POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Návrh portálové nápravy trakčního podvozku nízkopodlažní tramvaje**
Jméno autora:	**Tomáš Reichert**
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	12 120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Oponent práce:	Ing. Jan Vrba
Pracoviště oponenta práce:	Škoda Transtech Oy

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání **náročnější**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Zadání práce vyžaduje po studentovi zorientování se v poměrně náročné problematice tramvajových podvozků, zejména pak v konstrukčních řešeních uzlu primárního vypružení a vedení dvojkolí. Pro splnění jednotlivých zadaných úkolů je po studentovi požadováno aplikovat znalosti nabité v rámci bakalářského studia, porozumět technickým normám, i se seznámit s problematikou probíranou až v magisterském oboru zaměřeném na kolejová vozidla.

Splnění zadání **splněno s menšími výhradami**

Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.

Zadání bakalářské práce je rozděleno do 6 bodů. Všechny body zadání byly splněny v dostatečném rozsahu. Výhrady mám pouze k prvnímu bodu zadání – vypracovat rešerši na téma nápravy a způsoby primárního vypružení u podvozků nízkopodlažních tramvají. Rešerše by dle mého názoru měla být zpracována šířeji, i s ukázkou podvozků s klasickými dvojkolími, nikoliv jen podvozků s nezávisle otočnými koly. Ukázky otočných podvozků Ixege a Ipomos jsou konstrukcí velmi podobné a v práci tak nejsou představena také jiná technická řešení otočných tramvajových podvozků. V rešerši uvedené neotočené podvozky jsou svojí konstrukcí dnes již zastaralé a bylo by vhodné v rešerši zmínit také novější řešení.

Zvolený postup řešení **správný**

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Student postupoval při řešení úkolů bakalářské práce metodicky správně.

Odborná úroveň **D - uspokojivě**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Předložená práce splňuje odbornou úroveň požadovanou po bakalářské práci. Student však pouze částečně prokázal schopnost orientovat se v odborné literatuře a správně aplikovat nabyté poznatky do návrhu technického řešení, provést rozbor sil působících na portálovou nápravu a navrhnout vhodná kolová ložiska. V práci často není jasné na základě čeho byly zvoleny hodnoty některých součinitelů a veličin (např. různé hodnoty součinitele adheze při výpočtu, průměrná rychlost pro návrh ložisek, zvolený koeficient tření, či koeficient bezpečnosti při pevnostní kontrole nápravy). V práci jsou často použity výrazy nekorespondující se zaběhlou odbornou terminologií (např. „zatáčka“, „jízda v rovině“, „rovná jízda“, „malý směrový oblouk“). Označení některých veličin nekoresponduje se zažitou praxí a může být pro čtenáře matoucí (např. F_{adh} jako označení pro součinitel tření).

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **C - dobře**

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je logicky uspořádána do 9 kapitol avšak chybí v ní úvod, který by čtenáře uvedl do řešené problematiky a nastínil cíle závěrečné práce. Práce obsahuje středně velké množství pravopisných chyb a překlepů a v některých pasážích není příliš obratně napsána. V práci je obsaženo dostatečné množství tabulek a obrázků, jejichž názornost však není často ideální. Domnívám se, že práce pro nezasvěceného čtenáře může být místy matoucí a těžko pochopitelná. V některých kapitolách

chybí zarovnání textu. Kromě technické zprávy, která je vypracována v nadprůměrném rozsahu, je přiložen i sestavný výkres a kusovník.

Výběr zdrojů, korektnost citací **B - velmi dobře**

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Práce čerpá zejména z dostupných přednášek k předmětům magisterského oboru Kolejová vozidla, dále pak z dalších online českých i cizojazyčných zdrojů, které jsou v seznamu literatury řádně uvedeny. Výhradu mám zejména k neuvedení zdrojů informací u Tabulek 1 - 6.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Hlavním výsledkem bakalářské práce je návrh portálové nápravy pro trakční tramvajový podvozek. V práci jsou zjednodušeně vypočteny síly působící na nápravu, navržena kolová ložiska a je proveden zjednodušený výpočet nápravy metodou konečných prvků. Provedený návrh tak může posloužit pro další návrhové práce v rámci konstrukčního uzlu dvojkolí a primárního vypružení, potažmo i celého podvozku tramvaje.

K práci mám dále tyto poznámky:

- Str. 9 – V současné době se opět objevují řešení tramvajových podvozků s pohonem umístěným příčně mezi koly. Tyto podvozky však již umožňují nízkopodlažní řešení vozidla (např. Stadler TINA).
- Str. 9 – Použití schodů či šikmých ramp je rozdílné dle preferencí jednotlivých dopravních podniků. Například v Německu je u větší části dopravních podniků preferováno řešení se schody a bez šikmých ramp (např. nové tramvaje Stadler či Alstom pro Darmstad resp. Drážďany). Z hlediska ergonomie není jednoznačně definováno lepší řešení.
- Str. 10 – Nepovažuji vedení dvojkolí pomocí kyvného ramene za méně moderní. Toto řešení je využito u mnoha velmi moderních tramvajových podvozků předních výrobců kolejových vozidel.
- Str. 12 – Obr. 7 – Pro ukázku vozidla s neotočnými podvozky by bylo vhodné zvolit jinou koncepci článkové tramvaje. Uvedená koncepce spíše odpovídá tramvaji s částečně otočnými podvozky.
- Str. 13 a 14 – Z Obr. 8 a 9 nemusí být pro nezasvěceného čtenáře jasné, co se na obrázku nachází. Popis obrázku neodpovídá realitě (na obrázcích je rám podvozku i s dvojkolími). Dále není jasné, proč jsou na obou obrázcích kola i středový příčník rámu jinak široká.
- Str. 16 – Autor u popisu podvozku Ipomos zmiňuje vzduchové sekundární vypružení. Na Obr. 12, na který se v textu odkazuje, je ale patrné vypružení ocelovými vinutými pružinami.
- Str. 25 – U Obr. 25 by bylo vhodné doplnit popis jednotlivých dílů.
- Str. 27 – Není jasné, jak je určeno průměrné zatížení na nápravu, a co tento pojem vůbec znamená. Jedná se o průměrnou hodnotu maximálního nápravového zatížení u tramvají s otočnými podvozky?
- Str. 27 – Autorem zmiňovaná a pro výpočty využitá hodnota mezního poměru Y/Q dle EN 14363 platí pro úhel okolku 70 stupňů a pro koeficient tření 0,4. U tramvajových kol bývá však hodnota úhlu okolku většinou odlišná a v práci je počítáno s hodnotou koeficientu tření 0,3.
- Str. 27 – Nejedná se o součinitel adheze nýbrž o koeficient tření mezi kolem a kolejnicí. Značení velkým písmenem F je nešťastné a matoucí.
- Str. 27 – Autor značí maximální kolovou sílu jako ΔQ a záhy jako Q_{max}.
- Str. 36 – Autor zaměňuje v rovnicích 4.37 až 4.42 koeficient adheze a součinitel tření. Dále z komentáře k výpočtům není jasné, proč v uvedených rovnicích je počítáno se třemi různými hodnotami souč. adheze. Pro výpočet brzdných sil je výpočet se souč. adheze 0,15 sice správný, ale v práci chybí vysvětlení proč je s touto hodnotou počítáno. Proč je v přímé trati počítáno s jiným součinitelem adheze než v oblouku, není z práce též jasné.
- Str. 37 – Do rovnice 4.44 je dosazena hodnota poloměru kola ve špatných jednotkách.
- Str. 46 – Není jasné, jak byla určena průměrná rychlost tramvaje 20 km/hod. Hodnota neodpovídá komentáři v kap. 5.5.

- Str. 46, 47 – Trvanlivosti ložisek v kilometrech jsou počítány pro průměr nového kola. Vzhledem k postupnému snižování hodnoty průměru kol během provozu bude trvanlivost ložisek nižší. Pro přesnější určení trvanlivosti ložisek by bylo vhodné počítat se střední hodnotou průměru kola.
- Str. 49 – Dle obr. 40 - 2s označuje vzdálenost os vnitřních ložisek. Když k této hodnotě připočteme hodnotu 2a (dle obr. 28), měli bychom dostat vzdálenost os kol dvojkolí, tedy hodnotu vyšší než rozchod koleje (1435 mm). Po provedení výpočtu: $2 \cdot s + 2 \cdot a = 2 \cdot 596 + 2 \cdot 37{,}9 = 1267{,}8$ mm vychází hodnota nižší než je rozchod koleje.
- Str. 52,53 – Považoval bych za vhodné v kap. 7 alespoň zmínit, že reálně budou v oblouku na čepy působit také značné podélné a příčné síly.
- Str. 55 – Bylo by vhodné zavést i zatížení od nalisování ložisek na čep nápravy.
- Str. 57 – Není jasné, na základě čeho byla zvolena hodnota součinitele bezpečnosti 1,5 v rovnici 8.1.
- Str. 57 – Dle obrázků v kap. 8 není na nápravě vymodelováno drážkování pro přenos točivého momentu mezi koly. Lze předpokládat, že drážkování výrazně ovlivní dosažené výsledky FEM výpočtu a bylo by tak vhodné tento fakt v práci minimálně zmínit.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Bakalářská práce se zabývá poměrně náročným tématem návrhu portálové nápravy trakčního tramvajového podvozku a je vypracována v nadprůměrném rozsahu a s nadprůměrnou škálou provedených činností. Bohužel však její zpracování působí nedbale a práce obsahuje poměrně velké množství věcných i pravopisných chyb. Práce je místy nepříliš obratně napsána a pro nezasvěceného čtenáře může být poměrně těžce pochopitelná.

Otázka k obhajobě:

Jaký je rozdíl mezi součinitelem tření v kontaktu kolo - kolejnice a součinitelem adheze?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře.**

Datum: 8.8.2023

Podpis: