

SUSTAV OVJESA KOTAČA KOD MOTORKOTAČA I VOZILA

Starčević, Valentina

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Šibenik / Veleučilište u Šibeniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:738983>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**

Repository / Repozitorij:

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova
Veleučilišta u Šibeniku](#)



VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU

ODJEL PROMET

STRUČNI STUDIJ PROMET

Valentina Starčević

**SUSTAV OVJESA KOTAČA KOD
MOTORKOTAČA I VOZILA**

Završni rad

Šibenik, 2020.

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU

ODJEL PROMET

STRUČNI STUDIJ PROMET

**SUSTAV OVJESA KOTAČA KOD
MOTORKOTAČA I VOZILA**

Završni rad

KOLEGIJ: SREDSTVA I EKSPLOATACIJA SREDSTAVA
CESTOVNOG PROMETA

MENTOR: prof.dr.sc. IVAN MAVRIN

STUDENTICE: VALENTINA STARČEVIĆ

MATIČNI BROJ: 1219057976

Šibenik, lipanj 2020.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. SUSTAV OVJESA KOTAČA OD MOTORKOTAČA | 2 |
| 2.1. <i>DINAMIKA VOŽNJE MOTORKOTAČA</i> | 2 |
| 2.2. <i>OSOVINSKE REAKCIJE I POLOŽAJ TEŽIŠTA</i> | 5 |
| 2.3. <i>OKVIR MOTORKOTAČA</i> | 8 |
| 2.4. <i>OVJES KOTAČA MOTORKOTAČA</i> | 9 |
| 2.4.1. <i>Vođenje prednjih kotača</i> | 9 |
| 2.4.2. <i>Vođenje stražnjih kotača</i> | 11 |
| 3. SUSTAV OVJESA KOTAČA VOZILA | 13 |
| 3.1. <i>OVJES KOTAČA OSOBNIH VOZILA</i> | 13 |
| 3.1.1. <i>Kruta osovina</i> | 14 |
| 3.1.2. <i>Polukruta osovina</i> | 15 |
| 3.1.3. <i>Pojedinačna ovjes ili neovisna ovjes</i> | 15 |
| 3.2. <i>OPRUGE KOTAČA KOD PRIVREDNIH VOZILA</i> | 19 |
| 3.2.1. <i>Lisnate opruge</i> | 19 |
| 3.2.2. <i>Pneumatske opruge</i> | 20 |
| 3.2.3. <i>Elektronično kontroliranje zračne ovjesa (ECAS)</i> | 21 |
| 4. AMORTIZERI..... | 23 |
| 4.1. <i>JEDNOCILINDRIČNI AMORTIZERI</i> | 25 |
| 4.2. <i>DVOCILINDRIČNI AMORTIZERI</i> | 25 |
| 4.2.1. <i>Hidraulični dvocilindrični amortizer</i> | 25 |
| 4.2.2. <i>Niskotlačni plinski dvocilindrični amortizer</i> | 27 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 29 |
| LITERATURA..... | 30 |

SUSTAV OVJESA KOD MOTORKOTAČA I VOZILA

VALENTINA STARČEVIĆ

Vrlika 45B, 43500 Daruvar, stracevic.tina@gmail.com

U radu su opisani različiti sustavi ovjesa. Opisani su kod tri vrste motornih vozila, a to su: motorkotači, osobna vozila i privredna vozila. Ovjes kod motorkotača je bitna za njegovu stabilnost tijekom vožnje. Postoje dvije vrste ovjesa motorkotača, jedna upravljaju s vođenjem prednjih kotača, dok druga upravljaju s vođenjem stražnjih kotača. Motorkotači zbog svoje konstrukcije imaju specifičnu dinamiku vožnje. Ovjes kotača kod osobnih vozila dijeli se na: neovisni ovjes, krute osovine i polukrute osovine. Jedni od bitnih dijelova ovjesa su opruge i amortizeri. Opruge imaju ulogu da ublaže udarce koji nastaju prilikom progibanja kotača tijekom vožnje. Dije se na lisnate i pneumatske opruge. Amortizeri moraju spriječiti širenje i savijanje opruge tijekom vožnje i moraju prigušiti vibracije na karoseriji. Oni se dijele u osnovne skupine: teleskopski i polužni.

(30 stranica / 25 slika / 6 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: sustav ovjesa kotača, opruge, amortizeri, okvir vozila, kotači

Mentor: prof. dr. sc. Ivan Mavrin

Rad je prihvaćen za obranu: Da

BASIC DOCUMENTATION CARD

Polytechnic of Šibenik

Final paper

Department of Traffic

Professional Undergraduate Studies of Traffic

SUSPENSION SYSTEM FOR MOTORCYCLES AND VEHICLES

VALENTINA STARČEVIĆ

Vrlika 45B, 43500 Daruvar, starcevic.tina@gmail.com

The paper describes different suspension systems. They are described in three types of motor vehicles, namely: motorcycles, passenger cars and commercial vehicles. Suspension at the wheel is essential for its stability while driving. There are two types of motorcycle suspension, one controlling the guidance of the front wheels while the other controlling the guidance of the rear wheels. Due to their construction, motorcycles have a specific driving dynamics. Wheel suspension in passenger cars is divided into: independent suspension, rigid axles and semi-rigid axles. One of the essential parts of the suspension are the springs and shock absorbers. Springs have the role of mitigating the shocks that occur when the wheels sag while driving. They are divided into leaf and air springs. The shock absorbers must prevent the spring from expanding and bending while driving and must dampen vibrations on the body. They are divided into basic groups: telescopic and lever.

(30 pages / 25 figures / 6 references / original in Croatian language)

Paper deposited in: Library of Polytechnic of Šibenik

Keywords: wheel suspension system, springs, shock absorbers, vehicle frame, wheels

Supervisor: prof. dr. sc. Ivan Mavrin

Paper accepted: Yes

1. UVOD

U svijetu postoje različite vrste cestovnih površina kojima su motorna vozila izložena.. No, vožnja na takvim površinama bila bi nemoguća da vozila nisu opremljena sustavom ovjesa kotača. Sustav omogućava vezu između karoserije i kotača. Zadaća ovjesa je da održava stabilnost vozila i s time pruža sigurnu, udobnu vožnju. Za svako vrstu motornih vozila postoji različita vrsta ovjesa kotača koja je konstrukcijski napravljena prema geometriji kotača. U radu će se opisati ovjesi kod tri tipa motornih vozila, a to su: motorkotači, osobna vozila i privredna vozila. Kod motorkotača, ovjes je napravljena kako bi se apsorbirale neravnine na podlozi i tako održao kontakt kotača s podlogom. Motorkotači imaju specifičnu dinamiku vožnje i jako je bitna stabilnost u vožnji. Okvir motorkotača je jednostavna veza između prednjeg i stražnjeg kotača.

Ovjes kotača kod motorkotača dijeli se u dvije skupine. Jedna skupina oblika ovjesa je za vođenje prednjeg kotača, dok druga skupina oblika je za vođenje stražnjeg kotača. Što se tiče osobnih vozila, ovjes kotača dijeli se na tri osnovna oblika, a to su: kruta osovina ili ovisna ovjes, polukruta osovina i pojedinačna ovjes ili neovisna ovjes. Privredna vozila su slična kao i osobna vozila, ali imaju dva oblika opruga koje su dio njihovog sustava ovjesa kotača. Opruge se nalaze između vilice i karoserije. Njihova namjena je da ublaže udarce prilikom nadogradnje kotača. Vrste opruga kod privrednih vozila su lisnate i pneumatske opruge. U novije vrijeme pojavile su se zračne opruge s električnim vođenjem. Glavni dio svakog ovjesa kotača su amortizeri koji sprječavaju savijanje i širenje opruge.

2. SUSTAV OVJESA KOTAČA OD MOTORKOTAČA

Ovjes motorkotača dizajniran je prvenstveno u svrhu apsorpiranja neravnina na cesti i držanja kontakta guma s podlogom. Većina ovjesa na motociklima bazirana je na opruzi. Ovjes motorkotača konstruiran je za sve vrste sila i momenata savijanja koji se mogu pojaviti u vožnji. Sile koje djeluju na motorkotač tijekom vožnje su: centrifugalna sila, centripetalna sila, sila trenja. Centripetalna sila je sila koja djeluje na vozilo tijekom vožnje u zavoju. Sila nastoji odbaciti vozilo prema središtu gibanja. Sila trenja je sila koja djeluje na vozilo kao otpor, onemogućuje kretanje tijela. Najveći pritisak sile i momenta tijekom vožnje djeluje u stražnjoj vilici (slika 1.).

Slika 1. Stražnja vilica (Suzuki GSX-R 750 iz 1985. godine)



Izvor: <http://www.motorevija.com.hr/clanac/straznji-ovjes> (24.03.2020.)

2.1. DINAMIKA VOŽNJE MOTORKOTAČA

Motorkotači su oblik vozila s jednim tragom koja se prilikom vožnje nalaze u nestabilnoj ravnoteži i koji se stabiliziraju djelovanjem centrifugalne sile. Centrifugalna sila je sila koja djeluje na vozilo u zavoju i nastoji ga odbaciti od središta gibanja. Pri zakretanju kotača ulijevo djelovat će sila u smjeru okomite osi z. Sila u smjeru okomite osi z nastoji rotirajući kotač zakrenuti u početni položaj. Što veću brzinu vrtnje kotač ima sila je jača.

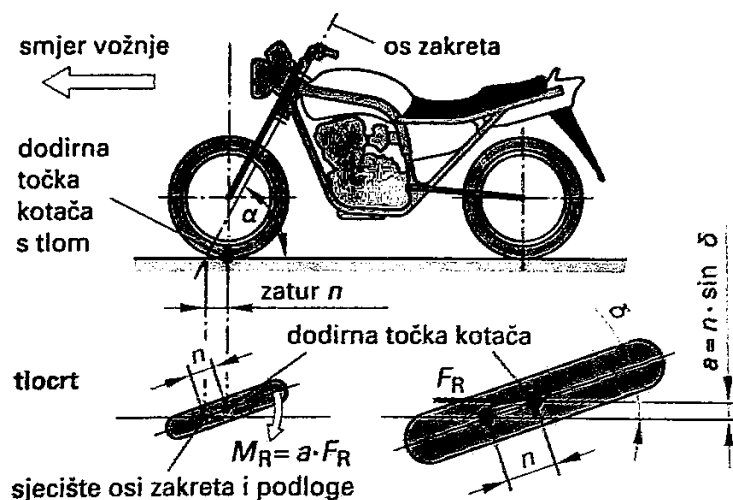
Na primjer da se prednji kotač motorkotača zaokrene udesno ili čak ulijevo zbog žiroskopskog djelovanja, kotač bi se vratio u središnji položaj. Uz sva ova djelovanja kotač bi stalno oscilirao u središnjem položaju jer procesi koji stabiliziraju stalno djeluju. Vozač ne može opaziti ove pojave jer sile trenja i prigušene sile smanjuju veća upravljačka gibanja ili naginjanja motorkotača.

Zatur (slika 2.) je razmak između sjecišta osi zakreta kotača s tлом i dodirne točke kotača s tлом.¹ U dodirnoj točki kotača s tлом djeluju sila trenja ili kočne sile, te stvaraju na zaokretnom kotaču povratni moment (M_R). Formula za povratni moment je $M_R = a \times F_R$. Povratni moment vraća kotač u središnji položaj što pomaže pri stabiliziranju vozila. Zaturom se omogućava lepršanje kotača, mogućnost samousmjeravanja kotača i bolja sposobnost ispravljanja vozila iz zavoja.

Računski primjer djelovanja povratnog momenta, kotač se zakrene ulijevo, nakosi se pod kutom od 45° . Zadano:

- zatur kotača (n) = 150 mm,
- sila otpora vožnje (F_R) = 600 N.

Slika 2. Zatur kod motorkotača



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (24.03.2020.)

$$a = n \times \sin \delta$$

¹ Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (24.03.2020.)

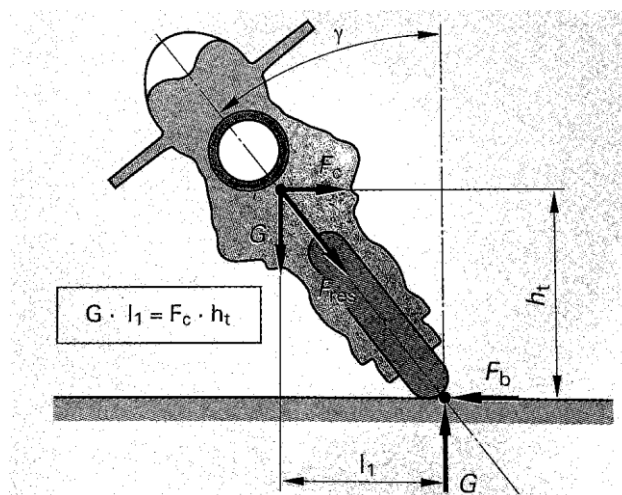
$$a = 0,15m \times \sin 45^\circ = 0,1mm$$

$$M_R = a \times F_R$$

$$M_R = 0,1mm \times 600N = 60 Nm$$

Prema računskom rješenju, vidi se da bi u ovom slučaju povratni moment bio u iznosu od 60 Nm. Prilikom vožnje velikim brzinama motorkotač se u zavoju upravlja manjim zakretom upravljača. Pri skretanju ulijevo u zavoju, upravljač se prilikom skretanja kratkotrajno zakrene udesno. Pomoću precesije motorkotač se nagne ulijevo, a ravnotežom momenta se dobije stabilizacija motorkotača pri idealnoj vožnji u zavoju. Moment (slika 3.) je nastao djelovanjem težine na razmaku težišta I_1 , on je jednak momentu kojeg daje centrifugalna sila F_C na visini težišta.

Slika 3. Ravnoteža momenata u zavoju



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Ako točka dodira realnog pneumatika, neke širine s podlogom, ne leži u središnjoj ravni kotača, nego je pomaknuta prema unutrašnjoj strani, dobije se manji moment $G \times I_2$. Naime, I_1 je veći od I_2 i kako bi se održala ravnoteža momenta, motorkotač se mora u zavoju nagnuti pod većim kutom.

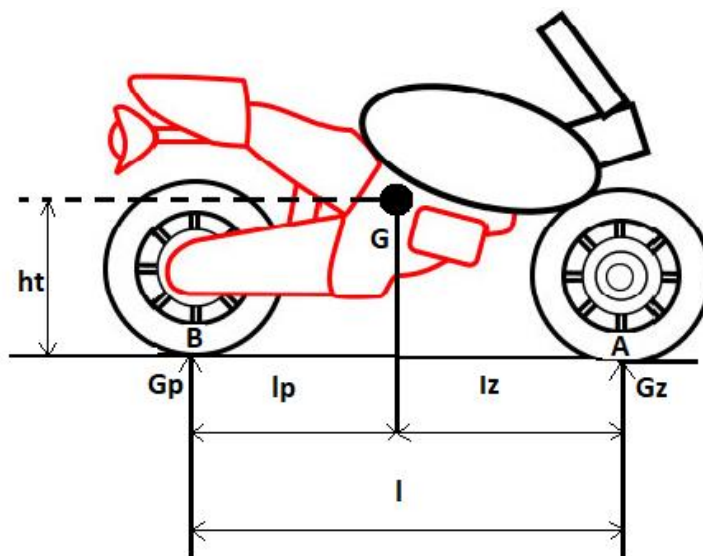
2.2. OSOVINSKE REAKCIJE I POLOŽAJ TEŽIŠTA

Težina vozila je sila kojom vozilo djeluje na podlogu na kojoj se nalazi. Mjerna jedinica težine vozila je izražena u njutnima. Njutr je djelovanje sile na tijelo od 1kg pri ubrzanju od 1 m/s^2 . Osovina je dio vozila koja spaja kotače i prilikom vožnje na različitim podlogama opterećena je s djelovanjem različitih sila.

Preko kotača na podlogu se prenosi težina vozila koja se označava s mjernom oznakom G . Vertikalne reakcije na prednjoj i stražnjoj osovini izaziva težina vozila. Vertikalne reakcije označavaju se s G_p i G_z . Osovinske reakcije vozila su relativno normalno djeluju na podlogu. Kod osovinskih reakcija kod vozila koje se nalazi u mirovanju poznato je (slika 4.):

- G – ukupna težina vozila
- h_T – visina težišta vozila
- l – osovinski razmak
- G_p, G_z – osovinske reakcije podloge i vozila
- l_p, l_z – normalna udaljenost hvatišta osovinskih reakcija od težišta vozila

Slika 4. Djelovanje osovinske reakcije kod vozila u mirovanju na ravnoj podlozi



Izvor: Izrada autora

Računski prikaz osovinskih reakcija prednjih osovina kod vozila u mirovanju na ravnoj podlozi:

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ -G_p \cdot l + G \cdot l_z &= 0 \\ G_p \cdot l &= G \cdot l_z \\ G_p &= \frac{G \cdot l_z}{l} = \frac{l_z}{l} \cdot G\end{aligned}$$

Prolaskom normalne udaljenosti hvatišta osovinskih reakcija od težišta vozila i osovinskog razmaka pritom se pomnoži ukupna težina dobiva se osovinska reakcija prednje osovine. Sličnim postupkom se dobiva osovinska reakcija stražnje osovine:

