

Ing. Jiří H o r a, VÚHU

Technologie výměny pásu

1.0.0 Úvod

S narůstajícím počtem km dálkové pásové dopravy na povrchových dolech SHR vyvstává potřeba efektivního transportu a manipulace s dopravním pásem. Obsahem tohoto článku jsou nejen příčiny podmiňující transport a manipulaci s pásem, ale i návrhy na organizaci práce a návrh vhodných mechanizačních prostředků. Efektivní dopravu pásu si vynucují následující provozní faktory:

- první montáž nového pásu uvedením dopravníku do provozu
- montáž části pásu při prodlužování pásového dopravníku
- demontáž a montáž pásu při dosažení životnosti dané normálním opotřebením
- demontáž a montáž úseků pásu při poškození (průrazy, rozřiznutí atd.)
- demontáž a montáž pásu při překročení přípustné maximální tažné síly
- demontáž části pásu při zkracování pásového dopravníku
- demontáž pásu při ukončení provozu dopravníku.

Za zvláštnost lze považovat u dopravního pásu tu skutečnost, že jeho stav při používání v provozu se liší od jeho stavu při dopravě. Při dopravě mimo závod se pás dopravuje navinutý na cílce. Takto se dopravuje i nový pás při vnitrozávodní dopravě. Při vnitrozávodní dopravě starého pásu se používá též způsobu nasmyčkování pásu na sáně nebo vlečení pásu volně položeného na terén vhodným tažným prostředkem.

Po zavedení dálkové pásové dopravy v SHR vznikl (1963) požadavek na mechanizační zařízení pro dopravu a manipulaci s pásy. Hlavní důvod, který vedl k tomuto požadavku byl ten, že spoje pásů se prováděly pouze vulkanizováním přímo na místě montážním způsobem. Provedení spoje přímo v provozu bylo spojeno se značnými obtížemi, bylo zdoluhavé a kvalita spoje mnohdy nedosahovala té výše jako při spoji provedeném pod lisem v dílně. Proto byla snaha snížit počet spojů prováděných v provozu na minimum, a tím přepravovat co největší délku pásu. Tato maximální délka byla zvolena 600 m. (šířka pásů 1200 a 1600 mm), a to s ohledem na technické možnosti řešení.

Pro takovéto poměry byl Transportou navržen a vyroben funkční model zařízení pro dopravu a manipulaci s pásy (viz obr. č. 1).

Po ukončení výroby tohoto zařízení (1965) se však situace v provádění spojů změnila. Provozně bylo odzkoušeno spojování pásů za studena. Docílené výsledky ukázaly, že je možno uvažovat s lepením za studena jako s běžnou spolehlivou technologií spojování pásů v provozu u PD š. 1000 a 1200 mm.

S ohledem na uvedené skutečnosti se změnily požadavky ze strany provozů. Nebyly provedeny objednávky zařízení pro přepravu a manipulaci s pásem dle návrhu Transporty a ta zastavila další práce na úpravách funkčního modelu zařízení z důvodu nezaručeného odbytu.

Při provozu pásových dopravníků šířek 1600 mm a více se studené spoje vykazují nízkou životností (cca 7 měsíců). Pro provádění spojů širokých pásů vulkanizací, která vykazuje vyšší životnost, není dostatek kvalitních vulkanizačních souprav a spojovacích materiálů s přijatelnou garancí životnosti.

Z těchto důvodů se znovu objevila naléhavost vyřešení problému manipulace s cívkami pásu při vnitrozávodní přepravě. Tohoto úkolu se tentokrát zhostil VZMA a 2. 3. 1972 vydal studii transportního zařízení pro dopravu pásů a kabelů (obr. č. 2). Tato studie byla podrobena oponentnímu jednání, na kterém bylo rozhodnuto, že VZMA zpracuje výrobní dokumentaci zařízení včetně zajištění výroby. VÚHU byl pak zadán úkol vyřešit vhodnou technologií výměny pásů zařízením pro dopravu pásů, situovanou na Doly Nástup, n. p., Tušimice.

2.0.0 Technická řešení

2.1.0 Zařízení pro dopravu pásů a kabelů dle studie VZMA

Zařízení pro dopravu pásů a kabelů sestává z tahače a návěsu (obr. č. 2). Tahač (výrobek n. p. Stavostroj) je v podstatě jednoosý traktor, na který je čepem připojen návěs. Návěs je vidlicového rámu, jehož nosníky jsou skříňového provedení. Na rámu návěsu jsou začepována zvedací ramena, která slouží pro uchopení cívky s pásem. Ramena jsou zvedána a spouštěna dvěma hydraulickými válci. Pohon hřídele cívky obstarávají dva hydromotory umístěné v obou ramenech.

Technická data soupravy

Tahač T 220:	motor	Škoda M 634
	výkon	154,46 kW (210 k)
	maximální otáčky	2000 1/min
	krouticí moment	794,34 Nm (81 kpm)
	max. tažná síla	127,49 kN (13 000 kp)
	pneumatiky	26,5 x 29
	huštění	0,343 MPa (3,5 atp)
	hmotnost tahače	11 250 kg
Návěs:	hmotnost	4 900 kg
	pneumatiky	21 x 26
	huštění	0,343 MPa (3,5 atp)
	hydraulické válce	Ø 160 x 1000
	hydromotor	1 JVS 665/B
Souprava:	nosnost	196,133 kN (20 Mp)
	max. rychlost bez zátěže	50 km/h
	max. rychlost se zátěží	15 km/h
	pohotovostní hmotnost	16 150 kg
	max. stoupavost	40 %
	max. dovolený úhel naklonění	15°

2.2.0 Technologie manipulace a dopravy nového pásu

2.2.1 Výměna pásu u přesuvných i stabilních dopravníků v lomené dopravní trase

Při postavení dvou dopravníků, jejichž osy svírají úhel menší než 180°, bude výměna pásu nebo větších částí značně usnadněna. V takovém případě souprava s cívkou nového pásu se ustaví tak, aby cívka nového pásu byla v ose dopravníku (obr.3; postavení soupravy I nebo II). Starý pás se na konci (začátku) dopravníku přeručí, jeden konec se spojí sešroubováním s novým pásem. Vytahováním starého pásu z dopravníku pomocí buldozeru se bude zároveň odvíjet a natahovat na horní válečkové stolice nový pás. Po odvinutí celé délky nového pásu se starý pás navine na uvolněnou cívku a odveze k dopravě.

