

Doc. Ing. Milan Hřebačka, CSc.  
Tomanova 108, 169 00, Praha 6 – Břevnov

## **Oponentský posudek**

### **doktorské disertační práce Ing. Ivana Vukušiče na téma:**

#### **„Analýza dynamických účinků ve výhybce“**

Studijního programu Stavební inženýrství – studijního oboru 3607V009 Konstrukce a dopravní stavby  
na Fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně

### **1. Úvod**

Předložená doktorská disertační práce je zaměřena na tu část konstrukce železniční dopravní cesty, kde se nejvýrazněji projevují interaktivní účinky systému „kolo – kolejnice“. Jedná se o srdcovku ve výhybkách. Práce řeší komplexní metodiku v měření a vyhodnocení zde vznikajících dynamických účinků od projíždějících kolejových vozidel. V České republice tato oblast nebyla doposud řešena tak, aby mohly být na základě uskutečněných měření „in situ“ v provozované koleji získány dostatečné soubory objektivních údajů. Tento chybějící článek mozaiky se podařilo zaplnit. Získané údaje ze všech měření, která byla v rámci řešení práce uskutečněna, daly možnost reálně posoudit problematiku dynamických účinků v srdcovkách výhybek a oprávnily autora práce stanovit adekvátní doporučení a závěry.

### **2. Členění a rozsah předložené doktorské disertační práce**

Doktorská disertační práce je celkově zpracována na 437 stranách formátu A4. Z praktického hlediska je disertační práce rozdělena do dvou samostatných, avšak obsahově spojených a propojených svazků a to do textové části a části přílohové.

Textová část o rozsahu 142 stran je doplněna seznamem použité literatury a dalších informačních pramenů zahrnující 94 zdrojů uveřejněných v letech 2001-2015, seznamem 84 použitých symbolů a zkratk a seznamem příloh. Do textové části je včleněno 109 obrázků a 25 tabulek.

Přílohová část o rozsahu 230 stran zahrnuje tři oddělené skupiny příloh k měřením uskutečněným v provozovaných kolejích železniční stanice Poříčany (8.7.2013 a 9.7.2013), železniční stanice Choceň (25.3.2013, 8.4.2013, 1.7.2013 a 9.6.2014) a železniční stanice Ústí nad Orlicí (22.5.2015 a 27.5.2015). Součástí každé skupiny příloh je také fotodokumentace z měření.

### **3. Posouzení doktorské disertační práce**

Ve smyslu ustanovení článku 45 odstavce 3 Studijního a zkušebního řádu doktorského studijního programu je mou povinností předloženou práci posoudit a v tomto posudku se konkrétně vyjádřit k následujícím okruhům:

- 3.1) aktuálnost tématu disertační práce,
- 3.2) splnění cílů disertační práce,
- 3.3) zvolené metody, postup řešení problematiky a výsledky práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda,
- 3.4) význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru,
- 3.5) formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň.

### **3.1) Aktuálnost tématu disertační práce**

Potřeba dalšího rozvoje a zdokonalování železniční dopravy co-by dopravy ekonomické, ekologické i efektivní je naprosto neoddiskutovatelná v širokém měřítku. Neustále se zvyšují a budou zvyšovat nároky na bezpečnou, spolehlivou a rychlou přepravu osob a nákladů. Požadavkům vyšších a vysokých rychlostí jízdy vozidel musí zákonitě odpovídat také konstrukce kolejové jízdní dráhy, která musí v interakci s projíždějícími vozidly zabezpečit a prokázat svou spolehlivost a odolnost tak, aby její potřebná údržba probíhala v souladu s plánem a zabezpečila tak dlouhodobou životnost konstrukce.

Potřeba spolehlivosti, odolnosti a dlouhodobé životnosti výrazně vystává u fundamentální a nejnáročnější části konstrukce kolejové jízdní dráhy, což jsou výhybky a výhybkové konstrukce. Konkrétně se jedná o oblast s přerušenou pojížděnou hranou a změnou tuhosti jízdní dráhy, což je nejvíce namáhané místo konstrukce výhybky a to je oblast přechodu tzv. „nevedeným místem“, tj. z křídlové kolejnice na hrot srdcovky.

Že si autor jako téma své disertační práce zvolil měření a vyhodnocení dynamických účinků v srdcovkách výhybek a práci nazval „Analýza dynamických účinků ve výhybce“ je velmi správné. Téma práce je totiž vysoce aktuální a řešení problematiky je potřebným a požadovaným přínosem k ekonomickému zabezpečení funkční, plynulé a spolehlivé železniční dopravy přes srdcovkovou část výhybek.

### **3.2) Splnění cílů disertační práce**

Těžiště stanovených cílů práce spočívalo v realizaci experimentálního měření dynamických účinků v srdcovkové části výhybek „in situ“ v podmínkách plného provozu na železniční síti Správy železniční dopravní cesty ( SŽDC) v České republice s následnou analýzou změřených dat. Získané znalosti odezvy konstrukce a jejího dynamického chování na průjezd široké plejády kolejových vozidel v reálných podmínkách, dávají do budoucna možnost realizace a zavedení materiálů i technicky propracovanějších řešení konstrukce srdcovek a efektivitu v jejich údržbě.