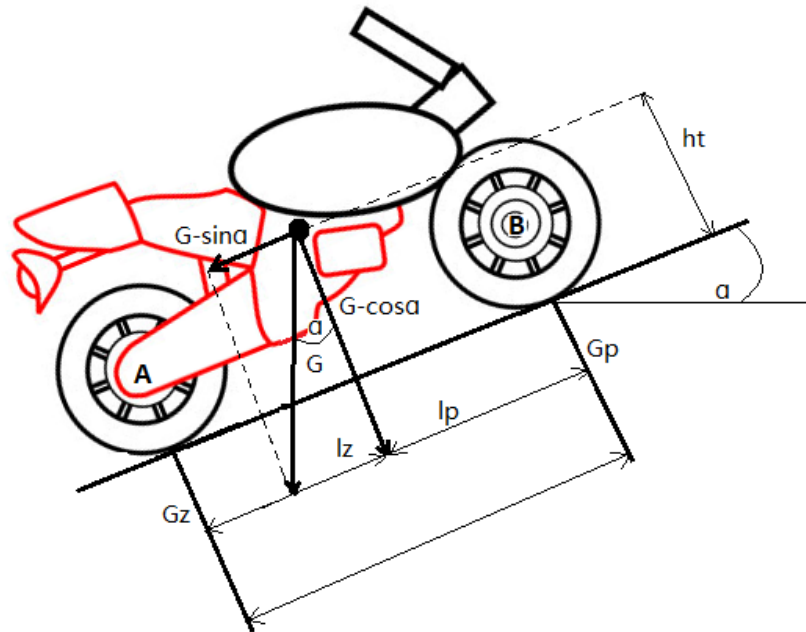
$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ G_z \cdot l - G \cdot l_p &= 0 \\ G_z \cdot l &= G \cdot l_p \\ G_z &= \frac{G \cdot l_p}{l} = \frac{l_p}{l} \cdot G\end{aligned}$$

Osovinske reakcije u prednjoj i stražnjoj osovini mogu se izraziti u postocima, što se u praksi najčešće koristi. A kod osovinskih reakcija kod vozila koji je u mirovanju na horizontalnoj podlozi (slika 5.) izračun osovinskih reakcija prednjih osovina izražen je:

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ -G_p \cdot l + G \cos\alpha \cdot l_z - G \sin\alpha \cdot h_T &= 0 \\ G_p \cdot l &= G \cos\alpha \cdot l_z - G \sin\alpha \cdot h_T \\ G_p &= \frac{G \cos\alpha \cdot l_z - G \sin\alpha \cdot h_T}{l}\end{aligned}$$

Umnožak ukupne težine vozila pod određenim kutom na određenoj visini težišta vozila i osovinskog razmaka jednak je osovinskoj reakciji prednje osovine.

Slika 5. Djelovanje osovinskih reakcija kod vozila u mirovanju na horizontalnoj podlozi



Izvor: Izrada autora

Sličnim postupkom je izražena i osovinska reakcija stražnjih osovina kod vozila u mirovanju na horizontalnoj podlozi:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$G_z \cdot l - G \cos \alpha \cdot l_p - G \sin \alpha \cdot h_T = 0$$

$$G_z \cdot l = G \cos \alpha \cdot l_p + G \sin \alpha \cdot h_T$$

$$G_z = \frac{G \cos \alpha \cdot l_p + G \sin \alpha \cdot h_T}{l}$$

Predraspodjela osovinskog opterećenja je moguće izazvati momentom sile $G \sin \alpha$ koja teži k tome. Znači u slučaju veće uzbrdice sila teži rasteretiti prednju osovину, a dodatno opterećenje prebaciti na stražnju osovину.

2.3. OKVIR MOTORKOTAČA

Okvir motorkotača (slika 6.) je nosiv element vozila i veza je između prednjeg i stražnjeg kotača. Okvir mora zadovoljiti sljedeće zahtjeve²:

- a) mala masa
- b) krutost na uvijanje
- c) velika nosivost
- d) veliko prijelomno istežanje
- e) mali prijenos vibracija motora
- f) odgovarajući dizajn

Slika 6. Okvir motorkotača



Izvor: <https://www.motorcyclecruiser.com/> (24.03.2020.)

Razlikujemo ove oblike okvira:

- a) cijevne
- b) čelične prešane
- c) tlačno lijevane okvire od lakih legura
- d) profilne okvire iz lakih legura

² Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (24.03.2020.)

Konstrukcija okvira se radi s obzirom na zahtjeve, zbog toga se na motorkotače ugrađuju različiti oblici okvira. Oblici konstrukcije okvira motorkotača:

- a) Lagani jednocjevni okvir – motor se integrira kao samonosivi dio i potporanj okvira omogućava čvršću konstrukciju.
- b) Lagani dvostruki okvir – čine g čelične cijevi koje su zavarene kovanim čeličnim dijelovima, ima bolju stabilnost od jednocjevnog okvira.
- c) Mosni cijevni okvir – zavaren je od čeličnih cijevi, također nazivaju ga i „*otvoreni okvir*“, teže je izvedivo da se vibracija iz motora odvaja.
- d) Mosni okvir s kutijastim profilom – otporan na savijanje i uvijanje, vrlo čvrstu izvedbu čini zavarena lijevana sačasta konstrukcija od aluminijske s lamelama i šupljim prostorima.
- e) Aluminijski okvir u profilnoj izvedbi – najbolji omjer čvrstoće i težine, okvir se može prilagoditi zahtjevima zbog pogodnog oblika profila okvira.
- f) Rešetkasti okvir – rešetkasti cijevni nosač zavaren je čeličnim cijevima, kruta konstrukcija koja smanjuje uvijanje

2.4. OVJES KOTAČA MOTORKOTAČA

Konstrukcija ovjesa je jako bitna jer o njoj ovisi udobnost i ponašanje vozila u vožnji. Postoje određeni zadaci koje ovjes mora zadovoljavati³:

- a) smanjiti i prigušiti udarce s kotača okvira
- b) preuzeti vođenje kotača
- c) prenijeti kočne i pogonske sile okvir

2.4.1. Vođenje prednjih kotača

U vođenju prednjih kotača primjenjuju se različite konstrukcije, a to su:

- a) teleskopska vilica
- b) Upside – Down vilica
- c) Telelever sustav
- d) vođenje osnog remena

³ Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (24.03.2020.)

Kod teleskopske vilice (slika 7.), upravljačka se cijev nalazi u upravljačkom dijelu okvira. Visoku krutost kod vilice se dobiva preko mostova vilica i prikvačene osovine vilice. U vilici se nalaze dvije teleskopske cijevi jedna je nepomična, druga klizna, koje su opružene umetnutom oprugom. U ovom obliku vilice rastezanje se ograničava pomoću male ili gumene opruge koja se nalazi iznad klipnjače prigušnika.

Na donjem dijelu vilice nalazi se hidraulični prigušnik. Kroz provrte ventilskih jedinica protiskuje se prigušeno ulje iz donjeg dijela prigušnika. To se događa prilikom sabijanja. Prilikom tlačenja oni daju malo prigušenja, što omogućava kotaču da lagano i bez udarca sabija oprugu. Kad dođe do rastezanja ulje se mora vratit.

Slika 7. Teleskopska vilica



Izvor: <https://w6rec.com/duane/bmw/forktool/Illustration.gif> (24.03.2020.)

Kod Upside – Down vilice, stabilnija vanjska cijev izvedena je kao nepokretna. Osovina kotača je opružena i pričvršćena je na kliznu cijev. Ovaj oblik vilice omogućuje veliku krutost i čvrstoću na savijanje također brtvljenje prigušene cijevi je složenije.

A kod telelever sustava, gornji most vilice je smješten u kugličnom zglobu okvira. Vođenje prednjeg kotača kod ovog oblika sustava preuzima uzdužno zakretno uležištena vodilica. Sustav vođenja osnog remena je sličan kao i Telelever sustav.

Dvije oscilirajuće vilice vode kotač, prilikom sabijanja povećava se zatur i stabilnost vođenja.

