

Certifikovaná metodika

HODNOCENÍ DYNAMICKÝCH ÚČINKŮ V KONSTRUKCI PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ VÝHYBKY

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Ústav železničních konstrukcí a staveb

Autoři

Prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.

Prof. Ing. Luboš Pazdera, CSc.

Ing. Ivan Vukušič

Obsah

1	Anotace.....	3
2	Úvod.....	3
3	Cíle metodiky	3
4	Popis metodiky	4
4.1	Výběr snímačů.....	7
4.2	Navržené metody signálové analýzy	9
4.3	Definice a nastavení měřícího hardware	10
4.4	Obecné podmínky měření	10
4.5	Příklady analýzy	11
5	Srovnání novosti postupů.....	13
6	Popis uplatnění certifikované metodiky	13
7	Ekonomické aspekty	14
8	Seznam použité literatury	14
9	Seznam publikací, výstupy z originální práce.....	15

1 Anotace

Metodika je věnována měření a analýze dynamických účinků od kolejové dopravy působících na konstrukci pražcového podloží výhybky. Zahrnuje měření vibrací uvnitř štěrkové vrstvy a v konstrukci pražcového podloží a měření napětí v konstrukci pražcového podloží výhybky. Metody analýzy zahrnují postupy v časové a frekvenční rovině.

2 Úvod

Se zaváděním vyšších rychlostí v železniční dopravě se objevují nové okruhy problémů. Dynamické účinky nepříznivě působí na kolej a vedou k rozvoji vad a poruch. Velkým problémem jsou zejména výhybky, které patří ke klíčovým komponentům tratě z pohledu spolehlivosti provozu i údržby. Je nezbytné hledat nové metody pro hodnocení dynamických jevů působících na konstrukci pražcového podloží výhybek. V současné době nejsou využívány vhodné postupy, které by umožnily dobrou znalost dějů, probíhajících v této části konstrukce. Dosud nebyl vytvořen ucelený systém hodnocení dynamických účinků od kolejové dopravy na výhybky. Do tohoto systému bezesporu náleží i analýzy dynamických dějů probíhajících v oblasti pražcového podloží výhybek. Neexistence hodnotící metodiky brzdí vývojové práce v oboru kolejové dopravy i optimalizaci provádění údržbových a opravných prací a jejich správné načasování.

3 Cíle metodiky

Cílem předložené metodiky je definovat teoretické i praktické zásady pro analýzu dynamických účinků od kolejové dopravy působících na konstrukci pražcového podloží výhybky. Důraz je kladen na důkladné zdůvodnění navržených postupů i jejich srozumitelné vysvětlení. Navržené postupy jsou sestaveny tak, aby bylo možné je používat do různé hloubky s ohledem na zaměření konkrétní analýzy. Aplikace metodiky poskytne důležité informace jak o šíření vibrací konstrukcí, tak o napětí v konstrukci pražcového podloží výhybky. To umožní sledovat vliv nových konstrukčních řešení na tuto část konstrukce. Současně poskytne důležité informace pro projektanty a správce infrastruktury.

Metodika zahrnuje obecné přístupy společné všem měřičským pracím. Tento požadavek vyplývá z potřeby srovnatelnosti i vhodné interpretace výsledků. Metodika zahrnuje popis měřících míst na konstrukci, použité veličiny, typy a vlastnosti snímačů, jejich uložení v konstrukci, metody analýzy i základní rámec pro použité přístrojové vybavení. Každé

pracoviště, které použije certifikovanou metodiku, musí mít jistotu, že při jejím dodržení budou získané výsledky průkazné, opakovatelné a napříč oborem srovnatelné.

4 Popis metodiky

Namáhání železničního svršku a konstrukčních vrstev je ovlivňováno jejich kvalitou, provozně stavebními podmínkami, klimatickými jevy a zejména pak dynamickým zatěžováním od dvojkolí kolejových vozidel. Je vhodné podotknout, že obecně znalost veličin charakterizujících dynamické děje probíhající v konstrukci koleje umožňuje důkladnou analýzu, která může být důležitá pro následnou optimalizaci stavebních a provozních podmínek, dále pro sestavení a zpřesnění matematických modelů, případně pro další činnosti vedoucí ke zvýšení spolehlivosti a efektivnosti provozu železniční a tramvajové dopravy.

Některé dynamické charakteristiky železničního svršku se dají snadno nepřímou měřit různými snímači (zrychlení, případně rychlosti, či výchylky kmitání) umístěnými v různých místech na kolejnici, pražci a kolejnicovém upevnění. Často se pro tato měření používají piezoelektrické snímače zrychlení pro jejich vhodné vlastnosti (vysoká linearita, velká dynamika).

Jinak je tomu při měření rázových vln a šíření vibrací z kolejového svršku do šterkové vrstvy, případně zjišťování normálového napětí v konstrukci pražcového podloží. Ke studiu dynamických jevů je nutno vhodné snímače zabudovat přímo do prostoru jednotlivých vrstev konstrukce koleje tak, aby nedocházelo k poškození snímačů a snímače poskytovaly korektní hodnoty.

K měření normálového napětí v konstrukci pražcového podloží jsou v metodice navrženy tlakové talířové snímače. K měření jsou navrženy na základě předběžné analýzy snímače s následujícím rozsahem:

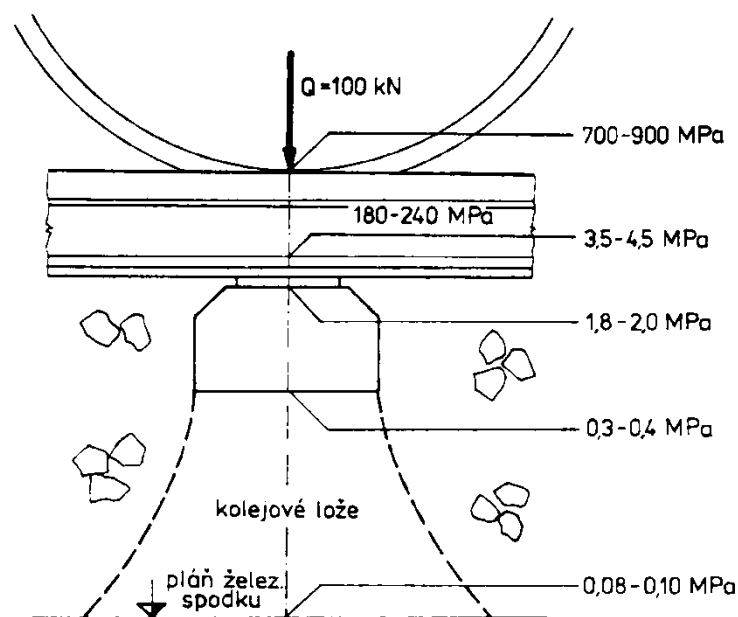
- pro zemní pláň s rozsahem do 100 kPa
- pro pláň tělesa železničního spodku do 250 kPa

Měřicí rozsahy jsou stanoveny z předpokládaného statického napětí, působící v příslušné hloubce pražcového podloží, viz Obr. 1. Dynamický příspěvek je předpokládán maximálně ve výši statického působení, tj. hodnota dynamického součinitele $\delta_{max} = 2,0$. Tato hodnota je vyšší než maximální hodnota dynamického součinitele dle ČSN 73 6203, kde $\delta_{max} = 1,8$. Maximální hodnota dynamického součinitele dle přepisu ČD S3 Železniční svršek

pro rychlost 160 km.h^{-1} činí 1,75. K měření jsou vybrány snímače s rozsahem napětí nejbližší vyšší hodnoty z výrobní řady.

K měření jsou zvoleny tři řezy ve výhybce a jeden v běžné koleji. V srdcovkové části je vybrán pražec pod hrotem srdcovky. Hrot srdcovky se nachází bezprostředně na pražci. Ve výměnové části je vybrán řez, ve kterém dochází k přechodu kola z ohnuté opornice na přímý jazyk.

Kabely od snímačů je nutno uložit v plastové chrániče a vyvést na pochozí stezku. Ukončení kabelů je nutno zavést do krabicového rozvaděče.



Obr. 1 - Roznos napětí v konstrukci pražcového podloží

Pro měření vibračních vln od pojezdu vlakových souprav metodika navrhuje využití tzv. měřícího kamene, který je srovnatelný tvarem i velikostí s kameny štěrkového lože. Do něj je možné vestavět akcelerometrický snímač. Měřící kámen je pak možné, bez rizika poškození snímače, zabudovat do štěrkové vrstvy. Při instalaci měřících kamenů je třeba dbát na to, aby struktura štěrkové vrstvy byla co nejméně narušena. Také je nutné dbát na to, aby měřící kámen byl dobře zaklíněn mezi obklopující zrna štěrkového lože.

Po konzultacích i zkušebních testech navrhuje metodika vybrat k výrobě měřícího kamene horninu typu droba, která se s ohledem na vlastnosti jeví jako nejvhodnější materiál. Jedná se o sedimentární horninu tmavě šedé až černé barvy, psamitické frakce tvořené zrny

křemene, živců a úlomků hornin s až 20 procentním podílem jílovito-prachovité matrix. Jde o horninu, která se ve stavební praxi používá poměrně často.

Svými vlastnostmi je vhodná pro přípravu drceného kameniva požadovaných frakcí a vyhovujícího tvarového indexu pro kamenivo používané v konstrukci železničního šterkového lože. V případě potřeby je možné pro výrobu měřicího kamene použít i další horninové typy např. granulit, čedič, žulu.

