

Pneumatski sustav kočenja

Pavešić, Danijel

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:904389>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





Sveučilište Sjever

Završni rad br. 391/PS/2022

Pneumatski kočioni sustav

Danijel Pavešić, 4187/336

Varaždin, rujan 2022. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za strojarstvo

Završni rad br. 391/PS/2022

Pneumatski kočioni sustav

Student

Danijel Pavešić, 4187/336

Mentor

Zoran Busija, dipl. ing. stroj.

Varaždin, rujan 2022. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo

PRISTUPNIK Danijel Pavešić

JMBAG 0336037309

DATUM 31.08.2022.

KOLEGIJ Pneumatika i hidraulika

NASLOV RADA Pneumatski sustav kočnja

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Pneumatic Brake System

MENTOR Zoran Busija, dipl. ing. stroj.

ZVANJE predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. Marko Horvat, dipl.ing.stroj., viši predavač - predsjednik povjerenstva
2. Zoran Busija, dipl.ing.stroj., predavač
3. doc.dr.sc. Zlatko Botak, dipl.ing.stroj.
4. Siniša Švogor, dipl.ing.stroj, predavač - rezervni član
- 5.

VŽKC

MIMI

Zadatak završnog rada

BROJ 391/PS/2022

OPIS

U završnom radu potrebno je:

Opisati vrste kočnica i kočionih sustava motornih vozila.

Objasniti rad sustava za generiranje stlačenog zraka kod motornih vozila te opisati njegove komponente.

Prikazati rad kočionog sustava s jednim i s dva pneumatska kruga te opisati komponente tih sustava.

Dati smjernice za podešavanje i održavanje pneumatskih sustava kočnja.

ZADATAK URUČEN

31.08.2022.



Busija Horvat

Predgovor

Prije svega želio bih se zahvatiti mentoru Zoranu Busiji, dipl. ing. stroj. na trudu, vremenu i volji koje je uložio za pomoć pri izradi završnog rada. Također bih se želio zahvaliti svim profesorima, asistentima, predavačima i kolegama na svojoj pomoći te znanju koje sam stekao tokom studija.

Na kraju bih se zahvalio svojim roditeljima koji su mi omogućili studij te prijateljima koji su me uz roditelje podupirali, pomagali i motivirali tokom studija.

Sažetak

U završnom radu objašnjeni su osnovni principi rada raznih kočionih sustava. Od svih kočionih sustava najviše će biti opisan pneumatski kočioni sustav. U radu će biti opisan princip rada nekoliko vrsta pneumatskih kočnica te pojedine komponente u sustavu. Opisani su načini pregleda i podešavanja kočnica. Na kraju rada objašnjeni su neki elektronski sustavi kojima je zadatak kočenjem štititi vozilo, vozača te putnike.

Cilj završnog rada je upoznavanje sa principom rada komponenti pneumatskog kočionog sustava, a samim time i cijelog sustava.

Podaci koje sam koristio u završnom radu su prikupljeni iz knjiga, sa internetskih stranica te završnih ili diplomskih radova koji su navedeni u literaturi.

Ključne riječi: kočioni sustavi, pneumatski kočioni sustav, podešavanje, provjera

Abstract

In the final paper, the basic principles of operation of various braking systems are explained. Of all brake systems, the pneumatic brake system will be described the most. The paper will describe the working principle of several types of pneumatic brakes and individual components in the system. The paper also mentions ways of inspecting and adjusting the brakes. At the end of the paper, some electronic systems whose task is to protect the vehicle, driver and passengers by braking are explained.

The goal of the final paper is to familiarize with the principle of operation of the components of the pneumatic brake system, and thus the entire system.

The data I used in the final paper were collected from books, from websites and final or graduate theses listed in the literature.

Key words: brake systems, pneumatic brake system, adjustment, check

Popis korištenih kratica

ABS	eng. Anti-lock brake system hrv. Sustav protiv blokiranja kočnica
ECU	eng. Electronic control unit hrv. Elektronička upravljačka jedinica
TCS	eng. Traction control system hrv. Elektronska kontrola proklizavanja

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Vrste kočnica i kočionih sustava motornih vozila	4
2.1.	Kočioni sustav motornih vozila.....	4
2.2.	Bubanj - kočnice.....	6
2.2.1.	<i>Simplex</i>	6
2.2.2.	<i>Duplex</i>	7
2.2.3.	<i>Duo-servo</i>	8
2.3.	Disk - kočnice.....	8
2.4.	Mehanički prijenosni mehanizam	10
2.5.	Hidraulički prijenosni mehanizam	10
2.6.	Kombinirani prijenosni mehanizam	11
2.7.	Pneumatski prijenosni mehanizam	11
3.	Pneumatski sustav kočenja	12
3.1.	Energetski dio pneumatskog sustava.....	12
3.1.1.	<i>Kompresor i regulator</i>	12
3.1.2.	<i>Spremnik</i>	15
3.1.3.	<i>Sigurnosni ventil</i>	16
3.1.4.	<i>Sušilo zraka</i>	16
3.2.	Rad osnovnog sustava (samo s jednim krugom)	17
3.2.1.	<i>Nožni ventil</i>	17
3.2.2.	<i>Kočiona komora i poluga kočnice</i>	18
3.2.3.	<i>Pneumatska disk kočnica</i>	22
3.2.4.	<i>Pneumatska bubanj kočnica</i>	22
3.2.5.	<i>Jednosmjerni nepovratni ventil</i>	24
3.2.6.	<i>Uređaj za upozorenje na niski tlak</i>	24
3.2.7.	<i>Mjerač tlaka zraka</i>	25
3.3.	Rad sustava s dva kočiona kruga.....	26
3.4.	Dodatni pneumatski sustavi	28
3.4.1.	<i>Brzoispusni ventil</i>	29
3.4.2.	<i>Relejni ventil</i>	29
3.4.3.	<i>Ventil za prilagodbu</i>	29
3.4.4.	<i>Tristop kočni cilindar</i>	30
3.4.5.	<i>Mjerač primjene kočnica</i>	34
3.4.6.	<i>Prekidač stop svjetla</i>	35
3.4.7.	<i>Sustav protiv blokiranja kočnica (ABS eng. Anti-lock brake system)</i>	35
3.4.8.	<i>Elektronska kontrola proklizavanja (TCS eng. Traction control system)</i>	35
3.5.	Sustav na prikolicama	35
3.5.1.	<i>Spojne glave</i>	36
3.5.2.	<i>Ručni ventil</i>	37
3.5.3.	<i>Dvosmjerni nepovratni ventil</i>	38
3.5.4.	<i>Zaštitni ventil</i>	39

4.	Podešavanje kočnica i provjera tijekom rada.....	41
4.1.	Podešavanje kočnica	41
4.1.1.	<i>Podešavanje bubanj kočnice s ručnom polugom kočnice.....</i>	43
4.1.2.	<i>Bubanj kočnica sa automatskom polugom kočnica.....</i>	45
4.1.3.	<i>Podešavanje disk kočnica.....</i>	45
4.1.4.	<i>Postupci poslije podešavanja kočnica.....</i>	45
4.2.	Provjere tijekom rada	46
4.3.	Održavanje i servisiranje zračnog kočnog sustava.....	47
5.	Pregled zračnih kočnica prije putovanja	48
5.1.	Samostalna jedinica (koja nema hidraulički sustav)	48
5.2.	Kombinirane jedinice	49
6.	Zaključak.....	51
7.	Literatura.....	52

1. Uvod

Kako bih se vozilo kretalo cestom, ono koristi motor sa unutarnjim izgaranjem koji pretvara toplinsku energiju u mehaničku energiju. Ta mehanička energija se od motora preko mjenjača i prijenosnog mehanizma, prenosi do pogonskih kotača. Zadnji faktor koji pokreće vozilo je rezultat prijanjanja kotača uz površinu ceste.

Trenje je sila koja se suprotstavlja kretanju između dviju površina koje su u međusobnom dodiru. Kočiona obloga je pritisnuta uz obrađene površine bubnjeva kočnica, kako bi se zaustavilo vozilo uz pomoć sile trenja. Pojavom trenja koje zaustavlja vozilo stvara se toplina.

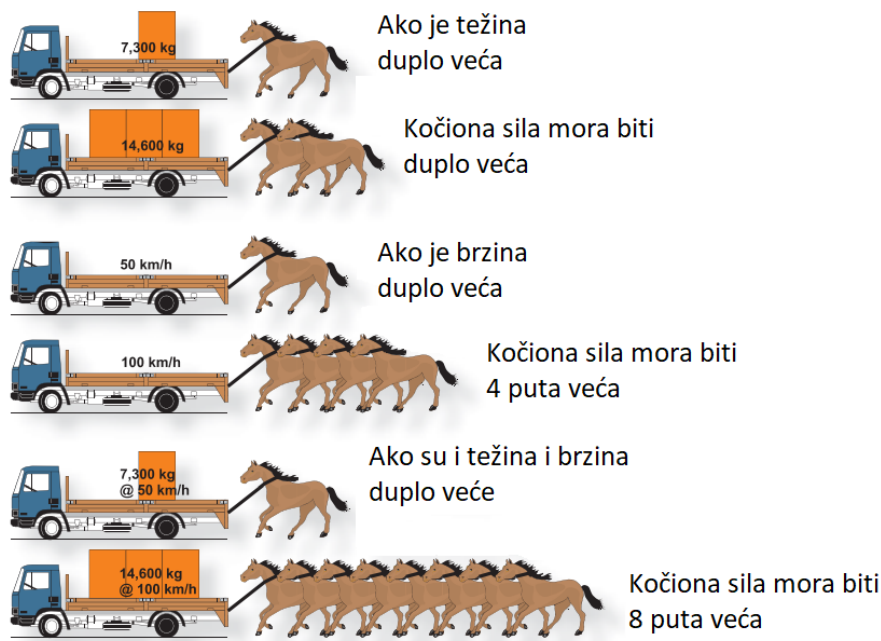
Motor pretvara toplinsku energiju u mehaničku, dok kočnice pretvaraju mehaničku energiju u toplinsku. Proizvedenu toplinu apsorbiraju metalni kočioni bubnjevi, koji tu toplinu odvedu u atmosferu. Maksimalna toplina koju bubnjevi mogu apsorbirati ovisi o debljini samog materijala. Kada je dovoljno trenja izazvano između kočione obloge i bubnjeva, kotači prestaju rotirati. Zadnji faktor koji zaustavlja vozilo je prijanjanje kotača uz površinu ceste.

Možete samo zamisliti kolika je potrebna snaga kočenja, ako motor sa 200 KS (150kW) vozilo ubrza do 100 km/h u minuti. Dakako jako nam je bitno da se u slučaju nužde vozilo mora zaustaviti nakon šest sekundi, što je deset puta manje od vremena ubrzanja. Ako želimo zaustaviti vozilo za šest sekundi, znači da nam je potrebna deset puta veća sila. Ta sila se dijeli na 6 dijelova, ako imamo vozilo sa šest kotača.

Do problema dolazi kada jedan od kotača ne koči ispravno, pa ostali kotači moraju preuzimati silu kočenja tog kotača. Prekomjerna uporaba kočnica bi tada rezultiralo nakupljanjem topline koju kočioni bubnjevi ne bih mogli apsorbirati. Kočioni bubnjevi izrađeni su od metala i šire se tijekom zagrijavanja više od kočionih obloga. Pregrijavanje kočnica može učiniti kočnice istrošenima, oštećenima ili u potpunosti nemogućima za korištenje. Toplina koja se oslobađa prilikom pregrijavanja može dovesti do zapaljenja kočionih elemenata ili kotača.



Slika 1. Izgled kočionih bubnjeva kod zagrijavanja [1]



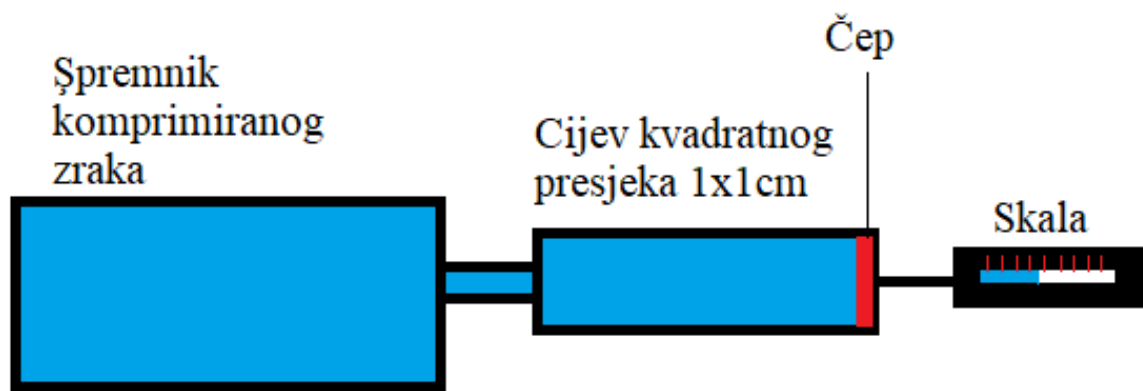
Slika 2. Promjena sile s obzirom na brzinu i težinu [1]

Udaljenost potrebna za zaustavljanje vozila ovisi nam o njegovoj brzini, težini, energiji, trenju te toplini koju sustav može trpjeti. Na slici 2. možemo vidjeti promjenu koćione sile s obzirom na promjenu težine i brzine. Na primjer, vozilo koje nosi teret 7300kg pri 50km/h se zaustavlja za 150 metara sa normalnom primjenom koćnica. Ako bi to isto vozilo nosilo teret od 14600kg pri brzini od 100km/h, zahtijevale bi se sile koćenja 8 puta veće kako bi se vozilo zaustavilo na istoj udaljenosti. To bi bila prevelika sila koju koćnice ne mogu pružiti. Nijedno vozilo nema dovoljno veliku silu koćenja kada prijeđe svoja ograničenja.

Korištenje komprimiranog zraka

Sila se može uvećati korištenjem zraka za dobivanje mehaničkog učinka. Zrak se može stlačiti, a samim time što ga više tlaćimo povećavamo njegovu silu. Ta sila stvara pritisak, koji se koristi za stjecanje mehaničkog učinka.

Ako imamo konstantan dovod komprimiranog zraka kroz cijev kao na slici 3. od jednog centimetra kvadratnog te ako se postavi čep od jednog centimetra kvadratnog u cijevi, zrak bi radio pritisak na taj čep. Postavljanjem skale možemo očitati pritisak zraka na postavljenu čep. Ako na skali očitamo tlak od 10 N/cm^2 onda možemo reći da zrak radi pritisak od 10 N po površini od 1 cm^2 . Čim je zrak bolje stlaćen sila na čep je veća.



Slika 3. Pritisak komprimiranog zraka na čep

2. Vrste kočnica i kočionih sustava motornih vozila

Kočioni sustav jedan je od najvažnijih sigurnosnih sustava na motornim vozilima, a služi nam za smanjenje brzine kretanja ili za potpuno zaustavljanje vozila.

2.1. Kočioni sustav motornih vozila

Kako bi vozilo moglo usporiti ili se u potpunosti zaustaviti potreban mu je kočioni sustav. Zadatak samog kočionog sustava je omogućiti kočenje odnosno zaustavljanje brzim i sigurnim bez obzira na uvijete vožnje ili ceste.

Kočioni sustav se sastoji od:

- jedinice za opskrbu energijom,
- aktuatora i prijenosnog sklopa,
- dodatnog sklopa za priključna vozila,
- parkirne kočnice,
- radne kočnice,
- sustava za regulaciju kočione sile.

Sam princip rada kočionog sustava je vrlo jednostavan za korisnike vozila. Za vozača je to samo pritiskanje pedale kočnice koje aktivira kočenje. Zapravo je cijela radnja mnogo kompliciranija i biti će opisana kasnije u radu. Elemente kočionog sustava moramo redovito kontrolirati zbog njihovog trošenja, ali i mogućnosti korozije. Ukoliko kočioni sustav zbog nekog razloga ne radi pravilno potrebno ga je zamijeniti.

Kočnice na motornim vozilima možemo podijeliti na:

- Radnu kočnicu – omogućuje vozaču usporavanje i zaustavljanje vozila. Radna kočnica aktivira se pomoću pedale kočnice. Na vozilima koja su namijenjena osobama s poteškoćama izvedena je tako da je vozač sa svojeg sjedala može aktivirati pomoću ruke.
- Pomoćna kočnica – omogućuje vozaču usporavanje i zaustavljanje vozila u slučaju da radna kočnica otkáže. Pomoćna kočnica aktivira se rukom.
- Parkirna kočnica – služi za osiguranje vozila u zakočenom stanju za vrijeme stajanja pri punom opterećenju i na određenom nagibu. Parkirna kočnica se može koristiti kod nagiba manjih od 16% za pojedinačna vozila, a manjih od 8% za spojena vozila.
- Trajna kočnica – ugrađuje se na težim teretnim vozilima i autobusima jer radna i pomoćna kočnica nisu konstruirane za velika dugotrajna opterećenja. Radne kočnice se

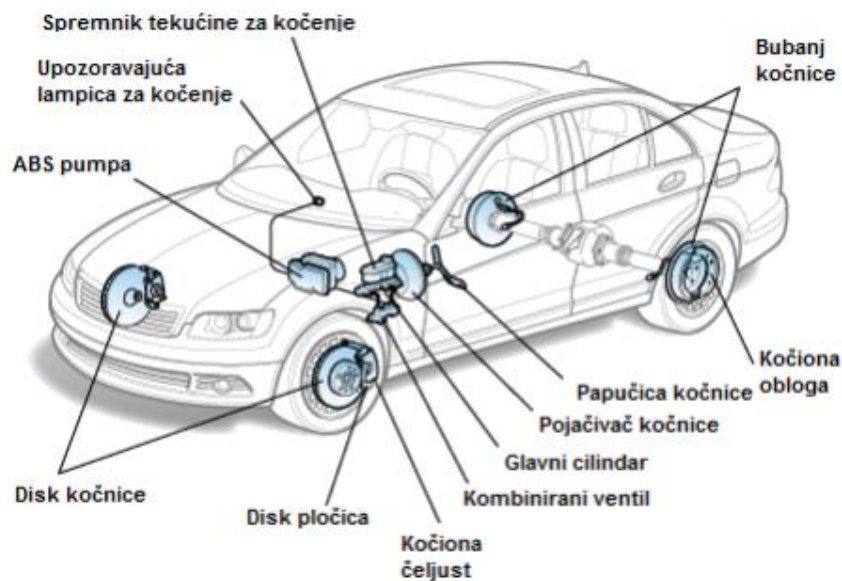
kod dugotrajnog korištenja mogu pregrijati i prestati dovoljno kočiti. Zbog toga je postavljena trajna kočnica kako bi dugotrajno usporila vozilo i održavalo brzinu vozila na dužim nizbrdicama na cesti.

Uređaj za kočenje najčešće se sastoji od:

- kočnog mehanizma,
- prijenosnog mehanizma,
- regulirajućih elemenata.

Svaki od ovih elemenata imaju svoj zadatak. Kočioni mehanizam se najčešće nalazi u kotačima ili rjeđe u transmisiji. On nam omogućuje usporavanje ili zaustavljanje vozila pretvarajući kinetičku energiju vozila u toplinu. Zbog stvaranja topline jako nam je bitno da je uređaju omogućeno dovoljno brzo hlađenje, kako bi izbjegli pregrijavanje. Najčešći oblici ovih mehanizama su:

- Bubanj - kočnica
- Disk – kočnica



Slika 4. Općeniti izgled sustava za kočenje [2]

Prijenosni mehanizam ima svoj zadatak da omogući prijenos i postizanje sile za aktivaciju kočnica. Prijenosni mehanizmi mogu biti:

- mehanički,
- hidraulički,
- pneumatski i
- kombinirani.

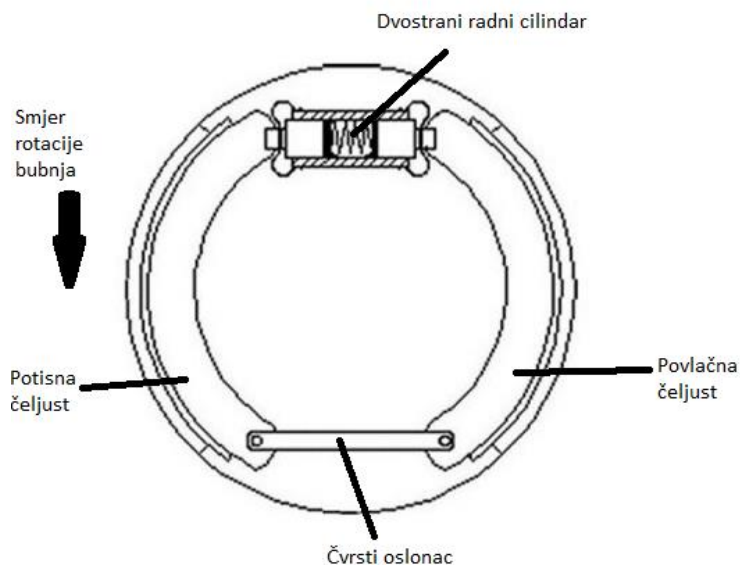
2.2. Bubanj - kočnice

Bubanj – kočnice ostvaruju kočionu silu pomoću trenja između unutarnje strane bubnja vezanog s kotačem i čeljusti koje su oslonjene na nepomični nosač (vratilo). Čeljusti imaju tarnu površinu koja osim visoke čvrstoće treba podnositi visoke temperature i imati postojani koeficijent trenja. Bubanj kočnice se najčešće ugrađuju u stražnje kotače automobila, autobusa, teretnih vozila te drugih motornih vozila. Prema njihovoj izvedbi bubanj – kočnice možemo podijeliti na:

- Simplex izvedbu,
- Duplex izvedbu,
- Duoduplex izvedbu.

2.2.1. Simplex

Kočenje u simplex izvedbi vrši se pomoću čeljusti koje se razdvajaju na jednome kraju, a na drugome se zakreću oko osovinice. Kod kočnica s mehaničkim i pneumatskim prijenosnim mehanizmom razmicanje samih čeljusti može se odrađivati ekscentrom ili konusnim. U kočnicama s hidrauličkim i hidro-pneumatskim prijenosnim mehanizmom to razmicanje odrađuje se pomoću hidrauličkog kočnog cilindra. Prestankom djelovanja sile čeljust se odmiče od bubnja i time prestaje kočenje.



Slika 5. Simplex kočnica [3]

Kod okretanja kotača u određenom smjeru aktiviranjem kočnica stvara se sila trenja između čeljusti i bubnja koja stvara okretni moment na čeljust oko osovinice. Taj okretni moment

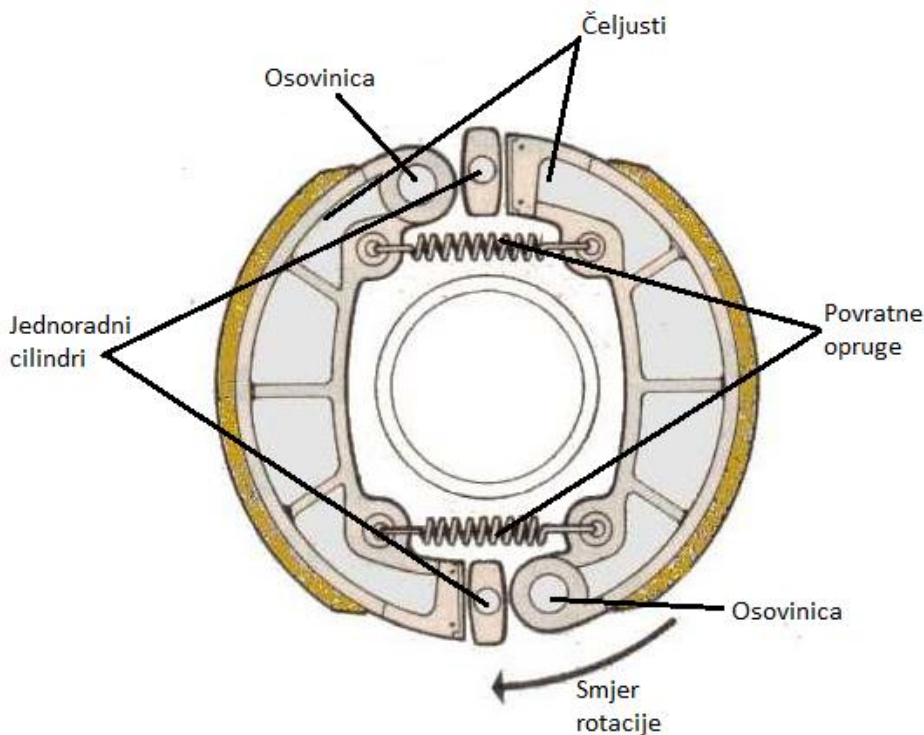
povećava silu pritiskanja čeljusti na bubanj. Na suprotnoj čeljusti se stvara moment oko osovinice, ali taj moment u ovom slučaju smanjuje silu pritiska te čeljusti na bubanj.

Kada kotač rotira suprotno od smjera kazaljke na satu, potisna čeljust pojačava silu kočenja, dok u tom slučaju povlačna čeljust smanjuje silu kočenja. Ako se kotač rotira u smjeru kazaljke na satu povlačna pojačava, a potisna smanjuje silu kočenja. Takva izvedba naziva se simplex jer ima samo jednu čeljust koja pojačava silu kočenja.

2.2.2. Duplex

Kako bih postigli da obje čeljusti pojačavaju silu kočenja koristimo duplex kočnice. Duplex kočnice mogu se aktivirati mehanički, pneumatski ili najčešće hidraulički. Ovakva vrsta koristi dva kočna cilindri s po jednim klipom, odnosno djelovanjem na jednu stranu. Kada vozač pritisne papuču kočnice jednoradni cilindri pomiču čeljusti na bubanj kočnice. Nakon stvaranja okretnog momenta oko osovinica obje čeljusti duplex kočnica počinju povećavati sile pritiskanja na bubanj zbog rotacije kotača. Problem duplex kočnica je što u jednom smjeru vrše pojačanje sile na obje čeljusti, a ako kotač rotira u drugom smjeru sila slabi na obje čeljusti.

Nakon što se tarne obloge na čeljustima istroše one se moraju promijeniti. Ukoliko se istroše možemo mijenjati samo tarne obloge ili cijele čeljusti.

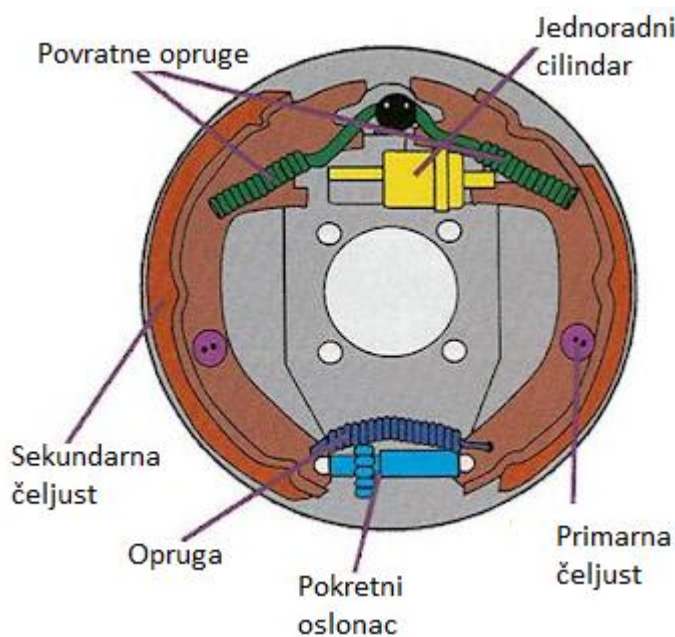


Slika 6. Duplex kočnica [4]

2.2.3. Duo-servo

Ova vrsta rješava nam problem duplex kočnica tako što ima pojačanje sile kočenja u oba smjera rotacije.

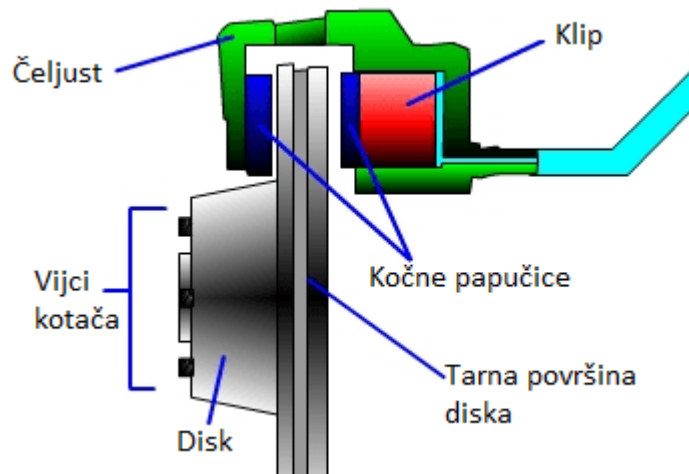
Kada vozač pritisne papuču kočnice jednoradni cilindar pomiče primarnu čeljust na bubanj. Primarna čeljust preko pomičnog oslonca prenosi silu kočenja na sekundarnu čeljust. Sekundarna čeljust stvara veću silu kočenja pa je zato tarna površina na njoj duža. Veća sila kočenja stvara se zbog rotacijske sile koja se, kod kočenja, prenosi s primarne čeljusti na sekundarnu preko pokretnog oslonca. Kako bi se čeljusti mogle, nakon kočenja, vratiti u početno stanje postavljene su povratne opruge na obje čeljusti.



Slika 7. Duo servo kočnica [5]

2.3. Disk - kočnice

Disk – kočnice ostvaruju kočionu silu između bočnih strana diskova koji su povezani sa kotačima i kočnih obloga vezanih za nepomične nosače preko sedla u obliku slova U. Sila potiskivanja kočnih obloga na disk ostvaruje se pomoću tekućine na koju djeluje sila. Ta se tekućina dovodi u kočne cilindre izrađene u sedlu. Tekućina potiskuje klipove, a oni kočne papučice na disk. Kada ta sila na tekućinu prestaje djelovati, prestaje i samo kočenje.



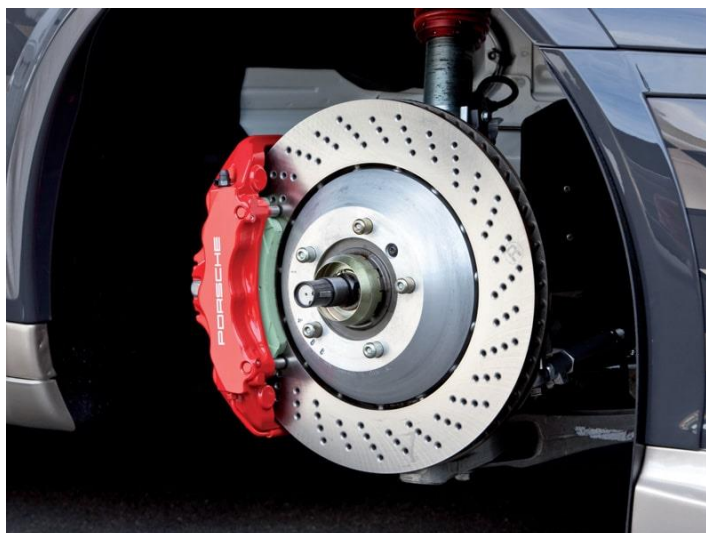
Slika 8. Disk – kočnica [6]

Jednostavnija konstrukcija disk – kočnica sastoji se od aksijalno pomičnog sedla i s jednim cilindrom i klipom. Kad se tekućina pod djelovanjem sile dovede u cilindar, počinje potiskivanje klipa s jedne strane diska. Nakon što kočna obloga dodirne disk sila kočenja se prenosi preko sedla na drugu stranu. Kako bi se sila ravnomjerno raspodijelila, koristi se aksijalno pomično sedlu u nosaču.

Kočione papučice izrađuje se od čelične ploče na koju se nanosi tarni materijal. Tarni materijal mora podnositi visoke temperature, tlakove te imate postojani koeficijent kod promjene temperature. Površina tih tarnih obloga koji dodiruju diskove je dosta manja nego između čeljusti i bubnja kod bubanj – kočnica. Zbog te površine su obloge kod disk – kočnica više opterećene i brže se troše. Novija vozila imaju ugrađene električne vodiče koji stvaraju određeni strujni krug preko diska kako bi se vozaču signaliziralo da je došlo do istrošenosti tarnih obloga i da ih treba zamijeniti. Kako bi riješili problem opterećenosti, moguće je ugraditi četiri kočna cilindra u sedlo.

Diskovi se zbog visokih temperatura ne zatvaraju u kućišta, kako bi se čim lakše ohladili okolnim zrakom. Na vozilima gdje su diskovi jače opterećeni na njih se dodaju unutarnja rebra. Takvi ventilirajući diskovi osiguravaju bolje strujanje zraka te samim time i bolje hlađenje.

Disk – kočnice se najčešće ugrađuju na prednje kotače, ali moguće je i na stražnje. Ako je disk - kočnica na stražnjim kotačima onda se parkirna kočnica ugrađuje u isti sklop s posebnim tarnim elementima te mehaničkim upravljanjem.



Slika 9. Disk - kočnica na Porsche-u [7]

2.4. Mehanički prijenosni mehanizam

Prijenos sile od papučice za kočenje, na koju vozač djeluje nogom, do kočionog mehanizma vrši se preko sustava poluga i čeličnih užadi. Kako bi se te čelične užadi zaštitile provode se kroz cijevi. Ovakav sustav se više ne koristi kod radnih kočnica, ali je i dalje u upotrebi za aktiviranje parkirne kočnice. Kod parkirnih kočnica aktivacija se obavlja pomoću ručice, a ne papučice. Kod aktivacije, parkirna kočnica sadrži uređaj koji joj omogućava zadržavanje u određenom položaju.

Elementi za prijenos sile moraju biti izvedeni tako da na njih ne utječu progibi ovjesa kotača niti zakretanje upravljačkih kotača. Kod vozila s velikim pregibima elastičnog ovjesa i pri znatnom zakretu upravljačkih kotača to je teško postići.

Zbog veličine praznog hoda mehaničkog prijenosnog mehanizma, povećava se i vrijeme aktiviranja kočnica. Zbog tih nedostataka mehanički mehanizam nije u širokoj primjeni na motornim vozilima.

2.5. Hidraulički prijenosni mehanizam

Hidraulički mehanizam koristi tekućinu za prijenos sile. Ovakav princip koristi se isključivo u radnim kočnicama. Za aktiviranje kočnice vozač mora pritisnuti papučicu koja potiskuje klip u glavnome cilindru. Potiskivanjem klipa povećava se tlak u cjevovodu koji se prenosi u kočne cilindre u kotačima. Tekućina na koju djeluje sila tada potiskuje čeljusti kočnica na bubanj kočnice i započinje kočenje.

Najveći problem hidrauličkih kočnica je puknuće cjevovoda. Ako dođe do puknuća cjevovoda, svi kotači ostaju bez mogućnosti kočenja. Zbog tog problema pojavili su se sustavi sa dva kočiona

kruga koji se često primjenjuju. Kod ovakvog sustava glavni cilindar ima dva neovisna izvoda za priključak dvaju cjevovoda koji ne ovise jedan o drugom. Na ovaj način je povećana pouzdanost samog sustava, jer ako otkáže jedan krug, drugi nastavlja kočiti. Najčešće se ovi krugovi izvode tako da jedan krug koči prednje, a drugi stražnje kotače. Prednost ovakvih sustava je ta što nakon otkazivanja jednog kruga, drugi može raditi i dalje. Do problema dolazi kada prednji krug otkáže, a zadnji ostaje raditi, tada može doći do zanošenja vozila.

Krugovi se mogu izvesti i dijagonalno, što znači da je jedan krug zadužen jedan prednji kotač i suprotni stražnji. Ovakvu shemu još nazivamo nesimetrična.

Osim ovih načina postoji izvedba kod koje jedan krug brine o svim kotačima, a drugi djeluje samo na prednje kotače. Ovaj način je prikladan za vozila s manjim opterećenjima.

Najčešću primjenu ima izvedba sa dva kruga kod kojih jedan djeluje na prednje a drugi na stražnje kotače.

2.6. Kombinirani prijenosni mehanizam

Ova vrsta mehanizma primjenjuje se na nekim gospodarskim vozilima srednje i veće mase, kako bi se povezale pojedine pozitivne stvari ostalih mehanizama.

U kombinirane mehanizme spadaju:

- Hidropneumatski – kombinacija hidrauličkog i pneumatskog mehanizma. Hidraulički mehanizam služi za aktivaciju, a pneumatski za pojačanje sile pritiska na kočionu tekućinu. Ovaj mehanizam omogućava kraće reagiranje kočnica te je manjih dimenzija i težine. Nedostatci ovakvog sustava su cijena i složenost konstrukcije.
- Elektropneumatski – primjenjuje se kod vozila većih duljina ili kombinacija vučnih i priključnih vozila. Pneumatski dio sustava stvara silu kočenja, a upravljanje izvodi električni dio. Kočnice se aktiviraju električnim putem pomoću elektropneumatskih ventila koji reguliraju ulaz i izlaz stlačenog zraka u kočione cilindre. Ovakav sustav omogućuje istovremeno kočenje svih kotača te kraće vrijeme reagiranja kočnica. Istovremenost kočenja pomaže vozilima održati stabilnost vozila na cesti tijekom kočenja.

2.7. Pneumatski prijenosni mehanizam

Pneumatski mehanizam koristi komprimirani zrak kako bi se povećala izlazna snaga. Ovakav mehanizam koristi se kod srednjih i teških privrednih vozila. Prednosti ovakvog mehanizma su jednostavnost konstrukcije, stabilan rad, praktična ugradnja, brzo rasipanje topline, mala težina, otpornost na visoke temperature itd.

3. Pneumatski sustav kočnja

Osnovni sustav zračnih kočnica sastoji se od pet glavnih komponenata:

- Kompresor koji proizvodi stlačeni zrak s regulatorom koji kontrolira njegov rad.
- Spremnik za pohranu komprimiranog zraka.
- Nožni ventil za regulaciju protoka komprimiranog zraka iz spremnika kad je to potrebno za kočnje.
- Kočione komore (posebne izvedbe pneumatskih cilindara) i podešavajuće poluge kočnica za prijenos sile komprimiranog zraka na mehaničke veze.
- Kočione obloge i bubnjevi ili rotorovi za stvaranje trenja potrebnog za zaustavljanje kotača.

Veoma je bitno da znamo i razumijemo kako radi svaki od ovih komponenti, kako bi razumjeli sam princip rada pneumatskog sustava.

3.1. Energetski dio pneumatskog sustava

Dio pneumatskog sustava u kome se proizvodi komprimirani zrak možemo smatrati zasebnom cjelinom. Taj se sklop sastoji od kompresora s regulatorom, spremnika sa sigurnosnim ventilom i sušila zraka. Neka varijanta ovakvog podsustava je instalirana na svakom vozilu koje ima pneumatski sustav kočnja.

3.1.1. Kompresor i regulator

Izvor komprimiranog zraka koji se koristi za dobivanje sile kočnja zovemo kompresor. Kompresor ovakvog sustava je konstruiran kao klipni kompresori koji nam služe za tlačenje zraka u spremnik iz kojeg kasnije uzimamo stlačeni zrak. Pokreće se pomoću motora vozila s kojim je povezan pomoću vratila i zupčanika. Postojale su izvedbe prijenosa pomoću remena i remenica koje se više ne koriste. Maknute su zbog potrebe za redovitim dnevnim provjerama napetosti remena na kojima su se osim opuštenosti često javljale i pukotine.

Kompresor stalno radi kada i motor vozila. Zbog toga je razvijen regulator rada kompresora koji utječe na njegov rad. Kad god je tlak zraka u sustavu između 550 kPa i 930 kPa kompresor ne mora tlačiti zrak u spremnik.

Regulator rada kompresora kontrolira minimalni i maksimalni tlak zraka u spremniku pa kada tlak padne ispod minimuma prebacuje kompresor iz stanja kad ne tlači zrak u radnu fazu. U slučaju da tlak u spremniku postane previsok kompresor prestaje sa stlačivanjem zraka.



Slika 10. Regulator [1]

Većina kompresora ima dva cilindra slična cilindrima motora. Kada kompresor stlači zrak do maksimalne vrijednosti, regulator ga postavlja u stanje mirovanja sve dok nije ponovno potrebno stlačivanje zraka. Kompresor mora biti u stanju tlak u spremniku podići od 345 kPa do 620 kPa unutar tri minute ili manje, ako motor radi na 1200 o/min .

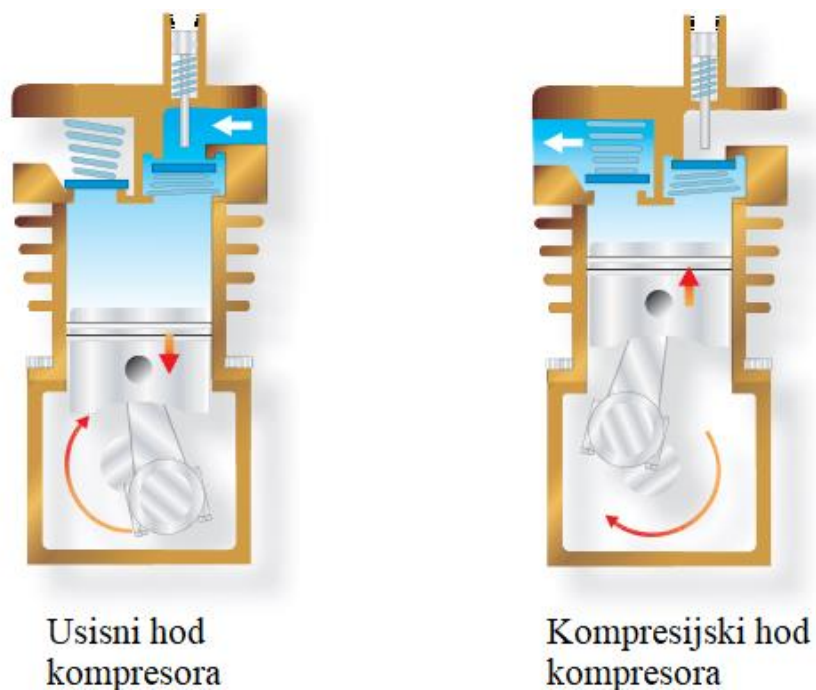
Jako je važno da zrak koji ulazi u sustav bude što čišći. Zrak koji ulazi u sustav prvo mora proći kroz filter kako bi se uklonile sve čestice prašine. Prljavi filter ograničava protok zraka u kompresor te tako smanjuje njegovu učinkovitost. Neka vozila imaju ulazni otvor kompresora spojen na usisni razvodnik te tako primaju zrak preko uređaja za čišćenje zraka motora.

Ukoliko kompresor neće moći stlačiti zrak unutar tri minute najvjerojatnije je začepljen filter zraka na ulazu. Ako za kašnjenje nije kriv filter kompresor je najvjerojatnije neispravan.

Način rada kompresora prikazan je na slici 10. Kod usisnog hoda klip se kreće prema dolje i stvara vakuum unutar cilindra te tako otvara usisni ventil. Otvaranje ventila omogućava da atmosferski tlak uđe unutar cilindra.

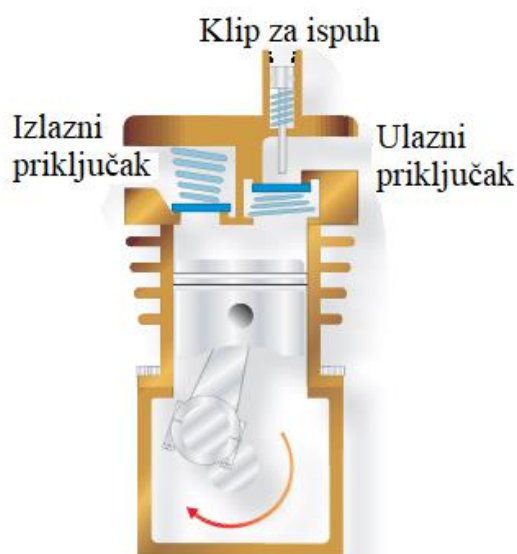
Kod kompresijskog hoda klip se kreće prema gore te komprimira zrak. Rastući pritisak ne može proći pored ulaznog ventila, jer se zatvori zbog komprimiranja zraka. Zrak pod tlakom otvara ispusni ventil i odlazi u spremnik.

Kompresori se obično podmazuju preko sustava podmazivanja motora, ali neki kompresori imaju sustav samopodmazivanja. Takvi sustavi zahtijevaju dnevnu provjeru maziva.



Slika 11. Usisni i kompresijski hod kompresora [1]

Postavljanje kompresora u stanje mirovanja regulator će izvesti tako da tlak zraka iz spremnika usmjeri na klip za ispuh koji se nalazi kod ulaznog ventila kompresora. Klip za ispuh se izvlači i tako se ulazni ventil drži otvorenim pa dopuštamo da se zrak pumpa iz jednog cilindra u drugi umjesto da se zrak tlači u spremnik. Kada tlak padne ispod dopuštenog, regulator zatvara dovod zraka do klipa za ispuh te se klip uvlači. Time se ulazni ventili zatvaraju i kompresor prelazi u radnu fazu.



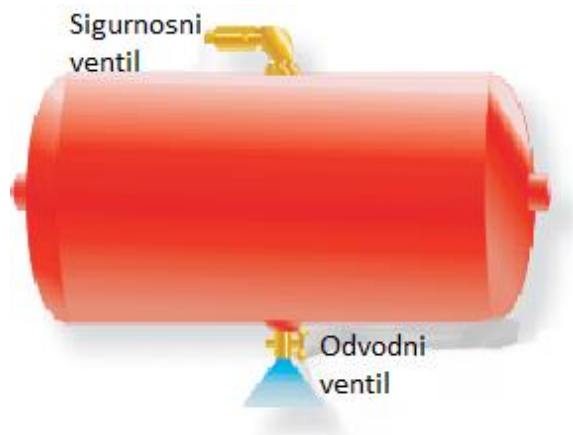
Slika 12. Kompresor [1]

3.1.2. Spremnik

Spremnici zadržavaju komprimirani zrak. Broj i veličina spremnika na vozilu ovisit će o broju kočionih komora, njihovih veličina te o svojstvima parkirne kočnice. Većina vozila imaju više spremnika komprimiranog zraka. Prvi spremnik nakon kompresora naziva se dovodni spremnik. Ostale spremnike još nazivamo primarni i sekundarni spremnici.

Kada se zrak komprimira postaje vruć. Ulaskom zagrijanog zraka u spremnik on se hladi i kondenzira u spremniku. Ukoliko ulje prolazi pored klipnih prstena i izmiješa se sa vlagom, stvorit će se mulj, koji se nakuplja na dnu rezervoara. Kad bi ta mješavina ušla u kočioni sustav, mogla bih uzrokovati probleme s ventilima i ostalim dijelovima sustava. Voda nam stvara velike probleme u zimskom razdoblju jer može doći do smrzavanja što dovodi do kvara ventila. Zbog ovakvih problema, spremnici su opremljeni ispusnim ventilima kako bi se voda ili nakupljeni mulj mogao isušiti. Ukoliko primijetite mulj kod pražnjenja spremnika, potrebno je taj spremnik odvesti mehaničaru na pregled. Kako bi se smanjila količina i utjecaj vlage u sustavu kondenzat bi se iz svih spremnika trebao svakodnevno ispuštati.

Za pražnjenje spremnika uvijek počnite sa dovodnim spremnikom. Potpuno otvorite odvod i pustite sav stlačeni zrak da izađe, što će omogućiti vlazi koja se skuplja u spremniku za odvod da izađe.

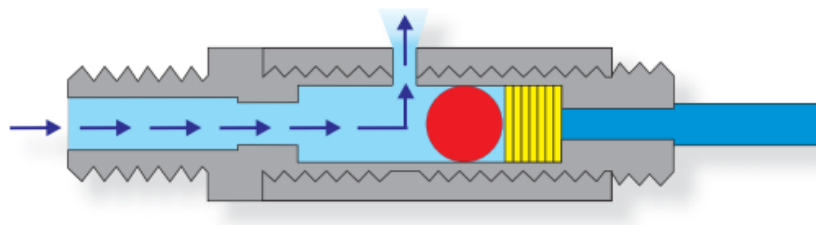


Slika 13. Spremnik [1]

Neki spremnici imaju više odjeljaka i svaki od njih ima vlastiti ispusni ventil. Odjeljci se prazne pojedinačno. Postoje i spremnici sa automatskim ventilima za ispuštanje kondenzata iz spremnika. Ovi ventili će automatski ispuštati vlagu iz spremnika kada je to potrebno, ali ih ipak treba povremeno provjeravati. Povremeno ćemo ručno ispustiti kondenzat, kako bi osigurali da mehanizam radi ispravno. Ukoliko postoje grijači ventila sve labave ili pokidane žice trebaju biti popravljene prije zime.

3.1.3. Sigurnosni ventil

Kada regulator ne uspije isključiti kompresor, sigurnosni ventil će spriječiti prekomjerni porast tlaka zraka u sustavu. Ovaj ventil se nalazi na dovodnom spremniku i ispustio bi zrak u atmosferu ukoliko tlak u spremniku prijeđe 1035 kPa.



Slika 14. Sigurnosni ventil [1]

3.1.4. Sušilo zraka

Sušila zraka uklanjaju vlagu i onečišćenje iz zraka prije nego što zrak uđe u dovodne spremnike. Vлага i onečišćenja prikupljena sušilom izbacuju se u atmosferu pomoću tlaka zraka kada regulator isključi kompresor. Ovo izbacivanje zraka često se naziva ciklusom pročišćavanja sušila zraka.

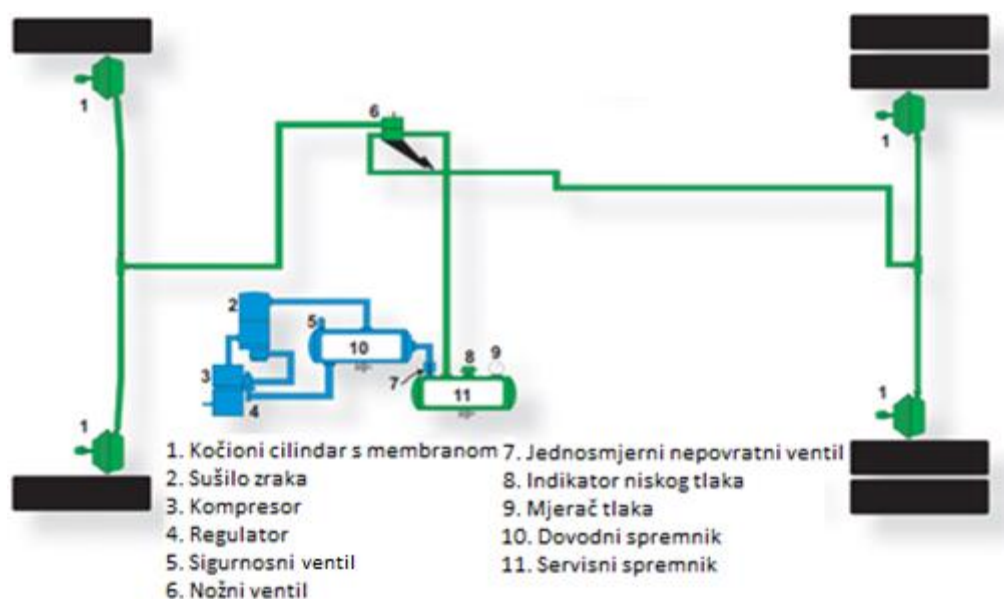
Ovakva sušila mogu biti djelomično napunjena sredstvom za sušenje s visokim upijanjem vlage i filterom za ulje. Postoje i šuplje izvedbe s pregradama koje su dizajnirane za pomoć u odvajanju vlage od zraka. Sušilo zraka često ima grijaći element koji sprječava smrzavanje kondenzata tijekom rada u hladnim razdoblju.



Slika 15. Sušilo zraka [1]

3.2. Rad osnovnog sustava (samo s jednim krugom)

Ovo je jednostavni sustav kakav se ne javlja u praksi ali ćemo ga iskoristiti za tumačenje osnovnog načina rada pneumatskog kočionog sustava. Na slici 16. je plavom bojom naznačen pogonski sustav koji je detaljno obrađen u prethodnom poglavlju. Kompresor (3) tlači zrak kroz sušilo zraka (2) u dovodni spremnik (10), koji je sigurnosnim ventilom (5) zaštićen od prekomjernog tlaka. Regulator (4) kontrolira tlak u spremniku (10) kontrolom rada kompresora (3).



Slika 16. Osnovni pneumatski sustav [1]

Vozač pritiskom na pedalu nožnog ventila (6) propušta stlačeni zrak iz servisnog spremnika (11) do kočionih cilindara (1). Pošto su ovo cilindri specijalne izvedbe jer nemaju klip već membranu često ih zovemo kočione komore. Na ovom shematskom prikazu su još naznačeni indikator niskog tlaka (8) i mjerач tlaka (9) čiju funkciju ćemo opisati naknadno.

3.2.1. Nožni ventil

Nožni ventil ili papuča kočnice je ventil upravljani nogom vozača. Udaljenost na koju vozač pritisne papuču kočnice određuje tlak zraka koji će se primijeniti za kočenje. Maksimalnim pritiskom na pedalu nećemo moći premašiti tlak zraka koji imamo u spremniku. Otpuštanjem pedale otpuštamo i kočnice.

Kada vozač pritisne papučicu do nekog srednjeg dijela, automatski će se održavati tlak zraka koji se primjenjuje bez da vozač mora podešavati pritisak noge na pedalu. Otpuštanje pedale omogućava ispuštanje zraka u atmosferu kroz ispušne otvore.

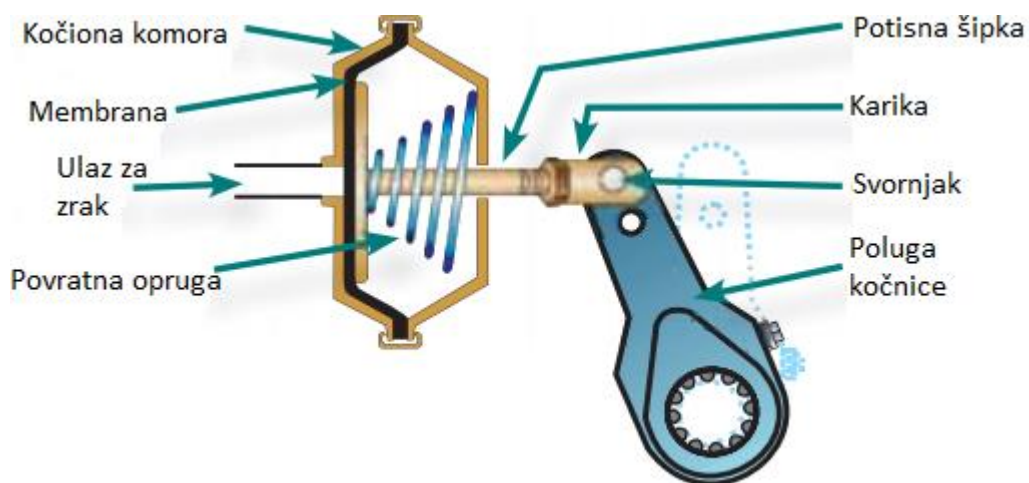
Zračne pedale su opterećene oprugom pa stvaraju nešto drugačiji osjećaj od onog koji se javlja pri korištenju hidrauličkih kočnica.



Slika 17. Nožni ventil ili papuča kočnice [1]

3.2.2. Kočiona komora i poluga kočnice

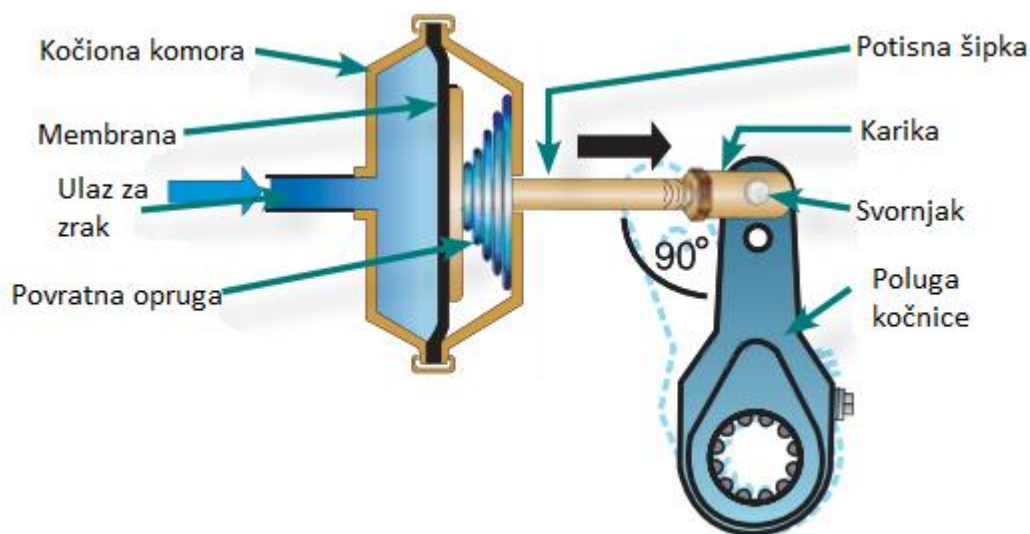
Kočiona komora je kružni spremnik podijeljen u sredini fleksibilnom membranom. Ovo je u stvari specijalna izvedba jednoradnog pneumatskog cilindra koji umjesto klipa ima membranu. Ukoliko nema tlaka zraka na ulazu opruga drži potisnu šipku u položaju prikazanom na slici 18.



Slika 18. Shema kočne komore i poluge kočnice (kočnica otpuštena) [1]

Tlak zraka koji tlači membranu savlada silu opruge i uzrokuje pomicanje membrane zajedno s potisnom šipkom. Kod bubanj kočnica je potisna šipka spojena karikom i svornjakom s polugom tipa ručice koju nazivamo poluga kočnice. Ručica se pri kočenju zakreće u položaj prikazan slikom

19. Kod bubanj kočnica komora se obično postavlja na osovinu u blizini kotača kojeg treba opremiti za kočenje.



Slika 19. Shema kočne komore i poluge kočnice (koćnica pritisnuta) [1]

Sila na izlazu koja pomiće potisnu šipku ovisi o tlaku i veličini membrane. Ako dođe do propuštanja zraka na membrani, zrak može izlaziti i samim time smanjivati učinkovitost kočione komore. Ako je to puštanje preveliko kočnice su neučinkovite.

Prednje kočione komore obično su manje od onih stražnjih jer prednje osovine nose manji teret.

Poluga kočnice podešava opuštenost ili slobodan hod u spoju između potisne šipke i kočionih obloga. Sama opuštenost je posljedica trošenja kočionih obloga. Ako poluge nisu podešene unutar ograničenja, učinkovitost koćenja se smanjuje, a vrijeme koćenja se povećava. Koćnice neće biti upotrebljive, ako je opuštenost prevelika.



Slika 20. Rućne i automatske poluge kočnica [1]

Slika 20. prikazuje realne tipove ručnih i automatskih poluga kočnice. Kada je kočnica aktivirana u potpunosti, kut između potisne šipke i kraka poluge kočnice ne smije biti veći od 90°.

Na ručnim polugama kočnica, vijak za podešavanje se okreće sve dok obloge kočnice ne dodirnu bubnjeve, a zatim se povlače za $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ okretaja. Uređaj za zaključavanje, koji može biti ovojnica sa oprugom iznad glave vijka za podešavanje, mora se pritisnuti kada se stavi ključ preko glave vijka, to je još poznato kao blokada poluge kočnica. Mogli bi koristiti unutarnju kontrolnu kuglicu s oprugom za zaključavanje podešavanja, a ona se mora ukloniti da bi se izvršila bilo kakva prilagodba. Takav način je poznatiji kao poluga kočnice sa kuglicom na uvlačenje. Što češće vozač provjerava opuštenost, manja je vjerojatnost kvara kočnice. Kočnice jako rijetko prestaju s radom zbog gubitka zraka, obično je to jer nisu prilagođene. Kod pregleda zračnih kočnica prije putovanja jako je bitno provjeriti istrošene komponente te dali su potisna šipka i poluga pod kutom od 90°. Vozačeva je odgovornost osigurati da kočioni sustav radi ispravno i da su kočnice ispravno podešene.

Jednostavna primjena radne kočnice pri maloj brzini nije dovoljna za provjeru podešavanja kočnica. Kočenje pri brzini na autocesti uzrokuje širenje bubnja kočnice zbog topline, što zauzvrat zahtijeva veći hod potisne šipke kako bi se održala ista sila kočenja. Ako kočnica nije podešena, ne bi bilo dovoljno rezervnog hoda potisne šipke da bi se kompenziralo širenje bubnja. To bi uzrokovalo slabljenje kočnice i uvelike produžilo zaustavni put. Ako putujete nizbrdo, kočnice bi mogle u potpunosti otkazati.

Neki sustavi imaju automatske poluge kočnica koji se automatski prilagođavaju kako bi kompenzirali trošenje kočione obloge, obično održavajući ispravan razmak između obloge kočnice i bubnja. Automatske poluge moraju se redovito održavati kako bi se osiguralo ispravno podešavanje. U upotrebi su razne inačice automatskih poluga kočnica. Poluga koja osjeti da je postavljeni hod prekoračen podesit će taj hod. Podešavanje zazora će se prilagoditi kada kočiona obloga i kočioni bubanj nemaju odgovarajući razmak. Neki od automatskih poluga imaju mogućnost povećanja opuštenosti kada su prekomjerno napeli kočnice. Iako imamo automatske poluge kočnica ne trebamo ih uzimati kao da će uvijek raditi ispravno. Brojni čimbenici mogu dovesti do toga da automatske poluge kočnica ne održavaju odgovarajuću opuštenost. Do toga može doći zbog nepravilne instalacije, neodgovarajućeg održavanja, deformiranog nosača, istrošene čahure te savijene potisne šipke.

Dva najčešća problema su prerano trošenje i unutarnje onečišćenje. Kada je poluga u dužem radu komponente se troše i treba ih podesiti. Rezultat bi mogao biti da kočiona obloga ne prianja uz bubanj.

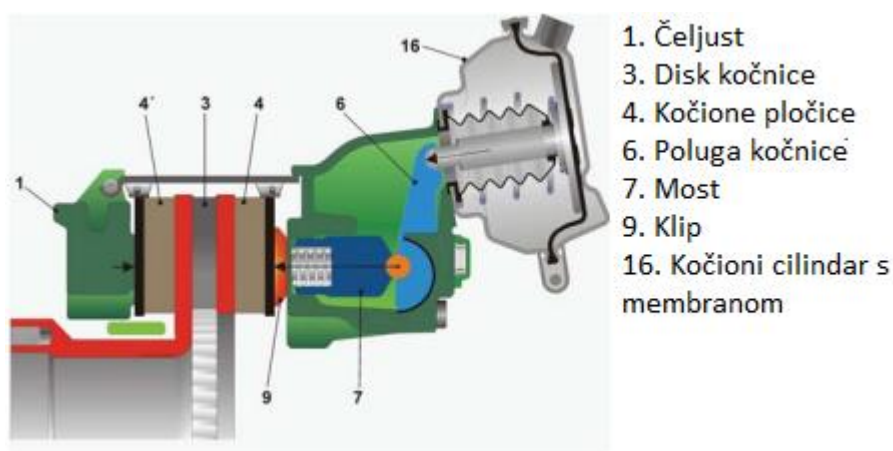
Kako bi vozač održao kontrolu nad vozilom koje se spušta nizbrdo u zavoju, mora primijeniti umjereno kočenje sa stankama. Tako vozač neće pregrijati kočnice. Pregrijavanje će fizički povećati promjer kočionih bubnjeva, a u ekstremnim i dugotrajnim uvjetima će dovesti do dužih hodova potisne šipke, kako bi dobili potrebne sile kočenja. Automatska poluga će to protumačiti kao potrebu za prilagodbom i smanjit će opuštenost. Kada se bubanj ohladi i vrati u normalnu veličinu, kočnice su previše podešene i povlače se. Tada vozač treba zaustaviti vozilo i provjeriti jesu li kočnice podešene.

Automatske poluge nisu sigurne u potpunosti pa je zato omogućeno da vozač ručno podesi polugu. O detaljnijim uputama ručnog podešavanja automatske poluge treba upitati proizvođača.

3.2.3. Pneumatska disk kočnica

Pneumatska disk kočnica umjesto tekućine koristi komprimirani zrak za aktivaciju kočnica, u odnosu na disk-kočnice koje su prije opisane.

Kada vozač pritisne papučicu kočnice, komprimirani zrak ulazi u kočionu komoru. U kočionoj komori se pretvara sila komprimiranog zraka u mehaničku silu. Mehanička sila se preko potisne šipke prenosi do poluge kočnice(6), koji preko mosta(7) pomiče klip(9) i čeljust(1) sa kočionim pločicama prema disku(3).

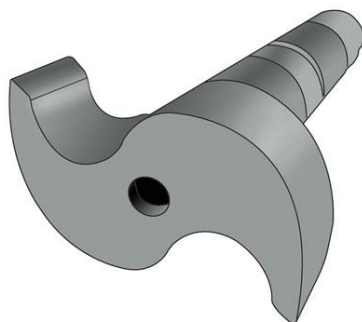


Slika 21. Pneumatske disk kočnice [8]

3.2.4. Pneumatska bubanj kočnica

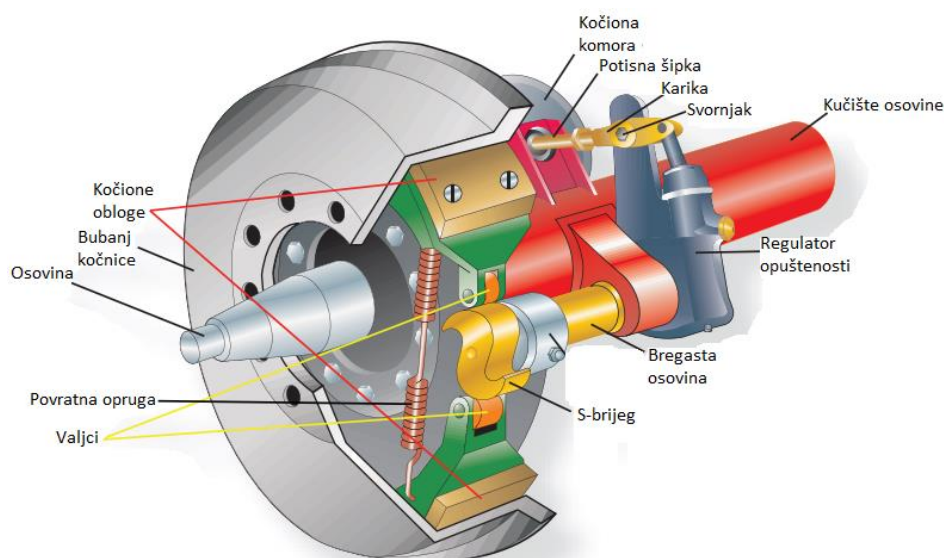
Pneumatska bubanj kočnica radi kao i bubanj kočnica opisana prethodno u radu, ali za aktivaciju koristi komprimirani zrak.

Kada vozač pritisne papučicu kočnice pomiče membranu u kočionoj komori. U komori se sila komprimiranog zraka pretvara u mehaničku silu, koja utječe na potisnu šipku. Potisna šipka pomiče polugu kočnice, koja okreće S-brijeg vratilo tjerajući kočione papuče na bubnjeve. To uzrokuje trenje koje zaustavlja kotače.



Slika 22. Bregasto vratilo sa S brijegom [9]

Vozač otpušta pedalu nožnog ventila i zrak u kočionim komorama može izaći kroz nožni ventil, otpuštajući kočnice. Drugi ventili koji su potrebni za osiguranje glatkog i učinkovitog rada nisu uključeni u sliku 23.



Slika 23. Sklop stražnje kočnice [1]

Na slici 23. možemo vidjeti uobičajeni tip sklopa kočnice, koji se koristi na stražnjim osovima kamiona i osovima prikolice. Sklop prednje osovine ima kočionu komoru i regulator opuštenosti postavljene na stražnju ploču zbog upravljanja.

Materijal kočione obloge pričvršćen je na papuču. Materijal koji se koristi ovisi o zahtjevima kočenja vozila. Kočna obloga mora dati jednoliku snagu kočenja s minimalnim trošenjem na visokim temperaturama. Do smanjenja snage kočenja dolazi kada se zagrijani bubnjevi šire od kočionih obloga. Pregrijavanjem, kočione obloge gube svoja svojstva kočenja.

Djelovanjem rotacije bregaste osovine i S brijega tjeraju se kočione papuče i obloge na bubnjeve. Kočione obloge stvaraju toplinu zbog trenja o površinu bubnja kočnice. Debljina bubnja određuje količinu topline koje mogu apsorbirati i ispustiti u atmosferu.

Veoma opasne su nepouzdate kočnice koje imaju iskrivljenje bubnjeve, slabe povratne opruge, neodgovarajuće obloge, loše podešavanje ili pak prljavštine na oblogama. Bubnjevi se nikad ne smiju strojno obrađivati ili biti izvan specifikacija proizvođača.

3.2.5. Jednosmjerni nepovratni ventil

Kako bi se spriječilo strujanje zraka unatrag u sustavu ugrađen je između spremnika prema kompresoru, jednosmjerni nepovratni ventil. Ovaj ventil omogućuje strujanje zraka samo u jednom smjeru. Ventil je opterećen oprugom. Tlak na ulaznoj strani nadjačava pritisak opruge i podiže kuglu nepovratnog ventila ili disk sa svog sjedišta. Zrak prolazi kroz ventil do izlaza. Kada tlak na izlazu postane veći nego na ulazu, zajedno s tlakom opruge, uređaj za provjeru sjeda, sprječavajući protok zraka natrag kroz ventil.



Slika 24. Jednosmjerni nepovratni ventil [1]

3.2.6. Uređaj za upozorenje na niski tlak

Sva vozila opremljena sustavom zračnih kočnica moraju imati uređaj koji upozorava vozača, ako tlak zraka u sustavu padne na opasnu razinu. Ovaj uređaj mora se sastojati od dva sustava, vizualnog i zvučnog, koji se sastoje od crvenog svjetla upozorenja i zujalice. Zbog prekomjerne upotrebe ili curenja, prekidač indikatora niskog tlaka uključit će crveno svjetlo upozorenja na ploči s instrumentima ili će se oglasiti zvučni signal na ili prije 415 kPa. Neka su vozila opremljena i svjetlosnim i zvučnim signalom koji upozoravaju vozača na nizak tlak zraka. Ako je vozilo

proizvedeno s vizualnim i zvučnim uređajem za upozorenje, oni moraju ostati u funkciji ili bi se vozilo moglo staviti izvan uporabe.

Ispravnost se provjerava redom slijedećim radnjama:

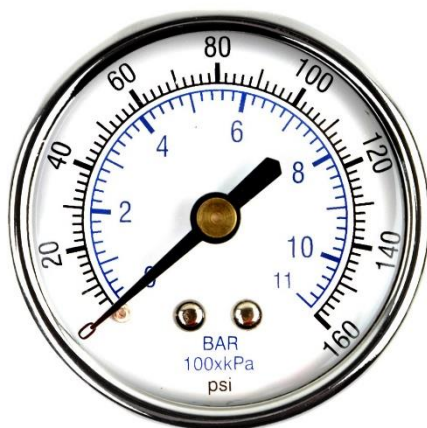
- Manometar spojimo na kontrolni priključak spremnika zraka za drugi krug.
- Ispuštati zrak iz spremnika pritiskanjem i otpuštanjem papučice i istovremeno pratiti tlak u spremniku.
- Kad se na kontrolnoj ploči upali lampica ili zvučni signal niske razine tlaka očitati tlak na manometru, o ne smije biti manji od 450 *kPa*.

3.2.7. Mjerač tlaka zraka

Vozila sa sustavom zračnih kočnica opremljena su mjeračem tlaka zraka u spremniku. Ovaj mjerač montiran je u kabini, obično na instrument ploči, i pokazuje tlak zraka u primarnim i sekundarnim ili servisnim spremnicima.

Rezervoar za opskrbu obično nema mjerač tlaka zraka. Uobičajeni radni tlakovi su od 550 *kPa* do 930 *kPa*, ovisno o sustavu. Praćenje mjerača upozorit će vozača na sve neobične promjene tlaka zraka.

Danas postoje dva mjerača na vozilima, jedan je za primarni, a drugi za sekundarni tlak zraka. Ponekad će se oba mjerača kombinirati u jedan. Primarni i sekundarni spremnik biti će objašnjeni u nastavku.

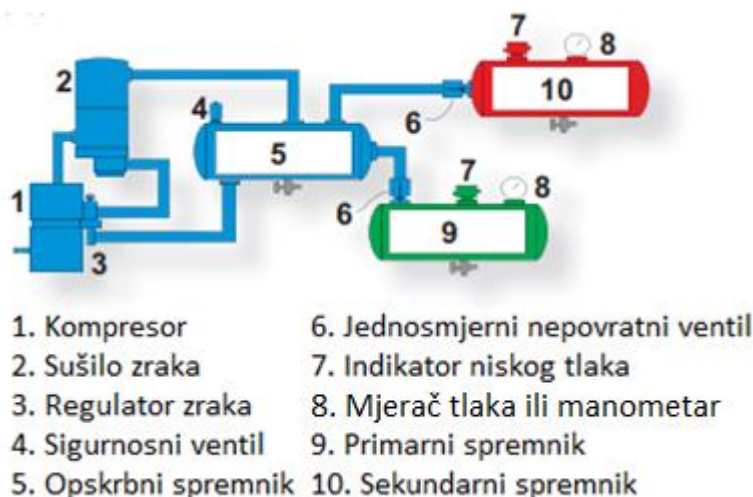


Slika 25. Mjerač tlaka zraka [10]

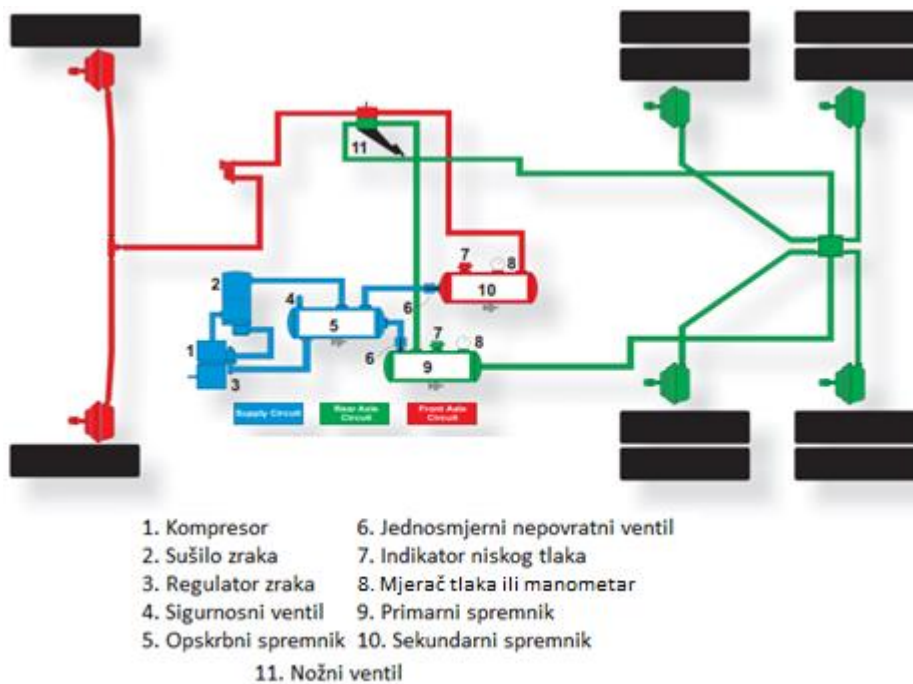
3.3. Rad sustava s dva kočiona kruga

Iz sigurnosnih razloga se od proizvođača vozila zahtijeva se izvedba pneumatskih kočionih sustava koji imaju dva pneumatska kruga. Ukoliko jedan krug zakaže pomoću drugog kruga će se vozilo zaustaviti. Sve više i više teških vozila na cestama danas koristi dvostruki sustav zračnih kočnica. Sustav je razvijen za prilagodbu mehanički osigurane parkirne kočnice koja se može aktivirati u slučaju kvara radne kočnice. Ovaj sustav zadovoljava potrebu za moduliranim sustavom kočenja u slučaju da jedan od dva sustava zakaže. To su zapravo dva kočiona sustava u jednom, s većim kapacitetom spremnika što rezultira mnogo sigurnijim sustavom. Na prvi pogled bi se dvojni sustav mogao činiti kompliciranim, ali ako se razumije do sada opisan osnovni sustav zračnih kočnica i ako se dvostruki sustav razdvoji na osnovne funkcije, postaje prilično jednostavan.

Kao što mu ime govori, dvostruki sustav su dva sustava ili kruga u jednom. Postoje različiti načini odvajanja dvaju dijelova sustava. Na vozilu s dvije osovine, jedan krug upravlja stražnjom osovinom, a drugi krug upravlja prednjom osovinom. Ako jedan krug ima kvar, drugi krug je izoliran i nastaviti će raditi.



Slika 26. Shema dobaave zraka u sustava s dva kočiona kruga[1]



Slika 27. Shematski prikaz sustava s dva kočiona kruga [1]

Na slici 38, kompresor (1) pumpa zrak u dovodni spremnik (5), koji je zaštićen od prekomjernog tlaka sigurnosnim ventilom (4). Zrak pod tlakom kreće se od dovodnog spremnika do primarnog spremnika (9) i sekundarnog spremnika (10) kroz jednosmjerne povratne ventile (6). U ovom trenutku počinju dvostruki krugovi. Zrak iz primarnog spremnika usmjerava se na nožni ventil (11). Zrak se usmjerava iz sekundarnog spremnika prema nožnom ventilu. Nožni ventil sličan je onom ranije opisanom u osnovnom sustavu zračnih kočnica, ali je podijeljen u dva dijela (dva nožna ventila u jednom). Jedan dio ovog dvostrukog nožnog ventila kontrolira primarni krug, a drugi kontrolira sekundarni krug. Kada se aktivira kočnica, zrak izlazi iz primarnog spremnika kroz nožni ventil i prenosi u komore stražnje kočnice. U isto vrijeme, zrak se izvlači iz sekundarnog spremnika, prolazi kroz nožni ventil i prenosi se dalje u komore prednje kočnice. Ako postoji gubitak zraka u bilo kojem krugu, drugi će nastaviti raditi neovisno. Osim ako se zrak izgubi u oba kruga, vozilo će i dalje imati sposobnost kočenja. Primarni i sekundarni krugovi opremljeni su uređajima za upozorenje niskog tlaka zraka, koji se aktiviraju prekidačem indikatora niskog tlaka zraka (7) i mjeracima tlaka zraka u spremniku (8) koji se nalaze na kontrolnoj tabli vozila.

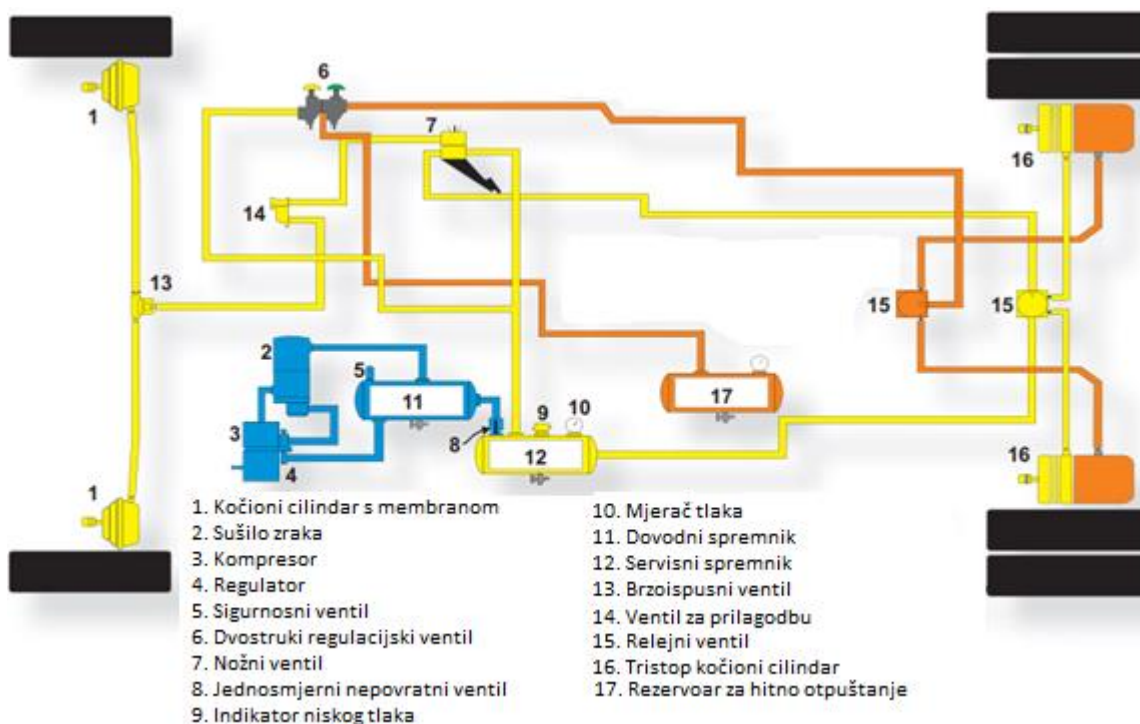


Slika 28. Papuča zračne kočnice [1]

3.4. Dodatni pneumatski sustavi

Pneumatski sustavi koje smo do sada obradili prikazali osnovne funkcionalnosti no s obzirom na brz razvoj tehnike javljaju se još poneki sklopovi koje nam pružaju veću sigurnost u prometu.

Slika 29. nam prikazuje takav sustav. Većina dijelova nam je poznata pa ćemo se pozabaviti tumačenjem nepoznatih pojmova ovog sustava i modernim elektronički kontroliranim sustavima.



Slika 29. Shema pneumatskog sustava sa dvostrukim regulacijskim ventilom i sustavom spremnika [1]

3.4.1. Brzoispusni ventil

U osnovnom sustavu, kada vozač otpusti nožni ventil, bilo bi potrebno da se zrak pod tlakom u kočionim komorama vrati u nožni ventil kako bi otpustio kočnice. Ova radnja otpuštanja bila bi usporena u vozilima s dugim međuosovinskim razmakom zbog duljih vodova između nožnog ventila i stražnjih kočionih komora. Kako bi se omogućilo brzo i potpuno otpuštanje kočnica zrak se ispušta u blizini kočionih komora. Za tu namjenu služi ventil za brzo ispuštanje odnosno brzoispusni ventil.

3.4.2. Relejni ventil

Papuča kočnice se obično nalazi bliže prednjim kotačima nego stražnjim kotačima. Što je veća udaljenost od nožnog ventila do stražnjih komora, to će više vremena trebati prije nego što se aktiviraju stražnje kočnice. To je poznato kao kašnjenje kočenja. Kako bi se ispravilo ovo stanje na vozilu s dugim međuosovinskim razmakom, u blizini stražnjih kočionih komora ugrađen je relejni ventil. Između glavnog spremnika i relejnog ventila spojena je cijev većeg promjera. Zračni vod od nožnog ventila do relejnog ventila sada postaje "kontrolni vod". Kada je nožni ventil pritisnut, tlak zraka u kontrolnom vodu djeluje kao upravljački signal relejnog ventila koji tako propušta zrak iz rezervoara izravno u komore stražnje kočnice kroz cijev većeg promjera. Zrak koji se iz rezervoara ispušta na ovaj način bit će istog tlaka kao i kontrolni tlak ali će prije stići do stražnjih kočnica. Otpuštanjem nožnog ventila tlak u signalnom vodu će pasti i relejni ventil će prekinuti protok zraka iz spremnika u stražnje komore. Dodatna prednost je kratki put od kočionih komora do relejnog ventila kroz koji će se zrak brzo ispustiti iz kočionih cilindara.

3.4.3. Ventil za prilagodbu

Za bolju kontrolu upravljanja na skliskoj površini ceste, prednost može biti smanjenje sile kočenja na prednjim kotačima. To se može postići ugradnjom kontrolnog ventila u kabinu i ventila za prilagodbu sile kočenja na prednjoj osovini.



Slika 30. Priključci regulatora [1]

Ventil za prilagodbu postavljen je u "normalni" položaj za suhe površine ceste i tlak zraka za primjenu prednjeg kočenja je normalan. Na skliskoj cesti, ventil je postavljen u položaj "skliska cesta". U tom slučaju će se tlak zraka na prednjim kočnicama smanjiti na 50 posto tlaka zraka koji se šalje u komore stražnjih kočnica. Na ovaj način smanjujemo trošenje kočionih obloga prednjih kotača kod vozila koja često voze nizbrdo.

3.4.4. Tristop kočioni cilindar

Tristop kočioni cilindar ili kombinirani kočioni cilindar sastoji se od kočionog cilindra s membranom i opružne parkirne kočnice.

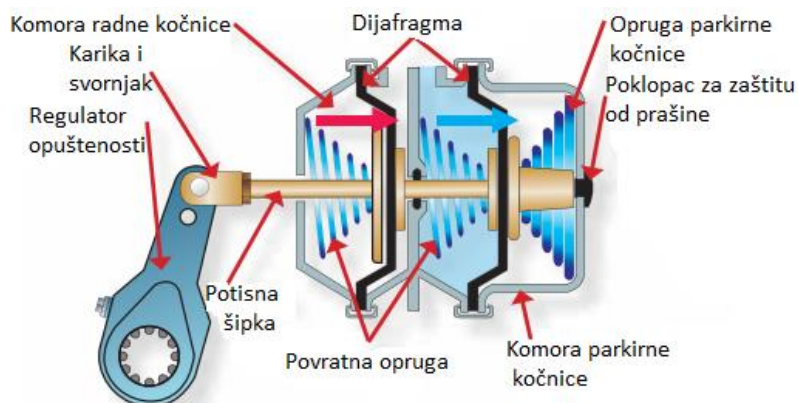
Opružne parkirne kočnice mogu se ugraditi na vozilo opremljeno zračnom kočnicom za korištenje kao pouzdan sustav parkirne kočnice. U sustavu radne kočnice, kočnice se aktiviraju pomoću tlaka zraka, a potisne šipke se uvlače pomoću opruga. U sustavu opružne parkirne kočnice, kočnice su aktivirane pritiskom opruge, a potisne šipke se uvlače pritiskom zraka. Komore opružne parkirne kočnice pričvršćene su na komore radne kočnice i rade preko iste veze, stoga učinkovitost opružne parkirne kočnice ovisi o podešavanju radne kočnice. Upravljački ventil (kojim se upravlja pomoću četvrtastog, žutog gumba) smješten u kabini omogućuje vozaču da krug parkirne kočnice stavi pod tlak kako bi otpustio kočnicu. Neki sustavi mogu imati dodatni ventil kojim se upravlja plavim gumbom koji aktivira samo opružne parkirne kočnice kamiona, a ne i opružne parkirne kočnice prikolice. Sustav može djelovati kao kočnica za slučaj opasnosti. Gubitak zraka iz sustava može automatski aktivirati kočnice, ovisno o tome kako je sustav razveden.



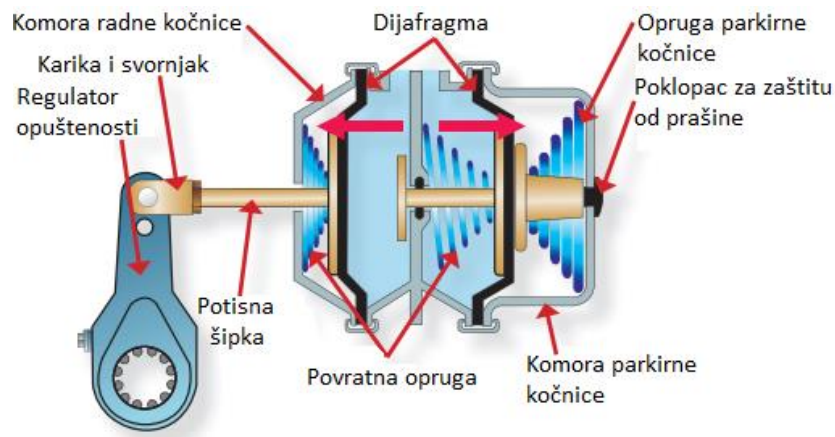
Slika 31. Gumb za aktivaciju upravljačkog ventila [1]

Ventil opružne kočnice zahtijeva da se gumb gurne kako bi se otpustile opružne parkirne kočnice. Ovaj se ventil ne može ostaviti u aktiviranom položaju ispod približno 240 kPa u sustavu. Svaki put kada tlak u spremniku padne na približno 240 kPa, ovaj ventil će automatski otpustiti zrak iz komore parkirne kočnice, stavljajući opružne parkirne kočnice u punu primjenu. Na nekim starijim vozilima može postojati jedna vrsta potisnog kontrolnog ventila koji nema značajku automatskog otpuštanja.

Kontrolni ventili će se razlikovati, ovisno o proizvođaču i vrsti cjevovoda. Tijekom normalnog rada, tlak zraka u komori parkirne kočnice drži oprugu parkirne kočnice u sabijenom položaju spremnom za parkiranje ili kočenje u nuždi.



Slika 32. Komora opružne kočnice- kočnice otpuštene dovodom zraka [1]



Slika 33. Komora opružne kočnice - radna kočnica uključena, parkirna kočnica otpuštena [1]

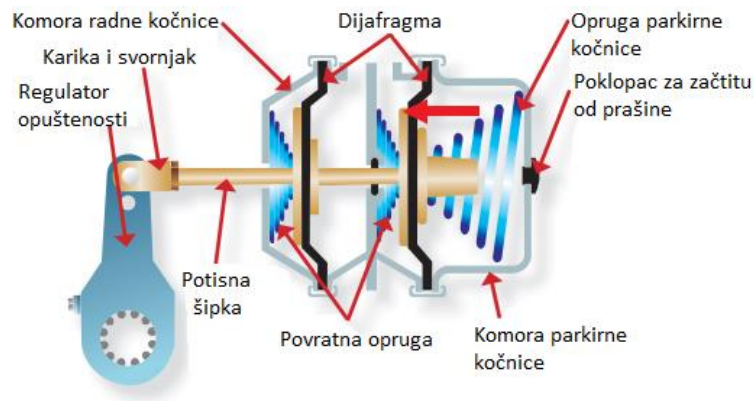
Opružne parkirne kočnice, dodane kočionim komorama stražnje osovine na vozilu s jednom jedinicom, ilustrirane su na slici 33. Pritiskanjem gumba omogućuje se protok zraka iz spremnika do komora opružne parkirne kočnice, otpuštajući ih. Izvlačenjem gumba prekida se dovod tlaka zraka u komoru i ispušta se postojeći tlak u komorama opružne parkirne kočnice.

Ovaj postupak omogućuje širenje opruge i time aktiviranje parkirne kočnice. Parkirne kočnice trebaju biti u otpuštenom položaju prije aktiviranja radne kočnice. Potpuno kočenje, kada se aktiviraju parkirne kočnice, može pojačati silu koja djeluje na polugu kočnice i rezultirati oštećenjem ili kvarom kočnice.

Opružne kočnice prvenstveno se koriste kao parkirne kočnice, ali u slučaju gubitka tlaka zraka u sustavu mogu pomoći pri zaustavljanju vozila.

Koliko brzo će zaustaviti vozilo ovisi o čimbenicima kao što su:

- težina i brzina vozila,
- strmina nagiba,
- opružna sila opružnih kočnica koje su ugrađene i
- podešenost radnih kočnica.



Slika 34. Komora opružne kočnice - nema dovoda zraka, aktivirana opružna parkirna kočnica [1]

Ako su se kočnice pregrijale, primjerice tijekom brdske vožnje ili oštrog kočenja na autocesti, moramo biti oprezni pri parkiranju vozila. Do problema dolazi kada se opružne parkirne kočnice aktiviraju, a bubanj kočnice je proširen zbog ekstremnog zagrijavanja. Bubanj kočnice će se hladiti i skupljati pa pritisak koji izvodi opružna parkirna kočnica može uzrokovati pucanje ili deformaciju bubnja kočnice. Kada dođe do pregrijanja kočnica, ne smijemo aktivirati opružne kočnice dok ne provjerimo dali su kočnice hladne na dodir.

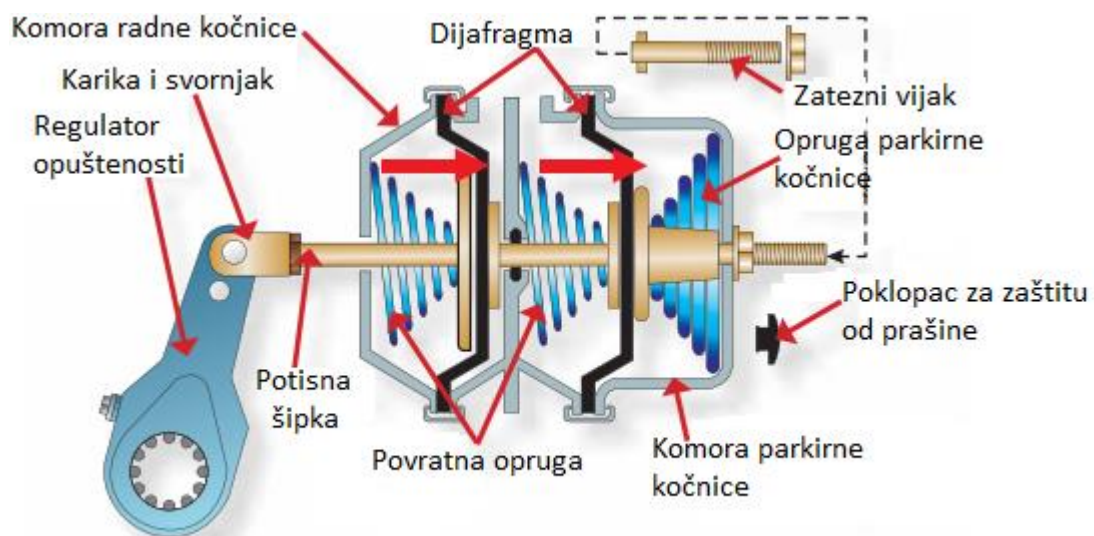
Neka vozila, poput autobusa, mogu biti opremljena spremnikom za hitno otpuštanje.

Ako se iz nekog razloga izgubi tlak zraka u glavnom rezervoaru, automatski će se aktivirati opružne kočnice. Vozač može otpustiti opružne kočnice u početni položaj dovođenjem stlačenog zraka iz spremnika za nuždu.

Otpuštanje u nuždi koristilo bi se samo za pomicanje vozila s neželjene lokacije, ako su parkirne kočnice bile aktivirane zbog niske razine zraka u glavnom spremniku.

Mehaničko otpuštanje

Neke opružne kočnice mogu se mehanički staviti u sabijeni položaj pomoću zateznog vijka, koji prolazi kroz središte tijela komore. Rotacijom vijka vraćamo oprugu u sabijeno stanje. Upute kako sabiti oprugu najčešće se nalaze na kućištu komore parkirne kočnice.

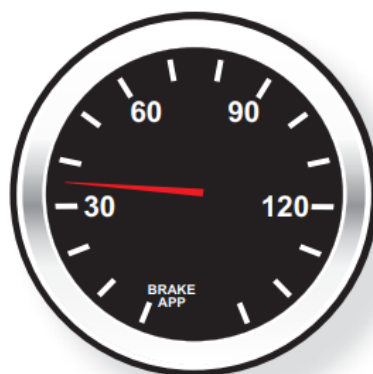


Slika 35. Komora opružne komore - nema dovoda zraka, opružna parkirna kočnica s kavezom [1]

Komore opružne parkirne kočnice nikada se ne smiju rastavljati bez prethodnog sabijanja opruge sa zateznim vijkom. Ove su opruge pod ekstremnim pritiskom i mogu uzrokovati ozbiljne tjelesne ozljede ako ih pokuša rastaviti netko tko nema iskustva u servisiranju ovih jedinica. Rastavljanje komore opružne kočnice smije obavljati samo kvalificirani mehaničar.

3.4.5. Mjerač primjene kočnica

Dodatni mjerač može se ugraditi na kontrolnu ploču za označavanje pritiska zraka kod aktiviranih kočnica. Ovaj mjerač je postavljen na cijev koja vodi stlačeni zrak prema kočionim komorama.



Slika 36. Mjerač primjene kočnica [1]

3.4.6. Prekidač stop svjetla

Svaki vozač koji slijedi vaše vozilo mora biti upozoren kada smanjujete brzinu ili zaustavljate vozilo. Kako bi vozači bili upozoreni na vrijeme tijekom kočenja zadužen je prekidač stop svjetla. Prekidač stop svjetla je električni prekidač aktiviran tlakom zraka . Prilikom pritiskanja pedale kočnice, prekidač uključuje stop svijetla na stražnjem dijelu vozila.

3.4.7. Sustav protiv blokiranja kočnica (ABS eng. Anti-lock brake system)

Sustav protiv blokiranja kotača elektronički je sustav koji u svakom trenutku prati brzinu kotača i kontrolira brzinu kotača tijekom kočenja. Prilikom naglog kočenja ovaj sustav puno puta otpušta i ponovno steže kočnice, kako bi vozilo imalo što bolji kontakt sa cestom. To sprječava proklizavanje kotača po podlozi i povećava stabilnost i kontrolu vozila tijekom hitnog zaustavljanja i u nepovoljnim situacijama kao što su mokre ili zaleđene ceste, kroz zavoje ili tijekom promjene trake. Sustav zračnih kočnica ostaje isti uz dodatak ABS komponenti.

ABS se u osnovi sastoji od:

- elektronička upravljačka jedinica (ECU eng. Electronic control unit),
- senzor brzine kotača i
- ABS ventili.

3.4.8. Elektronska kontrola proklizavanja (TCS eng. Traction control system)

Automatska kontrola proklizavanja je elektronički sustav koji nadzire okretanje kotača pri ubrzanju i koristi kontrolirano kočenje za povećanje prijanjanja. Ovaj sustav smanjuje mogućnost proklizavanja kotača izazvanog pretjeranim okretanjem kotača tijekom ubrzavanja, uz poboljšanje sposobnosti vozača da manevrira vozilom na skliskim površinama kroz zavoje i promjene trake. ATC je opcija dostupna samo na vozilima opremljenim ABS-om.

3.5. Sustav na prikolicama

Do ove točke, sustav o kojem se raspravlja je sustav zračnih kočnica kamiona ili traktora. Ako je prikolica spojena na kamion ili traktor, kočnicama prikolice može se upravljati iz kamiona ili traktora.

3.5.1. Spojne glave

Ovaj se pojam odnosi na uređaj koji se koristi za spajanje plavog upravljačkog voda i crvenog napojnog voda kamiona na prikolicu. Spojnice se sastoje od dva dijela, jedan na kamionu dok se drugi nalazi na crijevu prikolice. Ove spojnice se spajaju zajedno postavljajući ih u položaj za zaključavanje. Spojnice imaju gumene brtve koje sprječavaju izlazak zraka na spojevima.



Slika 37. Spojne glave [12]

Prije spajanja, spojnice moraju biti bez prljavština. Kada ih spajate, počnite s dvije brtve zajedno i spojnicama pod kutom od 90° jedna prema drugoj. Brzi klik prema dolje će spojiti i zaključati spojnice. Vozila opremljena lažnim spojnicama trebaju ih koristiti kad god se vozilo koristi bez prikolice kako bi se spriječilo ulazak vode i prljavštine u spojnice i vodove.



Slika 38. Lažne spojnice [1]

Ako jedinica nije opremljena lažnim spojnicama, spojna glava upravljačkog voda može se zaključati na spojnu glavu napojnog voda kako bi se spriječilo ulazak vode i prljavštine u neiskorištene vodove. Što je dovod zraka čišći, manja je mogućnost problema s kočnicama.

Spojne glave i vodove treba osigurati kako bi se spriječilo trljanje vodova o dijelove vozila ili odbijanje od vozila. To bi moglo ozbiljno oštetiti spojne glave ili vodove.

Aktivacijski vod

Aktivacijski vod je naziv za upravljački plavi vod. Ovaj vod je povezan s nožnim i ručnim ventilom. Kada vozač pritisne nožni ventil, zrak će se isporučiti u kočnice kamiona i kočnice prikolice. Kada vozač otpusti papuču nožnog ventila, zrak u komorama kočnica prikolice mora se vratiti u nožni ventil kako bi se ispustio u atmosferu.

Nedostaci ovog sustava su:

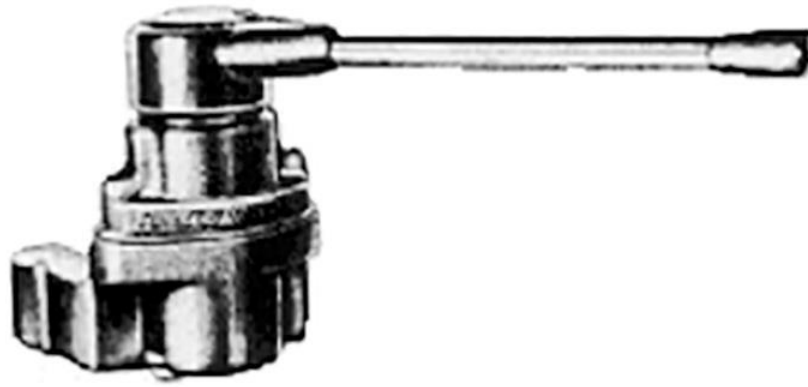
- Kad bi se prikolica otkačila od kamiona, prikolica ne bi imala kočnice.
- Ako bi se napojni vod odvojio ili puknuo, kočnice prikolice se ne bi aktivirale, a dovodni zrak bi se izgubio iz kamiona ako bi se kočnice aktivirale.
- Gubljenje tlaka zraka u spremniku rezultiralo bi nemogućnošću aktiviranja kočnice kamiona ili prikolice.
- Kočnice prikolice ne mogu se aktivirati neovisno o kamionu i ne postoji način za podešavanje kočnica prikolice prilikom spajanja na kamion.
- Aktiviranje i otpuštanje kočnica prikolice bilo bi sporije od kočnica kamiona.