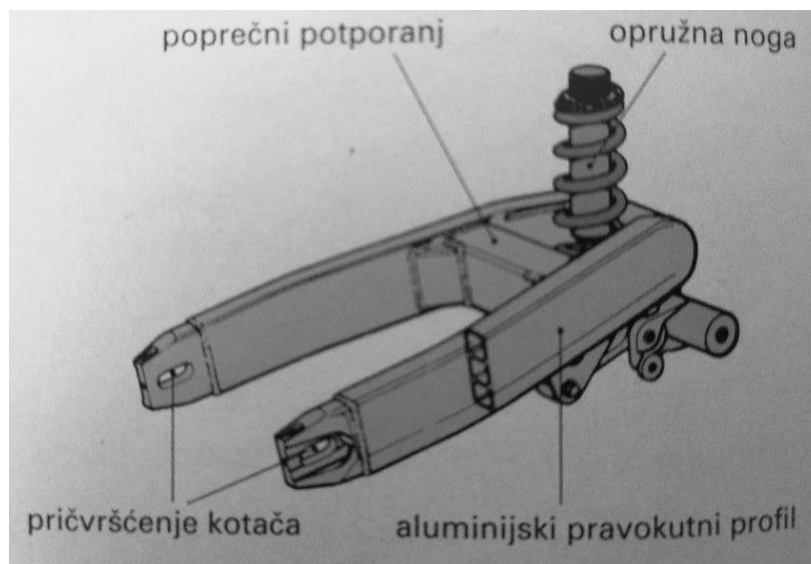
2.4.2. Vođenje stražnjih kotača

Postoji nekoliko sustava za vođenje stražnjih kotača, a to su:

- a) dvokrake oscilirajuće vilice
- b) jednokrake oscilirajuće vilice
- c) Paralever sustav
- d) Pro – Link sustav
- e) Cantilever opruženje

Dvokraka oscilirajuća vilica (slika 8.) je u obliku zavarene cijevne konstrukcije iz čeličnih cijevi, no danas pretežno iz aluminijskih pravokutnih šupljih profila. Nalazi se na okviru vozila, preko okretne osovine, a odupire se pomoću opružne noge koja je učvršćena u sredini poprečnog potpornja. Na stražnji dio vodilice se pričvršćuje kotač. Ovaj oblik ima veliku krutost, ali složenije je nego jednokraka oscilirajuća vilica.

Slika 8. Dvokraka oscilirajuća vilica



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (24.03.2020.)

Naime, jednokraka oscilirajuća vilica je asimetričnog oblika iz aluminijskog pravokutnog profila. Nalazi se na samom okviru, ali moguće je da se nalazi i na

motoru. Vilica je ovješena središnjom opružnom nogom. Kotač je jednostavno izmijenit jer je pričvršćen središnjim vijčanim spojem.

Paralever sustav (slika 9.) čini jednokraka oscilirajuća vilica i povezna poluga. Kotač vodi oscilirajuća vilica, a prilikom promjena opterećenja na opružnim značajkama povoljno djeluje potena opruga. Sustav omogućuje da se spriječi veliki postavni moment. Karakteristike opruge i prigušenja se mogu mijenjati na središnjoj opružnoj nozi.

Slika 9. Paralever sustav



Izvor: <https://www.caferacerwebshop.com/> (24.03.2020.)

Pro – Link sustav je oscilirajuća vilica koja je uležištena na okvir vozila. U ovom sustavu, hod opruge se skraćuje kada se prilikom sabijanja kotača, opružna noga odupire o polužni sustava. Tim postupkom se dobiva preagresivna karakteristika. Cantilever opruženje omogućuje što da se prilikom udarca kotača dobro ublaži ta radnja, također omogućava dugačke opružne puteve. Stabilnije vođenje motorkotača omogućava krutost oscilirajuće vilice.

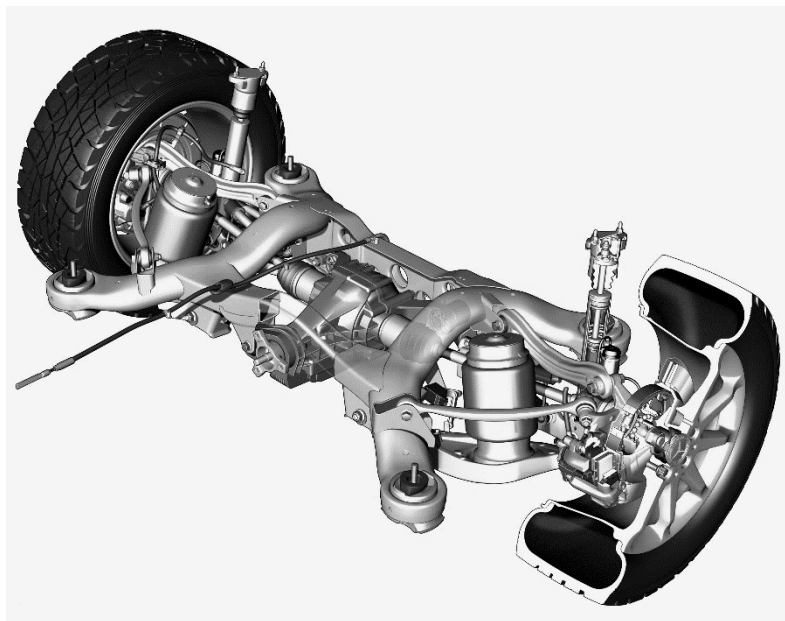
3. SUSTAV OVJESA KOTAČA VOZILA

Ovjes kotača vozila (slika 10.) kao sustav mora omogućiti sigurnost vozila i udobnost prilikom vožnje. Pneumatik se tokom vožnje pri velikim brzinama najviše troši zato ovjes kotača pruža lagano vođenje kotača kako bi se smanjilo trošenje. Također jedna od bitnih zadaća ovjesa kotača je da smanji buku i vibraciju prilikom vožnje.

Sustav se sastoji od ovih bitnih dijelova:

- a) Vodilica kotača je spoj između kotača i karoserije koja prenosi statičku i dinamičku silu prilikom rada kotača.
- b) Opruge je dio ovjesa koji smanjuje udarce koji se prenose tokom rada kotača.
- c) Prigušivači vibracija (amortizeri) je naprava koja smanji vibraciju tokom vožnje na neravnim podlogama.
- d) Stabilizatori je dio opruge koji omogućuje stabilnost vožnje.

Slika 10. Ovjes kotača vozila (McPhersonov vodilica)



Izvor: <https://i0.wp.com/voditelauto.ru/> (24.03.2020.)

3.1. OVJES KOTAČA OSOBNIH VOZILA

Ovjes kotača je jedan od bitnijih dijelova vozila što se tiče sigurnosti. Svako vozilo ima svoju geometriju kotača zbog toga se ovjes izrađuje prema propisanoj geometriji kotača. Omogućuje vezu između dva kotača. Postoje različiti oblici ovjesa kotača

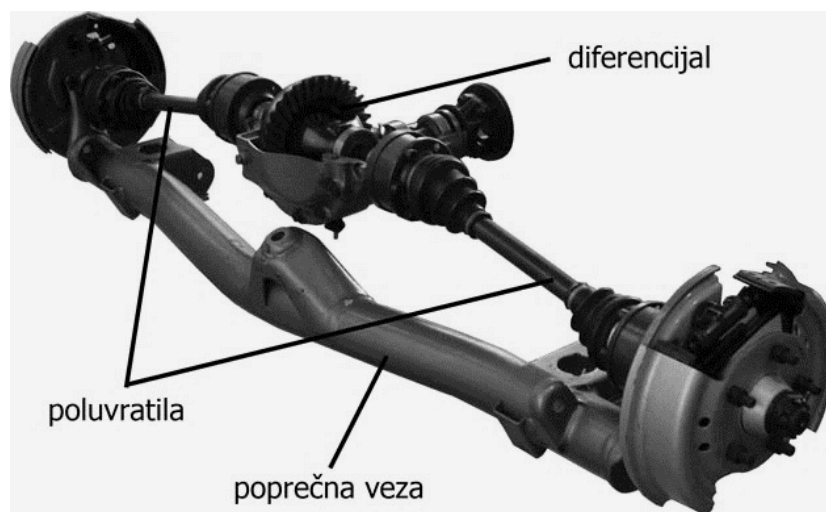
osobnih vozila, a to su: kruta osovina ili ovisna ovjes, polukruta osovina i pojedinačni ovjes ili neovisni ovjes.

3.1.1. Kruta osovina

Kod krute osovine, karoserija je spojena preko opruge koja je povezana s kotačima. Kruta osovina omogućuje vezu između lijevog i desnog kotača. Smanjeno je trošenje pneumatika jer se prilikom jednake oscilacije nema znakova promjene tragova i nagiba. Naime, kada se samo jedan kotač promjeni nagib, mijenja se nagib i drugog kotača. Kruta osovina se dijeli na: krutu osovину s integriranim pogonom, krutu osovину s odvojenim pogonom i na krutu upravljačku osovinu.

Kruta osovina s integriranim pogonom je konstrukcijski napravljena tako što su diferencijal i poluosovina postavljeni kod pogonskog mosta u jedno kućište. Kod krute osovine s odvojenim pogonom (slika 11.) je pogon odvojen od krute osovine koji se nalazi u karoseriji. S time da se omogući smanjenje neovješene mase pogonskog mosta. Osovina koja je izrađena u obliku T-profila od kovanog poboljšanog čelika naziva se kruta upravljačka osovina.

Slika 11. Kruta osovina s odvojenim pogonom



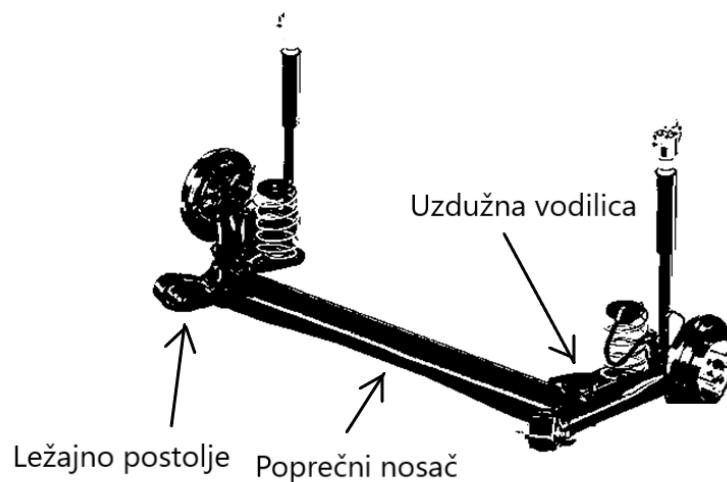
Izvor: <https://mlfree.com/mehanizmi-za-vodenje-tockova-zavisno-oslanjanje/>
(24.03.2020.)

3.1.2. Polukruta osovina

Poprečnim nosačem su čvrsto međusobno povezani kotači. Zbog svoje elastičnosti poprečni nosač omogućava kotačima samostalno osciliranje. Polukrute osovine su ugrađene na stražnjem dijelu vozila koja imaju prednji pogon. Neovješene mase su male. Ponašanje polukrutih osovina ovisi o različitim radnjama. Na primjer pri jednakom progibanju kotača, osovina se ponaša kao kruta osovina, a prilikom osciliranja kotača pri različitom intenzitetu ponaša se kao neovisna ovjes.

Postoje dvije vrste polukrutih osovina: složena osovina i spregnuta osovina. Složena osovina (slika 12.) je načinjena od poprečnog nosača iz čelika za opruge. Sa svake strane nosača nalazi se jedna uzdužna vilica. Spregnuta osovina načinjena je od osovinskog nosača iz čeličnog U-profila koji čini meku torzijsku oprugu.

Slika 12. Složena osovina



Izvor: https://www.autonet.hr/arhiva-clanaka/pic/274/3307/gallery_view.jpg
(24.3.2020.)

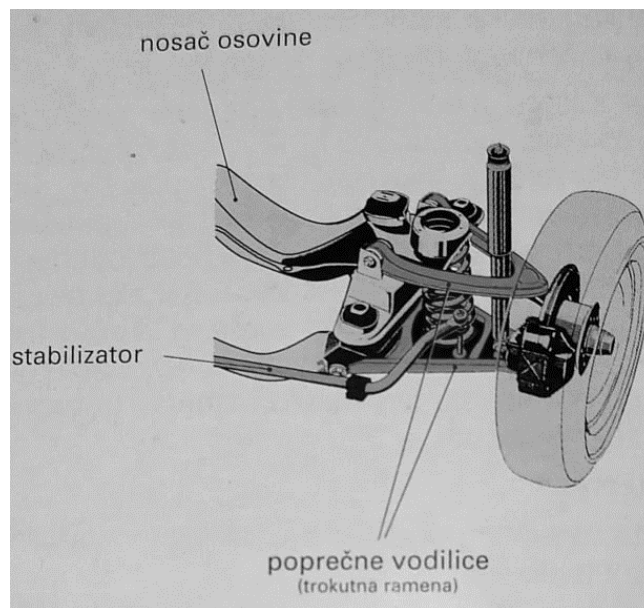
3.1.3. Pojedinačna ovjes ili neovisna ovjes

Kod ovakvog oblika ovjesa, neovješena masa je znatno smanjena također kotači ne ovise jedan o drugome. Na prednjem dijelu vozila kotači su smješteni na dvostruke poprečne, uzdužne i McPhersonove vodilice, a na stražnjem dijelu kotači su smješteni na uzdužnim i dijagonalnim vodilicama. Takav oblik sustava ovjesi u kojem se nalazi više oblika vodilica zove se kombinirani ovjes.

Neovisni ovjes dijeli se na:

- a) Ovjes s dvije poprečne vodilice različitih dužina (slika 13.) - konstrukcijski napravljena da je gornja vodilica veća od donje vodilice, omogućava bolju stabilnost vozila jer kod kotača nema progibanja. Negativnim nagibom kotača uz nikakvu promjenu traga kotača dobiva se progibanje koje omogućava bolju stabilnost vozila tokom vožnje.

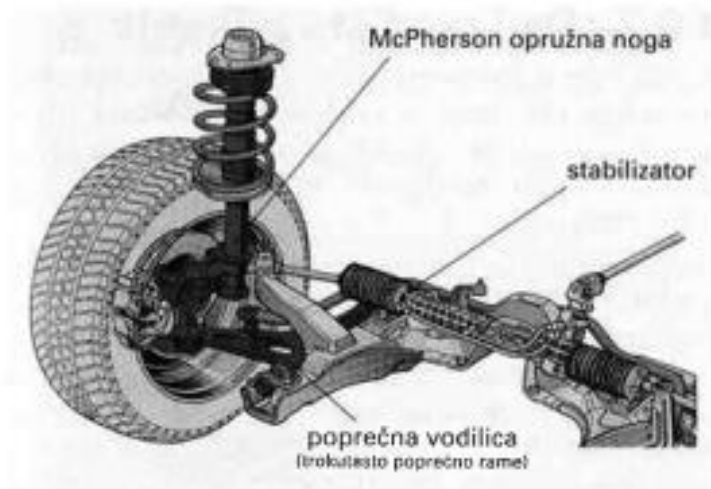
Slika 13. Ovjes s dvije poprečne vodilice različitih dužina



*Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb
2006 (24.03.2020.)*

- b) Ovjes s dvije poprečne vodilice jednakih dužina – kotač prilikom progibanja ne mijenja svoj oblik samo svoj trag, izrađuje se u obliku trokuta zbog povećanja krutosti prilikom vožnje. Zbog preuzimanja pogonskih i kočnih sila i kako bi se povećala krutost kod ovog oblika ovjesa poprečna vodilica se izrađuje u trokutastom obliku. One su povezane na podvozje s dva ležaja.
- c) Ovjes s opružnom nogom i poprečnom vodilicom (slika 14.) – ovakav oblik ovjesa napravljen je prema ovjesima s dvostrukim poprečnim vodilicama, ali umjesto gornje vilice je ugrađen amortizer s oprugom. Rukavac kotača je pričvršćen na oprugu ovjesa. Na karoseriju je povezana klipnjača amortizera s elastičnim gumenim ležajem. Između toga i tanjura opruge nalazi se zavojna opruga.

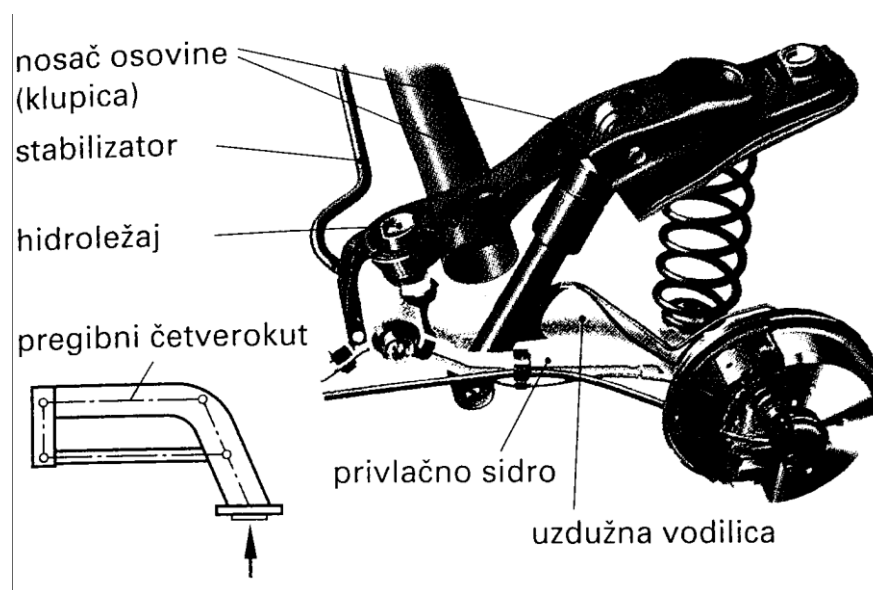
Slika 14. Ovjes s opružnom nogom i poprečnom vodilicom



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006 (24.03.2020.)

