

Inž. Josef D r o b n ý , VÚHU ;

NĚKTERÉ VÝSLEDKY Z KOMPLEXNÍHO ŘEŠENÍ PŘESYPŮ DOPRAVNÍKŮ
S VYSOKÝMI DOPRAVNÍMI RYCHLOSTMI

1. Úvod :

Vývoj dálkové pásové dopravy i dopravních cest na rypadlech a zakladačích je nerozlučně spojen s nutností zvyšování dopravních rychlostí pásů. Velká dopravní množství (10 000 m³/hod i více) nelze v podstatě ekonomicky dopravovat na velké vzdálenosti s nižšími rychlostmi než 5,0 m/vt. Při tom je známo, že vysoké dopravní rychlosti, kromě pozitivních vlivů (snížení tahových sil v pásu, snížení měrného obtížení na 1 bm, zvýšení výkonu při menších šířkách pásu ap.) mají i negativní vlivy (zvýšení specifické spotřeby energie, větší opotřebení mechanických částí), zejména se podstatně zhoršují poměry na přesypech. Důsledkem zhoršení podmínek na přesypech jsou zejména tyto jevy :

- a) nutnost zvětšení prostoru přesypu, což vede ke zvýšení výšky přesypu a v důsledku toho k velkým pádovým výškám a s nimi spojeným vysokým dynamickým namáháním ve spodní části přesypu
- b) dopravovaný materiál je vystaven značnému mechanickému namáhání, které se zejména při dopravě kvalitních druhů uhlí velmi nepříznivě projevuje ekonomicky.

Názorně je vztah mezi základními parametry přesypu a dopravní rychlostí patrný na obrázku č. 1. Příklad je proveden pro kolmý přesyp dvou dopravníků, kterému musí v podstatě každé konstrukční řešení u typisovaných pásových dopravníků vyhovovat.

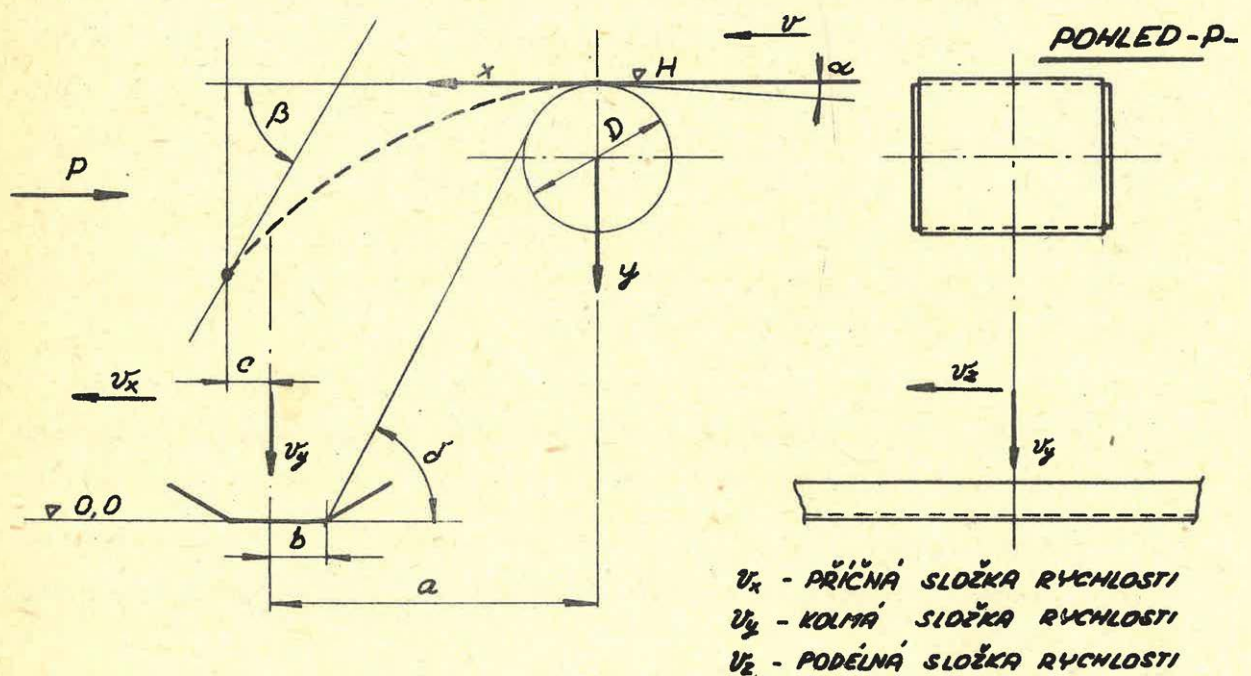
Potom platí pro vzdálenost podélné osy následujícího dopravníku od osy bubnu vztah

$$a = \frac{v^2 \operatorname{tg} \beta}{g} - c$$

Pro pádovou výšku

$$H = \left[\frac{v^2 \operatorname{tg} \beta}{g} - c - \frac{D}{2} \sin \delta - b \right] \operatorname{tg} \delta + \frac{D}{2} (1 - \cos \delta)$$

Z obou rovnic je patrné, že a i H roste se čtvercem rychlosti. Rozměry D , c a b jsou dány obecně jinými podmínkami a nezávisí na rychlosti. Pro zlepšení geometrických podmínek je pak možno pouze zmenšovat úhly β a δ . Praxe i teorie však ukazují, že oba úhly nelze při současném provedení přesypů zejména u lepidivých materiálů, zmenšovat pod hodnoty 60° . Bylo tedy nutno hledat cesty, jak se s uvedeným rozparem vypořádat.



Obr. 1.

