

Oponentní posudek diplomové práce Bc. Ondřeje Kašpara,

Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera

Tématem diplomové práce Bc. Ondřeje Kašpara je problematika otočných podvozků nízkopodlažních tramvají, konkrétně v první části práce stanovení úhlu natočení podvozku vůči skříni (natočení kolem svislé osy) a z toho plynoucí stanovení maximální možné šířky uličky v interiéru vozidla, ve druhé části práce potom koncepční návrh uložení skříňe tramvajového vozidla na otočném podvozku.

Úvod diplomové práce tvoří rešerše známých řešení podvozků, a to jak podvozků vozidel konvenčních, tak vozidel nízkopodlažních. Tato rešerše ukazuje na dobrý přehled diplomanta o existujících konstrukcích podvozků a důvodech, vedoucích k použití jednotlivých řešení. V množství zde uvedených informací se najdou i některé informace chybné, ať už vlivem nedokonalosti zdroje informací, špatného pochopení poskytnutých informací diplomantem nebo díky formulační neobratnosti.

Jedná se jednak o chyby málo podstatné, mezi které patří například tyto:

- str. 19 - rámy podvozků původních podvozků ČKD Tatra nejsou tvořeny půlramy tvaru L, uloženými na nohavicích převodovek, ale skříňe převodovek s jejich trubkovitými nástavci – „nohavicemi“ – přímo tvoří část půlramu,
- str. 19 - kulovou tornou a pryžovým pouzdem v uložení nicohlavu ve spodní části kolébky byly z podvozků ČKD Tatra vybaveny až podvozky tramvaje KT8D5.

V této části diplomové práce se ale vyskytují i chyby z hlediska tématu diplomové práce podstatnější, jako například:

- str. 26 - použití kol o průměru 700 mm je u nízkopodlažních tramvají, a to i u podvozků pro úroveň podlahy cca 600 mm nad temenem koleje, naprosto výjimečné – roli zde hraje nejen vlastní průměr kol, ale také na něm závislá poloha nápravy, procházející pod podlahou,
- str. 28 - trakční motory tramvaje 15T nejsou umístěny v nábojích kol, ale jsou upevněné na rámu podvozku a s koly spojené kloubovými hřídeli,
- str. 28 - výška podlahy nad podvozky tramvaje 15T je 450 mm, nikoliv 400 mm,
- str. 29 - rám podvozku tramvaje EVO2 není uložen na dvojkolích pouze prostřednictvím pryžových prvků, ale ložiskové komory jsou propojeny podélným jhem, na němž teprve spočívá primární vypružení.

V části výpočetní, která se zabývá stanovením úhlu natočení podvozku a z toho plynoucí šířky uličky v interiéru nad podvozkem nízkopodlažní tramvaje, diplomant řeší klíčovou otázku realizace nízkopodlažní tramvaje s otočnými podvozky.

Zde jsou odvozeny vzorce pro výpočty natočení podvozků pro různé koncepce nízkopodlažních tramvají – jedná se o tyto případy:

- skříň tramvajového vozidla uložená na dvou otočných podvozcích,
- skříň tramvajového vozidla uložená na dvou otočných podvozcích s mimostředním umístěním skříňe na podvozcích,
- skříň tramvajového vozidla uložená na jednom otočném podvozku a kloubově spojená se sousedním článkem vozidla,
- výpočet polohy kloubu středního článku tramvaje.

Pro všechny tyto případy je v diplomové práci uvedeno grafické znázornění příslušné situace a početní odvození vzorců pro výpočet sledovaných parametrů (úhel natočení podvozků, poloha kloubu).

Zde je bezpochyby zajímavým prvkem srovnání tzv. přesných a zjednodušených výpočtů. Z tohoto srovnání jasně vyplývá, že podobné výpočty lze provádět pomocí zjednodušených výpočtů, přičemž výsledky jsou srovnatelné. „Přesné“ výpočty navíc rovněž vykazují určitou chybu, protože příčný kontakt kola s kolejnicí se odehrává v obloucích různých poloměrů na různých místech kola (okolku) a z toho plynou i různé příčné posuvy dvojkolí při teoreticky stejné šířce kolejového kanálu.

V rámci času, který byl k dispozici pro tuto oponenturu, nebylo možné provést detailní kontrolu všech provedených odvození a výpočtů. Bohužel i při letmé nebo namátkové kontrole jsou zde zřejmé některé nedostatky, které mohou být pouze formální chybou neovlivňující výsledek, ale v některých případech mají vliv na podobu odvozených vzorců a tím i na výsledky výpočtu.

Jedná se například o tyto chyby:

- str. 34 – kóta R^+ je v obr. 16 uvedena dvakrát a pokaždé vyznačuje jiný rozměr,
- str. 34, 35 – vzorec 2.9 platí zjevně pro polohu dvojkolí obou podvozků ve středu kolejového kanálu, protože se zde úhel natočení podvozku φ_0 počítá pouze z rozměrů vozidla a poloměru oblouku, nikoliv ze šířky kolejového kanálu; to je v rozporu s polohou vozidla zakreslenou na obr. 16, kde je „horní“ podvozek přimknutý k vnějšímu kolejnicovému pásu,
- str. 34, 35 – s výše uvedenými dvěma body souvisí i chybně odvozený vzorec pro výpočet úhlu $\Delta\varphi_p$, způsobený posuvem sousedního podvozku v kolejovém kanále (vzorec 2.10); při poloze dvojkolí ve středu kolejového kanálu se podvozek může příčně posunout pouze o polovinu kolejového kanálu, tedy o σ , nikoliv o 2σ ,
- str. 34 – u dolního podvozku je nelogicky uvedena kóta $R+2\sigma/\sigma$ i modrá čárkovaná čára, jejíž délku tato kóta popisuje,
- str. 39 – v obr. 18 je dvakrát uvedena kóta úhlu φ_0 , přičemž pokaždé označuje jiný úhel,
- str. 48 – v obr. 22 je šířka kolejového kanálu 2σ kótována vně od poloměru oblouku R , nikoliv symetricky k němu; pro nejnepříznivější polohu kloubu, tj. největší velikost rozměru f^{II} , je samozřejmě třeba počítat s polohou dvojkolí jednoho podvozku na vnitřím a druhého podvozku na vnějším kolejnicovém pásu, jejich poloměry mají ale hodnoty $R+\sigma$ a $R-\sigma$,
- str. 50, tab. 5 – rozdíl 12,7 mm mezi tzv. přesným a zjednodušeným výpočtem polohy kloubu se jeví jako již příliš velký (zejména pokud by takto vypočtená poloha kloubu byla podkladem i pro výpočet obrysu vozidla; tento velký rozdíl je dále zjevným velkým zjednodušením při odvození vzorce 2.52;
- str. 50 – výsledky výpočtů uvedené v tabulce 5 jsou však nejasné díky chybnému vyplnění prvního sloupce tabulky – vyskytuje se zde dvakrát veličina f_c^{II} , přičemž v prvním řádku tabulky se jedná zřejmě nikoliv o tuto veličinu, ale o vzdálenost kloubu od středu vzdálenosti otočných bodů podvozku; pokud má ovšem rozměr a_{f1}^* v této tabulce význam odpovídající obrázku 22, znamenalo by to, že rozměr a_{f1}^* je větší než vzdálenost otočných čepů $2a^{II}$ – toto může za určité konstelace opravdu nastat, ovšem nikoliv pro při poloměru oblouku 15 m.

Výpočet šířky uličky nad podvozkem se jeví být proveden správně. Při konkrétním výpočtu ale musí být respektovány následující skutečnosti:

- je nutné kontrolovat více míst v podvozku (nápravnice, kolo apod.), protože nemusí být na první pohled zřejmé, které z těchto míst bude pro šířku uličky rozhodující,
- pro tento výpočet je podstatná i výšková poloha kritických míst a velikost příčného náklonu (kolébání) vozu,
- důležitým omezujícím parametrem je tloušťka konstrukce spodku v místě podvozku, konkrétně tloušťka boku uličky.

Poslední částí diplomové práce je koncepční návrh otočného uložení tramvajové skříně na podvozku. Tento uzel je navržen jako originální bezkolébkové řešení, kdy všechny síly mezi skříní vozu a podvozkem přenášejí přenášecími tyčemi 5A a 5B a podélnými přemostěními 7A a 7B. Dále je

mechanismus doplněn vyrovnávacím mechanismem tvořeným členy 9A, 9B, 10A a 10B (podle obr. 33 na str. 66).

Toto netradiční řešení je navrženo zřejmě ve snaze vypustit otočné uložení uprostřed pod průchozí uličkou a tak snížit výšku podlahy nad podvozkem.

Hlavní částí návrhu tohoto mechanismu je podrobná kinematická analýza, která prokázala, že navržený mechanismus je schopen nahradit tradiční řešení s tornou nebo s otočovým ložiskem

K ověření možnosti realizace takového řešení by bylo nutné provést ještě následující kroky:

- základní dimenzování hlavních komponentů mechanismu,
- základní rozměrovou rozvahu, zejména výškovou, protože jednotlivé části mechanismu nesmí být v kolizi s komponenty podvozku ani s dolní částí obrysu pro vozidla – zde se jeví jako podstatné i výškové umístění a vzájemné propojení jednotlivých částí mechanismu, zejména podélných přemostění a vyrovnávacího mechanismu – tato rozvaha by měla rovněž potvrdit nebo vyvrátit konkurenceschopnost navrženého řešení proti řešení s kolébkou,
- analýzu spolehlivosti, životnosti a údržby mechanismu (klouby, ložiskování kamenů, pružné uložení přenášečích tyčí na skříně, těsnění, pružnost a deformace jednotlivých částí) v prostředí pod vozem.

Hodnocení:

Diplomant přistoupil k zadanému úkolu aktivně, se snahou najít originální řešení jak v oblasti výpočtů natočení podvozků, tak i v návrhu koncepčního řešení otočného spojení tramvajové skříně s podvozkem.

V oblasti výpočtů se bohužel dopustil některých chyb, které dosažené výsledky – ať už odvozené vzorce a postupy nebo konkrétní vypočtené výsledky - znehodnocují.

Předmět diplomové práce (i s ohledem na hloubku jejího zpracování) není příliš omezen ustanoveními platných norem, proto nelze hodnotit jejich respektování.

Po formální stránce je vadou práce nedůslednost a chyby ve zpracování obrázků i některé překlepy a formální chyba v textu.

Originálně navržený uzel otočného uložení tramvajové skříně na podvozkem je nastíněn pouze ve formě koncepčního návrhu, která zatím ani zdaleka nepotvrzuje jeho životaschopnost. Z publikovaných patentových spisů jsou ale známá i takto rámcová řešení, která jsou předmětem průmyslové ochrany.

Diplomovou práci lze hodnotit jako průměrnou. Je otázkou, zda chyby v ní obsažené jsou důsledkem neznalostí, nedostatku koncentrace nebo časové tísně.

Diplomovou práci hodnotím známkou „velmi dobře minus - 2,5“.

V Praze dne 7.6.2013


Ing. Miloš Zelinger