

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Vlaho Koprivica

**UTJECAJ ORGANIZACIJE EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJA NA
EFEKTIVNOST CESTOVNIH VOZILA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2018.

Zagreb, 3. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Održavanje cestovnih vozila**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4632

Pristupnik: **Vlaho Koprivica (0135242015)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj organizacije eksploatacije i održavanja na efektivnost cestovnih vozila**

Opis zadatka:

Definirati parametre efektivnosti cestovnih vozila. Objasniti pouzdanost, raspoloživost, funkcionalnu pogodnost i pogodnost za održavanje cestovnih vozila. Obraditi sustav održavanja vozila kroz koncepciju i metode te organizacijsku strukturu i tehnološke postupke održavanja. Definirati utjecaj održavanja na parametre efektivnosti cestovnih vozila. Objasniti utjecaj održavanja na pouzdanost, te ovisnost raspoloživosti o intenzitetu kvarova i intenzitetu održavanja. Na kraju prikazati zaključna razmatranja s prijedlozima.

Mentor:



mr. sc. Ivo Jurić, v. pred.

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**UTJECAJ ORGANIZACIJE EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJA NA
EFEKTIVNOST CESTOVNIH VOZILA**

**THE IMPACT OF EXPLOITATION AND MAINTENANCE
ORGANIZATION ON ROAD VEHICLES EFFECTIVENESS**

Mentor: mr. sc. Ivo Jurić

Student: Vlaho Koprivica

JMBAG: 0135242015

Zagreb, rujan 2018.

UTJECAJ ORGANIZACIJE EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJA NA EFEKTIVNOST CESTOVNIH VOZILA

SAŽETAK:

Posjedovanje vozila prestalo je biti luksuz te je postalo potreba. Osim za vlastite potrebe vozila se u velikom broju koriste i za rad. Svako vozilo ima svoju efektivnost, vijek trajanja, isplativost te mnogo ostalih karakteristika. Vlasnici vozila žele maksimalno iskoristiti svoja vozila, tj. žele ih koristiti što duže uz što manje kvarova, otkaza i troškova. Proces eksploatacije uzrokuje pojavu oštećenja i kvarova, a da bi se smanjila frekvencija promjene stanja vozila potrebno je pravilno održavati vozila. Pravilnim održavanjem vozila sprječava se niz grešaka koje se svakodnevno događaju. Rezultat pravilnog održavanja vozila su efektivnije i efikasnije djelovanje vozila kao i sigurnije prometne radnje.

KLJUČNE RIJEČI: cestovno vozilo, eksploatacija, održavanje cestovnih vozila, efektivnost

SUMMARY:

Owning a vehicle has ceased to be a luxury and it became a necessity. Except for own needs vehicles are also much used for work. Every vehicle has its effectiveness, lifetime, profitability and many other features. Vehicles owners want to make the most of their vehicles, ie they want to use them for as long as possible with less failures, cancellations and costs. The exploitation process causes damage and malfunctions, and in order to reduce the frequency of changing the condition of the vehicle it is necessary to properly maintain the vehicles. Correct vehicle maintenance prevents a number of mistakes that are happening every day. The result of proper vehicle maintenance is the more effective and efficient operation of the vehicle as well as safer transport operations.

KEYWORDS: road vehicle, exploitation, maintenance of road vehicles, effectiveness

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. POJAM EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA.....	3
2.1 Eksploatacija cestovnih vozila	3
2.1.1 Zahtjevi	3
2.1.2 Eksploatacijske karakteristike cestovnih vozila	5
2.2 Eksploatacijsko-tehničke karakteristike vozila	7
2.3. Osvrt na tehničko – eksploatacijske zahtjeve.....	8
2.4. Održavanje cestovnih vozila	9
3. GLAVNI UZROČNICI PROMJENE STANJA CESTOVNIH VOZILA	11
3.1. Zamor	11
3.2. Korozija	12
3.2.1. Elektrokemijska korozija.....	13
3.2.2. Kemijska korozija	14
3.3. Trošenje	14
3.3.1. Suho trenje	16
3.3.2. Hidrodinamičko trenje.....	17
3.4. Klasifikacija oblika trošenja	19
4. EFEKTIVNOST CESTOVNIH VOZILA.....	22
4.1 Stanja vozila.....	22
4.2 Kvarovi	24
5. UTJECAJ ORGANIZACIJE EKSPLOATACIJE NA EFEKTIVNOST CESTOVNIH VOZILA.....	27
6. UTJECAJ ORGANIZACIJE PROCESA ODRŽAVANJA NA PARAMETRE EFEKTIVNOSTI CESTOVNIH VOZILA ..	33
7. ZAKLJUČAK.....	37
8. LITERATURA	38
POPIS SLIKA	39
POPIS TABLICA.....	40

1. UVOD

Razvoj industrije, odnosno industrijalizacija, s naglim razvojem tehnike i tehnologije, utječe i na razvoj cestovnih vozila. Automobilska industrija u drugoj polovici 20. stoljeća toliko se razvila da je dovela do enormnog razvoja područja cestovnog prijevoza ljudi i dobara, te su se javile potrebe za kvalitetnim i organiziranim načinima održavanja cestovnih vozila. Eksploatacijski uvjeti u kojima vozilo funkcionira su vrlo složeni, neprestano promjenjivi, dakle izrazito su stohastične naravi, pa se pouzdanost i vijek trajanja vozila mijenjaju ovisno o njima. Svako sredstvo za rad, pa tako i cestovno vozilo, ima određeni vijek trajanja. Neodgovarajući režimi uporabe i održavanja cestovnih vozila negativno utječu na njihov uporabni vijek i operativnu raspoloživost, što izravno utječe na uspješnost izvršenja prijevoznih zadataka. Tako, uslijed dugog i nepravilnog korištenja, dolazi do dotrajalosti pojedinih dijelova koje je potrebno pravodobno zamijeniti. Stoga je, da bi se vijek trajanja dijelova a samim time i vijek trajanja motornog vozila produljio, neophodno pravilno i stručno korištenje i održavanje. Također postoji mnogo utjecajnih čimbenika koji negativno utječu na vijek trajanja motornog vozila pa ih je potrebno pravodobno detektirati kako bi se njihov utjecaj sveo na minimum.

Tema završnog rada je Utjecaj organizacije eksploatacije i održavanja na efektivnost cestovnih vozila. Cilj završnog rada je definirati parametre efektivnosti cestovnih vozila, obraditi sustav održavanja vozila kroz koncepciju i metode te organizacijsku strukturu i tehnološke postupke održavanja te definirati utjecaj održavanja na parametre efektivnosti cestovnih vozila.

Završni rad se sastoji od 7 poglavlja:

1. Uvod
2. Pojam eksploatacije i održavanja cestovnih vozila
3. Glavni uzročnici promjene stanja cestovnih vozila
4. Efektivnost cestovnih vozila
5. Utjecaj organizacije eksploatacije na efektivnost cestovnih vozila
6. Utjecaj organizacije procesa održavanja na parametre efektivnosti cestovnih vozila
7. Zaključak

U drugom poglavlju objašnjeni su pojmovi eksploatacije i održavanja cestovnih vozila te su definirani eksploatacijski zahtjevi i karakteristike kao i uloga održavanja cestovnih vozila.

U trećem poglavlju opisana su moguća stanja vozila te su definirani i klasificirani mogući kvarovi.

Četvrto poglavlje prikazuje zamor, koroziju i trošenje kao najvažnije uzročnike promjene stanja cestovnih vozila.

Peto poglavlje opisuje utjecaj organizacije eksploatacije na efektivnost cestovnih vozila, dok šesto poglavlje opisuje utjecaj organizacije procesa održavanja na parametre efektivnosti cestovnih vozila.

2. POJAM EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJA CESTOVNIH VOZILA

Eksploatacija vozila je izraz za iskorištenje vozila u odnosu na njegov tehnički kapacitet propisan tehničkim priručnikom za održavanje.

Eksploatacija je u osnovi stohastički proces, te se na njega u analizi i ocjeni valjanosti mogu i moraju primijeniti metode analize slučajnih procesa. Odlučujući utjecaj na tehničko stanje i efektivnost vozila u eksploataciji, pored korisnika, ima sustav održavanja. [1]

2.1 Eksploatacija cestovnih vozila

Korisnik, odnosno održavatelj je taj koji, s jedne strane treba umanjiti negativne utjecaje nesavršenosti konstrukcije, poboljšanjem vozila s novim rezervnim dijelovima, a s druge da za račun korisnika osigurava visok nivo raspoloživosti i stalan uvid u tehničko stanje i pouzdanost vozila.

2.1.1 Zahtjevi

Zahtjevi koji se postavljaju u odnosu na vozila uvjetovani su klasom i kategorijom vozila i oni se mogu svrstati u tri grupe: opći, eksploatacijski i zahtjevi vezani za sigurnost. [1]

U grupi općih zahtjeva najznačajniji su:

- vučno-dinamička svojstva,
- unifikacija dijelova,
- zadovoljavanje zakonskih propisa i standarda,
- mogućnost modifikacije bez značajnih financijskih ulaganja,
- aerodinamičnost, estetičnost i funkcionalnost karoserije,
- povoljan odnos ukupne i vlastite mase,
- pouzdanost u radu, otpornost na zamor, koroziju i habanje,
- komfor u pogledu vibracija, ventilacije, buke, upravljanja i grijanja,
- dobra upravljivost i održavanje pravca tijekom kretanja i
- nizak specifičan pritisak kotača na podlogu.

U grupu eksploatacijskih zahtjeva pripadaju:

- minimalni troškovi korištenja,
- iskorištenost korisne nosivosti,
- minimalni troškovi održavanja,
- minimalna potrošnja goriva i maziva,
- jednostavan pristup svim mjestima za opsluživanje,
- maksimalne srednje brzine kretanja,
- lakoća i brzina utovara i istovara i
- jednostavno sklapanje i rastavljanje sklopova i dijelova kod popravaka.

U grupu zahtjeva vezanih za sigurnost u prometu spadaju:

- funkcionalnost, efikasnost i pouzdanost sustava za kočenje i upravljanje,
- stabilnost kretanja u svim dijelovima,
- dobra upravljivost,
- efikasan sustav za osvjetljivanje puta i čišćenje vjetrobranskog stakla,
- preglednost i vidljivost s vozačevog sjedala,
- funkcionalnost signalnih uređaja,
- udobnost i podesivost vozačevog sjedala,
- osiguranost zaštitne zone za svakog putnika,
- primjerena sigurnost stakala,
- konstrukcija koja osigurava zaštitu putnika u slučaju sudara i
- minimalan negativan utjecaj na okolinu i maksimalna uočljivost u svim vremenskim prilikama.

Navedeni zahtjevi su često u suprotnosti jedan sa drugim. Zbog toga se kod projektiranja vozila čine kompromisi u pogledu zadovoljavanja pojedinih zahtjeva. Kvalitetu, a time i cijenu vozila određuje uspješnost optimizacije ovih zahtjeva. [1]

Eksploatacijske značajke cestovnih prijevoznih sredstava dijele se u četiri glavne skupine:

- tehničke – vrsta, snaga i okretni moment motora;
- prijevozne - maksimalna količina tereta koju prijevozno sredstvo može prevesti od točke A do točke B;
- ekonomske - što veća isplativost prijevoza uz što manja ulaganja u prijevozno sredstvo;

- ergonomske – nastojanje da se usklade proizvodnja, rad i stroj sa čovjekovim psihičkim i fizičkim mogućnostima i obrnuto;

2.1.2 Eksploatacijske karakteristike cestovnih vozila

Najvažnije eksploatacijske karakteristike prijevoznog sredstva su snaga motora, okretni moment i sigurnost.

2.1.2.1. Snaga motora

U fizici, snaga opisuje kako se brzo vrši rad, odnosno kako se brzo razmjenjuje (prenosi, emitira ili apsorbira) energija. Snaga označava brzinu vršenja rada ili prijenosa energije, tako da je snažniji onaj tko jednaki rad obavi za kraće vrijeme ili ako u istom vremenu obavi veći rad. Deklarirana (efektivna) snaga motora mora biti definirana prema nekom standardu ispitivanja: [2]

- Europski pravilnik ECE R-85 i DIN – motor kojem se ispituje snaga, mora osim uređaja neophodnih za rad (pumpa za rashladni sustav, pumpa za podmazivanje, pumpa visokog pritiska kod dizel motora) imati ugrađen filter zraka, ispušni sustav i alternator (generator struje) .
- SAE (Society of Automotive Engineers) - Standard Američkog udruženja inženjera za vozila ne uzima u obzir gubitke organa o kojima ne ovisi neposredno rad motora (filter zraka, ispušni sustav, alternator...).

Stoga je deklarirana snaga istog motora po SAE veća nego po DIN standardu. Snaga je izvedena veličina koja se može prikazati na višenačina. Kako je motor stroj koji snagu predaje rotacijom radilice, prikladno je izraziti efektivnu snagu na izlazu (zamašnjaku) pomoću momenta i kutne brzine (1): $P_e = M\omega$ (1) gdje je: M – okretni moment (Nm) ω - kutna brzina koljenastog vratila (rad/s). [2]

2.1.2.2 Okretni moment

Pod okretnim momentom se podrazumjeva sila koja pod krakom poluge djeluje na neku okretnu točku. Motor preko klipnjače, pokrete klipa pretvara u okret koljenastog vratila s korisnim okretnim momentom na njegovu kraju. Mjenjač taj okretni moment pretvara u

pogonsku silu. Dakle, okretni moment je umnožak sile i kraka odnosno udaljenosti sile od središta vrtnje. Suvremeni motori trebaju na raspolaganje staviti što je moguće veći okretni moment u donjem području, ali i u širokom rasponu broja okretaja. To je obilježje dobre elastičnosti i vodi tomu da se auto može voziti sa manje promjena stupnja prijenosa, a time i uz manju potrošnju. [2]

2.1.2.3. Sigurnost prometa kao cilj

Sigurnost svih sudionika u prometu je zakonska potreba i cilj. Stanje sigurnosti u cestovnom prometu, općenito gledano nije zadovoljavajuće, osim pojedinačnih pozitivnih primjera u nekim zemljama Europe i svijeta (npr. Švedska). Otežavajuća okolnost je i to što praktički cjelokupno stanovništvo sudjeluje u cestovnom prometu. Druga otežavajuća okolnost je nesavršenost cestovnih vozila, prometnih površina, utjecaj pogreške sudionika i prosječno niska razina prometne i opće kulture sudionika. Sigurnost cestovnog prometa se promatra kroz opću sigurnost svih sudionika u prometu, mjerenu brojem kriznih i konfliktnih situacija i brojem prometnih nesreća. Zbog toga je malo znanstvenih područja koja obiluju s toliko zabluda i pogrešnih pokušaja kao promet. Takvo stanje nameće neophodnost suradnje i koordinacije aktivnosti većeg broja subjekata: službe javne sigurnosti, zakonodavne službe, javne službe uprave, prosvjete, prometnih i drugih stručnjaka, planera, doktora, pravnika i raznih drugih struka. Opća definicija prometne nesreće glasi: „Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće ili je izazvana materijalna šteta.“ Struktura tih istraživanja, koja se primjenjuju na prometnoj sigurnosti u većini europskih zemalja izgleda ovako: [2]

- analize prometnih nesreća i statistički izvještaji,
- kapaciteti i ponašanje cestovnih korisnika,
- ceste i prometna područja,
- utjecaji na ponašanje cestovnih korisnika,
- okolina i prometno planiranje i
- metode korištene u istraživanju prometne sigurnosti.

Posebna područja istraživanja su odnosi između okoline i prometne sigurnosti te efekti sigurnosnih mjera. Nesporno je da na sigurnost cestovnog prometa djeluje niz različitih faktora, različitog intenziteta, karaktera i obujma djelovanja. Glavni uzroci prometnih nesreća,

uglavnom su poznati, samo se u različitim sredinama i okolnostima mijenja njihov udio u ukupnoj sigurnosti prometa i u konkretnoj prometnoj nesreći ili situaciji. U svim situacijama čovjek je glavni i nezaobilazni uzrok i čimbenik. Ponašanje čovjeka, kao vozača i sudionika u prometu je dominantno. Sigurnost cestovnog prometa kao krajnji cilj, je ustvari jedan proces koji zahtjeva široki spektar aktivnosti, stručno vođenje, dobru koordinaciju aktivnosti i jaku financijsku i materijalnu podršku. [2]

2.2 Eksploatacijsko-tehničke karakteristike vozila

Osnovne eksploatacijske-tehničke karakteristike vozila su:

- ekonomičnost,
- dinamičnost,
- pouzdanost,
- vijek trajanja,
- kapacitet,
- udobnost,
- sigurnost,
- raspoloživost i
- pogodnost za održavanje.

Kvantifikacijom parametara efektivnosti omogućava se utvrđivanje ranga utjecaja pojedinih veličina u lancu podrške vozila u pojedinim fazama životnog ciklusa. Na taj način stvaraju se mogućnosti otkrivanja slabih mjesta, prevencije pojave otkaza, očuvanje visoke radne sposobnosti, spremnosti i smanjenje posrednih-neposrednih troškova životnog ciklusa. Analizu efektivnosti treba početi već u najranijim fazama razvoja vozila, kada su moguće relativno jednostavne promjene u konstrukciji, u cilju povećanja pouzdanosti ili pogodnosti za održavanje. Što je vozilo tehnički složenije to su zahtjevi podrške kompleksniji. Eksploatacija motornog vozila je dio životnog ciklusa od naročitog značaja. U njoj se najneposrednije prožimaju i sukobljavaju svi mogući utjecaji okruženja, tehničko-tehnološke, ekonomske i ekološke karakteristike vozila. Vozilo, korisnik i okruženje čine jedinstven sustav čije zajedničko djelovanje često daje neočekivane i nepredvidive ishode i rezultate. Interakcijske veze i funkcionalne zavisnosti između elemenata tog sustava vrlo je teško, a ponekad i nemoguće, identificirati, matematički formalizirati ili izraziti. [2]

Nameću se zaključci o velikom broju stohastičkih pojava u procesu eksploatacije: [2]

- intenzitet i režim eksploatacije,
- trenutak pojave otkaza i vrijeme između dva otkaza,
- intenzitet i vrijeme trajanja popravka,
- raspoloživost resursa za održavanje, itd.

Sustav održavanja osigurava visoku razinu raspoloživosti i stalan uvid u tehničko stanje i pouzdanost vozila, zaliha. Time uspješno udovoljava zahtjevima i potrebama tehnološkog procesa i da nema duplih rezervi koje se ne troše, a zauzimaju skladišne kapacitete i zaleđuju novčana sredstva. Formiranje zaliha rezervnih dijelova mora se vršiti na osnovu podataka o pouzdanosti i kritičnosti elemenata i sastavnih dijelova, kompetenciji u održavanju i veličini kontingenta motornih vozila.

2.3. Osvrt na tehničko – eksploatacijske zahtjeve

U širem teorijskom i praktičnom smislu, rezultati istraživanja mogu poslužiti za različite vrste analiza i za definiranje validnih zaključaka. Prema sigurnosti u prometu i pouzdanosti vozila kao tehničkog sustava, cestovno motorno vozilo može se promatrati kao sustav čija se pouzdanost proučava zavisno od pouzdanosti njegovih podsustava i kao skup sastavnih dijelova ili skup pojedinačnih elemenata sustava čija se pouzdanost proučava nezavisno od ostalih sastavnih dijelova.

Održavanje djeluje preventivno kroz niz kontrolnih i dijagnostičkih radnji i postupaka, nastojeći zadržati vozila u tehnički ispravnom stanju kako bi bila spremna i pouzdana u eksploataciji, pa tek potom otklanja posljedice. To se uglavnom ostvaruje poboljšanjem i prilagođavanjem funkcije održavanja svakom segmentu vozila kako bi se omogućilo povećanje pouzdanosti svakog segmenta pojedinačno, odnosno vozila u cjelini.

Bez obzira na stupanj poboljšanja funkcije održavanja i definirane relacije između funkcija održavanja i pouzdanosti vozila u eksploataciji, prisutan je i neizbježan kompromis između ispravnog i neispravnog stanja. To praktično znači da i u najbolje organiziranom sustavu održavanja i s maksimalno mogućoj ostvarenoj pouzdanosti vozila u eksploataciji, postoji određeni postotak neispravnosti (kvarova) koji su prikriveni i koje vozila „nose“ u procesu eksploatacije. Takva vozila spadaju u onih 23 % tehnički neispravnih vozila koja sudjeluju u prometu. Cestovna vozila su vozila za prijevoz putnika i robe na kopnu ali ne po tračnicama. Za prijevoz se koriste već izgrađenim prometnicama.

Prema namjeni cestovna vozila podijeljena su na:

- putnička vozila
- kombinirana vozila
- teretna vozila
- specijalna vozila
- radna vozila
- vučna vozila
- vojna vozila
- sportska vozila

2.4. Održavanje cestovnih vozila

Pravilno održavanje cestovnih vozila sastoji se od održavanja pravilnog rada motora i svih unutarnjih dijelova radi pravilnog rada automobila te o vođenju brige o izgledu vozila (iznutra i izvana).



Slika 2.1 Presjek automobila [2]

Održavanje podrazumjeva postupak pregleda, popravka ili poboljšavanja automobila čime mu se otklanja kvar, poboljšava postojeće stanje ili samo produžava radni vijek.

Teorija održavanja temelji se na dva sukobljena zahtjeva:

- troškovi održavanja moraju biti što manji,
- uređaj mora raditi što pouzdanije, odnosno održavanje mora biti što bolje i češće.

Kako je nemoguće pomiriti ova dva zahtjeva cijela teorija održavanja se zasniva na kompromisu odnosno na pokušaju da se postigne što veća sigurnost uz što manju cijenu. Pri tome važnu ulogu imaju zakoni i pravila koja se moraju poštovati pri radu pojedinih uređaja koja nameću minimume standarda koji moraju biti zadovoljeni za pojedine grane tehnike. [2]

Postoje dva pristupa održavanja. To su:

- korektivno održavanje,
- preventivno održavanje
- kombinirano.

Korektivno održavanje je održavanje kod kojeg se vozilo održava tek nakon što je nastupio kvar odnosno zastoj. Ovaj način održavanja je najzastupljeniji usprkos cijelom nizu negativnih svojstava koje sa sobom nosi.

Preventivno održavanje je održavanje prilikom kojeg se vozilo održava prije nego nastupi kvar. Ovaj način dokida negativna svojstva korektivnog održavanja, ali sa sobom nosi neka druga negativna svojstva. Preventivno održavanje se može vršiti na nekoliko načina. Može biti izvedeno kao Planirano održavanje, koje se vrši u zadanim vremenskim intervalima (engleski: Time Based Maintenance) ili na temelju broja prijeđenih kilometara, na temelju broja radnih sati, nakon određenog broja izvršenih radnih operacija, itd; ili kao prediktivno održavanje (održavanje po stanju) kod koje se aktivnosti održavanja realiziraju na temelju stanja dijelova i sustava.

Korektivno održavanje se najčešće realizira neplanski i urgentno, a preventivno održavanje se realizira planski, odnosno kada se za to ukaže potreba.

Prilikom održavanja uređaja koriste se oba navedena načina, vitalni dijelovi se većinom održavaju aktivnim načinom, odnosno preventivno, a manje bitni pasivno, odnosno korektivnim načinom.

U praksi se najčešće koriste kombinacije ove dvije metode koje se nazivaju kombinirano održavanje. Pojedini uređaji, sklopovi i strukturni dijelovi se kod ovakve metode održavaju preventivno, a drugi korektivno.

3. GLAVNI UZROČNICI PROMJENE STANJA CESTOVNIH VOZILA

3.1. Zamor

Zamor je proces pogoršavanja karakteristika materijala zbog višekratnog djelovanja promjenjivih opterećenja, koja uzrokuju pojavu pukotina. Pukotina se uvijek pojavljuje na najopterećenijem mjestu (koncentracija naprezanja) i u jednom metalnom zrnu. Usred višekratne promjene opterećenja, kad naponi dosegnu vrijednost zatezne čvrstoće, zrno gubi sposobnost deformacije te dolazi do pojave prve mikropukotine, koja prerasta u makropukotinu u cijelom metalnom zrnu. Daljim opterećenjem dolazi do još jačeg zamora koji uzrokuje širenje pukotina na susjedna zrna, što u konačnici dovodi do loma. [6]

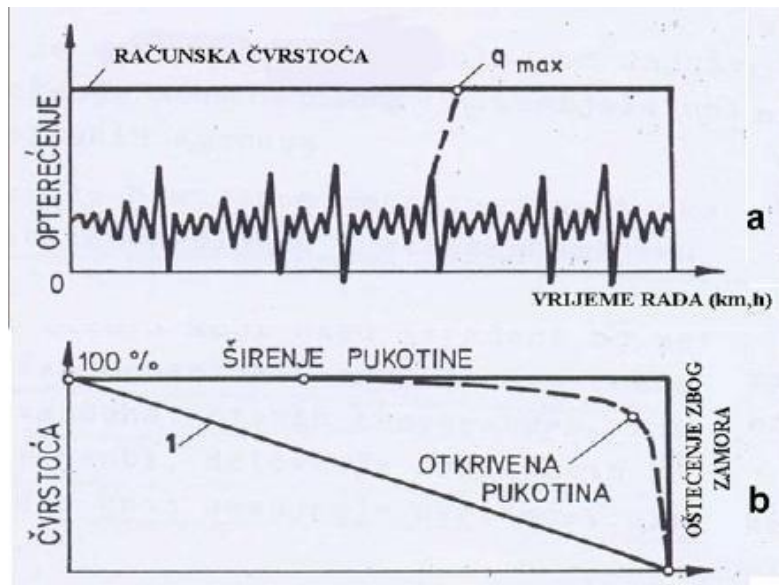
Takav prijelom ima dvije različite površine:

- zamorom prelomljeni dio izgleda glatko i mat je
- završni lom je sjajniji, krupnozrnasti i hrapaviji

Kao posljedica zamora mogu nastati dvije vrste kvarova, i to: [6]

- iznenadni kvar kao krti lom što je posljedica prekoračenja vrijednosti dozvoljenog opterećenja
- kvar zbog stupnjevite akumulacije oštećenja

Prva vrsta kvara najčešće nastaje kao posljedica nepravilne uporabe. Eksploatacijska opterećenja ne dostižu graničnu vrijednost (računska čvrstoća) pri kojoj bi lom bio trenutni. Opterećenje q_{max} , koje izaziva trenutni kvar (krti lom), može nastati u bilo kojem trenutku eksploatacije, neovisno o vremenu rada elementa. Vjerojatnost pojave ovakvog kvara ne ovisi o vremenu rada nego o vjerojatnosti pojave preopterećenja (q_{max}). [6]



Slika 3.1 Promjena stanja zbog zamora, [4]

3.2. Korozija

Utjecajem vlažnosti zraka i atmosferskih zagađivača dolazi do razaranja materijala. Takvo razaranje nazivamo korozija. Nastaje u unutrašnjosti šupljina, zatvorenim profilima, podovima, varenim spojevima, donjim rubovima vrata i dr. Širi se od unutrašnjosti prema vanjskim (vidljivim) dijelovima. Širenje korozije uzrokuje slabljenje vitalnih elemenata i čvrstoće cijelog vozila. [6]

Korozija se razlikuje prema mjestu razaranja materijala i prema obliku, pa postoji:

- opća korozija – zahvaća cijelu površinu materijala
- mjestimična – napada samo dijelove površine
- interkristalna – prodire u materijal uzduž granica između zrna
- selektivna – napada samo određenu komponentu složenog materijala

Osnovni oblici korozije, ovisno o procesu nastanka, su elektrokemijska i kemijska .



Slika 3.2. Shematski prikaz oblika korozije, [4]

3.2.1. Elektrokemijska korozija

Slično procesima u galvanskom elementu, gdje se kemijska energija pretvara u električnu, nastaje kada se dva metala s različitim elektrokemijskim potencijalima potope u elektrolit (najčešće voda i vodeni rastvori kiselina i soli). Različito materijala stvara razliku potencijala na njihovoj površini, gdje dolazi do rastvora slabijeg metala koji se ponaša kao anoda, dok jači katodno ostaje zaštićen. Ova vrsta korozije najrasprostranjenija je u prirodi. Atmosferska korozija nastaje zbog vlažnog zraka na normalnoj temperaturi. To je najrasprostranjeniji vid elektrokemijske korozije. Elektrolit u ovom slučaju je vlaga iz zraka koja se kondenzirana na površini metala. Kondenzat može sadržavati različite sumporne spojeve (SO_2 , SO_3 , CO_2 , H_2S), a u primorskim krajevima i spojeve klora. Brzina atmosferske korozije ovisi o više faktora, a to su: vlažnost, sadržaj korozivnih plinova, debljina sloja kondenzata, itd. Iz tablice 1 vidljiv je utjecaj okoline na koroziju materijala. [6]

Korozija u elektrolitima najčešća je pojava unutar sustava za hlađenje motora vozila gdje dolazi do elektrokemijske reakcije između dva različita metala koji se nalaze u tekućini za hlađenje koja provodi električnu struju pa dolazi do premještanja elektrona. Tada aktivniji metal djeluje kao anoda i razgrađuje se, dok drugi metal, katodno, prima elektrone. Tekućina za hlađenje u ovom slučaju služi kao elektrolit, ali je koroziju moguće spriječiti ako se koristi tekućina za hlađenje bez kiselina. [6]

3.2.2. Kemijska korozija

Za razliku od elektrokemijske korozije, kemijska nastaje kao posljedica kemijskih reakcija, dakle nema električnog polja. Ova korozija je najčešće proces oksidacije metala spajanjem s plinovima ili neelektrolitnim tekućinama i organskim spojevima kao što su nafta i njeni derivati, kao korozijska sredina. Proizvod korozije je oksid koji tvori sloj na površini metala. Povećanjem debljine tog sloja proces korozije se usporava, a kod nekih metala i prekida.

[5]

Brzina procesa kemijske korozije ovisi o:

- sastavu metala
- strukturi metala
- kvalitete obrade metala
- temperaturi
- vremenu djelovanja korozijske sredine

Plinska korozija nastaje kod direktnog spajanja atoma metala sa atomima plinske sredine koja ga okružuje. Primjer ove korozije na cestovnom vozilima nalazimo na radnoj površini ispušnih ventila, stjenkama cilindra motora, unutarnjim površinama ispušnih lonaca i cijevi, itd.

[5]

Korozija u neelektrolitima nastaje u otopinama koje sadrže neki oksidant ili materiju koja metalu može oduzeti elektrone i prevesti ga u ionsko stanje. Ova vrsta korozije javlja se na unutarnjim stjenkama spremnika za gorivo, a javlja se zbog djelovanja sumpornih spojeva, smola i organskih kiselina iz naftnih derivata. [6]

3.3. Trošenje

Trošenje, kao posljedica trenja, jedan je od najvažnijih uzročnika promjene stanja najvećeg broja elemenata i sklopova na motornim vozilima. Trenje nastaje relativnim kretanjem između dvije susjedne površine u dodiru, a izraženo je silom trenja koja predstavlja otpor kojeg relativnom tangencijalnom gibanju tijela pruža površina po kojoj se giba ili sredstvo (fluid)

kroz koje se giba. Sila trenja je direktno proporcionalna normalnoj sili između elemenata u relativnom gibanju i koeficijentu trenja. Izuzev frikcijskih mehanizama (kočnice, spojka) gdje je poželjno razviti što veće trenje, u većini slučajeva ono je neželjena pojava i nastoji se izbjeći ili bar umanjiti. Negativne posljedice trenja su povišene temperature na frikcijskim površinama te trošenje frikcijskih površina. [6]

Svako cestovno vozilo se sastoji od velikog broja tribomehaničkih sustava koji se dijele u tri osnovne grupe: [6]

- podsklopovi u kojima se obavlja vođenje kretanja jednog elementa po drugom (klizni ležajevi, vodilice,...)
- sustavi kojima se vrši prijenos energije i rada (zupčasti prijenosnici, remenice,...)
- sustavi kojima se prenose informacija (brijeg i podizač, električni kontakti,...)

Svaki se tribomehanički sustav može predstaviti kao "crna kutija" s ulazima, gubicima i izlazima. Pretvaranje ulaznih u izlazne veličine se prati preko vrijednosti sile ili momenta, dimenzije (pozicije), temperature i karakteristika materijala. U istom cilju se često promatraju izvedene veličine: snaga (intenzitet rada), brzina (obimna ili linearna), intenzitet prijenosa toplote, mase, itd. [6]

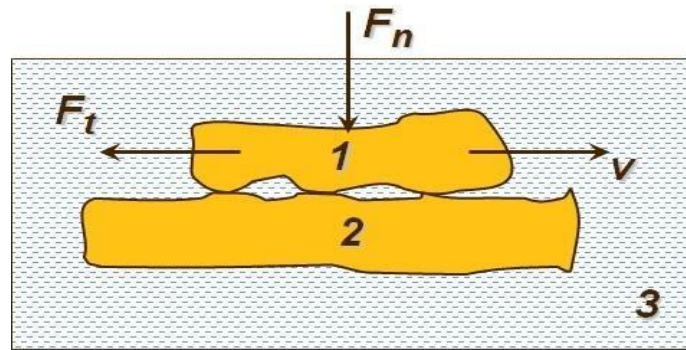
U tribomehaničkim sustavima se, u području kontakta, odvijaju dva procesa:

- formiraju se i raskidaju frikcijske veze, odnosno odvija se proces trenja po vrhovima neravnina oba dva elementa u dodiru,
- dolazi do prijenosa, kretanja, masa s jednog na drugi element.

Na slici 3.3. je prikazan tribomehanički sustav koji se sastoji od tri elementa, dva čvrsta (1 i 2) i maziva (3). Da bi se postiglo kretanje elementa 1 po elementu 2 potrebno je utrošiti odgovarajuću količinu rada (energije) na raskidanje formiranih frikcijskih veza.

F_n – vanjsko opterećenje, F_t – sila trenja, v – brzina kretanja elementa 1 po elementu 2

3 - mazivo



Slika 3.3 Tribomehanički sustav [4]

Zbog kontakta i kretanja između elemenata za vrijeme rada sustava, jedan dio energije se troši na svladavanje trenja. U cestovnim vozilima se i do 50% uložene energije rasipa zbog trenja, što se može umanjiti podmazivanjem. Nakon određenog vremena rada (prijeđenih kilometara) sustav, zbog istrošenosti, više nije u stanju kvalitetno obavljati svoju funkciju te dolazi do poremećaja u radu i na kraju do pojave potpunog kvara (zastoj). Da bi se sustav vratio u prvobitno stanje, stanje "u radu", potrebno ga je obnoviti, odnosno zamijeniti jedan ili više istrošenih elemenata. [6]

U sustavu nije moguće u potpunosti zaustaviti procese trenja i trošenja, ali ih je moguće ublažiti i produljiti vijek trajanja samog sustava. Zbog pojave čestica mase obaju čvrstih elemenata u mazivu ono s vremenom mijenja svoja osnovna fizičko-kemijska svojstva (viskoznost, pH vrijednost,...), odnosno postaje istrošeno i više nije u stanju obavljati svoju funkciju podmazivanja i odvođenja topline na kvalitetan način te ga je potrebno pravovremeno zamijeniti. [6]

S obzirom na postojanje sloja maziva, trenje može biti:

- suho
- hidrodinamičko
- granično

3.3.1. Suho trenje

Suho trenje je posljedica dodira tarnih površina dva elementa kad nastaje međudjelovanje koje se suprotstavlja njihovom kretanju. U ovom slučaju nema trećeg elementa tribomehaničkog sustava, ne postoji ulje ili mazivo. Tarne površine elemenata su prekrivene samo produktima trošenja (suhi „film“). Dodirom elemenata preko njihovih površinskih mikroneravnina stvaraju se visoke temperature kao posljedica velikih specifičnih tlakova što uzrokuje pojavu mikrovarova, odnosno vezivanja elemenata na molekularnoj razini. Relativnim gibanjem elemenata razvija se trošenje, odnosno smicanjem dolazi do kidanja mikrovarova i čestica materijala (produkti trošenja). Suho trenje naziva se još i vanjsko trenje. Kod cestovnih vozila primjer suhog trenja vidljiv je na kočnicama i spojka.

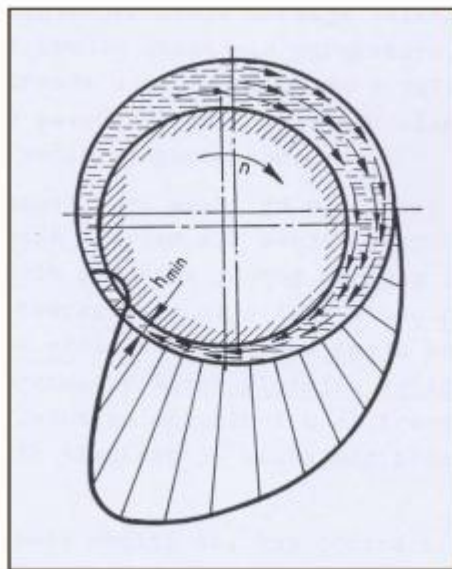
Kod suhog trenja veličina stvarne dodirne površine je jako bitna jer određuje veličinu specifičnih tlakova. Tako se sila koju jedan par prenosi raspodjeljuje na stvarnu dodirnu površinu, koju određuje kvaliteta obrade te površine. Dakle, geometrijski iste dodirne površine mogu, ovisno o finoći obrade (ili uhodavanja), imati različite stvarne dodirne površine.

Čisto suho trenje se može ostvariti samo u laboratorijskim uvjetima, jer u realnoj sredini uvijek postoji i treći sloj, a to je vlaga ili prašina u zraku. [6]

3.3.2. Hidrodinamičko trenje

Javlja se kada su kontaktne površine razdvojene stalnim slojem maziva (ulje). Nema direktnog dodira metalnih površina kao ni površinskog trenja. To je slučaj kada debljina uljnog filma potpuno odvaja površine, tj. veća je od zbroja visina neravnih mikroprofila oba elementa, [5].

Zbog unutarnjeg trenja svaki fluid pruža otpor relativnom pomicanju svojih čestica razmjerno brzini tog kretanja. Trenje uglavnom ovisi o viskoznosti ulja. Indeks viskoznosti označava utjecaj temperature na viskoznost. Hidrodinamičko trenje se javlja kod kliznih ležajeva i koljenastog vratila vozila u stacionarnom režimu rada. Okretanjem koljenastog vratila u ležaju ulje pod tlakom ulazi u uski prostor između njih i stvara uljni klin pa se rukavac odvaja od površine ležaja i „pliva“ u njemu (slika 3.4).



Slika 3.4. Shema stvaranja uljnog sloja klizni ležaj-vratilo [4]

U ovakvom režimu rada trenje je minimalno jer su kontaktne površine u potpunosti odvojene. „Plivanje“ rukavca koljenastog vratila ovisi o broju okretaja vratila, viskoznosti ulja, opterećenju rukavca, zračnosti između rukavca i ležaja. Elementi vozila se i konstruiraju za rad u režimu hidrodinamičkog podmazivanja, ali u realnim uvjetima, tijekom kraćih perioda uporabe, oni neizbježno rade i u uvjetima graničnog podmazivanja, pa čak i u uvjetima suhog trenja, [4].

Granično trenje je prijelaz između vanjskog i unutarnjeg. Javlja se između kliznih površina kada postoji vrlo tanak sloj uljnog filma ($0,1 \mu\text{m}$) koji ne razdvaja površine kao kod hidrodinamičkog, već se mijenjaju uvjeti trenja. Ovdje je bitna kvaliteta maziva, odnosno mazivost. Mazivost se izražava kroz osobinu maziva da penetrira i apsorbira (površinski se vezuje) u neravnine mikroprofila na metalnim površinama. Ostvaruje se pomoću aditiva.

Primjeri graničnog podmazivanja kod vozila su klip-cilindar, vodilica ventila-ventil, itd. Pri startu motora svi ležajevi, koji se hidrodinamički podmazuju, rade u uvjetima graničnog trenja.

EP podmazivanje (*Extended Pressure – EP*) je podmazivanje u uvjetima ekstremno visokih tlakova. Zahtjeva specijalna ulja s kemijskim supstancama koja se na mjestima visokih

tlakova, a to znači i visokih temperatura, kemijski vezuju s metalnim površinama, stvarajući tvrde spojeve s metalom u formi sulfida, fosfida i klorida. Funkcija ulja u ovom slučaju se svodi na funkciju transportiranja aditiva do mjesta gdje se javljaju tlakovi, a to su kod vozila diferencijali (prijenos snage sa konusnog na tanjurasti zupčanik), mjenjači, itd, [5].

Obzirom na trajnost, najpovoljnije je hidrodinamičko trenje. Nema direktnog dodira metalnih površina jer je uljni film za 1,5 do 2 puta veći od maksimalne vrijednosti mikroneravnina na površinama trenja. Zbog toga se elementi vozila projektiraju za rad u ovim uvjetima. U kraćim periodima uporabe elementi vozila rade i u uvjetima graničnog pa i suhog trenja (startanje, velike promjene u režimima rada) dok se ne zadovolje nužni uvjeti za postizanje hidrodinamičkog trenja, a ti uvjeti su odgovarajuća brzina dodirnih površina, viskoznost ulja, opterećenje itd.

3.4. Klasifikacija oblika trošenja

Postoje različite klasifikacije oblika trošenja obzirom na autora. Za ovo područje (motorna vozila) najviše korištena klasifikacija je: [6]

- mehaničko
- molekularno – mehaničko
- korozijsko – mehaničko
- erozijsko
- kavitacija

Mehaničko trošenje je rezultat različitih mehaničkih djelovanja, a može biti:

- abrazivno,
- trošenje plastičnom deformacijom i
- krti lom

Abrazivno trošenje je rezultat međusobnog djelovanja pri dodiru dva materijala različite tvrdoće. Tvrđi materijal u mekšem njemu stvara brazde. Ovaj oblik trošenja nastaje i pod djelovanjem stranih abrazivnih čestica (produkti trošenja, prašina,...). To je najprostiji vid razaranja površina trenja, a posljedice ovog oblika trošenja su gubitak mase, promjena dimenzija i pojava “riseva”. Najčešći uzrok je neodgovarajuće podmazivanje površina trenja. Elementi motornih vozila kod kojih se abrazivno trošenje najčešće javlja su cilindri, klipovi i klipni prsteni. Intenzitet trošenja se može smanjiti pravilnim izborom materijala parova trenja,

zaštitom površina od stranih abrazivnih čestica, čišćenjem produkata trošenja, potrebnim uvjetima podmazivanja, itd. [6]

Trošenje plastičnom deformacijom nastaje u uvjetima velikih opterećenja i temperature, dijelovi se deformiraju, a površinski sloj metala se polako premješta pod utjecajem sile trenja u vidu klizanja. Posljedica ovakvog trošenja nije gubitak mase već promjena dimenzija elemenata. Karakteristično je za klizne ležajeve, gornji dio klipnjače, otvor za osovinicu klipa, itd. Intenzitet ovog trošenja se može smanjiti ograničenjem specifičnih tlakova i temperatura na površinama trenja i racionalnijim podmazivanjem. [6]

Trošenje krtim lomom je posljedica trenja i popratnih plastičnih deformacija površinskih slojeva. Plastično deformiran površinski sloj se tijekom rada intenzivno nabija (udara) zbog djelovanja opterećenja i nakon nekog vremena postaje krt, dolazi do popuštanja i polaganog prekida veza između krtog deformiranog dijela i osnove elementa, pa se površinski sloj odvaja (ljušti). Proces se sa svakim slijedećim slojem ponavlja. Ovo trošenje je karakteristično za elemente opterećene velikim tlakovima i temperaturama (zubi zupčanika, ležajevi koljenastog vratila, šalice kugličnih i valjkastih ležajeva, ...), a posljedice su gubitak mase i promjena dimenzija elemenata. Smanjenje intenziteta ovakvog trošenja se postiže pravilnim izborom materijala parova trenja, održavanjem odgovarajućih zračnosti i dosjeda, specijalnom obradom površina trenja (poliranje). [6]

Molekularno – mehaničko trošenje je rezultat molekularnog cijepanja materijala s površina trenja. Javlja se u uvjetima povećanih opterećenja, zagrijavanja te brzina kretanja kontaktnih površina zbog čega dolazi do cijepanja uljnog sloja između njih. Posljedično nastaju plastične deformacije površinskih slojeva i dolazi do narušavanja tankih oksidnih slojeva što uzrokuje spajanje molekula tarnih površina. Površine su u međusobnom kretanju pa se kidaju tako nastale veze, stvaraju se vrhovi i udubljenja što uzrokuje povećanje specifičnih tlakova na vrhovima. Metal manje čvrstoće lijepi se na površinu elementa s većom čvrstoćom. [6] Primjerice, materijal kliznog ležaja se, u uvjetima lošeg podmazivanja i povećanog opterećenja, lijepi na rukavac koljenastog vratila. Posljedice ovog vida trošenja su promjene dimenzija elemenata. Najčešće nastaje na kliznim ležajima i klipovima motora vozila.

Korozijsko – mehaničko trošenje je posljedica zajedničkog djelovanja mehaničkog trošenja i agresivnih spojeva okoline u kojoj spregnuti par radi. Pod utjecajem kemijskih spojeva bitno se mijenjaju karakteristike površinskih slojeva elemenata, što utječe na njihovu tvrdoću, pa se mehaničkim djelovanjem lakše troše. Proces se na ovaj način ponavlja. Javlja se na cilindrima motora, rukavcima koljenastog vratila, itd. Smanjenje intenziteta trošenja se može postići primjenom kvalitetnijih goriva i maziva, antikorozivnih materijala, itd.

Erozijsko trošenje može biti hidroerozijsko kao posljedica protoka tekućine i plinoerozijsko kao posljedica protoka plinova. Trošenje nastaje skidanjem čestica materijala zbog trenja tekućina ili plinova. Pogotovo je izraženo kada fluid u sebi sadrži i čvrste čestice. Pod utjecajem ovog vida trošenja su elementi za dovod goriva, ispušni ventili, elementi sustava za hlađenje, itd. [6]

Kavitacija je pojava stvaranja i apsorpcije parozračnih mjehurića pri kretanju tekućina po površinama elemenata s određenim tlakom i temperaturom u promjenjivim presjecima protoka te vibracija. Stvaraju se zrakoprazni prostori između metala i tekućine pa nastaju šupljine na površinama elemenata. Najčešći elementi vozila na koje djeluje kavitacija su površine cilindara motora koji se hlade tekućinom, pumpe za hlađenje, itd.

Važno je naglasiti da najčešće isti element cestovnog vozila, ovisno o uvjetima uporabe, istovremeno može biti pod utjecajem više vidova trošenja. U pravilu je jedan od njih najizraženiji jer je svaki oblik trošenja uvjetovan određenim parametrima kao što su brzina kretanja dodirnih površina, uvjeti podmazivanja, provodljivost toplote, pojava difuzije, itd.[6]

4. EFEKTIVNOST CESTOVNIH VOZILA

Efektivnost je vjerojatnost da će vozilo uspješno stupiti u rad u bilo kojem, proizvoljnom trenutku vremena i vršiti funkciju kriterija u projektiranom vremenu i datim uvjetima okoline.

E		A		P		FP
efektivnost	=	Spremnost ili ispravnost sustava za rad	x	Koliko dugo će sustav tijekom uporabe biti ispravan	x	Koliko dobro sustav izvršava zadaću ili funkciju namjene

A – raspoloživost

P – pouzdanost

FP – funkcionalna pogodnost

Slika 4.1. Slikovna definicija efektivnosti

Efektivnost daje odgovore na temeljna pitanja:

- koliko često će vozilo moći biti u uporabi,
- koliko dugo će tijekom uporabe biti ispravno,
- koliko dobro će izvršavati projektiranu zadaću ili funkciju.

Kvantifikacijom čimbenika efektivnosti stvaraju se mogućnosti:

- otkrivanja slabih mjesta,
- prevencije pojave otkaza,
- očuvanja visoke radne sposobnosti i raspoloživosti,
- smanjenja direktnih i indirektnih troškova životnog ciklusa.

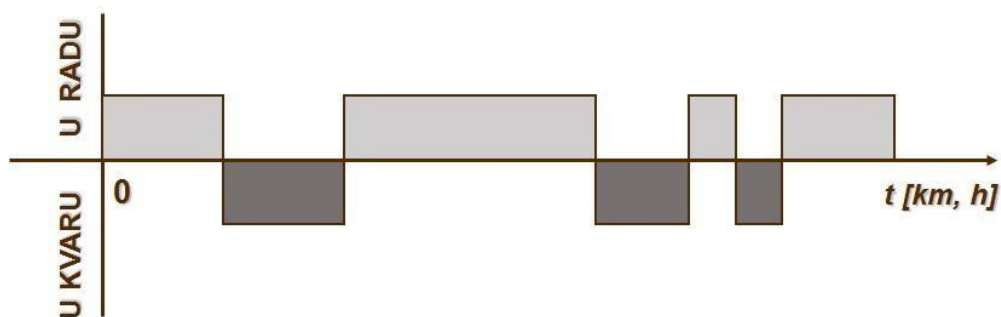
4.1 Stanja vozila

Cilj svih korisnika motornih vozila je da ona što dulje zadovoljavaju projektirane parametre, odnosno da što duže budu u ispravnom stanju. Tijekom vremena neminovno dolazi do promjena na vozilu i korisnik pokušava nizom određenih aktivnosti održati projektiranu radnu sposobnost, odnosno ispravno stanje. Proces eksploatacije, koji je izrazito stohastične naravi, uzrokuje pojave oštećenja i kvarove, a zadatak održavanja je da različitim aktivnostima i zahvatima smanji frekvenciju promjene projektiranih svojstava na vozilu.

Stanje vozila je opis stupnja realizacije funkcije odnosno opis realizacije projektirane ili deklarirane radne aktivnosti. Prema teoriji pouzdanosti vozilo se može nalaziti u dva osnovna stanja, i to: stanje "u radu" i stanje "u kvaru". Stanje "u radu" (SUR) označava potpunu ispravnost vozila, odnosno sve izlazne performanse se nalaze u granicama dozvoljenih odstupanja i ono je u potpunosti sposobno vršiti funkciju namjene. Stanje "u kvaru" (SUK) je svako stanje vozila koje odstupa od definiranih (projektiranih, specificiranih, funkcijom kriterija determiniranih) karakteristika funkcije vozila, [3].

Vozilo se može nalaziti i u većem broju stanja. Stanje "u kvaru" može biti stanje smanjene radne funkcije. Neovisno da li zbog pojave kvara vozilo može nastaviti funkciju s umanjenim performansama (smanjena radna aktivnost) ili nastaje zastoj (prekid svake aktivnosti) pojavom kvara, u teoriji pouzdanosti se smatra da je vozilo izvan funkcije, [3].

Zbog utjecaja niza različitih čimbenika tijekom eksploatacije često dolazi do promjene tehničkog stanja vozila, a time i do pada razine kvalitete. Osnovna stanja vozila se najbolje mogu prikazati i analizirati pomoću vremenske slike stanja



Slika 4.2 Vremenska slika stanja vozila, [3]

Vremenska slika stanja prikazuje segmente vremena "u radu" (iznad vremenske osi, slika 4.2.) i segmente vremena "u kvaru" (ispod vremenske osi), a točka "0"

označava početak eksploatacije vozila. Nakon puštanja u rada novog vozila (točka "0", slika 4.2.) ono je ispravno, radno sposobno i u potpunosti izvršava funkciju namjene. U nekom proizvoljnom, slučajnom trenutku vremena (ili nakon određenog broja prijeđenih kilometara) javlja se kvar i vozilo je promijenilo svoje stanje, odnosno prešlo je iz stanja "u radu" u stanje "u kvaru". Pošto je vozilo tipičan primjer popravljivih (obnovljivih) tehničkih sustava, na njemu se tijekom vremena "u kvaru" izvode različite aktivnosti održavanja kako bi se u što kraćem roku vratilo u ispravno stanje i ponovo uključilo u proces eksploatacije.

Svi vremenski intervali koji su prikazani na slici 4.2. su izrazito stohastične naravi. I vrijeme rada (prijeđeni broj kilometara) do pojave kvara kao i vrijeme trajanja kvara, odnosno vrijeme trajanja održavanja (popravka) su slučajni. Treba naglasiti da je čak i vrijeme trajanja planskih popravaka (planirano, preventivno održavanje) slučajne naravi. Odnos između ovih vremena ("u radu" i "u kvaru") govori i o kvaliteti vozila, odnosno o karakteristikama pouzdanosti i pogodnosti za održavanje kao i o kvaliteti ukupne logističke potpore. Iz navedenog se može zaključiti da su i proces eksploatacije kao i proces održavanja vozila slučajni procesi, [2].

