

Inž. Josef D r o b n ý , VÚHU,
inž. Tomáš K r a t o c h v í l , VÚHU,
inž. Oldřich K l i m e c k ý , VÚHU:

CESTY KE SNÍŽENÍ DESTRUKCE UHLÍ NA PŘESYPECH DÁLKOVÉ PÁSOVÉ DOPRAVY

Technologie pásové dopravy na povrchových dolech si vyžaduje použití více sekcí dopravníků v jedné pásové lince. Vznikají tím předávací místa mezi jednotlivými sekcemi - přesypy, kde dopravovaný materiál mění směr, polohu a rychlost. Správné provozní zvládnutí kinematiky a dynamiky přesypů je úkol velmi náročný. Současný stav jednoznačně ukazuje na nevhodnost dosavadního řešení. Hlavní závady a nedostatky přesypů lze přibližně shrnout do následujících sedmi bodů:

1. Nalepování funkčních elementů přesypů a vznik závalu. Jako příklad jsou uvedeny v tab. 1 ztráty vzniklé prostoji v důsledku závalu za 1. pololetí 1966 na dole Merkur.

Tab. 1

	Ř e z			
	I.	II.	III.	Celkem
Prostoje vzniklé závaly (hod.)	218,2	273,24	247,7	739,14
Ztráty těžby (m ³)	124 600	213 317	197 123	535 040
Ztráty finanční (Kčs)	574 400	1 099 566	988 827	2 662 793

(pásová doprava: $B = 1200 \text{ mm}$, $v = 3,15 \text{ m/s}$)

Velikost ztrát činí tedy 2 662 793 Kčs za půl roku a značně tím snižuje ekonomičnost pásové dopravy včetně spolupracujících zařízení.

2. Destrukce materiálu. Vlastní destrukce má velmi negativní vliv především při dopravě uhlí, kdy vznikají ztráty snížením odbytové ceny, jak je patrné z tab. 2, 3 (uvedené hodnoty jsou pouze ilustrativní, ne reprezentativní).

Tab. 2

Místo odběru	Procentní podíl velikosti zrn (%)					Celkem
	> 80	80-40	40-22	22-10	10-0	
Počátek pásové dopravy	53,6	24,9	8,8	5,9	6,8	100
Konec pásové dopravy	21,9	31,4	17	13,6	16,1	100

(důl Maxim Gorkij I, pásová doprava: B = 1000 mm, v = 2 m/s, 8 přesypů)

Tab. 3

	Kusovitost (mm)			Celkem (Kčs/1000 kg)
	> 40	40-12	12-0	
Odbytová cena (Kčs/1000 kg)	135	125	103	
Počátek pásové dopravy	105,98	18,38	7,07	131,43
Konec pásové dopravy	71,96	38,25	16,55	126,76

(odbytové ceny z r. 1967)

Je tedy patrné, že v tomto případě dochází ke ztrátě cca 4,67 Kčs/t z odbytové ceny, takže např. při těžbě 1 375 000 t/rok činí ztráta až 6 421 000 Kčs.

3. Snižování kapacity ložného profilu. Na přesypu dochází ke zvýšení hodnoty koeficientu nakypření a tím prakticky k dosažení horní hranice kapacity ložného profilu pásového dopravníku. V důsledku střešání na vlastní válečkové trase snižuje se na určité délce dopravníku (poměrně krátké) velikost koeficientu nakypření, kapacita ložného profilu je tedy větší a dochází k jejímu nevyužití. Toto bylo prokázáno laboratorními zkouškami (viz tab. 4), kde pozorujeme snížení kapacity ložného profilu na 50 m dopravní délky o cca 12 %.

Tab. 4

	Dopravní vzdálenost (m)				
	0	50	100	200	500
Průřez náplně na pásu (m ²)	0,1915	0,169	0,1645	0,163	0,1625
Odpovídající výkonnost (m ³ /hod.)	2 070	1 825	1 775	1 760	1 754
Změna objemu L = 0 m - 100 %	100	88	86	85	84,8

(pásový dopravník: B = 1200 mm, v = 3 m/s, materiál - pískovec s jílovitým tmelem)

4. Energetické ztráty. Vznikají urychlováním a přechováním materiálu v násypce a při výšce přesypu např. 3 m činí až 15 % celkového výkonu.
/ 1 /

5. Poškození gumového dopravního pásu průrazy a jeho vybočování ze směru dopravy, abnormální opotřebení elementů přesypů.

6. Vysoká hlučnost a prašnost. Je v současných podmínkách dálkové pásové dopravy, kdy je na každé poháněcí stanici obsluha, v rozporu s požadavky na hygienu a kulturnost pracovního prostředí.

7. Nežádoucí změny fyzikálně-mechanických materiálů (skrývky). V tomto případě spolupůsobí také vlastní válečková trasa pásového dopravníku. Vnější projevem je zhoršení stability svahů výsypek a snížení dynamického syného úhlu v příčném profilu na dopravním pásu. Tyto jevy byly zatím pozorovány pouze v zahraničí, kde např.: na dole Victor po nahrazení kolejové dopravy pásovou se snížily sklony svahů výsypek z původních 1:2 - 1:8 na 1:10 - 1:20 / 2 /. Dále viz pozorování, které prováděl Zimmermann, Szafran / 3 /, / 4 /.

Z výše uvedeného plyne, že přesypy jsou úzkým profilem pásové dopravy. Při zvyšování dopravních rychlostí stávají se členem limitujícím a je tedy nutno zabývat se komplexním a důkladným řešením tohoto problému.

V dalším bude proveden rozbor destrukce uhlí na přesypech a naznačeny hlavní zásady tohoto problému.

Destrukce uhlí je v podstatě fyzikální proces, v němž je v materiálu účinkem vnějších sil porušena jeho soudržnost. Vycházíme-li z plošné teorie destrukce uhlí / 5 /, po zavedení bezrozměrné veličiny - stupně destrukce (i) můžeme psát:

$$(1) \quad i = \frac{A}{3A_s} + 1$$

kde: $i = \frac{U}{u}$ - stupeň destrukce uhlí (poměr původní délky hrany /U mm/ k hraně /u mm/ vytvořené po destrukci,

A /kgm/- přetvárná práce potřebná k destrukci krychle o délce hrany /U mm/ na krychli o délce hrany /u mm/,

A_s /kgm/- konstanta závislá na mechanických vlastnostech a výchozím stavu uhlí, kterou lze jinak nazvat specifickou přetvárnou prací.

Při stanovení velikosti přetvárné práce lze vyjít z obecné teorie rázu dvou těles a za předpokladu:

- rozdělení deformační práce v poměru tuhosti uhlí a elementu, na který uhlí dopadá,
 - trvalých deformací uhlí,
 - pružných deformací elementu, na který uhlí dopadá,
- platí pro velikost přetvárné práce uhlí (A) na přesypu vztah:

$$(2) \quad A = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_1^2 - L_1$$

kde: m_1, m_2 / $\text{kg s}^2 \text{m}^{-1}$ / - pohyblivé a nepohyblivé hmoty destrukčního procesu na přesypu,

L_1 / kgm / - deformační práce místa dopadu uhlí (tj. deformační schopnost),

$v_1 = v \cdot \sin \omega_0$ / m/s / - kolmá dopadová rychlost uhlí,

v / m/s / - rychlost dopadu uhlí,

ω_0 / $^\circ$ / - úhel dopadu uhlí.

Dosazením (2) do (1) a úpravou dostaneme obecnou rovnici pro stupeň destrukce uhlí na přesypu:

$$(3) \quad i = \frac{1}{0,06 A_s} \left(\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v^2 \cdot \sin^2 \omega_0 - 2L_1 \right) + 1$$

Nejdůležitějším výsledkem rovnice (3) je, že mimo fyzikálních vlastností dopravovaného uhlí, reprezentovaných konstantou (A_s), závisí stupeň destrukce uhlí (i) na parametrech, které můžeme v konstrukci přesypů ovlivňovat. Především je to dopadová rychlost (v), úhel dopadu (ω_0), deformační schopnost místa dopadu (L_1). Zavedením obecných koeficientů do rovnice (3), uvažováním počtu přesypů (n) a zobecněním dostaneme funkční závislost:

$$(4) \quad i = f(l_t, v, \omega_0, k_t, n)$$

kde: I_t - index tříštivosti uhlí (zahrnuje vliv mechanických vlastností uhlí - určuje se normalizovanou zkouškou dle ČSN 441325),
 k_t - koeficient zahrnující vliv dopadového místa (tvar, druh, jankost a jiné),
 n - počet přesypů.

Za předpokladu:

- konkrétního schématu destrukčního procesu,
- nezávislosti a postupnosti destrukčního procesu v jednotlivých uvažovaných frakcích uhlí

je možné odvodit vztah:

$$(5) \quad i/\sqrt{C} \cdot \Delta G_1$$

kde: ΔG_1 /kg/ - absolutní přírůstek frakce 0-12 mm po destrukci uhlí,
 C - konstanta úměrnosti.

Za měřítko velikosti stupně destrukce uhlí (tj. intenzity destrukčního procesu) lze tedy vzít ΔG_1 /kg/ - absolutní přírůstek frakce 0-12 mm po destrukci, tedy veličinu snadno měřitelnou.

Pro stanovení empirické závislosti

$$(6) \quad \Delta G_1 = f(I_t, v, \omega_0, k_t, n)$$

byly provedeny laboratorní zkoušky na pádovém zařízení (viz obr. 1a). Zařízení sestává z vodícího stojanu, ve kterém se pohybuje pomocí vrátku zkušební nádoba (tyto části jsou zhotoveny dle doporučení ČSN 441325). Pod zkušební nádobu se do pomocného rámu uchycují zkušební tlumicí štíty (viz obr. 1b, c - různé tvary a provedení) nebo krátký pásový dopravník (viz obr. 1d). Doplnková zařízení jsou: ruční rozdružovací zařízení se sadou sít, pákové váhy do rozsahu 50 kg aj. Sledování a nastavování jednotlivých veličin rovnice (6) se provádí:

- l_t - provedením normalizované zkoušky dle ČSN 441325,
- v /m/s/ - nastavením zkušební nádoby do výšky H (platí zde přepočítávací vztah - $v = \sqrt{2gH}$),
- ω_o /°/ - nastavením zkušebního zařízení o úhel α vůči horizontále (platí zde převodní vztah: $\omega_o = \frac{\pi}{2} - \alpha$),
- k_t - kvalitativní změnou dopadového místa, a to:
1. tlumicími štíty
 2. pryžovým pásem (umožňuje použití pevných válečků, girland, různé napínací síly - T , rozteče stolic - a),
- ΔG_j /kg/ - rozdužením vzorků na frakce, zvážením před a po destrukci.

Postup zkoušek

Odebraný vzorek těženého uhlí z dolu před dopravou v množství cca 800 kg, přepravovaný a uchovávaný ve speciálních sudech (z důvodu zachování původní vlhkosti), byl podroben prvotnímu rozdužení za účelem roztržení na frakce (>80 , $80-40$, $40-12$, $12-0$ mm) a zjištění procentního zastoupení jednotlivých frakcí ve vzorku pro vlastní destrukční zkoušky. Zkušební vzorek v množství 30 kg byl nasypán do zkušební nádoby, nastaveny sledované veličiny, provedena pádová zkouška, rozdužení a vážení. Toto se provádělo v počtu odpovídajícímu počtu přesypů - n (platí zde, že počet přesypů se rovná počtu pádů zkušebního vzorku).

Současně byly sledovány chemické a fyzikálně-mechanické vlastnosti uhlí před a po destrukci. Bylo zjištěno, že nedochází k podstatným změnám těchto veličin a lze je uvažovat jako nezávislé na destrukčním procesu. Vlastnosti a základní hodnoty zkoušených vzorků uhlí jsou uvedeny v tabulce 6.

Pro proces destrukce uhlí na přesypu je charakteristická a typická závislost změn váhových podílů jednotlivých frakcí ($\mathcal{A}_i$; pro $i = 1, 2, 3, 4$) na $k_\alpha^2 v = v^2 \cdot \sin^2 \omega_o$ (viz graf 1), kde je patrný radikální pokles frakce >80 mm a naopak výrazný vzestup frakce $0-12$ mm. Střední frakce $40-12$, $80-40$ mm mají pro daný počet 15 pádů průběh nepravidelný.

Tab. 6

Číslo vzorku	Místo odběru	Specifická váha (g/cm ³)	Index tříštivosti I _t (%)	Koeficient pevnosti Protod. f _p	Pevnost tlaku (kg/cm ²)	Index otěru (n=50 ot.) I _o (%)
1	MG	1,227	79,4	-	120-180	-
2	ČSA	1,256	85,8	-	120-180	-
3	MG	1,229	82,3	1,36	120-180	80,8
4	ČSA	1,287	82,8	1,52	120-180	83,4

Analýzou naměřených hodnot 1 300 pádových zkoušek pro konstantní počet přesypů lze stanovit empirickou závislost:

$$(7) \quad \Delta G_1 = (0,127 - 0,078 I_t) v^2 \cdot \sin^2 \omega_0 k_t$$

Hodnoty k_t jsou uvedeny v tabulce 7, průběh pro n = 15 viz graf 2.

Tab. 7

k _t	1,0	1,265	x/ 0,7-0,9	0,5-0,7
	tlumicí štít 1	tlumicí štít 2	pásový dopravník	
			pevné válečky	girlandové stolice

x/ rozsah hodnot je v závislosti na rozteči válečků (a) a napínací síle (T).

Vliv počtu přesypů na destrukci je patrný z grafu 3 a je charakterizován mocninou závislosti s exponentem n = 0,5. Za předpokladu přímé úměry mezi tvořením frakce 0-12 mm (ΔG₁) a celkovým množstvím uhlí (Q),

při uvažování schématu přesypu dle obr. 2 a použití rovnice (7), lze psát výsledný empirický vztah pro destrukci uhlí na přesypu jako celku ve tvaru:

$$(8) \Delta G_1 = Q (1,12 - 0,69 I_t) (v_1^2 \sin^2 \omega_{01} k_{t1} + v_2^2 \sin^2 \omega_{02} k_{t2}) n^{0,5} / \text{kg/}$$

- kde: G_1 /kg/ - velikost přírůstku frakce uhlí 0-12 mm,
 Q /t/ - celkové dopravené množství uhlí,
 v_1, v_2 /m/s/ - dopadová rychlost uhlí na tlumicí štít a dopravní pás,
 ω_{01}, ω_{02} /°/ - úhly dopadu uhlí na tlumicí štít a dopravní pás,
 k_{t1}, k_{t2} - koeficienty dopadového místa (viz tab. 7),
 I_t - index tříštivosti uhlí,
 n - počet přesypů,

Výsledná rovnice (8) dává možnost kvalitativního i kvantitativního posouzení přesypů z hlediska destrukce uhlí a může sloužit jako výchozí podklad pro řešení tohoto problému.

Obecné závěry pro zlepšení a řešení stávající situace jsou následující:

1. Provést úpravy na přesypech dle ideového návrhu dle obr. 3 ($v=4$ m/s) - nutno klást velký důraz na optimální tvar štítu a jeho prostorové nastavení včetně řešení dopadového místa.
2. Provést optimalizaci ložného profilu (optimální sklon bočních válečků a délka středního válečku), aby pro dané množství rychlost dopravy uhlí byla minimální.
3. Řešit konstrukčně přesypy s minimálními pádovými výškami.
4. Omezit počet přesypů - volit maximální délky dopravníků při použití pásů větší pevnosti, využít možnosti vedení dopravníku v zakřivení a provádět terénní úpravy za účelem snížení počtu sekcí pásových dopravníků.

Za výše uvedených předpokladů je proveden příklad výpočtu aplikovaný na pásovou dopravu z lomu Maxim Gorkij na překladiště Emerán. Použité hodnoty pro výpočet jsou přehledně uspořádány v tab. 8.

Tab. 8

	Nové hodnoty	Původní hodnoty
Počet dopravníků (n)	4	8
Průměrná délka dopravníku (L_D)	0,93 km	0,46 km
Dopravní rychlost (v)	1,6 m/s	2,0 m/s
Dopadová rychlost na štít (v_1)	6,0 m/s	5,0 m/s
Dopadová rychlost na pás (v_2)	6,5 m/s	7,0 m/s
Úhel dopadu na štít (ω_{01})	10°	25°
Úhel dopadu na pás (ω_{02})	65°	90°
Koeficient místa dopadu tlumícího štítu (k_{t1})	1,0	1,265
Koeficient místa dopadu na pás (k_{t2})	0,7	0,9
Přírůstek ΔG_1 (vypočteno dle rovnice (8))	10,5 t/h (3 %)	28,5 t/h (8,1 %)

platí pro: $l_t = 0,794$; $Q = 350$ t/h; $B = 1000$ mm

Schéma přesypu řešeného příkladu je vyznačeno na obr. 4.

Pozn.: Původní hodnota G_1 přibližně souhlasí s provedenými rozse-
vovými zkouškami v provozu na dole Maxim Gorkij, kde byla zjištěna hodnota 9 %.

Z výpočtu vyplývá, že provedením navrhovaných úprav (viz obr. 4) lze snížit přírůstek frakce 0-12 mm, vzniklý destrukcí, až na 1/3 přírůstku původního. Lze provést následující vyčíslení úspor dosažitelných zvýšeným ziskem.

1. Roční těžba lomu Maxim Gorkij, Braňany	1 375 000 t/rok
2. Přírůstek frakce 0-12 mm z roční těžby při současném stavu	111 500 t/rok
3. Přírůstek frakce 0-12 mm z roční těžby po realizování navrhovaných úprav	41 250 t/rok
4. Rozdíl (2 - 3). Množství uhlí, u kterého v důsledku nových úprav nedojde k jeho destrukci na frakci 0-12 mm	70 250 t/rok
5. Průměrná kalorická výhřevnost uhlí	3 770 kcal/kg
6. Průměrná odbytová cena uhlí frakce 12-80 mm	130 Kčs/t
7. Odbytová cena uhlí frakce 0-12 mm	103 Kčs/t
8. Rozdíl odbytové ceny	27 Kčs/t
9. Zisk - úspory (4 x 8)	1 900 000 Kčs/rok

Mimo tyto úspory snížením podílu drobných frakcí vzniknou pochopitelně další úspory z titulu snížení počtu přesypů, tj. úspory investiční, úspory na obsluhu, údržbu a elektrickou energii. Jak je patrné, navrhované konstrukční úpravy mají podstatný vliv na zvýšení ekonomiky dopravy uhlí pásovými dopravníky.

Závěr

Výše uvedeným řešením problematiky destrukce materiálu při pásové dopravě byly objasněny jak kvalitativní, tak i kvantitativní vztahy, umožňující:

- stanovit kritéria pro nové řešení konstrukce přesypů, a to nejen z hlediska maximální šetrnosti vůči těživu, které nárazy ztrácí jakost, ale i pro zvýšení kapacity dopravních zařízení;
- jako vedlejší, ale neméně důležité je nalezení cesty k vyřešení problému nalepování na elementech přesypů pásových dopravníků;
- byl vytvořen teoretický základ pro další aplikaci získaných poznatků v oblasti usměrňování toku materiálu i na jiných zařízeních s páso-
vými dopravníky jako jsou rypadla, zakladače a v neposlední řadě i třídírny a briketárny, kde problémy destrukce uhlí jsou velmi akutní.

Z uvedeného je patrné, že lze i v tomto směru podstatně zvýšit ekonomiku dopravy uhlí pásovými dopravníky. Ztráty vzniklé destrukcí jsou tak značné, že žádný vedoucí hospodářský pracovník, důsledně uplatňující nový ekonomický model v praxi, si nemůže dále dovolit tyto ztráty pouze evidovat, ale musí je vhodným řešením urychleně snížit na minimum.

Literatura

- 1) Bahr: Příspěvek ke zdokonalení výpočtových podkladů pro pásové dopravníky
- 2) Zimmerman: Über das Verhalten des Deckgebirges und des Kohlenflözes beim Aufschluss des Braunkohlentagebaus Santa Barbara in Castelnovo dei Sabbioni in Italien
(Braunkohle, Wärme und Energie, 1962, 1)
- 3) Szafran: Zmiany cech brył gruntów spoistych w czasie transportu taśmowego
(Habilitační práce, 1965, Wrocław)
- 4) Patrmann: Zařízení úpraven

S h r n u t í

V úvodu článku je proveden stručný přehled a rozbor závad a nedostatků přesypů při dálkové pásové dopravě. V dalším se autor zabývá destrukcí hnědého uhlí na přesypech. Je zde uveden teoretický rozbor destrukčního procesu, metodika a výsledky laboratorních zkoušek. Závěrem je uvedena empirická rovnice pro stanovení velikosti destrukce uhlí na přesypu, ideový návrh řešení nového přesypu a praktický příklad.

R é s u m é

VOIES DE L'ABAISSEMENT DE LA DESTRUCTION DU CHARBON SUR LES POINTS DE TRANSFERT DU TRANSPORT PAR BANDE À GRANDE DISTANCE

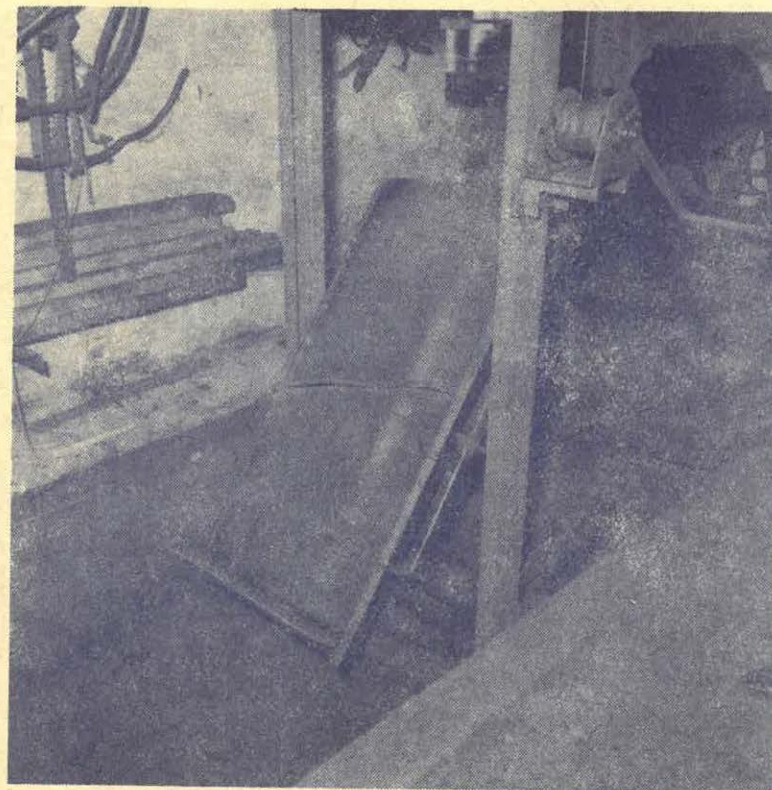
Dans l'introduction de l'article, un aperçu court et une analyse des défauts des points de transfert lors du transport par bande à grande distance est donné. De plus, l'auteur s'occupe de la destruction du charbon brun sur les points de transfert. L'analyse théorique du procédé de destruction, la méthode et les résultats des essais de laboratoire sont indiqués. Finalement, on présente une équation empirique permettant la détermination du degré de destruction du charbon sur les points de transfert, ainsi qu'un projet de réalisation d'un nouveau point de transfert accompagné d'un exemple pratique.



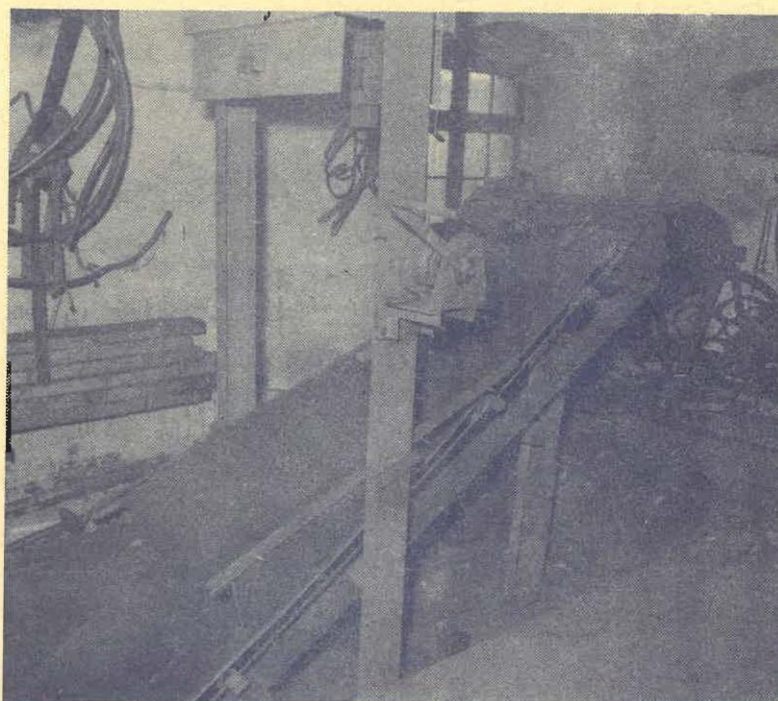
Obr. č. 1a Pádové zařízení



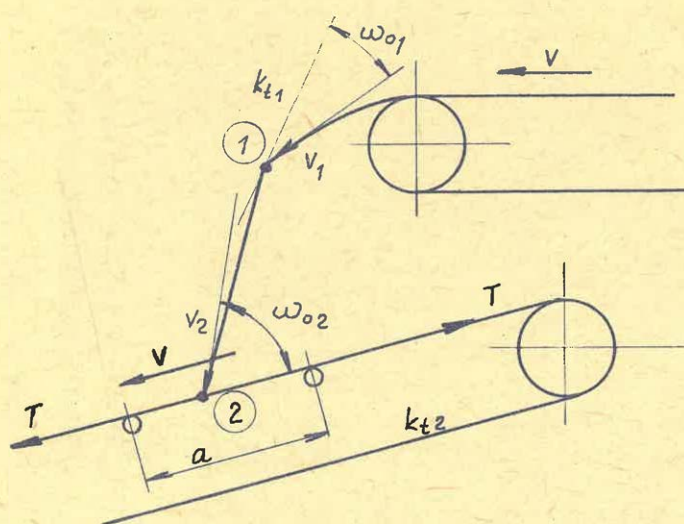
Obr. č. 1c Pádové zařízení
Detail: zkušební tlumicí štít



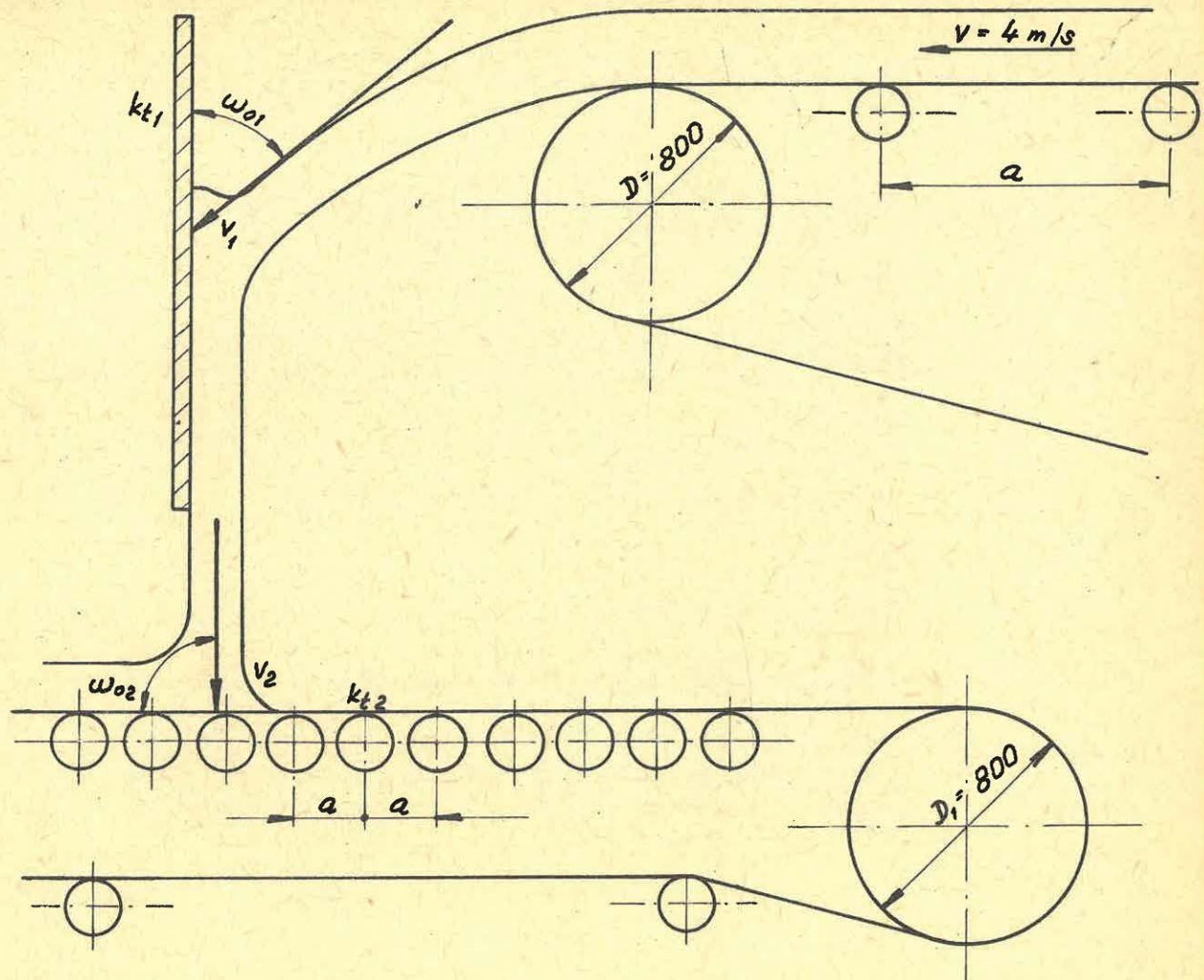
Obr. č. 1b Pádové zařízení
Detail: zkušební tlumicí štít



Obr. č. 1d Pádové zkoušky
Detail: krátký pásový dopravník

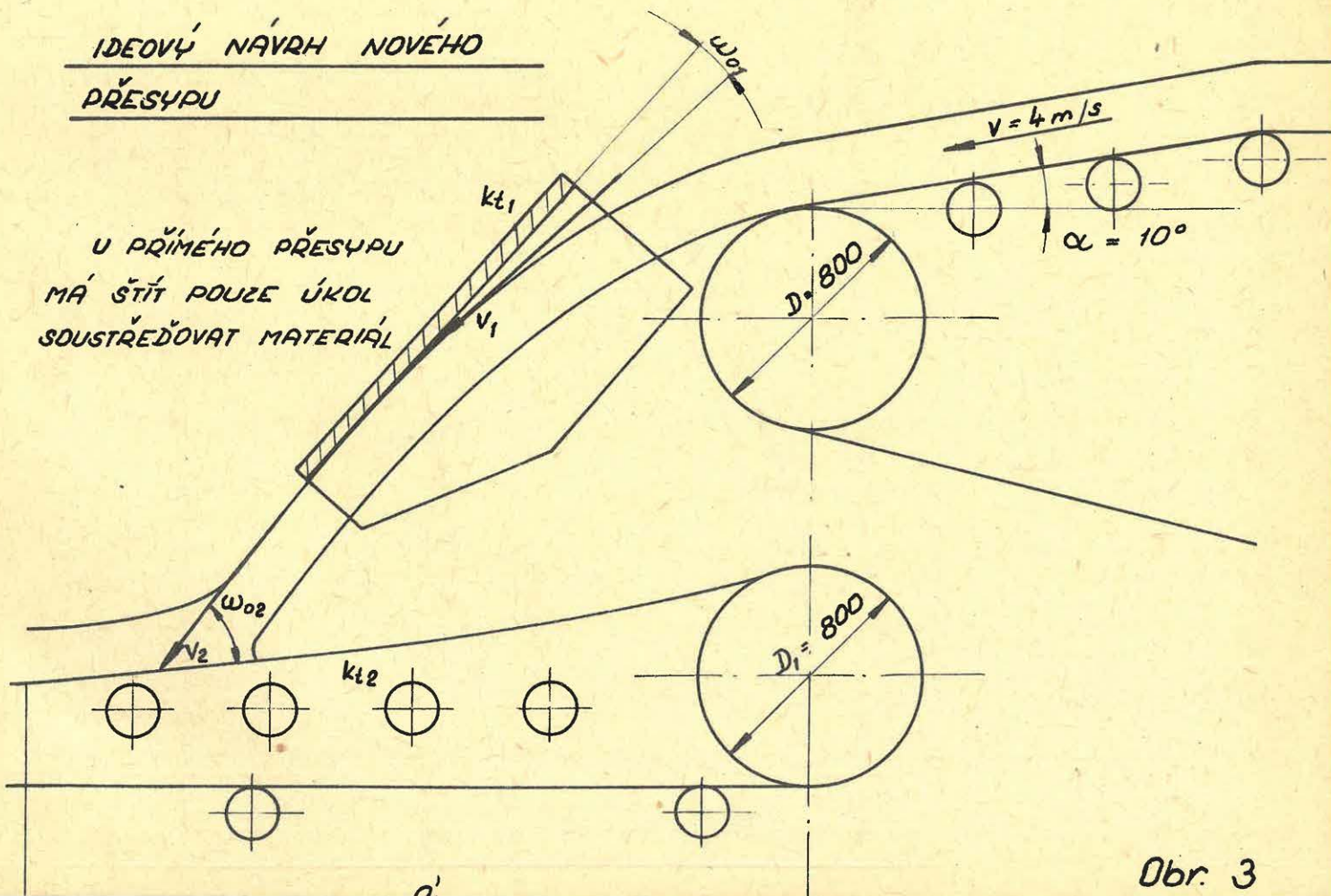


Obr. 2
Schéma přesypu

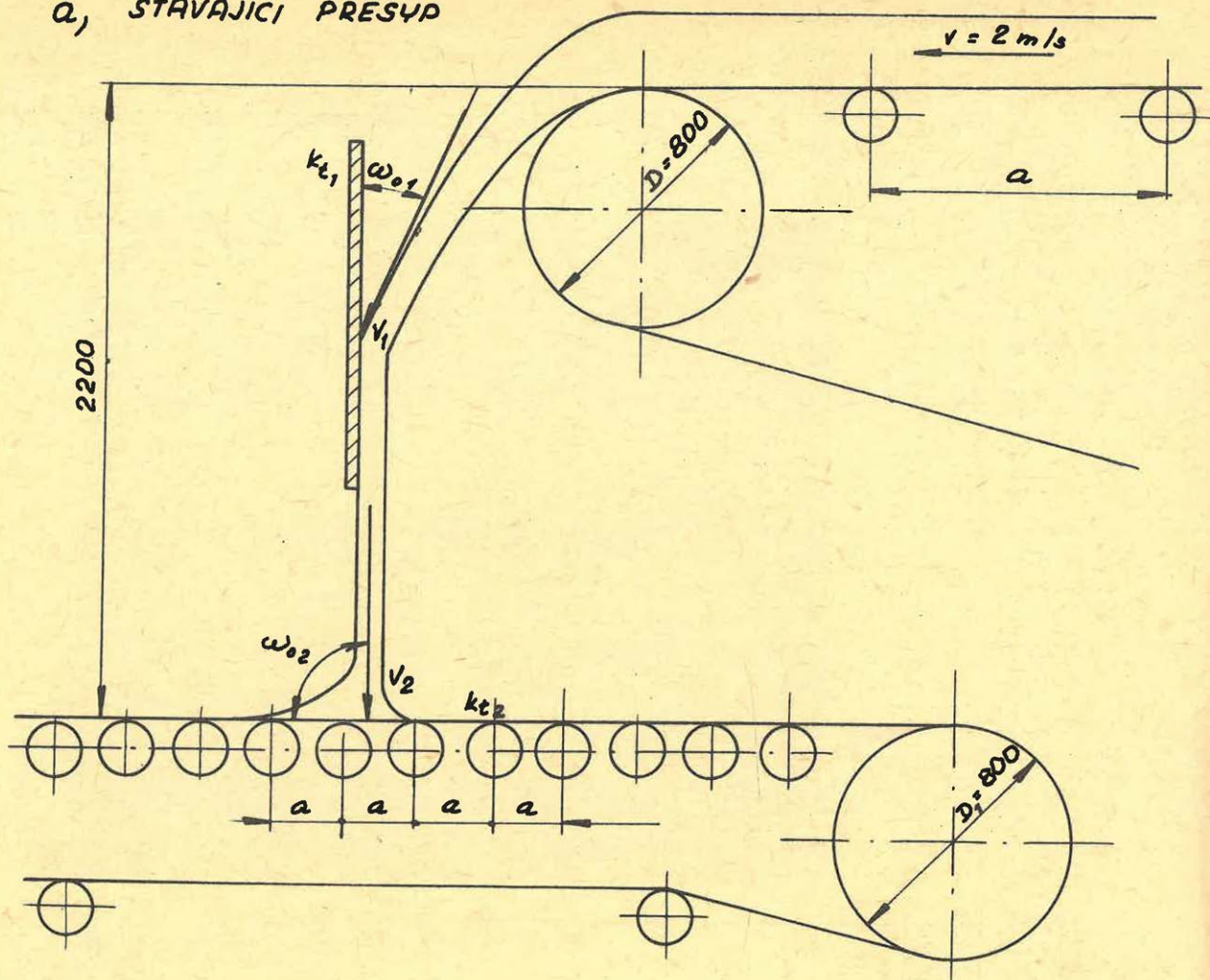


IDEOVÝ NÁVRH NOVÉHO
PŘESYPU

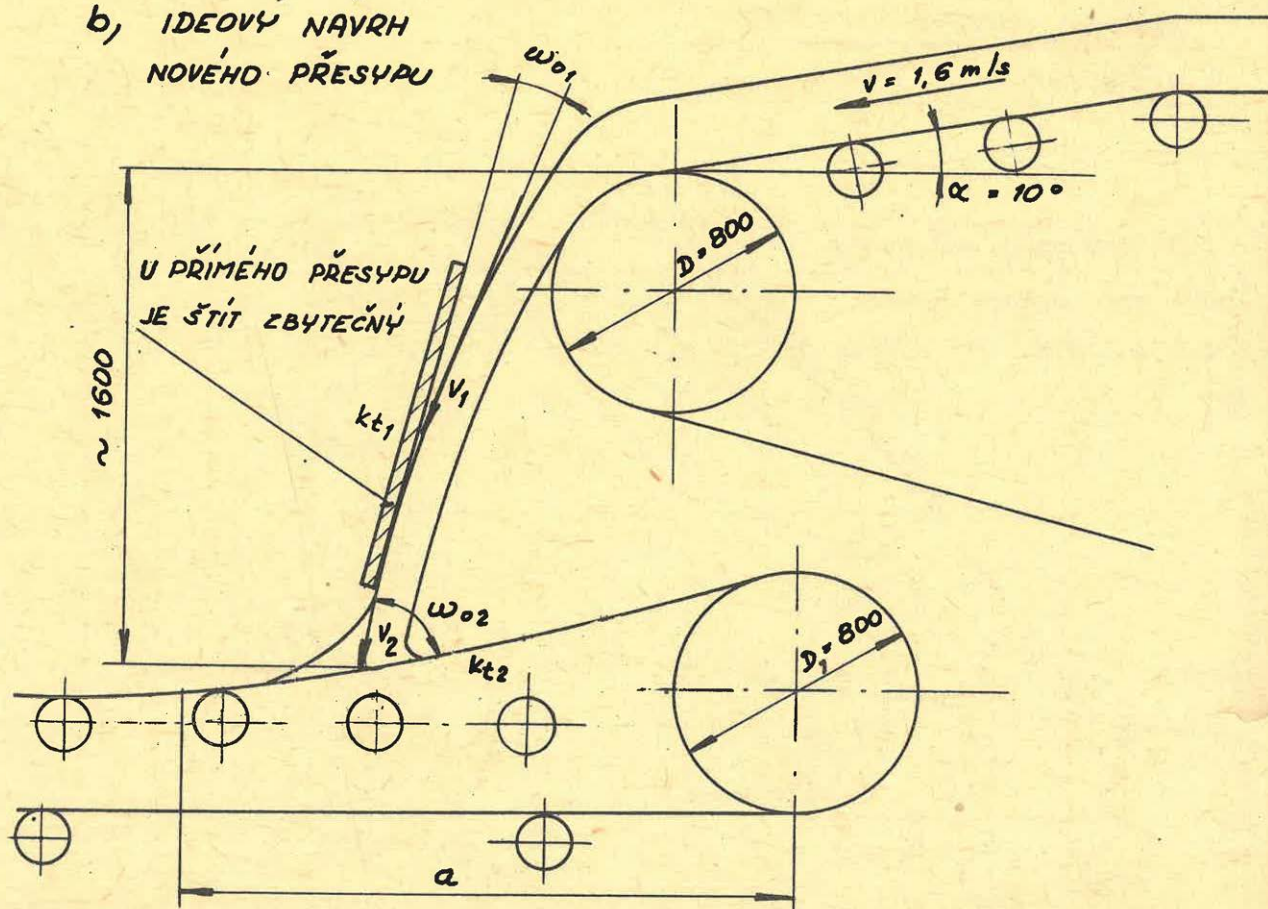
U PŘÍMÉHO PŘESYPU
MÁ ŠTÍT POUZE ÚKOL
SDOUSTŘEĐOVAT MATERIÁL



a, STÁVAJÍCÍ PŘESYP



b, IDEOVÝ NÁVRH
NOVÉHO PŘESYPU

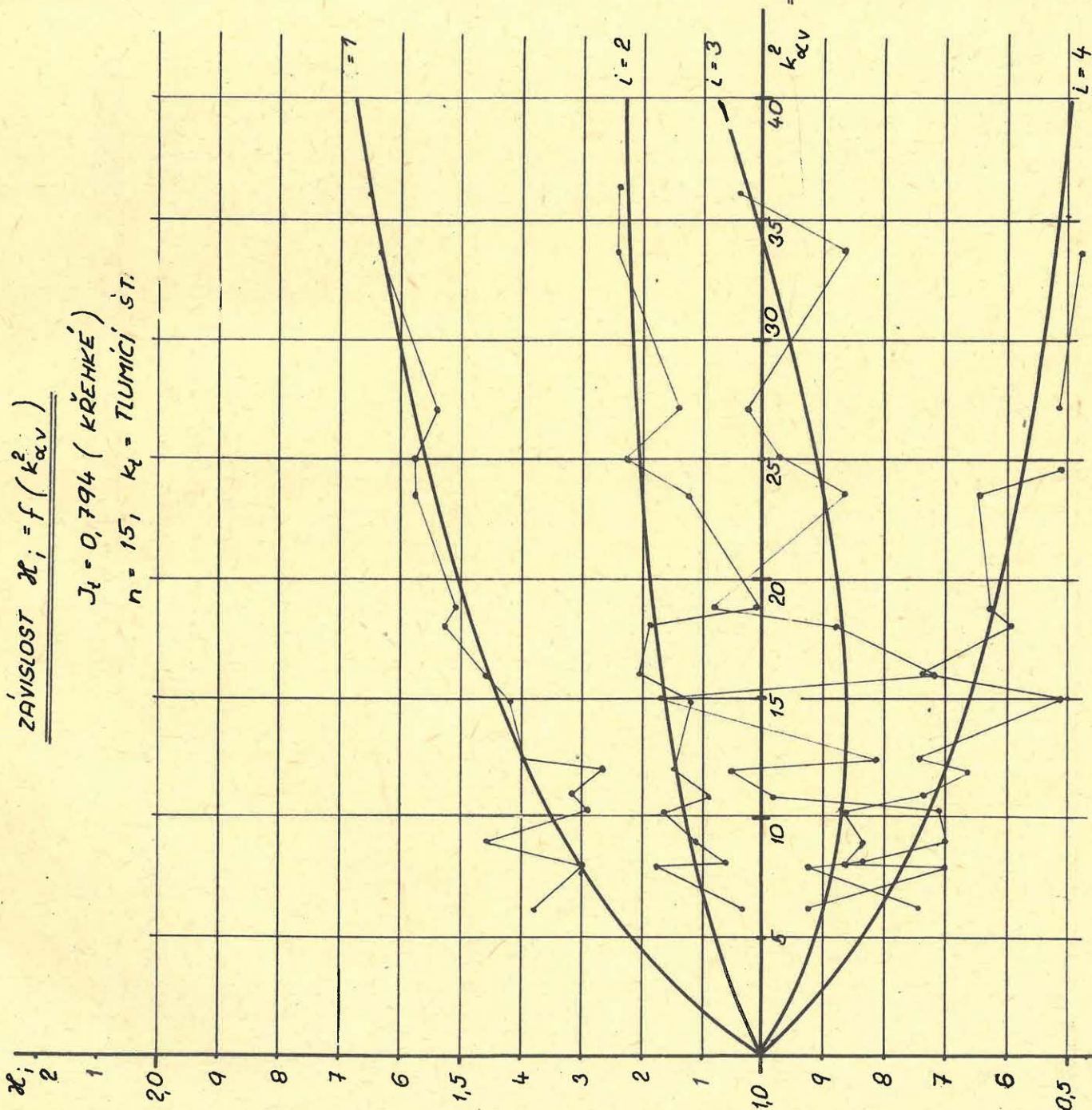


ZÁVISLOST $x_i = f(k_{\alpha v}^2)$

$J_k = 0,794$ (KŘEHKÉ)

$n = 15$, $k_2 = \text{TLUMÍCÍ ŠT.}$

$l = 1 - 0 - 12 \text{ mm}$
 $2 - 12 - 40 \text{ mm}$
 $3 - 40 - 80 \text{ mm}$
 $4 - 780 \text{ mm}$



$k_{\alpha v}^2 = v^2 \cdot \sin^2 \omega_0 \left[\frac{m^2}{s^2} \right]$

$\Delta G_1 [kg]$

ZÁVISLOST: $\Delta G_1 = (0,127 - 0,078 J_t) \cdot v^2 \cdot \sin^2 \omega_0 \cdot k_t$

$n=15$

1- $J_t = 0,828$; $k_t = 1,265$

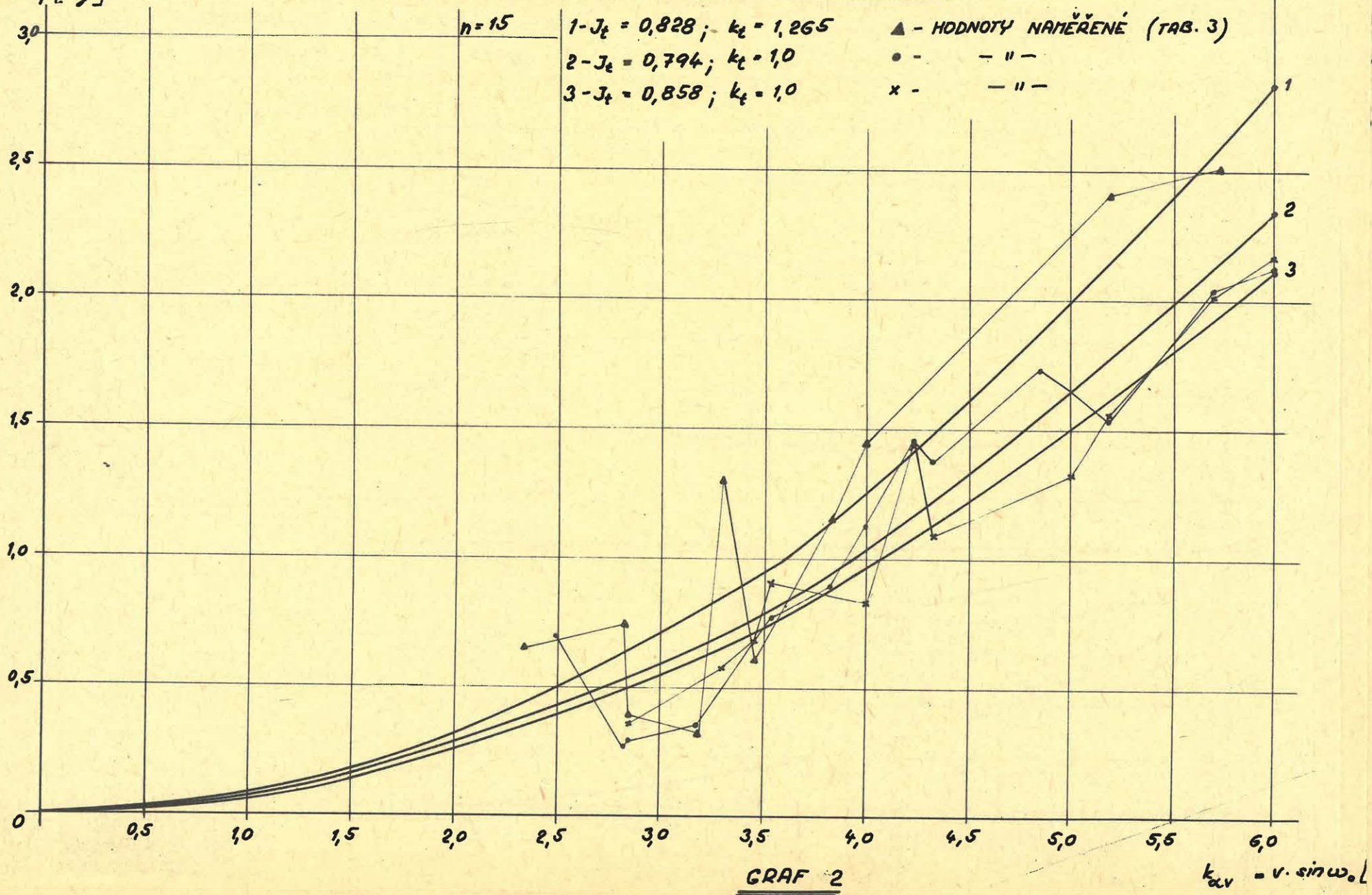
2- $J_t = 0,794$; $k_t = 1,0$

3- $J_t = 0,858$; $k_t = 1,0$

▲ - HODNOTY NAMĚŘENÉ (TAB. 3)

• - " -

x - " -



ZNÁMOSŤ $\Delta G_1 = f(n)$

$\Delta - \bar{z}_1 = 0,828$, $k_1 = 1,265$ (HODNOTY NAMĚŘENÉ - TAB. 4)

$\circ - \bar{z}_1 = 0,794$, $k_1 = 1,0$ — " —

$\times - \bar{z}_1 = 0,858$, $k_1 = 1,0$ — " —

$$\Delta G_1 = a \cdot n^k$$

$$\log \Delta G_1 = \log a + k \cdot \log n$$

$$a = f(\bar{z}_1, k_1)$$

$$k = 0,47 \pm 0,5$$

