

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Studie trakčního podvozku pro nízkopodlažní tramvaj
Jméno autora:	Bc. Martin Komínek
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	U 12 120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Oponent práce:	Ing. Roman Zakopal
Pracoviště oponenta práce:	Škoda Transportation a.s.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce vyžaduje na studentovi prokázání schopnosti provázat základní teoretické poznatky o konstrukci nízkopodlažních podvozků tramvajových vozidel do konkrétního konstrukčního návrhu s předem stanovenými specifickými požadavky: 1) torzně poddajný rám a 2) individuální pohon volně otočných kol. Zadání diplomové práce považuji za přiměřené požadavkům magisterského studijního programu.	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<i>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.</i>	
Zadáním diplomové práce bylo studentovi uloženo vypracovat konstrukční studii dvounápravového trakčního podvozku s torzně poddajným rámem a individuálním pohonem volně otočných kol. Tomu měla předcházet rešerše řešení trakčních podvozků a pohonů u 100% nízkopodlažních tramvajů. Pro navrhovaný podvozek měla být zvolena i odpovídající celková koncepce vozidla a vypracován typový výkres tramvaje. Výpočet hmotnostní bilance vozidla a stanovení nápravových a kolových sil, včetně silových účinků v kloubovém spojení jednotlivých článků vozidla, je nutným požadavkem pro následné pevnostní výpočty prvků sekundárního vypružení. S ohledem na specifické zadání diplomové práce podvozku s torzně poddajným rámem je dále požadováno zhodnocení přínosu tohoto řešení v porovnání s podvozkem s tuhým rámem. Konstrukční studie podvozku měla být zdokumentována sestavným výkresem podvozku, detailním rozбором sekundárního vypružení a průvodní technickou zprávou, obsahující odůvodnění, popis a hodnocení navržených řešení.	
Po prostudování diplomové práce konstatuji, že zadání je splněné s těmito poznámkami a výhradami:	
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <b>rešerše</b> je přehledně a srozumitelně zpracovaná. S ohledem na zadání diplomové práce je zvláštní část věnována podvozkům s torzně poddajným rámem, včetně nejstarší koncepce PCC podvozků. Postrádám zhodnocení a porovnání představených variant podvozků, upozornění na výhody a nevýhody jednotlivých konstrukčních řešení.</li><li>➤ <b>typový výkres a popis vozidla</b> je pojat velice jednoduše, chybí např. údaje o počtu sedadel, celkové obsaditelnosti apod. Lze polemizovat s rozložením sedadel v druhém zavěšeném článku – u jednosměrného vozidla jsou spíše požadována sedadla orientovaná ve směru jízdy a naopak už není počítáno s prostorem pro kočárek, resp. vozíčkáře. Malá pozornost věnovaná typovému výkresu se naplno projeví v následující kapitole 5, kde je na str. 24 zavedeno nezvyklé označení článků (čísluje se zprava doleva, tj. po směru jízdy; jako článek B se většinou značí poslední článek) a dále na str. 29 v symetrickém rozdělení plochy pro stojící cestující vzhledem k příčné ose vozidla, což je u posledního článku při absenci kabiny více než sporné.</li><li>➤ strana 23: z textu vyplývá, že na skříně vozidel povrchové městské dopravy jsou kladeny vyšší požadavky na kolizní (crashovou) odolnost než na klasická železniční vozidla. Formulace je zavádějící, požadavky na tramvaje vs. klasická železniční vozidla nelze takto srovnávat.</li><li>➤ kapitola <b>5 Hmotnostní bilance</b>: výpočty zatížení článků, podvozků a stanovení nápravových sil a silových účinků v kloubovém spojení jsou provedeny se správnými předpoklady. Hmotnostní bilance vozidla je omezena na vyčíslení nerovnoměrného zatížení od cestujících, hmotnostní rozbor vlastního (prázdného) vozidla je pak zjednodušen na odhad hmotnosti podvozků (4 t u běžného, resp. 5 t u trakčního podvozku) a hmotnost skříně vozidla na metr délky vozidla (975 kg/m). Uvítal bych alespoň základní studii rozložení elektrovýzbroje na střeše vozidla. Výpočet sil v kloubovém spojení</li></ul>	

článků je opět zjednodušen jen na svislou složku zatížení a jen v tomto směru jsou okomentovány mezičlánekové vazby. Vzhledem k hlavnímu tématu diplomové práce – studie podvozku – je zjednodušení akceptovatelné.

- kapitola **6 Podvozek**: koncepční řešení podvozku je inspirováno řešením s přihlédnutím k požadavku na torzně poddajný rám. Správně je pro volbu vhodné koncepte kladen důraz na zástavbové poměry ve vozidle (tj. dosažení 16 sedadel nad podvozkem). Diplomant v závěru práce sám uvádí, že rám podvozku řešil pouze konstrukčně, nikoliv pevnostně. Otázkou tedy zůstává, jestli by pevnostní výpočty – vzhledem k uváděnému vysokému nápravovému zatížení 125 kN – nevedly na nutnost konstrukci podvozku podstatně modifikovat (např. kritické místo v podélníku – otvor pro kloub příčnicku).
- strana 32: navržený systém nápravového sběrače na spodní ploše nápravnice přináší mnoho nevýhod – sběrač je umístěn na nejméně vhodném místě s ohledem na pronikání nečistot a obtížně se bude realizovat vedení kabeláže. Pravděpodobně nebude možné použít běžně vyráběné druhy nápravových sběračů.
- strana 34: uvedený obrázek 6.7, připojený slovní popis ani 3D model podvozku dostatečně neosvětluje konstrukční řešení kloubu. Vzhledem na zaměření diplomové práce by bylo vhodné tento uzel více popsat.
- kapitola **7 Vypružení**: v souladu se zadáním diplomové práce se student věnoval pouze sekundárnímu vypružení, rozbor primárního vypružení není proveden.
- kapitola **8 Svislá dynamika**: v textu diplomové práce postrádám uvedení vstupních hodnot tuhosti vypružení (primárního i sekundárního) a hodnot tlumení. Výsledné hodnoty lze sice vyčíst ze souboru na CD (*Dynamika.m*), není však patrné, jaké byly původní hodnoty před provedením výpočtů a naladěním systému na požadované frekvence a jak je diplomant stanovil (např. tuhost primárního vypružení). Zpětně není zhodnoceno, zda-li parametry pružin sekundárního vypružení, které byly pevnostně kontrolovány v kapitole 7, vyhovují finálním parametrům dynamického modelu.
- kapitola **10 Průjezd obloukem**: diplomant konstatuje, že Heumannova metoda pro vyšetření sil při průjezdu obloukem zavádí několik zjednodušení, např. kola torzně spojená s nápravou, ale že tato zjednodušení lze akceptovat. Jelikož je v diplomové práci prováděna studie podvozku s volně otočnými koly, bylo by vhodné toto konstatování podložit odpovídajícím vysvětlením.

## Zvolený postup řešení

**správný**

*Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.*

Student postupoval při řešení úkolů diplomové práce metodicky správně. V některých kapitolách diplomant použil maximální možné zjednodušení vstupních parametrů. Výsledkem je výpočet, který je poněkud vzdálen realitě (např. hmotnostní bilance). Lze to ale chápat vzhledem k omezenému rozsahu diplomové práce. Kladně lze hodnotit, že si student pro řešení úkolů sestavil vlastní výpočetní program v Matlabu. Pro ověření správnosti sestavení rovnic by bylo vhodné podrobit výsledky verifikaci ve specializovaných programech.

## Odborná úroveň

**B - velmi dobře**

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

Předložená diplomová práce velmi dobře splňuje odbornou úroveň kladenou na diplomovou práci. Vytvořená studie nízkopodlažního podvozku s torzně poddajným rámem dokazuje výhodnost použití na tramvajových vozidlech. Vlastní konstrukci podvozku by bylo vhodné rozpracovat více v detailu, což by prokázalo, jestli student dostatečně zvažil konstrukční omezení dané prostorem, snadnou smontovatelností, jednoduchou údržbou atd. Výborně hodnotím schopnost využít relativně složitý matematický aparát.

## Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

**B - velmi dobře**

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

Textová část práce splňuje požadovaný rozsah, má logicky uspořádanou strukturu. Průvodní komentář textové zprávy je srozumitelný. Jazykovou úroveň práce hodnotím stupněm výborně. Grafická úroveň obrázků v DP je velmi dobrá. Rovněž kvalitně je zpracován 3D model podvozku (s výše uvedenou výhradou – chybí detailnější zpracování některých konstrukčních uzlů). Výtky mám k přílišné jednoduchosti přiložených výkresů, především pak typovému výkresu.

**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 používá citované zdroje, které jsou v textu a u použitých obrázků řádně uvedeny. Způsob uvedení citací je v souladu s citačními zvyklostmi.

**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.*

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

**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.*

Při obhajobě DP uvítám podrobnější komentář:

- a) ke zvolenému způsobu mezičlánkových vazeb vozidla
- b) k torznímu kloubu rámu podvozku včetně popisu montáže.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 17.8.2015

Podpis: