Ljubiša Brkić,
potpukovnik, dipl. inž.
VP 3001, Beograd

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG VEKA UPOTREBE VOZILA

UDC: 629.113.001.26

Rezime:

U radu je prikazana metoda određivanja optimalnog veka upotrebe vozila. Metoda se sastoji u određivanju funkcije ukupnih specifičnih troškova u zavisnosti od veka upotrebe vozila izraženog u jedinicama vremena rada ili kalendarskog vremena. Minimalna vrednost te funkcije predstavlja optimalni vek upotrebe vozila. Metoda je pogodna i jednostavna za primenu. Zahteva posedovanje podataka o radu i održavanju, koji se redovno prate u informacionom sistemu.

Ključne reči: vek upotrebe vozila, troškovi, optimizacija.

THE DETERMINATION OF THE VEHICLES OPTIMAL SERVICE LIFE

Summary:

In the paper, the presentation of method determining the service life of vehicles is given. The method determines the function of total costs depending on the vehicle service life and it finds out the minimum of that function which presents the optimal service life. This method is suitable and simple for application. It requires data on service costs and the maintenance costs which are in the information system.

Key words: vehicle service life, costs, operational use, optimization.

Uvod

Osnovno pitanje koje se postavlja pri projektovanju, nabavci i korišćenju vozila jeste koliki je optimalni vek njegove upotrebe. Na veličinu optimalnog veka utiče veliki broj faktora, a najveći uticaj imaju sledeći:

- cena nabavke vozila,
- fiksni troškovi korišćenja (eksploatacije) (uključujući troškove preventivnog održavanja i integralne logističke podrške), koji su proporcionalni vremenu upotrebe,
- promenljivi troškovi korišćenja vozila (eksploatacije) (uključujući

troškove preventivnog održavanja i integralne logističke podrške), koji rastu progresivno sa vremenom upotrebe.

Za određivanje optimalnog veka upotrebe postoji više metoda, kao što su [1, 2, 3]: metoda snižene efektivnosti, metoda Standard IEC »koncept, postupak primena«, metoda proračuna materijalne istrošenosti, metoda proračuna moralne istrošenosti, metoda maksimalne rentabilnosti korišćenja, metoda linearne akumulacije istrošenja, metoda minimalnih ukupnih specifičnih troškova po jedinici rada vozila, u zavisnosti od veka upotrebe, i dr.

Za određivanje optimalnog veka upotrebe vozila veoma je pogodna metoda minimalnih ukupnih specifičnih troškova vozila u zavisnosti od veka upotrebe, jer je relativno jednostavna za primenu.

Određivanje optimalnog veka upotrebe vozila metodom minimalnih ukupnih specifičnih troškova u zavisnosti od veka upotrebe

Suština ove metode sastoji se u određivanju funkcije ukupnih specifičnih troškova u zavisnosti od veka upotrebe vozila izraženog u jedinicama vremena rada ili kalendarskog vremena. Određivanje minimuma te funkcije predstavlja optimalni vek upotrebe vozila. Principijelna šema ove metode prikazana je na slici 1 [1].

Sl. 1 — Promena specifičnih troškova u zavisnosti od veka upotrebe vozila:

1 — specifični troškovi nabavke, 2 — specifični troškovi eksploatacije koji se ne menjaju sa vekom upotrebe, 3 — specifični troškovi eksploatacije koji progresivno rastu sa vekom upotrebe, 4 — ukupni specifični troškovi

Može se uočiti da specifični troškovi nabavke opadaju hiperbolički sa uvećanjem veka upotrebe, što je prikazano krivom 1.

Specifični troškovi eksploatacije, koji su proporcionalni veku upotrebe, prikazani su pravom 2, koja je paralelna apscisnoj osi, i ne menjaju se sa uvećanjem veka upotrebe. To su troškovi goriva i maziva, potrošnog materijala, opsluživanja, osnovnog održavanja, radne snage, i slično.

Specifični troškovi eksploatacije koji progresivno rastu sa uvećanjem veka upotrebe prikazani su krivom 3 na slici 1, a obuhvataju troškove preventivnog i korektivnog održavanja, (srednji i generalni remont) i slično.

Na slici 1 kriva 4 prikazuje zbir ukupnih specifičnih troškova vozila. Ona u početku opada do minimuma, što je uslovljeno visokim troškovima nabavke vozila, a onda počinje da raste, usled visoke cene i povećane potrebe preventivnog i korektivnog održavanja i ostalih specifičnih troškova koji progresivno rastu.

Pomoću ove metode moguće je, grafičkim putem, odrediti minimalne ukupne specifične troškove koji određuju optimalni vek upotrebe vozila.

Metoda se može analitički predstaviti tako da troškovi nabavke vozila iznose [1]:

$$Y_1 = C_0 = C_N - C_R \quad (1)$$

gde je:

C_N — cena nabavke vozila,

C_R — cena dobijena rashodovanjem vozila.

Troškovi koji su proporcionalni veku upotrebe vozila mogu se predstaviti kao:

$$Y_2 = B \cdot T \quad (2)$$

gde je:

B — godišnji iznos troškova,

T — vreme upotrebe vozila.

Troškovi koji rastu progresivno sa uvećanjem veka upotrebe vozila mogu se prikazati sledećom stepenom funkcijom:

$$Y_3 = C \cdot T^n \quad (3)$$

gde je:

C — iznos troškova u početnom periodu upotrebe,

T — vreme upotrebe,

n — stepen funkcionalne zavisnosti povećanja troškova sa vekom upotrebe vozila.

