

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Koncepční řešení nízkopodlažních článkových tramvají</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Petr Hejna</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
<b>Oponent práce:</b>	Doc. Ing. Josef Kolář, CSc.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Téma bakalářské práce považuji s ohledem na požadavky kladené na absolventa bakalářského studijního oboru Teoretický základ strojního inženýrství za průměrně náročné.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s menšími výhradami</b>
<i>Posudte, 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 bakalářské práce bylo studentu uloženo provést rešerši na téma koncepční uspořádání moderních článkových nízkopodlažních tramvají. Popsat jednotlivé koncepční řešení s ohledem na polohu a počet kloubů na skříní vozidla a otočnost spojení podvozků a článků skříně nízkopodlažní článkové tramvaje. Dalším úkolem bylo provést zjednodušené posouzení vlivu koncepčního řešení článkových tramvají na silové účinky vozidla na trať a posoudit vliv uspořádání vozidla na rozložení statických nápravových zatížení a vodících sil.	
Bakalářská práce je studentem zpracovaná na celkem 86 stranách. Poskytuje velmi dobrý přehled o studentem vykonané práci, obsahuje 43 obrázků, 36 tabulek a 9 grafů.	
Bakalářská práce ve druhé kapitole představuje zpracovanou rešerši. V části 2.3 poskytuje přehled možných koncepcí částečně a plně nízkopodlažních článkových tramvají. V části 2.4 je přehled o nízkopodlažních tramvajích, provozovaných v ČR.	
Na základě provedené rešerše poté student zvolil k vlastnímu posouzení pět koncepčních variant, které podrobil podrobnější analýze, viz část 2.6.	
K popisu těchto jednotlivých částí rešerše mám následující drobné připomínky:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- kap. 2.2.1, str. 13 – pod vysokou podlahou otočný podvozek, v BP je překlep student uvádí neotočný podvozek.</li> <li>- kap. 2.6, str. 25 - tramvaj Škoda 15T For City má druhý a třetí trakční podvozek, typu nepravého Jakobsova podvozku, tj. podvozku se dvěma kolébkami, který má pouze omezenou otočnost pod skříní vozidla.</li> <li>- kap. 2.6.4, Tab. 8 – chybně zapsáno uspořádání pojezdu vozidla, správně má být uvedeno (1A) + (1A) + (A1).</li> <li>- kap. 2.6.5, Tab. 9 – chybně zapsáno uspořádání pojezdu vozidla, správně má být uvedeno <math>B_0 + 2' + B_0'</math>.</li> </ul>	
Ve třetí kapitole bakalářské práce je studentem předložen požadovaný výpočet nápravových zatížení, který student řešil pomocí vlastního programu vytvořeného pro pět zvolených konceptů řešení článkových tramvají v Excelu.	
<u>K vytvořeným koncepčním modelům mám následující připomínky:</u>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rozložení hmotnosti jednotlivých článků a cestujících na spojitě zatížení představuje zjednodušení, které neodpovídá reálnému řešení. U tramvajových vozidel jsou např. komponenty elektrické výzbroje, které by bylo vhodné zavést do modelu jako samostatné silové účinky, působící v těžišti součásti (např. trakčního měniče, ventilace a topení nebo klimatizace, statický měnič, sběrač, ...). Právě hledáním vhodné polohy těchto komponent a vhodným rozmístěním sedadel v interiéru vozidla lze výrazně ovlivnit finální reakce v sekundárním vypružení jednotlivých podvozků a výsledné maximální hodnoty statických nápravových a kolových sil. Výsledky získané z těchto zjednodušených modelů jsou oproti skutečnosti ovlivněny relativní chybou.</li> </ul>	

- Koncept A by měl podle předchozí druhé kapitoly odpovídat řešení tramvaje ŠKODA 15T *For City*, tj. tříčlávkové tramvaji s nepravými Jakobsovými podvozky (se dvěma kolébkami) na prostředních podvozcích. Tomu, ale výpočtový model konceptu A, zobrazený na obr. 21 neodpovídá. Mám tedy dotaz, jaký je rozdíl mezi výpočtovým modelem konceptu A a konceptu C, který používá u prostředních podvozků pravý Jakobsův podvozek. Rovnice na str. 32 a str. 33 jsou totožné s rovnicemi uvedenými na str. 44 a str. 45.
- U konceptu B chybí zásadní poznámka, že článek skříně je nad prostředním neotočným podvozkem uložen dvoubodově, tj. sekundární vypružení je u tohoto podvozku ve středové rovině. Tento model nelze použít, pokud by prostřední neotočný využíval čtyřbodové uložení skříně na tomto podvozku.
- Dovoluji si upozornit, že výpočtový model konceptu D lze použít pouze pro článková vozidla, které mají čtyřbodové uložení jednotlivých článků na podvozcích. Nelze jej použít pro výpočet v textu BP zmiňované Brémské tramvaje, neboť ta měla při uspořádání pojezdu (1A) + (1A) + (A1) pouze dvoubodové uložení skříně na podvozcích s pružinami sekundárního vypružení mimo středovou rovinu podvozků a i jiné řešení vazby ve spojovacích kloubech prvního a druhého článku.
- Mám dotaz, jaký je rozdíl mezi výpočtovým modelem konceptu B a konceptu E, když oba používají u prostředních podvozků dvoubodové uložení skříně na podvozku?

