BEZPEČNOSŤ PREPRAVY

Vplyv polohy nákladu na brzdenie

MAN TGL 8.180 pri meraní.

V tomto príspevku sa budeme venovať, ako poloha nákladu umiestneného na ložnej ploche úžitkového automobilu ovplyvňuje jeho brzdné charakteristiky. Zisťovanie bolo vykonané brzdnými skúškami na asfaltovom povrchu na nákladnom dvojnápravovom automobile s plachtovou nadstavbou.

Brzdenie zohráva v krízových situáciách kľúčovú rolu, aby vozidlo včas zastavilo pred prekážkou, alebo sa jej vyhlo. Predstava a znalosť veličín, ktoré brzdenie ovplyvňujú neraz dokáže predísť škodám na vozidle, prevážanom tovare, majetku a čo býva najdôležitejšie aj stratám na životoch. O to viac, že v cestnej nákladnej doprave sa pohybujú úžitkové automobily a jazdné súpravy s celkovou hmotnosťou aj v desiatkach ton.

Teoretický predhovor

Z hľadiska bezpečnosti cestnej premávky je najdôležitejšia dĺžka dráhy potrebná na zastavenie vozidla. A na to majú vplyv ďalšie veličiny z časového priebehu brzdenia. Čas reakcie vodiča je pre každého človeka rôzny, pričom je ovplyvnený jeho sústredenosťou, fyzickým a duševným stavom. Najnižší reakčný čas 0,6 – 0,7 s má vodič, ktorý je sústredený, najvyšší čas až 2 s má veľmi unavený vodič, prípadne vodič pod vplyvom alkoholu, či iných omamných látok.

Počas času oneskorenia brzdného účinku (to) dochádza k vymedzeniu konštrukčných vôlí v mechanizme brzdového systému. Nadobúda hodnoty 0,05 s pre hydraulické brzdové systémy a 0,15 s pre pneumatické brzdové systémy. Počas času nábehu brzdného účinku (tn) dochádza k nábehu tlaku v prenosovom médiu a k prípustnej deformácií častí brzdovej sústavy. Nadobúda hodnoty 0,15 s pre hydraulické brzdové systémy a 0,2 s pre pneumatické brzdové systémy. Čas plného brzdného účinku (tp) plynie od okamihu, kedy brzdy dosiahnu plný brzdný účinok až do zastavenia vozidla. Skutočný priebeh spomalenia vozidla pri brzdení je ale zložitejší

ako ten ideálny, a to v dôsledku zmien teplôt na brzdách, rýchlosti vozidla a sklzových pomeroch pneumatiky.

Pri matematickom stanovení samotnej brzdnej dráhy sa vychádza z toho, že kinetická energia pohybujúceho sa vozidla sa rovná práci vynaloženej na jeho zabrzdenie. Odvodený vzorec používaný na matematický výpočet brzdnej dráhy je:

$$V \frac{Y}{J}$$

Ako je možné vidieť, vzorec nezohľadňuje hmotnosť vozidla. Dá sa teda povedať, že hmotnosť vozidla nevplýva na dĺžku brzdnej dráhy? Konštrukčné vyhotovenie vozidiel tiež umožňuje umiestniť náklad na ložnej ploche v rôznej vzdialenosti od jednotlivých náprav a spôsobiť tak ich diametrálne odlišné zaťaženie. Ako potom na brzdenie vplýva rozloženie nákladu na ložnej ploche?

