

Využití bezkontaktního měření teplot v technické diagnostice pásových dopravníků

Ing. Vlastimil Moni¹, doc. Ing. František Helebrant²

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. Most, moni@vuhu.cz

²VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, frantisek.helebrant@vsb.cz

Přijato: 30. 7. 2010, recenzováno: 25. 8. a 30. 8. 2010

Abstrakt

Článek se zabývá příklady využití termografie (termovizních měření) ke zjišťování technického stavu pásových dopravníků a jejich zařízení na hnědouhelných povrchových dolech. Vlastní měření jsou součástí grantového projektu MPO FR-TI1/537 „Komplexní diagnostický systém pro pásovou dopravu“, jehož základním výstupem je prototyp diagnostického systému na modelovém pásovém dopravníku a vypracované, certifikované diagnostické služby. Veškerá měření jsou a budou verifikována měřeními in situ.

Contactless thermometry for technical diagnostics of belt conveyors

The paper deals with thermometry used for detecting technical conditions of belt conveyors and relating services at brown coal open pits. Measurements are done with the financial support of the project MPO FR-TI1/537 called „The Complex Diagnostic System for the Belt Transport“. The output of the project is a prototype of diagnostic system on a model belt conveyor and certified diagnostic services. All performed measurements are also verified by in situ measurements.

Nutzung der kontaktlosen Temperaturmessungen im der technischen Diagnostik der Bandförderer

Der Artikel befasst sich mit den Anwendungsbeispielen der Thermografie (Thermovisionsmessungen) zur Ermittlung des technischen Zustandes der Bandförderer und deren Anlagen in Braunkohlentagebauen. Die eigenen Messungen sind Bestandteil des Zuschussprojektes MPO FR-TI1/537 „Das komplexe diagnostische System für Bandanlagen“, dessen grundlegender Output der Prototyp des diagnostischen Systems auf einem Modellbandförderer und ausgearbeitete, zertifizierte diagnostische Dienstleistungen sind. Sämtliche Messungen sind und werden durch In-Situ-Messungen verifiziert.

Klíčová slova: pásový dopravník, technická diagnostika, termovize, povrchová teplota.

Keywords: belt conveyor, technical diagnostics, thermovision, surface temperature.

1 Úvod

Bezkontaktní měření teploty našlo uplatnění v mnoha oborech. Jednak jsou to obory, které by se mohly označit jako „klasické“, kde si každý dokáže potřebu sledování teploty představit. Do této kategorie patří například nedestruktivní vyhledávání tepelně-technických závad v obvodových pláštích budov, kontrola jakosti provedení tepelných izolací či sledování ohřevu povrchů. Tato měřicí metoda však stále častěji nalézá své uplatnění také i v méně „tradičních“ činnostech, jako je diagnostika dobývacích strojů a zařízení, sledování a včasné odhalení vzniku záparu a následného samovznícení uhlí, měření teplot při procesu hoření uhelného produktu ve vysokoteplotních pecích, mapování hutnických procesů či letecké snímkování dobývacího prostoru.



