

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Analýza jízdně-technických a dynamických vlastností nákladního vozu s uvažováním poddajnosti skříně
Jméno autora:	Bc. Patrik Staněk
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Oponent práce:	Ing. Jan Čapek, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	VÚKV a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<p>Předložená práce se zabývá vyšetřením jízdních vlastností dvounápravového nákladního vozu pro přepravu kontejnerů s využitím moderních výpočtových nástrojů FEM a MBS. Jedná se o náročné zadání, jelikož výpočtové simulace typu MBS nákladních vozů, navíc s uvažováním poddajnosti skříně, patří k těm vůbec nejsložitějším. Pro zvládnutí tohoto úkolu je potřeba si jednak velmi dobře osvojit práci s těmito softwarovými nástroji a pochopit jejich principy, ale i se detailně seznámit s konstrukcí vyšetřovaného vozidla a v neposlední řadě i seznámit se s příslušnou normou, podle které se tyto vlastnosti vozidel hodnotí a správně ji aplikovat. Zvládnutí celého tohoto řetězce patří v oboru dynamiky kolejových vozidel k tomu nejnáročnějšímu.</p>	

Splnění zadání	splněno
<p>Všechny body zadání jsou beze zbytku splněny.</p>	

Zvolený postup řešení	správný
<p>Postup návrhu podvozku je správný a sleduje jednotlivé kroky zadání. Nejprve se autor detailně seznámil s konstrukcí předmětného vozu, vytvořil CAD model spodku vozu a odvodil parametry (charakteristiky) vypružení a vedení dvojkolí. Poté byly vytvořeny výpočtové modely MBS, a to pro porovnání dvou základních typů – s tuhým spodkem a s poddajným spodkem skříně. Poddajný spodek skříně byl vytvořen v programu FEM a následně úspěšně převeden do prostředí programu MBS. Model MBS vozu je vytvořen tak, že dvojkolí jsou se spodkem vozu spojena přes silové prvky, jejichž parametry odpovídají parametrům odvozeným při analytickém rozboru funkce vypružení v úvodních krocích řešení zadání. To je velmi správný přístup, kdy výpočtový model MBS je vhodně zjednodušen, aby přílišná složitost (detailní modelování pojezdu) nevedla k neúměrně komplikovanému modelu, což by jistě mělo za následek výskyt mnoha numerických problémů řešiče při výpočtech. Autorem zvolné zjednodušení modelu je z tohoto pohledu zcela správné a nebude mít vliv na významné zkrácení výsledků výpočtů. Kromě dvou základních variant modelu vozu (dané poddajností spodku) byly navíc vytvořeny další dvě subvarianty, lišící se použitým matematickým modelem tření ve vypružení. S těmito čtyřmi modely byly následně provedeny výpočty bezpečnosti proti vykolejení za kvazistatických podmínek a jízdy po přímé koleji, zaměřené na jízdní stabilitu a jízdní vlastnosti obecně. Výsledky jsou pak vyhodnoceny ve smyslu normy ČSN EN 14363 a v závěru práce jsou detailně interpretovány.</p>	

Odborná úroveň	A - výborně
<p>Práce je řešena na velmi vysoké odborné úrovni. Jednotlivé kroky řešení jsou v průvodní zprávě detailně a odborně popsány a vysvětleny. Byl odvozen komplexní matematický model vypružení a vedení dvojkolí. Rovněž jsou v průvodním textu popsány principy matematických modelů třecích prvků nebo fungování poddajných sktruktur v modelu MBS. Na základě toho je možné konstatovat, že si autor danou problematiku pečlivě nastudoval a následně výpočtové nástroje správně a vhodně použil.</p>	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

Průvodní zpráva je přehledně strukturovaná a dobře srozumitelná. Veškeré použité obrázky jsou po obsahové i grafické stránce na vysoké úrovni. Po jazykové stránce je předložená práce bez výhrad.

Průvodní zpráva je členěna do dvou hlavních částí – hlavní popisné o rozsahu cca 70 stran a příloh o celkovém rozsahu cca 60 stran obsahujících především grafické výstupy z provedených simulačních výpočtů a jejich zhodnocení. Prezentace výsledků v přílohách je však poměrně nepřehledná. Pro některé veličiny jsou zde uvedeny průběhy v závislosti na ujeté dráze (grafy bohužel nejsou pro všechny veličiny vizuálně jednotné), zatímco jiné veličiny jsou zde prezentovány pouze formou sloupcových grafů s maximálními nebo rms hodnotami. Navíc řazení výsledků pro jednotlivé varianty výpočtového modelu (varianty označovány jako 1A, 1B, 2A, 2B) je mezi jednotlivými veličinami různé, někdy (alespoň pro čtenáře) nelogické. A i označení variant modelu je různé. V případě prezentace výsledků ze simulace zkrucovací zkoušky by bylo mnohem přehlednější a vhodnější, kdyby se všechny grafy jedné varianty umístily vždy na jednu stranu.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

V průvodní zprávě je odkazováno na velmi bohatý seznam zdrojů, obsahující odborné články a literaturu, vyhlášky a evropské normy. Převzaté prvky jsou v textu vždy správně odlišeny.

Další komentáře a hodnocení

Na základě předložené zprávy je možné konstatovat, že autor zvládl všechny kroky tvorby výpočtového modelu nákladního vozu s poddajným spodkem, což je jeden z nejnáročnějších modelů typu MBS. Hlavní obtížné body jsou v tomto případě dva: vložení poddajného spodku a matematický model třecích vazeb. Z prezentovaných výsledků výpočtů lze usuzovat, že technika tvorby takto komplexního modelu byla zvládnuta.

Aby takovýto model mohl být dále nasazen v praxi pro řešení nejrůznějších zakázek a úkolů, je dalším nutným krokem jeho validace na základě výsledků měření. Výsledky výpočtů se zdají ve většině případů věrohodné, bylo by ale třeba je konfrontovat s chováním skutečného vozidla. Jak sám autor zjistil, jelikož správně provedl porovnání chování modelu s dvěma různými matematickými modely tření, může model vykazovat dosti odlišné chování v závislosti na právě použitém matematickém modelu tření. Navíc lze měnit i parametry samotného modelu tření, což jistě také povede k různým výsledkům. A lze měnit i jiné parametry – např. tuhost uložení koleje. I tento parametr může mít na chování modelu při jízdě po přímé trati vliv. Proces validace výpočtového modelu je však samozřejmě již nad rámec rozsahu diplomové práce.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Na základě předložené průvodní zprávy se dá konstatovat, že body náročného zadání byly beze zbytku splněny. Zvolený postup řešení je správný. Pro řešení byly využity jak analytické rozborů, tak moderní výpočtové nástroje v podobě programů FEM, MBS a Matlab. Autor práce prokázal osvojení si práce se všemi těmito moderními nástroji. Je třeba ocenit, že pro porovnání byly vytvořeny modely vozů ve dvou variantách z hlediska použitého matematického modelu tření ve vypružení. Ocenit je třeba i to, že byl vytvořen matematický model nákladního vozu, který lze použít jak k simulacím jízdy pro zjištění jízdních vlastností, tak i pro zjištění míry bezpečnosti proti vykolejení za kvazistatických podmínek. Pokrytí obou těchto oblastí jedním výpočtovým modelem je dalším prvkem, který zvyšuje náročnost zadání. Autor se také seznámil s normou EN 14363 týkající se hodnocení vozidel z hlediska bezpečnosti proti vykolejení a jízdních vlastností a vhodně ji použil na stanovení podmínek simulací a pro interpretaci jejich výsledků.

Drobnou výtka je pouze forma a přehlednost prezentovaných výsledků výpočtů.

Vytvořený výpočtový model by zcela jistě bylo vhodné – a to je již nad rámec této práce – podrobit jeho validaci na základě výsledků z měření s reálným vozem. K tomuto bude mít autor příležitost ve svém budoucím zaměstnání.

Dotaz k obhajobě:

- Jak se odlišuje MBS model použitý pro zkrucovací zkoušku od modelu použitého pro jízdu na trati (parametry třecích vazeb apod.)?
- Důležitým parametrem ovlivňujícím jízdní vlastnosti v přímé trati je ekvivalentní konicita. Prosím o doplnění tohoto parametru.

Vzhledem k rozsahu a kvalitě diplomové práce ji hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 29.8.2022

Podpis:

