

Komplexní měření na rýpadle SchRs 1550-4x30/K109

Ing. Vlastimil Moni, Ph.D., Ing. Petr Klouda, RNDr. Michal Řehoř, Ph.D.

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; moni@vuhu.cz

Přijato: 31. 10. 2016, recenzováno: 24. 11. a 5. 12. 2016

Abstrakt

Článek se zabývá popisem ověření provozních parametrů rýpadla SchRs 1550-4x30/K109 a posouzení vhodnosti plánovaného přesunu tohoto rýpadla ze současné pozice na 1. skrývkovém řezu na 2. skrývkový řez do tvrdších těžebních podmínek. Za účelem posouzení byla provedena tři zkušební komplexní dlouhodobá měření namáhání vybraných částí stroje. V článku jsou uvedeny základní principy měření, popis instalace snímačů a měřicí aparatury, výsledky měření a získané poznatky.

Comprehensive measurements of the excavator – SchRS 1550-4x30/ K109

The article describes the verification of the operating parameters of the excavator SchRs 1550-4x30/K109 and the assessment of the suitability of the excavator planned move from its present position on the 1st overburden cut to the 2nd overburden cut into harder and more difficult mining conditions. Three comprehensive long-term stress measurement of selected parts of the excavator was carried out to assess this plan. The article provides the basic principles of measurement, description of the sensors and measuring apparatus installation, measuring results and lessons learned.

Komplexe Messungen auf dem Bagger SchRs 1550-4x30/K109

Der Artikel beschreibt die Überprüfung der Betriebsparameter des Baggers SchRs 1550-4x30/K109 und bewertet die Eignung des geplanten Transfers dieses Baggers aus der heutigen Position auf der ersten Abraumstrosse zu der 2. Abraumstrosse in die härteren Abbaubedingungen. Zur Bewertung wurden drei komplexe langfristige Prüfmessungen der Beanspruchung von ausgewählten Geräteteilen vorgenommen. Im Artikel werden grundlegende Messprinzipien, die Beschreibung der Installation von Sensoren und der Messapparatur, die Messergebnisse und gewonnenen Erkenntnisse angeführt.

Klíčová slova: rýpadlo, obvodová síla, komplexní zkouška, systém.

Keywords: excavator, the tangential force, comprehensive test system.

1 Úvod

V průběhu roku 2016 byly Výzkumným ústavem pro hnědé uhlí a. s. zrealizovány ve třech fázích komplexní dlouhodobé zkoušky na rýpadle SchRs 1550-4x30/K109. Rýpadlo je na obrázku č. 1. Cílem těchto zkoušek bylo ověření provozních parametrů rýpadla a dále zjištění petrografických, geomechanických, mineralogických vlastností a parametrů dobývatelnosti zemin ze tří stanovišť na prvním a druhém skrývkovém řezu lomu Libouš. Odběry vzorků byly provedeny na stano-
vištích, kde současně probíhala výkonová zkouška rýpadla. Parametry jednotlivých stanovišť byly porovnány. Předmětný článek přináší souhrnnou informaci o přípravě, realizaci, sumarizaci a vyhodnocení tří porovnávacích dlouhodobých komplexních zkoušek.

2 Komplexní dlouhodobé zkoušky

Před vlastním zahájením každé komplexní zkoušky bylo provedeno geodetické zaměření dobývaného bloku. Zaměření provedli pracovníci SD a.s. Po dobu každé komplexní zkoušky se realizoval následný balíček měření:

- Měření namáhání vybraných částí
 - pohon kola
 - pohon a převodová skříň otoče horní stavby
 - pohon zdvihu kolesového výložníku
 - kotevní lana - změna tahové síly v laně během procesu těžby

- pracovní lana - změna tahové síly v laně během procesu těžby
- konstrukce kolesového výložníku - změna osově síly ve spodním pásu nosné konstrukce kolesového výložníku během procesu těžby
- konstrukce přední vzpěry - změna tlakové síly ve spodní části pásu nosné konstrukce přední vzpěry kolesového výložníku během procesu těžby
- Měření požadovaných veličin
 - boční síla
 - rypná – obvodová síla
 - rázy na kabinu řidiče
 - expozice člověka vibracím na sedačce řidiče
 - výkonnost
 - rypný odpor
 - chod rýpadla - veličina určující stav rýpadla při těžbě – těží, netěží.

Za účelem zpracování rypného odporu byly sledovány následující veličiny:

- příkon pohonu kola
- výška těžené lávky
- šířka třísky
- rychlost kola
- obvodová síla
- výkonnost
- pojezd do záběru
- pevnostní parametry zeminy.



Obr. 1: Celkový pohled na rýpadlo SchRs 1550-4x30/K109.

2.1 Instalace snímačů a nastavení měřicích jednotek

V rámci přípravy komplexní zkoušky byla provedena instalace měřicích okruhů, spočívající v nalepení tenzometrických

snímačů a akcelerometrů dle schváleného počtu a umístění, natažení kabeláže, napojení měřicích a záznamových jednotek do řídicího systému rýpadla a do příslušných rozvaděčů rýpadla SchRs 1550/4x30. Závěrečné odzkoušení a odladění všech měřicích okruhů bylo provedeno dne 9. května 2016. Součástí systému měření byly následující tři jednotky.

Měřicí jednotka č. 30 – s akcelerometry Seika B2 pro snímání deformace spodního pásu kolesového výložníku.

Směr x..... Ve směru podélné osy K. V.; kladný ve směru pohledu od středu rýpadla ke kolesu.

Směr y..... Kolmo na podélnou osu K. V. ve spodní zavětrovací rovině; směry x-y leží ve spodní zavětrovací rovině.

Směr z..... Ve směru kolmo na spodní zavětrovací rovinu K. V.; kladný ve směru vzhůru.

Akcelerometry byly napájeny ze zdroje napětí 5,09 V a jejich výstup byl připojen na napěťový vstup měřicího zesilovače DS NET ACC2. Parametry jednotky jsou uvedeny v tabulce 1. Umístění snímačů na výložníku viz obrázek č. 2.

Tab. 1: Parametry měřicích kanálů.

Místo	Veličina	Jednotky	Směr	V.č. snímače	Kabel	Měř. kanál	Citlivost [mV.(m.s ⁻²) ⁻¹]
levý pás	zrychlení	m.s ⁻²	y	25832	2	ACC2-G30-S0-Ch4-YL	3,5384
levý pás	zrychlení	m.s ⁻²	z	25831	3	ACC2-G30-S0-Ch3-ZL	3,4262
pravý pás	zrychlení	m.s ⁻²	y	25823	8	ACC2-G30-S0-Ch2-YP	3,4364
pravý pás	zrychlení	m.s ⁻²	z	25824	9	ACC2-G30-S0-Ch1-ZP	3,5282



Obr. 2: Snímače na horní pásnici spodního pásu K. V. rýpadla SchRs 1550.

Tab. 2: Parametry měřicích kanálů.

Místo	Veličina	Jednotky	Průřez [mm ²]	K tenzometru	Měř. kanál	Citlivost [mV.(m.s ⁻²) ⁻¹]
levý sloup	poměrné prodloužení	μm.m ⁻¹	36400	2	ACC2-G28-S0-Ch0	769,23
pravý sloup	poměrné prodloužení	μm.m ⁻¹	36400	2	ACC2-G28-S0-Ch1	769,23

Tab. 3: Parametry měřicích kanálů.

Místo	Veličina	Jednotky	Průřez [mm ²]	K tenzometru	Měř. kanál	Citlivost [mV.(m.s ⁻²) ⁻¹]
levý závěs	poměrné prodloužení	μm.m ⁻¹	72000	2	BR4-G29-S2-Ch0	769,23
pravý závěs	poměrné prodloužení	μm.m ⁻¹	72000	2	BR4-G29-S2-Ch1	769,23

Měřicí jednotka č. 28 – s tenzometrickými snímači osově síly přední vzpěry kolesového výložníku.

- Tenzometry
Typ: 1-XY11-6/120
Parametry: ohmická hodnota R120±0,42 [Ω]
K-faktor2,05 ± 0,02
teplotní kompenzace10,8.10⁻⁶ [°C⁻¹]
tep. kompenzace K-faktoru (104±10).10⁻⁶ [°C⁻¹]
- Prostředky pro instalaci tenzometrů
Tenzometrické lepidlo: dvousložkové lepidlo Z70
Krycí materiály: krycí tmel SG250 – první vrstva
tmel ABM 75 – druhá vrstva
- Kabely
Stíněné typ: S 1108
4x0,15 mm², výrobce „Kablo Kladno k.p.“

Tenzometry R1 až R4 měřicí jednotky 28 byly nalepeny na vnější ploše pásnic I profilu vzpěry viz obrázek č. 3. Tenzometry byly zapojeny dle schématu na uvedeném obrázku č. 4 a připojeny k měřicímu zesilovači DS NET ACC2. Zapojením byl vyloučen vliv ohybu a teploty při snímání osově síly. Parametry jednotky jsou uvedeny v tabulce 2.

Modul pružnosti E = 2,1.105 MPa, Poissonův součinitel příčné kontrakce μ = 0,3.

Poměrné prodloužení ε a osová síla F byly stanoveny dle vztahů:

$$\varepsilon = \frac{2}{(1+\mu)} \cdot \frac{1}{k_z} \cdot k_z = 769,23 \cdot k_z [\mu\text{m.m}^{-1}] \quad (1)$$

$$F = A \cdot \frac{E}{1000} \cdot \varepsilon = 36460 \cdot 210000 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \varepsilon = 7,657 \cdot \varepsilon [\text{kN}] \quad (2)$$

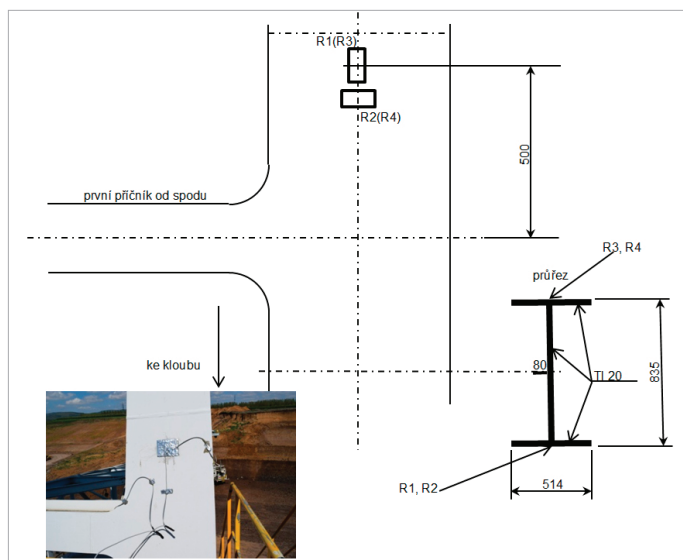
k_z je zesílení můstkového zesilovače v jednotkách [mV.V⁻¹].

Měřicí jednotka č. 29 – zahrnovala dva měřicí okruhy:

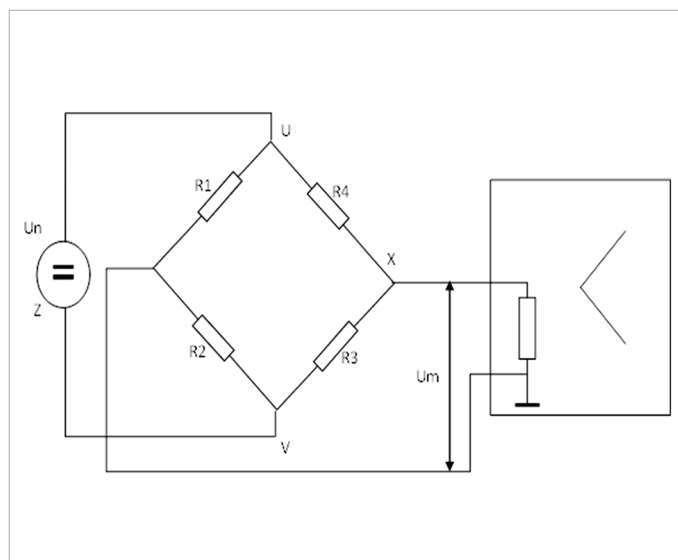
A. Tenzometrické snímače osově síly v lanovém závěsu kolesového výložníku

Tenzometry, prostředky pro instalaci tenzometrů a kabely – viz měřicí jednotka 28.

Tenzometry R1 až R4 měřicí jednotky 29 byly nalepeny na vnější ploše závěsu lana - viz následující obrázek č. 5. Parametry jednotky jsou uvedeny v tabulce 3.



Obr. 3: Tenzometry R1 až R4 na vnější ploše pásnic I profilu výpodlaží SchRs 1550.



Obr. 4: Zapojení tenzometrů a připojení k měřicímu zesilovači DS NET ACC2.



Obr. 5: Tenzometry R1 až R4 na vnější ploše závěsu lana rýpadla SchRs 1550.



Obr. 6: Umístění akcelometru na závěsu kabiny řidiče rýpadla SchRs 1550.

Poměrné prodloužení ε a osová síla F byly stanoveny dle vztahu (1) a vztahu:

$$F = A \cdot \frac{E}{1000} \cdot \varepsilon = 72000 \cdot 210000 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \varepsilon = 15,12 \cdot \varepsilon \quad [\text{kN}] \quad (3)$$

B. Akcelerometrický snímač budících kmitů závěsu rámu kabiny řidiče

Bužené kmitání rámu kabiny řidiče rýpadla bylo snímáno na závěsu rámu kabiny pomocí tříosého akcelometru KS823B. Umístění akcelometru viz obrázek č. 6. Směrová orientace akcelometru je na obrázku č. 7. Parametry jednotlivé jsou uvedeny v tabulce 4.

Obvodová síla kola

Obvodová síla kola byla snímána pomocí zařízení ČASO 24 společnosti DAP Brno s.r.o. Signál úrovně 0÷10 V byl snímán na svorkách dle obrázku č. 8.

Převodní konstanta napětí na sílu: 1V $\approx$ 153,888 kN viz tabulka 5 (protokol DAP č. 1550/1/015 0÷10 V $\approx$ 0 ÷ 687 kN; 2,24 opravný součinitel).

Vzorkování klíčových signálů měřených veličin bylo prováděno s frekvencí 50 Sample.s⁻¹. Sejmuté signály byly ukládány na disk řídicího počítače.

Vynulování snímačů bylo provedeno po jejich instalaci za klidu rýpadla při vodorovné poloze kolesového výložníku. Signály z tenzometrických snímačů byly po skončení měření

korigovány tak, že za nulovou hodnotu byla nastavena nejnížší hodnota zjištěná během měření.

Ve spolupráci s pracovníky stroje probíhalo snímání dalších požadovaných veličin v systému řízení rýpadla. Tyto veličiny byly vzorkovány s frekvencí 4÷5 Sample.s⁻¹. Jedná se o následující veličiny:

- datum, čas [ddmmyyhhmmss]
- boční síla [kN]
- chod rýpadla [-]
- obvodová síla [kN]
- odlehčení lan [kN]
- odtěžené množství [m³.h⁻¹]
- poloha otoče [°]
- rychlost otoče [%]
- tah v pracovním laně [kN]
- ujetá vzdálenost [m]
- okamžitá výkonnost [t.h⁻¹]
- výška zdvihu [m]