Autor při stanovení cílů své disertační práce vycházel z dokonalého seznámení se se současným stavem v řešené oblasti, teoretickým rozbohem problematiky dynamických dějů ve výhybce a dále také z nastudování vhodného matematického aparátu a volby vhodných matematických metod, včetně jejich nastavení, aby tak mohl získat potřebné objektivní informace. Autor při tom mohl i vhodně navázat na poznatky získané při své spoluúčasti na řešení předchozích projektů, které se studiem dynamických dějů ve výhybkách zabývaly.

Cíle práce byly stanoveny vysoce náročně a bez dokonalého zázemí by jejich naplnění nebylo vůbec možné. Úplné splnění cílů práce mohu jednoznačně konstatovat i při vědomí jejich limitování podmínkami, kterých bylo možno dosáhnout v plném provozu na železniční síti naší republiky.

### **3.3) Zvolené metody, postup řešení problematiky a výsledky práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda**

Ke zvoleným metodám a postupu řešení problematiky nemám připomínek a považuji je za správné.

Postup od teoretického rozboru dějů v srdcovkové části výhybky především v závislosti na konstrukčním uspořádání pevných srdcovek, k nastavení vhodné metodiky měření i volby matematického aparátu k získání, vyhodnocení a porovnání dynamických účinků na jednotlivých konstrukcích je logický a správný. Oceňuji důslednost autora při uvědomění si skutečnosti, že při rozboru dynamických účinků je pro úplnost informace nutné nejen znát jejich frekvenční složení,

ale také lokalizaci frekvenční složky v čase s konstantním (lineárním) rozlišením.

K výsledkům práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda mohu uvést skutečnost, kterou také vysoce oceňuji. Autor uvádí v práci své poděkování nejenom vedoucímu práce, Prof. Ing. J. Smutnému, Ph.D., ale také Prof. Ing. L. Pazderovi, CSc. a rovněž kolegům z Ústavu železničních konstrukcí a staveb. Při zabezpečení a realizaci osmi experimentálních měření v železničních stanicích Poříčany, Choceň a Ústí nad Orlicí v srdcovkách šesti výhybek se jednalo o úspěšnou a širokou týmovou spolupráci, kde se zcela zřejmě projevila i těsná a prospěšná dlouhodobá spolupráce mezi Ústavem železničních konstrukcí a staveb a Ústavem fyziky na Fakultě stavební VUT v Brně.

Vůdčí úloha doktoranda při všech měřeních je jasná, jak vyplývá z popisu přípravy a realizace vlastních měření. Nejmatatelnější přínos doktoranda spočívá ve vyhodnocení mimořádného množství údajů, ze kterých mohl podloženě formulovat jasné závěry v následně uvedených podkapitolách práce.:

- 13.1) Seznam dynamických dějů ve výhybce,
- 13.2) Metodika měření,
- 13.3) Matematický aparát,
- 13.4) Hodnocení efektivity údržbových prací,
- 13.5) Návrh zařízení na měření dynamických účinků,
- 13.6) Data pro optimalizaci výpočetních modelů.

Na základě zpracovaných údajů a získaných zkušeností pak doktorand Ing. Ivan Vukušič formuluje zcela konkrétní a realizovatelná doporučení, s nimiž v zásadě souhlasím. K tomu uvádím, že navržená a použitá metodika tak jak je popsána v kapitole 6 textové části je základem certifikované metodiky měření dynamických účinků. Autor práce je spoluautorem této certifikované metodiky.

### **3.4) Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru**

Výrazný význam výsledků této práce spočívá nejen v jejím okamžitém využití v provozní praxi, ale i ve vyvstalých otázkách, na které by bylo velmi prospěšné formulovat i fundované odpovědi. Proto doporučuji, aby vzhledem k významu a úrovni této doktorské disertační práce byl její výtisk po úspěšné obhajobě postoupen Děkanátem FAST VUT v Brně Správě železniční dopravní cesty v Praze k projednání závěrů a doporučení uvedených v práci. Současně s tím doporučuji, aby SŽDC zorganizovala jednání za účasti svých příslušných odborníků, odborníků Technické ústředny, Výzkumného ústavu železničního a samozřejmě také autora práce k odbornému projednání doporučení uvedených v práci s cílem realizace odsouhlasených závěrů vyplývajících z jednání jako např.:

- doplnit systém kontrolní činnosti a diagnostiky stavu výhybek (geometrické parametry ve výhybce, měření ojetí, atd.) o systém sledování dynamických účinků (stacionární zařízení – kde, kdy, jak),
- stanovit jasná pravidla zodpovědnosti a koordinace činnosti na zřízených a funkčních zkušebních úsecích.

K významu práce pro praxi ještě upozorňuji na nezanedbatelnou skutečnost, která je dána principem „akce – reakce“. Měření a vyhodnocení dynamických účinků ve výhybce dá po nutném vývoji a doplnění měřicí sestavy, např. o „světelné brány (spouštěcí mechanismus)“ možnost objektivního posouzení stavu pojezdu kolejových vozidel se selektivním určením „viníků“, tj. konkrétních kol vozidel, která vyvozují již mimořádné a nepřípustné účinky na konstrukci koleje.

### **3.5) Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň.**

K formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce nemám prakticky co dodat. Až na zcela ojedinělé výjimky (uvedu v připomínkách), je formální úprava práce a z hlediska čistoty (minimum překlepů) i její jazyková úroveň vynikající.

## **4. Připomínky k práci a náměty k diskusi v rámci odborné rozpravy**

- 1) Z nepřesné formulace na str.5 vyplývá, že by bylo potřebné v ČR budovat vysokorychlostní síť – s tím nesouhlasím!
- 2) Vzhledem k tomu, že se jedná o originální verzi práce v českém jazyce veškeré převzaté obrázky by měly mít také popis v českém jazyce (obr. 2.1, 2.2, 5.2, 5.4, 5.9, 5.10, 5.11).
- 3) Na str. 8 je uvedeno: „Nejlepším řešením se zdá být nadvýšení křídlové kolejnice“. Text upravuji následovně. „Nejlepším řešením u pevných srdcovek je nadvýšení křídlových kolejnic nad hrotem srdcovky spolu se zpevněním pojížděných ploch (natavení povrchu s použitím součástí odolných proti opotřebení, resp. použití mechanického způsobu, resp. použití výbušného způsobu zpevnění)“.
- 4) Vyjádření děje (na str. 13 i na obr. 5.5) termínem „prasknutí srdcovky“ nepovažuji za správné
- 5) „Délka tyče je 80 cm a je zatlučena do šterkového lože do hloubky 65 cm – str. 33“. S textem nemohu souhlasit a dále – z jakých důvodů byla zvolena délka tyče 80cm?
- 6) V přílohové části u grafů orientovaných svisle bych považoval za moudré přizpůsobit tomu i vysvětlující popis k označeným hodnotám v tabulkách, to znamená otočit popis o 180°.
- 7) Jaké je vysvětlení (hodnoty zrychlení vibrací) např. u Leo Express (snímač A11Z na výhybce č.10) – str. 45, 47 v přílohové části?
- 8) Údaj o povětrnostních podmínkách má důležitou vypovídající hodnotu, proto je potřebné tento údaj uvádět vždy, tak jak je tomu například u měření v Ústí nad Orlicí (výhybky č.3 a č.4).
- 9) Pokud nebyly obě výhybky ve dvojici (sledovaná i kontrolní) vloženy ve stejných provozních podmínkách a ve stejnou dobu, je potřebné znát pro objektivní porovnání i skutečnosti jejich degradace oproti výchozímu stavu, včetně stavu kolejového lože i podloží – prosím o stručný názor!

## **5. Závěrečné zhodnocení disertační práce**

- 5.1 Práce je i při svém mimořádném rozsahu velmi přehledně členěna, logicky zpracována a umožňuje dobrou orientaci v celé problematice
- 5.2 Práce nemá formální nedostatky, obrázky i tabulky jsou přehledně popsány, důsledně jsou vysvětleny jednotlivé členy použitých vzorců a na použitou literaturu jsou v textu uvedeny odkazy.
- 5.3 Autor prostudoval rozsáhlou literaturu, zúročil své zkušenosti ze spoluautorství na dříve zpracovaných projektech. Snažil se také v rámci možného při experimentálních měřeních získat co nejvíce objektivních údajů.
- 5.4 Výsledky práce přinášejí nové a originální poznatky. Navržená doporučení jsou realizovatelná a budou-li v brzké době realizována, budou ihned přispívat k zefektivnění hospodárné udržovací činnosti na provozovaných výhybkách.
- 5.5 Z celkového pohledu se jedná o výjimečně rozsáhlou, zdařilou a pro provozní praxi nepopíratelně prospěšnou práci. Realizovaná experimentální měření z hlediska svého obsahu i rozsahu a v plných provozních podmínkách jsou v České republice zcela mimořádná. Z mého celkového pohledu je po všech stránkách disertační práce nadprůměrná až vynikající!

## 6. Závěr

Závěrem konstatuji, že předložená doktorská disertační práce autora Ing. Ivana Vukušiče splňuje všechny náležitosti podle Studijního a zkušebního řádu doktorského studijního programu FAST VUT v Brně. Vzhledem k výše uvedenému ji doporučuji k obhajobě před jmenovanou komisí a po úspěšné obhajobě doporučuji autorovi práce Ing. Ivanovi Vukušičovi udělit titul Ph.D.

V Praze dne 6.12.2015



Doc. Ing. Milan Hřebačka, CSc.