

OPATŘENÍ PRO ZAJIŠTĚNÍ ÚČINNÉHO A SPRÁVNÉHO BRZDĚNÍ SILNIČNÍCH VOZIDEL

MEASURES TO ENSURE EFFECTIVE AND CORRECT BRAKING OF ROAD VEHICLES

Jaroslav Kleprlík¹

Anotace: Článek se zabývá problematikou brzd a brzdění silničních vozidel. Autor zde uvádí právní předpisy Evropské unie a České republiky, které upravují problematiku schvalování technické způsobilosti a technické kontroly brzdového systému. Příspěvek popisuje jednotlivé fáze brzdění vozidla. Upozorňuje na nutnost dodržování bezpečného odstupu mezi vozidly a uvádí sankce za jeho nedodržení. Podrobněji se věnuje reakční době řidiče a opatřením, která ji příznivě ovlivňují. V článku jsou uvedeny vzorce pro výpočet hlavních ukazatelů brzdění.

Klíčová slova: bezpečný odstup, brzdná dráha, brzdění silničního vozidla, brzdový systém, doba brzdění, reakční doba řidiče, zpomalení při brzdění.

Summary: The paper deals with the problematics of brakes and braking of road vehicles. Author states law regulations of the EU and the Czech Republic, which are related to the approval of technical competence and technical inspection of braking system. The paper describes all stages of braking process. It's highlighting the need of keeping safe following distance between vehicles. There are also stated sanctions for non-compliance. More detail is dedicated the driver's response time and measures with positive impact on it. In the paper are stated formulas for calculation of basic braking indicators.

Key words: safe following distance, braking distance, braking of road vehicle, braking system, braking time, driver's response period, braking deceleration.

ÚVOD

Ze statistik dopravní nehodovosti v České republice (1) vyplývá, že z hlediska příčin dopravních nehod zaujímá druhé místo nepřiměřená rychlost. Z hlediska závažnosti následků nehod s ohledem na počet usmrcených osob je však na místě prvním! S ohledem na vysoké rychlosti jízdy řidičů se zvyšují požadavky na konstrukci a řádný technický stav brzdových zařízení silničních vozidel a na prvky aktivní, pasivní a ponehodové bezpečnosti. Na vozidle je třeba mít správné pneumatiky uvedené v technickém průkaze vozidla, požadovanou hloubku dezénu a užívat zimní a letní pneumatiky. Kromě těchto technických opatření je třeba také počítat s jednotlivými fázemi brzdění. Z pozice řidiče je pak třeba dodržovat bezpečný odstup mezi vozidly, včas a vhodně reagovat na překážky a správně brzdit. Je třeba si uvědomit, že existuje doba postřehu a reakce, co ji ovlivňuje, a že během ní se vozidlo stále

¹ doc. Ing. Jaroslav Kleprlík, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, ČR, Tel.: +420 46 603 6431, Fax: + 420 46 603 6303, E-mail: Jaroslav.Kleprlik@upce.cz

pohybuje původní rychlostí. Existují také další ukazatele při brzdění, především brzdná dráha a doba brzdění.

1. POŽADAVKY NA BRZDOVÁ ZAŘÍZENÍ SILNIČNÍCH VOZIDEL

Z pohledu EU upravuje technickou způsobilost silničních vozidel Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 661/2009 o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel, jejich přípojných vozidel a systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla z hlediska obecné bezpečnosti v nejnovějším konsolidovaném znění (2).

Požadavky na brzdění vozidel z hlediska schvalování technické způsobilosti vozidla jsou stanoveny ve Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES, kterou se stanoví rámec pro schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla, a to v nejnovějším konsolidovaném znění (3).

V rámci právních předpisů ČR upravuje problematiku brzd a brzdění, kromě evropských předpisů, zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů (4) a jeho dvě prováděcí vyhlášky. První je vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích (5), která stanoví požadavky na brzdové zařízení silničních vozidel. Druhou je vyhláška č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, ve znění pozdějších předpisů (6), která uvádí jednotlivé kontrolní úkony pro kontrolu a hodnocení technického stavu vozidla při technické prohlídce, metody kontroly, základní popis závad a přípustné stupně hodnocení.

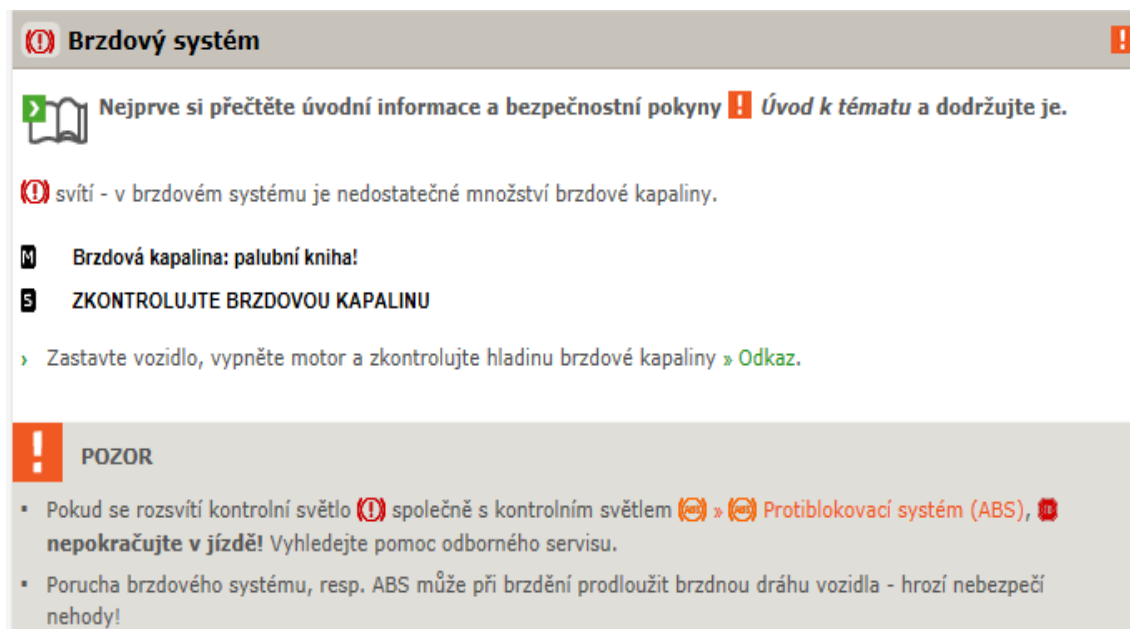
Brzdy jsou dle nařízení (2) a zákona (4) konstrukčním systémem vozidla. Vztahují se na ně technické požadavky stanovené směrnicí (3) a prováděcí vyhláškou zákona (5). Jsou i omezujícím faktorem při přestavbě vozidla, protože platí, že přestavbou vozidla nesmí být změněna kategorie vozidla, jestliže se na nově vzniklou kategorii vztahují přísnější technické požadavky stanovené pro brzdy vozidla.

Brzdovým zařízením se rozumí soubor konstrukčních částí, jejichž funkcí je postupné zmenšování rychlosti jedoucího vozidla nebo jeho zastavení anebo jeho udržení v nehybném stavu, jestliže již stojí. Brzdové zařízení se skládá z ovládacího orgánu, z převodu brzdy a z vlastní brzdy. Brzda je konstrukční část, kde se vyvíjejí síly, které kladou odpor pohybu vozidla. Brzda může být třecí, elektrická, hydrodynamická nebo motorová.

Při technických prohlídkách se brzdy kontrolují vizuálně za použití brzdového systému a na válcové zkušební brzd. Z hlediska kontrolovaných úkonů jsou po úkonech ve skupině č. 0 Identifikace vozidla hned ve skupině č. 1 Brzdové zařízení. V hodnocení jednotlivých úkonů A – lehká závada, B – vážná závada, C – nebezpečná závada převládá hodnocení B, případně je na výběr z možností (A, B) a v podskupinách zaměřených na činnost a brzdné účinky (B) nebo (B, C).

Každý provozovatel silničního vozidla by měl mít ve vlastním zájmu brzdové zařízení v řádném technickém stavu včetně brzdové kapaliny a brzdových destiček. Kontrolu je třeba provádět včas a nečekat až na hlášení o nedostatečném množství brzdové kapaliny, viz obr. 1.

Brzdovou kapalinu se doporučuje kompletně vyměnit po dvou letech, protože pohlcuje vzdušnou vlhkost a ztrácí tak na účinnosti. Pro udržení řádné funkce brzdového systému vozidla je třeba využít brzdovou kapalinu doporučenou výrobcem, např. u vozidel Škoda Fabia výhradně brzdovou kapalinu, která odpovídá normě VW 501 14 (7). Provedení výměny je vhodné nechat provést v autoservisu.



Zdroj: 7

Obr. 1 - Hlášení o nedostatečném množství brzdové kapaliny

Opotřebované brzdové destičky se projeví slabším brzdícím účinkem, pískáním a u nových vozidel upozorní řidiče čidlo, že je třeba destičky vyměnit (např. Škoda Fabia Monte Carlo).

2. BRZDĚNÍ SILNIČNÍHO VOZIDLA

Brzdění silničního vozidla je možné rozdělit do následujících fází:

- reakční doba řidiče,
- odezva vozidla (technická prodleva brzd a náběh brzdícího účinku),
- brzdění.

2.1 Reakční doba řidiče a odezva vozidla

Reakční dobou se rozumí čas od prvního vjemu do uvedení brzdového systému vozidla v činnost naučeným způsobem. Reakční dobu lze rozdělit na:

- optickou reakci řidiče,
- psychickou reakci řidiče,
- svalovou reakci řidiče.

2.1.1 Optická reakce řidiče

Při splnění požadavku bezpečné jízdy musí řidič jet stále předvídavě. Měl by mít rozhled alespoň na takovou vzdálenost před vozidlo, na jakou je schopen z dané rychlosti zastavit, včetně dráhy ujeté za reakční dobu. Přitom musí průběžně sledovat všechny objekty v zorném poli a vyhodnocovat jejich eventuální nebezpečnost vzhledem ke své jízdě. Pokud se objekt nejeví nebezpečným, řidič jej vyřadí z pozornosti, přestane se o něj zajímat a sleduje další. Pokud se objekt stane znovu nebezpečným, řidič musí nejprve jeho pohyb zpozorovat a potom jej musí vyhodnotit. Přitom je nutno mít na zřeteli, že rozsah ostrého vidění je kolem osy oka pouze asi jeden úhlový stupeň, pokud je objekt mimo tuto oblast a je zpozorován pomocí periferního vidění (které je vnímavější na pohyb), pak se musí oko natočit k objektu. Vzhledem k tomu, že se při tom pohybuje objekt i vozidlo, ve kterém je řidič, není zařícování oka tak jednoduché; při pohybu větším než asi 5° se bude jednat o tlumené kmitání s rychlým útlumem. Pokud řidič kritický objekt přímo sledoval, pak čas optické reakce nepřichází v úvahu.

2.1.2 Psychická reakce řidiče

Časem psychické reakce se rozumí doba od optického zařícování kritického objektu do začátku svalové reakce (začátek snímání nohy z pedálu akcelerace). Pro psychické reakce jsou uváděny hodnoty zjištěné u střizlivých řidičů různého stáří, pohlaví, povolání a s různými řidičskými zkušenostmi.

2.1.3 Svalová reakce řidiče

Dobou svalové reakce se rozumí čas od ukončení psychické reakce do dotyku brzdového pedálu. Konec času svalové reakce lze měřit laboratorně. Délka svalové reakce je částečně závislá na uspořádání pedálů. Členění reakční doby řidič-vozdlo je uvedeno v tabulce č. 1.

Tab. 1 – Členění reakční doby řidič-vozdlo

| P.č. | Hranice časového úseku | Název časového úseku |
|------|--|--------------------------------|
| 1. | Počátek optického vnímání nebezpečného objektu | optická reakce |
| 2. | Počátek ostrého optického vnímání objektu | optická a psychická reakce |
| 3. | Začátek svalové reakce | psychická a svalová reakce |
| 4. | Dotyk brzdového pedálu | svalová reakce a prodleva brzd |
| 5. | První dotyk třecích ploch brzd | prodleva brzd a náběh brzd |
| 6. | Začátek zanechávání stop pneumatik na vozovce | náběh brzdy |

Zdroj: 8

Reakční doba byla měřeními stanovena jak je jí schopno splnit pro spodní mez 2 % a pro horní mez 98 % řidičů. Údaje jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tab. 2 – Přehled doby jednotlivých úseků reakční doby a odezvy vozidla

| Druh reakce a odezvy | | Doba trvání [s] | |
|---|--|-----------------|-----------------|
| | | spodní mez (2%) | horní mez (98%) |
| Optická reakce | a) řidič přímo pozoruje kritický objekt | 0,00 | 0,00 |
| | b) řidič sledoval jiný objekt v rozsahu do 5° | 0,32 | 0,55 |
| | c) řidič sledoval jiný objekt v rozsahu nad 5° | 0,41 | 0,70 |
| Psychická reakce – rozhodování | | 0,22 | 0,58 |
| Svalová reakce – přesun nohy z pedálu na pedál | | 0,15 | 0,21 |
| Celková reakční doba řidiče | a) řidič přímo pozoruje kritický objekt | 0,37 | 0,79 |
| | b) řidič sledoval jiný objekt v rozsahu do 5° | 0,69 | 1,34 |
| | c) řidič sledoval jiný objekt v rozsahu nad 5° | 0,78 | 1,49 |
| Odezva vozidla | prodleva brzd – od dotyku brzdového pedálu po první dotyk třecích ploch (např. brzdových destiček s kotoučem) | 0,03 | 0,06 |
| | náběh brzdícího účinku – od prvního dotyku třecích ploch brzd po náběh plného brzdícího účinku (začátek zanechávání stop pneumatik na vozovce) | 0,07 | 0,49 |
| Celková doba do účinku brzd | | 0,10 | 0,55 |
| Celkem | a) řidič přímo pozoruje kritický objekt | 0,47 | 1,34 |
| | b) řidič sledoval jiný objekt v rozsahu do 5° | 0,79 | 1,89 |
| | c) řidič sledoval jiný objekt v rozsahu nad 5° | 0,92 | 2,04 |

Zdroj: 8,9

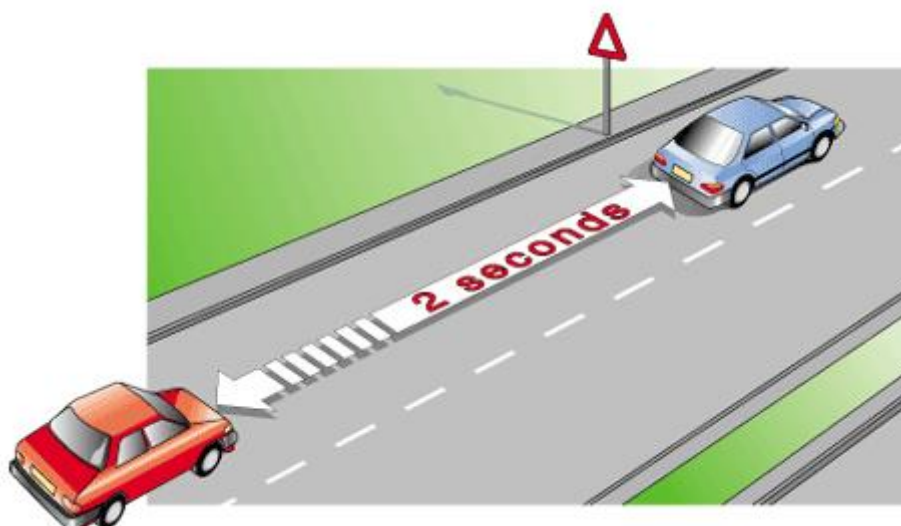
3. DODRŽOVÁNÍ BEZPEČNÉHO Odstupu MEZI VOZIDLY

Dodržení bezpečného odstupu mezi vozidly ovlivňuje, mimo jiné, doba postřehu a reakce. Tato doba je v České republice stanovena v ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic (10) na 1,5 sekundy. V praxi je z hlediska bezpečného odstupu lepší počítat s dobou 2 sekund. To doporučuje jak BESIP v rámci své kampaně (11), viz obr. č. 2, tak i další zdroje (12), viz obrázek č. 3.



Zdroj:11

Obr. 2 – Logo a animace pro bezpečný rozestup (odstup) na BESIP



Zdroj:12

Obr. 3 – Schéma pro bezpečný odstup

Pro bezpečný odstup je třeba počítat s dráhou ujetou za dobu postřehu a reakce. Ta je uvedena pro vybrané případy v tabulce č. 3.

Tab. 3 – Dráhy ujeté za dobu postřehu a reakce na suché vozovce

| Rychlost vozidla [kmh ⁻¹] | Reakční doba [s] | | |
|--|------------------|-------|--------------|
| | 0,6 | 1,0 | 1,5 |
| | Dráhy [m] | | |
| 50 | 8,35 | 13,85 | 20,75 |
| 90 | 15,00 | 25,00 | 37,50 |
| 110 | 18,37 | 30,47 | 45,65 |
| 130 | 21,70 | 36,00 | 54,00 |

Zdroj: 2

Jak je vidět z tabulky č. 3 ujede vozidlo během doby postřehu a reakce „poměrně“ velkou vzdálenost, proto je důležité dodržovat bezpečný odstup mezi vozidly. Tento odstup obecně definuje v České republice zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích v § 19 (13). Dopravní značení pro bezpečný odstup mezi vozidly upravuje vyhláška č. 294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích (14). Bezpečný odstup z hlediska dopravy je vyznačen informativní značkou provozní IP 32 Bezpečný odstup, viz obrázek č. 4 a vodorovnou dopravní značkou V 16 Bezpečný odstup, viz obrázek č. 5. Tyto značky zobrazují minimální počet šipek na vozovce, které by měl řidič vidět na vozovce za vpředu jedoucím vozidlem za běžných podmínek.