2.2 Posouzení geomechanických parametrů zemin

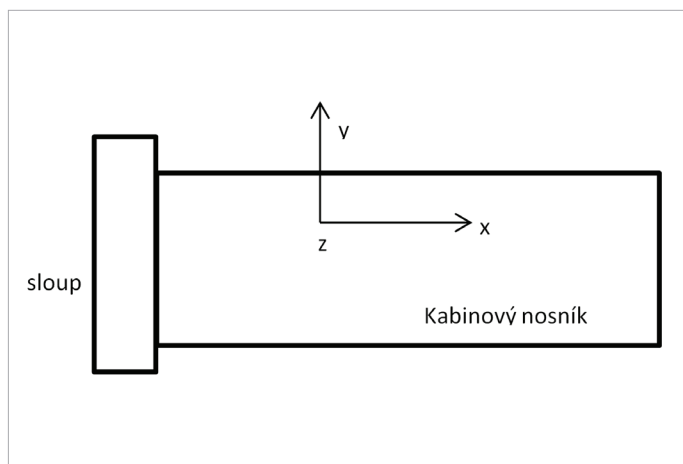
Na každém stanovišti byly řešitelem odebrány vzorky, které byly předány akreditované laboratoři VÚHU a.s. Vzorky byly odebírány tak, aby byly analyzovány všechny zeminové typy vyskytující se na jednotlivých stanovištích. V laboratoři byl proveden makroskopický geologický popis a základní úprava vzorků (sušení, mletí na potřebnou zrnitost). Pak byly

Tab. 4: Parametry měřicích kanálů.

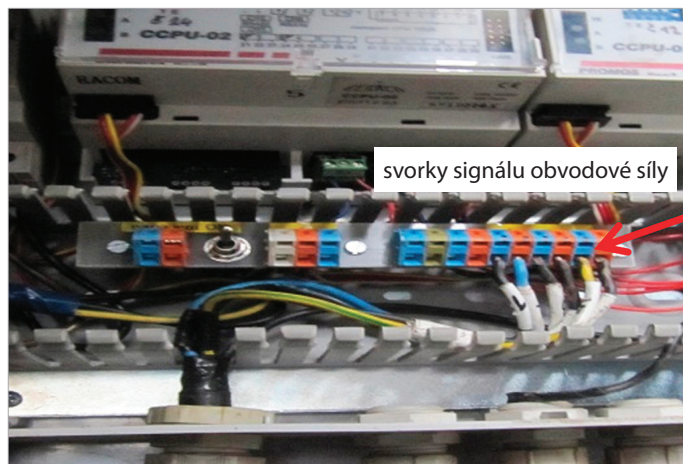
Místo	Veličina	Jednotky	Směr	V.č. snímače	Kabel	Měř. kanál	Citlivost [mV.(m.s ⁻²) ⁻¹]
rám	zrychlení	m.s ⁻²	x		2	ACC2-G29-S0-Ch0	19,29124
rám	zrychlení	m.s ⁻²	y		2	ACC2-G29-S0-Ch1	19,46245
rám	zrychlení	m.s ⁻²	z		2	ACC2-G29-S1-Ch0	19,18944

Tab. 5: Převodní konstanta.

Místo	Veličina	Jednotky	Směr	V.č. snímače	Kabel	Měř. kanál	Citlivost [kN.V ⁻¹]
koleso	síla	kN	x	ČASO 24	2	ACC2-G29-S1-Ch1	153,888



Obr. 7: Orientace směrů měření kmitání.



Obr. 8: Snímání obvodové síly kola.

realizovány požadované petrografické, geomechanické a mineralogické analýzy.

Veškeré realizované laboratorní analýzy byly provedeny zkušební laboratoří VÚHU a.s. akreditovanou ČIA dle ČSN EN 150/IEC 17025 na základě interních metodických postupů vycházejících z příslušných norem. Stručná charakteristika použitých metod je uvedena v následujícím textu.

Ze zjištěných výsledků byly spočteny dobývací parametry skrývky na jednotlivých stanovištích a ty byly vzájemně porovnány.

2.3 Měření elektrických veličin

Měření elektrických veličin na elektromotorech pohonů rýpadla SchRs 1550-4x30/K109 byla provedena analyzátory napájecích sítí ENA 550, ENA 500 Multi 4 a ENA 500.22. Měření se záznamem dat byla prováděna kontinuálně po celou dobu intervalu komplexní zkoušky, a to v po sobě následujících kalendářních dnech v rozsahu dle požadavku odběratele.

Měření pohonu kola

Příkon pohonu kola o jmenovitém příkonu 1 000 kW byl snímán v rozvaděči R4.5 rozvodny VN měřeného rýpadla SchRs 1550 s využitím aparatury VÚHU a.s. – analyzátory napájecích sítí typu ENA 500.22, IT 6 kV, 6 000/100 V, 150/5 A - viz obrázky č. 9a, b.

Pohon a převodová skříň otoče horní stavby

Příkon pohonu otoče horní stavby o jmenovitém příkonu 2x45 kW byl snímán v rozvaděči R13.1 a R13.2 rozvodny NN rýpadla s využitím výše popsané aparatury VÚHU a.s.; 400 V, TNC-S.

Pohon zdvihu kolesového výložníku

Příkon pohonu zdvihu kolesového výložníku o jmenovitém příkonu 2x132 kW byl snímán v rozvaděči R13.3 a R13.5 rozvodny NN rýpadla s využitím aparatury VÚHU a.s.; 400 V, TNC-S.

3 Realizace komplexních zkoušek

Vlastní realizace komplexních dlouhodobých zkoušek na rýpadle SchRs 1550-4x30/K109 byla provedena dle předem schváleného programu v závislosti na přesunu předmětného stroje na jednotlivá vytipovaná stanoviště.

I. komplexní zkouška na rýpadle SchRs 1550 započala dne 10. 5. 2016 v 12:35 hodin, kdy rýpadlo SchRs 1550 začalo těžit předem vytipovaný a geodeticky zaměřený blok.

II. komplexní zkouška na rýpadle SchRs 1550 započala dne 24. 6. 2016 v 12:32 hodin.

III. komplexní zkouška na rýpadle SchRs 1550 započala dne 1. 7. 2016 v 10:00 hodin.



Obr. 9a, b: Měření pohonu kola.

4 Závěr

Realizace tří komplexních dlouhodobých zkoušek přinesla rozsáhlou databázi informací o chování předmětného dobývacího stroje v různých dobývacích podmínkách. Jednotlivé výsledky je možné zjednodušeně shrnout do následujících bodů:

- průzkum prokázal patrné rozdíly v dobývacích podmínkách jednotlivých stanovišť; dokumentuje to nárůst významné hodnoty pevnosti v prostém tlaku z 0,08 MPa ve svrchní části prvního řezu po 2,05 MPa v zahloubení druhého řezu i změny dalších parametrů,
- z geomechanického hlediska je patrně hlavním rozhraním báze druhého řezu, kde skrývkové zeminy přecházejí z třídy rozpojitelnosti B do třídy rozpojitelnosti C,
- zatížení kola obvodovou silou vzrostlo v tvrdších podmínkách 1,35 krát, dynamika 2 krát,
- zatížení lanových závěsů a pracovního lana vzrostlo v tvrdších podmínkách 1,6 krát, dynamika 0,82 krát,
- zatížení přední vzpěry vzrostlo v tvrdších podmínkách 1,1 krát, dynamika 1,1 krát,
- zatížení spodního pásu kolesového výložníku vzrostlo v tvrdších podmínkách 3,7 krát, dynamika 15 krát (zrychlení kmitavého pohybu, nikoli osově síly),
- buzení kmitání kabiny řidiče se nezhoršilo; je v rozporu s úrovní vibrací na sedadle řidiče,
- příkon pohonu kola klesl v tvrdších podmínkách 1,9 krát, dynamika 1,68 krát,
- příkon pohonu otoče horní stavby vzrostl v tvrdších podmínkách 1,4 krát, dynamika 1,2 krát.

Literatura

- [1] MONI, V.: Měření na rýpadle SchRs 1550-4x30/K109, VÚHU a. s., Zpráva TPD-032/16.
- [2] HELEBRANT, F.: Konstrukce velkstrojů a jejich spolehlivost - II. Provozní spolehlivost. MONTANEX, a.s., Ostrava 2004, I. vydání. 89 s., ISBN 80-7225-X.
- [3] HOJDAR, J., HELEBRANT, F., GONDEK, H.: Povrchové dobývací stroje I, Ostrava, 1991.
- [4] ŠIMŮNEK, J.: Části strojů pro povrchovou těžbu – kolesová rýpadla, Ostrava, 1985.
- [5] TŮMA, J.: Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT, Sdělovací technika, Praha, 1997.