

D. t. Jan J a n í č e k, VÚHU

Ing. Josef R o m p o r t l, VÚHU

Stav a výhled řešení problematiky rypných odporů

I. Úvod

Otázka výzkumu řezání (rozpojování) zemin kolesovými rypadly se stala u nás aktuální od doby, kdy se připravoval vývoj nové robustní řady kolesových rypadel uvažovaných pro technologické celky TC1 a TC2.

V té době byly již k dispozici první práce tohoto směru vypracované ve výzkumném oddělení kolesových rypadel n.p. Škoda.

Tyto práce byly základem nejen dalšího výzkumu problematiky rypných odporů u kolesových rypadel v SHR a HDBS prováděném VÚHU v Mostě, ale i základem řešení této problematiky v členských státech RVHP a především v NDR a dále pak v SSSR, FLR, BSR a BLR.

Pro určování velikostí rypných odporů byla užita ve všech případech metodika, která vycházela z experimentálních prací na hotových strojích v daných podmínkách nasazení. Ani jedna z užívaných metodik nevycházela z analyticky prozkoumaného procesu rozpojování, ze znalosti skutečných silových a napěťových podmínek v zemině při její destrukci, a tedy ani z přesné definice všech fyzikálních vlastností rozpojevané zeminy (horniny). Dodatečně byly výsledky měření vztahovány obvykle pouze k hodnotě smykové soudržnosti, vlhkosti, pevnosti v tahu a hledány vzájemné vztahy.

Práce prováděné na hotových strojích do výsledků nutně zanášely i vlivy konstrukčního a dílenského provedení jednotlivých strojů, které nebylo možno nijak postihnout a oddělit.

Přes tyto nedostatky lze říci, že všechny tyto práce kromě konkrétní klasifikace odolnosti zemin proti rozpojení daly dostatek podkladů pro výrobu kolesových rypadel. Do jaké míry je jednotliví výrobci aplikovali ve vývoji nových strojů, do takové míry tyto stroje se přiblížily potřebám práce v konkrétních podmínkách nasazení.

V průběhu výzkumu rozpojitelnosti nadložních hornin a uhlí kole-
sovými rypadly byla v rámci RVHP vypracována jednotná metodika určová-
ní rypných odporů, která měla odstranit roztržitost prací a přede-
vším dát možnost jednotným způsobem porovnávat stroje z hlediska rypné
schopnosti a současně také jednotným způsobem, a tedy jednotně hodno-
tit konkrétní podmínky nasazení strojů. Tato metodika se lišila od me-
todik v jednotlivých zemích pouze způsobem výpočtu, avšak nevyklučovala
nedostatky plynoucí z podmínek experimentu.

Snaha po zevšeobecnění vedla k tomu, že tato metodika uvažuje nej-
méně dat o okamžitých stavech, protože vychází z hodnot naměřených bě-
hem jedné hodiny. Přesto se však hodnota rypné schopnosti strojů, for-
mulována dle doporučeného vztahu RVHP, stala jednotkou, která se pro-
mítala především v komerčních ukazatelích.

Tato skutečnost zanesla do problematiky měřených rypných odporů
celou řadu výkladů, u nichž technická motivace ustoupila před tendenč-
ním pojetím. Některé z nich slučovaly výhodné prvky u jednotlivých me-
todik bez ohledu na zachování logické vazby výchozích předpokladů, za
kterých byly metodiky stavěny.

Současně se vytváří snahy o nové formulace některých dat a údajů
těchto metodik s odvoláním na přesnost apod. Však ani tyto nevychází
z podstaty řezání nebo rozpojování, a tak se může stát, že budou k dis-
pozici nová čísla, nesrovnatelná, přesněji vypočtená z nepřesných pod-
mínek.

Tento stav nepřináší technice nové pohledy na proces řezání, ale
vede k vytváření nepřehlednosti a brání vzniku konstruktivních návrhů.

V příspěvku chceme detailně uvést a rozebrat jednotlivé metodiky,
poukázat na jejich výhody, nevýhody, hlavně pak na neslučitelnost ně-
kterých jejich prvků a naznačit směry řešení, které by mohly vést k po-
znání procesu rozpojování v nejširší míře, a to nejen pro stávající
lomy, ale především pro seriózní odhad dobývacích podmínek v dosud ne-
otevřených dolových polích.

II.1 Nepřímá metodika určování rypných odporů VÚHU

Tato metodika zavádí několik předpokladů, které je nutno respektovat při aplikaci výsledků:

- obvodová složka rýpací síly působí na nejvzdálenějším břitu korečku
- v delším časovém úseku při konstantních otáčkách kola (tedy vyjma rozběhu, doběhu, resp. prokluzu spojky) dojde k vzájemnému zrušení účinků setrvačných sil rotujících částí kola a hnacího soustrojí
- střední specifický rypný odpor (řezný) je přímo úměrný střední hodnotě obvodové síly, nepřímo úměrný střední hodnotě délek řezných hran nebo součtu ploch odebíraných třísek
- výpočet střední délky řezné hrany nebo plochy vychází z pravoúhlého průřezu třísky bez ohledu na zakřivení korečků
- při výpočtu řezné délky se předpokládá, že tříska je oddělována břitem noží stejně jako břitem bandáže.