Zdroj:14

Obr. 4 – Dopravní značka IP 32 - Bezpečný odstup



Zdroj:14

Obr. 5 – Dopravní značka V 16 - Bezpečný odstup

Nedodržení bezpečného odstupu mezi vozidly je např. v Rakousku uvedeno mezi 13 nejzávažnějších přestupků (15). Minimální bezpečný odstup je tam definován pomocí časového odstupu mezi vozidly na 0,4 sekundy bez ohledu na rychlost. Pokud je měřený odstup v rozmezí 0,39 - 0,2 sekundy je řidič postižen záznamem a pokutou. Když je tento odstup pod 0,2 sekundy je řidiči odebráno řidičské oprávnění na 3 měsíce.

V Německu je nedodržení bezpečného odstupu mezi vozidly odstupňováno a sankcionováno podle rychlostí, viz tabulka č. 4. Vlastní výpočet a výsledný odstup např. při rychlosti 80 kmh^{-1} je polovina 40 kmh^{-1} z ní poté: 5/10 je 20 metrů, 4/10 je 16 metrů, 3/10 je 12 m, 2/10 je 8 metrů a poslední 1/10 jsou 4 metry.

Tab.4 – Sankce za nedodržení bezpečného odstupu mezi vozidly v Německu

| Nedodržení bezpečného odstupu | Pokuta | Body | Zákaz řízení |
|---|---------------|-------------|---------------------|
| do 80 kmh⁻¹ s ohrožením | 30 € | - | - |
| do 80 kmh⁻¹ s nehodou | 35 € | - | - |
| při rychlosti nad 80 kmh⁻¹ do 100 kmh⁻¹ | | | |
| • odstup menší než 5/10 poloviny tachometrové rychlosti | 75 € | 1 | - |
| • odstup menší než 4/10 poloviny tachometrové rychlosti | 100 € | 1 | - |
| • odstup menší než 3/10 poloviny tachometrové rychlosti | 160 € | 1 | - |
| • odstup menší než 2/10 poloviny tachometrové rychlosti | 240 € | 1 | - |
| • odstup menší než 1/10 poloviny tachometrové rychlosti | 320 € | 1 | - |
| při rychlosti nad 100 kmh⁻¹ do 130 kmh⁻¹ | | | |
| • odstup menší než 5/10 poloviny tachometrové rychlosti | 75 € | 1 | - |
| • odstup menší než 4/10 poloviny tachometrové rychlosti | 100 € | 1 | - |
| • odstup menší než 3/10 poloviny tachometrové rychlosti | 160 € | 2 | 1 měsíc |
| • odstup menší než 2/10 poloviny tachometrové rychlosti | 240 € | 2 | 2 měsíce |
| • odstup menší než 1/10 poloviny tachometrové rychlosti | 320 € | 2 | 3 měsíce |
| při rychlosti nad 130 kmh⁻¹ | | | |
| • odstup menší než 5/10 poloviny tachometrové rychlosti | 100 € | 1 | - |
| • odstup menší než 4/10 poloviny tachometrové rychlosti | 180 € | 1 | - |
| • odstup menší než 3/10 poloviny tachometrové rychlosti | 240 € | 2 | 1 měsíc |
| • odstup menší než 2/10 poloviny tachometrové rychlosti | 320 € | 2 | 2 měsíce |
| • odstup menší než 1/10 poloviny tachometrové rychlosti | 400 € | 2 | 3 měsíce |

Zdroj:16

V neobvyklých situacích, bez naučeného způsobu, je potřebná doba postřehu a reakce individuálně ještě větší. Doba postřehu a reakce závisí na:

- Rozhledových podmínkách,
- povětrnostní situaci,
- denní době,
- věnování se řízení a neodvádění pozornosti telefonováním, jídlím,
- psychické pohodě řidiče,
- únavě či odpočinku řidiče,
- alkoholu a návykových látkách,
- mikroklimatu ve vozidle,
- věku řidiče,
- předvídavosti a zkušenostech řidiče,
- atd.

Aby nedošlo k prodlužování reakční doby, je možné učinit opatření u:

- výrobců vozidel (ergonomické uspořádání ovládacích prvků, asistenční prvky ve vozidle např. senzor zvěře s využitím termovizní kamery, viz obr. 5, eliminace mrtvého úhlu),

- správců pozemních komunikací (prohlídky pozemních komunikací za účelem zajištění úplného a viditelného dopravního značení, řádné provádění letní a zimní údržby),
- a především u řidičů.



Zdroj:17

Obr. 5 - Senzor zvěře ve vozidle BMW v systému Night Vision

Dobu postřehu a reakce řidič ovlivní pozitivně následujícími opatřeními:

- zajistí dobrý výhled z vozidla (eliminace vlaječek a osvěžovačů vzduchu, nepoškozené čelní sklo, řádná funkce stěračů, použití homologovaných navigací, v případě zatemnění využití pouze homologovaných folií, atd.),
- bude se věnovat řízení (např. nepoužívat mobilní telefon, hlučnou hudbu, kosmetiku, jíst),
- nepoužívat alkohol, drogy a léky, které negativně ovlivňují reakci,
- dodržovat bezpečnostní přestávky u řidičů profesionálů i u „laické veřejnosti“,
- v případě únavy zastavit a využít odpočívek,
- mít vhodné mikroklima ve vozidle (správná teplota, vlhkost vzduchu),
- mít řádně zajištěny přepravované osoby (děti v autosedačkách, přepravovaná zvířata ve schránkách) a věci,
- odstranit předměty bránící ve výhledu,
- používat clony proti slunci a sluneční brýle především, když je slunce nízko nad horizontem,
- používat dioptrické brýle, v případě, že je má řidič předepsány,
- poučit se z negativních zkušeností a získávat předvídavost a zkušenosti,
- dodržovat dopravní značení, omezení rychlosti,
- atd.

4. HLAVNÍ UKAZATELE DYNAMIKY BRZDĚNÍ

Hlavními ukazateli dynamiky brzdění automobilu jsou:

- zpomalení při brzdění,
- doba brzdění,
- brzdná dráha.

4.1 Zpomalení při brzdění

Zpomalení při brzdění je dáno vztahem č. 1.

$$-a = \frac{\varphi + \Psi}{\delta} \cdot g \quad [\text{ms}^{-2}] \quad (1)$$

Kde:

- a brzdné zpomalení [ms^{-2}],
 φ součinitel adheze [-],
 Ψ výsledný součinitel odporu vozovky [-],
 δ součinitel rotujících hmot [-],
 g tíhové zrychlení [ms^{-2}].

Součinitel adheze je obvykle značně větší než celkový jízdní odpor.

Po dosažení $\psi \cong 0$, $\delta = 1$ a $g \cong 10 \text{ ms}^{-2}$ je možno stanovit, že na suché asfaltové vozovce je možno dosáhnout nejvyšší hodnoty zpomalení $7,5\text{-}8 \text{ ms}^{-2}$. Vzhledem k nepříjemným pocitům a zvýšenému opotřebenosti brzdového obložení a pneumatik nebývá hodnota zpomalení v provozu větší než $1,5\text{-}2,5 \text{ ms}^{-2}$. Tuto skutečnost bere v úvahu ČSN 73 6101 (9).

4.2 Doba brzdění

Pro určení nejkratší doby brzdění platí vztah č. 2.

$$-a = \frac{\varphi}{\delta} \cdot g = \frac{dv}{dt} \quad \text{nebo} \quad dt = \frac{\delta}{\varphi \cdot g} dv \quad [\text{ms}^{-2}] \quad (2)$$

Dobu brzdění stanovíme integrováním rovnice v mezích v_z (rychlost vozidla na začátku brzdění) do v_k (rychlost automobilu na konci brzdění) v [ms^{-1}], viz vztah č. 3.

$$\int_{v_z}^{v_k} \frac{\delta}{\varphi \cdot g} dv = \frac{\delta}{\varphi \cdot g} (v_z - v_k) \quad [\text{s}] \quad (3)$$

Kde:

- v_z rychlost na začátku brzdění [ms^{-1}],
 v_k rychlost na konci brzdění [ms^{-1}].

Při udávání rychlosti v [kmh^{-1}] platí vztah č. 4.

$$t = \frac{\delta \cdot (V_z - V_k)}{3,6 \cdot \varphi \cdot g} \cong \frac{\delta \cdot (V_z - V_k)}{35 \cdot \varphi} \quad [\text{s}] \quad (4)$$

Kde:

- V_z rychlost na začátku brzdění [kmh^{-1}],
 V_k rychlost na konci brzdění [kmh^{-1}].

