

Ing. František H o c h m a n n, VÚHU

### Problematika vývoje korečkového rypadla pro velké výkonnosti

#### Úvod

Při úvahách o nasazení technologických celků s velkou výkonností nelze opomenout problém, jak dobývat poslední skrývkový řez nad uhelnou slojí. V určité části je totiž uhelná sloj již jednou hlubinně přerubána s některými komorami nezavalenými nebo jen částečně zavalenými. U rypadel pohybujících se po hlavě takové sloje vyvstává nutnost zajištění jejich bezpečnosti proti možnosti prepádnutí. U korečkového rypadla pracujícího hloubkovým řezem tyto problémy nejsou, protože rypadlo se při práci pohybuje po silné nadložní vrstvě. Zároveň může být korečkovým vodičem přesně kopírován povrch hlavy sloje, který je často nepravidelný a má místy nadměrný sklon. Nelze také opomenout skutečnost, že celková rypná síla, která je k dispozici, je z korečkového rypadla vždy větší než u obdobného kolesového rypadla. Je to proto, že při uvažování celé maximální délky štěpiny má korečkové rypadlo v záběru větší počet koreček. Velký tah v korečkovém řetězu, soustředěný do určitého místa a malá rychlost řezání umožňují lépe rýpat tvrdé partie nadloží a případně i místně se vyskytující tvrdé proplástky spodních řezů skrývky. Náhlé změny rypací síly, to je rázy, vyvolané těmito podmínkami, jsou lépe tlumeny dlouhým korečkovým řetězem. Korečková rypadla vykazují zpravidla také menší kusovitost, protože plocha průřezu třísky je u nich převážně menší než u kolesových rypadel odpovídající výkonnosti.

#### Hlavní parametry současných největších korečkových rypadel

Největší již vyrobené korečkové rypadlo ve světě je typ Ds 3150 (kolejový podvozek). Tato rypadla jsou nasazována na dobývací straně skrývkových mostů v NDR. Například skrývkový most typu AFB 60, uvedený do provozu koncem roku 1972 na dole Welzow - Süd v NDR je na dobývací

straně osazen třemi korečkovými rypadly typu Ds 3150. Celková snímací výška těchto rypadel je 60 m a předpokládaná roční výkonnost více než 100 mil. m<sup>3</sup> skrývkových zemin (Prof. Dr. Stržedka, Dipl. Ing. Piske - Sborník referátů, přednesených na konferenci "Hnědé uhlí 1973").

V Československu je v současné době zadávací projekt korečkového rypadla s kráčivým podvozkem typu RK 5000, oponovaný v prosinci 1968. (Jeho náčrtek je uveden v přednášce V. Kadluse - Sborník "Hnědé uhlí 1973"). Porovnání některých technických parametrů uvedených rypadel :

|                                           |                      | RK 5000 | Ds 3150 |
|-------------------------------------------|----------------------|---------|---------|
| jmenovitý objem korečku                   | litrů                | 3620    | 3150    |
| teoretická výkonnost                      | m <sup>3</sup> syp/h | 4450    | 4350    |
| rychlost korečkového řetězu               | m/s                  | 1,22    | 1,23    |
| rozteč korečkového řetězu                 | mm                   | 900     | 800     |
| počet výsypů                              | l/min                | 20,5    | 23,0    |
| tažná síla řetězu norm.                   | 9,80665 kN           | 220     | 200     |
| tažná síla řetězu max.                    | 9,80665 kN           | 330     | 300     |
| výkon motorů pro pohon korečkového řetězu | kW                   | 2x1600  | 2700    |
| hloubkový dosah při 40° sklonu            | m                    | 25      | 23      |
| hloubkový dosah při 28° sklonu            | m                    | 18      | 16      |
| hmotnost stroje                           | t                    | 3850    | 4300    |

U rypadla typu Ds 3150 jsou v předcházející porovnávací tabulce uvedeny původní technické údaje. Výsledkem dalších výzkumů byla zvětšení rozteče řetězového článku z 800 na 900 mm a zvětšení rychlosti korečkového řetězu asi na  $v_r = 1,37$  m/s. Počet výsypů za minutu zůstal zachován.

#### Hmotnost korečkového rypadla

Empirické vzorce k přibližnému stanovení hmotnosti korečkových ry-

padel pro účely technickoekonomických srovnávacích výpočtů jsou uvedeny v Jednotné metodice technickoekonomických výpočtů (RVHP).

Pro korečková rypadla otočná na housenicovém podvozku je uveden vztah:

$$(1) \quad G = (0,2 \cdot 10^{-4} + \frac{0,475}{Q_t}) \cdot L_v \cdot Q_t^{1,52} \cdot \sqrt[3]{K_F} \quad (t)$$

kde je  $G$  - hmotnost rypadla (t)  
 $Q_t$  - teoretická výkonnost rypadla ( $m^3$  syp/h)  
 $L_v$  - délka korečkového vodiče (m)  
 $K_F$  - měrná řezná síla ( $9,80665 \text{ N/cm}^2$ )

Vzorec platí pro následující podmínky:

a)  $500 \text{ m}^3/\text{h} \leq Q \leq 10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$

b)  $10 \text{ m} \leq L_v \leq 50 \text{ m}$

c)  $Q = 60 q \cdot p_{\max} \quad (m^3 \text{ syp/h}),$

kde je  $q$  - geometrický obsah korečku ( $m^3$ )

$p_{\max}$  - maximální počet výsypů (1/min)

d)  $K_F = 5 \text{ až } 8 \quad (9,80665 \text{ N/cm}^2)$

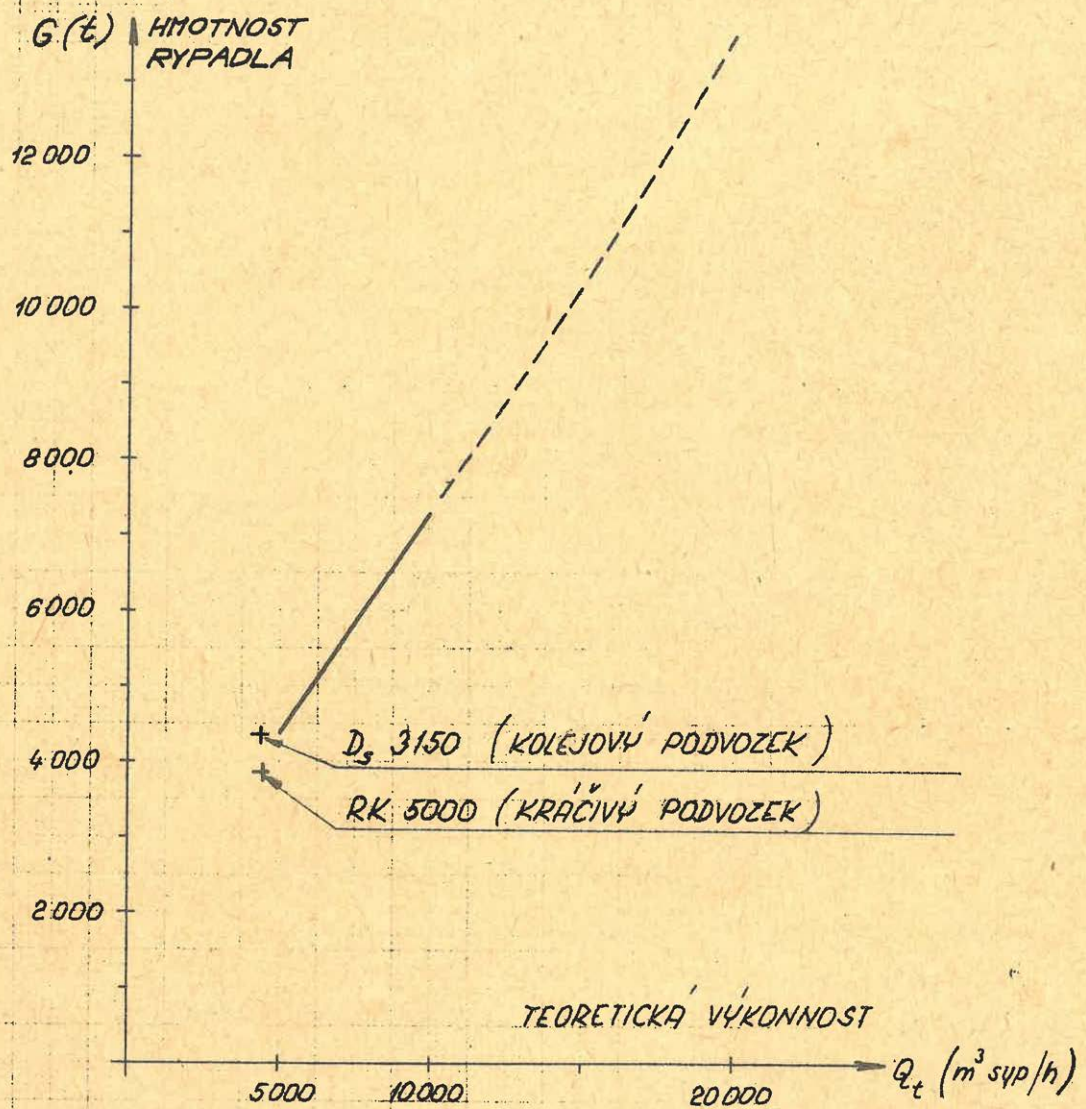
Pro délku korečkového vodiče  $L_v = 45 \text{ m}$  (RK 5000) a měrnou řeznou sílu  $K_F = 8 \cdot 9,80665 \text{ N/cm}^2$  je vypočítána podle vzorce (1) hmotnost korečkového rypadla v závislosti na jeho teoretické výkonnosti. Výsledek je uveden v grafu na obr. č. 1.

