

Ing. Jiří H o r a, VÚHU

Problematika úpadních dopravníků

Při dnešní dobývací technologii na úklonně uložených uhelných slo-
žích jeví se výhodné použití úpadních pásových dopravníků (ÚPD). Tak
tomu zákonitě je v případě řešení lomového pole Dolu Chabařovice a
Most. Použití úpadních dopravníků sniží hlavně počet dopravníkových
sekcí v lince a v některých nepříznivých případech terénních a geolo-
gických se jim nelze vůbec vyhnout.

Nutnost používání úpadních dopravníků je zejména na porubních a
spojovacích trasách. Na základací straně nepřichází a patrně ani v bu-
doucnu nebude přicházet v úvahu provoz úpadních dopravníků.

Výpočet úpadního dopravníku

Při úpadní dopravě materiálu dopravníky je nutné řešit některé
specifické problémy. U úpadních dopravníků velkých výkonů se musí vyře-
šit všechny fáze pohybu, to je rozběh, ustálený chod a doběh (brzdění),
vzhledem k několikanásobným pohonům i složitosti silových poměrů na po-
háněcí stanici a vratné stanici. Při řešení silových poměrů úpadního
dopravníku je nutné, tak jako u každého dopravníku, vycházet z pasiv-
ních odporů dopravníku. Pro stanovení těchto odporů je předepsána nor-
ma ČSN 263102 a NT 263102.

Pro náš případ použijeme normy ČSN 263102, která však neplatí pro
dopravníky s víceubnovými pohony, ale vyhovuje pouze pro stanovení pa-
sivních odporů a výpočet bude přehlednější. Na příklad na porubní od-
tahový dopravník budou působit tyto síly:

Síly tření (působící proti směru pohybu)

$$Q_H + Q_V = C \cdot f \cdot L [(q_1 + 2q_2) \cos \alpha + q_{rh} + q_{rd}] \quad (1)$$

kde $Q_H + Q_V$ jsou hlavní a vedlejší odpory

C je součinitel délky

f součinitel tření válečků

L osová délka dopravníku (m)

q_1 tíha materiálu příp. na 1 m délky dopravníku (kg/m)

q_2 tíha pásu (kg/m)

q_{rh} tíha rotujících částí horních válečků

q_{rd} tíha rotujících dolních válečků
 α úhel stoupání dopravníku

$$S_c = z_c (0,02 \div 0,04) B \quad (2)$$

kde S_c je odpor stěračů
 z_c počet stěračů pásu
 B šířka pásu (mm)

$$S_{BV} = \mu_1 \frac{q_1^2 l_b}{\rho b_{bv}^2} \quad (3)$$

kde S_{BV} je odpor bočního vedení
 μ_1 součinitel tření mezi mater. a bočním vedením
 ρ sypná hmotnost materiálu
 q_1 tíha materiálu přip. na 1 m délky dopravníku (kg/m)
 l_b je délka bočního vedení (mm)
 b_{bv} světlá šířka mezi bočním vedením (mm)

Síla urychlující (působící ve směru pohybu)

$$S_z = \pm q_1 H = \pm Q_d \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

kde S_z je urychlující síla
 Q_d hmotnost materiálu na horní větvi dopravníku (kg)

$$Q_d = q_1 L \quad (5)$$

Pro úpadní dopravník platí podmínka, že urychlující síly jsou větší než síly tření.

$$S_z > O_H + O_V + S_c + S_{BV} \quad (6)$$

úpravou dostaneme

$$q_1 L \sin \alpha > O_H + S_c + S_{BV} \quad (7)$$

$$\sin \alpha > \frac{O_H + O_V + S_c + S_{BV}}{q_1 L} \quad (8)$$

O úpadním dopravníku lze hovořit pouze tehdy, platí-li nerovnost (6) nebo (8), to znamená, že takový dopravník se musí brzdít při ustáleném chodu. V opačném případě se o úpadní dopravník nejedná, i když dopravuje s kopce (dolů), poněvadž síly tření jsou větší než síly urychlující a pro provoz takového dopravníku se spotřebovává energie.

Brzdění úpadního dopravníku

Při rozběhu a doběhu působí na dopravník ještě značné setrvačné síly.

Brzdná síla na bubnu

$$P_B = P_{dyn} + P_{stat} - P_W \quad (9)$$

kde $P_{dyn} = a \cdot m$... dynamická síla vyvolaná brzděním
 m ... setrvačné hmoty
 a ... zpoždění

$P_{stat} = q_1 H$... statická síla od hmotnosti materiálu
 q_1 ... měrné obtížení pásu
 H ... dopravní výška

$$P_W = Q_H + Q_V + S_c + S_{BV} \quad \dots \text{celkový odpor dopravníku} \quad (10)$$

Brzdý moment na hřídeli motoru

$$M_B = M_{dyn} + M_{stat} - M_W \quad (11)$$

kde: $M_{dyn} = \varepsilon \cdot J$... brzdý moment od zpožďujících sil

$$M_{stat} = \frac{q_1 \cdot D_B \cdot H}{2 \cdot i} \quad \dots \text{brzdý moment od statických sil}$$

$$M_W = \frac{P_W \cdot D_B}{2 \cdot i} \quad \dots \text{brzdý moment od celkového odporu dopravníku}$$

Aby se na přesypech předešlo závalům, vyžaduje provoz úpadních dopravníků na sebe navazujících jak regulovaný rozběh, tak i regulaci brzdění. Tento proces lze nejjednodušší uskutečnit u pohonů s kroužkovými asynchronními motory na střídavý proud. Brzdění normálních pásových dopravníků se provádí výhradně mechanickými brzdami. U pásových dopravníků, jejichž brzdění vyžaduje v širokých mezích proměnlivé brzdící momenty (z důvodu záruky konstantních doběhových časů), je třeba použít regulované brzdy. U mechanických brzd by bylo možné toho docílit pouze velkým nákladem.

Jak již bylo uvedeno u kroužkových motorů běžného provedení lze nepatrnou úpravou elektroinstalace použít k brzdění vlastního pohonu dopravníku. Výhoda této metody spočívá v tom, že pracuje bez součástí, které se mechanicky opotřebovávají a dále je lze snadno přizpůsobit provozním požadavkům. Při brzdícím pochodu se poháněcí motory odpojí od vysokonapěťové sítě a stator je kuzen stejnosměrným proudem. Asynchronní motor se v tomto okamžiku chová jako synchronní generátor s proměnlivým počtem obrátek a protože asynchronní motor má konstantní vzduchovou mezeru, chová se i jako synchronní stroj s hladkým motorem.

Brzdící dobu t dostaneme z rovnice

$$t = \frac{G_1 D^2 \cdot n}{375 (M+W)} \quad (12)$$

kde značí: t doba brzdění
 n otáčky motoru
 M mechanický moment
 W pasivní odpory

Elektrickou regulační brzdu lze použít jen v tom případě, kde brzdící výkon nepřekročí instalovaný výkon. V druhém případě lze elektrickou regulační brzdu použít jen jako přídavné brzdy k mechanické brzdě, aby se zmenšilo opotřebení mechanické brzdy.

V každém případě však musí být při elektrickém regulačním brzdění zabudovány mechanické brzdy a dimensovány pro maximální moment, aby bylo zajištěno brzdění při výpadku proudu.

Další výhodný způsob brzdění úpadních PD je brzdění stejnosměrným asynchronním generátorem paralelně připojeným k poháněcímu asynchronnímu motoru (dle Ing. Lédra z ČKD Praha). Za provozu dopravníku bude brzdít asynchronní poháněcí motor nadsynchronním způsobem a při zastavování dopravník zabrzdí stejnosměrný asynchronní generátor. Proud vyráběný tímto generátorem se zmaří v odporech. Při dosažení malých otáček by účinnost brzdění byla malá, proto dobrzdění dopravníku bude uskutečněno kotoučovými brzdami.

Měření součinitele odporu proti pohybu v terénu

Pro představu o velikosti součinitele odporu ližin na podložce bylo provedeno měření tohoto odporu v provozních podmínkách závodu 5.květen - úsek Barbora III. Měření se konalo 13.11.1975 u poháněcí stanice PD č. 11 (II. řez).

Vlastní měření spočívalo v tom, že tažným prostředkem (buldozerem S 80) byl tažen měřicí stůl po rostlém terénu. Tažná síla byla snímána ocejkovanými dynamometry kruhového průřezu, na kterých byly nalepeny čtyři aktivní a čtyři kompenzační tensometry. Jeden dynamometr byl měřicí a druhý kontrolní. Měřicí stůl byl tažen prázdný a potom postupně zatěžován. Měření bylo potom opakováno s tím, že na spodní plochu ližin byly navařeny L-profil 30 x 30. Údaje dynamometrů byly registrovány prostřednictvím tensometrického můstku Philips osmismýčkovým osci-

lografem RFT. Bezdotykovým snímačem byl zjišťován okamžik, kdy měřicí stůl přecházel z klidu do pohybu. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce č. 1:

Tabulka č. 1

Hmotnost závaží na měř. stole (kg)	Hmotnost měř. stole a závaží (kg)	Sklon měřicího stole (°)	Síla P na začátku pohybu (N)	Maximální síla P za pohybu (N)
0	902	10	8890	9650
830	1732	11	8370	14480
1660	2562	11	8460	14740
2490	3392	10	10160	15490

Měření s úpravou spodní plochy ližin (navaření dvou L profilů 30x30):

0	902	13	4830	6100
830	1732	10	6850	17500
1660	2562	11	2030	27400
2490	3392	10	13200	20300

Vypočítané hodnoty součinitele odporu ližin na podložce jsou graficky znázorněny na obr. 1 a 2. Dále byla měřena síla, kterou je třeba vynaložit při posuvu kolejnice v jejím uložení v ližině. Tato síla představovala 9042 N (922 kp) při posuvu kolejnice ve dvou uloženích (ližinách).

Z provedeného měření vyplývá, že skutečný součinitel odporu ližin na podložce je vysoko nad mezním součinitelem tření ($f = 0,167$). Minimální součinitel byl naměřen $f = 0,338$ u neupravených ližin a maximální $f = 1,306$ u upravených ližin.

Z pláně, na které bylo uskutečněno měření, byly odebrány vzorky pro laboratorní stanovení druhu zeminy. Jednalo se o směs šedých písčitých jííl se žlutohnědými jíly a úlomky limonitu.

Objemová hmotnost vzorku		$\gamma_n = 1,8 \text{ g/cm}^3$
Vlhkost v % sušiny		$W_n = 20,7 \%$
Vlhkost v % objemu		$W = 30,8 \%$
Měrná hmotnost		$\gamma_s = 2,69 \text{ g/cm}^3$
Smyková pevnost		$c = 0,075 \text{ MPa (0,765 kp/cm}^2)$
Úhel vnitřního tření		$\varphi = 23^\circ$

Laboratorní zkouška byla neodvodněná, smykáno na Cassagrandeho přístroji rychlostí 1,84 cm/min.

Kotvení

Zeminy jsou schopné přenášet dosti značné tahové síly kotev, použije-li se vhodné technologie jejich upnutí do zeminy. Nejúčinnější je upnutí ocelovou deskou (stěnou, kterou se kotva opírá o zeminu). Velmi příznivé vlastnosti pro kotvení mají hrubší zeminy (štěrky a šterkopisky). Podstatně menší únosnost vykazují zeminy soudržné, jílovité. Pevnost upnutí kotev snižuje přítomnost vody.

Pro stanovení pevnosti upnutí kotvy bude rozhodující smyková pevnost zeminy. Orientačně se stanoví z Coulombovy rovnice

$$T = \sigma_f + c \quad (13)$$

kde značí:

- T ... smyková pevnost
- σ ... tlak kolmý na smykovou plochu
- $f = \operatorname{tg} \varphi$... koeficient tření na smykové ploše
- c ... soudržnost

Příkaznější hodnoty lze získat z laboratorních zkoušek neporušených vzorků.