Rychlost dopravních pásů a s tím spojené dopravní výšky se musí projevit na destrukci dopravovaného materiálu (a podle zákona akce a reakce i na příslušných částech dopravníku). Ve zprávě VÚHU z prosince 1966 (Výzkum vlivů na destrukci materiálu při pásové dopravě) je odvozen vztah pro stupeň destrukce materiálu

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

kde

A_u - je konstanta, charakterisující mechanické vlastnosti dopravovaného materiálu a lze ji označit jako specifickou přetvárnou práci

$m_1; m_2$ - hmoty na sebe působících těles

L_1 - deformační práce místa dopadu (vliv odpružení)

ω_0 - skutečný úhel dopadu

Ze vztahu je patrné, že při konstantní rychlosti a velikosti hmot (kusů) lze destrukční účinky zmírnit jen snížením úhlu dopadu a odpružením místa dopadu. Odpružení tlumicích štítů je však spojeno s řadou konstrukčních problémů. Jedna z cest odpružení, relativně schůdná a použitelná pro málo abrasivní materiály je například v provedení TRA. Princip řešení spočívá ve štítu, jehož dopadová plocha je z pryžového pásu napjatého v pevném rámu. Pro konstrukční řešení provedené ve VÚHU byla zvolena cesta tvarování tlumicích štítů tak, aby byly sníženy na minimum úhly dopadu materiálu.

Pro snížení destrukce (zejména uhlí) při dopravě je však možná i druhá cesta, a to : omezení počtu přesypů. Pro úplnost lze uvést příklad sledování provedeného pracovníky lomu Maxim Gorkij při pásové dopravě uhlí na překladiště Ústřední úpravy Ledvice (počet přesypů 11) tab. 1.

Tab. 1

Místo odběru	Procentní podíl velikosti zrn				
	> 80	40/80	22/40	10/22	0/10
před dopravou	53,6	24,9	8,8	5,9	6,8
po dopravě	21,9	31,4	17,0	13,6	16,1
vzájemný poměr ^x %	41	126	193	230	237

^x
před dopravou 100 %.

Z tabulky je patrný zejména podstatný vzrůst podílu drobných frakcí s nejhoršími odbytovými možnostmi s nejnižší odbytovou cenou. Celkovou ztrátu v odbytové ceně pak lze vyčíslit na 4,67 Kčs/t.

Výzkum problematiky přesypů není dosud ukončen, přesto však bylo dosaženo některých dílčích výsledků, jejichž realizace podstatně zlepší současné poměry při pásové dopravě. V následující části jsou podrobně popsány předpoklady i docílené výsledky při provozním ověřování :

- nového tvaru tlumicích štítů
- výsypky z rypadla K 800 na pásový dopravník.

2. Nový tvar a funkce tlumicích štítů

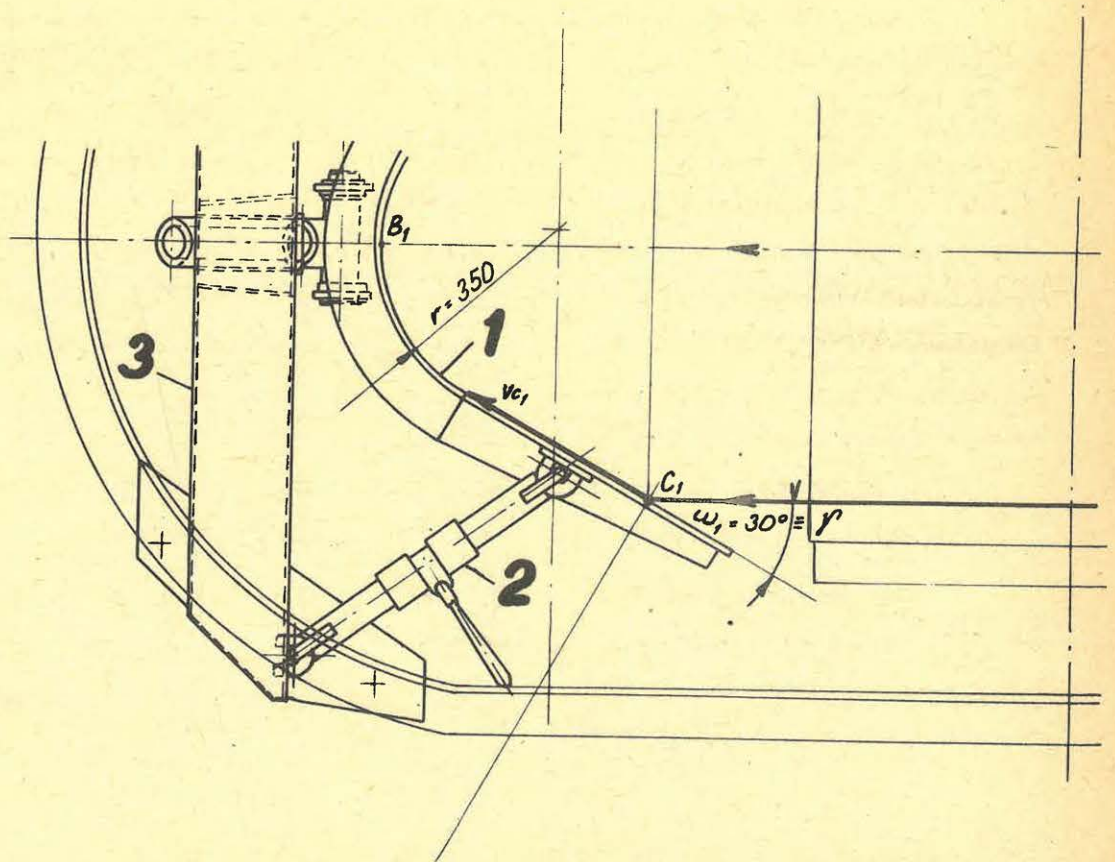
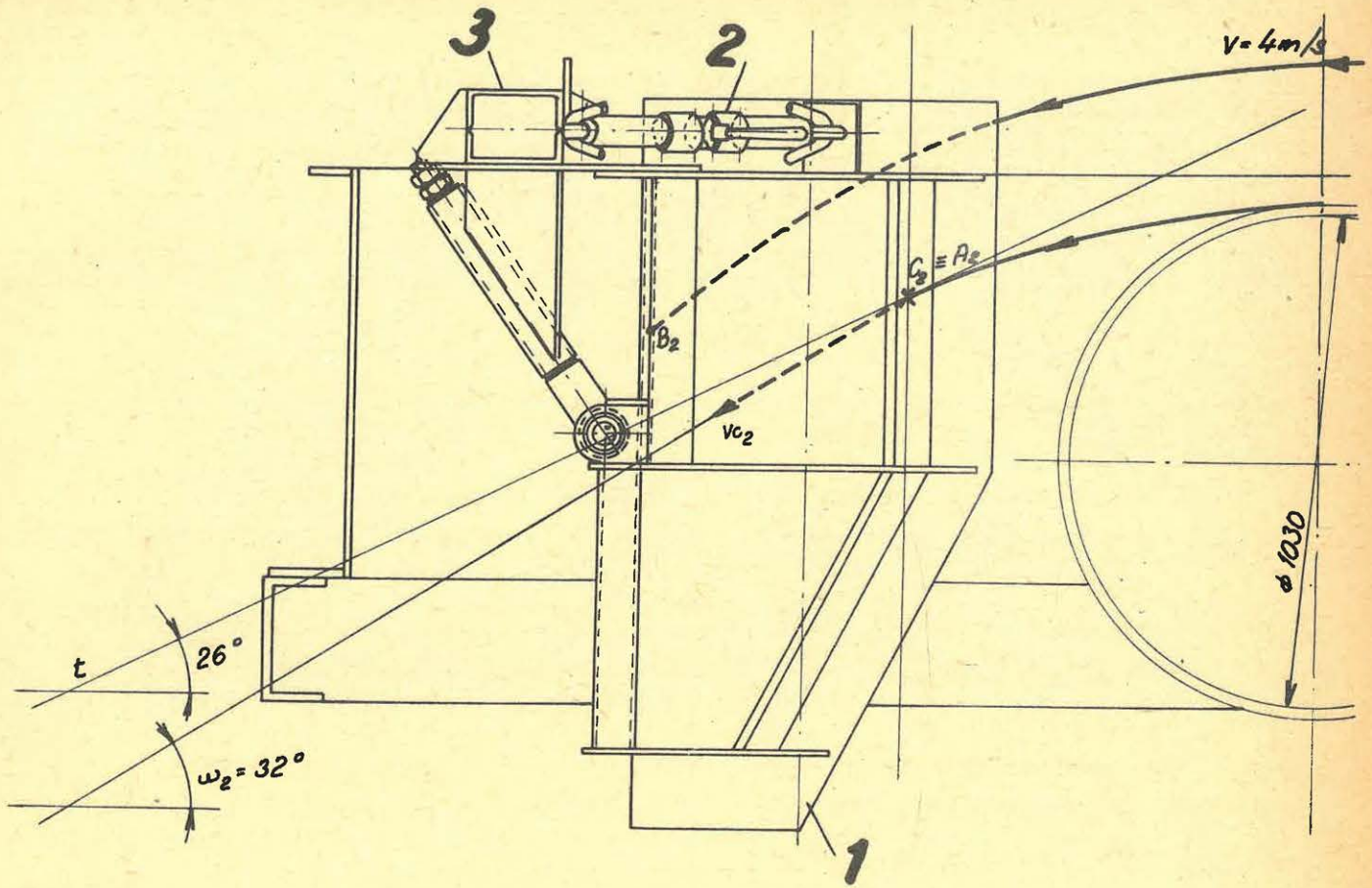
Stanovení nového tvaru tlumicích štítů předcházeli velmi podrobný teoretický rozbor i modelové zkoušky s použitím hydromechanické podobnosti. Všechny úvahy vycházely z následujících požadavků na tlumicí štít :

- minimální geometrické parametry, v podstatě dané nutným profilem pro průchod kusů materiálu
- soustředění toku materiálu do úzkého proudu
- vedení proudu materiálu tak, aby byla utlumena příčná složka rychlosti a ponechána určitá podélná složka ve směru podélné osy následujícího dopravníku
- štít musí být bezpečný proti nalepování materiálu
- tvar štítu a tím i přesypu dopravníku musí být universální pro různé rychlosti pásu.

Těmto podmínkám vyhovuje tvar tlumicího štítu podle obr. č. 2, kde vlastní tlumicí štít představuje poloha 1, poloha 2 jsou stavěcí šrouby umožňující natáčení štítu vůči nosnému trámu (poloha 3). Účinná plocha štítu sestává ze dvou ploch svírajících navzájem úhel 60° . Ve vrcholu jsou obě plochy spojeny válcovou plochou o poloměru r (v konkrétním případě $r = 350 \text{ mm}$). Obecně by bylo třeba, aby velikost radiusu byla minimální, v praxi však bude jeho velikost záviset na velikosti dopravovaných kusů, lepivosti materiálu a šířce pásu. Pro šířku pásu 1200 mm byl ověřen poloměr 350 mm, pro šířku pásu 1600 mm bude použit poloměr 450 mm a pro šířku 2000 mm poloměr 550 mm.

Funkce tlumicích štítů byla ověřována :

- na zkušebním pásovém okruhu v Braňanech, při rychlostech až 7,4 m/vt, s použitím dvou štítů s poloměry válcových ploch 250 a 400 mm
- na pásové dopravě lomu Merkur (skryvka III. řez) při rychlostech 3,1 a 4,0 m/vt, s poloměrem 350 mm.



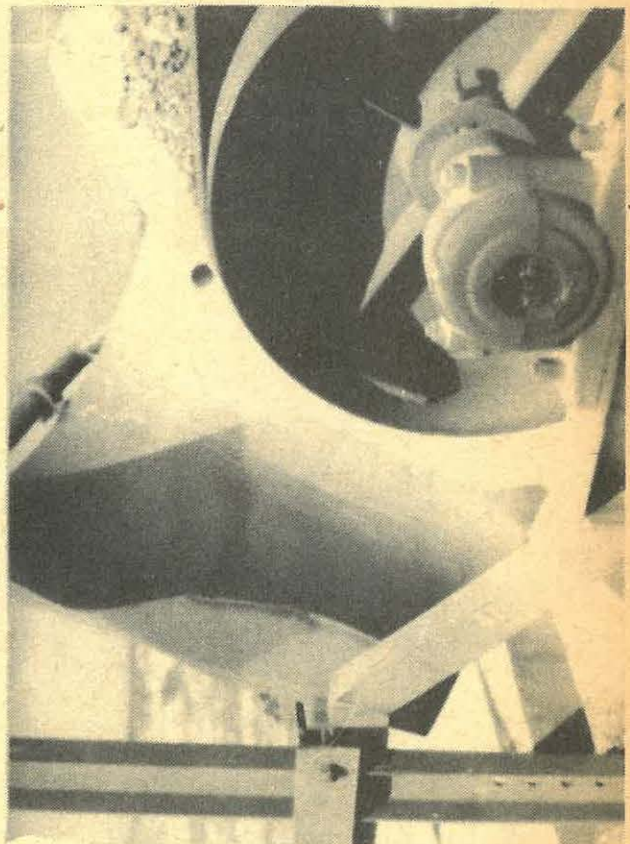
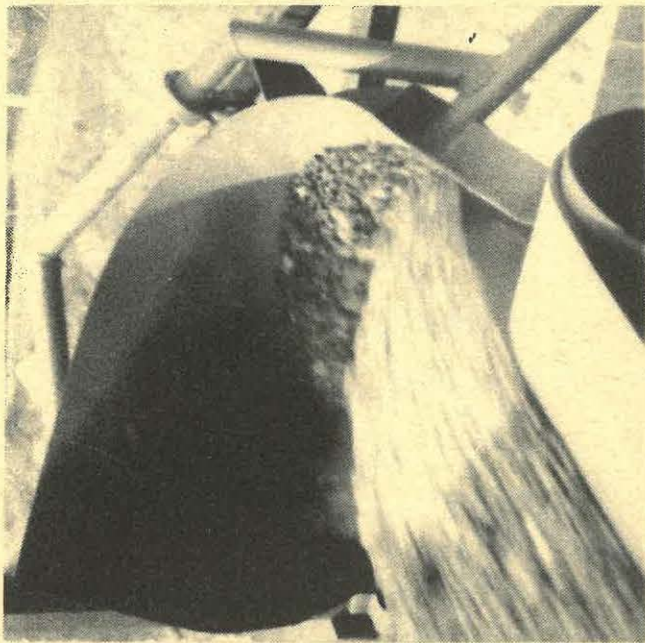
Obr. 2.

Účelem poloprovozních zkoušek na zkušebním pásovém okruhu bylo jednak relativní porovnání mezi původním a novým provedením tlumicích štítů z hlediska nalepování (obr. č. 3), dále však byla prováděna podrobná měření směru a velikostí výstupních rychlostí, která nelze v provozních podmínkách provádět. Další podstatnou výhodou byla možnost měření vlastností štítů při dopravních rychlostech do 7,4 m/vt, což není v provozních podmínkách rovněž možné. Na obr. 3a je nový tvar štítu s poloměrem r 400 mm, na obr. 3b s poloměrem r 250 mm. Na obr. 3c a 3d je srovnání nového tvaru štítu, který zůstal čistý, s dosud používaným tvarem štítu, na kterém je patrný nalepený materiál.

Poměry na zkušebním přesypu velmi dobře charakterisuje tabulka č. 2.

Tab. 2

	Sklon náběhu pásu na buben (α)			
	0°		6°50'	
rychlost pásu m/vt	3,01	4,52	6,25	7,4
rychlost uvnitř štítu m/vt (průměr)	0,97 až 1,44	1,07 až 2,26	1,33 až 2,75	1,27 až 2,84
rychlost výstupu	3,8 - 4,3	4,0	4,1 - 4,3	4,4 až 5,0
složka podélná	1,5 - 2,3	1,1 - 2,1	1,0 - 1,8	2,4 - 3,1
složka kolmá	4,0 - 3,6	3,8 - 3,4	4,2 - 3,8	4,4 - 3,1
úhel výstupní rychlosti	20° až 33°	16° až 32°	13° až 26°	29° až 45°
poměr rychlosti pásu k rychlosti na výstupu	79 až 70 %	113 %	152 až 145 %	168 až 148 %
poměr rychlosti pásu k podélné složce na výstupu	50 až 77 %	24 až 46 %	16 až 29 %	32 až 42 %