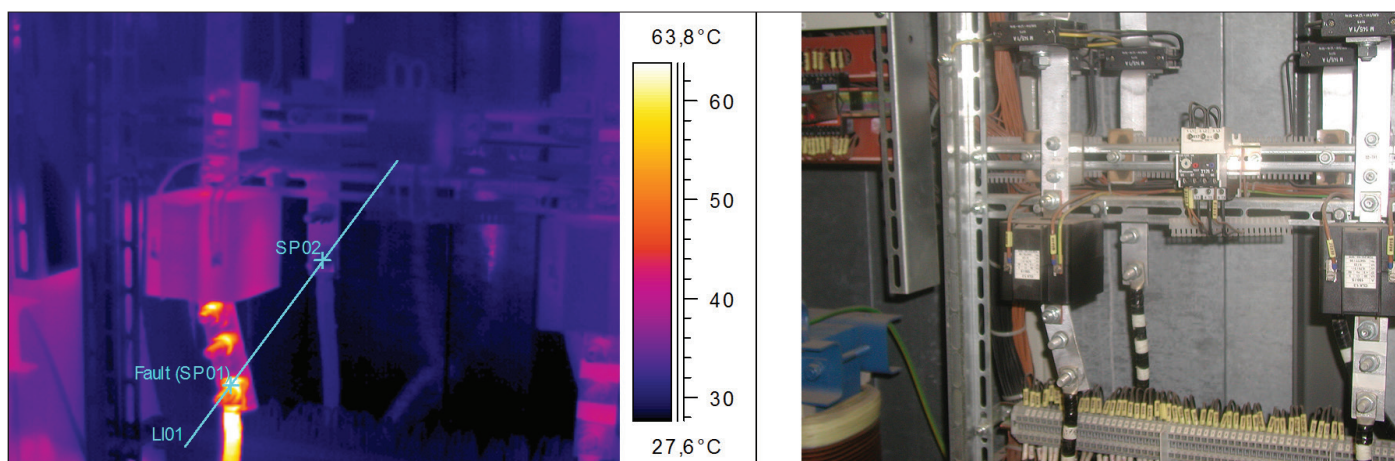
Obr. 1: Moderní termovizní aparatury

V posledních letech se na hnědouhelných lomech ve stále větším měřítku začaly uplatňovat při technické diagnostice metody fyzikální, a to zejména ty, které využívají tepelných změn. Závislosti mezi vývojem zvyšování oteplení, jako jednoho ze základních fyzikálních ukazatelů, bylo i v minulosti hodně užíváno. Dostupná technika však umožňovala pouze přímé – kontaktní měření pomocí teploměrů a termistorů, a to se všemi nevýhodami, které jsou s tímto způsobem spojené.

Zásadní zvrat v možnostech širokého uplatnění metody bezkontaktního sledování tepelných změn byl zaznamenán právě v souvislosti s vývojem moderní techniky bezkontaktního měření teplot.

Termovizní aparatura měří a zobrazuje objektem vyzařované infračervené záření. Fakt, že radiace – vyzařování je funkcí povrchové teploty objektu, umožňuje kameře tuto teplotu vypočítat a zobrazit.

Nové termovizní aparatury (viz obrázek č. 1) jsou schopny pomocí zabudovaného zobrazovacího systému vytvářet detailnější teplotní obraz, kterým jsou popsány teplotní vlastnosti pole měřeného objektu. Jednotlivé izotermální plochy jsou odlišeny barevně v nastavené paletě barev, kterou je možno libovolně měnit. Obraz snímaného objektu je možno také natočit na připojené záznamové zařízení nebo uložit jako obrázek (termogram) ve 14bitovém dynamickém rozsahu na paměťové médium. V průběhu měření jsou kamerou automaticky zaznamenávány veškeré údaje o podmínkách měření, potřebné pro vyhodnocení termogramů. Nicméně je nutné v kameře nastavit



Obr. 2: Nalezená závada proudového spoje na DPD 221 pole RM 2.2 - max. t. 75

jíž výše zmíněné parametry objektu, jako jsou emisivita, teplota okolí, relativní vlhkost vzduchu a vzdálenost mezi objektem a kamerou.

Termogramy pořízené termovizní kamerou mají na levém okraji stupnici, která rozděluje nastavený rozsah měřených teplot na jednotlivé izotermální intervaly v energetických hladinách udávaných v „izotermálních jednotkách“. Ke každému termogramu je možné pomocí digitálního fotoaparátu vytvořit doprovodnou fotografii. Pro další zpracování a analýzu pseudobarevných termogramů (obrázků snímaného objektu, kde každá barva stupnice odpovídá definovanému rozmezí teplot) přenesených spolu s fotografiemi do PC se využívají moderní rozsáhlé počítačové softwary (např. ThermoCAMTM Reportér 2000 Profesionál).

