

SERBIATRIB`07
10th International Conference on Tribology
and
WORKSHOP`07
Sustainable Development in Industry by Apply Tribology Knowledge

**METODOLOGIJA ZA ODREĐIVANJE WEIBULL-OVE
FUNKCIJE RASPODELE, POMOĆU MEDIJALNIH
RANGOVA, ZA BILO KOJU VELIČINU UZORKA**

Prof. dr Sava St. Sekulić, dipl. maš. inž.

Institut za industrijsko inženjerstvo i menadžment, Fakultet tehničkih nauka,
Univerzitet u Novom Sadu

21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, tel:021-485-2153, 485-2184 e-mail:laza@iis.ns.ac.yu

Apstrakt: U radu se iznosi jedinstveni metodološki pristup za određivanje Weibull-ove funkcije raspodele u tri varijante u zavisnosti od veličine uzorka. Prve dve se odnose na nedovoljno reprezentativne uzorke $N \leq 50$, a treći na reprezentativne $N > 50$ i $N \gg 50$.

Ključne reči: Pouzdanost, Medijalni rang, Veličina uzorka

1.0 UVOD

Prikupljanje podataka o otkazima je odgovoran i, najčešće, dugotrajan posao. Međutim, i obrada podataka je takođe zametna i zahteva značajno poznavanje Statistike i obimnu obradu podataka. Da bi se olakšao rad pri obradi podataka u radu se iznosi jedinstveni metodološki pristup sa tri varijante u zavisnosti od veličine uzorka. Prve dve se odnose na nedovoljno reprezentativne uzorke $N \leq 50$, a treći na reprezentativne $N > 50$ i $N \gg 50$.

Za određivanje funkcije raspodele sve varijante se baziraju na medijalnim rangovima.

Prva varijanta odnosi se na uzorke $5 \leq N \leq 10$ i medijalni rangovi se određuju za sve otkaze uzorka, dok se druga primenjuje za uzorke $11 \leq N \leq 50$ (nereprezentativni uzorci) i treća za $N > 50$ (reprezentativni uzorci). Za poslednje dve varijante vremena do otkaza grupišu se u intervale. Kao što je poznato broj intervala može se odrediti po sledećim obrascima:

$$z = 1 + \log N \quad (1)$$

$$z = 5 \log N \quad (2)$$

U *Tablici T.1* navedene su brojne vrednosti intervala z zavisno od veličine uzorka N . na osnovu podataka iz *Tablice T.1*. preporučuju se

brojevi intervala, za drugu varijantu $5 \leq z \leq 8$, a za treću $8 \leq z \leq 12$

Tablica T.1.

t_m	11,83	12,09	13,51	14,19	14,67	1,49
MR	10,9	26,4	42,1	7,9	73,6	89,1

Za sve varijante pored određivanja parametara funkcije raspodele otkaza određuju se: pouzdanost, frekvenca, intenzitet otkaza i granice intervala poverenja pomoću d_α testa Kolmogorov-Smirnov-a zavisno od veličine uzorka N i usvojenog rizika α . Na kraju se određuje srednje vreme bezotkaynog rada T_m na osnovu parametara funkcije raspodele preko Γ funkcija.

2.0 PROCEDURA ZA ODREĐIVANJE PARAMETARA FUNKCIJE RASPODELE OTKAZA

Dosadašnja istraživanja pokazuju da se na teničke sisteme uspešno može primeniti *Weibull-ova funkcija raspodele*.

Kao što je napomenuto osnova za određivanje parametara funkcije raspodele otkaza, bez obzira na veličinu uzorka, su medijalni rangovi, koji se mogu odrediti iz poznatih tablica iz literature ili izračunati po obrascima

$$MR = (j - 0,3)/(N + 0,4) \quad (3)$$

za nereprezentativne i

$$MR = j/(N + 1) \quad (4)$$

reprezentativne uzorke

Kada su poznati medijalni rangovi, za pojedine vrednosti vremena do otkaza, parametri Weibull-ove funkcije raspodele otkaza

$$F(t) = 1 - \exp (t/\eta)^\beta \quad (5)$$

određuju se kako sledi u nastavku.

Nakon dvostrukog logaritmovanja poslednjeg izraza se dobija

$$\ln \ln [1/(1-F(t))] = \beta \ln t - \beta \ln \eta \quad (6)$$

označimo li sa

$$y = \check{S}1/(1-F(t)) \quad \text{and} \quad x = \ln t \quad (7)$$

predodni izraz dobija vid

$$y = \beta x - \beta \ln \eta \quad (8)$$

koji predstavlja pravu liniju sa uglom nagiba β i odsečkom $b = \beta \ln \eta$. Prema tome određivanje parametara Weibull-ove raspodele može se svesti na određivanje ugla nagiba prave β i odsečka $\beta \ln \eta$ u mreži sa podelama prema predhodnim izrazima (7) (Weibull-ov list verovatnoće).

Polazeći od jednačine (8), koja predstavlja pravu liniju oblika

$$y = a x + b \quad (8')$$

i primenjujući za nju metodu najmanjih kvadrata, tj. da je zbir kvadrata pojedinih grešaka minimalanum

$$(\sum \Delta_i) \min \quad (9)$$

gde je Δ_i greška i-og opažanja.

Iz uslova minimuma dobija se sledeći sistem normalnih jednačina

$$\begin{aligned} \sum(x_i y_i) - a \sum(x_i)^2 - b \sum x_i \\ \sum y_i - a \sum x_i - N b = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

odnosno

$$A_1 a + B_1 b = C_1 \quad A_2 a + B_2 b = C_2 \quad (10')$$

gde je

$$\begin{aligned} A_1 = \sum(x_i)^2 ; \quad A_2 = \sum x_i = B_1 \quad B_2 = N \\ ; \quad C_1 = \sum(x_i y_i) ; \quad C_2 = \sum y_i \end{aligned}$$

Gornji sistem ima rešenja

$$\begin{aligned} a = \frac{D_a}{D} = \frac{\begin{vmatrix} C_1 & B_1 \\ C_2 & B_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{vmatrix}} = \frac{C_1 B_2 - C_2 B_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1} \\ b = \frac{D_b}{D} = \frac{\begin{vmatrix} A_1 & C_1 \\ A_2 & C_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{vmatrix}} = \frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1} \end{aligned}$$

Konstante A_1, \dots, C_2 određuju se tablično

Zamenom se dobijaju konstante a i b pa je

$$\beta = a \quad \text{i} \quad \eta = \exp (b/\beta) \quad (12)$$

Koeficijent korelacije iznosi

$$r = a(\sigma_x / \sigma_y) \quad (13)$$

gde je varijansa x - vrednosti

$$\sigma_x^2 = (1/N) \sum x_i^2 - x^2 = A_1/B_2 - (A_1/B_2)^2 \quad (14)$$

i varijansa y - vrednosti

$$\sigma_y^2 = (1/N) \sum y_i^2 - y^2 = E/B_2 - (C_2/B_2)^2 \quad E = \sum y_i^2 \quad (15)$$

Srednja veličina x -vrednosti

$$\bar{x} = (1/N) \sum x_i = A_2/B_2 = B_1/B_2 \quad (16)$$

i srednja vrednost y -vrednosti

$$\bar{y} = (1/N) \sum y_i = C_2/B_2 \quad (17)$$

Zamenom se dobija za koeficijent

$$r = \frac{C_1 \cdot B_2 - C_2 \cdot B_1}{A_1 \cdot B_2 - A_2 \cdot B_1} \cdot \left\{ \left[\frac{A_1}{B_2} - \left(\frac{A_2}{B_1} \right)^2 \right] \left[\frac{E}{B_2} - \left(\frac{C_2}{B_1} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Ako je koeficijent korelacije bliži jedinici korelacija je jača.

Parametri raspodele funkcije otkaza mogu se odrediti i čisto grafičkim postupkom unošenjem eksperimentalnih tačaka o vremenima do otkaza i njima pripadajući medijalni rangovi u *Weibull-ov list verovatnoće* sa koga se očitavaju vrednosti parametra oblika β (na skali) i položaja η na t osi (za medijanu $m = 0,632$)

Pouzdanost se određuje kao komplement verovatnoće

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp[-(t/\eta)^\beta] \quad (19)$$

Frekvencija otkaza definiše se kao

$$f(t) = dR(t)/dt = \beta/\eta(t/\eta)^{\beta-1} \exp[-(t/\eta)^\beta] \quad (20)$$

a intenzitet otkaza

$$\lambda(t) = f(t)/R(t) = \beta/\eta(t/\eta)^{\beta-1} \quad (21)$$

Srednje vreme bezotkaynog rada izraženo preko Γ funkcije iznosi

$$T_m = \eta \Gamma(1/\beta + 1) \quad (22)$$

Testiranje hipoteze može se izvršiti preko d_α testa (Kolmogorov-Smirnov), zavisno od reprezentativnosti i veličine uzorka N i stepena značajnosti (poverenja) α . Za nereprezentativne uzorke ($N \leq 50$) veličina kritične vrednosti d_α određuje se po obrascu za nereprezentativne

$$N \leq 50 \Rightarrow d_\alpha = 1,388 \alpha^{-0,120} N^{-0,464} \quad (23)$$

i reprezentativne uzork

$$N > 50 \Rightarrow d_\alpha = 1,654 \alpha^{-0,138} N^{-0,5} \quad (24)$$

3.0 PRIMERI

U nastavku će, kroz primere, biti iznesene sve tri

varijante obrade podataka zavisno od veličine uzorka.

3.1 Nereprezentativni uzorci $N \leq 50$

3.1.1 Nereprezentativni uzorci $5 \leq N \leq 10$

U ovom slučaju za sve vrednosti vremena do otkaza određuju se medijalni rangovi tj. za sve uzorke $j = 1, \dots, N$, iz tablice ili izračunavaju po obrascu:

$$MR = (j - 0,3)/(N + 0,4) \quad (25)$$

Kritična vrednost se određuje iz jednačine

$$d_\alpha = 1,388 \alpha^{-0,120} N^{-0,464} \quad (26)$$

Primer 1.

Praćenje otkaza reznog alata vršena su na fleksibilnoj liniji obrade koja se sastoji iz kružne trestere (Forte), mašine za poravnavanje čeonih površina i zabušivanje (Duap, ZS 30n AK), kopirnog struga 1 (Dubied, 517S-rd/500), i kopirnog struga 2 (Dubied, 517S-rd/500). Veza između pojedinih mašina ostvarena je fleksibilnim transportnim sistemom. Strug 1 snabdeven je jednim alatom i na njemu se vrši obrada jedne strane u jednom prolazu, a strug 2 sa dva alata, pam se drugas strana, nakon obrtanja za 180° obrađuje sa dva alata u dva prolaza. U ovom radu daju se podaci samo za stug 1, odnosno, za njegov alat. Obradci su bili realne stepenaste osovine gabaritnih dimenzija $\varnothing 28 \times 317$ mm, od čelika Č.4171. Kao alat korišćen je strugarski nož sa mehanički pričvršćenom pločicom od tvrdog metala KNUX 160405 (napadni ugao $\kappa = 55^\circ$, poluprečnik zaobljenja vrha $r = 2,0$ mm). Režim obrade: mbrzina rezanja $v = 3,48$ m/s ($n = 2360$ min⁻¹) i pomak $s = 0,3$ mm (dubina rezanja promenljiva, $\delta_{max} = 2,2$ mm).

Vremena do otkaza t_i i njim pripadajući medijalni rangovi MR svrstani su u *Tablici I.1.*

Tablica T.1.

t_{im}	11,83	12,09	13,51	14,19	14,67	1,49
MR	10,9	26,4	42,1	7,9	73,6	89,1

Na osnovu podataka iz *Tablice T.1.* popunjena je tablica *T.2.* za grafoalaitičku obradu podataka

Tablica T.2.

i	T_i	x_i	$F(t)$	$1 - F(t)$	$1/1-F(t)$	y_i	x_i^2	x_i^3
1	11,88	2,475	0,109	0,891	1,122	-2,159	6,126	-5,344
2	12,09	2,492	0,264	0,736	1,358	-1,182	6,210	-2,945
3	13,51	2,603	0,421	0,579	1,727	-0,604	6,776	-1,573
4	14,19	2,653	0,579	0,421	2,375	-0,145	7,038	-0,388
5	14,67	2,686	0,264	0,264	3,788	0,287	7,215	0,770
6	15,49	2,740	0,891	0,109	9,174	0,796	7,508	2,181
Σ		15,649				-3,007	40,872	7,297
N		$A_2=B_1$				C_2	A_1	C_1

$$T_m = 14,291413 \Gamma(1/9,6081043 + 1) = 15,8 \text{ min.}$$

koja je dala za parametre Weibull-ove funkcije raspodele

$$\beta = 9,6081043 \quad \text{i} \quad \eta = 14,291413$$

Varijanse x i y vrednosti iznose

$$\sigma_x^2 = 0,0096281 \quad \sigma_y^2 = 0,9406216$$

srednje vrednosti x i y

$$\bar{x} = 2,6074974 \quad \bar{y} = -0,5011731$$

i standardna devijacija

$$(St.Dev)_x = 0,1074880 \quad (St.Dev)_y = 1,624245$$

Koeficijent korelacije

$$r = 0,9720741$$

Kritična vrednost za određivanje intervala poverenja određuje se iz jednačine (22) i iznosi (za $\alpha = 5\%$ i $N = 6$)

$$d_\alpha = 1,388 \cdot 5^{-0,120} \cdot 6^{-0,464} = 0,492$$

Uvrštavajući vrednosti za β i η u izraz (3) i izraze od (18) do (21) dobijamo za za funkciju raspodele otkaza, pouzdanost, frekvencu i intenzitet otkaza

$$F(t) = 1 - \exp [-(t/14,291413)^{9,6081043}]$$

$$R(t) = \exp [-(t/14,291413)^{9,6081043}]$$

$$f(t) = (1/1,4765)(t/14,291413) \exp [-(t/14,291413)^{9,6081043}]$$

$$\lambda(t) = (1/1,487433)(t/14,291413)^{8,6810413}$$

i srednje vreme bezotkaznog rada

Da bi se nacrtale zavisnosti od (21) do (23) potrebno je dijapazon vremena Δt , u kome očekujemo pojave otkaza podeliti u intervale δt . Za usvojeni broj intervala $k = 10$, svakoj vrednosti vremena, koja deli pojedine intervale, odrediti vrednosti preme izrazima od (21) do (23), pri čemu se račun sprovodi tablično (tablica T.3). Vrednosti iz tablice služe za crtanje dijagrama.

Tablica T.3

i	t_i (1)	t_i/η (2)	$R(t_i)$ (3)	$F(t_i)$ (4)=1-(3)	$\lambda(t_i)$ (5)	$f(t_i)$ (6)=(3)(5)
1	6	0,41969	0,99978	0,00022	0,00036	0,00036
2	8	0,55958	0,99639	0,00361	0,00438	0,00436
3	10	0,69948	0,96909	0,03091	0,03041	0,02947
4	12	0,83937	0,93235	0,16765	0,14807	0,12325
5	14	0,98149	0,43409	0,56591	0,57587	0,24998
6	16	1,11916	0,05107	0,94893	1,80014	0,09193
7	18	1,25906	0,00009	0,99991	5,00581	0,00045
8	20	1,39895	0,00000	1,00000	12,49588	0,00000
9	22	1,53885	0,00000	1,00000	28,58826	0,00000
10	24	1,67874	0,00000	1,00000	1,67874	0,00000

3.12 Nereprezentativni uzorci $11 \leq N \leq 50$

Kada su u pitanju nereprezentativni uzorci $11 \leq N \leq 50$ potrebno je sve podatke o vremenima do otkaza svrstati u rastućem poretku a zatim u intervale, pri čemu se broj intervala kreće $5 \leq z \leq 8$, a zatim za svaki interval odrediti medijalni rang iz tablice ili izračunati po obrascu

$$MR = (z_i - 0,3)/(N + 0,4) \quad (25')$$

tako da je $j = z_i$ i $N = Z$.

Kritična vrednost se određuje iz jednačine (22)

$$d_\alpha = 1,388 \alpha^{-0,120} N^{0,464} \quad (27)$$

Primer 2

Odrediti srednje vreme bezotkaznog rada, pri spoljašnjem struganju čelika Č.7680) Režim obrade: brzina rezanja $v = 1,5 \text{ m/s}$ ($n = 1400 \text{ min}^{-1}$), dubina rezanja $\delta_{max} = 1,5 \text{ mm}$ i pomak $s = 0,2 \text{ mm}$.