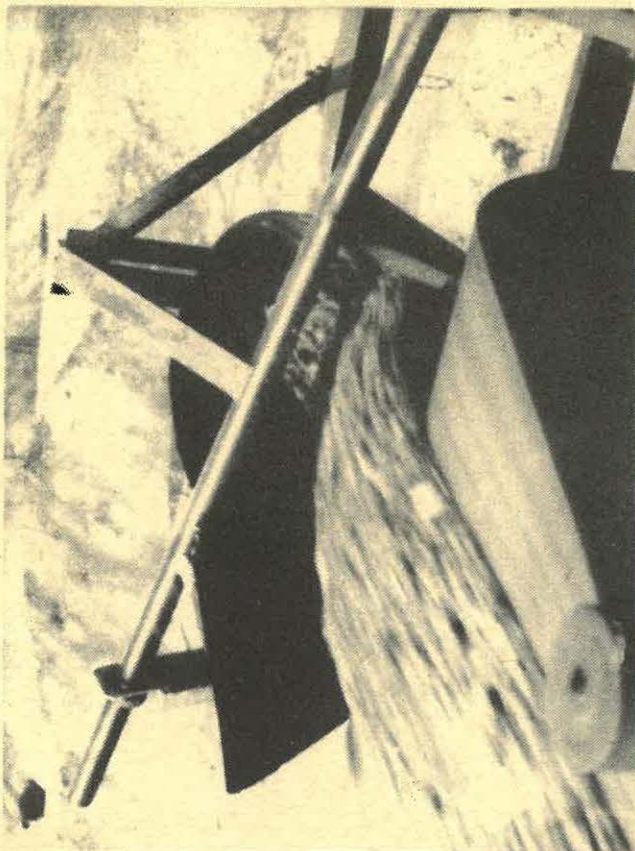


8

9

10

11



Provedeným měřením bylo prokázáno, že při vhodném nastavení štítů (s tvarem podle obr. 2) lze docílit :

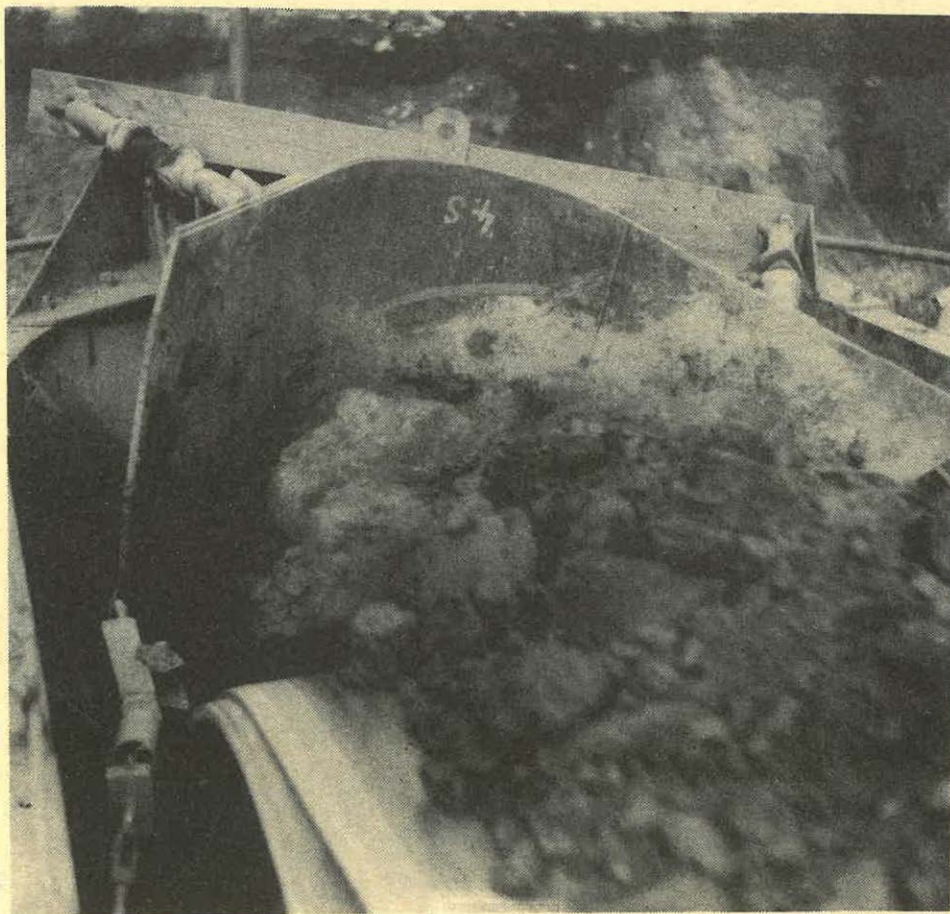
- krouživé rychlosti uvnitř štítu, materiál se nezastavuje a tím i nehromadí, odpadá nebezpečí nalepování a zahlcení přesypu
- radikálního snížení výstupní rychlosti ze štítu při velkých rychlostech dopravního pásu; z tabulky 2 je patrné, že rozdíl výstupní rychlosti při $v = 3,01 \text{ m/vt}$ (3,8 - 4,3) a při $v = 7,4 \text{ m/vt}$ (4,4 - 5,0) je nepodstatný. Nejlépe pak tento stav charakterizuje poměr rychlosti pásu k výstupní rychlosti (79 - 70 % proti 168 až 148 %)
- zachování určité velikosti podélné složky rychlosti, v absolutních hodnotách 1,0 až 3,1 m/vt a v poměru 16 až 77 % rychlosti pásu. Následující urychlení materiálu je tedy snadnější a materiál se nemůže hromadit ve spodní části přesypu.

V průběhu měsíců únor až březen 1967 byly na dole Merkur zabudovány čtyři tlumicí štíty nového typu, a to na :

- přesyp nakládacího výložníku kolesového rypadla K 800, pro šířku pásu 1600 mm a rychlost 3,3 m/vt
- přímý přesyp na porubním pásovém dopravníku (č. 24) se šířkou pásu 1200 mm a s rychlostí 3,1 m/vt
- pravoúhlý přesyp z porubního dopravníku na odtahový (z 25 na 26) se stejnou šířkou a rychlostí jako v předchozím (obr. č. 4)
- přesyp shazovacího vozu, s přestavitelným úhlem předávání, šířka pásu 1200 mm, avšak s rychlostí 4,0 m/vt.

Pro relativní krátkodobost nasazení v provozu nelze provést kompletní ekonomické zhodnocení, přesto se však bezpečně prokázalo, že nový typ štítu :

- velmi dobře soustřeďuje a vede dopravovaný materiál
- odpadlo velmi pracné a nebezpečné čištění štítů
- podstatně se zvýšila bezpečnost přesypu proti zahlcení; z titulu nalepování bylo nebezpečí zahlcení vůbec odstraněno.



Obr. č. 4

Z konstrukčního hlediska a v zájmu universálnosti použití štítů pro všechny typy stabilních přesypů se stejnou šířkou pásu budou provedeny na konstrukci štítu (oproti obr. č. 2) některé změny, z nichž jsou to zejména :

- otěrové plochy budou přečnívat o 50 mm přes základní obrys štítu tak, aby bylo možno při montáži (po ustavení štítu) dotvarovat kraje podle konkrétních podmínek přesypu
- kloubové uchycení štítu k trámci vyžaduje jiný směr osy čepu
- menší úpravy v upevnění stavěcích šroubů.

V programu je postupné zavádění nových tvarů štítu pro všechny šířky pásů a všechny dosud používané i vývojem zdůvodněné rychlosti.

Perspektivně jsou řešena i schémata takového uspořádání tlumicího štítu, kde dojde k samočinnému či servomechanickému natáčení štítu v závislosti na vzájemné poloze dvou dopravníků. Takovým případem jsou střední přesypy na zakladačích a rypadlech.

3. Třídílná výsypka na nakládacím výložníku rypadla K 800

Dosud jsou nakládací výložníky kolesových rypadel, spolupracujících s pásovou dopravou, vybavovány namísto původní kalhotové výsypky krátkým otočným podávacím pásem. Otočný podávací pás na rypadle K 800 byl pro značnou poruchovost po krátké době provozu odstraněn a nahrazen gumovým ohražením. Materiál padal tedy přímo do násypného vedení s pádovou výškou cca 3,2 m a tedy rychlostí $v = \sqrt{20 \cdot 3,2} = 8 \text{ m/vt.}$ Důsledkem bylo značné opotřebování pásu (průrazy) a násypného bočního vedení.

Z hlediska zásad stanovených pro správnou funkci předávacích míst a tedy i přesypu z rypadla na pásový dopravník takové řešení nevyhovuje a aplikací v podstatě stejných zásad jako pro tlumicí štíty bylo možno nalézt plně vyhovující řešení v třídílné výsypce, která má navíc proti původním podávacím pásům tyto výhody :

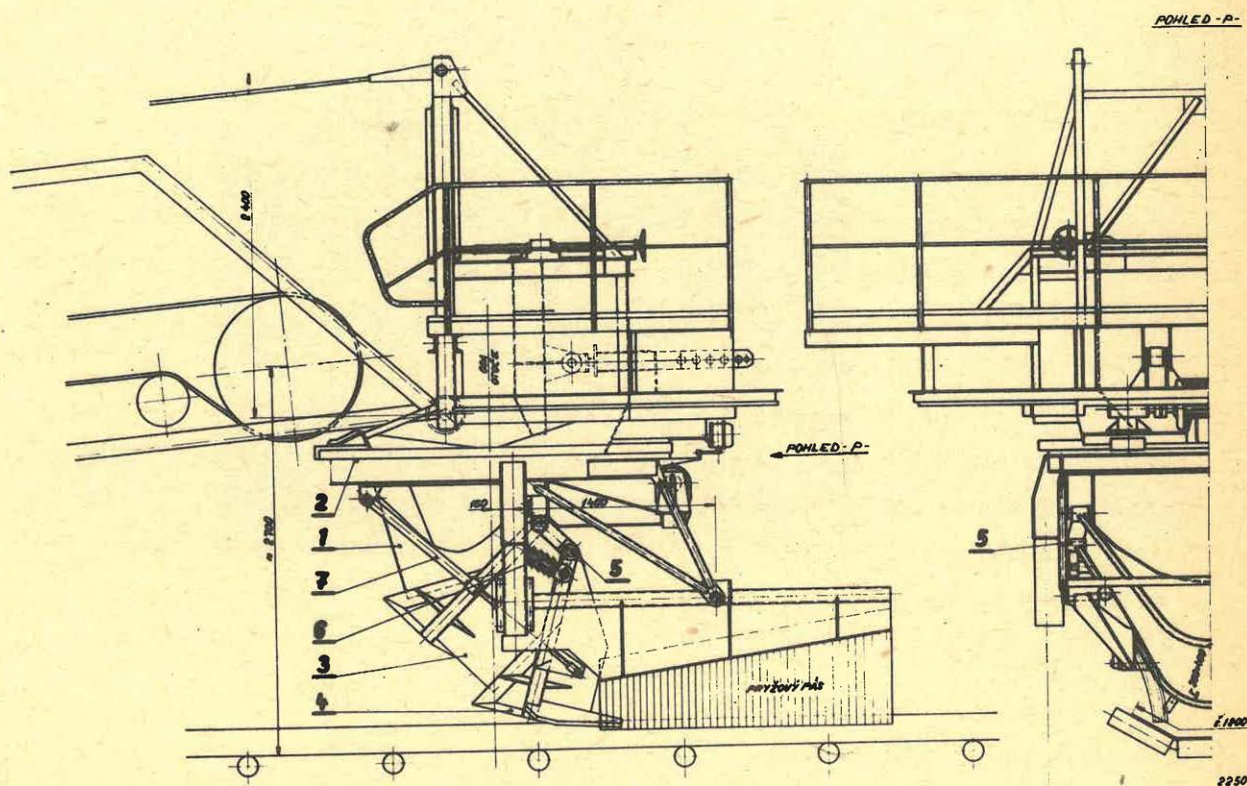
- jednodušší mechanické provedení a větší provozní spolehlivost
- menší vlastní váhu a menší nahodilé zatížení
- podstatné snížení pádové výšky (na 0,2 až 0,4 m)
- uděluje materiálu dostatečně velkou podélnou složku rychlosti
- velmi dobře soustřeďuje materiál do úzkého proudu.