Pro přibližné stanovení hmotnosti korečkových rypadel na kráčivém podvozku nejsou podklady, lze však očekávat snížení hmotnosti oproti rypadlům na housenicovém podvozku. V uvedené závislosti není však zahrnut vliv délky a konstrukčního provedení nakládacího výložníku.

#### Základní parametry korečkového vodiče

Ze vzorce (1) je zřejmé, že velikost a hmotnost korečkového rypadla je v podstatě ovlivněna jeho výkonností, délkou korečkového vodiče a měrnou řeznou silou.

Pro danou výkonnost rypadla a určité podmínky dobývání (koeficient plnění korečku, koeficient nakypření rozpojené zeminy v korečku), zá-



Obr. č. 1 - Hmotnost korečkového rypadla v závislosti na jeho teoretické výkonnosti

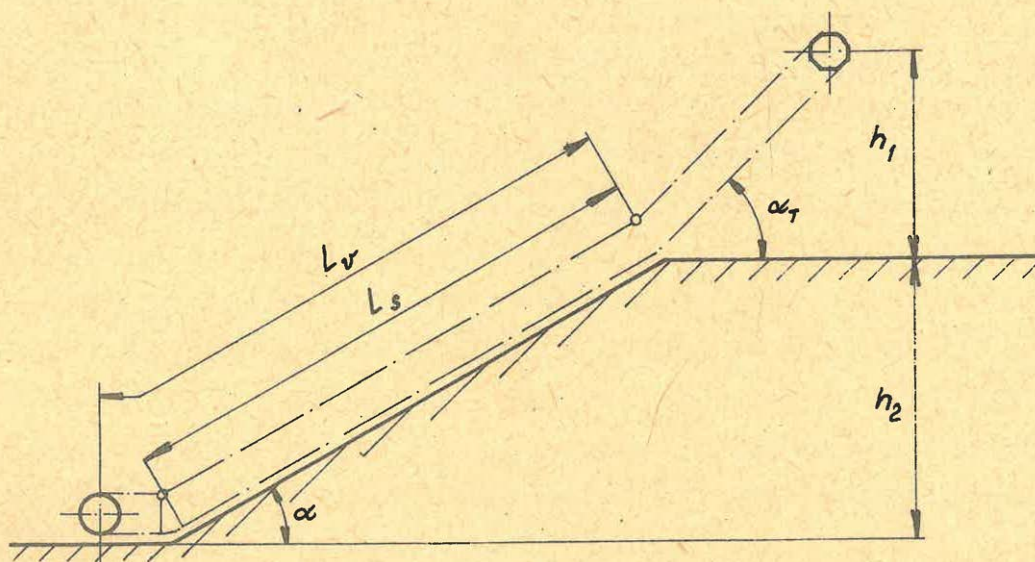
visí obsah korečku na počtu výsypu za minutu, tj. na rychlosti korečkového řetězu a na vzájemné vzdálenosti korečků. Uvedených veličin je proto nutno si povšimnout podrobněji.

### Délka korečkového vodiče a z toho vyplývající výška řezu

Požadovaná délka korečkového vodiče je úměrná hloubce řezu a úhlu sklonu svahu a je dána vztahem (obr. č. 2)

$$(2) \quad L_s = \frac{h_2}{\sin \alpha} \quad (\text{m}),$$

kde je  $L_s$  - délka korečkového vodiče bez délky zarovnávače (m)  
 $h_2$  - hloubka řezu (m)  
 $\alpha$  - úhel sklonu svahu ( $^\circ$ )



Obr. č. 2 - Náčrtek k výpočtu délky korečkového vodiče a výšky řezu

Ve "Studii dobývacích strojů pro technologický celek TC3" (VÚHU Most - 1965) jsou na základě geomechanických vlastností zemin stanoveny následující závislosti  $\alpha = f(h_2)$  pro zatížení 0,15 MPa od vlastní tíhy rypadla

| Hloubka řezu<br>$h_2$<br>(m) | Dovolенý max. úhel sklonu svahu $\alpha$<br>Koefficient bezpečnosti $k$ |                |                |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
|                              | $k = 1,5$                                                               | $k = 1,8$      | $k = 2,0$      |
| 20                           | $39^\circ 20'$                                                          | $34^\circ 20'$ | $31^\circ 30'$ |
| 25                           | $37^\circ$                                                              | $32^\circ 10'$ | $29^\circ 30'$ |
| 30                           | $35^\circ 20'$                                                          | $30^\circ 40'$ | $28^\circ$     |

Uvedeným hodnotám odpovídají následující délky svahu, to je teoretické délky korečkového vodiče

| Hloubka řezu<br>$h_2$ (m) | Teoretická délka korečkového vodiče $L_s$ (m) |           |           |
|---------------------------|-----------------------------------------------|-----------|-----------|
|                           | $k = 1,5$                                     | $k = 1,8$ | $k = 2,0$ |
| 20                        | 31,78                                         | 35,46     | 38,28     |
| 25                        | 41,54                                         | 46,96     | 50,77     |
| 30                        | 51,87                                         | 58,82     | 63,9      |

Z tabulky vyplývá, že při požadované hloubce řezu 20 m a volbě koeficientu bezpečnosti  $k = 2,0$  musí být minimální teoretická délka korečkového vodiče 38,28 m bez délky zarovnávače.

Korečkový vodič rypadla typu RK 5000 má délku korečkového vodiče bez zarovnávače  $L_s \approx 38$  m a délku zarovnávače ca 7,2 až 8,2 a podle stupně napnutí řetězu. V poddolovaném území může proto toto rypadlo dobývat hloubkový řez o maximální mocnosti ca 20 m s úhlem sklonu svahu ca  $\alpha = 32^\circ$ . Uvedený sklon svahu byl také stanoven v dříve platných předpisech takto:

"U korečkových rypadel DS 800 lze volit maximální sklon žebříku při hrabání  $32^\circ$ ."

Mocnost hloubkového řezu  $h_2 = 20$  m lze proto pro uvažované podmínky považovat za maximální pro korečkové rypadlo jakékoliv výkonnosti, protože délka korečkového vodiče  $L_v = 45-46$  m ( $L_s = 38$  m) bude sotva moci být v současné době podstatněji prodloužena (pro poměry SHR).

#### Rychlost korečkového řetězu

Nejvhodnější rychlost korečkového řetězu nebyla dosud pro poměry vyskytující se v ČSSR zkoumána. U dříve vyrobených německých strojů je obvyklá rychlost korečkového řetězu 1,1 až 1,25 m/s.

Jako příklad lze uvést následující rypadla:

| Typ rypadla | Rychlost korečkového řetězu<br>$v_r$ (m/s) |
|-------------|--------------------------------------------|
| Ds 1120     | 1,22                                       |
| Ds 1500     | 1,25                                       |
| Ds 1600     | 1,22                                       |
| Ds 2240     | 1,1                                        |
| Ds 3150     | 1,23 (1,37)                                |
| (RK 5000)   | (1,22)                                     |

Poměrně nízká horní hranice rychlosti korečkového řetězu je omezujícím činitelem při úvahách o možnostech zvětšení výkonnosti korečkových rypadel.

