

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Konstrukce moderních brzd silničních vozidel

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Autor práce: Jakub Kuchařík

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Kuchařík

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Konstrukce moderních brzd silničních vozidel

Název anglicky

The construction of modern brakes of road vehicles

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat konstrukce brzd silničních vozidel. Práce bude zaměřena především na moderní systémy brzd a asistenty podporující bezpečné zastavení vozidla.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Normy a předpisy
4. Konstrukce brzd vozidel
5. Moderní systémy a asistenty
6. Závěr

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

automobil, brzdy, asistent

Doporučené zdroje informací

HALDERMAN, J. D. – MITCHELL, C. D. *Automotive brake systems*. Upper Saddle River, New Jersey: b Pearson/Prentice Hall, 2004. ISBN 978-0131142077.

Normy, periodika a firemní literatura

VLK, F. *Automobilová elektronika. 2, Systémy řízení podvozku a komfortní systémy : [systémy ABS/ASR/ESP, elektronické brzdové systémy, zádržné systémy, osvětlení vozidla, komfortní systémy]*. Brno: František VLK, 2006. ISBN 80-239-7062-3.

VLK, F. *Dynamika motorových vozidel : jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, řiditelnost, ovladatelnost, stabilita*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. ISBN 80-238-5273-6.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 1. 2017

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 05. 10. 2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Konstrukce moderních brzd silničních vozidel vypracoval samostatně a použil jen pramenů které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

dne.....

podpis studenta.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Martinu Pexovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování této práce.

Abstrakt: Tato bakalářská práce je zaměřena na konstrukci obou hlavních typů brzd a moderní brzdové asistenty podporující bezpečné zastavení vozidla. V první části jsou popsány existující normy a předpisy upravující požadavky na výkonnost a vlastnosti brzdových soustav vozidel provozovaných v České republice. V druhé části je charakterizována konstrukce jednotlivých typů brzd s ohledem na jejich technické řešení a výkonnostní charakteristiky. Zhodnoceny jsou jejich výhody a nevýhody.

Třetí část shrnuje informace o významných brzdových asistentech používaných v dnešních moderních vozech. V této části jsou popsány přínosy těchto systémů a jejich vliv na bezpečnost silničního provozu. Závěr rekapituluje poznatky získané v průběhu řešení této práce.

Klíčová slova: automobil, brzdy, asistent

The construction of modern brakes of road vehicles

Summary: This Bachelor's thesis is focused on construction of both main types of brakes and modern brake assist systems supporting safe stopping of a vehicle. First part describes existing standards and requirements on performance and qualities of brake systems of vehicles operating in the Czech republic. In second part is characterized construction of each brake type regarding their technical layout and their performance characteristics. Advantages and disadvantages of each type are assessed. Third part deals with important brake assist systems, which are used in modern vehicles. This part describes contributions of these systems and their influence on road traffic safety. In the conclusion are summarized findings obtained during making of this Bachelor's thesis.

Key words: automobile, brakes, assist

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl a metodika práce.....	3
3	Normy a předpisy	4
3.1	Česká legislativa k brzdám a procesu brzdění	4
3.2	Mezinárodní legislativa – Evropská hospodářská komise (EHK) OSN.....	4
3.3	Předpisy o účinnosti brzd.....	7
3.4	Typy zkoušek brzd	10
4	Bubnové brzdy	11
4.1	Výhody bubnových brzd	11
4.2	Nevýhody bubnových brzd	12
4.3	Součásti bubnové brzdy	13
4.4	Rozdělení bubnových brzd.....	15
4.5	Výpočet brzdné síly bubnové brzdy.....	18
5	Kotoučové brzdy.....	19
5.1	Výhody kotoučových brzd.....	19
5.2	Nevýhody kotoučových brzd	21
5.3	Součásti kotoučové brzdy	23
5.4	Rozdělení kotoučových brzd	29
5.5	Výpočet brzdného momentu kotoučové brzdy	32
6	ABS (Anti-lock braking system)	33
6.1	Trakce pneumatik	33
6.2	Stabilita vozidla	34
6.3	Komponenty ABS	35
6.4	Snímač otáček kol	36

6.5	Elektronická řídicí jednotka ABS	37
6.6	Modulátor tlaku ABS.....	37
6.7	Elektromagnetický ventil ABS	38
6.8	Zásobník tlaku ABS.....	39
6.9	Proces řízení tlaku v brzdové soustavě	40
6.10	Konfigurace systému ABS.....	40
7	Předkolizní systém PCS.....	42
8	Brzdový asistenční systém BAS	45
8.1	Rozdělení dle principu činnosti.....	46
9	Multikolizní brzda MKB	48
10	Závěr.....	50
11	Použité zdroje informací a obrázků:	52
12	Seznam obrázků:	56

1 Úvod

Již od počátku vývoje prvních automobilů byly brzdy a brzdová soustava důležitou součástí každého vozu. Účelem brzd je snižování velikosti kinetické energie vozidla a jsou tedy elementárním bezpečnostním prvkem. Do 19. století se používal pro brzdění mechanismus využívající páku s dřevěným blokem, který byl tlačěn proti ocelovému kolu. Na přelomu 19. a 20. století se začaly postupně měnit parametry vozů. K tomu se přidal vynález pneumatiky, a proto bylo potřeba vyvinout nový, účinnější typ brzdy. Na začátku 20. století se začala v automobilech objevovat bubnová brzda, o jejíž vývoj se nejvíce zasloužili Louis Renault a Wilhelm Maybach. První verze bubnové brzdy používaly mechanický přenos síly, od 30. let se začal používat přenos síly hydraulickou kapalinou. S pokračujícím vývojem automobilů se v 50. letech objevil nový typ konstrukce brzdy využívající brzdové destičky s kotoučem, na který jsou ze stran destičky přitlačovány. Kotoučová brzda, jelikož disponuje celou řadou výhod, se začala postupem času využívat u čím dál většího počtu vozů. Pro své určité výhody se ale bubnová brzda stále používá u vozů, u kterých se neočekává časté využívání plného brzdného výkonu.

Základní parametry určující bezpečnost vozidel se dají rozdělit na pasivní a aktivní bezpečnost. Zatímco pasivní bezpečnost chrání posádku v případě nehody, prvky aktivní bezpečnosti a bezpečnostní systémy přímo pomáhají nehodám předcházet. V dnešní době je pasivní bezpečnost vozidel na velmi dobré úrovni, zato na poli aktivní bezpečnosti je stále co zlepšovat. S rozvojem osobní automobilové dopravy a zvyšující se intenzitou provozu je potřebné vyvíjet systémy, které dokážou pomoci řidičům v krizových situacích. V dnešní době se pohybují po silnicích často nezkušení a nezodpovědní řidiči, kteří se plně nevěnují řízení nebo nejsou schopni správně zareagovat na nastalou situaci. Reakcí takovýchto řidičů bývá často prudké brzdění. Taková situace je v provozu kritická, a proto výrobci automobilů dnes nabízejí asistenty, které mohou významně přispět k zabránění jak škodám na zdraví, tak i na majetku. V současné době pozorujeme příznivý trend rozšiřování těchto systémů i do vozidel nižších tříd, čímž se stávají dostupnými pro čím dál větší část řidičské veřejnosti.

Za posledních několik desetiletí se počet vozidel pohybujících se po pozemních komunikacích v České republice výrazně zvýšil. S rostoucí intenzitou dopravy roste i riziko dopravních nehod. V roce 2018 se v České republice stalo 104764 nehod, při kterých bylo usmrceno 565 osob. Když tyto statistiky porovnáme s lety 1992-1997, kdy každoročně bylo na silnicích usmrceno kolem 1400 osob[20][21], můžeme vidět, že bezpečnost provozu se v tomto ohledu od té doby výrazně zlepšila. K těmto příznivým statistikám jistě přispívá i zdokonalování bezpečnostních prvků vozidel a jejich rozšíření do většího počtu aut. Stálé zlepšování současných brzdových bezpečnostních asistentů a vývoj nových je důležitým aspektem moderního automobilového průmyslu.

2 Cíl a metodika práce

Cílem této bakalářské práce bylo popsat typy konstrukce brzd silničních vozidel, zejména se zaměřením na moderní systémy brzd a asistenty podporující bezpečné zastavení vozidla.

K vypracování této práce byly použity informace z odborných knih a relevantních internetových zdrojů, např. internetových stránek výrobců komponentů brzd. Pro část Normy a předpisy bylo čerpáno z předpisu Evropské hospodářské komise OSN č. 13.

3 Normy a předpisy

3.1 Česká legislativa k brzdám a procesu brzdění

Předpisy pro požadavky kladené na brzdy a proces brzdění vydává pro Českou republiku Ministerstvo dopravy. Tyto podmínky jsou zahrnuty v zákoně č. 56/2001 Sb., tento zákon pojednává o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

Dalším normalizačním bodem v oblasti brzd je norma ČSN 30 0550, která platí již od roku 1966.

Česká legislativa, tj. zákon č. 56/2001 k brzdám a k procesu brzdění vychází z předpisů Evropské hospodářské komise (EHK) OSN. [38]

3.2 Mezinárodní legislativa – Evropská hospodářská komise

(EHK) OSN

Předpisy EHK

Každému předpisu ošetřujícímu určitou oblast např. brzdy je přiřazeno pořadové číslo, které se při novelizaci nemění. Změnou v předpisu při novelizaci je pouze změna příslušné série, ta je číselného nárůstu, např. 00, 01, 02,... za tečkou nebo lomítkem,

Brzdy a veškeré náležitosti k procesu brzdění mají přiřazeno číslo 13.

Tento předpis se vztahuje na zkoušení a schvalování typu systému pro brzdění motorových vozidel kategorií M, N a jejich přípojných vozidel kategorií O podle definice v Souhrnné rezoluci pro konstrukci vozidel (R.E.3)

Oblast působnosti tohoto předpisu nezahrnuje[37]:

- vozidla, jejichž konstrukční rychlost nemůže přesáhnout 25 km/h,
- přípojná vozidla, která se nesmějí připojit za motorová vozidla s konstrukční rychlostí přesahující 25 km/h,
- vozidla zařízená pro řízení osobami se zdravotním postižením.

Předpis stanovuje

Definice, postup podání žádosti o homologaci nebo o rozšíření její platnosti při změně typu systému brzdění nebo o ukončení platnosti homologace po ukončení výroby typu.

Postup udělení homologace a způsob označení homologovaného výrobku.

Rozsah a postup zkoušek:

- typy systému brzdění a účinků brzdových systémů ovládaných mechanicky, hydraulicky, pneumaticky i elektricky,
- určitých vozidel specifikovaných v Dohodě o přepravě nebezpečných nákladů,
- doby náběhu tlaku u vozidel s pneumatickými brzdovými systémy,
- zdrojů a zásobníků energie (akumulátory),
- systémů pružinových brzd,
- vozidel s nájezdovými brzdami,
- vozidel s protiblokovacími systémy,
- vozidel s elektrickými ovládacími vedeními,
- některých částí brzdových systémů

Postupy pro řízení a kontrolu shodnosti výroby (COP), postup odběru a hodnocení vzorků, postihy při nedodržení shodnosti.

Tab. 1 - Předpis EHK č. 13 – přehled nejdůležitějších částí a příloh

PŘÍLOHA 1	Brzdová zařízení, metody a podmínky brzdění, které nejsou obsaženy v tomto předpisu
PŘÍLOHA 2	Osvědčení o udělení homologace, rozšíření homologace, odmítnutí homologace, odejmutí homologace, ukončení výroby
Dodatek 1	Seznam údajů o vozidle pro účely homologací podle předpisu č.90
Dodatek 2	Osvědčení o homologaci typu brzdového zařízení vozidla
PŘÍLOHA 3	Uspořádání homologačních značek
PŘÍLOHA 4	Zkoušky brzdění a účinky brzdových systémů
Dodatek 1	Postup sledování stavu nabití baterie
PŘÍLOHA 5	Doplňková ustanovení pro určitá vozidla specifikovaná v dohodě ADR
PŘÍLOHA 6	Metoda měření doby náběhu tlaku pro vozidla s pneumatickými brzdovými systémy
Dodatek	Příklad simulátoru
PŘÍLOHA 7	Ustanovení pro zdroje a zásobníky energie (akumulátory energie)
PŘÍLOHA 8	Specifická ustanovení pro systémy pružinových brzd
PŘÍLOHA 9	Ustanovení pro systémy parkovacího brzdění s mechanickým blokováním brzdových válců (brzdy s blokováním)
PŘÍLOHA 10	Rozdělení brzdících sil na nápravy vozidel a podmínky pro splnitelnost mezi tažným a přípojným vozidlem
PŘÍLOHA 11	Případy, v kterých není nutné vykonat zkoušky typu I a/nebo typu II (nebo typu IIa) nebo typu III
Dodatek 1	Tabulky
Dodatek 2	Alternativní metody zkoušek typu I a typu III pro brzdy přípojných vozidel
Dodatek 3	Vzor formuláře zkušebního protokolu stanoveného v dodatku 2 k této příloze
Dodatek 4	Vzor formuláře zkušebního protokolu pro alternativní automatické seřizovací zařízení brzdy uvedené v dodatku 2 k této příloze
PŘÍLOHA 12	Požadavky na zkoušky vozidel s nájezdovými brzdami
Dodatek 1	Obrázky
Dodatek 2	Protokol o zkouškách ovládacího zařízení nájezdové brzdy
Dodatek 3	Protokol o zkouškách brzdy
Dodatek 4	Protokol o zkouškách vzájemného přiřazení ovládacího zařízení nájezdového brzdění, převodu a brzd na přívěsu
PŘÍLOHA 13	Ustanovení pro zkoušky vozidel s protiblokovacími systémy
Dodatek 1	Tabulka: značky veličin a definice
Dodatek 2	Využití adheze
Dodatek 3	Brzdící účinek na površích s rozdílnou adhezí
Dodatek 4	Metody volby povrchu s nízkým součinitelem adheze
PŘÍLOHA 14	Požadavky na zkoušky přívěsu s elektrickými brzdovými systémy
Dodatek	Graf
PŘÍLOHA 15	Metodika zkoušky brzdových obložení na setrvačnickovém dynamometru

Tab. 2 – Historie předpisu EHK č. 13 (Brzdění vozidel kategorie M, N, O) [38]

Platnost od	Číslo série změny	Poznámka
01.06.1970	00	Základní znění
29.08.1973	01	
11.07.1974	02	
04.01.1979	03	
11.08.1981	04	
26.11.1984	05	
22.11.1990	06	Zavádí povinnost samostatných zařízení brzd
18.09.1994	07	Zavádí povinnost třecích mater. neobsahujících azbest
26.03.1995	08	Zavádí povinnost vybavení ABS pro kategorie M3, M2, N3, N2, O3
28.08.1996	09	

3.3 Předpisy o účinnosti brzd

Pro vyhodnocení brzdného účinku, což je maximální povolená brzdná dráha a minimální brzdné zpomalení, které musí vozidlo dosáhnout pro jednotlivé typy zkoušek vozidlových brzd, stanovuje zmiňovaný předpis EHK č.13 v Tab.3.

Z předpisu EHK č. 13 vyplývá, že provozní brzdy vozidla musí být schopny zastavit vozidlo na dráze dané rovnicí:

$$s \leq v_0 \left(t_1 + \frac{t_2}{2} \right) + \frac{v_0^2}{2 \cdot a} = K_1 \cdot v_0 + \frac{v_0^2}{K_2} \quad [\text{m}]$$

$$K_1 = \left(t_1 + \frac{t_2}{2} \right) \cdot \frac{1}{3,6}$$

$$K_2 = 2 \cdot a \cdot 3,6^2$$

Kde:

s - je brzdná dráha [m]

v_0 - je počáteční rychlost [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]

t_1 - je doba prodlevy brzd [s]

t_2 - je doba náběhu působení brzdného účinku [s]

a – je brzdné zpomalení [$m \cdot s^{-2}$]

K_1, K_2 - jsou konstanty

Podle vyhlášky mají konstanty hodnoty:

$K_1 = 0,1$ pro mechanické nebo hydraulické brzdy,

$K_1 = 0,15$ pro pneumatické brzdy.

$K_2 = 150$ odpovídající zpomalení $a = 5,8m \cdot s^{-2}$

$K_2 = 130$ odpovídající zpomalení $a = 5,0m \cdot s^{-2}$

$K_2 = 115$ odpovídající zpomalení $a = 4,4m \cdot s^{-2}$

$K_2 = 103,5$ odpovídající zpomalení $a = 4,0m \cdot s^{-2}$

Tab. 3 – Zkoušky brzd [37]

Kategorie vozidel		M1	M2	M3	N1	N2	N3
Typ zkoušky		0, I	0, I	0, I, II	0, I	0, I	0, I, II
Zkouška typu 0 s odpojeným motorem	v_j	80	60	60	80	60	60
	$s \leq$	$0,1v+v^2/150$	$0,15v+v^2/130$				
	s_j	50,7	36,7	36,7	61,2	36,7	36,7
	$a_{stř} \geq$	5,8	5,0				
Zkouška typu 0 se zapojeným motorem	$v=0,8_{max}$, ale \geq	160	100	90	120	100	90
	$s \leq$	$0,1v+v^2/130$	$0,15v+v^2/103,5$				
	s_j	212,9	111,6	91,8	157,1	111,6	91,8
	$a_{stř} \geq$	5,0	4,0				
	$F \leq$	50	70				
Parkovací brzdění musí zabránit protáčení kol na svahu nejméně [v %]		30	18 - Samotné vozidlo		12 - Souprava		

Legenda k Tab. 3 :

v – skutečná počáteční rychlost změřená při zkoušce, která musí být velmi blízká jmenovité počáteční rychlosti [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$],

v_j – jmenovitá počáteční rychlost při zkoušce [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$],

s – brzdná dráha [m], při zkoušce se změří přesně počáteční rychlost a jejím dosazením do uvedených vzorců se vypočítá mezní hodnota brzdné dráhy pro každý konkrétní případ,

s_j – jmenovitá brzdná dráha [m], platí jen pro hodnoty jmenovité počáteční rychlosti; u zkoušek se zapojeným motorem je hodnotou brzdné dráhy jen pro uvedené nejvyšší počáteční rychlosti a pro daný případ se musí vypočítat u příslušného vzorce,

$a_{\text{stř}}$ – střední hodnota plného brzdného zpomalení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]

F – síla působící na ovládací ústrojí [N]

v_{max} – maximální konstrukční rychlost vozidla [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]

3.4 Typy zkoušek brzd

Zkoušky brzd odpovídají druhům brzdění: provozní, nouzové, parkovací brzdění

Provozní brzdění

Zkouška typu „0“ - základní zkouška účinku brzd je prováděna se studenými brzdami. Provádí se s celkovou hmotností, kterou deklaruje výrobce a s pohotovostní hmotností. Ze základních předpokladů, které výrobce uvádí musí být dodrženo rozložení hmotnosti na jednotlivé nápravy. Průběh zkoušky se sestává ze dvou částí, první je s odpojeným motorem a druhá je se zapojeným motorem při různých rychlostech.

Zkouška typu „I“ – zkouška ztráty brzdného účinku. Cílem zkoušky je ověřit brzdný účinek vozidla o celkové hmotnosti, kde opakovaně brzdíme a rozjíždíme se na stanovenou rychlost. Na konci každé kategorie definovaného cyklu provedeme měření účinku brzd, jako pro shodné podmínky typu „0“ s odpojeným motorem. Výsledek se porovná s výsledky naměřenými za studena, výsledné procento odlišnosti se nesmí nacházet pod stanovenou hranicí.

Zkouška typu „II“ – zkouška chování na dlouhých svazích. Zkouška se provádí na dráze s 6% klesáním, dlouhém 6 km a se zařazeným vhodným převodovým stupněm. Předpokladem je, že vozidlo je plně naloženo a pohybuje se střední rychlostí.

Po sjezdu se provede opět zkouška typu „0“ s vypnutým motorem. Výsledky se porovnají s limitními hodnotami a nesmějí být nižší.[38]

Nouzové brzdění

Ověření účinku soustavy nouzového brzdění se provádí za podmínek zkoušky typu „0“ s odpojeným motorem ze stanovených počátečních rychlostí pro jednotlivé kategorie vozidel a s použitím maximálně stanovených ovládacích sil.

Parkovací brzdění

Jak již je uvedeno v Tab. , soustava pro parkovací brzdění musí udržet vozidlo na svahu 18%, a to v obou směrech. U jízdních souprav je požadavek udržení na svahu 12% v obou směrech.

4 Bubnové brzdy

Bubnová brzda je jedním ze dvou základních typů konstrukce brzd. Bubnové brzdy byly poprvé použity v automobilu v roce 1900 Wilhelmem Maybachem, patent na ně však získal Louis Renault v roce 1902. První typy bubnových brzd používaly mechanický přenos síly využitím pák a kabelů. Od poloviny 30. let se začal využívat hydraulický přenos síly. Do závodu v Le Mans v roce 1953 nasadil Jaguar trojici vozů s kotoučovými brzdami. Úspěch těchto vozů prokázal výrazně vyšší výkonnost kotoučových brzd oproti bubnovým. Od 60. do 80. let docházelo k postupnému přechodu na kotoučové brzdy na předních kolech. V dnešní době v podstatě všechny vozy používají kotoučové brzdy na přední nápravě a většina i na zadní nápravě.

4.1 Výhody bubnových brzd

4.1.1 Samozesilující efekt

Bubnová brzda vytváří větší brzdný výkon vzhledem k síle, která na třecí soustavu působí než kotoučová brzda. Je to díky samozesilujícímu efektu, kdy na náběžnou čelist začne díky třecí síle působit točivý moment, který otáčí čelist směrem k bubnu a zesiluje tak brzdný účinek. Naopak přítlačná síla úběžné čelisti k bubnu se snižuje.

4.1.2 Servo brzda

Některé typy konstrukce brzd mají mezi čelistmi spojovací člen, kterým působí primární čelist na sekundární čelist. Díky tomu je sekundární čelist náběžná a platí pro ni také samozesilující efekt, díky čemuž je celkový brzdný účinek brzdy vyšší.

4.1.3 Dobrá funkce jako parkovací brzda

Výhodou plynoucí z konstrukce bubnové brzdy je skvělá funkce parkovací brzdy. Přidáním rozpěrného mechanismu do brzdového ústrojí se jednoduše dosáhne přitlačení brzdových čelistí k bubnu. K zajištění vozidla stačí relativně malá síla od řidiče díky samozesilujícímu efektu a je tak možné snadno zajistit i velká vozidla.

4.2 Nevýhody bubnových brzd

4.2.1 Vadnutí brzd

Velkou nevýhodou bubnových brzd je jejich náchylnost k vadnutí. Vadnutí brzd znamená pokles brzdného účinku při zvýšené teplotě brzdového bubnu a obložení, která vede ke snížení třecí síly.

4.2.2 Mechanické vadnutí

Bubnová brzda má nepříznivé vlastnosti z hlediska odvodu tepla. Většina tepla vznikajícího mezi bubnem a brzdovým obložением se musí odvádět přes buben, z kterého je teplo odváděno proudem vzduchu. K vadnutí dochází, když se buben ohřeje natolik, že se zvětší mezera mezi bubnem a obložением. Brzdové čelisti se musí posunout o delší vzdálenost, a proto dojde k propadnutí brzdového pedálu tím, jak se musí dostat do brzdového válce více kapaliny.

4.2.3 Vadnutí brzdového obložení

Vadnutí brzdového obložení vzniká v případě, kdy dojde k ohřátí brzdového obložení natolik, že poklesne koeficient tření mezi ním a bubnem. Chod brzdového pedálu se neprodlužuje, ale stává se tvrdým a nastává citelný pokles brzdného účinku. Brzdové obložení, které je v kontaktu s bubnem se extrémně zahřívá a krátce poté dochází k mechanickému vadnutí.

4.2.4 Vadnutí brzd vodou

Bubnová brzda nemůže být úplně utěsněná před vodou, protože je nutné zachovat mezeru mezi bubnem a statickým štítem brzdy. Tato malá mezera zajišťuje proudění vzduchu, které zmírňuje sklony k tepelnému vadnutí, ale na druhou stranu také umožňuje, aby se dovnitř ústrojí dostala voda. Pokud se voda dostane mezi brzdové obložení a buben, dochází ke snižování třecího koeficientu a brzdné účinnosti. Vadnutí přetrvává do doby, než se voda kvůli třecímu teplu odpaří.

4.2.5 Seřizování brzd

Protože se brzděním opotřebovává brzdové obložení, je nutné měnit vzdálenost brzdové čelisti od bubnu, aby nedocházelo k nadměrnému propadu brzdového pedálu. Kvůli tomu je v brzdovém ústrojí obsaženo seřizovací ústrojí, které má za úkol měnit vzdálenost mezi brzdovou čelistí a bubnem. Většina dnešních vozů má toto zařízení automatické.

4.2.6 Nerovnoměrný účinek brzd

Při nerovnoměrném účinku bubnových brzd dochází k táhnutí vozu do strany. Nerovnoměrný účinek brzd může být způsoben špatným seřizením brzd nebo rozdílnou úrovní vadnutí brzd na každé straně. Každý typ konstrukce bubnové brzdy má jinou úroveň nerovnoměrného účinku, ale každý typ do určité úrovně touto vlastností trpí.

4.3 Součásti bubnové brzdy

Bubnová brzda se skládá z následujících částí: buben, brzdové čelisti, brzdový váleček, držák čelistí, nastavovací mechanismus, vratná pružina. Třecí dvojici zde tvoří buben s brzdovými čelistmi, které jsou roztahovány k bubnu brzdovým válečkem.

4.3.1 Brzdové čelisti

Brzdové čelisti se vyrábějí obvykle ze svařovaného plechu či odlévané z lehkých slitin u osobních automobilů. U nákladních vozů jsou litinové nebo ocelolitinové. Čelisti mají T profil pro získání vyšší tuhosti. Na vnější zaoblené straně čelisti je brzdové obložení, které je na čelist přinýtováno nebo přilepeno.

4.3.2 Brzdový váleček

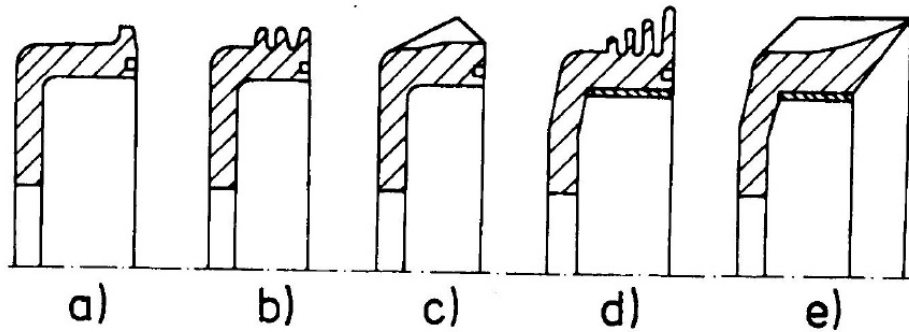
Brzdový váleček obsahuje brzdovou kapalinu, která přenáší tlak hydraulickou soustavou z hlavního brzdového válce do brzdového válečku a působí silou na písty, jenž roztahují brzdové čelisti. Brzdový váleček může být buď jednočinný s jedním pístem nebo dvojčinný s písty na obou stranách. Na brzdovém válečku jsou nasazeny těsnící protiprašné manžety zabraňující vniknutí nečistot mezi váleček a píst, které by mohly zhoršit chod pístu.

4.3.3 Brzdový buben

Brzdový buben je spojen s nábojem kola a otáčí se tak s ním stejnou rychlostí. Při brzdění se buben intenzivně zahřívá, a proto je potřeba zohledňovat při návrhu bubnu jeho

co nejlepší chladící vlastnosti zvětšováním jeho teplosměnné plochy. To se zajistí nejlépe přidáním obvodových či příčných žebér na buben. Viz obr.[5].

4.3.4 Typy bubnů



Obr.1 Typy brzdových bubnů [4]

- a) Buben s jedním obvodovým žebrem
- b) Buben s více obvodovými žebry
- c) Buben s příčnými žebry
- d) Dvumateriálový buben s obvodovými žebry
- e) Dvumateriálový buben s příčnými žebry

4.3.5 Vratné pružiny brzdových čelistí

Vratné pružiny mají za úkol vracet brzdové čelisti do výchozí pozice při uvolnění brzdového pedálu. Zabraňují zbytečnému odírání brzdového obložení a pomáhají vracet brzdovou kapalinu z brzdového válce do hlavního brzdového válce. Typ, umístění a počet pružin se liší podle typu bubnové brzdy. Vratná pružina spojuje buď přímo obě brzdové čelisti, nebo je každá brzdová čelist spojena vratnou pružinou s čepem umístěným na brzdovém štítu.

4.4 Rozdělení bubnových brzd

Bubnové brzdy se obecně rozdělují na dva typy[2].

- Bubnové brzdy bez servo účinku – simplex, duplex, duo-duplex
- Bubnové brzdy se servo účinkem (se spřaženými čelistmi) – servo, duo-servo

4.4.1 Brzda jednonáběžná (simplex)

U typu konstrukce simplex jsou čelisti rozpírány jedním brzdovým válečkem s písty na obou stranách. Jedna z čelistí je vždy náběžná a druhá úběžná. Účinek náběžné čelisti je zesilován samoposilujícím efektem, při kterém je čelist přitlačována k bubnu točivým momentem vytvářeným třecí silou mezi brzdovým obložením a bubnem. Naopak brzdící účinek úběžné čelisti je touto silou zeslabován.

4.4.2 Brzda dvounáběžná (duplex)

Brzda typu duplex má pro každou brzdovou čelist samostatný válec, ten slouží zároveň jako opěrka pro druhou brzdovou čelist. Obě čelisti jsou náběžné, díky tomu má tento typ vyšší brzdový účinek při jízdě směrem vpřed, při jízdě vzad je však účinek výrazně nižší, protože obě čelisti pracují jako úběžné.

4.4.3 Brzda dvounáběžná obousměrná (Duo-Duplex)

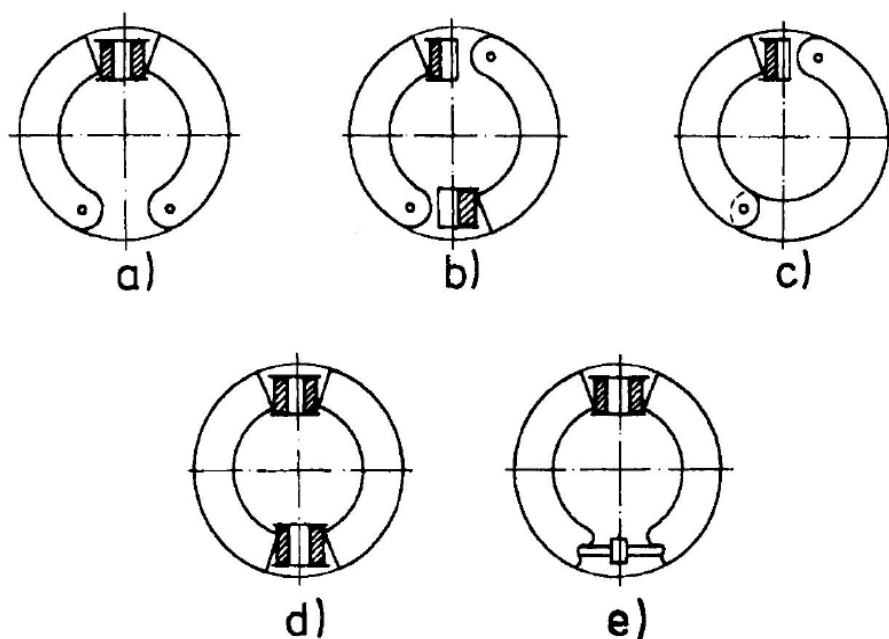
U tohoto typu se používají dva dvoupístové válečky působící na obě brzdové čelisti. Obě brzdové čelisti jsou náběžné při jízdě vpřed i vzad a brzda tak poskytuje stále stejný brzdový výkon bez ohledu na směr jízdy. Nevýhodou je vyšší výrobní cena.

4.4.4 Brzda se spřaženými čelistmi (Servo)

Tento typ brzdy má jeden jednopístkový váleček. Brzdové čelisti jsou spřaženy spojovacím členem, který přenáší sílu z primární čelisti na sekundární. Obě čelisti jsou náběžné při jízdě vpřed, při jízdě vzad jsou obě úběžné.

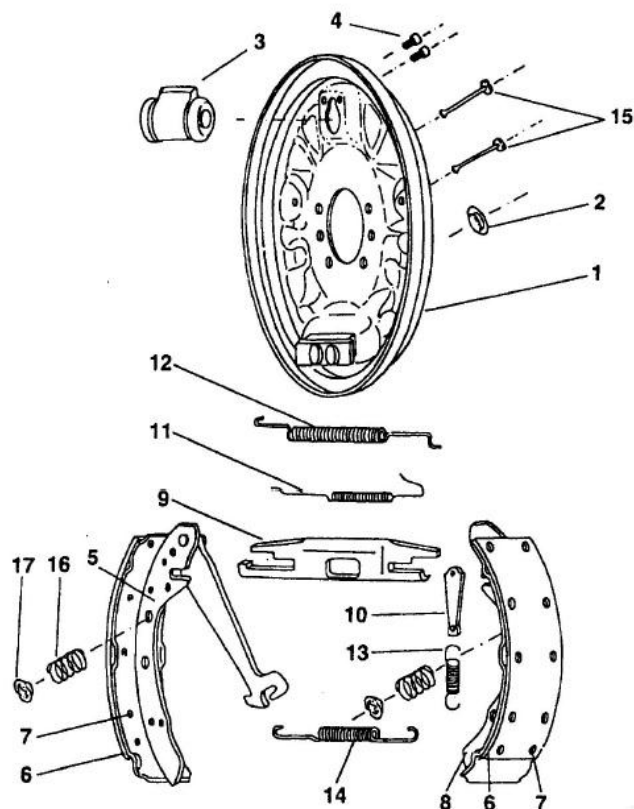
4.4.5 Brzda obousměrná dvounáběžná se spřaženými čelistmi (Duo-Servo)

Brzda typu Duo-Servo používá jeden dvoupístkový váleček. Brzdové čelisti jsou spřaženy spojovacím členem a obě působí jako náběžné při obou směrech otáčení, jejich brzdný je nejvyšší ze všech typů bubnových brzd. Typ Duo-Servo se používá jako parkovací brzda.



Obr.2 Typy bubnových brzd [4]

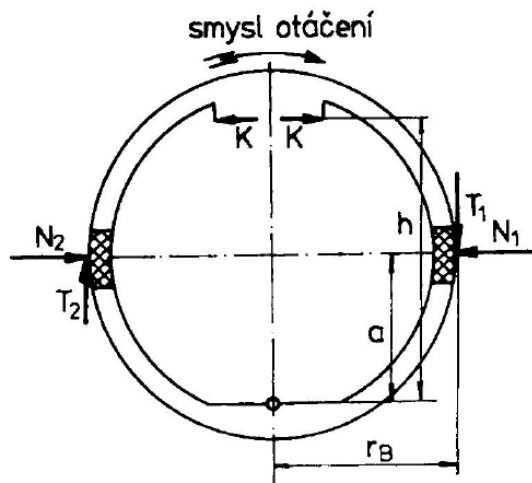
- a) Jednoduchá brzda (simplex)
- b) Dvounáběžná brzda (duplex)
- c) Brzda se spřaženými čelistmi (servo)
- d) Brzda dvounáběžná obousměrná (Duo-duplex)
- e) Brzda obousměrná se spřaženými čelistmi (Duo-servo)



Obr.3 Brzdové ústrojí zadní bubnové brzdy osobních vozů Škoda Octavia [4]

- 1) Štít brzdy
- 2) Záslepka
- 3) Pracovní hydraulický válec
- 4) Šrouby upevnění brzdového válce
- 5) Zadní brzdová čelist s pákou parkovací brzdy
- 6) Třecí obložení brzdové čelisti
- 7) Nýt brzdového obložení
- 8) Přední brzdová čelist
- 9) Rozpěrka čelistí
- 10) Klín samostavu
- 11) Pružina klínu
- 12) Horní pružina čelistí
- 13) Pružina klínu vertikální
- 14) Pružina čelistí spodní
- 15) Tvarové hřeby upevnění čelistí ke štítu brzdy
- 16) Pružina
- 17) Upevňovací miska pružiny

4.5 Výpočet brzdné síly bubnové brzdy



Obr.4 Schéma pro zjednodušený výpočet brzdného momentu jednoduché bubnové brzdy (simplex) s náběžnou a úběžnou čelistí [4]

Brzdná síla bubnové brzdy se vypočte:[4]

$$M_B = (T_1 + T_2) \cdot r_B = \mu \cdot h \cdot \left(\frac{1}{\frac{a}{r_B} - \mu} + \frac{1}{\frac{a}{r_B} + \mu} \right) \cdot K$$

Rovnici je možno psát ve tvaru

$$M_B = c^* \cdot r_B \cdot K$$

Kde c^* je tzv. vnitřní převod brzdy

$$c^* = \frac{\sum T_i}{K} = \frac{\mu \cdot h}{r_B} \cdot \left(\frac{1}{\frac{a}{r_B} - \mu} + \frac{1}{\frac{a}{r_B} + \mu} \right) = \frac{2 \cdot \frac{a \cdot h}{r_B^2} \cdot \mu}{\left(\frac{a}{r_B} \right)^2 - \mu^2}$$

Jestliže $a/r_B = \mu$, pak $c^* \rightarrow \infty$

5 Kotoučové brzdy

Kotoučové brzdy využívají píst(y) k silovému působení na třecí materiál, brzdové destičky. Destičky stlačují mezi sebou brzdový kotouč, který se otáčí stejnou rychlostí jako kolo vozidla. Působí na něj třecí silou, jenž působí proti pohybu kotouče a vytváří tak brzdný moment. Kotoučové brzdy poskytují větší brzdný výkon a mají menší sklony k vadnutí než bubnové brzdy a díky tomu se používají v dnešní době prakticky u všech vozidel na přední nápravě, jelikož přední kola musí zajistit 60-80% celkového brzdného výkonu.[2]

5.1 Výhody kotoučových brzd

Ve srovnání s bubnovými brzdami mají kotoučové brzdy výhodu téměř v každém aspektu. To zapříčinilo postupné vytlačení bubnových brzd z předních náprav vozidel a používání kotoučových brzd.

5.1.1 Odolnost proti vadnutí

Oproti bubnové brzdě má kotoučová brzda výhodu v odolnosti proti všem typům vadnutí. Kotoučová brzda má skvělé chladicí vlastnosti díky své konstrukci, kdy všechny její hlavní části jsou odkryty před proudícím vzduchem. To výrazně napomáhá k chlazení třecích ploch brzdy – brzdového kotouče a destiček. Některé typy kotoučů mají navíc v sobě chladicí kanálky, které napomáhají kotouč dále chladit.

5.1.2 Mechanické vadnutí

Ve srovnání s bubnovou brzdou se u kotoučové brzdy nevyskytuje mechanické vadnutí, protože při zahřívání se brzdový kotouč tepelně roztahuje směrem k brzdovému obložení. Díky této vlastnosti není možné, aby kvůli přehřátí kotouče přestalo být brzdové obložení v kontaktu s kotoučem.

5.1.3 Vadnutí brzdového obložení

Objevuje se v případě přehřátí brzd, kdy teplota brzdového obložení vzroste natolik, že koeficient tření je nižší než v případě chladných brzd. (Koeficient tření v závislosti na teplotě s teplotou nejprve roste do maxima, ale při dalším zvyšování teploty začne klesat). Příznakem tohoto typu vadnutí je tvrdý brzdový pedál, řidič musí vyvíjet vyšší sílu k udržení stejného brzdného účinku.

5.1.4 Vadnutí vodou

K vadnutí vodou dochází v případě, když se na třecí plochu mezi destičky a kotouč dostane vlhkost či voda. Ta působí na třecí ploše jako lubrikant a snižuje koeficient tření. U kotoučových brzd je tento typ vadnutí minimální. Díky setrvačným silám se na kotouči neudrží téměř žádná vlhkost. Brzdové obložení nacházející se v řádu setin mm od kotouče průběžně udržuje kotouč čistý.

Ačkoli kotoučové brzdy nejsou náchylné na vadnutí vodou, představuje pro ně nebezpečí stříkající voda od kol, která by se mohla dostat na brzdový kotouč. Pro minimalizaci tohoto nebezpečí je často na brzdu montován kryt proti ošplouchnutí, který pomáhá chránit třecí plochy před namočením a navlhnutím vodou.

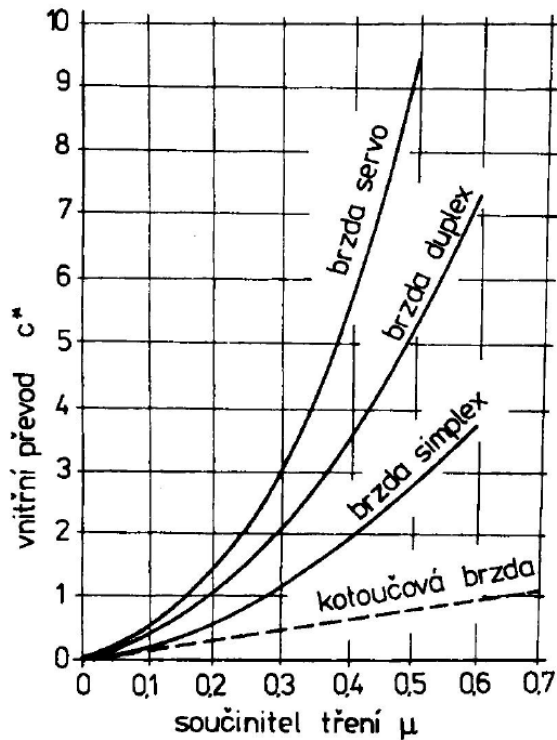
5.1.5 Samoseřizování brzd

Kotoučové brzdy mají schopnost samy kompenzovat opotřebení brzdového obložení. Každý úbytek obložení je kompenzován větším posunutím brzdového pístu.

Při povolení brzdy je zpětný pohyb pístu zpětný pohyb pístu zajištěn pružností těsnícího O kroužku. Povrch pístu musí být čistý, aby byl umožněn hladký pohyb pístu v těsnění. Při vniknutí vlhkosti do brzdového třmenu roste riziko koroze pístu, kvůli které se zvýší tření mezi pístem a těsněním a píst se nemusí plně vracet do uvolněné polohy. To má za následek stálý kontakt brzdového obložení s kotoučem a možné způsobení nerovnoměrného opotřebení brzdových destiček.

5.1.6 Rovnoměrný účinek brzd

V porovnání s bubnovou brzdou podává kotoučová brzda rovnoměrnější brzdňý účinek. Kotoučová brzda nemá samoposilovací ani servo efekt, to na jednu stranu vyžaduje větší ovládací sílu, na druhou stranu díky tomu má lineární závislost vnitřního převodu na koeficientu tření μ . Znamená to, že změna koeficientu tření má za následek malou změnu vnitřního převodu c^* a tím i malou změnu brzdného momentu na rozdíl od bubnové brzdy, kde je tato změna brzdného momentu mnohem větší. (Viz obr.5)



Obr.5 Závislost vnitřního převodu na součiniteli tření pro různé typy brzd [4]

5.2 Nevýhody kotoučových brzd

5.2.1 Prach z brzdového obložení

Brzdový prach vzniká z brzdového obložení při každém aplikování brzdy. Na rozdíl od bubnové brzdy je konstrukce kotoučové brzdy otevřená, což způsobuje únik brzdového prachu do ovzduší a na kola.

5.2.2 Malý brzdný účinek parkovací brzdy

Mezi brzdovou destičkou a kotoučem je u kotoučové brzdy menší kontaktní plocha než u bubnové brzdy mezi brzdovou čelistí a bubnem. Kvůli tomu má kotoučová brzda menší statický koeficient tření, a proto je potřeba větší brzdná síla pro zajištění vozidla při parkování.

5.2.3 Hluk při brzdění

Hluk při brzdění se nejčastěji projevuje pískáním či skřípáním. Tyto zvuky jsou způsobeny vibracemi brzdových destiček. K odstranění a potlačení tohoto hluku se používá několik metod. Výrobci na brzdové destičky dávají spony zabraňující posunu destiček a potlačující jejich vibrace.

Dále se používají materiály brzdového obložení, které tlumí vibrace nebo se dávají pod brzdové destičky tlumící podložky.

Další metodou jsou spreje či nátěry vytvářející tlumící vrstvu mezi destičkou a brzdovým pístem, tyto snižují vlastní frekvenci brzdových destiček a tlumí případné vibrace.

5.2.4 Absence samoposilovacího a servo efektu

Kvůli absenci samoposilovacího a servo efektu u kotoučové brzdy má kotoučová brzda horší funkci jako parkovací brzda. Druhým efektem je nutnost působení větší silou na brzdové destičky a tudíž i větší silou na brzdový pedál. Tato vlastnost však byla odstraněna použitím posilovače brzd.

5.3 Součásti kotoučové brzdy

Kotoučová brzda se skládá z následujících částí: brzdové destičky, brzdový třmen a brzdový kotouč. V brzdovém třmenu jsou usazeny brzdové destičky, které jsou válečkem tlačeny proti brzdovému kotouči. Ten je pevně spojen s ložiskem kola a otáčí se tak stejnou úhlovou rychlostí. Brzdový kotouč s destičkami tvoří třecí dvojici kotoučové brzdy.

5.3.1 Brzdový třmen

Brzdový třmen je druhou největší součástí kotoučové brzdy po brzdovém kotouči. Třmen obsahuje brzdový válec s pístem. Uvnitř brzdového válce je brzdová kapalina využívající hydraulický tlak k vytváření síly na píst a brzdové destičky, které se působením síly v třmenu posunují (buď jedna nebo obě destičky v závislosti na typu brzdového třmene).

5.3.2 Brzdový kotouč

Brzdový kotouč je součástí, která se otáčí stejnou úhlovou rychlostí společně s kolem. Na bocích kotouče jsou třecí plochy, které přichází při aplikaci brzd do kontaktu s brzdovým obložením. Při opakovaném brzdění se kotouč zahřívá na vysoké teploty, proto se používají různé konstrukce kotoučů, které mají za cíl zlepšit chladicí vlastnosti kotoučů.

Materiálem pro výrobu brzdových kotoučů u automobilů je nejčastěji šedá litina[5]. Tento materiál má vysokou odolnost proti otěru, je tepelně stabilní, lehký na výrobu a jeho cena je nízká. Z dalších materiálů se používají slitiny titanu, jež oproti litině mají nižší měrnou hmotnost, dobrý brzdny účinek při vyšších teplotách a lepší odolnost proti korozi. U vysoce výkonných vozů se používají kompozitní karbon-keramické kotouče, které disponují celou řadou výhod. Tento materiál má výrazně nižší měrnou hmotnost (až o 50%) než šedá litina, což s sebou nese i výhodu snížení neodpružené hmotnosti. Karbon-keramický kompozit zajišťuje vyšší odolnost proti vadnutí, lepší reakci na brzdový pedál, vysokou tepelnou stabilitu, odolnost proti abrazi a tím i dlouhou životnost. [6]

Typy brzdových kotoučů:

Plný kotouč

Jedná se o nejjednodušší typ kotouče, používá se většinou na zadní nápravě[2].



Obr.6 Zadní plný brzdový kotouč Ferodo Škoda Octavia[24]

Větraný kotouč s vnitřním chlazením

Větraný kotouč má uprostřed mezi třecími plochami radiálně uspořádané kanálky, kterými při otáčení proudí vzduch a vytváří tzv. ventilační efekt[1]. Dalším konstrukčním prvkem pro zlepšení chladících vlastností jsou díry a drážky v kotouči, které se využívají hlavně u vysoce výkonných vozů.



Obr.7 Přední brzdový kotouč větraný děrovaný Ferodo Škoda Octavia [25]

5.3.3 Brzdové destičky

Brzdové destičky s obložením jsou součástí, která se dostává do kontaktu s brzdovým kotoučem. Tím vytvářejí tření, jímž se přeměňuje kinetická energie vozidla na tepelnou energii. Používají se dvě brzdové destičky, na každé straně kotouče jedna.

Destičky se skládají z nosného segmentu, na který je přinýtováno nebo přilepeno brzdové obložení. Některé destičky mají indikátory opotřebení, které řidiče varují před nutností výměny brzdového obložení. Tento indikátor se sestává z kousku ocelového plechu přinýtovaného na nosný segment brzdové destičky. Ten ve chvíli, kdy brzdové obložení začne být nadměrně opotřebované, začne vydávat pískavý zvuk tím, jak se při aplikování brzd dostane do kontaktu s brzdovým kotoučem.

Klasické senzory z ocelového plechu jsou nahrazovány v dnešní době elektronickými senzory opotřebení. Tyto senzory jsou navrženy tak, aby se při hraničním opotřebení brzdové destičky přerušil nebo spojil elektrický obvod. O dosažení tohoto stupně opotřebení a nutnosti výměny brzdových destiček je řidič informován varovnou kontrolkou na přístrojovém panelu vozu. Moderní elektronické senzory opotřebení mají obvod s dvěma rezistory v různých hloubkách brzdového obložení. Tento typ senzoru opotřebení využívají některé německé automobilky. V momentu, kdy se opotřebením přeruší první rezistor, se zvýší odpor elektrického obvodu, což zaregistruje elektronická řídicí jednotka ECU. Díky této informaci dokáže senzor nejen varovat před nutností výměny brzdových destiček, ale dokáže i určit vzdálenost, kterou bude ještě možné ujet s těmito brzdovými destičkami. [18]

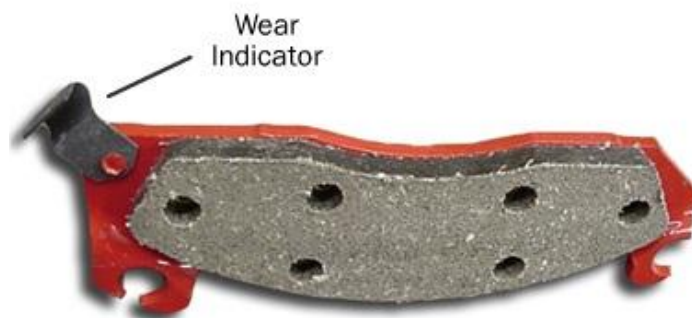
Na brzdové obložení jsou kladeny tyto požadavky: [1]

- velká tepelná a mechanická pevnost,
- vysoká životnost,
- stálý součinitel tření i při vysokých teplotách a kluzných rychlostech (omezení “slábnutí” brzd – fading),
- necitlivost vůči vodě a nečistotám,
- odolnost proti vytváření sklovité povrchové vrstvičky při vysokém tepelném zatížení.

Prvním typem brzdového obložení je obložení z organických materiálů. Tento typ obložení byl vyvinut jako alternativa k obložení z azbestu. Brzdové obložení z organických materiálů se používá u většiny vozů[1]. Jako materiál obložení se používá sklo, vlákno, guma, karbon a kevlar.

Druhým typem brzdového obložení jsou semimetalické brzdové destičky. Tyto obsahují 30-65% kovu(ocel, železo, měď), zbytek tvoří modifikátory tření, plnivo a grafitové mazivo. Kompromisem u tohoto typu materiálu je větší hlučnost a více prachu, naproti tomu poskytují vyšší brzdný výkon než organické destičky.[3]

V poslední době se objevil nový typ brzdové destičky s použitím keramiky. Keramické obložení je složeno z keramického materiálu, v němž jsou zakomponována vlákna z mědi. Keramické destičky byly vyvinuty jako alternativa k organickým a semimetalickým destičkám, oproti kterým jsou tišší a produkují méně brzdového prachu. Keramické destičky mají také stabilní brzdný účinek v širokém rozsahu provozních teplot. Tyto výhody jsou však vykoupeny vyšší cenou, než u ostatních typů destiček. [3]

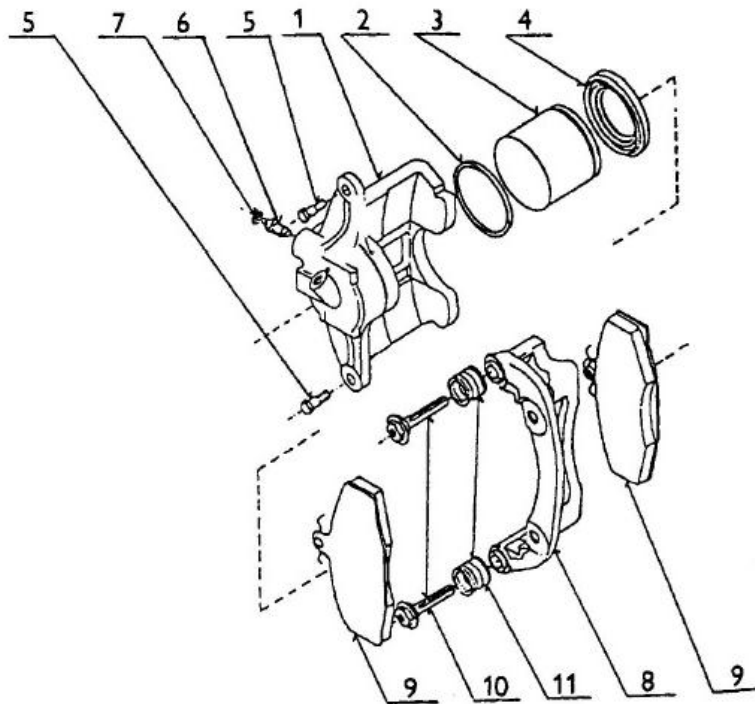


©2000 How Stuff Works

Obr. 8 Indikátor opotřebení na brzdové destičce [36]

5.3.4 Brzdový štít

Brzdový štít je přišroubován k zavěšení kola. Vyrábí se většinou lisováním z plechu. Jeho úkolem je chránit vnitřní stranu brzdového kotouče před znečištěním vodou či jiným znečištěním.



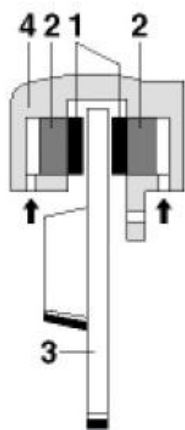
Obr.9 Třmen kotoučové brzdy předního kola (Škoda Felicia) [4]

- 1) Třmen brzdy
- 2) Těsnící kroužek
- 3) Píst
- 4) Manžeta
- 5) Šroub
- 6) Odvzdušňovací šroub
- 7) Krytka odvzdušňovacího šroubu
- 8) Držák třmenu
- 9) Třecí segment
- 10) Vodící čep
- 11) Krycí manžeta

5.4 Rozdělení kotoučových brzd

Kotoučové brzdy se rozdělují podle typu brzdového třmene na:

- A) **Pevný třmen** – U kotoučové brzdy s pevným třmenem je brzdový třmen pevně přimontován k zavěšení vozu, při aplikaci brzd se třmen nehýbe. V brzdovém třmenu jsou brzdové válce na obou stranách, mohou být dva, tři nebo čtyři.



1 – Brzdové destičky

2 – Brzdový píst

3 – Brzdový kotouč

4 – Brzdový třmen

Obr.10 Schéma kotoučové brzdy s pevným třmenem [22]

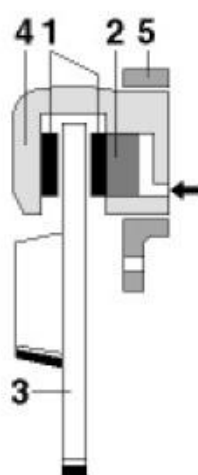
Výhody konstrukce s pevným třmenem:

Kvůli brzdovým válcům na obou stranách třmenu je tento typ třmenu obecně mohutnější. Z toho plyne výhoda větší teplosměnné plochy, a tudíž lepší chladící vlastnosti třmene, čímž získává vyšší odolnost proti teplenému vadnutí a dá se s ním tedy brzdit často a tvrdě. Mohutnost třmene také zajišťuje jeho větší pevnost, díky které se třmen tolik neohýbá, to dává brzdovému pedálu tvrdý a lineární odpor. Kvůli těmto vlastnostem se pevný třmen používá hlavně na užitkových a závodních vozech.[2]

Nevýhody konstrukce s pevným třmenem:

Mohutnost pevného brzdového třmene sebou nese i nevýhody. Oproti plovoucímu třmenu má vyšší hmotnost, což způsobuje zhoršení spotřeby paliva. Kvůli nutnosti vedení brzdové kapaliny na obě strany třmene prochází třmen velkým počtem teplotních cyklů, kdy se třmen opětovně zahřívá a chladí. To má za následek větší sklony k praskání těla třmene.

B) Plovoucí třmen – brzdový třmen je uložen posuvně v držáku brzdy, který je spojen se zavěšením kola. V třmenu jsou dvě vodící pouzdra pro vodící čepy, na nichž se plovoucí třmen pohybuje. Při aplikaci brzd začne síla od pístu nejdříve působit na vnitřní brzdovou destičku, brzdový třmen se posune směrem dovnitř vozidla a do kontaktu s kotoučem se dostane i vnější brzdová destička. U plovoucího třmenu se používají jeden nebo dva brzdové písty[1].



1 – Brzdové destičky

2 – Brzdový píst

3 – Brzdový kotouč

4 – Brzdový třmen

5 – Držák třmene

Obr.11 Schéma kotoučové brzdy s plovoucím třmenem [22]

Výhody konstrukce s plovoucím třmenem:

Největší výhodou plovoucích třmenů je jejich relativní jednoduchost použitím brzdových pístů jen na jedné straně. Díky ní má třmen menší velikost a nižší hmotnost, je levnější na výrobu a údržbu. Je možné použít kola o menším průměru. Oproti pevnému třmenu je zde možné jednodušeji provést konstrukci parkovací brzdy mechanickým působením na brzdový píst.[2]

Nevýhody konstrukce s plovoucím třmenem:

Nevýhodou plovoucího třmene je jeho menší velikost, kvůli čemuž má nižší tuhost. Ta způsobuje mírný ohyb třmene při aplikaci brzd, který pak má za následek nerovnoměrné opotřebení brzdových destiček, brzdové obložení zůstane po opotřebení zkosené. Další nevýhodou tohoto typu třmene je jeho nižší tepelná kapacita, kvůli které má větší sklon

k vadnutí než pevný třmen. Pohyblivé uložení plovoucího třmene zpomaluje přenos tepla z třmene na zavěšení vozu, což má negativní vliv na chladící proces brzdy.[2]

5.5 Výpočet brzdného momentu kotoučové brzdy

Při brzdění jsou přitlačovány brzdové destičky s obložením na boky brzdového kotouče. Z toho plyne, že na brzdový kotouč budou působit dvě brzdné síly, na každé straně kotouče jedna.

Třecí moment se vypočte[4]:

$$M_B = (T_1 + T_2) \cdot r \text{ [Nm]}$$

T je třecí síla, r je poloměr těžiště plochy obložení

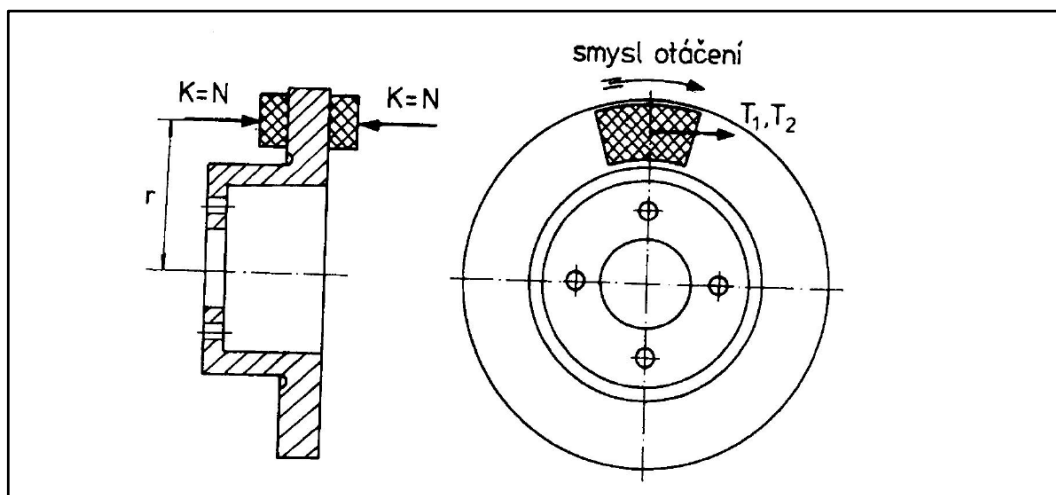
$$\text{Pro třecí sílu } T \text{ platí: } T_i = N \cdot \mu$$

N je přitlačná síla obložení, která je stejně velká jako ovládací síla K ,

μ je koeficient tření mezi brzdovým obložením a kotoučem.

Protože $T_1 = T_2$, dá se vzorec pro výpočet brzdného momentu napsat jako:

$$M_B = 2 \cdot N \cdot \mu \cdot r \text{ [Nm]}$$



Obr.12 Schéma brzdového kotouče, destiček a síly mezi nimi [4]

6 ABS (Anti-lock braking system)

Systém ABS (Antilock brake system) zabraňuje zablokování kol při prudkém zabrzdění a pomáhá řidiči udržet při brzdění vozidlo pod kontrolou, obzvláště na kluzkém povrchu vozovky. Brzdový asistent ABS má významnou bezpečnostní úlohu, protože při prudkém brzdění znatelně zkracuje brzdovou vzdálenost a také dává řidiči šanci vyhnout se překážce.

6.1 Trakce pneumatik

Pro pochopení významu ABS je nutné analyzovat vliv skluzu kola na trakci pneumatiky mezi ní a povrchem vozovky. Skluz je rozdíl mezi rychlostí odvalující se pneumatiky a vlastní rychlostí vozidla[2], díky němu se vytváří třecí síla potřebná pro brzdění či změnu směru jízdy vozidla. Při stejné rychlosti odvalování pneumatiky jako rychlost vozidla je skluz 0 %, při zablokovaném kole je skluz 100 %. Pro každý povrch platí jiná křivka závislosti brzdné síly na skluzu. Brzdná síla nejprve roste se zvyšujícím se skluzem až do hodnoty skluzu 10-20 %, kde dosahuje svého maxima. S dalším narůstáním skluzu velikost brzdné síly postupně klesá. Na suchém a mokřém povrchu je dosahováno maximální brzdné síly při hodnotě skluzu 15-30 %, na povrchu, který je pokrytý sněhem nebo ledem je dosahováno maximální brzdné síly při hodnotě skluzu 20-50 %. Pokud dojde ke zvýšení skluzu pneumatiky nad tyto hodnoty, popřípadě až na 100 %, tzn. kolo se zablokuje, sníží se brzdná síla o 20-30 %.

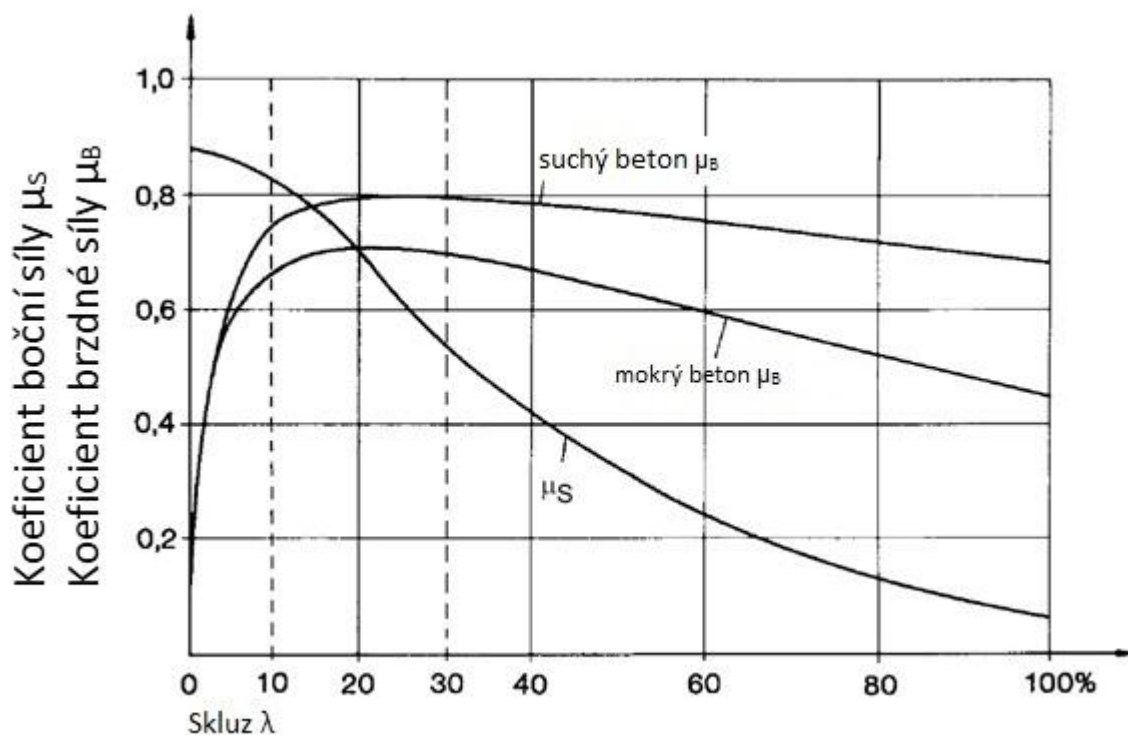
Výpočet skluzu[10]:

$$\lambda = \frac{V_F - V_R}{V_F} \times 100\% \quad (7)$$

λ = skluz[%]

V_F = rychlost vozidla [km.h⁻¹]

V_R = obvodová rychlost pneumatiky [km.h⁻¹]



Obr.13 Křivky závislosti koeficientu brzdě a boční síly na velikosti skluzu λ . Křivky koeficientu brzdě síly μ_B dosahují maxima mezi 10-30% skluzu a s rostoucím skluzem koeficient brzdě síly klesá. Na mokrém povrchu dosahuje koeficient nižších hodnot. Koeficient boční síly μ_s dosahuje maxima při 0 % skluzu a klesá v celém rozsahu až do 100 % skluzu. Z hlediska stability vozidla je nejlepší držet skluz v rozsahu 10-30 % [29]

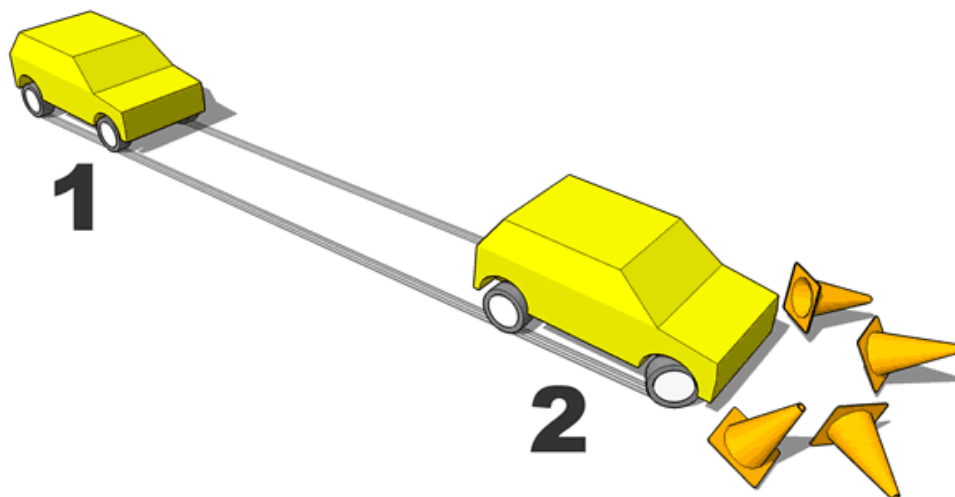
6.2 Stabilita vozidla

V případě brzdění, kdy vozidlo jede v přímém směru se téměř všechna trakce pneumatiky využívá pro longitudinální brzdnu sílu (síla působící proti směru jízdy vozidla). Pokud začne být požadována změna směru vozidla, objeví se laterální síla působící na pneumatiku. Jelikož je celková trakce rovna součtu obou sil, musí se při působení laterální síly zákonitě snížit velikost longitudinální síly (viz obr.18).

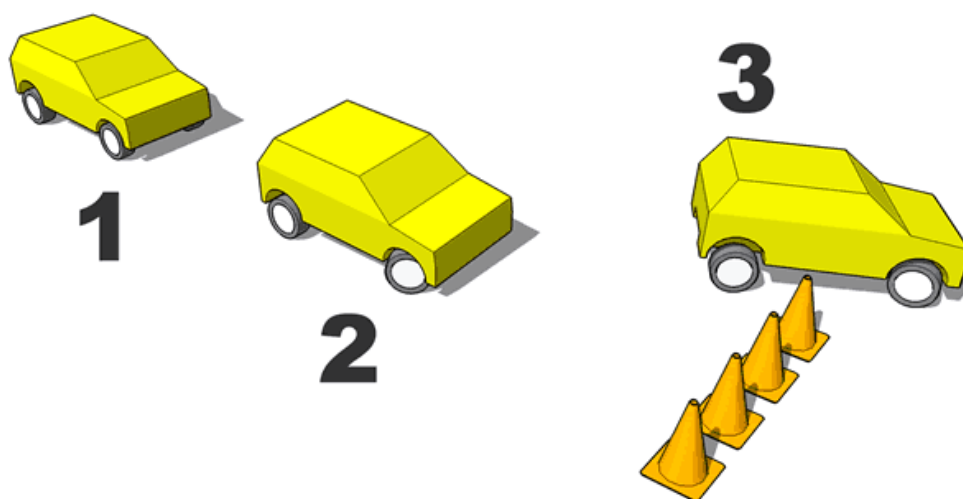
V extrémním případě, kdy skluz se rovná 100 %, je trakce pneumatiky pouze longitudinální. Pokud se zadní kola dostanou do tohoto stavu, začnou se sunout přímým směrem a vozidlo se začne dostávat do přetáčivého smyku. Při skluzu 100 % u předních kol se vozidlo začne sunout přímým směrem a není možné směr jízdy měnit.

6.3 Komponenty ABS

- snímač rychlosti otáček kola – posílá údaje o rychlosti otáčení kola do el. řídicí jednotky ABS,
- elektronická řídicí jednotka ABS – posílá kontrolní signály do hydr. modulátoru,
- varovná kontrolka ABS – upozorňuje na závadu v systému ABS,
- hydraulický modulátor – mění tlak v brzdovém okruhu podle kontrolních signálů,
- hydraulická pumpa – zajišťuje potřebný tlak k regulaci.



Obr.14 Schéma brzdění bez ABS. Vozidlo při brzdění se zablokovánými koly je neřiditelné a má delší brzdovou dráhu. Na některých typech povrchu jako například sníh nebo štěrk je brzdná dráha bez ABS kratší. Před zablokovánými koly se nahromadí množství materiálu, které vozidlo pomáhá zastavit.[2][19] {30}

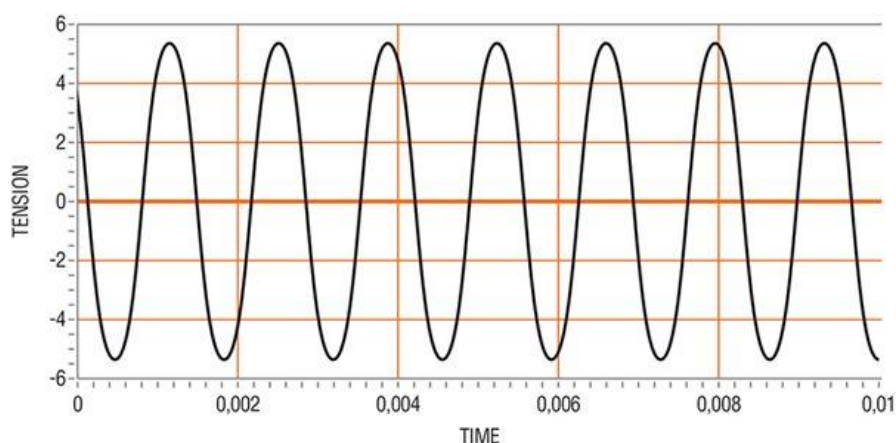


Obr.15 Schéma brzdění s ABS. Vozidlo při brzdění bez zablokováných kol je schopné se vyhnout překážce a má kratší brzdovou dráhu na většině typů povrchu. [30]

6.4 Snímač otáček kol

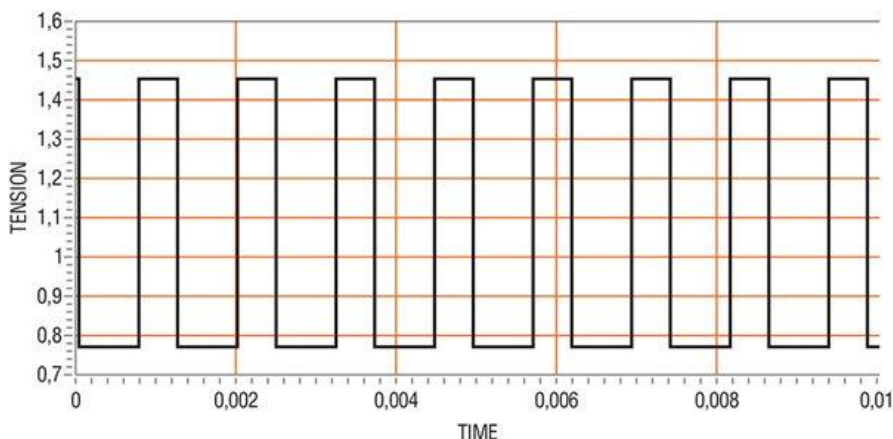
Snímač otáček kol poskytuje informace o rychlosti otáčení kola elektronické řídicí jednotce ABS. Ke své správné funkci potřebuje snímač ozubený prsteneček, který je spojen s nábojem kola nebo poloosou a otáčí se tak stejnou úhlovou rychlostí jako kolo vozidla. Snímač je umístěn u vozů s předním náhonem na zavěšení kola či diferenciálu. U vozů se zadním náhonem se snímač otáček dává nejčastěji do diferenciálu nebo převodovky. Snímače se rozdělují na 2 typy: aktivní a pasivní.

Pasivní snímač otáček kol se skládá z magnetického jádra, kolem kterého je omotané měděné vinutí pro vytvoření magnetického pole. Otáčením ozubeného prstence v magnetickém poli se mění polarita magnetického pole a v měděném vinutí se indukuje střídavý proud. Frekvence střídavého proudu je přímo úměrná rychlosti otáčení ozubeného prstence, tudíž i rychlosti otáčení kola. Signál ze snímače otáček kol je poslán do elektronické řídicí jednotky ABS, v níž je konvertován na digitální.



Obr.16 Výstupní signál pasivního senzoru otáček [26]

Aktivní snímač otáček s Hallovým senzorem využívá Hallův efekt k vytvoření signálu ve formě obdélníkových vln. Frekvence signálu je přímo úměrná rychlosti otáčení kola. V Hallově senzoru dochází ke změně napětí v závislosti na tom, zda je před senzorem na prstenci zub či mezera (popřípadě se používá multipólový magnetický prsteneček). Aktivní snímač otáček dokáže poznat směr pohybu, což se využívá pro přibrzdění vozidla v kopci (hill hold). Kromě kabelu pro výstupní signál potřebuje tento typ snímače i kabel s 12V napájením.



Obr.17 Výstupní signál aktivního senzoru otáček [26]

6.5 Elektronická řídicí jednotka ABS

Elektronická řídicí jednotka ABS je digitální mikroprocesor, který zpracovává signály ze senzorů a řídí regulaci hydraulického tlaku v brzdové soustavě, aby nedocházelo k blokování kol. Jednotka je běžně integrována do jednoho modulu s hydraulickým modulátorem, může být však umístěna i samostatně a jiném místě ve voze. Hlavními vstupy do jednotky jsou signály z jednotlivých senzorů otáček kol a brzdového snímače, který detekuje sepnutí brzdového pedálu. V případě sepnutí brzdového snímače řídicí jednotka ABS pozná, že je sešlápnutý brzdový pedál a přepne se do aktivního módu, v kterém začne přijímat signál od senzorů otáček kol. Výstupy řídicí jednotky vedou k elektromagnetickým ventilům jednotlivých brzdových okruhů.

Elektronická řídicí jednotka ABS monitoruje při brzdění rychlost otáčení kol. V okamžiku, kdy zjistí, že úroveň decelerace jednoho kola překračuje hodnoty stanovené v jednotce, pošle signál do příslušného elektromagnetického ventilu, který začne snižovat hydraulický tlak v brzdovém okruhu příslušného kola. V okamžiku, kdy se hodnoty decelerace vrátí do stanovených normálních hodnot, přestane jednotka posílat signál do elektromagnetického ventilu. V momentě uvolnění brzdového pedálu se elektronická řídicí jednotka vrací do pohotovostního režimu.

6.6 Modulátor tlaku ABS

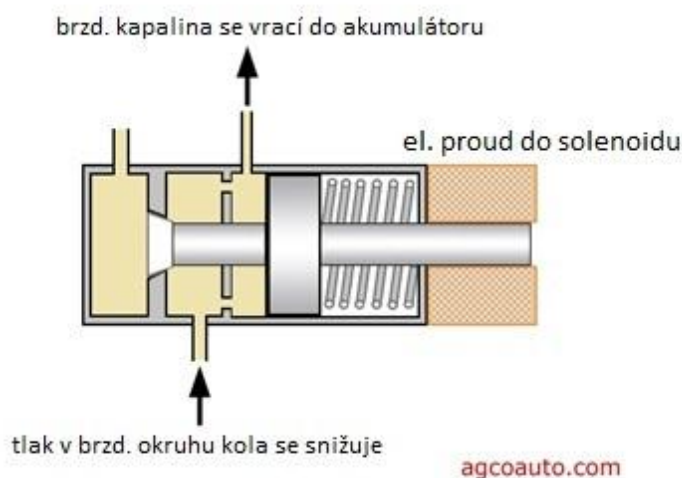
Modulátor tlaku ABS obsahuje elektromagnetické ventily (solenoidy) pro každý brzdový okruh. Modulátor může být neintegrován, tzn. že modulátor je ve voze umístěn

odděleně od hlavního brzdového válce, nebo modulátor integrovaný do jedné jednotky společně s posilovačem brzd a hlavním brzdovým válcem.

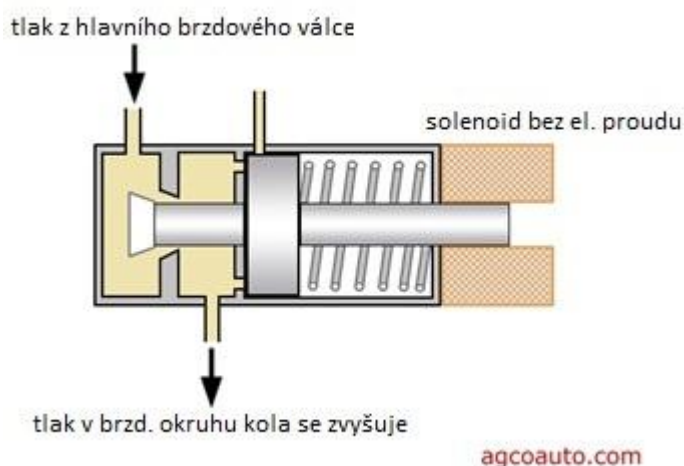
Používají se různé konfigurace solenoidů v modulátoru tlaku. Některé typy systémů ABS používají dva solenoidy pro každý brzdový okruh. Tento typ solenoidů může mít pouze dvě polohy otevřeno-zavřeno. Jiné systémy využívají pro každý brzdový okruh jeden elektromagnetický ventil, který může pracovat v třech pozicích.

6.7 Elektromagnetický ventil ABS

Elektromagnetický ventil ABS se skládá z cívky, magnetického pohyblivého jádra a vratné pružiny. Při sepnutí proudu v cívce začne působit magnetická síla na pohyblivé jádro, což má za následek jeho posunutí a otevření kanálku, čímž se sníží tlak v brzdovém okruhu. Při přerušení proudu v cívce přestane na jádro působit magnetická síla a s pomocí vratné pružiny se dostane do výchozí polohy, v níž je ventil zavřený a tlak v brzdovém okruhu se zvyšuje. Některé typy systémů ABS mohou tento proces provést až 15 krát za vteřinu[9]. Modulaci tlaku v brzdových okruzích může poznat řidič podle pulzování brzdového pedálu. Některé typy elektromagnetických ventilů mají tři polohy: zavřenou, kdy se tlak v okruhu zvyšuje, polohu udržování tlaku a polohu otevřenou, kdy se tlak v okruhu snižuje. U tohoto typu ventilu se při určité hodnotě proudu v cívce posune jádro do střední polohy, v které se udržuje tlak v brzdovém okruhu na konstantní hodnotě. S dalším navýšením proudu v cívce se jádro posune do třetí, otevřené polohy, v které tlak v brzdovém okruhu klesá.



Obr.18 Schéma funkce solenoidu, brzdová kapalina se vrací z brzdového válečku do zásobníku tlaku [32]



Obr.19 Schéma funkce solenoidu, brzdová kapalina jde z hlavního brzdového válce do brzdového válečku [32]

6.8 Zásobník tlaku ABS

Zásobník tlaku ABS má za úkol udržovat hydraulický tlak pro cyklus udržování, snižování a zvyšování tlaku v hydraulické soustavě. Tlak v zásobníku je vytvářen elektrickou pumpou ABS, která je řízena pomocí relé signálem z řídicí jednotky ABS. V některých systémech se pumpa využívá kromě aplikace brzdění tlaku při brzdění s ABS také pro posilovač brzd. Integrovaná jednotka obsahuje hlavní brzdový válec, modulátor tlaku, elektrickou pumpu a zásobník tlaku v jednom modulu ABS [8].

V zásobníku tlaku je brzdová kapalina a dusík s gumovou přepážkou, jenž odděluje tyto dvě tekutiny. Při napumpování brzdové kapaliny do zásobníku se dusík stlačí a v zásobníku se akumuluje tlak.

Při selhání elektrické pumpy se na palubní desce rozsvítí varovná žlutá kontrolka ABS. V zásobníku tlaku zůstává tlak zhruba na 10-20 zastavení s posíleným účinkem[2]. Po vyčerpání tlaku v zásobníku brzdy stále fungují, je ale potřeba vyvinout na brzdový pedál výrazně větší sílu.

6.9 Proces řízení tlaku v brzdové soustavě

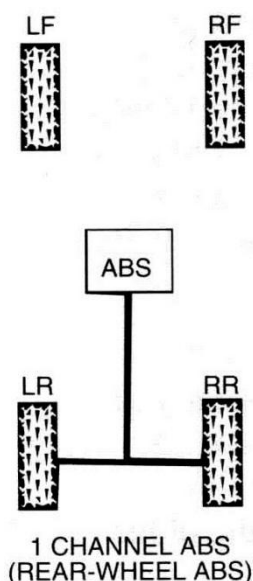
Proces řízení tlaku ABS běžně probíhá ve třech fázích:

- 1) Prvním krokem je fáze udržování tlaku. V modulátoru tlaku ABS se sepne izolační solenoid, který je za normálních okolností otevřen. Tento solenoid přeruší spojení mezi hlavním brzdovým válcem a brzdovým válečkem, čímž zabrání dalšímu navyšování tlaku v brzdovém okruhu příslušného kola.
- 2) Druhým krokem je fáze snižování tlaku. Pokud senzor rychlosti otáček kola detekuje moc vysokou deceleraci kola, ten samý solenoid nebo uvolňovací solenoid (v závislosti na tom, zda je tří či dvou cestný) se sepne a otevře kanálek, kterým se uvolní tlak v okruhu. Brzdová kapalina se vrací z brzdového okruhu zpět do zásobníku tlaku. Tento solenoid je za normálních okolností uzavřen. Snižením tlaku v okruhu se sníží brzdná síla. To umožní kolu zvýšit otáčky, díky čemuž opět získá trakci.
- 3) Třetím krokem je fáze zvyšování tlaku. V této fázi jsou oba solenoidy otevřené, což umožní volný průchod brzdové kapaliny k brzdovým válečkům, čímž se zvýší tlak v daném brzdovém okruhu.

6.10 Konfigurace systému ABS

Systémy ABS se rozdělují na tři typy konfigurací v závislosti na počtu senzorů rychlosti otáček kol a počtu brzdových okruhů s regulací elektromagnetickým ventilem.

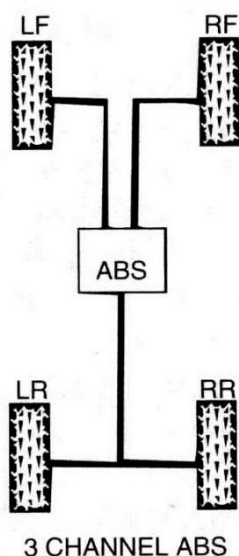
- 1) Jednookruhový systém ABS



Tato konfigurace systému ABS se používá nejčastěji na dodávkách a pickupech s ABS pouze na zadních kolech[2][7]. Tento využívá jeden elektromagnetický ventil, který reguluje tlak v okruhu pro obě zadní kola. Senzor rychlosti otáček kol je umístěn na zadní nápravě. Protože jsou zadní kola monitorována společně, k tomu, aby systém ABS začal pracovat je nutné, aby se zablokovala obě zadní kola. Oproti jiným konfiguracím je tento typ značně levnější.

Obr.20 Schéma jednookruhového systému ABS [28]

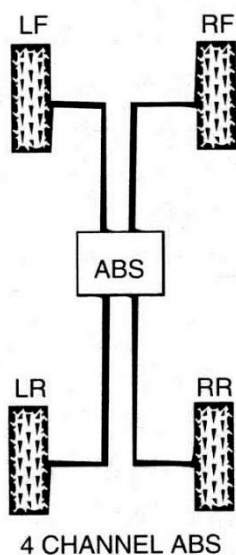
2) Tříokruhový systém ABS



Tříokruhový systém ABS disponuje senzorem rychlosti otáček kol a elektromagnetickým ventilem pro obě přední kola a jedním společným senzorem a ventilem pro zadní kola[7]. Senzor otáček rychlosti kol pro zadní kola je umístěn v převodovce nebo diferenciálu[2]. Díky použití jednoho senzoru a ventilu pro zadní kola jsou u tohoto typu nižší výrobní náklady. Tento typ systému ABS se nejčastěji používá u vozů s náhonem na zadní kola. Stejně jako u jednookruhového systému ABS nezačne pracovat, dokud nedochází k blokování obou zadních kol, proto zde hrozí při brzdění blokáce jednoho ze zadních kol, což má za následek snížený brzdový účinek.

Obr.21 Schéma tříokruhového systému ABS [28]

3) Čtyřokruhový systém ABS



Vozidla s čtyřokruhovým systémem ABS jsou vybaveny senzorem rychlosti otáček kol pro každé kolo a zároveň samostatným okruhem s hydraulickým ventilem pro každé kolo. Jedná se o nejúčinnější konfiguraci systému ABS, při které je dosahováno maximální brzdné síly.[7]

Obr.22 Schéma čtyřokruhového systému ABS [28]

7 Předkolizní systém PCS

Jednou z nejčastějších příčin nárazu do zadní části vozu je nepozornost či rozrušení řidiče. Ke snížení počtu nehod tohoto typu byl vyvinut předkolizní systém PCS(Pre-collision system). Předkolizní systém zajišťuje tři funkce: varování před hrozící srážkou výstrahou na displeji a výstražným zvukovým znamením, brzdového asistentu připravující brzdový systém na plný brzdový výkon a funkce autonomního brzdění vozidla.

Nehody zahrnující náraz do zadní části vozu tvoří značnou část z celkového počtu nehod ve všech zemích světa. Dle statistik je 60 % těchto nehod způsobeno nepozorností řidiče, lidskou chybou a rozrušením řidiče. [15]

Prvním krokem činnosti předkolizního asistentu je varování řidiče před kolizí kontrolkou na displeji a výstražným zvukovým znamením v případě, že systém zjistí zvýšené riziko kolize s překážkou. V této fázi systém od řidiče očekává takovou reakci, která bude mít za následek vyhnout se překážce nebo snížení rychlosti nárazu.

Druhým krokem je předkolizní brzdová asistence PBA. Radarové čidlo zjistilo kritickou dopravní situaci a v tomto okamžiku systém připraví vozidlo na prudké brzdění nepatrným přitlačením brzdových destiček na kotouče. V případě, že řidič v tento okamžik sešlápne brzdový pedál, poskytuje systém plný brzdový účinek již od prvních zlomků sekundy.

Posledním krokem je předkolizní brzdění PB. V tomto okamžiku systém vyhodnotil situaci takovým způsobem, že srážka je buď vysoce pravděpodobná nebo nevyhnutelná. Předkolizní brzdění vyvolá systém autonomně, nezávisle na činnosti řidiče. V tomto krátkém časovém intervalu je poskytován plný brzdový účinek, díky kterému se sníží energie nárazu stejně jako pravděpodobnost vážného zranění posádky vozidla.

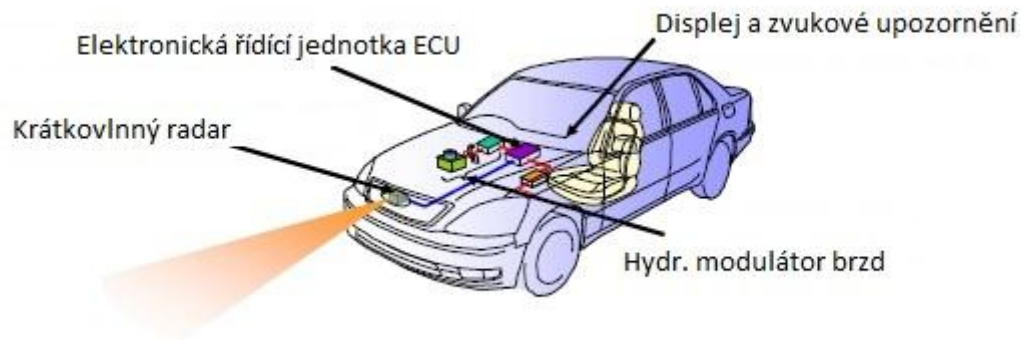


Obr.23 Druhy nehod v jednotlivých zemích. Z grafu je patrné, že náraz do zadní části vozu tvoří významný podíl na celkovém počtu nehod. [15]

Moderní systémy používají pro detekci překážek kombinaci kamery s radarem. Kamera má menší dosah než radar, a proto se využívá pro detekci překážek těsně před vozidlem, jako například před vozidlo vběhnuvší chodce. Kamera spolupracuje i s dalšími asistenty, např. držení vozidla v jízdním pruhu či čtení dopravních značek.

Radary, jež se používají pro detekci překážek využívají frekvenční pásmo 76-77GHz, které je v dnešní době typicky používáno v automobilovém průmyslu. Tento radar má dosah 0,36 až 160 metrů (Bosch)[16] a využívá se i pro funkci adaptivního tempomatu. [17]

Oproti jiným způsobům detekce má radar výhodu, že funguje spolehlivě i při zhoršených povětrnostních podmínkách (mlha, déšť, tma). Pokud je ale kryt radaru zanesen blátem či sněhem, radar se vypne a řidič je o této skutečnosti informován.[17]

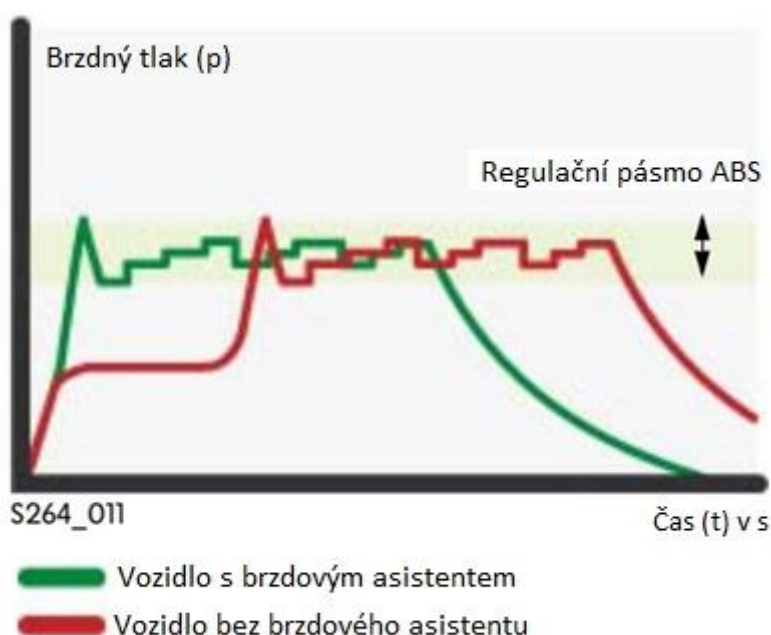


Obr. 24 Umístění jednotlivých částí předkolizního systému ve vozidle. V přední části vozidla se nachází vysokofrekvenční radar. V interiéru vozidla je displej se zvukovým upozorněním řidiče. Pod kapotou vozidla je elektronická řídicí jednotka s hydraulickým modulátorem brzd. [15]

8 Brzdový asistenční systém BAS

Brzdový asistenční systém BAS (Brake assist system) je prvek aktivní bezpečnosti, který zvyšuje brzdný tlak při krizovém brzdění. Nezkoušení řidiči často nesešlápnou brzdový pedál plnou silou při krizovém brzdění a kvůli tomu se zbytečně prodlužuje brzdná dráha vozidla. Brzdový asistent BAS dokáže rozpoznat skutečnost, že dochází ke krizovému brzdění a dočasně zvýší brzdný tlak, čímž maximálně využije možnosti brzdového systému. Protože brzdový asistent zvyšuje brzdný tlak až na hranici trakce pneumatik, používá se brzdový asistent výhradně ve vozech vybavených systémem ABS. Brzdový asistenční systém BAS je od listopadu 2009 povinný v EU pro všechny nové modely aut[11].

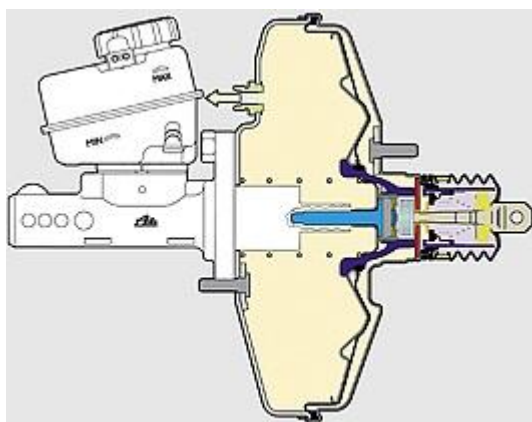
Brzdové asistenty se rozdělují na mechanické, elektronické a hydraulické[12]. O sepnutí brzdového asistentu rozhoduje překročení mezní hodnoty výkonu, který se spočte jako součin síly a rychlosti. Tyto parametry jsou snímány snímačem pod brzdovým pedálem. Po uvolnění brzdového pedálu se funkce brzdového asistentu přeruší a vozidlo pokračuje v režimu normálního brzdění, dokud nedojde k dalšímu krizovému brzdění.



Obr.25 Průběh brzdného tlaku v čase. U vozidla s BAS (zelená křivka) dojde ke zvýšení brzdného tlaku v kratší době než u vozidla bez BAS (červená křivka) [33]

8.1 Rozdělení dle principu činnosti

Mechanický BAS



Obr.26 Mechanický brzdový asistent [34]

Mechanický brzdový asistent nahrazuje sensor potřebný v elektronicky kontrolovaném systému k detekci rychlosti pedálu setrvačností inteligentního mechanismu. Při vysoké rychlosti pedálu se spustí efekt brzdového asistentu.

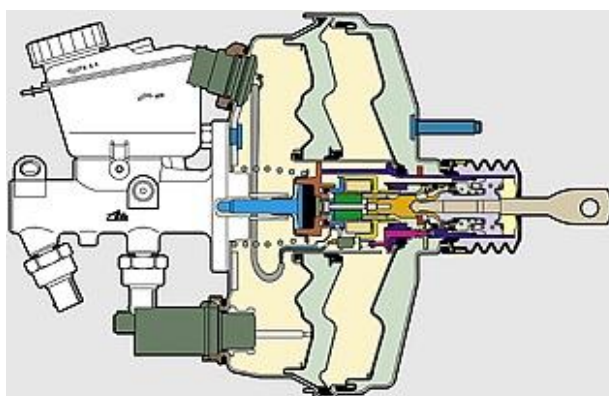
Hydraulický BAS



Obr.27 Hydraulický brzdový asistent[34]

Toto řešení je založeno na komponentech elektronického stabilizačního systému ESP. Efekt brzdového asistentu je spuštěn rozšířením softwaru ESP a ke své funkci vyžaduje data z tlakového senzoru hlavního brzdového válce.

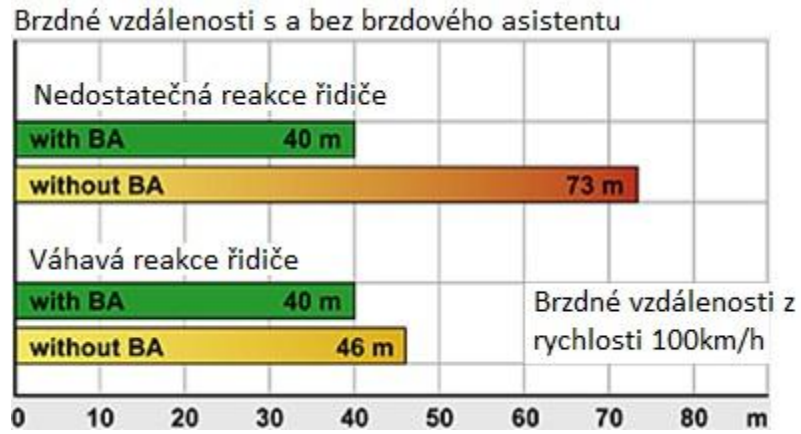
Elektronický BAS



Obr.28 Elektronický brzdový asistent[34] elektronického stabilizačního systému ESP a

Vakuový posilovač brzd s funkcí elektronického brzdového asistentu a standardním rozhraním ABS-TMc. Tento typ aktivního posilovače je využíván k vylepšení odezvy

také se využívá pro pohodlné brzdění při zapnuté funkci adaptivního tempomatu (ACC).



Obr.29 Srovnání brzdných vzdáleností s brzdovým asistentem a bez brzdového asistentu z rychlosti 100km/h, BAS pomáhá řidičům výrazně zkrátit brzdovou dráhu. [34]

9 Multikolizní brzda MKB

Multikolizní brzda je systém, který autonomně aplikuje brzdy k zabránění nebo zmírnění následků sekundární kolize po prvním nárazu. Řadí se k prvkům aktivní bezpečnosti. Podmínkou pro aktivaci multikolizní brzdy je vystřelení airbagů při prvotním nárazu. Informace o vystřelených airbagích je vyslána do elektronické jednotky stabilizačního systému, která začne sama vozidlo přibrzďovat se zpomalením 6m/s^2 až do rychlosti 10km/h , čímž je řidiči dána větší možnost vyhnout se například vozu v protisměru nebo objektu u silnice. V průběhu brzdění jsou aktivovány brzdová světla a varovné blikáče, které zůstávají zapnuté i po zastavení vozidla.

