

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Systém přenosu tažné síly elektrické lokomotivy
Jméno autora:	Vadim Pentak
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Oponent práce:	Ing. Tomáš Fridrichovský
Pracoviště oponenta práce:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

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

Splnění zadání	splněno
<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.	

Zvolený postup řešení	správný
<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 mechanismu a s tím spojenými výslednými rozměry navrhovaných komponent. To je nicméně dáno současnou úrovní znalostí autora práce.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<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. To je spojeno s čerpáním informací z dostupných zdrojů a také aplikací základních mechanických principů, které si osvojil v rámci předešlého studia. Některé ne zcela vhodně volené odborné výrazy, které se v práci vyskytují, se nejspíš stanou náplní dalšího studia.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Formálnost hodnotím jako velmi dobrou. Z hlediska gramatického se našlo několik nedostatků (časování, skloňování...), ale s ohledem na fakt, že čeština není autorovým mateřským jazykem, se nejednalo o nikterak závažné nedostatky.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<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 porušení citační etiky, ani nekorektnosti spojené s použitím citací.	

Další komentáře a hodnocení
<i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni 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. Na tyto znalosti může navázat v navazujícím magisterském studiu a dále je rozvíjet. Jednotlivé připomínky k textu a sestavnému výkresu jsou uvedeny dále.

Poznámky k textu:

Abstract

- „The mechanical arrangement of the traction force“ - Je toto správný překlad pro "systém přenosu tažné síly"? Překlad do CZ zní spíš jako „mechanické uspořádání trakční síly“
- „strength check of the guided parts“ – navržené díly bych spíše přeložil jako „designed parts“.

1.1. Úvod do problematiky téma bakalářské práce

- výška spráhla je zde označena písmenem „p“, v obr. 1 se ale nejspíš jedná o výšku "h"
- odborný termín: místo „nad rovinou kolejnic“ používat „nad temenem kolejnice (T. K.)“

3. Rešerše konstrukčních řešení přenosu tažné síly z podvozku na skříň elektrických lokomotiv

- není zřejmé, zdali seznam vlivů na tažnou sílu vozidla je seznam pouze negativně působících vlivů, anebo všech možných
- odborný termín: „nápravové zatížení“ namísto „zatížení od dvojkolí ke kolejnicím“
- zmínka o špatně naladěné trakční charakteristice - nemělo se jednat spíše o naladění regulace pohonu? Trakční charakteristika je dána spíše fyzikálně hmotností, výkonem motoru a nastavením převodovky.
- zmínka o kontrole a nastavování rozložení hmotností - kontrolovat ano, ale nastavovat? Pokud se znatelně mění rozložení hmotnosti vozidla, značí to spíše selhání ve vypružení vozidla (defekt pružiny, odtečení pryže).
- seznam řešení pro přenos tažných sil - lze použít dvojčinných válců označit za řešení/způsob přenosu tažné síly? Toto je spíše označení pro kompenzaci změny nápravových zatížení (dosažení mechanického optima)
- v práci je několikrát zmíněna lokomotiva DS3, na kterou se autor práce váže svým řešením, fotka lokomotivy bohužel v práci chybí. Bylo by vhodné ji ukázat alespoň při obhajobě.

3.1 Pomocí šikmých tažných tyčí

- první odstavec zmiňuje podmínku $p=0$ (mechanické optimum). Kótu "p" s nulovou délkou by bylo vhodné zanechat do obr. 2, případně nějak zvýraznit průnik osy tyče a středu podvozku.
- zmínka o silentblocích, které snižují hluk a vibrace – zde by se hodilo zmínit, že především slouží jako rotační vazba mezi šikmou tyčí a rámem

3.2 Pomocí Z-mechanismu

- „otočný čep (poz.3) nalisovaný do příčnicku rámu podvozku“ – podle obrázku se jedná o příčník na skříni vozidla

3.4 Pomocí otočného čepu

- „Mezi otočný čep a příčník jsou přivařeny kluzné desky (poz.5)“ - kromě desek zde patrně bude i nějaký pryžový silentblok, který zamezí rázům a přenosu vibrací, tvorbě hluku apod. Opačná situace nejspíš nastává v případě obr. 14, kde je čep přímo umístěn do kluzných pávní.

4. Mechanické optimum

- tato kapitola je součástí rešerše, anebo už samotného řešení práce?

- „hodnota adhezního koeficientu je značně ovlivněna změnou nápravových zatížení v režimu trakce“ - součinitel adheze nemá mnoho společného s nápravovým zatížením. Je spíše otázkou kvality tratě, kola, apod. Zde by bylo lepší mluvit o využití dosažitelné adheze.
 - obr. 17 – u kóty „p“ chybí vynášecí čára, není na první pohled jasné, na co je navázána
5. Porovnání jednotlivých systémů přenosu tažných sil elektrických lokomotiv
- tab. 1 - podle čeho byly voleny tyto parametry - Škoda 109E, nebo DS3?
- 5.1 Šikmé tyče
- v textu je zmínka o obr. 15, správně nejspíš měl být odkaz na obr. 18
 - poslední odstavec kapitoly „lepší trakční charakteristika, efektivnější využití adheze a menší ztráty.“ – namísto lepší trakční charakteristiky spíše „lepší trakce“; o jakých ztrátách je řeč – vlivem prokluzu dvojkolí?
- 5.3 Vyhodnocení
- „výška otočného čepu je omezena z bezpečnostních důvodů“ - nejedená se o bezpečnost, nýbrž o omezení obrysem pro konstrukci vozidla
6. Vlastní návrh konstrukčního řešení přenosu tažných sil elektrické lokomotivy DS3
- obr. 22 a obr. 23 by bylo vhodné sloučit do jednoho obrázku a zajistit, aby byly oba pohledy pod sebou – zlepšuje přehlednost
 - „nepoškodilo za jízdy zatáčkou“ – v oboru kolejových vozidel se používá označení „oblouk“
 - obr. 24 - V popisu není blíže uvedeno, jaké parametry jsou uvažovány pro vyšetření. Není například uvedeno, zdali byl nějak uvažován příčný/podélný pohyb ve vypružení, zdali se podvozky nacházely v oblouku ve vzpříčené poloze apod.
Zároveň by bylo vhodné uvažovat ne rozchod tratě 1435 mm, nýbrž vzdálenost styčných kružnic (nejspíš) 1500 mm.
Minimální projížděný poloměr je dán výstupem normy, anebo požadavkem provozovatele?
 - obr. 25 - Nemělo by zde být naznačeno nějaké vrtání čepu pro přívod maziva od osy čepu až ke kloubu?
 - tuk pro kloubové ložisko - Jaký mazací tuk bude použit? Jaké jsou odhadované intervaly výměny?
 - těsnění kloubu - Jaká je reálnost výroby takového těsnění? Atypické rozměry jsou zpravidla dražší o fixní náklady, které se rozloží mezi menší množství vyrobených výrobků - cena tak může být řádově vyšší, než je běžné.
Jaké jsou nejbližší katalogové rozměry daného těsnění, nebylo by lepší přizpůsobit konstrukci nakupovanému dílu?
7. Pevnostní kontrola dílů
- ad rovnice 12 - ve spojení s celkovou hmotností lokomotivy by bylo vhodné zmínit, že tažná síla je myšlena pouze na jedno dvojkolí, nikoliv na celé vozidlo, což nemusí být pro čtenáře zcela zřejmé
 - tab. 5 – tabulky je vhodné doplnit záhlavím (označení každého sloupce), například „Parametr“ a „Veličina“. Zlepšuje optický dojem, nevytváří pocit, že tabulka pokračuje z předchozí stránky
- 7.1 Výpočet reakce a sil v uložení ramena
- obr. 30 - V tomto obrázku by bylo vhodné mít umístěn náčrt konstrukčního uspořádání podvozku lokomotivy - tzn. aby na první pohled bylo zřejmé, kde se nachází dvojkolí s motorem, kde se táhlo chytá na rám podvozku a kde na skříň vozidla. Ideální by bylo do schématu zkopírovat zjednodušený obsah obr. 31.
 - obr. 30 - souřadný systém kolejových vozidel je následující:

osa X - podélný směr
osa Y - příčný směr
osa Z - svislý směr

tomu by bylo dobré přizpůsobit i orientaci os v jednotlivých obrázcích

- obr. 30 - je trochu matoucí uvádět sílu s indexem Z do obrázku, se souřadným systémem XY
- obr. 30 - z obrázku není jasné, co udává síla B, respektive čím je dán úhel $\varphi=10^\circ$. Bylo by vhodné sílu B buď popsat hned, anebo uvést odkaz na rovnici č. 22, kde je síla vypočtena.
- směr výslednice V odpovídá realitě? Neměl by mít totožný směr jako je osa táhla?
- rovnice 17 - množství písmen zhoršuje orientaci ve vzorci. Minimálně argumenty funkcí - $\text{tg}(\varphi)$ by měl být v závorce. V případě mnoha parametrů dodat mezi písmena tečky, aby došlo k odlišení

7.2 Kontrola šikmé tyče na vzpěr

- obr. 32 - tento obrázek zde podle mého názoru není nutný. Stačilo pouze zmínit případ vzpěru a tomu náležící koeficient pro výpočet kritické síly
- z jaké oceli by mělo být táhlo vyrobeno? Je lepší volit houževnatý materiál, anebo spíše vysokopevnostní?
- rovnice 25 – co udává hodnota 9600? Jedná se o součin délky tyče (2400 mm) a jmenovatele z předchozího vzorce?
- rovnice 28 - není zřejmé, z čeho tato rovnice vyplývá. Pokud bylo d' vyjadřováno z předchozích rovnic, mělo by to zde být zmíněno „odvozeno z rovnic 23 a 27“, případně odvozeno
- rovnice 28 - průměr tyče je poměrně malý s ohledem na osovou sílu a délku tyče – platí pro všechny navrhované tyče (nejedná se o rozporování výsledku, spíše o praktické provedení těchto tyčí, které mohl autor posudku na vlastní oči spatřit)

7.4 Návrh čepů

- nevýhody čepů - použití čepu je spojeno s vůlí - pokud má být zajištěna hladká montáž (to zde asi nepřipadá v úvahu). V opačném případě je potřeba zajistit přesnou výrobu čepu a jeho otvorů - zvyšuje cenu. Čep je navíc náchylný na přesnost výroby, pokud se čepů na součásti (sestavě součástí) nachází několik a jsou součástí jednoho tolerančního řetězce.
- obr. 38 - takové schéma zatížení je pouze přibližné. Ve skutečnosti je síla rozložena po celé délce ok a vidlice - tj. jedná se o spojité zatížení (v místě působení síly F i v místě podpor F/2). Výsledné hodnoty ohybových momentů se budou mírně lišit.
- V dalším výpočtu by měla být provedena kontrola zvoleného průměru čepu s ohledem na tento fakt.

7.4.1 Čep č. 1

- pevnostní kontrola čepů by měla zahrnovat i výpočet redukováného napětí (od ohybu a smyku) a jeho porovnání s dovoleným napětím - v místě, kde se provádí kontrola na stříh

8. Závěr

- úvodní část závěru byla zmíněna v úvodu práce, není potřeba opakovat. Samotný závěr by měl začínat až posledním odstavcem na str. 44 (tj. větou „Cílem mé práce bylo provést porovnání jednotlivých systémů přenosu tažné síly...“)

Komentář ke konstrukčnímu provedení:

- Všechny tažně-tlačné tyče jsou od pohledu dosti štíhlé. Je zde vidět určitá neproporčnost v porovnání s řešením na obr. 4 a obr. 8.

- Zásadní problém spočívá ve skutečnosti, že celý mechanismus je navrhován na statické působení tažné síly a tomu odpovídajících reakcí. V praxi by bylo nutné uvažovat s koeficientem bezpečnosti, který by postihoval dynamické jevy v pohonu/podvozku, únavové namáhání jednotlivých součástí, zrychlení v prvním a druhém stupni vypružení a tomu dále přizpůsobit tvar součástí...
- V praxi se pak používají zpravidla mohutnější tyče, případně výkovky, které svým tvarem lépe vystihují toky sil a také vliv vlastní hmotnosti, která zde není zanedbatelná. To nicméně vede na použití složitějšího výpočetního přístupu, který nemusí být analyticky takto snadno zvládnutelný.
- Práce neuvádí technologii výroby tyčí, tj. svařování, kování, odlévání apod.
- Nevýhodou libovolné konstrukce je přesnost výroby, respektive její nepřesnost. Tomu by měla být konstrukce přizpůsobena – např. stavitelnou délkou tyčí, nebo nastavitelnou polohou kotevnicích bodů mechanismu.
- Při použití šikmé tyče je potřeba brát v potaz relativní pohyb skříně vozidla a rámu podvozku ve svislém směru. Součástí podrobnějšího řešení by mělo být vyšetření, jak moc se ovlivňují tyč a vypružení vozidla za jízdy, tj. jaké jsou vzájemné parazitní účinky a zdali není potřeba použít delší tyč.

Výkresová dokumentace:

- nárys (vlevo nahoře) – pohled by měl obsahovat schematické naznačení motoru/dvojkolí, vazby na skříň a rám podvozku apod., aby bylo zřejmé, že se mechanismus opravdu vyhýbá pohonné jednotce
- nárys – pohled by měl obsahovat rovinu temene kolejnice, případně nějaké základní kóty udávající polohu jednotlivých součástí (kloubů)
- nárys - Vzhledem k tomu, že je snaha umístit tažnou tyč dost nízko, je vhodné znázornit, zdali se mechanismus při propružení nedostane až pod obrys pro konstrukci
- řez A-A - Jak je čep jištěn axiálně? Nachází se zde šroub s korunovou maticí jako v případě dalších čepů?
- řez A-A - Kam vede mazací otvor v čepu – nemělo by zde být naznačeno vrtání směrem ke kloubu?
- razítko – chybí celková hmotnost sestavy
- Kusovník – vyráběné komponenty postrádají odkaz na výkres součástí/podsestav. I když nebyly součástí zadání práce, nějaké číslo výkresu by zde pro správnou formu mělo být uvedeno. Některé nakupované komponenty postrádají normu, podle které jsou vyráběny, případně základní označení (zpravidla rozměr) – viz závlačka, poz. 16. V kusovníku chybí hmotnosti.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Práce se zabývá návrhem systému přenosu tažné síly lokomotivy. Práce splňuje všechny zadané úkoly. V použitém způsobu řešení neshledávám zásadní nedostatky. Kladně hodnotím aplikaci správného použití základních principů pružnosti & pevnosti a poměrně dobrou přehlednost práce. Negativně pak hodnotím celkovou útlost konstrukce, která uvažuje pouze statické/kvazistatické působení namáhajících sil.

Otázky k obhajobě:

- *Jaké parametry byly uvažovány pro vyšetření, viz obr. 24?. Byl uvažován příčný/podélný pohyb ve vypružení, nacházely se podvozky v oblouku ve vzpříčené poloze apod.?*
- *Je opravdu nutné navrhovat a vyrábět speciální rozměr hřídelového těsnění?*

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

Datum: 8.8.2019

Podpis: