

Oddělení kolejových vozidel  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Univerzita Pardubice  
Studentská 95  
532 10 Pardubice

### **Oponentní posudek bakalářské práce**

Název práce: **Návrh nosné konzoly sedadel**

Student: **p. Adam Bílek**

Oponent: **doc. Ing. Petr Voltr, Ph.D.**

Předložená bakalářská práce řeší úlohu návrhu nosné konstrukce pro uchycení sedadel v železničním vozidle pro dopravu osob. Práce obsahuje přehled problematiky, jakož i výklad teorie, a pak zejména vlastní řešení – návrh a zjednodušený pevnostní výpočet konstrukce. Práce má 42 stran textu a přílohy obsahující výkresovou dokumentaci. Forma a rozsah odevzdané práce odpovídá předpisům a doporučením pro bakalářskou práci. Práce dle mého názoru neobsahuje originální řešení vhodné pro autorské osvědčení či patent.

### **Splnění zadaného úkolu**

Přístup studenta k zadanému úkolu a metody řešení jsou přiměřené a smysluplné. Zásadní předmět zadání bakalářské práce byl splněn. Z jednotlivých položek, které má práce dle zadání obsahovat, jsou body 1 a 3–5 splněny; s bodem 2 (popis současných řešení upevnění sedadel do bočnice) zčásti koresponduje část kapitoly páté, avšak tam jsou různé varianty podány spíše jako možnosti návrhu než jako požadovaný „popis současných řešení“. Namátkové vyhledání obrazových materiálů na internetu ukazuje rozmanité používané varianty řešení konzoly zavěšené na bočnici; ač dostupnost technické dokumentace výrobků není valná, při soustavnějším studiu by snad bylo možné podat pěkný přehled a je škoda, že se student nevěnoval tomuto bodu více.

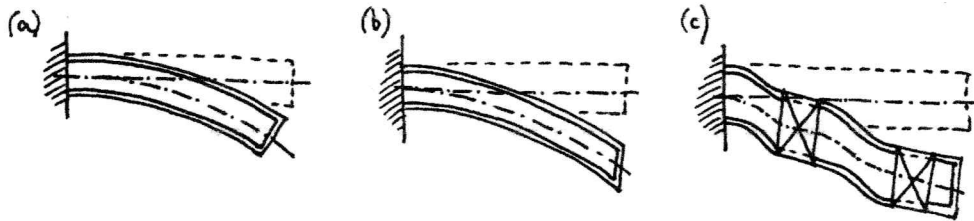
### **Výsledky**

Způsob zjednodušení konstrukce pro pevnostní posouzení na této základní úrovni je přiměřený, avšak v některých ohledech by bylo vhodné alespoň uvést diskuzi k možnému vlivu zjednodušení na výsledky.

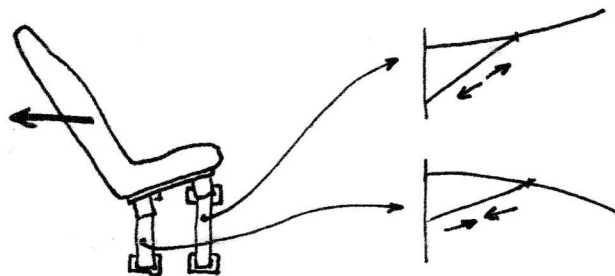
Co se týče ohybu od svislého zatížení, model pro pevnostní ověření je vcelku bezproblémový, avšak jistým zjednodušením je nahrazení svislého působení od sedadla silou v jednom bodě. Jelikož maximum ohybového momentu bylo nalezeno přímo v místě působící síly od jednoho ze sedadel, bude skutečná hodnota záviset na způsobu rozložení svislé síly od sedadla na konzolu.

U namáhání vodorovnými silovými účinky vidím větší obtíže, které mohou plynout ze zjednodušení. Pokud se dvojice příčných nosníků nahrazuje pro výpočet jediným nosníkem, vychází velmi vysoký moment setrvačnosti  $J_z$  a modul  $W_z$  (s. 28). Takové hodnoty jsou ale relevantní pouze tehdy, pokud se

nosník prohýbá, jak je znázorněno na náčrtku (a) níže. Nabízí se otázka, zda skutečný průhyb nebude bližší tomu, co ukazuje náčrtek (b). Pak by bylo přiměřené řešit ohyb dvou samostatných nosníků, na něž se vnější síly rozkládají. Ani tento model není úplně správný, protože přišroubovaná sedadla konzolu do nějaké (neznámé) míry vyztužují – pokud by byla dosti tuhá, mohl by tvar deformovaného nosníku připomínat náčrtek (c). Ve studentské práci na této úrovni nelze požadovat podstatné zpřesnění modelu, avšak nějaká úvaha by se objevit mohla.



U výpočtu napětí vyvozeného krutem je zřejmé, že i přídavné tahové a tlakové namáhání šikmých vzpěr bude hrát roli, viz následující obrázek. Možná by tento scénář byl lépe reprezentován dodatečnými svislými silovými účinky v rozboru v příčné rovině (jako na obr. 19 – ovšem s řešením každé poloviny konzoly zvlášť) než modelem jediného zkrucovaného nosníku.



Nepodařilo se mi ověřit správnost číselných hodnot výsledků týkajících se napětí. Není mi totiž jasné, jak byly určeny hodnoty průřezových veličin v tabulce 2: uvažuje-li se, že počítaný nosník je tvořen dvěma dutými profily (jekly)  $60 \times 60 \times 3$  vedle sebe, měl by například moment  $J_x$  být roven (podle Strojnických tabulek)  $2 \cdot 34,312 \text{ cm}^4 = 68,424 \text{ cm}^4$  namísto uvedených  $20,033 \text{ cm}^4$ . Mezi hodnotami  $J_x$  a  $W_x$  v tab. 2 platí vztah  $W_x = J_x/z_{\max}$ , když  $z_{\max} = 30 \text{ mm}$  (výška profilu), což je správně. Dosadím-li však hodnoty  $J_z$  a  $W_z$ , zjistím, že jejich podíl je roven opět  $30 \text{ mm}$  – ovšem pokud se skutečně oba profily považují za jediný nosník, je  $x$ -ová vzdálenost krajních vláken od neutrální osy podstatně větší.

Výsledky hodnocení pevnosti nejsou zcela správné v tom ohledu, že podle normy (ČSN) EN 12663-1, odd. 6.5.2, se zatížení v podélném směru (zrychlení  $3g$ ) má kombinovat se svislým zatížením – ne tím krajním,  $3g$ , nýbrž pouze statickým ( $1g$ ). Oproti tomu student vyhodnotil napětí při zatížení podélném působícím samostatně, bez tíhy (s. 39).

Výslednou navrženou konstrukci shledávám v pořádku, až na menší nedostatky, které spočívají spíše v dokumentaci, než že by byly principiálními chybami konstrukce; zařazuji komentář níže.

### Uspořádání textu, dokumentace

Úvodní kapitoly týkající se konstrukce interiérů osobních vozů (kap. 2, 3.2, 4) jsou srozumitelné a ve vhodném rozsahu, akorát (jak jsem zmínil) bych ocenil, kdyby se větší pozornost věnovala uspořádání používaných nosníků pro upevnění sedadel do bočnice. Doporučil bych sloučení dvou velmi krátkých

kapitol 2 a 4 do jedné. V odd. 3.1.1, první odstavec na s. 11, není správný závěr, že ve svislém směru se uvažuje zrychlení  $\pm 3g$ ; je to  $(1\pm 2)g$ , což značí rozsah od  $-g$  do  $+3g$ . Střední hodnota  $+1g$  značí statickou tíhu. Na výsledky dalších výpočtů tento omyl nemá vliv.

Oddíl 3.1.2, představující teoretické základy pro výpočet, trpí místy neobratnými vyjádřeními a chybami, např.  $\tau_{MAX}$  ve vztahu (4) značí maximální smykové napětí, nikoli kroučící moment – obzvláště nešikovně to vyznívá v poslední větě na s. 14. Na obrázku 5 by mělo být uvedeno, co vyjadřuje šrafovaná plocha.

Obsah kapitoly páté je uspořádán poněkud nejasně, například v posledním odstavci na s. 23 se už odkazuje na jednu variantu sedadel, ale všechny tři se zmiňují až potom (v textu na s. 24). Není zřejmé, proč se o typu 3 tvrdí, že „jeho rozměry jsou ze všech požadovaných typů sedadel vzhledem k namáhání největší“, když z obrázků to nevyplývá. Patrně je to kvůli odstupu sedadel od stěny, což je důležitá míra, od které se odvíjí délka konzoly – ale tato míra na obr. 13 vyznačena není.

Šestá kapitola obsahuje vlastní konstrukční návrh. Silový rozbor, určení průběhů namáhání, dosazení vstupů a zjištění výsledků je v pořádku, avšak jako nedostatečné shledávám uvedení předpokladů a vstupních hodnot před tím vším. Hodnota síly  $F$  není uvedena, hodnota  $L$  je uvedena až potom, co je použita (s. 30). Význam délek  $t$  a  $s$  v tab. 1 není vysvětlen. Postup výpočtu průřezových charakteristik v tab. 2 by měl být popsán. Na s. 28 se píše, že tab. 2 obsahuje moment průřezů v krutu, ten v tabulce ale chybí. Na straně 27 není jasné, co znamená „Vzdálenost šikmé podpěry [...] je stanovena experimentálně na základě výpočtu [...]“.

V odd. 6.4 (výpočet šroubového spoje) by mohlo být uvedeno, že ve spodní stěně jeklů budou větší otvory na vložení matice, takže šroub bude procházet skrz jednu stěnu, nikoli celý profil. Pokud má označení šroubu  $M8\times 10$  v tab. 4 vyjadřovat délku 10 mm, je to nedostatečné, neboť standardní matice má výšku 6,5 mm a tloušťka jen jednoho ze spojovaných dílů je 3 mm... Ve vztahu (33) se používá síla  $F_{ZU}$  (zřejmě předpětí šroubu) i s dosazením hodnoty, aniž by bylo uvedeno, jak se k ní došlo. Taktéž v oddílu 6.6, který se věnuje výpočtu svarového spoje, by se mělo nejprve uvést, jaké jsou vstupní údaje a vůbec který svar na konstrukci se posuzuje.

V popisu výrobního postupu na straně 36 (odd. 6.5) je chvályhodné, že je předepsáno vrtání děr až po svaření, čímž se eliminuje nepříznivý vliv deformací po svařování na přesnost vzdáleností děr. Je však třeba to vyjádřit i na výkresech – z nich by pracovník ve výrobě nepoznal, že nemá díry do přírub vrtat hned po tom, co zhotoví základní obdélníkový tvar. Ohledně otvorů ze spodní strany hlavních nosníků se obávám, že ty z nich, které se nacházejí nad šikmou podpěrou, nepůjdou po přivaření těchto podpěr vyvrtat.

Z výkresů (i obr. 18 v textu práce) vyplývá, že vzdálenost os nosníků je 240 mm, zatímco podle obr. 13 je vzdálenost děr pro šrouby 220 mm – jeden z těchto rozměrů je zřejmě chybný. Na výkresech by se měly lépe značit polotovary – uvést tloušťku stěny jeklů, ne jen jejich vnější rozměry. U příruby č. v. DPKV-BP-AB-0003 to z označení polotovaru (4HR 120) vypadá, že se díl řeže z tyče o čtvercovém průřezu  $120 \times 120$  mm – je-li to úmysl, nebylo by lepší přírubu řezat z ploché tyče o šířce 90 nebo 120 mm, případně z plechu tl. 10 mm?

Na sestavném výkrese nejsou důsledně značeny svary, zejména není označeno spojení dílů 1 a 4, 2 a 4. U svarů mezi 1 a 5, 2 a 5 je jejich provedení jen u jedné hrany úmysl, nebo chyba?

## Formální náležitosti

Formální úroveň práce je vyhovující, ale kazí ji menší nedostatky formátu a zpracování textu, jako například nejednotný styl nadpisů první úrovně (použita velká písmena mimo kap. 2), odkazy na obrázky v textu („Obr.“) s velkým O, předložky „k“, „v“ na konci řádku (např. s. 25), hvězdičky místo teček pro značení součinu v matematických výrazech. Obrázek 25 by měl být zařazen jako tabulka. První řádek na s. 25 měl být patrně formátován jako nadpis s číslem 5.1.

Text je srozumitelný, ale vyskytují se v něm občasné stylistické nedostatky. Měla by se věnovat větší pozornost výrazům *konzola* a *kantilever* z pohledu názvosloví i tvarosloví. Konzolou se v této práci zřejmě rozumí jakýkoli nosič sedadel; *kantilever* (krakorec) znamená obecně nosník s převislým koncem, zde je to jedno z možných provedení *konzoly*. V tomto kontextu není tedy jasné, co vyjadřuje spojení „konzole kantileveru“ v nadpisu kap. 5. Prve jmenovaný výraz má v češtině varianty *konzola* i *konzole*, v textu se střídavě vyskytují obě – lépe by bakalářské práci slušelo jednotné užití.

## Celkové hodnocení

Předložená bakalářská práce svým rozsahem a formou odpovídá požadavkům na tento druh kvalifikační práce. Postup studenta a použité metody jsou v zásadě správné a řídí se relevantními technickými normami, ač s jistými nedostatky. Zásadní úkol práce byl splněn. Obsah práce požadovaný zadáním byl ve většině bodů naplněn, u jednoho bodu bych očekával podrobnější zpracování. Způsob dokumentace provedené práce obecně trpí nedostatečným popisem předpokladů a vstupních údajů, které jsou následně využity v jednotlivých výpočtech. Z tohoto důvodu se mi nepodařilo ověřit správnost číselných výsledků. Výkresová dokumentace odpovídá zadání, ale vykazuje několik chyb. Po stránce formální a jazykové spatřuji prostor pro zlepšení.

*Na základě výše uvedeného posouzení hodnotím bakalářskou práci p. Adama Bílka stupněm C (2,0) a prosím autora, aby při obhajobě*

- vysvětlil, jak byly získány údaje v tab. 2, a buď potvrdil jejich správnost, nebo je opravil a uvedl, jaký to má vliv na výsledky pevnostního posouzení;
- popsal, jak byla „poloha výšky výsledného těžiště [sedadla s cestujícím] stanovena experimentálně, měřícím zařízením“ (s. 32).

V Pardubicích dne 31. května 2019