

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Konstrukční studie čelního vozu jednotky autonomního metra</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Lukáš Hetfleisch</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	U 12 120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
<b>Vedoucí práce:</b>	doc. Ing. Josef Kolář, CSc.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	U 12 120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Vzhledem k vývoji pandemie COVID 19, kdy konzultace projektů probíhaly především bezkontaktním způsobem, považuji téma DP za náročnější. Vypracování DP vyžadovalo vedle zvládnutí základních projektových dovedností nejen z tvorby 3D modelu vozidla a podvozku, ale i z oblasti konstrukčních výpočtů kolejových vozidel. Student tak musel prokázat i velmi dobré zvládnutí poznatků z konstrukce kolejových vozidel a z vývoje zabezpečovací techniky, která je používána ve světě při provozu linek autonomního metra.	

<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>	
Diplomová práce je diplomantem zpracovaná na 124 stranách, s přílohami na 155 stranách a poskytuje velmi dobrý obrázek o práci vykonané studentem při řešení dílčích úkolů. Odevzdaná DP obsahuje 85 obrázků, 41 tabulek, 8 grafů a 7 příloh. Zadáním diplomové práce bylo studentovi uloženo vypracovat několik dílčích úkolů. Jejich řešení je řádně zdokumentováno v dílčích kapitolách DP.	
Požadovaná rešerše je přehledně zpracovaná ve druhé a třetí kapitole. Druhá kapitola stručně popisuje stav rozšíření provozu autonomního metra ve světě a definuje základní stupně automatizace provozu metra, které jsou poté blíže popsány v rozsáhlé příloze P1. Ve třetí kapitole jsou představeny vybrané jednotky souprav autonomního metra.	
Vlastní koncepční návrh jednotky autonomního metra je diplomantem v rozsáhlé čtvrté kapitole. V úvodu porovnává koncept průchozí jednotky metra s Jakobsovými podvozky s konceptem jednotky metra tvořené čtyřnápravovými vozy. U kontroly obrysu pro konstrukci vozu s Jakobsovými podvozky mám dotaz: <i>Proč je v tabulce Tab. 9 počítáno s <math>n_i = 6,55</math> m místo <math>n_i = 4,85</math> m?</i>	
Po provedené analýze se diplomant rozhodl pro řešení jednotky „Klasic“, tj. průchozí jednotky metra tvořené soupravou pěti čtyřnápravových vozů. Pro tuto soupravu autonomního metra provedl trakční výpočty a definoval trakční charakteristiky. Provedené výpočty jsou metodicky správné a nemám k nim zásadní připomínky.	
V páté kapitole zpracoval diplomant kinematickou analýzu průjezdu vozu a soupravy dvou vozů klasickým obloukem a dále tzv. S – obloukem, kterou provedl v programu Autodesk Inventor. Stanovil úhly natočení podvozků a mezivozového spřáhla v těživých a ve vzpříčených polohách.	
V šesté kapitole jsou studentem popsány a vyobrazeny jím vytvořené moduly částí vozové skříně a pojezdu, potřebné pro modulární stavbu návrhu konceptu průchozí jednotky autonomního metra. S pomocí těchto modulů pak v části 6.2 dokumentuje varianty řešení čelního a vloženého vozu jednotky pro U-bahn a S-bahn.	
V sedmé kapitole je provedena hmotnostní analýza čelního a vloženého vozů soupravy autonomního metra. Stanovil velikost svislého zatížení na primární a sekundární vypružení a velikost nápravových sil, které v grafu Graf 7 poněkud nevhodně označuje „Statická síla na svršek“.	
V osmé kapitole je proveden návrh svislého vypružení čelního vozu jednotky. Po stanovení rozdělení tuhosti svislého vypružení mezi primární a sekundární stupeň je proveden výpočet šroubovitě vinuté pružiny primárního vypružení a následně je proveden návrh konstrukčního řešení sekundárního vzduchového vypružení. Dále jsou vypočteny vlastní frekvence souběžného a protiběžného houpání skříně vozidla. K tomu to výpočtu mám faktickou poznámku, že k výpočtu těchto frekvencí není patrné, zda mohl být tento zjednodušený model použit. Patrně vhodnější by bylo aplikovat rovinný model vozu se šesti stupni volnosti. Ten by umožnil stanovit i hodnoty vlastních frekvencí kývání skříně vozidla.	

Výpočet změn kolových sil a bezpečnosti proti vykolejení je studentem zdokumentován v deváté kapitole DP. Výpočet je proveden metodicky správně. Použití Heumannovy metody pro stanovení velikosti řídicí síly P a následně vodící síly Y není pro pružně vedená dvojkolí vhodné, proto čelní vůz metra při jízdě na nouzovém vypružení nevyhověl. Tuto skutečnost si diplomant uvědomuje a v závěrečném zhodnocení své práce doporučuje ověřit výsledky, vytvořením MBS model vozidla v prostředí Simpack. Na to, však student vzhledem k časovým možnostem a k omezení přístupu do „školy“ s ohledem na pandemii Covid 19 již při zpracování DP neměl čas.

K předložené textové zprávě a ke komentáři dosažených výsledků nemám závažných připomínek. V diplomové práci je v desáté kapitole zdokumentován studentem vytvořený model trakčního podvozku a je přiložen a požadovaný typový výkres čelního vozu soupravy. Dále je k diplomové práci přiložen sestavný výkres podvozku s detailnějším zobrazením řešení primárního a sekundárního vypružení.

Po prostudování textové zprávy, výkresové dokumentace a příloh, konstatuji, že student splnil zadání diplomové práce.

### **Aktivita a samostatnost při zpracování práce**

**B - velmi dobře**

*Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.*

Předloženou diplomovou práci student prokázal, že zvládá základy konstruování v 3-D CAD systémech a tvorbu základních výpočetních modelů kolejových vozidel v systému Matlab či Excel. Při řešení dílčích úkolů vyplývajících ze zadání diplomové práce vystupoval diplomant vcelku svědomitě. Na konzultace, které probíhaly v prostředí MS Teams se hlásil pravidelně a byl vcelku připraven, někdy se však v řešení problémů „mírně ztrácel“ a musel jsem jeho kroky a závěry mírně korigovat. Student má velmi dobré předpoklady k plnění úkolů technické praxe a bude schopen v dobrém tvůrčím pracovním kolektivu dalšího odborného růstu.

### **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.*

Diplomová práce představuje zajímavou problematiku vývoje autonomních vozidel metra. Student velmi dobře využil znalosti získané magisterským studiem a z odborných časopisů a zdrojů, popisujících vývoj autonomní systémů provozu metra ve světě. Poznatky zpracované v rešerši a detailně doplněné v příloze DP jsou inspirující pro další možný vývoj autonomního metra ve specifických podmínkách pražského metra.

Drobnou výhradu mám k použití dvoumotového modelu vozu pro výpočet vlastních frekvencí houpání skříně vozidla. Zde mohl student více uplatnit získané poznatky z odborných předmětů, např. výpočetní metody a zkoušení kolejových vozidel. Model čelního vozu metra by si zasloužil použít výpočetní model s více stupni volnosti.

### **Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**A - výborně**

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

Formální, grafickou a jazykovou úroveň předložené diplomové hodnotím výborně. Komentář je srozumitelný, odborně korektní. Je rozumně doplněn obrázky konstrukce čelního a vloženého vozu autonomního vytvořených 3D CAD modelu. Práce obsahuje velmi málo gramatických překlepů.

### **Výběr zdrojů, korektnost citací**

**A - výborně**

*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. Práce se odkazuje celkem na 33 citačních zdrojů. 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.*

Kladně hodnotím zpracování přílohy P1 Návěstidla a zabezpečení v prostředí metra, která představuje studentem velmi dobře zpracovaný popis funkce a vývoje systémů automatického vedení vlaků metra.

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejlépe ovlivnily Vaše celkové hodnocení.*

Student si prodloužil magisterské studium a tím získal větší časový prostor na zpracování Projektu 4 a ke zpracování problematiky, řešené v rámci diplomové práce. S ohledem na drobné připomínky, uvedené v části „Splnění zadání DP“ a v části „Aktivita a samostatnost při zpracování“ hodnotím předloženou závěrečnou práci klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 8.8.2021

Podpis: