

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Matija Kresnik

**UTJECAJ IZVEDBI KOČIONIH SUSTAVA OSOBNIH VOZILA NA
NJIHOVU TRAJNOST**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2. lipnja 2015.

Fakultet: **Fakultet prometnih znanosti**
Predmet: **Mehanika II**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 1904

Pristupnik: **Matija Kresnik (0135224994)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj izvedbi kočionih sustava osobnih vozila na njihovu trajnost**

Opis zadatka:

Proces kočenja od velike je važnosti za sigurnost u prometu. U završnom je radu potrebno opisati kinematiku i dinamiku kočenja, te objasniti princip rada kočionih sustava osobnih vozila. Također, treba navesti i sažeto opisati suvremene sustave za poboljšanje efikasnosti kočenja i njihovo održavanje. Konačno, potrebno je analizirati utjecaj izvedbi kočionih sustava na njihovu trajnost.

Zadatak uručen pristupniku: 16. ožujka 2015.

Mentor:



mr. sc. Branko Maković, v. pred.

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**UTJECAJ IZVEDBI KOČIONIH SUSTAVA OSOBNIH VOZILA NA
NJIHOVU TRAJNOST**

**INFLUENCE OF BRAKING SYSTEMS PERFORMANCES IN
PASSENGER CARS ON THEIR DURABILITY**

Mentor: mr.sc. Branko Maković

Student: Matija Kresnik, 0135224994

Zagreb, rujan 2015.

Sažetak

Ovim radom se ukazuje na utjecaj izvedbi kočionih sustava osobnih vozila na njihovu trajnost.

Kočioni sustav osobnog vozila mora zadovoljavati zahtjeve što kraćeg puta zaustavljanja te biti pouzdan. Kočioni sustav u svakom trenutku mora bezprijekorno raditi kako bi mogao usporiti i zaustaviti vozilo uslijed bezopasnog zaustavljanja kod crvenog svjetla semafora ili kod intenzivnog kočenja kako bi se izbjegla neočekivana opasnost.

Naglasak rada je na usporedbi izdržljivosti bubanj i disk kočnica kod osobnih automobila tj. usporedba trajnosti pojedine izvedbe kočnice.

Rad je koncipiran u nekoliko cjelina. U uvodu je opisana važnost kočionog sustava i način njegovog aktiviranja. Druga cjelina objašnjava kinematiku i dinamiku kočenja te dužine puta kočenja kod slobodnog i intenzivnog kočenja. Treća cjelina opisuje princip rada kočionog sustava dok se u četvrtoj opisuju svi elementi kočionog sustava. Peta cjelina opisuje moderne sustave koji se ugrađuju u vozila zbog sigurnijeg kočenja i upravljivosti vozila. U šestoj cjelini je objašnjen način kontrole i održavanja kočionog sustava. U sedmoj cjelini je opisana trajnost kočionog sustava s obzirom na način izvedbe. U osmoj cjelini, tj. zaključku je kratak prikaz te analiza relevantnih informacija prikazanih kroz čitav rad.

Ključne riječi: osobno vozilo, kočioni sustav, izvedba i trajnost kočionog sustava

This paper refers to the impact of the design of passenger vehicle braking systems on their durability.

The braking system of a passenger vehicle has to meet the criteria of the shortest possible stopping distance, reliability, stability and maneuverability during braking. The braking system has to function seamlessly in every moment in order to decelerate and stop the vehicle during normal stopping, or during intensive braking, in order to avoid unexpected danger.

The main focus of the paper is a comparison of disk-type and drum-type brake durability in passenger cars, i.e. a longevity comparison of each brake type design.

The paper describes the importance of a braking system and its activation path and explains kinematics and dynamics of free and intensive braking. The working principle of the stopping system is given and all of its elements are described. Furthermore, modern systems implemented in vehicles for safer braking and to better their maneuverability and stability are pointed out. After the method of controlling and maintenance had been explained, its durability resulting from its design was analyzed. A short preview and analysis of relevant factors demonstrated by this paper is given in the conclusion.

Keywords: passenger vehicle, braking system, design, braking system design and durability

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Kinematika i dinamika kočenja.....	3
2.1. Osnovne teorije kočenja.....	3
2.2. Kočenje kod osobnih motornih vozila.....	8
2.3. Put slobodnog kočenja.....	9
2.4. Put intenzivnog kočenja.....	10
3. Kočioni sustav i princip rada.....	12
3.1. Ostvarivanje kočionog momenta.....	12
3.2. Princip rada kočionog sustava.....	12
3.3. Regulacija sile kočenja i njen utjecaj na stabilnost vozila.....	14
4. Elementi kočionog sustava.....	17
4.1. Bubanji kočnice.....	19
4.1.1. Simplex kočnica.....	20
4.1.2. Duplex kočnica.....	21
4.2. Disk kočnica.....	22
4.2.1. Samoventilirajuće disk kočnice.....	23
4.2.2. Keramičke disk kočnice.....	24
4.3. Parkirna i električna parkirna kočnica.....	25
4.4. Pojačivač sile kočenja – servo uređaj.....	26
4.5. Kočiona tekućina i kočione obloge.....	27
4.5.1. Kočiona tekućina.....	27
4.5.2. Kočione obloge.....	28
5. Suvremeni sustavi za poboljšanje efikasnosti kočenja.....	30
5.1. Antiblokirajući sustav vozila (ABS).....	30
5.1.1. Senzori brzine.....	31
5.1.2. Modulator.....	31
5.1.3. Kontroler.....	32
5.1.4. Ventili.....	32
5.2. BAS.....	33
5.3. ASR.....	34
5.4. ESP.....	36
6. Kontrola i održavanje kočionih sustava.....	37

6.1. Pregled kočnica na tehničkom pregledu vozila.....	37
6.1.1. Vizualna kontrola	37
6.1.2. Mjerenje učinka kočionog sustava	37
6.1.3. Mjerenje točke isparavanja i vlažnosti kočione tekućine.....	39
6.2. Održavanje	39
7. Analiza utjecaja izvedbi kočionih sustava na njihovu trajnost.....	41
7.1. Bubanji kočnice.....	41
7.2. Disk kočnice.....	42
7.3. Keramičke kočnice	43
7.4. Usporedba cijene disk i bubanji kočnica	43
8. Zaključak.....	45
Popis literature.....	46
Popis slika	47
Popis tablica	48
Popis grafikona.....	49

1. Uvod

Jedan od važnijih sustava na motornim vozilima je svakako kočioni sustav, koji ostvaruje kočioni moment za smanjenje brzine kretanja ili za potpuno zaustavljanje vozila. Kočioni sustav vozila u svom tehničko-tehnološkom značenju mora osigurati potrebnu snagu za brzo i efikasno usporenje ili zaustavljanje vozila[1]. S gledišta sigurnosti kretanja vozila, karakteristike kočionog sustava vrlo jasno su propisane zakonom. Tehničkim pregledom se ispituju propisane značajke.

Kočioni sustav treba udovoljiti sljedećim zahtjevima:

- osigurati što kraći put zaustavljanja,
- mora biti efikasan i postići visoki učinak usporenja,
- potreban je jednoliki porast i pad kočionog momenta kod svih kotača,
- vrijeme reakcije kočionog sustava mora biti što kraće,
- kočioni moment pojedinih kotača mora biti proporcionalan njihovom opterećenju
- osigurati jednaku silu kočenja na kotačima jednog mosta
- osigurati efikasno odvođenje topline koja se stvara tijekom kočenja
- osigurati čistoću tarnih površina
- ne smije proizvoditi buku[2]

Mehanizam za pokretanje kočionog sustava služi za aktiviranje odgovarajućeg podsustava, najčešće se radi o radnoj i pomoćnoj kočnici. Svaki podsustav mora imati svoj mehanizam za pokretanje kočnog procesa koji je postavljen tako da ga vozač može lako aktivirati.

Mehanizam za pokretanje radne kočnice je načinjen kao papučica koja je postavljena ispred sjedišta vozača kako bi je vozač mogao aktivirati nogom, bez skidanja ruku s upravljača.

Za pomoćnu i parkirnu kočnicu mehanizam za pokretanje je ručica dok kod novih vozila sve češće je prisutan prekidač koji kod stajanja vozila blokira sve kotače, a kada senzor primijeti da vozač želi krenuti, mehanizam otpušta kočnice. Nalazi se s desne strane vozača kako bi kod njene aktivacije mogao jednom rukom držati upravljač.

Prijenosni mehanizam ima zadatak da dobiveni impuls od mehanizma za uključivanje pojedine kočnice prenese do odredišta, odnosno do kočnica. Ovo je bitna uloga u cijelom kočionom sustavu jer znatno utječe na ukupne performanse u pogledu kočenja.

2. Kinematika i dinamika kočenja

2.1. Osnovne teorije kočenja

Teorija kočenja analizira promjenu dinamičkih i energetske stanja vozila. Energetski pristup proizlazi od energetske bilance energije i od oslobođene količine topline razvijene tijekom kočenja vozila.

Energetska bilanca kočenja može se izraziti kao:

$$E = E_1 + E_2$$

gdje je:

E - energija vozila prije kočenja,

E_1 - energija koja se tijekom kočenja akumulira u vozilu,

E_2 - energija koja se tijekom kočenja pretvara u toplinu.

Kod današnjih izvedbi vozila, gdje je za pogon vozila korišten motor s unutarnjim izgaranjem, gotovo se sva energija kočenja pretvara u toplinsku energiju. Energetski gledano, kočenje je neracionalni proces gdje se gotovo sva energija kočenja pretvara u toplinu i nepovratno odlazi u okoliš. Kod zaustavljanja vozila, dio kinetičke energije na početku kočenja, pretvorio se u toplinsku energiju.[3]

Kinetička energija vozila sastoji se od kinetičke energije masa u transliranom kretanju E_{ktm} i masa u rotacijskom kretanju E_{km} .

Tada vrijedi:

$$E_k = E_{ktm} + E_{km}$$

Odnosno:
$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{I \cdot \omega^2}{2}$$

gdje je:

E_{ktm} - kinetička energija masa u transliranom kretanju,

E_{km} - kinetička energija masa u rotacijskom kretanju,

m - cjelokupna masa vozila,

v - brzina kretanja vozila,

ω - kutna brzina, posljedica brzine v ,

I - ukupni moment inercija masa u rotaciji sveden na dinamički polumjer kotača.

Izraz za kinetičku energiju može se prikazati kao :

$$E_k = \frac{k \cdot m \cdot v^2}{2}$$

jer je odnos između obodne i kutne brzine pri kotrljanju kotača:

$$v = \omega \cdot r_d$$

$$k = 1 + \frac{I}{m \cdot r_d^2}$$

gdje je:

k - faktor koji uzima u obzir utjecaj rotacijskih masa,

r_d - dinamički polumjer kotača.

Vrijednost faktora k različita je za razna vozila i mijenja se sa stupnjem prijenosa.

U praktičnim uvjetima E_k je kinetička energija koju vozilo ima na početku kočenja. Kod kočenja se pretvara u toplinsku energiju uslijed trenja između kočnih obloga i bubnjeva ili diskova uslijed trenja klizanja, kada su kotači blokirani, na dodirnoj površini između pneumatika i površine ceste.

$$E_k = E_t$$

Kod kočenja ne dolazi uvijek do potpunog zaustavljanja vozila. Brzina vozila se smanjuje od v_1 na brzinu v_2 kada vozilo usporava.

Tada se izraz za smanjenje kinetičke energije na kraju za vrijeme kočenja može zapisati kao:

$$E_k = \frac{k \cdot m}{2} \cdot (v_1^2 - v_2^2)$$

Za kočenje vozila potrebno je ostvariti određenu snagu kočenja. Pri kočenju do zaustavljanja s konstantnim usporanjem i početnom brzinom v_{1v} , prosječna snaga kočenja je jednaka:

$$P_k = F_k \cdot v_{sr}$$

gdje je:

P_k - prosječna snaga kočenja,

F_k - sila kočenja,

v_{sr} - srednja brzina kočenja.

$$v_{sr} = \frac{1}{2} \cdot v$$

Budući da je $F_k = m \cdot a$, tada je prosječna snaga pri konstantnom usporenju jednaka:

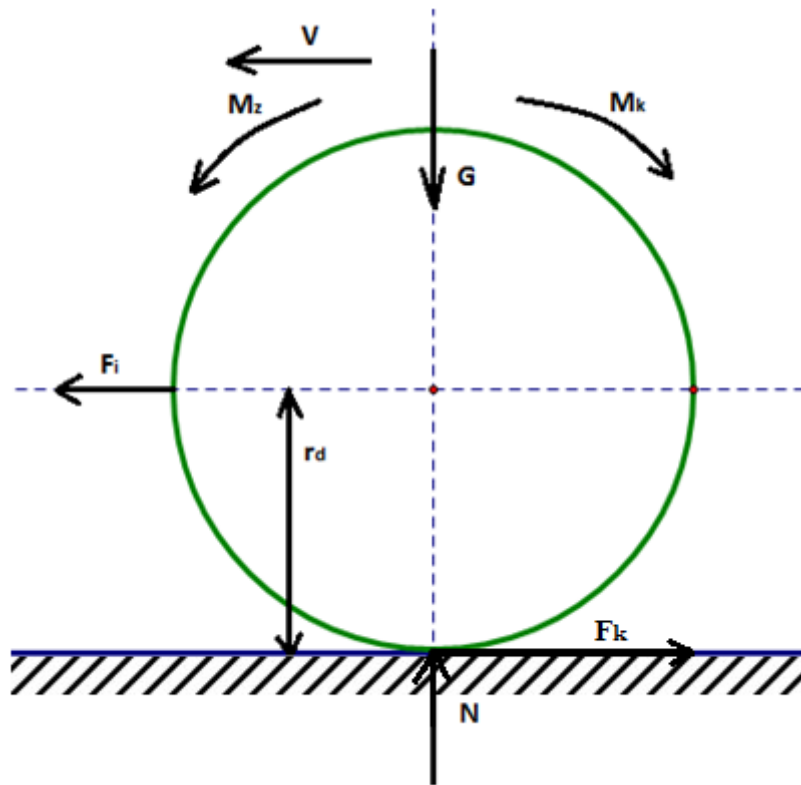
$$P_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot a \cdot v$$

gdje je:

m - masa vozila,

a - prosječno usporenje.

Snaga koja je potrebna za kočenje vozila ostvaruje se na kotačima vozila, slika 1. Kočenje se ostvaruje kada se kotaču vozila dovodi moment u suprotnom smjeru te se između kotača i podloge razvija reakcija suprotnog smjera od kretanja vozila.[3]



Slika 1. Kočeni kotač

Izvor: [4] str: 95.

Na slici 1. je prikazano:

G - težina vozila koja je ostvarena na kočenom kotaču,

M_z - zakretni moment,

M_k - moment kočenja,

F_i - sila inercije,

F_k - sila kočenja.

Sila kočenja može se odrediti iz veličine momenta kočenja:

$$M_k = F_k \cdot r_d$$

$$F_k = \frac{M_k}{r_d}$$

nadalje, sila kočenja je:

$$F_k = m \cdot a$$

$$F_k = \frac{G}{g} \cdot a$$

iz čega slijedi da je

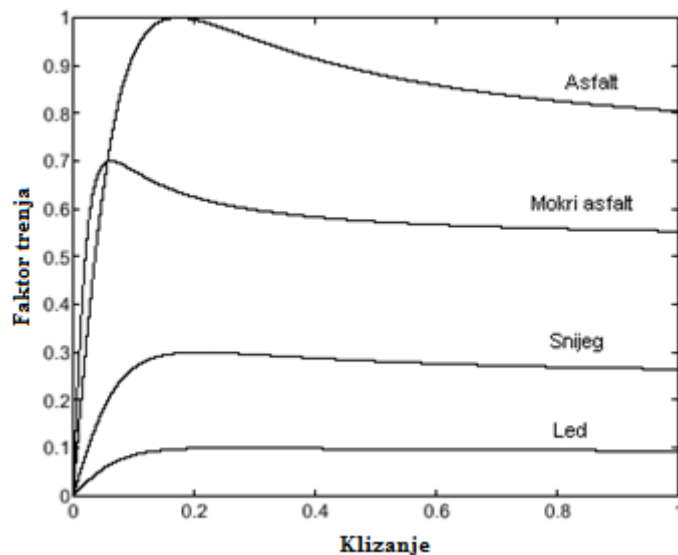
$$\frac{F_k}{G} = \frac{a}{g} = \mu$$

gdje je μ faktortrenja klizanja ili faktor kočenja, ukoliko se izražava u postocima.

Faktor trenja μ ovisi o stanju guma, brzini vožnje i stanju kolnika. Za suhu cestu $\mu = 0,8 - 1$ dok je za mokru podlogu $\mu = 0,2 - 0,65$, a za zaleđenu cestu $\mu = 0,05 - 0,1$. [4] Ako se sila kočenja poveća iznad veličine sile trenjklizanja između kolnika i kotača dolazi do klizanja kotača. Ako se i dalje povećava dolazi do potpunog blokiranja kotača.

Prianjanje između kolnika i kotača vrlo je složen problem koji se pojednostavljeno može objasniti pomoću faktora trenja. Pri kočenju potrebno je ostvariti neku silu trenja između kotača i kolnika. Klizanje kočenog kotača može se pojaviti kod kolnika s najvećim faktorom trenja gdje je normalno opterećenje kotača relativno malo. Također, mogućnost klizanja se dodatno povećava ukoliko je faktortrenja manji, a tada se najčešće radi o vlažnom ili zaleđenom kolniku. Kod proklizavanja kotača već od 20% i više dovodi do nemogućnosti upravljanja vozilom.

Odnos faktoratrenjklizanja i proklizavanja prikazan je na slici 2.



Slika 1. Faktor trenja klizanja i proklizavanje pri kočenju

Izvor: [5] str. 16.

Odnos faktora trenja klizanja i proklizavanja(slika 2.):

- 1 - guma na suhom asfaltu,
- 2 - guma na mokrom asfaltu,
- 3 - guma na snijegu,
- 4 - guma na ledu.

Samo proklizavanje se može izraziti kutnim brzinama:

$$\lambda = \frac{\omega - \omega_k}{\omega} \cdot 100\%$$

ili obodnim brzinama:

$$\lambda = \frac{v_1 - v_2}{v_1} \cdot 100\%$$

gdje je:

- λ - proklizavanje kotača,
- ω - kutna brzina kotača bez klizanja,
- ω_k - kutna brzina kočenog kotača,
- v_1 - brzina vozila,
- v_2 - obodna brzina kotača.

2.2. Kočenje kod osobnih motornih vozila

Od trenutka djelovanja sile kočenja do trenutka zaustavljanja vozila, vozilo se kreće usporedno, a put koji ono za to vrijeme prijeđe naziva se put kočenja.

U slučaju trenutačnog djelovanja sile kočenja u punoj veličini, cijelo vrijeme kočenja, kretanje vozila će biti jednoliko usporeno, a nagli prirast i prestanak djelovanja sile izazvati će uzdužni udar. Veličina uzdužnog udara biti će veća ako je vrijeme iniciranja sile kočenja kraće, tj. ako je pritisak na papučicu kočnice bio nagliji. Takvo kočenje se naziva intenzivno odnosno forsirano kočenje[6].

Ako je na početku kočenja postupan prirast sile, a na kraju postupno opadanje sile kočenja, veličina usporenja vozila je promjenjiva na početku i na kraju kočenja dok je u

sredini konstantna. Kod takvog načina kočenja put kočenja je duži, ali je vožnja udobnija. Takav način kočenja naziva se slobodno kočenje.

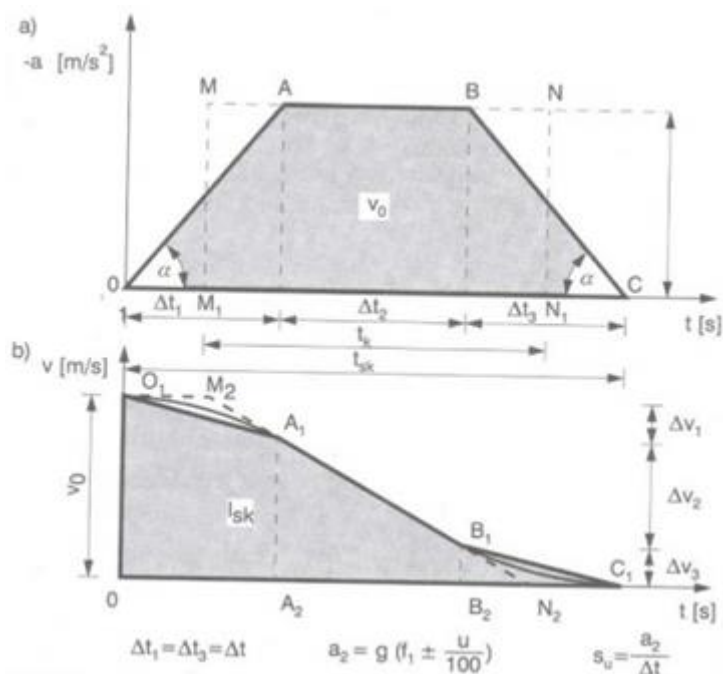
2.3. Put slobodnog kočenja

U slučaju slobodnog kočenja usporenje se ne postiže odmah u punoj vrijednosti već se mijenja u tri faze. U prvoj fazi usporenje raste od nule do pune vrijednosti, u drugoj fazi ostaje konstantno, $a_2 = \text{konst.}$, dok u trećoj fazi potpuno opada do nule.

Veličina uzdužnog udara S_u pri slobodnom kočenju mora biti u dopuštenim granicama. Smatra se da veličina uzdužnog udara s obzirom na udobnost vožnje može iznositi do $S_u = 1,5 \text{ m/s}^2$. $S_u = 1,5 \text{ m/s}^3$.

U prvoj i trećoj fazi kočenja gdje se usporenje mijenja linearno s vremenom, brzina v_0 se smanjuje po krivulji drugog stupnja. U drugoj fazi je usporenje konstantno tj. $a_2 = \text{konst.}$, smanjenje brzine v_0 je pravo kočenje.

Put slobodnog kočenja l_{sk} može se prikazati kao površina ispod dijagrama $v = f(t)$.



Grafikon1. Usporenje kod slobodnog kočenja

Izvor: <http://files.fpz.hr/Djelatnici/gluburic/Luburic-predavanja-v3.pdf>

srpanj 2015.

Veličina srednjeg usporenja u prvoj i trećoj fazi kočenja je jednaka.

Prema tome je $\Delta t_1 = \Delta t_3 = \Delta t$, odnosno $\Delta v_1 = \Delta v_3 = \Delta v$, te je:

$$l_{SK} = \frac{v_0 + (v_0 - \Delta v)}{2} \cdot \Delta t + \frac{(v_0 - \Delta v) + \Delta v}{2} \cdot \Delta t_2 + \frac{\Delta v \cdot \Delta t}{2}$$

Ukupno trajanje slobodnog kočenja t_{SK} iznosi:

$$t_{SK} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = 2 \cdot \Delta t + \Delta t_2$$

Duljina puta slobodnog kočenja l_{SK} računa se iz jednadžbe:

$$l_{SK} = \frac{v_0}{2} \cdot (\Delta t + t_k)$$

Slobodno kočenje se koristi pri projektiranju cestovnih elemenata. Takvo kočenje primjenjuje se na prilazima raskrižjima, crpnim i servisnim postajama, pri slobodnom manevriranju u prometnom toku i sl.[6]

2.4. Put intenzivnog kočenja

Pri intenzivnom kočenju dolazi do trenutačnog porasta sile kočenja u punoj veličini od početka do kraja kočenja, a djelovanje sile kočenja prestaje u trenutku kada se vozilo zaustavi.[6]

Put intenzivnog kočenja l_k dobiti će se ako se rad sile kočenja izjednači s kinetičkom energijom koju treba poništiti.

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = G \cdot f_1 \cdot l_k$$

odnosno:

$$\frac{G \cdot v^2}{2 \cdot g} = G \cdot f_1 \cdot l_k$$

Gdje je:

v - brzina vozila prije kočenja (m/s),

G - ukupna težina vozila (N),

g - ubrzanje sile teže (9,81m/s²),

f_t -faktor tangencijalnog priranja,

l_k - put kočenja (m).

Iz prethodne jednadžbe se dobiva put kočenja l_k :

$$l_k = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot f_t}$$

Intenzivno kočenje se ne može prihvatiti kao kočenje u normalnim uvjetima jer se ono primjenjuje samo u uvjetima iznenadne opasnosti na cesti.[6]

3. Kočioni sustav i princip rada

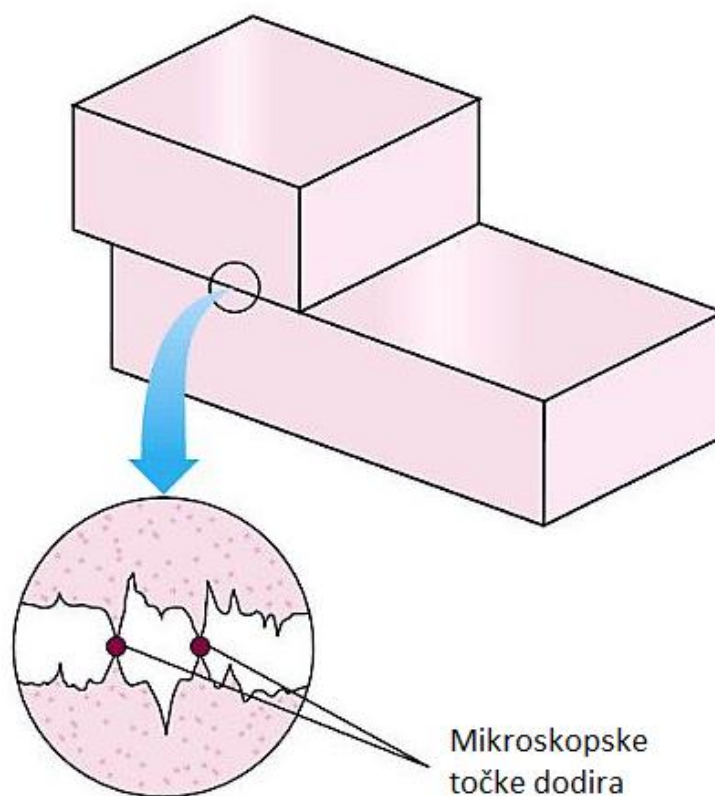
3.1. Ostvarivanje kočionog momenta

Postoji više načina ostvarenja kočionog momenta, i to: mehaničkim trenjem, unutrašnjim trenjem kod tekućina, elektrodinamičkom indukcijom i stvaranjem otpora zraka. Kod motornih vozila se najčešće kočioni moment ostvaruje mehaničkim trenjem.[2] Na teškim teretnim vozilima i autobusima primjenu nalaze, tzv. motorne kočnice koje pri aktiviranju zatvaraju ispušnu cijev, istovremeno oduzimaju gorivo te kočnice koje rade na principu elektrodinamičke indukcije, a koje se obično postavljaju na jedno od kardanskih vratila transmisije.

Kočioni moment, koji se ostvaruje unutrašnjim trenjem kod tekućina koristi se kod hidrodinamičkih kočnica. Pošto se kod frikcijskih kočionih mehanizama kinetička energija putem trenja pretvara u toplinsku, bubanj kočnica se mora konstruirati tako da ima dobro riješen način odvođenja topline pa se najčešće izrađuje s rebrima. Frikcijski materijal koji se postavlja na papuče, mora također biti otporan na toplinu i imati određenu čvrstoću, te se često koristi azbestna tkanina protkana mesing vlaknima ili čeličnom piljevinom koji služe za brzo odvođenje topline sa frikcijskog materijala.[7]S obzirom na način ostvarivanja kočionog momenta vrši se podjela i kočionih mehanizama. Na motornim vozilima najčešće su u upotrebi kočioni mehanizmi koji rade na principu mehaničkog trenja (frikcijskikočioni mehanizmi). Ovisi o mjestu na koje su postavljeni, a mogu se podijeliti na: kočione mehanizme u kotačima i kočione mehanizme koji djeluju na transmisiju.

3.2. Princip rada kočionog sustava

Temelj kočenja počiva na korištenju trenja. Naime, povećanjem trenja želi se usporiti ili zaustaviti okretanje korača. Kada vozilo stoji, kočnicama ga se nastoji i zadržati u takvom stanju. Samo trenje, osim što ovisi o sili kojom se ostvaruje, ovisi i o materijalu tj. hrapavosti kontaktnih površina (slika 3.).



Slika 2. Trenje

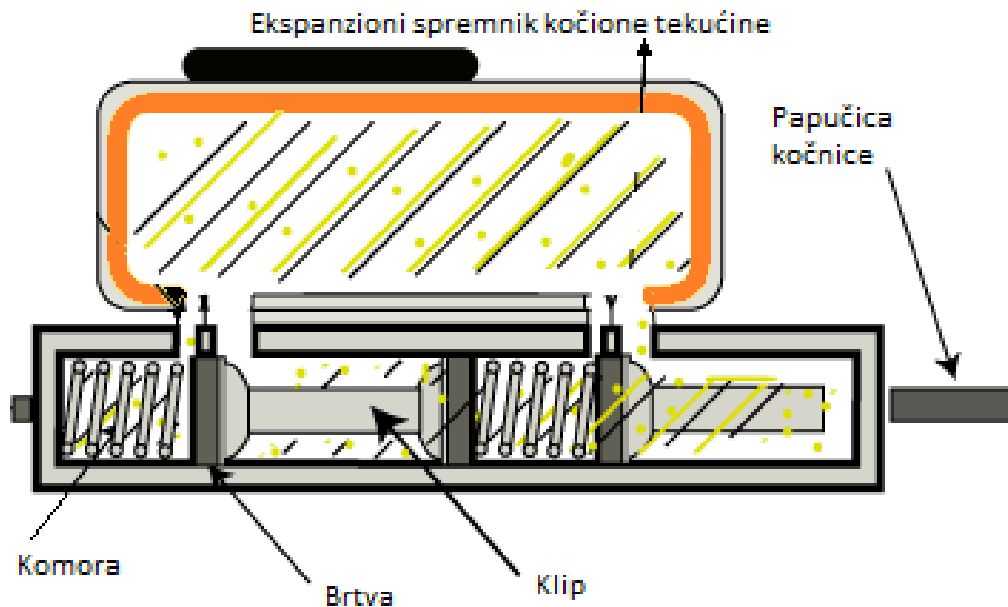
Izvor: <http://www.mrteverett.com/physics/newton%27s%20first%20law%20of%20motion.asp>
srpanj 2015.

Rad kočionog sustava je u osnovi vrlo jednostavan. Pritiskom papučice kočnice, gura se klip koji je smješten u glavnom kočionom cilindru (slika 4.). Zbog nestlačivosti tekućine, kočiona tekućina iz glavnog kočionog cilindra kreće kroz vodove prema radnim kočionim cilindrima. Kada kočiona tekućina uđe u radni kočioni cilindar, istiskuje klipove iz njega prema van te oni guraju kočione papučice.[2] Gurnute kočione papučice se oslone na kočioni bubanj te se ostvari trenje potrebno za usporavanje ili zaustavljanje vozila. Skidanjem noge s papučice kočnice, oslobađa se sustav tj. ne postoji više tlak koji bi gurao tekućinu prema kočionim radnim cilindrima. Tada ih počinje provlačiti opruga na papučicama te se prekida trenje potrebno za kočenje, a kočiona tekućina se također vraća.

Na glavnom kočionom cilindru se nalazi i ekspanzioni spremnik s kočionom tekućinom. Postoji mogućnost curenja tekućine tako da se sustav održava uvijek punim pomoću ovog spremnika.

Nova vozila umjesto bubanj kočnica koriste disk kočnice, ali princip rada je gotovo identičan jer je trenje prisutno kod obje izvedbe. Jedina razlika je u tome što se kod bubanj

kočnica šire kočne papučice dok se kod disk kočnica, kočnim pločicama koje su smještene na kliještima oko diska, pritišće disk te se tako ostvaruje trenje potrebno za kočenje.



Slika 3. Glavni kočioni cilindar

Izvor: <http://www.vicarracing.com/images/what-is-a-master-cylinder-brake-system.gif>

srpanj 2015.

3.3. Regulacija sile kočenja i njen utjecaj na stabilnost vozila

Da bi se postigao najkraći put kočenja, potrebno je dobiti silu kočenja najvećeg iznosa u ovisnosti od opterećenja. To se može postići regulatorom sile kočenja ili ugradnjom uređaja za sprječavanje blokiranja, što je efikasnije, ali i puno skuplje. U oba slučaja cilj je što bolje iskorištenje prijanjanja i što bolje održavanje stabilnosti vozila.[4] Regulatori sile kočenja omogućuju to samo onda kada su ispunjeni određeni uvjeti, dok uređaj za sprječavanje blokiranja onemogućuje blokiranje kotača gotovo u svakom slučaju. Sprječavanje blokiranja sa stajališta sigurnosti u prometu ima vrlo važnu ulogu jer blokirani kotač vrlo teško ili uopće nije u mogućnosti prihvatiti bočnu silu što dovodi do nemogućnosti kontroliranja kretanja vozila tijekom kočenja.

Najjednostavnije rješenje regulatora sile kočenja temelji se na regulaciji tlaka radnog medija. Poznato je da pri blokiranju stražnjih kotača motorno vozilo gubi stabilnost dok se u slučaju blokiranja prednjih kotača ne može upravljati vozilom. Kako je stabilnost važnija, ta

se regulacija tlaka medija obavlja u kočionom uređaju stražnje osovine. Ako je vozilo pod opterećenjem, tada je prednja osovina prekomjerno kočena u cijelom intervalu kočenja pa stoga vrijednost usporenja značajno zaostaje u odnosu na optimalnu vrijednost u ovom slučaju. Nedostatak ove podjele je u tome što pri ekstremnom kočenju dolazi do blokiranja kotača stražnje osovine te zbog toga može doći do gubljenja stabilnosti vozila.

Najjednostavniji kočioni sustav je onaj s linearnom značajkom, odnosno onaj koji linearno raspodjeljuje silu kočenja u pojedinom kotaču.

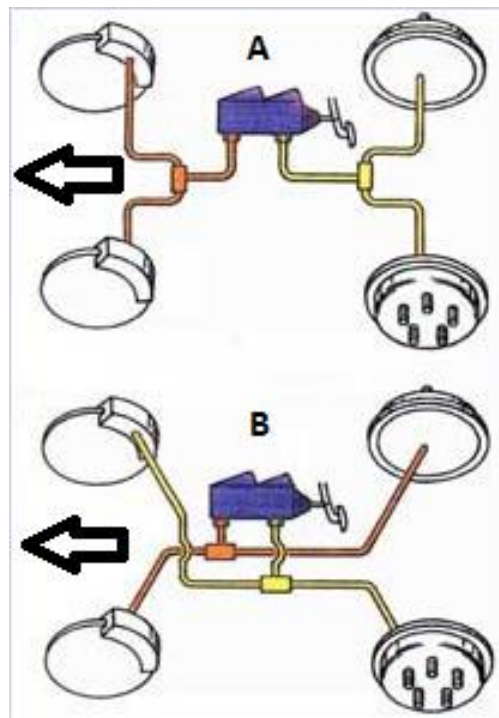
U slučaju kada kočioni faktor poprimi vrijednost 0.9, linearni sustav podudara se s idealnom raspodjelom sile kočenja. U slučaju manje vrijednosti, prednji kotači su previše zakočeni dok će u slučaju kada kočioni faktor bude veći od 0.9 biti previše kočeni stražnji kotači vozila.

Poznato je da zanošenju vozila najviše pridonosi destabilizacija stražnje osovine. Ako je kočioni sustav takav da se prvo blokiraju stražnji kotači, onda će takvo vozilo u uvjetima kočenja biti skloni zanošenju u odnosu na kočioni sustav vozila koji prvo blokira prednje kotače te tako pridonosi stabilnosti vozila.[2]

Kočioni sustav s linearnom značajkom i pri manjim vrijednostima kočionog faktora, kod kočenja na mokroj ili skliskoj cestovnoj površini, osigurava veću rezervu kočione stabilnosti. Ako vrijednost faktora statičkog trenja između gazeće plohe protektora pneumatika i plohe ceste iznosi $\mu = 0.5$ onda će vozilo postići najveću vrijednost kočionog faktora. Kada se to dogodi, prednji kotači vozila nalaziti će se u optimalnom području proklizavanja, a njihov će faktor prijanjanja poprimiti najveću moguću vrijednost.[2] Faktor prijanjanja stražnjih kotača vozila, u tom trenutku, još uvijek će biti manji od optimalne vrijednosti. Ukoliko vozač poveća pritisak noge na papučicu kočnice doći će u područje većeg proklizavanja. To će dovesti do potpunog blokiranja prednjih kotača, a posljedica toga je smanjivanje vrijednosti faktora trenja klizanja.

Istodobnim prelaskom prednjih kotača u stanje blokiranosti doći će do porasta vrijednosti faktora prijanjanja stražnjih kotača te će oni u jednom trenutku poprimiti optimalnu vrijednost, tj. vrijednost statičkog faktora trenja. Ako vozač i dalje povećava pritisak noge na papučicu kočnice, nastati će blokiranje stražnjih kotača tako da će faktor prijanjanja ovih kotača poprimiti vrijednosti trenja klizanja.

Nedostatak navedenog sustava je u tome što su prednji kotači u većem području prekočeni, a posljedica je toga značajno trošenje kočnica i pneumatika prednjih kotača u odnosu na trošenje kočnica i pneumatika kod stražnjih kotača. Daljnji je nedostatak u tome što je vrijednost kočionog faktora u području manjih vrijednosti statičkog trenja znatno smanjena u odnosu na idealno stanje. To se može poboljšati ukoliko se umjesto kočionog sustava s linearnom značajkom ugradi sustav s tzv. izlomljenom značajkom (slika 5.).



Slika 4. Prikaz (A) linearne i (B) izomljene značajke

Izvor: <http://www.winbrake.com/images/afb034.jpg>

srpanj 2015.

4. Elementi kočionog sustava

Disk pločice, obloge i kočioni pribor su dijelovi kočionih sustava koji se najbrže troše te su kao takvi najčešće prisutni pri servisnim izmjenama. Produkt trenja između disk pločica i diskova te kočnih obloga i bubnjeva je toplina. Kvaliteta kočnih pločica i obloga se ne očituje u velikom faktoru trenja klizanja već u postojanosti te vrijednosti pri temperaturama od -30°C pa do $+400^{\circ}\text{C}$ stupnjeva, do koje temperature se kočne pločice intezivnom upotrebom zagriju. Kočni sustavi moraju biti u funkciji zaštite okoliša te pouzdani i tihi u radu.[1]

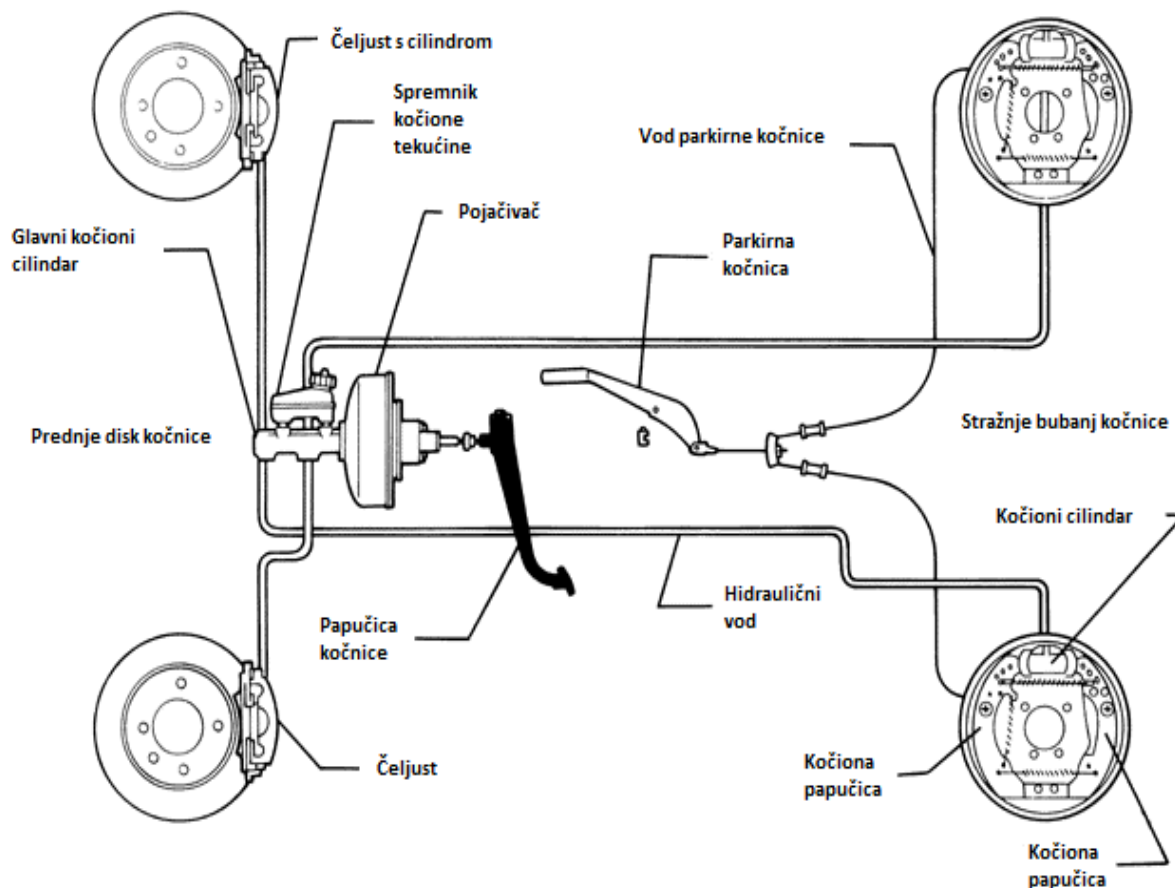
Kočioni pribor se sastoji od opruga, spojnice, polugica te indikatora kočenja. Ti elementi čine kočioni sklop koji aktivno sudjeluje u kočionom procesu. Kočioni pribor je preporučljivo mijenjati jer je isti sustavno podložan korozijama i stalnom naprezanju, a lomom pojedinog dijela se može uzrokovati kvar ili čak otkazivanje kočionog sustava.

Diskovi i bubnjevi su dijelovi kočionih sustava te su kao takvi podložni zamjenama. Kvaliteta diskova se ne očituje u velikom faktoru trenja već u postojanosti te vrijednosti pri temperaturama od -30°C pa do $+400^{\circ}\text{C}$ stupnjeva, do koje temperature se diskovi intezivnom upotrebom zagriju. Samoventilirajući diskovi svojom dvostrukom stjenkom osiguravaju bolje odvođenje topline.

Kočiona tekućina je medij koji pri kočenju prenosi tlak od glavnog kočionog cilindra na sve kočione cilindre smještene u kočnim sustavima na kotačima. Kočiona tekućina je higroskopan medij te vremenom na sebe veže vlagu. Pri procesu kočenja se sustavi griju prenoseći tako temperaturu i na kočionu tekućinu koja bi mogla u sustavu otpustiti vodenu paru koja je sama po sebi stlačiva. Time bi sustav izgubio na nestlačivosti te postao neupotrebljiv. Kočionu tekućinu je preporučljivo mijenjati barem svake dvije godine. Srećom, redovnim tehničkim pregledom se utvrđuje stanje kočione tekućine.

Kočionu hidrauliku uz kočionu tekućinu čine još i kočioni cilindri te korektori sile kočenja. S obzirom da se prilikom procesa kočenja u kočnom sustavu razvijaju visoki tlakovi, svi elementi bi trebali biti u ispravnom stanju kako ne bi došlo do propuštanja.

Elemente kočione hidraulike treba redovno kontrolirati te po potrebi i zamijeniti, s obzirom da su kočioni cilindri podložni koroziji, a gibljiva kočiona crijeva starenju gume.[2] Pri pojavi kočione tekućine u blizini cilindra treba odmah reagirati kako se ne bi izgubila djelotvornost kočnih sustava. Na slici 6. prikazana je shema kočionog sustava.

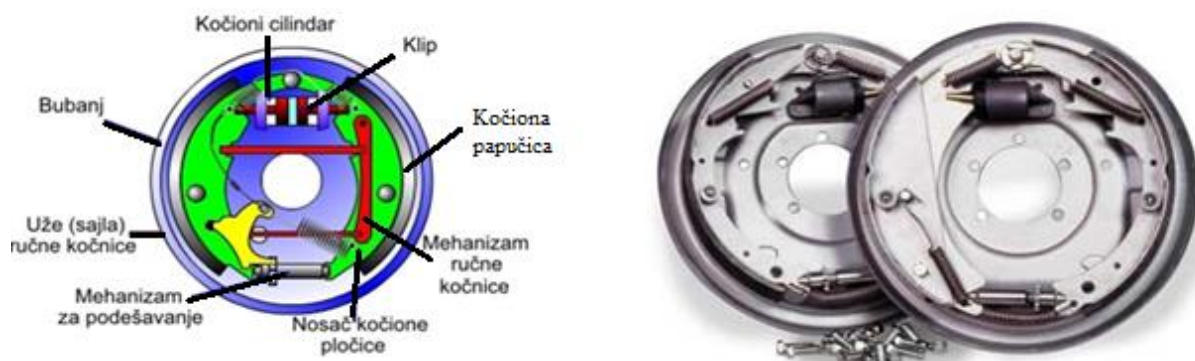


Slika 5. Shema kočionog sustava

Izvor: <http://vnc.thewpp.ca/stuff/bentley/ep0niks.ctech.ca/vw/eva2/SU02/i23997.gif>

srpanj 2015.

4.1. Bubanj kočnice



Slika 6. Prikaz bubnja kočnice

Izvor: http://pajca.hr/wp-content/uploads/2014/01/bubanj_kocnice.jpg

srpanj 2015.

Bubanj kočnice je čvrsto spojen s kotačem i okreće se zajedno s njim. Papučice se nalaze na nosaču koji je nepomično vezan uz vozilo, tj. one ne rotiraju kao što to radi bubanj (slika 7.).

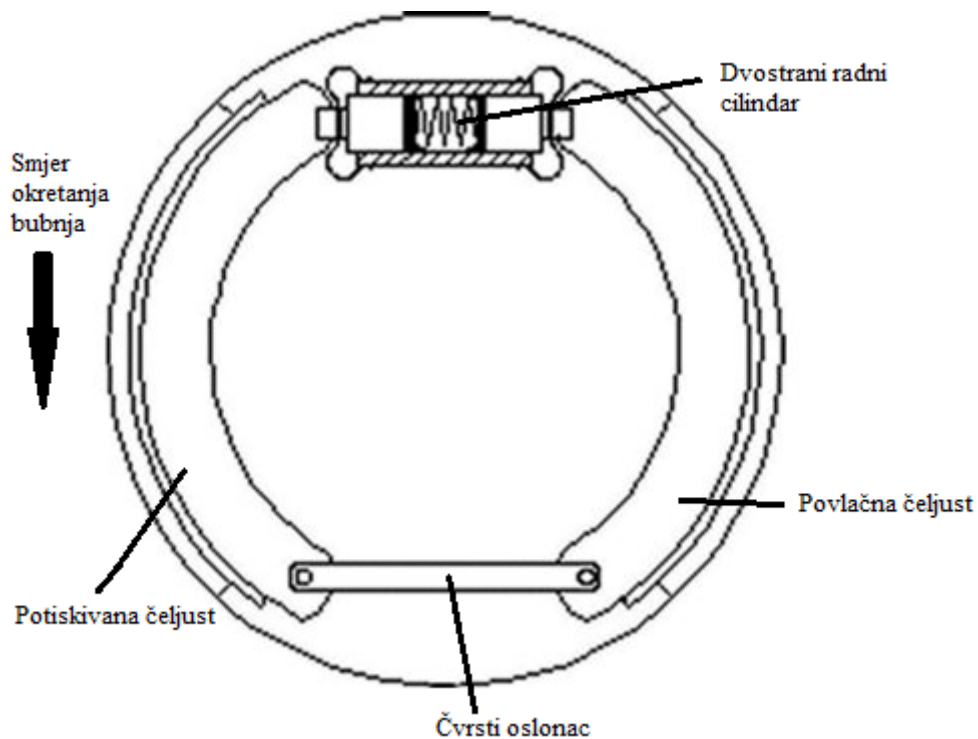
Papučica kočnice djeluje kao vrlo jednostavan element. Naime, potrebno je izabrati optimalne materijale za njihovu izradu. Relativno su velike te su materijali od kojih se izrađuju vrlo skupi, pa se kod serijskih vozila pokušava pronaći što jeftinije rješenje.[1] Postoje izuzetno jeftini materijali koji su vrlo otporni na visoke temperature koje se javljaju pri kočenju, ali su nedovoljno čvrsti. Isto tako postoje i oni koji su vrlo čvrsti, ali nisu otporni na visoke temperature i u nemogućnosti su dobro odvoditi proizvedenu toplinu.

Postoje i problemi pri sastavljanju kočione obloge na tijelo papučice. Nekoć se kočiona obloga pričvršćivala zakovicama pa nakon što se obloga istrošila, zakovice su strugale po bubnju te ga oštećivale. Danas se vrši lijepljenje obloga posebnim ljepilima koja moraju izuzetno čvrsto vezati metalnu podlogu i materijal obloge te moraju biti i otporne na visoke temperature koje se ondje pojavljaju.

4.1.1. Simplex kočnica

Ako obje papučice imaju isto okretište, govori se o simplex kočnici (slika 8.). Izvedena je tako da su obje čeljusti na istom svornjaku i prema tome imaju isto okretište. Kočnica u smjeru vožnje ima po jednu potiskivanu i jednu odvlačenu čeljust.[1]

Parkirna kočnica se uvijek izvodi kao simplex bubanj. Kako bi se ostvarila dovoljno velika sila pritiskanja papučica o bubanj, kočnice koriste jak pojačivač kočione sile. U većini slučajeva se koriste kao kočnice stražnjih kotača osobnih vozila.



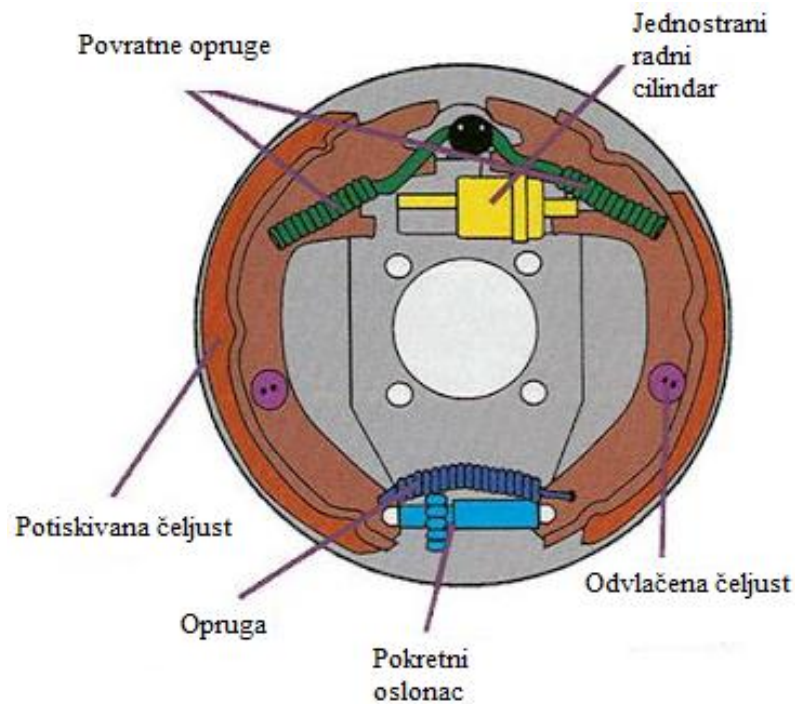
Slika 7. Simplex kočnica

Izvor: <http://www.kfz-tech.de/Bilder/Kfz-Technik/HydraulischeBremse/DuoServo01.jpg>

srpanj 2015.

4.1.2. Duplex kočnica

Duplex kočnica izvedena je tako da svaka čeljust ima svoje okretište (slika 9.). Okretišta su jedno prema drugome tako da su u smjeru vožnje dvije potiskivanje čeljusti, a to povećava silu kočenja.[1] Potiskivanu čeljust naime moment trenja dodatno pritisne uz bubanj i tako pojačava silu kočenja dok odvlačenu čeljust drži daleko od bubnja i smanjuje njenu silu kočenja.



Slika 8. Duplex kočnica

Izvor: http://1.bp.blogspot.com/-QIr_GQMdyFM/UBxwWUEqQWI/AAAAAAAAAhE/Apzdcg5zzRE/s400/Servo.jpg

srpanj 2015.

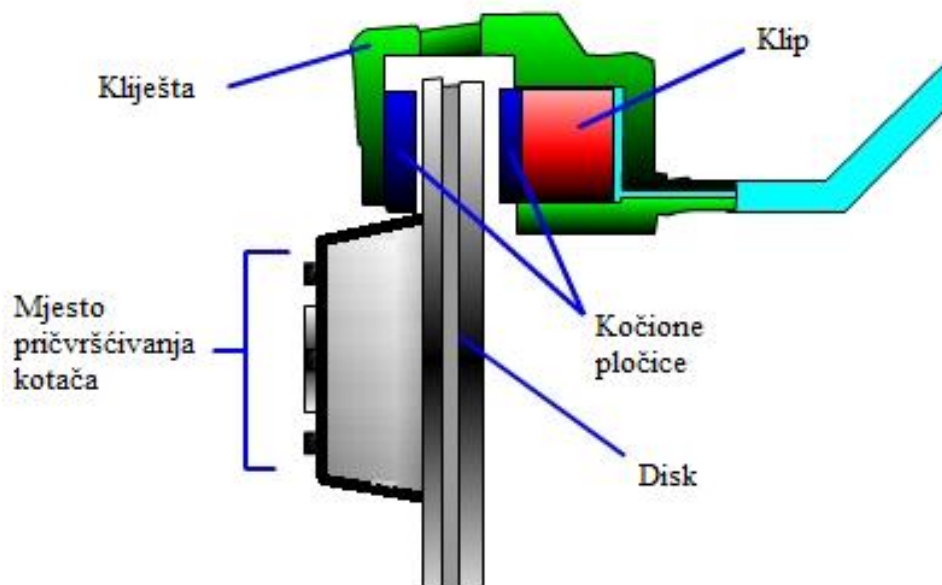
Duplex kočnice imaju vrlo jake pojačivače kočenja. Oni su napravljeni tako da se potiskivana čeljust oslanja na odvlačenu te je onda dodatno pritišće na kočioni bubanj i njemu uzrokuje veću kočionu silu.

4.2. Disk kočnica

Princip funkcioniranja je gotovo identičan kao i kod bubanj kočnica. Jedina je razlika u tome što se kod bubanj kočnice kočiona papučica širi, dok se kod disk kočnica taj kočioni element sužava.

Disk se okreće zajedno s kotačem, a smješten je unutar kočionih kliješta koja su ugrađena u „sedlo“ koje je čvrsto povezano s karoserijom automobila (slika 10.). U „sedlu“ su smješteni kočioni cilindri, koji kada se aktiviraju, svojim klipovima pritisnu kočione pločice s obje strane kočionog diska. Vrlo je bitno da te kočione pločice budu na jednakoj udaljenosti od diska. U suprotnome, najmanji je problem što bi se jedna pločica potrošila brže od druge, osnovni je problem taj što bi to dovelo do izbacivanja kotača iz centra okretanja te bi kasnije moglo uzrokovati velika oštećenja.[2]

Veliki broj novih automobila koristi disk kočnice zbog nekoliko prednosti. Manje su i pridonose manjoj masi vozila te su jednostavnije za održavanje zbog toga što su lako dostupne. Imaju puno bolje hlađenje od bubanj kočnica pa to dovodi do boljeg kočenja.



Slika 9. Disk kočnica

Izvor: <http://www.globalspec.com/ImageRepository/LearnMore/20122/disc-brake38eb690b240064868bf95a79cdd4fad7e.png>

srpanj 2015.

4.2.1. Samoventilirajuće disk kočnice

Iako disk kočnice imaju znatno bolje hlađenje od bubanj kočnice još uvijek postoji problem odvođenja topline. Stoga se umjesto punog diska danas koriste nešto deblji diskovi koji na sebi imaju rupice kojima se povećava kontaktna površina hlađenja (slika 11.).

Često se izvode kao i dva tanja diska koja su međusobno povezana te tako tvore kanale, tj. svojevrsno turbinsko kolo koje povećava strujanje zraka između ploča disk kočnice (slika 12.). Također postoje i verzije kod kojih je disk sastavljen od dvaju tanjih izbušenih diskova koji su međusobno spojeni.



Slika 10. Samoventilirajući disk s rupicama

Izvor: <http://classicjaguar.com/cj/slotrear.jpg>

srpanj 2015.



Slika 11. Samoventilirajući disk

Izvor: http://www.crankshaftcoalition.com/wiki/images/b/bc/Disc_vented.jpg

srpanj 2015.

4.2.2. Keramičke disk kočnice

Za razvoj modernih keramičkih kočnica zaslužni su britanski inženjeri zaposleni u željezničkoj industriji. Njihov cilj bio je smanjiti masu kočnica, broj kočnica po osovini te omogućiti stabilno trenje pri visokim brzinama i pri svim temperaturama. Na kraju su osmislili proces izrade keramičkih kočnica ojačanih karbonskim vlaknima koji se sad koristi u raznim oblicima u automobilskoj, željezničkoj i zrakoplovnoj industriji.

Kako bi se dodatno smanjila masa diskova, ali i kako bi ih se učinilo još otpornijima na visoke temperature, umjesto metalnih diskova koriste se tzv. keramički diskovi (slika 13.). Radi se zapravo o diskovima kojima se prvo napravi kontura uz pomoć grafitnih vlakana te se potom te šupljine ispunjavaju keramikom. Tako se postiže visoka tvrdoća diska, ponajviše zbog korištenja keramike, ali i žilavost zbog grafitnih vlakana koja su korištena. S druge strane, oba materijala su izuzetno otporna na visoke temperature jer dokazano uspješno funkcioniraju i pri temperaturama od 1400°C do 1600°C.



Slika 12. Keramička disk kočnica

Izvor:

<http://www.autonews.com/apps/pbcsi.dll/storyimage/CA/20090615/ANE02/906129996/AR/0/AR-906129996.jpg>

srpanj 2015.

4.3. Parkirna i električna parkirna kočnica

Ručna kočnica za parkiranje po pravilu dolazi u obzir tek onda kad vozač već zaustavi vozilo nožnom kočnicom (slika 14.). Pri vožnji se ručna kočnica upotrebljava tek kao pomoćna, kao izlaz u nuždi ako se nožna pokvari. Kad pokrećete vozilo na strmini, morate polako popuštati ručnu kočnicu i istodobno uključivati spojku i dodavati gas. Ručna kočnica se ne smije zanemariti. Uvijek mora biti pravilno podešena i besprijekorna.[2] Većina automobila ima ručnu kočnicu koja djeluje samo na dva kotača, obično stražnja.

Električna parkirna kočnica, koja zamjenjuje ručnu kočnicu, nudi jednostavno rukovanje preko prekidača u armaturnoj ploči (slika 15.). Aktivira se pritiskom na gumb nakon čega počinje djelovati na stražnje disk kočnice preko dva elektromotora s mjenjačem. Kočnica se prilikom kretanja automatski odvaja i omogućuje kretanje vozila bez trzaja. Električna parkirna kočnica nudi osim toga Auto-Hold funkciju, koja nakon zaustavljanja na semaforu i na uzbrdicama sprječava kotrljanje vozila te na taj način olakšava kretanje na uzbrdici.



Slika 13. Parkirna kočnica

Izvor:<https://tabudic.files.wordpress.com/2009/09/rucna1.jpg>

srpanj 2015.



Slika 14. Električna parkirna kočnica

Izvor:http://www.volkswagen.hr/modeli/golf/istaknuto/66106_elektri_na_parkirna_ko_nica

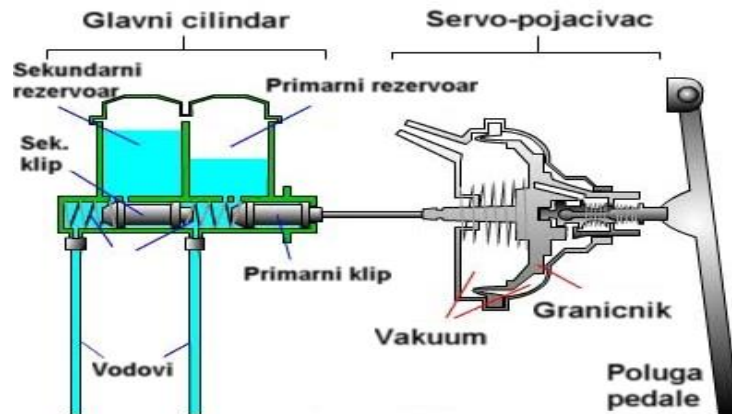
srpanj 2015.

4.4. Pojačivač sile kočenja – servo uređaj

Ovaj uređaj je dograđen na hidraulički sustav kočnice i kompatibilan je sa kočionim sustavom (slika 16.). U slučaju bilo kakvog kvara na servo uređaju, i hidraulički i kočioni sustav u cjelini će i dalje raditi. Kod ovoga se mora dati posebno objašnjenje kako ne bi došlo do zabune ili pogrešnog razumijevanja. Ispadom iz funkcije servo uređaja, kočioni sustav će i dalje raditi samo će efikasnost i komfor prilikom kočenja biti znatno slabiji. Poznata je činjenica da prilikom kočenja koristimo vrlo malu silu kojom djelujemo na pedalu kočnice. To je samo prividno jer se za ostalu razliku u sili kočenja brine servo uređaj. Prestankom rada servo uređaja biti će potrebna puno veća sila kojom treba djelovati na papučicu kočnice da bi se ostvario potreban efekt kočenja.[2] Kočenje bez servo uređaja najbolje je shvatiti i osjetiti kada se u toku vožnje ugasi motor, u ovom momentu biti će potrebna veća sila na pedali kočnice nego kada kočimo uz pomoć servo uređaja.

Princip rada servo uređaja kočnice zasniva se djelovanjem podpritiska na glavnu membranu uređaja. Sustav se aktivira već pri prvom kontaktu s papučicom kočnice. U tom trenutku na servo uređaj djeluju dvije sile u istom pravcu i to sila s kojom vozač djeluje na pedalu kočnice i sila koju stvara uređaj pod djelovanjem podpritiska. Servo uređaj je fleksibilnim cijevnim vodom direktno povezan s usisnim kolektorom koji je pod stalnim pod pritiskom sve dok radi motor. Kvarovi na uređaju su vrlo rijetki, a ako se i pojave onda je problem uglavnom propuštanje na priključcima na samom kućištu uređaja ili na usisnom

kolektoru. Oštećenje glavne membrane uređaja može nastati i prilikom propuštanja kočione tekućine iz glavnog kočionog cilindra, tada ulje za kočnice direktno ulazi u kućište servo uređaja i oštećuje spomenutu membranu.



Slika 15. Pojačivač sile kočenja

Izvor: <http://www.automobilizam.net/wp-content/uploads/2009/01/servo.jpg>

srpanj 2015.

4.5. Kočiona tekućina i kočione obloge

4.5.1. Kočiona tekućina

Od kočione tekućine se traže ova svojstva:

- visoka točka vrelišta do 300°C ,
- niska točka staništa pri -65°C ,
- konstantna viskoznost,
- kemijska neutralnost prema metalu i gumi,
- podmazivanje pokretnih dijelova u kočionom i radnom cilindru,
- mogućnost miješanja s usporednim kočionim tekućinama.

Vrelište koje utvrđuje DOT (Department of Transportation – američko Ministarstvo prometa), dovoljno je visoko da bi se spriječilo stvaranje parnih mjehurića pri zagrijavanju koje nastaje kočenjem. DOT 3 205⁰C, DOT 4 230⁰C, DOT 5 260⁰C.

Kočiona tekućina poliglikolnih spojeva je higroskopna. Što je veći udio vlage to je niže vrelište. Za DOT 3 kočionu tekućinu opasno vlažno vrelište nalazi se na 140⁰C. Najveći dio vode upije se preko savitljivih kočionih cijevi. Kočiona tekućina tijekom dvije godine primi oko 3,5% vode i time postigne opasno vlažno vrelište pa je preporučljivo mijenjati tekućinu svake dvije godine.[2]

Kako bi se osiguralo nesmetano protjecanje tekućine kroz ventile ABS-a i na niskim temperaturama provodi se mjerenje viskoznosti kočione tekućine na -40⁰C.

Kočiona tekućina je otrovna, a na lakove djeluje kao otapalo. Pri rukovanju njome treba biti vrlo oprezan te se pridržavati uputa proizvođača.

4.5.2. Kočione obloge

Materijal kočionih obloga mora stvoriti veliko trenje između sebe i bubnja ili diska. Kod bubanj kočnica one se lijepe ili zakivaju na čeljusti, a kod disk kočnica se lijepe na čelični nosač obloga (slika 17.). Kočione obloge postoje na temperaturi do 800⁰C, a faktor trenja klizanja im je oko 0,4.

