

Ing. Oldřich Klimecký, VÚHU,
Helena Veverková, VÚHU.

Podmínky pro nasazení pásů s ocelovým kordem v SHR

Ú v o d

Technicko-ekonomické parametry pásové dopravy se velmi výrazně zlepšují a zprogresivňují s rostoucí délkou dopravníků a tím snižováním počtu sekcí. Měrná spotřeba energie (kWh/tkm), měrné pořizovací náklady (Kčs/m), investiční součinitel (Kčs . h/t . m), specifický ukazatel pásové dopravy (m/h), náklady na obsluhu, údržbu a tím měrné dopravní náklady (Kčs/tkm) klesají. Zvyšuje se také provozní spolehlivost pásové dopravy, úměrně tomu i časové a kapacitní využití.

Maximální délka dopravníku je v podstatě limitována

- instalovanou velikostí pohonných jednotek,
- dovoleným namáháním dopravního pásu.

Zahájením vývoje poháněcích jednotek s výkony 800, 1000 kW jsou dány podmínky pro optimální délky sekcí u porubních dopravníků a ekonomicky výhodné použití dálkové pásové dopravy s délkami sekcí řádově až 3,5 km v dobývacím komplexu TC 3. Uvedeným požadavkům pevnostně nevyhovují až dosud používané pásy typu PA (PA 700/4- $T_{D \max} = 200 \text{ kp/cm}$) a je nutné použití pásů o vyšší pevnosti, pásů s ocelovým kordem (St).

Perspektivní studie rozvoje povrchového dobývání v SHR ukazují na nutnost použití technologických komplexů TC 4 resp. TC 5, s délkami porubních a zakládacích front 5 až 6 km, spojovacích dopravních cest až 10 km při několika pásových horizontech. Ekonomicko-technické řešení uvedených dopravních podmínek při dopravním množství $Q = 30\,000 \text{ t/h}$ předpokládá instalovaný výkon pohonných jednotek ca 6 000 kW a použití dopravních pásů o jmenovité pevnosti 6 300 kp/cm. Tento požadavek splňují pouze pásy St, neboť u pásu ze syntetických vláken (polyester, reyon, festreyon, polyamid aj.) se nepředpokládá dle zahraničních podkladů /1, 2/ dosažení vyšší jmenovité pevnosti než 4 000 kp/cm.

V zahraničí se výrobou pásů St zabývá řada firem (Continental, Clouth, Phoenix, Mitecham, Mitsubishi aj.) a jejich použití má stále vzestupnou

tendenci. Např. v NSR vzrostla délka dopravníků s pásy St na povrchových dolech z 81 km v roce 1961 na 200 km v roce 1969. Japonská firma Mitsubishi postavila přes 110 km dopravníků s pásy St, převážně v mezioblastní dopravě (např. délka jedné sekce 5,4 km, instalovaný výkon 1 350 kW, použitý typ pásu St 5 000). Použití se rozšířilo i v PLR, NDR a prvních 10 km se staví v MLR.

Výrobce pásů s ocelovým kordem (St) v ČSSR, Gumárny 1. máje Púchov zahájí sériovou výrobu počátkem roku 1976. První prototypy pásů ze zkušební linky budou po odzkoušení v roce 1973 k dispozici.

Vlastnosti pásů St

Pásy St, které se budou vyrábět v ČSSR, dle návrhu VÚGT Gottwaldov mají následující technické hodnoty a konstrukci /3, 4/:

Základní technické hodnoty pásů St - výňatek

Tabulka 1

Typ pásu	St 1600	St 2000	St 2500	St 3150	St 4000	St 5000
Skutečná pevnost (kp/cm)	1950	2160	2600	3240	4225	5265
Docílené namáhání (kp/cm)	178	222	277	350	444	555
Tloušťka krycích vrstev (mm)	9	9	11	11	14	14
Tloušťka nosné vrstvy (mm)	6,5	6,5	8	8	9,5	9,5
Váha pryžové krycí vrstvy (kp/m ²)	10,8	10,8	13,2	13,2	16,8	16,8
Celková váha (kp/m ²)	24,4	25	30,55	32,46	42,4	45,9

Konstrukce dopravních pásů St - výňatek

Tabulka 2

Typ pásu	St 1600	St 2000	St 2500	St 3150	St 4000	St 5000
Tloušťka pásu +1 -0,5 (mm)	18	18	20	22	24	27
Průměr kordu (mm)	5,94	6,48	7,29	8,24	9,75	12,74
Rozteč kordu ± 1,5 (mm)	15	15	15	15	15	15
Minimální šířka okraje (mm)	15	15	15	15	15	19

Odolnost proti vytržení ocelového kordu z pryže

Tabulka 3

Průměr ocel.kordu d_{max} (mm)	6,0	7,5	8,5	9,5	13
Specif.pevnost ve vytržení kordu (kp/cm)	85	100	110	120	(150)

Pevnost ocelového kordu

Tabulka 4

Typ pásu	St 1600	St 2000	St 2500	St 3150	St 4000	St 5000
Průměr kordu (mm)	5,94	6,48	7,29	8,24	9,75	12,74
Pevnost kordu - 5 % + 10 % (kp)	2750	3275	4000	5000	6300	10 250

Vlastnosti pryžových krycích vrstev pásů St

Pevnost v tahu (min) 250 - 200 kp/cm², tažnost (min) 450 - 400 %, tvrdost 66 ± 5^0 Sh, soudržnost pryžových vrstev 8 kp/cm š. pásu, stárnutí (max) - úbytek pevnosti 20 %.

Mechanické vlastnosti pásů St - dle zahraničních podkladů

Trvalé podélné prodloužení $\epsilon = 0,1$ až $0,2 \%$ je ca 10 x menší než u pásů PA, dovolené prodloužení $\epsilon_D = 0,5 \%$ (srovnání viz graf na obr. č. 1).

Příčné prodloužení pásů St je ca 4 x větší než u pásů PA, dovolená korytkovost až 50° .

Velikost kritické pádové energie je 40 kpm, tj. ca o třetinu menší než u odpovídajících pásů PA.

Redukovaný modul pružnosti pásů St $E' = (1,2 \text{ až } 1,7) \cdot 10^5 \text{ kp/cm}$ je ca 40 až 50x větší než u pásů PA, modul pružnosti $E = 1,6 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$.

Velikost deformační rychlosti (šíření silového vzruchu v pásu) je větší než u pásů PA (srovnání viz graf na obr. č. 2) /5/.

Vedení pásů St

Zvýšená tuhost pásů ($E'B$) společně se zvýšením tahů v pásu vyvolává změny ve vedení pásu v přechodových partiích dopravníků.

Pro velikost celkového relativního prodloužení a pro kontrolu správnosti vedení pásu St platí rovnice

$$\epsilon_c = \frac{T}{\varrho \cdot n \cdot E} + \epsilon_i \leq 0,005 \quad (1)$$

kde: T - tah v pásu,

ϱ - průřez ocelového lanka,

n - počet lanek pro danou šířku pásu,

ϵ_i - některé z dílčích relativních prodloužení.

Náběh pásů St na buben

Relativní přírůstek prodloužení při náběhu pásu St na buben ϵ_1 , závisí na šířce pásu (B), délce středního válečku (a), bočním sklonu válečků (β) a délce náběhu na buben (l_0) dle rovnice

$$\epsilon_1 = \sqrt{\frac{1 + \frac{(B-a)^2}{4 l_0^2} \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}{1 + \frac{(B-a)^2}{8 l_0^2} \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}} - 1 ; \quad (2)$$

odvození je provedeno na obr. 3.

Regulační stolice s negativním sklonem

Pro velikost relativního přírůstku prodloužení platí rovnice

$$\varepsilon_2 = \frac{B^2 [1 - \cos(\alpha + \beta)]}{2 l_0^2} + 1 - 1; \quad (3)$$

odvození je provedeno na obr. č. 4.

Vedení pásů v konvexi

Z provedeného odvození na obr. 5 plyne, že relativní přírůstek prodloužení v konvexní části přechodu závisí na šířce pásu (B), délce středního válečku (a), bočním sklonu válečku () a poloměru konvexe (R) podle rovnice

$$\varepsilon_3 = \frac{B - a}{2 R_{\min}} \sin \beta. \quad (4)$$

Obracení spodní větve pásů St

Pro relativní přírůstek prodloužení pásů St při obracení spodní větve (systém VÚHU) platí rovnice dle /6/

$$\varepsilon_4 = \frac{\left(\frac{nt}{2}\right)^2 + \frac{4}{3} \left(\frac{nt}{2} - \frac{B q_2 L^2}{8 T}\right)^2}{L^2} \quad (5)$$

kde: n - počet lanek pro danou šířku pásu,

t - rozteč ocelových lanek,

B - šířka pásu,

q_2 - váha pásu na 1 bm,

T - tah v pásu,

L - délka obracení, pro kterou se doporučuje hodnota $L \geq 5\pi nt$. (6)

Podmínka pro minimální tah v pásu (nutný, aby nenastalo zborcení kruhového stočení pásu v obracecí jednotce), je dána rovnicí

$$T_{\min} \geq \sqrt{q E (2 \sqrt{n \cdot w} - v)} \quad (7)$$

$$n = \frac{7}{18} t^2 n \left(\frac{n}{2} + 1 \right) (n + 1)$$

$$v = \frac{1}{48} B q_2 t^n \left(\frac{n}{2} + 1 \right)$$

$$w = \frac{7}{384} B^2 q_2^2 n$$

Pohony dopravníků s pásy St

Dosavadní stav v zajištění spolehlivého rozdělení kroutících momentů a tím i příkonů elektromotorů pohonných jednotek při rozběhu a ustáleném běhu pásových dopravníků (zejména u třípohonných jednotek 500 kW) je neuspokojivý. Vzájemné naladění pohonů je dosud prováděno změnou průměrů bubnů dle rovnice (předpoklad stejných otáček, resp. charakteristik pohonů).

$$\frac{D_2}{D_1} = 1 - \frac{P_1}{E'F} \quad (8)$$

Z uvedené rovnice je patrné, že zvýšením tahové tuhosti $E'F$ u pásů s ocelovým kordem (St) bude možné volit stejné průměry bubnů (potřebné difference budou v oblasti výrobních diferencí).

Možnost zvýšení instalovaného výkonu pásových dopravníků s pásy St je v použití pohonů na vratné stanici, což v případě dlouhých dopravníků má určité výhody, neboť umožňuje zvládnout přírůstek odporů ve spodní větvi dopravníku, intenzivní brzdění při doběhu a dosáhnout poměrně v krátkém čase, při použití i stávajících pohonů, zvýšení instalovaného výkonu na velikost umožňující využití parametrů pásu St.

Použití pohonu na vratné stanici sníží časový rozdíl mezi pohybem horního poháněcího bubnu a pohybem pásu u napínacího bubnu a tím nedojde k tak velikým rozdílům rychlostí pásů na obou bubnech při rozběhu dopravníku. Bude tedy řízení rozběhu a doběhu jednodušší.

Při zvýšené deformační rychlosti pásu s ocelovým kordem proti pásům PA bude jednodušší i řízení pohonů /7/.

Napínací zařízení dopravníků s pásy St

V důsledku vyššího modulu tuhosti $E'B$ u pásů St ve srovnání s pásy PA a vyšších tahů v pásu změní se poměry u napínacího zařízení doprav-

níků, jak je patrné z následujících rovnic (platí pro dvoubuktnový pohon):

provozní prodloužení

$$\Delta L = \frac{L}{2 E' B} (T_1 + T_2 + 2 T_3) \quad (9)$$

prodloužení při rozběhu

$$\Delta L_{\max} = 1,4 \Delta L \quad (10)$$

střední rychlost napínacího vozíku

$$v_s = \frac{\Delta L_{\max}}{2 t}, \quad (11)$$

kde: t - doba rozběhu.

Obecně platí, že velikost napínacích sil bude podstatně vyšší než u pásů PA, ale potřebné rychlosti napínacího vozíku a délka napínání se sníží, jak je patrné z tabulky 5 (pro $B = 2000 \text{ mm}$, $Q = 15\,000 \text{ t/h}$, $v = 6,3 \text{ m/s}$).

Tabulka 5

Typ pásu	PA 700/4	St 2000	St 2500	St 3150	St 4000
Instalovaný příkon (kW)	2000	2000	3000	4000	6000
Délka horizontálního dopravníku (m)	1070	1070	1650	2230	3400
Maximální tah v pásu T_1 (kp)	35 000	35 000	48 170	68 800	89 200
Minimální napínací síla T_n (kp)	6900	6900	6900	15 250	34 150
Napínací dráha při rozběhu (m)	28	0,9	1,8	3,9	8,8
Střední rychlost napí- nacího vozíku (m/s)	0,93	0,03	0,06	0,13	0,3
Příkon pro pohon napí- nacího zařízení (kW)	60	3,0	6,0	25	145

Provozní ochrana pásů St před poškozením

Vlastní konstrukce a mechanické vlastnosti pásů St vyžaduje důsledné řešení provozní ochrany pásů z hlediska průrazů resp. přeseknutí lanek, nepravých průrazů na bubnech, vytržení lanek z pryže stěrači pásů, účinků nadměrné kusovitosti včetně signalizace podélných proříznutí.

Z uvedeného plyne nutnost dodržet následující obecné zásady pro konstrukci dopravníků s pásy St (použito výsledků výzkumu a vývoje VÚHU Most).

Přesypy

Snížit výšku přesypu skloněním vrhové paraboly toku těživa na ca 10° až 15° se současným podepřením náběhu na buben. Parabolický tlumicí štít provést ve spodní části lomený se změnou úhlu max. 15° , v případě rohového přesypu prostorově stavitelný. Ve spodní části přesypu použít bočních hladkých válečků s vysokým sklonem do 60° a pro tlumení dopadu využít pružnosti vlastního pásu s omezením dolní polohy pružení dvouválečkovými girlandami z pogumovaných válečků zavěšených na řetězech.

Dopravní trasa

Vlastní dopravní trasu provést girlandovou, s tríválečkovými girlandami kloubově spojenými, pružně zavěšenými na lanech.

Systém čištění dopravníků

Zásadně nepoužívat stěrače pásů a nahradit jejich funkci prodloužením prашného pásu pod celou poháněcí stanicí včetně části náběhového dílu a zaústit jej na následující dopravník. Dopravník vybavit obracením spodní větve pásu. Napínací buben čistit samovynášecím stíračem.

Nadměrná kusovitost

Pro snížení nadměrné kusovitosti použít dvojkorečky na rypadle resp. jiné prostředky známé z provozů (drtiče, kruhadla kusů aj.).

Signalizace podélných proříznutí pásu

V ČSSR zařízení pro signalizaci podélných proříznutí pásů není vyvíjeno. V zahraničí pak existuje řada těchto zařízení, které podle metody zjišťování podélných proříznutí pásů lze rozdělit na 2 základní skupiny:

- 1) nedochází ke změně ve vlastní konstrukci dopravního pásu,
- 2) do konstrukce pásu se zabudují zvláštní hlídače (např. magnety, smyčky z měděného pletiva, vodivý drát), které se různým způsobem spojují s kontrolním okruhem, působící na pohon pomocí:
galvanického spojení,
kapacitního spojení,
magnetického resp. induktivního spojení.

Vlastní provozní zkušenosti a spolehlivost těchto zařízení nejsou známy.

Spojování pásů St

Dopravní pásy St se spojují přivulkanisováním vhodně upravených páso-
vých přeplátování. Podstatou spojení je vytrhávací pevnost (odolnost proti
vytržení) ocelového lanka zavulkanisovaného v pryži. Přenos tažné síly ob-
starává pryžová mezivrstva (asi 1,5 mm) vložená mezi lanky.

Podle DIN 22131 (únor 1965) druhy spojení podle typu pásů jsou jedno-
stupňové, dvoustupňové nebo třístupňové (viz obr. č. 6), kde jsou uvedeny
přesné rozměry a druhy spoje v závislosti na typu pásu. Nejpriznivější pří-
pad možného spojení nastává, když je vůle mezi lanky dostatečně velká, aby
se dala mezi ně vložit další lanka včetně potřebné pryžové mezivrstvy.
V opačném případě pokládají se lanka stupňovitě nad sebou. Délka spoje se
pak stanoví ze specifické vytrhávací síly - vytrhávacího zatížení při za-
vulkanisovaném stavu u vyskytující se lankové mezery a vytrhávacího zatí-
žení lanka.

Další zásady u spojů:

- Topné desky mají přecházet v podélném směru minimálně 150 mm na kaž-
dé straně přes spojované místo, v příčném směru musí být alespoň o 75 mm
širší než šířka pásu,
- topné desky mají být přitlačovány plošným tlakem asi 10 kp/cm^2 ,
- topné desky musí dosáhnout teploty 140°C z okolní teploty během
30 minut, rozdíl teploty uvnitř topných desek nesmí být větší než
 15°C (při měření v uzavřeném prostoru).

Firma Mitsibushi provádí spojování pásů způsobem patrným z obr. 7;
životnost spoje uvádí 10 - 13 let.

Gušárna Ballenstedt NDR uvádí dobu provedení jednoho spoje 6 až 8 ho-
din (neověřeno). Pravděpodobně však provádění spojů u pásů St bude pracněj-
ší a časově náročnější než u pásů PA.

Z á v ě r

Závěrem lze říci, že nasazení pásů St v SHR si vyžaduje provedení (v důsledku odlišných mechanických vlastností proti pásům PA) nutných konstrukčních úprav u pásových dopravníků dle zásad v článku uvedených. Provozní ochrana pásů St dále vyžaduje nutnost změny koncepce čištění pásového dopravníku, řešení přesypů vlastní trasy a nadměrné kusovitosti. Současně je nutno řešit otázky spojování a oprav včetně vývoje potřebných zařízení a materiálu.

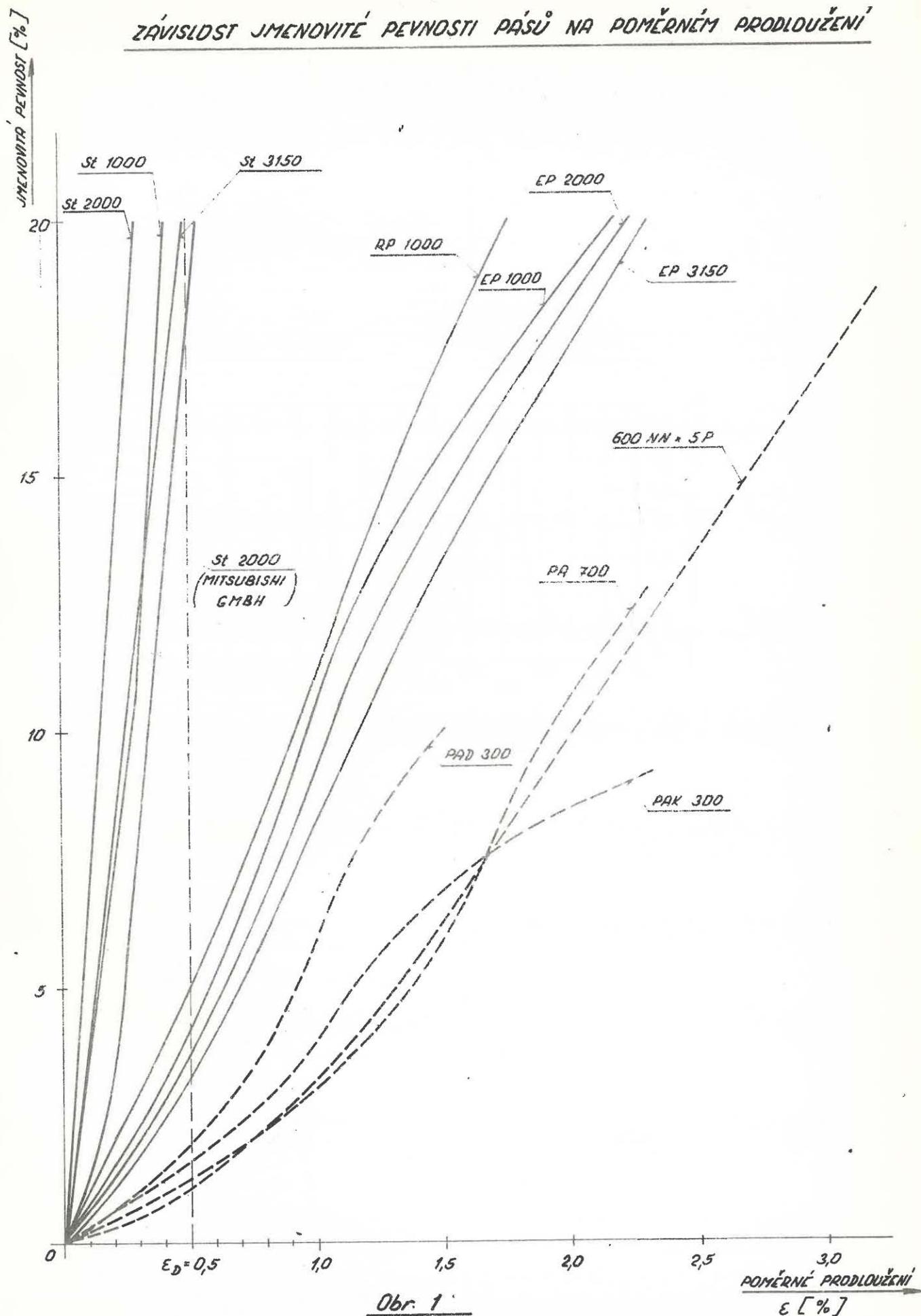
Pro ověření výše uvedených poznatků a získání prvních provozních zkušeností s pásy St se připravuje zkušební provoz na dopravníku č. 11, Barbora III., PKAZ n.p. Úžín, upraveného pro použití pásů St.

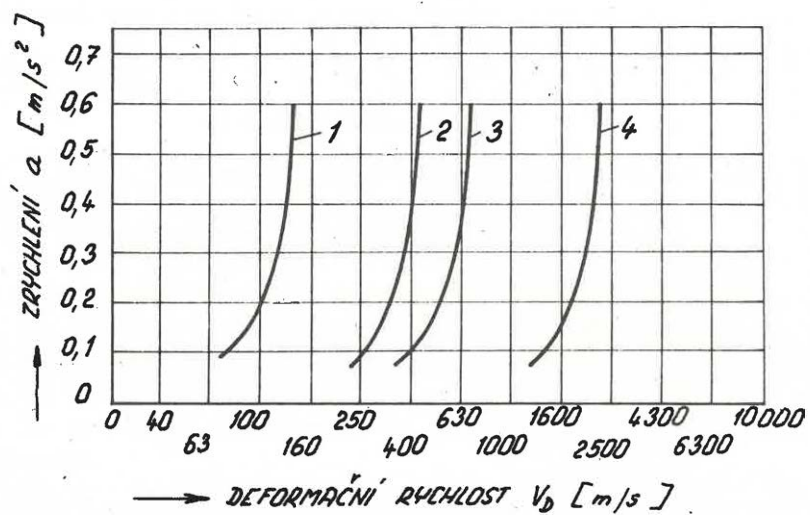
Dá se předpokládat a vše tomu nasvědčuje, že další efektivní rozvoj dálkové pásové dopravy je možný pouze při použití vysoce pevných dopravních pásů St a pro jejich úspěšné provozní nasazení je nutno vytvořit veškeré odpovídající podmínky.

L i t e r a t u r a

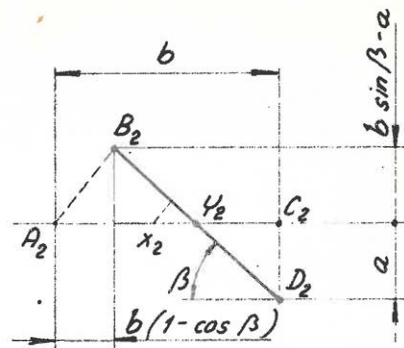
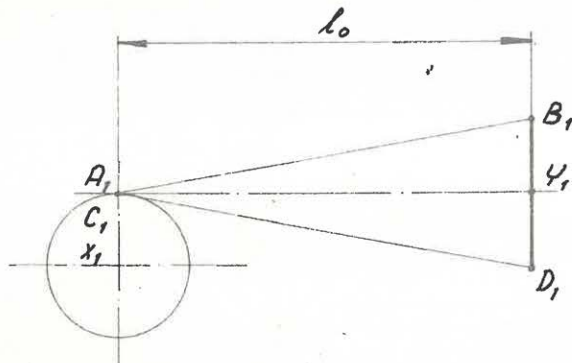
- /1/ Conrad Scholtz: Fördergurt - Handbuch
Hamburk
- /2/ Dr.-Ing. H. P. Lachmann: Neuere Entwicklung bei der Fördergurtkonfektion; Fördern und Heben 19 (1969), Nr. 16
- /3/ Ing. Josef Drobný: Výzkum parametrů dlouhých stabilních a přesuvných dopravníků s ohledem na další vývoj se zřetelem na potřebné šířky a rychlosti pásů
Výzkumná zpráva VÚHU Most, listopad 1970
- /4/ Návrh technických přejímacích podmínek pro pryžové dopravní pásy s ocelovými kordy
Výzkumný ústav gumárenské a plastikářské technologie, Gottwaldov
- /5/ Ing. Josef Drobný: Dálková pásová doprava
SNTL Praha 1970
- /6/ Ing. Oldřich Klimecký: Výzkum technologických podmínek pro nasazení pásu s ocelovým kordem a určení optimálních délek jednotlivých sekcí
Výzkumná zpráva VÚHU Most, červen 1971

ZÁVISLOST JMENOVITÉ PEVNOSTI PÁSŮ NA POMĚRNÉM PRODLOUŽENÍ





Obr. 2



DĚLKA KRAJNÍHO VLÁKNA

$$\overline{AB} = \sqrt{l_0^2 + (b \cdot \sin \beta - a)^2 + b^2(1 - \cos \beta)^2}$$

$$\overline{CD} = \sqrt{l_0^2 + a^2} \quad \text{PRO } \overline{AB} = \overline{CD} \quad \text{PŘI } b \neq 0$$

$$a = b \cdot \tan^2 \beta/2$$

$$\overline{AB} = \overline{CD} = \sqrt{l_0^2 + b^2(\sin \beta - \tan^2 \beta/2)^2 + b^2(1 - \cos \beta)^2} = \sqrt{l_0^2 + b^2 \tan^2 \beta/2}$$

DĚLKA VLÁKNA VE STŘEDU BUDE MINIMÁLNÍ

$$\overline{XY} = \sqrt{l_0^2 + \frac{b^2}{4} \tan^2 \beta/2}$$

MAXIMÁLNÍ DĚLKA BUDE PŘI $a = 0$

$$\overline{AB}_{\max} = \sqrt{l_0^2 + 4b^2 \sin^2 \beta/2} \quad \text{PRO } \overline{CD}_{\min} = l \quad \text{KDE : } b = \frac{B-a}{2}$$

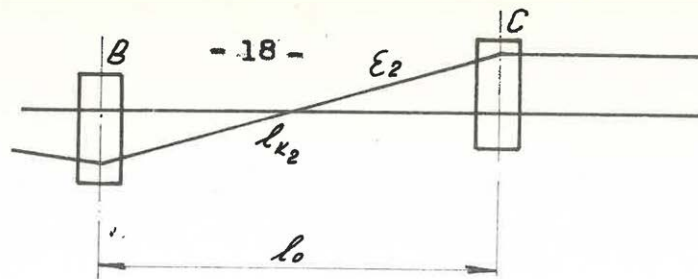
POMĚRNÉ PRODLOUŽENÍ ϵ_1

$$\epsilon_1 = \frac{\overline{AB} - \overline{XY}}{\overline{XY}}$$

PO DOSAZENÍ

$$\epsilon_1 = \sqrt{\frac{1 + \frac{(B-a)^2}{4 \cdot l_0^2} \cdot \tan^2 \beta/2}{1 + \frac{(B-a)^2}{8 \cdot l_0^2} \cdot \tan^2 \beta/2}} - 1$$

Obr. 3



$$x_1 = \frac{B}{2} \sin \alpha$$

$$x_2 = \frac{B}{2} \sin \beta$$

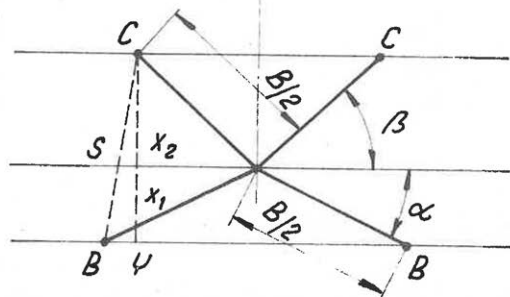
$$\psi = \frac{B}{2} (\cos \alpha - \cos \beta)$$

$$S = \sqrt{(x_1 + x_2)^2 + \psi^2} =$$

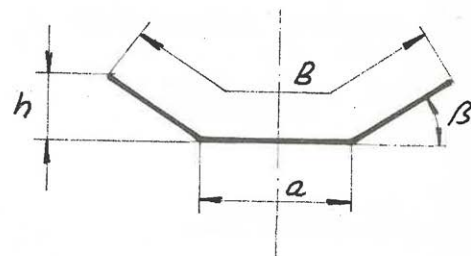
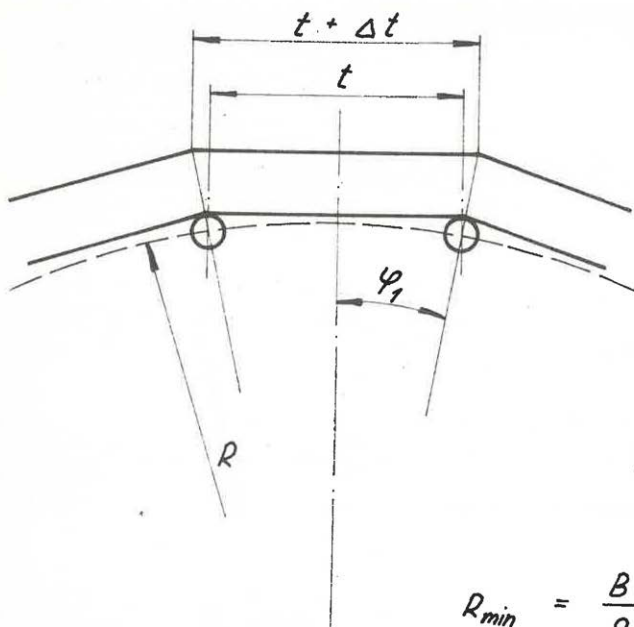
$$= B \sqrt{\frac{1 - \cos(\alpha + \beta)}{2}}$$