K výpočtu vodicích sil  $Y$  u modelu B mám připomínku, že jde opět o velmi zjednodušený přístup. Zanedbání velikosti příčných sil, působících od nesených článků ve spojovacích kloubech výrazně ovlivní jejich výslednou velikost. Modelování tohoto problému však překračuje možnosti a požadavky, kladené na studenta bakalářského studia TZSI a je náplní výuky v navazujícím magisterském studiu.

**Zvolený postup řešení**

**částečně vhodný**

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

Zpracovanou rešerši různých provozovaných typů nízkopodlažních tramvají považuji za zajímavou, při výběru konceptů modelů tramvají však bylo nutné poukázat na vliv uložení článků skříně vozidla na prostředních podvozcích (dvoubodové nebo čtyřbodové). Náhrada hmotnosti skříně a cestujících spojitým zatížením, představuje výrazné zjednodušení. Rovněž tak, zanedbání silových účinků ve spojovacích kloubech nesených článků výrazně ovlivní jejich velikost. Rozdíly v navržených modelech jednotlivých tramvají, např. B a E jsou právě v řešení spojení jednotlivých článků a jejich vlivu na velikost vodicích sil. To však není v textu BP studentem blíže specifikováno. Student v bakalářské práci předložil pouze zjednodušené řešení modelu konceptu B. Z textu BP není patrné, zda tento velmi zjednodušený přístup a rozsah byl konzultován a odsouhlasen vedoucím BP.

**Odborná úroveň**

**D - uspokojivě**

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

Student se snažil využít znalosti získané z bakalářského studia. Studentovi nelze upřít snahu proniknout do problematiky koncepčního řešení článkových nízkopodlažních tramvají, ale patrně omezenými možnostmi bezkontaktních konzultací přes MS Teams, které probíhaly v průběhu pandemie Covid 19 a malými odbornými zkušenostmi studenta z oblasti konstrukce tramvají je odborná úroveň předložené bakalářské práce poněkud nižší. Výpočtová část by si zasloužila výstižnější komentář, který by pro čtenáře vyzdvihl rozdíly v modelech jednotlivých koncepcí a to nejen z pohledu analýzy svislého zatížení, ale především z pohledu přenosu účinků příčných sil při průjezdu vozidla obloukem a jejich zachycení v kloubech jednotlivých článků a na jednotlivých podvozcích.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**B - velmi dobře**

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

Formální, grafickou a jazykovou úroveň předložené bakalářské práce hodnotím stupněm velmi dobře. Komentář plnění jednotlivých úkolů je poněkud stručný, některé pasáže např. při stanovení výpočtu svislého zatížení se v podstatě opakují. V práci je několik drobných gramatických chyb.

**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.*

Bakalářská práce využívá 27 citovaných zdrojů, které jsou v textu, především u použitých obrázků řádně uvedeny. Způsob uvedení citací je v souladu s citačními zvyklostmi. Nedomnívám se, že by student závažným způsobem porušil citační etiku.

**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.*

Zpracováním bakalářské práce student prokázal schopnost tvorby výpočetních modelů v prostředí Excel a tvorby modelů a analýzy závislostí kinematických veličin v softwaru PTC Creo.

**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.*

Ke studentovi mám mimo otázky uvedené v komentáři posudku následující dotaz:

***Jaký je rozdíl v principu zachycení příčných sil a ve stanovení velikosti vodících sil  $Y$  u tramvaje konceptu B, tj. s tramvaje s nesenými články a neotočnými podvozky pod krajními a prostředním podvozkem, oproti tramvaji konceptu E, tj. tramvaje s otočnými podvozky pod krajními dlouhými články a neotočným podvozkem pod středním vazebním článkem?***

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

Datum: 23.7.2021

Podpis: