

NOVÉ PRVKY DISTRIBUOVANÉHO MĚŘÍCIHO SYSTÉMU VE STŘEDOVĚKÉM DOLE JERONÝM V ČISTÉ

Abstract

Addition of instrumentations of distributed control and measurement network for geomechanical measurement is performed subsequently. Measurement of crack development in the mine working, development in changes in convergence cross-sections of linear workings and fluctuations of water levels in underground spaces was initial parts of this network. At present, measurement of convergence in chamber (spatial working) using laser distance meter, measurements of changes of tensor stress state of rock mass and measurements of temperature of mine atmosphere completed the network. This system is controlled using embedded PC of seismological apparatus.

Key words: Jeroným Mine, geomechanical measurement

1. ÚVOD

Důl Jeroným (např. Žůrek and Kořínek, 2001/2002) je tvořen složitým komplexem důlních chodeb a prostor v několika úrovních nad sebou, přičemž spodní část komplexu je v současnosti zatopena vodou. Komplex historického díla v dnešní době tvoří dvě základní části – Stará důlní díla a Opuštěná důlní díla (ODD), která jsou od sebe oddělena četnými závaly většího rozsahu a obě části mají vlastní přístup.

Nedílnou součástí posuzování stability středověkého Dolu Jeroným je řada geomechanických měření. V části ODD jsou geomechanická, geologická a hydrogeologická měření prováděna v kvartálních intervalech do roku 2001 (např. Kaláb et al., 2006, Žůrek et al., 2005, 2006). V roce 2004 byla zřízena v důlním díle seizmická stanice, která poskytla informace o seizmickém zatížení důlních prostor během rekonstrukce dědičné štoly (např. Kaláb a Lednická, 2006). Od roku 2006 je vyvíjen distribuovaný měřicí systém, který umožňuje kontinuální sledování vybraných parametrů (Knejzlík, 2006, Kaláb et al., 2008).

2. DISTRIBUOVANÝ MĚŘÍCÍ SYSTÉM

Základním prvkem distribuovaného měřicího systému (dále též DMS) je vestavěný jednodeskový počítač seizmologické registrační aparatury PCM3-EPC. Využití této registrační aparatury jako řídicí jednotky značně usnadnilo a zlevnilo realizaci DMS, neboť bylo možno využít již provozně ověřený instalovaný hardware a telemetrické spojení. Systém má otevřenou architekturu, lze jej stavebnicově rozšiřovat o další čidla i metody měření. Varianta registrační aparatury PCM3-EPC s distribuovaným měřicím systémem je označena jako PCM3-MU. Registrační aparatura je instalována

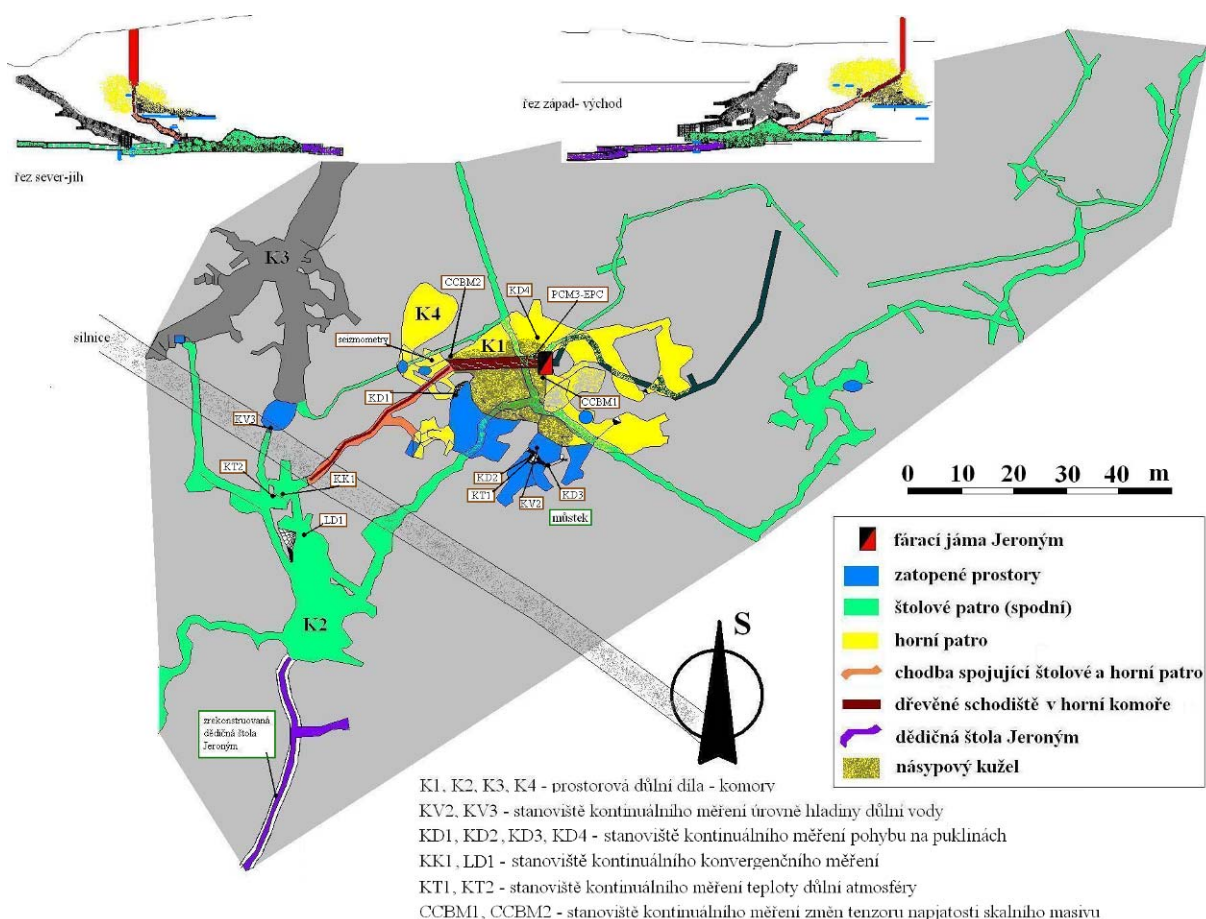
v komoře K1 ve skříni s krytím IP65, která odolává vzdušné vlhkosti a kapající vodě. Přijímač časového signálu DCF 77,5 kHz a GSM modem jsou instalovány ve fárové jámě blízko povrchu. Yagi anténa GSM modemu je instalována na stožáru poblíž jámy. Telemetrický přenos naměřených dat do vyhodnocovacího centra v ÚGN AVČR, v.v.i v Ostravě - Porubě je realizován komutovaným spojením přes GSM síť.

V současné době obsahuje distribuovaný měřicí systém tyto součásti (rozmístění jednotlivých čidel v prostorách Opuštěných důlních děl je na obr. 1):

- kontinuální měření změny úrovně hladiny důlních vod
 - KV2 – zaplavená důlní prostora u Můstku (poblíž K1)
 - KV3 – zaplavená důlní prostora na štolovém patře (poblíž K2)
- kontinuální měření rozevírání (svírání) puklin v horninovém masívu
 - KD1 – vodorovná trhlina u stropu (pilíř v K1)
 - KD2 – svislá trhlina na Můstku (poblíž K1)
 - KD3 – vodorovná část trhliny za Můstkem (poblíž K1)
 - KD4 – vodorovná trhlina u stropu (K1)
- měření svislého směru konvergence
 - KK1 (poblíž K2 na křížení liniových děl)
 - LD1 (K2)
- měření teploty důlní atmosféry
 - KT1 (Můstek, poblíž K1)
 - KT2 (poblíž K2 na křížení liniových děl)
- měření změn tenzoru napjatosti skalního masívu
 - CCBM1 – vrt u paty fárové jámy Jeroným (K1)
 - CCBM2 – vrt u liniového díla vedoucího do K2 (K1)
- spouštěné měření seizmického zatížení důlního díla.

Monitorovací body zřízené do pololetí roku 2007 se nachází v komoře K1 a její blízkosti (KV2, KD1 a KD2) a v blízkosti komory K2 (KV3, KK1). V komoře K1 a její blízkosti byla v listopadu 2007 instalována další čidla (KD3, KD4, KT1, CCBM1 a CCBM2), poblíž komory K2 bylo nainstalováno čidlo KT2. V komoře K2 byl v květnu 2008 instalován laserový měřič vzdálenosti k měření deformace stropu. Podrobnější popis PCM3-EPC a DMS je uveden v pracích Knejzlíka a Kalába (2002), Knejzlíka (2006), Knejzlíka a Rambouského (2008).

DMS pro ODD byl realizován z prostředků GAČR s cílem sledovat reakci masívu na úpravy důlních prostor, např. rekonstrukci dědičné štoly nebo plánovanou realizaci propojovací štoly mezi ODD a SDD. Čidla měla být co nejlevnější; nebyla požadována co nejvyšší přesnost měření (očekávají se významné změny měřených parametrů). Přesnosti jednotlivých parametrů DMS vychází z typu použitých čidel. S výjimkou měření teplot jsou naše měření relativní a mají tudíž detekovat změny sledovaného parametru. V následující tab. 1 jsou uvedeny stávající měřicí rozsahy a očekávané diferenční přesnosti měření jednotlivých čidel. Rozlišovací schopnost a dlouhodobou stabilitu jednotlivých čidel bude možno stanovit až po delším provozu.



Obr. 1 Schéma rozmístění jednotlivých čidel DMS v Dole Jeroným (ODD)

Tab. 1 DMS – přehled rozsahů čidel a očekávané diferenční přesnosti měření

Měřený parametr	Rozsah čidla	Přesnost měření	Použití
Rozevírání puklin (tenzometrické čidlo)	± 25 mm	0,2 mm	KD1, KD2
Rozevírání puklin (indukční čidlo)	± 10 mm	0,1 mm	KD3, KD4
Konvergence (tenzometrické čidlo)	± 10 mm	0,1 mm	KK1
Konvergence (laserové čidlo)	0,5 - 50 m	30 mm	LD1
Kolísání úrovně hladiny (tlakové čidlo)	0 - 3 m 0 - 10 m	3 mm 10 mm	KV2 KV3
Teplota	0 - 50 °C	0,5 °C	KT1, KT2
Změna tenzoru napjatosti	± 5000 µStrain	Nestanoveno - první použití v dlouhodobém	CCBM1, CCBM2

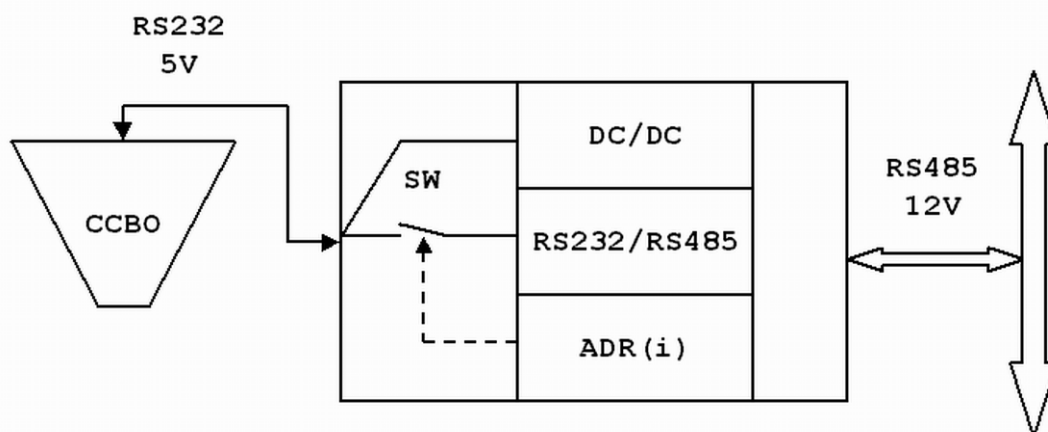
		režimu	
--	--	--------	--

DMS je nastaven tak, aby provedl odečet na všech čidlech v každou celou hodinu a vždy po resetu systému. Interval mezi měřeními je nastavitelný od 1 minuty do 65534 minut. V případě záznamu seizmických dat je odečet proveden po uložení seizmických dat. Je zřejmé, že celková doba měření dat pomocí DMS je zatím velice krátká, a proto nelze dělat zásadní závěry. Významnější změny v měřených hodnotách je možno pozorovat pouze u kolísání hladiny důlních vod (např. Kaláb et al., 2007, 2008).

3. MĚŘENÍ ZMĚN TENZORU NAPJATOSTI HORNINOVÉHO MASIVU

Změny tenzoru napjatosti horninového masivu jsou měřeny kuželovými tenzometrickými sondami. Toto měřicí zařízení bylo vyvinuto v ÚGN AV ČR pro metodu CCBO (Compact Conical-ended Borehole Overcoring (např. Staš et al., 2005a).

Z hlediska začlenění metody do DMS jde o sériovou komunikaci inteligentním senzorem, ale jiným protokolem než ostatní slave jednotky (a nelze je tedy v DMS jednoduše adresovat). Navíc může být jiná i rychlost komunikace. To by byl značný problém při použití komerčního software pro řízení DMS a sběr dat. V našem případě však lze řídicí program jednoduše upravit tak, aby byl schopen v DMS komunikovat několika protokoly, případně i komunikačními rychlostmi. Sondy komunikují po standardním sériovém kanále RS232. Sonda je napájena napětím 5V. Měření se spustí po přijetí jakéhokoliv znaku. Způsob začlenění této sondy do DMS bude vysvětlen podle blokového schématu na obr. 2.



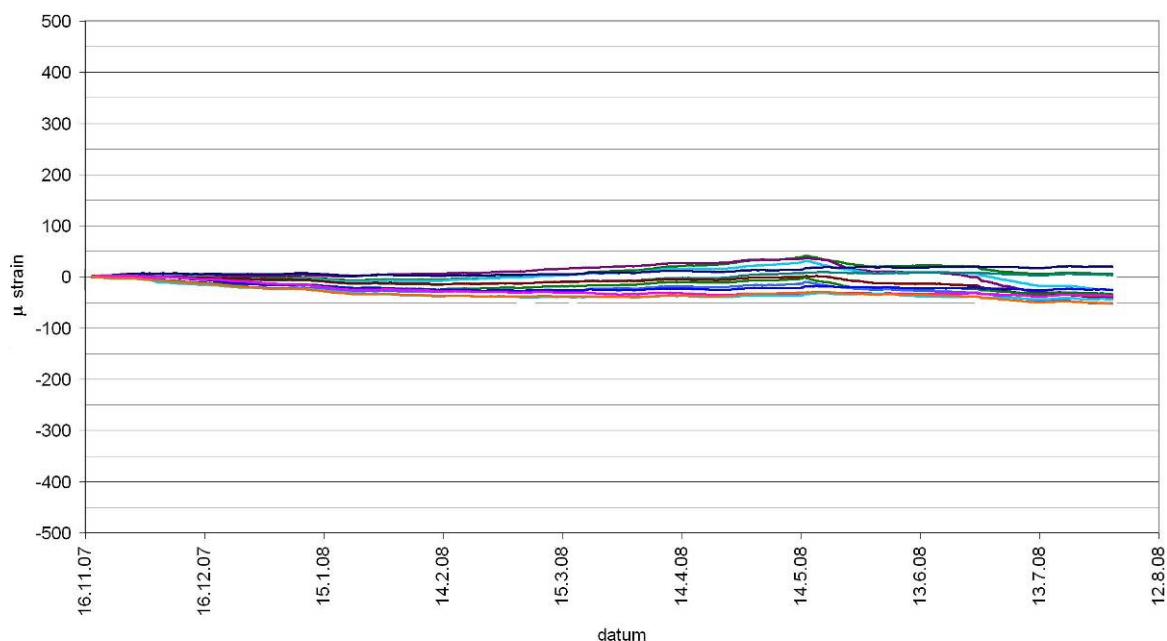
Obr.2 Blokové schéma interface pro začlenění sondy CCBO do DMS

Na obr. 2 je blokové schéma připojovacího interface. Ten se skládá z:

- DC/DC konvertoru, který konvertuje vstupní napětí 12V na napájecí napětí 5V pro měřicí sondu a zároveň vstupní a výstupní obvod galvanicky odděluje,
- obousměrného převodníku sběrnic RS232/RS485,
- dekodéru adresy ADR(i),
- spínače kanálu RS232 (SW).

Při komunikaci s ostatními jednotkami DMS (protokolem Aibus2) je přepínač SW rozepnut. Komunikace se sondou je zahájena vysláním povelu k sepnutí SW na adresu ADR(i). Tento povel interface jednotce master potvrdí a poté sepne SW. Řídící program poté vyšle příkaz k provedení měření do sondy a přijme měřená data. Ostatní jednotky DMS na tuto komunikaci mezi master a sondou nereagují. Obsluha sondy se ukončí vysláním povelu k rozepnutí SW. Pro realizaci interface lze využít řadu komerčně dostupných prvků. Např. k řízení SW lze použít výstup stavové veličiny z jednotky MicroUnit, převodníky RS232/RS485, případně na jiný komunikační standard jsou běžně dostupné konvertory.

Na podzim 2007 byly v komoře K1 odvrtny dva mírně ukloněné cca dvoumetrové vrty, do nichž byly následně instalovány sondy (Příloha 1, 2). Výstupem měření (obr. 3) je soustava 12 křivek odpovídajících měřeným hodnotám (šest dvojic tenzometrů) (např. Staš et al., 2005). Matematickým zpracováním lze získat změny napětového tenzoru v měřeném bodě. Protože se jedná o první použití tohoto přístroje pro dlouhodobé měření, výsledky bude možno hodnotit až do delší době. Z druhé strany, v místě měření se neočekávají v současné době změny.



Obr. 3 Výstup měření změny tenzoru napjatosti horninového masivu (CCBM1)

4. MĚŘENÍ ZMĚN GEOMETRIE DŮLNÍHO DÍLA

Pro měření změn geometrie důlního díla (v našem případě jde o svislý směr konvergence) je použit komerční laserový dálkoměr (LD) vybavený komunikačním interface - Leica DISTO Plus 5. Dálkoměr je zapouzdřen proti vlhku a připojen na zálohovaný napájecí zdroj. Připojení laserového dálkoměru do DMS je řešeno podobně jako pro tenzometrické sondy.

Uvedené dálkoměrné zařízení bylo instalováno v komoře K2 na ocelový stojan (Příloha 3 a 4). Laserový paprsek byl nasměrován na přibližně vodorovnou část stropu tak aby případná skapávající voda neovlivňovala měření (výstupní čočka kryta tubusem). Hodnoty měřené tímto čidlem se nemění, což odpovídá stabilním poměrům v komoře (např. Hruběšová et al., 2007). Význam tohoto měření vzroste v případě hornických zásahů v okolí komory K2, neboť změna konvergence bude prognózovat případnou změnu stabilitních poměrů v K2.

