



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ –  
БИТОЛА**



**ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ – БИТОЛА  
ОТСЕК ЗА ИНДУСТРИСКО ИНЖЕНЕРСТВО И МАНАЏМЕНТ**

---

**АКАДЕМСКИ СТУДИИ ОД ТРЕТ ЦИКЛУС**

**ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА НАДЕЖНОСТА ЗА  
ВАЛЦИТЕ НА ТРАНСПОРТЕРИТЕ СО ЛЕНТА ВО ЈАГЛЕНОВИОТ  
СИСТЕМ НА РУДНИКОТ ОСЛОМЕЈ - КИЧЕВО**

**Докторски проект**

**Изработил:**

Сафет Рика

Број на индекс: 35

**Ментор:**

Ред. проф. д-р Елизабета Христовска

Битола, 2024 година

**СОДРЖИНА**

Апстракт .....	1
<b>1. ВОВЕД .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ВОВЕДНИ МАТЕМАТИЧКИ КОНЦЕПТИ ЗА АНАЛИЗА НА НАДЕЖНОСТА НА ТЕХНИЧКИТЕ СИСТЕМИ .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Надежност .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Интензитет на откази (интензитет на ризикот).....</b>	<b>3</b>
<b>2.3. Средното време меѓу отказите (MTBF - Mean time between failures).....</b>	<b>3</b>
<b>2.4. Изрази за Вејбуловата веројатносна хартија .....</b>	<b>3</b>
<b>3. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ФУНКЦИЈАТА НА ГУСТИНАТА НА ОТКАЗИТЕ, ИНТЕНЗИТЕТОТ НА ОТКАЗИТЕ И НАДЕЖНОСТА ЗА ВАЛЦИТЕ НА ТРАНСПОРТЕРИТЕ СО ГУМЕНА ЛЕНТА ВО ОСЛОМЕЈ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. ЗАКЛУЧОК .....</b>	<b>12</b>
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА .....	13

## ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА НАДЕЖНОСТА ЗА ВАЛЦИТЕ НА ТРАНСПОРТЕРИТЕ СО ЛЕНТА ВО ЈАГЛЕНОВИОТ СИСТЕМ НА РУДНИКОТ ОСЛОМЕЈ - КИЧЕВО

**Сафет Рика, MSc.,**

Технички факултет- Битола, Универзитет “ Св. Климент Охридски - Битола”,  
Република С. Македонија  
<https://orcid.org/0009-0004-8680-2019>  
[safetrika@yahoo.com](mailto:safetrika@yahoo.com)

**Елизабета Христовска, PhD.,**

Технички факултет- Битола, Универзитет “ Св. Климент Охридски - Битола”,  
Република С. Македонија  
<https://orcid.org/0009-0007-5580-9738>  
[elizabetha.hristovska@uklo.edu.mk](mailto:elizabetha.hristovska@uklo.edu.mk)

### АПСТРАКТ

Во овој докторски проект се анализираат случајните непредвидливи машински откази кои настанале кај јаглениот систем, само од страна на транспортерите со лента како подсистем во јаглениот систем, поради заменување на челичните носечки валци, во површинскиот коп за јаглен Осломеј – Кичево. Отказите на валците се анализирани од аспект на определување на надежноста во подолг временски период (23 години). Користејќи ги статистичките распределби познати во науката за надежноста, особено групното лабораториско испитување преку Вејбуловата хартија и рангот на медианите, се добива средното време до отказите, интензитетот на отказите и надежноста, пресметани математички и прикажани дијаграмски, за периодот од 1999 година до 2021 година.

### Клучни зборови:

*Надежност, интензитет на откази, МТВФ, челични валци, транспортери со гумена лента*

### 1. ВОВЕД

Транспортерите со гумена лента се едни од најважните транспортни системи во јаглениот систем во површинскиот коп за јаглен Осломеј од Кичево. Челичните валци, сметајќи ги како подсистеми, се најважните подсистеми односно елементи кај транспортерите со лента, бидејќи се најтретираните делови од транспортерот и претставуваат значителен фактор во вкупните трошоци за неговото одржување.

Челичните валци кај транспортерите со гумена лента можат да бидат носечки - кои ја придржуваат носечката површина на гумената лента, и повратни - кои ја придржуваат повратната страна на бесконечната гумена лента. Носечките валци се поставени по три во сетови, а сетовите се поставени паралелно помеѓу себе по должината на лентата односно транспортерот, при што формираат комплексно врзување (сериско, паралелно и комбинирано). Повратните валци се поставени по еден, паралелно и вдолж лентата односно транспортерот. Челичните валци се изработени од челични лесни цевки, валчести лежишта и симеринзи (заптивки). Техничкиот век на траење на челичните валци е приближно од 30000 часови до 50000 часови (*според*

производителите), а времето зависи од условите за работа и се движи од 4 до 10 години (според податоците од комбинатот Осломеј од Кичево).



