

# OPONENTNÍ POSUDEK BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## Simulace jízdní brzdové zkoušky nákladního vozu

**Autor práce: Jan PULDA**

**Akademický rok: 2018/2019**

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**

---

**Posudek vypracoval: Ing. Pavel Janoušek**  
**Odborný rada**  
**Odbor drážních vozidel a ECM**  
**Drážní úřad**  
**Wilsonova 3008**  
**Praha 2 - Vinohrady**



**Datum vypracování: 29.5.2019**

## (1) Poznámky k některým kapitolám práce

### Úvod:

Ve čtvrtém odstavci textu autor správně definuje základní problematiku práce. Z definice cíle, který má práce dosáhnout, vyplývá i pohled na ideu práce, podle které autor postupoval.

### 1.1 Brzdy adhezní

Autor správně uvádí jako negativní důsledek ztráty adheze prodloužení zábrzdne dráhy a dále zablokování dvojkolí a tím jeho možné poškození. Protismykové zařízení nejen ochraňuje dvojkolí před zablokováním ale ještě optimalizuje dosažitelnou zábrzdnou dráhu tím, že udržuje relativní skluz dvojkolí na co možno nejvyšší hodnotě konkrétní adheze a tím ji maximálně využívá.

### Graf 2.1

Graf správně uvádí limitní hodnoty požadovaných brzdících procent pro oba jízdní režimy (S - 100 km/h i SS - 120 km/h). V této souvislosti je možno poznamenat, že dopravci využívají možností provozu vozů podle tzv. zátěžové tabulky uvedené na boku vozů. Ty v případech pozitivních jízdně-technických vlastností vozu vystrojených brzdou pro S režim umožňují jízdu rychlostí 120 km/h při redukovaném ložení vozu nebo jízdu vozu vystrojeného brzdou pro SS režim redukovanou rychlostí 100 km/h při 22,5 t hmotnosti na nápravu.

### 2.2.3 Třecí prvky

V prvním odstavci autor hovoří o nekovových špalících typu LL (jako přímá náhrada špalíků litinových) a uvádí, že v celém rozsahu rychlostí mají podobné vlastnosti jako litinové špalíky. Toto byl původní záměr použití LL špalíků a sice snížení hlučnosti vozů přemontováním LL špalíků přímo místo litinových bez nutnosti jakékoliv úpravy brzdové výstroje vozu. Bohužel zkoušky a zejména provozní zkušenosti ukázaly, že materiál pro LL špalíky, který by se přibližoval třecími vlastnostmi litinovým špalíkům žádný výrobce plně nedokázal vyrobit a postupně bylo nutno provádět úpravy na voze (změny tlaku v BV kvůli přizpůsobení se konkrétním třecím součinitelům, úpravy v užívání ruční brzdy z důvodu sníženého účinku při stojícím vozidle a j.).

### 3.2. Vozy s kotoučovou a diskovou brzdou

Zde pouze terminologická poznámka. Pojem brzdový kotouč a brzdový disk pro mne v češtině znamenají synonyma. Užívali jsme vždy pojem kotoučová brzda a to buď s kotouči na nápravě nebo s kotouči v kolech. Vznikl nový terminus technikus – disková brzda = kotoučová brzda s kotouči v kolech protože kotouč železničního kola se obecně nazývá diskem kola?

### 4.2. Jízdní zkoušky

Kapitola správně interpretuje podmínky, za kterých se brzdové zkoušky s vozem provádějí a jaké veličiny je nutno při zkoušce sledovat nebo měřit. Správně jsou identifikovány předpisy, které podmínky provádění zkoušek definují i podmínky pro úseky trati, určené k provádění jízdních zkoušek. Co se týká povětrnostních podmínek při jízdních zkouškách, bývalo praktickým zvykem sledovat směr a měřit rychlost větru. Limitní hodnota rychlosti větru umožňující provedení zkoušky byla uvažována do 3 m/s. V případě vyšší rychlosti větru byl volen zkušební úsek (v případě provádění zkoušek na ŽZO) tak, aby získané výsledky zábrzdě dráhy byly na straně bezpečnosti (aby směr větru co možno maximálně souhlasil se směrem jízdy). V předposledním odstavci uvádí autor možnost provádění zkoušek ucelených souprav složených z identických vozidel s metodikou vyhodnocení stejnou jako pro zkoušku s jednotlivým vozem. Pro určení brzdících procent se ale v tom případě používá matematických vztahů nebo nomogramů určených pro vlak.

### 5.1. Průběh brzdění vozu

Autor rozděluje průběh jízdní brzdové zkoušky do 4 fází jako důsledek komplexního pohledu na provedení zkoušky jako celku. Pro případ zadání práce má smysl sledovat pouze fáze definované autorem jako II a III. Ty jsou také předmětem vlastního měření a vyhodnocení zkoušky.

#### 5.1.1 Počátek brzdění vozu

V třetím odstavci autor zmiňuje manuální řízení tlaku v BV neodvisle od řídicího tlaku ventilu přítlaku dle ložení (snímače ložení?), používaného pro zkoušky. Zřejmě tím má na mysli možnost regulace tlaku v BV pomocí řídicího ventilu, což systém brzdy DAKO jednoduše umožňuje. Tato okolnost může být využívána při vývojových zkouškách brzd vozu, nikoli však při homologačních zkouškách, dotvrzujících správné nastavení brzdy vozu a jeho správný brzdící výkon, ověřovaný zjišťovanou zábrzděnou drahou.

Autor uvádí správný závěr o vlivu stavu brzdového pákoví a tyčoví na průběh sledovaných veličin (účinnost pákoví), zejména na přítláčné síly

### 5.1.2. Plný účinek brzdy

Analýza průběhu III. fáze je provedena důkladně a ukazuje na vliv jednotlivých okolností na průběh brzdové zkoušky a na její výsledek. Jednoznačně se ukazuje, že zásadním parametrem ovlivňujícím výsledek brzdové zkoušky je velikost a průběh součinitele tření třecího páru.

### 5.2. Analýza řad zábrzdých drah

Při konkrétních zkouškách mnoha různých nákladních vozů se ukázalo, že kromě autorem uvedených veličin, majících vliv na zábrzdnu dráhu, má nezanedbatelný vliv na výsledek režim brzdění předcházející provedené zkoušky. Tato okolnost závisí zřejmě na velikosti zmařené energie a ovlivnění stavu povrchu třecí plochy. Zejména při sérii za sebou jdoucích zkoušek dochází ke změně třecích vlastností špalíků, degradaci či obnově třecích vlastností podle způsobu a velikosti tepelného namáhání třecího páru při předcházející zkoušce. Znovu se zde potvrzuje zásadní vliv třecích vlastností na výsledek zkoušky. Tato okolnost platí pro litinové i nekovové špalíky. Lze ji vysledovat i u kotoučové brzdy.

## 6 Model vozidla

Autor užil dvě základní metody řešení pohybu vozidla jako hmotného bodu a jako soustavy dokonale tuhých těles vázané reálnými tuhými vazbami. Správně zjednodušil simulaci neuvažováním odporů traťových.

### 6.1. Vozidlové odpory

Tyto odpory autor řešil separátně pro odpor valení kola, odpor ložisek a odpor prostředí. Uvedené předpoklady pro jednotlivé odpory jsou správné. Naskýtá se otázka, zda by nebylo možné využít znalostí jízdního odporu podobných vozů, zjištěného výběhovou zkouškou.

#### 6.2.1 Tlak v brzdovém válci

Předpoklady popisu tlaku v BV jsou použitelné.

### 6.2.2 Výstupní síla brzdového válce a pákovi

V textu ke vztahu (6.18) se uvádí, že „pro jednu rozporu (tedy dvě zdrže) nebo jednu čelist kotoučové brzdy lze psát“ ovšem označení  $F_p$  je použito jako přítlačná síla jedné zdrže/čelisti. Síla na zdrž dle obr 2.2 s převodem i definovaným v (6.17) by pak zřejmě byla poloviční než uvedeno?

### 6.2.3 Součinitel tření

Znovu se ukazuje zásadní vliv průběhu součinitele tření. Zvolený postup sestavení vlastních závislostí je proto správný a ukazuje na dobrý soulad naměřených vzorků s proloženou křivkou viz Příl. II.

### 6.3 Vozidlo jako hmotný bod

Určení hmotnosti hmotného bodu, působících sil a brzdného účinku je provedeno správně. Nahrazení soustavy vozu hmotným bodem dle obr. 6.4 odpovídá sestavené pohybové rovnici (6.31)

### 7.2 Validace modelu hmotného bodu

Znovu se ukazuje zásadní vliv průběhu součinitele tření. Optimálním se nejeví žádný z použitých průběhů součinitele tření od konstantní hodnoty až k průběhu daném vyhláškou UIC. Rozbor jednotlivých porovnání je proveden velmi pečlivě. Porovnání je provedeno pomocí srovnání průběhu zrychlení u vozu se špalíkovou brzdou

### 7.3 Validace modelu soustavy těles

Uváděná teze srovnání validace modelu soustavy těles s validací modelu hmotného bodu je opodstatněná a dostačující.

### 8. Citlivostní analýza modelu

Je ukázáno, že dominantní vliv zde vykazuje aerodynamický odpor. Ten závisí ponejvíce na čelní ploše vozu, navíc se u některých typů vozu mění s ložením vozu. Rozdíl tlaku v BV má větší vliv u prázdného vozu.

## Závěr

Text pátého odstavce Závěru dobře vystihuje celkový výsledek práce. Jednoznačně ukazuje na zásadní vliv součinitele tření pro výsledek simulačního výpočtu jízdních brzdových zkoušek. Jako přínosné by bylo zde uvést vyjádření autora práce k možnosti použití vytvořených simulačních výpočtů jízdních brzdových zkoušek nákladních vozů jako náhradu skutečných prováděných zkoušek na trati s reálnými vozy s cílem urychlení a usnadnění procesu ověřování případně schvalování nových typů vozů .

### **(2) K posuzované bakalářské práci dále uvádím:**

--- autor přistoupil k provedení práce velmi pečlivě, splnil všechny požadované body zadání práce. Zvolil správný postup řešení a detailně se věnoval zásadnímu cíli tj vytvoření simulačního výpočtu podle současných známých a vhodných metod

--- dosažené výsledky odpovídají zvolenému přístupu, jsou provedeny správně a při konkrétní aplikaci poskytují možnost praktického užití

--- k práci užitá dokumenty jsou aktuální a správně volené, poskytují autorovi možnost vyvození odpovídajících závěrů, které jsou obecně platné v evropském železničním prostoru

--- práce je členěna přehledně , využívá technických metod odkazů na literaturu a přílohy, není složité se v ní orientovat, její estetická úroveň je vysoká

--- v práci je užito vlastní řešení sestavení závislostí tření špalíků na rychlosti a vlastní řešení sestavení konkrétního matematického modelu pro chování vozidla

**V souladu se Studijním a zkušebním řádem UPa  
klasifikuji bakalářskou práci**

**A**