V případě nepříznivé roční doby (podzim, jaro - blátivý terén),

kdy by se vytahovaný starý pás značně znečistil blátem, by bylo vhodné cívku s novým pásem umístit na vhodný stojan. Technologie výměny pásu by pak byla stejná jako v předešlém případě, avšak starý pás by se při vytahování z dopravníku ihned navíjel na cívku, umístěnou na soupravě pro dopravu pásu. Takováto technologie se dosud běžně používala na povrchových dolech s pásovou dopravou. Za zmínku však stojí ještě jeden způsob výměny pásu, jehož délka je přibližně rovná délce dopravníku.

Nový pás se nasmyčkuje v prostoru za vratnou stanicí (schématicky znázorněno na obr. 4). Začátek pásu se sešroubováním spojí se starým pásem. Potom se uvede do chodu pás a celá délka nového pásu se natáhne na horní větev. Starý pás se po natažení nového pásu přeruší. Zařízení pro dopravu a výměnu pásu pojíždí podél dopravníku, vytahuje a navíjí na cívku starý pás. Při tomto úkonu však bude nezbytné pomocné zařízení, které se bude pohybovat před soupravou, která navíjí starý pás a bude nadlehčovat (přizvedávat) nový pás (obráz. 5). Toto zařízení bude víceúčelové a bude nezbytné při výměně pásu popisované v kapitole 2.2.2 a 2.2.3. Zařízení sestává ze samochoďného podvozku (buldozer, PV3 S atd.), na kterém je na otoči soustava dvou ramen, jejichž zdvih je ovládán hydraulicky. Na druhém rameni je váleček, kterým je pás přizvedáván.

Jak již bylo řečeno, zařízení bude víceúčelové, to znamená, že bude sloužit i při výměně válečků při zvedání pásu.

U tohoto zařízení je možné použít místo druhého ramene teleskopický výložník, což by bylo výhodné pro zasouvání ramene pod horní větev pásu mezi válečkovými stolicemi.

2.2.2 Výměna pásu přesuvných dopravníků v přímé dopravní trase

U přesuvných dopravníků v přímé dopravní trase lze při výměně pásu využít možnosti vyosení části dopravníku, jak je schématicky znázorněno na obr. 7. Při současných možnostech překládání pásových dopravníků výkonnými překladači tento drobný úkon by neměl činit technologické potíže a neměl by být ani časově náročný.

Výměna pásu při této technologii spočívá v tom, že část dopravníku ve vzdálenosti L od vratného bubnu se překladačem vyosi po kružnici

o poloměru R. Vratný buben se posune o vzdálenost A (obr. 7). Následující výměna pásu bude stejná jako v předešlé kapitole. Souprava s cívkou nového pásu zajede proti posunutému vratnému bubnu, na kterém se přeruší pás. Horní větev pásu se spojí s novým pásem. Vytahováním spodní větve pásu se zároveň bude natahovat na válečkové lože nový pás. Při blátivém terénu je možno použít již popisovaného způsobu v kapitole 2.2.1. Při této technologii výměny pásu je nutno dbát na to, aby poměrné prodloužení v krajním vlákne nepřesáhlo dovolenou mez. Vyjme-li si z vyoseného dopravníku část pásu o délce l (viz obr. 6), pak pro tuto část platí vztah

$$\frac{1 + \Delta l}{l} = 1 + \varepsilon_{\max} = \frac{R + \frac{B}{2}}{R - \frac{B}{2}} \quad (1)$$

dle Bahra "Pásové dopravníky v hornictví" (SNTL 1962) je

$$\varepsilon_{\max} = \sqrt{\frac{\sigma_{\max}}{C}} \quad (2)$$

za předpokladu, že $\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$ a $\sigma_1 = 0$, platí pro takové namáhání ve vnější oblasti

$$\sigma_2 = 2 \sigma = \frac{2 T}{B \sigma} \text{ /MPa/} \quad (3)$$

z rovnic (1), (2) a (3) pak plyne

$$\begin{aligned} \frac{R + \frac{B}{2}}{R - \frac{B}{2}} &= 1 + \sqrt{\frac{2 T}{B \sigma C}} \\ R &= \frac{B + \frac{B}{2} \sqrt{\frac{2 T}{B \sigma C}}}{\frac{2 T}{B \sigma C}} \\ R &= \frac{B}{2 T} (T + \sqrt{2 T B \sigma C}) \end{aligned} \quad (4)$$

R	minimální poloměr zakřivení pásu (cm)
B	šířka pásu (cm)
T	tah v pásu v místě zakřivení (N)

σ tloušťka kostry pásu (cm)

C konstanta protažení ("pružnostní číslo") (MPa)

Tímto minimálním poloměrem zakřivení R by se měla vytočit část dopravníku u vratného bubnu.

Tak např. při vytočení pásu šířky 1600 mm bude minimální poloměr R

$$R = \frac{B}{2 \cdot T} (T + \sqrt{2 T B \sigma C})$$

B = 160 cm

C = 117 500 N/Pa (12 000 kp/cm²)

T = 4903,33 N (500 kp) - odhad síly v pásu při natahování

σ = 2 cm

$$R = \frac{160}{2 \cdot 4903} (4903 + \sqrt{2 \cdot 4903 \cdot 160 \cdot 2 \cdot 117\,500})$$

R = 9974 cm $\hat{=}$ 100 m

R = 100 m

=====

Při vyosení vratného bubnu o vzdálenost 3 m bude vzdálenost L (viz obr. 7):

$$L = 2 \sqrt{A(2R - A)}$$

$$L = 2 \sqrt{3(2 \cdot 100 - 3)}$$

$$L = 48,8 \text{ m}$$

=====

Kromě výměny pásu touto technologií lze samozřejmě použít i technologie výměny pásu popisované v následující kapitole 2.2.3.