Při brzdění do úplného zastavení platí vztah č. 5:

$$t \cong \frac{\delta \cdot V_z}{35 \cdot \varphi} \quad [\text{s}] \quad (5)$$

4.3 Brzdná dráha vozidla

Brzdná dráha vozidla je vzdálenost ujetá vozidlem od začátku brzdění do jeho zastavení. Je do ní započtena technická prodleva brzd tj. doba od uvedení brzdy v činnost do okamžiku, v němž brzda začne působit. Není v ní zahrnuta dráha ujetá vozidlem za dobu postřehu a reakce řidiče, tedy doba, kterou potřebuje řidič jedoucího vozidla od postřehnutí

překážky do sešlápnutí brzdového pedálu. Brzdná dráha se určuje z rovnováhy mezi kinetickou energií pohybujícího se vozidla a prací potřebnou k jeho zastavení dle vztahu č. 6.

$$E_k = A \quad [\text{kgm}^2\text{s}^{-2}] \quad (6)$$

Kde:

E_k kinetická energie vozidla [J], $[\text{kgm}^2\text{s}^{-2}]$.

A práce potřebná k zastavení vozidla [J], $[\text{kgm}^2\text{s}^{-2}]$.

Při zanedbání energie a setrvačnosti rotujících částí je možno vztah č. 6 upravit a napsat jako vztah č. 7.

$$\frac{1}{2}mv^2 = F \cdot s \quad [\text{kgm}^2\text{s}^{-2}] \quad (7)$$

Kde:

m hmotnost vozidla [kg],

v rychlost vozidla $[\text{ms}^{-1}]$,

F brzdící síla [N],

s brzdná dráha [m],

G tíha vozidla [N].

Po převedení hmotnosti m na tíhu G a omezení brzdné síly φ součinitelem adheze je možno napsat jako vztah č. 8.

$$\frac{G \cdot v^2}{2 \cdot g} = \varphi \cdot F \cdot s \quad [\text{kgm}^2\text{s}^{-2}] \quad (8)$$

Kde:

G tíha vozidla [N].

v rychlost vozidla $[\text{ms}^{-1}]$,

g tíhové zrychlení $[\text{ms}^{-2}]$,

φ součinitel adheze [-],

F brzdící síla [N],

s brzdná dráha [m].

Odkud je možno po úpravě stanovit brzdnou dráhu na rovině vztahem č. 9.

$$s = \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot 3,6^2 \cdot \varphi} \quad [\text{m}] \quad (9)$$

a ve sklonu vyjádřeném v % vztahem č. 10.

$$s = \frac{V^2}{254 \cdot (\varphi \pm 0,01 \cdot i)} \quad [\text{m}] \quad (10)$$

Kde:

s brzdná dráha [m],

V rychlost na počátku brzdné dráhy $[\text{kmh}^{-1}]$,

φ součinitel adheze [-],

i sklon vozovky [%].

Za předpokladu, že brzdění se děje jako rovnoměrně zpomalený pohyb, potom platí vztah č. 11.

$$s = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} dt^2 \quad [\text{m}] \quad (11)$$

Kde:

- s brzdná dráha [m],
 v_0 počáteční rychlost [ms^{-1}],
 t doba brzdění [s],
 d decelerace [ms^{-2}].

Brzdné dráhy pro jednotlivé rychlosti a povrchy vozovky jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tab. 5 – Dráhy při brzdění na suché vozovce, mokré vozovce a na náledí

| Rychlost vozidla [kmh^{-1}] | Dráha za dobu postřehu a reakce s_1 [m] | Brzdná dráha s_2 [m] | Dráha na zastavení s_z [m] |
|---|--|---------------------------|---------------------------------|
| sucho | | | |
| 50 | 14 | 14 | 28 |
| 60 | 17 | 20 | 37 |
| 80 | 22 | 35 | 57 |
| 90 | 25 | 45 | 70 |
| 130 | 36 | 93 | 129 |
| mokro | | | |
| 50 | 14 | 19 | 33 |
| 60 | 17 | 28 | 45 |
| 80 | 22 | 49 | 71 |
| 90 | 25 | 63 | 88 |
| 130 | 36 | 130 | 166 |
| náledí | | | |
| 50 | 14 | 64 | 78 |
| 60 | 17 | 93 | 110 |
| 80 | 22 | 165 | 187 |
| 90 | 25 | 208 | 233 |
| 130 | 36 | 435 | 471 |

