

## ZVÝŠENÍ KVALITY JÍZDNÍ DRÁHY VE VÝHYBKÁCH POMOCÍ ZPRUŽNĚNÍ

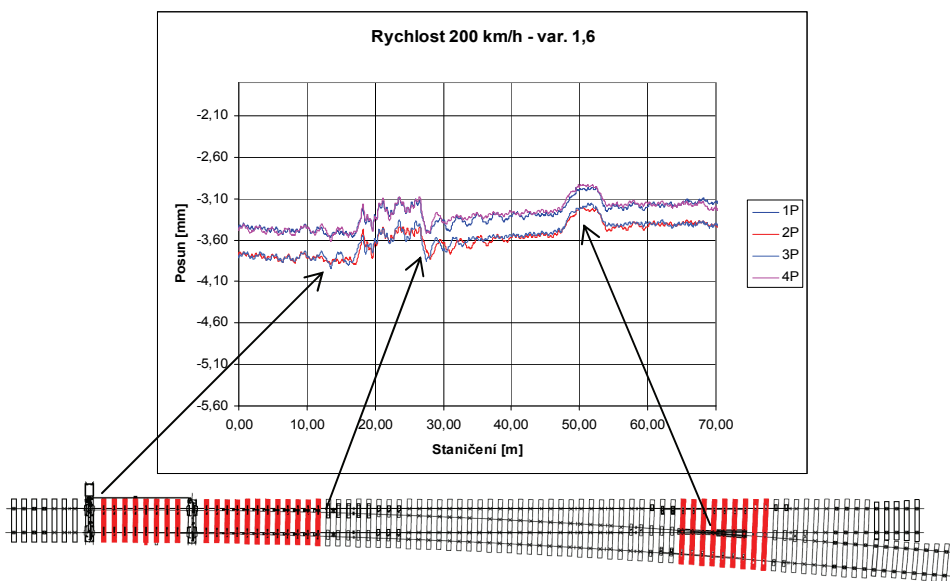
Ing. Marek Smolka, DT – Výhybkárna a strojírna, a.s. Prostějov,  
 Doc. Ing. Hana Krejčířiková, CSc., ČVUT FSv v Praze,  
 Prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph. D., VUT FAST v Brně

### 1. ÚVOD

Opakované působení a velikost dynamických účinků vyvolaných vozidly má negativní vliv na životnost, odolnost, namáhání a trvanlivost materiálů konstrukcí železničního svršku a spodku. Hodnoty, kterých tyto dynamické účinky dosahují, nedovolují konstrukčním součástem (ocelové prvky, pryžové prvky, konstrukční vrstvy, apod.) dlouhodobě odolávat. Cílem řešení je hledání možností, jak dynamické účinky omezit, stanovit způsob měření a metody vyhodnocení pro ověření přínosu jejich snížení. Za tímto účelem byla navržena a odzkoušena komplexní metodika měření a hodnocení dynamických účinků působících na jednotlivé části výhybkové konstrukce. Dále byla zpracována metodika pro dlouhodobá sledování konstrukce výhybky, geodetické výškové zajištění a zaměření kolejnicových pásů vybrané výhybkové konstrukce na provozované trati.

### 2. NÁVRH ROZSAHU ZPRUŽNĚNÍ

Řešení problematiky optimalizace výhybky z hlediska minimalizace dynamických účinků přenášených do železničního svršku a spodku se v rámci grantu získaného v roce 2011 od Technologické agentury České republiky **TA01031297 – „Zvýšení kvality jízdní dráhy ve výhybkách pomocí zpružnění“** věnuje DT – Výhybkárna a strojírna, a.s. ve spolupráci s ČVUT FSv v Praze a VUT FAST v Brně.

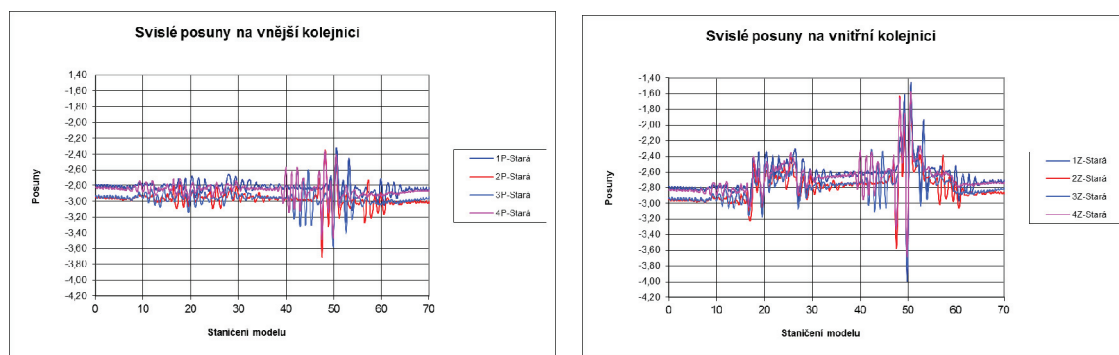


Obr. 1 Hodnoty svislých posunutí po délce výhybky

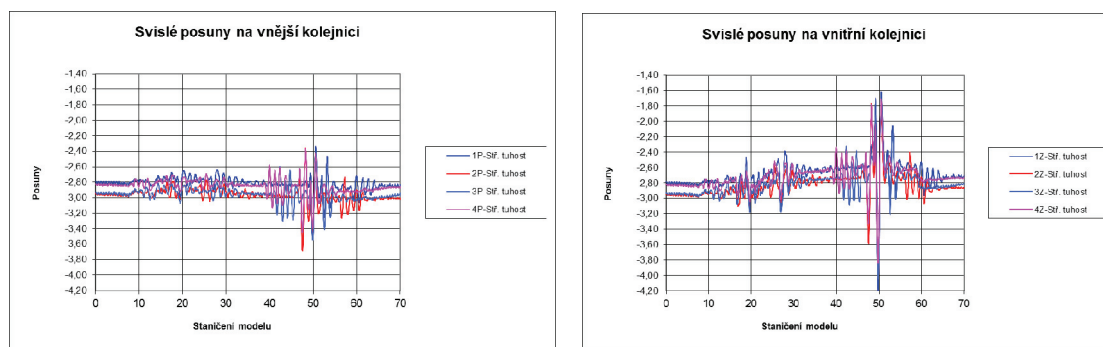
Na základě provedení řady simulačních výpočtů byly stanoveny oblasti ve výhybce, které se vzhledem k navazujícím částem výhybky z hlediska svislých posunutí vyvolaných jízdou vozidla chovají odlišně. Bylo zjištěno, že po délce výhybky dochází k menším hodnotám svislého posunutí při průjezdu vozidla přes jazyk uložený na kluzných plochách kluzných stoliček a přes srdcovku. Jedna z variant výstupu pro zvolenou kombinaci rychlosti a tuhosti svislého zatlačení kolejnice je na obr.1.

### 3. NÁVRH TUHOSTI ZPRUŽNĚNÍ

Na základě výsledků napětově – deformačních analýz výpočtového modelu výhybky (výchozího stavu - obr. 2) a navržených charakteristik zpružněných systémů upevnění ve výměnové a srdcovkové části byly získány nové průběhy poklesů po délce výhybky (obr.3).

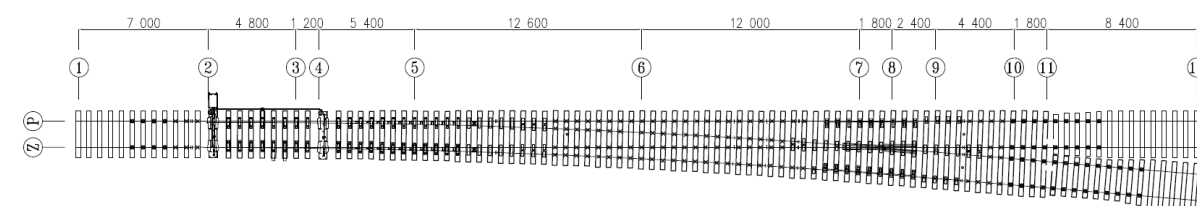


Obr. 2 – Nezpružněná výhybka – svislý posun – rychlost 160 km.h<sup>-1</sup>

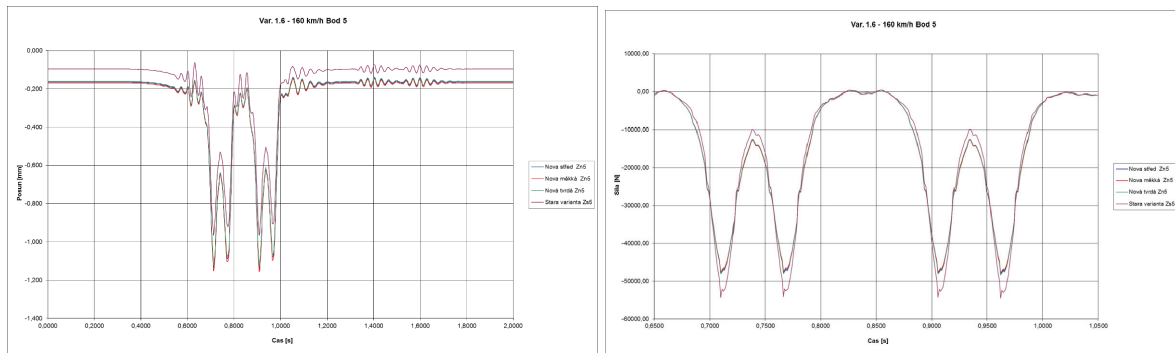


Obr. 3 – Zpružněná výhybka – svislý posun – rychlost 160 km.h<sup>-1</sup>

Vyhodnocovány byly také posunutí a silové účinky přenášené do podloží ve 12 charakteristických řezech výhybkou (obr. 4). Výsledky z dynamických výpočtů a jejich porovnání např. pro řez č. 5 ve variantě bez zpružnění (výchozí stav) a se zpružněním (nový stav) je na obr. 5.



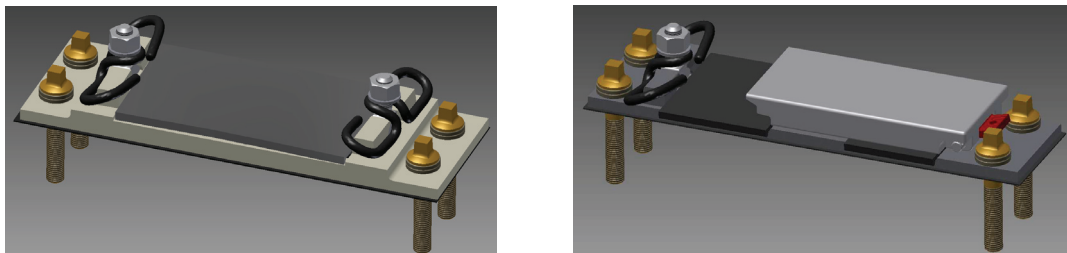
Obr. 4 Sledovaná místa průjezdu náprav vozidla



Obr. 5 Grafy relativního posunu hlavy vnitřní kolejnice a sil přenášených na pražec od kolové síly

#### 4. NÁVRH SYSTÉMŮ UPEVNĚNÍ

Pro odstranění nehomogenních míst v tuhosti jízdní dráhy ve výhybce byly provedeny návrhy sestav systémů upevnění obr. 6 ve vybraných oblastech, tedy podkladnice pod srdcovkou (TA3718) a kluznou stoličku (KSN15). Byly vyrobeny prototypové vzorky a podrobeny laboratorním zkouškám dle požadavků norem ČSN EN 13481 (Požadavky na vlastnosti systémů upevnění) a ČSN EN 13146 (Metody zkoušení systémů upevnění).



Obr. 6 3D modely systémů upevnění TA3718 a KSN15

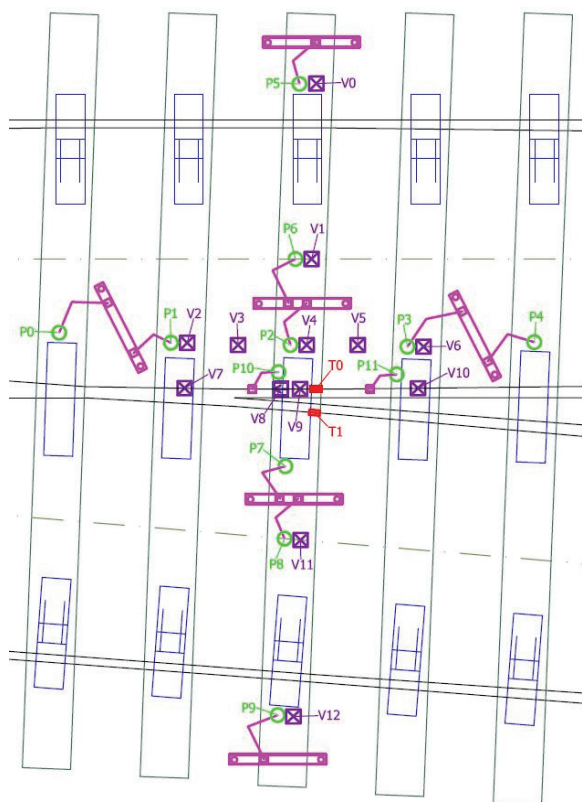
#### 5. NÁVRH METODIKY MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ

Hodnocení dynamických účinků působících na výhybky, případně jejich jednotlivé části, bylo rozděleno do tří základních oblastí. Do první řešitelský kolektiv zahrnul měření pohybového chování konstrukce, tedy analýzu posunů jednotlivých částí (svislé posuny pražců, sledování chování upevnění, chování jazyků atd.), případně celé výhybky pod zatížením. Do druhé oblasti pak řešitelé zahrnuli šíření vibrací v jednotlivých částech výhybky a zejména účinky vibrací na šterkové lože. V rámci tohoto bodu byla také vyvinuta jistá varianta provozní modální analýzy. Do třetí oblasti byla zahrnuta měření silového působení a napětí. Na obr. 7 je prezentována sestava snímačů délky, snímačů zrychlení i deformace v oblasti srdcovkové části a na obr. 8 ve výměnové části. Je vhodné podotknout, že pro sledování pohybového chování konstrukce výhybky, případně jednotlivých částí výhybky byly zvoleny snímače délky umístěné na speciální rám vytvořený dvěma ocelovými tyčemi zapařčenými do šterkového lože a ocelovým nosníkem. Jde o snímače P01 až P11 dle obr. 7 a snímače 1P01 až 1P09 dle obr. 8. Pro měření vibračních parametrů byly zvoleny snímače zrychlení kmitání V0 až V12 dle obr. 7

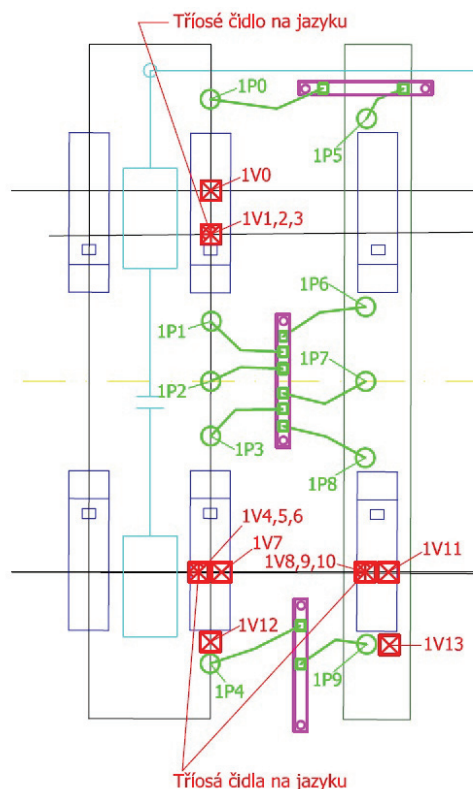
a 1V0 až 1V13 obr. 8. Pro sledování deformací a silového působení se počítá s vhodně umístěnými tenzometrickými snímači.

Vzhledem k povaze hodnocených dějů byly navrženy pro hodnocení naměřených signálů v rámci jednotlivých měřicích míst následující parametry, veličiny a postupy, které lze z důvodu přehlednosti rozdělit do tří základních tříd:

1. analýza v časové rovině – časové zobrazení, globální a lokální extrémy, efektivní hodnota;
2. analýza ve frekvenční rovině – průběh amplitudového spektra vypočítaného aplikací Fourierovy transformace, amplitudového spektra frekvenčních přenosových funkcí včetně poměrných útlumů;
3. analýza v časově - frekvenční rovině - amplitudové časově frekvenční spektrum vypočtené aplikací Krátkodobé Fourierovy transformace.



**Obr. 7 Rozmístění snímačů, srdcovková část**



**Obr. 8 Rozmístění snímačů, výměnová část**

Výchozím podkladem pro návrh metodiky dlouhodobého sledování geometrických parametrů výhybky byly zkušenosti se sledováním výhybek a výhybkových konstrukcí v letech předcházejících. Měření byla prováděna v režimu bez zatížení a se zatížením, byly provedeny statické a rázové zatěžovací zkoušky v několika hloubkových úrovních od úložné plochy pražce a provedeny kopané sondy do úrovně zemní pláně. Dlouhodobé sledování konstrukce předpokládá, že poloha a geometrické charakteristiky koleje budou zaznamenávány po dobu několika let provozu a na základě těchto výsledků lze prognostikovat možné závady v geometrii. Před uložením výhybky je nutné zaznamenat únosnost zemní pláně a konstrukčních

vrstev zjištěnou pomocí statické zatěžovací zkoušky podle předpisu SŽDC S4 Železniční spodek a pro srovnání v dalších etapách měření lehkou dynamickou deskou.

