

Provozní měření na kolesových rýpadlech

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.¹, doc. Ing. František Helebrant, CSc.¹, Ing. Vlastimil Moni², Ing. Petr Klouda²

¹VŠB-TU Ostrava, Katedra výrobních strojů a konstruování, jiri.fries@vsb.cz

²Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most

Přijato: 16. 1. 2010, recenzováno (2 posudky): 15. 2. 2010

Abstrakt

Obsahem článku jsou informace o měřeních prováděných na kolesovém rýpadle K 2000. Tato měření byla provedena za účelem verifikace postupů měření na stroji SchRs 1320 v rámci projektu Ministerstva průmyslu a obchodu pod označením FT-TA4/018 pod názvem: Moderní trendy zvyšování spolehlivosti zařízení pro povrchovou těžbu užitkových nerostů. Hlavními úkoly zmíněného projektu jsou: verifikace postupu pro konstrukční návrh horní stavby včetně unifikovaného podvozku rýpadla pro těžbu užitkových nerostů a nadložních zemin, zvýšení provozní spolehlivosti rýpadla, snížení jeho energetické náročnosti, snížení podílu lidské práce, diagnostický systém rýpadla pro hodnocení jeho zbytkové životnosti a postupy optimalizace řídicího systému a údržby rýpadla.

Operational Measuring on Bucket Wheel Excavators

The paper informs about measurements conducted on bucket wheel excavator K 2000. The measurements were performed in order to verify measuring procedures on wheel excavator SchRs 1320. These works were made within the support of the Ministry of Industry and Trade, the research project No. FT-TA4/018: Modern trends of increasing of equipment reliability for open-cast mining of utility minerals. The main goals of the project are following: verification of the design of the upper structure including a unified caterpillar undercarriage for mining of economic minerals and overburden; enhancement of excavator operational reliability; energy intensity minimization; minimization of human labour share; excavator diagnostic system for residual operational life assessment, for control system optimization, and for maintenance system of the excavator.

Betriebsmessungen auf den Schaufelradbaggern

Der Artikel beinhaltet Messungen, die auf dem Schaufelradbagger K2000 vorgenommen wurden. Diese Messungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, die Messverfahren auf der Maschine SchRs 1320 zu verifizieren, die im Rahmen des Projektes des Ministeriums für Industrie und Handel unter Bezeichnung FT-TA4/018 mit dem Namen „Moderne Trends der Erhöhung von Zuverlässigkeit der Anlagen für übertägige Gewinnung von nutzbaren Mineralien“ vorgenommen wurden. Die Hauptaufgaben des erwähnten Projektes sind: Verifizierung des Verfahrens für den baulichen Entwurf des Oberbaus einschl. des unifizierten Untergestells des Baggers für die Gewinnung der nutzbaren Mineralien, Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit des Baggers, Reduzierung des Energieaufwandes, Reduzierung des Anteiles von Menschenarbeit, das Diagnostiksystem des Baggers für die Bewertung seiner Restlebensdauer und Vorgänge der Optimierung des Steuersystems und der Instandhaltung des Baggers.

Klíčová slova: rýpadlo, rypná síla, rozpojovací síla, provozní výkonnost, točivý moment, komplexní měření, verifikace, projekt MPO.

Keywords: excavator, digging force, breakout force, operational reliability, driving moment, complex measuring, verification, Ministry of Industry and Trade Project.

1 Úvod

Měření a vyhodnocení na kolesovém rýpadle K 2000 se provádělo, jak již bylo uvedeno, v rámci projektu MPO pod označením FT-TA4/018. Měření provedl VÚHU a. s. – AZL – LTD (laborať technické diagnostiky) ve spolupráci s pracovníky SD a. s. – Doly Bílina.

Na základě programu souboru měření na zmíněném velko-stroji bylo dohodnuto, že v rámci tohoto měření bude provedeno:

- měření a vyhodnocení příkonu pohonu kola,
- měření a vyhodnocení měrných rypných a rozpojovacích sil,
- vyhodnocení výkonnosti z pásových vah,
- odběr vzorků zeminy, provedení fyzikálních a chemicko-petrografických zkoušek, včetně určení pevnosti v prostém tlaku.

Samostatnou kapitolou bylo měření točivého momentu kola.

Veškerá měření byla provedena za účelem ověření metodiky měření pro velkostroj SchRs 1320, kterého se předmětný projekt týká.

2 Měření měrných rypných a rozpojovacích sil

Měření měrných rypných a rozpojovacích sil na rýpadle K 2000, uvedené v práci [1] se provádělo na 5. skrývkovém řezu lomu Bílina. Blok o výšce cca 30,0 m byl dobýván pětilávkovou technologií. Dobývaný blok byl převážně tvořen jílovcovitými materiály. V celém profilu skrývaného řezu se nevyskytovaly žádné větší tektonické poruchy. Četnější nepravidelně orientované tektonické poruchy se vyskytovaly pouze na pravé straně dobývaného bloku, tj. při výjezdu kola z bloku. Měření se provádělo na 3. a 4. lávce. Z měřených lávek byly odebrány vzorky těžného materiálu za účelem provedení laboratorního otestování parametrů dobývané horniny. Měření bylo provedeno na rýpadle po rekonstrukci kolesové špičky, tj. s novým kolesem osazeným 15 korečky s rohovými břity a pohonem 2 x 1000 kW. Základní technické parametry rýpadla K 2000 jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. 1: Technické parametry rýpadla K 2000/K 101.

	Jednotky	Před rekonstrukcí	Po rekonstrukci
Průměr kola	m	13,5	13,17
Počet korečků	ks	15	15
Objem korečku	m ³	1,3	1,3
Počet otáček kola	min ⁻¹	3,824	4,94
Pohon kola	kW	5 x 315	2 x 1000
Obvod. rychlost kola	m.s ⁻¹	2,7	3,4 reg., 50 - 120 %
Počet výsypů	min ⁻¹	57,36	74,1
Teoretická výkonnost	m ³ .h ⁻¹ .s.z.	5674	5500
Výkonnost dle výrobce	m ³ .h ⁻¹ .s.z.	5500	5500
Měrná rozpojovací síla (dle výrobce)	kN.m ⁻¹	146	168
Obvodová rypná síla	kN	525 (960)*	528 (1250)*
Koeficient přetížitelnosti	-	1,83*	2,36*

* Hodnoty maximální obvodové síly a přetížitelnosti jsou stanoveny na základě statického výpočtu K 2000/K101 a zkušeností se zatěžovacími spektry z rýpadel KU 800.

K určení měrných rypných a rozpojovacích sil byla použita tzv. nepřímá metoda, která spočívá v měření základních parametrů rýpaných třísek (tj. hloubka, šířka, výška) a jim odpovídajícího naměřeného příkonu pohonu kola. Hloubka třísky byla zjišťována dle ukazatele pojezdu housenicového podvozku stroje (délka pojezdu v jednotlivých štěpinách), šířka třísky byla vypočtena z provedeného záznamu otáček motoru otoče horní stavby rýpadla. Výška třísky byla stanovena na základě dvou na sobě nezávislých údajů: počtu korečků v záběru dobývané lávky a dle ukazatele výšky lávky v kabině vedoucího rýpadla.

K zaznamenání velikosti odebíraného příkonu motorů pohonu kola i otáček z motoru otoče horní stavby bylo použito notebooku Acer Travel Mate 210 TEV. Metodika výpočtů měrných rypných a rozpojovacích sil vychází z normy ČSN 27 7013 Stroje pro povrchovou těžbu – Kolesová rýpadla a nakládače z roku 1992.

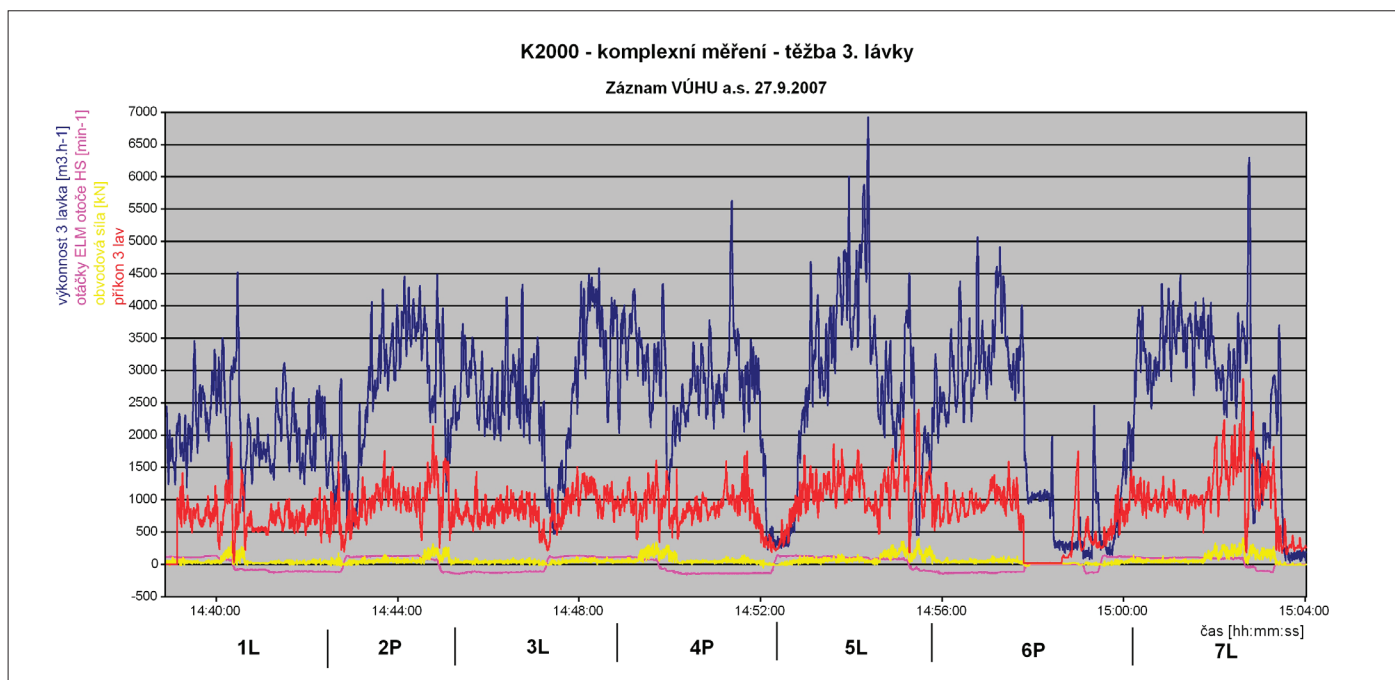
Před zahájením těžby byla provedena instalace měřících a vyhodnocovacích zařízení pro měření rypných odporů. Měření

na 3. lávce vcelku probíhalo bezporuchově. Celkem bylo na této lávce odtěženo 17 štěpin, pro vyhodnocení bylo vybráno 7 štěpin. Těžba jednotlivých štěpin probíhala plynule, při přednastavené obvodové rychlosti kola na 96, což reprezentuje 86 výsypů za minutu. Výška 3. lávky činila $H_L = 6,5$ m a těžba na ní byla ukončena v 15.00 hod.

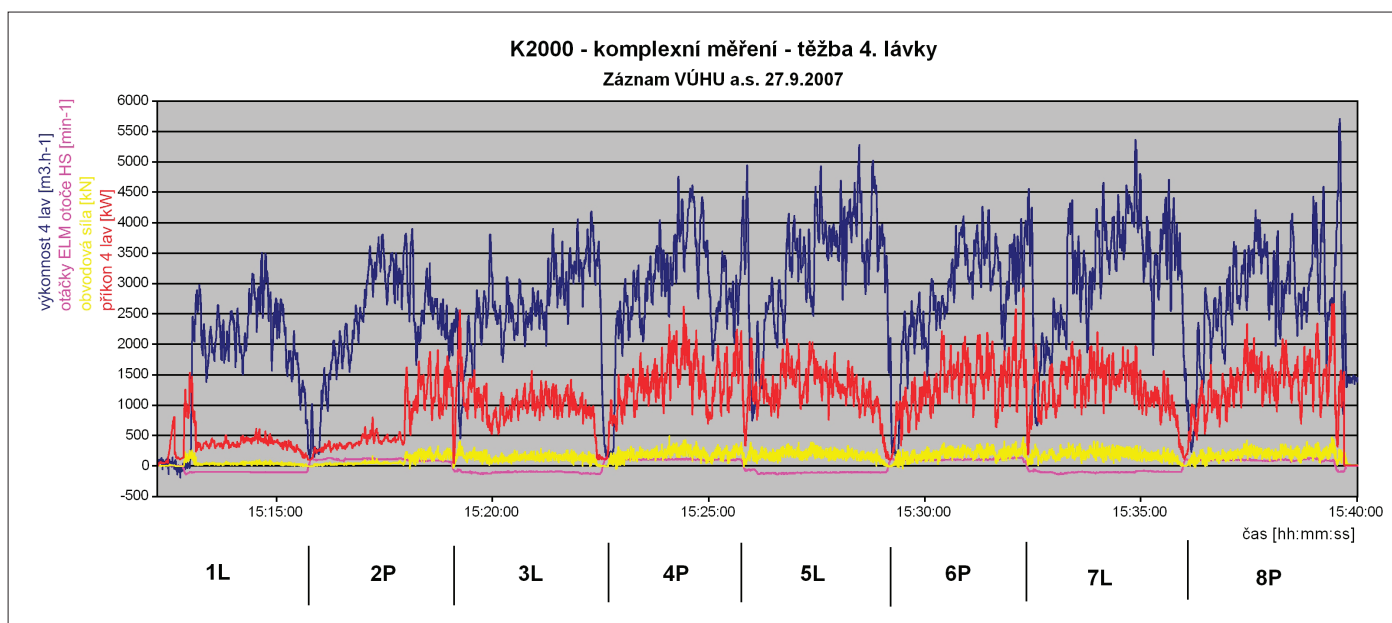
Těžba 4. lávky o výšce $H_L = 6,5$ m začala zarovnáváním lávky. Při shodné obvodové rychlosti kola bylo odměřeno na této lávce celkem 8. štěpin.

3 Vyhodnocení měrných rypných a rozpojovacích sil

Ve 3. lávce se střední hodnoty měrných rypných sil pohybovaly v rozmezí hodnot $F_{MP} = 112,55 \div 145,57$ kNm⁻¹ a měrných rozpojovacích sil $F_{MR} = 104,25 \div 137,27$ kNm⁻¹. Střední hodnoty příkonů motorů pohonu kola byly v rozmezí hodnot $P_{rst} = 934 \div 1186$ kW a max. dosažená hodnota $P_{rmax} = 2401$ kW (graf č. 1).



Graf 1: Komplexní záznam měření těžby 3. lávky (7 štěpin) na rýpadle K 2000.



Graf 2: Komplexní záznam měření těžby 4. lávky (8 štěpin) na rýpadle K 2000.

Ve 4. lávce se střední hodnoty měrných rypných sil pohybovaly v rozmezí hodnot $F_{MP} = 64,34 \div 149,50 \text{ kNm}^{-1}$ a měrných rozpojovacích sil $F_{MR} = 60,08 \div 136,25 \text{ kNm}^{-1}$. Střední hodnoty příkonů motorů pohonu kola byly v rozmezí hodnot $P_{rst} = 476 \div 1273 \text{ kW}$ a max. dosažená hodnota $P_{rmax} = 2822 \text{ kW}$ (graf č. 2).

Průměrné hodnoty základních veličin ze všech měřených štěpin při měření měrných rypných a rozpojovacích sil v jednotlivých lávkách jsou uvedeny v tabulce č. 2.

4 Provozní výkonost rýpadla

Při měření na rýpadle K 2000 se provádělo sledování hodinové výkonosti rýpadla v jednotlivých těžených lávkách v daných báňsko-geologických podmínkách 5. skrývkového řezu lomu Bílina. Při dobývání jednotlivých lávek byl zaznamenáván čas potřebný k jejich odtěžení. Průběh těžené zeminy v jednotlivých lávkách a štěpinách byl graficky zaznamenáván pomocí tenzometrických vah umístěných na kolesovém výložníku. Jejich ocejchování bylo provedeno pomocí provozních vah na dispečinku. Před započítáním a po ukončení těžby každé lávky byl proveden odečet množství odtěžené zeminy. Na základě takto získaných hodnot o množství odtěžené zeminy v jednotlivých lávkách byla určena provozní výkonost rýpadla. Z provedených grafických

záznamů o průběhu těžených hmot lze vyhodnotit průměrné či maximální hodnoty těžby v jednotlivých štěpinách nebo lávkách. Naměřené hodnoty těžby 4. lávky jsou uvedeny v grafu č. 3.

Průměrná provozní výkonost 3. lávky byla $2470 \text{ m}^3 \text{ r.z.hod}^{-1}$ a 4. lávky 2692 m^3 rostlé zeminy za hodinu.

5 Vyhodnocení vlastností horniny

Při měření měrných rypných a rozpojovacích sil byly odebrány 4 vzorky dobývané zeminy za účelem jejich rozborů. Rozbory byly provedeny ve VÚHU a. s. v akreditované laboratoři č. 1078 – Laboratoř testování hornin. Šlo především o:

- fyzikální vlastnosti,
- chemicko-petrografické zkoušky,
- pevnosti v prostém tlaku.

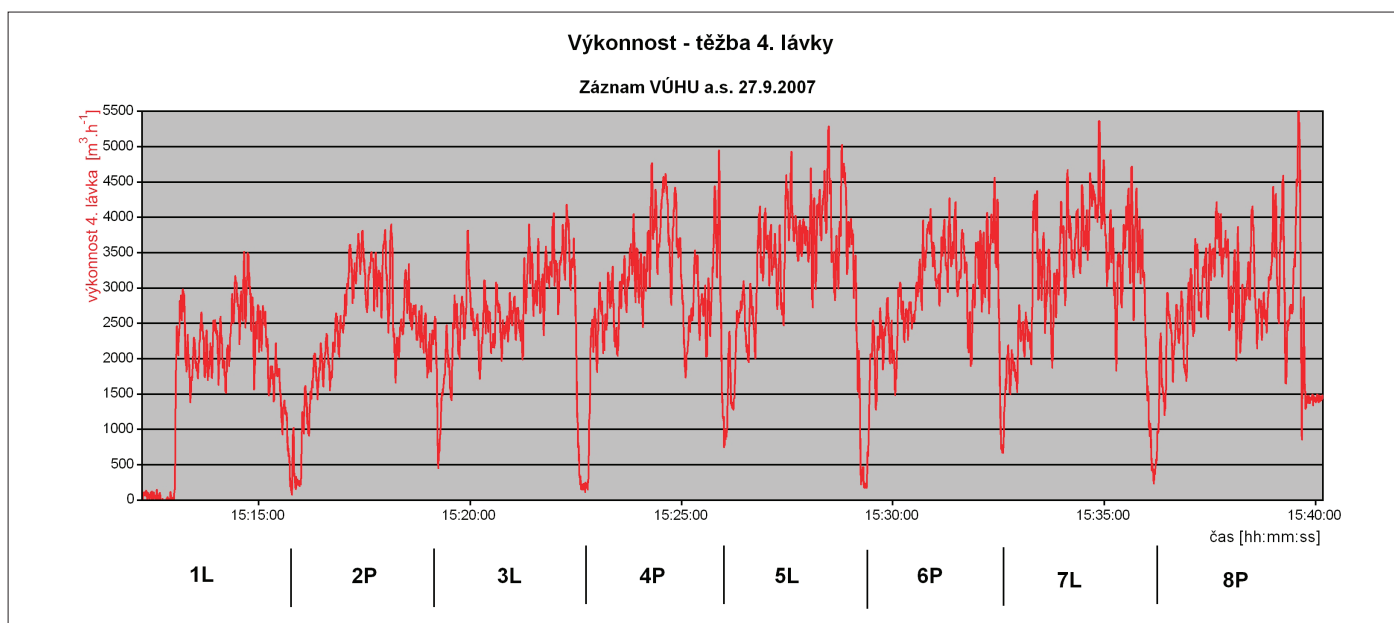
Z protokolů o zkouškách jednotlivých vzorků je možno vyčíst základní data, která jsou uvedena v tabulce č. 3.

6 Měření točivého momentu na hřídeli kola velkstroje

Podstatou přímého měření točivého momentu kola velkorýpadla je podle [2] tenzometrické snímání deformace krutem té části hřídele kola nebo náboje výstupního kola převodovky

Základní údaje	Jednotky	3. lávka	4. lávka
Výška těžené lávky	[m]	6,50	6,50
Šířka třísky horniny	[m]	0,09	0,13
Hloubka třísky horniny	[m]	0,50	0,50
Střední hodnota rozpojovacího výkonu kola	[kW]	1040,00	1062,00
Maximální hodnota příkonu pohonu kola	[kW]	2401,0*	2822,0*
Střední hodnota měrné rozpojovací síly	[kNm ⁻¹]	118,63	119,08
Střední hodnota měrné rypné síly	[kNm ⁻¹]	126,82	129,88

* není to hodnota průměrná, nýbrž okamžitá



Graf 3: Záznam výkonnosti rýpadla K 2000 při dobývání 4. lávky (8 štěpin).

pohonu, jež přenáší točivý účinek z převodovky pohonu na koleso rýpadla. Signál ze snímače této deformace (tenzometru) je zpracován vysoce přesnými digitálními mikroelektronickými obvody a ukládán do záznamového zařízení (paměť typu Flash). Odtud je podle potřeby on-line nebo off-line způsobem přenášén technologií bezdrátových počítačových sítí do PC. Tam je ukládán na disk pro potřeby dalšího zpracování a analýzy.

Z teorie pružnosti a pevnosti lze dokázat, že u nosníku kruhového průřezu namáhaného točivým momentem M_k je maximální poměrná deformace jeho povrchového vlákna, které svírá úhel 45° s podélnou osou nosníku, úměrná smykovému napětí dle vztahu:

$$\tau = 2G \cdot \varepsilon_{45} \quad (1)$$

kde τ je smykové napětí [$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$], G - modul pružnosti ve smyku [$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$] (pro ocel $G = 80000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$) a ε_{45} - deformace krutem - poměrné prodloužení vlákna pod úhlem 45° [$\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$].

Zatížení hřídele - působící točivý moment (moment torze) lze potom stanovit ze vztahu:

$$M_t = 2G \cdot \varepsilon_{45} \cdot W_t \cdot 10^{-12} \quad (2)$$

kde M_t je točivý moment [kNm], W_t - modul odporu v krutu [mm^3] a ε_{45} - poměrné prodloužení vlákna [$\mu\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$].

Veličiny G a W_t odrážejí materiálové a geometrické - rozměrové vlastnosti a jsou předem známy. Neznámou a současně i měřenou veličinou je poměrné prodloužení povrchového vlákna ε_{45} . Poměrné prodloužení vlákna lze měřit pomocí tenzometrického snímače.

Praktická instalace tenzometrů na povrchu hřídele je možná dvěma způsoby: použitím tenzometrické růžice, která byla v tomto případě použita, nebo použitím samostatných tenzometrů. Pro tento způsob měření hovoří zejména vlivy působící na přesnost měření při jeho dlouhodobém použití. Jsou to:

Tab. 3: Vlastnosti horninových vzorků odebraných z těžných lávek.

Základní údaje	Jednotky	52207 3. lávka	52208 3. lávka	52209 4. lávka	52210 4. lávka
Přirozená vlhkost hmotnostní	[%]	14,20	18,00	13,00	15,50
Přirozená vlhkost objemová	[%]	26,80	32,00	25,20	29,00
Objemová hmotnost vlhká	[$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	2160,00	2100,00	2190,00	2160,00
Objemová hmotnost suchá	[$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	1891,00	1780,00	1938,00	1870,00
Zdánlivá hustota	[$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	2720,00	2710,00	2730,00	2740,00
Pórovitost	[%]	30,50	34,30	29,00	31,70
Stupeň nasycení	[%]	88,00	93,40	86,90	91,50
Penetrace	[$\text{N} \cdot \text{cm}^{-1}$]	299,50	365,00	385,10	397,60
SiO_2	[%]	41,01	18,64	39,43	25,84
CaCO_3	[%]	1,57	1,69	1,93	0,97
Organické látky	[%]	1,76	2,58	1,86	1,90
Pevnost v prostém tlaku	[MPa]	3,10	4,51	3,90	3,89

Tab. 4: Technické parametry špičky kolesového výložníku SchRs 1320.

Parametr	Jednotky	Hodnota
Průměr kola	[m]	12,5
Počet korečků	[ks]	26
Objem korečku	[m ³]	0,71
Počet otáček kola	[min ⁻¹]	5,5
Pohon kola	[kW]	2 x 1000
Obvod. rychlost kola	[m.s ⁻¹]	3,6
Počet výsypů	[min ⁻¹]	143
Teoretická výkonnost	[m ³ .h ⁻¹ .s.z.]	5500
Měrná rypná síla (dle ČSN 27 7013)	[kN.m ⁻¹]	157
Obvodová rypná síla	[kN]	500
Typ kola	[-]	bezkomorové

Přesnost nalepení tenzometrů: odchylka od směru 45° o úhel α dává chybu měření $f = (\cos 2\alpha - 1) \cdot 100 \%$. Pro reálné $\alpha \leq 5^\circ$ a zapojení čtyř tenzometrů do plného mostu je chyba měření

$$\frac{f}{4} = -0,4 \%$$

Vliv změny okolní teploty: nalepením všech čtyř tenzometrů na jednu součást (hřídel, náboj) a jejich zapojením do plného mostu je vliv teploty dostatečně kompenzován. Chyba je maximálně v řádu setin procenta.

Časový drift měřicího řetězce: u moderních elektronických systémů je změna nastavených parametrů s časem velmi malá. Za předpokladu řádově stejné hodnoty driftu na všech měřicích kanálech lze tento kompenzovat přidáním tenzometrem na nenamáhané části.

Současné (tahové – tlakové) ohybové namáhání hřídele – náboje: nalepením všech čtyř tenzometrů na jednu součást (hřídel, náboj) a jejich zapojením do plného mostu je vliv přidavného ohybového či tahového-tlakového namáhání rovněž dokonale kompenzován.

6.1 Vlastní měření

Objekt měření

Pro příklad metodiky přímého snímání točivého momentu na kolese kolesového rýpadla bylo zvoleno nejrozšířenější rýpadlo řady KU800. Důvodem k tomu je jediná skutečnost, že na tomto velkstroji bylo toto měření již realizováno. Kolesová špička

obdobné konstrukce se však stále častěji objevuje i u velkstrojů typových řad KU300 a K2000 a v modifikaci i na velkstroji SchRs1320.

Kolesová špička rýpadla řady SchRs1320 sestává z bezkomorového jednostěnového kola vybaveného pohonem 2 x 1000 kW. Její technické parametry jsou uvedeny v tabulce č. 4 a dále též v práci [3].

Měřicí řetězec

Měřicí řetězec na kolesovém rýpadle je tvořen: snímači – tenzometry, stíněnými kabely, měřicí jednotkou (jednotkou), vybavenou vnitřní pamětí a modulem pro bezdrátový přenos dat, odolnou proti otřesům a klimatickým vlivům a řídicím modulem – osobním počítačem (notebookem).

Snímače bylo nutno propojit s měřicí jednotkou pomocí stíněných kabelů. V praxi se osvědčila měřicí jednotka EMS DV 803. Celý řetězec je doplněn řídicím modulem vybaveným řídicím softwarem pro ovládání měřicí jednotky a modulem bezdrátového přenosu dat.

Měřicí řetězec může pracovat samostatně v režimu off-line. Řídicí modul je nezbytně nutný pouze pro nastavení měřicí jednotky, zahájení a ukončení měření a download dat z vnitřní paměti jednotky do řídicího modulu k dalšímu zpracování. Samozřejmě je možné, aby řídicí modul pracoval v režimu on-line monitorování měřicího procesu.

Z uvedených parametrů lze při účinnosti pohonu $\eta = 0,95$ očekávat max. točivý moment na hřídeli kola $M_k \leq 5000$ kNm.

Instalace měřicího řetězce na koleso

Vlastní instalace měřicího řetězce na koleso rýpadla SchRs1320 probíhala v následujících krocích: výběr místa pro instalaci snímačů a měřicí jednotky na koleso, zhotovení držáků pro upevnění měřicí jednotky na stěnu kola, lepení tenzometrických snímačů, instalace potřebné kabeláže a držáků na stěnu kola, připojení měřicí jednotky a ověření funkčnosti měřicího řetězce v konkrétních podmínkách za klidu rýpadla a cejchování měřicího řetězce.

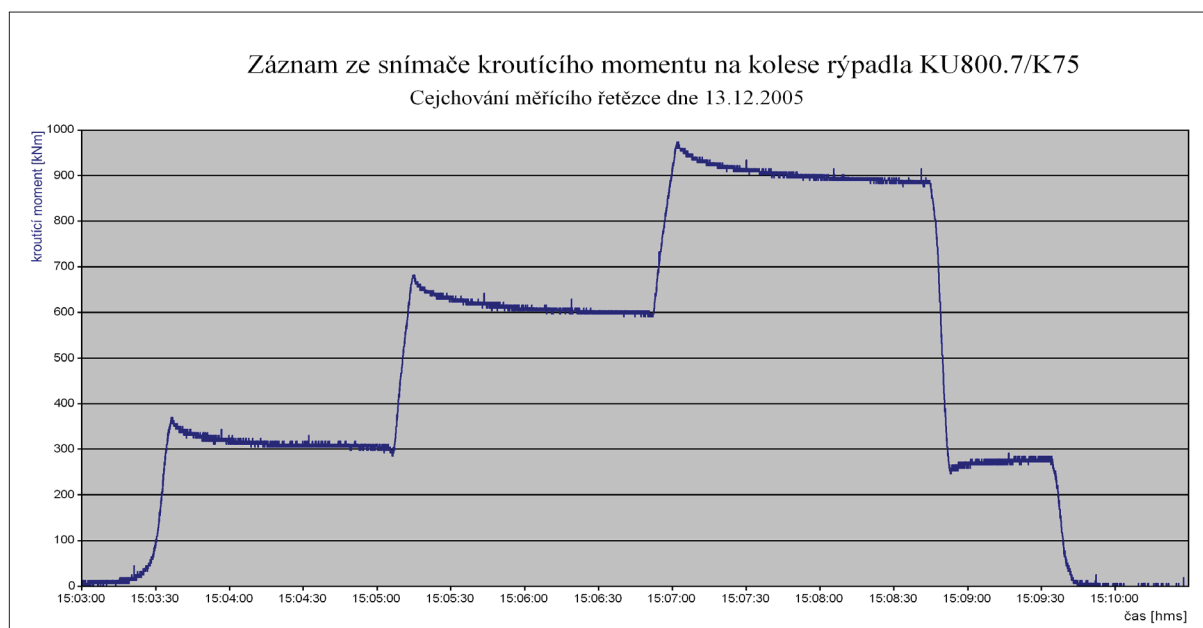
Konstrukce kolesové špičky je velmi kompaktní a důsledkem tohoto je, že točivý moment je z převodovky pohonu na koleso přenášen přibližně z 83 % nábojem výstupního kola převodovky

Tab. 5: Vychýlení točivého momentu.