U tom cilju praćeni su otkazi na 28 strugarskih noževa, a otkazi t_i su se dogodili nakon:

18,3 19,4 21,8 23,2 25,3 25,9 27,0
 28,0 28,6 29,7 30,2 30,4 30,7 32,4
 32,9 33,4 33,8 34,0 34,9 35,1 35,6
 36,1 36,7 37,23 37,8 i 38,9.

Za usvojeni broj intervala $Z = 7$ dobijene su sledeće srednje vrednosti vremena do otkaza za pojedine intervale t_{im} i njima pripadajuće vrednosti medijalnih rangova MR :

t_{im} 18,25 22,00 26,07 28,77 31,78 34,78 37,34
 MR 9,443 22,849 36,412 50,000 63,588 77,151 90,572

Vrednosti iz *Tablice T.4.* predstavljaju ulazne veličune za obradu podatakja kao u *Primeru 1.* Tako su dobijene vrednosti prmetara *Weibull-ove raspodele*

$$\beta = 4,2154556 \text{ i } \eta = 31,223406$$

Varijanse x i y vrednosti iznose

$$\sigma_x^2 = 0,056660239 \quad \sigma_y^2 = 1,0011664$$

srednje vrednosti x i y

$$\bar{x} = 3,3204673 \quad \bar{y} = 0,5088083$$

i standardna devijacija

$$(St.Dev)_x = 0,2556585 \quad (St.Dev)_y = 1,08077532$$

Koeficijent korelacije

$$r = 0,9971905$$

Kritična vrednost za određivanje intervala poverenje prema obrascu (23) iznosi (za $\alpha = 5\%$ i $N = 28$)

$$d_\alpha = 1,388 5^{-0,120} 28^{-0,464} = 0,244069$$

Uvrštavajući vrednosti za β i η u izraz (3) i izraze od (18) do (21) dobijamo za za funkciju raspodele otkaza, pouzdanost, frekvencu i intenzitet otkaza

$$F(t) = 1 - \exp [-(t/31,223106)^{4,2154556}]$$

$$R(t) = \exp [-(t/31,223106)^{9,6081043}]$$

$$f(t) = (1/7,4068165)(t/14,291413) \exp [-(t/31,223106)^{4,2154556}]$$

$$\lambda(t) = (1/7,4068165) (t/31,223106)^{3,21545563}$$

i srednje vreme bezotkaznog rada

$$T_m = 31,223106 \Gamma(1/4,215556 + 1) = 31,223106 \cdot 0,90852 = 28,367 \text{ min.}$$

Postupak dalje prezentacije je isti kao u *Primeru 1.*

3.2 Reprezentativni uzorci $N > 50$.

Za reprezentativne uzorke, je takođe potrebno, kao što je navedeno u 2.12, svrstati sva vermena do otkaza u intervale ($8 \leq z \leq 12$), a zatim se provodi ista procedura kao u 2,12, ali se kritična vrednost određuje iz jednačine

$$d_\alpha = 1,654 \alpha^{-0,138} N^{-0,5} \quad (27)$$

Primer 3

U cilju određivanja pouzdanosti reznog alata posmatrana je operacija usecanje žlebova za prstenove na klipju, koja se izvodi na automatskoj liniji obrade. Materijal klipa je legura AlSi12CuNiMg. Pečnik klipa iznosio je 62,2 mm, a širina kanala 4,0 odn. 2,0 mm, pri čemu su tolerancije izrade kanala 0,015 mm, a alata 0,013 – 0,015 mm. Komplet za usecanje predstavljao je predhodno podešeni “blok alata” sa pločicama od tvrdog alata kvaliteta K10 (grudni ugao $\gamma = 20^\circ$ i ledni uagao $\alpha = 10^\circ$. Režim obrade; : brzina rezanja $v = 3,58 \text{ m/s}$ ($n = 1100 \text{ min}^{-1}$), i pomak $s = 0,06 \text{ mm}$.

Osmatranje otkaza alata vršeno je u vremenskom intervalu od tri i po meseca. Do otkaza je dolazilo posle:

45,5 82,5 82,5 91,5 91,5 91,5 96,0 100,5 100,5
 110,0 110,0 110 121,0 121,0 121,0 127,0 148,0
 153,5 153,5 153,5 160,0 164,0 164,0 164,0 164,0
 168,5 168,5 168,5 168,5 168,5 168,5 176,0 176,0
 176,0 176,0 176,0 183,0 183,5 183,5 183,5 183,5
 183,5 191,0 191,0 191,0 191,0 191,0 200,0 200,0
 200,0 200, 205,5 205,5 210,0 210,0 219,0 225,0.

Za usvojeni broj intervala $z = 9$ dobijene su sledeće srednje vrednosti vremena do otkaza za pojedine intervale t_{im} i njima pripadajuće vrednosti medijalnih rangova MR :

t_{im} 45,50 82,50 95,25 115,50 127,00
 MR 0,07412 0,17962 0,288624 0,39308
 0,50000

t_{im} 158,28 175,98 195,00 217,50
 MR 0,60691 0,71376 0,82038 0,92587.

Obradom podataka dobijene su sledeće vrednosti za

$$\beta = 2,2274804 \quad \eta = 154,62398$$

Varijanse x i y vrednosti iznose

$$\sigma_x^2 = 0,2164252 \quad \sigma_y^2 = 1,0894668$$

srednje vrednosti x i y

$$\bar{x} = 0,2164252 \quad \bar{y} = 1,0894668$$

i standardna devijacija

$$(St.Dev)_x = 0,4931353 \quad (St.Dev)_y = 1,1070908$$

Koeficijent korelacije

$$r = 0,9927978$$

Kritična vrednost za određivanje intervala poverenja odredena je po obrascu (23)

$$d_\alpha = 1,654 \cdot 5^{-0,138} \cdot 57^{-0,5} = 0,274$$

Uvrštavajući vrednosti za β i η u izraz (3) i izraze od (18) do (21) dobijamo za za funkciju raspodele otkaza, pouzdanost, frekvencu i intenzitet otkaza

$$F(t) = 1 - \exp [-(t/154,63298)^{2,2274804}]$$

$$R(t) = \exp [-(t/154,63298)^{2,2274804}]$$

$$f(t) = (1/7,4068165)(t/154,63298) \exp [-z(t/154,63298)^{2,2274804}]$$

$$\lambda(t) = (1/7,4068165) (t/154,63298)^{1,2274804}$$

i na osnovu izraza (21) srednje vreme bezotkaznog rada

$$T_m = 154,62358 \Gamma(1/2,2274804 + 1) = 154,62358 \cdot 0,88565 = 136,943$$

minPostupak dalje prezentacije je isti kao u Primeru 1.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu napred izloženog može se zaključiti da predložena, racionalizovana, jedinstvena, metodologija zasnovana na medijalnim rangovima, može naći praktičnu primenu za bilo

koju veličinu uzorka, koristeći pri tome tablicu medijalnih rangova do $N = z = 15$.

LITERATURA

[1] Stanivuković, D., Ivanović, G., Efektivnost tehničkih sistema – Zbirka zadataka -, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1978., 261(In Serban).

[2] Sekulić, S.,Određivanje pouzdanosti reznog alata u radioničkim uslovima, Zbornik radova Prvog naučnog skupa EFTES '75, Novi Sad, 1975.

[3] Sekulić, S., Određivanje pouzdanosti reznog alata u radioničkim uslovima, Održavanje mašina i opreme - OMO, Beograd, 1975, IV, 6.

[4] Sekulić, S., Grafoanalitički i grafički postupak obrade podataka pri određivanju pouzdanosti alata, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, br. 16, 1984, Novi Sad.

[5] Sekulić, S., Grafički postupak za određivanje pouzdanosti reznog alata zasnovan na broju obradaka obrađenih pojedinim alatima, Zbornik radova XIX Savetovanjka proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Sept., 1985, Kragujevac, 1985.

[6] Sekulić, S., Bogičević, S. Metodologije za određivanje pouzdanosti reznog alata podržane računom, Tribologija u Industriji, god. XVII, br. 3, 1995, pp 86-91.

[7] Sekulić, S., Regresione jednačine d_α -testa Kolmogorov-Smirnova, Zbornik radova Sedme jugoslovenske konferencije o tribologiji sa međunarodnim učešćem - YUTRIB '01, okt.,2001,

Beograd, Jugoslovensko društvo za Tribologiju, 2001. pp 3-5 - 3-8.

[8] Sekulić, S., Uticaj elemenata režima obrade na parametre funkcije raspodele pouzdanosti pri obradi na strugu, Zbornik radova CD-ROM 29 Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, sept. 2002. Beograd.