Pak tedy střední hodnota obvodové síly P_o vychází ze zatížení pohonu kola měřeného registračním wattmetrem nebo výkonovou smyčkou oscilografu za podmínek uvedených v předchozím a platí:

$$P_{o_{stř}} = \frac{975 N_{stř} \eta}{R n}$$

kde: R poloměr kola (m)
 $N_{stř}$ střední hodnota výkonu motoru kola (kW)
 n otáčky kola (1/min)
 η mechanická účinnost převodů (0,85)

Výpočet střední řezné délky nebo plochy vychází z okamžitých hodnot síly třísky (c) a konstantních rozměrů šířky (b). Během průchodu korečku je okamžitá hodnota síly třísky (c_i).

$$c_i = c_{90^\circ} (\sin \alpha_i + \frac{c_{90^\circ}}{2R} \cos^2 \alpha_i)$$

Střední hodnota síly třísky je uvažována:

$$c_{\text{str}} = \frac{1}{\alpha_k} \int_0^{\alpha_H} c_i d\alpha$$

Šířka třísky

$$b = \frac{2\pi n_{\text{ot}} i (L + R)}{n_K \cdot k}$$

α_H úhel odpovídající výšce záběru kola

H výška záběru kola (m)

n_{ot} otáčky motorů horní stavby (1/min)

L délka vybočení kol. výložníku od středu otáčení do osy kola (m)

n_K počet otáček kola (1/min)

k počet koreček (břitů) kola

α_K úhlová vzdálenost mezi korečkami (m)

Pro stanovení tzv. maximální přibližné hodnoty rypného (řezného) odporu metodika předpokládá:

a) účinky setrvačných sil rotujících částí působí v opačném směru než odpor zemin

b) maximální síla na korečku se projevuje při maximálním součtu délky řezných hran tzn. těsně před výběhem jednoho korečku ze zářezu

$$c_{\text{max}} = c_1 + c_2 + \dots + c_n + n \cdot b$$

c_n a b_n stanoví se podle počtu koreček a výšky snímané lávky.

Oba tyto předpoklady vedou k tomu, že skutečná hodnota specifického rypného odporu zemin může být vyšší než hodnota určená.

c) řezný odpor je podíl obvodové síly zmenšený o účinek váhy vynášené zeminy

d) rypný odpor je součet řezného odporu a účinku váhy vynášené zeminy nad výsypku hlavního pásu.

e) ztráty třením jsou zahrnuty v účinnosti.

II.2 Určení řezných odporů přímou metodou vychází ze silových poměrů na měrném korečku

Koreček o obsahu 300 l je kloubově uchycen v nosném rámu, usazeném na lopatě lopatového rypadla (Mb 2, E 2,5 a podobně). Systém dynamometrů umožňuje z velikosti měřených reakcí a hodnot určit velikost tečné, normální a výsledné složky řezné síly.

$$P_t = \frac{T \cdot a}{b}$$

$$P_n = \frac{P_t \cdot e - v d}{c}$$

$$P = \sqrt{P_t^2 + P_n^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_t}{P_n}$$

Koreček je upraven tak, že dno je nahrazeno nosnou trubkovou konstrukcí, která umožňuje propadání rozpojeného materiálu (vyjma bloků) přesahujících rozměry 400 x 400 m).

Velikost řezné délky je určena přímým odměřením z nastavené hloubky třísky. Tato nastavená hloubka se v průběhu zdvihu korečku nemění. Pokud dochází ke změně v důsledku vymezování vůlí, promítne se tento vliv zanedbatelnou měrou na celkové délce rypných hran. Na velikost odebírané plochy má tato ev. nepřesnost lineární vliv.

Průběh reakcí snímáných tensometricky je registrován smyčkovým oscilografem.

Z průběhu reakcí je možno vykonstruovat věrný obraz průběhu řezné síly, který při konstantní délce řezné hrany současně udává v příslušném měřítku změny řezného odporu.

Aby bylo možno zachovat konstantní hloubku třísky je nutno patu zkoušeného řezu upravit buldozerem tak, aby koreček i v počátku záběru odebíral plnou tloušťku třísky.

Na obrázku č. 1 je uspořádání měrného korečku a dynamometrů.

II.3 Stanovení měrné rypné síly dle RVHP

Tato metodika byla základním problémem řešeným v tématu 95 - 3/67 a na XI. zasedání VTR č. 2 SUK - RVHP byla po předchozím připomínkovém

řízení členských zemí přijata jako jednotná metodika hodnocení výkoností a rozpojovací schopnosti kolesových rypadel. Uvádíme pro úplnost a možnost zhodnocení použitelnosti metodiku v celé šířce. (Materiály zpracovány v COBPGO Wrocław - listopad 1968).

Metodika stanovení potřebného výkonu pro pohon pracovního orgánu kolesových a korečkových rypadel

1. Celkový výkon

Potřebný výkon pohonného motoru kola rypadla se stanovuje jako součet výkonu potřebného pro zdvih materiálu, tj. výkon zdvihu N_p a výkonu potřebného k oddělení horniny od masivu a naplnění korečků, tj. rypného výkonu N_u s ohledem na celkovou účinnost kola rypadla.

$$N_c = \frac{1}{\eta_c} (N_p + N_u) \quad (\text{kW})$$

2. Zdvihový výkon

Výkon ve zdvihu se určuje s ohledem na váhu třísky v neporušeném stavu a na výšku zdvihu materiálu v korečcích.

$$N_p = \frac{1}{6,12} H' g n \quad (\text{kW})$$

2.1 Výška zdvihu je dána vztahem

$$H' = 0,5 - 0,9 D \quad (\text{m})$$

3. Řezný výkon

Potřebný řezný výkon se určuje na základě lineární měrné řezné síly K_L a celkové střední délky řezné hrany L_{cp}

$$N_K = \frac{1}{6,12} \frac{\pi D n K_L L_{cp}}{10 \cdot z} \quad (\text{kW})$$

3.1 Lineární řezná měrná síla K_L se určuje na základě jmenovitého měrného řezného odporu s ohledem na faktory spojené s rypadlem, které

mají vliv na hodnotu naměřeného řezného odporu.

3.2 Celková střední délka řezné hrany je určena těmito vztahy:

a) pro korečky s břity s přímoú čelní hranou v rozmezí:

$$0,7 \leq \frac{s}{r} \leq 2,5$$

$$\frac{1}{3} D \leq h \leq \frac{2}{3} D$$

$$L_{cp} = -\frac{z}{2\pi} \left[\varphi_b + \left(\frac{3\varphi}{\pi} - 0,425 \right) (s + 0,7 r) \right] \quad (m)$$

b) pro korečky s polokruhovými břity v rozmezí:

$$0,4 \leq \frac{s}{r} \leq 1,2$$

$$\frac{65}{180} \pi \leq \varphi \leq \frac{115}{180} \pi$$

$$L_{cp} = -\frac{z}{2\pi} \left[\varphi_{b_1} + (\varphi - 0,39) (s + 0,55 r) \right] \quad (m)$$

$$\text{kde: } b_1 = \frac{b}{2}$$

V případě, že je třeba větší přesnosti stanovení délky řezné hrany, například při sledování vlivu rozměrů třísky na řezný odpor zvláště v rozmezích blízkých mezím použitelnosti výše uvedených vzorců, doporučuje se použití přesnějších analyticko-grafických metod.

4. Celkový potřebný pohonný výkon pracovního orgánu rypadla činí:

$$N_c = \frac{n}{6,12 \eta_c} (g H' + \frac{\pi D K_L L_{cp}}{10 \cdot z}) \quad (kW)$$

Veličinou, beroucí v úvahu vlastnosti dobývaných hornin, je měrná řezná síla rypadla, stanovená na základě jmenovitého řezného odporu.

5. K přibližnému stanovení potřebného výkonu rypadla se používá těchto vzorců, ve kterých veličinou určující vliv vlastností dobývaných hornin je také měrná síla rypadla.

a) koračky a břity s přímkou čelní hranou

$$N_c = -\frac{1}{232} \left[K_L (\sqrt{QDn} + 1,59 D n \cdot r) + Q D \right] \quad (\text{kW})$$

b) koračky s půlkruhovou hranou

$$N_c = -\frac{1}{232} \left[K_L (0,8 \sqrt{QDn} + 1,59 D n \cdot r + QD) \right] \quad (\text{kW})$$

Oblast použití výše uvedených vzorců je možná v podmínkách blízkých parametrům:

$$\varphi = \frac{\pi}{2} ; \quad h = \frac{D}{2} ; \quad \eta_c = 0,9 ; \quad \gamma = 2,2 ; \quad H' = 0,65 D$$

V případě značných odchylek od těchto parametrů je nutno použít opravných vztahů.

6. Stanovení veličiny měrné řezné síly K_L

Veličina měrné řezné síly se stanoví na základě měrných jmenovitých odporů horniny, formulovaných v zobecňující práci tématu 95 - 2/67 ze vztahu:

$$K_L = \frac{232 N - QD}{\sqrt{QDn} + 1,59 D n \cdot r} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma$$

kde:

α - opravný koeficient s ohledem na rozměry průřezu třísky.

Navrhuje se dočasně přijmout vztah pro $F = 17,5 \text{ dm}^2$, $\alpha = 1$ vycházející ze zásady $K_F = \text{konst.}$

β - opravný koeficient s ohledem na rychlost řezání.

Do stanovení přesnějších závislostí se navrhuje pro rychlost řezání $v = 2,5 \text{ m/s}$ uvažovat $\beta = 1$ a pro $v \geq 2,5 \text{ m/s}$ $\beta > 1$.

γ - opravný koeficient s ohledem na nerovnoměrnost zatížení.

Tento koeficient je nutno používat v případě, že nerovnoměrnost zatížení převyšuje skutečně meze přípustného přetížení pohonného zatížení pracovního orgánu rypadla. Hodnotu koeficientu je nutno určit pro konkrétní podmínky pracoviště rypadla.

Použité označení

N_c	(kW)	- celkový výkon pracovního orgánu
N_p	(kW)	- výkon pro zdvih materiálu
N_k	(kW)	- rypný výkon
J_c	(-)	- celková účinnost pohonu
H	(m)	- výška zdvihu těžiště třísky
h	(m)	- výška snímané lávky
n	(min ⁻¹)	- počet výsypů
z	(ks)	- počet korečků na kolese
K_L	(kg/cm)	- lineární měrná rypná síla
D	(m)	- průměr kola
L_{cp}	(m)	- střední úhrnná délka řezných hran
a	(m)	- tloušťka třísky
b	(m)	- šířka třísky
r	(m)	- poloměr zaokrouhlení břitu
φ	(°)	- úhel řezání (úhel opásání kola dobývaným masívem)
G	(t)	- váha třísky

Tento vztah byl užíván Uničovskými strojírnami jako výrobcem kolesových rypadel KU 300 a KU 800 ve svých dokladech o výkonnosti těchto strojů a v technických podmínkách ve formě grafů, které udávaly vztah mezi výkonností stroje a specifickým rypným odporem těžené zemin.

II.4 Návrh metodiky měření rypných odporů vypracovaný Uničovskými strojírnami

Metodika Uničovských strojíren vychází z konstrukčního uspořádání pohonu kola rypadel KU 300 a KU 800 a za základ stanovení velikosti obvodové síly nepovažuje zatížení motoru kola, ale reakce letmo uchycených převodových skříní, z nichž přepočtem dostává obvodovou složku rýpací síly (obr. 2).

Vztah pro obvodovou sílu vychází z poměru měřené reakce a ramen

$$P_o = \frac{P_1 R_1}{R}$$

P_1 hodnota naměřené reakce (kp)

R_1 rameno působení síly P_1 (m)

R poloměr kola (m)

Specifický rypný odpor

$$K_L = \frac{P_o}{100 L} \quad (\text{kp/cm})$$

L - střední délka rypných hran v zářezu (m)

Výpočet střední délky rypných hran

$$L = \frac{z}{2\pi} \left[\varphi_b + \left(-\frac{3\varphi}{\pi} - 0,425 \right) (s + 0,7 r) \right] \quad (\text{m})$$

z počet korečků na kolese

φ úhel záběru kola v zemině

b, S šířka a hloubka třísky (m)

r poloměr řezné hrany korečku (m)

Jde tedy o tentýž vztah užitý v metodice RVHP.

V dalším stanoví tato metodika podmínky měření:

Předpokládá provádění měření při jmenovitém výkonu motoru kola s odchylkou $\pm 10\%$ při poměru stran třísky

$$\frac{s}{b} = \frac{\varphi}{-\frac{3\varphi}{\pi} - 0,425}$$

a při úhlu záběru

$$\varphi \geq \frac{\pi}{2}$$

Při $\varphi = \frac{\pi}{2}$ je $\frac{s}{b} = 1,46$

Třecí odpory kola a jeho pohonu tato metodika odečítá hodnotou zjištěnou při běhu kola naprázdno.

Střední měrný rypný odpor předpokládá určení střední hodnoty obvodové síly planimetrováním úseku oscilogramu, jehož délka je omezena dobou 120 s při časové základně 1 cm = 1 s.

Výsledky měření, získané touto cestou, hodlá výrobce především dokazovat zda rypadlo je tzv. správně zasazeno. Správnost zasazení odvisí od velikosti naměřených špiček reakcí. Jestliže špička přesáhne 1,5 násobek reakce odpovídající jmenovité rypné síle (bez ohledu na střední hodnotu) pracuje stroj mimo regulérní oblast. Hodnota přetižitelnosti je dána použitými součiniteli bezpečnosti při dimensování jednotlivých strojních a konstrukčních dílů.

II.5 Metodika určování rypných odporů měrným zubem

Metodika užívaná v UkrNIIprojektu v Kyjevě vychází z měření reakcí na tzv. měrném zubu. Normalizovaný zub je vestavěn v měřicím rámu a instalován na lopatovém rypadle, používaném při experimentech.

Odpor zeminy je udáván poměrem

$$K_F = \frac{P}{F} \quad (\text{kp/cm}^2)$$

Měřicí rám umožňuje snímat tři komponenty rypné síly

$$\begin{aligned} P_t & - \text{tečná složka} \\ P_n & - \text{normální složka} \\ P_b & - \text{boční složka} \end{aligned}$$

Kromě uvedeného vyčíslení jsou z naměřených hodnot konstruovány závislosti

$$\frac{P_n}{P_t} \quad \text{a} \quad \frac{P_b}{P_t}$$

Současně jsou měření zpracována v rozměrech

$$K_L = \frac{P}{L_{\text{stř}}} \quad \text{a} \quad K_{L'} = \frac{P}{L'}$$

L' šířka zubů v záběru

Snahy po zobecnění výsledků vedly k vypracování vzorců, ve kterých základní údaj zjištěný měrným zubem je vázán pro těžké jíly až argillity vztahem:

$$K_{Fo} = 125 \frac{\sigma_{\text{tahu}}}{\sigma_{\text{tlaku}}} \text{tg } \varphi (0,67 \text{tg } \varphi + c_{\text{vzorku}}) \quad (\text{kp/cm}^2)$$

Přepočet na skutečnou třísku je určen hodnotou rypného odporu

$$K_{Ft} = K_{Fo} \left(\frac{Fo}{Ft} \right)^{\frac{45}{104 - K_{Fo}}} \quad (\text{kp/cm}^2)$$

Vliv rozdílnosti mezi smykovou soudržností vzorku a masívu se promítá do výsledků koeficientem

$$\lambda = \frac{c \text{ masívu}}{c \text{ vzorku}}$$

takže konečný výraz pro rypný odpor

$$K_F = K_{Ft} \left[0,91 + 0,045 \left(\lambda + \frac{1}{\lambda} \right) \right]^{\frac{K_{Ft}}{5,5 K_{Ft} + 2,4}} \quad (\text{kp/cm}^2)$$

Normalizovaný zub odebírá třísku Fo rozměrů 7,5 x 15 cm.

Úhel bříty zubu je 45° .

III. Výsledky měření a zhodnocení jednotlivých metodik

III.1 Nepřímá metoda VÚHU

Na základě této metody byla vypracovány klasifikace základních typů nadložních zemin.

	smyková soudržnost $c - \text{kp/cm}$	střední hod- nota rypného odporu $K - \text{kp/cm}$	rypny odpor odpo- vídající max.hod- notě naměř. síly $K_{\text{max}} - \text{kp/cm}$	$\psi = \frac{K_{\text{stř}}}{K_{\text{max}}}$
písek	-	22- 30	30	1,2 -1,35
šterkopísek	-	20- 30	35	1,15-1,5
šterkopísek v zim- ním období	-	50-120	170	1,4 -3,4
písečný jíl	0,1-0,5	25-35	50	1,4 -2
šedý jíl	0,2-0,8	25- 40	55	1,35-2,2
šedý jíl	1,0-2,0	30-45	65	1,4 -2,2
šedý jíl zpevněný proplástkem	6,0-8,0	55-85	150	1,7 -2,7
pískovec	-	45-70	95 - 190	2,1 -2,7
jílovec	4,0-7,0	50-80	120	1,5 -2,4
pelosiderity	-	120-190	600	3,1 -5

Tato klasifikační tabulka ukazuje, že střední hodnota rypného odporu zemin jedné kategorie (stejně jako smyková soudržnost) se pohybuje v mezích, jejichž šířka roste s pevností zemin proti rozpojení.

Ukazatel vyjadřující poměr mezi hodnotou maximálního rypného odporu a hodnotou střední roste taktéž s odolností zemin proti rozpojení (kromě písků) a dosahuje minimální hodnoty 1,5.

Při práci v podmínkách, kde se střídají horizonty rozdílné pevnosti (stejně jako v zeminách narušených trhacími pracemi) koeficient nerovnoměrnosti přesahuje hodnotu 2,5.