Zdroj: 2

Zvýšení protismykových vlastností vozovky a zvyšování brzdných účinků lze dosáhnout barevným povrchem vozovky s vysokým smykovým třením (obr 6). Navíc barevné odlišení opticky upozorňuje řidiče na úsek možného ohrožení ostatních účastníků silničního provozu. Příkladem je systém Rocbinda (18), užívaný u přechodů pro chodce, u cyklostezek. Jeho dodavatelé uvádějí, že zkracuje brzdnu dráhu na mokré vozovce až o 33%. Tento systém by bylo vhodné využít např. i u úrovnových železničních přejezdů.



Zdroj: foto autor

Obr. 6 - Barevný povrch vozovky s vysokým smykovým třením u přechodu pro chodce na ulici Hradecká v Pardubicích

ZÁVĚR

Ze statistik dopravní nehodovosti v České republice vyplývá, že z hlediska příčin dopravních nehod je na druhém místě nepřiměřená rychlost. Z hlediska závažnosti následků nehod je však na místě prvním! Proto je třeba činit zejména opatření pro snižování rychlosti. Kromě nich je třeba zvyšovat požadavky na konstrukci, schvalování technické způsobilosti, technické prohlídky a zajištění řádného technického stavu brzdových zařízení silničních vozidel. Aby řidič stačil včas a bezpečně zastavit, je třeba dodržovat bezpečný odstup mezi vozidly. K dodržení tohoto odstupů přispívají jednak preventivní opatření, mezi která patří osvětla (informační kampaně, výuka v autoškole, všeobecná povědomost) a informovanost řidiče (dopravní značení). Dále pak lze využívat i represivní opatření (pokuty, bodový systém, zákaz řízení). Při vlastním brzdění je třeba počítat s jeho jednotlivými fázemi, z pozice řidiče dodržovat bezpečný odstup mezi vozidly, věnovat se řízení vozidla, včas a vhodně reagovat na překážky a správně brzdit. Je třeba si uvědomit, že existuje doba postřehu a reakce, co ji ovlivňuje, a že během ní se vozidlo stále pohybuje původní rychlostí. Kromě doby postřehu a reakce a dráhy ujeté za tuto dobu jsou další ukazatele při brzdění, především brzdná dráha a doba brzdění.

POUŽITÁ LITERATURA

(1) Internetové stránky Policie ČR [online]. c2016 [cit. 2016-01-12]. Dostupné z <<http://www.policie.cz>>.

- (2) Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 661/2009 o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel, jejich přípojných vozidel a systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla z hlediska obecné bezpečnosti v nejnovějším konsolidovaném znění.
- (3) Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES, kterou se stanoví rámec pro schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla v nejnovějším konsolidovaném znění.
- (4) Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů.
- (5) Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.
- (6) Vyhláška č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel ve znění pozdějších předpisů.
- (7) Návod k obsluze a údržbě vozidla Fabia [online]. c2016 [cit. 2016-01-12]. Dostupné z <<http://cs.skoda-auto.com/mini-apps/owners-manuals/pages/fabia.aspx>>.
- (8) Kleprlík, J., Kyncl, J., Soušek, R. Technologie a řízení silniční dopravy, skriptum DF JP, Univerzita Pardubice, Pardubice 2003, ISBN 80-7194-520-X.
- (9) Bradáč, A. a kol. Soudní inženýrství. Akademické nakladatelství CERM, ISBN: 80-7204-133-9, Brno 1999.
- (10) ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic.
- (11) Internetové stránky BESIP [online]. c2016 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z <<http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-rizeni-vozidla/bezpecna-vzdalenost>>.
- (12) Internetové stránky AUTOLEXICON [online]. c2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/reakcni-doba-ridice>>.
- (13) Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů.
- (14) Vyhláška č. 294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích.
- (15) Internetové stránky Centrum dopravního výzkumu [online]. c2016 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z <<http://www.cdv.cz/zaznamovy-system-pro-rakouske-ridice>>.
- (16) Internetové stránky Allgemeiner Deutscher Automobil-Club - ADAC [online]. c2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z <<http://www.adac.de>>.
- (17) Internetové stránky BMW [online]. c2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z <<http://www.bmw.cz/cs/all-models/5-series/touring/2013/driverassistance.html>>.
- (18) Internetové stránky Stavba a údržba silnic s.r.o. [online]. c2016 [cit. 2016-02-15]. <<http://www.rocbinda.cz>>.