Udává se, že při větší rychlosti

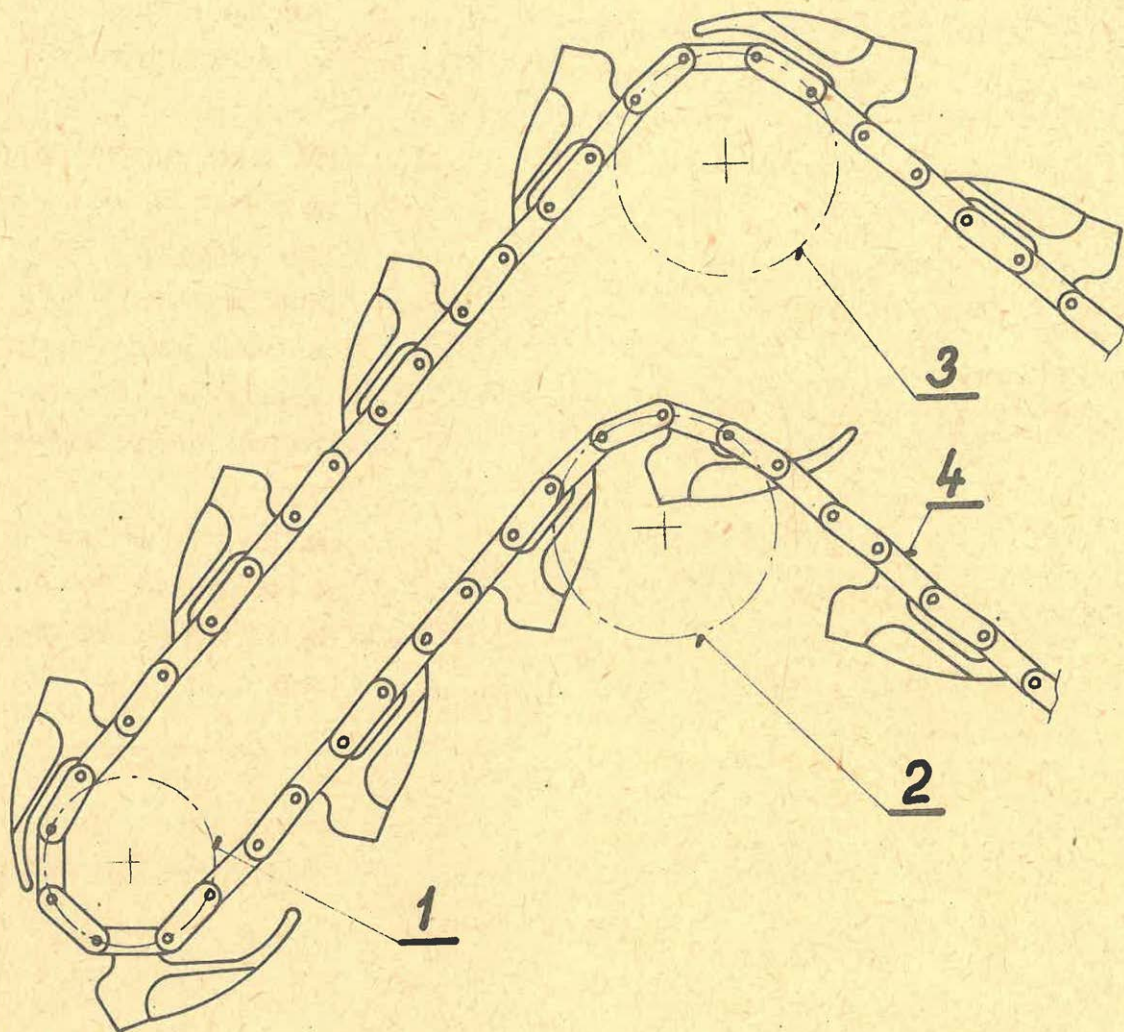
- dochází ke zhoršení ve vyprazdňování korečků
- rostou dynamické účinky (rázy) z nerovnoměrné rychlosti korečkového řetězu jako důsledek jeho pohonu polygonem turasu
- zvětšuje se opotřebení řetězu a jeho vedení.

Přesto však výzkumy v zahraničí směřují ke zvětšení rychlosti korečkového řetězu a to v současné době na ca 1,6 m/s.

Za účelem snížení účinků dynamických rázů na pohon a ocelovou konstrukci korečkového rypadla byly provedeny výzkumy v SSSR (Ugol' Ukrainy č. 6). Do pohonu korečkového řetězu rypadla typu Ds 1500 byl zaveden pružný člen a zvětšena rychlost korečkového řetězu na 1,62 m/s. Ukázalo se, že následkem toho se zmenšily dynamické rázy na 60 % a výkonnost rypadla se zvětšila o 20 % (bez změny instalovaného výkonu pohonu korečkového řetězu).

Podle dosud neověřených informací byla také u rypadla typu Ds 3150 zvětšena rychlost korečkového řetězu až na 1,6 m/s.

Návrh na nové konstrukční uspořádání vedení korečkového řetězu je v patentové přihlášce PV-1759/69, podané Ing. F. Mecerou. Navržené uspořádání (obr. č. 3) má zajistit dokonalejší vyprazdňování korečků při zvětšené rychlosti korečkového řetězu. Doposud však v praxi nebylo realizováno a vyzkoušeno.



Obr. č. 3 - Schéma uspořádání korečkového řetězu podle PV-1759/69

#### Geometrické parametry třísky

Podstatný vliv na parametry třísky má způsob práce rypadla. Rypadlo může pracovat buď frontálním způsobem, nebo v bloku. Při práci frontálním způsobem se rozeznává překládání po úsecích a tzv. plynulé překládání. Při tak zvaném plynulém překládání je rypadlo po projetí fronty přeloženo ve směru postupu fronty o délku, odpovídající tloušťce třísky  $s$ . Nemění se délka svahu, to je štěpiny (obr. č. 4a), takže tloušťka třísky  $s$  (stejně jako šířka třísky  $b$ ) je při konstantní po-

jezdové rychlosti stále stejná. Při překládání po úsecích (obr. č. 4b) se mění délka štěpiny a tloušťka třísky.

Při způsobu práce rypadla v bloku jsou poměry obdobné situaci podle obr. č. 4b, avšak geometrie třísky je složitější, protože obvodová rychlost korečkového vodiče se mění po jeho délce.

Změna tvaru třísky může v určitých fázích rýpání bloku nepříznivě ovlivnit plnění korečků a tím výkonnost rypadla. Při podrobném rozpracování parametrů nových velkých korečkových rypadel by proto mělo být přihlíženo k této okolnosti. Měla by být - s přihlédnutím k praktickým zkušenostem s rypadlem typu RK 400 - podrobně rozpracována otázka rozměrů třísek a jejich změn a z toho vyplývající dopady na výkonnost stroje. Nezbytný bude zřejmě také výzkum odpovídajícího programového řízení pracovních pohybů rypadla.

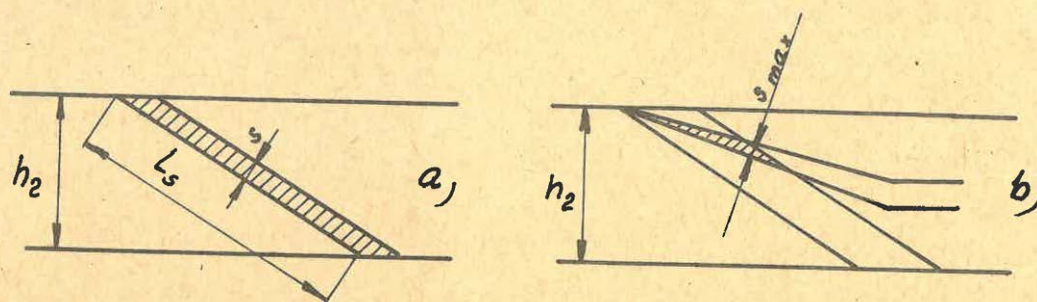
Změnu šířky třísky při blokovém způsobu dobývání lze dokumentovat na příkladu rypadla typu RK 5000. Doba trvání jedné otáčky korečkového vodiče je 15 až 110 minut. Z toho vyplývající šířky třísky při sklonu korečkového vodiče  $32^\circ$  jsou uvedeny v následujícím přehledu:

| Doba trvání jedné otáčky korečkového vodiče (min) | 15   | 110   |
|---------------------------------------------------|------|-------|
| Rychlost otáčení $v_b$ (m/min):                   |      |       |
| a) na začátku korečkového vodiče                  | 1,43 | 10,46 |
| b) na konci korečkového vodiče                    | 3,22 | 23,02 |
| Šířka třísky $b(m)$ :                             |      |       |
| a) na začátku korečkového vodiče                  | 0,07 | 0,51  |
| b) na konci korečkového vodiče                    | 0,16 | 1,12  |

