

ODREĐIVANJE EKONOMSKOG ŽIVOTNOG VEKA (LCA) VOZILA U EKSPLOATACIJI

Dr Ješić Dušan, akademik, email: dusanjesic@hotmail.com

Tehnološko-menadžerska akademija, Novi Sad, Republika Srbija

Sarjanović Dražen, MSc, email: sarjanovicd@gmail.com

Sara-Mont. Doo, Beograd, Republika Srbija

Dr Golubović Dušan, redovni profesor, dusan.golubovic54@gmail.com

Univerzitet Istočno Sarajevo, Mašinski Fakultet, Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Sažetak: : S obzirom na sve veće zahteve pogledu ekonomične i efikasne potrošnje materijala granica veka motornog vozila koje zahteva znatno korišćenje materijala i rada mora da se poveća. Potrebno je izvršiti uvid u karton vozila i procenu optimalnog trenutka isključivanja vozila iz upotrebe, prekinuti sa daljom eksploatacijom vozila. Primena metoda snižene efikasnosti daje prihvatljivo rešenje na bazi troškovnog modela korišćenja motornog vozila.

Ključne reči: motorno vozilo, vek trajanja, isključenje.

ECONOMICAL LIFE CYCLE OF VEHICLES DURING EXPLOITATION

Abstract: Due to the increasing demands on the cost-effective and efficient consumption of materials, the age limit of a motor vehicle that requires substantial material and work load has to be increased. It is necessary to inspect the carton of the vehicle and to estimate the optimal moment of exclusion of the vehicle from use, interrupt with further exploitation of the vehicle. The application of the reduced efficiency method provides an acceptable solution based on the cost model of a motor vehicle life cycle.

Key words: motor vehicle, lifetime, wear out, expulsion.

1. UVOD

Kao jedno od osnovnih pitanja pri projektovanju, nabavci korišćenju vozila i njegovih sastavnih delova nameće se koliki je optimalni period njegovog korišćenja. Veći broj faktora utiče na vrednost optimalnog perioda korišćenja vozila, ali najveći uticaj, imaju: nabavna cena, produktivnost vozila, pogonski troškovi i troškovi održavanja vozila tokom perioda korišćenja.

Odrediti trenutak, kada treba prekinuti sa korišćenjem vozila je kompleksan zadatak. Složenost zadatka se ogleda prvenstveno u uticaju velikog broja faktora na tehnoekonomske karakteristike vozila i opravdanost njegovog korišćenja i održavanja. Isključivanje vozila iz upotrebe vrši se radi obavljanja generalne opravke ili otpisa vozila.

Pri planiranju obavljanja transportnog rada i pri planiranju investicija bitan element predstavlja određivanje trenutka isključivanja vozila iz upotrebe. Određivanje trenutka, posle koga je potrebno izvršiti otpis ili generalnu opravku neophodno je izvršiti na osnovu troškova. Pri određivanju optimalnog veka upotrebe vozila neophodno je analizirati faktore

koji utiču na fizičku i moralnu zastarelost, a koji se odnose na tehničku zastarelost uvođenje novih generacija opreme i vozila.

2. RAZLOZI ZA POVEĆANJE VEKA TRAJANJA VOZILA

Povećanje veka upotrebe vozila je posebno značajno sa aspekta smanjenja troškova životnog ciklusa vozila (LCA). Istraživanja [1] su pokazala da se cena vozila sa vekom trajanja od 20 godina u odnosu na cenu vozila sa vekom trajanja od 10 godina povećava za 30 %. To govori da treba težiti povećanju veka trajanja vozila korišćenjem svih tehničkih mogućnosti. Proizvođači vozila prateća industrija i korisnici vozila zainteresovani su za povećanje veka njegovog trajanja jer je vozilo masovan proizvod za koji se koristi skup materijal i rad, uz veliko korišćenje energije tokom proizvodnje. Ako vozilo ima kratak vek trajanja to znači da velika količina uloženog materijala, rada i energije postaje bezvredna posle vrlo kratkog vremenskog intervala. Proizvodnja vozila kratkog veka trajanja dovodi do: neopravdano velikog korišćenja sirovina; neopravdano velikog angažovanja proizvodnih kapaciteta i radne snage; visokog utroška energije i znatnog oštećenja okoline. Ovo se mora uzeti u obzir pri izradi novih koncepcija vozila i usvojiti konstrukcija vozila sa dužim vekom korisnog trajanja a sve sa ciljem izbegavanja ili bar smanjenja prethodno navedenih loših strana vozila sa kratkim vekom trajanja.

3. FAKTORI KOJI UTIČU NA VEK TRAJANJA VOZILA

Vek trajanja vozila ograničava se tehničkim, ekonomskim i moralnim razlozima [2]. Prekoračenjem određenih graničnih vrednosti, usled korozije i loma, dolazi do tehničkih razloga zbog kojih se vek trajanja ograničava, a to su: nedovoljna bezbednost saobraćaja, velika potrošnja pogonskih materijala, sigurnost pogona i veliko zagađenje čovekove okoline [3]. U ekonomske razloge ograničenja veka trajanja ubrajaju se: veliki troškovi održavanja, dugotrajan proces održavanja i suviše kratki vremenski intervali između pojave uzastopnih otkaza. Zastarelost tehnike i estetika mogu se navesti kao moralni razlozi ograničenja korisnog trajanja vozila. Pojava habanja, korozije i lom delova vozila zavisi od konstrukcije, materijala, izrade montaže, puta, klime i vozača. Vek trajanja vozila, u najvećoj meri određuje primenjena konstrukcija, uslovi korišćenja i održavanja i primenjeni materijali. Pri razvoju vozila mora se voditi računa i o reciklaži. Da bi se reciklaža mogla opravdano obaviti neophodna je takva konstrukcija vozila koja omogućuje laku demontažu i razvrstavanje delova vozila prema grupi materijala od koga su oni izrađeni. Važnost ponovnog dobijanja materijala od korišćenih vozila može se uočiti analizom učešća sekundarnih sirovina u industrijski razvijenim zemljama. Ovo učešće, za proizvodnju gvožđa, bakra, aluminijuma, cinka, hroma, mangana i nikla iznosi 8-16 %, za proizvodnju kalaja i olova 20-30 %, za proizvodnju stakla oko 10 %, a pneumatika preko 40 %.

Vek trajanja vozila vrlo često određuje pojava korozije na karoseriji. Zaštita vozila od korozije najčešće je nedovoljna, iako je razvijen veliki broj metoda za zaštitu od korozije, pogotovo ako se ima u vidu korišćenje vozila u različitim uslovima (napr zimi, kada se koristi industrijska so na putevima). Usled dejstva korozije posle dužeg vremena korišćenja vozila, mehaničke osobine spojeva, kao i ukupna čvrstoća vozila su u znatnoj meri ugrožene.

Konstruktivne mere za postizanje povećanog veka trajanja vozila obuhvataju: motor (mala litarska snaga, mala srednja snaga, kvalitetno prečišćavanje vazduha, goriva i ulja, delovi

otporni na koroziju, automatsko podešavanje zazora ventila, elektronski sistemi za paljenje, itd.); transmisija (hidro dinamički prenosnik snage, automatizacija promene stepena prenosa optimalne dimenzije, itd.); šasija (optimalna geometrija točkova, adekvatni pneumatici, otpornost na koroziju otpornost na habanje itd.); karoserija (veće učešće nerđajućih čelika, lakih metala i plastike, adekvatna površinska zaštita, pogodnost za održavanje). Mogu se navesti mnogobrojni rezultati istraživanja uticaja pojedinih parametara na vek trajanja sastavnih delova vozila, kao i celovitog motornog vozila.

Habanje pneumatika zavisi od konstrukcije pneumatika (vrsta izrade, formiranja profila, radijalne čvrstoće šare i širine kontaktne površine), konstrukcije vozila (položaja točkova, snage motora, brzine, kvaliteta i vrste transmisije opterećenja i pritiska vazduha), puta (podloga, stanje puta trasa puta, saobraćajnih uslova), klime (temperatura, vlažnost vazduha, uticaj sunčevih zraka), vozača (temperament, iskustvo u vožnji, prednost i savesnost pri rukovanju i osnovnom održavanju vozila), režima korišćenja (brzina vožnje, intenzitet i učestanost kočenja i ubrzavanja, opterećenja) i načina održavanja vozila. Ispitivanja [4] pokazuju da korišćenjem pogonskog motora snage 40 kW vek trajanja dijagonalnih pneumatika se smanjuje za 30 % u odnosu na vek pri korišćenju motora snage 33 kW. Između snage i brzine postoji direktna veza pa prema tome može se doneti zaključak o uticaju brzine kretanja vozila na vek trajanja pneumatika. Ova ispitivanja su takođe pokazala da se jasno može definisati i uticaj konstrukcije i vrste transmisije na vek trajanja pneumatika. Tako na primer, pri korišćenju dijagonalnih pneumatika na vozilu sa automatikom transmisijom njihov vek se povećava za oko 40 %. Radijalni pneumatici, usled manjeg pomeranja gumenih delića u kontaktnom sloju pneumatika, znatno manje se habaju od dijagonalnih pneumatika, pa samim tim i vek trajanja im je veći. Snižavanjem vrednosti odnosa srednje brzine klipa i litarske snage motora dovodi do povećanja veka njegovog trajanja. Smanjenjem broja obrtaja motora i povećanjem odnosa hoda klipa - prečnik klipa, smanjuje se buka a povećava se vek trajanja motora.

Prema ispitivanjima [5], predimenzionisanjem zupčanika za 12 % dvostruko se povećava vek trajanja prenosnika snage sa povećanjem troškova od samo 12 %. Prethodnim navodima mogu se dodati i brojni rezultati istraživanja o uticaju površinske zaštite na vek trajanja vozila, o kvalitetu primenjenih materijala, tehnologiji izrade, konstruktivnim rešenjima pojedinih delova, sklopova i celovitog vozila, kvaliteta i vrste primenjenog goriva i maziva, organizacije i metodama održavanja vozila, klimatskim i geografskim uslovima, režimima korišćenja i ponašanja vozača.

4. MERE KOJE TREBA PREDUZETI U CILJU POVEĆANJA VEKA TRAJANJA VOZILA

Na osnovu dosadašnjih rezultata istraživanja mogu se navesti neke od mera za povećanje veka trajanja vozila:

- Kod pogonskog motora: smanjiti litarsku snagu; smanjiti srednju brzinu kretanja klipa; obezbediti kvalitetno prečišćavanje vazduha, goriva i ulja; primeniti elektronski sistem za paljenje; obezbediti izduvni sistem otporan na koroziju; obezbediti brzo postizanje i zadržavanje stabilne radne temperature; obezbediti automatsko podešavanje zazora ventila.

- Kod transmisije: obezbediti bezbednu promenu stepena prenosa; izvršiti optimizaciju geometrije i dimenzionisanja delova.
- Kod šasije: primeniti pravilnu površinsku zaštitu; primeniti radijalne pneumatike; obezbediti optimalnu geometriju točkova; primeniti nerđajuće materijale.
- Kod kočnica: obezbediti otpornost. diskova i doboša na habanje [6]; obezbediti otpornost delova na koroziju; obezbediti nepromenljivost osobina kočione tečnosti.

Osnovni cilj konstruktora vozila je stvaranje moderne i maksimalno pouzdane konstrukcije, sa minimalnim utroškom rada, energije i materijala. Do ovog cilja može se doći izborom adekvatnih materijala, optimalnih konstruktivnih rešenja sklopova i najpogodnijih tehnologija izrade.

5. MODEL ODREĐIVANJA OPTIMALNOG VEKA UPOTREBE VOZILA

Pri formiranju matematičkog modela za proračun optimalnog veka upotrebe, uglavnom se polazi od kriterijuma i ograničenja vezanih za troškove. Postoji više metoda određivanja vremena optimalnog korišćenja vozila (vremena do generalnog remonta). Najčešće korišćena metoda za određivanje optimalnog rada vozila je tzv. metod snižene efektivnosti [7]. Za njegovu primenu potrebno je poznavati obim rada koji analizirano vozilo ili grupa vozila treba da obavi. Maksimalna efektivnost vozila postiže se pri minimalnim ukupnim troškovima (troškovima nastalim u transportnom procesu) svedenim na jedinicu obavljenog rada. Ukupni specifični troškovi (troškovi svedeni na jedinicu rada) moraju se analizirati u funkciji obezbeđenja zadatog nivoa pouzdanosti i gotovosti tokom korišćenja vozila. Pošto je obim rada koji vozilo, ili grupa vozila, treba da obavi poznat, tehnički zastoji se moraju nadoknaditi korišćenjem vozila iz rezerve.