Při práci v pelosideritech roste tento součinitel až na hodnotu $\psi = 5$.

Jak vyplývá z nepřímé metody, kterou byly tyto hodnoty stanoveny, lze uvedené součinitele považovat za minimální a platné v oblasti rychlosti řezání do 2 m/s.

Metodika VÚHU vychází při stanovení rypného odporu z obdélníkového tvaru třísky bez ohledu na zaoblení korečků. Tento předpoklad byl zaveden (v době, kdy všechna kolesová rypadla byla osazena korečky se zuby) současně s předpokladem, že na rozpojení se podílí celá délka bandáže stejným dílem jako zuby odpovídající této idealizované tříске. U korečků se zuby je problematické určit do jaké míry proces probíhá na zubech a na bandáži. Uvedené předpoklady měly tuto nejasnost obejít.

V porovnání s metodikou RVHP je střední délka řezných hran korečků v záběru u metodiky VÚHU nižší, resp. naměřené hodnoty rypných odporů v konkrétních zemních podmínkách jsou vyšší.

Při porovnání výkonnosti strojů je tedy třeba i rypnou schopnost stroje přepočítat z velikosti obvodové síly a ideálních rozměrů třísky odpovídající jmenovité výkonnosti a s touto hodnotou porovnávat naměřené hodnoty.

Obecný tvar výrazu pro stanovení rozměrů třísky umožňuje i vyčíslení tak zvané maximální hodnoty specifického rypného odporu a vyjádření součinitele nerovnoměrnosti ψ .

Z nepřímé metody dále vyplývá, že střední hodnoty rypných odporů mohou být použity přímo bez dalších součinitelů (stejně jako u metodi-

ky RVHP a SU) pouze pro případy, kde konstrukční podmínky (tvar a směrování zubů, jakost ostří) a rychlostní poměry na kolesech jsou obdobné, a to pouze pro samotný motor pohonu kola. Další elementy stroje nutno konstruovat a dimenzovat s ohledem na členitost průběhu rozpojování a velikost rázů.

Součinitel nerovnoměrnosti ψ poukazuje na nutnost užití minimální hodnoty bezpečnosti z hlediska proměnlivosti dobývacích podmínek jedné kategorie rozpojitelosti. Pochopitelně nezahrnuje specifické vlivy vedoucí v praxi k užití vyšších koeficientů bezpečnosti, například vliv únavy, tvarevé pevnosti atd.

Vztah pro stanovení řezné délky při daných rozměrech třísky b, c a výšky lávky R

$$c_1 = c_{90^\circ} (\sin \alpha_1 + \frac{c}{2R} \cos^2 \alpha_1)$$

umožňují i kontrolní konstrukci průběhu součtu délky řezných hran podle počtu n korečků v záběru, a tím při daném rypném odporu i průběh rypné síly, během otáčení kola.

III.2 Porovnání rozdílů mezi výsledky dle metodiky VÚHU a RVHP - VÚHU a SU

Pro porovnání uvádíme hodnoty rypné schopnosti rypadla KU 800 při různých rozměrech třísky vypočtené podle metodiky VÚHU a RVHP.

m^3/hod	K_L (VÚHU) kp/cm	K_L (RVHP) kp/cm	rozdíl %
2000	223	150	+ 33
3000	182	131	+ 28
4000	155	119	+ 23
5000	141	110	+ 22

Je tedy patrné, že při aplikaci výsledků je nutno vycházet ze znalosti stavby těchto metodik a nelze údaje vzájemně směřovat.

Rozdíl v daném případě zanáší do výpočtu vliv zakřivení korečku. V případě, že v metodice RVHP položíme $r = 0$ dostaneme následující výsledky.

m^3/hod	K_L (VÚHU) kp/cm	K_L (RVHP) kp/cm	rozdíl %
2000	223	240	- 7
3000	182	196	- 7
4000	155	169	- 7
5000	141	152	- 7

Je-li rypná schopnost stroje určena dle metodiky RVHP, pak tedy výkonnost v konkrétních podmínkách musí být stanovena na základě měření rypných odporů podle téže metody a opačně.

Porevnání měření dle nepřímé a přímé metodiky VÚHU a RVHP

Na třetím řezu dolu Merkur bylo na stroji K 800 provedeno měření rypných odporů a vyčísleno dle nepřímých metodik VÚHU a RVHP. Současně se spodní částí téhož profilu řezu bylo provedeno měření měrným korečkem.

Rozměry třísky cm		Specifický rypný odpor kp/cm			
b	c	dle VÚHU K.kp/cm		dle RVHP 232 N $k = \frac{V_{QDn}}{V_{QDn} + 1,59 Dnr}$	ψ dle VÚHU
		max.	stř.		
20,4	50	102	79	68	1,29
29	41	111	90	75	1,25
21	41	112	90	73	1,25
18,9	41	135	101	61	1,34
28,8	46	131	98	82	1,34
19,4	34	155	116	90	1,33
29,8	28	155	127	101	1,27
21	28	124	110	84	1,13
46,7	26	107	99	91	1,10
17,5	69	111	94	87	1,18
9,2	69	87	75	77	1,16
26,7	57	119	104	85	1,17
17,8	57	107	90	73	1,2
17,2	57	106	91	74	1,16
19,2	41	111	87	70	1,28
19	42	135	85	71	1,5
18,8	43	135	98	80	1,37
28,7	53	121	92	80	1,31
27	45	125	110	91	1,13
19,5	41	130	100	80	1,31

V další tabulce jsou uvedeny hodnoty rypných odporů zjištěných v tamních podmínkách měrným korečkem. Délka řezné hrany byla odměřena pro jednotlivé tloušťky třísky přímo na bandáži korečku a po celou dobu zdvihu korečku byla také konstantní.

c	Řezný odpor kp/cm		
	K_{max}	$K_{stř}$	$\frac{K_{max}}{K_{stř}}$
25	107	35	3,05
20	144	78	1,84
30	141	81	1,73
40	102	68	1,50
35	105	75	1,39
40	121	61	1,97
45	98	66	1,77
40	85	58	1,45
30	95	60	1,56
40	85	55	1,54

První tříska byla v částečně zvětralé části stěny.

Z tabulky je patrné, že hodnoty středního rypného specifického odporu měřené přímou metodou a metodou RVHP vykazují nejnižší rozdíly. Maximální hodnoty zjištěné jak nepřímou, tak přímou metodou jsou v relaci. Je zřejmé, že v tomto případě jde o shodu vzniklou dynamickými poměry pohonu rypadla K 800 a měrného korečku (platí i pro stroje K 300 a K 800). U strojů KU 300 a KU 800 jsou poměry odlišné.

Metodika měření rypných odporů dle SU byla užita v obtížných podmínkách dolu Šverma při provozu rypadla KU 300/7.

Rypadlo bylo zasazeno na šestém řezu, kde v jílovitém řezu byly uloženy kromě proplástků kameny s obsahem železa, jejichž pevnost v tlaku se pohybovala mezi 600 - 1200 kp/cm. V některých místech byly tyto kameny zatmeleny v pelosideritických lavicích.

Měření prováděná Uničovskými strojírnami metodou měření reakcí převodových skříní dala následující hodnoty:

- v případě, že v profilu lávky byly pevné vložky, byl rypný odpor celé lávky mezi 80 - 210 kp/cm, přičemž zemina mimo pevné vložky je charakterizována hodnotou specifického středního rypného odporu mezi 82 - 106 kp/cm - samotné sideritické balvany dávaly rypný odpor mezi 140 - 650 kp/cm (při rypání jedním zubem jednoho korečku).

V těchto podmínkách byly měřeny rypné odpory podle metody VÚHU s těmi-

to výsledky:

- specifický střední rypný odpor celé lávky včetně propláستku 45 - 72 kp/cm, přičemž špičky se pohybovaly mezi 50 - 96 kp/cm;
- při práci v pelesideritech jedním korečkem střední hodnoty byly naměřeny v rozmezí 200 - 270 kp/cm, přičemž maxima se pohybovala mezi 250 - 340 kp/cm.

Na uvedených rozdílech nemá podíl pouze odlišný způsob výpočtu, ale zásadní rozdílnost způsobu měření.

Zatím co metoda VÚHU předpokládá delší časový úsek měření, ve kterém se vyruší setrvačné síly, metoda SU pracuje s úseky mezi 0,5-5 s.

Je zřejmé, že v tak krátkých intervalech tzv. střední hodnota může být vyšší, než maximum zjištěné měřením zatížení pohonu.

Pokud by reakce převodové skříně jednoznačně korespondovala pouze s velikostí vnějších sil na kolese, šlo by jistě o postup přímější, než je dán měřením pohonu kola. Pružný člen podpory skříně KU 300 však spolu s vlastní frekvencí celého pohonu nedává skutečný obraz průběhu rypné síly. (Obr. 3).

Nelze tedy ani tuto metodu bez výhrad přijmout a považovat za konečné řešení.

Vedle problematiky volby vhodné metodiky pro stanovení velikosti rypného (řezného) odporu v pracovní čelbě otevřeného lomu zůstává otevřenou rozsáhlá oblast problematiky stanovení rypného (řezného) odporu nadložních zemin v dolových polích předurčených k těžbě, to je v podmínkách, kde není možno uplatnit žádnou z výše popsaných metodik a je třeba hledat funkční závislosti mezi fyzikálně mechanickými vlastnostmi horninového masívu zjišťovanými ze vzorků odebíraných při vrtném průzkumu, resp. z petrografických rozborů zjišťovaných při vrtném průzkumu. Výzkumné práce v této oblasti se teprve rozvíjejí a výsledky dosud známých metodik (např. vztah mezi řezným odporem, smykovou soudržností a koeficientem vnitřního tření) nejsou dostatečně přesné, aby mohly sloužit pro zadávání parametrů nově vyvíjených dobývacích strojů. Dle našeho názoru bude nutné kombinovat tyto metodiky s modelovými mě-

řeními na větších vzorcích, respektive s měřením řezného odporu na modelovém zubu přímo na vrtu. V prognózách těžebního rozvoje Severočeského hnědouhelného revíru se předpokládá výskyt nadložních hornin s řezným odporem do 300 - 350 kp/cm, a tedy celkové rozpětí řezných odporů v celé mocnosti nadloží od 50 kp/cm do 350 kp/cm. Při rostoucích výkonech dobývacích strojů podstatně vzrůstá ekonomický význam přesného stanovení řezného odporu pro konkrétní podmínky nasazení dobývacího stroje. Má-li dobývací stroj zajišťovat výkony blízké jmenovitým v celém rozpětí očekávaných řezných odporů, pak je nutno pro konkrétní podmínky nasazení upravit velikost pohonu kola a dimensování rozhodujících částí stroje. Tak pro případ kolesových rypadel KU 800 a K 10000 se pro jmenovité výkony bude měnit potřebný výkon pohonu kola v závislosti na velikosti řezného odporu následovně:

specifický řezný odpor kp/cm	KU 800 pro $Q = 5400 \text{ m}^3/\text{hod}$ kW	K 10000 pro $Q = 10000 \text{ m}^3/\text{hod}$ kW
120	2 054	2 243
110	1 900	2 096
100	1 745	1 940
90	1 596	1 800
80	1 443	1 655
70	1 291	1 508
60	1 138	1 360
50	985	1 210

Z uvedeného je patrné, že problematika rozpojitelosti, určení velikosti sil a jejich správná aplikace si vyžádá dalších prací výzkumného charakteru ve spolupráci s výrobcí kolesových rypadel i ostatními výzkumnými pracovišti. Tyto práce by měly mít následující zaměření:

1/ Výzkum fyzikálně mechanických vlastností zemin z hlediska rozpojitelosti a kusovitosti

- problematika rypných odporů z hlediska závislosti na fyzikálně mechanických vlastnostech nadložních hornin
- problematika rypných odporů z hlediska závislosti na geologicko-petrografických poměrech nadloží masívu

- problematika rypných odporů z hlediska závislosti na výsledcích přímých a nepřímých měření rypných odporů na dobývacích strojích
- problematika rypných odporů z hlediska závislosti na výsledcích pokusů stanovení rypného odporu normovaným nožem během průzkumných prací.