- d) Ovjes s uzdužnim vodilicama (slika 15.) – prilikom progibanja kotača ne mijenja se oblik i nagib traga zbog uzdužne vodilice koja je vodoravno ugrađena, jako je pogodna za vozila koja imaju prednji pogon. Uzdužna vodilica je postavljena uzdužno zbog toga prilikom progibanja kotač ne mijenja širinu traga, trag i nagib. Vodilica nije spojena na karoseriju jer time se smanjuje vibracija i buka, zato je spojena na nosač osovine.

Slika 15. Ovjes s uzdužnim vodilicama



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006 (24.03.2020.)

- e) Ovjes s dijagonalnim vodilicama – sastavljena je od trokutastih vodilica koje imaju zakretnu os, ležajevi su smješteni pod određenom osi, tj. poprečnom osi vozila koja iznosi $\alpha = 10^\circ - 20^\circ$. O zakošenosti i nagibu dijagonalnih vodilica ovisi nagib kotača i promjena traga kotača. Poprečna sila u vožnji zavojem povećava se zbog povećanja negativnog nagiba kotača koji nastaje prilikom podizanja α i β pri odizanju kotača.
- f) Ovjes s više vodilica – sustav ovjesa koji ima elastičnu pričvršćenost na karoseriju, ovaj oblik sustava nije baš poželjan zbog mogućnosti pojave otklona kotača tokom vožnje. A to se događa zbog velikog broja sila koje djeluju na kotač tokom vožnje.
- g) Ovjes s prostornim vodilicama – napravljena prema obliku ovjesa s dvostrukim poprečnim vodilicama s ugrađenim stabilizatorom.

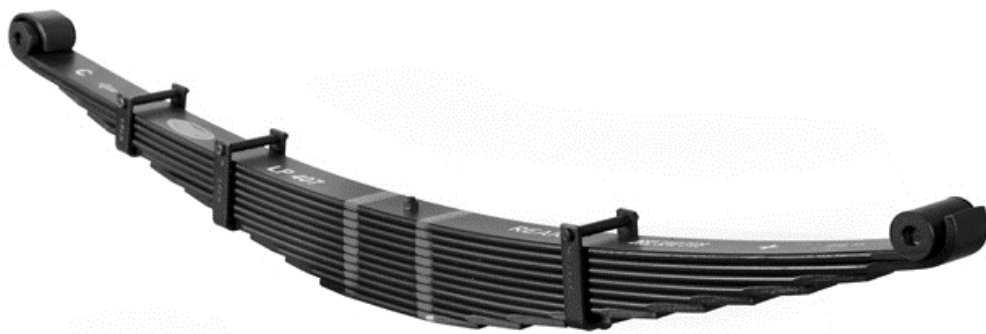
3.2. OPRUGE KOTAČA KOD PRIVREDNIH VOZILA

Opruge su ugrađene između vodilica i karoserije. Njihova zadaća je da ublaže udarce prilikom nadogradnje kotača koji se tom prilikom najčešće prenose. Energija koja nastaje prilikom udaraca pretvara se u energiju topline i njihanja. Pneumatici spadaju u sustav opruga jer također utječu na stabilnost vozila. Opruge utječu i na ponašanje vozila u zavoju zato su jedan od bitnijih dijelova vozila. Opruge kod privrednih vozila dijele se na: lisnate opruge i pneumatske opruge.

3.2.1. Lisnate opruge

Lisnate opruge (slika 16.-17.) su najčešće korišten oblik opruga. Ugrađuju se na vozila koja imaju krutu osovinu ili ovisnu ovjes. Najviše se ugrađuju u teretna vozila, no u osobna vozila se vrlo rijetko ugrađuju. Prednost ovakvog oblika opruga je što obuhvaćaju ulogu opruga, vodilica i amortizera. Nijedan oblik opruga nije u mogućnosti obavljati takvu ulogu. Zbog svoje velike težine i velikih dimenzija ovaj oblik opruga zahtjeva redovito održavanje. Također prijenos sila je moguć u svim smjerovima.

Slika 16. Lisnata opruga

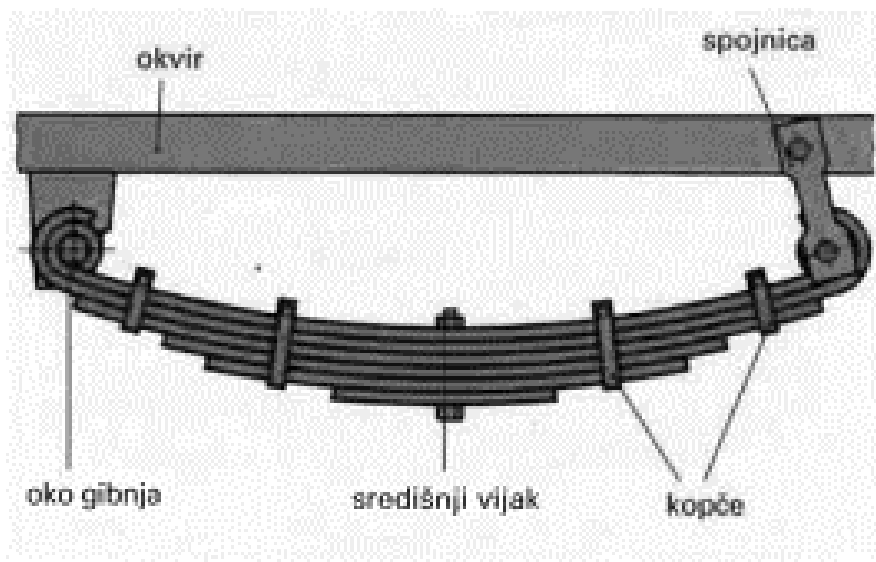


Izvor: <https://ciak-auto.hr/wp-content/uploads/2017/06/multi.jpg> (24.03.2020.)

Opruga je prigodna za ovješeno vozila jer ima veliko trenje između listova. Lisnata opruga se dijeli na: polueliptične opruge ili trapezne opruge i parabolne opruge. Trapezne opruge su sastavljene od plosnate čelične trake koje su smještene u paket polueleiptičnog oblika. U sredini se nalazi vijak koji spaja i sprječava pomicanje

probušenih listova. Parabolne opruge se sastoji od listova koji se stanjuju od sredine prema kraju. Takav oblik listova vizualno daje oblik parabole.

Slika 17. Lisnata opruga



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006 (24.03.2020.)

3.2.2. Pneumatske opruge

Pneumatska opruge (slika 18.) su elastične konstrukcije koje se koriste za prigušivanje vibracija visokih frekvencija i buke. Svi dijelovi su spojeni na pneumatsku oprugu koja ih spaja na karoseriju. Opruge preuzimaju bočnu udarnu silu prilikom vožnje i tako ju smanjuju. Pneumatske opruge se ne koriste kao samostalne opruge osim u slučaju ako su ugrađene u osobnom vozilu ili prikolici. Postoje nosive gumene opruge koje čine vezu između karoserije i motora.

Pneumatske opruge najviše se ugrađuju u putnička i teretna vozila i u prikolice. Osnovna obilježja pneumatske opruge su: ⁴

- a) udobnost tijekom vožnje i sigurno čuvanje tereta
- b) nemaju vlastito prigušenje
- c) progresivna karakteristika
- d) konstantna visina nadgrađa neovisna o težini tereta
- e) regulacija visine nadgrađa

⁴ Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006 (24.03.2020.)

- f) vrlo jednostavno upravljanje lift – osovina koje pomažu pri pokretanju i zaštiti od preopterećenja
- g) ne može se prenijeti sile vođenja

Slika 18. Pneumatska opruga



Izvor: <https://previews.123rf.com/i> (24.03.2020.)

3.2.3. Elektroničko kontroliranje zračne ovjesa (ECAS)

Električno kontroliranje zračnog ovjesa je sustav zračnih ovjesa koji je razvijen početkom devedesetih godina tvrtka pod nazivom Dunlop Systems and Components Ltd iz Coventryja u Velikoj Britaniji. ECAS⁵ omogućuje ovjesu da prilagodi visinu za primjenu na cestama i na terenu. Postoje pet naredbi visina koje sustav nudi: učitavanje, autocesta, standardno, terensko i izdvojeno izvan terena. Pomoću senzora brzina i podvozja kontrolira se visina, ali ručni prekidač za visinu vožnje omogućava kontrolu nad ovjesom od strane vozača. Visine učitavanje i izdvojeno izvan terena moguće su samo ako vozilo prijeđe 56 km/h. Postavkom autocesta nije moguće upravljati ručno jer se ona aktivira kada se vozilo kreće brzinom većom od 80 km/h duže od 30 sekundi. Visina se mijenjaju neovisno o opterećenju i tlaka u zračnim oprugama. Zračne opruge (slika 19.) dizajnirane su za vožnju na glatkim terenima.

⁵ ECAS - Electronic Controlled Air Suspension

Slika 19. Zračna opruga s sustavom ECAS



Izvor: <https://www.wabco-customercentre.com/> (20.05.2020.)

Takav tip opruga omogućuje podizanja karoserije vozila i spuštanja za vožnju cestom s većim brzinama. Također postoji sustav LoadSafe koji je dizajniran za utvrđivanje opterećenja i promjene opterećenja na vozilu koji ima zračne opruge. Sustav se najčešće koristi u teretnim vozilima, no u današnje vrijeme se koristi u osobnim automobilima.

4. AMORTIZERI

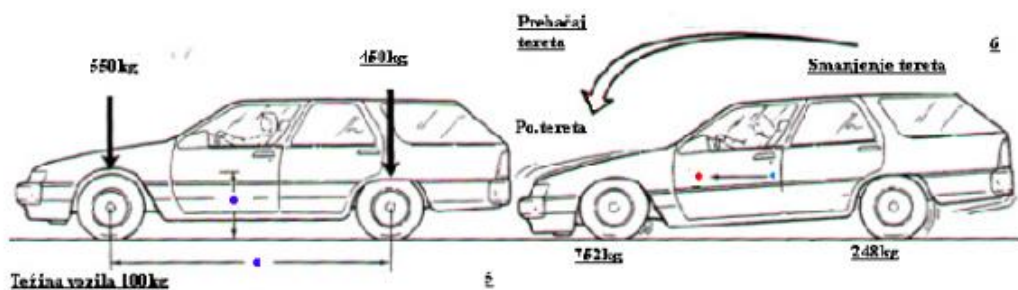
Amortizeri (slika 20.) su elementi prigušni u ovjesi kotača, a njihova zadaća im je da ublažavaju neželjeno sabijanje i širenje opruge. Također prigušuju vibracije koje se inače prenesu na karoseriju, te se tako sprječava odvajanje kotača od podloge. Oni omogućuju da se energija prigušenja pretvaraju u toplinu.

Slika 20.. Amortizer



Izvor: <https://pajca.hr/wp-content/uploads/2013/11/op.jpg> (24.03.2020.)

Slika 21. Primjer rada amortizera

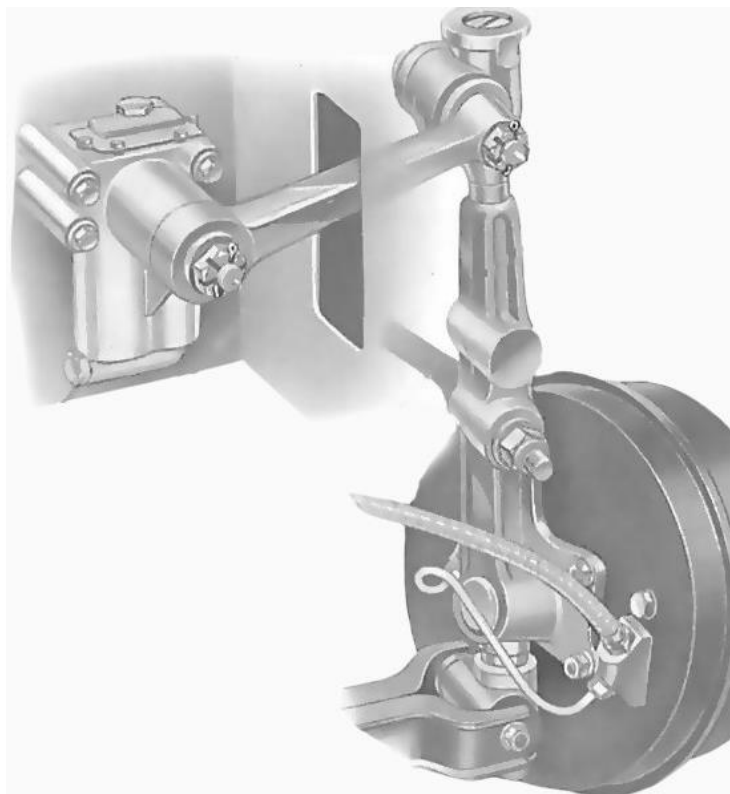


Izvor: <https://pajca.hr/autodijelovi/amortizeri-i-opruge/> (24.03.2020.)

Amortizeri ovise o značajkama elastičnih elemenata i interaciji nadogradnje. Većinom se izvode kao teleskopski i polužni. Osnovni dijelovi polužnog amortizera (slika 22.) su cilindar, klip i klipna poluga. Cilindar je izveden tako da je na oba kraja zatvoren i privezan za okvir vozila, a klipna poluga služi za ravnotežu, tj. za rukavac kotača. Klipna poluga se nalazi uz sredinu klipa, a ispred čela klipa nalaze se dijelovi cilindarske zapremine koje tvore prostore niskog i visokog tlaka. Povezani su kanalima kroz koje se pomoću kretnje klipa potiskuje ulje.

Teleskopski amortizeri su najbolja izvedena konstrukcija amortizera. Zbog svog dvostranog djelovanja moguće ih je koristiti za sva opterećenja. Sastavljeni su od cilindra i klipa koji je smješten preko same klipnjače uz okvir. Također, može biti postavljen na samom dijelu okvira vozila. Za potiskivanje visokog i niskog pritiska služi klip koji dijeli zapreminu. Na njemu se nalaze ventili za niski i visoki pritisak, kroz kojeg se prilikom pomicanja cilindra potiskuje ulje i pri tome se ostvaruje prigušivanje oscilacije gibanja. Na motornim vozilima najviše se primjenjuju teleskopski amortizeri koji mogu biti jednocilindrični i dvocilindrični.

Slika 22. Polužni amortizer

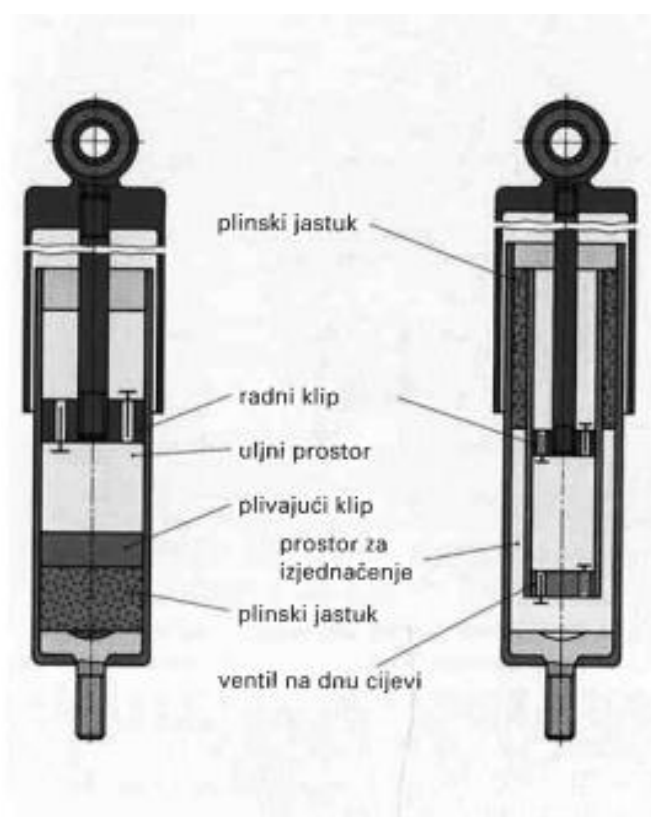


Izvor: <https://www.unevoiture.com/illustration/1396/front-damper-fittings.base@1x.jpg> (24.03.2020.)

4.1. JEDNOCILINDRIČNI AMORTIZERI

Jednocilindrični amortizeri (slika 23.) rade tako što se klip naizmjenično kreće u cijevi koja je ispunjena uljem, ali na jednom kraju cijevi unutrašnjost je ispunjena s dušikom pod tlakom od 25 bara do mogućih 30 bara. Plutajući klip omogućava da se spriječi miješanje plina i ulja u cijevi. Prilikom kompresije, klipnjača potiskuje ulje i ono se komprimira s dušikom. Plin djeluje kao opruga zbog promijene volumena. Tiši rad ventila omogućuje stalni pritisak plina na ulje.

Slika 23. Jednocilindrični amortizer



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb
2006 (24.03.2020.)

4.2. DVOCILINDRIČNI AMORTIZERI

4.2.1. Hidraulični dvocilindrični amortizer

Ovakav tip amortizera (slika 24.) poznat pod nazivom uljni amortizer. Prilikom stanja udara, ulje se u donjoj komori prenosi preko klipa koji ulje dovodi do opterećenog

ventila. Ostatak ulja prenosi se u ventilni sustav koji ga kasnije prenese u spremnik za ulje. Spremnik ulja ima i drugu naziv, a to je komora za izjednačavanje. Amortizer pri kompresiji generira silu otpora koja se određuju prema brzini kretanja klipa i ventilnom sustavu.