Na obr. č. 5 je patrný projekt třídílné výsypky s hydraulickým ovládáním. Výsypka v tomto provedení byla zamontována na rypadlo v srpnu 1966 a uvedena do zkušebního provozu. Během zkušebního provozu se objevila řada závad, z nichž zejména:

- konstrukční, v nevhodně voleném systému hydraulického zařízení, s obtížným dálkovým ovládáním
- velká rychlost otáčení výsypky znemožňovala bezpečné nastavení a vedla také ke dvěma vážným deformacím výsypky
- nevyřešená horní část přesypu, tj. tlumicí štít původního provedení, který bylo nutno obkládat pryžovým pásem. Při prodření pásu docházelo ke značnému rozstříkávání materiálu na pevné části výsypky a k nalepování.

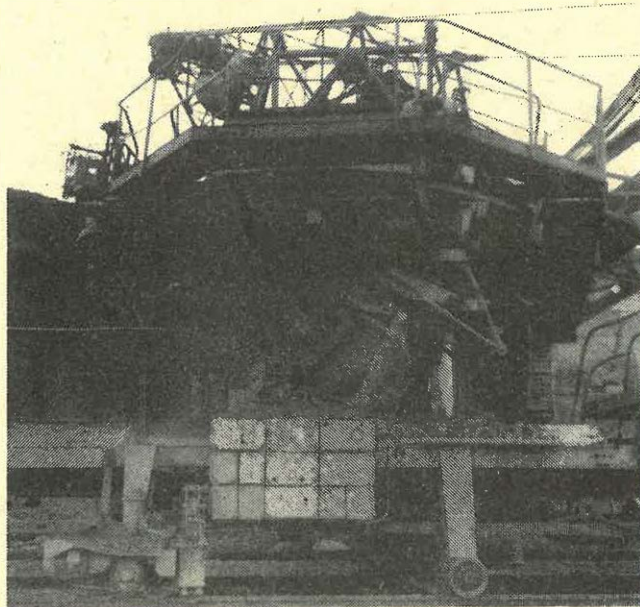
Na základě získaných zkušeností byla provedena následující rekonstrukce : hydraulické zdvihací zařízení bylo nahrazeno vrátkem, byla snížena rychlost otáčení

výsypky vloženým převodem a byl také nahrazen původní tlumicí štít štítem novým. Výsypka nového provedení je patrná z obr. č. 6 a obr. č. 7.