Točivý moment	Střední hodnota [kNm]	Rozptyl [kNm]	Špičková hodnota [kNm]	Činitel výkmitu [-]	Efektivní hodnota [kNm]	K [%]
Z příkonu	506	14,7	1131	2,13	595	-
Z cejchu	418	17,5	1825	4,37	519	87,3
Z cejchu po vyhlazení	418	-	1539	3,68	500	84,1

Tab. 6: Vychýlení příkonu pohonu.

Veličina / Jednotka	Střední hodnota	Rozptyl	Špičková hodnota	Efektivní hodnota	Činitel výkmitu
Poměrné prodloužení [mm.m ⁻¹]	64	6,85	280	80	4,37
Příkon pohonu [kW]	352	11,7	719	378	2,13



Graf 4: Cejchování měřicího řetězce.

a povrch hřídele je prakticky nepřístupný (je schován uvnitř náboje výstupního kola). Přímá část samotného náboje je rovněž zakryta skříní převodovky. Pro instalaci tenzometrických snímačů zbývá pouze kuželová přechodová plocha mezi přímou částí náboje a jeho přírubou, která slouží pro připojení kola k výstupnímu kolu převodovky. Tam byly nalepeny potřebné tenzometry na průměru 1000 mm. U kola rýpadla SchRs1320 byly tenzometry nalepeny těsně vedle přechodového zaoblení příruby kola na hřídeli.

Pro instalaci měřicí jednotky bylo zvoleno místo na menší kuželové stěně kola, kde lze předpokládat relativně nejmenší ohrožení materiálem přepadávajícím z korečků při provozu rýpadla. U kola rýpadla SchRs1320 pro instalaci měřicí jednotky a jejího napájení bude nutno volit místo na hřídeli blíže snímačů a jednotky připáskovat.

Lepení tenzometrických snímačů a cejchování

Lepení tenzometrických snímačů bylo provedeno během preventivní odstávky rýpadla. Tenzometry byly přilepeny obvyklým postupem a ošetřeny krycím tmelem SG250 v první vrstvě a tmelem ABM 75 ve druhé vrstvě.

Zatížení hřídele – působící točivý moment resp. obvodovou sílu na kolese lze stanovit ze vztahu (2). Výsledná hodnota M_t je ovlivněna neznalostí přesných hodnot veličin G a W_t pro konkrétní provedení kola. Proto je nutno provést ocejchování měřicího řetězce pomocí známé velikosti obvodové síly a známého poloměru působení této tečné síly. Obvodová síla se vytvoří způsobem známým z procesu nastavování pojistných spojek pohonu kola. Mezi koreček zabrzděného kola a spodní stavbu rýpadla se tečně ke kolesu vloží lano s tenzometrickým tahovým snímačem. Mikrovýsuvem kolesového výložníku se vyvodí žádaná obvodová síla a zjistí se poloměr jejího působení. Ta v našem případě působí cca na poloměru $R_k = 6,025$ m.

Jsou odečítány hodnoty síly na měřicím můstku a současně se provádí záznam poměrného prodloužení na měřicí ústředně EMS DV 803 (graf č. 4). Matematickou regresí se poté stanoví vztah mezi měřeným poměrným prodloužením snímačů točivého momentu, obvodovou silou na kolese a točivým momentem.

Ověřovací měření

Ověření funkčnosti metody přímého měření zatížení kola rýpadla SchRs1320 v provozních podmínkách bylo provedeno porovnáním a analýzou výsledků současného přímého měření točivého momentu uvedenou metodou a měřením příkonu pohonu kola.

Točivý moment se z naměřených dat stanoví:

- z poměrné smykové – krutové deformace výpočtem pomocí cejchovního vztahu,
- z poměrné smykové – krutové deformace výpočtem pomocí teoretického vztahu,
- z příkonu pohonu kola; pro možnost porovnání získaných výsledků.

V tabulce č. 5 a 6 jsou uvedeny příklady hodnot jednotlivých parametrů po aplikaci základních statistických charakteristik na získané výsledky.

Činitel výkmitu je stanoven jako poměr hodnot špičková/střední. Poměr K efektivních hodnot točivého momentu stanoveného z cejchu a stanoveného z příkonu je uveden ve sloupci K v tabulce. Potom skutečný točivý moment působící na koleso rýpadla je dán vztahem:

$$\frac{M_{tm}}{K} = \frac{0,5 \cdot G \cdot \varepsilon \cdot W_t \cdot 10^{-12}}{K} \quad (3)$$

Součinitel K možno stanovit buď teoretickým rozбором přenosu točivého momentu z výstupního kola převodovky pohonu na koleso, nebo z měřených dat postupem plynoucím z posledního sloupce výše uvedené tabulky.

