

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Návrh závěsky u nápravové převodovky příčného částečně odpruženého pohonu dvojkolí</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Oldřich Suchánek</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Tomáš Fridrichovský
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Práci hodnotím jako náročnější z důvodu minima absolvovaných předmětů zaměřených na konstrukci kolejových vozidel.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<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>	
V práci byly splněny všechny zadané úkoly.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení hodnotím jako správný. Určité výhrady lze namítnout proti silám uvažovaným v závěsce a uvažovanému případu vzpěru.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Autor touto prací prokázal základní znalost v oblasti přenosu tažné síly kolejového vozidla pomocí závěsky. To je spojeno s čerpáním informací z dostupných zdrojů a také aplikací základních mechanických principů, které si osvojil v rámci předešlého studia. V práci byly občas použity některé ne zcela vhodně volené odborné výrazy.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Formálnost hodnotím jako velmi dobrou. Z hlediska gramatického práce obsahuje některé drobné překlepy, případně nepřesnosti.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<i>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.</i>	
V práci jsem neznamenal zásadní porušení citační etiky. Výtky lze vytknout některým obrázkům, u kterých není zřejmé, zdali jsou dílem autora, anebo byly převzaté z cizích zdrojů.	

<b>Další komentáře a hodnocení</b>
<i>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.</i>

Student touto prací prokázal určitou technickou znalost daného problému a schopnost ho řešit. Zároveň prokázal dobrou znalost metod matematiky a mechaniky. Jednotlivé připomínky k textu a sestavnému výkresu jsou uvedeny dále.

## **Poznámky k textu:**

### **1. Úvod**

- Infrastruktura sice pokrývá většinu území, ale kvalita nebývá vždy příliš vysoká. Jde o stav méně využívaných tratí, anebo fakt, že svým mnohdy sto a víceletým trasováním umožňují provoz pouze nízkými rychlostmi.
- Cena ropy nejspíš nebude taková, aby bylo výhodnější provozovat diesellovou trakci pod elektrickým vedením. Hlavní příčinou je stále absence trakčního vedení nad některými úseky.
- odborný výraz: K pohonu vozidel se sice používá proud, ale obecně mluvíme o "napájecí soustavě", tj. napětí.
- Při popisu lokomotiv je potřeba rozlišovat, zda se jedná o řadu vozidla (dáno např. napájecí soustavou – řada 162), anebo typ vozidla (označení stanovené výrobcem – typ 109E).
- „Elektrická energie se přenáší do trakčního motoru vytvářející mechanický točivý (hnačí) moment, který se pomocí převodovky přenáší na dvojkolí a uvede lokomotivu či vůz metra do pohybu“ - anebo ho v něm udržuje.

### **2.1 Ústřední pohon dvojkolí**

- „Hlavní nevýhody jsou především malý výkon kvůli přítomnosti pouze jednoho motoru“ - problémem není ani tak přítomnost jednoho motoru, jako spíše nízká účinnost parního stroje.

### **2.3.1. Pohon s tlapovým motorem**

- „zabezpečuje zásobárnu oleje“ – jak byla tato věta myšlena, nemělo by být spíše „zabezpečuje zásobování olejem“?

### **2.3.2. Pohon s odpruženým trakčním motorem a částečně odpruženou převodovkou**

- „trakční motor pevně připojen k rámu podvozku“ - připojení nemusí být pevné, nýbrž odpružené silentbloky.
- Obr. 7 nezmiňuje původ obrázku – jedná se o dílo autora práce?

### **3.2. Svislá závěska**

- Obr. 18 nezmiňuje původ obrázku – jedná se o dílo autora práce?

### **3.3. Šikmá závěska**

- Obr. 19 nezmiňuje původ obrázku – jedná se o dílo autora práce?

### **4. Základní technické parametry příčného pohonu dvojkolí**

- Na základě čeho byly tyto voleny parametry v Tab. 1? Vychází z reálného vozidla, např. lokomotiva Vectron?
- rovnice 4.1 - je nutná absolutní hodnota? Za běžného stavu bude normálová síla  $N$  vždy kladná.
- Obr. 21 nezmiňuje původ obrázku – jedná se o dílo autora práce?

### **5.2. Výpočet síly způsobené tíhou převodovky $S_G$**

- „Tíha převodovky, kterou musí závěska zachytit, je tvořena pastorkem, skříní nápravové převodovky,...“ - Zde půjde spíše o cca polovinu hmotnosti, zbytek nese dvojkolí.

- „Velikost tíhových sil  $G_1$  a  $G_2$  lze určit jako součin hmotnosti a tíhového zrychlení  $g$ “ - Toto platí pro statický případ zatěžování. Za provozu se zde budou vyskytovat násobky (první stupeň vypružení) až desetinásobky (dvojkolí) této hodnoty!