Nejrozšířenějším druhem kotvení vratných stanic je kotvení do bloku (viz obr. 3). Velikost kotevní síly P se určí z rovnováhy sil na blok působících při zanedbání hmotnosti zeminy nad předpokládanou smykovou plochu. Předpokládaná smyková plocha bude skloněna od svislé roviny o úhel $45^\circ + \frac{\varphi}{2}$. Rovnovážná rovnice je odvozena ze vztahu (13)

$$P \sin \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = c \frac{a \cdot b}{\cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)} + P \cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi + Q \sin \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi \quad (14)$$

Úpravou rovnice dostaneme vztah pro kotvící sílu P

$$P = \frac{c \frac{a \cdot b}{\cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)} + Q \sin \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi}{\sin \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - \cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi} \quad (15)$$

kde značí:

- P kotvící síla
- c soudržnost zeminy
- a, b rozměry kotevního bloku (viz obr. 3)
- $\text{tg } \varphi$ koeficient tření na smykové ploše
- Q hmotnost kotevního bloku.

U stabilních úpadních dopravníků, které by na jednom místě byly používány několik let, je možné použít kotvení do trubky (viz obr. 4, alter. A). Toto kotvení se úspěšně používá v PLR na dole Józwin u normálních dopravníků. Pro vlastní kotvu lze použít silnostěnnou trubku o průměru ca 300 až 500 mm. Pro značné kotvící síly P lze těchto kotev použít několik (tři i více), případně vyplnit trubku cementovou směsí (maltou nebo kaší - viz obr. 4, alter. B). Cementová malta se připravuje z kvalitních portlandských cementů (min. zn. 350) čistých drobnozrnných písků (zrna do 2 mm) v dobře tekuté konsistenci, aby bylo zajištěno spolehlivé obalení výztuže a účinné spojení jak s výztuží, tak i horninou. Váhový poměr směsi cementu a písku se volí 1 : 1 až 1 : 2, vodní součinitel 0,5 až 0,6, u aktivovaných malt 0,4 až 0,5. Je nutno ovšem brát v úvahu to, že s množstvím cementu a hlavně vody ve směsi roste smrštění ztvrdlého tmele. Nepříznivý účinek smršťování u běžných druhů malt je možno do určité míry odstranit použitím speciálních druhů cementu a chemickou nebo mechanickou aktivací. Aktivací malty se také urychluje tuhnutí a zvyšuje pevnost, zvláště na začátku.

Tekutost a větší akční radius injektovaných malt se také zvyšuje přidáním plastifikátorů. Nejužívanějším plastifikačním přípravkem je PLASTIFIKÁTOR 5. Jeho optimální dávka se pohybuje od 0,5 do 0,75 litru na 100 kg cementu. Nezbytným doplňkem umělých plastifikátorů při přípravě cementových aktivovaných malt je stabilizační přísada SILIKÁT, která účinně zabráňuje jejich rozměšování. V podstatě je to jemně mletý hydraulický elektrárenský popílek. Jeho optimální dávka se pohybuje od 10 do 20 % hmoty portlandského cementu.

K přirozeným plastifikačním přísadám patří jíl nebo bentonit, v množství 2 až 3 % zlepšují podstatně tekutost injekčních suspenzí bez škodlivého vlivu na jejich pevnost po ztvrdnutí.

Zkušenosti s používáním úpadních pásových dopravníků

V letech 1968 - 1973 byl v provozu pásový dopravník OS na Dole 5. květen (úsek Barбора III), který dopravoval materiál úpadně. Celý dopravník nesplňoval podmínku (8) to znamená, že vcelku nelze hovořit o úpadním dopravníku. Část dopravníku však úpadní byla (část o sklonu $9^{\circ} 40'$ a $7^{\circ} 10'$). Během provozu se projevíly tyto nedostatky běžného provedení:

- pražce přichycené ke střednímu dílu hákovými šrouby se posouvaly ve směru dopravy. Bylo nutno horní přírubu vrtat a montovat normálními šrouby;
- střední díly byly málo tuhé. Jedna strana středního dílu se relativně posunula proti druhé, tím se natočily pražce a pás vybíhal ke straně;
- pás se obtížně reguloval. Vychylování pásu bylo přímo úměrné množství přepravovaného materiálu. Zvýšením napínací síly (zamontováním automatického napínání) se situace zlepšila.

Nepříznivé povětrnostní podmínky (ranní rosa, mlha, déšť, námraza), které snižují koeficient tření, budou mít nepříznivý vliv jen potud, pokud bude dopravník před uvedením do provozu delší dobu v klidu. Tytéž nepříznivé vlivy se však projevují i u dopravníků dopravujících nahoru (pásová doprava, zakladače).

Technologie přesouvání střední části úpadního dopravníku předpokládá, podle zkušeností ověřovaných PKAZ na Dole Barбора, překladač DET 250 a přesouvání krokem ca 0,5 m směrem proti svahu.

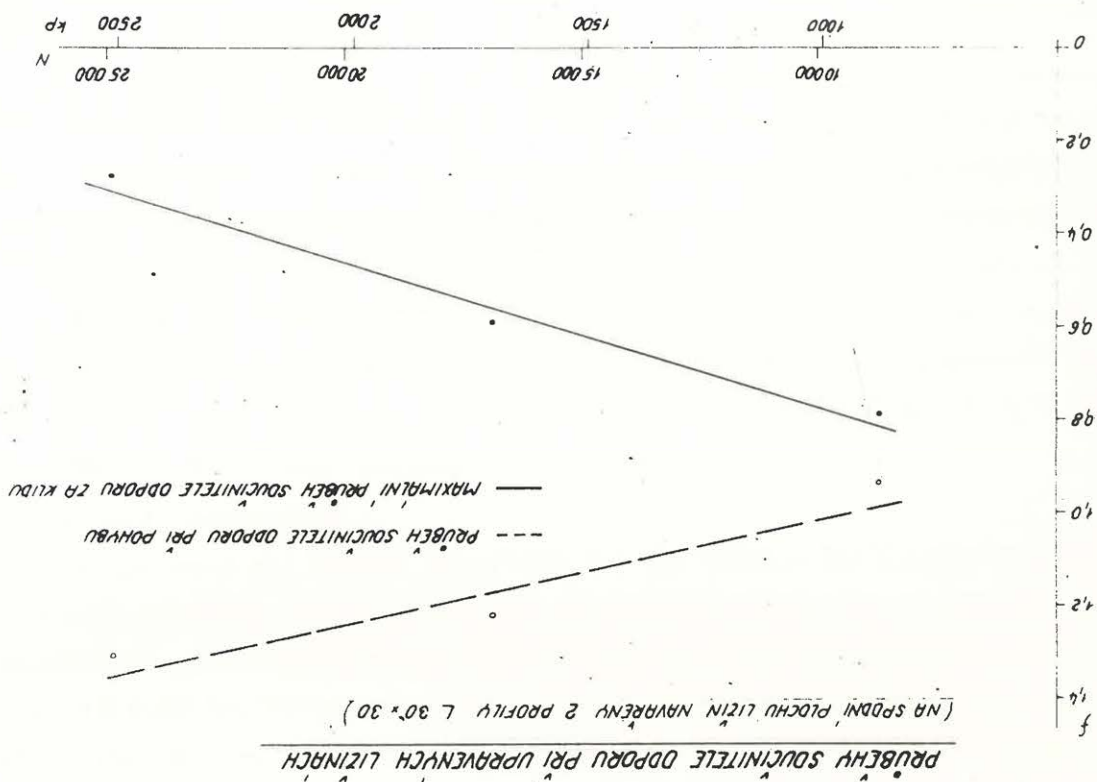
Přesouvání horní a dolní stanice předpokládá použití traktorů DET 250 za současného jištění stanic proti sesutí ze svahu.

S h r n u t í

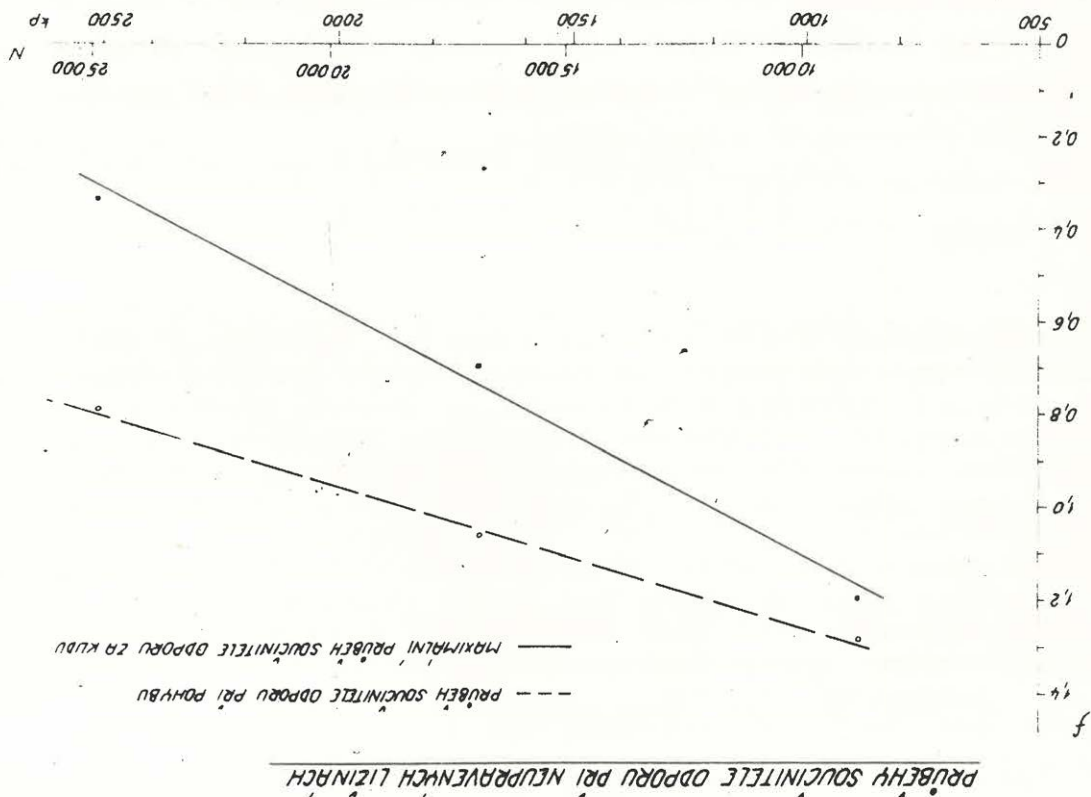
Problematika úpadních dopravníků

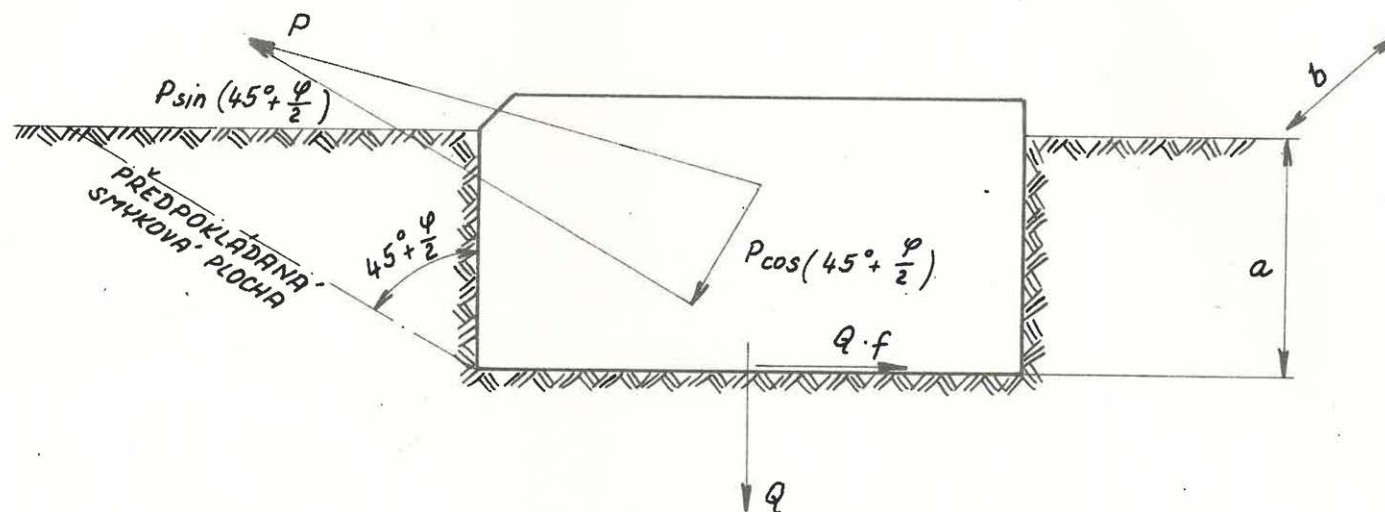
Při projekci některých nových lomů SHR (Chabařovice, Vršany, Most) se vyskytla nutnost použití úpadních pásových dopravníků. Při řešení těchto dopravníků vyvstaly otevřené otázky mezi