Pokud je prvotní kolize vážnějšího charakteru, řidič nemusí být schopen sám ovládat vozidlo. Systém multikolizní brzdy dočasně převezme kontrolu a sníží rychlost. Pokud však řidič uzná za vhodné, že brzděním by vytvořil nebezpečnou situaci např. pro vozidla přijíždějící na místo, může funkci multikolizní brzdy zrušit sešlápnutím pedálu plynu [14].



Obr.30 Ukázka přínosu multikolizní brzdy. Po první kolizi vozidlo autonomně zabrzdí a neohrozí protisměrný provoz [35]

Podle statistik kolem 25 % všech nehod se zraněním zahrnuje více než jednu kolizi. Jelikož záchranné systémy (airbagy, předpínače bezpečnostních pásů) byly již využity v první kolizi, je při další kolizi větší pravděpodobnost zranění. Kromě toho poškozené vozidlo nemusí poskytovat požadovanou ochranu při dalším nárazu. Díky multikolizní brzdě se těmto

sekundárním kolizím dá vyhnout nebo se dají zmírnit jeho následky. Dle odhadů pokud by všechny vozy byly vybaveny multikolizní brzdou, snížil by se počet úmrtí při nehodách o 8% a počet vážných zranění o 4 %[13].

10 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat jednotlivé typy konstrukce brzd a charakterizovat bezpečnostní systémy a asistenty pomáhající k zastavení vozidla.

Přestože je ve většině dnešních vozů používána konstrukce kotoučové brzdy díky svým výhodám vyšší výkonnosti a odolnosti proti tepelnému vadnutí, bubnové brzdy stále najdou své místo na zadních kolech u malých levnějších vozů, jelikož pro takové uplatnění tento typ brzdy bohatě postačí.

Oba typy brzd prošly od začátku svého používání dlouholetým vývojem a postupným zdokonalováním. Díky tomu jsou brzdy v dnešních vozidlech, za předpokladu správného používání a údržby, spolehlivé, účinné a zdravotně nezávadné pro své okolí. Z pohledu vývoje se v dalších letech nedají očekávat žádné výrazné změny konstrukce brzd. Mezi motoristickou veřejností je nutné klást důraz na spojování brzdové soustavy s bezpečností provozu a upozorňovat na rizika spojená se zanedbáním její pravidelné údržby.

Významným faktorem přispívajícím k bezpečnému zastavení vozidla jsou brzdové asistenty. Prvním běžně používaným asistentem se stal systém ABS zabráňující blokování kol zejména na kluzkých površích. Nespornou výhodou je také udržení stability vozidla ve fázi brzdění, a tudíž možnost nasměrování vozidla mimo překážku. Tento systém se stal povinným pro nově homologovaná vozidla v Evropské Unii od roku 2004.

Dalším systémem zkracujícím brzdovou vzdálenost je brzdový asistent, který je schopen rozpoznat chování řidiče při náhlém krizovém brzdění a dopomoci k plnému brzdnému účinku. Tento asistent najde uplatnění hlavně u nezkušených nebo fyzicky slabých řidičů. U dnešních vozů je již tento asistent také zaveden jako povinný.

Asistentem, který se objevil v poslední době je multikolizní brzda. Při některých nehodách se vozidlo po prvním nárazu vrací zpět do vozovky, kde ohrožuje ostatní účastníky silničního provozu. Tento systém je aktivován za podmínky dostatečně silného prvního nárazu, po kterém začne vozidlo automaticky brzdit.

V dnešním intenzivním provozu najde velké uplatnění také asistent předkolizního brzdění, který sleduje vzdálenost od vozidla či jiné překážky vyskytující se před vozidlem vybaveným tímto systémem. V případě, že řidič nezareaguje včas na nebezpečně se snižující

vzdálenost před překážkou, je tento systém schopný zabránit srážce či alespoň snížit rychlost nárazu. Díky tomu výrazně zlepšuje bezpečnost posádky vozidla i dalších účastníků provozu. V současné době není tento systém zanesen legislativně v povinné výbavě pro nově homologovaná vozidla, ale jelikož existuje politický tlak na zvyšování bezpečnosti provozu, je pravděpodobné, že systém předkolizního brzdění bude zaveden jako povinný pro nová vozidla v dalších několika letech.

Brzdové asistenty jsou velmi důležitou součástí aktivní bezpečnosti dnešních vozidel a jejich rozvoj a zavádění do dalších vozidel jistě přispěje ke zlepšování bezpečnosti silničního provozu.

11 Použité zdroje informací a obrázků:

- [1] Žďánský B., Jan Z., – Automobily 1 podvozky, Avid s.r.o., Brno 2001
- [2] Halderman J.D., Mitchell C.D. Jr. – Automotive brake systems 3rd ed., Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 2004
- [3] What are the best brake pads? Ceramic vs. Semi-metallic[online]. [cit. 2019-02-12].
Dostupné z: <http://autoanything.com/brakes/the-best-brake-pads-ceramic-or-metallic.aspx>
- [4] Vlk F., Podvozky motorových vozidel, vlastním nákladem, Brno 2000
- [5] Maleque M.A., Rahman M. Dyuti S., Material selection method in design of automotive brake disc, 2010
- [6] Carbon-Ceramic Brake Disks [online].[cit.2019-02-20]. Dostupné z:
http://sglgroup.com/cms/international/products/product-groups/cc/carbon-ceramic-brake-disks/index.html?_locale=en
- [7] How Anti-Lock Brakes Work [online].[cit.2019-03-13]. Dostupné z:
<https://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/anti-lock-brake2.htm>
- [8] ABS Accumulators [online].[cit.2019-03-18]. Dostupné z:
<https://www.freeasestudyguides.com/abs-pump-accumulator.html>
- [9] How Anti-Lock Brakes Work [online].[cit.2019-03-18]. Dostupné z:
<https://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/anti-lock-brake1.htm>
- [10] Anti-Lock Brake System (ABS) [online].[cit.2019-03-18]. Dostupné z:
<http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/57/8150100573-21.pdf>
- [11] EU zavádí povinný brzdový asistent [online].[cit.2019-03-23]. Dostupné z:
<http://www.motorinfo.cz/eu-zavadi-povinny-brzdovy-asistent.html>
- [12] Vlk F., Automobilová elektronika 1 - Asistenční a informační systémy, vlastním nákladem, Brno 2000

- [13] Multikolizní brzda MKB [online].[cit.2019-03-24]. Dostupné z:
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/multikolizni-brzda/>
- [14] 2012 Volkswagen Multi Collision Brake [online].[cit.2019-03-24]. Dostupné z:
<https://www.euroncap.com/en/ratings-rewards/euro-ncap-advanced-rewards/2012-volkswagen-multi-collision-brake/>
- [15] AOKI, Hirofumi, Hiroyuki TAKAHASHI, Satoshi UDAKA, Toshinori OKITA, Hiroyasu ICHIDA a Masami AGA. Human Centered Design of a Pre-collision System. DUFFY, Vincent G., ed. Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics, and Risk Management. Healthcare and Safety of the Environment and Transport [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, 2013, s. 3-10 [cit. 2019-03-25]. Lecture Notes in Computer Science. DOI: 10.1007/978-3-642-39173-6_1. ISBN 978-3-642-39172-9. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-39173-6_1
- [16] Mid-range radar sensor (MRR) [online].[cit.2019-03-25]. Dostupné z:
[https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/predictive-emergency-braking-system/mid-range-radar-sensor-\(mrr\)/](https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/predictive-emergency-braking-system/mid-range-radar-sensor-(mrr)/)
- [17] What is adaptive cruise control and how does it work? [online].[cit.2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.extremetech.com/extreme/157172-what-is-adaptive-cruise-control-and-how-does-it-work/2>
- [18] Electronic Brake Wear Sensors [online].[cit.2019-03-27]. Dostupné z:
<https://www.bendix.com.au/product-range/electronic-brake-wear-sensors>
- [19] Questions and Answers regarding antilock brake systems [online].[cit.2019-03-27]. Dostupné z: <https://one.nhtsa.gov/cars/problems/Equipment/absbrakes.html>
- [20] Tragické statistiky dopravních nehod v roce 2018 [online].[cit.2019-03-31]. Dostupné z: <https://autoroad.cz/profi/95153-tragicka-statistiky-dopravnich-nehod-v-roce-2018>

- [21] Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2015 [online].[cit.2019-03-31]. Dostupné z:
<http://www.vyrocenky.cz/dokument?f=fb45eb6b8bcfc6b8f5e45623d438ccb7>
- [22] Bosch automotive handbook, 2002
- [23] Howstuffworks.com, 5 Signs That You Need Your Brakes Checked [online].[cit.2019-02-12]. Dostupné z: auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-tests/5-signs-you-need-your-brakes-checked2.htm
- [24] skoda-dily.cz, zadní brzdový kotouč Ferodo Škoda Octavia [online].[cit.2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-dily.cz/data/items/7/4986a2f5781cb.jpg>
- [25] skoda-dily.cz, přední brzdový kotouč Ferodo Škoda Octavia [online].[cit.2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-dily.cz/data/items/14/4b05abbbd4f96.jpg>
- [26] apecbraking.co.uk, Output wave of a passive sensor [online].[cit.2019-03-7] . Dostupné z: https://www.apecbraking.co.uk/getattachment/8ccd0cc9-7d10-4670-801c-a633aa81d190/Passive_sensor_wave.jpg.aspx?width=600&height=294
- [27] apecbraking.co.uk, Output wave of an active sensor [online].[cit.2019-03-7] . Dostupné z: https://www.apecbraking.co.uk/getattachment/20583ccc-16cd-42e9-a97f-725979de007c/Active_sensor_wave.jpg.aspx?width=600&height=294
- [28] 2.bp.blogspot.com, Different types of ABS system [online].[cit.2019-03-13] . Dostupné z: <http://2.bp.blogspot.com/-O11vLQMIxMQ/T-MVfVPJPsl/AAAAAAAAAFk/AaudNIsT7gc/s1600/ABS+channels.jpg>
- [29] Wabco-auto.com, Anti-lock brake systems (ABS) [online].[cit.2019-03-18] . Dostupné z: <http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/57/8150100573-21.pdf>
- [30] Drivingfast.net, ABS system [online].[cit.2019-03-18] . Dostupné z: <https://drivingfast.net/abs/>
- [32] Agcoauto.com, Anti-lock operation [online].[cit.2019-03-19] . Dostupné z: http://www.agcoauto.com/content/news/p2_articleid/268

[33] Volkspage.net, The hydraulic brake assist system [online].[cit.2019-03-23] .

Dostupné z: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_264_d1.pdf

[34] 123seminaronly.com, Brake assist system [online].[cit.2019-03-23] . Dostupné z:

<http://www.123seminaronly.com/Seminar-Reports/2015-01/83585607-Brake-Assist-System.doc>

[35] Youtube.com, Volkswagen Multi Collision Brake | Euro NCAP Advanced | Reward 2012 [online].[cit.2019-03-24] . Dostupné z:

<https://www.youtube.com/watch?v=Q5NpXHxkrJc>

[36] Howstuffworks.com, 5 Signs That You Need Your Brakes Checked [online].[cit.2019-

02-12] [online].[cit.2019-03-18]. Dostupné z: [auto.howstuffworks.com/auto-](http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-tests/5-signs-you-need-your-brakes-checked2.htm)

[parts/brakes/brake-tests/5-signs-you-need-your-brakes-checked2.htm](http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-tests/5-signs-you-need-your-brakes-checked2.htm)

[37] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č.

13: Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií M, N a O z hlediska brzdění

[2016/194] [online].[cit. 2019-03-30]. Dostupné z: [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/194/oj)

[lex.europa.eu/eli/reg/2016/194/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/194/oj)

[38] VANĚK, Tomáš. Brzdy osobních silničních vozidel a jejich diagnostika. Pardubice,

2008. Diplomová práce (Ing.). Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera,

Katedra dopravních prostředků 2008 [online].[cit.2019-03-30]. Dostupné z:

<https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/28896/text.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

12 Seznam obrázků:

Obr.1 Typy brzdových bubnů [4].....	14
Obr.2 Typy bubnových brzd [4]	16
Obr.3 Brzdové ústrojí zadní bubnové brzdy Škoda Octavia [4]	17
Obr.4 Schéma pro výpočet brzd. momentu bubnové brzdy [4]	18
Obr.5 Závislost vnitřního převodu na souč. tření pro různé typy brzd [4]	21
Obr.6 Zadní plný brzdový kotouč Ferodo Škoda Octavia [24]	24
Obr.7 Přední brzdový kotouč větraný děrovaný Ferodo Škoda Octavia [25]	24
Obr.8 Indikátor opotřebení na brzdové destičce [36]	26
Obr.9 Třmen kotoučové brzdy předního kola (Škoda Felicia) [4]	28
Obr.10 Schéma kotoučové brzdy s pevným třmenem [22]	29
Obr.11 Schéma kotoučové brzdy s plovoucím třmenem [22]	30
Obr.12 Schéma brzdového kotouče, destiček a síly mezi nimi [4]	32
Obr.13 Křivky skluzu [29]	34
Obr.14 Schéma brzdění bez ABS [30]	35
Obr.15 Schéma brzdění s ABS [30]	35
Obr.16 Výstupní signál pasivního senzoru otáček [26]	36
Obr.17 Výstupní signál aktivního senzoru otáček [26]	37
Obr.18 Schéma funkce solenoidu [32]	38
Obr.19 Schéma funkce solenoidu [32]	39
Obr.20 Schéma jednookruhového systému ABS [28]	40
Obr.21 Schéma tříokruhového systému ABS [28]	41
Obr.22 Schéma čtyřokruhového systému ABS [28]	43
Obr.23 Druhy nehod v jednotlivých zemích [15]	44
Obr.24 Umístění jednotlivých částí předkolizního systému ve vozidle [15]	45
Obr.25 Průběh brzdného tlaku v čase [33]	46
Obr.26 Mechanický brzdový asistent [34]	46
Obr.27 Hydraulický brzdový asistent [34]	46
Obr.28 Elektronický brzdový asistent [34]	46
Obr.29 Srovnání brzdných vzdáleností s brzdovým asistentem a bez brzdového asistentu [34]....	47
Obr.30 Ukázka přínosu multikolizní brzdy [35]	48