2.2.3 Výměna pásu stabilních dopravníků v přímé dopravní trase

U těchto dopravníků se jeví jako nejvýhodnější dva způsoby výměny pásu.

U prvního způsobu souprava pro dopravu pásu (obr. č. 2) by nejprve navinula starý pás z dopravníku. Pak by souprava dopravila cívku s novým pásem, který by byl na cívce navinut obráceně - spodní krycí vrstvou navrch - k poháněcí nebo vratné stanici. Začátek pásma by se zakotvil na horní části středního dílu. Souprava by následovně pojížděla podél dopravníku, z cívky by se pás odvíjel, obracel horní krycí vrstvou nahoru a pokládal na horní válečkové lože. Při této technologii by byla nutná pomocná činnost zařízení schématicky znázorněného na obr.5,

které by se pohybovalo v určité vzdálenosti za soupravou s cívkou a odvíjející se pás by přitlačovalo nad horní válečkové lože.

U druhého způsobu výměny pásu by technologie byla následující: souprava by cívku nového pásu (pás by na cívce byl opět navinut obráceně) dopravila k dopravníku a usadila na konzolu 3 (viz obr. 8). Potřebná délka pásu by se záhy odvinula, provlékla levým válcem na konzole 2. V tomto místě by se starý pás přerušil a levá část se spojila s novým pásem. Pravá část starého pásu by se provlékla pravým válcem na konzole 2 a napojila na prázdnou cívku umístěnou na soupravě 1. Navíjením starého pásu na tuto cívku by se odvíjel nový pás z cívky 3 a pokládal na horní válečky.

Tento postup je však podmíněn při výměně pásů velkých délek použitím pomocného zařízení pro umožnění pohybu pásu, a tím snadnější navíjení starého pásu na cívku.

2.3.0 Technologie manipulace a dopravy starého pásu

Technologie manipulace a dopravy starého pásu novým zařízením by byla v podstatě stejná jako s pásem novým.

Starý pás sejmутý z dopravníku (viz kap. 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3) se dopraví do vulkanizérské dílny (pokud byl určen k opravě). Zde by se cívka se starým pásem přemístila na navíjecí (odvíjecí) zařízení. Z tohoto zařízení by se vždy potřebná délka pásu odvinula a na velkém konfekčním stole opravila.

Současný stav je takový, že jednotlivá hospodářská střediska skladují starý pás k opravě na volném prostranství (obr. 9). Odtud se potom pás příležitostně dopravuje vhodnými prostředky do vulkanizovny k opravě nebo do Krušnohorských strojírén, závod Řetenice, ke GO.

2.3.1 Měření v provozních podmínkách

Pro učinění základní představy o tom, jakou sílu je třeba vyvinout při tažení pásu po podložce (terénu), bylo provedeno měření této síly v provozních podmínkách závodu Markur. Měření se konalo dne 16.7.1973 na I. řezu zmíněného závodu. Teplota okolí se pohybovala od 15 °C do 20 °C. Počasí bylo slunečné, terén značně měkký (bláto).

Vlastní měření spočívalo v tom, že tažným prostředkem (buldozerem

S 100) byl pás tažen po podložce, která sestávala z vyškvárované cesty vypálenými jílly. Místy byla cesta znečištěna blátem (přibližně 30 % plochy). Spojení taženého pásu a tažného prostředku bylo provedeno oce-
lovým lanem. Tažná síla byla snímána tahovým dynamometrem (viz obr.10)
a vyhodnocována tenzometrickou aparaturou Philips a smyčkovým oscilo-
grafem RFT. Síla pro utržení pásu od terénu činila 36,28 kN (3,7 Mp) a
po rozjezdu se ustálila na hodnotě 34,32 kN (3,5 Mp). Rychlost pohybu
pásu činila 13,6 m/min.

Typ taženého pásu byl 4 PA 700 + 5 PAN 25 - 6+3. Ze známých vzta-
hů lze vyčíslit velikost součinitele tření.

$$F = N \cdot f = P$$

$$f = \frac{P}{N} = \frac{P}{L \cdot g_2}$$

F	třecí síla (N)	L	délka pásu (m)
P	tažná síla (N)	g_2	tíha pásu (N/m)
N	normálová reakce (N)		

$$\text{Po dosazení} \quad f = \frac{34\,320}{201 \cdot 465} = 0,367$$

Velikost součinitele tření v tomto případě byla 0,367.

2.3.2 Navíjení pásu

Pro navíjení starého pásu existují v podstatě dvě různé metody:

- navíjení pásu přímo z dopravníku
- navíjení pásu volně ležícího na terénu.

Druhý způsob lze ještě rozlišit na:

- navíjení pásu cívku pohybující se nad pásem (který je v klidu),
- navíjení pásu na cívku, která si pás zároveň přitahuje.

Porovnáme-li poslední dva způsoby navíjení pásu co do správného
vedení pásu na cívce, zjistíme, že následkem stálé tažné síly bude na-
víjení na stacionární cívku pravidelnější. To platí zejména tehdy, když
dopravní pás neleží rovně na zemi a má různé smyčky. Rozměry a poháně-
cí výkon navíjecího stojanu nemusí být tak velké, aby cívka sama při-
táhla pás. Do jisté míry lze připustit možnost, aby se navíjecí stojan
sám přitáhl k položenému pásu. Lze připustit též možnost přitahování pá-
su po etapách k navíjecímu stojanu. Pro použití navíjecích cívek na po-

vrchových dolech je rozhodující správná volba tažné síly navíjecího zařízení pro extrémní provozní podmínky.