budoucím uživatelem a projekčním ústavem výrobce. Jednalo se zejména o provozní a havarijní brzdění úpadních PD, stabilitu středních dílů ve svahu, kotvení horních stanic atd. Těmito otázkami se zabýval VÚHU Most a jsou v článku publikovány.

Obr. 2

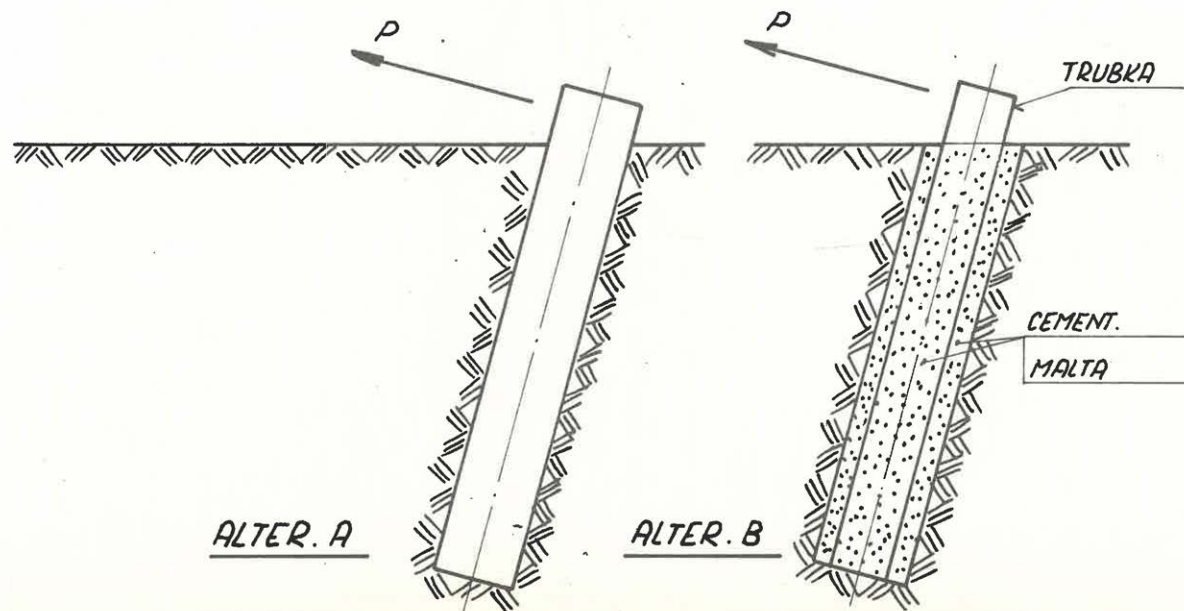


Obr. 1





Obr. 3



Obr. 4