Troškovi koji nastaju kao rezultat kompenzacije zastoja, mogu se izraziti u obliku:

$$C_z = \frac{C_0}{L_{opt}} \left(1 - \frac{K}{K_{max}} \right) \quad (1)$$

Gde su: C_0 - cena novog vozila umanjena za njegovu vrednost pri otpisu

L_{opt} - optimalni broj pređenih kilometara motornog vozila

K - koeficijent tehničke ispravnosti tokom korišćenja vozila

Koeficijentom tehničke ispravnosti vozila izražava se uticaj zastoja usled tehničkih i organizacijskih uzroka na obim obavljenog transportnog rada vozila. Da bi se održao zadati nivo pouzdanosti vozila neophodno je njegovo održavanje i obnavljanje. Pri primeni ove metode uvodi se pretpostavka da troškovi tehničkog održavanja vozila (C_{od}) ne zavise od broja pređenih kilometara. Troškovi obnavljanja vozila (C_{ob}) zavise od broja pređenih kilometara a čine ih troškovi rezervnih delova (C_{rd}), troškovi materijala (C_m) i troškovi radne snage (C_{rs}). Komponente troškova obnavljanja vozila i troškova koji se javljaju kao rezultat kompenzacije analiziraju se po intervalima koji su karakteristični tokom korišćenja vozila.

Ukupni jedinični troškovi, koji se javljaju u određenom intervalu korišćenja vozila, mogu se izraziti u obliku:

$$C(L) = C_E + C_{od} + C_{ob} - C_z + C_{od} + C_{rd} + C_m + C_{rs} \quad (2)$$

Vrednost ovih specifičnih troškova, koji se javljaju u učenom intervalu, raste, sa povećanjem pređenog puta jer vrednost intenziteta otkaza raste sa porastom broja pređenih kilometara. Ovi direktni i realni troškovi, koji se javljaju u učenom intervalu, najčešće se aproksimiraju polinomom ili stepenom funkcijom. Da bi optimizacija mogla da se sprovede neophodno je odrediti srednje specifične troškove za održavanje nivoa pouzdanosti:

$$C_{sr} = \frac{1}{L} fC(L) \cdot dL \quad (3)$$

Ukupni srednji specifični troškovi mogu se izraziti u obliku:

$$C_u(L)_{sr} = \frac{C_0}{L} + C_{sr} \quad (4)$$

Iz uslova minimuma ove funkcije dolazi se do izraza za određivanje optimalnog perioda korišćenja vozila. Dokazano je [7] da postoji korelativna veza između specifičnih troškova C_z , C_{rd} , C_m i C_{sr} . Ova činjenica omogućava lakšu primenu metode snižene efektivnosti (npr. praćenjem vrednosti specifičnih troškova (C_{rd}), dok se ostali specifični troškovi izražavaju kao proizvod C_{rd} i odgovarajućeg koeficijenta korelacije. U slučaju kada na raspolaganju stoji mali broj podataka a visina troškova se tokom korišćenja vozila značajno menja (što je vrlo čest slučaj u realnim uslovima) neophodno je ovu metodu prilagoditi takvim uslovima. često se troškovi materijala i rezervnih delova ne razdvajaju kao i troškovi održavanja i obnavljanja. U ovim slučajevima primena metode snižene efektivnosti je olakšana. Troškovi se najčešće prikazuju za godinu dana. Pri obradi podataka za višegodišnji period problem predstavlja značajna promena cena. U tom slučaju usvaja se poslednja analizirana godina kao bazna, a podaci iz ranijih godina koriguju se za stopu promena cena. Kao ulazni podaci, pri primeni metode snižene efektivnosti uzimaju se oni koje je neophodno pratiti i iz drugih razloga. Njenom primenom dobija se informacija o optimalnom resursu vozila sa aspekta maksimalnih efekata. Primenama ove metode moguće je određivanje i optimalnog resursa sastavnih delova vozila (pogonskog motora, transmisije, itd.). Rezultati dobijeni korišćenjem ove metode predstavljaju osnovnu informaciju za donošenje odluke o prekidu korišćenja vozila.

6. PRIMER

Složenost ekonomske, tehničke i finansijske problematike amortizacije može se ilustrovati problematikom veka trajanja autobusa.

Na kongresu Unije za javni saobraćaj održanoj u Beču jedan od referata bio je posvećen obnovi ili zameni gradskih autobusa u momentu kada se odlučuje o preduzimanju većih popravka na njima.

Referent je teorijski izračunao optimalni vek trajanja prema iskustvu francuskih preduzeća i došao je do zaključka da gradski autobus treba zamenjivati tek posle 12 godina eksploatacije. Predstavnik londonskog preduzeća se suprotstavio ovakvom mišljenju i dokazivao je da je autobuse najpovoljnije zamenjivati posle 20 godina, jer oni mogu toliko da izdrže u eksploataciji zbog njihove jake konstrukcije uz redovno održavanje u toku rada.