Zanedbáme-li průvės pásu před navíjecí cívku, bude velikost a průběh navíjecí síly po celou dobu navíjení dán vztahem

$$P = G_m \cdot f(L - L_x) \quad (6)$$

P = tažná síla (N)

G_m = hmotnost pásu (kg/m)

L = celková délka pásu (m)

L_x = délka pásu již navinutá na cívku (m)

Jak již bylo v předchozím naznačeno, existují dvě limitující podmínky pro dopravu cívky ve vnitrozávodní dopravě:

- průměr cívky podle průjezdního profilu komunikací, zejména podle výšky a šířky cívky pásu

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot S \cdot L + D_k^2} \quad (7)$$

$D_{\max}$ max. průměr cívky

S tloušťka pásu

D_k průměr jádra cívky

- hmotnost navinutého pásu včetně jádra cívky s přihlédnutím ke zdvihadlům, které jsou k dispozici, nebo jiná omezení hmotnosti, například přípustná zatížení náprav dopravního vozidla

$$G_{\max} = G_m \cdot L \quad (8)$$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot S \cdot \frac{G_{\max}}{G_m} + D_k^2} \quad (9)$$

$G_{\max}$ max. hmotnost (přípustná) cívky

G_m hmotnost 1 m pásu

Výkon navíjecího zařízení je dán známým vztahem

$$N = P \cdot v \quad (10)$$

P odpor pásu ležícího na terénu (tažná síla)

v navíjecí rychlost

Tažná síla P se určí z rovnice (6). Protože s navíjením pásu na cívku poroste průměr cívky, bude i rychlost " v " v průběhu navíjení proměnná.

Za předpokladu konstantní úhlové rychlosti pak platí (viz obr.11)

$$v = R_x \cdot \omega \quad (11)$$

$$R_x = \frac{D_k}{2} + x$$

$$v = \left(\frac{D_k}{2} + x \right) \cdot \omega \quad (12)$$

Přírůstek poloměru x v průběhu navíjení se určí z podmínky, že obdélník určený délkou navinutého pásu L_x a tloušťka pásu S navinutím vytvoří mezikruží o průměrech D_k a $2 R_x$ (viz obr. 11)

$$L_x \cdot S = \frac{(D_k + 2x)^2}{4} - \frac{\pi D_k^2}{4} \quad (13)$$

Úpravou tohoto vztahu dostaneme kvadratickou rovnici

$$x^2 + D_k \cdot x - \frac{L_x \cdot S}{\pi} = 0 \quad (14)$$

Jejíž kořeny budou

$$x_{1,2} = -\frac{D_k}{2} \pm \sqrt{\left(-\frac{D_k}{2}\right)^2 + \frac{L_x \cdot S}{\pi}} \quad (15)$$

Pro náš případ je reálný pouze kladný kořen, tj.

$$x = -\frac{D_k}{2} + \sqrt{\frac{D_k^2}{4} + \frac{L_x \cdot S}{\pi}} \quad (16)$$

Dosazením vztahu (16) do rovnice (12) a úpravou dostaneme velikost navíjecí rychlosti

$$v = \omega \sqrt{\frac{D_k^2}{4} + \frac{L_x \cdot S}{\pi}} \quad (17)$$

Dosazením vztahu pro rychlost (17) a tahovou sílu (6) do rovnice (10) dostaneme základní vztah pro velikost navíjecího výkonu

$$N = G_m \cdot f(L - L_x) \omega \sqrt{\frac{L_x \cdot S}{\pi} + \frac{D_k^2}{4}}$$

a po úpravě

$$N = \frac{G_m \cdot f \cdot \omega}{2} \sqrt{\frac{4 \cdot L_x \cdot S}{\pi} (L - L_x)^2 + D_k^2 (L - L_x)^2} \quad (18)$$

Jelikož s délkou navinuté části pásu klesá tažná síla a stoupá průměr cívky, lze výpočtem extrémní hodnoty určit maximální nutný výkon. Pro lepší přehlednost je poměr délky navinuté části L_x k celkové délce L označen α :

$$L_x = \alpha \cdot L$$

Podle této rovnice můžeme formulovat rovnici pro výkon (18) takto:

$$\left(\frac{2 N}{f \cdot G_m \cdot \omega \cdot L} \right)^2 = \frac{4 \cdot S}{\pi} L \alpha (1 - \alpha)^2 + D_k^2 (1 - \alpha)^2$$

a derivací $\frac{dN}{d\alpha}$ určit polohu cívky s extrémním navíjecím výkonem

$$\alpha_{1,2} = \frac{2 \frac{4 \cdot S}{\pi} L - D_k^2}{3 \frac{4 \cdot S}{\pi} L} \pm \sqrt{\frac{2 \frac{4 \cdot S}{\pi} L - D_k^2}{3 \frac{4 \cdot S}{\pi} L} - \frac{\frac{4 \cdot S}{\pi} L - 2 D_k^2}{3 \frac{4 \cdot S}{\pi} L}} \quad (19)$$

Praktickým výpočtem této rovnice se ukazuje, že maximální nutný výkon není na začátku navíjení, nýbrž teprve po navinutí podílu závislého na absolutní délce pásu.

Například dosadíme-li do těchto posledních dvou rovnic hodnoty pásu z kapitoly 2.3.1, tj.

$$L = 201 \text{ m}$$

$$\omega = 0,333 \text{ rad/s}$$

$$G_m = 47,46 \text{ kg/m}$$

$$S = 0,03 \text{ m}$$

$$f = 0,4$$

$$D_k = 0,6 \text{ m}$$

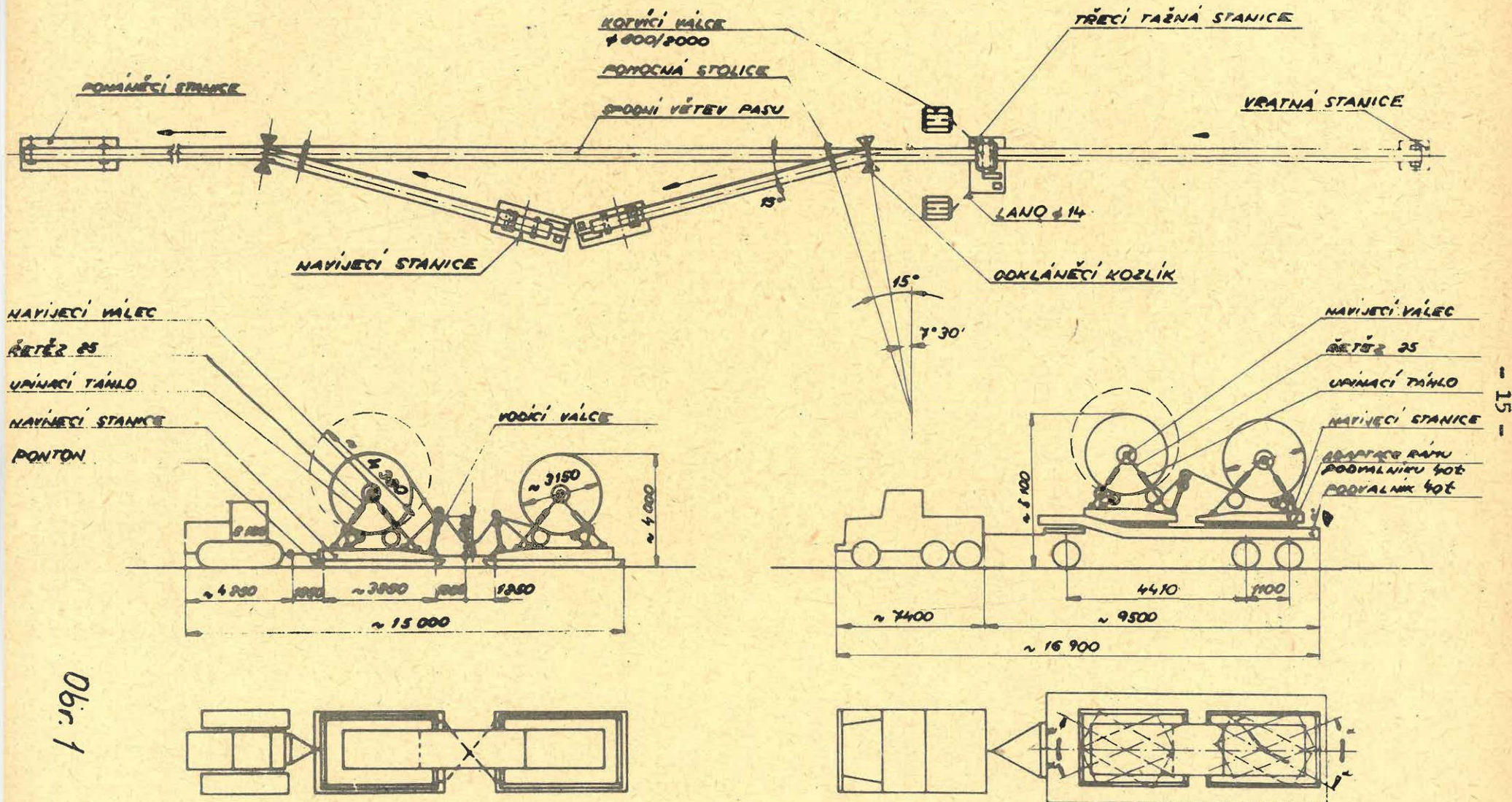
dostaneme průběh výkonu navíjecího zařízení v závislosti na již navinuté délce L_x , který je znázorněn na obr. 12. Extrém této křivky platí pro $\alpha = 0,29$, tj. $N = 8,87 \text{ kW}$.

Pro maximální délku pásu šíře 1600 mm, kterou lze navinout (to je 418 m) průběh výkonu navíjecího zařízení je rovněž patrný z obr. 12. Maximum výkonu v tomto případě je 25,6 kW.