4.2 Kvarovi

Kvarovi se klasificiraju kako bi se lakše mogli analizirati. Postoji puno kriterija temeljem kojih se mogu klasificirati kvarovi. Kvarove treba analizirati sustavno kako bi istraživanje bitnih karakteristika vozila kao što su efektivnost i pouzdanost bilo znanstveno utemeljeno.

Kvarovi se dijele na dvije temeljne vrste:

- neinherentne
- inherentne

Bitna karakteristika neinherentnih kvarova je da nisu svojstveni, ne potječu, odnosno nisu povezani s tehnološkim postupkom rada niti funkcijom vozila, nisu mu inherentni. Takvi kvarovi su obično posljedica lošeg rukovanja, udara, sudara, prirodnih pojava i katastrofa, itd.

Iz gore navedenog je jasno da nikakva teorija i tehnologija ne može istraživati ovakve kvarove. Ipak, iz ove grupe kvarova se mogu izdvojiti kvarovi koji su posljedica

lošeg rukovanja i koje je moguće istraživati jer mogu bitno utjecati na radnu sposobnost vozila. Takvi kvarovi nisu inherentni vozilu ali su inherentni rukovateljima (vozači) tih vozila. Kako bi se ovi kvarovi smanjili u vozila se ugrađuju sustavi zaštite ("fool proof" – "otporno na budale"), što opet može povećati kompleksnost vozila, pa i njegovu cijenu.

Inherentni kvarovi su posljedica, odnosno nastaju tijekom radne aktivnosti vozila i dijele se na [3]:

- početni (rani) kvarovi
- slučajni kvarovi
- pozni kvarovi

Početni kvarovi se javljaju tijekom perioda uhodavanja (period "dječjih bolesti") i posljedica su grešaka u konstruiranju, proizvodnji i kontroli kvalitete. Uklanjaju se održavanjem u garantnom roku pa im intenzitet u vremenu naglo opada.

Slučajni kvarovi se javljaju od samog početka eksploatacije (i u periodu uhodavanja), nasumično. Teško im je odrediti uzroke, posljedica su unutarnjih koncentracija naprezanja u elementima vozila. Neki oblici se detektiraju neposredno prije pojave kvara putem različitih simptoma (vibracije, buka, curenje,...). Intenzitet im je konstantan i, ako je poznat, može se predvidjeti vjerojatnost pojave.

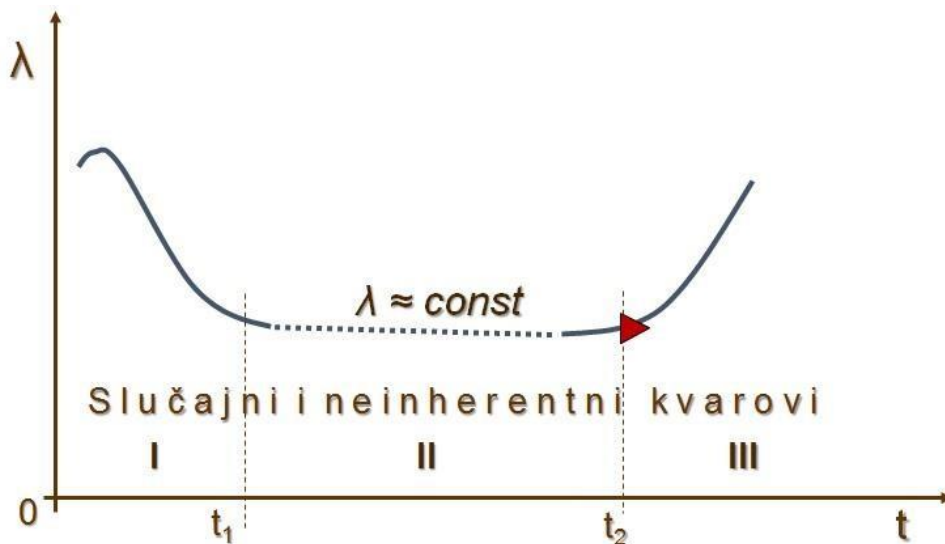
Pozni kvarovi ili kvarovi zbog istrošenosti su posljedica starenja vozila i trošenja. Intenzitet im tijekom vremena raste, a mogu se spriječiti pravodobnim mjerama preventivnog održavanja te na taj način produžiti vijek trajanja vozila.

Kako bi se u eksploataciji mogla pratiti pouzdanost vozila vrlo važno je imati dobro organiziran sustav praćenja i analize kvarova. U takvim bazama podataka bi trebale postojati informacije za svaki kvar, odnosno trebale bi sadržavati osnovne komponente identifikacije svakog kvara, a to su: uzrok kvara (lom, istrošenost, olabavljenost, podmazivanje,...), manifestacija (vibracija, buka, ne radi,...), lokacija (zupčasti prijenosnici, elektronika, elektroinstalacija, ...) i način otklanjanja (zamjena, podešavanje, podmazivanje,...). Podaci o kvarovima se mogu prikupljati iz niza različitih obrazaca koji se mogu različito nazivati, ovisno o tvrtki koja se bavi održavanjem. Primjerice, to mogu biti: radni nalog, radna lista održavanja, servisni zapis, zapis o popravcima, itd. Takve baze podataka o kvarovima su podloga za

poboljšanje pouzdanosti vozila u eksploataciji, a nude i dragocjena, praktična iskustva za razvoj novih vozila i, kako je ranije rečeno, podloga su za modifikaciju postojećih.

Tako se za svako vozilo može doći do podataka o intenzitetu (učestalost, frekvencija, stopa) kvarova i zakonitosti pojave u vremenu, a posebno uzimajući u obzir tri karakteristična vremenska perioda eksploatacije. Osim utvrđivanja vrste kvara, analizom eksploatacije se može odrediti i frekvencija pojave kvarova mjerenjem vremena između kvarova, odnosno učestalost kvarova po jedinici vremena ili prijeđenog puta. Recipročna vrijednost srednjem vremenu između kvarova (Mean Time Between Failures – MTBF) je intenzitet ili učestalost kvarova λ i ovisi o periodu eksploatacije, [3].

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$



Slika 4.3. Krivulja intenziteta kvarova [4]

5. UTJECAJ ORGANIZACIJE EKSPLOATACIJE NA EFEKTIVNOST CESTOVNIH VOZILA

Eksploatacijski uvjeti u kojima vozilo funkcionira su složeni, neprestano promjenjivi, dakle izrazito su stohastične naravi, pa se pouzdanost i vijek trajanja vozila mijenjaju ovisno o njima. Pod utjecajem uporabnih uvjeta se mijenjaju režimi rada elemenata i sklopova što utječe na intenzitet promjene njihovog stanja. Različita ispitivanja su pokazala da su opterećenja elemenata, sklopova i sustava vozila najmanja pri vožnji na otvorenom, međugradskim cestama, za razliku od gradske vožnje.

Na matematički način interpretirati eksploatacijski proces je vrlo teško, pa i nemoguće. Dakle, postavlja se pitanje kako to učiniti? Ocjena utjecaja pojedinih uvjeta odnosno čimbenika na intenzitet promjene stanja se ocjenjuje pomoću karakterističnih pokazatelja, a najčešći su: broj okretaja koljenastog vratila, okretni moment motora, broj promjena stupnjeva prijenosa, zaustavljanja i uključivanja kretanja unatrag, broj kočenja na jedinicu prijeđenog puta, količina impulsa promjene opterećenja za jedinicu prijeđenog puta, distribucija opterećenja u danim uvjetima vožnje, specifični rad proklizavanja spojke, specifični rad trenja kočnica, statistička distribucija kuta okretanja kola upravljača na jedinicu prijeđenog puta, itd., [4].

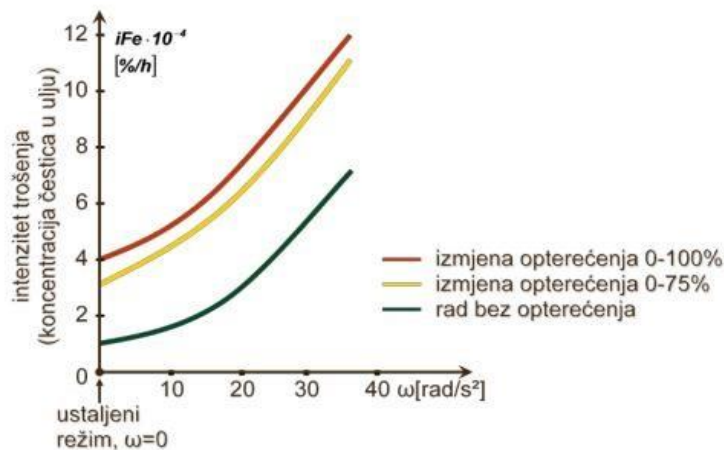
Svaki od navedenih uvjeta uzrokuju rad motora s jednim od dva karakteristična režima:

- ustaljeni (stacionarni)
- neustaljeni (nestacionarni)

Ustaljeni (stacionarni) režim se odlikuje približno konstantnim vrijednostima broja okretaja, okretnog momenta, tlaka, temperature i drugih pokazatelja rada motora.

Neustaljeni (nestacionarni) režim se odlikuje brzim i naglim promjenama navedenih parametara, dakle, nema konstantnih vrijednosti.

Neustaljeni režim prevladava u eksploataciji. U gradskim uvjetima je to 95 – 98 % ukupnog vremena rada, a na lošim i jako oštećenim cestama 84 – 96%, dok je na kvalitetnim međugradskim cestama taj odnos 42 – 56%.

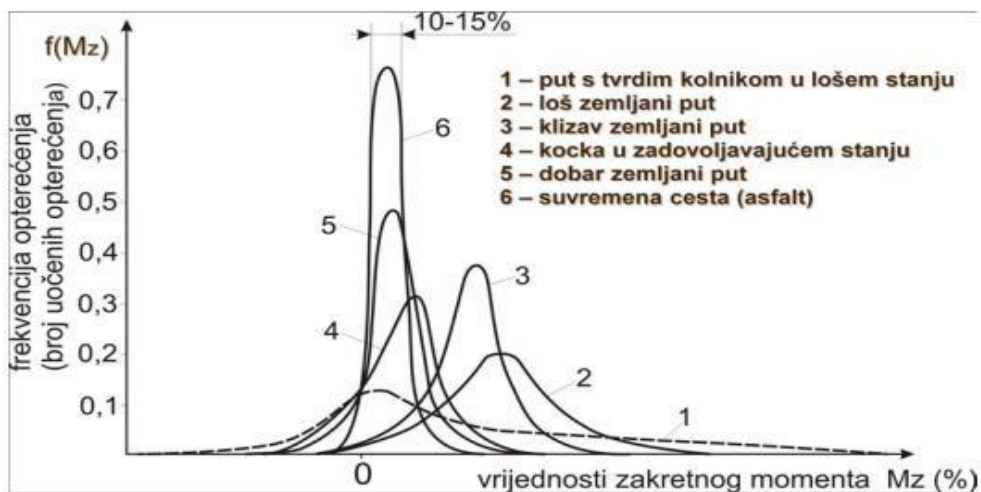


Slika 5.1. Intenzitet trošenja cilindra u funkciji ubrzanja radilice i opterećenja motora, [4]

Neustaljeni režim rada uzrokuje puno veće trošenje elemenata i uopće promjene stanja, veću potrošnja goriva, itd. Srednje trošenje elemenata je za 1,5 do 2 puta veće u odnosu na ustaljeni režim. Intenzitet trošenja klipnih (kompresijskih) prstena je za 2,5 do 3,5 puta veći, klipova za 1,5 do 2,5 puta, ležajeva koljenastog vratila 40-80%, itd., [4].

Režim rada elemenata i sklopova vozila je direktno ovisan o putnim i transportnim uvjetima, a čine ih:

- raspon opterećenja i brzine kretanja
- okretni moment
- broj okretaja koljenastog vratila
- broj promjena stupnjeva prijenosa
- dinamičko opterećenje
- intenzitet promjena režima rada motora odnosno postotka rada u ustaljenom u odnosu na neustaljeni režim



Slika 5.2. Statistička raspodjela zakretnog momenta na pogonskim vratilima kotača ovisna o uvjetima uporabe, [4]

Okretni moment se često koristi kao pokazatelj promjene opterećenja elemenata i sklopova vozila u različitim eksploatacijski uvjetima. On se bitno mijenja i po veličini i po pravcu na lošim, oštećenim cestama, dok se na kvalitetnim cestama ravnomjerno raspoređuje oko neke srednje vrijednosti. Najpovoljnija raspodjela okretnog momenta je pri vožnji po suvremenim cestama. Mijenja se u vrlo malim granicama i uglavnom je oko 15% maksimalne vrijednosti.

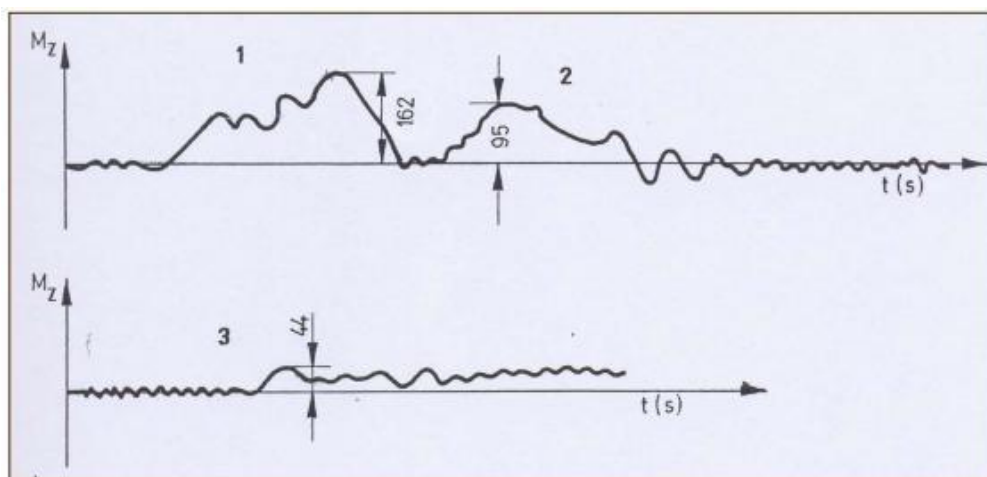
Tablica 1. Broj promjena stupnjeva prijenosa u različitim uporabnim uvjetima, [4]

Uvjeti uporabe	Stupanj prijenosa					Broj zaustavljanja
	I	II	III	IV	V	
Gradski, intenzivan promet	10	120	200	180	65	85
Van grada, kvalitetne ceste	-	5	15	30	45	5
Brdske ceste	5	25	90	70	25	5
Loše ceste	10	100	200	170	-	60

Broj promjena stupnjeva prijenosa na jedinicu prijeđenog puta ili vrijeme rada je također dobar pokazatelj stabilnosti uvjeta rada. Svaka promjena stupnja prijenosa izaziva i promjenu

okretnog momenta, pa česta izmjena stupnjeva prijenosa ukazuje na nestabilnost eksploatacijskih uvjeta.

Učestalo pokretanje vozila s mjesta je također dobar pokazatelj stabilnosti uporabnih uvjeta, jer je tada najveće opterećenje elemenata i sklopova transmisije, dok je mnogo manje pri promjeni ostalih stupnjeva prijenosa. Također, svaka promjena stupnja prijenosa uzrokuje i promjenu režima rada motora. Dakle, eksploatacijski uvjeti u kojima su učestala pokretanja vozila s mjesta i promjene stupnjeva prijenosa se smatraju teškim, a tipičan predstavnik takovih, nestabilnih, uvjeta je gradska vožnja.

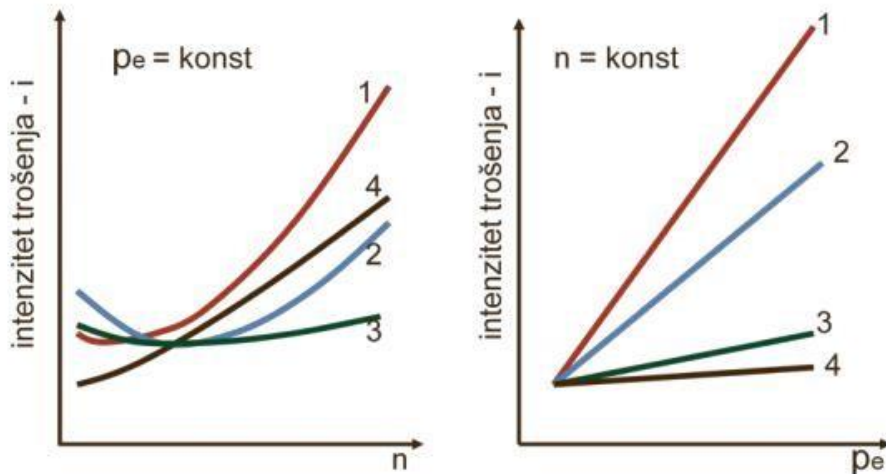


1 – pri polasku s mjesta;

2 – pri promjeni stupnja prijenosa;

3 – pri vožnji na oštećenoj cesti

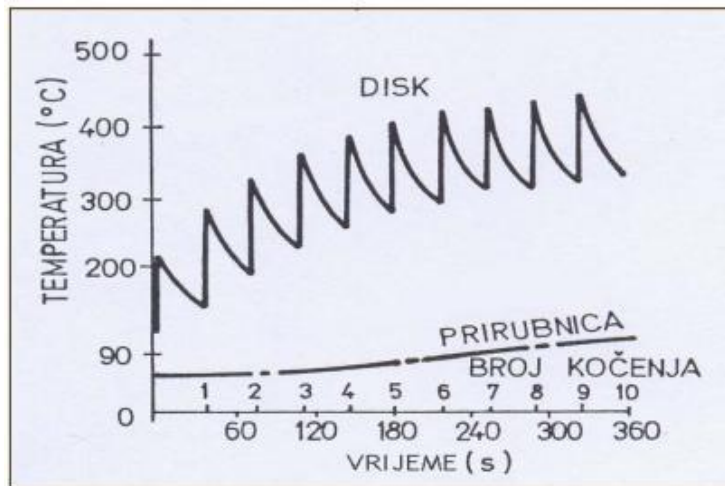
Slika 5.3. Krivulje promjene okretnog momenta na izlazu iz mjenjača, [4]



1. cilindar,
2. klipni prstenovi
3. rukavac koljenastog vratila,
4. vodilica ventila

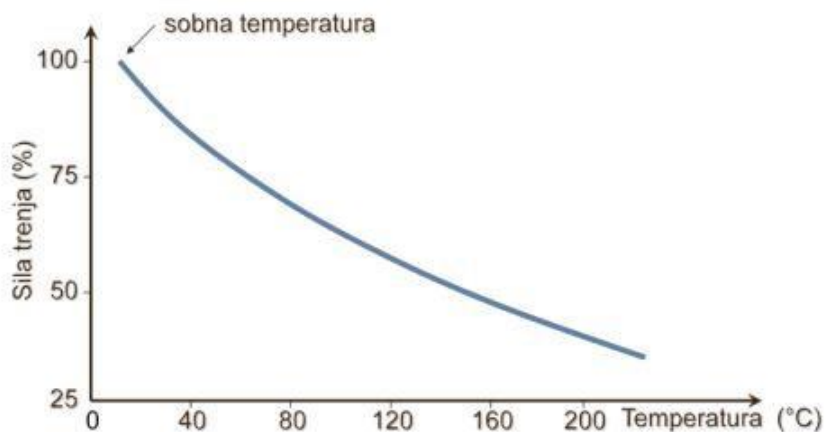
Slika 5.4. Utjecaj broja okretaja (n) koljenastog vratila i srednjeg efektivnog tlaka (p_e) na intenzitet trošenja elemenata motora, [4]

Srednji efektivni tlak (slika 5.4.) se mijenja ovisno o masi vozila, putnim uvjetima, brzini kretanja i prijenosnim odnosima u mjenjaču. Prikazane ovisnosti trošenja su uvjetovane različitim oblicima trenja spregnutih elemenata, tlakovima i brzinama kretanja tarnih površina s različitim režimima podmazivanja i temperature. Najveće trošenje cilindra je u zoni gornje mrtve točke. Poslije paljenja smjese i u taktu ekspanzije enormno se povećavaju temperatura i tlak plinova, izgara uljni sloj, stvara se garež i privremeno nastaje suho trenje klipnih prstena o cilindar uz prisutnost abrazivnih čestica.



Slika 5.5. Energetska bilanca kočenja, [4]

Stabilnost putnih i transportnih uvjeta bitno utječe i na intenzitet trošenja, odnosno vijek trajanja elemenata sustava za kočenje, što je također dobar pokazatelj težine eksploatacijskih uvjeta. Brzina trošenja frikcijskih obloga kočnica se povećava s povećanjem temperature njihovih površina. Razmjerno broju kočenja, koji su u funkciji uporabnih uvjeta, mijenja se i temperatura elemenata sustava za kočenje. Često i forsirano kočenje izaziva veliko zagrijavanje elemenata sustava za kočenje, na njima se u kratkom vremenu akumulira velika količina toplote, a to smanjuje silu trenja i povećava trošenje obloga kočnica.



Slika 5.6. Promjena sile trenja između elemenata za kočenje u funkciji temperature na površinama tarnog para, [4]

6. UTJECAJ ORGANIZACIJE PROCESA ODRŽAVANJA NA PARAMETRE EFEKTIVNOSTI CESTOVNIH VOZILA

Sam pojam održavanja se definira kao skup aktivnosti koje se poduzimaju da bi se objekt održavanja zadržao i doveo u ispravno stanje za rad.

Održavanje obuhvaća poslove servisiranja, popravaka, kontrole, poboljšanja, a cilj mu je konstantna spremnost objekata i opreme za rad, te se obavlja kako bi se u predviđenom vijeku trajanja objekta, njime rukovalo pouzdano, ekonomično i kvalitetno.

Pravilan i odgovoran pristup načinu uporabe i održavanja cestovnih vozila bitno utječe na intenzitet promjene njihovog tehničkog stanja, razinu operativne raspoloživosti, kao i na eksploatacijski vijek trajanja. Nepravilna uporaba i nepravovremeno, neorganizirano i nestručno održavanje uzrokuju rast frekvencije kvarova što smanjuje operativnu raspoloživost voznog parka i povećava eksploatacijske troškove.



Slika 6.1. Održavanje vozila [4]

Pod pojmom kulture uporabe i održavanja cestovnih vozila se podrazumijeva cjelokupan rad svih čimbenika tijekom eksploatacije vozila. U ovom slučaju najveća odgovornost leži na menadžmentu koji je zadužen za sustav eksploatacije i održavanja voznog parka, jer su u njegovoj domeni neke od najvažnijih aktivnosti, poput, [4]:

- odgovarajuća organizacija rada,
- izbor optimalnih transportnih sredstava,
- izbor pouzdanih vozača,
- izbor transportnog puta,
- adekvatna organizacija održavanja i obnavljanja,

- nabavka kvalitetnih eksploatacijskih materijala

Savjestan i dobro osposobljen vozač bitno utječe na pouzdanost vozila, i to kroz:

- racionalno korištenje vozila
- kontinuirano praćenje stanja vozila kao cjeline
- kvalitetno opsluživanje svih agregata

Cilj održavanja je postizanje maksimalne raspoloživosti sredstava za rad uz što niže troškove održavanja.

Podciljevi održavanja su: [4]

- sprječavanje kvarova
- otklanjanje slabih mjesta nad sredstvima rada
- inovacije u održavanju
- produžavanje radnog vijeka sredstva rada
- skraćivanje vremena za popravke
- smanjenje troškova materijala, prostora, radne snage, alata i opreme, rezervnih dijelova

Sprječavanje kvarova postiže se: [4]

- pregledom stanja, čišćenjem i podmazivanjem
- popravkom oštećenja
- nadzorom u eksploataciji i tehničkom dijagnostikom

Otklanjanje slabih mjesta nad sredstvima rada postiže se: [4]

- praćenjem kvarova
- analizom slabih mjesta
- programima otklanjanja slabih mjesta (max. nivoa pouzdanosti)

Produžavanje radnog vijeka sredstva rada postiže se: [4]

- tekućim održavanjem
- planskim popravcima
- pridržavanjem uputstava za eksploataciju

Postoje dva zahtjeva za održavanje, a to su: [4]

- utvrditi i otkloniti sve uvjete koji mogu prouzročiti kvar

- što ažurnije, što kvalitetnije i uz što niže troškove ukloniti svaki otkaz i tako smanjiti zastoje u radu

Ekonomičnost održavanja vidi se iz troškova zastoja u radu i troškova samog održavanja. Općenito, što je održavanje rjeđe i nekvalitetnije, to su troškovi zastoja veći. Ako je održavanje učestalije i kvalitetnije, troškovi samog održavanja su veći, a troškovi zastoja su gotovo jednaki. Tu se javlja problem nedostatka financijskih sredstava i motivacije za obavljanjem kontinuiranog održavanja strojeva, pa i vozila, a to sa sobom nosi određene opasnosti po zaposlenike.

Raspoloživost vozila je vjerojatnost da će vozilo otpočeti izvršenje funkcije namjene, odnosno stupiti u rad, i ući u područje dozvoljenih odstupanja postavljene funkcije kriterija u datom vremenu i uvjetima okoline. Za izradu raspoloživosti treba obuhvatiti vremena korištenja, odnosno u radu, i vremena zastoja. Kod izračuna raspoloživosti treba točno definirati što se podrazumijeva pod „vremenima“. [4]



Slika 6.2. Vremenska slika stanja [4]

Vrijeme čekanja na rad se može zanemariti za sustave koji se kontinuirano koriste. Vrijeme u radu označava da vozilo funkcionira zadovoljavajuće, odnosno da obavlja svoje zadatke bez zastoja. Kod vremena aktivnog održavanja, odnosno popravka, vrši se procjena kvara, dijagnoza kvara, popravljavanje istog te provjera spremnosti za rad. Ono može biti preventivno i korektivno održavanje. U logističkom vremenu se podrazumijeva vrijeme čekanja

na rezervne dijelove, opremu za održavanje, transportiranje i sl. Za vrijeme logističkog zastoja se ne vrši popravak. Administrativno vrijeme podrazumijeva organizacijske poslove kao što su izdavanja radnih naloga za popravak, čekanje zbog manjeg prioriteta, štrajk i sl. Općenito raspoloživost se može definirati kao odnos prosječnog vremena u radu i ukupnog promatranog vremena, a može biti inherentna, dostignuta i operativna. [4]

Obzirom na trenutak primjenjivanja intervencija u praksi se primjenjuje postupak preventivnog održavanja onda kad je to najlakše, odnosno kad postoji mogućnost jednostavnog djelovanja. Kao primjer se može navesti situacija kad je vozilo u radionici zbog nekog otkaza, pa u vremenu dok se rade zahvati na vozilu, možemo obaviti određene postupke održavanja na elementima i sklopovima koji nisu zahvaćeni tim otkazom. Ova metoda održavanje se naziva oportunističko održavanje. [4]



Slika 6.3 Podjela održavanja [4]

7. ZAKLJUČAK

Kao što je spomenuto u uvodu ovog rada, vozilo ima glavnu ulogu u odvijanju prometa. Stoga je nužno osigurati vozilo koje može izvršiti sve radnje za koje je previđeno.

Eksploatacija je u osnovi stohastički proces, te se na njega u analizi i ocjeni valjanosti mogu i moraju primijeniti metode analize slučajnih procesa. Cestovna vozila su tijekom eksploatacije pod utjecajem različitih fizičko-kemijskih procesa i energija zbog čega materijali od kojih su izrađene komponente neizbježno mijenjaju svoja svojstva, mijenjaju se odnosi između spregnutih elemenata što za posljedicu ima pogoršavanje izlaznih karakteristika elemenata i sklopova pa i vozila kao cjeline.

Odlučujući utjecaj na tehničko stanje i efektivnost vozila u eksploataciji, pored korisnika ima sustav održavanja. Vozilo kao tehnički sustav izvršava radnje i time postaje subjektom dotrajlosti i propadanja, pogotovo uslijed nepravilnog korištenja i nekvalitetnog programa održavanja. Osnovni cilj održavanja vozila je postizanje maksimalne raspoloživosti cestovnog vozila tijekom njegove eksploatacije uz što niže troškove održavanja. Održavanje cestovnih vozila je složeni sustav. Kao i svaki sustav, tako i ovaj ima svoje podsustave koji su međusobno povezani i ovise jedan o drugom.

Da bi vozilo bilo u stanju kontinuiranog obavljanja svoje radne funkcije, ono se mora kontinuirano održavati, što se najlakše može postići ako se održavanje planira pri samom razvoju, tj. prije proizvodnje vozila. Nakon planiranja održavanja vozila pri razvoju također je nužno pratiti stanje vozila na radu, te prikupljati podatke koji mogu biti potrebni pri popravljaju kvarova koji s vremenom nastanu.

Najvažniji uzroci promjene stanja vozila, kao složenog tehničkog sustava, su: zamor, trošenje, korozija, starenje nemetalnih dijelova, kemijsko-mehaničke promjene tekućina (ulje, rashladna tekućina), ugrađene greške, preopterećenja, itd. Još jednom treba naglasiti da je proces trošenja osnovni uzrok promjene stanja i da se na njega tijekom eksploatacijskog perioda pravilnom i odgovornom uporabom i održavanjem može utjecati.

8. LITERATURA

- 1) Klisura F. Prilog određivanju efikasnosti rada sustava tehničkih pregleda vozila u cilju poboljšanja održavanja motornih vozila. Disertacija, Zenica: MFZ; 2014.
- 2) Kalinić Z. Održavanje cestovnih vozila I; Školska knjiga; Zagreb; 2008.
- 3) Belak S.: Terotehnologija, Šibenik: Visoka škola za turistički menadžment; 2005.
- 4) Jurić I. Nastavni materijali iz kolegija Održavanje cestovnih vozila, e-student FPZ. Zagreb, 2010.
- 5) Papić V, Mijailović R, Momčilović V. Transportna sredstva i održavanje, Beograd, Saobraćajni fakultet; 2007.
- 6) <https://www.veleri.hr/?q=node/349>

POPIS SLIKA

Slika 2.1 Presjek automobila

Slika 3.1 Promjena stanja zbog zamora

Slika 3.2. Shematski prikaz oblika korozije

Slika 3.3. Tribomehanički sustav

Slika 3.4. Shema stvaranja uljnog sloja klizni ležaj-vratilo

Slika 4.1. Slikovna definicija efektivnosti

Slika 4.2. Vremenska slika stanja vozila

Slika 4.3. Krivulja intenziteta kvarova

Slika 5.1. Intenzitet trošenja cilindra u funkciji ubrzanja radilice i opterećenja motora

Slika 5.2. Statistička raspodjela zakretnog momenta na pogonskim vratilima kotača ovisna o uvjetima uporabe

Slika 5.3. Krivulje promjene okretnog momenta na izlazu iz mjenjača

Slika 5.4. Utjecaj broja okretaja (n) koljenastog vratila i srednjeg efektivnog tlaka (p_e) na intenzitet trošenja elemenata motora

Slika 5.5. Energetska bilanca kočenja

Slika 5.6. Promjena sile trenja između elemenata za kočenje u funkciji temperature na površinama tarnog para

Slika 6.1. Održavanje vozila

Slika 6.2. Vremenska slika stanja

Slika 6.3 Podjela održavanja

POPIS TABLICA

Tablica 1. Broj promjena stupnjeva prijenosa u različitim uporabnim uvjetima



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada

pod naslovom **Utjecaj organizacije eksploatacije i održavanja na efektivnost cestovnih vozila**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, _____ 6.9.2018 _____

V. Koprivica
(potpis)