

## Posouzení diplomové práce

Název práce: Dynamické vlastnosti vozidla s podvozků s vnitřním rámem

Jméno autora: Bc. Jiří Šlapák

Škola: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera

K posouzení vyžádanému dopisem zn. SZZ-ZoP-18-01 byla předložena diplomová práce v podobě technické zprávy, čítající 91 stran a 9 příloh.

Téma práce se týká aktuálních trendů v železniční dopravě, a to jednak podvozků s vnitřním rámem a dále vývoje nástrojů pro objektivní stanovení poplatků za použití dopravní cesty v závislosti na vlastnostech provozovaných vozidel.

Zadáním byl diplomant orientován na vypracování rešerše podvozků zadané koncepce, sestavení výpočtového modelu vozidla se dvěma variantami podvozků v prostředí programu SIMPACK, vypracování souboru výpočtových simulací a analýzu jejich výsledků zaměřenou na dynamické vlastnosti vozidel a silové účinky resp. opotřebením v rozhraní vozidlo-kolej.

Všechny body zadání byly splněny. Rešerše obsahuje hodnotný komentovaný přehled soudobých provedení podvozků s vnitřním rámem u železničních vozidel provozovaných v Evropě. Výpočtové modely vznikly vlastně dva. Zjednodušený rovinný model je popsán soustavou diferenciálních rovnic a řešen nástroji programu MATLAB. Výsledky řešení tohoto modelu jsou použity především pro validaci dynamických charakteristik komplexního modelu vozidla, vytvořeného v prostředí programu SIMPACK a užívaného k vlastním výpočtovým simulacím jízdy vozidla. Výpočtové simulace jsou v souladu se zadáním zaměřeny na kvantifikaci silových účinků a míry opotřebením v rozhraní vozidlo-kolej. Hodnocení výsledků je pojata jako porovnání vozidla vybaveného podvozků s vnitřním rámem s vozidlem téhož účelu a mechanických charakteristik, ale s podvozků s vnějším rámem.

Práce je přehledně členěna do bodů

1. Úvod
2. Přehled podvozků s vnitřním rámem
3. Možné způsoby hodnocení opotřebením v kontaktu kol a kolejnic a účinků na trať.
4. Návrh parametrů podvozků s vnitřním rámem pro hnací vůz elektrické jednotky
5. Tvorba dynamického modelu vozidla v prostředí Simpack.
6. Vyhodnocení výsledků simulačních výpočtů z hlediska opotřebením kol a kolejnic a účinků na trať
7. Závěr

a doplněna devíti přílohami.

Diplomant použil racionální postup řešení a v jeho rámci postupoval metodicky. Jednotlivé body postupu jsou v průvodní zprávě náležitě odůvodněny a dokumentovány. K jednotlivým částem mám následující poznámky a dotazy.

Některá konstatování v části porovávající dvojkolí s vnějšími ložiskovými čepy s dvojkolími s vnitřními ložiskovými čepy by si zasloužila podrobnější argumentaci. Např. způsob diagnostiky stavu nápravových ložisek z dutiny v nápravě; možnosti kontroly stavu maziva, jeho doplňování resp. výměny. Jaký stav zatížení dvojkolí je předpokládán v obr. 1 ? Jízda v přímé koleji nebo v oblouku za působení významné síly působící v příčném směru?

Postrádám popis vozidla, které je předmětem simulací, a zobrazení formou alespoň typových náčrtů vozidla a podvozků s kótami jejich základních rozměrů. Parametry podvozků s vnitřním rámem byly odvozeny z nějakého konkrétního (referenčního) podvozků s vnějším rámem? Předmětem práce jsou zřejmě trakční podvozků hnacího vozu elektrické jednotky - znázornění na obr. 13. Hodnota momentu setrvačnosti dvojkolí  $J_{dy}$  by však odpovídala spíše dvojkolí běžnému. Předpoklad 30% redukce hmotnosti podvozků v důsledku použití vnitřního rámu by si zasloužil podložit podrobnějším rozbořením, které komponenty jsou ovlivněny koncepcí rámu podvozků a které nikoliv a jaký je jejich podíl na celkové hmotnosti podvozků.

K návrhu parametrů podvozku s vnitřním rámem (bod 4):

Frekvence 1. tvaru houpání jsou poměrně vysoké (1,25 Hz). Očekával bych, že dynamické charakteristiky (tuhosti a tlumení) budou voleny tak, aby frekvence a poměrné útlumy jednotlivých kmitových tvarů byly cíleny k hodnotám, které vykazuje referenční vozidlo.

Torzni stabilizátor kolébání: Byla provedena pevnostní kontrola navrženého provedení? Hodnota  $G = 9,1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$  neodpovídá ocelím, které se pro výrobu torzních tyčí stabilizátorů používají (např. EN 13906-1 uvádí  $G = 7,85 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$ ).

Není zmínka, zda byl u varianty s podvozkem s vnitřním rámem kontrolován součinitel poddajnosti (součinitel náklonu). Parametr je to významný i proto, že se jedná o vozidlo elektrické trakce (s vysokou pravděpodobností vybavené pantografovým sběračem proudu) a uvažuje se o zaměnitelnosti podvozků (podvozek s vnitřním rámem jako náhrada podvozku s vnějším rámem).

Vlastní tvar kmitů, při kterém je nejméně výraznější houpání podvozků, má poměrně vysokou frekvenci cca 9 Hz. V čem to může být problematické?

Dokumentace výpočtového modelu v programu SIMPACK je provedena příkladným způsobem.

U výpočtu dynamické kolové síly dávám k úvaze uplatnit také různou úroveň geometrických parametrů koleje v závislosti na rychlosti jízdy. Vozidlo bude provozováno převážně max. traťovou rychlostí a dá se očekávat, že kolej bude udržována v kvalitě, která traťové rychlosti bude odpovídat.

K posouzení stability jízdy by bylo vhodné ještě doplnit charakteristiku kontaktní geometrie - průběh ekvivalentní konicity anebo alespoň její standardizované vyjádření v podobě hodnoty při amplitudě příčné výchylky 3 mm.

Pro skutečně objektivní srovnání obou koncepcí podvozků by bylo vhodné zahrnout i opotřebení vyplývající z trakce a brzdění.

Tyto mé připomínky nemění nic na vysoké hodnotě předložené diplomové práce, která zcela splnila zadání. Její obsah i způsob zpracování prokazují kompetenci diplomanta ve výpočtových simulacích dynamické reakce vozidla během jeho jízdy po koleji s reálnými nerovnostmi pomocí výpočtového programu SIMPACK. Vytvořený model je způsobilý pro praktické využití. Při validaci modelu a vyhodnocování výsledků výpočtových simulací byly využívány relevantní platné normy.

Z hlediska formálních náležitostí je práce velmi kvalitně zpracována. Nadprůměrnou úroveň má obrazová dokumentace. Pravděpodobně v časové tísní se nedostalo na finální jazykovou kontrolu a ve čtivě napsaném textu tak některé drobné jazykové nedostatky a překlepy působí rušivě.

Při řešení byly využívány četné prameny. V příslušných částech práce jsou korektně citovány odkazem na příslušnou položku v seznamu použité literatury.

Práce podle mého názoru neobsahuje řešení, které by bylo vhodné pro patentovou ochranu.

Předloženou diplomovou práci hodnotím stupněm

A (1,0)



V Praze 5. června 2018

Ing. Tomáš Heptner  
oponent