Слика 1: Дел од транспортерот со гумена лента  
(каде се гледа сегмент од гумената лента со неколку сетови од носечките валци)

Според искуството од одржувањето, најчестите причини за отказ на челичните валци се: абразија, корозија, триење со гумената лента, блокирање на лежиштата, кинење на телото на валјакот, скршена оска, како и други надворешни и професионални фактори (човечкиот фактор).

Во случај на отказ на еден валјак или повеќе валци може да настане голем дефект, не само на транспортерот со лента туку во дел од јаглениот систем, односно дури и целиот јагленов систем да биде во неработна состојба. Во некои случаи дефектот на валците може да предизвика запалување на гумената лента на транспортерот, со што се доведува во прашање безбедноста на луѓето и животната средина.

## 2. Воведни математички концепти за анализа на надежноста на техничките системи

### 2.1. Надежност

$$R(t)+F(t)=1=100\% \quad (2-1)$$

$$F(t)=1-R(t) \quad (2-2)$$

- $R(t)$  – надежност на производот (системот) во функција од времето
- $F(t)$  – ненадежноста на производот (системот) во функција од времето, или:

$$R(t)=\frac{f(t)}{\lambda(t)} \quad (2-3)$$

$$R=e^{-\lambda t} \quad (2-4)$$

$t$  – вкупно време на работа и на откази,

- Надежноста на подсистем:

$$R=\frac{n(t)}{n} \quad (2-5)$$

каде е:

$n(t)$  - вкупниот број на часови на состојбата во работа,  
 $n$  - вкупен број на часови на состојба на работа и во отказ.

## 2.2. Интензитет на откази (интензитет на ризикот)

Интензитетот на отказите  $\lambda(t)$  може да се изрази како однос на густината на отказите  $f(t)$  и надежноста  $R(t)$  :

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{R(t)}=\frac{f(t)}{1-F(t)} \quad (2-6)$$

## 2.3. Средното време меѓу отказите (MTBF - Mean time between failures)

Средното време меѓу отказите MTBF е вкупниот број на работни часови поделен со бројот на неуспеси и се пресметува со помош на изразот:

$$MTBF=\frac{\text{вкупното време на работа во часови}}{\text{вкупниот број на откази во тој период}} \quad (2-7)$$

Интензитетот на отказите  $\lambda(t)$ , изразен преку реципрочната вредност од средното време меѓу отказите:

$$\lambda(t)=\frac{1}{MTBF} \quad (2-8)$$

## 2.4. Изрази за Вејбуловата веројатносна хартија

- Надежност:

$$R(t) = \exp \left[ -\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (2-9)$$

- Функција на густината на распределбата:

$$f(t)=\frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\eta^\beta} \exp \left[ -\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (2-10)$$

- Интензитет на отказите:

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{R(t)}=\frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2-11)$$

Во табелата 1, се прикажуваат функциите на густината на отказите за континуирани процеси преку изразите на нивните распределби.

Најчести функции за распределби на откази	$f(t)$
Нормална распределба	$P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{x-\mu}{2\sigma^2}} dx$
Логнормална распределба	$\frac{1}{\sigma t\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}$
Експоненционална	$\lambda e^{-\lambda(x-x_0)}, x \geq x_0 > 0$
Вејбулова распределба	$\frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\eta^\beta} \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]$
Гама распределба	$\frac{1}{\eta\Gamma(\beta)} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\frac{t-\gamma}{\eta}}$
Поасонова распределба	$P_\lambda(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$
Тропараметарска распределба	$\exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]$

Табела 1: Најчести функции за дистрибуција на густината на отказите

### 3. Определување на функцијата на густината на отказите, интензитетот на отказите и надежноста за валците на транспортерите со гумена лента во Осломеј

Наведените во насловот карактеристики на надежноста, определени се на основа на податоците од страна на диспечерските служби на комбинатот, снимени во периодот од 1999 година до 2021 год, кои се прикажани во табелата 2.

Година	Планирано Багерување h	Остварено Багерување h	Работни саати h	Вкупни откажи во h	Планирано производство м <sup>3</sup>	Остварено производство м <sup>3</sup>	Време за замена на валци во h	Број на откажи во зависност од валците	Број на заменети валци
1999		1854	1854		650432	633395	16	5	96
2000		2216	4070	2572	871803	751870	55	10	220
2001		3388	7458	3471	1025084	1100796	3	11	148
2002		3276	10734	5489	1026272	916299	46	11	228
2003		2417	13151	2709	1100039	775083	22	9	94
2004		2757	15908	2606	915629	803351	33	8	168
2005		3036	18944	2400	800000	795162	23	8	112
2006	3280	2793	21737	5967	720000	684354	44	9	142
2007	2468	2810	24547	5950	645600	700508	41	8	211
2008	3579	3331	27878	5453	668000	729633	63	11	297
2009	3500	2952	30830	5808	804400	851299	65	11	249
2010	3270	3129	33959	5631	811000	820531	63	11	300
2011	3270	3129	37088	5631	791000	908360	54	11	186
2012	0	0	37088	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	37088	72	0	0	53	8	222
2014	0	0	37088	0	0	0	0	0	0
2015	1007	1220	38308	7540	220000	191077	10	3	54
2016	1016	474	38782	8310	220000	108282	13	6	48
2017	1276	757	39539	4379	130000	123934	5	2	27
2018	1484	1615	41154	6062	198000	217382	22	8	108
2019	1771	1727	42881	7033	290000	214895	3	1	12
2020	1095	1005	43886	7755	182500	234205	19	7	74
2021	820	1675	45561	7085	160000	155232	21	7	60

Табела 2: Податоци снимени од диспечерската служба на површинскиот коп за јаглен во РЕК Осломеј - Кичево

Табелата 3, е резултат на сублимирање на податоците од табелата 2 - за вкупното време на отказ во зависност од дефекти и заменување на челичните валци, и вкупното време во состојба на работа на целиот јагленов систем во површинскиот коп Осломеј – Кичево.

Површински коп за Јаглен - Осломеј	мерка	Состојба на отказ	Состојба во работа
		1999 год – 2021 год	1999 год – 2021 год
Елемент – подсистем Челични валци	h	<b>Вкупно: 674 h</b>	<b>Вкупно: 45561 h</b>

Табела 3: Состојба на отказ и состојба на работа на јаглениот систем во зависност од дефект и заменување на челичните валци во транспортниот систем

Според вкупниот број информации:  $N=3056$  заменети валци, оптималниот број на класите во кои се групираат податоците е:

$$p=1+3,22\log_{10}(N) \quad (3-1)$$

$$p=1+3,22\log_{10}(3056)\approx 12 \quad (3-2)$$

Должината на интервалот  $w$  (широтината на класите) се одредува:

$$w = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{p} \quad (3-3)$$

$$w = \frac{45561 - 1854}{12} \approx 3642 \text{ (часови)} \quad (3-4)$$

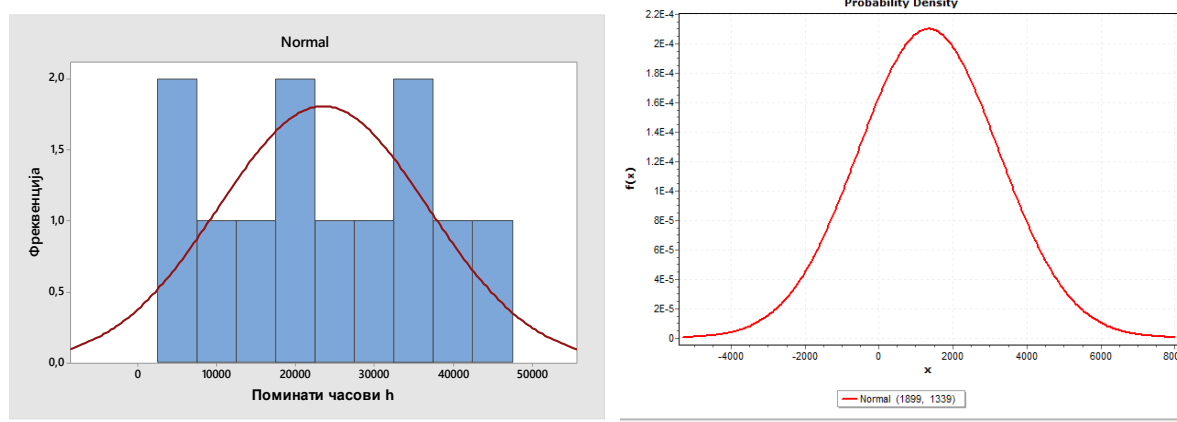
Потребните податоци за графичка статистичка пресметка, се распоредуваат во следната табела (табела 4):

Интервал на работни часови	Средина на интервал на работни часови	Фреквенција на откази $F_i$	Кумулативна фреквенција $i$	Релативна фреквенција $F_i/N(\%)$	Кумулативна фреквенција $F_{ri} = i/N(\%)$
1	2	3	4	5	6
1854-5496	3675	15	15	9,0909	9,0909
5496-9138	7317	11	26	6,6666	15,7576
9138-12780	10959	11	37	6,6666	22,4242
12780-16422	12747	17	48	10,3030	29,0909
16422-20064	18243	8	56	4,8484	33,9394
20064-23706	21885	9	65	5,4545	39,3939
23706-27348	25527	19	84	11,5151	50,9091
27348-30990	29169	11	95	6,6666	57,5758
30990-34632	32811	11	106	6,6666	64,2424
34632-38274	36453	19	125	11,5151	75,7576
38274-41916	40095	19	144	11,5151	87,2727
41916-45558	43737	15	159	9,0909	96,3636
		N=165			

Табела 4: Податоци за статистички пресметки



Според податоците од втората и третата колона на табелата 4, се црта хистограмот и полигонот на распределбата на трајноста на челичните валци до нивното оштетување, прикажани на графикон 1 под а) и б), применувајќи соодветни софтвери за обработка на статистичките податоци



Графикон 1: а) Хистограм и полигон на распределба на трајноста на валците  
 б) Нормална (Гаусова) распределба за N (1339;1899)

Од обликот на кривата во графиконите на слика 1, се заклучува дека распределбата на трајноста на челичните валци од транспортерот со лента е нормална (Гаусова). Црвената линија во графиконот 1 (полигонот) под а) и под б), ја покажува нормалната распределба, кога би била совршена - симетрична распределба на отказите настанати од замената на носечките челични валци, а преку хистограмот се покажува асиметричната распределба на отказите (графиконот 1 под а).

Средната вредност ( $\mu$ ), и дисперзијата ( $\sigma$ ), се одредуваат според соодветните образци:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^k f_i x_i}{N} \tag{3-5}$$

и

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - \mu)^2}{N}} \tag{3-6}$$

$$\mu = \frac{(15 \times 3675) + (11 \times 7317) + (11 \times 10959) + (17 \times 12747) + (8 \times 18243) + (9 \times 21885) + (19 \times 25527) + (11 \times 29169) + (11 \times 32811) + (19 \times 36453) + (19 \times 40095) + (15 \times 43737)}{3056} =$$

$$\mu = \frac{(55125 + 80487 + 120549 + 216699 + 145944 + 196965 + 485013 + 320859 + 360921 + 692607 + 761805 + 656055)}{3056} =$$

$$\mu = \frac{4093029}{3056} \approx 1339 \text{ часови} \tag{3-7}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{15(3675-1339)^2 + 11(7317-1339)^2 + 11(10959-1339)^2 + 17(12747-1339)^2 + 8(18243-1339)^2 + 9(21885-1339)^2 + 19(25527-1339)^2 + 11(29169-1339)^2 + 11(32811-1339)^2 + 19(36453-1339)^2 + 19(40095-1339)^2 + 15(43737-1339)^2}{33056}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{119\,250\,896\,052}{33056}} =$$

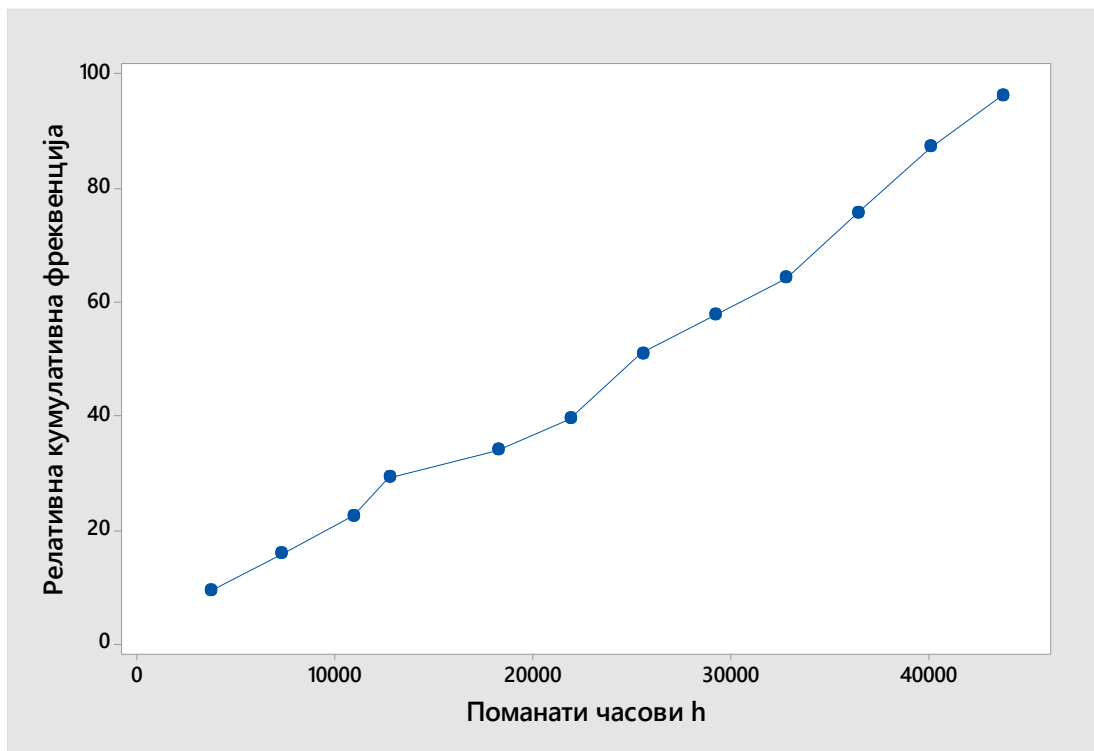
$$\sigma = \sqrt{3\,607\,541,627} \approx 1899 \text{ часови} \tag{3-8}$$

За ваков случај станува збор за нормална распределба  $N(1339;1899)$  - графикон 1 - б).

Процентот на челичните валци кои би биле издржливи до 50000 часови се проценува со помош на стандардизираната нормална распределба, според стандардизираната нормална вредност ( $z$ ), која во случајот е:

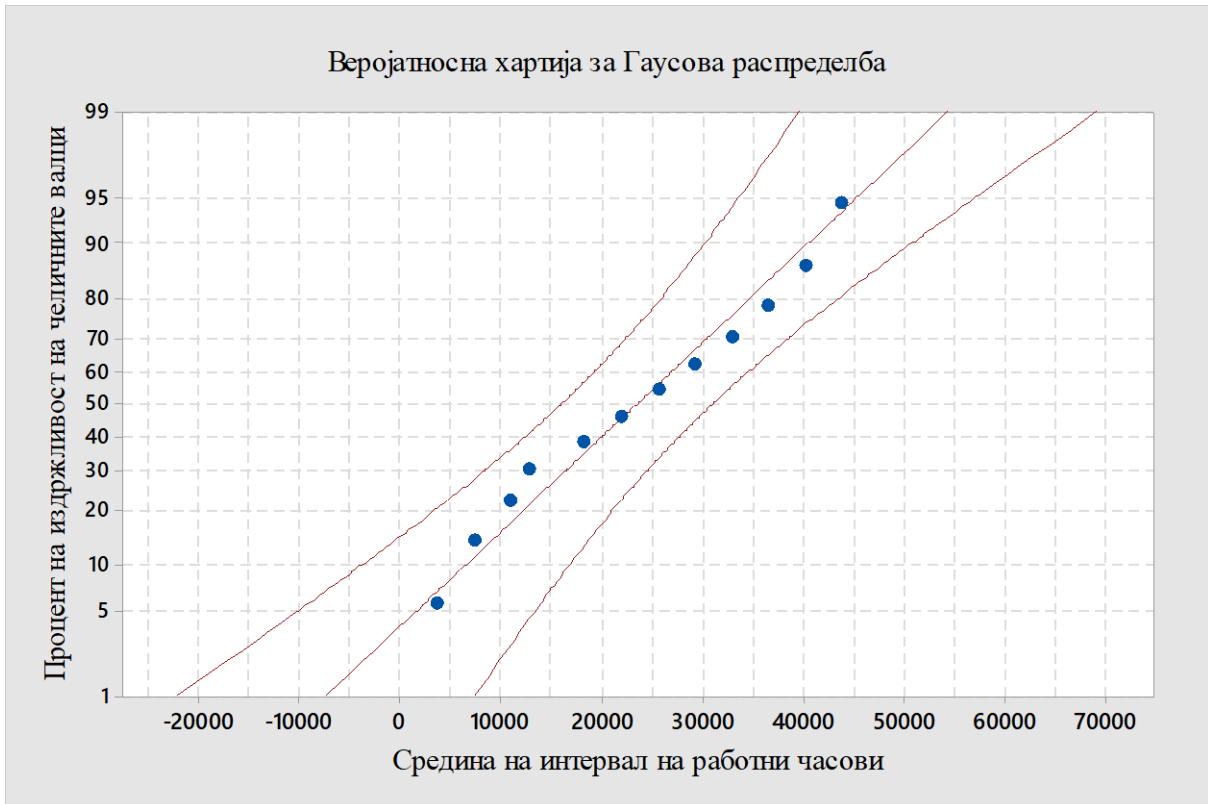
$$z = \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{50000-1339}{1899}\right) = \left(\frac{50-1.339}{1.899}\right) = \frac{48,661}{1,899} = 25,62 \tag{3-9}$$

Средната вредност и дисперзијата се претставуваат и на графички начин користејќи ги колоните од фреквенцијата, и кумулативната фреквенција од табелата 4, за да се добие емпириската кумулативна распределба на случајната променлива - графикон 2, добиен со примена на софтверот “Minitab 18 Statistical Software”.



Графикон 2: Крива на кумулативна распределба

За графичка проценка на овие параметри на распределбата може да се користи веројатносната хартија за Гаусова распределба која блиску ја апроксимира веројатносната распределба со широк интервал на случајните променливи - графикон 3, добиен со примена на софтверот “ Minitab 18 Statistical Software”.



Графикон 3: Веројатносна хартија за Гаусова распределба

За извадок од 3056 оштетени и заменети челични валци со резултати од испитувањата дадени во табела бр 4:

$$i_1 = i_0 + P_1; i_0 = 0; P_1 = \frac{3056 + 1 - 0}{1 + (3056 - 254)} = 1,09; i_1 = 0 + 1,09 = 1,09 \tag{3-10}$$

$$i_2 = i_1 + P_2; i_1 = 1,09; P_2 = \frac{3056 + 1 - 1,09}{1 + (3056 - 508)} = 1,2; i_2 = 1,2 + 1,09 = 2,56 \tag{3-11}$$

.....

$$i_{12} = i_{11} + P_{11}; i_{11} = 35,8; P_{11} = \frac{3056 + 1 - 35,8}{1 + (3056 - 3048)} = 336; i_{12} = 35,8 + 336 = 371,8 \tag{3-12}$$

Пресметката на рангот на медијаните се врши според образецот:

$$F_i = \frac{i - 0,3}{N + 0,4} \tag{3-13}$$

Врз основа на образецот, ранговите на медијаните се:

$$F_1 = \frac{i_1 - 0,3}{N + 0,4} = \frac{1,09 - 0,3}{3056 + 0,4} = 0,025\% ; F_2 = \frac{i_2 - 0,3}{N + 0,4} = \frac{2,56 - 0,3}{3056 + 0,4} = 0,074\% \quad (3-14)$$

.....

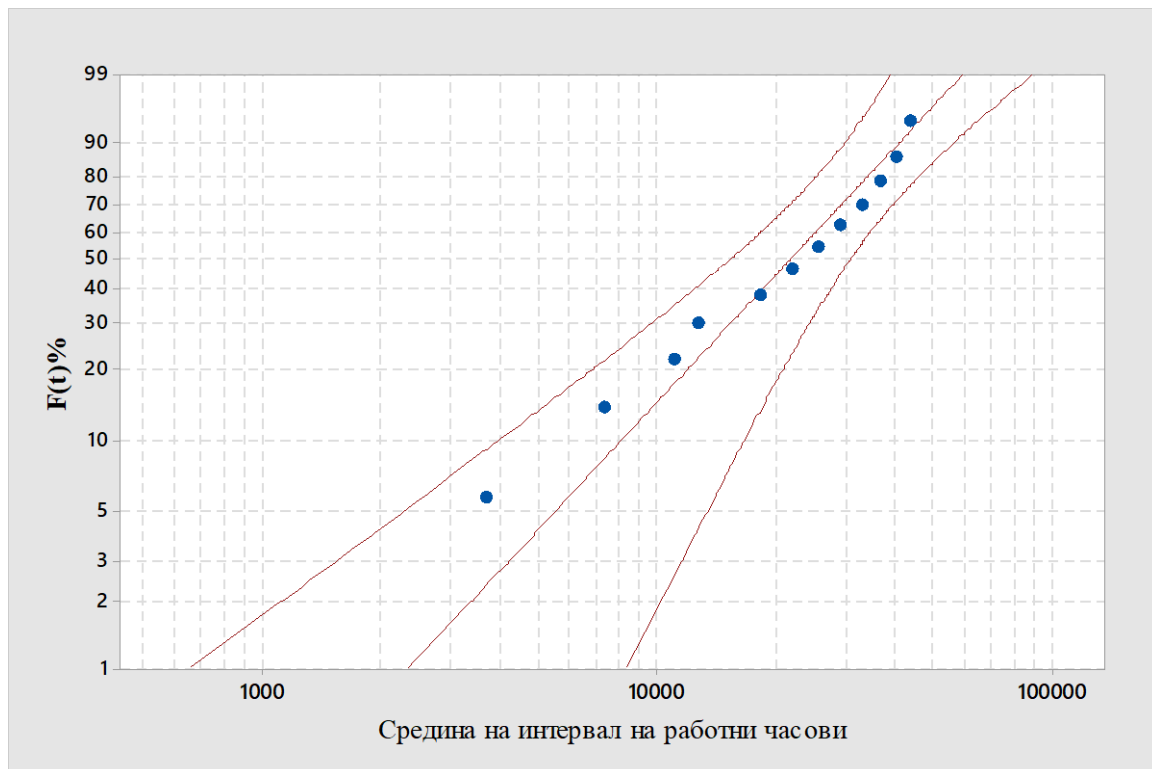
$$F_{11} = \frac{i_{11} - 0,3}{N + 0,4} = \frac{35,8 - 0,3}{3056 + 0,4} = 1,16\% ; F_{12} = \frac{i_{12} - 0,3}{N + 0,4} = \frac{371,8 - 0,3}{3056 + 0,4} = 12,1\% \quad (3-15)$$

Вредностите на средните редни броеви и вредностите на ранговите на медианите се дадени на табелата 5.

Реден број (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Работа до отказ(h)	3675	7317	10959	12747	18243	21885	25527	29169	32811	36453	40095	43737
Среден реден број (i)	1,09	2,56	3,89	5,39	7,09	9,08	11,46	14,43	18,4	24,27	35,8	371,8
Ранг на медијана F (i)%	1,09	1,2	1,33	1,5	1,7	1,99	2,38	2,97	3,94	5,87	11,53	335

Табела 5: Податоци за статистички пресметки

Со податоците за времето до отказ на 3056 челични валци и податоците за ранговите на медијаните се нанесуваат точки во Вејбуловата веројатносна хартија, а потоа меѓу нив се повлекува правата на распределба на отказите на извадокот од 3056 челични валци од транспортниот систем со гумена лента во површинскиот коп за јаглен во Осломеј.



Графикон 4: Вејбулова распределба добиена според групното лабораториско испитување - Sudden Death Test, добиена со примена на софтверот “ Minitab 18 Statistical Software”.

Бидејќи низ нанесенте точки може да се повлече права линија, значи дека распределбата на отказите настанати поради замена на челичните носечки валци е според Вејбуловиот закон на распределба, графикон 4, добиен со помош на софтверот “Minitab 18 Statistical Software”.

Надежноста може да ја пресметаме според изразот:

$$R = \frac{n(t)}{n} \tag{3-16}$$

$$n(t) = 45561 \text{ h, (вкупниот број на часови на состојбата во работа)}$$

$$n = (45561 + 674) \text{ h, (вкупен број на часови на состојба на работа и во отказ)}$$

Вредноста од 674 h, се чита од Табела 2 со собирање на целата колона - што дава податоци за време за замена на валците во часови.

$$R = \frac{45561 \text{ h}}{(45561 + 674) \text{ h}} = \frac{45561}{46235} = 0,98 \tag{3-17}$$

Ова вредност за надежноста од R=0,98, генерално се опишува како висока.

Од записите во табелата 2, се чита дека оствареното багерување во часови изнесува 45561 часови со вкупни откази 165 часови, поради замена на челичните валци во интервалот од 1999 година до 2021 година, па средното време до отказите изнесува:

$$MTBF = \frac{\text{вкупното време на работа во часови}}{\text{вкупниот број на откази во тој период}} = \frac{45561 \text{ h}}{165} = 276,12 \text{ h} \tag{3-18}$$

Интензитетот на отказите  $\lambda(t)$  :

$$\lambda(t) = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{276,12} = 0,0036 \text{ h}^{-1} = 0,0036 \frac{\text{откази}}{\text{час}} \tag{3-19}$$

Во табелата 6, детално се дадени пресметките за бројот на отказите, интензитетот на отказите и средното време помеѓу отказите за секоја година одделно почнувајќи од периодот 1999 до 2021 година.

Година	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Број на откази $n_i$	5	10	11	11	9	8	8	9	8	11	11	11	11	0	8	0	3	6	2	8	1	7	7
MTBF (h)	370,8	221,6	308	297,8	268,5	344,6	379,5	310,3	351,3	302,8	268,4	284,4	284,4	0	0	0	467,7	79	378,5	201,9	1727	143,6	239,2
Интензитет на откази $\lambda_i$ (h)	0,0027	0,0045	0,0032	0,0033	0,0037	0,0029	0,0026	0,0032	0,0028	0,0033	0,0037	0,0035	0,0035	0	0	0	0,0021	0,012	0,0026	0,005	0,0006	0,007	0,0042

Табела 6: Број на откази, средното време помеѓу отказите и интензитетот на отказите за периодот од 1999 до 2021 година

#### 4. Заклучок

Во овој докторски проект е даден извештај и анализа за механичките непредвидливи откази во јаглениот систем во површинскиот коп за јаглен Осломеј – Кичево, само од страна на транспортерите со гумена лента во тој систем, односно од дефектите на челичните носечки валци на лентата, во периодот од 1999 до 2021 година.

Бидејќи рудникот е површински коп, целиот систем за јаглен работи на отворено и во тешки работни услови, па секогаш е подложен на надворешни влијанија кои го водат системот до големи дефекти, при што системот е во прекин со часови или дури и денови во неделата. На целата оваа состојба на системот за јаглен големо влијание имаат и транспортерите со лента како еден од најзначајните негови подсистеми, односно носечките челични валци на гумената лента кај тие транспортери кои се најтретираните делови од транспортерот. Други фактори кои влијаат на континуираното работење на системот за јаглен се староста на самиот систем, големиот број на подсистеми, како и неправилното и ненавремено одржување на системот од страна на вработените. Сите овие фактори ја намалуваат надежноста на системот со текот на времето.

Надежноста на било кој технички систем никогаш не може да биде 100%, па и надежноста на јаглениот систем во рудникот Осломеј не постигнува максимална вредност, што зависи од надежноста на сите во него вклучени подсистеми и елементи. Овој труд на основа на анализа на отказите во наведениот временски период, дава податок за надежноста на челичните носечки валци кај транспортерите со лента,  $R=0,98$ , која се проценува како доста висока. Споредувајќи ја оваа вредност со надежноста на валците на транспортерите во други површински копови, може да се констатира дека е очекувана и задоволителна.

Покрај податок за надежноста на валците на транспортерите, трудот дава податоци и за други статички големини поврзани со надежноста, и презентира дијаграми за отчитување на тие големини во функција од зависните параметри.

### Користена литература

Давчев, Т. (1992). Надежност на техничките системи. Скопје: Македонска организација за квалитет и стандардизација.

Давчев, Т. (2009). Надежност и одржување на техничките системи. Скопје: НИП “Студентски збор”.

Dhillon, B.S. (2008). Mining Equipment Reliability, Maintainability, and Safety. Ottawa: Springer Series in Reliability Engineering.

Zio, E. (2007). An Introduction to the basics of reliability and risk analysis. Italy: Polytechnic of Milan.

Pham, H. (2003). Handbook of Reliability Engineering. New Jersey: Springer-Verlag Limited.

Birolini, A. (2017). Reliability Engineering-Theory and Practice. Berlin: Springer – Verlag GmbH Germany.

Gokhale, B.V. (2011). Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines. London: Taylor & Francis Group UK.

Малбашиќ, В., Челебиќ, М. (2019). Транспорт расутих на површинским коповима континуални транспорт. Универзитет у Бањој Луци. Приједор: Рударски факултет Приједор.

Dragiša, T., Slavica, P. (2012). Transportni sistemi. Univerzitet u Novom Sadu. Zrenjanin: Tehnički Fakultet "Mihajlo Pupin".

Березкин, Е.Ф. (2012). Надежность и техническая диагностика систем. Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

Hristovska, E. (2000). Correlation of deformed-stressed features and designed properties of the clamp dogs with the carrying structure of the working organ on the excavators, doctoral dissertation, Faculty of Mechanical Engineering, Skopje.

Hristovska, E. (1997). Optimization of gearboxes for the drive of the rotating wheel at excavators, Master's thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Skopje.

Rika, S., Hristovska, E. (2022). Assessment of reliability of the printing offset rubber blanket until the time of cancellation with the application of the laboratory test sudden death test, Vol.6, Iss.1, pp. 13-20. <https://doi.org/10.52576/>.

Zimroz, R., Krol, R. (2009). Failure analysis of belt conveyor system for condition monitoring purposes, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Nr. 128.

Krol, R. , Jurdzik, L. , Gladysiewicz L. (2008). Economy of Belt Conveyor Idlers Renovation Based on Results of Laboratory Tests, *Industrial Transport*, nr 2(2)/2008, Wroclaw.

Gurjar, R.S. (2012). Failure analysis of belt conveyor, *IJESS*.,Volume 2, Issue 10 (October 2012), ISSN: 2249- 9482.

Trifković, S., Krašnik, M., Radić, N.(2010). Analiza pouzdanosti podsistema kopanje rotornog bagera ER-1250. *INFOTEH-JAHORINA* Vol. 9, Ref. C-12, p. 352-356.

Lazarević, Ž., Arandžević, I., Kirin, S. (2015). An Analysis of random mechanical failures of bucket wheel excavator. *UDK /UDC: 621.879.48-7*. Vol. 15, No 3 (2015), pp. 143–146.

Ivanović, G., Mitrović, R., Jovanović D. (2013). Reliability of Transportation Belt Rollers Used in Surface Coal Digging, *Advanced Materials Research*. ISSN: 1662-8985, Vol. 633, pp 312-321. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.633.312.

Danner, D. (2016). Reliability – The precision of a measurement. *GESIS Survey Guidelines*. Mannheim, Germany: GESIS – Leibniz Institute for the Social Sciences. doi: 10.15465/gesis-sg\_en\_011.