Ovi nedostaci su prevladani dodavanjem napojnog voda i ventila o kojima se govori na sljedećim stranicama.

3.5.2. Ručni ventil

Svrha ručnog ventila kočnice prikolice je omogućiti vozaču da neovisno kontrolira pritisak zraka koji se usmjerava na kočnice prikolice. Ventil omogućuje vozaču da aktivira kočnice prikolice neovisno o kočnicama kamiona. Tlak zraka ovisi koliko vozač povuče ručku (ne može premašiti tlak zraka u spremniku).

Napomena: Ručni ventil kočnice prikolice ne smije se koristiti za parkiranje bez nadzora, jer bi zrak mogao izaći i dovesti do gubitka kočnica.



Slika 39. Ručni ventil [14]

3.5.3. Dvosmjerni nepovratni ventil

Svrha dvosmjernog nepovratnog ventila je usmjeravanje protoka zraka u zajednički vod iz bilo kojeg od dva izvora. Ovaj ventil će omogućiti strujanje zraka iz izvora koji dovodi viši tlak za aktivaciju kočnica.



Slika 40. Dvosmjerni nepovratni ventil [1]

Ovaj ventil se nalazi između nožnog ventila i ručnog ventila. Svaki put kada se aktivira kočnica prikolice pomoću ručnog ventila, vozač može pritisnuti papuču nožnog ventila. Ako je primjena nožnog ventila s višim tlakom od one ručnog ventila, dvosmjerni nepovratni ventil će blokirati stranu nižeg tlaka, dopuštajući da viši tlak bude usmjeren na kočnice kamiona i prikolice. Tijekom primjene nožnog ventila, ako vozač ručno aktivira viši tlak zraka, dvosmjerni nepovratni ventil usmjerit će tlak zraka ručnog ventila na kočnice prikolice.

Iako se kočnice prikolice mogu aktivirati neovisno pomoću ručnog ventila, maksimalni radni tlak može biti samo isti ili malo manji od tlaka u spremniku.

3.5.4. Zaštitni ventil

Zaštitni ventil sprječava potpuni gubitak zraka iz kamiona ako se prikolica odvoji ili ako se spojni vodovi za zrak između kamiona i prikolice odvoje ili puknu.



Slika 41. Zaštitni ventil [15]

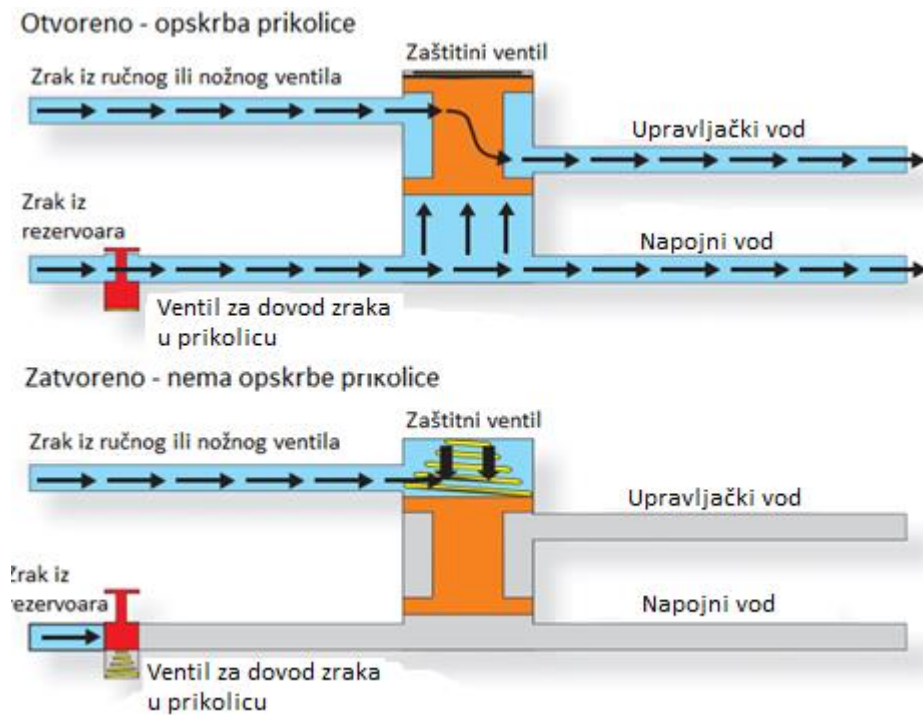
Zaštitni ventil regulira se pomoću ventila za dovod zraka (obično crveni osmerokutni gumb) u prikolicu koji se nalazi u kabini. Vozač otvara ventil pritiskom ili povlačenjem gumba, ovisno o vrsti koja se koristi.



Slika 42. Gumb za dovod zraka u prikolicu [1]

Pritiskanje ili povlačenje ovog gumba utječe nam na položaj ventila za dobavu zraka u prikolicu. Pritiskom gumba stlačeni zrak dolazi do zaštitnog ventila. Stlačeni zrak djeluje na cilindar u zaštitnom ventilu i podiže ga gore. Time je omogućen protok zraka iz nožnog ili ručnog ventila prema upravljačkom vodu. Zrak koji dolazi iz ventila za dovod zraka u prikolicu ujedno ulazi u napojni vod.

Ventil za dovod zraka u prikolicu je opterećen oprugom i puštat će zrak prema zaštitnom ventilu sve dok je tlak zraka dovoljno visok. Ako tlak zraka padne na raspon između 310 *kPa* i 140 *kPa*, ventil će se automatski zatvoriti pritiskom opruge, otvarajući ispušni otvor. Vozač može ručno zatvoriti ventil, što će otvoriti ispušni otvor na prikolici i aktivirati opružne parkirne kočnice.



Slika 43. Princip rada zaštitnog ventila [1]

4. Podešavanje kočnica i provjera tijekom rada

Podešavanje kočnica i provjera je jako bitna zbog same sigurnosti vozača, ali i ostalih sudionika u prometu. U nekoliko idućih stranica opisano je kako provjeriti i podesiti pneumatske kočnice.

4.1. Podešavanje kočnica

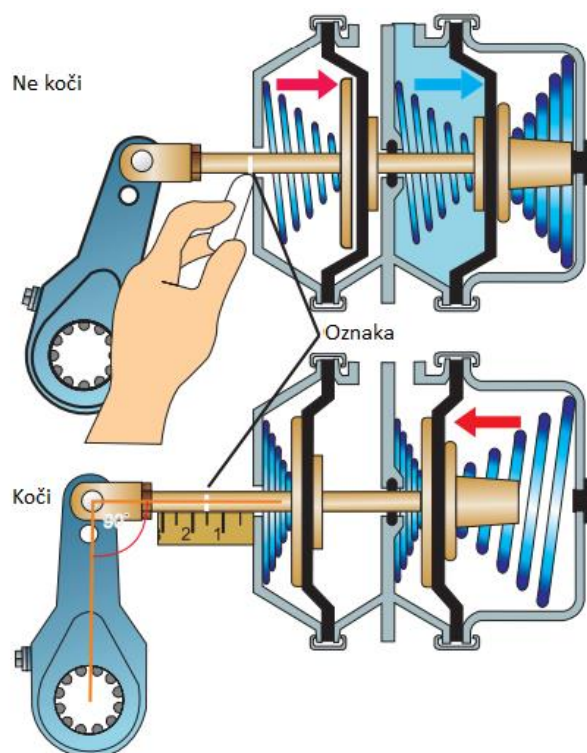
Na vozilima opremljenim hidrauličkim kočnicama moguće je pritisnuti papučicu kočnice kako bi se kompenzirale kočnice koje nisu podešene. To nije moguće s vozilom opremljenim sustavom zračnih kočnica s ručnim podešavanjem poluge kočnica. Kada se kočnice podešavaju pomoću poluge kočnica, papuče se pomiču prema van. To ih dovodi što je moguće bliže bubnjevima, smanjujući količinu slobodnog hoda kada se kočnice pritisnu te smanjuje količinu zraka koja se koristi za aktiviranje kočnica.

Podešavanje kočnice (hod potisne poluge) mora se provjeriti kao dio pregleda zračne kočnice prije vožnje.

Bubanj kočnica

Sljedeći su preporučeni koraci za utvrđivanje dali se kočnica s ručnom ili automatskom polugom kočnica treba podešavati.

- Provjerite je li vozilo sigurno i jesu li kotači blokirani.
- Ugasite motor, ostavljajući mjenjač u niskom stupnju prijenosa ili parkirajte, a zatim otpustite opružne parkirne kočnice.
- Napravite oznaku kredom na mjestu gdje svaka potisna šipka ulazi u komoru kočnice.
- Ponovno aktivirajte opružne parkirne kočnice i izmjerite udaljenost od kočione komore do oznake kredom. Provjerite je li opuštenost (hod poluge za potiskivanje) unutar 19 mm i 38 mm ili unutar specifikacija proizvođača, a kut između poluge kočnica i potisne šipke 90° ili što je moguće bliže. Ako nije, tada je potrebno podešavanje kočnice.



Slika 44. Pregled hoda potisne šipke[1]

Kada kočnice nisu prilagođene, učinkovitost kočenja smanjuje se zbog tri faktora:

1. Potrebna sila za kočenje se povećava jer je potreban dodatni zrak za punjenje i stvaranje tlaka povećanog volumena komore uzrokovanog povećanim hodom potisne šipke.
2. Kut između poluge za podešavanje opuštenosti i potisne šipke postaje veći od 90° , što rezultira gubitkom sile između obloga i bubnja.
3. Učinkovitost membranskih kočionih komora značajno opada ako hod premašuje 75% planiranog hoda. Za komoru tipa 30 (760 mm^2 efektivne površine membrane) koja ima projektirani hod od 63 mm , kočnice bi trebale biti podešene na ili prije 38 mm hoda. S radnim tlakom od 690 kPa ova će komora proizvesti silu od 13500 N pri hodu od 38 mm , ali samo 1150 N sile pri hodu od 57 mm . Imajmo na umu da kada komora dosegne dno, sila se smanjuje na nulu.

Ostali čimbenici koji utječu na sposobnost kočenja vozila uključuju:

- pregrijane kočnice,
- istrošene obloge,
- bubnjevi velikih dimenzija,
- neispravni ventili,
- ventili s tlakom otpuštanja iznad normalnog,

- djelomično zaglavljene bregaste osovine kočnica ili sidra papuča,
- prekomjerna vlaga i
- onečišćene kočne obloge.

Pomak i sila

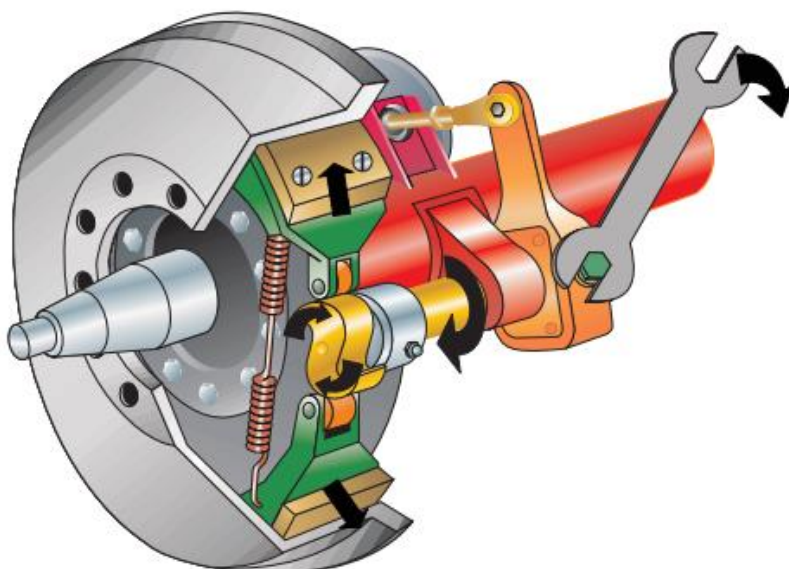
Količina sile koja je dostupna na potisnoj šipki dosljedna je do 50 mm hoda. Nakon 50 mm, sila potisne šipke vrlo brzo opada.

Na vozaču je osigurati da vozilo ima sigurne, pravilno podešene kočnice. Ako kočnice ne rade ispravno čak i uz dovoljan tlak zraka, treba stati, provjeriti kočnice i po potrebi ih prilagoditi. Kvarovi kočnica rijetko su rezultat većeg kvara sustava. Obično su rezultat neprilagođenosti kočnica, često do te mjere da na nekim kotačima nema kočenja.

Pod čestim uvjetima kočenja i ovisno o jačini, doći će do određenog širenja bubnja kočnice zbog topline, a količina će varirati ovisno o debljini bubnja. Ovo proširenje bubnja će povećati ukupni hod potisne šipke.

4.1.1. Podešavanje bubanj kočnice s ručnom polugom kočnice

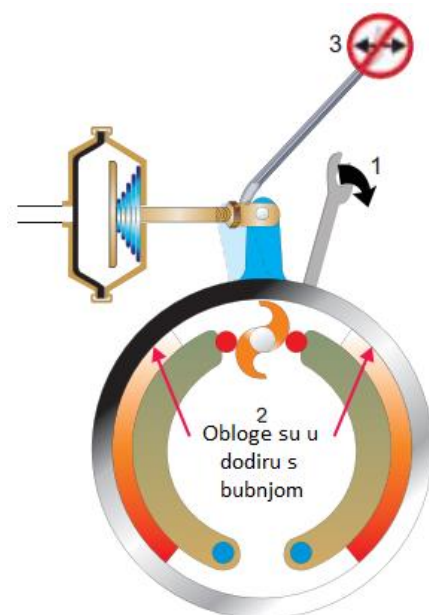
Podešavanje bubanj kočnica jako nam je bitno kako bi osigurali pravilan rad same kočnice. Na slici 45. možemo vidjeti detaljniji prikaz bubanj kočnice, kako bismo bolje razumijeli samo podešavanje.



Slika 45. Podešavanje bubanj kočnice s ručnom polugom kočnice [1]

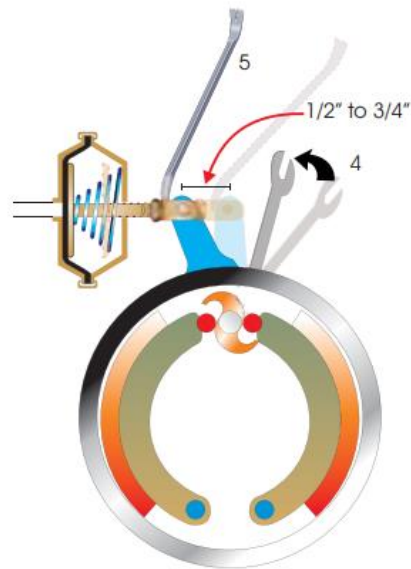
Slijedeći su postupci za podešavanje bubanj kočnica s ručnim regulatorom:

- Provjerite je li vozilo sigurno i kotači blokirani, otpustite parkirnu kočnicu.
- Provjerite je li sustav pod punim tlakom.
- Okrećite vijak za podešavanje (1) dok obloga ne dodirne bubanj i vijak za podešavanje se više ne okreće. Ako je moguće, vizualno provjerite jesu li kočione obloge u kontaktu s kočionim bubnjem (2). Povucite ili pogurnite polugu kočnica (3). Ne bi trebalo biti kretanja ili slobodnog hoda. Ako postoji slobodan hod, vijak za podešavanje ste okrenuli u krivom smjeru.



Slika 46. Ilustracija podešavanja kočnica [1]

- Prilikom okretanja vijka za podešavanje na poluzi kočnica, S-brijeg bi se trebao okretati u istom smjeru kao da se koči.
- Odvijte vijak za podešavanje oko $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ kruga i osigurajte da se uređaj za zaključavanje ponovno zahvati.
- Sada ponovno provjerite hod poluge kočnica. Hod bi sada trebao biti između 12 do 19 mm slobodnog hoda dok povlačite polugu rukom ili pomoću motke. Svakako provjerite upute proizvođača.



Slika 47. Provjera hoda poluge kočnica [1]

4.1.2. Bubanji kočnica sa automatskom polugom kočnica

Automatske poluge kočnica same se prilagođavaju tijekom primjene kočnice kako bi se prilagodili istrošenosti kočionih obloga i bubnja. Međutim, moraju se provjeravati svakodnevno kako bi se osiguralo da održavaju ispravan hod potisne poluge kada je kočnica pritisnuta. Uobičajeno će dvije do četiri primjene kočnice od 550 kPa do 690 kPa dnevno održavati kočnice ispravno podešenima. Ako su jako izvan prilagodbe, kvalificirana osoba bi ih trebala pregledati. Ne preporučuje se ručno podešavanje automatskih poluga kočnica osim ako niste temeljito obučeni za primjenu postupaka, podešavanja kako to diktira proizvođač. Ako automatska poluga kočnica ne radi ispravno, treba ju pregledati ili zamijeniti obučena i kvalificirana osoba što je prije moguće.

4.1.3. Podešavanje disk kočnica

Postoji niz marki i modela pneumatskih disk kočnica, od kojih svaka ima drugačiji postupak podešavanja. Stoga se preporučuje da pogledate priručnik proizvođača za podešavanje.

4.1.4. Postupci poslije podešavanja kočnica

Prilikom prvog zaustavljanja nakon podešavanja kočnica, provjerite temperaturu svakog kočionog bubnja. Prevruci bubanj kočnice ukazuje na to da ste ga pretjerano namjestili.

Tek kada su sve kočnice pravilno podešene, sustav će moći apsorbirati potrebnu količinu energije da dovede opterećeno vozilo do sigurnog zaustavljanja u ekstremnim uvjetima. Imajte na umu da loše podešene zračne kočnice mogu izgledati kao da rade pri malim brzinama. Jedini način da budete sigurni da su kočnice vašeg vozila pravilno podešene je da fizički provjerite kočnice na svakom kotaču.

4.2. Provjere tijekom rada

U nekim područjima znakovi su postavljeni prije strmih ili dugih nizbrdica. Ovi znakovi pokazuju da vozač mora zaustaviti vozilo na mjestu za zaustavljanje i pregledati kočioni sustav prije nego što nastavi.



Slika 48. Znak za vozača da mora provjeriti kočioni sustav [1]

Provjerite sljedeće:

- kompresor održava puni tlak zraka u rezervoaru,
- hod potisne šipke unutar je ograničena na svim komorama,
- nema curenja zraka,
- spojne glave i vodovi su sigurni,
- bubnjevi, ležajevi i gume se ne pregrijavaju i
- dovodni ventil prikolice ispravno radi.

Ovo bi se trebalo koristiti samo kao provjera u radu i ne smije se pogrešno smatrati dnevnim pregledom zračnih kočnica prije putovanja.

Vozač mora u svakom trenutku biti svjestan stanja kočionog sustava vozila. To se može učiniti na sljedeći način:

- promatranje mjerača tlaka,
- slušanje signala upozorenja i
- osjećaj reakcije vozila na kočenje.

Ovim metodama vozač bi trebao moći uočiti sve nedostatke koji se razvijaju u kočionom sustavu i biti svjestan da je potrebno servisiranje ili podešavanje.

4.3. Održavanje i servisiranje zračnog kočnog sustava

Provjere preventivnog održavanja osmišljene su kako bi spriječile mehaničke kvarove koji mogu biti posljedica nemara. Ove provjere smanjuju troškove popravka otkrivanjem manjih mehaničkih nedostataka koji bi se inače razvili u velike kvarove.

Upamtite, ako je jedan set kočionih papuča loše podešen, preostali setovi kočionih papuča moraju povećati snagu kočenja i mogu se pregrijati.

Preventivno održavanje može se dodijeliti ekipi za održavanje ili vozaču. Međutim, prije nego što se vozilo pomakne, vozač mora osigurati da je kočioni sustav u ispravnom stanju.

5. Pregled zračnih kočnica prije putovanja

Pregled zračnih kočnica jako je bitan kako bi se utvrdila ispravnost samih kočnica. Ujedno je bitan pregled zbog sigurnosti vozača te ostalih sudionika u prometu.

5.1. Samostalna jedinica (koja nema hidraulički sustav)

Sigurno vozilo

- Aktivirajte opružnu parkirnu kočnicu vozila.
- Blokirajte kotače; vozilo bi trebalo biti na ravnoj podlozi ako je moguće.
- Provjerite je li kompresor pričvršćen.
- Potpuno ispraznite sve spremnike (najprije dovodni spremnik). Kada su spremnici prazni, zatvorite ventile za ispuštanje.
- Provjerite kočione komore, zračne vodove i poluge kočnica, zbog sigurnost i trošenja.

NAPOMENA: Prilikom pražnjenja spremnika zraka, svakako otvorite ispusne slavine do kraja, ispuštajući s maksimalnog tlaka sustava na nulti tlak. To će omogućiti maksimalno ispuštanje kondenzata iz spremnika . Uvijek ispraznite dovodni spremnik prije ispuštanja servisnih spremnika.

Provjera kompresora i uređaja za upozorenje

- Pokrenite motor u praznom hodu kako biste podigli tlak zraka.
- Uređaj(i) za upozorenje mora(ju) raditi na 380 *kPa* ili više.
- Pobrinite se da tlak zraka u spremniku poraste s 345 *kPa* na 620 *kPa* unutar tri minute.
- Otpustite opružnu parkirnu kočnicu na 620 *kPa* ili više kako biste spriječili povećanje pritiska kočnice.
- Nastavite povećavati tlak zraka u rezervoaru. Provjerite postavlja li regulator kompresor u prazni hod između najmanje 790 *kPa* i maksimalno 930 *kPa*.
- Pritisnite papučicu kočnice dok tlak ne padne na 550 *kPa*; prestanite s pritiskanjem da vidite je li regulator postavio kompresor u stupanj punjenja (očitanje na manometru mora se povećati).
- Nastavite pritiskati papučicu kočnice. Uređaj(i) za upozorenje mora(ju) raditi na ili prije 380 *kPa*, a opružna parkirna kočnica treba se aktivirati na ili prije nego što tlak u spremniku padne na 140 *kPa*.

Provjera na puštanje zraka

- Ponovno podignite tlak zraka u spremniku pri radnom hodu između 790 *kPa* minimalno i 930 *kPa* maksimalno, otpustite opružnu parkirnu kočnicu na 620 *kPa*.
- Ugasite motor.
- Potpuno pritisnite nožni ventil i držite. Promatrajte mjerač tlaka zraka u spremniku.
- Očitavanje ne smije pasti više od 30 *kPa* po minuti. Za točno očitavanje potrebno je pritisnuti kočnicu najmanje dvije minute.

- Poslušajte čujna curenja zraka.
- Puno otpustite kočnicu.

Pregled kočnica

Preporučeni koraci za utvrđivanje treba li podešavanje na bubanj kočnicama s ručnom polugom kočnica podešavanje.

- Provjerite je li vozilo sigurno i jesu li kotači blokirani. Provjerite je li sustav pod punim tlakom.
- Ugasite motor. Stavite mjenjač u niskom stupnju prijenosa.
- Otpustite opružne parkirne kočnice.
- Napravite kredom oznaku na mjestu gdje potisne šipke ulaze u komore kočnice.
- Ponovno aktivirajte opružne parkirne kočnice i izmjerite udaljenost od kočione komore do oznake kredom. Uvjerite se da je opuštenost (hod poluge za potiskivanje) unutar 19 do 38 mm ili unutar specifikacija proizvođača i da je kut između poluge kočnice i potisne šipke 90° ili što je moguće bliže. Ako nije, tada je potrebno podešavanje kočnice.

Ispitivanje kočenja

- Ponovno aktivirajte opružnu parkirnu kočnicu.
- Pokušajte pokrenuti vozilo u niskom stupnju prijenosa. Opružne kočnice bi trebale bi držati vozilo na mjestu.
- Otpustite opružne parkirne kočnice.
- Polako pomaknite vozilo naprijed i aktivirajte radnu kočnicu kako biste provjerili reakciju kočnice.

5.2. Kombinirane jedinice

Pregled pneumatskog sustava kombiniranih jedinica ne razlikuje se puno od pregleda sustava samostalnih jedinica. Kod pregleda kombiniranih jedinica najbitnije je dobro pregledati spojne glave i vodove koji povezuju kamion i prikolicu. Kako bi u potpunosti pregledali pneumatski sustav kombinirane jedinice potrebno je pregledati dijelove sustava na način koji je opisan u nastavku.

Provjera sustava za hitne slučajeve prikolice

- Odspojite napojni vod rukom.
- Kočnice prikolice trebale bi se aktivirati odmah.
- Ne bi trebalo biti gubitka zraka iz prikolice.
- Zrak iz kamiona treba:
 - a) odmah prestati ili,
 - b) odzračiti ne niže od 140 kPa i zaustaviti.
- Ponovno spojite naponi vod i napunite prikolicu. Ponovno podignite tlak ako je potrebno.

Provjera zaštitnog ventila

- Odspojite upravljački vod rukom.
- Zrak ne smije izlaziti iz spojnih glava kamiona ili prikolice.
- Otpustite opružnu parkirnu kočnicu.
- Zakočite do kraja. Kočnice kamiona će raditi normalno. Radne kočnice prikolice uopće neće funkcionirati. Uz održavanje primjene kočnice, zrak će nastaviti izlaziti iz upravljačkog voda sve dok tlak zraka u spremnicima ne padne ispod 140 *kPa*. Dovod prikolice i zaštitni ventil će se zatvoriti i aktivirat će se kočnice kamiona i prikolice. Gubitak zraka iz napojnog voda će se zaustaviti.
- Ponovno spojite upravljački vod.

6. Zaključak

Kočnice i kočioni sustavi su jako bitni čimbenici za sigurnost cestovnog prometa. Kočnice nam u prometu omogućuju sigurno usporavanje i zaustavljanje vozila na određenom mjestu.

Kako bi kočenje bilo sigurno, u vozila se stavljaju kočnice u obliku bubnja ili diska. Analiziranjem principa rada kočionih sustava vidimo da kočioni sustavi imaju svoje prednosti i nedostatke. Svakodnevno se radi na poboljšanju kočionih sustava i smanjivanju njihovih nedostataka, zbog sigurnosti vozača i ostalih sudionika u prometu.

Kočioni sustavi u gospodarskim vozilima razlikuju se od osobnih vozila, zbog razlike u svakodnevnoj opterećenosti samog vozila. Sustavi se moraju prilagođavati na vozilo zbog promjene mase vozila s obzirom na njegov teret.

Pneumatski sustav kočenja koristi se većinom na gospodarskim vozilima ili vozilima veće težine. Kako bismo razumjeli princip rada pneumatskog sustava, u radu su detaljno opisane pojedine komponente i njihove uloge. Sustav ima dosta prednosti kao prvo jer koristi zrak iz atmosfere, koji nam je svima stalno dostupan, za aktivaciju kočenja. Ako nam zrak kojeg sustav koristi izađe u atmosferu, nećemo zagađivati ili bilo kako otjecati na okolinu. Problem ovog sustava je što gubi u potpunosti svoju funkciju, ako dođe do oštećenja nekog dijela. Problem ovog sustava je riješen pomoću kombiniranih kočionih sustava. Kombinirani kočioni sustavi povezuju prednosti i uklanjaju nedostatke, koje svaki sustav ima zasebno.

Kako bi smanjili greške pneumatskog sustava, potrebna su nam podešavanja i pregledi samog sustava. Pregledi i podešavanja se rade prema određenim smjernicama koje su opisane u radu. Vozač bi trebao redovito kontrolirati sustav kočenja zbog svoje sigurnosti, ali i sigurnosti ostalih sudionika u prometu.

Kako bi se dodatno poboljšao pneumatski sustav, danas se koriste hibridni elektro-pneumatski sustavi kočenja. Ovakav sustav bazira se na pneumatskom sustavu koji je opisan u radu, ali je poboljšan sa elektronskim komponentama. Dodatne komponente rješavaju probleme koje ima osnovni pneumatski sustav.

7. Literatura

- [1] https://www.inf.gov.nt.ca/sites/inf/files/resources/air_brake.pdf, dostupno 20.8.2022.
- [2] S. Mamić, Analiza kočionih sustava motornih vozila na zaustavni put, Završni rad, FPS, Zagreb, 2018.
- [3] <https://kfz-tech.de/Bilder/Kfz-Technik/HydraulischeBremse/DuoServo01.jpg>, dostupno 20.8.2022.
- [4] http://1.bp.blogspot.com/QIr_GQMdyFM/UBxwWUEqQWI/AAAAAAAAAhE/Apzdcg5zzRE/s400/Servo.jp, dostupno 20.8.2022.
- [5] https://www.motorcyclespecs.co.za/Technicale/Leading_shoe_drum_brake.html, dostupno 13.9.2022.
- [6] <https://www.globalspec.com/ImageRepository/LearnMore/20122/disc-brake38eb690b240064868bf95a79cdd4fad7e.png>, 20.8.2022.
- [7] <https://popraviauto.com/kako-rade-disk-kocnice-na-automobilu-glavni-delovi-koji-se-trose/>, 20.8.2022.
- [8] <https://www.foundationbrakes.com/media/documents/airdiscbrakes/awhitepapercaseforairdiscbrakes.pdf>, dostupno 9.9.2022.
- [9] <https://www.exxincanada.com/capabilities/s-cam-shafts.html>, dostupno 23.8.2022.
- [10] <https://www.amazon.com/0-160-Mount-Compressor-Pressure-Gauge/dp/B071P9QWWM>, dostupno 20.8.2022.
- [11] I. Kragulj, Sustavi kočenja teretnih cestovnih motornih vozila, Završni rad, FSB, Zagreb, 2015.
- [12] <https://www.ubuy.vn/en/product/23C01UMQ-kootans-emergency-glad-hands-with-valve-set-aluminum-gladhand-handshake-kit-universal-air-hose-brake>, 20.8.2022.
- [13] <https://www.autostanic.hr/blog/sigurnosni-sustavi-abs-sustav>, dostupno 9.9.2022.
- [14] https://www.sgi.sk.ca/documents/625510/627074/page_35_image.gif/ad9121fc-6481-4799-b06e-529e4dad924e?t=1502908633000, 20.8.2022.
- [15] <https://partitruck.com/products/40834438148>, dostupno 9.9.2022.
- [16] <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A175/datastream/PDF/view>, dostupno 23.8.2022.

Popis slika

Slika 1. Izgled kočionih bubnjeva kod zagrijavanja [1]	1
Slika 2. Promjena sile s obzirom na brzinu i težinu [1].....	2
Slika 3. Pritisak komprimiranog zraka na čep	3
Slika 4. Općeniti izgled sustava za kočenje [2]	5
Slika 5. Simplex kočnica [3].....	6
Slika 6. Duplex kočnica [4]	7
Slika 7. Duo servo kočnica [5]	8
Slika 8. Disk – kočnica [6]	9
Slika 9. Disk - kočnica na Porsche-u [7]	10
Slika 10. Regulator [1].....	13
Slika 11. Usisni i kompresijski hod kompresora [1]	14
Slika 12. Kompresor [1]	14
Slika 13. Spremnik [1].....	15
Slika 14. Sigurnosni ventil [1].....	16
Slika 15. Sušilo zraka [1].....	16
Slika 16. Osnovni pneumatski sustav [1]	17
Slika 17. Nožni ventil ili papuča kočnice [1]	18
Slika 18. Shema kočne komore i poluge kočnice (kočnica otpuštena) [1].....	18
Slika 19. Shema kočne komore i poluge kočnice (kočnica pritisnuta) [1].....	19
<i>Slika 20. Ručne i automatske poluge kočnica [1]</i>	<i>19</i>
Slika 21. Pneumatske disk kočnice [8].....	22
Slika 22. Bregasto vratilo sa S brijegom [9].....	23
Slika 23. Sklop stražnje kočnice [1]	23
Slika 24. Jednosmjerni nepovratni ventil [1].....	24
Slika 25. Mjerač tlaka zraka [10].....	25
Slika 26. Shema dobaave zraka u sustava s dva kočiona kruga[1].....	26
Slika 27. Shematski prikaz sustava s dva kočiona kruga [1].....	27
Slika 28. Papuča zračne kočnice [1]	28
Slika 29. Shema pneumatskog sustava sa dvostrukim regulacijskim ventilom i sustavom spremnika [1].....	28
Slika 30. Priključci regulatora [1].....	30
Slika 31. Gumb za aktivaciju upravljačkog ventila [1]	31
Slika 32. Komora opružne kočnice- kočnice otpuštene dovodom zraka [1]	31

Slika 33. Komora opružne kočnice - radna kočnica uključena, parkirna kočnica otpuštena [1]...	32
Slika 34. Komora opružne kočnice - nema dovoda zraka, aktivirana opružna parkirna kočnica [1]	33
Slika 35. Komora opružne komore - nema dovoda zraka, opružna parkirna kočnica s kavezom [1]	34
Slika 36. Mjerač primjene kočnica [1]	34
Slika 37. Spojene glave [12]	36
Slika 38. Lažne spojnice [1]	36
Slika 39. Ručni ventil [14].....	38
Slika 40. Dvosmjerni nepovratni ventil [1]	38
Slika 41. Zaštitni ventil [15]	39
Slika 42. Gumb za dovod zraka u prikolicu [1].....	39
Slika 43. Princip rada zaštitnog ventila [1].....	40
Slika 44. Pregled hoda potisne šipke[1]	42
Slika 45. Podešavanje bubanj kočnice s ručnom polugom kočnice [1].....	43
Slika 46. Ilustracija podešavanja kočnica [1]	44
Slika 47. Provjera hoda poluge kočnica [1].....	45
Slika 48. Znak za vozača da mora provjeriti kočioni sustav [1].....	46



SVEUČILIŠTE
SJEVER



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim privajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DANIJEL PAVEŠIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~ica~~ završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PNEUMATSKI KOCIOMI SUSTAV (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Pavešić

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DANIJEL PAVEŠIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/~~a~~ s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PNEUMATSKI KOCIOMI SUSTAV (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Pavešić

(vlastoručni potpis)