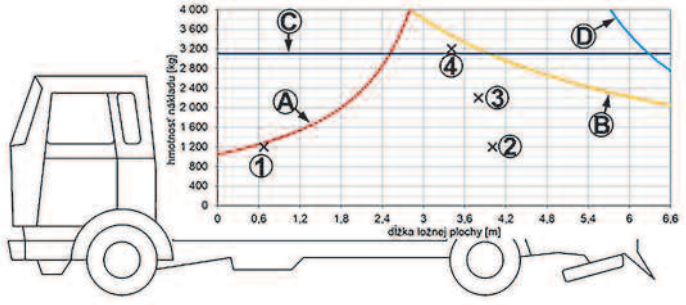
Merania

Na skúšky bol použitý automobil kategórie N2 značky MAN TGL 8.180, na ktorom sa decelerometrom skúmali brzdné charakteristiky počas vykonaných skúšok. Tie boli rozdelené do štyroch situácií/prípadov s odlišným rozložením nákladu na ložnej ploche vozidla v poradí: 1. situácia – najvyššie zaťaženie prednej nápravy až 4. situácia – najvyššie zaťaženie zadnej nápravy. Rôzne umiestnený náklad spôsobil odlišné zaťaženie náprav, a to sa zmeralo mobilnými váhami. Okrem štyroch rôznych zaťažení jednotlivých náprav sa skúmal aj vplyv počiatočnej rýchlosti vozidla, a to pri rýchlostiach 40 km/h, 65 km/h, 80 km/h. Celkovo tak bolo plánovaných 32 brzdných skúšok. Cieľom bolo zistiť, ako sa bude meniť stredné plné brzdné spomalenie MFDD ($m.s^{-2}$) a brzdná dráha (m). Použitý decelerometer upevnený na čele ložného priestoru vypočítaval po každom brzdení tieto hodnoty automaticky.

Na základe údajov maximálnych dovolených zaťažení náprav, najväčšej užitočnej hmotnosti automobilu a rozmerov použitého automobilu bol spracovaný diagram rozdelenia záťaže. Súčasťou diagramu sú aj znázornené zaťaženia z konkrétnych prípadov.

Pri nakladaní sa nesmie prekročiť maximálne užitočné zaťaženie a maximálne dovolené zaťaženia pripadajúce na nápravy, pričom tre-

DIAGRAM ROZDELENIA ZÁŤAŽE MAN TGL 8.180

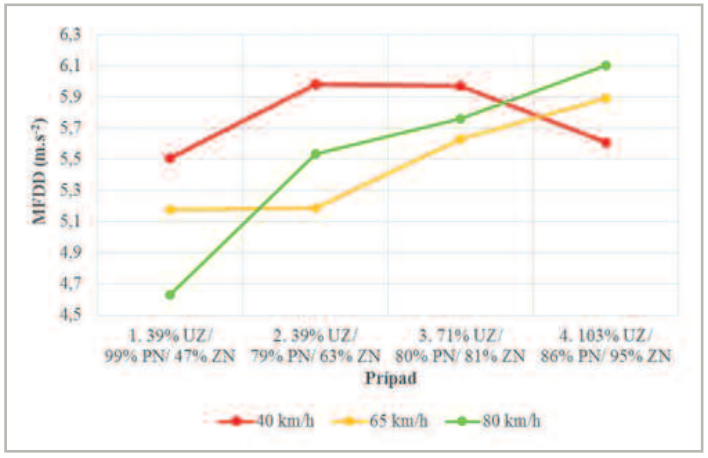


A – maximálne dovolené zaťaženie prednej nápravy
B – maximálne dovolené zaťaženie zadnej nápravy
C – maximálne užitočné zaťaženie
D – minimálne prípustné zaťaženie prednej nápravy
1 – zaťaženie v 1. prípade
2 – zaťaženie v 2. prípade
3 – zaťaženie v 3. prípade
4 – zaťaženie v 4. prípade

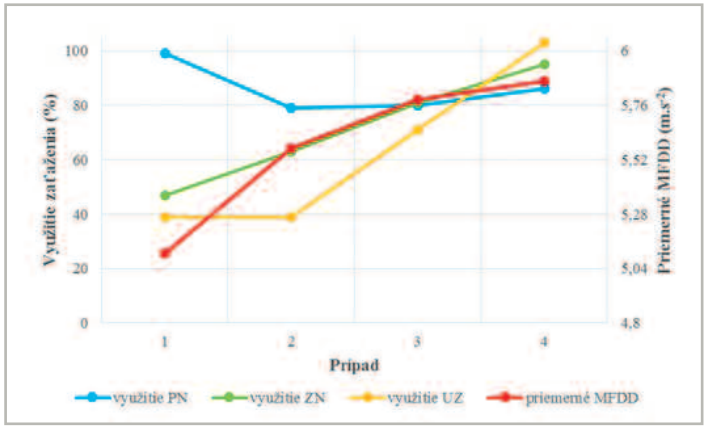
Rozloženie nákladu na ložnej ploche v jednotlivých skúmaných prípadoch.

ba rešpektovať aj minimálne dovolené zaťaženia náprav. Pre kategóriu vozidiel N podľa Nariadenia vlády SR č. 349/2009 Z. z. platí, že hmotnosť pripadajúca na riadenú nápravu nesmie klesnúť pod 20 % okamžitej hmotnosti vozidla alebo jazdnej súpravy. Hmotnosť pripadajúca na hnaciu nápravu nesmie klesnúť pod 25 % celkovej hmotnosti vozidla, jazdnej súpravy. Náklad je naložený správne, ak je jeho ťažisko v oblasti ohraničenej krivkami A, B, C, D. Krivka minimálneho prípustného zaťaženia zadnej nápravy sa v diagrame nenachádza. Ohraničuje túto oblasť len na špecifických vozidlách, pretože odľahčenie zadnej nápravy môže zapríčiniť len náklad uložený pred prednou nápravou.

Na diagrame rozdelenia záťaže použitého automobilu oblasť správneho umiestnenia nákladu ohraničujú krivky A, B, C. V 1. prípade bolo uloženie nákladu na hranici maximálneho dovoleného zaťaženia prednej nápravy. Zaťaženie nákladom v 2. a 3. prípade sa nachádza v oblasti ohraničenej krivkami, to znamená, že vozidlo je v oboch prípadoch v ideálnom prevádzkovom zaťažení. V 4. prípade nastalo mierne prekročenie najväčšej celkovej hmotnosti vozidla, čo je možné vidieť aj z diagramu, kde bod 4 leží tesne nad krivkou maximálneho užitočného zaťaženia.



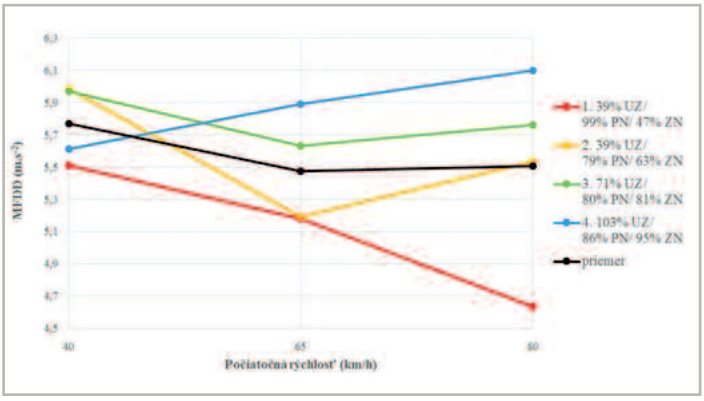
Závislosť MFDD na zaťažení náprav
UZ – užitočné zaťaženie vozidla, PN – najväčšia celková hmotnosť pripadajúca na prednú nápravu, ZN – najväčšia celková hmotnosť pripadajúca na zadnú nápravu



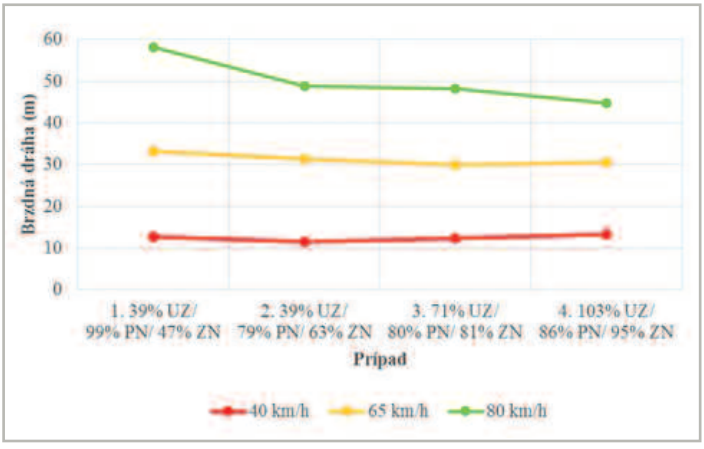
Vplyv využitia zaťaženia na MFDD

Výsledky meraní.

Na účely merania boli vyberané úseky brzdenia od nástupu brzdného účinku až po úplné zastavenie vozidla. Doba reakcie vodiča a oneskorenia brzdného účinku neboli vzaté do úvahy, keďže hmotnosť a rozloženie nákladu s nimi nesúvisia. Počas skúšok sa merali parametre: MFDD (m.s^{-2}), počiatočná rýchlosť (km/h), brzdná dráha (m) a čas brzdenia (s). Pre účely následného porovnania brzdných charakteristík sa údaje spriemerovali tak, aby sa stanovil reprezentant pre každú veličinu pri každej počiatočnej rýchlosti a pri každom skúmanom prípade.



Závislosť MFDD na počiatočnej rýchlosti



Závislosť brzdnej dráhy na zaťažení náprav

Údaje z tabuľky boli použité na zistenie súvislosti medzi zaťažením náprav a MFDD - veličinou charakterizujúcou priebeh brzdného spomalenia počas brzdenia. Badateľné sú aj veľké rozdiely v MFDD medzi jednotlivými počiatočnými rýchlosťami. Rozptyl brzdných spomalení v závislosti od rýchlosti bol najvyšší v 1. prípade - 16 %. Naopak najnižší rozptyl brzdných spomalení bol zaznamenaný v 3. prípade a to len takmer šesť percent.

Platí, že s narastajúcou počiatočnou rýchlosťou narastá aj jeho zmena pri rozličnom zaťažení. Výnimkou sú zrejme nižšie počiatočné rýchlosti, v tejto situácii je to rýchlosť 40 km/h, kedy nebola potvrdená jednoznačná závislosť brzdného spomalenia na zmene zaťaženia náprav. Pri vyšších rýchlostiach sa ale zistilo, že so zvyšujúcim sa zaťažením zadnej nápravy stúpa aj brzdné spomalenie.

Zatiaľ, čo pri maximálnom zaťažení prednej nápravy je hodnota MFDD najvyššia pri najnižšej počiatočnej rýchlosti a najnižšia pri najvyššej počiatočnej rýchlosti, pri maximálnom zaťažení zadnej nápravy je situácia opačná. Spriemerovaním MFDD všetkých počiatočných rýchlostí a stanovením jedného MFDD

pre každý prípad môžeme utvoriť ďalšie závery.

Lepšie brzdné spomalenie sa dosahuje s rovnomernejšie zaťaženými jednotlivými nápravami vozidla. Tento fakt potvrdzuje 3. a 4. prípad s najvyššími dosiahnutými výsledkami, pričom práve v 3. prípade bolo dosiahnuté ideálne rozloženie nákladu (80 % zaťaženie prednej nápravy, 81 % zaťaženie zadnej nápravy). Predovšetkým porovnaním 1. a 2. prípadu s rovnakou celkovou hmotnosťou vozidla, ale diametrálne odlišným umiestnením nákladu na ložnej ploche získame predstavu, že brzdné spomalenie je tým vyššie, čím rovnomernejšie sú zaťažené osi vozidla. Keďže v 4. prípade bola hodnota MFDD vyššia ako v 3. prípade, ale rozloženie hmotnosti bolo o čosi menej rovnomerné oproti 3. prípadu, dá sa vyvodiť, že nárast MFDD závisí aj na zaťažení pripadajúcom na zadnú os.

Protikladom k najvyšším hodnotám MFDD v 3. a 4. prípade je najnižšie brzdné spomalenie v 1. prípade, kedy bola hmotnosť sústredená predovšetkým na prednej riadiacej náprave, pričom sa jej zaťaženie počas brzdenia ešte zvyšovalo vplyvom momentu meniaceho zaťaženie náprav vyvolaného zotrvačnou silou ťažiska. V tejto súvislosti je potrebné spomenúť aj úlohu výšky ťažiska nákladu, pretože čím je ťažisko nákladu položené vyššie, tým väčší moment meniaci zaťaženie náprav sa vyvoláva. Väčší moment meniaci zaťaženie náprav počas brzdenia spôsobuje väčší nárast záťaže na prednej náprave a väčší pokles záťaže na zadnej náprave. Pri ukladaní nákladu na ložnú plochu preto treba uvažovať s brzdením, v dôsledku ktorého toto preťaženie môže nastať, a neukladať náklad tak, aby bolo ním vyvolané zaťaženie na hranici maximálneho dovoleného zaťaženia prednej nápravy.

V prípade maximálneho zaťaženia prednej nápravy bol priebeh brzdného spomalenia klesajúci s narastajúcou počiatočnou rýchlosťou. To znamená, že čím väčšou rýchlosťou sa vozidlo na začiatku brzdenia pohybovalo, tým väčší úbytok brzdného spomalenia nastal.

