий летящего зерна, проведенных с простой поперечной лупой, при помощи теории подобия была выведена зависимость изменения коэффициентов сопротивления зерна в начале полета в горизонтальном воздушном потоке.

Параметры зависимости были установлены экспериментальным путем.

Разработанный метод дает возможность установить аэродинамические свойства малых частиц любых материалов.

Beitrag zur praktischen Aerodynamik des Getreidekornes

Auf Grund der Analysen von Aufnahmen der Trajektorie eines fliegenden Kornes, die mit einer einfachen Zeitlupe durchgeführt wurden, leitete man mittels der Ähnlichkeitstheorie die Abhängigkeit der Änderung des Widerstandskoeffizienten des Kornes zu Beginn des Fluges in waagrechtem Luftstrom.

Die Abhängigkeitsparameter wurden experimentell festgestellt.

Die ausgearbeitete Methode ermöglicht die Bestimmung von aerodynamischen Eigenschaften kleiner Teilchen beliebiger Massen.

Contribution à l'aérodynamique pratique du grain de blé

A la base des analyses des prises de vue trajectoires du grain en vol, effectuées à l'aide d'une simple loupe à temps, on a déduit, en utilisant la théorie de similitude, l'interdépendance de la variation coefficient de résistance du grain, et du commencement de vol dans un courant horizontal d'air.

Les paramètres de l'interdépendance ont été déterminés à l'aide de la méthode expérimentale.

Cette méthode rend possible de déterminer les caractéristiques d'ordre aérodynamique concernant les menues particules de n'importe quelles matières.

Silové a energetické poměry kolové řezačky

Соотношение усилий и энергетический баланс дисковой силосорезки

Energie- und Kraftverhältnisse der Radhäckselmaschine

Conditions de forces et énergétiques des haches-paille

ČÁST II

CSc. inž. Zbyněk SOUČEK

Výzkumný ústav zemědělských strojů, Chodov u Prahy

Ředitel ústavu inž. Jaroslav Homolka

Úvod

Tato část II pojednání navazuje na část I uveřejněnou v čísle 4 letošního ročníku Zemědělské techniky, ve které byly uvedeny základní teoretické rozborů a vysvětleny použité experimentální metody k výzkumu silových a energetických poměrů kolové řezačky.

Výsledky měření

Běh nožového kola naprázdno

Příkon nožového kola při běhu naprázdno, jenž přibližně odpovídá příkonu na víření a dopravu vzduchu (viz složku P_{v1} v části I) při práci, byl zjišťován pro nominální a snížené otáčky nožového kola.

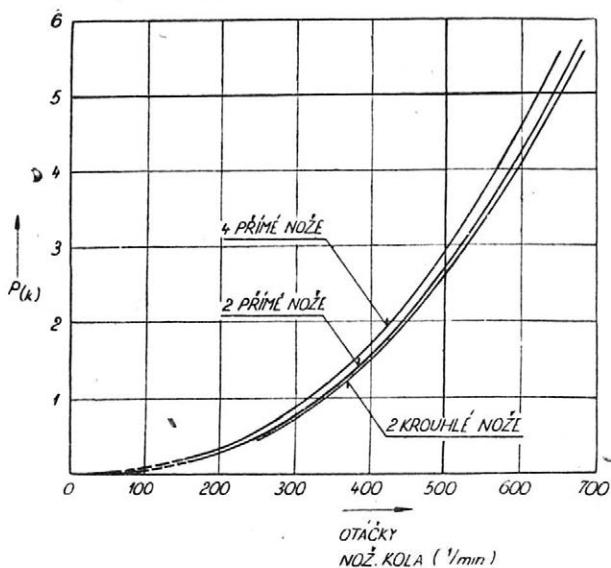
Předpokládáme-li závislost kroutícího momentu na otáčkách $M_k = f(n)$ ve tvaru

$$M_k = \text{konst.} \cdot n^k, \quad (1)$$

pak závislost na otáčkách $P = f(n)$ má tvar

$$P = \frac{\text{konst.}}{716,2} \cdot n^{k+1} \quad (2)$$

Z teorie ventilátoru plyne, že kroutící moment stoupá s druhou mocninou otáček ($k = 2$) a příkon s třetí mocninou otáček. Mocnitel k v našem případě byl zjištěn vynesemím závislosti $M_k = f(n)$ pro 4 přímé nože na logaritmickém papíře. Ze směrnice přímky proložené měřeními získanými body dostáváme $k = 1,53$. Přibližně lze tedy počítat, že kroutící moment stoupá v závislosti na otáčkách s exponentem 1,5 a příkon s exponentem 2,5. Těmto hodnotám též odpovídají křivky v obr. 1.



1. Závislost příkonu nožového kola (P) při běhu naprázdno na otáčkách pro 4 přímé nože, 2 přímé nože a 2 křivkové nože (na nožovém kole byly vždy namontovány 4 odhazovací lopatky podle obr. 8 (viz I. část), přední i zadní otvor byl uzavřen)

Souhrnně jsou výsledky měření při běhu naprázdno uvedeny v tab. I. (přední otvor je otvírací sací otvor bubnu na straně hnací řemence a zadní otvor na opačné straně).

Pro běh naprázdno nožového kola (přibližně též pro víření a dopravu vzduchu při práci) platí:

a) Příkon činí při normální úpravě se 2 přímými noži 3,4 k (při 550 ot/min, při kterých probíhala většina pracovních měření).

b) Příkon při běhu naprázdno je ovlivňován především otáčkami (stoupá s exponentem 2,5). Např. snížením otáček z 572 na 308 ot/min klesne příkon o 3,14 k, tj. o 79 %.

c) Rovněž velikost sací-

I. Výsledky měření kroutícího momentu nožového kola při běhu naprázdno

Podmínky měření	Otáčky nož. kola (1/min)	M_k střed (kgm)	Příkon P (k)	Porovnání úprav
Oba sací otvory zavřeny (4 přímé nože normál. úprava)	572	5,0	4,0	100 %
Oba sací otvory zavřeny (4 přímé nože normál. úprava)	308	2,0	0,86	21 %
Přední otvor otevřen, zadní zavřen, 4 přímé nože	572	6,1	4,8	122 %
Zadní otvor otevřen, přední zavřen, 4 přímé nože	571	6,7	5,3	134 %
Oba otvory otevřeny, 4 přímé nože	570	7,7	6,1	154 %
Oba otvory zavřeny, zavřen též výstupní otvor, 4 přímé nože	571	3,7	2,9	74 %
Oba otvory zavřeny, 2 přímé nože (normální úprava)	572	4,6	3,7	92 %
Oba otvory zavřeny, 2 křivkové nože (normální úprava)	569	4,5	3,6	90 %

ho otvoru, která ovlivňuje množství nasávaného vzduchu, značně ovlivňuje příkon naprázdno. Otevřením obou sacích otvorů stoupne příkon naprázdno o 2,1 k (o 54 %), otevřením jen předního otvoru stoupne příkon o 0,8 k (o 22 %).

d) Odmontováním 2 nožů (i s držáky) klesne příkon naprázdno asi o 0,3 k (o 8 %).

e) Nožové kolo s křivkovými noži (rozumí se stejně jako v dalším textu nože s tvarem ostří přibližně odpovídajícím křivce $\chi = \text{konst.} = 30^\circ$ podle obr. 14 v I. části práce) má nepatrně nižší příkon než s přímými. Rozdíl je přibližně 0,1 k.

Porovnání přímých a křivkových nožů

Přímé a křivkové nože byly porovnány z hlediska potřebného příkonu a maximálních sil vznikajících při řezání.

K zjištění rozdílu kroutícího momentu za řezání přímými a křivkovými noži byly použity výsledky měření sil III a IV (viz část I). Kroutící moment na řezání se rovná součtu složek kroutícího momentu, závisejících na střední hodnotě síly III a IV (vztažené na $1/4$ nebo $1/2$ otáčky, uvažujeme-li 4 nebo 2 nože na nožovém kole) a vzdálenosti prutových podpěr dynamometru III (570 mm) a IV (165 mm) od středu nožového kola. Byly porovnávány kroutící momenty zjištěné z řezů po sobě následujících (na nožovém kole byly namontovány současně přímé a křivkové nože). Tedy rozdíl příkonu na řezání materiálu (v %), bereme-li příkon přímého nože za základ porovnání, je

$$\Delta_{kp} = \left(1 - \frac{S_{IIIkř} \cdot 57 + S_{IVkř} \cdot 16,5}{S_{IIIpř} \cdot 57 + S_{IVpř} \cdot 16,5} \right) \cdot 100 (\%), \quad (3)$$

kde S_{III} a S_{IV} je velikost plochy („př“ přímého a „kř“ křivkového nože) mezi nulovou čarou a záznamem složky III a IV. ($S = \int F \cdot dt$ mezi počátkem a koncem řezu). Tak byly zjištěny výsledky uvedené v tab. II, III, IV (uvedené výsledky byly získány při různých měřeních, každý vyplynul porovnáním 4 po sobě následujících řezů).

Posouzením výsledků uvedených v tab. II, III a IV docházíme k závěru, že záměnou přímých nožů křivkovými uspoříme v průměru 20–60 % energie na řezání. Výsledek závisí na druhu řezaného materiálu. Nebyl zjištěn patrný vliv otáček nožového kola, průchodnosti a délky řezanky. Pokud závislosti tohoto druhu existují, není třeba je respektovat, neboť přirozený rozptyl výsledků působený náhodnými vlivy je překrývá.

Kromě uvedených výsledků nás zajímají též absolutní hodnoty příkonů na řezání a absolutní hodnoty rozdílu v příkonu přímých a křivkových nožů v závislosti na průchodnosti. I když u krátkodobých měření, z kterých lze sledovat příkon na řezání, byla střední průchodnost určována, neodpovídá přesně tato hodnota okamžité hodnotě průchodnosti v okamžiku zkoušky. Byla proto zjištěna přibližná závislost průchodnosti na výšce řezané vrstvy materiálu, neboť výška vrstvy je na každém diagramu zaznamenána. K určení této závislosti byly uvažovány jednak hodnoty skutečné průchodnosti, a střední výšky vrstvy z měření trvajících 5–10 vteřin a pak střední hodnoty výšky vrstvy z většího počtu krátkodobých měření, kterým již lépe odpovídají střední nastavené průchodnosti uvažovaných měření. Na základě takto zjištěné závislosti průchodnosti a výšky vrstvy můžeme z výšky vrstvy přibližně stanovit skutečnou průchodnost.

II. Úspora příkonů na řezání (Δ %), která vznikne záměnou přímých nožů křivkovými
(pro suché materiály)

Ječná sláma (1 rok stará)

Průchodnost (kg/s)	0,84	1,67				2,5
Otáčky nož. kola (1/min)	560	555	555*)	300	100–200	550
Úspora příkonu jednotl. měření Δ (v %)	21,7 44,2	9,6 15,6 22,4	19,2 22,5	21,8 18,4	13,9 31,4 9,5	25,6 26,5 32,7
$\Delta_{\text{střed}}$ (v %)	32,9	15,9	20,8	20,1	18,3	28,3

Ječná sláma z nové sklizně

Úspora příkonu jednotl. měření Δ (v %)	—	35,4 34,3 28,8	—	25,9 31,2	37,0	37,5
$\Delta_{\text{střed}}$ (v %)	—	32,8	—	28,5	37,0	37,5

Vojtěškové seno

Úspora příkonu jednotl. měření Δ (v %)	—	18,2 33,7	—	—	—	—
$\Delta_{\text{střed}}$ (v %)	—	25,9	—	—	—	—

*) Dvojnásobný posuv řetězového transportéru vkládacího ústrojí

III. Úspora příkonů na řezání (Δ v %), která vznikne záměnou přímých nožů křivkovými
(vojtěška a směška)

Vojtěška (zelená)

Průchodnost (kg/s)	2,8	5,5				8,35
Otáčky nož. kola (1/min)	555	555	555*)	300	100–200	535
Úspora příkonu jednotl. měření Δ (v %)	17,7	37,2 22,3	29,0 22,2	17,4 24,3 10,2 14,2 13,8	11,9 18,4	25,1 27,7
$\Delta_{\text{střed}}$ (v %)	17,7	29,7	26,1	19,9	15,2	26,4

*) Dvojnásobný posuv řetězového transportéru vkládacího ústrojí

Směška

Úspora příkonu jednotl. měření Δ (v %)	—	34,5 37,8	—	—	—	—
$\Delta_{\text{střed}}$ (v %)	—	36,1	—	—	—	—

IV. Úspora příkonu na řezání (v %), která vznikne záměnou přímých nožů křivkovými

Kukuřice

Průchodnost (kg/s)	8,35			12,5	18,0
Otáčky nož. kola (1/min)	540	285	100–200	505	480
Úspora příkonu jednotl. měření Δ (v %)	65,5	50,1	57,7	59,8	62,0
	52,2	60,9	59,2	61,7	
		59,6	58,45	69,0	
$\Delta_{\text{střed}}$ (v %)	59,0	56,9	58,4	63,5	62,0

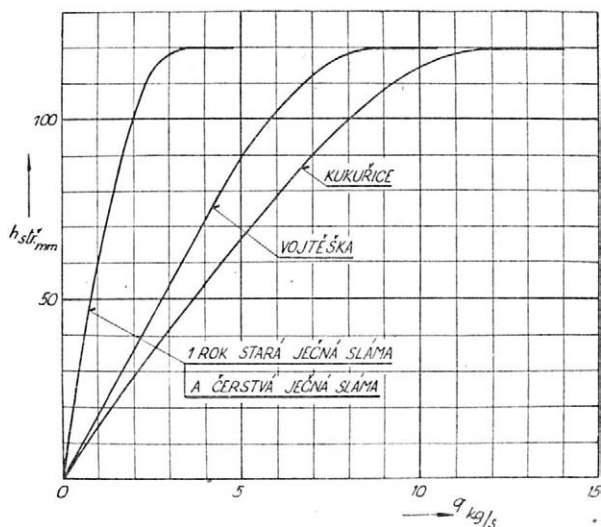
Na obr. 2 jsou vyneseny závislosti výšky vrstvy a průchodnosti ječné slámy, vojtěšky a kukuřice.

Z diagramů plyne, že střední průchodnosti uvažované při měření odpovídají přibližně stejné výšce vrstvy. Zajímavá je též hodnota průchodnosti (q_{122}), kdy výška vrstvy dosáhne 120 mm (vedení horního podávacího válce dosedne na doraz) (tab. V).

Na obr. 3, 4 jsou uvedeny závislosti kroutícího momentu (na řezání) na výšce vrstvy a průchodnosti materiálu (ječné slámy, vojtěšky a kukuřice) procházejícího ústím řezačky. Je uvedeno též měřítko pro výpočet příkonu (k) při 550 ot/min.

Uvedené závislosti platí pro nožové kolo se dvěma noži.

Při měření (pokud není uvedeno jinak) odpovídal posuv řetězového transportéru podávacího ústrojí teoretické délce řezanky 4 cm při 2 nožích (tj. 0,75 m/s při 562 ot/min nožového kola — v diagramech i v dalších úvahách je uváděno 550

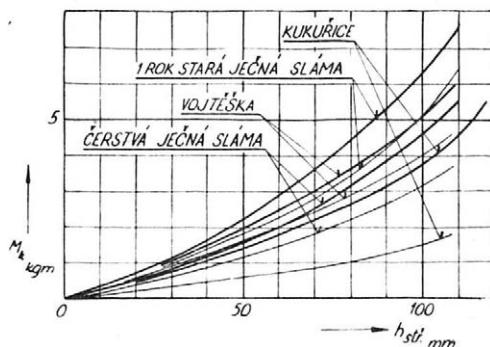


2. Závislost výšky řezané vrstvy materiálu ($h_{\text{sř}}$), měřené zdvihem horního podávacího válce, na průchodnosti (q) pro ječnou slámu, vojtěšku a kukuřici

V.

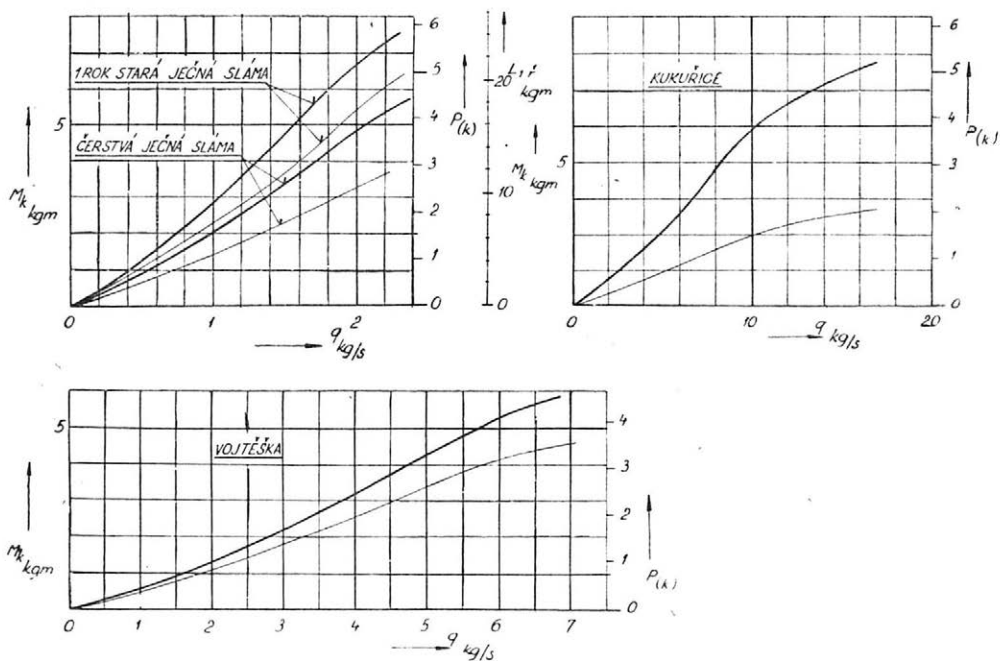
Materiál	Střední průchodnost			q_{120} (kg/s)	q/h
	(kg/s)	(q/h)	výška vrstvy (mm)		
Ječná sláma	1,67	60	91	3,4	120
Vojtěška	5,55	200	97	9,0	325
Kukuřice	8,35	300	103	12,5	450

3. Krouticí moment na řezání (M) v závislosti na výšce vrstvy (h_{sti}) pro různé materiály řezané přímými noži (silně) a křivkovými noži (slabě) (na nožovém kole 2 nože, délka řezanky 4 cm, při 550 ot/min)



ot/min, které přibližně odpovídají pracovním otáčkám zatíženého stroje). To platí též pro výsledky uváděné v ostatních částech pojednání.

Při snížených otáčkách nožového kola klesly ovšem úměrně otáčky řetězového transportéru a změnila se tedy též průchodnost. V tab. II, III a IV to není respektováno, neboť pro řezný odpor rozhoduje výška řezané vrstvy, která se změnou otáček nemění. Uvedené průchodnosti říkají pouze to, že při daném měření byla průměrná výška vrstvy (množství materiálu na jednu otáčku nožového kola, resp. váha materiálu na jednotku plochy v ústí řezačky) taková, že odpovídala udané průchodnosti při nominálních otáčkách nožového kola.



4. Závislost krouticího momentu (M_k) a příkonu (P) na řezání a práce k provedení 1 řezu (L_1 platí pro všechny diagramy) na průchodnosti (q) pro ječnou slámu, kukuřici a vojtěšku (na nožovém kole naostřené nože : 2 přímé – silně nebo 2 křivkové – slabě, délka řezanky 4 cm, při 550 ot/min nožového kola)

Z výsledků silových měření při 550 a 300 ot/min nebyla zjištěna závislost energie pro řezání na rychlosti. Pokud taková závislost existuje (v literatuře, Chancellor 1958, jsou uváděny výsledky výzkumu, podle kterých se tvrdí, že energie na řezání je nezávislá na rychlosti), byla překryta jinými vlivy a leží v mezích přirozeného rozptylu výsledků. V rozsahu prakticky se vyskytujících rychlostí na řezačkách je možno předpokládat, že otáčky neovlivňují energii na řezání.

Rozdíl příkonu na řezání s přímými a křivkovými noži byl uvažován též z rozdílu krouticího momentu nožového kola jen s přímými nebo jen s křivkovými noži (při různé průchodnosti). Tato metoda, i když v principu správná, je zatížena chybami, jež plynou z nepřesností v dodržení průchodnosti a zvláště pak ze změn otáček porovnávaných případů. Změnou otáček se mění krouticí moment k pohonu nožového kola značně vlivem změny ostatních složek krouticího momentu (na urychlení materiálu, tření, dopravu a víření vzduchu).

Tyto vlivy se velmi značně projeví při řezání zeleného materiálu. I výsledky pro suchý materiál, zvláště při vyšší průchodnosti, jsou těmito chybami zatíženy. Při vyšší průchodnosti zeleného materiálu velmi značně stoupá skluz řemene. Bylo zjištěno, že přes řemen, při nominálních otáčkách nožového kola, byl přenesen nejvyšší výkon 19–21 k (podle okamžitého napětí řemene). Tato hranice (důležitá pro posouzení řezačky ŘVM-42) platí ovšem jak pro přímé, tak pro křivkové nože. Při dosažení této hranice je rozdíl pouze v tom, že u energicky náročnějších přímých nožů je značně větší počet otáček než u křivkových nožů při stejné průchodnosti.

Příkony přímých a křivkových nožů z krouticího momentu bylo možno z těchto důvodů porovnat pouze u slámy. Rozdíl momentů např. při střední průchodnosti 1,67 kg/s (60 q/ha) činí 1,0 kgm. Z obr. 4 pro 1 rok starou ječnou slámu lze odečíst rozdíl o něco vyšší (1,2 kgm). Diference je způsobena výše uvedenými chybami. Naopak u čerstvé slámy při této průchodnosti byl zjištěn rozdíl 2,0 kgm (v diagramu není uvedeno) z krouticích momentů, a z obr. 4 lze odečíst hodnotu 1,25 kgm. Tyto hodnoty tedy potvrzují výsledky zjištěné ze silových měření.

Dalším hlediskem pro porovnání přímých a křivkových nožů jsou maximální hodnoty sil, které vznikají při řezání. Vertikální složka (V) řezného odporu je vždy několikanásobně vyšší než horizontální. Stačí tedy porovnávat vertikální síly obou typů nožů. Vertikální síla byla měřena ve dvou složkách. V porovnání musíme tedy uvažovat maximální součet obou složek (III + IV). Základem porovnání silových účinků přenášených do rámu řezačky je poměr

$$\frac{(III + IV)_{\max \text{ přímý}}}{(III + IV)_{\max \text{ křivkový}}} = \frac{V_{\max \text{ př}}}{V_{\max \text{ kř}}} \quad (4)$$

Tyto poměry byly vyčíslovány vždy pro řezy přímým a křivkovým nožem namontovaným po dvou (střídavě) na téže nožovém kole. Tak byly získány hodnoty $V_{\max \text{ př}}/V_{\max \text{ kř}}$ uvedené tab. VI, platící pro ječnou slámu (z nové sklizně). V této tabulce jsou uvedeny střední hodnoty vždy jednoho měření, při kterém byly zaregistrovány obvykle 4 řezy přímými a 4 řezy křivkovými noži (měření probíhalo během dvou otáček nožového kola).

Nebyl zjištěn patrný vliv průchodnosti nebo otáček nožového kola na poměr $V_{\max \text{ př}}/V_{\max \text{ kř}}$; pokud závislosti tohoto druhu existují, byly překryty přirozeným rozptylem výsledků. Podobně byly zpracovány výsledky měření s dalšími řezanými materiály. V tab. VII jsou uvedeny střední hodnoty výsledků.

Z tabulky VII můžeme soudit, že podle druhu řezaného materiálu jsou ústnice, rám řezačky, nože, nožové držáky a další bezprostředně navazující součásti namá-

VI. Porovnání vertikálních složek sil (V) přímých a křivkových nožů při řezání čerstvé slámy.

Průchodnost (kg/s)	1,67			2,5	3,34	4,17
Otáčky nož. kola (1/min)	555	300	100–200	550	550	550
(III + IV) max. přímý	3,65	3,15	4,11	4,43	4,08	2,85
(III + IV) max. křivkový		3,25 2,90	4,28 4,38	3,84		
Průměr	3,65	3,10	4,26	4,13	4,08	2,85

VII. Porovnání vertikálních složek sil (V) přímých a křivkových nožů

Materiál	Počet měření	Střední hodnota $\frac{V_{\max \text{ př}}}{V_{\max \text{ kř}}}$
Ječná sláma z nové sklizně	11	3,7
Ječná sláma 1 rok stará	6	3,0
Kukuřice	11	3,8
Vojtěška	6	2,4

hány při řezání přímými noži 2–4krát většími silami než při použití křivkových nožů. Důležité jsou ovšem absolutní hodnoty zjištěných sil, máme-li posoudit význam této nevýhody přímých nožů. Byly získány závislosti maximálních hodnot vertikální složky ($V = \text{III} + \text{IV}$) na výšce vrstvy a průchodnosti pro ječnou slámu, kukuřici a vojtěšku pro přímé a křivkové nože, vystihující průběh středních hodnot maximálních vertikálních složek (nejsou uvedeny). Byly ovšem naměřeny hodnoty vyšší (tab. VIII), působené náhodnými vlivy (nerovnoměrnou průchodností, vlastnostmi řezaného materiálu).

Je velmi pravděpodobné, že i v nejtěžších provozních podmínkách sklízecích i stacionárních řezaček v praxi nepřestoupí svislé složky síly uvedené hodnoty. K větším rázům dojde jen při vniknutí pevného předmětu do řezačky. Tak např. při řezání dřevěného prkna (výšky 17 mm a šířky 100 mm) ztupeným přímým nožem (šířka břitu 0,9 mm) byla naměřena síla 640 kg. Je zřejmé, že uvedený rozdíl V správně naostřených přímých a křivkových nožů, asi 300 kg v extrémních hodnotách a 150 kg v maximálních hodnotách při běžných pracovních podmínkách, má s ohledem na charakter zatížení značný vliv na provozní spolehlivost a pevnost součástí řezačky, neboť běžně naběhne za pracovní sezónu počet cyklů, jenž rozhoduje o výpočtu součástí na únavu. Mnohem větší opakující se síly u přímých nožů zvyšují sklon k uvolňování rozebíratelných spojů, vibracím a nadměrnému opotřebení

VIII.

Materiál	$V_{\max}$ (kg) pro nůž	
	přímý	křivkový
Kukuřice	280	125
Čerstvá ječná sláma	425	120

ostří nožů. Řezačka pracující s přímými noži musí být těžší než řezačka s křivkovými noži, je-li úroveň bezpečností součástí obou strojů stejná. Je třeba si ovšem uvědomit, že působící síly mají rázový charakter (celý řez přímého nože trvá jen o něco více než 1/100 vteřiny). Uplatňují se tedy setrvačné síly součástí, přes které je ráz přenášen do té části stroje, jejíž namáhání působením řezu uvažujeme.

Tak např. namáhání ložisek nožového kola s přímými a křivkovými noži nemůžeme zdaleka odvozovat z velikosti řezných sil, jak by se na první pohled zdálo. Vlivem značné hmoty nožového kola (váží 183,5 kg) jsou skutečné síly přenesené do ložisek zcela odlišné. K orientačnímu zhodnocení tohoto vlivu byly na patky ložiska nožového kola (u ložiska na straně nožů) nalepeny elektrické odporové tenzometry. Bylo zkoušeno měření s nožovým kolem, na kterém byly namotovány střídavě přímé i křivkové nože. Bylo zjištěno, že patky ložiska jsou při použití přímých nožů namáhány přibližně 1,5krát více (i když síly jsou 2–4krát vyšší) než při práci s křivkovými noži. Je možno však usoudit, že i při těžkých podmínkách (řezání přímými noži) nedojde k porušení patek ložisek. Pokud by k poruše došlo, nelze hledat příčinu v nepříznivém silovém působení přímých nožů.

Podobně nelze soudit, že špičky kroutícího momentu přenášené nožovým kolem do hnacího ústrojí řezačky (elektromotoru nebo motoru traktoru) bezprostředně souvisí se špičkami řezných sil působících na nůž. Do jaké míry mohou jednotlivé řezy ovlivnit průběh kroutícího momentu, vyplne z nerovnoměrnosti běhu nožového kola vlivem řezů. Pro výpočet nerovnoměrnosti počítáme snížení otáček nožového kola po řezu z předpokladu, že celá energie k provedení řezu je hrazena pouze z kinetické energie nožového kola (krajní nepříznivý případ). Uvažujeme-li řezání slámy s maximální průchodností (podle tab. III v I. části, 2,5 kg/s), pak střední kroutící moment na řezání je podle obr. 4 přibližně 8 kgm. Hodnoty uvedené v obr. 4 platí pro nožové kolo se dvěma noži (jeden řez připadá na polovinu otáčky). Tedy práce k provedení řezu je

$$L_{\text{řez}} = \pi \cdot 8 \cdot 10^2 \text{ (kgcm)} \quad (5)$$

Kinetická energie nožového kola je

$$E_{\text{n. k.}} = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2,$$

kde značí

I = moment setrvačnosti nožového kola vůči ose rotace (z doby kyvu při posunutí ose byl zjištěn moment setrvačnosti 348,5 kgcm²),

ω = úhlová rychlost nožového kola (před řezem ω_1 , odpovídající 550 ot/min, po řezu ω_2).

$$L_{\text{řez}} = \frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2)$$

$$\omega_2 = \sqrt{\omega_1^2 - \frac{2L_{\text{řez}}}{I}}$$

Pohodlnější pro výpočet je relativní změna otáček (úhlové rychlosti)

$$\delta = \frac{w_1 - w_2}{\frac{w_1 + w_2}{2}} = \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{(\omega_1 + \omega_2)^2} = \frac{\frac{I}{2} \cdot (\omega_1^2 - \omega_2^2)}{\frac{I}{2} \cdot \frac{(\omega_1 + \omega_2)^2}{4}} = \frac{L_{\text{řez}}}{I \cdot \omega_1^2} \quad (6)$$

Dosažením dostaneme $\delta = 2,2 \cdot 10^{-3}$. Pro porovnání si uvedme, že u běžných strojírenských pohonů se dovoluje nerovnoměrnost přibližně 10krát vyšší (2,5 %). Tento výsledek ukazuje, že i přes periodické působení řezných sil běží nožové kolo řezačky RVM-42 (bez ohledu na druh nože) velmi rovnoměrně. S ohledem na poměrně nízkou tuhost pohonu nožového kola (ať sklízecí nebo stacionární řezačky) je kolísání krouticího momentu a úhlové rychlosti u stávajících řezaček vlivem řezů zcela zanedbatelné (bez ohledu na druh nože). Velké špičky krouticího momentu však působí rozbíhání těžkého nožového kola a torzní kmitání soustavy (ve skutečnosti jde o systém s několika stupni volnosti), představované hmotou nožového kola a hmotou součástí hnacího ústrojí, které jsou spojeny měkkým (z hlediska tuhosti) řemenovým převodem nebo dlouhými hřídeli. Nelze ani předpokládat, že periodické působení řezných sil se projeví jako budící silový účinek, neboť vlastní frekvence soustavy a frekvence řezů jsou zcela odlišné. Vycházíme-li tedy z hlediska rovnoměrnosti běhu nožového kola a kolísání krouticího momentu, bylo by možno doporučit snížení váhy nožového kola. Nožové kolo však působí též jako akumulátor energie překonávající náhlé přetížení stroje nerovnoměrným vkládáním. Tato funkce se projeví především u stacionárních řezaček. U sklízecích řezaček, kde je dávkování rovnoměrnější, je snížení váhy nožového kola účelné. Kromě úspory materiálu bychom získali snížení špiček krouticího momentu při rozběhu, úspory energie na překonávání valivého odporu a stoupání, snížení namáhání rámu a náprav stroje, jež vždy plyne z vylehčení strojů.

Závěrem porovnání přímých a křivkových nožů si uvedme, že hlavní příčinou uvedených výhod křivkových nožů vůči přímým je jejich příznivý geometrický tvar, splňující požadavky na průběh úhlu sevření a skluzu. Do jaké míry se na zjištěných rozdílech podílí např. úhel břitů, jak vyplývá z tab. V v I. části, značně rozdílný u obou typů nožů, nelze jednoznačně rozhodnout. Problém by rozřešila poměrně jednoduchá speciální zkouška. Je třeba si však uvědomit, že větší úhel břitů přímého nože vyplývá z většího úhlu zábřitu, který souvisí s větší tloušťkou materiálu nože a ta opět navazuje na velké řezné síly, jež plynou z velikosti úhlu skluzu. Tedy základní příčinou nepříznivých vlastností přímých nožů (ať prvotní nebo druhotnou) je tvar jejich ostří.

Porovnání přímých a lomených nožů

Přímé a lomené nože (2 typy podle obr. 14 v I. části) byly porovnávány stejným způsobem jako přímé a křivkové nože, tj. z hlediska potřebného příkonu a maximálních sil vznikajících při řezání.

K stanovení rozdílu krouticího momentu na řezání přímými a lomenými noži (namontovanými střídavě na téže nožové kole) bylo použito výsledků měření sil III a IV. Rozdíl příkonu na řezání (v %), bereme-li za základ příkon přímého nože, počítejme z výrazu analogického rovnici (3)

$$A_{1p} = \left(1 - \frac{S_{III \text{ lom}} \cdot 57 + S_{IV \text{ lom}} \cdot 16,5}{S_{III \text{ př}} \cdot 57 + S_{IV \text{ př}} \cdot 16,5} \right) \cdot 100 (\%), \quad (7)$$

kde S_{III} a S_{IV} je velikost plochy („př“ přímého a „lom“ lomeného nože) mezi nulovou čarou a záznamem složky III a IV.

Tak byly zjištěny výsledky uvedené v tab. IX.

Z výsledků uvedených v tab. IX můžeme usoudit, že záměnou přímých nožů lomenými (druhé alternativy — 4 v obr. 14 v I. části práce) uspoříme v průměru

IX. Úspora příkonu na řezání (Δ v %), která vznikne záměnou přímých nožů (1 v obr. 14 v I. části) lomenými (4 v obr. 14)

Ječná sláma čerstvá

Průchodnost (kg/s)	1,67			2,5
Otáčky nož. kola (1/min)	555	300	100–200	550
Úspora příkonu jednotl. měření Δ (v %)	16 18	10 7	10	18 16
$\Delta_{\text{střed}}$ (v %)	17	8,5	10	17

Kukuřice

Průchodnost (kg/s)	8,35			12,5	15,3
Otáčky nož. kola (1/min)	540	285	100–200	505	480
Úspora příkonu jednotl. měření Δ (v %)	23 10	14 18	14 17	14 15	29,0
$\Delta_{\text{střed}}$ (v %)	17,5	16	15,5	14,5	29,0

10–20 % energie na řezání (křivkovými noži bylo dosaženo úspory 20–60 %). Výsledek závisí především na druhu řezaného materiálu.

První alternativa lomených nožů (3 v obr. 14 v I. části práce) byla porovnávána pouze na vojtěšce. Byl zjištěn průměrný příkon těchto nožů o 6 % vyšší než u přímých.

Podobně jako při porovnávání přímých a křivkových nožů uvažujeme poměr vertikálních složek ($V = III + IV$) řezných sil přímých a lomených nožů. V tab. X jsou uvedeny střední hodnoty měření zjištěných výsledků.

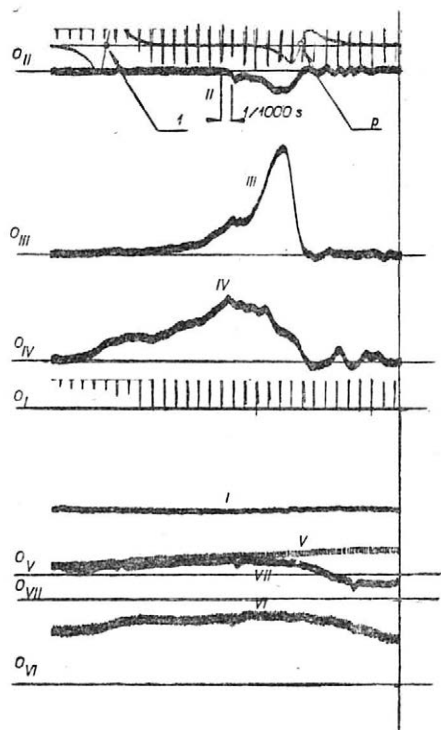
Z měření plyne, že přímé nože přenášejí do rámu řezačky rázy 1,5–2,5krát vyšší než lomené nože druhé alternativy (2–4krát vyšší než křivkové). Lomené nože mají maximální hodnoty vertikálních sil při běžných pracovních podmínkách přibližně o 100 kg nižší než přímé (u křivkových bylo snížení o 150 kg).

Z porovnání první alternativy lomených nožů na vojtěšce vyplývá, že tyto nože v porovnání s přímými snižují špičky řezných sil v průměru 1,4krát. Tedy lomené nože první alternativy (3 v obr. 14 v I. části práce) nesnižují rozhodujícím způsobem špičky rázů přenášených do rámu řezačky. Jak bylo již výše dokázáno, jsou tyto nože energeticky rovněž nevýhodné. Tento výsledek vyplývá zřejmě z nepříznivého průběhu úhlu sevření. Materiál je přesouván do oblasti méně příznivých úhlů skluzu, kde teprve dojde k přeříznutí.

X. Porovnání vertikálních složek sil (V) přímých a lomených nožů (druhá alternativa – 4 obr. 14 v I. části práce)

Materiál	Počet měření	Střední hodnota $\frac{V_{\text{max přímý}}}{V_{\text{max lomený}}}$
Čerstvá ječná sláma	9	2,2
Kukuřice	3	1,7

Průběh sil při řezání přímými a křivkovými noži



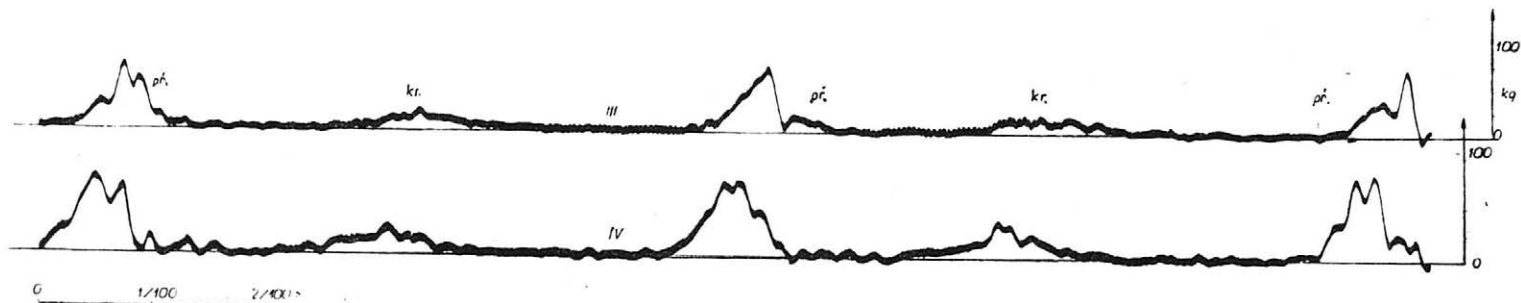
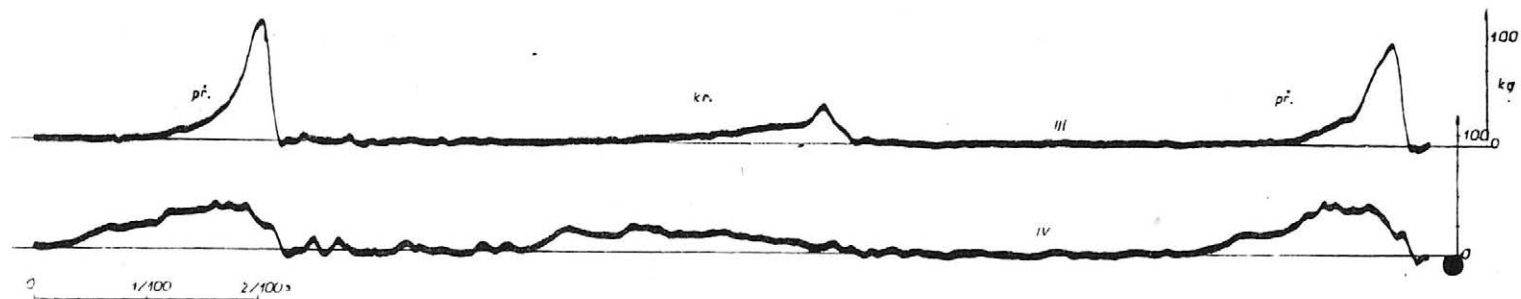
5. Příklad oscilografického záznamu všech registrovaných veličin při řezání ječné slámy (průchodnost 1,67 kg/s) (I — výška vrstvy, II, III, IV — síly působící na ústí, V, VI — krouticí momenty, VII — napětí patky ložiska, I, p — značky polohy řezné hrany v levém a pravém dolním rohu ústí, jeden dílek stupnice časové základny značí 1/1000 vt.) (měření s přímým nožem)

tvarem ústnice a nože, jakož i rozdílnost úhlu τ a α , popřípadě rozdíl vlastností řezaného materiálu (při měření VÚZS a Sablikova) jsou příčinou odchylek. Jak lze soudit z polohy výslednice řezných sil na obr. 7 a 8, probíhá proces řezání v první fázi v nejvíce stlačené části vrstvy, tj. blízko řezné hrany ústí. Z horní části vrstvy je materiál částečně odsouván a stlačován směrem k řezné hraně ústí. To platí v přibližně stejné míře pro polohy 1, 2, 3. Výslednice řezných sil leží přibližně v $1/5$ až $1/4$ aktivní délky ostří (viz přímku h v obr. 7 a 8), měřeno od řezné hrany ocelové vložky ústí. Teprve v poslední fázi řezu, např. v poloze 4', kdy materiál je dostatečně stlačen a nemůže ustoupit, řeze celá aktivní délka ostří a výslednice leží přibližně uprostřed aktivní délky. Poloha 4 je polohou přechodnou mezi oběma krajními případy.

Vliv naostření a mezery přímých nožů

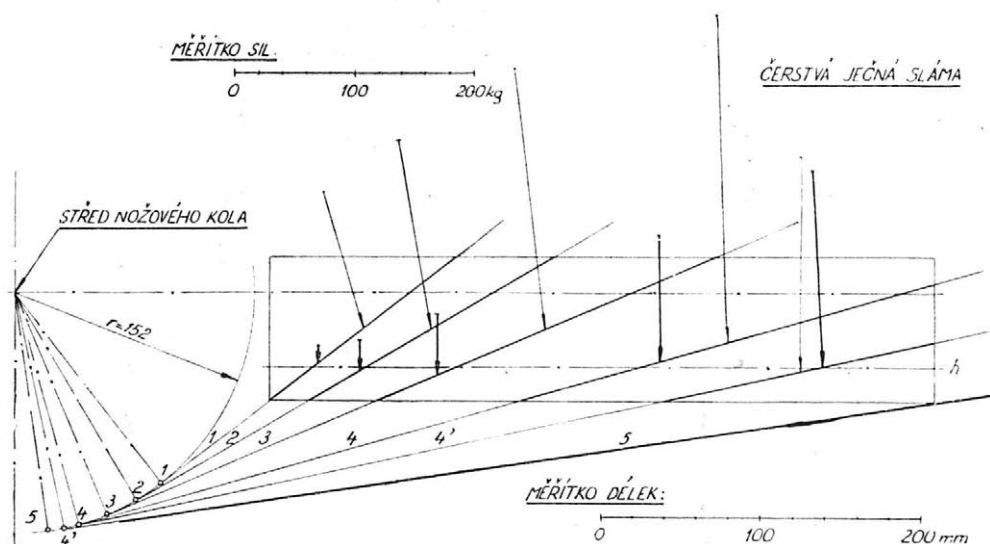
Vliv naostření byl sledován z měření sil III a IV. Byly porovnávány výsledky měření při řezech po sobě následujících. Na nožovém kole byly současně namontovány 4 přímé nože různě naostřené (ostrý nůž se šířkou břitů 0,04 mm

Na obr. 5 je kopie záznamu všech registrovaných veličin. Na obr. 6 je uveden průběh sil III a IV při řezání přímými a křivkovými noži. Na obr. 7 a 8 jsou uvedeny polohy a velikosti výslednice řezných sil při řezání kukuřice a ječné slámy pro různé polohy přímého nože. Slabě plně jsou zakresleny řezné síly získané Sablikovou metodou pro pšeničnou slámu a kukuřici pro výšku vrstvy odpovídající podle diagramu na obr. 4 (I) průchodnosti 1,67 kg/s (u slámy) a 8,35 kg/s (u kukuřice). Velikost sil nemůžeme porovnávat, neboť Sablikov neudává ve svém článku jednoznačně stlačení řezané vrstvy (bylo pravděpodobně podstatně vyšší, přibližně dvojnásobné než stlačení podávacími válci našich řezaček). Směry působících sil zhruba souhlasí. Předpoklad, že výslednice řezné síly působí ve středu aktivní délky ostří, není dost přesně dodržen. Pro hrubou orientaci lze tedy Sablikovovy metody používat ke stanovení průběhu řezných sil, i když touto metodou nelze vyjádřit skutečné rozdíly příkonů, jež vznikají záměnou tvaru nože. Rozdíly jsou způsobeny tím, že Sablikov konal měření při řezání vrstvy 100×120 mm (napřed pravděpodobně značně stlačené) s konstantním úhlem skluzu a sevržení ($\tau = \alpha$). Okrajové vlivy a přesouvání materiálu ve skutečné ústnici, působené



6. Průběh vertikálních složek řezných sil III a IV při řezání přímými (*př*) a křivkovými (*kř*) noži:

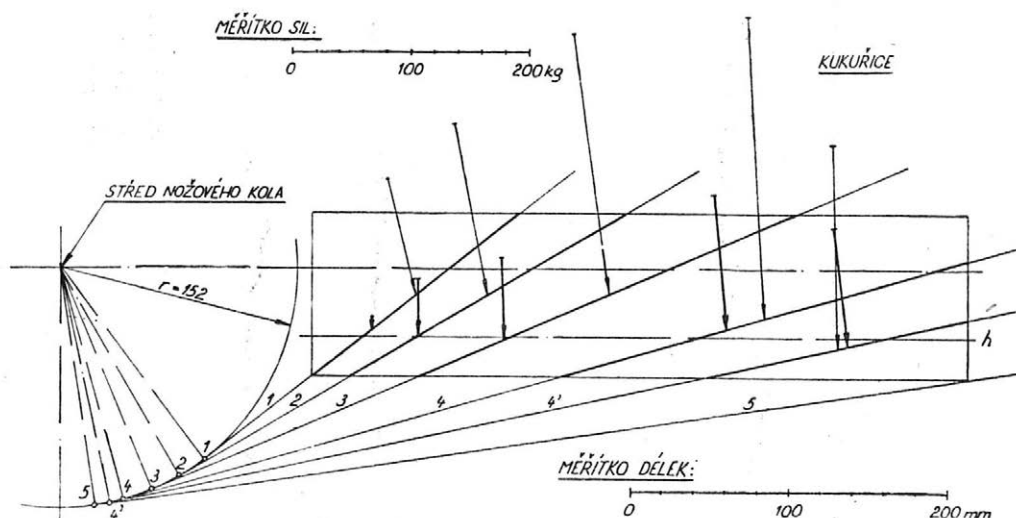
- a) ječné slámy při průměrné průchodnosti 1,67 kg/s (300 ot/min),
- b) kukuřice při průměrné průchodnosti 8,35 kg/s (550 ot/min)



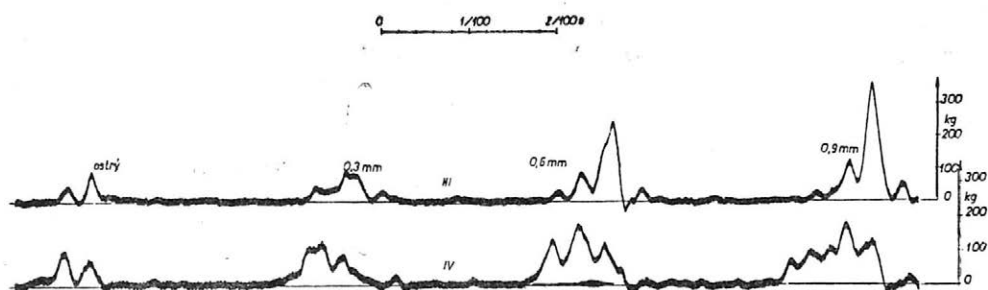
7. Poloha a velikost výslednice řezných sil při řezání čerstvé ječné slámy (průchodnost 1,67 kg/s) přímým ostrým nožem pro různé polohy ostří (1–5) (silně vytažené vektory vyplynuly ze středních průběhů záznamů složek II, III, IV šesti různých řezů, slabě vytažené vektory byly získány metodou Sablikova)

a otupené nože se šířkou břitů 0,3, 0,6 a 0,9 mm — obr. 13 v I. části práce). Příklad oscilografického záznamu, který názorně ukazuje vliv naostření, je na obr. 9.

Hlediskem porovnání je příkon na řezání a maximální svislé složky řezných sil. Graficky jsou získané výsledky znázorněny na obr. 10 a 11. Grafy vycházejí z dříve uvedeného předpokladu, převzatého z literatury (Chancellor, 1958), že do šířky břitů 0,1 mm se vliv naostření na řezný odpor celkem neprojevuje. Uvedené zá-



8. Poloha a velikost výslednice řezných sil při řezání kukuřice (průchodnost 8,35 kg/s přímým ostrým nožem (označení jako v obr. 7))

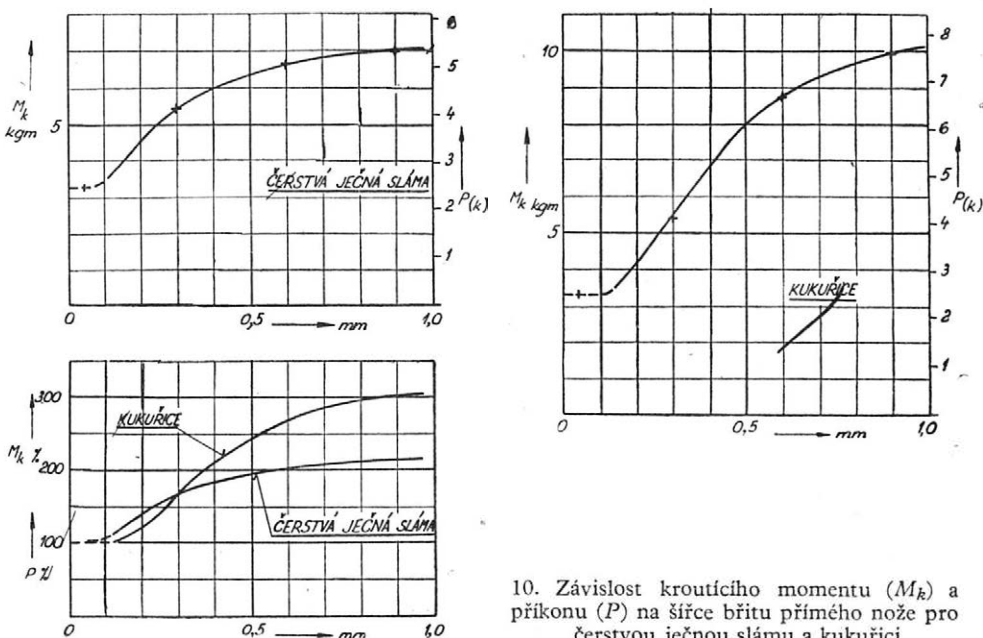


9. Příklad oscilografického záznamu vertikálních složek řezných sil III a IV při řezání kukuřice (průměrná průchodnost 8,35 kg/s) čtyřmi přímými různě naostřenými noži současně namontovanými na nožovém kole (ostrý nůž a ztupené nože s šířkou břitů 0,3, 0,6 a 0,9 mm) (520 ot/min)

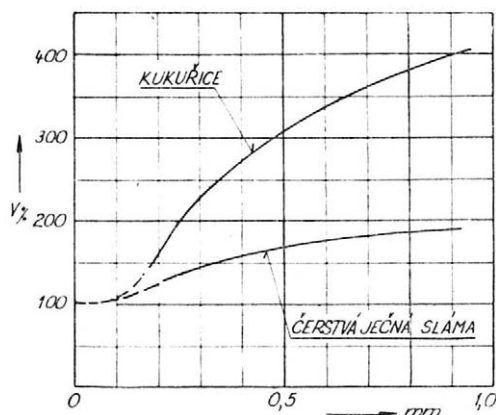
vislosti dokazují, že vliv naostření je jak na příkon, tak i na maximální síly značný. I když otupené nože se šířkou břitů 0,6 a 0,9 mm považujeme za extrém, který v praxi nemá přijít vůbec v úvahu, a za krajní možnou hranici přijmeme např. šířku 0,3 mm, pak z diagramu můžeme vyčíst, že takto ztupený nůž způsobí zvýšení příkonu na řezání slámy a kukuřice 1,7krát a zvýšení vertikálních složek řezných sil 1,5 až 2,3krát v porovnání s naostřeným nožem.

Pro praxi má tedy správné ostření nožů řezačky velký význam. Je třeba požadovat naostření s šířkou břitů menší než 0,1 mm. K novému ostření by mělo docházet nejpozději při ztupení na šířku břitů 0,2 mm, kdy již začne příkon i síly značně stoupat. Pak by zvýšení příkonu činilo 20–40 % a zvýšení sil 30–60 % vůči naostřenému stavu.

Vliv naostření nožů má také značný význam při úvahách o účelnosti záměny přímých nožů křivkovými. Jak bylo uvedeno v části pojednávající o silových po-



10. Závislost kroutícího momentu (M_k) a příkonu (P) na šířce břitů přímého nože pro čerstvou ječnou slámu a kukuřici



11. Závislost vertikální složky řezných sil (%) ($V = III + IV$) na šířce bříty přímého nože pro čerstvou ječnou slámu a kukuřici

kole byly současně namontovány 4 přímé nože s různou mezerou (0,5, 2, 4, 6 mm). Hlediskem porovnání je opět příkon na řezání a maximální vstříčné složky řezných sil. Výsledky jsou uvedeny v tab. XI. Základem porovnání jsou výsledky zjištěné při mezeře 2 mm (v tab. XI jsou uvedeny průměrné hodnoty dvou až čtyř měření).

XI. Porovnání příkonu a vstříčných složek řezných sil na řezání při různých mezerech mezi ostřím nože a ostrou hranou ústí

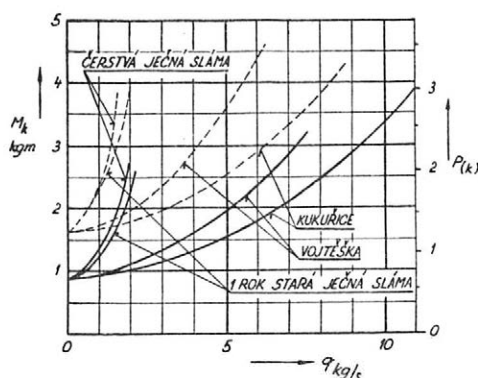
Řezaný materiál	Příkon (v %) při mezeře (v mm)				Max. vstříčné složky (v %) při mezeře (mm)			
	0,5	2	4	6	0,5	2	4	6
Čerstvá ječná sláma	116	100	118	126	103	100	112	109
Kukuřice	122	100	107	109	135	100	104	108

Výsledky uvedené v tab. XI ukazují, že jak snižování mezery pod 2 mm, tak její zvyšování má za následek růst příkonu na řezání i špiček řezných sil. Je zřejmě chybné snižovat mezeru pod 2 mm, neboť vlivem chvění a působení řezných sil dochází k pružné deformaci nože a držáku, která má za následek tření nože o ústí a tedy zvýšení příkonu. Naopak přílišné zvětšení mezery může způsobit nedoříznutí (přehnutí stébel přes řeznou hranu ústí), které způsobí tření nože po materiálu a při velké mezeře může dojít dokonce k ohýbání celé vrstvy materiálu, což rovněž zvýší příkon.

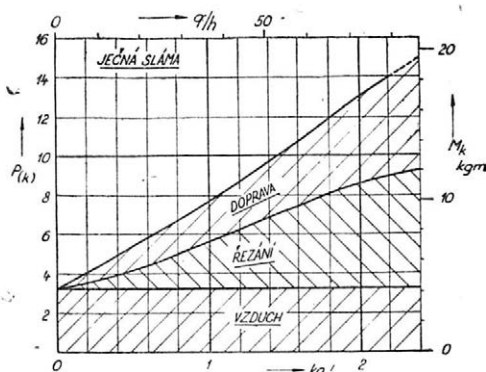
Mezeru 2 mm můžeme jednoznačně doporučit k řezání zelené píce. Pouze u suché píce, kde s otupením roste sklon k vytahování nedoříznutých stébel, popř. provázků, může dojít k namotávání na hřídel (bývá příčinou vzniku požárů) je možno doporučit snížení mezery pouze v blízkosti hřídele. Snížíme-li mezeru pouze v blízkosti hřídele, bude zvýšení příkonu poměrně malé. Potřebné snížení je funkční otázkou a nebylo proto zkoumáno.

Podávací ústrojí stacionární řezačky

Výsledky měření kroutícího momentu k pohonu podávacího ústrojí mají význam především pro danou konstrukci použitou při měření (tj. řezačku RVM-42), a to jak pro dimenzování součástí, tak pro energetické hodnocení (měřením zjištěné výsledky zahrnují vlivy celého podávacího ústrojí včetně převodů). Výsledky, zvláště energetické, je však možno zevšeobecnit i pro podobné typy stacionárních řezaček.



12. Závislost středního (plně) a maximálního (čárkovaně) kroutícího momentu (M_k) k pohonu podávacího ústrojí řezačky RVM-42 (v místě VI) na průchodnosti (q) při 550 ot/min nožového kola a pomalém posuvu řetězového transportéru (na pomocné stupnici lze odčítat příkon P)



13. Příkon a kroutící moment nožového kola s dvěma přímkami ($l_{řez} = 4$ cm) a jeho rozdělení na jednotlivé složky v závislosti na průchodnosti pro ječnou slámu při 550 ot/min

Výsledky měření kroutícího momentu jsou uvedeny na obr. 12. Pro střední hodnoty kroutícího momentu (plně vytažené křivky) lze odčítat též příkon (k), na pomocné stupnici platící pro 550 ot/min hřídele nožového kola.

Křivka maximálního kroutícího momentu odpovídá středním hodnotám maxim jednotlivých měření (trvajících 5–10 s).

Mimoto byly zjištěny též náhodné vyšší hodnoty, jež jsou uvedeny v tab. XII.

Užitečnou hodnotou je poměr $M_{k \max}/M_{k \text{ střed}}$, který lze odvodit z obr. 12. Dosahuje v průměru hodnot 1,8 až 1,9 při velké střední hodnotě kroutícího momentu klesá až na hodnotu 1,6 (pokles se projevuje zvláště u kukuřice). Tyto závěry ovšem platí při rovnoměrné průchodnosti (odpovídající přibližně provozu sklízecích řezaček). Pro vkládání v kopcích stoupá poměr $M_{k \max}/M_{k \text{ střed}}$ na hodnotu 3,3–3,7. Tyto hodnoty odpovídají skutečnému provozu stacionárních řezaček.

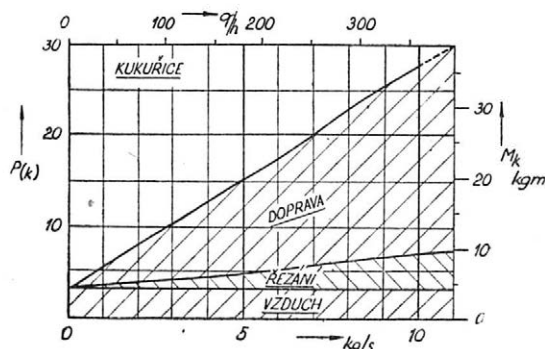
Energetická bilance nožového kola a řezačky

Z měření byly získány závislosti kroutícího momentu nožového kola pro ječnou slámu, kukuřici a vojtěšku na průchodnosti (rozdělení na jednotlivé složky příkonu je uvedeno v obr. 13, 14, 15 — s použitím obr. 1 a 4). Pro úvahy o řezání ječné slámy je použito výsledků získaných při řezání 1 rok staré ječné slámy.

Na základě obr. 13, 14 a 15 je získán obr. 16 (pro dva přímé nože), a za předpokladu, že příkon na dopravu nezávisí na délce řezanky (zde dostatečně přesný

XII. Maximální hodnoty kroutícího momentu (VI) k pohonu podávacího ústrojí, které rozhodují pro dimenzování součástí

Materiál	Střední průchodnost (kg/s)	$M_{k \max VI}$ (kgm)
1 rok stará ječná sláma	1,6	4,4
Čerstvá ječná sláma	1,6	4,6
Čerstvá ječná sláma	4,2	5,4
Čerstvá ječná sláma v kopcích)	1,1	4,9
Vojtěška (zelená)	5,5	4,1
Vojtěška (zelená)	6,5	4,9
Vojtěška (zelená) (v kopcích)	3,8	5,3
Kukuřice	5,3	4,1
Kukuřice	11,5	6,9
Kukuřice	18,0	10,2
Kukuřice (nerovnoměrné dávkování)	9,5	11,7



14. Příkon a kroutící moment nožového kola s dvěma přímými noži ($l_{\text{řez}} = 4$ cm) a jeho rozdělení na jednotlivé složky v závislosti na průchodnosti pro kukuřici při 550 ot/min

předpoklad) též obr. 17 (pro čtyři přímé nože), které vyjadřují energetickou bilanci nožového kola (v závislosti na průchodnosti) v procentech celkového příkonu nožového kola.

U uvedených závislostí plyne rozdělení příkonu nožového kola na jednotlivé složky při střední průchodnosti (podle tab. III v I. části práce), uvedené v tab. XIII. V tab. XIV jsou uvedeny též hodnoty zjištěné ze současného měření (z krátkodobých zkoušek) řezných sil a kroutícího momentu nožového kola (se dvěma noži). Takto získané hodnoty jsou zatíženy chybami plynoucími z přirozeného rozptylu krátkodobých měření a výkyvů v nastavené průchodnosti.

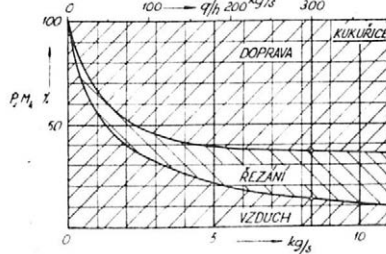
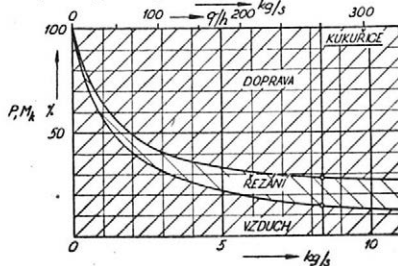
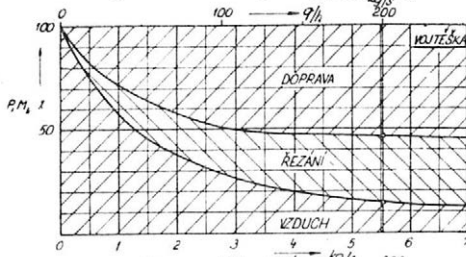
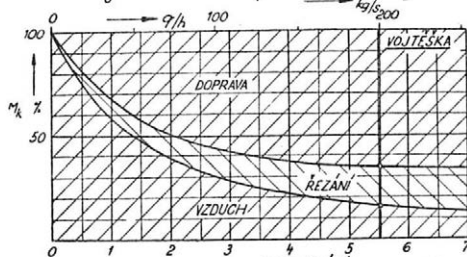
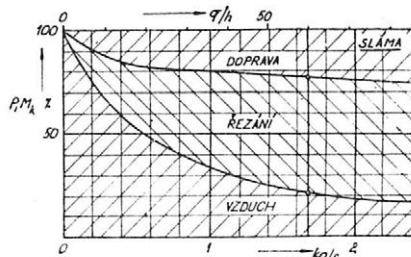
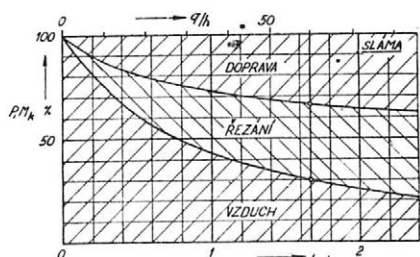
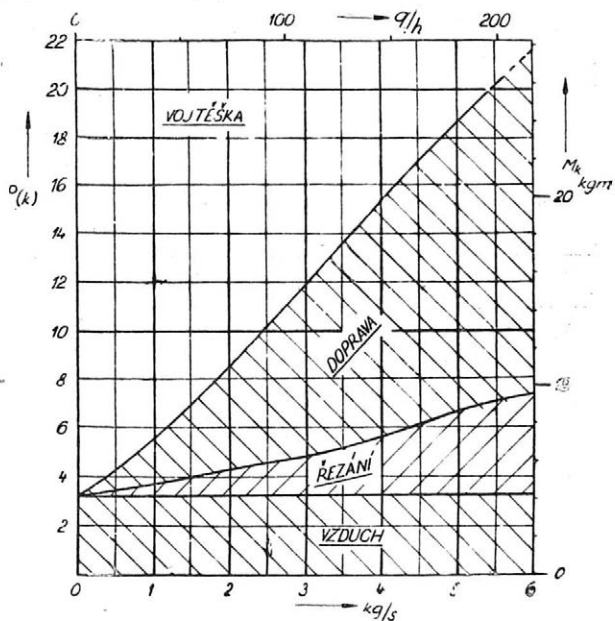
Každá hodnota představuje aritmetický průměr ze dvou až tří hodnot. Porovnáním výsledků uvedených v tab. XIV vidíme, že hodnoty příkonů na řezání (v %), zjištěné z krátkodobých zkoušek, jsou většinou vyšší. Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben tím, že část energie k pohonu nožového kola během krátkodobé zkoušky byla ještě hrazena z jeho kinetické energie, což u dlouhodobých zkoušek bylo téměř vyloučeno. Tedy základ porovnání (celkový kroutící moment) u krátkodobých zkoušek je nižší než ve skutečnosti. Správné hodnoty budou mezi oběma údaji, blíže hodnotám zjištěným z dlouhodobých zkoušek.

K získání názornější představy o energetické bilanci celé stacionární řezačky ŘVM-42 jsou na obr. 18 vyneseny jednotlivé složky příkonu pro typické podmínky použití v praxi (nikoliv extrémní). Délka řezanky (2 cm u ŘVM-42) odpovídá úpravě, ve které jsou stroje odesílány z výrobního závodu (4 nože na nožovém kole ŘVM-42).

15. Příkon a krouticí moment nožového kola s dvěma přímými noži ($l_{\text{řez}} = 4 \text{ cm}$) a jeho rozdělení na jednotlivé složky v závislosti na průchodnosti pro vojtěšku při 550 ot/min

16. Rozdělení příkonu nožového kola se dvěma přímými noži ($l_{\text{řez}} = 4 \text{ cm}$) na jednotlivé složky v závislosti na průchodnosti pro ječnou slámu, vojtěšku a kukuřici při 550 ot/min

17. Rozdělení příkonu nožového kola se čtyřmi přímými noži ($l_{\text{řez}} = 2 \text{ cm}$) v závislosti na průchodnosti pro ječnou slámu, vojtěšku a kukuřici při 550 ot/min



XIII. Rozdělení příkonu nožového kola řezačky s přímými noži (při 550 ot/min) na jednotlivé složky (řezání, dopravu materiálu, ventilační účinek) při střední průchodnosti (podle obr. 16 a 17)

Řezaný materiál	Průchodnost		Složky příkonu (v %) při délce řezanky					
	kg/s	q/h	4 cm			2 cm		
			řezání	do-prava	vzduch	řezání	do-prava	vzduch
1 rok stará ječná sláma	1,67	60	38	33	29	56	22	22
Vojtěška (zelená)	5,55	200	19	65	16	32	54	14
Kukuřice	8,35	300	14	72	14	23	64	13

XIV. Podíl příkonu na řezání (v %) z celkového příkonu nožového kola s přímými a křivkovými noži (při 550 ot/min), při nastavené střed. průchodnosti z krátkodobých a dlouhodobých zkoušek při délce řezanky 4 cm a 2 cm

Řezaný materiál	Průchodnost q/h	Nože	Příkon na řezání (v %)		
			řezanka 4 cm		řezanka 2 cm
			krátkodobé zkoušky	dlouhodobé zkoušky	dlouhodobé zkoušky
1 rok stará ječná sláma	60	přímé křivkové	41 36	38 32	55 48
Vojtěška (zelená)	200	přímé křivkové	23 16	19 15	32 26
Kukuřice	300	přímé křivkové	18,5 6	14 6	24 11

Průchodnosti volené u ŘVM-42 (u slámy 60 q/ha a u kukuřice 300 q/ha) jsou vyšší než průměrné, kterých lze s řezačkou dosáhnout. Nízká průměrná průchodnost v praxi vyplývá z nerovnoměrného dávkování. V intervalech, kdy je řezačka zatížena, pracuje však při poměrně vysoké průchodnosti.

Závěr

V části II. práce, která navazuje na část I, uveřejněnou v čísle 4 letošního ročníku Zemědělské techniky, jsou uvedeny výsledky rozsáhlého experimentálního výzkumu silových a energetických poměrů řezaček. Příkon při běhu naprázdno (přibližně též při práci na víření a dopravu vzduchu) je ovlivňován především otáčkami (stoupá s exponentem 2,5). Rovněž velikost sacího otvoru, která ovlivňuje množství nasávaného vzduchu, značně mění příkon naprázdno, proto je třeba konstrukcí zaručit těsnost bubnu řezačky, zvláště na straně nožů, kde nožové držáky působí jako lopatky ventilátoru. Je třeba upravit odhazovací lopatky tak, aby jejich ventilační účinek byl co nejmenší. Celkově lze příkon na ventilaci a dopravu vzduchu zhodnotit jako méně významnou složku celkového příkonu nožového kola (při jeho plném pracovním zatížení).

Přímé a křivkové nože byly porovnávány z hlediska potřebného příkonu a maximálních sil vznikajících při řezání (oscilografický záznam průběhu vertikálních složek řezných sil obou typů nožů je na obr. 6).

Z výsledků měření plyne, že záměnou přímých nožů křivkovými uspoříme z energie na řezání v průměru 20 až 60 %. Výsledek závisí na druhu řezaného materiálu. Tak byly zjištěny úspory příkonu na řezání při použití křivkových nožů (příkon přímých nožů je 100 %): u 1 rok staré ječné slámy 15–30 % (průměrně 22 %), u čerstvé ječné slámy 29–37 % (průměrně 33 %), u vojtěšky (zelené) 15–30 % (průměrně 22 %), u kukuřice 57–63 % (průměrně 60 %).

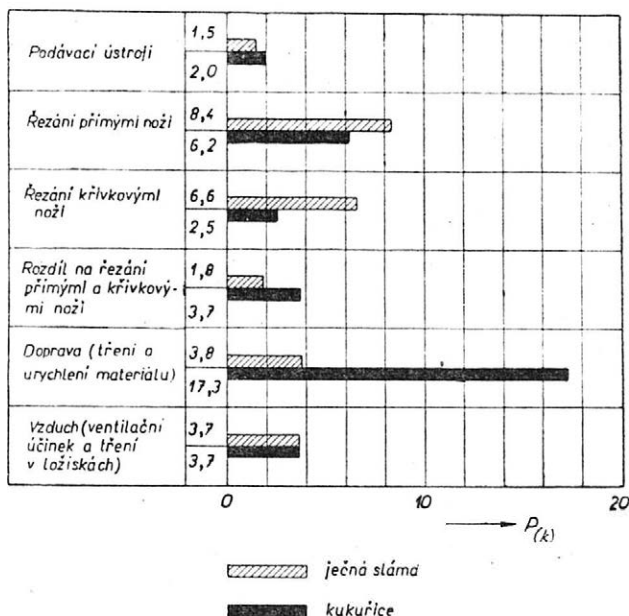
Nebyl zjištěn patrný vliv otáček nožového kola, průchodnosti a délky řezanky na tuto úsporu. Absolutní hodnoty momentů (příkonů) na řezání přímými a křivkovými noži v závislosti na průchodnosti jsou uvedeny na obr. 4.

Velmi značně se liší silové působení přímých a křivkových nožů, jak plyne z porovnání maximálních vertikálních složek řezných sil. Z těchto výsledků můžeme usoudit, že ústí a rám řezačky, nože a nožové držáky a další bezprostředně navazující součásti jsou namáhány při řezání přímými noži 2–4krát většími silami než při použití křivkových nožů.

V extrémních případech jsou maximální síly při řezání přímými noži o 300 kg a při běžných pracovních podmínkách o 150 kg vyšší než při řezání křivkovými noži. Tyto rozdíly s ohledem na charakter zatížení (jehož důsledkem může být únava materiálu součástí) bezpochyby ovlivní pracovní spolehlivost (pevnost), opotřebení (otupení nožů), uvolňování rozebíratelných spojů (zvýší možnost zaseknutí nože do ústí řezačky) a vibrace. S ohledem na rázový charakter působících sil nelze odvozovat z jejich hodnot přímo namáhání součástí, na které jsou řezné síly přenášeny přes větší hmoty. Podobně nelze soudit, že špičky řezných sil zanášejí do kroutičního momentu hnacího ústrojí řezačky bezprostředně s řeznými silami související rázy.

Lomené nože první alternativy (3 v obr. 14 v I. části práce) snižují špičky sil průměrně 1,4krát. Energeticky jsou však náročnější než přímé. Výhodnější se jeví lomené nože druhé alternativy (4 v obr. 14). Vykazují úsporu příkonu 10–20 % (křivkové 20–60 %) a snížení rázů 1,5–2,5krát.

Dále byla zkoumána poloha a velikost výslednice řezných sil při řezání přímými noži (obr. 7 a 8).



18. Složky příkonu stacionární řezačky ŘVM-42 (na řemenici nožového kola) při řezání ječné slámy (60 q/h) a kukuřice (300 q/h), který činí u slámy 17,4 k (12,8 kW) a u kukuřice 29,2 k (21,5 kW) (při 550 ot/min nožového kola se čtyřmi přímými ostrými noži, $l_{řez} = 2$ cm)

Вýsledky uvedené na obr. 9—11 dokazují, že vliv naostření jak na příkon, tak na maximální síly je značný. K naostření nože by v praxi mělo docházet nejpozději při otupení na šířku břitu 0,2 mm.

Výzkumem vlivu mezery mezi ostrím nožem a ostrou hranou ústí bylo zjištěno, že jak snižování mezery pod 2 mm, tak její zvyšování má za následek růst příkonu na řezání i špiček řezných sil. V praxi je tedy třeba doporučovat seřízení nožů na 2 mm a pouze u suchého materiálu v blízkosti hřídele nožového kola je možno doporučit snížení mezery.

Rozdělení příkonu nožového kola na jednotlivé složky (příkon na řezání, dopravu a ventilační účinek) ukazují obr. 13—15 a 16—17. Při střední průchodnosti platí, že příkon na řezání tvoří ve většině případů méně než 50 % z celkového příkonu nožového kola. Tak při řezání slámy (délka řezanky $l_{rez} = 2$ cm) připadá na řezání asi 55 % příkonu, ale při řezání kukuřice ($l_{rez} = 4$ cm) klesá tento podíl přibližně na 15 %. Naopak podíl na dopravu materiálu (tření v bubnu a urychlení materiálu) při řezání kukuřice ($l_{rez} = 4$ cm) představuje 70 % z celkového příkonu nožového kola a při řezání slámy ($l_{rez} = 2$ cm) klesá na 20 % příkonu nožového kola. Příkon na ventilační účinek kolísá v užším rozmezí. Při řezání kukuřice ($l_{rez} = 2$ cm) tvoří přibližně 15 % příkonu nožového kola a při řezání slámy ($l_{rez} = 4$ cm) dosahuje až 30 % celkového příkonu.

Došlo dne 12. 7. 1961

Literatura

je uvedena u I. části práce, uveřejněné v čísle 4 letošního ročníku Zemědělské techniky.

Соотношение усилий и энергетический баланс дисковой силосорезки

Во второй части работы, которая является продолжением I части, опубликованной в прошлом 4 номере научного журнала «Сельскохозяйственная техника», приводятся результаты обширного экспериментального исследования соотношений усилий и энергетический баланс силосорезки.

Прямые и криволинейные ножи сравнивались с точки зрения потребляемой мощности и максимальных усилий, возникающих при резке (осциллографическая запись хода вертикальных составляющих режущих усилий обоих типов ножей приводится на рис. 6). Из результатов измерения вытекает, что путем замены прямых ножей криволинейными получается экономия энергии на резку в среднем 20—60 %. Таким образом была установлена экономия потребляемой мощности на резку с применением криволинейных ножей: у 1-летней ячменной соломы — 15—30 %, у свежей ячменной соломы — 29—37 %, у люцерны (зеленой) — 15—30 %, у кукурузы — 37 до 63 %. Весьма значительно отличаются действия усилий прямых и криволинейных ножей, как вытекает из сравнения максимальных вертикальных составляющих режущих усилий. Из этих результатов мы можем прийти к заключению, что приемная часть и рама силосорезки, ножи и резцедержатели и другие непосредственно следующие друг за другом составные части загружены при резке прямыми ножами в 2—4 раза большими усилиями, чем при применении криволинейных ножей. В крайних случаях максимальные усилия при резке прямыми ножами на 300 кг, а при обычных рабочих условиях на 150 кг больше, чем при резке криволинейными ножами.

Результаты, приведенные на рис. 9—11, доказывают, что влияние заточки как на потребляемую мощность, так и на максимальные усилия значительно. В практике к заточке ножей надо прибегать не позже затупления на ширину лезвия 0,2 мм. В результате исследования влияния зазора между лезвием ножа и острой кромкой приемной части было установлено, что как уменьшение зазора ниже 2 мм, так и его увеличение вызывают повышение потребляемой мощности при резке и вершин кривых режущих усилий.

Распределение потребляемой мощности ножевого диска на отдельные составные части показывают рис. 13—15 и 16—17. При средней пропускной способности действителен тот факт, что потребляемая мощность на резку в большинстве случаев составляет менее 50 % от общей потребляемой мощности ножевого диска. Таким образом при резке солом (длина сечки 2 см) на резку приблизительно приходится 55 % потребляемой мощности, но при резке кукурузы (длина 4 см) эта доля снижается приблизительно до 15 %. Наоборот, доля на транспорт материала (трение в барабане и ускорение материала) при резке кукурузы (длина резки 4 см) составляет 70 % общей потребляемой мощности ножевого диска, а при резке солом (длина 2 см) она снижается до 20 % потребляемой мощности ножевого диска.

Эnergie- und Kraftverhältnisse der Radhäckselmaschine

Der II. Teil der Arbeit knüpft an den in Nr. 4 der Zeitschrift *Zemědělská technika* abgedruckten I. Teil an und enthält Ergebnisse umfangreicher Experimentalforschungen über die Energie- und Kraftverhältnisse der Häckselmaschinen.

Vom Gesichtspunkt des Leistungsbedarfes und der beim Schneiden entstehenden Maximalkräfte sind die beiden Messerarten (gerade Messer, Kurvenmesser) verglichen worden (die oszillographische Aufzeichnung des Verlaufs der vertikalen Schnittkräftekomponenten beider Messertypen siehe Abb. 6). Die Meßergebnisse zeigen, daß durchschnittlich 20—60 % der zum Schneiden notwendigen Leistung erspart werden können, wenn man die geraden Messer durch Kurvenmesser ersetzt. Bei der Anwendung von Kurvenmessern war der Leistungsbedarf bei 1 Jahr altem Gerstenstroh um 15—30 %, bei frischem Gerstenstroh um 29—37 %, bei (grüner) Luzerne um 15—30 % und bei Mais um 57—63 % niedriger. Die Kraftwirkung der geraden Messer unterscheidet sich sehr stark von derjenigen der Kurvenmesser, was aus einem Vergleich der maximalen Vertikalkomponenten der Schnittkräfte klar hervorgeht. Diese Ergebnisse lassen die Schlußfolgerung zu, daß die Mündung, der Rahmen, die Messer und Messerhalter sowie weitere, unmittelbar an sie anknüpfende Bestandteile bei der Anwendung von geraden Messern 2—4 mal so stark beansprucht werden als durch Kurvenmesser. In extremen Fällen sind die Maximalkräfte beim Schneiden mit geraden Messern um 300 kg und unter normalen Bedingungen um 150 kg größer als bei den Kurvenmessern.

Die auf Abb. 9—11 veranschaulichten Ergebnisse zeigen, daß der Einfluß des Schleifens sowohl auf den Leistungsbedarf als auch auf die Maximalkräfte bedeutend ist. In der Praxis sollten die Messer neu geschliffen werden, sobald die Abstumpfung der Schneidkante 0,2 mm erreicht. In Bezug auf den Einfluß des Abstandes zwischen der Messer — schneide und der scharfen Mündungskante stellte man fest, daß sowohl die Verringerung dieses Abstandes unter 2 mm als auch seine Vergrößerung den Leistungsbedarf steigert und eine Zunahme der Schnittkräftespitzen zur Folge hat.

Abb. 13—15 und 16—17 zeigen die Verteilung des Leistungsbedarfes an die einzelnen Komponenten des Messerrades. Bei mittlerer Durchflußmenge der Maschine bildet der Schnittleistungsbedarf in den meisten Fällen weniger als 50 % des Gesamtleistungsbedarfes des Messerrades. So entfallen beim Strohschneiden (Häckselgutlänge = 2 cm) etwa 55 % des Leistungsbedarfes auf das Schneiden, bei Mais (Häckselgutlänge = 4 cm) dagegen annähernd nur 15 %. Der Materialtransport (Reibung innerhalb der Trommel und Beschleunigung des Materials) erfordert bei Mais (Häckselgutlänge = 4 cm) 70 % vom Gesamtleistungsbedarf des Messerrades und dieser Anteil sinkt beim Strohhäckseln (Häckselgutlänge = 2 cm) auf 20 %.

Conditions de forces et énergétiques des haches-paille

Dans la conclusion de cet article, dont la première, partie parue dans le numéro précédent (No 4) de la revue scientifique *Zemědělská technika*, l'auteur donne les résultats de la recherche expérimentale sur les conditions de forces et énergétiques des haches-paille.

Les lames droites et en courbe sont comparées du point de vue de la puissance nécessaire et des forces maxima naissant lors de hachage (la figure 6 représente un oscillogramme des composants verticaux des forces de hachage des deux types de lames). Il s'ensuit des résultats de mesure que l'on économise, en échangeant les lames en courbes pour les lames droites, en moyenne 20 à 60 % de l'énergie dépensée lors du hachage. En utilisant les lames en courbe, l'économie de la puissance au cours du hachage était: pour la paille d'orge d'un an, 15 à 20 %; pour la paille d'orge

fraîche, 29 à 37 % ; pour la luzerne (verte), 15 à 30 % ; pour le maïs, 57 à 63 %. L'action des lames droites et en courbe diffère considérablement, ce qui est évident de la comparaison des composants verticaux maxima des forces de hachage. On peut donc raisonner, grâce à ces résultats, que la buse et le châssis de la hache-paille, les lames et leurs manches, de même que tous les autres éléments en liaison directe, sont exposés à une fatigue deux à quatre fois plus grande en coupant à l'aide des lames droites que si l'on se sert des lames en courbe. Dans des cas extrêmes, les forces maxima lors du hachage avec lames droites, sont de 300 kgs plus grandes que si l'on utilise des lames en courbe, et de 150 kgs plus grandes dans des conditions de travail normales.

Les résultats présentés en figures 9 à 11 montrent que l'influence de l'affilage à la fois sur la puissance et sur les forces maxima, est considérable. Au plus tard, on devrait affiler les lames dès que l'émoussement du fil atteint 0,2 mm de largeur. En étudiant l'influence de l'espace vide entre le tranchant de la lame et le carter de la buse, on a décelé que la réduction du vide au-dessous de 2 mm, ainsi que son augmentation résultent en ce que s'accroissent la puissance nécessaire pour le hachage, et les pointes des forces de hachage.

La diffusion de la puissance du volant à lames sur les éléments individuels est démontrée en figures 13 à 15 et 16, 17. Le débit étant à sa valeur moyenne, l'énergie dépensée pour le hachage n'atteint même pas, en majorité des cas, les 50 % de la puissance totale du volant à lames. Par exemple, en hachant la paille (longueur de coupe = 2 cm), environ 55 % de la puissance sont dépensés pour le hachage, tandis qu'en hachant le maïs (longueur de coupe = 4 cm) ce pourcentage se baisse à environ 15 %. Par contre, l'énergie dépensée pour le transport du matériel (frottement dans le cylindre et l'accélération du matériel) lors du hachage du maïs (coupe = 4 cm) représente 70 % de la puissance totale du volant à lames et tombe jusqu'à 20 % de la puissance totale du volant à lames en hachant la paille (coupe = 2 cm).

Výpočet počtu strojů a výkonů pro velkovýrobní technologie

Вычисление числа машин и производительностей для крупнопроизводственной технологии

Die Berechnung der Anzahl von Maschinen und Leistungen für Großerzeugungstechnologien

CSc. inž. Kamil VANĚK

Vysoká škola zemědělská, katedra využití strojně traktorového parku, Praha

Úvod

Při velkovýrobních technologiích v zemědělské výrobě je nutno dovážet velká množství materiálu na pole v krátké době anebo naopak svážet velká množství materiálu z pole. První směr pohybu materiálu se týká hlavně hnojení statkovými hnojivy; opačný směr pohybu — odvoz z pole — je v zemědělství častější a týká se všech sklizňových prací. Při pohybu materiálu na pole (hnojení) se zpracovává materiál nejdříve stabilním strojem (nakládač mrvy), potom se dopravuje na pole a nakonec se zpracuje pohyblivými (mobilními) stroji (rozmetadla mrvy). Při sklizňových pracích je tomu naopak: nejprve se materiál zpracuje mobilními stroji (sklizeň obilovin přímá, dvoufázová, třífázová, sklizeň okopanin, sklizeň siláže), potom se dopravuje z pole a nakonec se zpracuje stabilním strojem (sušení a čištění zrní dovezeného při přímé nebo dvoufázové sklizni, oddělení zrna separátorem nebo mlátičkou při třífázové sklizni).

Jsou zde tedy tři druhy strojů: stabilní stroje, mobilní stroje a dopravní prostředky, a také odpovídající tři procesy. Jde o to, sladit tyto tři procesy tak, aby celý proces byl proudový, to znamená, aby se nezastavil pohyb materiálu, tedy aby hodinový výkon stabilních strojů, mobilních strojů i dopravních prostředků byl stejný. Výjimka může být učiněna tam, kde stabilní stroj může pracovat i v noci (např. sušárna zrní na polním mlatu), zatímco mobilní stroje (sklízecí mlátičky) mohou pracovat jen ve dne; v takovém případě hodinový výkon všech mobilních strojů bývá větší než hodinový výkon stabilního stroje, a materiál se během dne hromadí v zásobníku, který musí být dostatečně velký. V noci potom stabilní stroj zpracuje tento materiál. Denní výkon stabilního stroje se však musí rovnat dennímu výkonu všech mobilních strojů.