Slika 24. Hidraulični amortizer



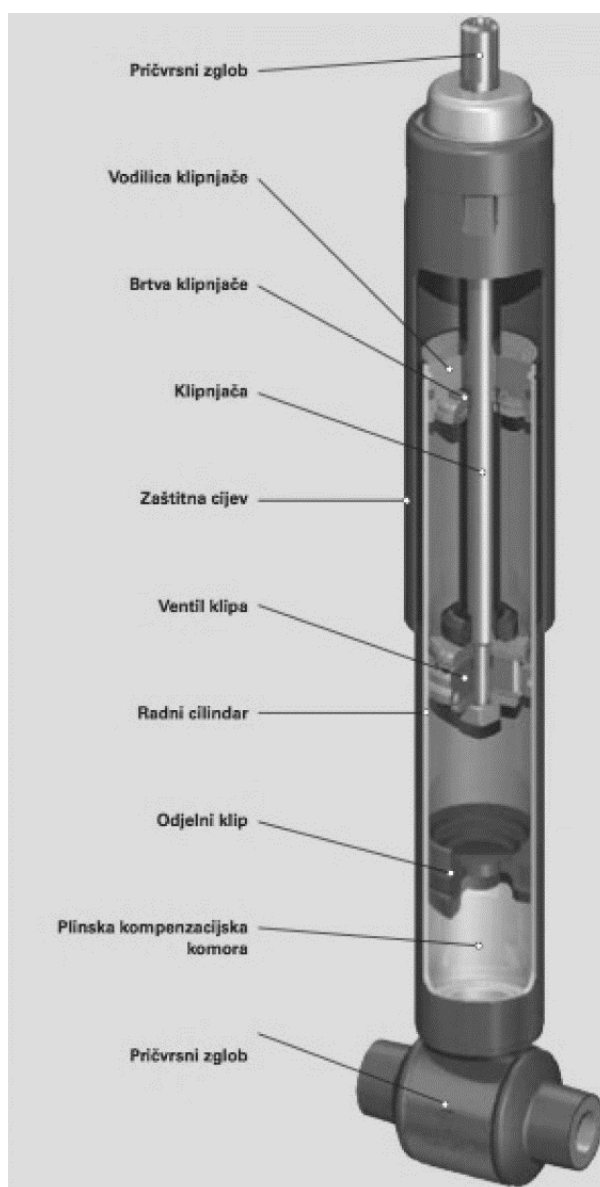
Izvor: <https://www.njuskalo.hr/> (24.03.2020.)

Kada se amortizer vraća u povratno stanje tada se zatvara ulazni ventil klipa, a ulje koje se nalazi u njemu prenosi se kroz gornji ventilni sustav. Također prilikom povrata amortizer generira silu otpora. Hidraulični amortizeri su vrlo učinkoviti oblik amortizera. U sustavu amortizera se zračni mjehurići komprimiraju. Zbog toga je svaka početna putanja klipnjače jednostavna prilikom udara. Mjehurići se komprimiraju netom prije prolaza ulja kroz ventile. Mana hidrauličnog amortizera što prilikom takve radnje dolazi do kašnjenja u kontroli prigušenja zbog takvog problema samnjuje se učinkovitost amortizera.

4.2.2. Niskotlačni plinski dvocilindrični amortizer

Niskotlačni dvocilindrični amortizer (slika 25.) je najpoznatiji pod nazivom plinski amortizer. Ima slične karakteristike kao i hidraulični amortizer, ali razlikuje se po dva temeljna elementa. Amortizer je jako učinkovit jer zbog dodatka dušika pod pritiskom ne proizvodi veliki broj mjehurića. Dušik ili interni plin se nalazi pri tlaku od 2,5 do 8 bara u gornjem dijelu rezervne cijevi.

Slika 25. Plinski amortizer



Izvor: <https://i.radiopachone.org/> (24.03.2020.)

Dušik se prilikom rada amortizera koristi samo jednom. Uljna brtva je posebno konstrukcijski posebno oblikovana. Brtva je oblikovana tako što ima tri brtvena navoja koja sprječavaju ulazak prljavštine i curenje ulja. Djelovanje kao nepovratni ventil ima baza brtve u obliku fleksibilne kružne trake. Traka omogućuje normalan protok ulja natrag u rezervnu cijev i zadržavanje tlaka plina. U novija vozila se sve češće ugrađuju plinski amortizeri zbog svoje konstrukcije pružaju udobnu vožnju i precizno upravljanje vozila.

5. ZAKLJUČAK

Ovjes kotača ima jako veliki utjecaj na stabilnost vožnje. Ovjes pruža vozilu udobnu vožnju vozaču i sigurnost tijekom vožnje. Ovjes kotača različite je konstrukcije za svaku vrstu motornog vozila. Ovjes kotača kod motorkotača osigurava vezu kotača s podlogom i apsorbira neravnine na podlozi. Na motorkotače tijekom vožnje djeluju različite sile koje utječu na njegovu stabilnost tijekom vožnje zbog toga ovjes kotača kod vozila s jednim tragom ima jako veliki značaj. Ovjes se dijeli na ovjes prednjih kotača i ovjes stražnjih kotača. Ovjes prednjih kotača prema konstrukciji dijeli se na: teleskopska vilica, Upside – Down vilica, Telelever sustav, vođenje osnog remena. Oni moraju osigurati vođenje prednjih kotača i stabilnost kotača tijekom vožnje. Istu takvu ulogu imaju i ovjesi stražnjih kotača koji se dijele na: dvokrake oscilirajuće vilice, jednokrake oscilirajuće vilice, Paralever sustav, Pro – Link sustav i Cantilever opruženje.

Ovjes kotača kod osobnih vozila dijeli se na: neovisni ovjes, krute osovine i polukrute osovine. Jedni od bitnih dijelova ovjesa su opruge i amortizeri. Opruge imaju ulogu da ublaže udarce koji nastaju prilikom progibanja kotača tijekom vožnje. Dije se na lisnate i pneumatske opruge. Amortizeri moraju spriječiti širenje i savijanje opruge tijekom vožnje i moraju prigušiti vibracije na karoseriji. Oni se dijele u osnovne skupine: teleskopski i polužni. Teleskopski su najčešći oblici amortizera kod motornih vozila. Postoje dvije vrste teleskopskih amortizera, a to su: jednocilindrični i dvocilindrični amortizeri.

LITERATURA

KNJIGE:

1. Grupa autora: Tehnika motornih vozila, prijevod s Njemačkog, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006,
2. Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000.

INTERNET STRANICE:

1. <https://mlfree.com/mehanizmi-za-vodenje-tockova-zavisno-oslanjanje/>
2. <https://ciak-auto.hr/novosti/11568/>
3. <http://as-surina.hr/ovjes/>
4. <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/912671/>

POPIS SLIKA:

1. *Slika 1. Stražnja vilica (Suzuki GSX-R 750 iz 1985. godine), str. 2.*
2. *Slika 2. Zatur kod motorkotača, str. 3.*
3. *Slika 3. Ravnoteža momenata u zavoju, str.4*
4. *Slika 4. Djelovanje osovinske reakcije kod vozila u mirovanju na ravnoj podlozi, str5..*
5. *Slika 5. Djelovanje osovinskih reakcija kod vozila u mirovanju na horizontalnoj podlozi, str. 7.*
6. *Slika 6. Okvir motorkotača, str. 8.*
7. *Slika 7. Teleskopska vilica, str. 10.*
8. *Slika 8. Dvokraka oscilirajuća vilica, str. 11.*
9. *Slika 9. Paralever sustav, str. 12.*
10. *Slika 10. Ovjes kotača vozila (McPhersonov vodilica), str. 13.*
11. *Slika 11. Kruta osovina s odvojenim pogonom, str. 14.*
12. *Slika 12. Složena osovina, str. 15.*
13. *Slika 13. Ovjes s dvije poprečne vodilice različitih dužina, str. 16.*

14. *Slika 14. Ovjese s opružnom nogom i poprečnom vodilicom, str. 17.*
15. *Slika 15. Ovjese s uzdužnim vodilicama, str. 17.*
16. *Slika 16. Lisnata opruga, str. 19.*
17. *Slika 17. Lisnata opruga, str. 20.*
18. *Slika 18. Pneumatska opruga, str. 21.*
19. *Slika 19. Zračna opruga s sustavom ECAS, str. 22..*
20. *Slika 20.. Amortizer, str. 23.*
21. *Slika 21. Primjer rada amortizera, str. 23.*
22. *Slika 22. Polužni amortizer, str. 24.*
23. *Slika 23. Jednocilindrični amortizer, str. 25.*
24. *Slika 24. Hidraulični amortizer, str. 26.*
25. *Slika 25. Plinski amortizer, str. 27.*