

## Oponentní posudek doktorské dizertační práce

Autor práce:	<b>Ing. Marek Pětioký</b>
Název práce:	<b>Metodika hodnocení stavu pružných svěrek Skl 14 v provozovaných tratích</b>
Studijní obor:	3706V005 Dopravní prostředky a infrastruktura
Studijní program:	P3710 Technika a technologie v dopravě a spojích
Školící pracoviště:	Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravního stavitelství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Bohumil Culek, Ph.D.
Oponent práce:	Ing. Vladimír Tomandl, Ph.D. Výzkumný Ústav Železniční, a.s., Křížová 96/18, 603 00 Brno

Doktorská dizertační práce (dále jen DDP) byla oponentovi doručena elektronicky spolu se jmenováním oponentem dizertační práce dne 15.10.2020. Text DDP sestává z 8 základních kapitol, dalších 5 kapitol pak zahrnuje formální náležitosti. Rozsah textové části DDP činí 158 stran. Součástí DDP je dále část přílohová, zahrnující převážně grafické a tabulkové přílohy A-K, obsažené v celkových 257 stranách. Spolu s DDP oponent obdržel také teze dizertační práce v českém a anglickém jazyce. Rozsah tezí je 43 stran resp. 46 stran, každé o 10 kapitolách.

Oponentní posudek byl vypracován v souladu se jmenováním oponentem dizertační práce ze dne 15.10.2020, s přihlédnutím zejména k:

- a) aktuálnosti daného tématu;
- b) zvoleným metodám zpracování;
- c) splnění cílů práce;
- d) výsledkům DDP s uvedením, zda a jaké nové poznatky přinesla;
- e) významu pro praxi nebo rozvoj vědy;
- f) rozsahu a kvalitě publikovaných prací, vztahujících se k tématu DDP;
- g) splnění podmínek tvůrčí vědecké práce pro udělení titulu Ph.D.

### **Aktuálnost daného tématu**

Práce je zaměřena na analýzu držečnosti a životnosti pružných svěrek Skl 14 ve vztahu k jejich materiálovým charakteristikám a vnějším vlivům, jako je statické předpětí vnesené utažením svěrky v pracovní poloze, koroze materiálu vlivem působení agresivního prostředí, či odezva na projetou zátěž. V souvislosti se změnami, jimiž dnes prochází železnice v České republice (zahušťování provozu na klíčových úsecích tratí, zvyšování traťových rychlostí,

příprava pro budování vysokorychlostních tratí apod.), jsou kladeny stále větší požadavky na spolehlivost konstrukcí železničního svršku a spodku a vyvstávají nové a dosud neřešené nebo jen částečně řešené úlohy, jako například vliv koroze na správnou funkci upevnění nebo odezva systému upevnění na účinky reálného dopravního zatížení. Z těchto důvodů hodnotím téma DDP jako vysoce aktuální, vystavěné na reálných potřebách provozovatele dráhy. Oceňuji, že problematika byla konzultována s odborníky a na tomto základě byly vytipovány oblasti zájmu, které navíc velmi dobře doplňují aktuální stav poznání nebo ho modifikují pro specifika tuzemské železnice.

### **Splnění cílů práce**

Cíle DDP vychází z potřeby jednoznačné identifikace míry a příčiny poškození pružného upevnění kolejnic W 14 s ohledem na provozní podmínky. Cíle jsou definovány v 5 bodech. Hlavním cílem práce je vytvoření metodiky hodnocení stavu svěrek Skl 14 v provozovaných tratích. Metodika definuje různá hodnotící kritéria a určuje způsob jejich ověření. Zbylé cíle jsou s hlavním logicky provázané a tvoří jeho nedílnou součást. DDP je členěna na 3 základní okruhy – ověření vlastností pružných svěrek Skl 14, návrh hodnotící metodiky a její ověření v terénu. Stanovené cíle DDP považuji za splněné.

Autor po konzultacích s provozovatelem dráhy a s dodavatelem upevnění definoval problematické oblasti na provozovaných tratích a popsal nežádoucí projevy provozu na svěrkách Skl 14. Provedl v přiměřeném rozsahu rešerši relevantních zdrojů týkajících se aktuálního stavu poznání dané problematiky, teoretické a experimentální analýzy konstrukcí železničního svršku a platného legislativního rámce. Téma DDP je značně mezioborové. V rámci ověřování vlastností svěrek doktorand spolupracoval se specializovanými pracovišti. Bylo nutné zajistit odborné vedení v oblastech materiálového inženýrství, dynamického zkušebnictví, chemie a technologií makromolekulárních látek. V rámci numerické analýzy si autor musel osvojit principy modelování metodou konečných prvků. Experimentální analýza in situ vyžadovala pochopení zásad dynamického namáhání a jeho účinků na konstrukce železničního svršku.

### **Zvolené metody zpracování**

Doktorand při zpracování DDP postupoval v souladu s navrženými cíli. Zvolené přístupy, metody zpracování i získané závěry považuji za správné, s drobnými výjimkami uvedenými v připomínkách a námětech k diskusi. Měřené a vypočítané veličiny se vyznačují dostatečnou přesností a vypovídající hodnotou. Byly získány na základě aktuálních poznatků vědního oboru. Zvolená metodika hodnocení stavu svěrek má logickou strukturu a je využitelná v praxi.

Vzhledem ke specifičnosti a šířce záběru prováděných měření a zkoušek je zřejmé, že se nevyhnutelně jedná o kolektivní práci. Rovněž je zřejmé, že doktorand byl při této činnosti

vůdčí osobou. Bez dokonalé součinnosti doktoranda, vedoucího práce a specializovaných výzkumných pracovišť Univerzity Pardubice by DDP tohoto rozsahu a kvality vůbec nemohla vzniknout.

### **Výsledky práce, význam pro praxi a rozvoj oboru, konkrétní přínos doktoranda**

Práce přináší ucelenou metodiku hodnocení stavu pružných svěrek Skl 14 v provozovaných tratích. Tato metodika sdružuje různá hlediska hodnocení, která mohou být flexibilně kombinována. Umožňuje identifikovat aktuální stav svěrek, popř. celého systému upevnění, podle specifických příznaků. Použití navržené metodiky v praxi je žádoucí a přispěje ke zvýšení spolehlivosti konstrukcí kolejnicových upevnění. Metodiku je doporučeno kombinovat s postupy vybraných vědeckých prací, jak autor sám zmiňuje v textu DDP. Oceňuji, že výsledky předložené DDP tyto práce nesuplují, nýbrž zohledňují a logicky doplňují. Za konkrétní přínos doktoranda lze jednoznačně považovat organizaci a velké množství měření a zkoušek v laboratoři i v terénu a zejména následné vyhodnocení a technickou interpretaci výsledků. DDP identifikuje základní mechanické a chemické vlastnosti svěrek a jejich odezvu na dynamické namáhání v součinnosti s působením prostředí a vnějších vlivů. Tyto údaje jsou okamžitě využitelné v praxi, jak ze strany vědecko-výzkumných organizací, provozních složek Správy železnic, státní organizace, tak i výrobců a dodavatelů upevnění.

### **Formální náležitosti práce a její jazyková úroveň**

Formální úroveň DDP považuji za dobrou. Text DDP je dobře strukturovaný a srozumitelný. Autor používá správnou nebo obecně zažitou terminologii. V práci se však vyskytují některé formální nedostatky, ať již se jedná o chybějící veličiny v seznamu symbolů a zkratk, nepřesnosti v číslování obrázků, jejich opakování, či nekontinuitu v číslování vzorců. Za největší nedostatek ale považuji nevhodný popis os nebo dělení dílků některých grafů (např. exponenciální zápis). Práci s grafy to činí méně přehlednou. Cizojazyčné obrázky bych doporučil přeložit či doplnit srovnávací tabulkou v českém jazyce. Jazyková úroveň DDP je dobrá, přesto by ještě zasloužila korekci od nezávislé osoby před zveřejněním DDP. Z mluvnického hlediska se autor nevyvaroval několika chyb. Vybrané příklady uvádím v připomínkách a námětech na diskuzi.

### **Připomínky a náměty na diskuzi**

- Str. 11, 1. odstavce: „Jedním z parametrů určování spolehlivosti železniční svršku jako součásti železniční trati je tzv. *geometrická poloha koleje*.“ Zřejmě myšleno *geometrické parametry koleje* dle ČSN 73 6360-1 – konstrukční uspořádání koleje, geometrické uspořádání koleje a prostorová poloha koleje;

- Napříč prací se liší označení jednotlivých komponent upevnění kolejnic (např. SKL14, Skl14, Skl-14, Skl 14). Doporučuji držet jednotné označení respektující předpis SŽDC S3 Železniční svršek, změnu č. 3;
- Str. 14: Obr. 1-3 (otisk úhlové vodící vložky do paty kolejnice) a obr. 1-4 (otlačení svěrky do panelu přejezdové konstrukce) mají použité totožné fotografie. Obr. 1-4 má být zjevně jiný;
- Str. 27: Obr 3-1 (počet cyklů do poruchy  $N_f$  pro různou asymetrii cyklu) a obr. 3-2 (počet cyklů do poruchy  $N_f$  – zobrazení lineární kombinace Goodmanovy a Gerberovy korekce) byly zjevně vloženy do textu dodatečně. Nebylo však zohledněno přečíslování obrázků v kapitole 3. Obr. 3-1 a obr. 3-2 se v textu vyskytují dvakrát, kapitola končí obr. 3-12, zatímco měla končit obr. 3-14;
- Str. 38, kap. 3.5.5.1: V textu je uvedena odlišná teplota kalení 950 °C a směs pro ochlazení voda + olej, než v tab. 3-3 (materiálové charakteristiky svěrek dle ČSN EN 10089) na str. 39. **Prosím doktoranda o vyjádření;**
- Str. 48: Vzorec má uvedeno číslování (10), přestože se jedná o první vztah v DDP. Navazují vzorce (1) až (6) na str. 87, (8) na str. 89, (10) až (12) na str. 134 a (9) na str. 141. Číslování vzorců není vzestupné, (7) je vynecháno a (10) se vyskytuje dvakrát;
- Str. 90, str. 141: Doktorand správně popisuje princip vzniku a očekávaný výskyt kolejnicové vady vlnkovitosti a skluzových vln. V oblouku měřicího stanoviště však konstatuje skluzové vlny poloviční vlnové délky, než je minimální očekávaná hodnota uvedená v předpisu SŽDC S67 Vady a lomy kolejnic. **Prosím doktoranda o vyjádření;**
- Str. 93, str. 96: Popisy obr. 7-15 a obr. 7-17 nekorespondují s čísly vyznačených oblastí fraktografické analýzy dolomeného vzorku na obr. 7-7, resp. s rozdělením ploch na obr. 7-8. Oblast 5 by se měla nacházet v ploše únavy a oblast 7 v ploše kvazistatiky kombinované s únavou. **Prosím doktoranda o vyjádření. Obecně bych u této analýzy očekával podrobnější rozbor, co je z jednotlivých snímků patrné;**
- Str. 111: U experimentálních měření dynamických parametrů kolejnicových upevnění je velmi důležitá bližší specifikace pružného elementu (rok výroby/vložení, statická svislá tuhost, stiffening factor) – zde pryžová podložka pod patu kolejnice WU 7. Nezávislé výzkumy univerzity ve Wollongongu v Austrálii, Správy železnic, státní organizace z úseku Brno – Břeclav a VUT v Brně ukazují, že se složka tuhosti a složka tlumení v čase snižují. Oblast rezonančních frekvencí podložky se pak v průběhu času posouvá směrem k nižším frekvencím. Hodnoty vypočtených útlumů vycházejí zpravidla o 20 % až 40 % menší u podložky WU 7 starší o 10 let. Změnám v čase mnohem lépe odolávají PA a PU podložky. **Prosím**

**doktoranda o vyjádření. Nemohla být důvodem poklesu maximálních hodnot ekvivalentních povrchových napětí na svěrkách mezi měřeními 10/2016 a 06/2017 výměna podložek pod patu kolejnice (zjištění na str. 113)?**

- Str. 90, str. 140: Hodnoty v tab. z ČSN EN 50125-3 [30] jsou určeny pro frekvenční rozsah  $5 \div 2\,000$  Hz. Jedná se o velmi důležité upřesnění, které má vliv na analýzu DDP. Vzorkovací frekvence měření zrychlení vibrací byla 600 Hz, což znamená, že při nastavení antialiasing filtru jsou postiženy frekvence do 300 Hz. Domnívám se, že doktorand nevyhodnocuje RMS definovanou vztahem (8) na str. 89 pro  $T_p$  = doba průjezdu vlaku, ale že hodnotí lokální extrémy časového průběhu její klouzavé varianty pro délku okna  $T < T_p$  v krocích periody vzorkování apod. RMS získané v rámci vibrodiagnostiky není možné porovnat s hodnotami z tabulky normy. **Prosím doktoranda o vyjádření;**
- V textu DDP postrádám přehledovou tabulku se specifikací jednotlivých měřicích kampaní in situ a rozsahem prováděných prací. Pro dané úseky by bylo vhodné zveřejnit výstupní sestavy GPK. Statické parametry (mimo zatížení) by bylo výhodné měřit spolu s dynamickými pod zatížením. Tak by bylo možné lépe dokázat některé teze a dílčí zjištění. V práci není uvedena znaménková konvence měřených veličin (zejména příčných posunů a Y síly). **Prosím doktoranda o vyjádření;**

## **Závěr**

Závěrem konstatuji, že předložená DDP splňuje náležitosti tvůrčí vědecké práce, a že ji doporučuji k obhajobě před jmenovanou komisí. Po úspěšné obhajobě **doporučuji udělit** autorovi práce **Ing. Marku Pětiokému titul Ph.D.**

V Brně dne 15.11.2020

Ing. Vladimír Tomandl, Ph.D.