Ukupni troškovi mogu se izraziti jednačinom:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 = C_0 + B \cdot T + C \cdot T^n \quad (4)$$

Ako se ukupni troškovi upotrebe (4) podele sa vremenom upotrebe dobiće se ukupni specifični troškovi upotrebe vozila:

$$C_u = \frac{Y}{T} = \frac{C_0}{T} + B + C \cdot T^{n-1} \quad (5)$$

Na slici 1 kriva 1 prikazuje troškove C_0/T , kriva 2, odnosno prava troškove B, kriva 3 troškove $C \cdot T^{n-1}$ i kriva 4 ukupne troškove C_u .

Da bi se dobio optimalni vek upotrebe iz jednačine (5) potrebno je naći izvod po T:

$$\frac{dC_u}{dT} = -\frac{C_0}{T^2} + (n-1)C \cdot T^{n-2} \quad (6)$$

Izjednačavanjem izraza (6) sa nulom dobijaju se sledeće zavisnosti:

$$-\frac{C_0}{T^2} + (n-1)C \cdot T^{n-2} = 0 \quad (7)$$

$$T^n = \frac{C_0}{(n-1)C} \quad (8)$$

$$T = \sqrt[n]{C_0/(n-1)C} \quad (9)$$

Izračunata vrednost T iz jednačine (9) predstavlja optimalan vek upotrebe vozila u jedinicama vremena rada ili kalendarskog vremena.

Nedostatak ove metode jeste što pretpostavlja da su promene troškova predstavljene monotonim funkcijama, dok su te funkcije diskretne, a njihova diskretnost uslovljena je sprovođenjem korektivnog održavanja (srednjeg i generalnog remonta). Zavisnost troškova generalnog remonta od veka upotrebe prikazana je na slici 2, a zavisnost troškova preventivnog (osnovnog i tehničkog) održavanja od veka upotrebe na slici 3 [1].

Sl. 2 — Promena specifičnih troškova generalnog remonta (C_{GR}) u zavisnosti od veka upotrebe vozila (T):

t_i = veličina međuremontnog ciklusa u jedinicama rada vozila

U slučaju diskretnih promena troškova, ukupni specifični troškovi za prvi ciklus korišćenja do generalnog remonta mogu se prikazati jednačinom:

$$C_{u1} = \frac{C_o + E_1}{t_1} \quad (10)$$

gde je:

E_1 — troškovi korišćenja vozila u prvom ciklusu do generalnog remonta,

t_1 — vreme upotrebe vozila u prvom ciklusu u jedinicama vremena rada.

U tom slučaju vek upotrebe vozila jednak je jednom ciklusu do generalnog remonta.

Ako je vek upotrebe vozila jednak dva međuremontna ciklusa, onda se ukupni specifični troškovi po jedinici rada mogu prikazati kao:

$$C_{u2} = \frac{C_o + E_1 + R_1 + E_2}{t_1 + t_2} \quad (11)$$

gde je:

R_1 — troškovi generalnog remonta,

E_2 — troškovi korišćenja od prvog do drugog generalnog remonta,

t_2 — vreme upotrebe vozila između remonta u jedinicama vremena rada.

Ako je vek upotrebe vozila jednak n međuremontnih ciklusa, onda se ukupni specifični troškovi za ceo vek upotrebe mogu prikazati jednačinom:

$$C_{un} = \frac{C_o + \sum_{i=1}^n E_i + \sum_{i=2}^{n-1} R_{i-1}}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (12)$$

Sl. 3 — Promena specifičnih troškova osnovnog i tehničkog održavanja u zavisnosti od veka upotrebe vozila:

a — u odvojenim međuremontnim ciklusima, b — u proseku od početka upotrebe

gde je:

E_i — troškovi korišćenja vozila,

t_i — vreme upotrebe u i -tom međuremontnom ciklusu,

n — broj ciklusa korišćenja za vek upotrebe vozila.

Optimalni vek upotrebe vozila je onaj za koji su ukupni specifični troškovi po jedinici rada vozila najmanji, kao što je prikazano na slici 4.

Sl. 4 — Zavisnost ukupnih specifičnih troškova po pređenom kilometru od veka upotrebe vozila TAM 110:

C_o — specifični troškovi nabavke, C_e — specifični troškovi eksploatacije, C_{sr} — specifični troškovi srednjeg remonta, C_{gr} — specifični troškovi generalnog remonta, C_u — ukupni specifični troškovi, t_i — međuremontni ciklus

Zaključak

Navedena metoda određivanja optimalnog veka upotrebe vozila vrlo je laka za praktičnu primenu. Da bi se primenila potrebno je znati cenu na-

bavke vozila i cenu preventivnog (osnovnog i tehničkog) održavanja koju je moguće dobiti iz informacionog sistema o radu i održavanju vozila.

Cenu korektivnog održavanja (srednjeg i generalnog remonta) moguće je

uzeti iz cenovnika za srednji i generalni remont koja se određuje svake godine.

Navedena metoda pogodna je pri proceni koja vozila treba remontovati, a koja rashodovati.

L i t e r a t u r a:

- [1] Kolegaev, N. R.: Opređenje optimalnoj dugovečnosti tehničkih sistema, Sovetskoe radio, Moskva, 1967.
- [2] Krstić, V. B.: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1997.

- [3] Todorović, B. J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd, 1993.