$$l_k = \sqrt{\frac{B^2 [1 - \cos(\alpha + \beta)]}{2} + l_0^2}$$

$$\epsilon_2 = \sqrt{\frac{B^2 [1 - \cos(\alpha + \beta)]}{2 l_0^2} + 1} - 1$$



Obr. 4



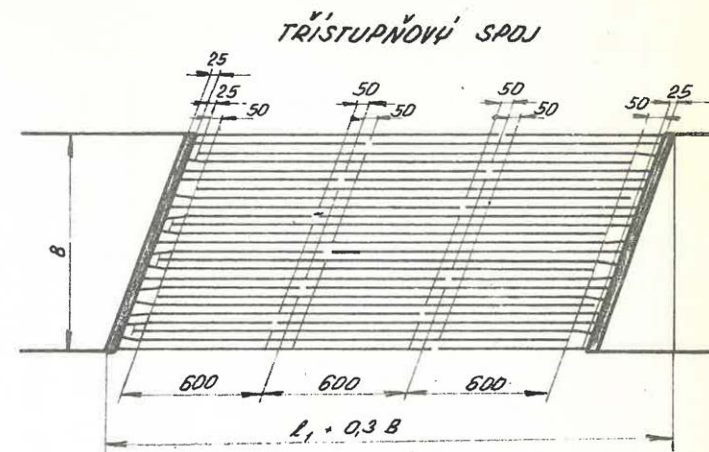
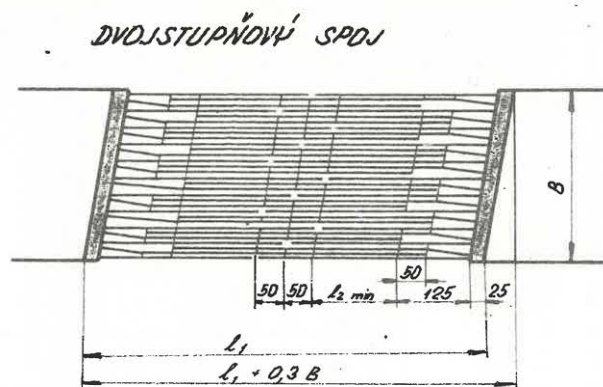
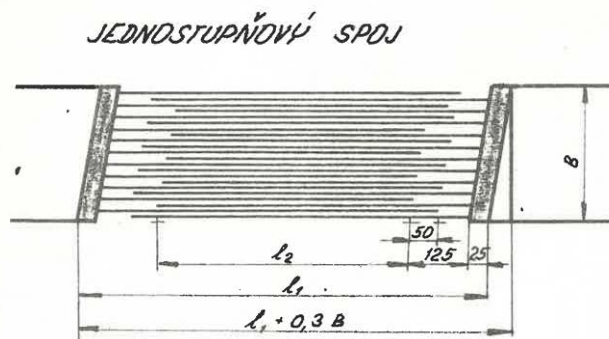
$$h = \frac{B-a}{2} \sin \beta$$

$$\frac{t + \Delta t}{t} = \frac{R+h}{R}$$

$$R_{min} = \frac{B-a}{2 \frac{\Delta t}{t}} \sin \beta = \frac{B-a}{2 \cdot \epsilon_3} \sin \beta$$

$$\epsilon_3 = \frac{B-a}{2 R_{min}} \sin \beta$$

Obr. 5

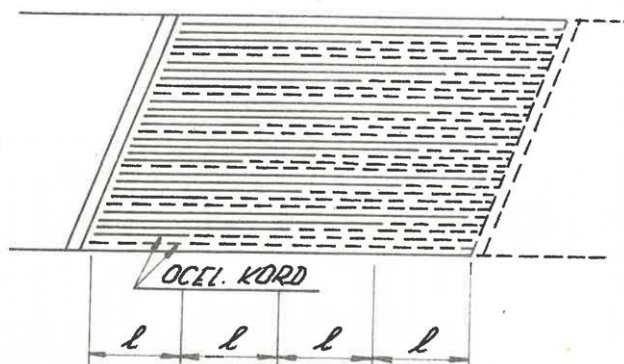


Typ pásu	St 1600		St 2000		St 2500		St 3150		St 4000	
Druh spojení	JEDNOSTUPŇOVÝ		DVOJSTUPŇOVÝ						TŘÍSTUPŇOVÝ	
SPD	R i/	K i/	R	K	R	K	R	K	R	K
L ₁	900	700	1200	900	1500	1200	1800	1500	2700	2250
L ₂	-	-	600	450	750	600	900	750	900	750
ŠÍŘKA PÁSU	CELKOVÁ DÉLKA PŘEPLÁTOVÁNÍ									
1000	1200	1000	1500	1200	1800	1500	2100	1800	3000	2550
1200	1260	1060	1560	1260	1860	1560	2160	1860	3060	2610
1400	1320	1120	1620	1320	1920	1620	2220	1920	3120	2670
1600	1380	1180	1680	1380	1980	1680	2280	1980	3180	2730
1800	1440	1240	1740	1440	2040	1740	2340	2040	3240	2790
2000	1500	1300	1800	1500	2100	1800	2400	2100	3300	2850

i/ R PRAVIDELNÉ SPOJE

K KRÁTKÉ SPOJE

i i/ CELKOVÁ DÉLKA PŘEPLÁTOVÁNÍ SPOJE SE SKLÁDÁ Z L_1 ,
A PŘÍDAVNÉ DÉLKY $0,3 \times$ ŠÍŘKA PÁSU, POTŘEBNÉ
PRO ZKOSENÍ SPOJE.



DĚLKY ODSTUPŇOVÁNÍ OCELOVÝCH KORDŮ

PRŮMĚR OCELOVÉHO KORDU [mm]	DĚLKA l [mm]
2.0	200
3.2	250
4.15	350
4.86	350
5.6	400
7.0	500
8.3	550
9.3	700
10.0	700

Obr. 7