Materijal mora imati sljedeća svojstva:

- visoku mehaničku čvrstoću, trajnost i otpornost na visoke temperature,
- konstantan μ pri visokim temperaturama i velikim brzinama vrtnje,
- neosjetljivost na vodu i nečistoće,
- ne smije otvrdnuti pri velikim toplinskim opterećenjima.

Najčešće se koriste obloge koje sadržavaju ove udjele pojedinog elementa:

- metale - čeličnu vunu 20% i bakreni prah 16%,
- punila - željezni oksid 10%, barit 9,5%, tinjac 6,5% i aluminijski oksid 1,2%,
- klizne tvari - koksni prah 16%, antimontrisulfid 6% i grafit 4%,
- organske tvari - smolasti prah 4%, aramidna vlakna 1,4% i vezivo 5,4%.



Slika 16. Potrošena i nova kočiona obloga

Izvor: http://web.vip.hr/stress.vip/picout/brake_pads_exchange/03_stare-nove_disk_plocica.JPG

srpanj 2015.

5. Suvremeni sustavi za poboljšanje efikasnosti kočenja

5.1. Antiblokirajući sustav vozila (ABS)

Uređaj protiv blokiranja kotača, koji je poznat pod skraćenicom ABS (njem.: Antiblockiersystem), ima ulogu sprječavanja blokiranja jednog ili više korača pri naglom i snažnom kočenju u raznim uvjetima vožnje i raznim uvjetima na cesti (slika 18.). Uređaj pravovremeno prepoznaje početak blokiranja i trenutačno zadržava tlak kočne tekućine konstantnim ili ga smanjuje. Blokiranje kotača je nepoželjna pojava zbog toga što dovodi vozilo u nestabilno stanje i produžava zaustavni put.[1]

Značajke koje ABS mora posjedovati:

- sprječavanje blokiranja kotača pri intenzivnom kočenju,
- stabilnost kretanja vozila i lakoća upravljanja se mora zadržati bez obzira na intenzitet kočenja na ravnoj cesti ili u zavoju,
- regulacija se mora osigurati u području svih brzina do ispod brzine kretanja pješaka kada blokiranje kotača više nije kritično,
- na valovitoj cesti mora se osigurati stabilnost i upravljivost uz najjače kočenje,
- uređaj mora prepoznati aquaplaning („plivanje“ kotača na vodom prekrivenoj cesti).

Nadzorna jedinica mora stalno kontrolirati besprijekornu funkciju uređaja. Ako prepozna pogrešku u radu uređaja isključuje ga i obavještava vozača preko odgovarajućeg svjetlosnog signala da je uređaj isključen, odnosno da su mu na raspolaganju samo osnovne kočnice.

Mnogi misle da ABS dodatno koči te na taj način skraćuje zaustavni put, međutim griješe. Zapravo radi se o elektronskom sistemu koji uz pomoć senzora pomno prati što se događa s kontaktom gume i podloge te provjerava dolazi li do blokiranja kočnica, kontrolira i upravlja njihovim radom i ponašanjem.

Vrlo je bitno da ne dolazi do blokade kotača prilikom kočenja, odnosno dok vozilo ima tendenciju nastavljanja kretanja uslijed inercije. Mijenjanje pravca kretanja vozila je moguće samo dok se upravljački kotači okreću. Ako su kotači blokirani, okretanje volana neće polučiti rezultat željenog usmjeravanja vozila već će ono nastaviti kretanje po pravcu.

Cilj ABS sustava je mogućnost upravljanja vozilom tijekom kočenja kako bi se mogla izbjeći prepreka na cesti.

Sustav ABS-a sastoji se od četiri osnovna elementa:

- senzori brzine,
- modulator,
- kontroler,
- ventili.

5.1.1. Senzori brzine

Senzorima brzine potrebna je ulazna informacija za funkcioniranje. U ovom slučaju ulazne informacije za sustav su brzina kretanja vozila i kutne brzine okretanja kotača. Senzori brzine su elementi sustava koji daju informaciju o brzini i prenose je do kontrolera.[2] Ovi senzori su smješteni na svakom kotaču i prate broj okretaja kotača, a mogu biti različite konstrukcije. Ranije su bili mehanički i broj okretaja su davali na osovinu. Brojač je bio pričvršćen za nepokretni dio kotača koji je bio priljubljen uz disk s rupicama na sebi te se okretao kao i kotač. Danas se uglavnom koriste elektronski senzori.

5.1.2. Modulator

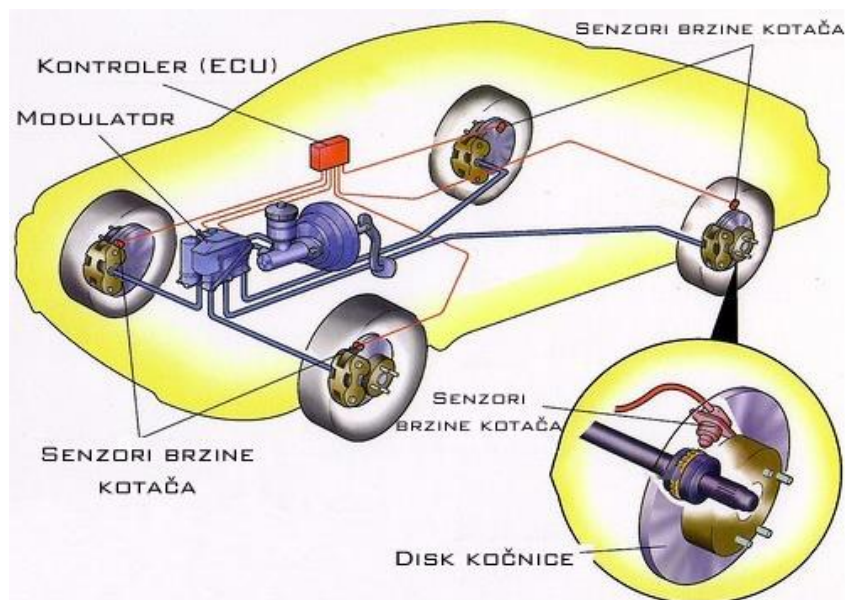
Hidraulički modulator se nalazi pored motora, najčešće naprijed lijevo ili desno. ABS funkcionira tako što senzori na kotačima sve vrijeme prikupljaju informacije o jačini kočenja.[2] Kada je kočenje toliko intenzivno da može doći do blokiranja kotača, procesor u centralnoj elektronskoj jedinici šalje informaciju hidrauličkom sustavu koji otvara elektromagnetske ventile. Otvaranjem ventila pada tlak u hidrauličkom sustavu, koji smanjuje silu na kočionim oblogama. Kada dođe do ponovnogaokretanja kotača, senzor šalje tu informaciju procesoru, koji šalje povratnu informaciju da se zatvore elektromagnetski ventili i time pojačaju silu kočenja, sve dok ne dođe do ponovnog blokiranja kotača.

5.1.3. Kontroler

Kontroler predstavlja "mozak" ovog sustava. To je jedna mikroprocesorska jedinica koja upravlja radom cijelog ABS sustava. Kontroler prima informacije sa senzora i u slučaju smanjenja brzine jednog ili više kotača, on automatski aktivira ventil koji zatvara pritisak na kočnice. Kontroler je dio ovog sustava koji je pretrpio najviše promjena i usavršavanja od prvih uređaja pa do danas, što je i razumljivo imajući u vidu nagli razvoj tehnologije u 20. i 21. st.

5.1.4. Ventili

Na svakom hidrauličnom ili pneumatskom vodu od glavnog cilindra do kotača postoji ventil koji je pod kontrolom ABS uređaja. ABS sustav ventilima na stražnjoj osovini ograničava tlak u cilindrima u ovisnosti o trenutnom opterećenju stražnje osovine. Trenutno opterećenje stražnje osovine određuje se usporedbom relativnog proklizavanja kotača prednje i stražnje osovine.



Slika 17. Pojednostavljena shema ABS-a

Izvor: <http://www.petabrzina.com/wp-content/uploads/2011/12/abs-principijelna-shema.jpg>

srpanj 2015.

5.2. BAS

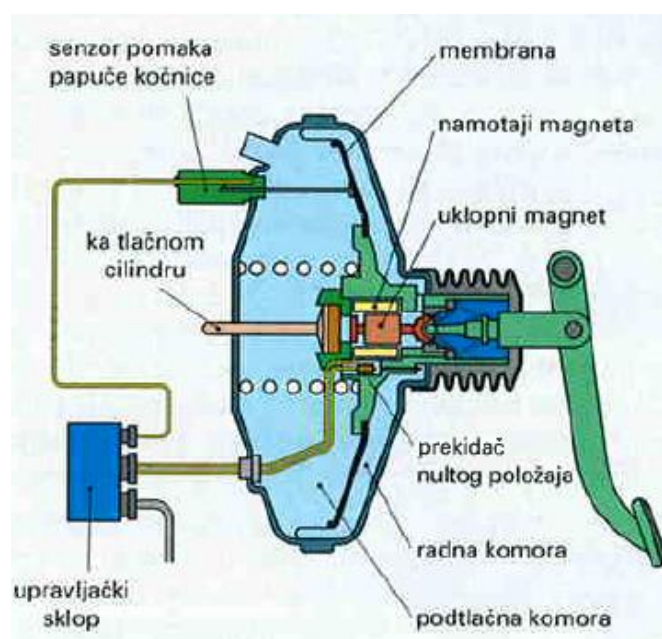
BAS (Brake Assist System) razvijen je na temelju rezultata Mercedesova centra za istraživanje nesreća koji su ukazali na činjenicu da bez obzira na brzinu reagiranja, vozači ne pritisnu papučicu kočnice dovoljno snažno.

Provedeni su i eksperimenti, koji su ukazali da na suhom kolniku većina testiranih vozača treba 73m zaustavnog puta kod kočenja pri brzini od 100km/h dok s BAS sustavom trebaju svega 40m.[2]

BAS u kritičnim situacijama preuzima nadzor nad kočnim sustavom te proizvodi najveću silu kočenja čime u znatnoj mjeri skraćuje put kočenja, a blokiranje kotača spriječeno je djelovanjem ABS sustava.

Sustav BAS-a čine (slika 19.):

- BAS elektronika (nadzorna jedinica),
- uklopni magnet,
- senzor pomaka papučice,
- prekidač nultog položaja.



Slika 18. Shema BAS sustava

Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, POU Zagreb, Zagreb 2006.g. str. 279.

BAS elektronika mora prepoznati kritične slučajeve kočenja. Ugrađeni senzor pomaka papučice kočenja registrira svaki njen pomak i elektronicu prosljeđuje mjernu vrijednost. Na osnovu toga se sustav informira o vozačevu načinu kočenja. Stalnim uspoređivanjem podataka BAS trenutačno prepoznaje kada se papučica koristi većom brzinom od normalne te zaključuje da je posrijedi kritična situacija. Čak i ako se papučica samo djelić sekunde koristi brže od uobičajenih vrijednosti pohranjenih u nadzornoj jedinici, BAS se aktivira kako bi podržao vozačevu namjeru hitnog kočenja.

BAS elektronika aktivira uklopni magnet koji otvara radnu komoru pojačala sile kočenja kojom postiže punu silu kočenja. S druge strane, ABS na sebe preuzima ograničavanje klizanja kotača. Kada vozač pomakne nogu s papučice kočnice, prekidač javlja elektronicu da isključi uklopni magnet i trenutačno prekine automatski učinak kočenja.

5.3. ASR

ASR (njem. Antriebs-Schlupf-Regelung, eng. TCS – Traction-Control-System) se ugrađuje u osobna vozila kako bi ograničio okretni moment motora na vrijednost koju je moguće prenijeti na podlogu bez klizanja kotača. Na taj način sprječava se zanošenje vozila uz optimalnu veličinu vučne sile (slika 20.).

Prednosti ASR sustava:

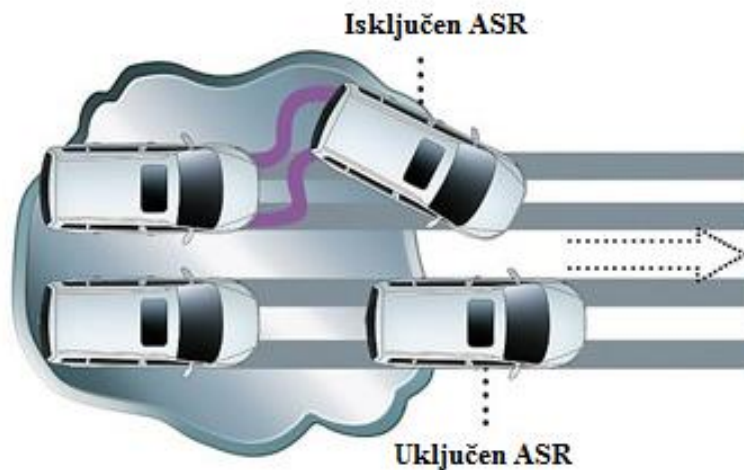
- povećava vučnu silu pri pokretanju i ubrzavanju vozila,
- povećava sigurnost kod velikih vučnih sila,
- automatski prilagođava okretni moment motora stanju podloge i kotača,
- informira vozača o dostizanju granica vozne dinamike.

U vozilima radi pomoću ABS sustava tako što se kod ASR-a koristi senzor brzine vrtnje kotača koji koristi i ABS. Ti senzori mjere razlike u vrtnji pogonskih kotača. Razlika vrtnje pogonskih kotača kod ubrzavanja znači kako jedan od njih ima veću brzinu vrtnje, tj. kako proklizava.[4] U tom trenutku kočni sustav ABS-a automatski primjenjuje kočnu silu na kotač koji proklizava kako bi mu smanjio brzinu, tj. kako bi smanjio proklizavanje. U slučaju proklizavanja kotača, smanjuje se i snaga motora. Kada se to događa, vozač osjeti pulsiranje papučice gasa baš kao i kod naglog kočenja kada proradi ABS te papučica kočnice pulsira.

Najjednostavniji ASR sustav je onaj koji djeluje na motor. Senzori okretaja kotača šalju informacije upravljačkom sklopu. Naginje li koji kotač klizanju, upravljački sklop smanjuje okretni moment, a žaruljica signalizira vozača da je sustav aktiviran.

ASR je sustav za sprječavanje proklizavanja pogonskih kotača, koji ima i funkciju blokade diferencijala. To se postiže parcijalnim aktiviranjem kočnog mehanizma i uređaja za napajanje gorivom. Naime, kad jedan kotač počne proklizavati, na njemu se aktivira kočnica te se na taj način onoliki moment, koliki se ostvaruje kočenjem, u vidu pogona prebacuje na suprotni kotač, koji je u zahvatu s podlogom te automobil dobiva vučnu silu. Kotač koji priklizava gubi vučnu silu te se ona ne može uspostaviti ni na drugom kotaču, a problem se može riješiti i mehaničkom blokadom (zatvaračem) diferencijala. To je mehaničko (zahtjevnije i skuplje), odnosno hardwaresko rješenje problema, za razliku od elektroničkog, softwareskog, putem ASR-a, odnosno TCS-a. Istodobno se smanjuje dovod goriva, odnosno snaga motora, kako bi se smanjilo nekontrolirano proklizavanje kotača. Kod Formule 1 taj se sustav zove 'launch control'.

U zimskim uvjetima i vožnji s lancima, sustav je potrebno isključiti jer je u takvim slučajevima potrebno imati određeno klizanje kotača.



Slika 19. Ponašanje vozila na skliskoj podlozi s uključenim i isključenim ASR-om

Izvor: http://pic.xcarimg.com/img/news_photo/2012/07/20/kDfu4jrkmB4252.jpg

srpanj 2015.

5.4. ESP

ESP sustav je nadopuna ABS-u i on omogućava sigurnost u svim situacijama vožnje jer pomoću individualne regulacije nadzire jedan i više kotača s ciljem održavanja stabilnosti vozila u svim uvjetima, održavanje pravca vožnje i po potrebi mogućnost usporenja ili zaustavljanja vozila (slika 21.). Sustav ESP može putem posebnih funkcija na moment ubrzati i stabilizirati vozilo, a pomoću individualnog regulatora vozilom se može upravljati tako da pojedini kotači usporavaju ili ubrzavaju.[4] Smanjuje opasnost u kritičnim situacijama od klizanja, prevrtanja i skretanja s puta unutar fizičkih granica.

ESP sustav djeluje u ovisnosti o:

- brzini vrtnje kotača,
- sili kočenja,
- zanošenju vozila,
- kutu zakretanja upravljača,
- bočnom ubrzanju,
- pohranjenim karakterističnim poljima zahvata kočenja.

Potrebne podatke upravljački sklop dobiva preko senzora i uspoređuje ih s pohranjenim referentnim vrijednostima. Odstupaju li stvarne vrijednosti od referentnih, sustav počinje djelovati kako bi se održalo vozilo stabilnim. ESP odlučuje o tome koji kotač će i koliko jako biti kočen ili ubrzan te hoće li smanjiti moment motora.



Slika 20. Ponašanje vozila s uključenim i isključenim ESP-om

Izvor: http://www.haval-global.com/statics/haval-en/images/type/h6up_i1_07.jpg

srpanj 2015.

6. Kontrola i održavanje kočionih sustava

6.1. Pregled kočnica na tehničkom pregledu vozila

Osobine sustava za kočenje jasno su propisane zakonom. Prilikom tehničkog pregleda uspoređuju se značajke koje su opisane nacionalnim propisima i izmjerene vrijednosti.

Tijekom godine, prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama, svako vozilo mora prije registracije proći tehnički pregled. Vrste vozila koje moraju i češće pristupiti tehničkom pregledu su definirane u članku 257. Zakona o sigurnosti prometa na cestama, a radi se o preventivnim tehničkim pregledima.[8] Tijekom redovitog tehničkog pregleda, ograničimo li promatranje samo na kočioni sustav, kontrolori u stanici za tehnički pregled obavezno moraju obaviti:

- vizualnu kontrolu dijelova kočionog sustava,
- mjerenje učinka kočionog sustava,
- ispitati točku isparavanja i vlažnost kočione tekućine.

6.1.1. Vizualna kontrola

Tijekom pregleda vizualno se provjerava stanje vidljivih dijelova kočionog sustava kao što su vodovi, diskovi, pločice, bubanj, ventili i sl. Ako postoji neko vidljivo oštećenje, vozilo se proglašava tehnički neispravnim te ga nije moguće registrirati sve dok se kvar tj. oštećenje ne ukloni.

6.1.2. Mjerenje učinka kočionog sustava

Mjerenje efikasnosti kočionog sustava se vrši pomoću uređaja s valjcima, uređajima s naletnim pločama ili pomoću decelometra (samo za vozila koja ne mogu pristupiti u objekt stanice za tehnički pregled).

Prilikom kontrole kočnica ispituje se kočiona sila na prednjoj i stražnjoj osovini kao i sila ručne kočnice. Prema Pravilniku o tehničkim pregledima vozila, ukupni koeficijent sile

kočenja radne kočnice za osobna vozila ne smije biti manji od 50%, a ručne kočnice 20%. Razlika sila kočenja za radnu kočnicu na kotačima iste osovine ne smije biti veća od 25%, a za ručnu kočnicu 30%. Nejednakost sile kočenja na jednom kotaču ne smije biti veća od 20%.

Uređaj s valjcima se sastoji od dva para valjaka pri čemu svaki par valjaka ima svoj pogon i mjerni sustav, a postavljeni su tako da istodobno mjere sile kočenja na jednoj osovini (Slika 22.). Kada vozilo nagazi kotačima na valjke, uključuje se elektromotorkoji stavlja valjke u pokret.

Pri ispitivanju, mjerni instrument prikazuje samo otpor kotrljanja sve dok se ne pritisne papučica kočnice. Kada se papučica kočnice pritisne, na valjke se prenosi kočioni moment koji se opire kretanju valjaka te ih usporava ili zaustavlja. Tada se na uređaju može očitati sila kočenja vozila. Osim mjerenja sile kočenja, uz pomoć valjaka moguće je odrediti i otpor kotrljanja kao i masu vozila.[8]



Slika 21. Ispitivanje kočnica na valjcima

Izvor: <http://static.hak.hr/media/vozila/tehnicki-pregledi/mjerni-uredjaji/valjci.jpg>

srpanj 2015.

6.1.3. Mjerenje točke isparavanja i vlažnosti kočione tekućine

Ispitivanje kvalitete kočione tekućine vrši se pomoću uređaja koji ima sondu koja se uroni u spremnik kočione tekućine, a rezultat se prikaže na ekranu uređaja (Slika 23.). Tekućina koja ima točku isparavanja ispod 155⁰C ili postotak vlage veći od 3% smatra se neispravnom.[8]



Slika 22. Ispitivanje kvalitete kočione tekućine

Izvor: <http://www.njuskalo.hr/image-bigger/ostala-autooprema/tester-kocione-tekucine-uk-ulja-slika-45488746.jpg>

srpanj 2015.

6.2. Održavanje

Redovito i brižljivo održavanje kočionog sustava od životne je važnosti, u pravom smislu te riječi. Besprijeorne kočnice su važne i za sigurnost vlasnika vozila i za sve druge sudionike u prometu. Ako se utvrdi da je uzrok prometnoj nezgodi površno održavani kočioni sustav, kazna je vrlo visoka te postoji velika mogućnost da osiguranje ne želi pokriti nastalu štetu.

Svaka kočnica ima tarnu površinu koja zakoči automobil, a pri tome pritišće stjenku kočnog bubnja ili kočni disk. Te tarne površine se u toku vožnje i kočenja istroše. Zato ih je nakon određenog vremena potrebno zamijeniti novima. Važno je i da razmak između kočnih površina i diska ili bubnja bude u granicama propisanog. Ako je taj razmak prevelik, kočioni učinak je manji ili kočnice ne zahvaćaju jednakomjerno, a ako je premalen, tarne površine se tare uz disk ili kočioni bubanj čak i ako se ne koči. To uzrokuje pregrijavanje i trošenje kočnica.

U današnjim automobilima je kočionisustav bez iznimke hidrauličan. Međutim, svaki automobil ima još i potpuno odvojen mehanički kočioni sustav, tj. ručnu kočnicu koja najčešće koči samo zadnje kotače. Iako je ručna kočnica namijenjena prije svega osiguranju automobila prilikom parkiranja, ona mora biti sposobna i zakočiti automobil ako hidraulične kočnice otkazu.

Dijelovi koji čine kočioni sustav na vozilu se vremenom troše i na kraju moraju biti zamijenjeni. Najuobičajenije i najčešće servisiranje kočnica se sastoji u zamijeni kočionih obloga jer su one komponenta koja se najviše troši prilikom procesa kočenja.[2] Ako se kočione obloge previše potroše, a da se ne zamijene, metalna podloga na ovim oblogama će doći u kontakt sa diskom što može uzrokovati, ne samo sigurnosne probleme, već i situaciju u kojoj se diskovi oštete u tolikoj mjeri da ih je potrebno zamijeniti zajedno sa već istrošenim oblogama.

Znakovi koji pokazuju da je došlo vrijeme za servis na kočionom sustavu:

- upaljena signalna žaruljica kočnica na kontrolnoj ploči automobila,
- ulje kočionog sustava nije na optimalnoj razini,
- kočiono ulje je prljavo ili nije dugo promijenjeno,
- neugodno škripanje kod pritiska papučice kočnice,
- automobil se trese kod kočenja,
- automobil se zanositi u jednu stranu pri kočenju.

Na svakih 60.000 kilometara treba detaljno pregledati sustav za kočenje. Ako se primijete bilo kakvi tragovi masnoće ili curenja ulja za kočnice, treba obvezatno izmijeniti kočione gumice.[8] Na svakom servisu treba detaljno pregledati i po potrebi izmijeniti disk pločice i kočione papuče bubanj-kočnica. Ne smije se zaboraviti ni na podešavanje ručne (parkirne) kočnice, jer je ona također od velike važnosti. Nakon svakog servisa kočnica potrebno je provjeriti funkcioniranje kočnica, probnim kočenjem. Kočnice moraju djelovati ravnomjerno, i automobil se ne smije zanositi.

7. Analiza utjecaja izvedbi kočionih sustava na njihovu trajnost

7.1. Bubanj kočnice

Bubanj kočnice su svoju najveću primjenu doživjele u 20.st. kada su bile korištene na sva četiri kotača vozila. Kod novijih vozila se mogu vidjeti samo kao kočnice izvedene za stražnji kraj automobila, ali sve rjeđe jer ih zamjenjuju disk kočnice.

Svoje ime su dobile po tome što su sve komponente kočnice smještene u njeno kućište koje čini okrugli rotacijski bubanj na koji je pričvršćen kotač vozila. One također koriste kočionu tekućinu za prijenos sile kočenja s papučice koju nogom pritišče vozač na kočione obloge. Kočione obloge stružu po bubnju te tako nastoje usporiti ili zaustaviti vozilo koje se kreće.

Jednostavan dizajn bubanj kočnice pokazao se kao vrlo dobar u različitim uvjetima, ali ima jednu veliku manu. Kod uvjeta gdje je potrebno vrlo intenzivno i često kočiti, kao što je vožnja nizbrdo s velikim opterećenjem vozila i velikom brzinom, bubanj kočnice su znale otkazati. Bubanj kočnice su otkazivale u najvećoj mjeri zbog generirane vrlo visoke temperature te su gubile svoje svojstvo kočenja tj. sigurnog zaustavljanja ili usporavanja vozila. Princip bubanj kočnice uključuje pretvaranje kinetičke energije (okretanje kotača) u toplinsku energiju. Zbog tog razloga, bubanj kočnice mogu izvršavati svoju funkciju samo dok mogu apsorbirati generiranu toplinu od usporavanja kotača, što govori da bubanj kočnice imaju vrlo loše izvedeno hlađenje.