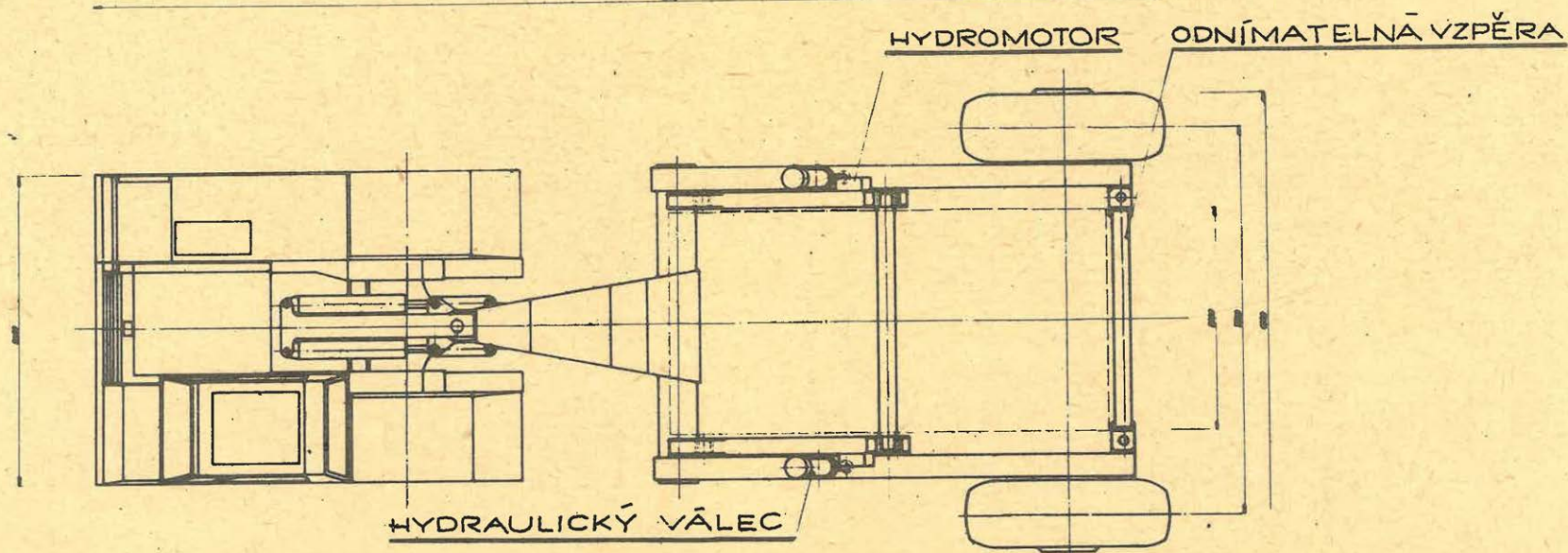
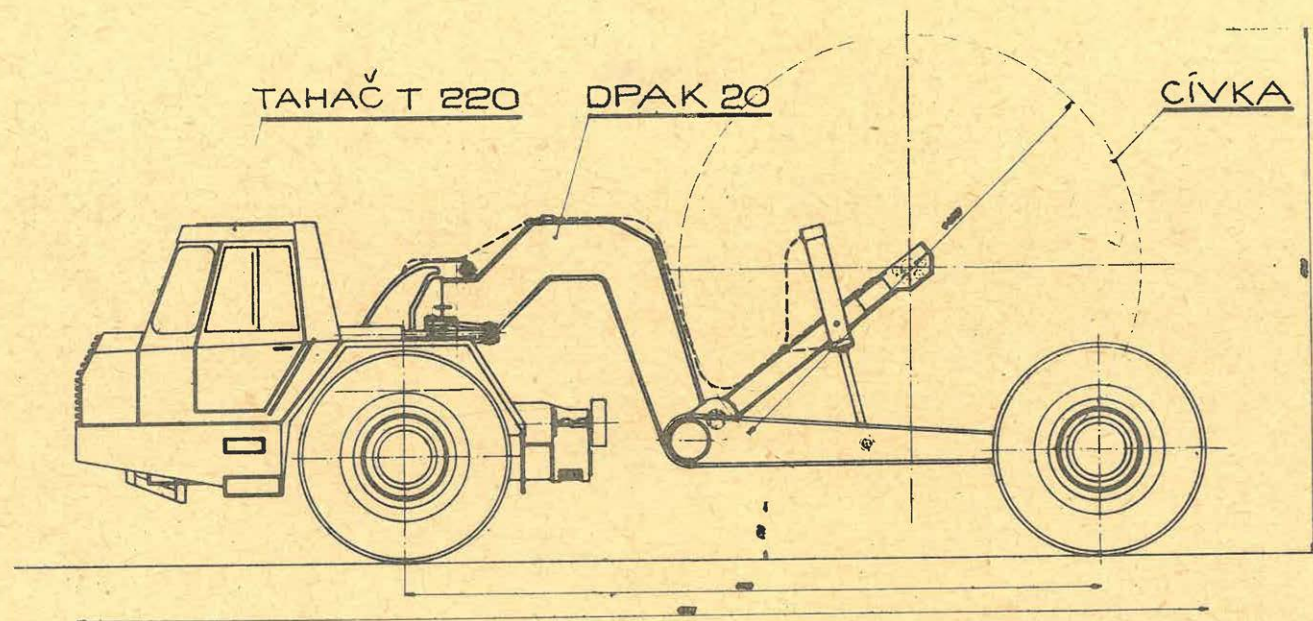
S h r n u t í

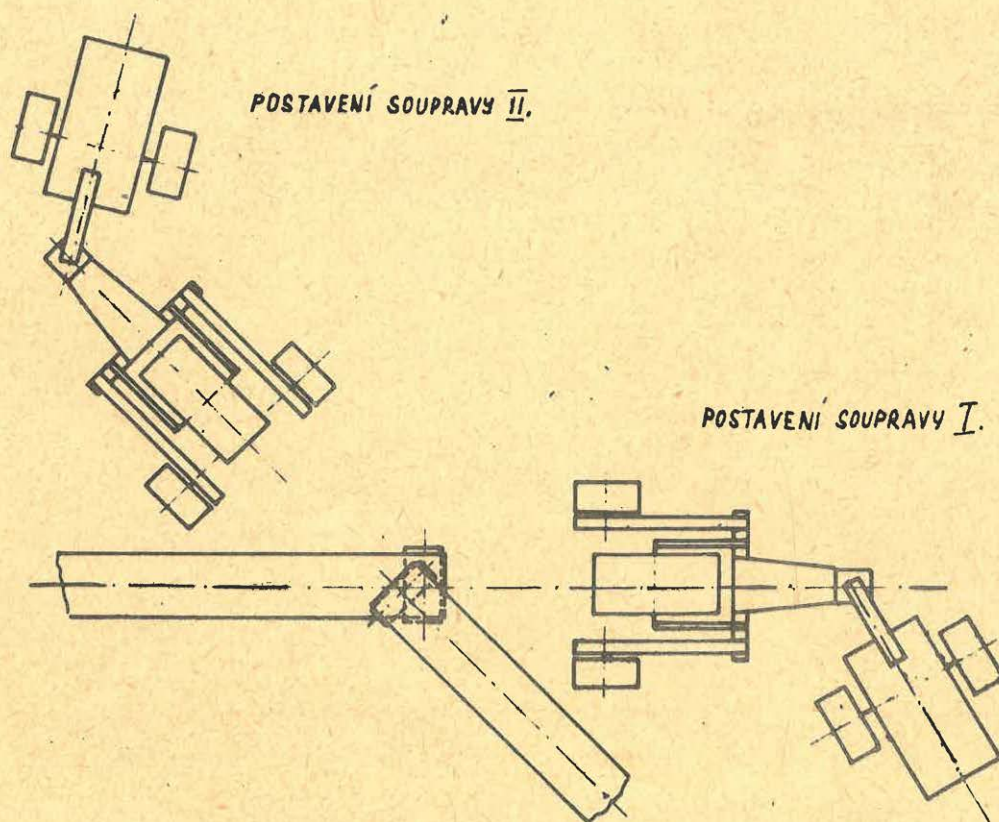
Technologie výměny pásu

V úvodu článku jsou rozebrány provozní faktory, které si vynucují transport a manipulaci s pásem a vývoj zařízení pro dopravu pásu v SHR.