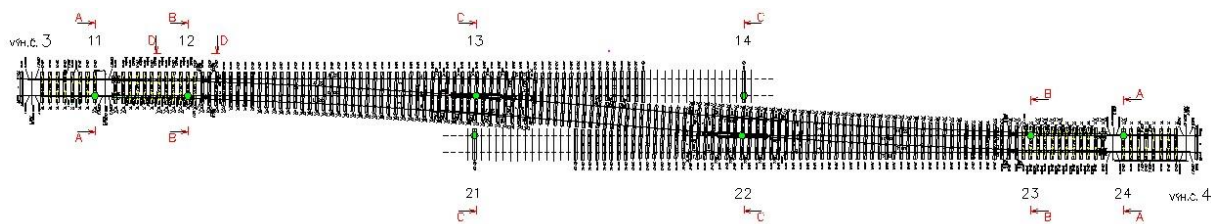
Po vybrání vhodného vzorku a jeho následném opracování, je nutno do vzorku vyvrtat otvor takového průměru, aby do něj bylo možné vložit a zaklínit vlastní akcelerometrický snímač. K zabudování je vhodné použít tříosý akcelerometr. Otvor, kterým prochází kabel je nutno uzavřít hliníkovou zátkou s průchodkou na vyvedení měřicího kabelu. Měřicí kabel je nutné při zabudování do šterkové vrstvy chránit před poškozením ocelovou nebo plastovou chráničkou. Realizovaný měřicí kámen je zobrazen na obr. 6.

Metodika navrhuje použití v každém řezu konstrukce výhybky tři snímače. Jeden tlakový snímač je situován na zemní pláň, druhý tlakový snímač do oblasti pláně tělesa železničního spodku a třetí snímač zrychlení do výšky cca 20 cm pod pražec. Vše je znázorněno na Obr. 2 a Obr. 3.

Obr. 2 zobrazuje příklad rozmístění snímačů podél staničení tratě v rámci jednoduché kolejové spojky. Pozice snímačů je označena zeleným kolečkem. Předpokládá se umístění v oblasti srdcovky a dále v oblasti výměny. Umístění snímačů ve výměnové části vychází z místa přechodu kola z jazyka na opornici a naopak, druhý snímač v kořenu výměny vychází ze změny tuhosti a analýzy dynamických účinků v koleji prováděných pomocí měření na vozidle.

Je vhodné použít také srovnávací řez v běžné koleji. Podotkněme, že snímače 11 a 12 leží v oblasti výměny, snímače 13 pod srdcovkou a snímače 14 v běžné koleji. Obdobně je tomu u snímačů u druhé výhybky. Na obrázku Obr. 3 jsou ukázány vybrané řezy umístění snímačů vzhledem k niveletě koleje.

Metodika předpokládá, že na zemní pláni je snímač uložen na geotextilii ve vrstvě ze šterkopísku, v oblasti pláně tělesa železničního spodku je snímač umístěn pod plání tělesa železničního spodku, v konstrukční vrstvě ze šterkodrti. Snímače je nutno instalovat v průběhu stavby.

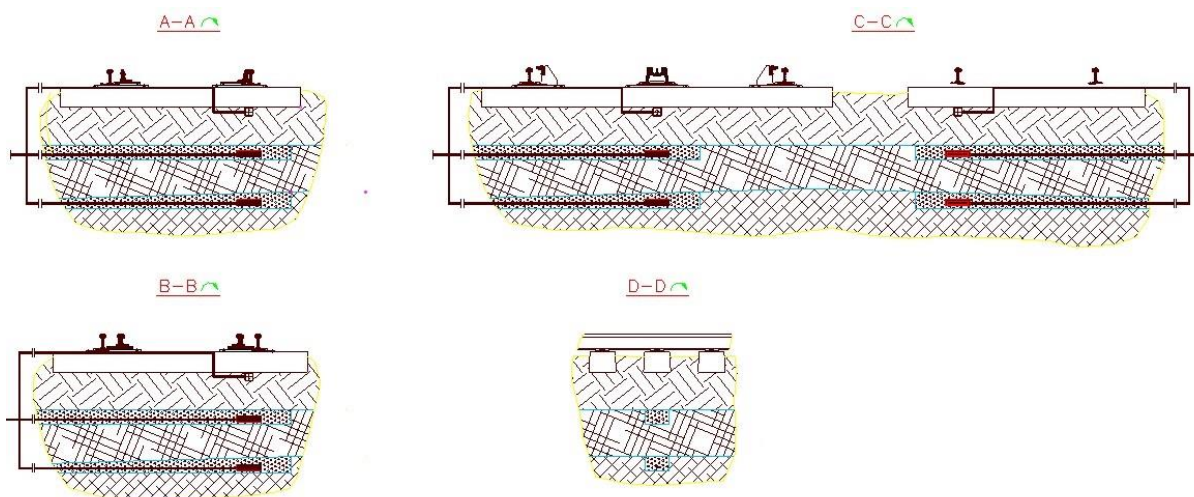


Obr. 2 Schéma umístění snímačů ve vztahu ke staničení tratě

4.1 Výběr snímačů

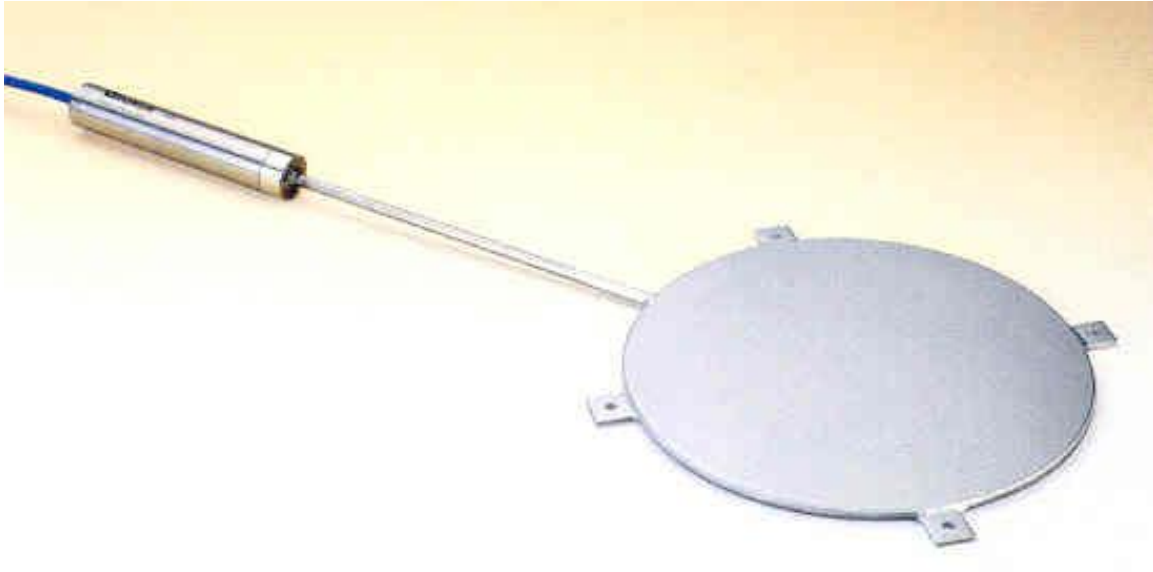
K měření normálového napětí v konstrukci pražcového podloží výhybky navrhuje metodika využit tlakové snímače firmy Geokon řady 3500 nebo podobné. Průměr snímače je 230 mm, tloušťka snímače 12 mm.

Převodník z tlaku oleje na elektrický signál má válcový tvar o průměru 32 mm a délky 150 mm. Výstup je napět'ový 0 - 5V. Snímač je vyobrazen na Obr. 4.



Obr. 3 – Řezy s umístěním snímačů

K měření vibrací ve šterkovém loži pod pražci jsou navrženy akcelerometry vestavěné do šterkového zrna. Pro tento účel jsou nejvhodnější akcelerometry typu MEMS, které jsou malé s dostatečnou citlivostí a napět'ovým výstupem. Metodika doporučuje využit akcelerometry typu MEMS dle Obr. 5. Takto vytvořený senzor je nutno zabudovat do vhodného šterkového zrna a opatřit výstupní kabeláží.



Obr. 4 – Tlakový snímač řady 3500 firmy Geokon



Obr. 5 – Příklad snímače zrychlení typu MEMS včetně desky plošného spoje



Obr. 6 – Vzorový měřicí kámen

4.2 Navržené metody signálové analýzy

Informace o jakémkoliv technickém či fyzikálním ději je v signálu reprezentována časovými změnami okamžité hodnoty fyzikální veličiny, kterou signál popisuje. Měření v koleji zahrnuje přechodové děje, které jsou ovlivněny stochastickými vlivy. K analýze takových signálů se ve světě i u nás běžně používají hodnocení v časové a frekvenční oblasti. V časové oblasti se převážně realizuje statistická analýza, případně analýza tlumení v čase. Zjišťují se statistické momenty, globální i lokální maxima a minima, realizují se statistické hypotézy.

Další vyhodnocení z časově amplitudové reprezentace není v mnoha aplikacích snadné ani výhodné. Proto se provádí transformace signálu z časové do jiné oblasti. Často lze získat důležité informace ve frekvenční oblasti. Pro přechod do této oblasti se používají různé druhy transformací a různé výpočetní metody. Nejpoužívanější a nejznámější metodou je Fourierova transformace a její některé modifikace.

Pro vyhodnocení signálů z měřících kamenů (vibrace) po provedeném rozboru problematiky a realizovaných měřeních a analýzách je navržena metodika hodnocení založená na použití následujících metod a parametrů:

1. Časová rovina

- Časové zobrazení průběhu zrychlení kmitání ve 3 osách, jednotka - $m \cdot s^{-2}$
- Výpis extrémů zrychlení kmitání ve 3 osách včetně času působnosti, jednotka - $m \cdot s^{-2}$
- Hodnocení efektivní hodnoty zrychlení kmitání ve 3 osách, jednotka - $m \cdot s^{-2}$

2. Frekvenční rovina

- Frekvenční analýza s využitím průběhu amplitudového spektra (pro přechod z časové do frekvenční oblasti bude používán pro všechna měřící místa algoritmus Fourierovy transformace), doporučený frekvenční interval hodnocení 1 Hz až 500 Hz, jednotka - $m \cdot s^{-2}$
- Pro prezentaci a zjednodušené vyhodnocení bude použita třetino-oktávová analýza, doporučený frekvenční interval hodnocení 1 Hz až 500 Hz, jednotka dB, vztažná hodnota $1 \cdot 10^{-6} m \cdot s^{-2}$

Pro vyhodnocení signálů z tlakových snímačů po provedeném rozboru problematiky a realizovaných měřeních a analýzách je navržena metodika hodnocení založená na použití následujících metod a parametrů:

- Časové zobrazení průběhu normálového napětí, jednotka - kPa

- Výpis extrémů, jednotka – kPa
- Záznam filtrovaný s dolní propustí 10 Hz – kvazistatická složka napětí, jednotka - kPa
- Záznam filtrovaný s horní propustí 10 Hz – dynamická složka, jednotka – kPa
- Popisná statistika

4.3 Definice a nastavení měřícího hardware

Metodika zahrnuje optimalizovaný počet snímačů tlaku i zrychlení. Tento vychází z velkého množství předchozích měření a analýz. Z toho vychází také hardwarové požadavky na měřicí systém. V oblasti výhybky jde o 8 měřících kanálů pro snímače normálového napětí a 12 měřících kanálů pro snímače vibrací.

Metodika doporučuje použitou frekvenci vzorkování pro každý kanál více než 2,5 násobek nejvyšší požadované frekvence analýzy (500 Hz), tedy 1250 Hz nebo vyšší. Měřicí systém musí poskytovat 16 bitové, případně 24 bitové rozlišení při snímání měřených veličin s napěťovými nebo ICP vstupy a simultánní vzorkování. Dynamický rozsah vstupů minimálně 80 dB. Systém musí být vybaven anti-aliasingovým filtrem pro každý kanál. Doporučuje se, aby každý měřicí kanál byl vybaven horno-propustními filtry 0.1 Hz, 1 Hz, 10 Hz a alespoň 2-pólovým filtrem s volitelnými frekvencemi: 100, 300 Hz, 1kHz. Doporučuje se vybavení měřícího systému kamerovým záznamem.

4.4 Obecné podmínky měření

Spouštění a zastavení záznamu měření je možné jak ruční s viditelným nastavením značek nebo pomocí hardwarového řešení (např. spouštěcí brány, případně jiný spouštěcí systém).

V průběhu měření je vhodné zaznamenávat základní meteorologické údaje (teplota, vlhkost, atmosférický tlak). Metodika doporučuje interval měření meteorologických údajů po 1 hod. V průběhu měření vlakových souprav je měřena rychlost pojezdu souprav. K měření je doporučeno měření ručním radarem nebo dvěma tenzometrickými snímači umístěnými na patě kolejnice.

Při srovnání jednotlivých řešení se předpokládá měření a analýza podobných vlakových souprav jedoucích přibližně stejnou rychlostí (do cca 10 km/h). Metodika doporučuje měření a analýzu různých typů vlakových souprav. Součástí každého realizovaného měření musí být protokol o realizaci měření. Ten musí zejména obsahovat popis dané lokality včetně objektu měření, cíle měření, soupis snímačů a jejich rozmístění, meteorologické podmínky, dále pak

informace o měřených vlakových soupravách (typ vlaku, typ lokomotivy, počet vozů, rychlost pojezdu, zjevné vady). Další podmínky a nastavení, které nejsou uvedeny v této metodice, vychází z platných norem a předpisů. Metodika také doporučuje uchovávat naměřená data pro možné další využití a vyhodnocení. Data tak mohou být vyhodnocena později dle nejnovějších matematických postupů. Je vhodné data uchovávat ve formátu 'txt', aby bylo možné je snadno načíst do vyhodnocovacích softwarů. Příklad doporučené datové struktury pro každý řez je uveden na obrázku Obr. 7.

	A	B	C	D	E	F
1	Data info					
2	File name:	D:\Data\Data_6_4_2012\4_Os_2014_06_10_142339_Ch.dsd				
3	Start time:	6.10.2014 14:23				
4	Number of channels:	6				
5	Sample rate:	10000				
6	Store type:	vždy rychle				
7	Global header information:					
8	Komentar:					
9						
10	Events					
11	Event Type	Event		Time	Comment	
12	1	Ukladani spusteno		0		
13	2	Ukladani ukonceno		14.5854		
14						
15						
16	Data1					
17	t	P0	P1	A0Z	A1Y	A2Z
18	s	kPa	kPa	m/s ²	m/s ²	m/s ²

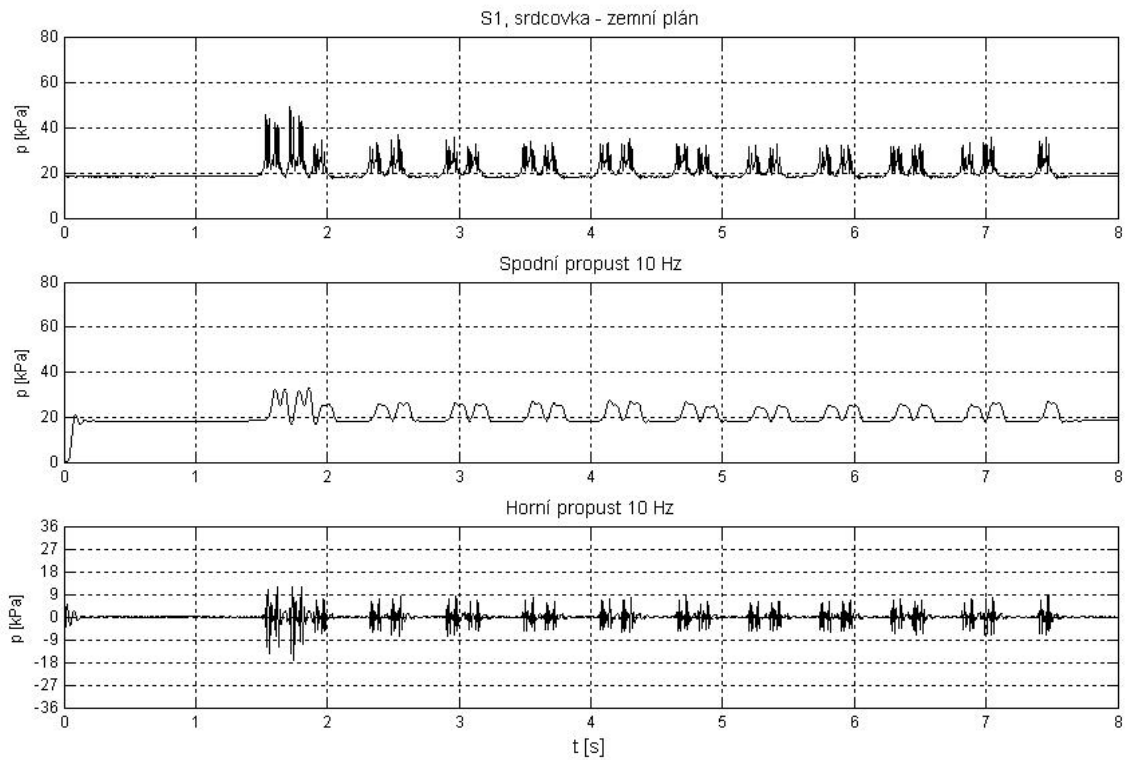
Obr. 7 Doporučená datová struktura pro každý řez

4.5 Příklady analýzy

V této části jsou uvedeny doporučené grafové výstupy pro jednotlivé oblasti výhybky i typy snímačů. Na obr. 8 jsou uvedeny grafy záznamů zjištěných snímačem na zemní pláni v oblasti srdcovky včetně vyfiltrované kvazistatické složky a dynamické složky pro soupravu EC při rychlosti 160 km.h⁻¹. Další obrázek Obr. 9 je věnován analýze naměřených dat na pláni tělesa železničního spodku.

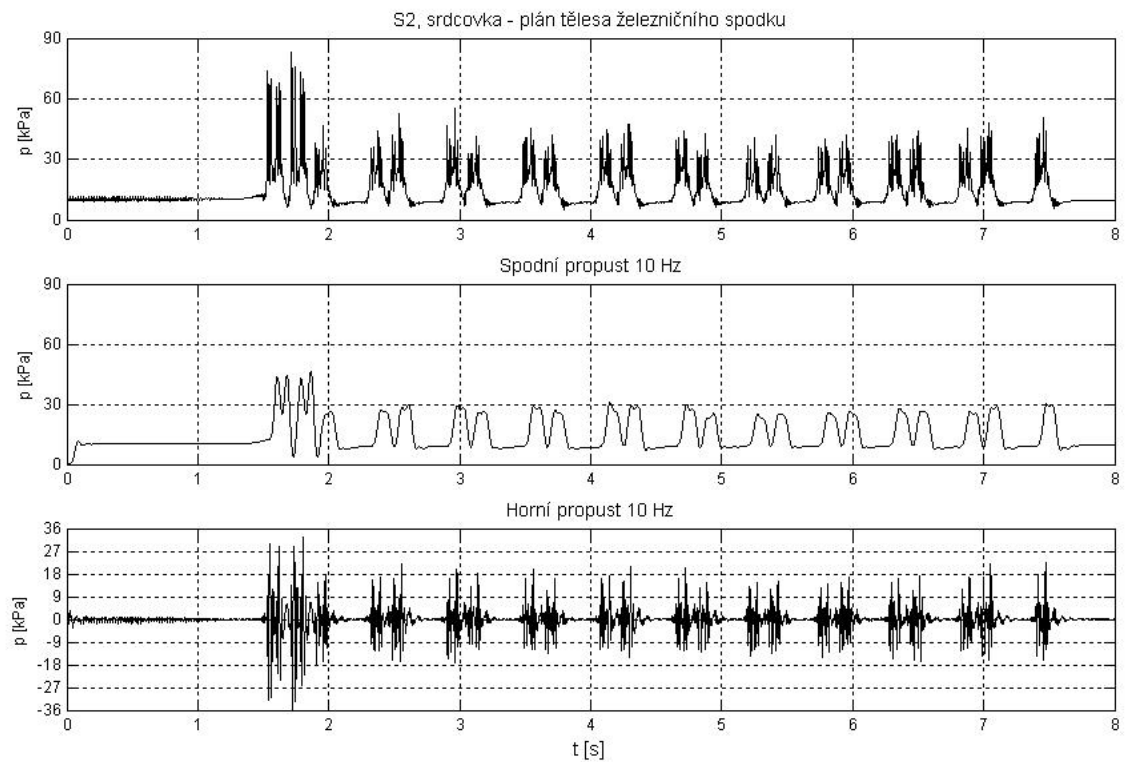
Na obrázku Obr. 10 je uvedena analýza vibrací ve šterkovém loži ve svislém směru. Podotkněme, že časové průběhy svislého zrychlení, zaznamenané měřícím kamenem, jsou zobrazeny v horním grafu obr. 10. Prostřední graf obr. 10 ukazuje časově frekvenční spektrum doplněné z důvodu zpřesnění časovým průběhem vybraných frekvenčních složek, tzv. frekvenčním řezem (levý graf obr. 10) v čase 2,6s .

Vranovice, souprava EC, V=160 km/h, záznam č. 4

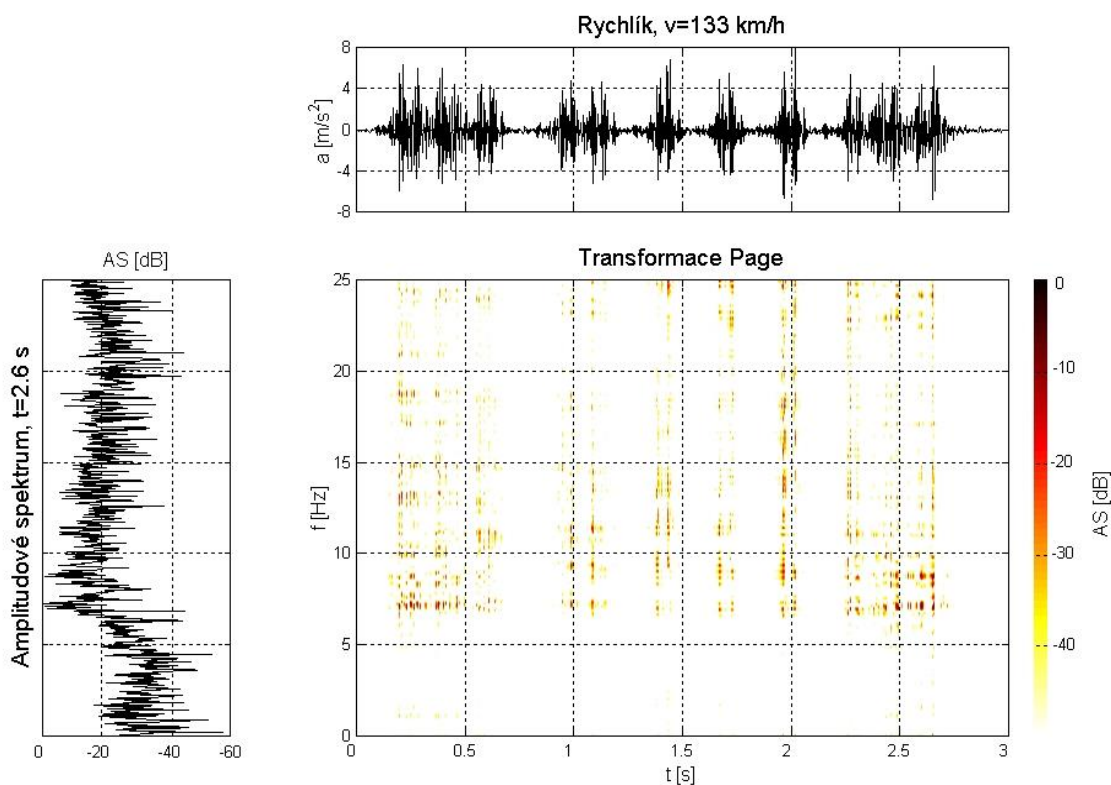


Obr. 8 Snímač na zemní pláni v oblasti srdcovky

Vranovice, souprava EC, V=160 km/h, záznam č. 4



Obr. 9 Snímač umístěný na pláni tělesa železničního spodku



Obr. 10 Analýza dat z měřícího kamene, svislý směr

5 Srovnání novosti postupů

Jde o komplexní metodiku umožňující zjišťování šíření vibrací konstrukcí, tak napětí v konstrukci pražcového podloží výhybky. V současné době obdobná metodika není k dispozici, výzkumná a vývojová pracoviště se nezabývají dostatečně danou problematikou, případně využívají zjednodušené postupy. Neexistují tedy ani metodiky pro jednotlivé fáze systému hodnocení. Z tohoto důvodu měření a výzkumné práce neposkytují ucelenou soustavu informací a nejsou vzájemně srovnatelné. Metodika poskytuje možnost hodnocení účinnosti různých typů konstrukčních řešení jako je například aplikace podpražcových podložek nebo vývoj nových typů upevnění kolejnic apod. Podotkněme, že dosažené výsledky byly publikovány v odborných časopisech, na odborných konferencích a použity v diplomových a disertačních pracích.

6 Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika je určena třem skupinám uživatelů. Do první náleží vědecká a vzdělávací pracoviště zabývající se problematikou železničních konstrukcí, zejména pak technické univerzity. Výsledky jsou používány při měření dynamických účinků od železniční dopravy

na výhybky a výhybkové konstrukce v rámci grantových projektů i další vědecké činnosti. Výstupy z metodiky umožňují srovnání stávajících i nových konstrukcí. Poskytnou důležité charakteristiky pro vývoj a srovnání nových progresivních řešení. Zároveň poskytnou vstupy do matematických modelů, případně jejich kalibraci.

Druhou skupinou potenciálních uživatelů představují vlastníci resp. správci železniční infrastruktury v ČR i zahraničí. Předmětná metodika poskytne údaje o dynamických parametrech jednotlivých řešení k sestavení expertní databáze.

Třetím potenciálním uživatelem jsou výrobci a společnosti provádějící zakázková měření pro vývojová pracoviště a správce tratí. Těm poskytne detailní návod na realizaci měření a jejich analýzu. Každé pracoviště, které použije certifikovanou metodiku, bude mít jistotu, že při jejím dodržení budou získané výsledky průkazné, opakovatelné a srovnatelné.

7 Ekonomické aspekty

Na sestavení metodiky hodnocení dynamických účinků od kolejové dopravy působících na výhybky mají zájem výrobci, správci drážních staveb, vývojová pracoviště i další kooperující firmy. Předmětná metodika poskytne údaje o dynamických parametrech jednotlivých řešení k sestavení databáze konstrukčních řešení. Zároveň metodika poskytne důležité informace o dynamických dějích a tak se sníží náklady na vývoj nových konstrukčních řešení. Jejich znalost také umožní optimalizaci údržbových prací. Všechny tyto skutečnosti tak logicky povedou ke snížení nákladů na provoz a údržbu. Neméně zajímavým výstupem je rovněž skutečnost, že měření realizované dle navržené metodiky poskytnou zpřesněné vstupy do matematických modelů a tím umožní některé problémy úspěšně simulovat.

8 Seznam použité literatury

- 1) SŽDC S3 Železniční svršek. Schváleno generálním ředitelem SŽDC dne 3. června 2008 č.j. 9675/08, ve znění změny č. 1, 2011. Počet listů 246.
- 2) ČSN ISO 18431-1, Vibrace a rázy - Zpracování signálů - Část 1: Obecný úvod
- 3) ČSN 41 3240 Ocel 13 240 Mn-Si. Praha: Český normalizační institut, 1978. str. 8
- 4) ČSN ISO 18431-4, Vibrace a rázy - Zpracování signálů - Část 4: Analýza spektra rázové odezvy
- 5) ČSN ISO 16587, Vibrace a rázy - Výkonnostní parametry pro monitorování stavu konstrukcí

- 6) MELOUN, M., MILITKÝ, J. Statistické zpracování experimentálních dat. 1. vyd. Praha: PLUS, 1994. 839 str. ISBN 80-85297-56-6
- 7) REKTORYS, K. Přehled užití matematiky. 5. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1988. 1137 str.
- 8) TYC, P., KUBÁT, B., DOSTÁL, K., HAVÍŘ, B.: Železniční stavby. 1. vyd. Bratislava: Dh-Press, 1993, 253 str. ISBN 80-85545-05-5

9 Seznam publikací, výstupy z originální práce

- 1) SMUTNÝ, J.; PAZDERA, L.: The experimental analysis of dynamic processes related to railway transport, monograph, ISBN 978-80-7204-827-4, AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, Brno, 2012
- 2) SMUTNÝ, J.; PLÁŠEK, O.; SVOBODA, R.; PAZDERA, L.: The Analysis of Long Concrete Sleepers in Turnouts in the Railway Bed, 9th International Conference and Exhibition, ISBN 94-7644-611-0, London, UK, 2007
- 3) Plášek O. a kol.: Měření napětí v konstrukci pražcového podloží ve výhybce č. 5 v žst. Vranovice, výzkumná zpráva, 20 str., VUT FAST, 2004
- 4) JANOŠTÍK, D., SMUTNÝ, J., PAZDERA, L., Analysis of Vibration in Gravel Ballast of Railway Tracks, International Conference EAN, ISBN 80-239-2964-X, Skoda, Plzen, 2004
- 5) PLÁŠEK, O., SMUTNÝ, J., Měření napětí v pražcovém podloží ve výhybce, Mezinárodní konference Pozemné komunikácie a dráhy, ISBN 80-8073-168-3, Technická univerzita v Košiciach - Stavebná fakulta, Košice, 2004
- 6) Plášek O. a kol.: Měření dynamického namáhání konstrukce železničního svršku ve výhybce č. 5 žst. Vranovice, výzkumná zpráva, 40 str., VUT FAST, 2003

Uzavřené smluvní vztahy o využití výsledků

1. Rámcová smlouva o provozním ověřování výhybek, výhybkových konstrukcí, jejich částí a součástí č.j. S15245/11 – OTH,
2. Smlouva o vzájemném poskytování technické dokumentace č.j. S49265/08 – OTH,
3. Smlouva o sledování č.j. S3267/11 – OTH.

Smlouva o měření a zjišťování na železniční dopravní cestě v rámci expertní a výzkumné činnosti VUT FAST

Poděkování

Metodika vznikla v rámci řešení projektu TA01031297, Zvýšení kvality jízdní dráhy ve výhybkách pomocí zpružnění Technologické agentury ČR