Međutim, direktor hamburškog preduzeća koje ima oko 700 gradskih autobusa, na kongresu se izjasnio da je po njihovim računima optimalni vek trajanja autobusa svega 5,5 godina i da se generalne popravke ne moraju vršiti jer se u tom periodu vozilo može i ekonomski amortizovati.

Primenom ovakve koncepcije preduzeće se oslobodilo glomaznih radionica, radioničkog osoblja, troškova skladištenja potrebnih delova i materijala, ali uz odgovarajuće svakodnevne preglede i održavanjem uz stručno rukovanje od strane vozačkog osoblja. U ovom primeru opisana su tri sasvim različita pristupa u oceni veka amortizacije istog transportnog sredstava - gradskog autobusa:

- a) pre generalnog remonta (12 godina),
- b) uz redovno održavanje do kraja eksploatacionog veka (20 godina),
- c) u toku vremenskog perioda u kome nema kvarova (5,5 godina).

Svaki od tri navedena pristupa ima svoju logiku primene. Tu treba naglasiti da su u visoko razvijenim i ekonomski jakim sistemima očigledne nove tendencije poslednjeg pristupa, uz napomenu da se tako zamenjene mašine (na izgled još uvek nove) sele (prodaju) srednje i niže razvijenim društvima, pa se tako i teret njihove manje proizvodnosti i povećanih troškova održavanja i goriva prenose od bogatih ka siromašnima. Ekonomski jaz se neprekidno i po tom osnovu dalje produbljuje.

Iz datog primera sa tri pogleda vide se sasvim različiti pristupi definisanju veka trajanja prevoznog sredstva (gradskog autobusa) iz čega prirodno sledi i različit pristup definisanja nivoa amortizacione stope.

7. ZAKLJUČAK

Razvojem motornih vozila sa dužim vekom trajanja od uobičajenog postiže se: ušteda zaliha materijala, energije, smanjuje se opterećenje okoline, smanjuju se troškovi korišćenja vozila i povećava se sigurnost korišćenja (pouzdanost i bezbednost) [8]. Zastarevanje izgleda i tehnike vozila su osnovni razlozi za ograničenje veka trajanja vozila sa gornje strane. Iako treba očekivati veće proizvodne troškove za jedno dugovečno vozilo, ukupna korist preovlađuje. Zbog uticaja velikog broja faktora na eksploataciono tehničke karakteristike vozila, zadatak određivanja trenutka kada treba prekinuti sa korišćenjem vozila je izrazito složen. Njega je neophodno rešavati radi pravilnog planiranja obavljanja transportnog rada i planiranja investicija. Za rešavanje tog zadatka koristi se veći broj metoda. U radu je prikazan metod snižene efektivnosti. Za njenu primenu neophodno je poznavanje obima transportnog rada koji analizirano vozilo ili grupa vozila treba da obavi. Maksimalna efektivnost vozila postiže se pri minimalnim ukupnim troškovima (troškovima nastalim u transportnom procesu).

8. LITERATURA

- [1] Bergman M., Grenznutzungsdauer von Kraftfahrzeugen, Kraftfahrzeugtechnik, Heft 4, 1974.
- [2] Ivanišević A, Marić B: Ekonomika preduzeća, Novi Sad, 2016.
- [3] Kovač P, Ješić D, Kirin S, Savković B. 2015. Zagađenje voda uzrokovano uljima koje potiču od sredstava za čišćenje i odmašćivanje. Savremena poljoprivredna tehnika, No. 1, Vol. 41, Novi Sad, ISSN 0350-2953, 1-24.
- [4] Rauch H, Ermittlung der Lebenserwartung von Reifen aus technischen Einzeldaten im Vergleich zu ihrer Laufleistung auf der Straße. ATZ~ Heft 3, 1974.
- [5] Holand J., Optimierung von olversorgungssystemen in motoren minderung der reibungsleistung, Schmiertech. und Tribologie, No 1, 1981.

- [6] Ješić D, Pulić J, Kovač P, Savković B, Kulundžić N. 2014. Application of Nodular Castings In The Modern Industry of Tribomechanical Systems Today and Tomorrow, Journal of Production Engineering, Vol. 17, No.1, pp. 55-58.
- [7] Šeelnin A. M.; Eksploatacinaja nadležnost mašina, Moskva 1979.
- [8] Ristic Dusan at all: Upravljanje razvojem, Novi Sad, 2002.