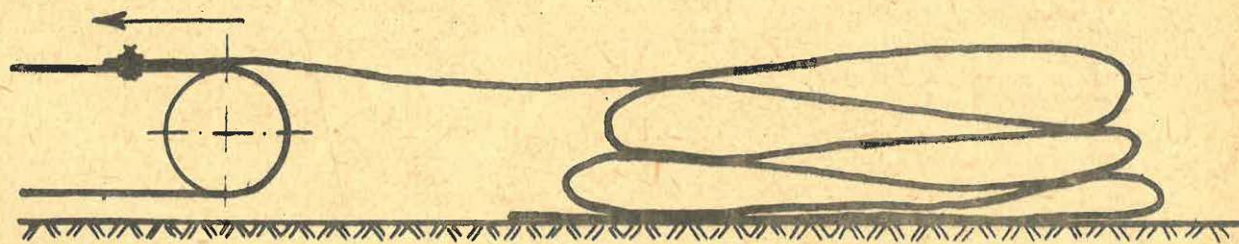


ZARÍZENÍ PRO MANIPULACI A PŘEPRAVU GUMOVÉHO PASU.

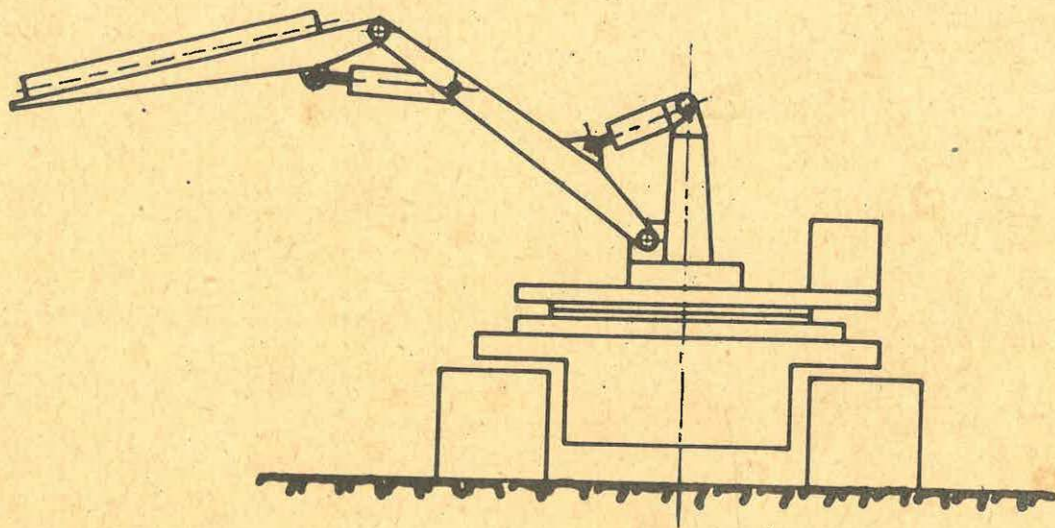




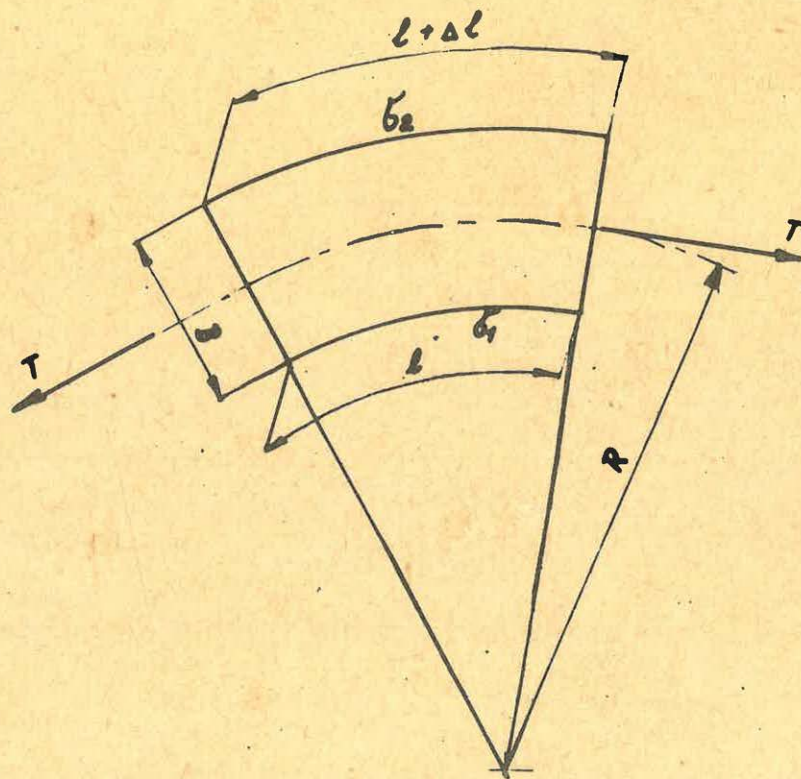
Obr. 3



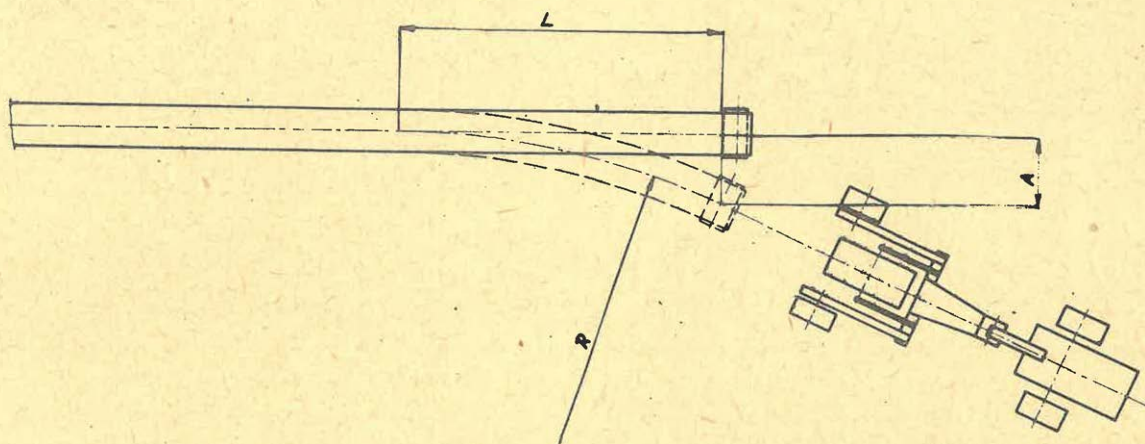