Teoretické stanovení součinitele K je dáno vztahem:

$$K = 1 - \left(\frac{b}{l} \cdot \frac{J_{p2}}{J_{p1} + J_{p2}} \right) = 0,874 \quad (4)$$

kde b je vzdálenost od středu výstupního kola ke kroužku DOBICON pod kolesem ($b = 1100$ mm), l - vzdálenost mezi kroužky DOBICON náboje výstupního kola PVD ($l = 1100$ mm), J_{p1} - moment setrvačnosti v krutu průřezu náboje výstupního kola v místě nalepení tenzometrických snímačů ($J_{p1} = 7,1 \cdot 10^{10}$ mm⁴), J_{p2} - moment setrvačnosti v krutu průřezu hřídele kola mezi kroužky DOBICON ($J_{p2} = 1,686 \cdot 10^{10}$ mm⁴).

U kola rýpadla SchRs1320 pro měření přímo na hřídeli je $K = 0,9 \div 1$ (účinnost pohonu).

7 Závěr

V současnosti se zatížení dobývacího orgánu (točivý moment na hřídeli kola, obvodová síla kola) určují z příkonu pohonu kola nebo z reakce pohonu měřené na závěsu převodovky. Oba dva způsoby jsou zatíženy vlivy útlumu ocelové konstrukce pohonu a setrvačnými silami rotačních částí pohonu. Přímá metoda měření tyto vlivy eliminuje s výjimkou útlumu v ocelové konstrukci samotného kola.

Přímá metoda měření však navíc umožňuje získat podrobnější poznatky o vztahu mezi skutečným zatížením rypného orgánu a charakterem dobře snímatelného příkonu pohonu kola, a to především v oblasti dynamických přechodových dějů. Získané poznatky pak s určitostí přispějí ke zpřesnění návrhu jak konstrukce rypného orgánu, tak návrhu jeho pohonu, a to z hlediska pevnosti, životnosti a řízení.

Přímou metodu měření zatížení kola rýpadla lze rovněž využít pro stanovení přenosových vlastností k určení velikosti a charakteru namáhání ocelové konstrukce velkstroje v kritických místech, což je nezbytné pro hodnocení zbytkové životnosti ocelové konstrukce.

Postupy měření a jednotlivá data budou použita a konfrontována při měření na kolesovém rýpadle SchRs 1320, jak bylo uvedeno již v úvodu článku.

Z předloženého článku je určité zřejmé, že naší snahou je měřit skutečné provozní zatížení, následně je třeba skutečnosti vyjádřit pomocí provozních veličin, které jsou běžně sledovány. Na kolesovém rýpadle SchRs 1320, kde tento postup bude aplikován, jej doplníme měřením vibrací pohonu kola, rozbořem olejové náplně. Zároveň nositel projektu ÚAM Brno, s. r. o. bude provádět snímání dalších cca 70 veličin na kolesovém rýpadle v jedné časové doméně, tzn. vznikne unikátní soubor naměřených hodnot, který dokonale zmapuje kolesové rýpadlo při provozu, tzn. propojením metod technické diagnostiky (parametrické a fyzikální) a měřením provozních charakteristik zjistíme, resp. verifikujeme, provozní skutečnost s navrhovanými teoretickými postupy.

Tento projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu (FT-TA4/018).

Literatura

- [1] NOVÁK A. – BAŠTA L. – KLOUDA P. – KUBÍK B. *Měření na kolesovém rýpadle K 2000*. Technická zpráva, VÚHU a.s., Most, arch.č. AZL - 082/06, Most, 2006. 10 s., 22 s. příloh.
- [2] NOVÁK A. – KLOUDA P. – KUBÍK B. *Přímé zjišťování zatížení (kroučícího momentu) dobývacích orgánů kolesových rýpadel*. Technická zpráva. VÚHU a.s., Most, arch.č. TO - 177/05, Most, 2005. 33 s.
- [3] NOVÁK A. – BAŠTA L. – KLOUDA P. – KUBÍK B. – MONI V. *Výkonová zkouška rýpadla SchRs1320 4x30*. Technická zpráva. VÚHU a.s., Most, arch.č. AZL - 104/08, Most, 2008. 19 s.

Přehled akcí 2010

Datum	Název akce	Místo	Pořadatel
18. 3. 2010 17:30 h	Beseda v Café Barrande Beseda o budoucnosti těžby uhlí v severních Čechách.	Praha 3	Přírodovědný klub Barrande, Ježkova 8, Praha 3 Kontaktní osoba: Vladimír Sattran
31. 3. 2010 9:00 h	Uhelný seminář na PŘF UK Tradiční seminář s přednáškami: J. Kadlec - Principy klimatických změn v geologické minulosti a v současnosti P. Martinec - Minerály hořících hald.	Praha 2	Ústav geologie a paleontologie PŘF UK, Albertov 6, Praha 2, Velká paleontologická posluchárna Kontaktní osoba: doc. RNDr. Stanislav Opluštil, PhD.
3. 6. – 5. 6. 2010	14. mezinárodní konference Životní prostředí a úpravnictví Nové vědecké technologické poznatky v oblasti ochrany životního prostředí, úpravnictví, nakládání s odpady a biotechnologií.	VŠB-TU Ostrava	Kontaktní osoba: prof. Ing. Peter Fečko, CSc. Tel.: +420 596 993 575 E-mail: peter.fecko@vsb.cz