V prípadoch 2 a 3 je možné vidieť podobný pokles brzdného spomalenia, ale len do počiatočnej rýchlosti 65 km/h. Pokles je tým menší, čím väčšie zaťaženie pripadá na zadnú nápravu. Pri následnom zvýšení počiatočnej rýchlosti nastáva zvrat a brzdné spomalenie stúpa. Jednoznačný priebeh brzdného spomalenia bol zaznamenaný až pri maximálnom zaťažení zadnej nápravy, kedy s narastajúcou počiatočnou rýchlosťou stúpalo aj brzdné spomalenie. Z vyššie uvedených poznatkov vyplýva, že brzdné spomalenie narastá predovšetkým so zvyšovaním zaťaženia zadnej nápravy s výnimkou nízkych počiatočných rýchlostí, kedy tiež mohla nastať neznáma chyba pri meraní. Výnimka neplatí pri rovnomernom zaťažení oboch náprav, kedy bolo dosahované vysoké brzdné spomalenie pri všetkých počiatočných rýchlostiach. Porovnanie brzdnej dráhy je v každodenných reálnych podmienkach najčastejším spôsobom, akým sa charakterizuje brzdenie vozidla. Pri tej najnižšej počiatočnej rýchlosti bola najkratšia brzdná dráha v prípade, keď bolo vozidlo zaťažené iba tonovým nákladom uloženým priamo nad hnacou nápravou. Pri priemernej počiatočnej rýchlosti 65 km/h sa brzdná dráha skracuje s rovnomernejším zaťažením jednotlivých náprav. Pri najvyššej počiatočnej rýchlosti brzdné spomalenie narastá so zvyšovaním zaťaženia zadnej nápravy, rozdiel je takmer 15 m pri porovnaní brzdnej dráhy s maximálnym zaťažením prednej nápravy a maximálnym zaťažením zadnej nápravy. Vo všeobecnosti je možné utvoriť názor, že dráha potrebná na zastavenie vozidla je tým kratšia, čím väčšia hmotnosť nákladu pôsobí na zadnú nápravu. Tento fakt tiež potvrdzuje porovnanie 1. a 2. Prípadu, kedy malo vozidlo identickú okamžitú hmotnosť, ale zaťaženie bolo v jednom prípade sústredené na prednej náprave a v druhom na zadnej, hnacej náprave.

PRIEMERNÉ NAMERANÉ HODNOTY

	Počiatočná rýchlosť (km/h)	MFDD ($m.s^{-2}$)	Dráha brzdenia (m)	Čas brzdenia (s)
1. prípad 39/99/47 *	40	5,51	12,68	2,23
	64	5,18	33,27	3,6
	84	4,63	58,22	5,06
2. prípad 39/79/63 *	40	5,98	11,51	2,06
	64	5,19	31,31	3,49
	82	5,54	48,86	4,39
3. prípad 71/80/81 *	41	5,97	12,28	2,17
	64	5,63	29,91	3,36
	82	5,76	48,32	4,27
4. prípad 103/86/95 *	42	5,61	13,41	2,31
	65	5,89	30,5	3,33
	81	6,1	44,78	3,94

** Percentuálne vyjadrenie využitého zaťaženia v poradí: užitočné zaťaženie vozidla / najväčšia celková hmotnosť pripadajúca na prednú nápravu / najväčšia celková hmotnosť pripadajúca na zadnú nápravu.*

Záver

Z uvedených výsledkov vyplýva, že nielen okamžitá hmotnosť vozidla, ale aj rozloženie nákladu na ložnej ploche vozidla, a teda odlišné zaťaženie jednotlivých náprav vplýva na brzdenie. Bolo zistené, že vyššie zaťaženie zadnej nápravy (na rozdiel od vyššieho zaťaženia prednej nápravy) priaznivo vplýva na brzdné spomalenie automobilu, a pomáha tak skracovať brzdnú dráhu.

Rozdiel v brzdnej dráhe bol tým väčší, čím sa vyššou rýchlosťou vozidlo pohybovalo v okamihu začiatku brzdenia. Tieto skutočnosti sprevádzajú zvláštnosti pri nízkej počiatočnej rýchlosti. Jasnejší vplyv na brzdné spomalenie malo rovnaké využitie maximálnych dovolených zaťažení pripadajúcich na nápravy. V prípade, keď bolo dosiahnuté ideálne zaťaženie osí, boli namerané vysoké brzdné spomalenia pri každej počiatočnej rýchlosti. Dalo by sa vyvodiť, že pri ukladaní nákladu na ložnú plochu vozidla je dôležité jeho umiestnenie tak, aby boli rovnomerne zaťažené všetky nápravy vozidla, pričom je oveľa vhodnejšie umiestnenie nákladu nad zadnú nápravu než nad prednú.

Prekvapivé výsledky boli zaznamenané pri skúmaní vplyvu počiatočnej rýchlosti. Kým pri tej najnižšej bolo najvyššie dosiahnuté brzdné spomalenie s vozidlom s ťažiskom bližšie k osi prednej nápravy, najnižšie brzdné spomalenie dosiahlo vozidlo, na ktorom bola najviac zaťažená zadná náprava. Presne opačná situácia nastala pri najvyššej počiatočnej rýchlosti, kedy ťažisko približujúce sa k osi prednej nápravy nepriaznivo vplývalo na brzdné spomalenie.

Text, foto a ilustrácie:
Ing. Tomáš Skrúcaný, PhD., Bc. Patrik Kažimír,
Žilinská univerzita v Žiline