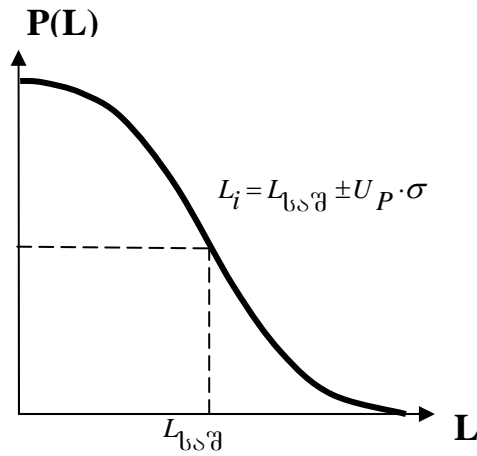


ვ. ლეკიაშვილი, ნ. თოფურია

## ავტომობილების ტექნიკური ექსპლუატაცია

მეთოდური მითითებები  
პრაქტიკული სამუშაოების შესასრულებლად



„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ვ. ლეკიაშვილი, ნ. თოფურია

# ავტომობილების ტექნიკური ექსპლუატაცია

მეთოდური მითითებები  
პრაქტიკული სამუშაოების შესასრულებლად



რეგისტრირებულია სტუ-ს  
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს  
მიერ. 02.07.2009, ოქმი №6

თბილისი  
2009

შპს 629.114.6.

მეთოდურ მითითებებში განხილულია ავტომობილების ტექნიკური ექსპლუატაციის პრაქტიკული ამოცანების ამოსნის მეთოდები თეორიული კურსის პროგრამის შესაბამისად. იგი შედგება ორი ერთმანეთთან დაკავშირებული მიმართულებისაგან, რომლებშიც მოცემულია ავტომობილის საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრისა და ექსპერიმენტული მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების მეთოდთა, ტექნიკური მომსახურების რეჟიმების დადგენისა და მიმდინარე რემონტების ოპტიმიზაციის თანამედროვე მეთოდები, ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის დიფერენცირებული მნიშვნელობების განსაზღვრა. თითოეული სამუშაოს დახასიათებისას მოცემულია მოკლე თეორიული ახსნა და მასალის ადვილად ათვისების მიზნით მოყვანილია პრაქტიკული მაგალითები.

განკუთვნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ავტომობილებისა და საავტომობილო მეურნეობის სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

რეცენზენტი ასოცირებული პროფესორი ვახტანგ ჯაჯანიძე

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-688-6

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

## წინასიტყვაობა

ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფა დაკავშირებულია ორგანიზაციულ-ტექნიკური ღონისძიებების შესრულებასთან და მოიცავს მატერიალურ და შრომით ხარჯებს. ეს ეხება ავტომობილების ტექნიკურ მომსახურებას და რემონტს. მათი შესრულების ხარისხი დამოკიდებულია მოძრავი შემადგენლობის კონსტრუქციულ თავისებურებებსა და საექსპლუატაციო პირობების მიხედვით ნორმატიული მაჩვენებლების შესაბამისობაზე. ამიტომ მათი თანამედროვე ტექნოლოგიების გათვალისწინებით ოპტიმიზაცია, სათანადო პარამეტრების დადგენა და კორექტირება იძლევა მნიშვნელოვან ეფექტს რაც გამოისახება საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირებით.

ამ პოზიციებიდან გამომდინარე პრაქტიკული საინჟინრო ამოცანები მიზნად ისახავს ისეთი მნიშვნელოვანი საკითხების გადაწყვეტას, როგორცაა ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა ოპერაციების მიხედვით, ტექნიკური ზემოქმედების სახეობების ფორმირება, სათანადო დეტალების ნომენკლატურული რაოდენობის განსაზღვრა, დეტალების შეცვლის სისტემის ოპტიმიზირება, ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის დიფერენცირება გარბენის მიხედვით, საიმედოობის პასპორტის შედგენა და სხვა.

პრაქტიკული სამუშაოების შესრულების მეთოდებს საფუძვლად უდევს სტატისტიკური მონაცემების მათემატიკური დამუშავება და ანალიზი რაც ითვალისწინებს თანამედროვე მოთხოვნების პირობებს და ავტომობილის ექსპლუატაციის საფუძვლების თეორიულ ცოდნას, ეს კი აუცილებელია ექსპლუატაციის სფეროში დასაქმებული სპეციალისტებისათვის.

## შინაარსი

წინასიტყვაობა . . . . .	4
1. მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების დამუშავება და საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა . . . . .	5
2. დასაკვირვებელი ავტომობილების რაოდენობის განსაზღვრა . . .	13
3. ავტომობილის ოპტიმალური რესურსის განსაზღვრა . . . . .	17
4. დეტალების შეცვლათა რაოდენობის განსაზღვრა. . . . .	23
5. დეტალების გამოყენების დონის შეფასება მათი შეცვლის სხვადასხვა სისტემის დროს . . . . .	26
6. დეტალების შეცვლის ოპტიმალური სისტემის გამოვლენა ტექნიკურ-ეკონომიური კრიტერიუმით. . . . .	31
7. ძრავის გაგრილების სისტემის ტექნიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრა. . . . .	35
8. ძრავის შეზეთვის სისტემის ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა. . . . .	39
9. ძრავას საწვავის მიწოდების სისტემის ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა. . . . .	41
10 ავტომობილების ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის განსაზღვრა. . . . .	44
11 ავტომობილის (აგრეგატის, კვანძის, სისტემის) საიმედოობის პასპორტის შედგენა. . . . .	48

**პრაქტიკული სამუშაო №1.**

**მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების დამუშავება და  
საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა**

ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილებზე დაკვირვების შედეგად მიღებული იქნა ინფორმაცია დეტალის მტყუნებების შესახებ. მტყუნების კრიტერიუმს წარმოადგენს დეტალის გაცვეთა და მუშაობის უნარის დაკარგვა. დაფიქსირებული იქნა N=68 დეტალის შეცვლა. 1-ელ ცხრილში მოცემულია მათი მნიშვნელობები ნამუშევრების (გარბენების) მიხედვით. დავუშვათ, რომ განსახილველი დეტალის პირველ შეცვლამდე რესურსის განაწილება ექვემდებარება ნორმალურ კანონს.

საჭიროა განისაზღვროს რესურსის განაწილების პარამეტრები (მათემატიკური მოლოდინი და საშუალო კვადრატული გადახრა), შემოწმდეს განაწილების კანონის სახეობის შესახებ ჰიპოთეზა, გამოითვალოს განაწილების სიმჭიდროვე, უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა და საშუალო რესურსი. ანგარიშის შედეგების მიხედვით გამოისახოს შესაბამისი მრუდები.

ცხრილი 1

**რესურსის მნიშვნელობები (განლაგებულია ზრდადი სახით) ათასი კმ.**

66,3	132,5	156,4	164,1	180,3	188,4	197,0	211,4	219,6	229,1	241,9
87,7	136,7	156,9	164,5	181,0	188,7	198,5	212,0	220,8	233,1	242,7
96,7	138,0	157,0	168,4	182,1	189,1	200,2	213,7	221,7	233,6	246,9
107,2	140,9	158,0	170,2	182,7	190,1	205,7	214,0	223,7	237,6	251,1
112,5	151,6	158,8	172,7	187,3	190,9	206,8	214,2	226,0	238,4	268,8
126,4	155,0	159,4	173,9	188,2	194,5	211,3	214,6	221,5	241,7	312,5

$\Sigma = 12470,2$  ათასი კმ.

1.2. რესურსების შემთხვევითი მნიშვნელობების დაჯგუფების ინტერვალის სიდიდის განსაზღვრა

გამოვთვალოთ გარბენის მაქსიმალური  $L_{\max}$  და მინიმალური  $L_{\min}$  მნიშვნელობები და განვსაზღვროთ ინტერვალის სიდიდე

$$\Delta L = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{S}$$

სადაც  $S$  არის ნამუშევრის ინტერვალის რაოდენობა და

გამოითვლება ფორმულით:  $S = 1 + 3,2 \cdot \lg N = 1 + 3,2 \cdot \lg 66 = 7$

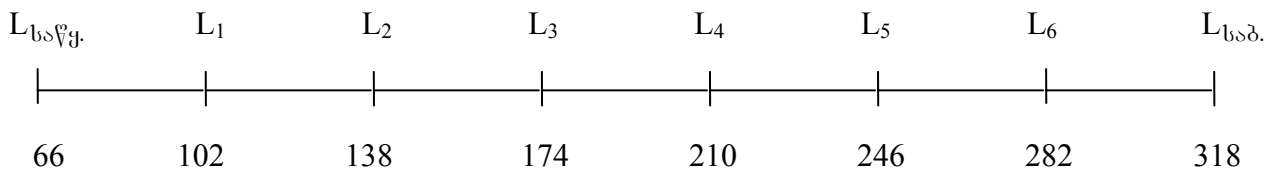
მაშასადამე ინტერვალის სიდიდე იქნება

$$\Delta L = \frac{312,5 - 66,3}{7} \approx 36 \text{ ათასი კმ.}$$

1.3. განისაზღვროს ინტერვალის საწყისი და საბოლოო მნიშვნელობები გარბენების მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობების გათვალისწინებით

$L_{\text{საწყ.}} = 66$ ;  $L_1 = 66 + 36 = 102$ ;  $L_2 = 102 + 36 = 138$ ;  $L_3 = 138 + 36 = 174$ ;  
 $L_4 = 174 + 36 = 210$ ;  $L_5 = 210 + 36 = 246$ ;  $L_6 = 246 + 36 = 282$ ;  $L_7 = 282 + 36 = 318$ ;  
 $L_{\text{საბ.}} = 318$  ათასი კმ.

გამოვხაზოთ ინტერვალებად დაყოფის სქემა



1.4. განისაზღვროს ინტერვალების შუალედური მნიშვნელობები და თითოეულ ინტერვალში რესურსის შემთხვევითი სიდიდეების მოხვედრის რაოდენობა

ანგარიშის შედეგები შევიტანოთ მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ინტერვალში რესურსების მოხვედრის სიხშირის განსაზღვრა

ინტერვალის №	ინტერვალების საზღვრები (ათასი კმ)	ინტერვალების შუალედი (ათასი კმ)	ინტერვალში მოხვედრის სიხშირე, $n_i$
1.	66-102	84	3
2.	102-138	120	6
3.	138-174	156	15
4.	174-210	192	17
5.	210-246	228	21
6.	246-282	264	3
7.	282-318	300	1

$$\sum = 66$$

1.5. განაწილების ნორმალური კანონის პარამეტრების განსაზღვრა

განაწილების სიმჭიდროვეს აქვს შემდეგი სახე:

$$f(L) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\bar{L}_i - \bar{L}_{საშ})^2}{2\sigma^2}}$$

სადაც  $\bar{L}$  და  $\sigma$  არის განაწილების ნორმალური კანონის პარამეტრები;

განვსაზღვროთ მათემატიკური მოლოდინი  $\bar{L}_{საშ}$  შემდეგი ფორმულით:

$$\bar{L}_{საშ} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^r \bar{L}_i \cdot n_i$$

სადაც  $r$  - ინტერვალების რაოდენობა;

$N$  - დაკვირვების საერთო რაოდენობა;

$L_i$  - ინტერვალების შუალედი;



$n_i$  - ინტერვალში მოხვედრის სიხშირე

$$\begin{aligned} \bar{L}_{საშ} &= \frac{1}{66}(84 \cdot 3 + 120 \cdot 6 + 156 \cdot 15 + 192 \cdot 17 + 228 \cdot 21 + 264 \cdot 3 + 300 \cdot 1) = \\ &= \frac{1}{66} \cdot 12456 \approx 188,73 \text{ ათასი კმ.} \end{aligned}$$

განვსაზღვროთ საშუალო კვადრატული გადახრა ფორმულით

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{(N-1)\sum (L_i - L_{საშ})^2 \cdot n_i}} = \sqrt{\frac{1}{(66-1)\sum (L_i - L_{საშ})^2 \cdot n_i}} \approx 46,29 \text{ ათასი კმ.}$$

განვსაზღვროთ განაწილების სიმჭიდროვის ემპირიული მნიშვნელობები ინტერვალების მიხედვით

$$\bar{f}_g(L_i) = \frac{n_i}{N \cdot \Delta L}$$

განვსაზღვროთ ინტერვალების შუალედების ნორმირებული და ცენტრირებული გადახრები:

$$\frac{\bar{y}_i(L_i - L_{საშ})}{\bar{\sigma}}$$

განვსაზღვროთ განაწილების სიმჭიდროვის თეორიული მნიშვნელობები ფორმულით:

$$f_g(L_i) = \frac{1}{\sigma} \cdot f_0(y_i)$$

სადაც

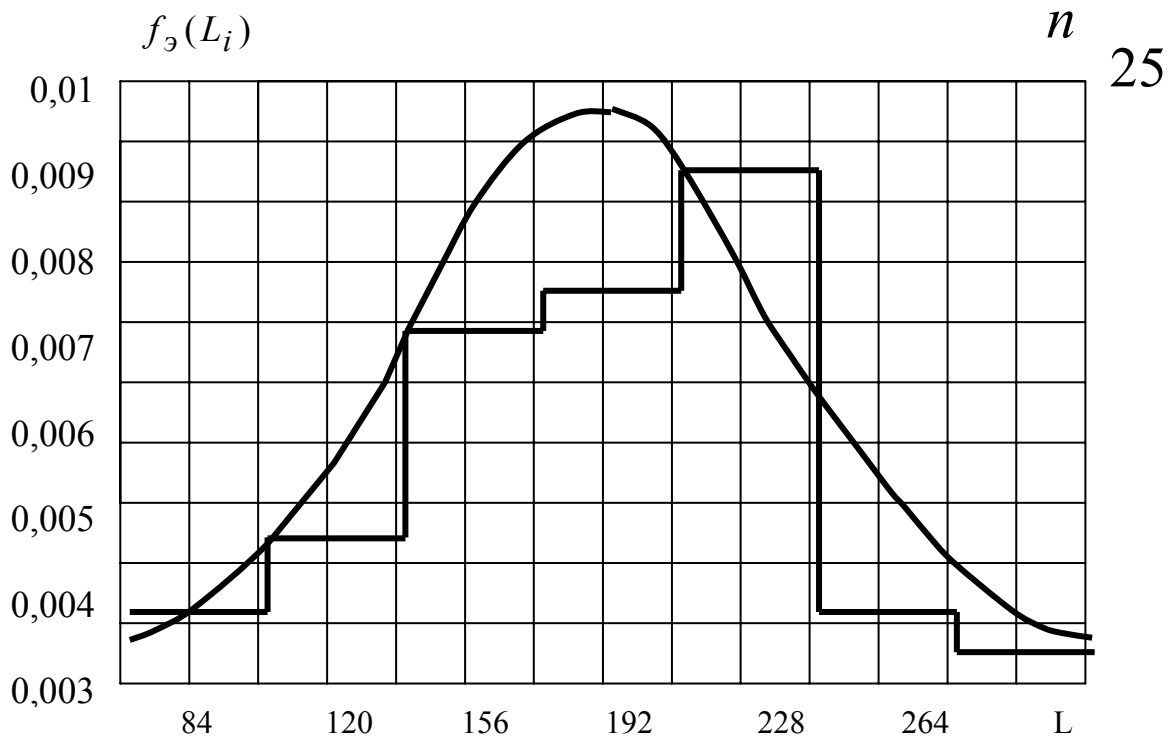
$$f_0(y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\left(\frac{y_i}{2}\right)^2}$$

ზემოთ ნაჩვენები ანგარიშის შედეგები შევიტანოთ მე-3 ცხრილში

განაწილების სიმჭიდროვის (ემპირიული და თეორიული)  
მნიშვნელობების და ინტერვალების შუალედების  
ნორმირებული და ცენტრირებული გადახრები

$n_i$ (პარამეტრი)	$y_i$	$f_s(L_i)$	$f_0(L_i)$	$f_m(L_i)$
$n_1$	-2,262	0,0013	0,0333	0,0007
$n_2$	-1,485	0,0025	0,1333	0,0029
$n_3$	-0,707	0,0063	0,3278	0,0071
$n_4$	0,071	0,0072	0,4	0,0086
$n_5$	0,848	0,0088	0,2857	0,0062
$n_6$	1,626	0,0013	0,1089	0,0023
$n_7$	2,404	0,0004	0,0222	0,0005

ანგარიშის შედეგების მიხედვით ავსოთ ჰისტოგრამები, განაწილების სიმჭიდროვის თეორიული მრუდი. (ნახ. 1)



ნახ. 1. ჰისტოგრამა, განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი.