2 Měření proudových spojů elektrického zařízení poháněných stanic pásových dopravních cest

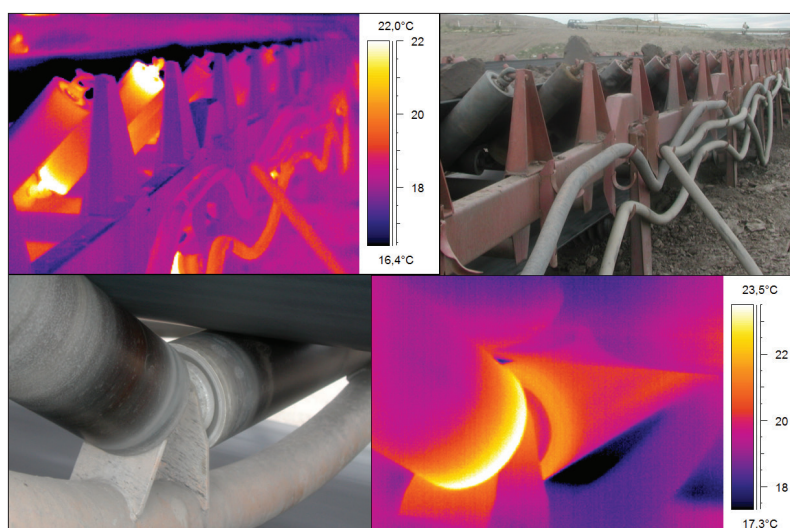
Diagnostika elektrických zařízení pomocí termovize obecně spočívá v odhalování míst se zvýšeným přechodovým odporem či sníženým izolačním odporem, která se projevují zvýšením teploty. Při měření termovizí se toto zvýšení teploty projevuje odlišným tónem barevného obrazu na stínítku obrazovky termokamery. V praxi bylo ověřeno, že realizace tepelné

diagnostiky elektrických zařízení VN rozveden pomocí termovize je velmi efektivní způsob zjišťování závad. [3, 11] Zpracování výsledků pomocí počítače (viz obrázek č. 2) umožňuje objektivní hodnocení technického stavu zařízení a dosavadní kontroly elektrických rozveden ukázaly oprávněnost těchto kontrol. Nalezené závady je možno opravit při nejbližší odstávce nebo dále průběžně sledovat vývoj závažných poruch, které nelze z provozních důvodů bezpečně odstranit a které by mohly eventuálně způsobit havárii zařízení.

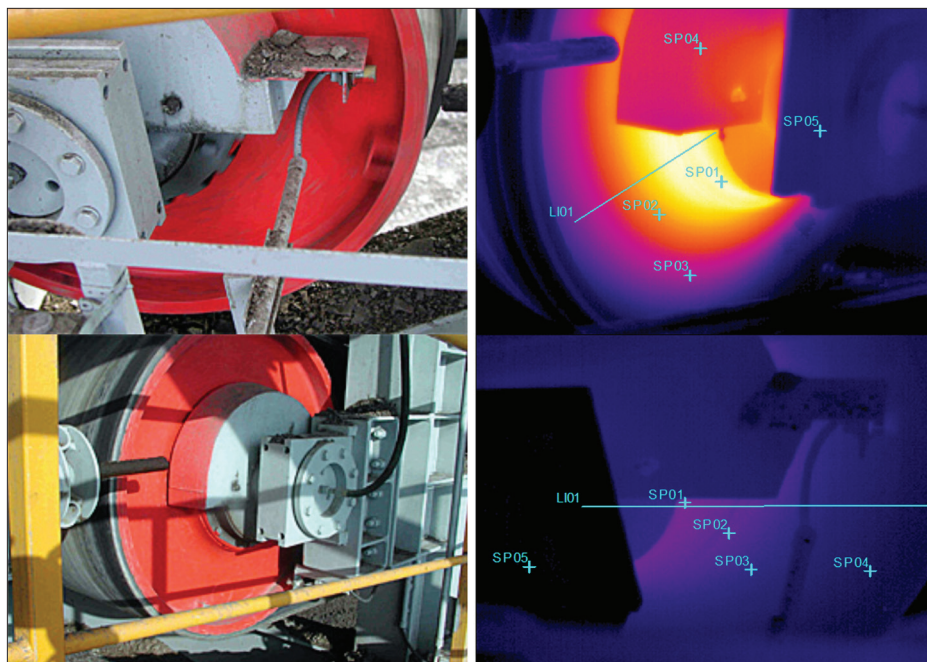
Pomocí získaných výsledků z dlouhodobých měření proudových spojů a kontaktů elektrického vybavení rozveden poháněcích stanic pásové dopravy byla vypracována metodika měření proudových spojů elektrického zařízení s využitím termovizní techniky a metodika vyhodnocování takto nalezených závad, rovněž byly navrženy příslušné formuláře pro záznam získaných výsledků. [13]

3 Diagnostika rotujících částí pásových dopravních cest

Systém sledování a provádění údržby dopravních cest je realizován v intencích vnitřních předpisů těžebních společností, které zohledňují předepsanou státní legislativu (příslušné vyhlášky). Aktuální technický stav dálkové pásové dopravy je možno objektivně hodnotit v oblasti pohonů DPD na základě



Obr. 3: Válečky pásového dopravníku s nalezenou anomálií



Obr. 4: Napínací buben pásového dopravníku

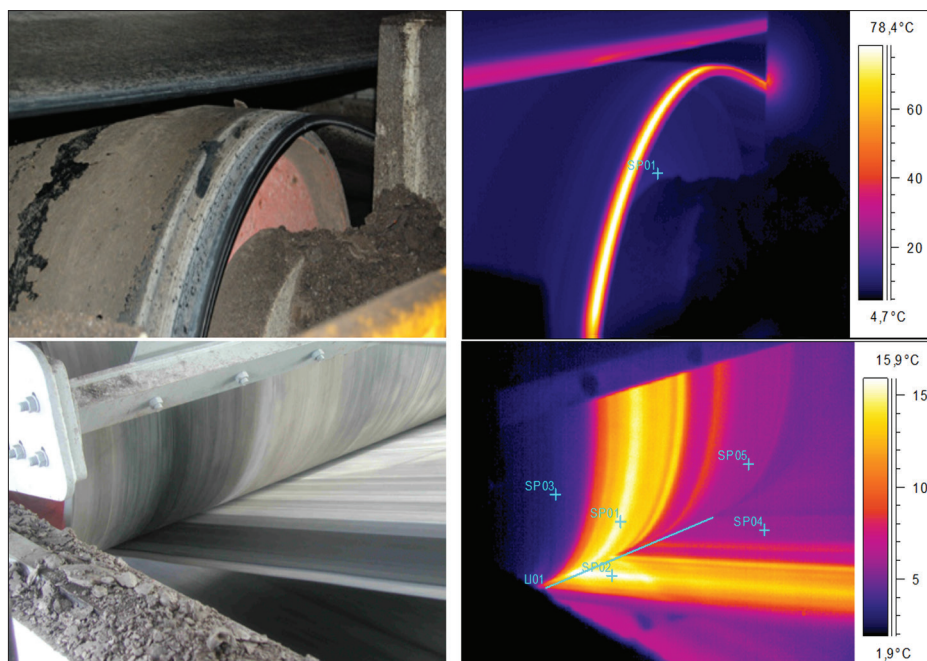
výsledků bezdemontážní diagnostiky ložisek pohonů popř. diagnostiky ozubených kol převodových skříní. Na základě zjištěného skutečného technického stavu pohonů poháněcích stanic DPD provozovaných na povrchových lomech při těžbě hnědého uhlí se určí rozsah oprav popř. repasí při provádění ročních revizí jednotlivých technologických celků.

Důležitým článkem ovlivňujícím celkovou provozní spolehlivost technologického celku jsou hladké válečky horní větve dopravního pásu a válečky diskové spodní větve dopravního pásu. Technický stav válečků DPD ovlivňuje především opotřebení dopravního pásu a celkové hlavní a vedlejší odpory prostřednictvím změny globálního součinitele tření f z hodnoty 0,016 pro ideální stav až po 0,03 pro mezní stav.

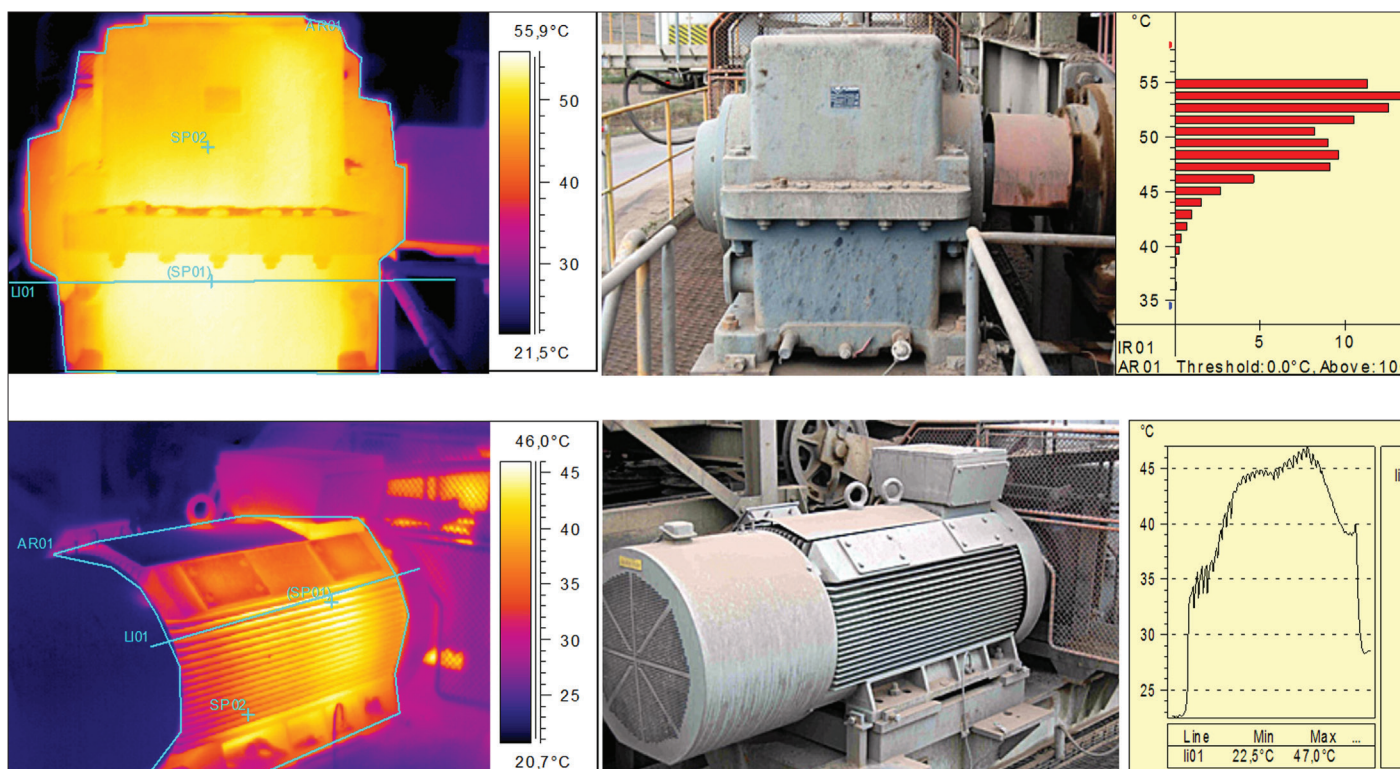
Na uhelných pásových linkách dále při zadření válečku hrozí znemožnění jeho rotace, a třením ocelového pláště o povrch gumového pásu dochází ke zvýšení teploty, až může dojít k havarijní situaci samovznícení uhlého prachu - většinou při náhodném zastavení dopravníku. [5]

Z uvedeného jednoznačně vyplývá, že technický stav válečků DPD může mít v určitých podmínkách zásadní vliv na bezpečnost provozu, energetickou náročnost a celkovou ekonomickou stránku provozování TC.

V současné době je technický stav válečků kontrolován před zahájením revize TC provozními pracovníky pomocí vizuální kontroly a protáčením válečků při odstaveném dopravníku.



Obr. 5: Měření povrchové teploty dopravního pásu



Obr. 6: Termografická měření motoru a převodovky

Tento způsob je časově náročný a značně je ovlivněn lidským faktorem – zkušeností, pečlivostí, časovým fondem údržby apod.

Vzhledem k uložení válečků DPD ve valivých ložiscích se nesprávná funkce ložiska projeví zvýšením součinitele tření, což má za následek zvýšení povrchové teploty válečku v okolí ložisek (čela válečků). Tento vnější projev nesprávné funkce ložisek válečků lze plynule sledovat termovizní aparaturou (viz obrázek č. 3) na celé trase DPD za provozu. Tato skutečnost byla již v minulosti experimentálním měřením několikrát ověřena.

Podobná situace je i u bubnů poháněcích a vratných stanic dálkové pásové dopravy. Na provozní spolehlivost pásových dopravníků má značný vliv technický stav bubnů a je jedním z klíčových konstrukčních prvků. Velký vliv na vlastní provozní spolehlivost mají valivá ložiska těchto bubnů. Z uvedeného pak především vyplývá nutnost řešit diagnostikovatelnost těchto valivých ložisek bubnů buď samostatně nebo jako součást celé pohonné jednotky pásového dopravníku. Na obrázku č. 4 je uveden příklad anomálie povrchové teploty naměřené na jedné straně téhož napínacího bubnu. [9]

Pro úplnost je uveden příklad nerovnoměrného zatížení pásu a vybočení pásu pásového dopravníku zjištěné pomocí termovizní aparatury (viz obrázek č. 5). Tyto skutečnosti mají zřejmý vliv na opotřebení horní a dolní krycí vrstvy a tím i na životnost dopravního pásu.

4 Poháněcí motory a převodovky

Termovizní měření povrchových teplot poháněcích motorů a instalovaných převodovek dálkové pásové dopravy umožní stanovit provozní povrchovou teplotu pohonných jednotek a dále odhalit případné závady těchto klíčových zařízení. [10]

Provozní povrchová teplota je určena z procentuálního zastoupení (histogram) teplot vybrané plochy pořízeného termogramem (viz obrázek č. 6), obsahujícím celou zájmovou plochu měřeného motoru či převodovky. Takto zjištěnou hodnotu povrchové teploty je možno porovnat s intervalem běžných provozních teplot těchto zařízení. Z rozložení barev a jejich kontrastu ve vybrané ploše termogramu lze dále usuzovat na případné anomálie. [12, 13]

5 Závěr

Zařazením bezkontaktního měření teplot pomocí termovizní aparatury do technické diagnostiky pásových dopravníků se podařilo najít cestu, jak získávat informace o provozních teplotách jednotlivých konstrukčních částí a o možnostech využití těchto informací pro posuzování aktuálního technického stavu těchto klíčových součástí. Zpracováním termogramů pořízených při běžném pracovním provozu dálkové pásové dopravy je umožněno objevit případné teplotní anomálie značící závadu provozovaného zařízení.

Aplikace výsledků bezkontaktního měření povrchových teplot zařízení a součástí pásových dopravníků jednoznačně prokázaly, že termovizní aparatura nesporně patří k té měřicí technice, pomocí které lze s úspěchem sledovat aktuální stav elektrických rozvodů a rozvodů poháněcích stanic na DPD a technický stav všech rotujících částí a pohonů dopravníků.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu MPO FR-TI1/537 „Komplexní diagnostický systém pro pásovou dopravu“.