Na vozilima se bubanj kočnice nalaze najčešće samo na stražnjim kotačima gdje su manja opterećenja. Imajući na umu da se pri kočenju automobila najveća sila pojavljuje u području prednjih kotača, bubanj kočnice koje se nalaze na stražnjim kotačima imaju vrlo dug vijek trajanja. U prosjeku kočione papučice dobivene s novim automobilom izdrže do oko 60000km dok one zamjenske izdrže do oko 45000km. Sam bubanj i nije toliko oštećen te bi uspio izdržati i preko 130000km, ali preventivno se mijenja najčešće na oko 110000km (Tablica 1.).

Tablica 1. Učestalost promjene elemenata bubanj kočnica

Vozila	Servis kočionih papučica / km		Servis kočionog bubnja / km
	1. Servis	2. Servis	
Suzuki SX4	62 600	112 800	112 800
Suzuki SX4	58 000	98 350	98 350
VW Polo	65 200	108 400	108 400

Izvor: [9] Podaci o servisu vozila, Autoškola Prigorje-SM, Zaprešić (2014.g. - 2015.g.)

7.2. Disk kočnice

Iako se disk kočnica oslanja na isti princip kao i bubanj kočnica, a to je zaustavljanje vozila tako što proizvodi trenje i toplinu, njezin dizajn je puno bolji od bubanj kočnice iz razloga što kod disk kočnice svi elementi nisu smješteni u jedno kućište. Disk kočnice koriste tanak disk s malenim kliještima kako bi zaustavile okretanje kotača. Unutar kliješta su dvije kočione obloge, svaka s jedne strane diska. Kod pritiska noge na papučicu opet se pomoću kočione tekućine sila s papučice kočnice prenosi na kočione obloge koje se ovdje ne šire već se kreću prema disku kako bi zaustavile ili usporile kotač.

Za razliku od bubanj kočnica kod kojih se bubanj jako zagrijava kod intenzivnog kočenja, disk koji se koristi kod disk kočnica je cijelo vrijeme izložen zraku. Ta izloženost zraku doprinosi hlađenju diska te reducira tendenciju diska da se pregrije ili da otkáže.

Prednost diska nad bubanj kočnicama se pokazala kod automobilskih utrka. Vozači koji su imali vozila opremljena disk kočnicama mogli su ulaziti u zavoje s većom brzinom te početi kasnije kočiti većom silom bez da pregriju komponente.

Pošto se tehnologija pokazala dobrom, koriste je ljudi u osobnim automobilima na kojima nije čudno vidjeti sve kočnice na automobilu izvedene kao disk kočnice.

Disk kočnice se na današnjim automobilima nalaze najčešće kao prednje kočnice gdje su najveća opterećenja pri zaustavljanju automobila. Disk kočnice moraju biti vrlo kvalitetne i pouzdane jer moraju omogućiti veliku silu kočenja.

Budući da tehnologija svakoga dana sve više napreduje, možemo vidjeti da se kočione obloge troše jednako kao i kod bubanj kočnica tj. tvorničke izdrže do oko 60000km dok

zamjenske izdrže do oko 45000km, ali sam disk može izdržati i više od 180000km iako se preventivno mijenja kod treće izmjene kočionih obloga na oko 150000km (Tablica 2.).

Tablica 2. Učestalost promjene elemenata disk kočnica

Vozilo	Servis kočionih obloga / km			Servis diska / km
	1. Servis	2. Servis	3. Servis	
Suzuki SX4	62 600	112 800	160 500	160 500
Suzuki SX4	58 000	98 350	144 800	144 800
VW Polo	65 200	108 400	165 600	165 600
VW Golf 6	54 600	98 200	146 000	146 000
VW Golf 7	53 500	98 500	144 700	144 700
VW Golf 7	54 900	101 400	149 800	149 800

Izvor: [9] Podaci o servisu vozila, Autoškola Prigorje-SM, Zaprešić (2014.g. - 2015.g.)

7.3. Keramičke kočnice

U profesionalnom automobilističkom sportu danas se uglavnom koriste karbon-keramičke kočnice čime se u odnosu na kočnice od lijevanog željeza smanjuje masa vozila, dobivaju bolje frikcijske performanse i unapređuju strukturalna svojstva pri visokim temperaturama.

Ekstremne temperature koje nastaju u tim sustavima najbolje su vidljive u noćnim utrkama pogotovo na kraćim stazama. Nije neuobičajeno da tijekom utrke kočioni diskovi postanu naglo crveni tijekom kočenja.

Karbon keramičke kočnice teže manje od čeličnih i imaju značajno duži vijek trajanja pa bi se mogli zapitati zašto uopće itko više sumnja da je ovakav tip kočnica najbolji izbor za visoko-performansne, ali i gradske sportske automobile. Dva su razloga, cijena i upotreba.

Kod testiranja i usporedbe klasičnih čeličnih i modernih keramičkih kočnica na dva identična sportska automobila dobiveni su rezultati da su nakon 8000km agresivne vožnje keramičke kočnice bile istrošene do pola dok su se klasične čelične istrošile već kod prijeđenih 5000km.[10]

7.4. Usporedba cijene disk i bubanj kočnica

Tablica 3. Prikaz cijena bubanj i disk kočnica za vozila

Vozilo	Cijena u HRK za komplet (oba kotača)						
	Kočione papučice		Bubanj	Kočione pločice		Disk	
	Stražnje		Stražnji	Prednje	Stražnje	Prednji	Stražnji
Suzuki SX4	346		800	345	X	550	X
Suzuki SX4	346		800	345	X	550	X
VW Polo	360		544	283	X	482	X
VW Golf VI	X		X	300	150	540	415
VW Golf VII	X		X	470	300	660	530
VW Golf VII	X		X	470	300	660	530
Legenda: - X - označava da se na vozilu ne nalazi navedena komponenta							

Izvor: [11] Silux auto dijelovi

Analizom cijena (tablica 3.) i dobivenih rezultata o učestalosti servisa kočionog sustava (tablica 1. i tablica 2.), dolazi se do zaključka da razlika između najjeftinijeg i najskupljeg servisiranog vozila iznosi 1085HRK. Rezultat je dobiven na temelju prijedehnih 150000km pojedinog vozila i njegovih potreba za promjenom određenih komponenti.

Za vozila Suzuki SX4, cijena zamjene kočionog sustava, tj. zamjena kočionih papučica, bubnja, kočionih pločica i diska na 150000km iznosi 3423HRK po vozilu. Kod VW Pola će zamjena istih elemenata na 150000km iznositi 2955HRK.

Vozilo s najjeftinijim servisom kočionog sustava VW Golf VI sa diskovima na prednjem i na stražnjem kraju. Zamjena kočionih pločica i diskova na 150000km iznosi 2535HRK.

Najskuplje kočione pločice i diskovi su za najnovija vozila te njihova zamjena na vozilu VW Golf VII kod prijedehnih 150000km iznosi 3620HRK.

8. Zaključak

Jedan od važnijih sustava na motornim vozilima je svakako kočioni sustav motornog vozila koji ostvaruje kočioni moment za smanjenje brzine kretanja ili za potpuno zaustavljanje vozila. Kočioni sustav vozila u svom tehničko-tehnološkom značenju mora osigurati potrebnu snagu za brzo i efikasno usporenje ili zaustavljanje vozila. Teorija kočenja analizira promjenu dinamičkih i energetske stanja vozila. Energetski pristup proizlazi od energetske bilance i od oslobođene količine topline razvijene tijekom kočenja vozila.

Postoji više načina ostvarenja kočionog momenta, i to: mehaničkim trenjem, unutrašnjim trenjem kod tekućina, elektrodinamičkom indukcijom i stvaranjem otpora zraka. Kod motornih vozila se najčešće kočioni moment ostvaruje mehaničkim trenjem. Na teškim teretnim vozilima i autobusima primjenu nalaze, tzv. motorne kočnice koje pri aktiviranju zatvaraju ispušnu cijev, istovremeno oduzimaju gorivo te kočnice koje rade na principu elektrodinamičke indukcije.

Osobine sustava za kočenje jasno su propisane zakonom. Prilikom tehničkog pregleda uspoređuju se značajke koje su opisane nacionalnim propisima i izmjerene vrijednosti. Tijekom godine, prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama, svako vozilo mora prije registracije proći tehnički pregled. Vrste vozila koje moraju i češće pristupiti tehničkom pregledu su definirane u članku 257. Zakona o sigurnosti prometa na cestama, a radi se o preventivnim tehničkim pregledima.

Iz tablica o trajnosti kočnica s obzirom na njihovu izvedbu može se zaključiti da iako je opterećenje na disk kočnici veće, potrošnja kočionih obloga je jednaka. Može se zamijetiti da je disk kvalitetnije izveden od bubanj kočnice iz razloga što može izdržati u prosjeku 50000km više.

Usporedbom cijena servisa za navedena vozila, vidljivo je da bubanj košta više od diska za otprilike 150HRK. Navedene cijene pokazuju da je najisplativije servisirati kočioni sustav na vozilu VW Golf VI tj. automobilu njemačke proizvodnje i novijeg datuma. Starija vozila i ona najnovija drže, u usporedbi s njime, poprilično visoku cijenu kod zamjene kočionog sustava.

Besprijekorne kočnice su važne i za sigurnost vlasnika vozila i za sve druge sudionike u prometu.

Popis literature

- [1] prof.dr.sc Josip Zavada, Prijevozna sredstva, FPZ, Zagreb 2000.g.
- [2]Grupa autora: Tehnika motornih vozila, POU Zagreb, Zagreb 2006.g.
- [3]dr. Lazar Rusov, Mehanika dinamika, Naučna knjiga, Beograd 1988.g.
- [4]dr. Dušan Simić, Motorna vozila, Naučna knjiga, Beograd 1988.g.
- [5] Fakultet elektrotehnike i računarstva, diplomski rad Dinko Vranješ br. 1346, Zagreb 2003.
- [6]prof. dr. sc. Vesna Cerovac, Tehnika i sigurnost prometa, FPZ, Zagreb 2001.g.
- [7] Prometna zona, [Internet] kolovoz 2015.g., <http://www.prometna-zona.com/kocnice/>
- [8] Centar za vozila hrvatske, [Internet] kolovoz 2015.g., <http://www.cvh.hr/propisi-i-upute/zakoni/>
- [9] Podaci o servisu vozila, Autoškola Prigorje-SM, Zaprešić (2014.g. - 2015.g.)
- [10]Jesu li karbon-keramičke kočnice doista isplative? [Internet] 2013.g., kolovoz 2015.g.
<http://dnevnik.hr/vijesti/automotiv/jesu-li-karbon-keramicke-kocnice-doista-isplative---294106.html>
- [11] Silux auto dijelovi, [Internet] kolovoz, 2015.g., <http://www.silux.hr/>
- [12] Vlastite bilješke s nastave Fakulteta prometnih znanosti u Zagrebu

Popis slika

Slika 1. Kočeni kotač	6
Slika 2. Faktor trenja klizanja i proklizavanje pri kočenju	7
Slika 3. Trenje	13
Slika 4. Glavni kočioni cilindar.....	14
Slika 5. Prikaz (A) linearne i (B) izomljene značajke.....	16
Slika 6. Shema kočionog sustava	18
Slika 7. Prikaz bubnja kočnice	19
Slika 8. Simplex kočnica.....	20
Slika 9. Duplex kočnica	21
Slika 10. Disk kočnica.....	22
Slika 11. Samoventilirajući disk s rupicama	23
Slika 12. Samoventilirajući disk.....	23
Slika 13. Keramička disk kočnica	24
Slika 14. Parkirna kočnica.....	25
Slika 15. Električna parkirna kočnica	26
Slika 16. Pojačivač sile kočenja	27
Slika 17. Potrošena i nova kočiona obloga	29
Slika 18. Pojednostavljena shema ABS-a	32
Slika 19. Shema BAS sustava	33
Slika 20. Ponašanje vozila na skliskoj podlozi s uključenim i isključenim ASR-om.....	35
Slika 21. Ponašanje vozila s uključenim i isključenim ESP-om.....	36
Slika 22. Ispitivanje kočnica na valjcima.....	38
Slika 23. Ispitivanje kvalitete kočione tekućine.....	39

Popis tablica

Tablica 1. Učestalost promjene elemenata bubanj kočnica.....	42
Tablica 2. Učestalost promjene elemenata disk kočnica.....	43
Tablica 3. Prikaz cijena bubanj i disk kočnica vozila	44

Popis grafikona

Grafikon 1. Usporenje kod slobodnog kočenja	9
---	---

METAPODACI

Naslov rada: Utjecaj izvedbi kočionih sustava osobnih vozila na njihovu trajnost

Autor: Matija Kresnik

Mentor: mr.sc. Branko Maković

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Influence of Braking Systems Performances in Passenger Cars on their Durability

Povjerenstvo za obranu:

- prof. dr. Sc. Goran Zovak _____ predsjednik
- mr. sc. Branko Maković _____ mentor
- mr. sc. Ivo Jurić _____ član
- prof. dr. sc. Dubravka Hozjan _____ zamjena

Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj:

Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: sveučilišni

Naziv studijskog programa: Promet

Stupanj: Preddiplomski

Akademski naziv: univ. bacc. ing. traff.

Datum obrane završnog rada: 15.09.2015.

Izjava o akademskoj čestitosti i suglasnosti

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je Završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi. Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Utjecaj izvedbi kočionih sustava osobnih vozila na njihovu trajnost, na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student: Matija Kresnik

U Zagrebu, 28.08.2015.

