

## Posouzení diplomové práce

Název práce: Nákladní podvozek three-piece bogie v evropských podmínkách

Jméno autora: Bc. Jan Pulda

Škola: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera

Posudek byl vyžádán dopisem Zn. SZZ-Zop-21-02 a současně byla předložena dokumentace obsahující diplomovou práci čítající 123 stran a 6 příloh a 2 technické výkresy.

Téma práce se týká problematiky možnosti použití podvozku koncepce „three-piece bogie“ (dále jen TPB) v podmínkách evropské železniční sítě z pohledu jeho jízdně-technických vlastností.

Student byl zadáním veden k vypracování rešerše pojednávající o podvozku koncepce TPB, výběru referenčního nákladního vozu včetně tvorby jeho typového výkresu a 3D CAD modelu a výkresu podvozku a stavbě výpočtového modelu vozu, se kterým byly následně provedeny výpočtové simulace v programovém prostředí SIMPACK.

Všechny body zadání byly splněny. Obsáhlá rešerše poskytuje široký vhled do soudobých i historických provedení konstrukce podvozku za použití velkého množství literatury a zdrojů informací. Cenné jsou zejména vyložení historické podklady, které mnohdy podkrývají motivaci k zavedení technických přístupů, které dnes považujeme za samozřejmé nebo zmiňují konstrukce, které se neujaly. Dále jsou popsány výhody a omezení jednotlivých konstrukčních provedení podvozků koncepce TPB. Celkem byly v prostředí programu SIMPACK sestaveny čtyři výpočtové modely vozů, každý s jiným provedením podvozků. První provedení představuje podvozek klasické koncepce, který je již mnoho let na evropské síti, byť v zanedbatelném množství, provozován, druhé, třetí a čtvrté provedení si klade za cíl prostřednictvím úprav konstrukce potlačit známé negativní vlastnosti koncepce TPB. S těmito výpočtovými modely byly následně provedeny výpočtové simulace jízdně-technických vlastností a jejich vyhodnocení ve smyslu EN 14363. Výsledky výpočtů jednotlivých provedení podvozků byly porovnány za účelem ověření přínosu zamýšlených konstrukčních změn. Dále bylo porovnáno chování vozů s podvozky TPB s výsledky výpočtových simulací (které poskytla společnost VÚKV, a.s.) obdobného výpočtového modelu vybaveného standardním evropským podvozkem koncepce Y25. Bylo vypracováno i hodnocení výsledků simulací z pohledu plnění podmínek definovaných normou EN 14363 ve vztahu k jízdní bezpečnosti, namáhání koleje a stability jízdy. Obsah kapitoly *Popis modelového vozu a podvozku* se neomezuje jen na výčet vstupních parametrů, ale jedná se o podrobný obsáhlý popis jednotlivých prvků modelu (dále doplněný i přílohou) zdůvodňující použité postupy a případná nezbytná zjednodušení modelu. Některé matematické úlohy byly řešeny nástroji programu MATLAB. Pozoruhodná je zejména nadprůměrná kvalita číselných vyobrazení. V závěru práce je pak shrnuto chování jednotlivých provedení podvozků.

Diplomant použil k řešení úkolu racionální přístup a postupoval metodicky. K jednotlivým částem práce mám následující poznámky a dotazy.

Za jediný výrazný nedostatek práce považuji horší srozumitelnost textu. Často jsou použity formulace vytržené z kontextu nebo naopak nezapadající do textu okolního. Čtenář často neví, o kterém provedení podvozku je řeč, co s čím je porovnáváno, vůči jaké základně jsou vztaženy popisované pohyby jednotlivých těles atd. To je patrné zejména v kapitole *Výsledky provedených simulací*, kde je popis a vysvětlení příčin různých jevů velmi nepřehledný. Text by zde zaslužil zkrátit a systematicky strukturovat.

Na straně 42 je v kapitole *Tlumení pohybů dvojkolí vůči podélníkům* nelogicky vyzdvížena výhoda (ve vztahu ke zlepšení podmínek pro rejdivání dvojkolí) snížení tření mezi ložiskovou skříní a podélníkem podvozku pomocí polymerové vložky. Po faktické stránce je toto tvrzení v pořádku, formálně však nepatří do kapitoly pojednávající o tlumení.

Na straně 51 je uvedeno: *Z hlediska maximální rychlosti mohou TPB běžně dosahovat nižších rychlostí oproti podvozkům s odpruženými dvojkolími*. Patrné bylo myšleno „s vypruženým rámem“.

V kapitole *Úpravy uzlu svislého a příčného vypružení*, která popisuje zásadní rozdíly mezi čtyřmi zvolenými provedeními TPB, postrádám charakteristiky svislého vypružení pro všechny varianty, případně i charakteristiky Tuhost – Síla (Nápravové zatížení) a schéma půdorysného uspořádání pružin. Jistě by to přispělo k lepší přehlednosti.

Na straně 60 je uvedeno, že došlo k redukci zdvihu příčného vypružení na hodnotu  $\pm 10$  mm s tím, že obvyklá hodnota výchylky v provozu je  $\pm 5$  mm. Chybí však zdroj informace, případně graf s charakteristikou příčného vypružení znázorňující patřičný pracovní bod pro kvazistatické zatížení a dynamickou přírážku.

Na straně 67 z popisu silové vazby mezi ložiskovou skříní a vodorovnou dosedací plochou podélníku („varianta uložení ložiska s volností a třením“) plyne, že je zde zavedena vysoká rotační tuhost ( $3,0 \cdot 10^6$  N m rad<sup>-1</sup>) a viskózní tlumení kolem osy X. Tato tuhost je dokonce 30x vyšší než tuhost pryžokovové vložky u provedení „uložení ložiska na pryžokovovém bloku. Takový silový element výrazně zvýší torzní tuhost podvozku (odpovídá to ekvivalentu svislé pružiny o tuhosti 3 000 N/mm umístěné na bázi nápravových ložisek). Jaký je důvod použití této tuhosti v kontaktu?

Na straně 68 v tabulce 4.6 *Parametry stick-slip 2D elementu použitého ve vazbě ložisko-podélník* je uvedena hodnota adhezní tuhosti  $k_x$  respektive  $k_y$ , která při uvedeném normálovém zatížení a součiniteli tření umožňuje ve stavu lpění třecích ploch značné pružné pohyby až  $\pm 0,5$  mm. Nejedná se tak o třecí kontakt v pravém slova smyslu.

Na straně 86 jsou uvedeny shodné hodnoty výšky těžiště nad TK pro plný i prázdný kontejner, což je nepravděpodobné i s ohledem na důvtipně zvolený postup simulování rozložení hmoty nákladu v kontejneru. Patrně se jedná jen o překlep.

Na straně 98 je uvedena informace ve smyslu, že vyšší dynamické kolové síly mají příznivý vliv na průběh  $Y/Q$ . Je tomu skutečně tak?

Za nepřilíš postačující považuji, že závěry ohledně chování podvozků v oblouku byly činěny na základě vyhodnocení simulací pouze ze dvou oblouků, a to o poloměru 250 m a 500 m, neboť v ostatních zamýšlených případech vykazovaly modely nestabilní chování a výsledky nebyly použitelné. Je však na místě uvést, že tvorba výpočtového modelu s třecími vazbami není jednoduchou záležitostí, a to ani v případě, že jsou k dispozici data z měření reálného vozidla, a tak je výše uvedené „vynucené“ zjednodušení pochopitelné.

V závěru práce je zmíněno že použití kolejnice tvaru 60E1 namísto 60E2 může zlepšit podmínky pro radiální stavění dvojkolí. Dávám k úvaze, je-li tato jinak správná hypotéza realizovatelná v prostředí reálných traťových oblouků. V rámci vlastní obhajoby práce, by se mohl diplomant k tomuto bodu vyjádřit.

Výše uvedené připomínky nijak nesnižují vysokou hodnotu předložené práce, jejímuž vypracování bylo nepochybně věnováno nadstandardní úsilí a která zcela splnila zadání. Diplomant prokázal kompetenci na poli konstrukce kolejových vozidel a výpočtových simulací v programovém prostředí SIMPACK. Při řešení byly využívány četné prameny a tyto korektně citovány. Grafická úroveň práce je vynikající.

Podle mého názoru práce neobsahuje řešení vhodné pro patentovou ochranu.

Předloženou diplomovou práci hodnotím stupněm

A (1,0)