Literatura

- [1] FUKÁTKO T.: *Detekce měření různých druhů záření*. BEN – technická literatura, Praha 2007, 1. vydání, 192 s., ISBN 978-80-7300-193-3.
- [2] HELEBRANT F.: *Minimalizace nákladů na opravy důlních strojů automatizací proaktivních metod údržby*. Závěrečná zpráva grantového projektu GAČR 105/03/0854, VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2006.
- [3] HELEBRANT F., MONI V., HUDECZEK M., URBAN P.: *Technická diagnostika a spolehlivost – V. Termografie*. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 69 s., ISBN 978-80-248-1942-6.
- [4] JENČÍK J. – VOLF J. a kol.: *Technická měření*. Vydavatelství ČVUT, Praha 2003, dotisk 1. vydání, 212 s., ISBN 80-01-02138-6.
- [5] KLOUDA P., MONI V.: *Měření mechanického kmitání a povrchové teploty uložení bubnů dopravních cest na rýpadle SchRs1320*. VÚHU a.s. Most, Most 2006, AZL-071/06.
- [6] KRATOCHVÍL T., ŠIMEK J.: *Využití termovize pro diagnostiku vn rozvoden severočeských hnědouhelných dolů*. UHLÍ 2 - 1990, Praha 1990.
- [7] KREIDL M.: *Měření teploty – senzory a měřící obvody*. BEN – technická literatura, Praha 2005, 1. vydání, 240 s., ISBN 80-7300-145-4.
- [8] KREIDL M., ŠMÍD R.: *Technická diagnostika*. BEN – technická literatura, Praha 2006, 1. vydání, 408 s., ISBN 80-7300-157-6.
- [9] KLOUDA P., KRESL P., MONI V.: *Hnací buben pohonu pásu rýpadla KU800*. Seminář zaměřený na problémy provozu, údržby a oprav strojního zařízení, používaného při povrchovém dobývání, VÚHU, a.s., SD, a.s., MU, a.s., VŠB – TU Ostrava, Sloup v Čechách 2007, s. 1 – 5, ISBN 978-80-248-1592-3.
- [10] MONI V., KLOUDA P., KUBÍK B.: *Fragmenty z komplexního měření na lomovém velkostroji typu KU 800*. Zpravodaj Hnědé uhlí, 3/2009, s. 37 - 40, ISSN 1213-1660.
- [11] MONI V. a kol.: *Termovizní měření proudových spojů, transformátorů, vvn vypínačů a vn rozvoden SU, a.s.-divize Družba*, VÚHU a.s. Most, Most 2004, TO – 030/04.
- [12] MONI V., KLOUDA P.: *Aplikace výsledků bezkontaktního měření teplot v hornické praxi*. Seminář zaměřený na problémy provozu, údržby a oprav strojního zařízení, používaného při povrchovém dobývání, VÚHU a.s., SD, a.s., MU a.s., VŠB–TU Ostrava, Sloup v Čechách 2007, s. 54 - 64, ISBN 978-80-248-1592-3.
- [13] ŠKRABAN V., KLOUDA P., MONI V.: *Technická diagnostika v provozech povrchových úprav*. 43. celostátní aktiv galvanizérů, Jihlava 2/2010, s. 5 - 9, ISBN 978-80-903709-4-4.

Přehled akcí 2010

Datum	Název akce	Místo	Pořadatel/Kontakt
21. - 22. 10. 2010	EKOLOGIE - Praxe, rizika, ochrana	Dolní Kounice	Ing. Barbora Vejtasová konference@e-pro.cz; tel.: 775 727 667
26. 10. 2010	Využití biomasy lesních dřevin pro energetické účely a další zpracování	Litomyšl	www.ekomonitor.cz jana.vesela@ekomonitor.cz; tel.: 469 318 421
10. – 12. 11. 2010	DEFEKTOSKOPIE 2010	Plzeň	doc. Ing. Pavel Mazal, CSc., VUT Brno www.cndt.cz/defektoskopie2010/; cndt@cndt.cz
24. – 26. 11. 2010	Podzimní setkání těžařů	Lednice	Těžební unie s. r. o.; www.tezebni-unie.cz