5. ZÁVĚR

Od 1.7.2008 je Důl Jeroným národní kulturní památkou. Před jeho zpřístupnění veřejnosti, uvažuje se o vytvoření Hornického skanzenu, je nutno provést řadu stavebních úprav jak v důlním díle, tak i na povrchu. Představení distribuovaný měřicí systém poskytuje řadu užitečných informací, které slouží pro hodnocení správného postupu prací a následně posouzení stability důlního díla.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení grantového projektu GAČR 105/06/0068 „Výzkum faktorů ovlivňujících stabilitu středověkého Dolu Jeroným v Čisté“

LITERATURA

Hruběšová, E., Kaláb, Z., Kořínek, R. a Žůrek P. (2007): Dílčí výsledky modelové analýzy stabilitní a napěťo-deformační situace komory Dolu Jeroným. Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava), Rada stavební, roč. VII, č.2/2007, 91-98.

Kaláb, Z., Lednická, M. a Kukutsch, R. (2007): Důlní vody na lokalitě Čisté, Důl Jeroným. Uhlí-Rudy-Geologický průzkum, č. 5/2007, 31-35.

Kaláb, Z., Knejzlík, J., Kořínek, R. and Žůrek, P. (2006): Cultural Monument Jeroným Mine, Czech Republic – Contribution to the Geomechanical Stability Assessment. Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-29(395), Warszawa, 137-146.

Kaláb, Z., Knejzlík, J., Kořínek, R., Kukutsch, R., Lednická, M. and Žůrek, P. (2008): Contribution to Experimental Geomechanical and Seismological Measurements in the Jeroným Mine. Acta Geodynamica et Geomaterialia, Vol. 5, No. 2(150), 213-223.

Kaláb, Z. a Lednická, M. (2006): Interpretace seizmických záznamů trhacích prací prováděných ve štole Jeroným v Čisté. Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava), Rada stavební, roč. VI, č.2/2006, 155-160.

Knejzlík, J. (2006): Distribuovaný systém pro monitorování v Dole Jeroným v Čisté. Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava), Řada stavební, roč. VI, č.2/2006, 181-187.

Knejzlík, J. and Kaláb, Z (2002): Seismic Recording Apparatus PCM3-EPC. Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-24(340), 187-194.

Knejzlík, J. and Rambouský, Z. (2008): Recent Solution of the Distributed Control and Measurement System in the Jeroným Mine – Modular System. Acta Geodynamica et Geomaterialia, Vol. 5., No. 2(150).

Staš, L., Knejzlík, J. and Rambouský, Z. (2005a): Conical strain gauge probe for stress measurement. EUROCK 2005- Impact of Human Activity on the Geological Environment – Konečný (ed). Balkema, 587-592.

Staš, L., Knejzlík, J. and Rambouský, Z. (2005b): Měření tenzoru napjatosti horninového masívu pomocí kuželové sondy. Documenta Geonics, Ústav geoniky AVČR, Ostrava, 134-149.

Žůrek, P. and Kořínek, R. (2001/2002): Opening of the Medieval Jeroným Mine in the Czech Republic to the Public. Journal of Mining and Geological Science, Belgrade, Vol. 40-41, 51-72.

Žůrek, P., Kořínek, R., Michalčík, P., Štěpánková, H., Daněk, T., Kukutsch, R., Kaláb, Z., Knejzlík, J. a Lednická, M. (2005): Komplexní sledování geotechnických problémů lokality Čistá – Důl Jeroným, období 2004-2005. Uhlí, Rudy, Geologický průzkum, 9/2005, 31-34.

Žůrek, P., Michalčík, P., Kukutsch, R., Kořínek, R. a Daněk, T. (2006): Analýza stabilitních poměrů Dolu Jeroným v Čisté během obnovy dědičné štoly. Sborník Hornická Příbram ve vědě a technice 2006, CD, příspěvek T7.



Příloha 1 Příprava kuželové tenzometrické sondy pro přilepení do vrtu



Příloha 2 Pohled do vrtu s nalepenou tenzometrickou sondou v komoře K1



Příloha 3 Instrumentace laserového dálkoměru v komoře K2



Příloha 4 Stojan s laserovým dálkoměrem ve vodotěsném pouzdru v K2