



PROVOZNÍ NAsAZENÍ METOD TECHNICKÉ DIAGNOSTIKY NA PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

František Helebrant¹, Vlastimil Moni², Petr Klouda³, Helena Valentová⁴, Jan Nedba⁵, Milan Neubert⁶

Klíčová slova: pásový dopravník, provozní spolehlivost, technická diagnostika

Abstrakt:

Konečným cílem projektu MPO FR-TI1/537 „Komplexní diagnostický systém pro pásovou dopravu“ je kusová zakázková výroba a prodej komplexního diagnostického systému pro pásovou dopravu a navazujících služeb. Výstupem projektu je prototyp diagnostického systému na modelovém pásovém dopravníku a vypracované, certifikované diagnostické služby.

V článku budete seznámeni se stavem současného ověřování řešení nasazení technické diagnostiky pro rozhodující faktory ovlivňující provozní spolehlivost pásových dopravních cest a tím i ekonomiku výrobního procesu v klíčovém definování:

- Ø opotřebenění dopravních pásů,
- Ø životnost válečků,
- Ø životnost bubnů

1. Úvod do problematiky

Jednou ze základních, společných charakteristik současného vývoje všech hospodářských technologických procesů je neustálé zvyšování jejich výkonnosti a provozní úspornosti. U řady těchto procesů tato snaha nutně naráží na úzkoprofilový článek – na prvek dopravy. Energetická náročnost pásových dopravníků se většinou zvyšuje, aby se mohla zvyšovat jejich výkonnost. Zároveň jsou však kladeny stále vyšší nároky na zabezpečení provozní spolehlivosti každého technologického procesu, tedy i pásové dopravy. Každá porucha totiž představuje snížení rentabilnosti procesu, a to buď přímo zvýšenými náklady na opravu, nebo nepřímo, nutností výrobně zabezpečit odstávku daného technologického celku.

Požadavky vyšší výkonnosti i hospodárnosti technologických procesů jsou spojeny snutností dokonalého komplexního poznání jejich zákonitostí, většinou za použití systémově procesního přístupu k řešení jednotlivých detailů pásové dopravy. Technický pokrok pak přináší zlepšení jednotlivých parametrů pásové dopravy, které postupně naplňují ony základní požadavky. Technické řešení technologického zařízení se vždy střetává s nutností vyrovnat se s řadou faktorů, z hlediska samotného zařízení interních nebo externích, které mají statický charakter. Tento problém se

¹ **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**, VŠB – TU Ostrava, FS, 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, tel.: +420 59 737 4388, fax: +420 59 737 4600, e-mail: frantisek.helebrant@vsb.cz

² **Ing. Vlastimil Moni**, VÚHU, a.s. Most, Budovatelů 2830, 434 37 Most tel.: +420 47 620 8681, fax: +420 47 670 3992, e-mail: moni@vuhu.cz

³ **Ing. Petr Klouda**, VÚHU, a.s. Most, Budovatelů 2830, 434 37 Most, tel.: +420 47 620 8664, fax: +420 47 670 3992, e-mail: klouda@vuhu.cz

⁴ **RNDr. Helena Valentová, Ph.D.**, UK v Praze, MFF, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8, tel.: +420 22 191 2354, fax.:+420 22 191 2350, e-mail: helena.valentova@mff.cuni.cz

⁵ **doc. RNDr. Jan Nedbal, CSc.**, UK v Praze, MFF, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8 tel.: +420 22 191 2354, fax.:+420 22 191 2350, e-mail: janedbal@seznam.cz

⁶ **RNDr. Milan Neubert**, VVV Most spol. s r.o., Topolová 1234, 434 01 Most, tel.: +420 777 748 209, fax.:+420 47 670 6186, e-mail neubert@vvmmost.cz

historicky řešil zaváděním bezpečnostních koeficientů, které vedly projektanty automaticky k předimenzovaným součástím a konstrukčním celkům.

Z těchto velmi stručně nastíněných důvodů se za účelem naplnění jak hlavního cíle, (viz. anotace) tak jednotlivých dílčích cílů,

- Zpracování a provozní ověření metodiky měřících postupů.
- Provedení, zpracování a analýza dlouhodobého komplexního měřícího souboru údajů a provozních podmínek na základě systémově procesního přístupu ve stejné časové doméně a se stejným vzorkováním měřeného signálu
- Určení souvislostí a souvztažností mezi naměřenými údaji
- Definování rozhodujících vlivů na provozní spolehlivost a životnost pásových dopravníků vycházející z měření *in situ*
- Verifikace zátěžových podmínek nutných k projektům rekonstrukcí, konstrukčních inovací apod.
- Návrh a ověření diagnostického systému postaveného na multiparametrickém přístupu, zvyšujícím jistotu rozhodnutí při predikci zbytkové životnosti diagnostikovaného zařízení
- Stanovení sady diagnostických modulů, které jsou schopny zachytit klíčové vlivy na bezpečnost a hospodárnost provozu pásových dopravníků.
- Návrhy a realizace jednotlivých diagnostických modulů.
- Stavba a provoz modelového pásového dopravníku.
- Návrh a realizace řídicího a sběrného automatizovaného systému.
- Příprava a certifikace doplňkových diagnostických služeb,

se spojili následující řešitel a spoluřešitelé do pracovního týmu k řešení dané problematiky uvedeného grantového projektu. Nositelem grantového projektu je společnost VVV Most spol. s r.o. (oddělení výzkumu a vývoje), spolunositeli pak VÚHU, a.s. Most (oddělení technické diagnostiky), VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní (katedra výrobních strojů a konstruování) a UK v Praze, Matematicko fyzikální fakulta (katedra makromolekulární fyziky), čímž je zajištěn systémově procesní přístup v řešitelském týmu a snažíme se již v počátku řešit *harmonizaci diagnostických metod do komplexního diagnostického systému optimalizovaného pro pásovou dopravu*.

2. Současnost a výchozí premisy

Když se podíváme v jednoduchém schématu na hodnotový tok jakékoliv výrobní společnosti, tak je jednoznačně zřejmé, že *nástrojem zajištění provozní spolehlivosti je – údržba se svými prostředky (nástroji)*. Ke klíčovému pak samozřejmě patří nejen technická diagnostika, tribologie a tribotechnika, ale i demontážní a montážní postupy, informační technologie, riziková analýza a další nspecifikované. Údržba je tedy nutným hodnotovým tokem, který je bezpodmínečně nutný pro hlavní hodnotový tok – tzn., řešíme

procesně technickou činnost

s jejími základními procesy. Každý správně vyprojektovaný a implementovaný systém údržby musí být postaven na

ZÁSADĚ 3 P

✓ PREVENTIVNOST

(provedení v pravý čas - v předstihu)

✓ PROAKTIVNOST

(hledání příčinnosti poruchy)

✓ PRODUKTIVNOST

(je nedílnou součástí výroby, tzn. řešení produktivity)

Podívejme se na současný stav používání diagnostických metod v oblasti pásové dopravy analyticky, tak můžeme konstatovat následující:

- Existující diagnostické systémy měří většinou pouze jeden diagnostický parametr, tj. Chybí multiparametrický přístup ke zvýšení jistoty rozhodování.
- Separátní diagnostická měření probíhají bez návaznosti na jiná diagnostická měření.
- Prováděná měření bývají jednorázová, chybí dlouhodobá měření využitelná k verifikovatelnosti dlouhodobých zátěžových a provozních podmínek.
- Jednorázovost měření nezaručuje možnost prognózování vývoje technického stavu jednotlivých částí i samotného technologického celku. Měření bývají mnohdy prováděna pouze s ohledem na zjištění souladu se stávající státní či podnikovou normou.
- Není známo komplexní měření souboru údajů v jedné časové doméně, aby bylo možné hledat souvislosti a souvztažnosti mezi nimi, a aby mohl být proveden výběr maximálně vypovídajících údajů pro řízení technologických procesů.

- Existující diagnostické systémy diagnostikují obvykle pouze část dopravního systému (např. pohonnou jednotku) a nezabývají se diagnostikou celého zařízení.

3. Vybrané návrhy na řešení dané problematiky

Rozhodujícími faktory ovlivňujícími provozní spolehlivost pásových dopravních cest a tím i ekonomiku výrobního procesu je v klíčovém definování:

- opotřebení dopravních pásů,
- životnost válečků,
- životnost bubnů.

Nejdříve uvedeme stručný nástin očekávání od diagnostického systému v obecné rovině.

- Diagnostický systém umožní sledování aktuálního technického stavu pásového dopravníku v reálném čase a predikci zbytkové životnosti technologického celku a jeho jednotlivých dílů.
- Diagnostický systém bude poskytovat údaje ke zvýšení účinnosti a provozuschopnosti, tzn. výkonnosti, samozřejmě také ke zlepšení řízení a plánování údržby pásového dopravníku.
- Diagnostický systém bude sledovat, ukládat a zpracovávat údaje potřebné pro optimální řízení a údržby výrobního procesu.

▼ Opotřebení dopravních pásů

Pod tímto pojmem myslíme opotřebení horní a dolní krycí vrstvy při provozu. Opotřebení je ve své podstatě způsobováno v základě následujícími faktory, resp. provozními vlivy např. v aplikaci na hnědouhelné povrchové doly [1], [4]:

- otěrem o dopravovaný materiál,
- otěrem pásu o spad materiálu pod dopravníkem,
- pohybem přes válečky,
- otěr především hran o násypky,
- prokluz na bubnech, především při rozběhu a zastavování,
- běžný provoz na bubnech všeho druhu,
- nadměrná kusovitost a ostrohranost dopravovaného materiálu,
- doprava nežádoucích cizích těles, apod.

▼ Životnost válečků [2], [5], [6], [8], [9]

Válečky jsou jednou z nejzákladnějších a nejdůležitějších částí každého pásového dopravníku, a proto je logické, že jejich životnosti je nutno věnovat dostatečnou pozornost, neboť představují dosti vysokou nákladovou položku z pohledu zajištění provozuschopnosti. Vlastní životnost závisí na celé řadě faktorů, které se vzájemně překrývají a spolupůsobí.

- Ø Správná volba průměru válečku a typu ložiska.
 - Ø Kvalita těsnění.
 - Ø Kvalita a přesnost výroby a montáže.
 - Ø Hospodaření s válečky za provozu.
 - Ø Použití odpovídajícího maziva, resp. plastického maziva. V provozní praxi o kvalitě plastického maziva rozhodují především následující jeho vlastnosti.
 - Kinematická viskozita základového oleje při 40° C a 100° C.
 - Penetrace, která určuje konzistenci plastického maziva (PM).
 - Bod skápnutí, který má vliv na teplotní rozsah použití PM.
- Je nutné si uvědomit: existují i PM s přísadami EP (extra pressure), což vede ke zvýšení únosnosti mazacího filmu, tzn. zvýšení životnosti valivých ložisek.
- Ø Teplotní rozsah použití válečků. Je nutné si uvědomit, že i když PM je možno krátkodobě tepelně zatížit (cca do 130°C), ale při teplotě nad 60°C klesá radikálně jeho životnost a mazací schopnost (kinematická viskozita základového oleje je při 100°C např. už jen 10 mm².s⁻¹ oproti při 40°C, kde je 100 mm².s⁻¹), navíc často používané plastové díly také lze bezpečně provozovat jako tvarově stálé do cca 110°C (sklolaminátové), ale pro jiný druh plastů je do cca 60°C. Z uvedeného jednoznačně vyplývá provozování válečků normálně do 50°C, krátkodobě do 60°C.
 - Ø Z technických parametrů k rozhodujícím patří:
 - parametr životnosti válečků. Někteří výrobci uvádějí L_{50h} (průměrná životnost této životnosti dosáhne pouze 50% válečků), někteří L_{10h} (této životnosti dosáhne 90% válečků). K danému je nutno přičíst cca 1% válečků za rok, což je dáno statistickými vadami ložisek.

Poznámka

Životnost L_{10h} vychází z životnosti valivých ložisek, proto je nutné upozornit, že např. fa SKF [6] používá k výpočtu životnosti valivých ložisek tzv. modifikovanou životnost, která respektuje provozní podmínky, způsob mazání a další nespecifikované vlivy.

- parametr radiální házivosti a rotačního odporu
 - radiální házivost max. 0,012.D
 - rotační odpor je tangenciální síla nutná k docílení rotace válečku obvodovou rychlostí $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (záběh 20 min, teplota prostředí 20°C). Max. hodnota 10 N, možná odchylka na 12 N pro cca 3% válečků
- dopravní rychlost $6,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při vyšších rychlostech se doporučuje použití dynamicky vyvážených válečků
- teplotní rozsah provozovaných válečků - viz. zmínka, maximálně do 50°C , krátkodobě 60°C
- tribotechnické parametry PM
 - kinematická viskozita při 40°C $110 \div 150 \text{ mm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
 - penetrace cca 300 jednotek
 - bod skápnutí, min 180°C
 - rozsah pracovních teplot, $-30^\circ\text{C} \div +120^\circ\text{C}$
 - EP přísady

▼ Životnost bubnů [2], [5], [6], [8], [9]

Jednoznačně konstatujeme vliv bubnů na provozní spolehlivost pásových dopravníků, jsou jedním z klíčových konstrukčních prvků. Velký vliv na jejich 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. Sice zatím ještě neřešíme problematiku konstrukčního provedení bubnů, ale je logické, že např. obložení bubnu, resp. možný prokluz má vliv na opotřebení dopravního pásma. Nutností také určitě bude verifikovat používané výpočtové postupy při konstrukčním návrhu bubnů, tzn. např. změřit skutečný napěťový stav v čele a plášti bubnů in situ

Určitě je naprosto zřejmé, že řešíme-li pouze diagnostikovatelnost a životnost valivých ložisek bubnů, můžeme vycházet z předchozích řádků uvedených u dopravních válečků. Pokud už mluvíme o pohonné jednotce hnacích bubnů, tak se náš pohled musí kvalitativně změnit.

4. Dílčí závěry a příklady provozních měření

▼ Dopravní válečky

- Ø Použití měření vibrací přímo na válečcích umístěných na dopravnících za běžného provozu je v podstatě technicky neproveditelné a pokud ano, tak radši nebudeme komentovat vypovídací schopnost těchto měření. Proveditelné a smysluplné je pouze v případě demontáže a měření na standu, což by bylo sice spojitelné s měřením házivosti a rotačních odporů, domazáním atd., tedy zjištěním jeho kvalitativního stavu, ale pak se nejedná o provozní diagnostiku, nýbrž jakousi revizi stavu po určitém čase provozu. Pokud nemám tento čas statisticky podložený, tak budu vykonávat vysoké množství zbytečné práce. NEDOPORUČUJEME.
- Ø Rovněž NEDOPORUČUJEME použití akustické diagnostiky, resp. měření v oblasti slyšitelných signálů, neboť běžný provozní šum by určitě zapříčinil špatné vyhodnocování měření, tzn. opět zbytečně provedená práce. Bylo by možné měření v oblasti neslyšitelných signálů (ultrazvuk), ale je faktem, že není žádná velká zkušenost s tímto měřením v různých provozních podmínkách, Přesto DOPORUČUJEME využití aktivního ultrazvukového diagnostikování (4 x do roka a před plánovanou opravou), a tím získávat zkušenosti s vyhodnocováním těchto měření.
- Ø Za samozřejmost považujeme vizuální kontrolu netočících se válečků, resp. zablokovaných a s nepravidelným rotačním pohybem.
- Ø Termografie (termovize), resp. sledování teplotních obrazů jednotlivých válečků (4 x do roka a před plánovanou opravou).

Poznámka

Za úvahu stojí využití teplotních ve spojení s tzv. colorlaky (změna barvy při určité teplotě). Faktem je, že nejsou žádné zkušenosti s využitím a nasazením na dopravní válečky (prašnost + provozní podmínky mohou zapříčinit nefunkčnost či minimální vypovídací schopnost) a také neznáme provozní teploty, tzn. vlastně nevíme, co nasadit. Pokud by bylo využitelné, tak by se v podstatě prováděla vizuální kontrola. Zjištění teplotního režimu válečků by neměl být žádný technický problém. Termovizí by bylo provedeno zmapování a tím určení jaký colorlak nasadit, takže pak zbývá pouze ověřit možnost jeho provozního využití, resp. jeho vypovídací schopnost a životnost v provozních podmínkách a také jeho umístění na váleček.

- Ø Základní doporučení

- při osazování na velkstrojích bych dávat přednost zásadně novým válečkům
- rozhoduje životnost válečků, ne cena

▼ **Bubny**

Jestliže se jedná o diagnostikovatelnost pouze valivých ložisek, tak jsou v podstatě využitelné diagnostické metody uvedené u dopravních válečků.

- Ø Měření vibrací. I když nemáme k dispozici konstrukční výkresy konkrétních provedení, takže si pouze musíme z pohledu bezpečnosti prováděných měření představit možnosti měření. Sice předpokládáme, že na výstupu z převodovky pohonu každého hnacího bubnu by bylo nutné použít snímače s trvalou instalací, neboť na straně bubnu nelze měřit jsou-li ložiska uvnitř bubnu, ale tento postup NEDOPORUČUJEME. Jiný pohled je, když valivá ložiska jsou v ložiskových domcích vně jakéhokoli bubnu, pak DOPORUČUJEME měření vibrací.
- Ø Použití aktivního akustického ultrazvukového signálu valivého ložiska bubnu je možné (opět pro získání zkušeností a jejich ověření 4 x do roka a před plánovanou opravou).
- Ø Termovizní měření (4 x do roka a před plánovanou opravou) jsou proveditelná. Platí dtto uvedené o nasazení colorlaků.

Jestliže budeme diagnostikovat hnací bubny jako součást pohonné jednotky, tak je určitě zřejmé, že lze nasadit klasické postupy měření frekvenčních spekter vibrací, ale vzniká závažná otázka „Vyhodnocení takto naměřených spekter“, resp. jak určit, že se jedná o valivá ložiska hnacího bubnu. Teoreticky je možné, např. formou postupné eliminace možných budících frekvencí, či za pomoci alternativních multiparametrických metod měření vibrací, ale to se musíme oprostít od časové a ekonomické náročnosti těchto měření.

Pak je jednoznačné, že lze DOPORUČIT klasický postup měření vibrací u pohonných jednotek (Obr.1) a pro valivá ložiska hnacích bubnů použít jiných, jednodušších a finančně méně náročných diagnostických měření, které mají dostatečnou vypovídací schopnost a tím jistotu našeho rozhodnutí, především termovize (Obr.2), NEBO daný problém řešit postupem nastíněným v další kapitole.

5. Kontinuální měření vibračních spekter ložisek bubnů pásové dopravy

Další možnou cestou řešit problematiku sledování vibrací bubnů a tím i řešení predikce možné poruchy valivých ložisek jako klíčového prvku konstrukce a tím zajištění provozuschopnosti je postup uvedený dále.

Jedná se o nestandardní kontinuální měření vibračních spekter ložisek bubnů pásové dopravy využívající vybuzených vysokých frekvencí vibrací při vzniku defektu. Ložiska bubnů jsou vybaveny nezávislými snímači vibrací se svoji samostatnou elektronikou vyrobenou pomocí technologie mikroelektro-mechanických systémů, která integruje vše potřebné (akcelerometr a nutnou elektroniku) do mikrosystému, čímž jsou miniaturní rozměry a vše je i poměrně málo finančně náročné.

Při konstrukci je využita známá nelineární závislost kapacity kondenzátoru na vzdálenosti elektrod. Pokud je jedna elektroda pohyblivá a její pohyb závisí na působícím zrychlení, získáváme vlastně kapacitní akcelerometr. Hlavním problémem je zajistit lineární a dostatečně citlivý převod zrychlení na mechanický posuvný pohyb. Ten totiž určuje měřící rozsah senzoru, tj. maximální a minimální měřitelné zrychlení.

Vlastní mechanická struktura (Obr.3) pak vychází ze základního vztahu pro působení síly při zrychlení ($F = m \cdot a$), kde F je síla způsobující zrychlení a tělesu o hmotě m (Seismic mass). Tímto tělesem je nosníček, na který se síla převádí přes pružiny (Spring suspenzion). Okamžitá poloha pohyblivých elektrod vzduchového kondenzátoru (Moving finger) vůči levým pevným elektrodám (Left fixed fingers) a pravým pevným elektrodám (Right fixed fingers) určuje hodnotu elektronicky měřené kapacity takto vytvořeného kondenzátoru. Konkrétní akcelerometr KXP 84 firmy Kionix má pak velmi malé rozměry (5x5x1,2 mm), vysokou tepelnou stabilitu, nízké nároky na energii, možnost nastavení pásma měřeného signálu, malý 12 bitový převodník a digitální výstup. Takže v jednom tělese umístíme tříosý akcelerometr s pracovním rozsahem měřeného zrychlení ± 2 g, tepelným rozsahem -40 °C až 85 °C, na ose x , y rozsah $3,5$ kHz a na ose z $1,7$ kHz s cenou cca 20 \$. Výsledkem je lineární, zesílený signál s definovanou převodní konstantou – citlivostí.

Jedněmi nejtěžšími možnými provozními podmínkami pro valivá ložiska bubnů jsou podmínky na hnědouhelných povrchových dolech, resp. na bubnech dálkové pásové dopravy (DPD). V rámci projektu byl navržen vyzkoušen in situ digitální systém pro měření vibrací. Tento systém sestává ze dvou základních komponent – modulu digitálního akcelerometru KXP 84 a průmyslového počítače (rozměry 130x110x47 mm, tepelný rozsah -40 °C až 85 °C, odolný vůči prachu a vlhkosti a vibracím). Tento digitální měřící systém vibrací byl poprvé vyzkoušen 26.11.2009 na SD, a.s. Doly Nástup v Tušimicích. Měřily se vibrace valivých ložisek vratného bubnu a bubnu prašného pasu na DPD.

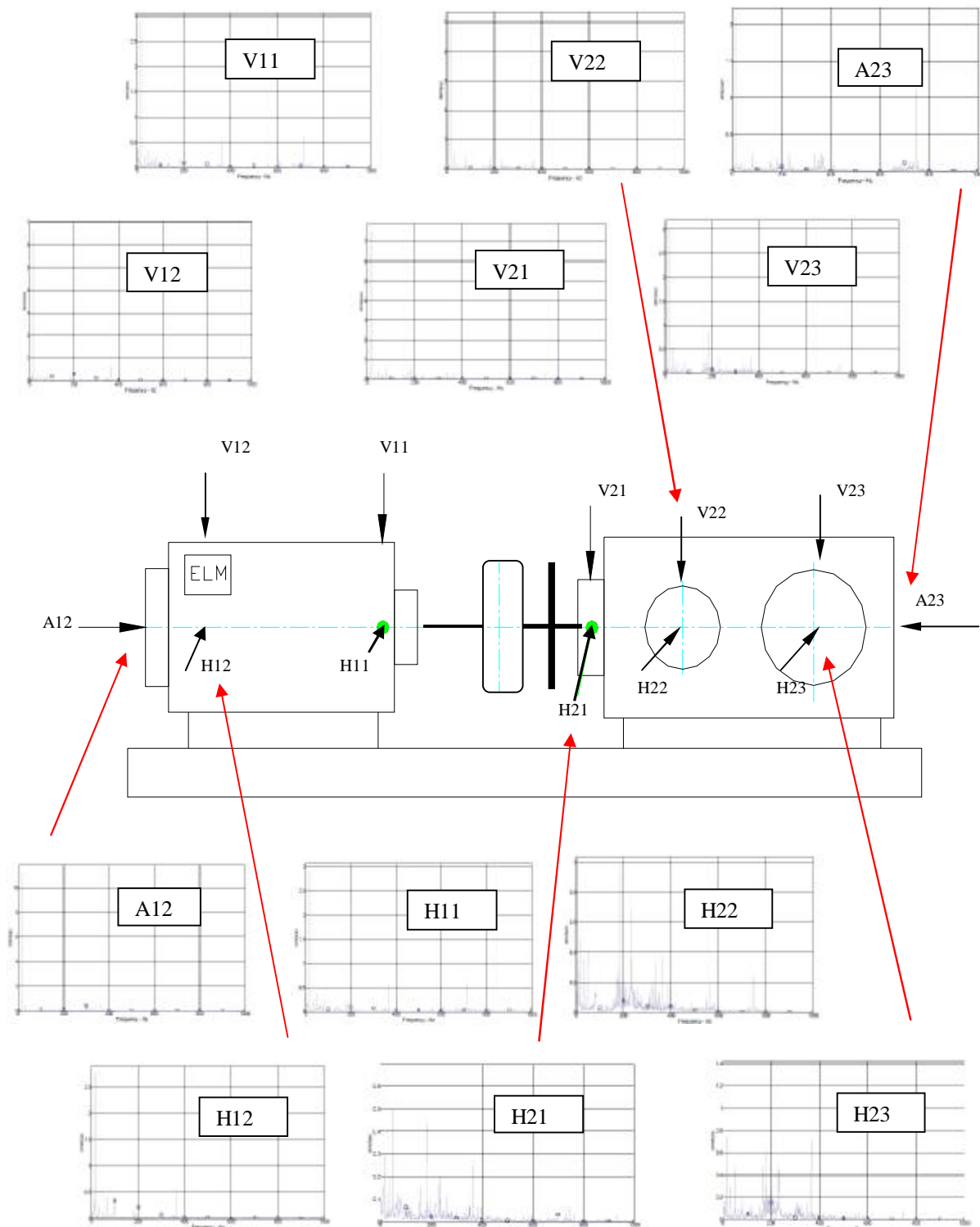
Při měření byly naměřené hodnoty novým měřícím systémem (VVV Most, s.r.o.) verifikovány měřícím systémem sestaveným z měřící jednotky EMS DV 803 a snímače vibrací B2 od firmy Seika (VÚHU, a.s. Most). Na následujících obrázcích je pohled na vratný buben DPD (Obr. 4), na buben