Při výpočtu sestavíme celkem tři rovnice a z každé vypočteme jednu hodnotu, buď počet strojů, nebo dobu nebo plochu; ostatní hodnoty jsou buď dány, nebo je zvolíme. Základním vztahem pro tyto tři rovnice je tedy materiálová bilance:

a) pro stabilní i mobilní stroje — vyjádření váhy materiálu na celé zpracovávané ploše (váha obilí, váha mrvy, váha siláže),

b) pro dopravní prostředky — vyjádření váhy materiálu zpracovaného za hodinu.

Při některých pracích se dva procesy sloučí v jeden, takže místo tří procesů zbudou dva.

Při výpočtu se nepočítá se ztrátovými časy, zaviněnými špatnou organizací práce, tj. čekáním, protože takové ztráty mohou vzniknout stejně dobře v kterémkoli ze tří uvedených procesů a museli bychom tedy v každém procesu násobit výkon stejným využitím času, např. hodnotou 0,8. Je tedy výhodnější provést celý výpočet bez těchto organizačních ztrát a teprve nakonec celkovou dobu procesu (např. sklizně) patřičně prodloužit.

Pořadí výpočtu zvolíme takto: a) stabilní stroje, b) mobilní stroje, c) dopravní prostředky.

Uvedené pořadí volíme z těchto důvodů:

Počet stabilních strojů (nakládač hnoje, rozdružovadlo při třířázové sklizni, sušárna na mlatu při přímé a dvouřázové sklizni) vypočteme nejdříve, protože obvykle bývá k dispozici jen jeden stabilní stroj, který má výkon stejný jako několik mobilních strojů. Je tedy výhodné navrhnout předběžně počet dní práce (sklizení, hnojení, silážování atd.) a počet pracovních hodin denně a kontrolovat, vystačí-li jeden stroj pro danou plochu. Podle výsledku pak upravíme počet dní a někdy i počet hodin denně (např. u třířázové sklizně je někdy možno pracovat na dvě směny, protože potřebný počet pracovníků je velmi malý). Někdy jsme nuceni zmenšit plochu, zpracovávanou navrhovanou novou technologií, nestačí-li daný stabilní stroj (např. kapacita celého polního mlatu při třířázové sklizni) a zbytek sklidit jiným způsobem, anebo prodloužit počet dní (např. při hnojení, je-li k dispozici jen jeden nakládač).

Po výpočtu stabilních strojů vypočteme potřebný počet mobilních strojů (sklízecích mlátiček, sklízecích řezaček, rozmetadel mrvy). Není-li k dispozici dostatečný počet těchto strojů, jsme nuceni upravit výkon stabilního stroje (zvětšit počet dní nebo zmenšit plochu).

Nakonec vypočteme počet dopravních prostředků podle dané vzdálenosti, protože je-li nutné, tento počet lze obvykle zvýšit.

Sestavení rovnic

a) Zpracování stabilními stroji

Vyjádření váhy na celé zpracovávané ploše čili za celou dobu procesu:

$$F \cdot h = n_{str} \cdot n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h, \quad (q)$$

Z této rovnice pak vypočteme:

$$n_{str} = ?, \text{ nebo } n_{dni} = ?, \text{ nebo } F = ?$$

Zde značí:

f = plocha (ha),

h = hektarový výnos při sklizni nebo hektarová norma hnojení (q/ha). U přímé a dvouřázové sklizně je vyjádřen vahou zrní na hektar, u třířázové sklizně vahou obilní hmoty na hektar. Označíme-li poměr váhy slámy ku zrní λ , bude hektarový výnos obilní hmoty h'

$$h' = (1 + \lambda) \cdot h;$$

- n_{str} = počet stabilních strojů (nakládačů, rozdružovadel, sušáren apod.),
 n_{dni} = počet dní celého procesu (sklizně, rozvozu hnoje apod.),
 n_{hod} = počet hodin práce denně,
 G_h = váha materiálu zpracovaného za hodinu, tj. hodinový výkon (q/h). U hnojení je to výkon nakládače mrvy, u třířázové sklizně výkon rozdružovadla nebo mlátičky, u dvouřázové nebo přímé sklizně výkon čističky nebo sušárny — bereme menší z nich. Za hodinový výkon bereme bezporuchový výkon při středních podmínkách.

b) Zpracování mobilními stroji.

Výpočet bude naprosto stejný jako u stabilních strojů, rovněž označení bude stejné.

c) Doprava.

Vyjádření hodinového výkonu:

$$\frac{Q_d \cdot n_d}{T_d} = \frac{Q_{str} \cdot n_{str}}{T_{str}}$$

Tato rovnice bude platit stejně, bude-li T_d i T_{str} vyjádřeno v minutách.

Zde značí:

Q_d = nosnost dopravního prostředku (q); určíme ji z objemu V (m^3) a objemové váhy γ (kg/m^3)

$$Q_d = \frac{V \cdot \gamma}{100} (q)$$

n_d = počet dopravních prostředků; obvykle 1 traktor táhne 1 vlečný vůz, bude tedy n_d traktorů a n_d vlečných vozů. Při kyvadlové dopravě bude počet vlečných vozů $n_d + 1$,

T_d = doba trvání jednoho okruhu (min).

$$T_d = t_j + t_n + t_v,$$

kde

t_j = doba jízdy (min),

t_n = doba naplnění vozu (min),

t_v = doba vyprázdnění vozu (min);

$$t_j = \frac{2L}{v_{stř}},$$

kde

L = dopravní vzdálenost (km), obvykle bývá $L = 0,5$ až 2 km,

$v_{stř}$ = průměrná rychlost, jakožto střední rychlost z jízdy bez nákladu a s nákladem; obvykle bývá $v_{stř} = 10$ až 15 km/h pro traktor a krátké vzdálenosti.

t_n vypočteme z výkonu stabilního stroje, tj. nakládače u hnojení, nebo z výkonu mobilního stroje u sklizňových prací, tj. sklízecí řezačky u třířázové sklizně nebo sklízecí mlátičky u přímé a dvouřázové sklizně,

t_v obvykle odhadujeme jakožto manipulační dobu pro vyprázdnění. Při vyklápění u vlečného vozu je možno použít hodnoty $t_v = 5$ min, při vyprazdňování velkoobjemového vozu u třířázové sklizně je možno použít hodnoty $t_v = 10$ min;

Q_{str} = váha materiálu v zásobníku mobilního stroje (váha zrní v zásobníku sklízecí mlátičky, váha mrvy v rozmetadle [q]),

n_{str} = počet mobilních strojů (rozmetadel mrvy, sklízecích mlátiček, sklízecích řezaček, sklízecích cukrovky),

T_{str} = doba naplnění zásobníku mobilního stroje (min);

$$T_{str} = t_n + t_o,$$

kde

t_o = manipulační doba pro zastavení a případné přepřáhnutí vozu, popř. pro vyprázdnění zásobníku samospádem při stojící sklízňové mlátičce; v tomto případě je možno použít hodnoty $t_o = 4$ min., při vypouštění zrní ze sklízecí mlátičky za jízdy šnekovým dopravníkem je možno pro tuto přípravnou dobu použít hodnoty $t_o = 3$ min. U třífázové sklízny je možno použít hodnoty $t_o = 2$ min pro výměnu velkoobjemových vozů.

Použití výpočtu

Třífázová sklizeň

Dané hodnoty: $F = 100$ ha, $h = 30$ q/ha, $\lambda = 1,3$.

Výkon separátoru $G_h = 25$ q/h zrní, což je

$G_h(1 + \gamma) = 25 \cdot (1 + 1,3) = 57,5$ q obilní hmoty za hodinu,

střední hltnost sklízecí řezačky $q = 2$ kg/s obilní hmoty,

ztrátová doba pro výměnu velkoobjemových vozů $t_o = 2$ min,

obsah velkoobjemového vozu $V = 40$ m³, objemová váha obilní hmoty (řezanky) $\gamma = 80$ kg/m³,

dopravní vzdálenost $L = 1,5$ km, $v_{str} = 12$ km/h.

a) Stabilní stroje

$$F \cdot h = n_{str} \cdot n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h$$

Volíme předběžně $n_{dni} = 10$ dní, $n_{hod} = 8$ hodin denně.

$$n_{str} = \frac{F \cdot h}{n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 30}{10 \cdot 8 \cdot 57,5} = 0,65$$

Použijeme $n_{str} = 1$ a vypočteme znova n_{dni}

$$n_{dni} = \frac{F \cdot h}{n_{str} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 30}{1 \cdot 8 \cdot 57,5} = 6,5 \text{ dní}$$

b) Mobilní stroje

$$F \cdot h = n_{str} \cdot n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h$$

Určíme výkon sklízecí řezačky G_h (q/h) z dané hltnosti q (kg/s) a potom vypočteme počet řezaček n_{str} . Bez časových ztrát by hodinový výkon byl $3600 \cdot q$, tedy 72 q/h. S ohledem na časové ztráty t_o bude:

$$G_h = \frac{60}{t_o + t_n} \cdot V \cdot \gamma$$

$$t_n = \frac{V \cdot \gamma}{q \cdot 60} = \frac{40 \cdot 80}{2 \cdot 60} = 27 \text{ min.}$$

Po dosažení bude

$$G_h = \frac{60}{2 + 27} \cdot 40 \cdot 80 = 6600 \text{ kg/h} = 66 \text{ q/h obilní hmoty.}$$

Pro výpočet použijeme menší hodnoty z výkonu $G_h = 57,5 \text{ q/h}$ separátoru a $G_h = 66 \text{ q/ha}$ sklízecí řezačky, tedy $G_h = 57,5 \text{ q/ha}$.

$$n_{str} = \frac{F \cdot h}{n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 30}{6,5 \cdot 8 \cdot 57,5} = 1 \text{ sklízecí řezačka.}$$

U těch typů sklízecích řezaček, které vykazují značnou poruchovost, se doporučuje ve výpočtech počítat s menším výkonem. Malou poruchovost vykazuje např. sovětská sklízecí řezačka SK-2,6.

c) Doprava

V rovnici

$$\frac{Q_d \cdot n_d}{T_d} = \frac{Q_{str} \cdot n_{str}}{T_{str}}$$

bude $Q_d = Q_{str}$,

protože řezačka plní přímo velkoobjemový vůz. Rovnice se tedy zjednoduší

$$\frac{n_d}{T_d} = \frac{n_{str}}{T_{str}}, \quad \text{z čehož}$$

$$n_d = n_{str} \cdot \frac{T_d}{T_{str}}$$

$$T_d = t_j + t_n + t_v$$

$$t_j = \frac{2 \cdot L}{v_{stř}} = \frac{2 \cdot 1,5}{12} = \frac{1}{4} \text{ hod} = 15 \text{ min}$$

$$t_n = \frac{Q_{str}}{q} = 27 \text{ min (už dříve vypočteno)}$$

$$T_d = 15 + 27 + 10 = 52 \text{ min}$$

$$T_{str} = t_o + t_n = 2 + 27 = 29 \text{ min}$$

$$n_d = n_{str} \cdot \frac{T_d}{T_{str}} = 1 \cdot \frac{52}{29} = 1,8; \text{ použijeme 2 velkoobjemových vozů.}$$

Hnojení mrvou

Dané hodnoty: $F = 100 \text{ ha}$, $h = 300 \text{ q/ha}$.

Nakládač mrvy NUjN-100, průměrná náplň drapáku $G_n = 250 \text{ kg}$, prům. doba cyklu $t_c = 1 \text{ min}$.

Rozmetadla RmA-2, doba rozmetání obsahu 1 rozmetadla $t_r = 4 \text{ min}$, váha náplně 1 rozmetadla $Q_{str} = 30 \text{ q}$, $L = 1,5 \text{ km}$, $v_{stř} = 12 \text{ km/h}$.

a) Stabilní stroje

$$F \cdot h = n_{str} \cdot n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h$$

$$G_h = G_n \cdot \frac{60}{t_c} = 250 \cdot \frac{60}{1} = 15\,000 \text{ kg/h} = 150 \text{ q/h.}$$

Předběžně volíme $n_{dni} = 30$ dní, $n_{hod} = 8$ hodin denně.

$$n_{str} = \frac{F \cdot h}{n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 300}{30 \cdot 8 \cdot 150} = 0,83$$

Pro 1 nakládač bude

$$n_{dni} = \frac{F \cdot h}{n_{str} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 300}{1 \cdot 8 \cdot 150} = 25 \text{ dní.}$$

b) V tomto případě se sloučí doprava s prací mobilních strojů (rozmetáním), protože rozmetadlo je současně dopravním prostředkem.

$$F \cdot h = n_{str} \cdot n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h,$$

kde

G_h = hodinový výkon rozmetadla (q/h).

$$G_h = \frac{60}{t_j + t_r + t_n} \cdot Q_{str}$$

$$t_j = \frac{2 \cdot L}{v_{str}} = \frac{2 \cdot 1,5}{12} = \frac{1}{4} \text{ hod} = 15 \text{ min.}$$

$$t_r = 4 \text{ min}$$

$$t_n = \frac{Q_{str}}{G_h} \cdot 60 = \frac{30}{150} \cdot 60 = 12 \text{ min}$$

$$G_h = \frac{60}{15 + 4 + 12} \cdot 30 = 58 \text{ q/h}$$

$$n_{str} = \frac{F \cdot h}{n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 300}{25 \cdot 8 \cdot 58} = 2,82 = 3 \text{ rozmetadla}$$

Sklizeň siláže

Dané hodnoty: $F = 100$ ha, $h = 400$ q/ha.

Sklizecí řezačka SK-2,6, hodinový výkon G_h vypočteme z doby naplnění t_n vlečného vozu s náplní $G_n = 25$ q, $t_n = 4$ min, manipulační doba pro výměnu vozu $t_o = 1$ min, doba pro vyprázdnění vozu $t_v = 10$ min. Dopravní vzdálenost $L = 1,5$ km, $v_{str} = 12$ km/h.

a) Stabilní stroje — odpadá.

b) Mobilní stroje

$$F \cdot h = n_{str} \cdot n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h$$

$$\text{Hodinový výkon bez časových ztrát by byl } \frac{G_n}{t_n} \cdot 60 = \frac{25}{4} \cdot 60 = 375 \text{ q/h}$$

S ohledem na časovou ztrátu t_o při výměně vozu bude

$$G_h = \frac{60}{t_n + t_o} \cdot G_n = \frac{60}{4 + 1} \cdot 25 = 300 \text{ q/h.}$$

Volíme předběžně $n_{dni} = 15$ dní, $n_{hod} = 8$ hod

$$n_{str} = \frac{F \cdot h}{n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 400}{15 \cdot 8 \cdot 300} = 1,1$$

Použijeme $n_{str} = 1$, $h = 10$ hodin denně,

$$n_{dni} = \frac{F \cdot h}{n_{str} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 400}{1 \cdot 10 \cdot 300} = 13,3 \text{ dní}$$

c) Doprava

Výpočet bude podobný jako u třífázové sklizně, protože řezačka plní přímo vlečný vůz:

$$n_d = n_{str} \cdot \frac{T_d}{T_{str}}$$

$$T_d = t_j + t_n + t_v$$

$$t_j = \frac{2 \cdot L}{v_{str}} = \frac{2 \cdot 1,5}{12} = \frac{1}{4} \text{ hod} = 15 \text{ min}$$

$$t_n = 4 \text{ min,}$$

$$t_v = 10 \text{ min}$$

$$T_d = 15 + 4 + 10 = 29 \text{ min}$$

$$T_{str} = t_o + t_n = 1 + 4 = 5 \text{ min.}$$

$$n_d = n_{str} \cdot \frac{T_d}{T_{str}} = 1 \cdot \frac{29}{5} = 6 \text{ vlečných vozů.}$$

Přímá a dvoufázová sklizeň obilovin

Způsob výpočtu pro přímou a dvoufázovou sklizeň bude stejný, pouze dané hodnoty mohou být rozdílné: u dvoufázové sklizně je možno předpokládat poněkud delší pracovní dobu, tedy větší n_{hod} a delší dobu sklizně, tedy větší n_{dni} . U dvoufázové sklizně je třeba jen výjimečně sušit zrní v sušárně. Bude proveden tedy výpočet jen pro přímou sklizeň.

Dané hodnoty: $F = 100$ ha, $h = 30$ q/ha, $\lambda = 1,3$.

Sklízecí mlátička ŽM-330, hodinový výkon G_h vypočteme z průměrné hltanosti $q = 2$ kg/s obilní hmoty, tj. $q' = \frac{q}{1 + \lambda} = \frac{2}{1 + 1,3} = 0,77$ kg/s zrní.

Váha náplně zásobníku $G_n = 13 \text{ q}$, manipulační doba pro vyprazdňování $t_o = 3 \text{ min}$, nosnost vlečného vozu: vlečný vůz pojme 2 náplně zásobníku G_n , tedy 26 q. Trmáňská sušárna zrní SO-58, prům. hodinový výkon $G_h = 20 \text{ q/h}$, $n_{hod} = 20$ hodin denně.

a) Stabilní stroje (sušárna s čističkou)

$$F \cdot h = n_{str} \cdot n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h$$

Použijeme jedné sušárny, tedy $n_{str} = 1$, $n_{hod} = 20$ hodin denně; vypočteme n_{dni} :

$$n_{dni} = \frac{F \cdot h}{n_{str} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 30}{1 \cdot 20 \cdot 20} = 7,5 \text{ dní}$$

b) Mobilní stroje – sklízecí mlátičky

$$F \cdot h = n_{str} \cdot n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_h,$$

kde

G_h = hodinový výkon žací mlátičky (q/h).

$$G_h = \frac{60}{t_n + t_o} \cdot G_n$$

$$t_n = \frac{G_n}{q' \cdot 60} = \frac{1300}{0,77 \cdot 60} = 28 \text{ min}$$

$$G_h = \frac{60}{28 + 3} = 19,3 \text{ q/h}$$

Pro výpočet použijeme menší hodnoty z výkonu sušárny $G_h = 20 \text{ q/h}$ a výkonu žací mlátičky $G_h = 19,3 \text{ q/h}$, tedy $G_h = 19,3 \text{ q/h}$.

Předběžně-volíme pro sklízecí mlátičku $n_{hod} = 8$ hodin denně.

$$n_{str} = \frac{F \cdot h}{n_{dni} \cdot n_{hod} \cdot G_d} = \frac{100 \cdot 30}{7,5 \cdot 8 \cdot 19,3} = 2,6$$

Upravíme: použijeme 2 žacích mlátiček, tedy $n_{str} = 2$, $n_{hod} = 9$ hodin denně

$$n_{dni} = \frac{F \cdot h}{n_{str} \cdot n_{hod} \cdot G_h} = \frac{100 \cdot 30}{2 \cdot 9 \cdot 19,3} = 8,5 \text{ dní}$$

c) Doprava

$$\text{V rovnici } \frac{Q_d \cdot n_d}{T_d} = \frac{Q_{str} \cdot n_{str}}{T_{str}}$$

bude $Q_d = 2 Q_{str}$

Rovnice se tedy zjednoduší

$$\frac{2 n_d}{T_d} = \frac{n_{str}}{T_{str}}$$

$$T_d = t_j + t_p + t_n + t_o,$$

I. Tabulka výkonů a počtu strojů pro nové technologie

Práce				Stabilní stroje				Mobilní stroje				Doprava		
	plocha	výnos nebo norma	počet dní	typ	výkon	počet hodin denně	počet strojů	typ	výkon	počet hodin denně	počet strojů	vzdá- lenost	nos- nost	počet vozů
	F	h	n_{dni}		G_h	n_{hod}	n_{str}		G_h	n_{hod}	n_{str}	L		n_d
	ha	q/ha			q/h				q/h			km	q, m ³	
Třífázová sklizeň	100	30	6,5	—	30	8	1	—	64	8	1	1,5	40 m ³	2
Hnojení mrvou	100	300	25	NUjN-100	150	8	1	RmA-2	58	8	3	1,5	30 q	3
Sklizeň siláže	100	400	13,3	—	—	—	—	SK-2,6	300	8	1	1,5	25 q	6
Přímá sklizeň obilovin	100	30	7,5	SO-58	20	20	1	ŽM-330	19,3	9	2	1,5	26 q	2

kde

t_p = jízda po poli od jedné žací mlátičky ke druhé, volíme $t_p = 5$ min.,
 t_n = doba plnění vlečného vozu z jednoho zásobníku, u šnekového dopravníku $t_n = 10$ min.,
 t_v = doba vyprazdňování náplně vlečného vozu na mlatu, u sklápěcího vlečného vozu volíme $t_v = 5$ min.

$$T_d = 15 + 5 + 10 + 5 = 35 \text{ min.},$$

$$T_{str} = t_n + t_o = 28 + 3 = 31 \text{ min.},$$

$$n_d = n_{str} \cdot \frac{T_d}{2 \cdot T_{str}} = 2 \cdot \frac{35}{2 \cdot 31} = 1,13 = 1 \text{ vlečný vůz.}$$

Doporučuje se použít dvou vlečných vozů, protože je nutno v každém případě zabránit tomu, aby čekala sklízecí mlátička na odvoz zrní. Jsou-li dva vlečné vozy, nemusí být sklápěcí.

Závěr

Pro nové a dosud méně rozšířené technologie, jako je např. třífázová sklizeň obilovin, se doporučuje ve výpočtech počítat s menším výkonem strojů, jelikož vykazují větší poruchovost a ani pracovníci nejsou dosud dostatečně zapracováni. Výpočet (100 ha za 7,5 dní) ukazuje možnosti do budoucnosti. Při zavádění třífázové sklizeň se dosud nedosahuje ani polovičních výkonů.

Bylo by možné sestavit hotové tabulky, kde by pro dané podmínky bylo možno přímo vyčíst výkon a počet strojů. V předloženém výpočtu je kladen důraz spíše na to, aby mechanizátor samostatně upravoval podle skutečných podmínek předběžně navržené hodnoty.

Výsledky výpočtů jsou sestaveny v tabulce.

Souhrn

Článek obsahuje návrh obecného výpočtu počtu strojů a výkonů při nových technologiích u takových prací, u kterých se dopravuje velké množství materiálu. Výpočet je aplikován na třífázovou sklizeň, hnojení mrvou, sklizeň siláže, přímou a dvoufázovou sklizeň obilovin. Z vypočtených hodnot je sestavena tabulka. Podmínkou pro výpočet je, aby proces byl proudový, to znamená, aby se nezastavil pohyb materiálu.

Došlo dne 3. 5. 1962

Вычисление числа машин и производительностей для крупнопроизводственной технологии

В работе содержится проект общего вычисления числа машин и производительностей при новых технологиях в таких работах, у которых транспортируется большое количество материала. Вычисление применяется для трехфазной уборки, удобрения навозом, уборки силоса, прямой и двухфазной уборки зерновых. Из вычисленных величин составлена таблица. Условием этого вычисления является поточный процесс, т. е. чтобы перемещение материалов не прекращалось.

Die Berechnung der Anzahl von Maschinen und Leistungen für Großzeugungstechnologien

Der Artikel enthält einen Vorschlag der allgemeinen Berechnung der Anzahl von Maschinen und Leistungen bei neuen Technologien bei solchen Arbeiten, bei denen große Materialmengen befördert werden. Die Berechnung wird auf die Dreiphasenernte, Stallmistdüngung, Ernte von Silagegut und für direkte und getrennte Getreideernte appliziert. Aus den errechneten Werten ist eine Tabelle zusammengestellt. Die Berechnung ist durch Fließarbeit bedingt, d. h. die Bewegung von Material darf nicht unterbrochen werden.

Podepsáno k tisku dne 26. 10. 1962.

SLOVNÍČEK ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY

Stroje na sklizeň píce

Žací travní stroj
Сенокосилка
Mower

Žací travní stroj s přímovratným
pohybem pracovního ústrojí

Žací travní stroj s rotačním
pohybem pracovního ústrojí

Žací travní stroj bubínkový

Čechrač pokosů

Mačkač pícnin
Стеблеплющилка
Hay conditioner

Obraceč
Сеноворошилка
Hay tedder

Vidlicový obraceč

Obraceč bubnový

Shrnovací obraceč
Боковые грабли
Side delivery rake and tedder

Shrnovací obraceč bubnový

Stroj na sečení polních i lučních porostů, který je odkládá na pokosy. Podle druhu pracovního ústrojí se travní žací stroje dělí na přímovratné, rotační atd.

Žací travní stroj, jehož pracovním řezným orgánem je kosa, vykonávající kmitavý, postupně-vratný pohyb. Rostliny jsou přitom přestřihovány. Žací travní stroj, jehož pracovním orgánem jsou nože otáčející se kolem svislé osy. Rostliny jsou tímto ústrojím přezávány.

Žací stroj používaný zpravidla k sečení trávy v parcích a zahradách. Jeho pracovním ústrojím je buben otáčející se kolem vodorovné osy, k němuž jsou připevněny šroubovitě uspořádané nože.

Stroj načechrávající ležící pokosy k zrychlení jejich prosychání. Podle pracovního ústrojí se dělí na bubnové, kývavé a vidlicové rotační.

Stroj, který rozrušuje mačkaním strukturu posečených rostlin, aby snáze vysychaly. Jeho pracovním ústrojím jsou buď hladké nebo rýhované válce. V prvním případě jsou rostliny rozmačkávány zplošťováním, v druhém jsou nalamovány.

Stroj na obracení zavadlých pícnin při jejich sušení na zemi. Podle pracovního ústrojí se dělí obraceče na vidlicové a bubnové.

Stroj obracející zavadlé pícniny vidlicemi poháněnými klikovým mechanismem.

Stroj obracející zavadlé pícniny pružnými prsty upevněnými na bubnu, jehož osa je kolmá nebo šikmá ke směru jízdy stroje.

Stroj, který může vykonávat dvě různé funkce. Podle potřeby pícniny obrací nebo je shrnuje do řádku. Dá se ho použít i k rozhazování pícnin z řádku do široka.

Podle druhu pracovního ústrojí se shrnovací obraceče dělí na bubnové, paprskové, kuželové a hrabíkové.

Pracovním ústrojím jsou pružné prsty upevněné na bubnu, jehož smysl otáčení lze měnit.

Shrnovací obraceč paprskový

Pracovním ústrojím jsou nezávisle odpružená kola s pružnými prsty na obvodu nastavená šikmo ke směru jízdy. Kola jsou uváděna do otáčivého pohybu dotykem o strniště. Na společném rámu je vždy několik takových kol vedle sebe. Poloha kol vůči směru jízdy se dá měnit, čímž se změní funkce stroje.

Shrnovací obraceč kuželový

Pracovním ústrojím jsou dlouhé, obloukovitě zahnuté pružné vidlice.

Shrnovací obraceč hrabcový

Pracovním ústrojím jsou hrabice s pružnými prsty, upevněné za sebou na článkových řetězech, které se pohybují kolmo ke směru jízdy.

Pohrabovač prutový
Поперечные грабли
Hay rake

Stroj na shrabování pícnin do příčných řádků. Jeho pracovním ústrojím je koš z ocelových prutů, který se dá k vyprazdňování zvedat buď ručně nebo mechanicky.

Shrnovač bubnový

Stroj, který shrnuje pícniny do podélného řádku. Pracovním ústrojím jsou pružné prsty upevněné na bubnu, jenž se otáčí proti smyslu otáčení pojezdových kol. V tomto provedení se stroj vyrábí jen zřídka. Zpravidla je konstruován jako bubnový obraceč (viz) a slouží pak jak k shrnování, tak i obracení.

Shrnovací naběrač tyčový
Болокуша
Sweep rake

Stroj, který shrnuje a přemisťuje pícniny nebo kopky sena či slámy. Pracovním orgánem je řada špičatých tyčí upevněných na způsob vidlí ve společném nosníku. Naběrač se montuje zpravidla jako čelně nesené nářadí na předek traktoru.

Nakládač
Погрузчик
Loader

Stroj, který nakládá posečené nebo usušené pícniny. Podle vykonávaných funkcí se nakládače dělí na žací a sběrací, podle druhu sběracího ústrojí na bubnové a hrabcové.

Žací nakládač

Nakládač opatřený vlastním žacím ústrojím. Seče pícniny a ihned je dopravuje na přívěsný vůz.

Sběrací nakládač

Nakládač bez vlastního žacího ústrojí, který sbírá pícniny posečené jiným strojem a dopravuje je na přívěsný vůz, popř. do kopkovače.

Vědecký časopis Zemědělská technika uveřejňuje studie, rozborů a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Ústav vědeckotechnických informací ministerstva zemědělství, lesního a vodního hospodářství. Vychází jako dvouměsíčník. Celoroční předplatné 60 Kčs. — Redakce: Praha 2, Slezská 7, telefon 27 45 51-8. Rozšiřuje Poštovní novinová služba, objednávky a předplatné přijímá Poštovní novinový úřad, ústřední administrace PNS, třída Obránců míru 2, Brno. Lze také objednat u každého poštovního úřadu nebo doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje Poštovní novinový úřad - vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1. — Vytiskl Mír, novinářské závody, n. p., závod 2, provozovna 22, Legerova 22, Praha 2. A-02*21689