1.6. განაწილების ემპირიული და თეორიული კანონების შეთანხმების შემოწმება პირსონის თანხმობის  $\chi^2$  კრიტერიუმით.

განვსაზღვროთ ემპირიული და თეორიული განაწილების შეთანხმების დონე (განსხვავებათა სიდიდე). ანგარიშის გაადვილების და მოხერხებულობის მიზნით  $\chi^2$  კრიტერიუმი ვიანგარიშოთ ფორმულით:

$$\chi^2 = \frac{N \cdot \Delta L \sum_{i=1}^r [\bar{f}_{\text{ფ}}(L_i) - \bar{f}_{\text{თ}}(L_i)]^2}{\bar{f}_{\text{თ}}(L_i)} = 5,12$$

გამოვთვალოთ თავისუფლების ხარისხის რიცხვი  $m$  (ინტერვალები, რომლებშიც  $m_i$  მოხვედრის რაოდენობა 5-ზე ნაკლებია, გავაერთიანოთ მეზობელ ინტერვალთან)  $m = r - k - 1$  სადაც  $r_i$  არის ინტერვალების რაოდენობა გაერთიანების შემდეგ ( $r_i=4$ ).  $k$ –განაწილების კანონის პარამეტრების რაოდენობა ( $k=2$ ). (მათემატიკური მოლოდინი და საშუალო კვადრატული გადახრა) მაშასადამე  $m=4-2-1=1$   $\chi^2$  და  $m$  მნიშვნელობების მიხედვით თანხმობის ალბათობა  $P(\chi^2)$

$$P(\chi^2) = P(5,12) = 0,0821 ; P(\chi^2) > 0,05$$

მაშასადამე ჰიპოთეზა ნორმალური კანონის შესახებ გამართლებულია.

### 1.7. უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის განსაზღვრა

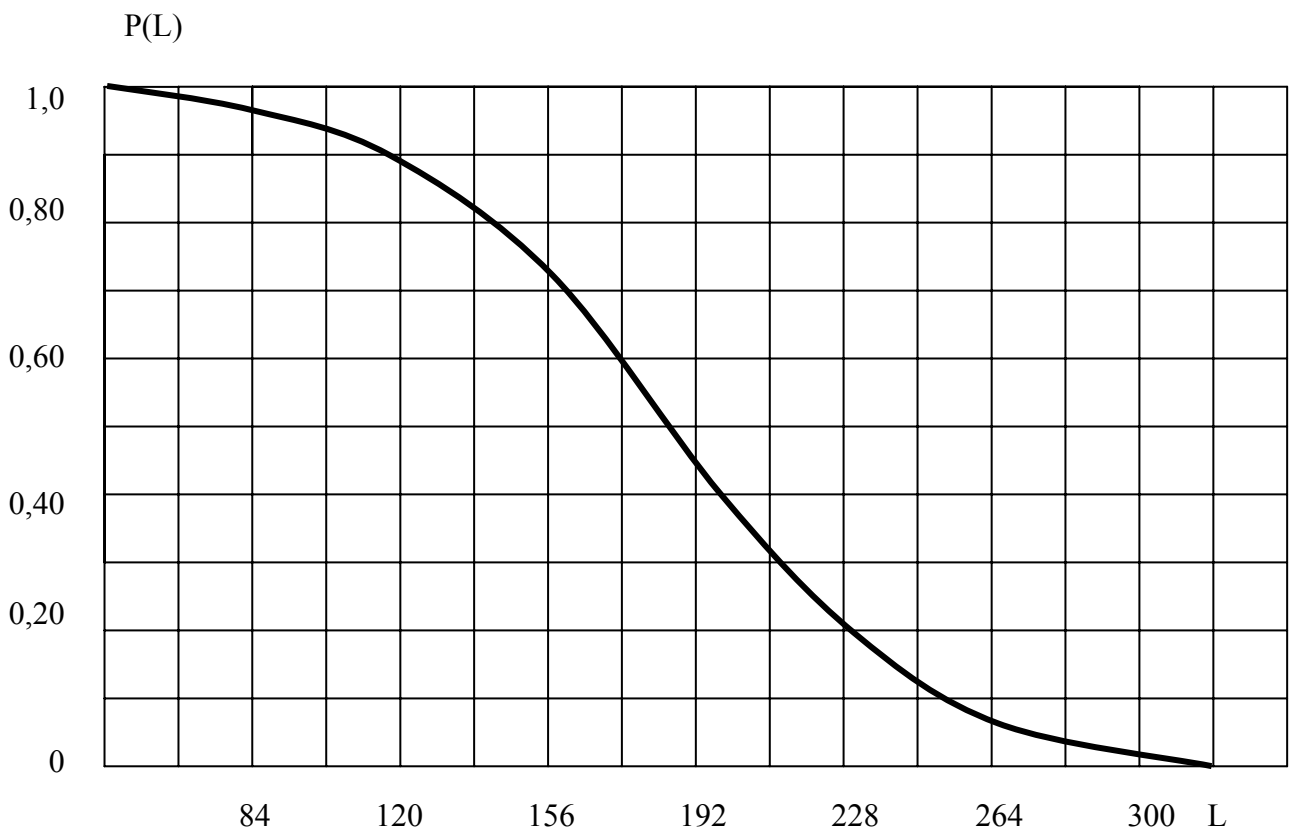
დეტალის საშუალო რესურსი  $L_{საშ}$  განაწილების ნორმალური კანონის შემთხვევაში ტოლია მათემატიკური მოლოდინის. ე.ი.  $L_{საშ} = 188,73$  ათასი კმ.

განვსაზღვროთ უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მნიშვნელობები ინტერვალების მიხედვით

$$\bar{P}(L_i) = \frac{N - \sum_{i=1}^r n}{N}$$

$$\bar{P}(L_1) = \frac{66 - 3}{66} = 0,95; \dots \dots P(L_7) = \frac{66 - 66}{66} = 0$$

ავაგოთ უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი  $L$  გარბენის მიხედვით.



ნახ. 2. უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი

**პრაქტიკული სამუშაო №2**  
**დასაკვირვებელი ავტომობილების რაოდენობის განსაზღვრა**

ავტომობილის საიმედოობის შესახებ ინფორმაციის შეგროვება და მისი მაჩვენებლების გამოვლენა რეალურ საექსპლუატაციო პირობებში უნდა მოხდეს ავტომობილებზე ხანგრძლივი და სწორი დაკვირვების შედეგად. ამ დროს ხდება ყველა მტყუნებისა და უწყესიერობის დაფიქსირება იმ ნამუშევრის (გარბენის) ზუსტი აღრიცხვით, რომელზედაც შესრულდა შესაბამისი ტექნიკური ზემოქმედება (რეგულირება, დეტალის შეცვლა და სხვა).

დასაკვირვებელი ავტომობილების რაოდენობა დამოკიდებულია შემთხვევითი სიდიდის (ავტომობილის გარბენა) საჭირო სიზუსტესა და მათ გაბნევაზე. რაც მეტია ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილების სურვილი, მით მეტი უნდა იყოს დასაკვირვებელი ავტომობილების რაოდენობა. როდესაც რესურსის განაწილების კანონი ნორმალურია, მაშინ დასაკვირვებელი ავტომობილების მინიმალური რაოდენობა შემდეგნაირად გამოითვლება:

$$N = \left( \frac{U_p \cdot V}{\delta} \right)^2$$

სადაც  $U_p$  - ნორმალური განაწილების კვანტილი (აიღება ცხრილებიდან)

$V$  - ვარიაციის კოეფიციენტი (ნორმალური განაწილების შემთხვევაში აიღება 0,1-0,33 ზღვრებში)

$\delta$  - ფარდობითი ცდომილება.

როდესაც  $\alpha = 0,80$  (სარწმუნო აღბათობა),

$$\delta = 0,05, \quad V = 0,32 \quad \text{და} \quad U_{p=0,80} = 0,842$$

$$N = \left( \frac{0,842 \cdot 0,32}{0,05} \right)^2 \approx 30 \text{ ავტომობილი.}$$

საშუალო რესურსის სარწმუნო ზღვრების დადგენის მიზნით, წინასწარ საჭიროა შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების კანონის პარამეტრების ინტერვალური შეფასება, რომელიც განისაზღვრება ორი რიცხვით (ინტერვალის ბოლოებით, რომლებიც ფარავენ მოცემულ პარამეტრს)

საშუალო რესურსის სარწმუნო ზღვრები წარმოადგენს სარწმუნო ინტერვალს, რომელიც (ორმხრივი) სარწმუნო  $\alpha^*$  ალბათობით ფარავს  $L_{საშ}$ .

$$\alpha^* = \text{Bep} \left\{ L_{საშ}^{ქმ} \leq L_{საშ} \leq L_{საშ}^{ზედ} \right\},$$

ცალმხრივი  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  ალბათობები განისაზღვრებიან შემდეგი პირობით:

$$\alpha_1 = \text{Bep} \left\{ L_{საშ} \geq L_{საშ}^{ქმ} \right\},$$

$$\alpha_2 = \text{Bep} \left\{ L_{საშ} \geq L_{საშ}^{ზედ} \right\},$$

ამასთან  $\alpha_1 + \alpha_2 - 1 = \alpha^*$ , კერძო შემთხვევაში, როდესაც

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha, \text{ მაშინ}$$

$$\alpha^* = 2\alpha - 1 \text{ ან } \alpha = \frac{\alpha^* + 1}{2}$$

სარწმუნო ინტერვალის სიდიდე ახასიათებს შეფასების სიზუსტეს, ხოლო სარწმუნო ალბათობა, შეფასების დამაჯერებლობას.

ნამუშევრის შემთხვევითი სიდიდეების ნორმალური კანონით განაწილების შემთხვევითი სარწმუნო ზღვრები განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$L_{საშ}^{ქ} = L_{საშ} - \varepsilon;$$

$$L_{საშ}^{ზედ} = L_{საშ} + \varepsilon;$$

სადაც  $\varepsilon$  არის აბსოლუტური ცდომილება.

$$\varepsilon = \frac{t_{\alpha, k} \cdot \sigma_k}{\sqrt{N}}$$

აქ  $t_{\alpha, k}$  სტიუდენტის კოეფიციენტია, რომელიც განისაზღვრება მოცემული  $\alpha$  და  $k = N - 1$  მნიშვნელობებისათვის ცხრილების მიხედვით (დანართი 2).

პირველი სამუშაოს მონაცემების მიხედვით გამოთვლილი პარამეტრების მნიშვნელობები და შედეგები მოცემულია მე-4 ცხრილში.

დანართი 3-ის მიხედვით განვსაზღვროთ  $\varepsilon$  როდესაც  $\alpha = 0,8$  და  $k = 66 - 1 = 65$ ,  $k_{65} = 0,841$

$$\varepsilon = \frac{0,841 \cdot 46,5}{\sqrt{66}} = 5 \text{ ათასი კმ.}$$

$$L_{საშ}^{ქ} = 188 - 5 = 183 \text{ ათასი კმ.}$$

$$L_{საშ}^{ზედ} = 188 + 5 = 193 \text{ ათასი კმ.}$$

ე.ი.  $183 \leq L_{საშ} \leq 193$

ცხრილი 4

№	დასახელება	აღნიშვნა	ნამუშევრის ინტერვალი							ჯამი
			4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ინტერვალის ზღვრები	$L_i - 1,$ $L_i$	66 102	102 138	138 174	174 210	210 246	246 282	282 318	
2	ინტერვალის შუალედი	$L_{i,საშ}$	84	120	156	192	228	264	300	

ცხრილი 4-ის გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	მტყუნების სიხშირე	$n_i$	3	6	15	17	21	3	1	66
4	საშუალო მნიშვნელობის გამოთვლა	$n_i \cdot L_{i,საშ}$	252	720	2340	3264	4788	792	300	12492
			$L_{საშ} = \frac{\sum n_i \cdot L_{i,საშ}}{66} = \frac{12456}{66} = 188,73$							
5	საშუალო კვადრატული გადახრის შეფასება და გამოთვლა	$L_i - L_{საშ}$	-105	-79	-33	3	61	75	111	
		$(L_i - L_{საშ})^2$	11025	6241	1089	9	3721	5625	12321	37441
		$(L_i - L_{საშ})^2 \cdot n_i$	33075	37446	16335	153	78141	16875	12321	192346
			$\sigma = \sqrt{\frac{1}{66-1} \cdot 192346} = 46,5$							

განვსაზღვროთ ფარდობითი ცდომილება და ვარიაციის კოეფიციენტი:

$$V = \frac{46,5}{188} = 0,247, \delta = \frac{5}{188} = 0,02$$



**პრაქტიკული სამუშაო №3**  
**ავტომობილის ოპტიმალური რესურსის ბანსაზღვრა**

რესურსი წარმოადგენს ზღვრულ მდგომარეობამდე ავტომობილის გარბენას. ანუ მის ისეთ ნამუშევარს, რომლის დროსაც ეფექტურობის მაჩვენებლები ექსტრემალურ მნიშვნელობებს მიიღებს. რესურსის ოპტიმიზაციის კრიტერიუმად მიღებულია ავტომობილის დამზადებისა და მუშაობის უნარის შენარჩუნებაზე გაწეული კუთრი ხარჯების ჯამი, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემულ საექსპლუატაციო პირობებში მაქსიმალურ მწარმოებლურობას.

$$\sum C_{კუთ} = \frac{1}{L} \left[ C_{ავტ.} + \int_0^L C_{ს.გ.}(L) dL \right] \rightarrow \min$$

სადაც  $C_{ავტ.}$  - ავტომობილის დამზადებაზე (შექენაზე) გაწეული ხარჯები, ლარი;

$L_{ს.გ.}(L)$  - ავტომობილის საიმედოობის შენარჩუნებაზე გაწეული ხარჯები გარბენის ინტერვალების მიხედვით.

კუთრი ხარჯების მინიმალური მნიშვნელობა განპირობებულია იმით, რომ ავტომობილის დამზადებასთან დაკავშირებული პირველადი ხარჯები გარბენის ზრდასთან ერთად მცირდება, ხოლო საიმედოობის შენარჩუნებაზე გაწეული ხარჯები იზრდება. მაშასადამე, მათ ჯამს ექნება მინიმალური მნიშვნელობა გარბენის რომელიმე მომენტისათვის.

ოპტიმალური რესურსი ანალიზურად იანგარიშება შემდეგნაირად:

$$L_{ოპტ.} = \sqrt[n+1]{\frac{C_{ავტ.} \cdot (n+1)}{n \cdot b}} \quad \text{ათასი კმ.}$$

სადაც  $n$  - საიმედოობის დონე, რომელიც წარმოადგენს ავტომობილის შექმნისა და საიმედოობის შენარჩუნებაზე გაწეული ხარჯების ფარდობას;

$b$  - სათადარიგო დეტალების ხარჯების ცვლილების კუთხური კოეფიციენტი  $k^{n+1}$

ამოცანის ამოხსნისათვის საჭირო საწყისი მონაცემები:

- ავტომობილის ღირებულება -  $C_{ავტ.}$ ;
- სათადარიგო დეტალებზე გაწეული ფაქტიური ხარჯი გარბენის ინტერვალების მიხედვით -  $C_{სათდ.}(L)$ ;
- $(A+B+C)$  კოეფიციენტების ჯამი, რომელიც ახასიათებს ავტომობილის (აგრეგატის) საიმედოობის შენარჩუნებაზე გაწეული ხარჯების თანაფარდობას.

(A - შრომითი ხარჯებისა და სათადარიგო დეტალების ხარჯების შეფარდება, B - მასალებისა და იგივე სათადარიგო დეტალების ხარჯების შეფარდება, C - მოცდენის კომპენსაციისა და ისევე სათადარიგო დეტალების ხარჯების შეფარდება) (აღნიშნული კოეფიციენტების ჯამი პრაქტიკული მონაცემებით  $1,5 \div 2,5$  ზღვრებშია). საწყისი მონაცემები მოცემულია მე-5 ცხრილში

ცხრილი 5

სათადარიგო დეტალების ხარჯი ლარი/1000კმ.						კოეფიციენტების ჯამი (A+B+C)	ავტ-ის ღირებულება $C_{ავტ.}$ ლარი
0	100	200	300	400	500		
0	100	200	300	400	500		
100	200	300	400	500	600		
0,88	7,01	11,2	26,4	33,4	55,7	1,93	13500

სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯები წარმოვადგინოთ ხარისხოვანი ფუნქციის სახით:

$$C_{სათდ.}(L) = b_{სათდ.} \cdot L^n, \text{ ლარი/1000კმ.}$$

თუ ამ განტოლებას გაგალოგარიტმებთ, მივიღებთ:

$$\lg C_{\text{სათ.დ.}}(L) = \lg b_{\text{სათ.დ.}} + n \lg L$$

მოცემული განტოლების კოეფიციენტები მოიძებნება უმცირესი კვადრატების წესით, ამისათვის შევადგინოთ ორი განტოლების სისტემა:

$$m \lg b_{\text{სათ.დ.}} + n \sum \lg L = \sum \lg C_{\text{სათ.დ.}}^*$$

$$\lg b_{\text{სათ.დ.}} \sum \lg L + n \sum (\lg L)^2 = \sum \lg L \cdot \lg C_{\text{სათ.დ.}}^*$$

სადაც  $m$  არის ნამუშევრის ინტერვალის რაოდენობა ( $m=6$ ) ამ სისტემის განსაზღვრას აქვს შემდეგი სახე:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} m & \sum \lg L \\ \sum \lg L & \sum (\lg L)^2 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} \sum \lg C_{\text{სათ.დ.}}^* & \sum \lg L \\ \sum \lg L \cdot \lg C_{\text{სათ.დ.}}^* & \sum (\lg L)^2 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} m & \sum \lg C_{\text{სათ.დ.}}^* \\ \sum \lg L & \sum \lg L \cdot \lg C_{\text{სათ.დ.}}^* \end{vmatrix}$$

რომელთა საფუძველზე ვიპოვი:

$$\lg b_{\text{სათ.დ.}} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}; \quad n = \frac{\Delta_3}{\Delta_1}$$

მოცემული საწყისი მონაცემების მიხედვით მიღებული ანგარიშის შედეგები მოცემულია მე-6 ცხრილში

L	$C_{სათ.დ.}^*$	$\lg L$	$(\lg L)^2$	$\lg \cdot C_{სათ.დ.}^*$	$\lg L \cdot \lg C_{სათ.დ.}^*$	$\lg C_{სათ.დ.}$	$C_{სათ.დ.}$
50	0,88	1,70	2,89	-0,056	-0,096	-0,002	1,00
150	7,01	2,18	4,74	0,846	1,84	0,785	6,10
250	11,2	2,40	5,75	1,05	2,52	1,15	14,0
350	26,4	2,54	6,47	1,42	3,61	1,38	23,7
450	33,4	2,65	7,04	1,52	4,04	1,56	36,0
550	55,7	2,74	7,51	1,75	4,78	1,70	50,5
	134,6	14,21	34,40	6,53	16,69	6,57	131,3

მიღებული ჯამი წარმოადგენს სისტემის განმსაზღვრელ კოეფიციენტებს

$$m = 6 \quad \sum \lg L = 14,21 \quad \sum (\lg L)^2 = 34,40$$

$$\sum \lg C_{სათ.დ.} = 6,53 \quad \sum \lg L \cdot \lg C_{სათ.დ.}^* = 16,59$$

ამ მნიშვნელობების მიხედვით ვიანგარიშოთ განმსაზღვრელები:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 6 & 14,21 \\ 14,21 & 34,40 \end{vmatrix} = 4,48$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 6,53 & 14,21 \\ 16,21 & 34,40 \end{vmatrix} = -12,5$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 6 & 6,53 \\ 14,21 & 16,69 \end{vmatrix} = 7,35$$

მაშასადამე, კუთხური კოეფიციენტი და ხარისხის მაჩვენებელი (საიმედოობის დონე) ტოლია:

$$\lg b_{\text{სათ.დ.}} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = \frac{-12,5}{4,48} = -2,79;$$

$$n = \frac{\Delta_3}{\Delta_1} = \frac{7,35}{4,48} = 1,64$$

მოცემული ვარიანტისათვის (საწყისი მონაცემებისათვის)  $\lg C_{\text{სათ.დ.}}(L)$  იანგარიშება შემდეგნაირად:

$$\lg C_{\text{სათ.დ.}}(L) = 1,64 \cdot \lg L - 2,79$$

$$b = (1 + A + B + C) \cdot b_{\text{სათ.დ.}} = (1 + 1,93) \cdot 0,00162 = 0,00475 \text{ ლარი/1000 კმ}^{n+1}$$

ოპტიმალური რესურსი იქნება:

$$L = \frac{1,64+1 \sqrt{13500 \cdot (1,64+1)}}{1,64 \cdot 0,00475} = 333\,000 \text{ კმ.}$$

მრუდების ასაგებად ანგარიშების შედეგები მოცემულია მე-7 ცხრილში

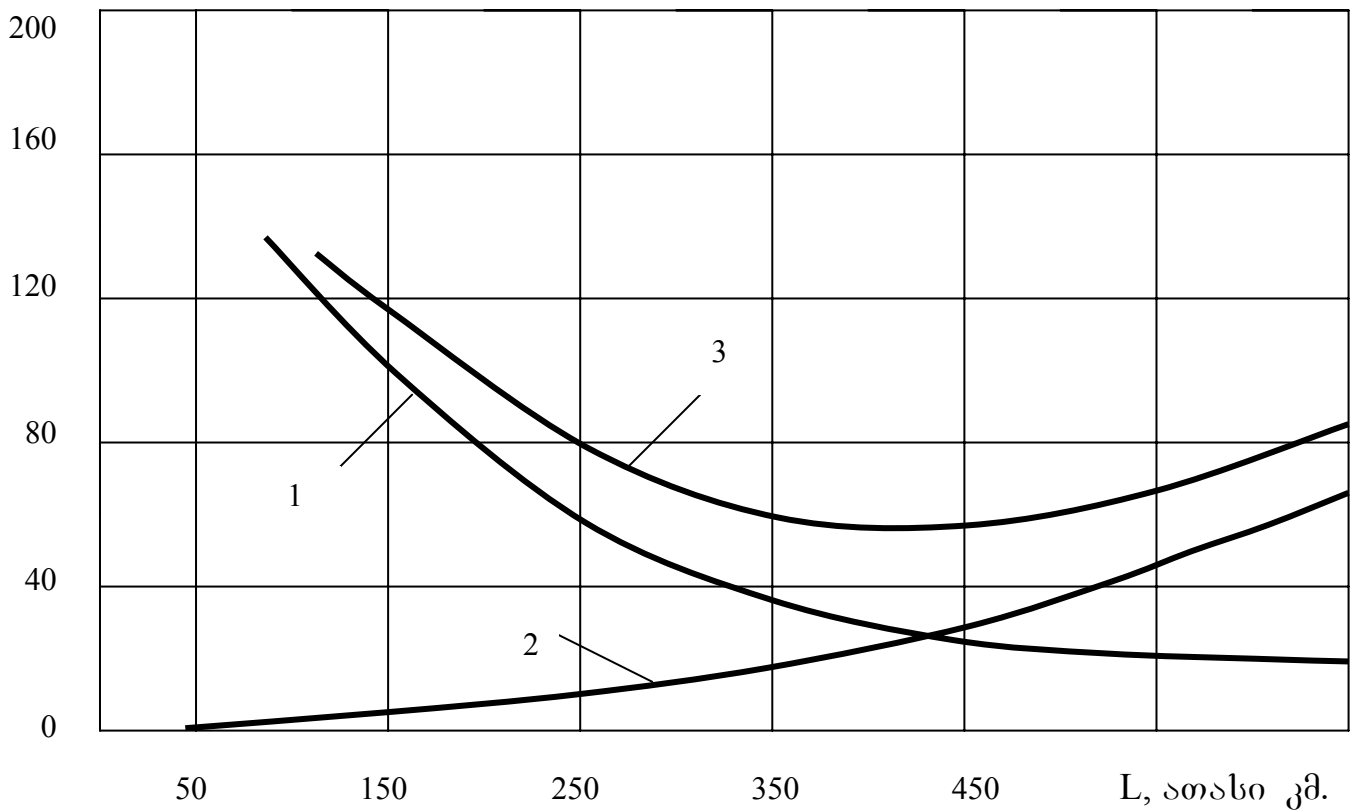
ცხრილი 7

L ათასი კმ.	$C_{\text{სათ.დ.}}(L)$ ლარი	$C_{\text{ს.შ.}}(L)$ ლარი	$C_{\text{ს.შ.}}^{\text{საშ.}}(L)$ ლარი	$C_{\text{შედ.}}(L)$ ლარი	$C_{\text{კუთ.}}(L)$ ლარი
50	1,0	2,93	1,11	270,0	271,0
150	6,10	17,9	6,78	70,0	76,8
250	14,0	41,0	15,5	54,0	69,5
350	23,7	69,4	26,3	38,6	64,9
450	36,0	105,0	39,8	30,0	69,8
550	50,5	148,0	56,1	24,5	80,6

$$C_{\text{ს.შ.}} = (1 + A + B + C) \cdot C_{\text{სათ.დ.}}$$

$$C_{\text{საშ.}}^{\text{საშ.}} = \frac{C_{\text{ს.შ.}}}{n+1}; \quad C_{\text{შედ.}}(L) = \frac{C_{\text{ავტ.}}}{L} \text{ ლარი/1000 კმ.}$$

$C_{\text{კუთრი}}$  ლარი/1000 კმ.



**ნახ. 3. კუთრი ხარჯების ცვლილების მრუდები  
1-შეძენის ხარჯები, 2-საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯები,  
3-ჯამური კუთრი ხარჯები**

მიღებული ოპტიმალური რესურსის პირობებში სათადარიგო დეტალების ჯამური ხარჯის ნორმა იანგარიშება შემდეგი განტოლებით:

$$C_{\text{სათდ.}}(L) = \frac{C_{\text{ავტ.}}}{(1 + A + B + C) \cdot n} = \frac{13500}{1,64(1 + 1,93)} = 2810 \text{ ლარი/რესურსი.}$$

**პრაქტიკული სამუშაო №4**  
**დეტალის შეცვლათა რაოდენობის განსაზღვრა**

როდესაც ცნობილია რომელიმე კრიტიკული დეტალის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის განაწილების ფუნქცია, მაშინ მის პირველ შეცვლაზე მოთხოვნა განისაზღვრება საგემო პერიოდის ინტერვალში მტყუნებათა წარმოშობის ალბათობით

i-ური ავტომობილისათვის

$$\bar{P}(L) = 1 - P(L_i; L_i + L_{გემ}) = 1 - \frac{P(L_i + L_{გემ})}{P(L_i)}$$

ავტომობილების ჯგუფისათვის

$$N_{შეცვ.} = \sum_{i=1}^{A_{გემ}} \left( 1 - \frac{P(L_i + L_{გემ})}{P(L_i)} \right)$$

სადაც  $L_{გემ}$  არის ავტომობილის საგემო გარბენა.

სამუშაოს შესრულებისათვის საჭირო საწყისი მონაცენები

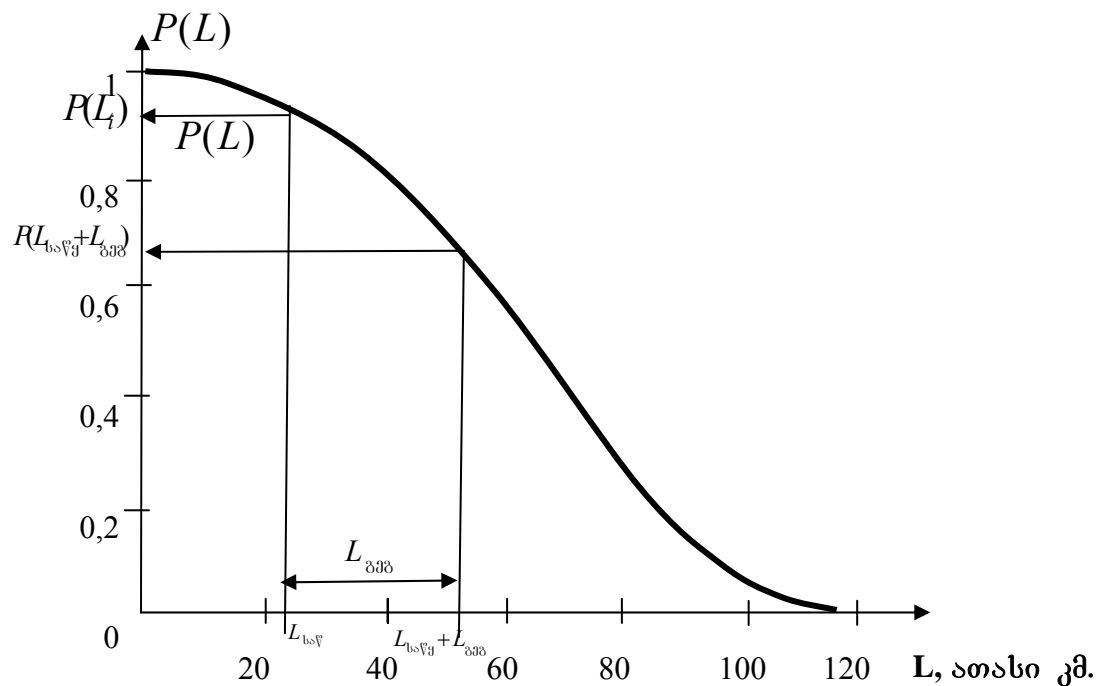
ცხრილი 8

განაწილების პარამეტრები		საგემო გარბენა $L_{გემ}$	ავტომობილების რაოდენობა ჯგუფებში									
$L_{საშ.}$ ათასი კმ.	$\sigma$ ათასი კმ.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60	17	20	საწყისი გარბენა $L_{საშ.}=1000$ კმ.									
			20	25	30	35	25	30	40	45	30	35

ვიანგარიშით რესურსის განაწილების ფუნქცია და ავაგოთ მისი გრაფიკი (ნახ. 4). ამისათვის ვისარგებლოთ 1-ლი სამუშაოს მეთოდით და გამოვიყენოთ ნორმალური განაწილების კვანტილების ცხრილი (დანართი 1).

ანგარიშის შედეგები შეგვაქვს მე-9 ცხრილში, რომლის მე-5 სტრიქონის მონაცენები წარმოადგენს გრაფიკის აგებისათვის საჭირო მნიშვნელობებს

1	ინტერვალის საშუალო მნიშვნელობა	10	30	50	60	70	90	110
2	გამოთვლა ( $L_i - L_{საშ.}$ )	-50	-30	-10	0	10	30	50
3	ნორმალური განაწი- ლების კვანტილი $\frac{(L_i - L_{საშ.})}{\sigma}$	12,941	-1,764	-0,588	0	0,588	1,764	2,941
4	რესურსის განაწილების ფუნქცია $F(L)$	0,01	0,06	0,27	0,50	0,73	0,94	0,99
5	უმტყუნებო მუშაობის აღბათობა $P(L) = 1 - F(L)$	0,99	0,94	0,73	0,50	0,27	0,06	0,01



ნახ. 4. უმტყუნებო მუშაობის აღბათობის მრუდი



დეტალების შეცვლათა რაოდენობის ანგარიშის შედეგები ნაჩვენებია მე-10 ცხრილში, სადაც საწყის მონაცემებად მიღებულია ფუნქციის მნიშვნელობები. მე-4 ნახაზიდან ზემოთ ნაჩვენებია ფორმულებით გამოთვლილი შეცვლათა რაოდენობა როგორც i-ური ავტომობილისათვის, ისე ავტომობილის ჯგუფისათვის ნაჩვენებია ცხრილის მე-4 სტრიქონში.

ცხრილი 10

შეცვლათა რაოდენობის ანგარიში

ავტომობილის რაოდენობა		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
გამოთვლა		საწყისი გარბენები									
		20	25	30	35	25	30	40	45	30	35
1	$P(L_{\text{საწყ}})$	0,96	0,95	0,94	0,89	0,95	0,94	0,84	0,77	0,94	0,89
2	$P(L_{\text{საშ}} + L_{\text{გვგ}})$	0,84	0,17	0,72	0,62	0,77	0,72	0,50	0,38	0,72	0,72
3	$P(L_{\text{საწ}}; L_i + L_g)$	0,13	0,19	0,23	0,30	0,19	0,23	0,40	0,50	0,23	0,30
4	$1 - P(L)$	0,87	0,81	0,77	0,70	0,81	0,77	0,60	0,44	0,77	0,70

ავტომობილების ჯგუფისათვის შეცვალათა რაოდენობა წარმოადგენს მე-4 სტრიქონის შედეგების ჯამს.

$$N_{\text{შეცვ.}} = 0,87 + 0,81 + 0,77 + 0,70 + 0,81 + 0,77 + 0,60 + 0,44 + 0,77 + 0,70 = 7$$

**პრაქტიკული სამუშაო №5**  
**დეტალების გამოყენების დონის შეფასება მათი**  
**შეცვლის სხვადასხვა სისტემის დროს**

დეტალების მტყუნება სარწმუნო ხდომილებაა, ხოლო გარბენა, რომლის დროსაც მოხდება მტყუნება, წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს და ამიტომ იგი განსხვავდება თითოეული დეტალისათვის. ისინი მწყობრიდან გამოდიან მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელი გარკვეული ნამუშევრის შემდეგ.

დეტალები განსხვავდებიან აგრეთვე ღირებულების მიხედვით. ამიტომ, ეფექტურობის პოზიციიდან გამომდინარე, აუცილებელი და მიზანშეწონილია დეტალების შეცვლის სისტემის შერჩევა და ოპტიმიზირება.

პრაქტიკაში გამოიყენება კონსტრუქციული ელემენტების შეცვლის შემდეგი სისტემები: შეცვლა დეტალის მტყუნებისას, დადგენილი გარბენის შემდეგ შეცვლა, ჯგუფური შეცვლა ერთი რომელიმე დეტალის მტყუნებისას. პირველი სისტემა გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც დეტალის შეცვლაზე არ იხარჯება დიდი შრომა. მეორე სისტემა ავტომობილის უსაფრთხო ექსპლუატაციის პირობიდან გამომდინარეობს, ხოლო მესამე სისტემა გამოიყენება კონსტრუქციული, ტექნოლოგიური და ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით.

დეტალების შეცვლის ამა თუ იმ სისტემის შერჩევა და შემდგომი ანალიზი შეფასდება თითოეული  $i$ -ური რესურსის გამოყენების  $\beta_{ri}$  კოეფიციენტებისა და დეტალების ჯგუფის (ან მთლიანად აგრეგატის) გამოყენების  $\beta_{ღვტ}$  კოეფიციენტებზე.

$$\beta_{ri} = \frac{L_{საშ}}{L_{საშ i}}$$

$$\beta_{\text{დებ}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \beta_{ri}}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

სადაც  $L_{\text{საშ}}$  - შეცვლათაშორისი საშუალო გარბენა;

$L_{\text{საშ}i}$  - i-ური დეტალის საშუალო რესურსი მის ზღვრულ მდგომარეობამდე;

$C_i$  - i-ური დეტალის ღირებულება, ლარი;

n - ჯგუფში დეტალების რაოდენობა.

ვთქვათ, აგრეგატის საიმედოობა განისაზღვრება სამი დეტალით თითოეული დეტალის შესახებ მონაცემები (საშუალო რესურსი, ღირებულება და ვარიაციის კოეფიციენტი) მოცემულია მე-11 ცხრილში.

ცხრილი 11

1-ლი დეტალი			მე-2 დეტალი			მე-3 დეტალი		
$L_{\text{საშ}1}$ ათასი კმ.	$V_1$	$C_1$ ლარი	$L_{\text{საშ}2}$ ათასი კმ.	$V_2$	$C_2$ ლარი	$L_{\text{საშ}3}$ ათასი კმ.	$V_3$	$C_3$ ლარი
60	0,30	2,5	80	0,25	3,0	100	0,30	4

ვიანგარიშით და ავადოთ შესაცვლელი დეტალების უმტყუნებო მუშაობის გრაფიკები.

შეცვლის თითოეულ ვარიანტში შემავალი დეტალების ჯგუფისათვის განვსაზღვროთ უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა. ამისათვის გამოიყენება ალბათობის ნამრავლის თეორემა

$$P(\prod_{i=1}^k A_i) = \prod_{i=1}^k P(A_i)$$

სადაც  $K$  არის ჯგუფში დეტალების რაოდენობა (ცხრილი 12) ამ შემთხვევაში საწყის მონაცემებს წარმოადგენს დეტალების უმტყუნებო მუშაობის მრუდები.

დეტალების ერთობლივი შეცვლის ჯგუფისათვის განვსაზღვროთ შეცვლათაშორისი ნამუშევრის საშუალო მნიშვნელობა:

$$L_{საშ} = \int_0^{\infty} P_{ჯგ} (L) dL = \sum P_{ჯგ} (L) \Delta L$$

საწყისი მონაცემები ანგარიშის შესასრულებლად და დეტალების შერწყმული კომბინაცია მათი ჯგუფური შეცვლისას შეიძლება წარმოადგენილი იქნას შემდეგი სახით:

ცხრილი 12

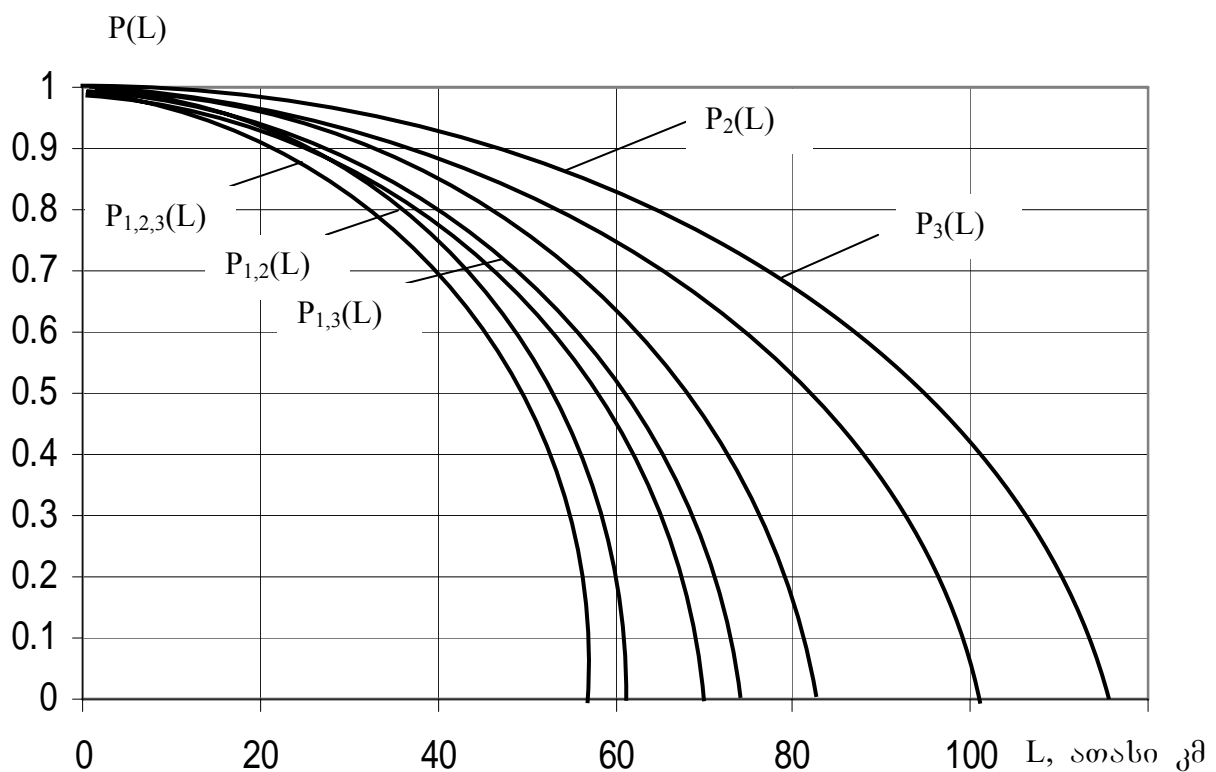
საწყისი მონაცემები	აღნიშვნები	დეტალის №		
		1	2	3
საშუალო რესურსი, 1000კმ.	$L_{საშ}$	60	80	100
ვარიაციის კოეფიციენტი	$V$	0,30	0,25	0,30
საშუალო კვადრატული გადახრა, 1000 კმ.	$\sigma_i$	18	20	30
დეტალის ღირებულება, ლარი	$C_i$	2,5	3,0	4,0
შეცვლათა სტრატეგია	A	+	+	-
	B	+	-	+
	C	-	+	+
	D	+	+	+

(+ - ჯგუფური შეცვლა, - ინდივიდუალური შეცვლა)

განვსაზღვროთ დეტალების ჯგუფების რესურსების განაწილება და ანგარიშის შედეგები შევიტანოთ მე-13 ცხრილში.

გარბენა 1000 კმ.	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_1 P_2$	$P_1 P_3$	$P_2 P_3$	$P_1 P_2 P_3$
20	0,987	0,999	0,996	0,986	0,983	0,995	0,982
40	0,867	0,977	0,977	0,847	0,847	0,995	0,828
50	0,711	0,974	0,953	0,953	0,644	0,890	0,632
60	0,500	0,841	0,908	0,421	0,454	0,764	0,382
70	0,289	0,690	0,841	0,199	0,243	0,580	0,163
80	0,134	0,500	0,749	0,067	0,100	0,375	0,050
90	0,048	0,308	0,631	0,014	0,030	0,194	0,008
100	0,013	0,159	0,500	0,002	0,007	0,080	0,001
110	0,003	0,076	0,369	0,000	0,001	0,024	0,000

დეტალების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის გრაფიკები და მათი ჯგუფური შეცვლის ვარიანტები A, B, C, D სტრატეგიისათვის მოცემულია მე-5 ნახაზზე.



ნახ. 5. დეტალების და დეტალების ჯგუფის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები

დეტალების შეცვლათაშორის საშუალო გარბენები შეცვლის სხვადასხვა სტრატეგიისათვის მოცემულია მე-14 ცხრილში. აქვეა მოცემული დეტალების გამოყენების კოეფიციენტის ანგარიშის შედეგები.

ცხრილი 14

მაჩვენებლები	შეცვლათა სისტემა			
	A	B	C	D
$L_{საშ.}$	57	58	74	55
$\beta_{P1}$	0,950	0,966	-	0,916
$\beta_{P2}$	0,712	-	0,925	0,687
$\beta_{P3}$	-	0,580	0,740	0,550
$C_1\beta_{P1}$	2,375	2,415	-	2,250
$C_2\beta_{P2}$	2,136	-	2,715	2,061
$C_3\beta_{P3}$	-	2,320	2,960	2,200
$\beta_{დეტ.}$	0,820	0,728	0,819	0,689

ანგარიშის შედეგად აღმოჩნდა, რომ დეტალების რესურსის უკეთესი გამოყენება ხდება A და C სტრატეგიის შემთხვევაში, სამივე დეტალის ერთდროული შეცვლა ეკონომიურად არაა გამართლებული, ვინაიდან ამ შემთხვევაში დეტალების რესურსი დაახლოებით 30%-ით გამოუყენებელი რჩება.

**პრაქტიკული სამუშაო №6**  
**დეტალების შეცვლის ოპტიმალური სისტემის გამოვლენა**  
**ტექნიკურ-ეკონომიური კრიტერიუმით**

ტექნიკურ-ეკონომიური კრიტერიუმით ამ შემთხვევაში გულისხმობს საიმედოობის შენარჩუნებაზე გაწეულ ხარჯებს და მოიცავს სათადარიგო დეტალების ხარჯებს -  $C_{სათ.დ.}$ , შრომით ხარჯებს -  $C_{შრ.}$ , მასალების ხარჯებს -  $C_{მას.}$  და მოცდენის კომპენსაციის ხარჯებს -  $C_{მოც.}$ . ოპტიმიზაციის მიზნობრივი ფუნქცია შემდეგნაირად გამოისახება:

$$C_{ს.შ.}(L) = C_{სათ.დ.}(L) + C_{შრ.}(L) + C_{მას.}(L) + C_{მოც.}(L) \rightarrow \min$$

მოცემული ხარჯები გაანგარიშებული უნდა იქნას დეტალების შეცვლათა თითოეული სტარატეგიისათვის ვარიანტების მიხედვით და გამოვლენილი იქნას მათი ჯამის მინიმალური მნიშვნელობა.

პირველ რიგში საჭიროა დადგინდეს დეტალების ინდივიდუალური და ჯგუფური შეცვლების რაოდენობა. ამისათვის უნდა განისაზღვროს (მოცემული იყოს) დეტალების რესურსების განაწილების პარამეტრები ( $L_{საშ.}, V, \sigma$ ) მათი განაწილების გრაფიკების მიხედვით განისაზღვროს ჯგუფური შეცვლის საშუალო რესურსების მნიშვნელობები (იხ. მოცანა 5). ამასთან მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ის გარემოება, რომ დეტალებისა და დეტალების ჯგუფის მეორე შეცვლის საშუალო რესურსი აიღება პირველი შეცვლის 80% და ყოველი შემდგომი შეცვლა კი ერთიმეორის ტოლია.

შეცვლათა რაოდენობა იანგარიშება შემდეგნაირად:

$$N_{შეც. i} = \frac{L_{გგ. i}}{L_{საშ. i}} + 1$$

სადაც  $L_{გგ. i}$  არის გარბენა იმ პერიოდისათვის, რომლის დროსაც იანგარიშება შეცვლათა რაოდენობა (კვარტალი, წელიწადი ან ციკლი - (კაპ. რემონტამდე) ან საამორტიზაციო გარბენა) პირველ შეცვლამდე რესურსის გამოკლებით;

$L_{საშ i}$  არის საშუალო რესურსის მნიშვნელობა 20%-ის დაკლებით.

სათადარიგო დეტალების ხარჯი იანგარიშება შემდეგნაირად:

$$C_{სათ.დ.} = N_{შეც.} \cdot C_{სათ.დ.}$$

სადაც  $C_{სათ.დ.}$  არის ნომენკლატურული დეტალის ღირებულება, ლარი.

შრომითი ხარჯები იქნება:

$$C_{შრ.} = N_{შეც.} \cdot T \cdot C_{საათ.}$$

სადაც  $T$  არის (დეტალების ჯგუფის) შეცვლის შრომატევადობა, კსთ;

$C_{საათ.}$  არის საშუალო თანრიგის მუშის საათური ანაზღაურება, ლარი.

მასალების ხარჯი აიღება სათადარიგო დეტალების ხარჯის 15%

$$C_{შრ.} = 0,15 \cdot C_{საათ.}$$

მოცდენის კომპენსაციის ხარჯები აიღება შრომითი ხარჯების 65%

$$C_{მოც.} = C_{შრ.} \cdot 0,65$$

განვსაზღვროთ დეტალების შეცვლის ოპტიმალური ვარიანტი სამი დეტალისათვის შემდეგი საწყისი მონაცემების მაგალითზე (ცხრილი 15).

ცხრილი 15

საწყისი მონაცემები	აღნიშვნები	დეტალის №		
		1	2	3
საშუალო რესურსი, 1000 კმ.	$L_{საშ}$	80	120	150
ვარიაციის კოეფიციენტი	$V$	0,30	0,25	0,30
ღირებულება, ლარი	$C_{სათ.დ.}$	25	40	50
შრომატევადობა, კსთ	$T$	1,0	1,5	2,0

საგეგმო პერიოდად ავიღოთ  $L_{გეგ} = 300$  ათასი კმ.

მუშის საათური ანაზღაურება  $C_{საათ.} = 3$  ლარი.

დეტალების ჯგუფის საშუალო რესურსის განსაზღვრისათვის საჭიროა აიგოს უმტყუნებო მუშაობის დიაგრამები, რომელთა მიხედვითაც საშუალო რესურსის მნიშვნელობები მოცემულია მე-16 ცხრილში



მახვენებელი	შეცვლათა სისტემა			
	A	B	C	D
L <sub>საშ</sub> , 100 კმ.	75	115	130	70

ვიანგარიშით შეცვლათა რაოდენობა შეცვლათა სისტემის თითოეული ვარიანტისათვის.

$$N_1 = \frac{300 - 80}{80 \cdot 0,8} + 1 = 4,4$$

$$N_A = \frac{300 - 75}{75 \cdot 0,8} + 1 = 5,4$$

$$N_2 = \frac{300 - 120}{120 \cdot 0,8} + 1 = 2,9$$

$$N_B = \frac{300 - 115}{115 \cdot 0,8} + 1 = 3,0$$

$$N_3 = \frac{300 - 150}{150 \cdot 0,8} + 1 = 2,25$$

$$N_C = \frac{300 - 130}{130 \cdot 0,8} + 1 = 2,6$$

$$N_D = \frac{300 - 70}{70 \cdot 0,8} + 1 = 5,1$$

სათადარიგო დეტალების ხარჯი თითოეული ვარიანტისათვის:

$$C_1 = 4,4 \cdot 3 = 110 \text{ ლარი}$$

$$C_A = 5,4 (25 + 40) = 351 \text{ ლარი}$$

$$C_2 = 2,9 \cdot 40 = 116 \text{ ლარი}$$

$$C_B = 3,0 (25 + 50) = 225 \text{ ლარი}$$

$$C_3 = 2,25 \cdot 50 = 112,5 \text{ ლარი}$$

$$C_D = 5,1 (25 + 40 + 50) = 586,5 \text{ ლარი}$$

$$C_C = 2,6 (40 + 50) = 234 \text{ ლარი}$$

შრომითი ხარჯები თითოეული ვარიანტისათვის:

$$C_{1შრ} = 4,4 \cdot 1 \cdot 3 = 13,2 \text{ ლარი}$$

$$C_{Aშრ} = 5,4 \cdot 1,5 \cdot 3 = 24,3 \text{ ლარი}$$

$$C_{2შრ} = 2,9 \cdot 1,5 \cdot 3 = 116 \text{ ლარი}$$

$$C_{Bშრ} = 3 \cdot 25 \cdot 3 = 18,0 \text{ ლარი}$$

$$C_{3შრ} = 2,25 \cdot 2 \cdot 3 = 13,5 \text{ ლარი}$$

$$C_{Cშრ} = 2,6 \cdot 2 \cdot 3 = 15,6 \text{ ლარი}$$

$$C_{Dშრ} = 5,1 \cdot 2 \cdot 3 = 30,6 \text{ ლარი}$$

მასალების ხარჯები:

$$C_{1მას} = 110 \cdot 0,15 = 16,5 \text{ ლარი}$$

$$C_{Aმას} = 351 \cdot 0,15 = 52,65 \text{ ლარი}$$

$$C_{2მას} = 116 \cdot 0,15 \cdot 3 = 17,4 \text{ ლარი}$$

$$C_{Bმას} = 225 \cdot 0,15 = 33,75 \text{ ლარი}$$

$$C_{3\text{მს}} = 112,5 \cdot 0,15 = 16,9 \text{ ლარი}$$

$$C_{C\text{მს}} = 234 \cdot 0,15 = 35,1 \text{ ლარი}$$

$$C_{D\text{მს}} = 586 \cdot 0,15 = 87,9 \text{ ლარი}$$

მოცდენის კომპენსაციის ხარჯები:

$$C_{1\text{მოც}} = 13,2 \cdot 0,65 = 8,58 \text{ ლარი}$$

$$C_{A\text{მოც}} = 24,3 \cdot 0,65 = 15,79 \text{ ლარი}$$

$$C_{2\text{მოც}} = 13,05 \cdot 0,65 = 8,48 \text{ ლარი}$$

$$C_{B\text{მოც}} = 18,0 \cdot 0,65 = 11,70 \text{ ლარი}$$

$$C_{3\text{მოც}} = 13,5 \cdot 0,65 = 8,77 \text{ ლარი}$$

$$C_{C\text{მოც}} = 15,6 \cdot 0,65 = 10,14 \text{ ლარი}$$

$$C_{D\text{მოც}} = 30,6 \cdot 0,65 = 19,89 \text{ ლარი}$$

შევიტანოთ ყველა სახის ხარჯი თითოეული ვარიანტისათვის და შევიტანოთ ცხრილში

ცხრილი 17

	1-2-3	A	B	C	D
$C_{\text{სათ.დ.}}$	338,5 { 110 116 112,5	351	225	234	586,5
$C_{\text{მას.}}$	39,75 { 13,2 13,05 13,5	24,3	18,0	15,6	30,6
$C_{\text{შრ.}}$	50,8 { 16,5 17,4 16,9	52,65	33,75	35,1	87,9
$C_{\text{მოც.}}$	25,83 { 8,58 8,48 8,77	15,79	11,70	10,14	19,89
სულ	454,88	443,86	288,50	294,84	724,89

მივიღეთ რომ ოპტიმალურად ( $\Sigma C = 288,50$  ლარი) ითვლება B ვარიანტი, ე.ი. როდესაც მე-2 დეტალი იცვლება ინდივიდუალურად, ხოლო 1-ლი და მე-3 ჯგუფურად.

**პრაქტიკული სამუშაო №7**  
**ძრავის გაბრილების სისტემის ტექნიკური მომსახურების**  
**ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრა**

ძრავის რესურსი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული გაბრილების სისტემის, კერძოდ რადიატორის ტექნიკურ მდგომარეობაზე. მისი გაუარესება უშუალოდ არ იწვევს ძრავის მტყუნებას, მაგრამ მკვეთრად ამცირებს მის საშუალო რესურსს, რასაც ეკონომიკური ზარალი მოაქვს. ძრავის გაბრილების სისტემის ტექნიკური მომსახურება (მაგალითად რადიატორში მინადულის მოცილება) დაკავშირებულია განსაზღვრულ ხარჯებთან, ამიტომ მათი ხშირად შესრულება ეკონომიკურად გაუმართლებელია, საჭიროა განვსაზღვროთ ტექნიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობა ხარჯების მინიმიზაციის კრიტერიუმის მიხედვით. მიზნობრივი ფუნქცია შემდეგნაირად გამოისახება:

$$C_{კუთ} = \frac{C_{მტყ}}{L_{საშ}} + \frac{C_{მომს}}{L_{მომს}} \rightarrow \min$$

სადაც  $C_{მტყ}$  არის ძირითადი სისტემის (ძრავის) მუშაობის უნარის აღდგენის ღირებულება (მტყუნების აღმოფხვრის ღირებულება) ლარი;

$C_{მომს}$  - დამხმარე სისტემის (გაბრილების სისტემის) ტექნიკური მომსახურების ღირებულება, ლარი;

$L_{მომს}$  - ძირითადი სისტემის ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობა;

$L_{საშ}$  - ძირითადი სისტემის საშუალო რესურსი დამხმარე სისტემის მომსახურების  $L_{მომს}$  პერიოდულობის შემთხვევაში, ე.ი.  $L_{საშ} = \varphi(L_{მომს})$ ;

ძრავის საშუალო რესურსისა და გაბრილების სისტემის მომსახურების პერიოდულობას შორის ურთიერთკავშირის დასამყარებლად გამოიყენება შემდეგი გამოსახულება

$$L_{\text{საშ}} = L_{\text{საშ}}^{\max} \cdot P_{\text{დამხ.სის}}(L_{\text{მომს}}) + L_{\text{საშ}}^{\min} \cdot \bar{P}(L_{\text{მომს}})$$

სადაც  $L_{\text{საშ}}^{\max}$  არის ძრავის საშუალო რესურსი იმ პირობით, რომ გაგრილების სისტემა ყოველთვის მუშაობის უნარის მქონეა, ე.ი.  $L_{\text{მომს}} \rightarrow \min$ ;

$L_{\text{საშ}}^{\min}$  - ძრავის რესურსი იმ პირობით, რომ გაგრილების სისტემა არ მუშაობს ე.ი.  $L_{\text{მომს}} \rightarrow \max$ ;

$P(L_{\text{მომს}})$  - დამხმარე სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა, როდესაც  $L = L_{\text{მომს}}$ ;

$$\bar{P}(L_{\text{მომს}}) = 1 - P(L_{\text{მომს}})$$

ამოცანის საწყისი მონაცემები მოცემულია მე-18 ცხრილში

ცხრილი 18

ძირითადი სისტემა (ძრავა)				დამხმარე სისტემა (გაგრილების სისტემა)		$C_{\text{მტყ.}}$ ლარი	$C_{\text{მომს.}}$ ლარი
$L_{\text{მომს}} \rightarrow \min$		$L_{\text{მომს}} \rightarrow \max$					
$L_{\text{საშ}}^{\max}$ ათასი კმ.	$\sigma_{\max}$ ათასი კმ.	$L_{\text{საშ}}^{\min}$ ათასი კმ.	$\sigma_{\min}$ ათასი კმ.	$L_{\text{საშ}}$ ათასი კმ.	$\sigma$ ათასი კმ.		
380	80	240	60	60	17	80	40

ამ მონაცემებით მიზნობრივი ფუნქცია შემდეგნაირად ჩაიწერება

$$C_{\text{კუთ}} = \frac{80}{L_{\text{საშ}}} + \frac{4}{L_{\text{მომს}}}$$

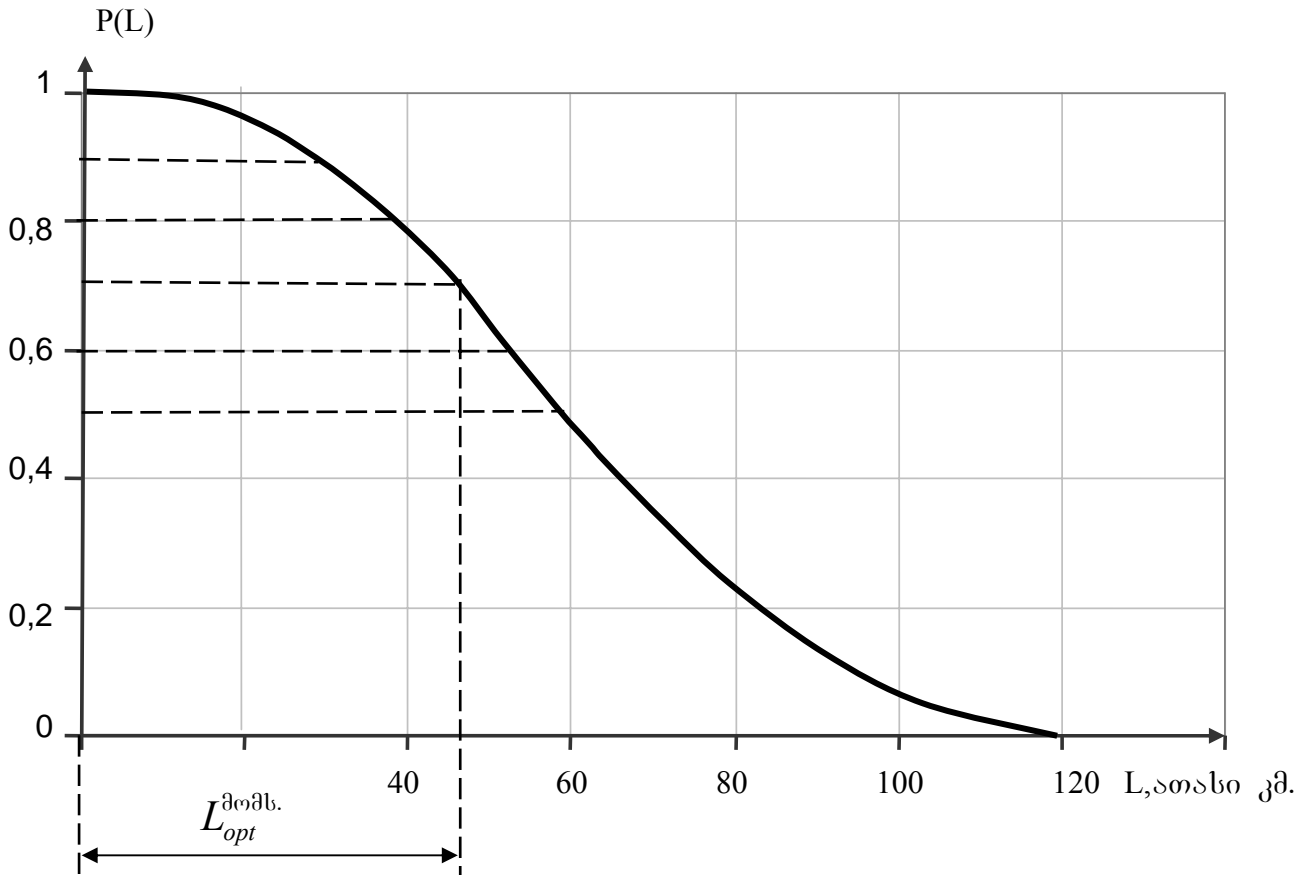
სოლო საშუალო რესურსი იქნება:

$$L_{\text{საშ}} = 380 \cdot P(L_{\text{მომს}}) + 240 \bar{P}(L_{\text{მომს}})$$

უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდის ასაგებად (ნახ. 6) ვისარგებლოთ ნორმალური განაწილების კვანტილების ცხრილით (დანართი 1)

$$U_{Pi} = \frac{L_{\text{საშ}} - L_{\text{მომს}i}}{\sigma} = \frac{60 - L_{\text{მომს}}}{17,0}$$

$$L_i = L_{\text{საშ}} \pm U_{Pi} \cdot \sigma = 60 \cdot U_{Pi} \cdot 17,0 \quad \text{ათასი კმ.}$$



**ნახ. 6. დამხმარე სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი**

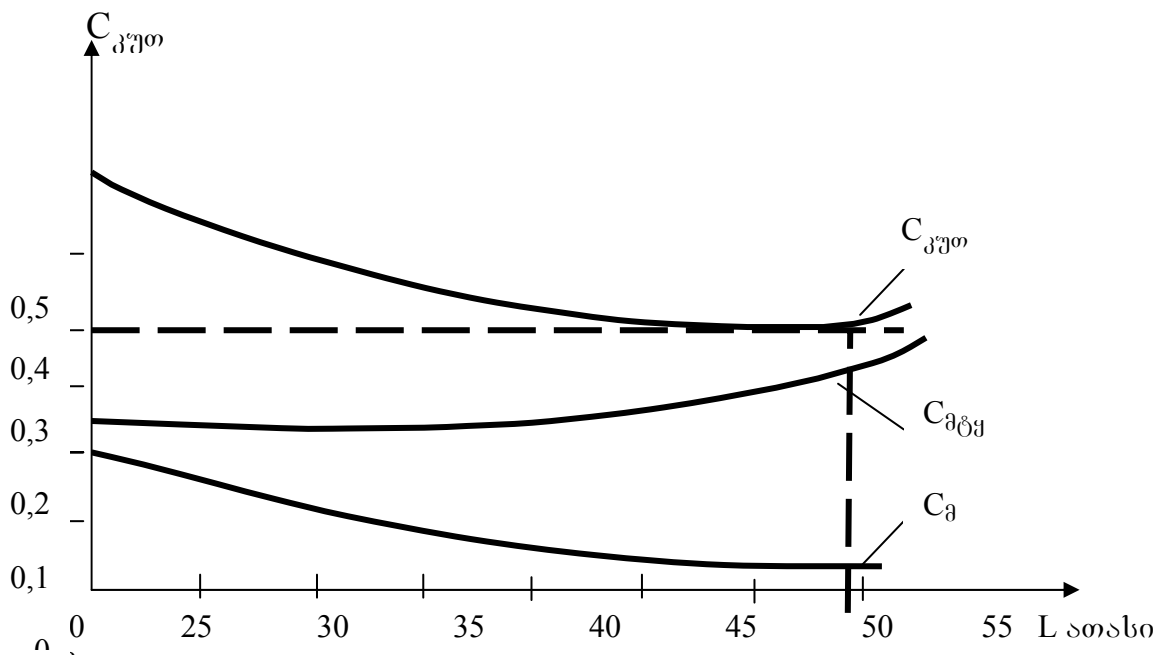
ოპტიმალური პერიოდულობის გაანგარიშების სქემა შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ:

$$L_{\text{მომს}} \rightarrow U_{Pi} \rightarrow P(L_{\text{მომს}}) \rightarrow \bar{P}(L_{\text{მომს}}) \rightarrow L_{\text{მაშს}i} \rightarrow C_{\text{კუთ}}$$

იმისათვის რომ განვსაზღვროთ  $C_{\text{კუთ}}(\text{min})$ , რომელსაც შეესაბამება ოპტიმალური პერიოდულობა, საჭიროა მოყვანილი სქემის მიხედვით შევასრულოთ მრავალჯერადი (არა ნაკლებ 6 წერტილისა) გაანგარიშება  $L_{\text{მომს}i}$  თითოეული მნიშვნელობისათვის გაანგარიშების გაადვილების მიზნით შედგენილია მე-19 ცხრილი

№	საანგარიშო ფორმულები	ანგარიშის ვარიანტები					
		1	2	3	4	5	6
1	$L_{\text{მომხ}}$	35	40	45	50	55	60
2	$U_{P_i} = \frac{60 - L_{\text{მომხ}}}{17}$	1,470	1,176	0,882	0,566	0,204	0,000
3	$P_{\text{სობც}}(L_{\text{მომხ}})$	0,92	0,88	0,81	0,72	0,61	0,50
4	$\bar{P}_{\text{სობც}}(L_{\text{მომხ}}) = 1 - P_i(L_{\text{მომხ}})$	0,08	0,12	0,19	0,28	0,39	0,50
5	$P_{\text{სობც}}(L_{\text{მომხ}}) \cdot L_{\text{საშ}}^{\text{max}}$	294,4	281,6	259,2	230,4	195,2	160,0
6	$\bar{P}_{\text{სობც}}(L_{\text{მომხ}}) \cdot L_{\text{საშ}}^{\text{min}}$	19,2	29,8	45,6	67,2	93,6	120,0
7	$L_{\text{საშ},i} = P_{\text{სობც}}(L_{\text{მომხ}}) \cdot L_{\text{საშ}}^{\text{max}} + \bar{P}_{\text{სობც}}(L_{\text{მომხ}}) \cdot L_{\text{საშ}}^{\text{min}}$	313,6	310,4	304,8	277,6	288,8	280,0
8	$C_{\text{კუთ}}^{\text{მტყ}} = \frac{80}{L_{\text{საშ}}}$	0,255	0,257	0,262	0,288	0,277	0,387
9	$C_{\text{კუთ}}^{\text{მომხ}} = \frac{4}{L_{\text{მომხ}}}$	0,114	0,100	0,038	0,080	0,072	0,060
10	$C_{\text{კუთ}} = C_{\text{კუთ}}^{\text{მტყ}} + C_{\text{კუთ}}^{\text{მომხ}}$	0,369	0,357	0,350	0,348	0,349	0,353

გაანგარიშების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ  $L_{\text{მომხ,opt}}=50$  ათასი კმ.  $L_{\text{საშ}}=297,6$  ათასიკმ., ხოლო  $C_{\text{კუთ}}=0,348$  ლარი/ათასიკმ მე-19 ცხრილის 8, 9 და 10 სტრიქონების მონაცემებით ავაგოთ  $C_{\text{კუთ}}=\varphi(L_{\text{მომხ}})$  გრაფიკი (ნახ.7)



ნახ. 7. კუთრი ხარჯების გრაფიკები

პრაქტიკული 8

ძრავის შეზეთვის სისტემის ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის ბანსაზღვრა

ძრავის შეზეთვის სისტემა, ისე როგორც გაგრილების სისტემა მიეკუთვნება სისტემათა ჯგუფს, რომლებიც მოქმედებენ ძირითადი სისტემის (ძრავის) რესურსზე და არ იწვევენ მის მტყუნებას. მხედველობაში გვაქვს ზეთის შეცვლის პერიოდულობა, ჰაერის ფილტრის გაწმენდა, შეცვლა და სხვა, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯებზე და ამავე დროს მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა მკვეთრად ამცირებს ძრავის რესურსს. (იშვიათად შეცვლის გამო). მაშასადამე, ამოცანის ამოხსნა გულისხმობს ოპტიმალური რესურსის მოძებნას მინიმალური კუთრი ხარჯების შემთხვევაში. საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები იანგარიშება შემდეგი პირობის დაცვით:

$$L_{ri}^{min} = P_{სისტ}^{min}(L_{მომi}) \cdot L_{რ}^{max} [1 - P_{სისტ}^{max}(L_{მომi})] \cdot L_{რ}^{min} < L_{ri}$$

$$L_{ri} = P_{ს}^{საშ}(L_{მომi}) \cdot L_{რ}^{max} + P_{ს}^{-საშ}(L_{მომi}) \cdot L_{რ}^{min}$$

ვთქვათ სამუშაოს შესრულების საწყისი მაჩვენებლები შემდეგია

ცხრილი 20

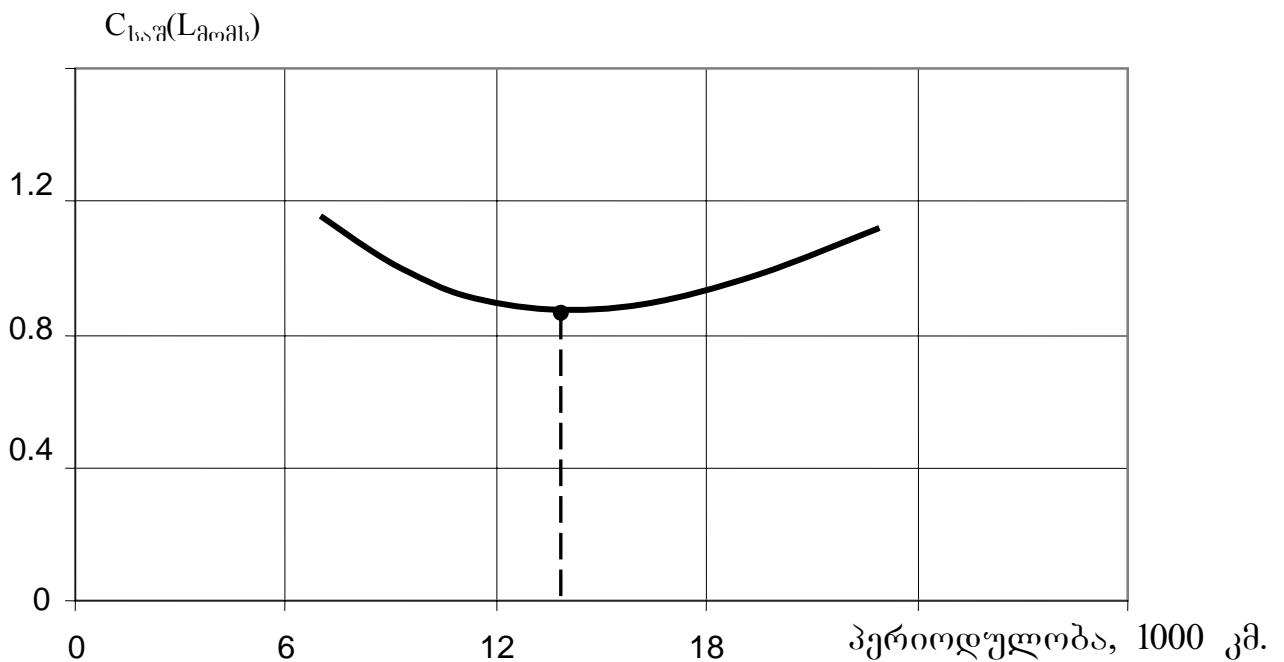
ძირითადი სისტემა			დამხმარე სისტემა		
$C_{მტყ}$	$L_{რ}^{max}$ ათასი კმ.	$L_{რ}^{min}$ ათასი კმ.	$C_{ტმ}$ ლარი	$L_{რ}$ ათასი კმ.	ვარიაციის კოეფიციენტი $v$
250	316	55	1,5	50	0,681

მოყვანილი გამოსახულებების მიხედვით თანმიმდევრულად შესრულებული ანგარიშების შედეგები მოცემულია 21-ე ცხრილში

№	მაჩვენებლები	მომსახურების პერიოდულობა, ათასი კმ.						
		9	12	15	18	21	24	27
1	$P_i^{\min}(L_{\text{მომს}})$	0,946	0,912	0,888	0,855	0,821	0,786	0,750
2	$P_b^{\min}(L_{\text{მომს}})$	0,978	0,967	0,954	0,940	0,920	0,911	0,895
3	$L_{\text{რი}}^{\min}$	302,0	294,7	286,7	278,2	269,3	260,2	250,8
4	$L_{\text{რი}}$	310,3	307,3	304,0	300,4	296,6	292,6	288,5
5	$C_{\text{ს.შ.}}(L_{\text{მომს}}) L_{\text{რი}}^{\min}$ -ს დროს	0,995	0,973	<u>0,972</u>	0,982	1,000	1,023	1,052
6	$C_{\text{ს.შ.}}(L_{\text{მომს}}) L_{\text{რი}}^{\min}$ -ს დროს	0,972	0,938	0,922	0,915	<u>0,914</u>	0,917	0,922

როგორც ცხრილში მოცემული ანგარიშიდან ჩანს, ჯამურ ხარჯებს მინიმალური მნიშვნელობა აქვს პერიოდულობის  $L_{\text{მომს}}=15$  ათასი კმ-ის დროს (მე-5 სვეტი) და  $L_{\text{მომს}}=21$  ათასი კმ-ის დროს (გრაფა მე-7 სვეტი. იმის და მიხედვით, როგორია საწყისი მონაცემები, განსხვავებაც შეიძლება იყოს მეტ-ნაკლები, მაგრამ ყველა შემთხვევაში მოცემული გამოსახულების გამოყენება იძლევა ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის შესაძლებლობას.

მოცემული მონაცემების საფუძველზე ავარტო კუთრი ხარჯების მომსახურების პერიოდულობაზე დამოკიდებულების მრუდი (ნახ. 8)



ნახ. 8. ძრავას ზეთის შეცვლის ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრა



**პრაქტიკული სამუშაო №10**  
**ძრავას საწვავის მიწოდების სისტემის ტექნიკური**  
**მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა**

საწვავის მიწოდების სისტემა მიეკუთვნება ძრავას (ძირითადი სისიტემა) ფუნქციონირებაზე მოქმედ სისტემათა ჯგუფს. ასეთი სისტემების ტექნიკური მომსახურება მოიცავს ისეთი მტყუნებების აღმოფხვრას, რომლებიც მომსახურებებს შორის წარმოიქმნიებიან ისეთი ალბათობით, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია მომსახურების პერიოდულობაზე.

მომსახურების დროს მტყუნების აღმოფხვრის ღირებულება მნიშვნელოვნად ნაკლებია მომსახურებებს შორის წარმოქმნილ მტყუნებების აღმოფხვრისათვის გაწეულ ხარჯებზე. ამიტომ მიზანშეწონილია მომსახურების პერიოდულობა შემცირდეს, მაგრამ აღნიშნული მტყუნებების აღმოფხვრის რეგულარული სამუშაოების შესრულება დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან, რაც განპირობებულია რესურსის არასრული გამოყენებით, ვინაიდან  $L_{მომს} \ll L_{რ}$  ეს კი მოითხოვს პერიოდულობის გაზრდას. აღნიშნული გარემოება გვაიძულებს მონახოს კომპრომისული გამოსავალი, კერძოდ დაიყოს მტყუნებათა აღმოფხვრის სამუშაოები ორ ნაწილად. პირველი ნაწილი (მცირე), რომელიც შესრულდება მომსახურებებს შორის, მეორე ნაწილი (დიდი) რომელიც შესრულდება ტექნიკური მომსახურების დროს. თუ მივიღებთ მხედველობაში ოპერაციების გამეორების აუცილებლობას (რაც გამეორების კოეფიციენტით განისაზღვრება  $K_g$ ) კუთრი ხარჯების საანგარიშო გამოსახულებას ექნება შემდეგი სახე:

$$C_{ს.შ.}(L_{მომს}) = \frac{C_{მტყ}^{ტმ}}{L_{მომს}} \left[ (K_g + K - 1) P(\bar{L}_{მომს}) + 1 \right] \rightarrow \min$$

სადაც 
$$K = \frac{C_{მტყ}}{C_{მტყ}^{ტმ}}$$

მაგალითის საწყისი მონაცემები მოცემულია 22 ცხრილში

მტყუნების ღირებულება ტმ-ის დროს $C_{მტყ}^{\delta}$	მტყუნების ღირებულება $C_{მტყ}$ ლარი	გამეორების კოეფიციენტი	მტყუნებათა-შორისი ნამუშევარი $L_{\sigma}$ , ათასი კმ.	საშუალო კვადრატული გადახრა $\sigma$ , ათასი კმ.
20	60	1	35,0	10,0

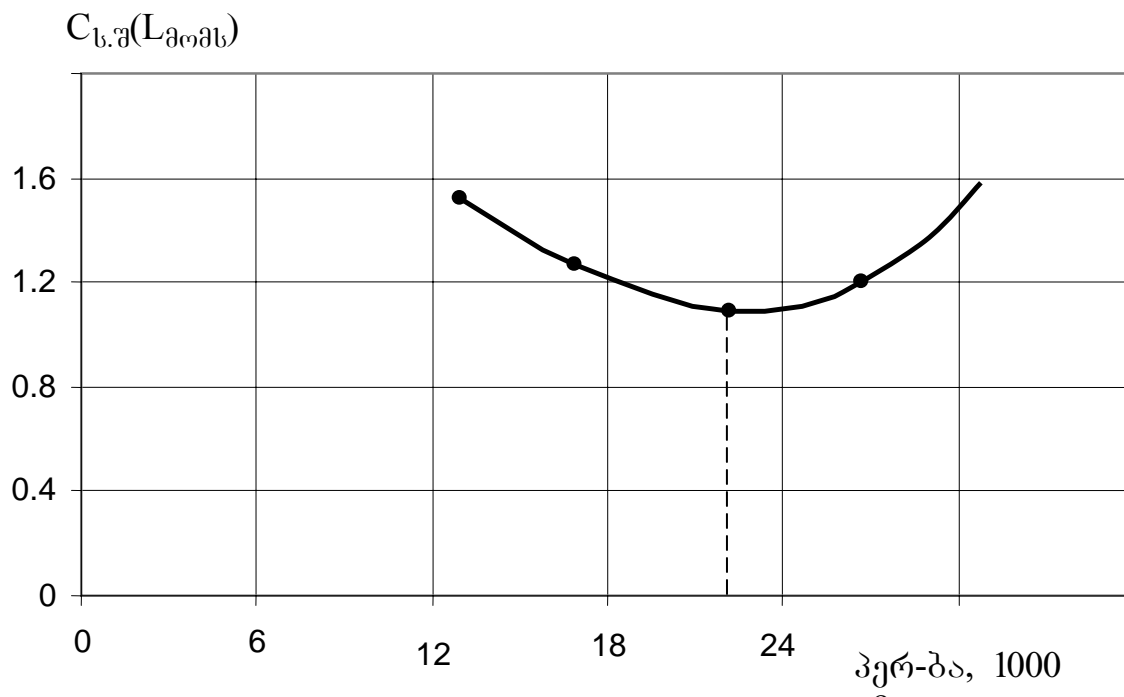
$\bar{P}(L_{მომს})$ და $(L_{მომს})$ -ის განსაზღვრა				$\sum C_{ს.შ.}$ - ის განსაზღვრა არი/1000კმ.			
№	$\bar{P}(L_{მომს})$	$U_P$	$U_{P\sigma}$	$L_{მომსi} = L_{\sigma} - U_P \sigma = 35 - 10U_P$	$\frac{C_{მტყ}^{\delta}}{L_{მომს}} = \frac{20}{L_{მომსi}}$	$(K_1 + K_2 - 1) \times \bar{P}(L_{მომსi}) + 1 = 3\bar{P}(L_{მომსi}) + 1$	$\sum c_{ს.შ.}$ ლარი/1000 კმ.
1	0,05	1,645	16,4	18,5	1,08	1,15	1,242
2	0,10	1,282	12,2	<u>22,2</u>	0,90	1,30	1,171
3	0,15	1,036	10,40	24,6	0,81	1,45	1,176
4	0,20	0,842	8,40	25,7	0,75	1,60	1,200
5	0,25	0,674	6,7	28,3	0,71	1,75	1,240
6	0,30	0,524	5,2	29,7	0,67	1,90	1,280
7	0,35	0,385	3,8	31,1	0,64	2,05	1,360

როგორც მოცემული სიდიდეებიდან ჩანს, სისტემისათვის გვაქვს ნორმალური განაწილების კანონი ( $v = \sigma/L_{\sigma} = 10/35 \approx 0,26$ ). ამიტომ უმტყუნებო მუშაობის ალბათობების შერჩეული მნიშვნელობებისათვის გამოყენებულია ნორმალური განაწილების კვანტილები და განსაზღვრულია მომსახურების პერიოდულობის i-ური სიდიდეები.

ანგარიშის მიმდევრობა და შედეგები მოცემულია 23-ე ცხრილში

როგორც საანგარიშო ცხრილიდან ჩანს ჯამური კუთრი ხარჯების მინიმალური მნიშვნელობა 1,171 ლარი/1000 კმ მიღებულია, როდესაც

მომსახურების პერიოდულობა ტოლია 22,2 ათასი კმ და მტყუნების ალბათობა 0,10 ხოლო უმტყუნებლობის ალბათობა  $\bar{P}(L_{\text{მომს}})=0,90$ . გრაფიკულად პერიოდულობის განსაზღვრა მოცემულია მე 9 ნახაზზე.



ნახ. 9. კუთრი ხარჯების ცვლილების დიაგრამა

**პრაქტიკული სამუშაო №10**  
**ავტომობილების ტექნიკურად მზადყოფნის**  
**კოეფიციენტის განსაზღვრა**

ავტომობილების ეფექტური გამოყენების თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს მათი ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეულ მოცდენებს, რაც განპირობებულია ტექნიკური მომსახურებისა და მტყუნებათა აღმოფხვრით გამოწვეული მოცდენებით, ე.ი. სამუშაო დროის დანაკარგებით. გარბენის ზრდასთან ერთად აღნიშნული მიზეზებით გამოწვეული მოცდენა იზრდება და მაშასადამე მცირდება ავტომობილის მწარმოებლურობა.

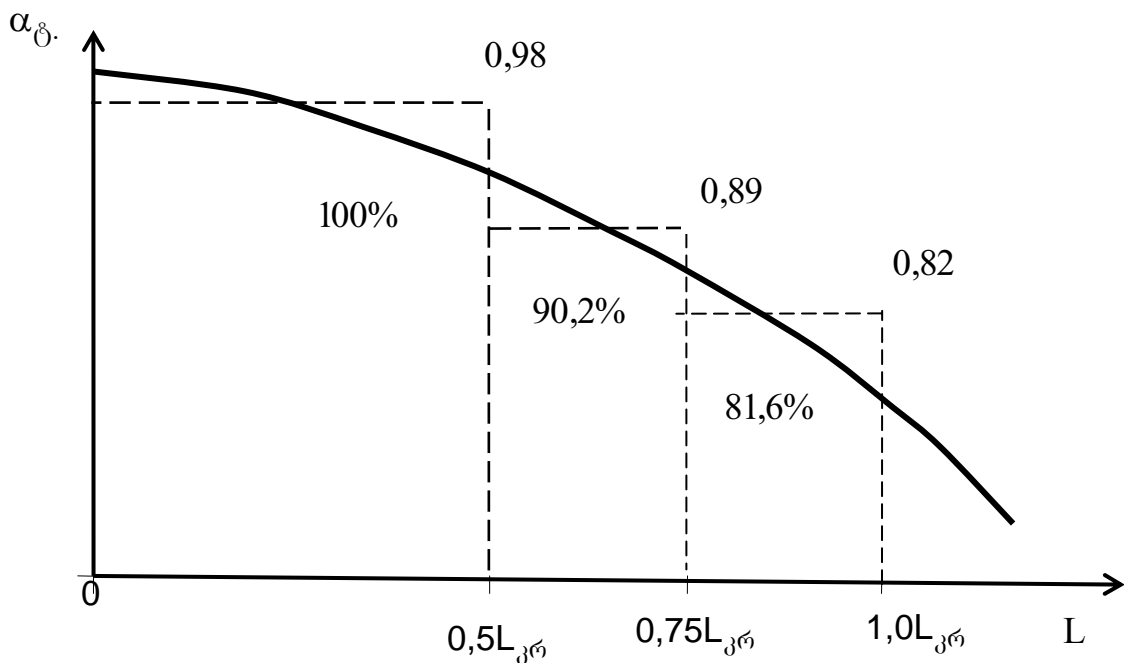
მოცდენები დამოკიდებულია მტყუნებათა სიხშირეზე, ე.ი. ავტომობილის უმტყუნებლობაზე, აგრეთვე მტყუნებათა აღმოფხვრის დროზე, ე.ი. სარემონტო ვარგისობაზე, საიმედოობის ამ თვისებების შემფასებელ მაჩვენებელს (კომპლექსური მაჩვენებელი) წარმოადგენს ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტი. ეს არის ალბათობა იმისა, რომ ავტომობილი გარდა გეგმით გათვალისწინებული მოცდენისა, დროის ნებისმიერ მომენტში აღმოჩნდება მუშაობის უნარიანი, მაშასადამე, იგი წარმოადგენს ავტომობილის მუშაობისუნარიან მდგომარეობაში ყოფნის დროის შეფარდებას ამ დროისა და მტყუნებათა აღმოფხვრაზე დახარჯული დროის ჯამთან. ზოგადად იგი შემდეგნაირად იანგარიშება:

$$\alpha_{\text{ტ}} = \frac{1}{1 + B_{\text{მოც}} \cdot L_{\text{დდ}}}$$

სადაც,  $L_{\text{დდ}}$  არის ავტომობილის სადღეღამისო გარბენა

$B_{\text{მოც}}$  – ხვედრითი მოცდენა ტექნიკურ მომსახურებაზე, მტყუნებათა აღმოფხვრაზე (მიმდინარე რემონტი) და კაპიტალურ რემონტზე დღე/1000კმ. (თუ კაპიტალური რემონტი გათვალისწინებული არ არის, მაშინ ეს კომპონენტი ამოვარდება).

აღნიშნული კოეფიციენტი იცვლება (მცირდება) ავტომობილის გარბენის ზრდასთან ერთად. იმის გამო, რომ იზრდება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი და მაშასადამე იზრდება რემონტების მოთხოვნები და შესაბამისად იზრდება მოცდენებიც. ამ ცვლილების კანონზომიერება ექსპერიმენტული ავტოსატრანსპორტო საწარმოების მონაცემების მიხედვით მოცემულია მე-10 ნახაზზე.



**ნახ. 10. მოცდენის შემფასებელი კოეფიციენტის ცვლილება გარბენისაგან დამოკიდებულებით**

თუ განვიხილავთ გარბენას 0-დან კაპიტალურ რემონტამდე (ან ჩამოწერამდე – მთელ საამორტიზაციო პერიოდს) მაშინ ანგარიშის გაადვილების მიზნით საჭიროა ეს გარბენა დავეოთ ზონებად (მინიმუმ სამი ზონა I-III) თითოეული ზონისათვის კოეფიციენტების მნიშვნელობები მუდმივად მიიღება, როგორც ეს ნახაზზეა მოცემული.

როდესაც პარკში გვაქვს სხვადასხვა „ხნოვანების“ (სხვადასხვა გარბენების მქონე) ავტომობილები, საჭიროა საშუალო მნიშვნელობიდან გადავიდეთ დიფერენცირებულ მნიშვნელობებზე და ავტომობილები დავაჯგუფოთ გარბენების მიხედვით შესაბამისად  $N_{ჯგ1}$ ,

$N_{\text{ჯგ2}}$ , და  $N_{\text{ჯგ3}}$  ე.ი. ავტომობილების რაოდენობა თითოეულ ზონაში. ასეთ შემთხვევაში ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა ტოლია:

$$\alpha_{\text{ბ}}^{\text{საშ}} = \frac{N_{\text{ჯგ1}} \cdot \alpha_{\text{ბ1}} + N_{\text{ჯგ2}} \cdot \alpha_{\text{ბ2}} + N_{\text{ჯგ3}} \cdot \alpha_{\text{ბ3}}}{N_{\text{ჯგ1}} + N_{\text{ჯგ2}} + N_{\text{ჯგ3}}}$$

თუ გამოვიყენებთ ნახაზზე მოცემულ დამოკიდებულებებს, გვექნება:

$$\alpha_{\text{ბ}}^{\text{საშ}} = \frac{\alpha_{\text{ბ1}}(N_{\text{ჯგ1}} + 0,902N_{\text{ჯგ2}} \cdot \alpha_{\text{ბ2}} + 0,816N_{\text{ჯგ3}})}{N_{\text{ჯგ1}} + N_{\text{ჯგ2}} + N_{\text{ჯგ3}}}$$

საიდანაც მივიღებთ, რომ

$$\alpha_{\text{ბ1}} = \frac{(N_{\text{ჯგ1}} + N_{\text{ჯგ2}} + N_{\text{ჯგ3}})\alpha_{\text{ბ}}^{\text{საშ}}}{N_{\text{ჯგ1}} + N_{\text{ჯგ2}} \cdot 0,902 + 0,816 \cdot N_{\text{ჯგ3}}}$$

როდესაც მოცემულია ავტომობილების წლიური საგემო გარბენა  $L_{\text{გემ}}^{\text{წლ}}$ , შეგვიძლია განვსაზღვროთ საგემო გარბენები თითოეული ჯგუფისათვის

$$L_{\text{გემ}i} = L_{\text{გემ}}^{\text{წლ}} \cdot \frac{\alpha_{\text{ბ1}}}{\alpha_{\text{ბ}}^{\text{საშ}}}$$

განვიხილოთ მაგალითი, მოცემულია  $N_{\text{ჯგ1}}=50$  ავტომობილი

$N_{\text{ჯგ2}}=100$  ავტომობილი

$N_{\text{ჯგ3}}=150$  ავტომობილი

$$\alpha_{\text{წლ}}^{\text{საშ}} = 0,85$$

$$\alpha_{\text{გემ}}^{\text{წლ}} = 50000 \text{კმ.}$$

განვსაზღვროთ საგემო გარბენები ჯგუფების მიხედვით

$$\alpha_{\text{ბ1}} = \frac{0,85 \cdot (50 + 100 + 150)}{50 + 100 \cdot 0,902 + 0,816 \cdot 150} = 0,917$$

$$\alpha_{\delta_2} = 0,902 \cdot 0,916 = 0,876$$

$$\alpha_{\delta_3} = 0,816 \cdot 0,917 = 0,792$$

$$L_{\delta\delta^1} = 50 \cdot \frac{0,917}{0,85} = 57,2 \quad \text{სთახლო კმ.}$$

$$L_{\delta\delta^2} = 50 \cdot \frac{0,876}{0,85} = 51,6 \quad \text{სთახლო კმ.}$$

$$L_{\delta\delta^3} = 50 \cdot \frac{0,792}{0,85} = 46,7 \quad \text{სთახლო კმ.}$$

**პრაქტიკული სამუშაო №11**  
**ავტომობილის (აბრეზატის, კვანძის, სისტემის)**  
**საიმედოობის პასპორტის შედგენა**

საიმედოობის პასპორტი წარმოადგენს აგრეგატის ექსპლუატაციის პროცესში საიმედოობის გარკვეულ დონეზე უზრუნველყოფის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ერთობლიობას. მისი შედგენისთვის საჭიროა ნორმალური და სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება, მათი დამუშავება, ანალიზი და საიმედოობის მაჩვენებლების გაანგარიშების შესრულება. ქვემოთ მოცემულია საიმედოობის პასპორტის შედგენის თანმიმდევრობა, სათანადო მონაცემების, ცხრილების და გრაფიკების სახით.