### 5.3. Výpočet síly od dynamiky pohonu dvojkolí $S_D$

- „Jako délku jedné vlny budu brát hodnotu  $l=10\text{ m}$ “ - z čeho vychází tato volba, jedná se o dominantní vlnovou délku na trati?. Toto by bylo vhodné zmínit u obhajoby.
- Na čem je založen předpoklad, že pohyby skříně budou větší, než pohyby dvojkolí? Nemělo by vypružení spíše redukovat výsledné pohyby podvozku? Pokud jde pouze o předpoklad pro snazší odvození pohybových rovnic, pak by to mělo být v textu zmíněno.
- Z čeho vychází tuhost vypružení  $k_c=17000\text{ N/mm}$ , byla volena podle existujícího řešení, anebo přibližně odhadnuta?
- rovnice 5.3.23 – složky momentu setrvačnosti  $I_1$  by bylo vhodné uvést do obrázku, případně zanést do Obr. 25 kvůli lepší přehlednosti.

### 6. Konstrukční řešení a pevnostní výpočty závěsky

- Provedení závěsky s dvojicí závitů má ještě jedno negativum. Závitů trpí tím, že se snadnou zanesou nečistotami. Při opakované montáži nemusí závit umožnit dotáhnoutí oka na požadovanou míru, protože budou zanesené, anebo jinak poškozené.  
Stavitelná oka se navíc musí nastavovat pomocí přípravku, aby bylo zaručeno, že budou oka proti sobě opravdu pootočena o  $90^\circ$ .

#### 6.1.1. Dimenzování svislé závěsky na tah

- Délka strany „a“ - z hlediska přesnosti výkovku a následné kontroly rozměrů bych doporučoval volit celočíselné hodnoty.

#### 6.1.2. Ověření stability svislé závěsky

- Vzpěr závěsky, případ vzpěru - V tomto případě půjde spíše o hybrid mezi 2. a 3. případem vzpěru. Pryžový silentblok určitě nebude v jednom směru poddajný a ve druhém zcela tuhý. Teoreticky správnější by tak bylo uvažovat 2. případ vzpěru, který je na obou koncích zatížen nejen osovou silou, ale také momenty, které by bránily vybočení průřezu.  
Alternativní provedení na straně bezpečnosti je uvažovat pouze druhý případ vzpěru - odpovídá situaci, kdy dojde k degradaci materiálu (pryže) a klouby tak nemají žádný odpor proti rotaci.

#### 6.1.3. Návrh kloubových ok

- Kdo je výrobcem silentbloku? O jaký typ se jedná?
- Lisování silentbloku H7/p6 - Proč právě takové uložení? Jak je znázorněno na Obr. 33, minimální přesah je pouze 2 mikrometry. Bude stačit pro správnou funkčnost nalisování a nebude hrozit protočení při maximálním zatížení? Nebylo by lepší volit přesnější stupeň nalisování, který zajistí nepřekročení předpětí 3 MPa, ale zároveň nebude spojen s rizikem nízkého předpětí? Toto by mělo být zmíněno při obhajobě.

#### Výkresová dokumentace:

- Chybí detail uchycení silentbloku - typ použitého spojovacího materiálu, utahovací momenty apod.
- Chybí naznačení roviny temena kolejnice T.K. + poloha obrysu pro konstrukci.
- Jedná se o vozidlo s běžným rozchodem? Pohled by měl obsahovat kótu pro vzdálenost styčných kružnic (standardně 1500 mm).
- Kusovník by měl být na separátním listu s rozpisem hmotností, norem, množství apod.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

*Práce se zabývá návrhem reakčního závěsu pro přenos hnacího momentu elektrické lokomotivy. Práce splňuje všechny zadané úkoly. V použitém způsobu řešení neshledávám zásadní nedostatky. Kladně hodnotím především komplexní výpočet a aplikaci širokého spektra výpočetních metod od matematiky po pružnost & pevnost. Negativně pak hodnotím především uvažované hodnoty zrychlení, které působí na neodpružené a jednou odpružené hmoty. Ty mohou v praxi dosahovat až řádově vyšších hodnot a tím podstatně zvětšit mohutnost celé konstrukce.*

Otázky k obhajobě:

- Proč byla volena délka vlny právě 10 m, jedná se o dominantní složku nerovnosti? Jsou i jiné délky vln, které by mohly být pro výpočet dynamiky zajímavé?
- Proč bylo zvoleno uložení silentbloku právě H7/p6? Byla zde snaha nepřekročit maximální tlak na pryž 3 MPa? Nehrozí protočení silentbloku při minimálním přesahu po nalisování?

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

Datum: 18.8.2019

Podpis: