

Ing. Jaroslav Z e l e n k a, VÚHU

Porovnávací technologická měření kolesových rypadel SRs 1500 a KU 800

1.0 Pro porovnání dvou základních typů kolesových rypadel, a to bezvýsuvných a výsuvných, v oblasti technologických postupů v bloku, byla provedena měření postupů při odrýpání jednoho bloku u kolesových rypadel SRs 1500, jako představitele nevýsuvných strojů a na rypadle KU800, které pracuje s výsuvem kolesového výložníku.

1.1 Pro posouzení pracovního režimu při odrýpání jednoho bloku zeminy oběma typy rypadel při různých báňských podmínkách byly proměřeny postupy u rypadel:

SRs 1500	na druhém řezu	-	Důl Merkur
KU 800/1	na druhém řezu	-	Důl Maxim Gorkij
KU 800/5	na prvním řezu	-	Důl Maxim Gorkij
KU 800/3	na prvním řezu	-	Důl Maxim Gorkij
SRs 1500	na prvním řezu	-	Důl Merkur

Pro dokonalé zhodnocení pracovního postupu rypadla v bloku bylo stanoveno při každém měření:

- a) parametry rýpaného bloku
- b) čistý rýpací čas
- c) manipulační časy
- d) narýpané množství
- e) snímek provozního času.

Pro upřesnění rýpacích podmínek byl měřen též rypný odpor zeminy nepřímou metodou a stanoven rozbor vzniklých poruch. Vyhodnocené výsledky z jednotlivých měření byly zpracovány do přehledných tabulek.

Parametry rýpaného bloku a poloha stroje byly zaměřeny fotogrammetricky před zahájením každého měření. Hloubka jednotlivých štěpin a lávek byla určena měřením z délky výsuvu kolesového výložníku u rypadla KU 800 a z délky pojezdu stroje u rypadla SRs 1500. Po vyhodnocení byly určeny šířky a výšky jednotlivých lávek, hloubka lávky a sklony čelního a bočního svahu a zjištěné hodnoty pro jednotlivé rýpané bloky jsou uvedeny v následující tabulce:

Stroj		KU 800/1	KU 800/3	KU 800/5	SRs 1500 I. řez	SRs 1500 II. řez
1. lávka						
hloubka	(m)	11,0	12,4	12,0	15,0	11,8
Ø výška	(m)	7,0	6,0	6,0	8,0	6,0
šířka	(m)	52,30	62,0	42,0	12,5	47,0
2. lávka						
hloubka	(m)	9,8	14,0	12,0	11,0	7,8
Ø výška	(m)	5,9	4,8	4,4	8,8	5,9
šířka	(m)	54,0	62,0	42,0	47,0	55,0
3. lávka						
hloubka	(m)	11,4		10,60	13,2	6,3
Ø výška	(m)	5,0		5,5	6,2	5,9
šířka	(m)	58,0		42,0	47,0	60,0
4. lávka						
hloubka	(m)	10,1		11,5	14,0	8,1
Ø výška	(m)	6,5		7,0	5,0	3,4
šířka	(m)	62,5		42,0	51,5	63,0
5. lávka						
hloubka	(m)			8,8	11,0	
Ø výška	(m)			5,1	4,2	
šířka	(m)			42,0	53,0	
6. lávka						
hloubka	(m)				9,8	
Ø výška	(m)				3,2	
šířka	(m)				69,5	

Pro stanovení všech časových intervalů a jejich vzájemných návazností při odrypání jednoho bloku bylo použito pětímístného smyčkového oscilografu, kde bylo registrováno:

- zdvih kolesového výložníku
- pojezd stroje (u SRs 1500)
- výsuv kolesového výložníku (u KU 800)
- otoč horní stavby rypadla.

U těchto motorů byly registrovány impulsy počátku a konce pohybu a jejich reversece.

Narýpané množství zeminy bylo registrováno na tensometrických pásovcích vahách, zabudovaných na prvním dopravníku za strojem. Mimoto celkové množství zeminy na jednotlivých odrypaných lávkách bylo kontrolováno dle hlášení dispečera. Další kontrolní hodnota objemu narýpané zeminy na lávce byla též stanovena dodatečně zakreslením rýpaného blo-

ku a postupu kola. Pro jednotnost je množství zeminy v uvedených hodnotách vyjádřeno v m^3 sypané zeminy.

2.0 Technologické poznatky získané při měření

Při měření technologických postupů pro odrýpání jednoho bloku u obou typů kolesových rypadel byly zjištěny některé rozdílné postupy oproti dříve teoreticky zpracovanému způsobu lávkování. Přesun kola na nižší lávku je prováděn u obou typů rypadel bez přerušování těžby. Jedině u rypadla KU 800 v případě odkráčení stroje od řezu, a to nejčastěji mezi druhou a třetí lávkou je těžba přerušena, u rypadla SRs 1500 se těží i při odsunu stroje od řezu.

2.1 Přesun kola na nižší lávku u rypadla KU 800 začíná nejčastěji při ukončení poslední štěpiny na otevřené straně řezu. Řidič rypadla při zasouvání kolesového výložníku ponechá zapuštěné kolo částečně pod úroveň plošiny horní odrýpané lávky a otočí horní stavby ve dvou krátkých štěpinách vytváří příkop o hloubce cca 50 cm. Jakmile překročí osa kola horní hranu dolní lávky, řidič rypadla odrýpe spuštěním kola první štěpiny na dolní lávce a teprve při dosažení úrovně plošiny dolní lávky používá se výsuvu kolesového výložníku a další štěpiny se odbírají lávkováním.

Přesun kola u rypadla SRs 1500 se začíná nejčastěji na opačné straně řezu při dojetí kola k bočnímu svahu. Při dokončení poslední štěpiny na horní lávce pokračuje spouštěním kola asi ve dvou až třech krátkých štěpinách u bočního svahu při současném odsunu rypadla od řezu. Tím je dosaženo horní hrany dolní lávky a řidič rypadla bez pojezdu stroje jen spouštěním kola odrýpne několik štěpin a teprve při najetí na úroveň plošiny dolní lávky jsou zbývající štěpiny až do hloubky bloku odrýpány lávkováním. V tomto případě dochází však k částečnému podrýpání v místě spádové přímky mezi čelním a bočním svahem.

2.2 Přesun kola z dolní lávky na horní u kolesového rypadla KU 800 je spojen s krácením stroje k řezu, při čemž je těžba přerušena. Tento časový interval vlivem několika dalších přidavných manipulací je však značně prodloužen. Řidič rypadla po odrýpání poslední štěpiny dolní lávky nahlásí dispečerovi komplexu přesun stroje, pak natočí kolesový

výložník do osy postupu stroje a konečně jej zvedá a zasouvá současně. Teprve po vyjetí kola do horní polohy nastartuje motory hydraulického okruhu kráčení a dává signál pro pojezd stroje. Po přikráčení rypadla k řezu upraví se konečná poloha kola výsuvem a zdvihem kolesového výložníku na prvou štěpínu horní lávky. Během kráčení je současně přesunován konec nakládacího výložníku a násypné vedení na DPD a konečná úprava polohy přesypu je provedena při poslední manipulaci kola, kdy stroj již nekráčí a při počátku těžby. Velmi často se však manipulace s násypným vedením prodlouží, nejčastěji vlivem čištění pojezdových mechanismů nebo jejich poruchou, takže řidič rypadla je časově omezen na počátku rýpání horní lávky. Ukončení přesunu na horní lávku opět nahlásí dispečerovi komplexu a zahájí těžbu.

Obdobná manipulace nastává i při odkráčení rypadla od řezu nejčastěji mezi druhou a třetí lávkou vlivem vysokých řezů, které nelze odrýpat jen výsuvem kolesového výložníku z jednoho postavení rypadla.

Přesun kola z dolní lávky na horní lávku u rypadla SRs 1500 byl sledován na I. řezu dolu Merkur, kde řidič rypadla se snažil tuto manipulaci provést bez přerušování těžby. Při pomalém a často přerušovaném pojezdu stroje a zdvihu kolesového výložníku opatrně odrýpával výběžky zeminy na vnější průsečnici čelního a bočního svahu na otevřené straně řezu. Současně byl prováděn přesun násypného vedení na DPD a konce spojovacího mostu. Prvá zarovnávací štěpina horní lávky je odrýpána při otočení horní stavby směrem k bočnímu svahu a další postup rýpání na horní lávce je proveden lávkováním. Při této manipulaci nebylo využito ani krátkodobé poruchy na DPD, kdy bylo možno urychleně dokončit přesun kola na horní lávku.

3.0 Stanovení manipulačních ztrát při rýpání pro oba typy rypadel

Procentní podíl jednotlivých manipulačních ztrát byl vztažen při vyhodnocování vzhledem:

- a) k narýpanému objemu zeminy - Q_s -
- b) k teoretickému objemu zeminy - Q_c -

3.1 Procentní podíl manipulačních ztrát, které vznikají při najíždění na jednotlivé štěpiny na lávkách, byl stanoven dle následujících vztahů:

$$q_{1s} \% = 100 \cdot \frac{Q_{z1}}{Q_s}$$

$$q_{1c} \% = 100 \cdot \frac{Q_{z1}}{Q_c}$$

a vyjádřeno pomocí hodinové těžební výkonnosti:

$$Q_{1s} \% = 100 \cdot \left(1 - \frac{Q_{hc}}{Q_{hs}}\right)$$

$$Q_{1c} \% = 100 \cdot \left(1 - \frac{Q_{hs}}{Q_{hc}}\right)$$

V uvedených výrazech značí:

Q_{z1} - ztráta v m^3 sypané zeminy na jednotlivých lávkách nebo celého rýpaného bloku, stanovená z grafického záznamu pásových vah

Q_s - skutečně narypaný objem zeminy na jednotlivých lávkách nebo celého odrýpaného bloku, stanovený z grafického záznamu pásových vah

Q_c - celkový teoretický objem, docílený rypáním kola v jedné štěpině bez reversace horní stavby rypadla. Je dán součtem skutečně narypaného množství zeminy a vzniklých ztrát vlivem najíždění na jednotlivé štěpiny

$$Q_c = Q_{z1} + Q_s$$

t_c - celkový čas rypání na jednotlivých lávkách nebo bloku určený ze záznamů registrovaných při měřeni

Q_{hc} - těžební výkonnost celková

Q_{hs} - těžební výkonnost skutečná

3.2 Procentní podíl manipulačních ztrát, které vznikají při přechodu kola z lávky na lávku bez přerušení těžby byl určen dle následujících vzorců:

$$q_{2s} \% = 100 \cdot \frac{Q_{zp}}{Q_s + Q_p + Q_{zp}} \quad q_{2s} \% = 100 \cdot \frac{t_p - \frac{Q_p}{Q_{hs}}}{t_c + t_p}$$

$$q_{2c} \% = 100 \cdot \frac{t_p - \frac{Q_p}{Q_{hc}}}{t_s + t_p}$$

kde značí:

Q_{zp} - ztráty v m^3 sypané zeminy vzniklé vlivem přechodu kola z lávky na lávku

Q_p - narypaný objem zeminy při přechodu kola z lávky na lávku, stanovený z grafického záznamu pásových vah

t_p - čas přechodu kola, určený z grafických záznamů.

3.3 Procentní podíl manipulačních ztrát, které vznikají při přesunu kolese z lávky na lávku s přerušením těžby byl stanoven dle následujících vztahů:

$$q_{3s} = q_{3e} \% = 100 \cdot \frac{t_p}{t_c + t_p}$$

$$q_{3s} = q_{3c} \% = 100 \cdot \frac{Q_{zp}}{Q_c + Q_{zp}}$$

4.0 Zhodnocení manipulačních ztrát dle získaných výsledků provozních měření

4.1 Manipulační ztráty, vznikající při najíždění na jednotlivé štěpiny, byly stanoveny z registračního záznamu pásových vah. Zápis pásových vah byl zplanimetrován a bylo stanoveno množství narýpané zeminy pro jednotlivé štěpiny. V místě přechodu z jedné štěpiny na druhou dochází k poklesu množství zeminy na dopravním pásu, avšak jen ojediněle klesá až na nulu. Tyto poklesy na registračním záznamu byly zplanimetrovány tak, že horní otevřená část záznamu byla uzavřena čarou, odpovídající průměrné těžbě v obou sousedních štěpinách. V odpovídajícím měřítku byla pak stanovena ztráta zeminy v m³ sypaných, ke které dochází při najetí na další štěpinu. Zprůměrované hodnoty těchto manipulačních ztrát pro celý odrýpaný blok v absolutní hodnotě a v procentech, vztažených k těžební výkonnosti, jsou uvedeny v následující tabulce:

	KU 800/1	KU 800/3	KU 800/5	SRs 1500 I. řez	SRs 1500 II. řez
Skutečná výkonnost (m ³ s.z./h) Q_{hs}	2840	3204	3060	2724	2917
Ø ztráta zeminy na štěpinu (m ³ s.z.)	16,5	15,8	9,5	9,4	12,6
Ø procento ztrát vzhledem ke Q_{hs}	7,10	5,67	3,30	5,46	4,64
Ø procento ztrát vzhledem ke Q_{hc}	6,63	5,37	3,20	5,17	4,44
Ø časová ztráta na štěpinu (s)	20,95	17,80	11,20	12,40	15,60
Ø hloubka štěpiny (m)	0,49	0,64	0,78	0,87	0,86

Uvedené hodnoty skutečné těžební výkonnosti byly stanoveny z celkové těžby a rýpacího času při odrýpání bloku a odpovídají daným technologickým podmínkám krátkodobého měření. Nelze je proto použít při stanovení průměrných těžebních výkonností pro dané typy strojů.

Průměrná časová ztráta na štěpinu byla stanovena pro jednotlivé typy strojů výpočtem. Je to časový interval, o který by se prodloužilo rýpání, kdyby kolo mohlo pracovat v dlouhé nepřerušené štěpině, odpovídající objemově množství zeminy na lávce podělené počtem štěpin

- n -:

$$t_z = \frac{Q_{ze}}{Q_{hs} \cdot n}$$

Z uvedených výsledků vychází jako nejlepší kolesové rypadlo KU 800/5, kde řidič rypadla nemá automatické navádění kola na novou štěpinu a tyto manipulace provádí ručně. Automatické ovládání u rypadel KU 800/1 a KU 800/3 je značně pomalé a dosahuje nejvyšších manipulačních ztrát jak v časové a absolutní hodnotě, tak i v procentním vyjádření i při nejmenších hloubkách štěpiny. Svědčí to o tom, že automatické navádění na jednotlivé štěpiny je nastaveno z hlediska optimálních hodnot rychlostních poměrů při daných pohybech kola, které však prodlužují tento manipulační interval.

U kolesových rypadel SRs 1500 jsou dosažené výsledky podobné a docílené rozdíly jsou způsobeny prakticky jen zkušeností a zručností řidiče rypadla. I při větších průměrných hloubkách štěpiny přibližují se k výsledkům dosaženým na rypadle KU 800/5. U rypadel SRs 1500 se v tomto případě projevuje vyšší rychlost pojezdu stroje oproti rychlosti výsuvu kola u rypadel KU 800, která je prakticky poloviční.

4.2 Zhodnocení manipulačních ztrát při přesunu kola v bloku bylo provedeno dle časových záznamů. Při měřeních bylo zaznamenáno a vyhodnoceno značné množství přesunů kola na dobývaném bloku, avšak vlivem různých provozních podmínek při těchto manipulacích lze dosud těžko získané výsledky sumarizovat a použít jako průměrné hodnoty pro stanovení ztrátových časů. Uvedené výsledky jsou proto jen informativní a jsou závislé jednak na zručnosti řidiče rypadla při manipulaci využíváním optimálních rychlostí a překrývání pohybů jak výsuvu kolesového výložníku, tak i pojezdu stroje, jednak na objektivních podmínkách při

rýpání, rozměrových parametrech rýpaného bloku i geofyzikálních vlastnostech rýpané zeminy. Přesun kola v bloku lze rozdělit dle způsobu provedení do tří základních skupin:

4.2.1 Přesun kola na nižší lávku bez přerušení těžby se provádí běžně u rýpadla KU 800 zasouváním kolesového výložníku a u rýpadel SRs 1500 pojezdem stroje od řezu. Postup při přechodu kola je dosud značně rozdílný dle zkušenosti a zručnosti řidiče rýpadla. Zásadně však u obou typů rýpadel se používá pro odrypání prvních štěpin na nižší lávce spouštění kola, čímž se snižuje dráha zasouvání kola nebo pojezd stroje. Při měřeních byly zachyceny tři přechody kola u rýpadla KU 800 a pět u rýpadla SRs 1500 bez přerušení těžby. Zprůměrované hodnoty jsou v následující tabulce:

	Ø čas přesunu (s)	vytěžené množství (m ³ s.z.)	Ø procento ztrát vzhledem ke Q_{he}	Ø procento ztrát vzhledem ke Q_{hc}	ztráty celkem (% s.z.)	hloubka lávky (m)
KU 800/3 1 přesun	185	136,8	0,23	0,29	27,8	12,4
KU 800/5 2 přesuny	227	133,1	0,34	0,365	59,8	11,8
SRs 1500 I. řez 3 přesuny	295	163,7	0,25	0,29	59,8	13,0
SRs 1500 II. řez 2 přesuny	547	130,6	2,145	2,19	312,6	8,0

Pro porovnání uvádíme v následující tabulce přesun kola na nižší lávku bez těžby vlivem různých provozních podmínek (u rýpadla KU 800 provedeno jen výsuvem).

Výsledky získané u rýpadel KU 800 a SRs 1500 na prvním řezu při přesunu kola na nižší lávku bez přerušení těžby jsou velmi podobné a vykazují značné snížení manipulačních ztrát oproti přesunům kola bez těžby. Přesun kola u rýpadla SRs 1500 na druhém řezu je mnohonásobně časově vyšší a svědčí o malé zručnosti řidiče rýpadla a špatném využití rychlostních parametrů jak pojezdu stroje, tak i zdvihu kola. Porovnáním naměřených hodnot však vyplývá pro oba typy rýpadel přesun kola na nižší lávku bez přerušení těžby jako nejvhodnější technolo-

gický postup, přičemž jsou dosaženy minimální ztráty. Přitom je nutno využít spouštění kola na prvních štěpínách nižší lávky, přičemž první štěpina na nižší lávce by měla začínat při vyjetí kola od bočního svahu s maximální rychlostí zasouvání u rypadla KU 800, nebo s maximální rychlostí pojezdu u rypadla SRs 1500 a při snížené rychlosti otoče tak, aby osa kola se pohybovala přibližně v úrovni hrany nižší lávky.

Rypadlo	Ø čas přesunu (s)	vytěžené množství (m ³ s.z.)	Ø ztráta v procentech vzhledem k $Q_{hs} - Q_{hc}$	ztráty celkem (m ³ s.z.)	hloubka lávky (m)
KU 800/5 při poruše DPD	314	-	1,5	266,9	12
KU 800/1 na žádost měř.skupiny	292	-	0,99	230,4	11
SRs 1500 I. řez čištění kola	264	-	0,85	199,8	11
SRs 1500 II. řez výměna osádky	368	-	2,07	298,2	6,3

4.2.2 Přesun kola do nového bloku nebo při kráčení rypadla KU 800

Přesun kola z dolní lávky na první horní lávku je prováděn u obou typů rypadel pojezdem stroje k bloku a zvedáním kolesového výložníku. Mimoto při nasazení rypadla KU 800 ve vysokém bloku a při požadavku malého sklonu čelního a bočního svahu nelze odrýpat celý blok z jednoho postavení rypadla jen výsuvem kolesového výložníku, ale je nutno během rýpání, nejčastěji mezi druhou a třetí lávkou, odkrácet od řezu. Naměřené hodnoty pro přesun kola při kráčení rypadla KU 800 jsou uvedeny v následující tabulce.

Časový interval těchto manipulací je přibližně v lineární závislosti na délce pojezdu stroje, i když v tomto úseku jsou zahrnuty i další přídatné manipulace s rypadlem, podpěrným vozem a násypkou. Mimoto je též ovlivněn i provozními podmínkami při přesunu, jako například

provedení této manipulace v době odstávky DPD, kdy řidič rypadla není časově omezen.

Rypadlo	Ø procento ztrát	časový interval (s)	velikost ztrát (m ³ s.z.)	délka kráčení (m)	
KU 800/5	3,46	832	622,1	12,7	provedeno v poruše DPD
KU 800/1	2,47	743	586,1		
=====					
KU 800/3	10,1	1523	1355,4	14,53	kráčení vpřed provedeno v poruše DPD
KU 800/5	5,86	1270	1079,4	21,65	kráčení vpřed
KU 800/1	6,34	1976	1558,8	27,5	kráčení vpřed

Uvedené manipulace s rypadlem KU 800, které jsou spojeny s jeho kráčením, jsou značně zdlouhavé jednak vlivem nevhodné organizace práce, jednak velmi pomalou pojezdovou rychlostí stroje. Příprava ke kráčení stroje by měla být provedena během rýpání poslední štěpiny na dolní lávce. Zvedání a zasouvání kolesového výložníku lze spojit s kráčením stroje při vytočeném kolese mimo čelní svah. Tyto manipulace se, dnes zásadně provádějí za sebou.

Přesun kola z dolní lávky na horní u rypadla SRs 1500 byl naměřen jen při rýpání na prvním řezu, kde řidič opatrnou, ale velmi zdlouhavou manipulací s kolesem odrýpával zeminu na otevřené straně bloku při současném zvedání kolesového výložníku a pojezdu stroje. Naměřený čas celkové operace 530 s při získané těžbě 77,6 m³ sypaných zvýšil úměrně procento ztrát. Při teoretickém zhodnocení této manipulace bez těžby s přímým najetím kola na horní lávku lze snížit časový interval více než o jednu třetinu. Proto je výhodnější tuto manipulaci u obou strojů provádět bez těžby, avšak s maximálním využitím pojezdových parametrů, sloučením souběžných operací a dokonalou organizací práce.

4.3 Hodinová těžební výkonnost rypadel

Hodinová těžební výkonnost, vztažená k rýpacímu času a naměřená při rýpání jednotlivých bloků a pro jednotlivé typy rypadel dosahovala

následujících hodnot:

Stroj	KU 800/1	KU 800/3	KU 800/5	SRs 1500 I. řez	SRs 1500 II. řez
Q_{hs} (m ³ s.z./h)	2840	3204	3060	2724	2917

Tyto hodnoty jsou však krátkodobého charakteru a jsou ovlivněny jak dobývacími podmínkami, tak i zručností řidičů rypadel. Byly použity pro výpočet procenta manipulačních ztrát.

5.0 Závěr

Z výsledků provedených technologických měření na kolesových rypadlech výsuvných a nevýsuvných vyplývá, že hodnoty manipulačních ztrát při najíždění na jednotlivé štěpiny a při přesunu kola na nižší lávku bez přerušování těžby jsou téměř rovnocenné pro oba typy rypadel. Lze proto konstatovat, že velikost těchto manipulací je v první řadě ovlivněna zručností řidiče rypadla a teprve následně dosahovými a rychlostními parametry stroje.

Při přesunu kola na další lávku, který je spojen s pohybem stroje, zvyšují se manipulační ztráty u výsuvného rypadla KU 800 vlivem malé rychlosti pohybu stroje a nevhodnou organizací práce. Porovnání obou typů strojů s částečně rozdílnými základními parametry bylo provedeno jen z hlediska technologických postupů a manipulačních ztrát a všechny ostatní vlivy (dosahové a rychlostní parametry, porovnání jednotlivých konstrukčních uzlů apod.) nejsou uvažovány.

V dalším postupu prací bude nutno se zaměřit na upřesnění manipulačních ztrát při přesunu kola v bloku dalším měřením, aby bylo možno stanovit správné hodnoty pro určení těchto operací. Po upřesnění všech manipulačních ztrát a stanovení všech podmínek, které je ovlivňují, bylo by účelné zpracovat podrobný technologický předpis pro postupy jednotlivých typů strojů.

Mimoto bude nutno prošetřit nastavené hodnoty automatického navádění kola u rypadla KU 800 při najíždění na novou štěpinu s cílem snížit tyto ztráty na minimum při zachování bezpečného provozu stroje.

Recenzoval: Ing. F. Hochmann