

Ing. Jiří B a r t á k, VÚHU

Ing. František F e l c m a n, VÚHU

Ing. Jaroslav Z e l e n k a, VÚHU

Návrh základních technologických parametrů rypadla pro těžbu do
závalových polí

V rámci státního vývojového úkolu P-10-125-205 byly zpracovány v našem ústavu technologické parametry a konstrukční požadavky pro inovované rypadlo, které je určeno především pro dobývání uhelných slojí, ale i pro dobývání závalových polí. Vlivem zhoršených dobývacích podmínek se těžba uhlí ze závalových polí stále zvyšuje. Lze očekávat, že v příštích letech bude z celkové těžby uhlí těženo cca 45 až 55 % množství uhlí v závalových polích.

Těžební výkonnost rypadla

Pro určení požadované těžební výkonnosti rypadel byl proveden rozbor těžby uhlí na stávajících i budoucích lokalitách v souladu s budoucím dlouhodobým plánem těžby revíru, z čehož vyplynula pro inovované rypadlo roční těžební výkonnost

3,5 až 4,0 mil.m³ rostlého uhlí,
což reprezentuje roční těžbu asi 5,0 mil. t uhlí.

Po prošetření statistických údajů, kapacitního a časového využití stávajících uhelných rypadel v závislosti na požadované těžbě, byla doporučena a odsouhlasena teoretická hodinová těžební výkonnost

$$1900 \text{ m}^3 \text{ s.z.h}^{-1}$$

a přepočteno na tíhové zatížení při měrné hmotnosti rostlého uhlí =
= 1,35 t.m³

$$1710 \text{ t.h}^{-1}$$

Tato výkonnost má být prokázána hodinovou výkonovou zkouškou v panenské uhelné sloji.

Měrná rypná síla

Navazujícím parametrem pro dimensování pohonu kola je měrná rypná síla, která ve vztahu k zemině odpovídá měrnému rypnému odporu. Všeobecně se určuje ze vztahu:

$$k_{r \text{ stř}} = \frac{P_{\text{stř}}}{l_{\text{stř}}}$$

$k_{r \text{ stř}}$ - měrný rypný odpor (kN.m⁻¹)

$l_{\text{stř}}$ - střední délka řezných hran (m)

$P_{\text{stř}}$ - střední obvodová síla na kolese (kN)

Při rypání kolesem dochází však vlivem různých faktorů k nerovnoměrnému průběhu rypné síly. Zavádí se proto koeficient nerovnoměrnosti, který je určen poměrem maximální hodnoty rypného odporu k jeho průměrné (střední) hodnotě

$$\lambda = \frac{k_{r \text{ max}}}{k_{r \text{ stř}}}$$

Po prostudování všech dosud známých naměřených hodnot rypných odporů a zvážení všech vlivů byla navržena a odsouhlasena střední rypná síla

$$k_r = 100 \text{ kN.m}^{-1}$$

při teoretické výkonnosti $Q_{th} = 1900 \text{ m}^3 \text{ s.z.h}^{-1}$ s okamžitým přetížením o 80 % ($\lambda = 1,8$). Přitom se požaduje, aby ocelová konstrukce a pohon kola byly schopny přenést okamžité zatížení, odpovídající měrnému rypnému odporu 180 kN.m^{-1} . Na tuto hodnotu zatížení je nutno nastavit bezpečnostní zařízení. Pohon kola a ocelovou konstrukci rypadla je nutno řešit tak, aby dynamické vlivy byly minimální.

Technologické požadavky na koleso

Při dobývání uhoelných slojí a závalových polí je nutno předpokládat selektivní těžbu. S těžbou lávky vysoké 0,5m se uvažuje jen ojedinele, avšak častěji bude požadována těžba lávek o mocnosti 0,8 až 1 m, kdy je nutné dodržet 100 % těžební výkonnost. Pro selektivní do-

bývání je navrženo lávkování kombinované se spouštěním kola. Tento technologický postup jednak snižuje manipulační ztráty, jednak ovlivňuje délku kolesového výložníku a hloubku bloku. Těžební výkonnost kola je v první řadě závislá na rozměrech rýpané třísky. Aby nenastalo snížení výkonnosti při dobývání nízkých lávek, je nutno uvažovat s větším zasunutím kola do hloubky řezu. Počet odrýpaných štěpin na lávce výrazně ovlivňuje manipulační ztráty. V některých případech lze očekávat narušení nadložních jílových vrstev systémem různě orientovaných puklin, které předurčují značnou kusovitost tohoto materiálu. Proto je nutno věnovat zvýšenou pozornost při konstrukci rýpných orgánů a zvážit všechny dosud známé způsoby pro snížení kusovitosti rýpané zeminy vzhledem k působením dopravníků šíře 1200 mm, které jsou přiřazeny k rýpadlu. V případě dobývání závalových polí bude nutno obnažit co nejlépe uholné pilíře ve svislých rovinách do co největší hloubky. Je proto nutné navrhovat pohon kola a jeho konstrukční uspořádání tak, aby těleso kola po obou stranách bylo jak v přední části, tak i ve spodní části co nejvíce uvolněno.

Z těchto a dalších technologických požadavků vyplývá nutnost volby optimálního průměru kola s větším počtem koreček a menším vstupním profilem pro zajištění požadované kusovitosti zeminy.

Základní parametry kolesového výložníku

Dosahové parametry kolesového výložníku musí zajistit odtěžení bloku při vodorovné pracovní plošině, při výšce řezu asi 16 m, sklonu bočního svahu 60° a hloubce bloku 5 m, přičemž výška první horní lávky pro očištění uholné sloje se může pohybovat kolem 1 m. Tyto parametry zaručují možnost rýpní nižších řezů při menších sklonech bočního svahu ve zhoršených geologických podmínkách, nebo při stoupání rýpadla. Hloubkový řez u rýpadla se nepočítá, kolem je však nutné vytvářet pracovní plán při požadovaném klesání stroje. Při stanovení délky kolesového výložníku v závislosti na technologických podmínkách byly vzaty v úvahu dvě varianty:

- kolesový výložník výsuvný, délky cca 28 m od osy otoče horní stavby, z toho délka výsuvu 9 m

- kolesový výložník nevýsuvný délky cca 30 m od osy otoče horní stavby.

Uvedené parametry jsou určeny pro průměr kola 7 m a při odhadnuté výšce závěsného kloubu 7 m. Mimo to jsou též závislé na rozměrech podvozku, aby nedošlo k jeho kolisi s čelním svahem. Zároveň je nutno řešit ocelovou konstrukci kolesového výložníku tak, aby nedocházelo ke kolisi s čelním svahem při dobývání horní začišťovací lávky do hloubky 5 m.

Technologické postupy při rýpání

Technologický postup při odrýpání jednoho bloku při použití výsuvného kolesového výložníku je řešen ve dvou základních variantách:

- odrýpání celého bloku při jednom postavení rypadla, kdy pracovní cyklus je proveden jen výsuvem. Tento způsob lze použít jen v příznivých geologických podmínkách (vyšší sklon čelního a bočního svahu, zvýšená výška horní lávky apod.)
- výrazné snížení délky kolesového výložníku lze docílit přesunem rypadla během odrýpání bloku.

Boční svah musí být tvarován po přesunu stroje na dolních lávkách menším úhlem natočení horní stavby směrem k bočnímu svahu.

Všeobecně lze konstatovat, že další zlepšení při dobývání vysokých řezů s malým sklonem bočního svahu lze docílit šikmým najetím rypadla do řezu. Rypadlo při svém postupu nekráčí rovnoběžně s bočním svahem jako u předchozích postupů, ale najíždí na jednotlivé bloky šikmo od osy postupu. Lze jej použít jak u výsuvného, tak i u nevýsuvného kolesového výložníku.

Tento způsob vyžaduje však dokonalé ovládání stroje a značný rozsah manipulačních pohybů podvozku rypadla tak, aby bylo možno nasměrovat v krátkém časovém intervalu stroj do požadovaného úhlu postupu. Průměrná rychlost zdvihu a výsuvu kolesového výložníku u stávajících rypadel se pohybuje v mezích 3 až 4 m.min⁻¹. Avšak pojezdová rychlost složitých housenicových podvozků dosahuje běžně 6 až 10 m.min⁻¹.

Pro snížení manipulačních časů při zdvihu nebo výsuvu bude proto nutné prošetřit možnost zvýšení rychlosti pro oba pohyby, a to alespoň

do hodnoty 6 až 10 m.miň¹.

Při těžbě uhelné sloje lze ojediněle očekávat úklonné uhelné i proplástkové vrstvy s různým sklonem až do 45 ° od vodorovné pléň. Při těžbě těchto úklonných lávek bude nutno zajistit rýpání i při současném zvedání nebo spouštění kolesového výložníku. Nejvýhodnější pro těžbu se jeví plynulá regulace rychlosti zdvihu v závislosti na sklonu lávky s možností ručního zásahu při různých tektonických poruchách. Zároveň bude nutno použít automatickou regulaci rychlosti zdvihu v závislosti na otočové rychlosti horní stavby při vytváření požadovaného sklonu jednotlivých lávek.

Technologické požadavky na podvozek

Technologické požadavky na podvozek rypadla pro závalová pole a výchozové partie sloje jsou hlavně limitovány těmito faktory:

- sklonem pracovní plošiny
- měrným tlakem na podložku
- měnivostí a rychlostí přesunu.

Sklon pracovních plošin

Pro určení sklonu pracovních plošin a tím i požadavků na stoupavost podvozku byly vyhodnoceny sklonové poměry paty sloje v dolových polích velkolomu Kohinoor, VHD, VČSA a Chabařovice. Z výsledků vyplývá, že na všech uvedených lokalitách se vyskytují sklony, které v podélném a příčném řezu přesahují dovolené hodnoty náklonu rypadla KU 300 S (1:6,2). Na VHD, VČSA a Kohinooru se poměrně často mění smysl sklonu sloje a v některých případech dokonce na sebe bezprostředně navazují sklony větší jak 1:6,2 s opačným smyslem. Z těchto důvodů doporučujeme v první variantě navrhnout housnicový podvozek tak, aby spolehlivě mohl překonávat stoupání a klesání sloje ve směru pojezdu o sklonu $\pm 1:6,2$. Při dovoleném sklonu otočného vršku rypadla 1:20, z toho plyne nutnost vyrovnávat spodní stavbu rypadla do hodnoty sklonu $\pm 1:9$. Nevýhodou tohoto způsobu vyrovnávání rypadla je, že pro vytěžení zbytků uhelných zásob z klínů vzniklých příčným sklonem sloje při sledová-

ní podélného sklonu sloje rypadlem, bude třeba nasadit pomocnou mechanizaci. Obdobná situace nastane při vyuhlování zátinky, která musí být maximálně pod obecným sklonem 1:20.

Ve druhé variantě by bylo vhodné uvažovat s vyrovnáváním rypadla, je-li podvozek na obecně nakloněné rovině se sklonem 1:6,2. Rovněž i v tomto případě bude nutno při využití dovoleného sklonu otočného svršku 1:20, vyrovnávat otočný svršek s kulovou dráhou do hodnoty sklonu $\pm 1:9$. Výhodou oproti první variantě je, že uhelnou sloj je možno odtěžit rypadlem až do obecného sklonu 1:6,2. Rovněž i vyuhlení zátinky je možné provést bez problémů pod sklonem 1:6,2 v obecném směru.

Měrný tlak na podložku

V našich provozních podmínkách se uvažuje pro všechny druhy podvozků dobývacích strojů hodnota středního měrného tlaku $p_g = 107,91$ až $117,72 \text{ kN.m}^{-2}$.

Předběžná hmotnost rypadla byla určena dle "Jednotné metodiky THE výpočtů" (RVHP, červenec 1968) pro výšku řezu $H = 17 \text{ m}$, obvodovou sílu $P = 200 \text{ kN}$ a zadanou teoretickou hodinovou výkonnost $Q = 1900 \text{ m}^3 \text{ s.z.h}^{-1}$. Pro tyto výchozí hodnoty potom vychází hmotnost kolesového rypadla bez výsuvu cca 960 t a hmotnost kolesového rypadla s výsuvným výložníkem cca 1200 t.

V následující tabulce jsou uvedeny informativní rozměry housenic a jejich uspořádání v závislosti na požadovaném středním měrném tlaku $11,772 \text{ N.cm}^{-2}$, při uvažování hmotnosti kolesového rypadla s výsuvem.

Hmotnost rypadla (t)	Měrný tlak (N.cm^{-2})	Délka housenic (m)	Šířka housenic (m)	Plocha housenic (m^2)	Počet a uspořádání housenic
1200	11,772	11,3	2,2	99,44	2x2
1200	11,772	10,0	2,5	100,0	2x2

Délka housenic je uvažována jako vzdálenost mezi osami trasů boz

případných náběhů na spodní větví. Obrysová délka housenic může být až 14 m, jinak dochází ke kolisi s patou čelného svahu řezu a snížení hloubky bloku.

Pro porovnání housenicových podvozků jsou v následující tabulce č. 1 uvedena rypadla výrobců z NDR a NSR. Jsou zde rovněž uvedena starší i novější československá rypadla s housenicovým podvozkem.

Neuvažujeme o použití housenicového podvozku v takovém provedení, jaké bylo uplatněno na rypadle KU 300 (uspořádání housenic 3x2), vzhledem k jeho špatným manévrovacím schopnostem, což by u rypadla pro závalová pole a dobývání výchozích partií mělo vliv na zhoršení selektivity dobývání, případně i na snížení výkonnosti těžby.

Velikost středního měrného tlaku $p_s = 11,772 \text{ N.cm}^{-2}$ byla zvolena na základě těchto faktorů:

- stejná hodnota středního měrného tlaku je u rypadel KU 300, kde zatím nedošlo k žádným potížím i když některá jsou nasazena jen na skrývce;
- rypadlo by se převážně mělo pohybovat po pracovní pláni tvořené rostlým uhlím nebo spodkem uhelné sloje;
- únosnost rozbahněného jílu v závalu je tak malá, že není účelné dimenzovat podvozek tak, aby vyhovoval této extrémní podmínce. K odstranění těchto jílu bude nutno nasadit pomocnou mechanizaci;
- před těžbou rypadla v závalovém poli, případně před jeho transportem přes tato pole by měl být proveden takový průzkum terénu, aby nedošlo k najetí rypadla na nezavalencou komoru nebo chodbu.

Manévrovatelnost a rychlost přesunu

Na základě technologických podmínek pro rypadla do závalových polí se z hlediska manévrovatelnosti jeví koncepčně jako nejvýhodnější podvozek dvouhousenicový.

Pro tvorbu zátinek je nutno u dvouhousenicového podvozku zajistit maximální rádius zatáčení $R_{\text{max}} = 30 \text{ m}$. Splněním této podmínky se značně zjednoduší manipulace rypadla při vytváření zátinky i v dalších případech.

Pokud by bylo vyřešeno směrování housenic do libovolného směru na místě, je možno použít technologii se šikmým najetím do bloku, která nám umožní se stejnými parametry rypadla dobývat větší hloubku bloku. Rovněž by se zjednodušila manipulace a snížily ztrátové časy potřebné na odtěžení pilířů a závalových prostorů.

Vzhledem k nárokům kladeným na mobilitu rypadla jak při vlastním dobývání závalových polí a výchozích partií sloje, tak i při přesunech daných požadavkem těžby uhlí určité kvality, je nutno u podvozku dosáhnout mnohem vyšší spolehlivosti a životnosti jednotlivých jeho částí, v porovnání s podvozkem rypadla KU 300.

Ze stejných důvodů je nutno počítat s rychlostí přesunu do 10 m.min^{-1} na horizontální pojezdové pláni, s plynulou regulací od 0 do 10 m.min^{-1} . Maximální rychlost dosažená při přesunu do svalu 1:6,2 by neměla být nižší než 6 až 5 m.min^{-1} .

Požadavky na technologické parametry nakládacího výložníku

Parametry nakládacího výložníku musí zajistit rypadlu tyto následující technologické funkce:

- přechod neúčinného prostoru (přejíždění poháněcí stanice v řezu) ve směru i proti směru toku materiálu
- tvorba zátinky u poháněcí stanice a dojezd rypadla k poháněcí stanici
- tvorba zátinky u vratné stanice a dojezd rypadla k vratné stanici.

Tyto operace je výhodné provádět bez vloženého mezičlánku (např. pásového vozu) a bez přesouvání pásového dopravníku kompenzačního nedostatky v délce a uspořádání nakládacího výložníku. Dále je nutno tyto operace provádět i při předávání materiálu nad a pod úroveň pracovní plošiny rypadla, přičemž převýšení plošiny rypadla oproti plošině pásového dopravníku má činit $\pm 6 \text{ m}$.

Technologický postup předpokládá, že z rypadla bude těživo nakládáno na porubní pásovou linku. Jen v málo případech bude napojen zakládací prvek pro přímé zakládání.

Důležité faktory ovlivňující funkce nakládacího výložníku

Délka neúčinného manipulačního prostoru

Jedná se o prostor, který je nutno překonat při přejiždění poháněcí stanice v řezu, či při tvorbě zátinky u poháněcí a vratné stanice. Při současné konstrukci pásového dopravníku šíře 1200 mm je délka neúčinného prostoru při dojezdu násypky k poháněcí stanici 44,2 m a délka neúčinného prostoru při dojezdu násypky k vratné stanici 17,01 m. Z toho pak plyne celková délka neúčinného prostoru 61,21 m. Tento prostor lze překonat pouze při značných rozměrech nakládacího výložníku nebo s pomocí vloženého pásového vozu.

Z tohoto hlediska se bez ohledu na délku či uspořádání nakládacího výložníku požaduje zmenšení délky neúčinného prostoru na hodnotu 30 m. Jako nejjednodušší se jeví zavedení pevného nakládacího místa na rozhraní náběhového dílu a poháněcí stanice.

Závislost délky nakládacího výložníku na velikosti úhlu vzájemného přiblížení kolesového a nakládacího výložníku

Je nutno prodloužit nakládací výložník oproti rypadlu KU 300 S. Jelikož delší nakládací výložník nelze již uvažovat zavěšený, doporučujeme nakládací výložník podepřít na pomocný podvozek se samostatným pohonem. Z provedených výpočtů a výkresů situací vyplývá reálná délka nakládacího výložníku v rozmezí 45 až 55 m, při úhlu přiblížení kolesového a nakládacího výložníku 55° až 60° . Tento úhel lze dále zmenšit konstrukčním řešením přesypu na nakládací výložník. Z tohoto hlediska se jeví jako nejvhodnější kruhový dopravník, obdobného provedení jako je u korečkového rypadla RK 400.

Vliv konstrukčního provedení na délku nakládacího výložníku

Ze způsobu překonávání neúčinných prostorů, zejména však ze způsobu tvorby zátinek plyne, že nelze uvažovat s konstantní délkou nakládacího výložníku. Přicházejí v úvahu dva způsoby provedení konce nakládacího výložníku:

- a) otočný konec výložníku
- b) teleskopický konec výložníku.

Otočný konec výložníku snižuje úhel vzájemného přiblížení kolosového a nakládacího výložníku. Navíc jeho konstrukční provedení by však bylo dosti komplikované, neboť se v podstatě jedná o samostatný výložník s pásem a vyvážením, uchycený na pomocném podvozku.

Konstrukčně jednodušší je teleskopické provedení nakládacího výložníku. Pokud bude realizováno teleskopické provedení nakládacího výložníku a nasýpací místo pro zmenšení délky neúčinného prostoru, není třeba snižovat úhel přiblížení mezi nakládacím a kolosovým výložníkem pod 60° .

Na základě provedených rozborů navrhuje tyto předběžné rozměry nakládacího výložníku v obou variantách:

Celková max. délka nakládacího výložníku (vzdálenost výsypky od osy rypadla) $L = 50$ m, z čehož nakládací výložník musí mít buď otočný konec o délce $l = 20$ m, nebo teleskopický výsuvný konec s dráhou pohybu $l = 20$ m. Z hlediska překonávání neúčinných prostorů a tvorby zátínek jsou oba způsoby provedení pohyblivého konce přibližně rovnocenné. Úhel přiblížení kolosového a nakládacího výložníku je zde uvažován max. 60° . Případné snížení tohoto úhlu u teleskopického provedení nakládacího výložníku by vedlo ke zvětšení šířky těženého bloku a zjednodušení manipulací rypadla.

Velikost zdvihu a možnost spouštění nakládacího výložníku

Pro zajištění postupu rypadla při příčném klesání nebo stoupání sloje požadujeme nakládání těživa na porubní pásový dopravník při vzájemném převýšení plošiny rypadla a dopravníku ± 6 m. Z provedených rozborů plyne minimální vzdálenost osy podpěrného podvozku od osy porubního dopravníku 5,5 m (PD š. 1200 mm) a 7 m v místě poháněcí stanice. Zdvih nakládacího výložníku v místě podpěrného podvozku vychází cca 4 m, při výšce uložení v ose rypadla 6 m nad pojezdovou plošinou. Jestliže by bylo možno zasunout teleskopickou část nakládacího výložníku až nad prostor podpěrného podvozku, a tím objíždět nejvyšší místo na poháněcí

stanici porubního dopravníku, nebylo by třeba tak velkého rozsahu zdvihu podpěrného podvozku.

Předávání těživa

Předávání těživa z kolesového na nakládací výložník plyne ze základní koncepce střední stavby rypadla a návrhu ocelové konstrukce.

Doporučujeme zvážit tyto dvě alternativy:

- nakládání přímo v ose rypadla nebo pomocí krátkého předávacího místa
- nakládání z kruhového dopravníku obdobného typu jako u RK 400, kde je i při těžbě skryvkových zemín docilována vysoká provozní spolehlivost. Tento systém předávání těživa by umožnil snížení úhlu mezi nakládacím a kolesovým výložníkem bez nároku na zvýšení hmotnosti stroje.

Rovněž předávání těživa z nakládacího výložníku bude nutno prošetřit v následujících variantách:

- nakládání do pojízdné násypky, která je příslušenstvím porubního dopravníku
- nakládání pomocí násypky zavěšené na konci nakládacího výložníku rypadla
- v ojedinělých případech, dle požadavku objednavatele, je nutno řešit nakládání těživa pomocí zařízení pro okamžitou změnu toku těživa jednak na porubní dopravník, jednak na nakládací zařízení k přímému zakládání do vyrubané části lomu.

Recenzoval: Ing. František Hochmann

S h r n u t í

Návrh základních technologických parametrů rypadla pro těžbu do závalových polí

V uvedeném článku jsou navrženy základní parametry a konstrukční požadavky pro inovované kolesové rypadlo, vyplývající z technologických podmínek dobývání uhlé sloje, se zvláštním zaměřením na těžbu v závalových polích. V souladu s požadovanou těžbou revíru byla navržena

Tabulka č. 1

Označení rypadla a výrobce	Hmotnost (t)	Měrný tlak (N.cm ⁻²)	Délka housesic (m)	Šířka housesic (m)	Počet a uspořádá- ní housesic	Minimální rádius zatáčení (m)
SRs 630.20/3.0 NDR	680	14,028	9,7	2,24	2	-
SRs 1200.24/4.0 NDR	1025	11,674	9,6	2,24	2x2	-
SchRs $\frac{1940}{0,5}$. 14 NSR - Demag	600	15,107	8,3	2,35	2	-
SchRs $\frac{2000}{1}$. 12 NSR - LMG	960	13,538	11,0	3,15	2	-
SchRs $\frac{600}{2}$. 20 NSR - LMG	830	11,065	13,1	2,8	2	-
SchRs $\frac{400}{3}$. 20 NSR - LMG	810	9,712	13,0	3,15	2	-
SchRs $\frac{200}{2}$. 19 NSR - LMG	621	9,123	9,3	1,8	2x2	-
Projekt r. 1973 NSR - LMG	1 460	14,813	13,6	3,55	2	-
K 300 ČSSR	600	11,281	10,1	2,5	2	-
KU 300 ČSSR	1050	11,772	7,5	1,8	3x2	48
K 800 (B) ČSSR	1315	10,693	8,0	2,5	3x2	40
K 1000 ČSSR	1260	11,478	7,8	2,3	3x2	40