Na obr. č. 4 - Tloušťka třísky při frontálním způsobu práce

a) plymulé překládání

b) překládání po úsecích



Pro zjednodušenou situaci, to je frontální způsob práce a plymulé překládání budou vypočítány rozměry třísky pro následující poměry:

Počet výsypů  $p = 23/\text{min}$  (Ds 3150)

Teoretická výkonnost  $Q_t = 5000$  a  $10\,000 \text{ m}^3 \text{ syp/h}$

Délka svahu  $L_s = 38 \text{ m}$  (obr. č. 4a)

Koeficient nakypření v korečku  $K_n = 1,3$

Použité vztahy (obr. č. 5):

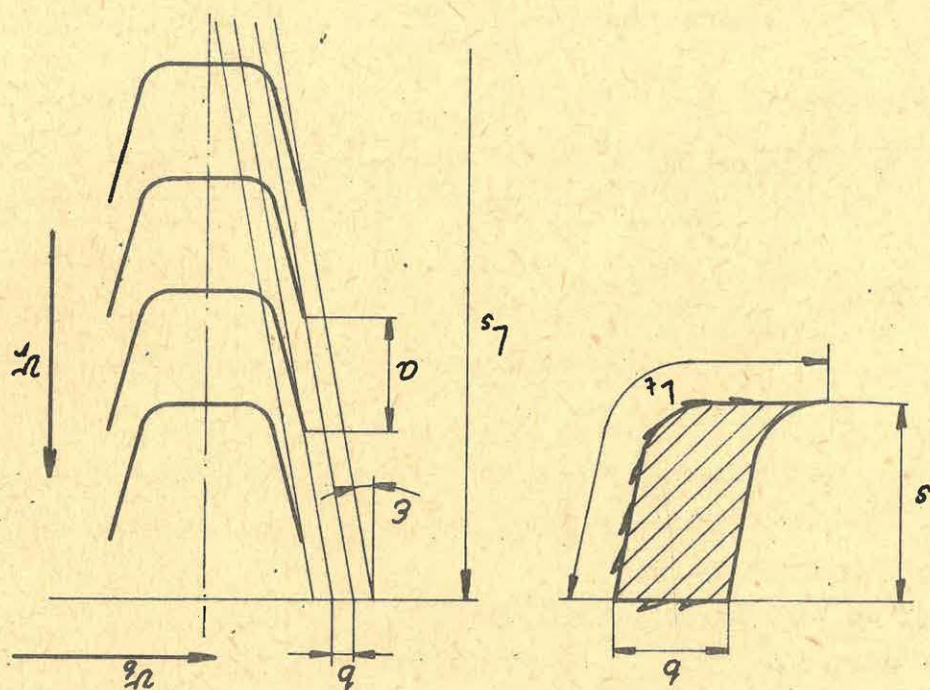
$$(3) \quad \text{Šířka třísky} \quad b = \frac{v_b}{p} \quad (\text{m})$$

$$(4) \quad \text{Tloušťka třísky} \quad s = \frac{Q_t}{60 \cdot v_b \cdot L_s \cdot K_n} \quad (\text{m})$$

$$(5) \quad s = b = \sqrt{\frac{Q_t}{60 \cdot p \cdot L_s \cdot K_n}} \quad (\text{m})$$

Výsledky výpočtů podle vztahů (3) až (5) a pro uvedené poměry jsou sestaveny v následujícím přehledu:

|                                                              |      |        |
|--------------------------------------------------------------|------|--------|
| Teoretická výkonnost<br>$Q_t$ ( $\text{m}^3 \text{ syp/h}$ ) | 5000 | 10 000 |
| Tloušťka a šířka třísky<br>$s = b$ (m)                       | 0,27 | 0,384  |
| Rychlost pojezdu rypadla<br>$v_b$ (m/min)                    | 6,2  | 8,8    |



Obr. č. 5 - Schéma k určení rozměrů třísky

#### Výkon pohonu korečkového řetězu

Orientační výpočet výkonu pohonu korečkového řetězu je přibližně proveden ve "Studii základních technických parametrů dobývacího stroje o výkonnosti 20-40 tisíc  $m^3/h$ " (VÚHU Most - 1973) pro zjednodušené poměry uvedené na konci předcházejícího odstavce a pro

- rychlost korečkového řetězu  $v_r = 1,37 \text{ m/s}$
- vzdálenost korečků  $a = 3,6 \text{ m}$  (obr. 5)
- řezný odpor  $K_L = 180 \cdot 9,80665 \text{ N/cm}$

podle vztahu

$$(6) \quad N = (N_r + N_z + N_t) \cdot \frac{1}{\eta} \quad (\text{kW}),$$

kde je  $N_r$  - výkon potřebný k překonání řezných odporů (kW)

$N_z$  - výkon potřebný pro zdvih těživa (kW)

$N_t$  - výkon potřebný k překonání tření korečkového řetězu (kW)

$\eta$  - účinnost pohonu

Výsledek výpočtu uvedeného příkladu podle vztahu (6) je tento:

| Teoretická výkonnost rypadla<br>$Q_t$ ( $m^3$ syp/h) | Potřebný výkon pohonu koreč-<br>kového řetězu $N(kW)$ |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 5 000                                                | 3 400                                                 |
| 10 000                                               | 5 600                                                 |

Je zřejmé, že výkon potřebný k pohonu korečkového řetězu, a tedy i tah v řetězu, nabývají pro dané poměry a velké výkonnosti značných hodnot.

### Závěr

Ve studijních úvahách, týkajících se technologických celků o velké výkonnosti, lze reálně uvažovat s nasazením korečkového rypadla, a to zejména na posledních skryvkových řezech nad uhelnou slojí. Pro tyto účely lze doporučit rypadlo typu RK 5000. S ohledem na zachování stejného postupu jsou hlavní parametry tohoto rypadla (to je výkonnost ca  $5000 m^3$  syp/h a možnost odebírání hloubkového řezu o max. mocnosti ca 20 m při sklonu svahu  $32^\circ$ ) přibližně v souladu s parametry kolesového rypadla o výkonnosti  $20000 m^3$  syp/h a celkové snímací výšce 75 m.

V této souvislosti se jeví účelným zabývat se určitými problémy (z nichž některé již bylo doporučeno řešit k úspěšnému dokončení vývoje rypadla RK 5000), a to zejména:

1. Vypracovat technologii dobývání rypadla typu RK 5000 v bloku a v řezu, a to s ohledem na vhodnou geometrii třísek, manipulační časy a výkonnost rypadla. Podrobněji rozpracovat zařazení tohoto typu rypadla do technologického celku s velkou výkonností. Současně stanovit základní parametry odpovídajícího programového řízení a zvážit možnost jeho vývoje.
2. Uskutečnit výzkum uspořádání a dimensování základních konstrukčních celků a zvláště korečkového vodiče s ohledem na dynamické účinky a možnosti zvětšení řezné rychlosti a celkové rypné síly. Současně ře-

šit vhodnou konstrukcí korečků s ohledem na správné vyklápění zemi-  
ny.

Výsledky těchto výzkumů mohou být podkladem pro případné zpracová-  
vání základních parametrů korečkového rypadla o větší teoretické výkon-  
nosti než  $5000 \text{ m}^3 \text{ syp/h}$ .

Recenzoval Ing. Oldřich Klimecký

### S h r n u t í

#### Problematika vývoje korečkového rypadla pro velké výkonnosti

Článek pojednává o důvodech, vedoucích k úvahám o účelnosti vývo-  
je a nasazení korečkových rypadel s velkou výkonností v podmínkách SHR.  
Zabývá se parametry, které rozhodujícím způsobem ovlivňují hmotnost  
korečkového rypadla a výkon pohonu korečkového řetězu. Uvádí některé  
problémy, které je nutno řešit.

### Р е з ю м е

#### Проблематика развития многоковшового цепного экскаватора высокой производительности

Рассматриваются аргументы подтверждающие целесообразность  
развития и практического применения, в условиях у-  
гольного бассейна СББ, сверхмощных цепных экскаваторов.  
Приводятся некоторые параметры имеющие решающее влияние  
на общую массу многоковшовых цепных экскаваторов и про-  
изводительность привода экскаваторной цепи. Выдвигаются  
некоторые проблемы требующие дополнительного решения.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

#### Problematik der Entwicklung des Eimerkettenbaggers für grosse Leistun- gen

Der Artikel behandelt die Gründe, die zur Erwägungen über die Zweck-  
mässigkeit der Entwicklung und des Einsatzes von Eimerkettenbaggern  
mit grösser Leistung unter den Bedingungen des Nordböhmischen Braunkoh-