**საიმედოობის პასპორტი (მაგალითი)**

ავტომობილი კამაზ-5320-ის წინა თვლების სამუხრუჭე მექანიზმის .  
 საიმედოობის პასპორტის შედგენა

**I. აგრეგატის (სისტემის) ტექნიკური დახასიათება:**

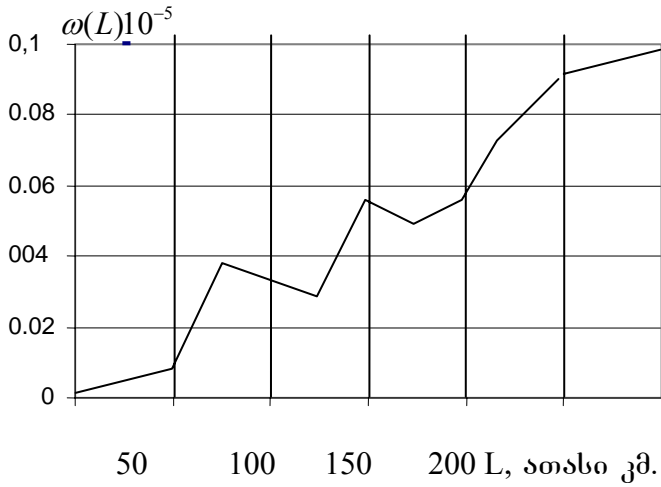
- ტიპი პნევმატიკურ - ამძრავი დეტალების საერთო რაოდენობა (კატალოგით) 157(2)
- საბალანსო ღირებულება  $C_{აგრ}$  (ლარი) 1200 ლარი
- კრიტიკული დეტალების რაოდენობა,  $N_{კრ}$  4
- II. საიმედოობის მალიმიტირებელი (კრიტიკული) დეტალები და მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები
- 

№	დეტალის დასახელება	საშუალო რესურსი $L_{საშ.ათასი კმ.}$	საშუალო კვადრატული გადახრა $\sigma$ ათასი კმ.	ვარიაციის კოეფიციენტი $v$
1.	სამუხრუჭე დოლი (2)	150	66,3	0,42
2.	სამუხრუჭე ხუნდები (4)	40	15,2	0,38
3.	გამშლელი მუშგა (2)	60	21,0	0,35
4.	სარეგულირებელი ბერკეტი (2)	50	16,0	0,32
5.				

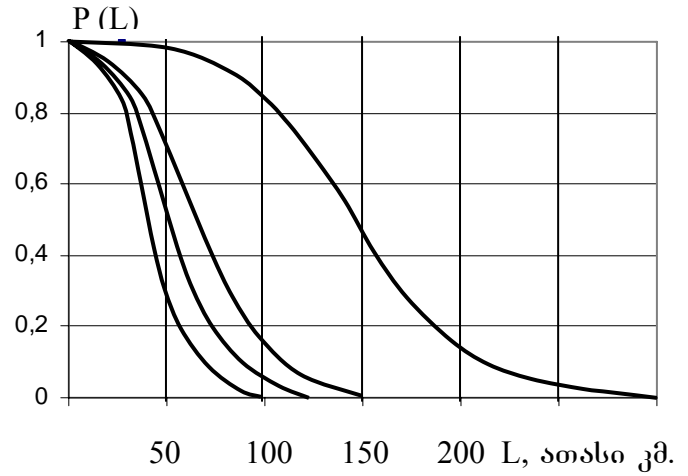


III. უმცყუნებლობა:

1) მცყუნებათა ნაკადის პარამეტრი



2) უმცყუნებო მუშაობის ალბათობა



3) საშუალო რესურსი,  $L_{საშ}$  ათასი კმ - 145

4) საგარანტიო რესურსი  $L_{\gamma}$  ათასი კმ-150

5) მცყუნებათა საერთო რაოდენობა 10

6) მცყუნებათაშორისი ნამუშევარი  $L_{აგყ}$  14,5

IV. სარემონტო ვარჯისობა:

7) კრიტიკული დეტალების შეცვლათა რაოდენობა ( $L=300000$ კმ.)

$N_1= 2$   $N_3= 5$

$N_2= 7,5$   $N_4= 6$

7) დეტალების შეცვლის შრომატევადობა - კსთ

$T_1= 2,5$   $T_3= 1,5$

$T_2= 2,0$   $T_4= 1,0$

V. საიმედოობის დონე:

- ეკონომიკური მაჩვენებლები

$$n = \frac{C_{აგრ.}}{C_{ს.უ}} = \frac{1200}{479,97} = 2,5$$

№	დეტალის დასახელება	$C_{სათ.დებ. \cdot}$ ლარი	$C_{მას.}$ ლარი	$C_{შრ.}$ ლარი	$C_{მოცდენის}$ კომპენსაცია. ლარი	ჯამური ხარჯები ლარი
1	სამუხრუჭე დოლი	180,0	27	12,5	8,12	227,6
2	სამუხრუჭე ხუნდები	60	9	10	6,5	85,5
3	გამშლელი მუშგა	50	7,5	12,5	8,12	78,12
4	სარეგულირებელი ბერკეტი	70	10,5	5,0	3,25	88,75
5						

ნორმალური განაწილების კვანტილები

დანართი 1

U	P	U	P	U	P	U	P
0.01	0.5040	0.55	0.7088	1.09	0.8621	1.63	0.9484
0.02	0.5080	0.56	0.7123	1.1	0.8643	1.64	0.9495
0.03	0.5120	0.57	0.7157	1.11	0.8665	1.65	0.9505
0.04	0.5160	0.58	0.7190	1.12	0.8686	1.66	0.9515
0.05	0.5199	0.59	0.7224	1.13	0.8708	1.67	0.9625
0.06	0.5239	0.6	0.7257	1.14	0.8729	1.68	0.9535
0.07	0.5279	0.61	0.7290	1.15	0.8749	1.69	0.9545
0.08	0.5319	0.62	0.7324	1.16	0.8770	1.70	0.9554
0.09	0.5359	0.63	0.7357	1.17	0.8790	1.71	0.9564
0.1	0.5398	0.64	0.7389	1.18	0.8810	1.72	0.9573
0.11	0.5438	0.65	0.7422	1.19	0.8880	1.73	0.9582
0.12	0.5478	0.66	0.7454	1.2	0.8849	1.74	0.9571
0.13	0.5517	0.67	0.7486	1.21	0.8869	1.75	0.9599
0.14	0.5557	0.68	0.7517	1.22	0.8888	1.76	0.9608
0.15	0.5596	0.69	0.7549	1.23	0.8907	1.77	0.9616
0.16	0.5636	0.7	0.7580	1.24	0.8925	1.78	0.9625
0.17	0.5675	0.71	0.7611	1.25	0.8944	1.79	0.9633
0.18	0.5714	0.72	0.7642	1.26	0.8962	1.80	0.9641
0.19	0.5753	0.73	0.7673	1.27	0.8980	1.81	0.9649
0.2	0.5793	0.74	0.7703	1.28	0.8997	1.82	0.9556
0.21	0.5832	0.75	0.7734	1.29	0.9015	1.83	0.9664
0.22	0.5871	0.76	0.7764	1.3	0.9032	1.84	0.9671
0.23	0.5910	0.77	0.7794	1.31	0.9049	1.85	0.9678
0.24	0.5948	0.78	0.7823	1.32	0.9066	1.86	0.9686
0.25	0.5987	0.79	0.7852	1.33	0.9082	1.87	0.9693
0.26	0.6026	0.8	0.7881	1.34	0.9099	1.88	0.9699
0.27	0.6064	0.81	0.7910	1.35	0.9115	1.89	0.9706
0.28	0.6103	0.82	0.7939	1.36	0.9131	1.90	0.9713

დანართი 1-ის გაგრძელება

<b>U</b>	<b>P</b>	<b>U</b>	<b>P</b>	<b>U</b>	<b>P</b>	<b>U</b>	<b>P</b>
0.29	0.6141	0.83	0.7967	1.37	0.9147	1.91	0.9719
0.3	0.6179	0.84	0.7995	1.38	0.9162	1.92	0.9726
0.31	0.6217	0.85	0.8023	1.39	0.9177	1.93	0.9732
0.32	0.6255	0.86	0.8051	1.40	0.9192	1.94	0.9738
0.33	0.6293	0.87	0.8078	1.41	0.9207	1.95	0.9744
0.34	0.6331	0.88	0.8106	1.42	0.9222	1.96	0.9750
0.35	0.6368	0.89	0.8133	1.43	0.9236	1.97	0.9756
0.36	0.6406	0.9	0.8159	1.44	0.9225	1.98	0.9761
0.37	0.6443	0.91	0.8186	1.45	0.9265	1.99	0.9767
0.38	0.6480	0.92	0.8222	1.46	0.9279	2.00	0.9772
0.39	0.6517	0.93	0.8238	1.47	0.9292	2.10	0.9821
0.4	0.6554	0.94	0.8264	1.48	0.9306	2.20	0.9861
0.41	0.6591	0.95	0.8288	1.49	0.9319	2.30	0.9893
0.42	0.6628	0.96	0.8315	1.50	0.9332	2.40	0.9918
0.43	0.6664	0.97	0.8340	1.51	0.9345	2.50	0.9938
0.44	0.6700	0.98	0.8365	1.52	0.9357	2.60	0.9953
0.45	0.6736	0.99	0.8384	1.53	0.9370	2.70	0.9965
0.46	0.6772	1	0.8413	1.54	0.9382	2.80	0.9974
0.47	0.6808	1.01	0.8437	1.55	0.9394	2.90	0.9981
0.48	0.6844	1.02	0.8461	1.56	0.9406	3.00	0.9986
0.49	0.6879	1.03	0.8485	1.57	0.9418	3.10	0.9990
0.5	0.6915	1.04	0.8508	1.58	0.9428	3.20	0.9993
0.51	0.6950	1.05	0.8531	1.59	0.9441	3.30	0.9995
0.52	0.6985	1.06	0.8554	1.6	0.9452	3.40	0.9997
0.53	0.7019	1.07	0.8577	1.61	0.9463	3.50	0.9998
0.54	0.7054	1.08	0.8599	1.62	0.9474	3.60	0.9998
3.70	0.9999	3.80	0.9999	3.90	1.0000		

სტიუდენტის კოეფიციენტის მნიშვნელობები  $t_{\alpha, k}$

$k/\alpha$	0,80	0,90	0,95	0,975	0,990	0,995
10	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,054
13	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,865	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
32	0,853	1,309	1,694	2,037	2,449	2,739
34	0,853	1,307	1,691	2,032	2,441	2,729
36	0,852	1,305	1,688	2,028	2,434	2,719
38	0,852	1,304	1,686	2,024	2,429	2,712
40	0,851	1,313	1,684	2,021	2,423	2,704

$\chi^2$  მნიშვნელობების  $\alpha$  და K-ბან დამოკიდებულებით

№	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,000	0,001	0,004	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,71	3,84	5,41	6,64
2	0,020	0,040	0,103	0,211	0,446	0,713	0,713	2,41	3,22	4,60	5,99	7,82	9,21
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424	1,386	3,66	4,64	6,25	7,82	9,84	11,34
4	0,289	0,429	0,711	1,064	1,649	2,20	2,37	4,88	5,99	7,78	9,49	11,67	13,28
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,34	3,00	3,36	6,06	7,29	9,24	11,07	13,39	15,09
6	0,872	1,134	1,635	2,20	3,07	3,83	4,35	7,23	8,56	10,64	12,59	15,03	16,81
7	1,239	1,564	2,17	2,83	3,82	4,67	5,35	8,38	9,80	12,02	14,07	16,62	18,48
8	1,646	2,03	2,73	3,49	4,59	5,53	6,36	9,52	11,03	13,36	15,51	18,17	20,10
9	2,09	3,53	3,32	4,17	5,38	6,39	7,34	10,66	12,24	14,68	16,92	19,68	21,7
10	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18	7,27	8,34	11,78	13,44	15,99	18,31	21,2	23,2
11	3,05	3,61	4,58	5,58	6,99	8,15	9,34	12,90	14,63	17,28	19,68	22,6	24,7
12	3,57	4,18	5,23	6,30	7,81	9,03	10,34	14,01	15,81	18,55	21,00	24,1	26,2
13	4,11	4,76	5,89	7,04	8,33	9,93	12,34	16,22	18,15	19,81	22,4	25,5	27,7
14	4,66	5,37	6,57	7,79	9,47	10,82	12,34	16,22	18,15	21,10	23,7	26,9	29,1
15	5,23	5,98	7,26	8,55	10,31	11,72	13,34	17,32	19,31	22,3	25,0	28,3	30,6
16	5,81	6,61	7,96	9,31	11,15	12,62	14,34	18,42	20,5	23,5	26,3	29,6	32,0
17	6,41	7,26	8,67	10,08	12,00	13,53	15,34	19,52	21,6	24,8	27,6	31,0	33,4
18	7,02	7,91	9,39	10,86	12,86	14,44	16,34	20,6	22,8	26,0	28,9	32,3	34,8
19	7,63	8,57	10,11	11,65	13,72	15,25	17,34	21,7	23,9	27,2	30,1	33,7	36,2
20	8,26	9,24	10,85	12,44	14,58	16,27	18,34	22,8	25,0	28,4	31,4	35,0	37,6
21	8,90	9,92	11,59	13,24	15,44	17,18	19,34	23,9	26,2	29,6	32,7	36,3	38,9
22	9,54	10,60	12,34	14,04	16,31	18,10	20,3	24,9	27,3	30,8	33,9	37,7	40,3
23	10,20	11,29	13,09	14,85	17,19	19,02	21,3	26,0	28,4	32,0	35,2	39,0	41,6
24	10,86	11,99	13,85	15,66	18,06	19,94	22,3	27,1	29,6	33,2	36,4	40,3	43,0
25	11,52	12,70	14,61	16,47	18,94	20,9	23,3	28,2	30,7	34,4	37,7	41,7	44,3
26	12,20	13,41	15,38	17,29	19,82	21,8	24,3	29,2	31,8	35,6	38,9	42,9	45,6
27	12,88	14,12	16,15	18,11	20,7	22,7	25,3	30,3	32,9	36,7	40,1	44,1	47,0
28	13,56	14,85	16,93	18,94	21,6	23,6	26,3	31,4	34,0	37,9	41,3	45,4	48,3
29	14,26	15,57	17,71	19,77	22,5	24,6	27,3	32,5	35,1	39,1	42,6	46,7	49,6
30	14,95	16,31	18,49	20,6	23,4	25,5	29,3	33,5	36,2	40,3	43,8	48,0	50,9

## ლიტერატურა

1. ГОСТЬ 1822-73. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М., 1975
2. ГОСТЬ 13377-75 Надежность в технике. Термины и определения.
3. ГОСТЬ 17510-72 Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации.
4. А.М.Шейнин. Основные принципы управления надежностью машин в эксплуатации, выпуск I. М., "Знание", 1977.
5. Шейнин А.М, Методы выявления и поддержания надежности автомобилей в эксплуатации, М., "Транспорт", 1968.
6. ნ. თოფურია. საკანდიდატო დისერტაცია. ავტომობილის ეფექტიანობის ამაღლება მათი ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენების შემცირების გზით 2005წ.
7. ვ. ლეკიაშვილი. სახელმძღვანელო პრაქტიკული სამუშაოების შესასრულებლად ავტომობილების ტექნიკურ ექსპლუატაციაში. დამხმარე სახელმძღვანელო, საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი, თბილისი, 1982.
8. ვ. ლეკიაშვილი, ავტომობილის საიმედოობა, დამხმარე სახელმძღვანელო. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2005წ.

## იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 03.07.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად  
09.07.2009. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 4.  
ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,  
კოსტავას 77



Verba volant,  
scripta manent