

Posudek oponenta diplomové práce

Název práce: Návrh hnacího podvozku s vnitřním rámem pro vozy metra
Autor: Bc. Maxmilián Křehota
 Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera

Předložená diplomová práce se zabývá návrhem dvounápravového hnacího podvozku pro metro s vnitřním uspořádáním rámu. Zadání práce a její řešení bylo koordinováno s průmyslovým partnerem, což tématu zaručuje reálný rámec a praktickou využitelnost. V rámci práce autor zpracoval projekt řešící zástavbu klíčových částí podvozku do nově navrženého rámu s vnitřním ložiskováním. Při zpracování autor vycházel z předchozích konstrukcí podvozků metra s konvenčním řešením rámu, které používá průmyslový partner. Konstrukce tak využívá shodné prvky rozhraní a komponenty podvozku. Výhodou této nové koncepce je úspora hmotnosti.

Dílčí kroky v práci odpovídají struktuře zadání, které je v tomto přímé a vzhledem k cíli práce logické. Po krátké rešerši autor představuje celkovou koncepci jím navrženého podvozku. V několika podkapitolách vysvětluje řešení jednotlivých konstrukčních uzlů, přičemž je vše doplněno velmi názornými obrázky. V příloze je také uveden výkres sestavení podvozku. Následuje podrobný popis konstrukce rámu podvozku s pomocí modelu, který může sloužit jako podklad pro tvorbu výkresové dokumentace. Kromě názorných detailů je zpráva doplněna i samostatným výkresem sestavení a svařence rámu.

Následující kapitola věnující se ověření statické odolnosti je nejobsáhlejší. Autor zde pečlivě specifikuje a vypočítává zatížení stanovené správně dle požadavků norem EN 13749 a VDV 152. Zde by bylo vhodné zasadit jejich použití do kontextu obecných závazných požadavků na kolejové vozidlo. To je dané nařízením evropské komise skrze takzvané technické specifikace pro interoperabilitu tzv. TSI LOC&PAS. Kombinací zatížení pak tvoří celkem 16 řešených zátěžných stavů, které jsou systematicky rozloženy v Tab. 17. Pro potřeby výpočtu pomocí metody konečných prvků autor vytvořil zjednodušený model rámu podvozku v programu Solidworks Simulation. Uvedeny jsou okrajové podmínky, které jsou podrobně rozepsány včetně grafického znázornění v příloze C, což je chvályhodné. Hodnocení statických zátěžných stavů bylo provedeno v souladu s předepsanými normami. Každý následný stav byl vyhodnocen a doplněn obrázkem s lokálními maximy napětí. Obrázky byly čitelné při prohlížení PDF souboru.

Závěr práce je dobře napsaný a shrnuje klíčové parametry navržené konstrukce. Také je zde rozvedeno plnění cílů práce a nastíněn další proces nutný pro dokončení konstrukce a zavedení do výroby. Autor zde také uvádí hmotností úsporu 7 % oproti současné konstrukci podvozku.

K práci mám několik připomínek:

- Kapitola Úvod je nevhodně koncipována jako směs motivace a rešerše. Začátek kapitoly evidentně vychází ze syntézy poznatků rešerše, která teprve následuje. Autor by také měl postavit motivaci k řešení práce i na dalších důvodech, než je jen úspora hmotnosti. Zcela zbytečně pak působí podkapitola o volbě materiálu, kdy ani jeden z uvedených se pro navrhovaný typ konstrukce nepoužívá a ani to není dále v práci uvažováno.
- Stěžejní částí práce byl návrh svařence podvozku. Tento komplikovaný díl je svázán celou řadou nejen obecných požadavků na svařovaný díl, ale i specifických požadavků daných určením konstrukce pro kolejové vozidlo. Působí to pak tedy dojem, že většina konstrukčních detailů je převzata z původního projektu a autor řešení svarových detailů sám neřešil.

- Jako jedno z kritických míst autor identifikoval oblast podélníku v místě přechodu mezi primárním a sekundárním uložením, viz Obr. 62. Podélník je řešen jako boxový nosník a jeho stojiny jsou dle výkresu svařence spojeny jednostranným koutovým svarem. Jeho nižší výpočtový průměr a další specifika nebyly ve výpočtovém modelu nějak zohledněny. Reálné hodnoty napětí to může negativně ovlivnit.
- V podkapitole věnované výpočtovému modelu rámu chybí přesný popis použitého typu elementu, zmínka o validaci sítě konečných prvků a bylo by dobré více rozvést způsob generování sítě. Pro zpracování výpočtového modelu by bylo vhodné zmínit nějaký zdroj informací, ze kterých autor čerpal. V rámci analýzy MKP by měla být uvedena verze použitého programu.
- U výsledků z analýzy MKP mi chybí vždy uvedení informace, zda se jedná o výsledky na horní nebo dolní ploše skořepiny, čtenář pak může nabývat dojmu, že autor vyšetřil pouze jednu stranu skořepiny.
- Zavedení vzdálených silových zatížení v MKP modelu nebylo blíže popsáno z hlediska typu spojení působiště síly a plochy působiště.
- V rámci analýzy MKP byly nahrazeny navržené konzoly pomocného příčnicku a úchytu tlumiče vzdáleným zatížením. To v zásadě není špatný přístup, ale tyto konzoly bude nutné také pevnostně ověřit v dalších fázích vývoje podvozku. Kromě toho pomocný čelník může do rámu podvozku zavádět vazbu, která ovlivní chování celé konstrukce.
- Konstrukce konzole uchycení svislého tlumiče, viz Obr. 44, se nejeví jako příliš zdařilá. Měl bych obavy, zda má dostatečnou tuhost, aby neovlivňovala dynamiku pojezdu. Navíc nestandardní jednostranné upevnění tlumiče vnáší přídatné momentové zatížení. Konzole navíc nebyla pevnostně hodnocena a ani nebyla její tuhost v textu nějak diskutována.
- Zadání práce bylo vhodně doplněno na základě rešerše a bližších specifikací průmyslového partnera. Nicméně zde chybí nějaký konkrétní cíl týkající se úspory hmotnosti, což byla hlavní motivace této práce. Navíc stanovení takového měřitelného cíle je ke konstrukčnímu typu práce velmi vhodné. Přesto autor určitým způsobem úsporu hmotnosti kvantifikoval a uvedl v závěru.
- U tohoto typu konstrukce mi chybí provedení analýzy vlastních frekvencí, která by posloužila k zhodnocení dynamického chování konstrukce a její tuhosti. Zejména pak pro možné porovnání s původním podvozkem průmyslového partnera.
- Citování norem v seznamu použitých zdrojů není provedeno správně, chybí označení normy.
- Mechanické vlastnosti oceli bych čerpal přímo normy, a nikoliv z internetového zdroje.

Přes všechny zmíněné připomínky práce splňuje cíle stanovené zadáním, a to ve všech bodech. V rámci této práce navržená konstrukce může významným způsobem posloužit v dalších fázích projektu tohoto typu podvozku u průmyslového partnera a tím vést k jeho zavedení do běžného provozu. Na základě těchto všech v posudku uvedených skutečností hodnotím diplomovou práci klasifikačním stupněm:

– B –

Prosím autora, aby při obhajobě zodpověděl následující otázky:

Ve výkrese svařence jsou všechny svary uvedeny jako vyduté, můžete prosím vysvětlit důvod použití této úpravy svaru?