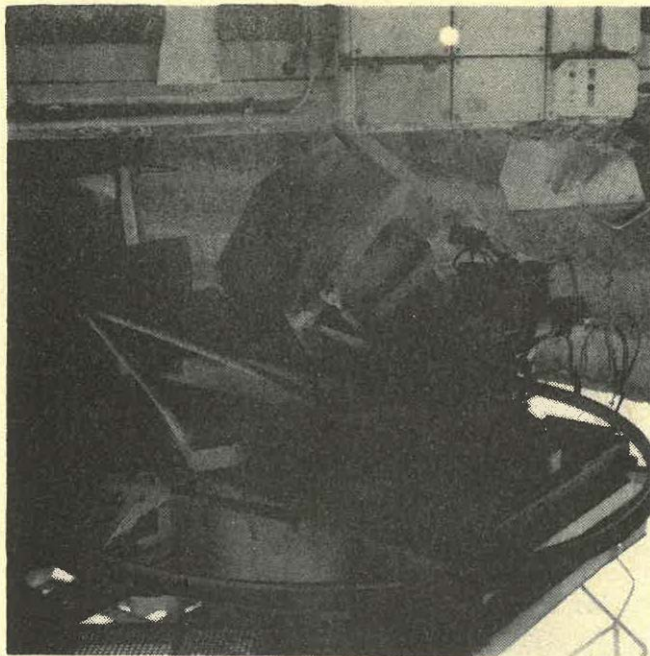


Obr. č. 5

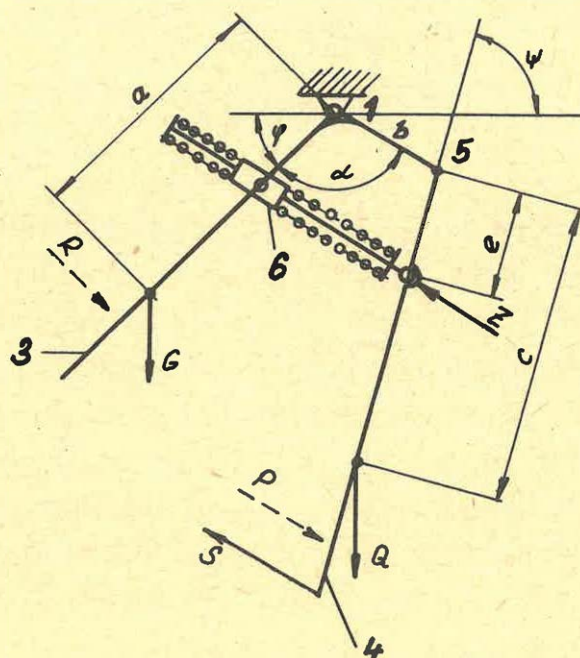
Třídílná výsypka (popis je proveden na základě obrázku č. 5) sestává z pevné části 1, která je připevněna na točném výsypky 2, a ze dvou výkyvných dílů (3 a 4). Pevná část vytváří kuželovitý přechod z kruhového otvoru výsypky do tvaru analogického průřezu tlumicím štítem (válcová plocha s dvěma tečnými rovinami svírajícími úhel 60°). Střední kyvný díl 3 je s koncovým dílem 4 spojen čepem 5 a distančním členem 6. Distanční člen 6 tvoří táhlo se dvěma pružinami a jeho úkolem je udržovat správnou polohu mezi oběma díly (3 a 4). Celkově pak zajišťuje nastavení koncového dílu zdvihové ústrojí 1 (na obrázku hydraulické válce, nověji lana s kladkostrojem).



Obr.č. 6



Obr.č. 7



Obr. 8.

Principiální schéma, pro určení statických i kinematických závislostí, třídlí-
né výsypky je patrné z obr. č. 8. Vzájemná poloha obou kyvných dílů (3 a 4) bude
závislá na velikostech a působištích sil na tyto díly působících. Z těchto sil jsou
nejdůležitější : tah v laně závěsu S, váhy Q a G obou dílů napětí pružin Z v dis-
tančním členu 6 a reakce P a R od dopravovaného materiálu. Z kinematického hlediska
představuje toto uspořádání mechanický diferenciál. Statické řešení je pak možné
pouze pro konkrétní velikosti sil a konkrétní polohu. Obecné řešení (pomocí matema-
tických metod) je prakticky neproveditelné. Pro určení vzájemných poměrů a zejména
pro optimalisaci rozměrů výsypky bylo nutno zjednodušit soustavu tak, aby matematic-
ké zpracování bylo možné. Takové řešení představuje případ na obr. č. 8 za předpo-
kladu : $R = 0$; P působí ve směru Q, $S = 0$.

Úpravou příslušných rovnic (z momentových výminek)

$$Z = Z_{\max} \frac{\sin(\psi - \varphi - 30^\circ)}{\sin 15^\circ} \dots\dots\dots 1$$

$$G a \cos \varphi = Q (b - c \cos \psi) \text{ pro } \varphi + \alpha = 180^\circ \dots\dots\dots 2$$

$$Z e = Q c \cos \psi \dots\dots\dots 3$$

vyplývá vzájemný vztah mezi úhly φ a ψ

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} (\psi - 30^\circ) - \frac{A \cos \psi}{(b-c \cos \psi) \cos (\psi - 30^\circ)}, \text{ kde}$$

$$A = \frac{G a c \sin 15^\circ}{Z_{\max} c} \quad \text{v podstatě konstanta}$$

Z rovnice je patrné, že změnou silových poměrů na jednom z dílů se mění poloha dílu druhého. V praxi při dopadu materiálu k takovým změnám neustále dochází. Bude se tedy také stále měnit vzájemná poloha obou dílů. Protože však jsou oba díly, jak vyplývá z obr. č. 5, uspořádány tak, že pevný díl 1 zasahuje do středního 3 a odvrácený konec dílu 3 zasahuje do dílu koncového 4, dochází ke stálým změnám polohy a zabráňuje se tak zalepování výsypky. Pro tento funkční účinek však je nutná správná dimenze pružin i dalších rozměrů výsypky stanovené na základě podrobného výpočtu.

U velmi lepidivého materiálu dojde přesto po určité době k nalepení; tento nálep se však snadno odstraní tím, že se pomocí vrátku (hydraulických válců) zasunou díly do sebe, čímž vždy vnitřní strana jednoho dílu očistí nalepený materiál z dílu následujícího (obr. č. 7).

4. Závěr :

Teoretickým rozбором, laboratorními i provozními zkouškami bylo prokázáno, že existují možnosti, jak lze radikálně změnit dosud neuspokojivé poměry na přesypech. Navíc bylo prokázáno, že bude možno úspěšně vyřešit přesypy na pásových dopravnících i při rychlostech dosahujících 8 m/vt. Ve výzkumu včetně provozních zkoušek bude pokračováno zejména v tomto směru : ověření tlumicích štítů u dopravníku š. 1600 a později i 2000 mm, vyřešení předávání materiálu u přesypů s proměnlivým úhlem předávání (rypadla a zakladače), a v dořešení spodní části přesypu (násypky, boční vedení ap.).

S h r n u t í

Zvyšováním rychlostí na pásových dopravnících se podstatně zhoršují poměry na přesypech. Laboratorními a provozními zkouškami bylo dokázáno, že vhodnou úpravou tvaru tlumicích štítů lze zamezit nalepování materiálu a současně usměrnit tok materiálu tak, že se zamezí hromadění materiálu na spodní části přesypu. Řešení přesypu z rypadla na pásový dopravník je provedeno třídílnou výsypkou, která dobře soustřeďuje materiál na dopravník, snižuje pádovou výšku a jejíž malá váha a jednoduché mechanické provedení zajišťuje provozní spolehlivost.