Obr. 4



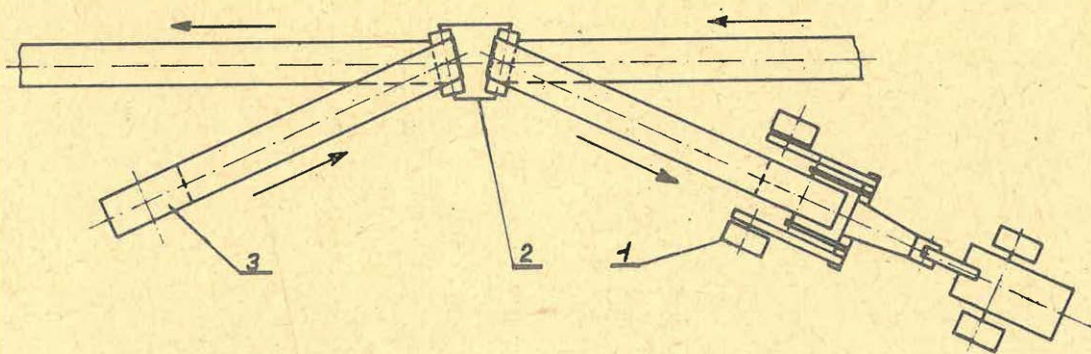
Obr. 5



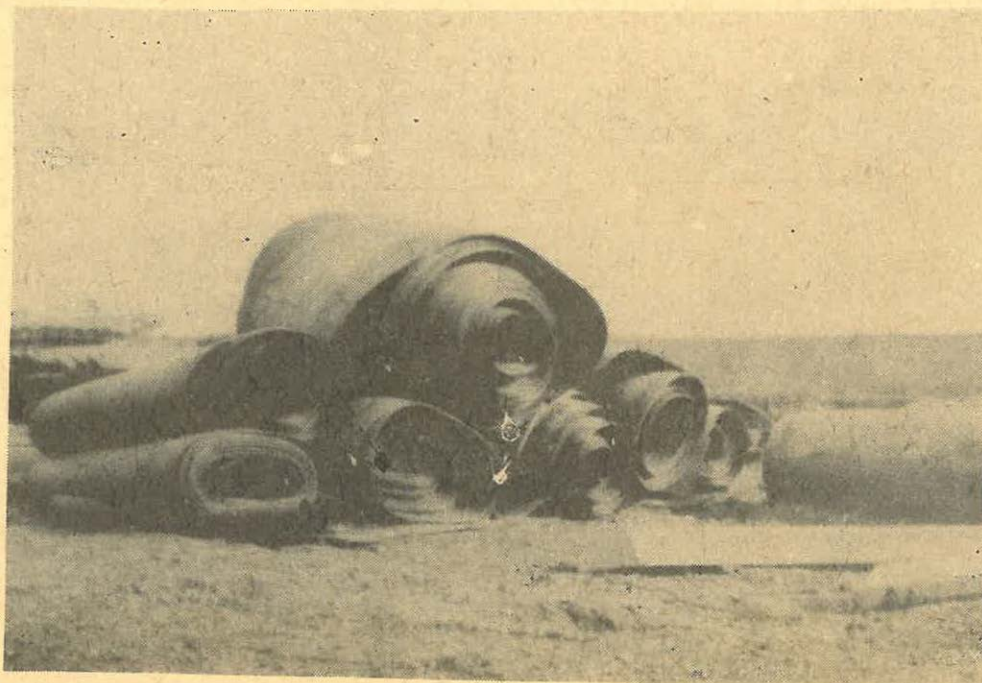
Obr. 6



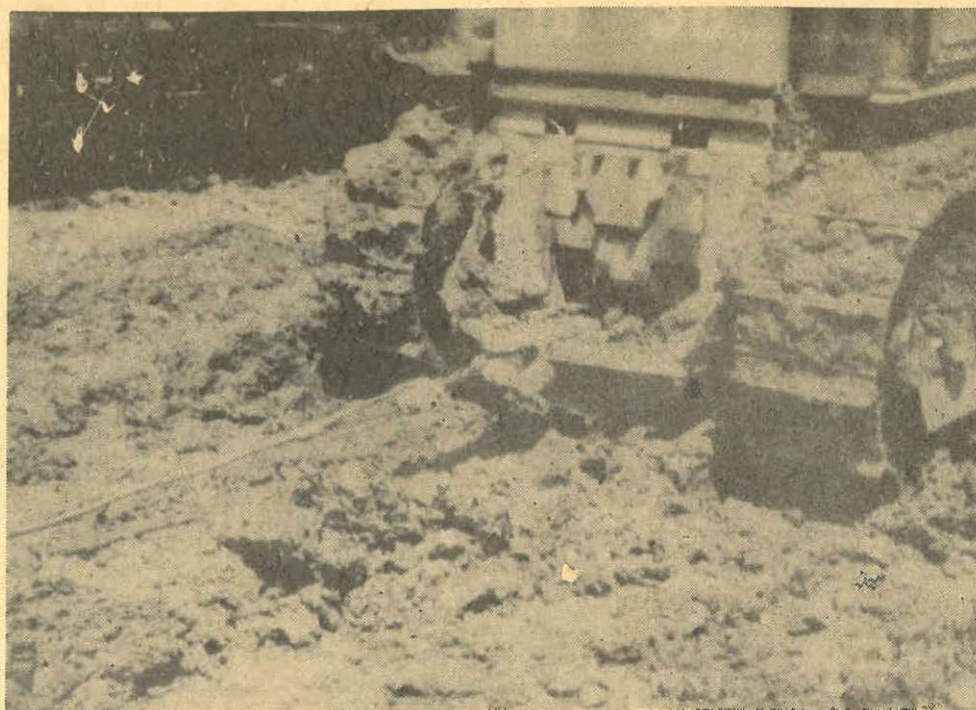
Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10