prašného pasu na DPD.(Obr. 5). Z těchto obrázků je patrné umístění snímačů na ložiskových domcích. Další obrázky pak ukazují naměřený průběh vibrací v délce cca 10 minut (Obr. 6 – vratný buben, Obr. 7 – buben prašného pasu), kde vždy v horní části je průběh změřený novým měřicím systémem a dole, tzv. klasickým způsobem. Jeden z obrázků je doplněn frekvenčním spektrem FFT náhodného výběru 4096 za sebou jdoucích bodů z celkového změřeného záznamu. Osobně jsme přesvědčeni, že porovnání naměřeného průběhu vibrací a srovnání jejich velikosti oběma způsoby nepotřebuje žádný komentář. Uvedené průběhy mluví sami za sebe. Pro zvýšení předchozí argumentace je na Obr. 8 zobrazeno srovnání hodnot naměřených vibrací pro 20 nejvýraznějších velikostí a pro nespecifikované budící frekvence. Tento obrázek určitě potvrzuje již uvedené stručné závěry ze srovnání obou měřicích systémů, čímž také potvrzuje použitelnost nového měřicího systému vibrací v těžkých provozních podmínkách. Pro úplnost je nutno uvést, že označení **RJ** na ose **y** znamená relativní jednotka, resp. tady stejná a měřená oběma měřicími systémy.

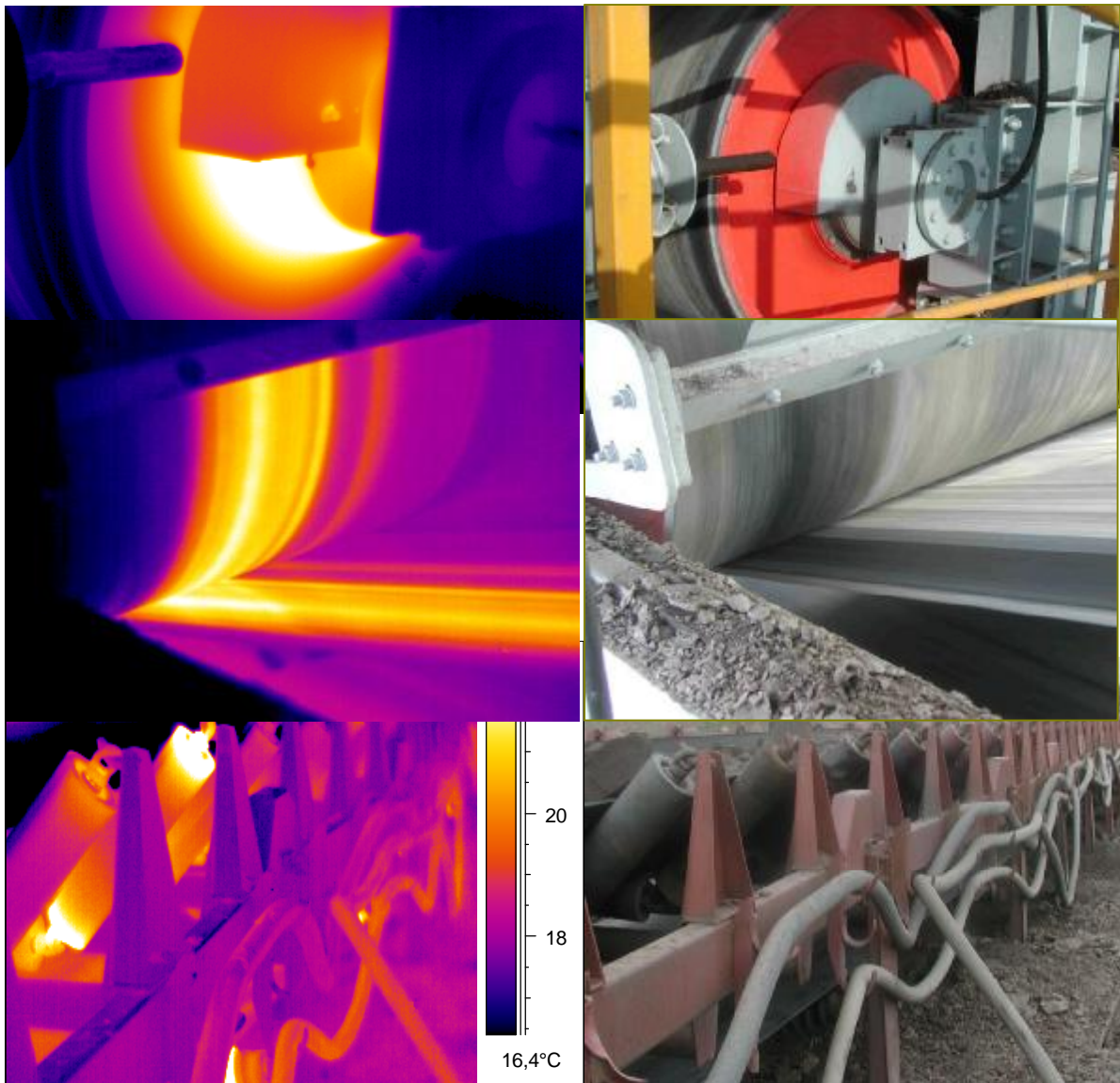
Příspěvek vznikl za podpory projektu MPO FR-TI1/537 „Komplexní diagnostický systém pro pásovou dopravu“.

Literatura:

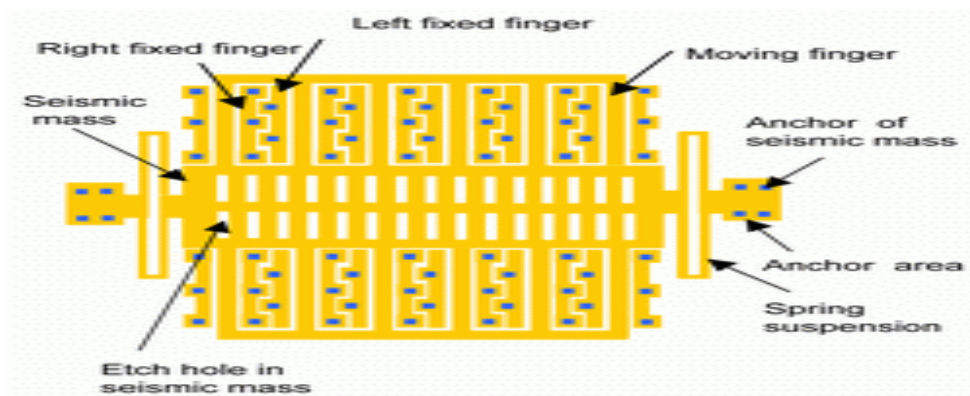
- [1] AMBROŽ, O.; STŘELEČEK, M.: *Kontrola opotřebení a technického stavu dopravního pásma NILOS a MATADOR na pásovém dopravníku PD13*. Zpráva VÚHU, a.s. Most 2003, č.z. TO-134/03, 8 str. + 11 str. příloh.
- [2] HELEBRANT, F.: *Studie diagnostického a údržbářského systému velkstroje K 5500.1- CZ*. VŠB – TU Ostrava 2006, I etapa – 68 s., II etapa – 89 s.
- [3] 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
- [4] NOVÁK, A.: *Porovnání vlastností dopravních pásem na DPD26*. Zpráva VÚHU, a.s. Most 2005, č.z. TO-175/05, 11 str. + 43 str. příloh.
- [5] Kol.: *Molykote*. Dow Corning GmbH, Munchen 1991, 552 s.
- [6] Kol.: *Příručka SKF pro údržbu ložisek*. SKF 1991, Publication 4100 CS, r.č. 70 3000, 12/1993, 333 s.
- [7] MONI, V., KLOUDA, P.: *Termovizní a vibrační měření na DPD*. VÚHU, a.s. Most 2009.
- [8] SZCZEREK, M.; WISNIEWSKI, M.: *Tribologia Tribotechnika*. Polskie Towarzystwo Tribologiczne, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji Radom 2000, 728 s. ISBN 83-7204-199-7.
- [9] ZELENKA, P.: *Technicko ekonomická analýza životnosti válečků DPD*. VVV most s.r.o. 2005, 4 s.
- [10] MARASOVÁ, D., TARABA, V. GRUJIĆ, M., FEDORKO, G., BINDZÁR, P.: *Pásová doprava*. Fakulta BERG, TU v Košiciach 2006, 1. vydání, 200 s.
- [11] MONI, V.: *Termovizní měření na SD*, a.s. DNT z 17.9.2009. Zpráva VÚHU, a.s. Most 2009.



Obr.1 Schéma měřících bodů vibrací pohonné jednotky dálkové pásové dopravy



Obr. 2 Termografická měření bubnů a válečků dálkové pásové dopravy



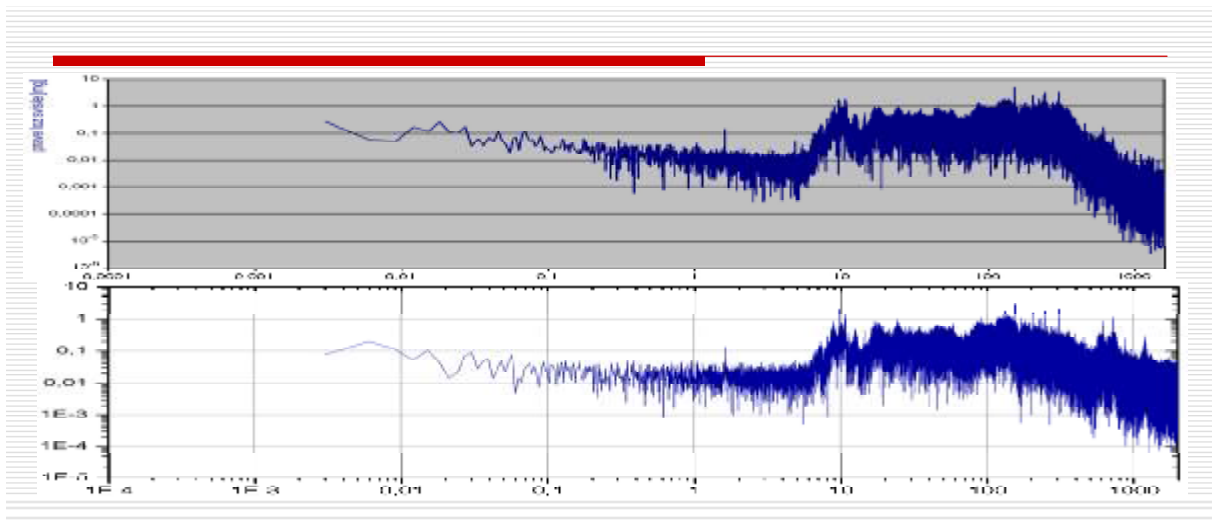
Obr. 3 Schéma mechanické struktury akcelerometru



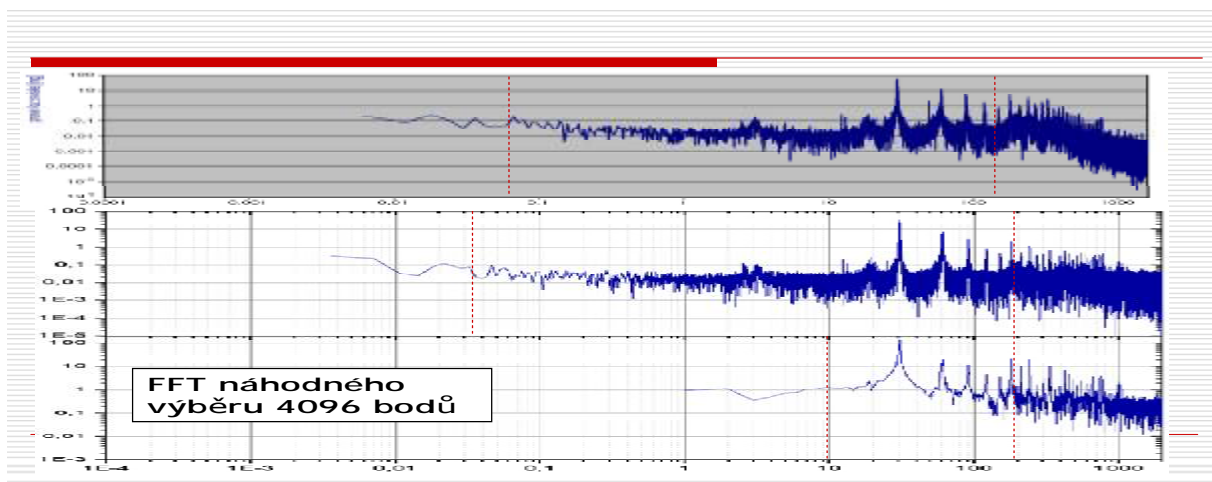
Obr. 4 Vratný buben DPD



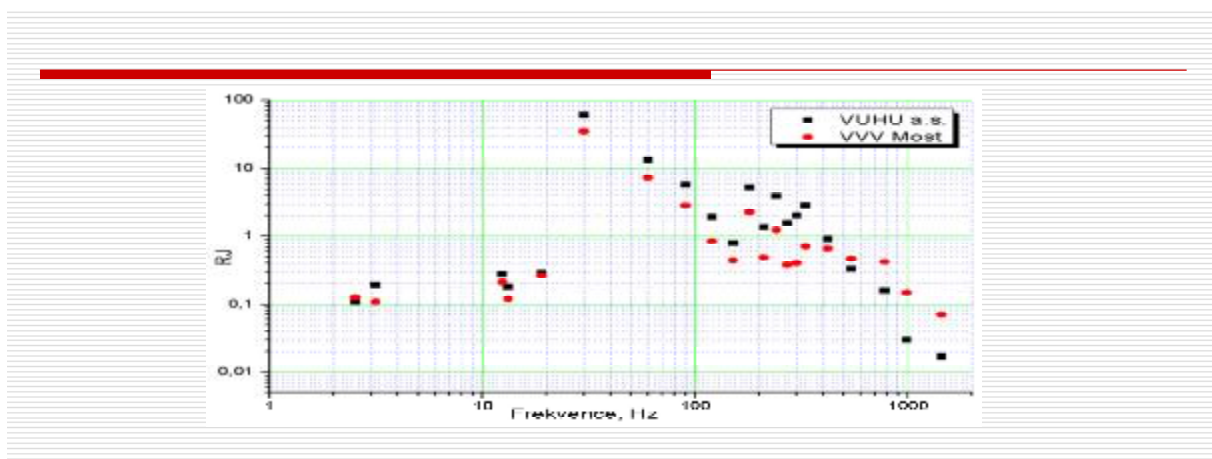
Obr. 5 Buben prašného pasu DPD



Obr. 6 Průběh naměřených vibrací na vratném bubnu DPD



Obr. 7 Průběh naměřených vibrací na bubnu prašného pasu DPD



Obr. 8 Porovnání vybraných naměřených hodnot vibrací oběma měřicími systémy

Recenzia/Review: doc. Ing. Jozef Krešák, PhD.