2/ Výzkum dobývacích orgánů v závislosti na tvaru a řezných rychlostech

- výzkum vlivu rychlosti řezání na velikost řezného odporu
- výzkum vlivu počtu, tvaru a rozmístění zubů na velikost řezného odporu a tvorbu kusovitosti
- výzkum vlivu jakosti ostří na velikost řezného odporu a kusovitosti
- výzkum průběhu řezání při průchodu koreček zeminami rozdílné pevnosti s ohledem na velikost řezných odporů a kusovitost
- vývoj měrného stavu pro zkoušení koreček v provozním měřítku.

Na základě těchto prací by bylo možno:

- vytvořit s výrobcí společnou metodiku stanovení rypných odporů na základě měření fyzikálně mechanických, geofyzikálních a petrografických vlastností zemin v předpolích lomů jako podklad pro zadání parametrů nově vyráběných a nově vyvíjených strojů. Tyto podklady by nutně musely být doplněny výsledky výzkumu namáhání rozhodujících uzlů a ocelové konstrukce velkostrojů, které by se promítly do úpravy výpočtových norem a vedly ke zvýšení provozní spolehlivosti strojů;
- určit, které partie nadloží jsou stroji řady TC 1, TC 2 a TC 3 těžitelné a s jakým výkonem je možné počítat a jaké úpravy by bylo třeba provést, aby stroje řady TC 2 a TC 3 byly schopny rozpojovat nadloží ve všech jeho částech s výkonem blízkým jmenovitému;
- dát směrnice pro cykly údržby, resp. výměny břitů, z hlediska efektivnosti.

IV. Z á v ě r

Z uvedených materiálů vyplývá, že problematiku rozpojování zemin

kolešovými rypadly nelze v uvedené šíři řešit izolovaně na jednotlivých pracovištích výrobců nebo uživatelů. Tento postup vede k roztříštění, nedovolí všestranné využití výsledků získaných náročným a nákladným způsobem a nakonec vede k nesrovnatelným výsledkům. Bude třeba, aby práce tohoto charakteru byly řešeny komplexním způsobem jak na pracovištích výrobců, tak i uživatelů.

S h r n u t í

Stav a výhled řešení problematiky rypných odporů

V článku jsou popsány metodiky určování rypných odporů zemin, porovnány výsledky měření a nastíněn projekt výzkumu fyzikálně mechanických vlastností zemin, jehož realizace by umožnila získání objektivních podkladů pro stanovení parametrů strojů a výkonnosti v konkrétních podmínkách.

Р е з ю м е

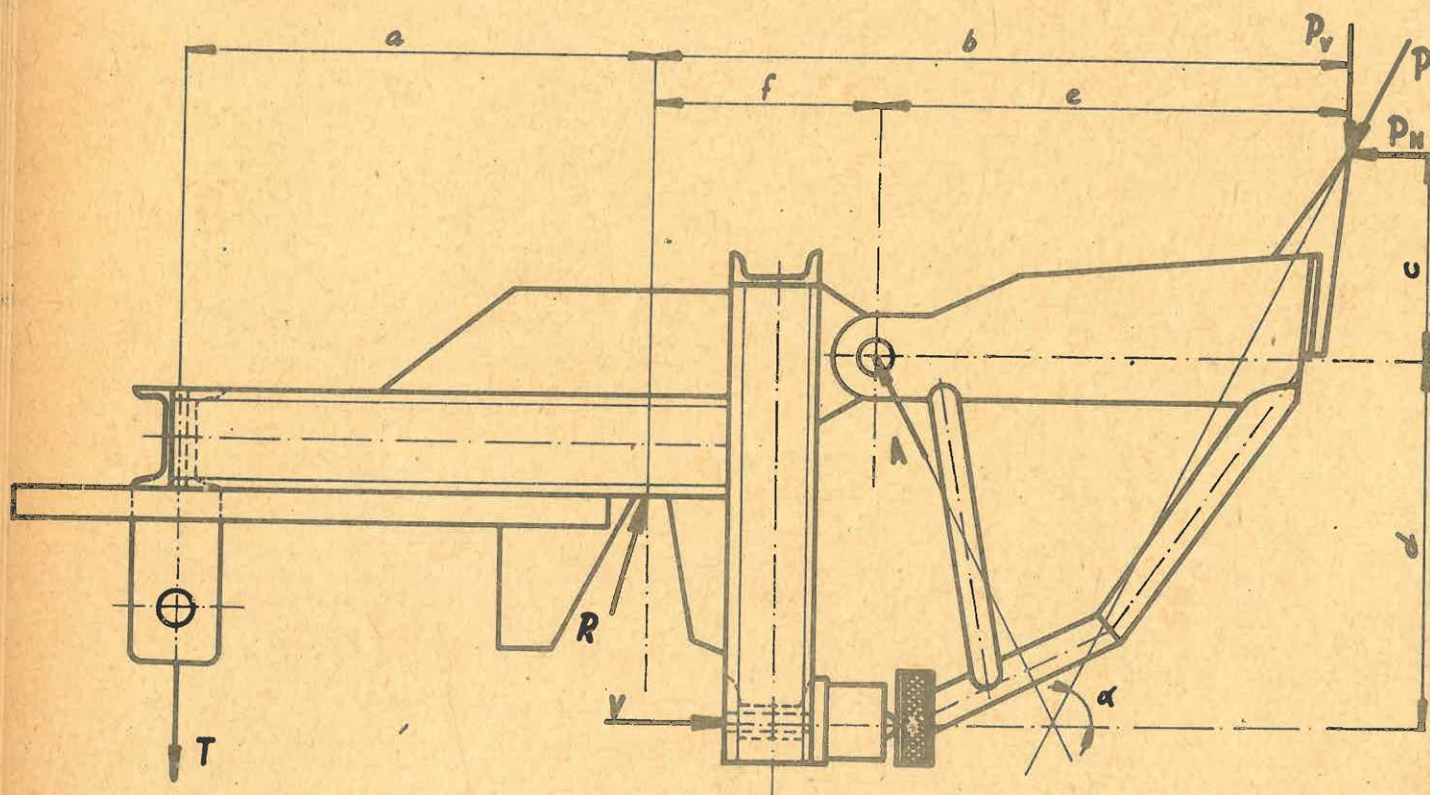
Настоящее состояние и перспективы в области изучения проблематики измерения сопротивлений копанию

В статье дано описание разных существующих методов установления величин сопротивления копанию и сравнение результатов полученных по каждому из них. Излагается проект изучения физико-механических свойств горных пород, реализация которого позволит выявление объективных данных, на основании которых станет возможным определять параметры работы и мощность карьерных механизмов с учетом конкретных условий их употребления.

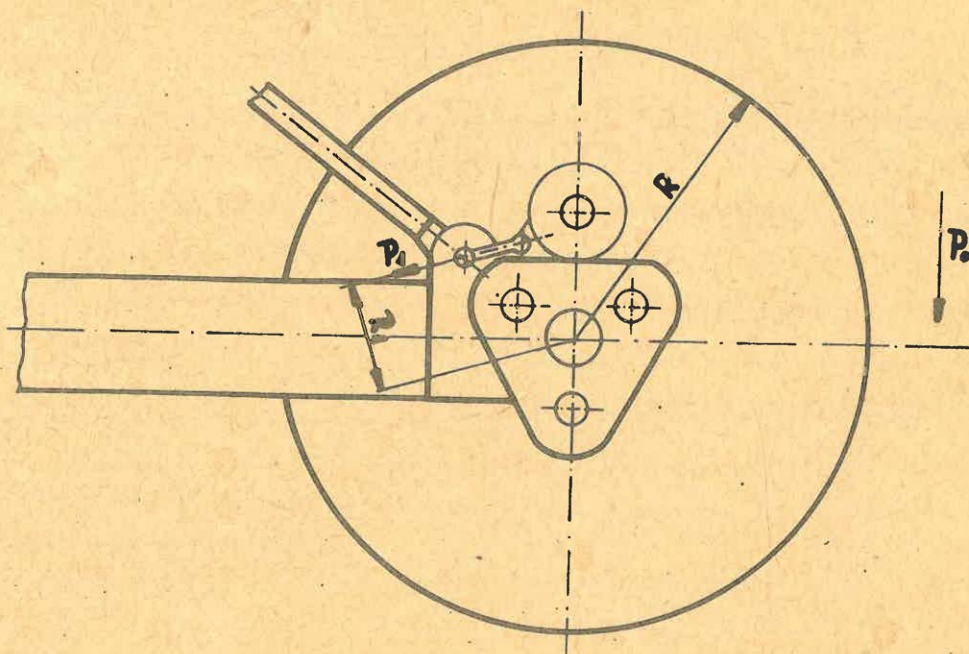
Zusammenfassung

Stand und Aussichten der Lösung der Grabwiderstandproblematik

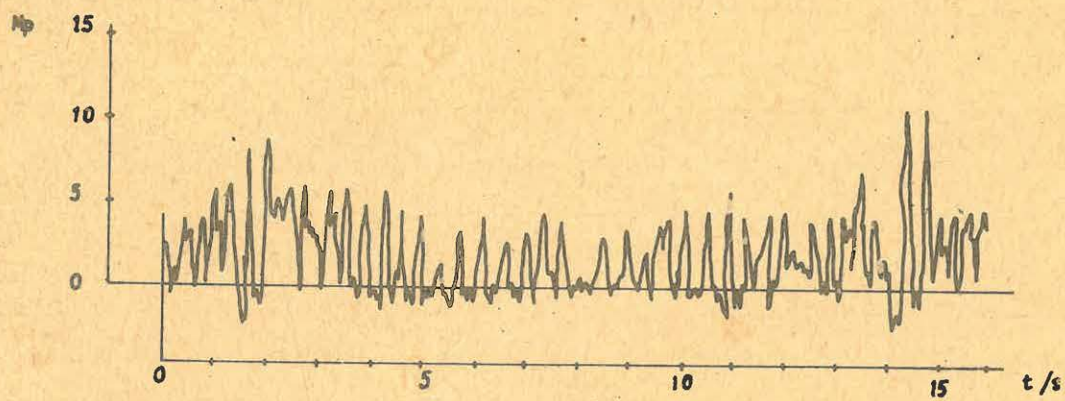
In der vorliegenden Arbeit werden Methoden zur Bestimmung der Grabwiderstände von Erdmassen beschrieben, die Messergebnisse verglichen und ein Projekt zur Erforschung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften von Erdmassen entworfen, bei dessen Verwirklichung objektive Unterlagen zur Bestimmung der Maschinenparameter und Leistungsfähigkeit unter konkreten Bedingungen gewonnen werden könnten.



Obr. 1 - Uspořádání měrného korečku



Obr. 2 - Měření obvodové síly z reakce převodovky kola



Obr. 3 - Záznam reakce převodové skříně KU 300