Sledování dlouhodobé stability výškové polohy kolejnicových pásů ve výhybce je vhodné provádět nivelací k pevnému bodu. Z výsledné naměřené polohy lze dále stanovit převýšení v jednotlivých kolejích, výškovou polohu v hlavní a odbočné větvi, příp. zborcení koleje nebo uložení pražců. Absolutní pokles kolejnicového pásu pod zatížením lze stanovit digitalizací signálu z kamery zaměřené na magnetický stojánek umístěný na patě kolejnicového pásu nebo pomocí měřiče poklesů fixovaného do pláně železničního spodku.

Z časové změny naměřených hodnot lze predikovat případnou degradaci vlastností pražcového podloží. Pro sledování byly zvoleny dvě konstrukce výhybek s pohyblivým hrotem srdcovky:

- výhybka č.3 1:26,5 – 2500 PHS v žst Poříčany na kolínském zhlaví – I. koridor;
- výhybka č.18 1:14 – 760 PHS v žst Čerčany na pražském zhlaví – IV. koridor.

## 6. ZÁVĚR A DALŠÍ POSTUP ŘEŠENÍ

Řešení projektu poskytlo poznatky z oblasti chování současných konstrukcí výhybek a umožnilo definovat části výhybky, kterými je třeba se zabývat především z hlediska optimalizace svislé tuhosti ve vztahu k minimalizaci dynamických účinků od projíždějících vozidel. Byl proveden návrh uzlů upevnění se zpružněním pro definované oblasti výhybek. Výpočtově byl navržený způsob řešení posouzen a dosažené výsledky dávají reálný předpoklad na dosažení snížení vlivu dynamických účinků a přenosu emisí hluku a vibrací do infrastrukturních staveb v blízkém okolí železniční dráhy.

Byla vytvořena komplexní metodika pro měření a analýzy dynamicko-akustických dějů na výhybkových konstrukcích. Tato sestává z několika dílčích metodik, které se dají použít při navrženém hardwarovém řešení měřícího systému současně anebo jednotlivě. Byly vytvořeny základní algoritmy pro hromadné hodnocení naměřených dat formou dílčích funkcí, z kterých je možné operativně vytvářet komplexní software. Zároveň jednotlivé postupy byly postupně odzkoušeny při měřeních v laboratoři i terénu. Na základě dosud provedených analýz je možné konstatovat, že použitá metodika v rámci provedených zkoušek poskytovala dobré výsledky a závěry. Měřené a vypočítané veličiny se vyznačovaly dostatečnou přesností a vypovídající schopností. Ke kvalitnímu zpracování naměřených dat bezesporu velmi dobře přispějí navržené prostředky časové a frekvenční signálové analýzy.

Dlouhodobé sledování výhybek v obou úsecích umožňuje posouzení vlivu provozních podmínek na stabilitu GPK ve výhybkách při odlišných konstrukcích pražcového podloží. V případě výhybky v Poříčanech se jedná o stávající konstrukci železničního spodku a rozhrnutou vrstvu kolejového lože. Výhybky v Čerčanech je uložena na pražcovém podloží, které se skládá z kolejového lože, konstrukční vrstvy a zemního tělesa přecházejícího v přechodový klín u mostní opěry a dále kolejového lože a mostní konstrukce. Měření by měla ukázat vliv pražcového podloží na rozvoj geometrických porovnání koleje.

Skutečné přínosy řešení však bude nutné ještě ověřit v provozních podmínkách.

LITERATURA:

Brumek, J., Švaříček, K. *Degradace železničního svršku*, 10-020-1-018b, CPIT VŠB-TU Ostrava, 2011

Salajka, V., Čada, Z. *Výpočet tuhosti uložení kolejnic na pražcích se zpružněným uložením kolejové jízdní dráhy ve výhybce J60-1:12-500-I, zl, b PŘÍMÝ SMĚR- Dynamický výpočet*, Brno, prosinec 2011

Smolka, M., *Odborná zpráva za rok 2011 projektu TA01031297*, Prostějov, 2011

Smolka, M., Zbořil, J. *Řešení zpružnění ve výhybkách*, Nová železniční technika č. 2/2011, ISSN 1210-3942, Praha, 2011

Zbořil, J. *Degradační proces železniční výhybky*, disertační práce, DFJP Univerzita Pardubice, 2011

Zelenka, J. *Simulační výpočty jízdy lokomotivy hmotnosti 90t do odbočné větve výhybky J60 1:12-500*, DP-04-11, DFJP Univerzity Pardubice, prosinec 2011

Lektoroval: Ing. Matouš Vazač, SZDC Praha