

გიორგი მარდალავიშვილი

მობილური მანქანების სათადარიგო დეტალების  
ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის  
სრულყოფა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარმოდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა: ტრანსპორტი შიფრი 0407

თბილისი  
2016 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

ტ.მ.დ., პროფესორი ვარლამ ლეკიაშვილი

რეცენზენტები : ტ.მ.კ., ასოც. პროფესორი რ.ცხვარაძე.

აკ. დოქტორი. პ.დოლიძე.

დაცვა შედგება 2016 წლის „\_12\_“ \_\_\_თებერვალს\_\_\_, 15.00\_\_\_  
საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის  
სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი I,  
აუდიტორია ..... მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში, ხოლო  
ავტორეფერატის-ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე.

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

ტ.მ.კ., ასოც. პროფ.

დ.ბუცხრიკიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

## სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა, მანქანათა გამოყენების ეფექტიანობის პოზიციებიდან გამომდინარე განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია მათი ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე შენარჩუნებისათვის გაწეული საექსპლოატაციო ხარჯების შემცირებისაკენ. ეს განპირობებულია სხვადასხვა საექსპლოატაციო პირობებში ტექნიკური მდგომარეობის თანდათანობითი გაუარესებით, რაც აისახება მტყუნებებისა და უწყისვრობების ინტენსიურობით. იმის და მიხედვით, თუ როგორია მანქანების საიმედობის საწყისი მაჩვენებლები და როგორია ექსპლუატაციის პირობებში ამ მაჩვენებლების რეალიზაციის პირობები, მტყუნებების და უწყისვრობების განვითარების კანონზომიერებები შესაბამისი იქნება. ამიტომ ამ მაჩვენებლების უზრუნველყოფა დაკავშირებულია ორგანიზაციულ-ტექნიკურ ღონისძიებათ კომპლექსზე, რაც გულისხმობს მატერიალური და შრომითი ხარჯების შესაბამის ინტენსიფიკაციას. ასეთ პირობებში მნიშვნელოვანი და აუცილებელია ტექნიკური ზემოქმედების ღონისძიებათა ისეთი კომპლექსის დამუშავება, რომელიც შერჩეული კრიტერიუმებით იქნება ოპტიმალური.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს მობილური მანქანების სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის სრულყოფა და ტექნიკური მდგომარეობის მართვის ტექნიკურ-ეკონომიკური პარამეტრების გაუმჯობესება.

საკითხის თანამედროვე ანალიზის საფუძველზე აღნიშნული მიზნის მისაღწევად ფორმირებული იქნა კვლევის ამოცანები:

- მობილური მანქანების აგრეგატებისა და სისტემების საგარანტიო და ოპტიმალური რესურსების განსაზღვრის მეთოდის სრულყოფა;
- სათადარიგო დეტალების ხარჯვის ნომენკლატურული, დიფერენცირებული ნორმების განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება.

ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს მანქანების აგრეგატებისა და მექანიზმის რესურსების განსაზღვრის მეთოდის სრულყოფა

ეფექტიანობის კრიტერიუმით; სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის დამუშავება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ინტერვალური მნიშვნელობების მიხედვით.

**კვლევის ობიექტი** - მობილური მანქანების სისტემებისა და მექანიზმების საიმედოობა.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის ძირითადი შედეგები წარმოდგენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 83-ე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე 2015 წ.

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 3 ნაშრომი.

**დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა:** ნაშრომი მოიცავს შესავალს, ძირითად დასკვნებს, ლიტერატურის მიმოხილვას, შედეგების განსჯას, ძირითად დასკვნებს, გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას. ნაშრომი წარმოდგენილია 111 გვერდზე. მათ შორის 34 ნახაზი, და 21 ცხრილი.

## მუშაობის შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალობა, სამუშაოს მიზანი. მოკლედ არის გამოცემული დისერტაციის არსი, მეცნიერული სიახლე, პრაქტიკული გამოყენების და რეალიზაციის ფორმები.

**ლიტერატურის მიმოხილვაში** მოცემულია საიმედოობის მართვის თანამედროვე მეთოდების ანალიზი და მათი განვითარების გზები.

ავტომობილების და მობილური მანქანების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის და საერთოდ საიმედოობის შესახებ სამეცნიერო-კვლევით მუშაობას ეწევიან სამეცნიერო და სასწავლო ინსტიტუტები, საავტომობილო და მანქანათ მშენებლობის ქარხნები და ფირმები. მნიშვნელოვანი სამუშაოები სრულდება საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, რ. დვალის სახელობის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტში, აგრარულ უნივერსიტეტში, ავტოსერვისისა და სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მანქანების ტექნიკური უზრუნველყოფის ცენტრებში.

ამ მიმართულებით შესრულებილი კვლევების შედეგად გადაწყდა მრავალი აქტუალური ამოცანა ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის, მოძრაობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ამაღლების და საერთოდ მანქანების გამოყენების ეფექტიანობის გაზრდის თვალსაზრისით.

ამ მხრივ სამეცნიერო კვლევითი მუშაობის მიმართულებებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია:

- მანქანების და აგრეგატების რესურსების განსაზღვრისა და გაზრდის მეთოდების სრულყოფა;
- მანქანების სათადარიგო დეტალებით უზრუნველყოფა და მუშაობის უნარის აღდგენის მეთოდების გაუმჯობესება.

ამ საკითხებისადმი მიძღვნილი შრომები მოცავენ მანქანების ტექნიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის და სრულყოფის მეთოდებს, აგრეთვე ოპტიმალური ხანგამძლეობისა და რესურსების მართვისა და კორექტირების კომპლექსური კვლევის მეთოდებს.

ტექნიკურ საშუალებათა საიმედოობის უზრუნველყოფისა და შენარჩუნების მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს მტყუნებათა პროგნოზირება და გამოვლენა. დიდი მნიშვნელობა აქვს კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური და საექსპლუატაციო ხასიათის ღონისძიებათა კომპლექსის დამუშავებისა და სრულყოფას საიმედოობის მაჩვენებლების გაუმჯობესების მიზნით, აგრეთვე ტექნიკური ექსპლუატაციის ფორმებისა და მეთოდების ფორმირებას.

მტყუნებებისა და უწყესივრობის აღმოფხვრისათვის საჭირო სამუშაოთა მოცულობის პროგნოზირების მეთოდების დამუშავება ხელს უწყობს მიმდინარე რემონტების ოპტიმალურ დაგეგმვას. ეს კი რთული ტექნიკური სისტემების საიმედოობის კვლევის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ელემენტია, რომლის გარეშეც რთულდება ტექნიკური მდგომარეობის მართვა ექსპლუატაციის პროცესში.

ტექნიკური სამსახურის მართვის სისტემაში წარმატებით გამოიყენება მართვის ხანგძლივი პერიოდით პროგნოზირება, როგორც დაგეგმვის ფორმა, ამასთან ერთად საჭირო ხდება საინფორმაციო-ნორმატიული მონაცემების მიღება ექსპლუატაციის დროს, რაც ტექნიკური სამსახურის ქვესისტემების ოპერატიული მართვისათვის აუცილებელია.

სხვა, ადრე შესრულებულმა გამოკვლევებმა შექმნეს ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილების საიმედოობის მართვის თანამედროვე პროგრესული მეთოდების შემდგომი სრულყოფისა და გაუმჯობესების წინაპირობები, რაც ხელს შეუწყობს ეფექტურობის მაღალი მაჩვენებლების მიღებას მინიმალური ხარჯებით.

საკითხის თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზისა და ნაშრომში დასმული მიზნის მისაღწევად ფორმირებული იქნა კვლევის ძირითადი ამოცანები.

მეორე თავში მოცემულია კვლევის თეორიული მეთოდების დამუშავება, ექსპერიმენტული მონაცემების ანგარიში და მათი ერთობლივი ანალიზი, პირველი ქვეთავი ეხება ამოცანების მიხედვით თეორიული მეთოდების დამუშავებას

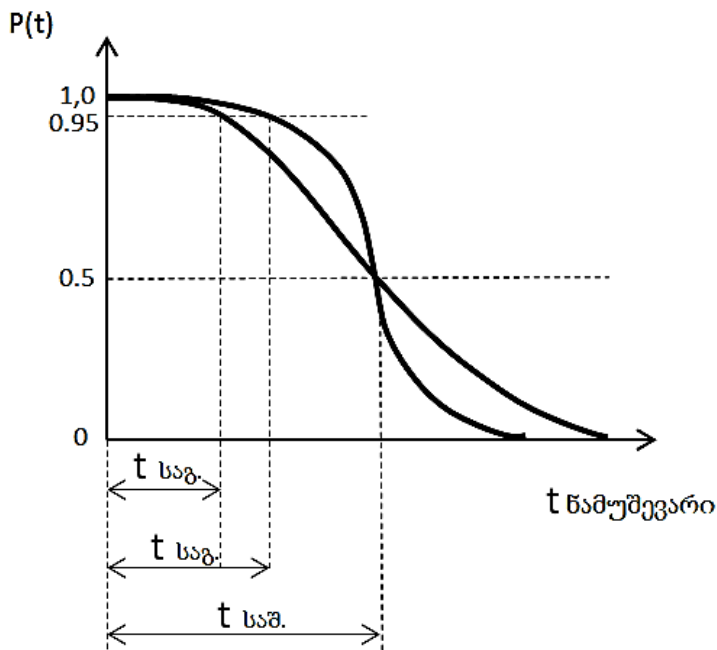
## მანქანისა და მისი აგრეგატების საგარანტიო რესურსების გასაზღვრის მეთოდის დამუშავება

როგორც ცნობილია, მტყუნების სტანდარტული განმარტების მიხედვით იგი წარმოადგენს მოვლენას, რომელიც გამოიხატება მანქანის (აგრეგატის, მექანიზმის, დეტალის) მუშაობის უნარის დარღვევით. მასში იგულისხმება ობიექტის ნაწილობრივი ან მთლიანი მუშაობის უნარის დაკარგვა, რომლის დროსაც მას არ შეუძლია შეასრულოს დაკისრებული ფუნქციები იმ პარამეტრებით, რომლებიც დაგგენილია ტექნიკური დოკუმენტაციის მოთხოვნებით.

კონსტრუქციული კვანძების (დეტალების) ზღვრული მდგომარეობა დგება ზოგიერთი ეგზემპლარისთვის  $t_1$ , მეორისათვის  $t_2$ , მესამესთვის  $t_3$  ნამუშევრის (დრო, გარბენა) შემდეგ და ა.შ. ამ ნამუშევრის მიხედვით საშუალო რესურსის განსაზღვრისთვის გამოიყენება ალბათობის თეორიის და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები. ზღვრულ მდგომარეობამდე ელემენტის მიღწევა სხვადასხვა ნამუშევარზე განიხილება როგორც შემთხვევითი მოვლენა. მაგრამ შემთხვევით სიდიდეებსაც აქვთ მიზეზებისა და შედეგების ურთიერთკავშირი, ე.ი. მათი წარმოქმნა გარკვეულ კანონზომიერებას ექვემდებარება.

მექანიკურ ნაკეთობათა, მათ შორის მობილური მანქანების საიმედოობის თეორიაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია მტყუნებათა განაწილების ნორმალურ კანონს (გაუსის კანონი), სადაც უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდს შემდეგი სახე აქვს (ნახ.1)

თუ გავითვალისწინებთ ნახაზზე მოცემული წინსწრების (ან ჩამორჩენის)  $S$  მნიშვნელობას, საშუალო რესურსისათვის გვექნება ერთი და იგივე მნიშვნელობები, ხოლო საგარანტიო გარბენისათვის  $t_\gamma = 0.95$  იგი შეიცვლება (შემცირდება ან გაიზრდება)  $t$ -ის შესაბამისი მნიშვნელობით. ეს აისახება აგრეთვე უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდზე და შესაბამისად ინტერვალურ ალბათობებზე.



ნახ.1. კონსტრუქციული ელემენტის საგარანტიო რესურსის განსაზღვრა ერთნაირი საშუალო რესურსის მქონე ელემენტისათვის.

საგარანტიო ნამუშევრის დადგენის მოცემული მეთოდი საშუალებას იძლევა კონკრეტული მოდელის მანქანისათვის კონკრეტული საექსპლოატაციო პირობების გათვალისწინებით კორექტირებული იქნას საგარანტიო რესურსი, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის მანქანის გამოყენების ეფექტურობას.

#### მობილური მანქანების აგრეგატების ოპტიმალური რესურსის განსაზღვრის მეთოდის სრულყოფა

ოპტიმიზირების ძირითად პრინციპს წარმოადგენს მობილური მანქანების ეფექტურობის კრიტერიუმი. იგი გულისხმობს მაქსიმალური გამოყენების დონეს მინიმალური ხარჯებით. ხარჯები კი, როგორც ცნობილია, მოიცავს ტექნიკის შეძენისა (საამორტიზაციო ხარჯები) და საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯებს. აღნიშნული ხარჯების ჯამი უნდა იყოს მინიმალური.

$$C(t) = \frac{C_{მანქ}}{t} + C_{საშ}(t) \rightarrow \min \quad (1)$$

მოცემული გამოსახულება გვიჩვენებს საშუალო კუთრ ხარჯებს წარმოების სფეროში (პირველი წევრი) და ექსპლოატაციის სფეროში (მეორე წევრი).

ინტერვალური კუთრი ხარჯები გარბენის ზრდასთან ერთად იზრდება, რაც აიხსნება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის და ტექნიკურად

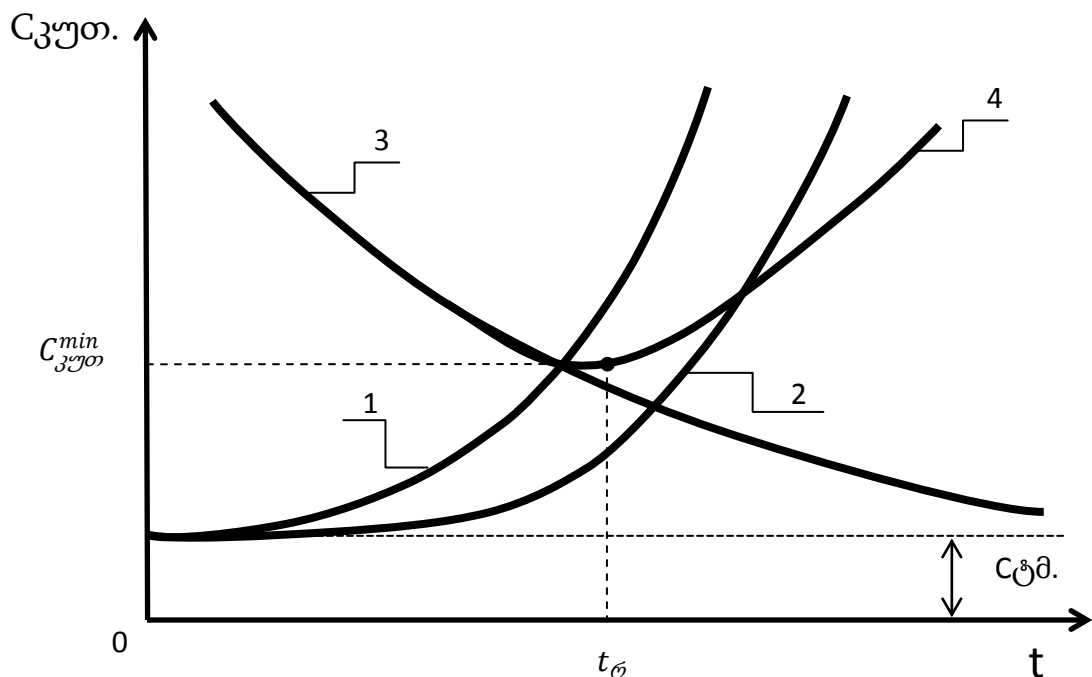


მზადყოფნის კოეფიციენტის ცვლილების ხასიათით, როგორც ნამუშევრის ფუნქცია. (ნახ. 2)

აღნიშნული ხარჯები გამოვლინდება ექსპერიმენტით საკვლევი მანქანების ჯგუფზე დაკვირვების გზით. ექსპერიმენტული მონაცემების აპროკსიმაცია იძლევა ხარჯების ცვლილების მრუდის განვითარების კანონზომიერებას. ამ მიზნით გამოიყენება შემდეგი ფუნქციონალური დამოკიდებულება.

$$C_{b.შ}^{ინტ}(t) = Z * t^d \quad (2)$$

სადაც, Z-არის ხარჯების ცვლილების კუთხური კოეფიციენტი;  
d-საიმედობის დონე, რომელიც წარმოადგენს მანქანის შეძენისა და საიმედობის შენარჩუნების ხარჯების ფარდობას.



**ნახ.2. მანქანის შეძენისა და საიმედობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯების ცვლილება ნამუშევრის მიხედვით:**

1. კუთრი საექსპლოატაციო ხარჯები ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით;
2. საშუალო კუთრი საექსპლოატაციო ხარჯები ექსპლოატაციის დაწყებიდან;
3. მანქანის შეძენის საშუალო კუთრი ხარჯები;
4. საშუალო ჯამური კუთრი ხარჯები.

ვინაიდან  $C_{შეშ}$  მცირდება, ხოლო  $C_{ს,შ}^{საშ}(t)$  იზრდება მანქანის ნამუშევრის გაზრდასთან ერთად, ამიტომ იქნება ნამუშევრის ისეთი მნიშვნელობა, რომლის დროსაც ამ ხარჯების ჯამი მინიმალურია. ეს ნამუშევარი წარმოადგენს რესურსს, რომლის გადაჭარბებაც გამოიწვევს კუთრი ხარჯების გაზრდას.

$$t_{\text{წ}} = \frac{C_{\text{მანქ}}(d+1)}{d * z} = \sqrt[d+1]{\frac{C_{\text{მანქ}}(d+1)}{d * z}} \quad (3)$$

### სათადარიგო დეტალების დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის დამუშავება.

სატრანსპორტო და მობილური მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე უზრუნველყოფის მიზნით გათვალისწინებულია (გარდა პროფილაკტიკური ოპერაციებისა) ტექნიკური ზემოქმედების ისეთი სამუშაოები, რომლებიც დაკავშირებულია დეტალების შეცვლასთან და რომელთა ძირითად მიზანს წარმოადგენს მუშაობის უნარის აღდგენა.

უმტყუნებლობის მაღალი დონის შენარჩუნების სხვა მეთოდს წარმოადგენს დეტალების შეცვლა მათი ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკის შემდეგ. ამ შემთხვევაში დიაგნოსტიკის საშუალებებმა უნდა უზრუნველყონ გარკვეულ პერიოდში დეტალების მდგომარეობის პროგნოზირება. იმ შემთხვევაში, თუ დიაგნოსტიკით განსაზღვრული დეტალის სავარაუდო რესურსი საჭიროზე ნაკლებია, მაშინ იგი იცვლება იძულებით. ეს მოითხოვს საკმაოდ რთული სადიაგნოსტიკო მოწყობილობის შექმნას და მათ ეფექტურ გამოყენებას (საბორტო ინფორმაციულ მოწყობილობასთან ერთად)

ცალკეულ შემთხვევებში მოძრაობის უსაფრთხოების მოთხოვნები ან დამამზადებელი ქარხნების ტექნიკური პირობები იწვევენ აგრეგატის რამდენიმე დეტალის ერთდროულად შეცვლის აუცილებლობას ერთ-ერთი მათგანის მტყუნებისას (მთავარი გადაცემის კბილანები, ერთი ხიდის სამუხრუჭე ხუნდები ძირითად სისტემაში და სხვა)

დეტალების ერთდროული შეცვლა ფართოდ გამოიყენება მანქანათა ტექნიკური ექსპლუატაციის პრაქტიკაში ტექნიკურ-ეკონომიკური მოსაზრებით და იგი მიზნად ისახავს აგრეგატის მუშაობის უნარის შენარჩუნებას მოცემული ნამუშევრის ინტერვალში მისი დაშლის გარეშე. დაშლათა რაოდენობის შემცირება კი მიზანშეწონილია იმიტაც, რომ აგრეგატის ყოველი დაშლა დაკავშირებულია დროისა და შრომითი ხარჯების დანაკარგებთან. ამასთან თითოეული დაშლის შემდეგ მკვეთრად მცირდება აგრეგატის ხანგამძლეობა.

მიზანი და მიზეზები, რომლებიც განაპირობებენ დეტალების შეცვლის ამა თუ იმ სისტემას უპირეტესობას, გამოვლინდება ეკონომიკური კრიტერიუმის პოზიციებიდან, რაც გულისხმობს შემდეგს:

- დეტალების გამოყენების დონე მათი შეცვლისას;

დეტალების შეცვლათა ჯამური ღირებულება მიცემული რესურსის ან მანქანის ჩამოწერის პერიოდისათვის.

მანქანის ნამუშევრის ინტერვალის მიხედვით სათადარიგო ნაწილების ხარჯის ნორმა თეორიული ანალიზის შედეგად განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$C_{სათ.დ.}(t) = \frac{Z}{1 + K_1 + K_2 + K_3} * t^d \quad (4)$$

სადაც Z - არის კუთხური კოეფიციენტი, ლარი/100 სთ

d - საიმედოობის დონე;

$K_1, K_2, K_3$  - ხარჯების შეფარდების კოეფიციენტები შესაბამისად: შრომითი ხარჯებისა  $C_{შრ.}$  სათადარიგო ნაწილების  $C_{სათ.დ.}$  ხარჯთან, მასალების ხარჯისა  $C_{მას.}$  ისევ სათადარიგო ნაწილების ხარჯთან და მოცდენის კომპენსაციის  $C_{მოც.}$  ისევ სათადარიგო ნაწილების ხარჯთან.

მომსახურების საწარმოების ტექნიკური სამსახურის ანალიზის მიხედვით დადგენილია, რომ  $K_1 + K_2 + K_3 = 1.5 \div 2.5$  მანქანის რესურსის პერიოდში სათადარიგო ნაწილების ჯამური ხარჯი განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$C_{სათ.დ.} = \frac{C_{მანქ}}{d(1 + K_1 + K_2 + K_3)} \quad (5)$$

როდესაც  $C_{სათ.დ.}$  მნიშვნელობა მიაღწევს ნორმატიულ სიდიდეს, ობიექტი უნდა მოიხსნას ექსპლუატაციიდან.

მაშასადამე, დამუშავებულმა მეთოდებმა შექმნეს რეალური პირობები იმისათვის, რომ ექსპლუატაციის პროცესში შესაძლებელი იყოს მანქანების ტექნიკური მდგომარეობის მართვა კონკრეტული მექანიზმისა და სისტემის მიხედვით.

გამოვლენილი თანაფარდობის რეალიზაციის მიზნით საიმედოობის შენარჩუნების ცვლადი ინტერვალური ხარჯების განსაზღვრისათვის ჩამოთვლილი ხარჯებიდან შეფასების საშუალება მხოლოდ სათადარიგო დეტალების ხარჯებით არის შესაძლებელი. კორელაციურმა ანალიზმა გვაჩვენა მასალების და მოცდენის კომპენსაციის ხარჯების მჭიდრო კავშირი სათადარიგო დეტალების ხარჯებთან (კორელაციის კოეფიციენტი  $\tau > 0,7$ )

მაშასადამე, საწარმოების ტექნიკური სამსახურის მართვის სისტემაში შეიძლება წარმატებით გამოყენებულ იქნას სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დიფერენცირებული დაგეგმვის ფორმა.

მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი, როგორც სათადარიგო დეტალების ხარჯვის მთავარი განმსაზღვრელი პარამეტრი დამოკიდებულია ელემენტების რესურსზე და ამ რესურსების დისპერსიაზე. იგი განისაზღვრება, როგორც ამ ფაქტორების ფუნქცია.  $\omega(L)$ -ის სიდიდე და მისი განვითარების ხასიათი ცვლის  $d$ -ს მნიშვნელობას  $t$  ნამუშევრის მიხედვით. ამით დადგინდება კავშირი კონკრეტული ელემენტის ხანგანმძლეობის პარამეტრებსა და საიმედოობის დონეს შორის.

**ექსპერიმენტული ქვეთავში** მოცემულია დამუშავებული თეორიული მეთოდების რეალიზაციისათვის საჭირო მონაცემები. განხილულია ექსპერიმენტული კვლევის პირობები და ორგანიზაცია, აგრეგატებისა და სისტემების უმტყუნებლობის, ხანგანმძლეობისა და სარემონტო ვარგისიანობის მაჩვენებლები.

## ექსპერიმენტული კვლევის პირობები და ორგანიზაცია.

კვლევის ობიექტად აღებული იქნა ფართო მოხმარების თანამედროვე ტრაქტორი John Deere 6930. მათი მუშაობა დაკავშირებულია საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოების შესრულებასთან, როგორცაა მოხვნა, ფარცხვა, გაფხვიერება, თესვა, არხის გაჭრა, სატრანსპორტო და სხვა. შესაბამისად, მათი დატვირთვა და მუშაობის რეჟიმი განპირობებულია აღნიშნული სამუშაოების მოცულობასთან მთელი წლის განმავლობაში.

დასაკვირვებელი ტრაქტორების რაოდენობის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა ამ მიზნით შექმნილი ცნობილი მეთოდი, რომლის მიხედვით დასაშვები სარწმუნო ალბათობის დონედ აღებული იქნა  $\beta=0,95$ , ხოლო ფარდობითი ცდომილება 0,05-0,10 ზღვრებში. თუ გავითვალისწინებთ, რომ საკვლევი ობიექტის აგრეგატებისა და ელემენტების მტყუნებათა განაწილება ექვემდებარება ნორმალურ კანონს (ძირითადად ცვეთის შედეგად გამოწვეული მტყუნებები), მაშინ ვარიაციის კოეფიციენტი აღებული იქნა 0,2-ის ტოლი და დაკვირვების მოცემულობა  $N_{დაკ}=85$  ტრაქტორს. ჩვენი შემთხვევისთვის აღებული იქნა  $N_{დაკ}=100$  ტრაქტორი, რითაც უზრუნველყოფილია ინფორმაციის მიღების მაღალი სარწმუნო ალბათობის დონე.

საკვლევი ტრაქტორების წლიური ნამუშევრის განაწილების პარამეტრების დასადგენად დამუშავებული იქნა სტატისტიკური მონაცემები ყველა ერთეულის ( $N_{დაკ}=100$ ) წლიური მნიშვნელობების მიხედვით მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებული იქნა ნამუშევრის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი და განსაზღვრული იქნა განაწილების პარამეტრები.

სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებამ გვიჩვენა, საშუალო წლიური ნამუშევარი შეადგენს 600 მტ/სთ-ს ვარიაციის კოეფიციენტით 0,23 და საშუალო კვადრატული გადახრით 147,2 მტ/სთ.

წლიური მუშა დღეების მიხედვით შესრულებულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ საკვლევი ტრაქტორებისათვის იგი შეადგენს დაახლოებით 77

დღეს (ვარიაციის კოეფიციენტი 0,47) ხოლო საშუალო დღიური ნამუშევარი 8 მტ/საათის ტოლია. კვლევის ექსპერიმენტული ნაწილის დამუშავებისას განსაკუთრებული ყურადღება იქნა გამახვილებული მანქანების ტექნიკური მომსახურების რეგლამენტით გათვალისწინებული ტექნოლოგიური ოპერაციების შესრულების მოცულობასა (ოპერაციების ჩამონათვალი) და პერიოდულობაზე.

შესრულებული იქნა თითოეული სერვისის სახეობების მიხედვით პერიოდულობის გადახრათა ანალიზი ფაქტობრივი მდგომარეობით და გამოვლენილი იქნა მათი განაწილების პარამეტრები.

### სტატისტიკური მაჩვენებლების გამოვლენა და მათი კლასიფიკაცია

საკვლევ მანქანებზე განხორციელებული ტექნიკური ზემოქმედების სამუშაოების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათი განაწილება არაერთგვაროვანია, რაც განპირობებულია ერთის მხრივ საექსპლოატაციო პირობების განსხვავებითა და მუშაობის დატვირთვის რეჟიმების სხვადასხვა მაჩვენებლებით, მეორეს მხრივ სერვისის სხვადასხვა დონით,

რეალურ პირობებში სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ტექნიკა ვერ გადის ტექნიკურ მომსახურებას იმ მოცულობით, როგორც ის ტექნიკური „რეგლამენტით“ არის გათვალისწინებული ტექნიკურ-ორგანიზაციული მიზეზების გამო, რაც ნაწილობრივ აისახება ტექნიკური ზემოქმედების (სარემონტო სამუშაოები) განაცხადებზე. ამან განაპირობა სამუშაოთა მოცულობის პროცენტული განაწილების ცვლილება სისტემებისა და აგრეგატების მიხედვით. 1 ცხრილში მოცემულია სამუშაოების ასეთი განაწილება საკვლევი ტრაქტორებისათვის.

ცხრილი 1

### მტყუნებებისა და უწესივრობების პროცენტული განაწილება სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით

მანქანის სისტემები, აგრეგატები და მექანიზმები (სამუშაოს ხასიათი)	%-ული რაოდენობა
შეზეთვის სამუშაოები	65
საჭე	0
სამუხრუჭე სისტემა	0
ელექტრო მოწყობილობა	7

კვების სისტემა	18
გაგრილების, ვინტილაციის და გათბობის სისტემა	1
ჰიდრავლიკის სისტემა	5
ტრანსმისიის სისტემა	2
დანარჩენი	2

სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის შედეგად მოხდა მტყუნებებისა და უწყისვრობების კლასიფიცირება მათი სახეობების, ხასიათის, და აღმოფხვრის შრომატევადობისა და ღირებულებების მიხედვით. ასეთი კლასიფიკაცია საჭიროა ერთის მხრივ ექსპლოატაციის პროცესში საიმედოობის მართვის პრინციპების სრულყოფისა და გაუმჯობესებისათვის, მეორეს მხრივ შრომითი და მატერიალური ხარჯების შემცირებისათვის. მტყუნებათა კლასიფიკაცია გარე ნიშნებისა და მიზეზების მიხედვით მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

**მტყუნებათა კლასიფიკაცია გარე ნიშნებისა და მიზეზების მიხედვით**

მტყუნებების სახეობა	მტყუნების კუთრი წილი %
გაცვეთა	38,0
გატეხვა	5,0
გაბზარვა	3,0
გადაწვა, მოკლე ჩართვა	15,0
გაგლეჯა, გასკდომა	10,0
დამაგრების დასუსტება	12,0
გალუნვა, დაგრეხვა	3,0
გახეხვა	5,0
გაჭიმვა	1,0
გახვრეტა	11,0
შეტრიალება	1,0
სხვა დანარჩენი	6,0

საკვლევი მანქანების სერვის ცენტრებში მოცდენების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მტყუნებათა საერთო რაოდენობიდან საკმაოდ მნიშვნელოვანი ნაწილი -70% მიეკუთვნება მცირე (2 კ.სთ-მდე) და საშუალო (4 კ.სთ-მდე) შრომატევადობის მტყუნებათა აღმოფხვრის კატეგორიას, მაშინ როდესაც მტყუნებათა აღმოფხვრის დაახლოებით 30% დაკავშირებულია

დიდ მატერიალურ და შრომით ხარჯებთან. ამასთან ერთად ტრაქტორების ნამუშევრის (მტ/სთ) გაზრდასთან ერთად იზრდება ისეთი მტყუნებათა რაოდენობა, რომელთა აღმოფხვრა დაკავშირებულია მანქანის ექსპლოატაციიდან მოხსნასთან გაზრდილი პერიოდით (დამოკიდებულია მტყუნების ხასიათზე, შრომატევადობაზე, სათადარიგო დეტალების არსებობასა და ღირებულებაზე).

### **საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალებისა და კვანძების გამოვლენა**

საკვლევი მანქანის ძრავი, აგრეატები, სისტემები და მექანიზმები მოიცავენ სხვადასხვა ელემენტებსა და ასაწყობ ერთეულებს, რომლებსაც გარკვეული დანიშნულება და ფუნქციები აქვთ. თითოეული მათგანის დეტალების საერთო რაოდენობა კატალოგის მიხედვით რამდენიმე ასეულს შეადგენს. მაგრამ დეტალების რაოდენობა დაბალი საიმედოობის მაჩვენებლებით გაცილებით ნაკლებია საერთო რაოდენობასთან შედარებით, ამიტომ ტექნიკური ექსპლოატაციის მეთოდების სრულყოფის მიზნით საჭიროა გამოვლინდეს ისეთი დეტალები და ელემენტები, რომლებიც ხასიათდებიან ხშირი მტყუნებებით და მათი აღმოფხვრის მნიშვნელოვანი ხარჯებით.

როგორც სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, უმტყუნებლობისა და ღირებულების კრიტერიუმის მიხედვით ყველა დეტალი არ ქმნის საიმედოობის ლიმიტს, სამაგიეროდ ისინი აღინიშნებიან ხანგამძლეობის (რესურსის) კრიტერიუმით.

როგორც ანალიზი გვიჩვენებს ძრავის და მისი სისტემების ჯგუფში მტყუნებათა დიდი წილი მოდის მაყუჩის გოფირებული მილზე - 38%, საწვავის ელექტრო ფქვევანებზე 27,8%, ძრავის ღვედზე 5.9%, ელექტრომოწყობილობიდან ადგილი ქონდა გენერატორის, სტარტერის და ანთების გასაღების ბუდის მწყობრიდან გამოსვლას.

ტრანსმისიის ჯგუფის ელემენტებიდან დამახასიათებელი მტყუნებებს წარმოადგევენ წამყვანი კბილანის, საყელურის და წინა ხიდის ჩამრთველი



სოლენოიდის (3,2%) მწყობრიდან გამოსვლა, რაც დატვირთვის რეჟიმების გარკვეულ ცვლილებებთან არის დაკავშირებული.

უნდა აღინიშნოს რომ საკვლევი ტრაქტორის საჭით მართვისა და სამუხრუჭე სისტემის შემადგენელი დეტალებისა და ელემენტებისათვის არ აღინიშნება რაიმე სახის მტყუნება და უწყესივრობა, რაც მიუთითებს მათ მაღალ საიმედოობაზე და მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფაზე.

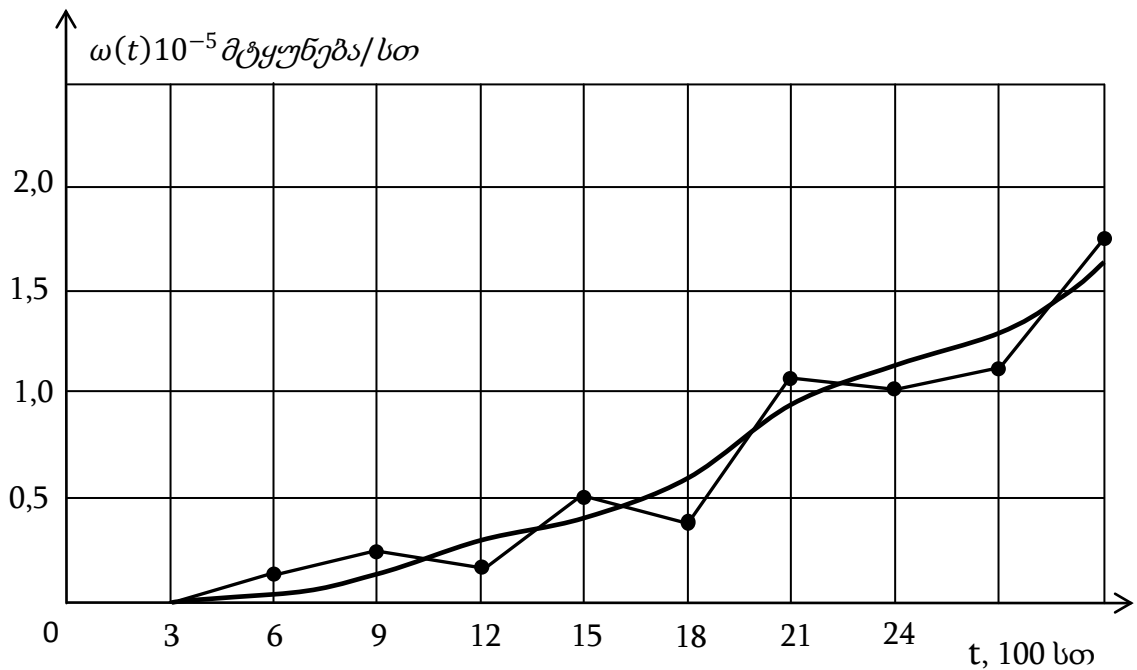
ჰიდრავლიკისა და საკიდი სისტემის ელემენტებიდან ყველაზე მეტი მტყუნება მოდის მკლავების დამჭერ ღერძზე-8,6% და ცენტრალურ წვევაზე-2,7%

საკვლევი ობიექტის ზემოთ მოცემული ჯგუფები აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით (მეტ ნაკლებად ყველა ჯგუფი) შეიცავენ დეტალებს, რომლებიც დამზადებულია არა ლითონისგან (რეზინა, პლასტმასი, მათი ნაერთი, აზბესტი და სხვა) ასეთებია მაგალითად შლანგები, ჩობალები, სადებები, ზოგიერთი მილგაყვანილობა და სხვა. ისინი მწყობრიდან გამოდიან ძირითადად ციკლური დატვირთვების ცვალებადობით (დაუმყარებელი რეჟიმები), მასალის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილების და ზეთის ქიმიური ზემოქმედების გამო.

### **უმტყუნებლობის მაჩვენებლების გამოვლენა**

უმტყუნებლობა ხასიათდება მისი ისეთი ძირითადი მაჩვენებლებით როგორებიცაა მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი -  $\omega(t)$ , მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი -  $t_{ა.ნ}$  და უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა -  $P(t)$ .

მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი წარმოადგენს ნამუშევრის ერთეულზე მისული მტყუნებათა რაოდენობას. იგი გამოვლენილი იქნა როგორც ცალკეული ელემენტისათვის, ისე აგრეგატებისა და სისტემების ზემოთ მოცემული ჯგუფებისათვის.



**ნახ 3. ჰიდრაულიკის და საკიდი სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი**

ნახ. 3 მაგალითის სახით ნაჩვენებია საკვლევი აგრეგატისა და სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი ცვლილების ექსპერიმენტული და თეორიული მრუდები.

როგორც მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის მრუდების ანალიზი გვიჩვენებს, მათ აქვთ ცვალებადი ხასიათი და იზრდება ნამუშევრის ზრდასთან ერთად და სხვადასხვა სისტემისა და აგრეგატისათვის მაქსიმალური მნიშვნელობები მიიღება ნამუშევრის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის.

გამოვლენილი იქნა საიმედოობის ისეთი მნიშვნელოვანი პარამეტრი, როგორცაა მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი, რომელიც წარმოადგენს საერთო ნამუშევრის შეფარდების მტყუნებათა საერთო რაოდენობასთან

ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალებისათვის აგებული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები. მთლიანობაში ეს საშუალებას იძლევა შედგეს საკვლევი ობიექტის საიმედოობის რუკა.

იგი იძლევა თვალსაჩინო წარმოდგენას დეტალების მექანიზმებში განლაგების ადგილისა და მათი უმტყუნებლობის ცვლილების შესახებ.

თითოეული მრუდი გვადლევს საშუალებას განისაზღვროს ალბათობის ინტერვალური მნიშვნელობა, ანუ მისი სიდიდე ნამუშევრის ნებისმიერი ინტერვალისათვის, რიცხვობრივად შეფასდეს ამა თუ იმ მტყუნების წარმოქმნის შესაძლებლობა ექსპლოატაციის დაწყებიდან ნამუშევრის ნებისმიერი მომენტისათვის, გამოვლინდეს გამაპროცენტული რესურსი (საგარანტიო ნამუშევრის დადგენისათვის), განისაზღვროს მტყუნებათაშორისო ნამუშევარი და საერთოდ საიმედოობის რუკა გვადლევს უმტყუნებლობის პროგნოზირების შესაძლებლობას, რაც აუცილებელია მანქანების საიმედოობის მართვისათვის.

### **ხანგამძლეობის მაჩვენებლები**

ხანგამძლეობა არის ობიექტის თვისება შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი ზღვრულ მდგომარეობამდე ტექნიკური მომსახურეობისა და რემონტის დადგენილი სისტემის შემთხვევაში. მის ძირითად მაჩვენებელს წარმოადგენს რესურსი, რომელიც შემთხვევითი სიდიდეა და ხასიათდება განაწილების კანონით.

ექსპერიმენტის სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა დეტალებისა და კვანძების რესურსები, როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებს დეტალების რესურსების განაწილებები ეთანხმება ნორმალურ, ვეიბულის და ექსპონენციალური განაწილების თეორიულ კანონებს, ამასთან დეტალების 50%-ზე მეტი ნორმალურ და ვეიბულის კანონებს. ზოგიერთი კონსტრუქციული ელემენტებისათვის გამოვლენილი იქნა რესურსის განაწილება პირველ და მეორე შეცვლამდე.

როგორც ანალიზი გვიჩვენებს საიმედოობის მალიმიტირებელ დეტალებს აქვს რესურსის გარკვეული გაზნევა ვარიაციის კოეფიციენტით 0,28 დან 1,0-მდე სამუხრუჭე სისტემის და ჰიდროამძრავებისათვის, ხოლო ძრავისთვის 0,28-დან 0,75-მდე.

მიუხედავად იმისა, რომ ბოლო დროს საგრძნობლად გაიზარდა რეზინის ელემენტების რესურსები, მათი ვარიაციის კოეფიციენტი კვლავ მაღალია (0,65-1,0), რაც მიუთითებს მათი განაწილების ექსპონენციალურ

კანონზე, ანუ უეცარ მტყუნებას, რაც მნიშვნელოვნად მოქმედებს როგორც უსაფრთხოებაზე, ასევე მანქანის ეფექტიანობაზე.

### სარემონტო ვარგისიანობა

სარემონტო ვარგისიანობა ხასიათდება აგრეგატებისა და სისტემების მუშაობის აღდგენაზე დახარჯული სათადარიგო დეტალებისა და შრომითი რესურსების კუთრი მნიშვნელობებით. ეს მონაცემები მიღებული იქნა შრომატევადობისა და ფულადი ხარჯების სახეთ.

შრომითი ხარჯების განსაზღვრისას მტყუნებათა რაოდენობა გამოვლინდა ექსპერიმენტის გზით, ხოლო მტყუნების აღმოფხვრის შრომატევადობა არსებული ნორმატივებით.

მე-3 ცხრილში მოცემულია აგრეგატებისა და სისტემების სათადარიგო დეტალების ხარჯის მონაცემები.

ცხრილი 3

### სათადარიგო დეტალების ხარჯის პროცენტული განაწილება აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით

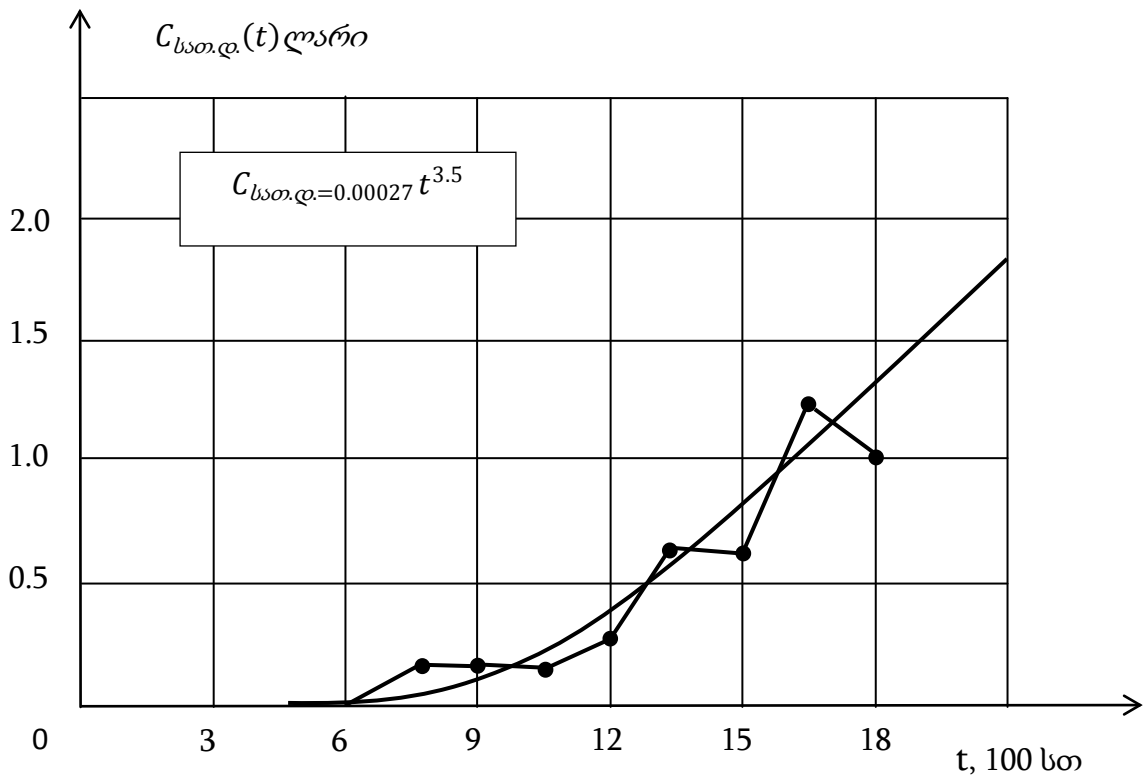
აგრეგატებისა და სისტემების დასახელება	სათადარიგო დეტალების ხარჯის %-ლი რაოდენობა
ძრავი კვებისა და გაგრილების სისტემებით	68.91
ელექტრობოწყობილობა	1.53
ტრანსმისია	6.12
ჰიდრავლიკა და საკიდი სისტემა	23.4

100%

როგორც ცნობილია საიმედოობის შენარჩუნებაზე გაწეული ხარჯები დამოკიდებულია ნამუშევარზე. მე-4 ნახაზზე წარმოდგენილია ძრავის სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯების ცვლილებების დიაგრამა ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით.

ამ ცვლილების კანონზომიერების გამოვლენის მიზნით ექსპერიმენტული მონაცემები აპროქსიმირებულია  $at^d$  სახის ხარისხობრივი დამოკიდებულებით და განსაზღვრულია ცვლილების კუთხური კოეფიციენტი და ხარისხის მაჩვენებელი  $d$ . ამ მაჩვენებლების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სხვადასხვა სისტემების რეზინის დეტალები მკვეთრად

ამცირებენ საიმედოობის დონეს სხვა აგრეგატის საიმედოობის დონესთან შედარებით.



#### ნახ 4. ძრავის სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება

თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზი.

თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზის მიზანია დამუშავებული მეთოდების პრაქტიკული რეალიზაციისა და გამოყენების შესაძლებლობის დონის დადგენა.

მოცემულ ქვეთავში მოცემულია მეთოდების რეალიზაციის მაგალითები.

#### საგარანტიო რესურსების განსაზღვრა

საგარანტიო რესურსი ტექნიკის სფეროში ზოგადად და განსაკუთრებით მობილური მანქანებისთვის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია საექსპლოატაციო-ტექნიკური მაჩვენებლების ჩამონათვალში. იგი ყოველთვის საყურადღებო და ანგარიშგასაწევი მაჩვენებელია მანქანის შეძენის დროს და ექსპლოატაციის დაწყების პერიოდში. იგი ასახავს არა მარტო ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის სავალდებულო ოპერაციების შესაძლებლობას, არამედ მტყუნებათა აღმოფხვრის ხარჯებს,

რომლებიც მკაცრად რეგლამენტირებულია. მხედველობაშია მისაღები ის გარემოება, რომ საგარანტიო პერიოდში მტყუნების წარმოქმნის მიზეზი მოითხოვს ანალიზს, ექსპლოატაციის წესების დარღვევის გამოა, თუ კონსტრუქციული ან დამზადების ტექნოლოგიის დაუცველობით არის განპირობებული.

მოტანილი მოსაზრებებისა და პრინციპების საფუძველზე მიღებულია, რომ მანქანებისათვის საგარანტიო რესურსის განსაზღვრისას უმტყუნებლობის დასაშვები დონე შეადგენს 0,90-0,95. საკვლევი მანქანისათვის ჩვენს შემთხვევაში აღებულია 95%-იანი უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა.

საგარანტიო რესურსის დადგენის საფუძველს წარმოადგენს აგრეგატის, მექანიზმის, სისტემის თუ დეტალის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი. მისი აგება მოხდა მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, როდესაც მტყუნებათა ნამუშევრების განაწილება გარკვეული კანონზომიერებით ხასიათდება.

მთლიანი აგრეგატის უმტყუნებლო მუშაობის ალბათობის მრუდი წარმოადგენს საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების უმტყუნებლობის ნამრავლს. ამ პრინციპიდან გამომდინარე მთლიანი აგრეგატის საშუალო რესურსი ყოველთვის ნაკლები იქნება მისი თითოეული დეტალის საშუალო რესურსზე.

მე 4 ცხრილში მოცემულია გრაფიკული მეთოდით განსაზღვრული საგარანტიო რესურსები შესაბამისი მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებით.

ცხრილი 4

**საკვლევი მანქანის აგრეგატების და სისტემების საგარანტიო რესურსები მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებით.**

№	აგრეგატებისა და სისტემების დასახელება	$t_{საშ}$ სთ	$t_{max}$ სთ	$t_{min}$ სთ
1	ძრავა	1250	1280	1230
2	ტრანსმისია	1600	1630	1580
3	ჰიდრავლიკა-საკიდი სისტემა	1320	1350	1300
4	ელექტრო მოწყობილობა	1450	1470	1420

მოცემული საგარანტიო რესურსები კონკრეტული საექსპლოატაციო პირობებისათვის საშუალებას იძლევიან ექსპლოატაციის პროცესში დაიგეგმოს და განხორციელდეს პროფილაქტიკური ოპერაციების მოცულობა შესაბამისი ხარჯებით.

### აგრეგატებისა და მექანიზმების ოპტიმალური რესურსების განსაზღვრა

ნაშრომის თეორიული კვლევების ნაწილში მოცემული დასაბუთებისა და მეთოდის დამუშავებისას აღნიშნული იყო, რომ ოპტიმალური რესურსის განსაზღვრისათვის აუცილებელია კრიტერიუმის სწორად შერჩევა, ასეთ კრიტერიუმად აღებული იქნა ტრაქტორის ეფექტურობის შემცირების კრიტერიუმი ნამუშევრის ზრდის მიხედვით. ეფექტურობა კი მცირდება მისი განმსაზღვრელი ფაქტორების ცვლილებასთან ერთად, მათ შორის ტექნიკური მდგომარეობის საჭირო დონეზე უზრუნველყოფის ხარჯების გაზრდით ნამუშევრის მატებასთან ერთად, მაშასადამე დადგება მომენტი, როდესაც მანქანის (აგრეგატის) შემდგომი ექსპლოატაცია ტექნიკურ ეკონომიკური მოსაზრებით არ იქნება მიზანშეწონილი.

ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის ხარჯები კი შედგება ოთხი ძირითადი კომპონენტისაგან: სათადარიგო დეტალების ხარჯები -  $C_{სათად}$ ; შრომითი ხარჯები -  $C_{შრ}$ ; მასალების ხარჯები -  $C_{მას}$  და მოცდენის კომპენაციის ხარჯები -  $C_{მოცდ}$ . შეძენის ღირებულებასთან -  $C_{შეძ}$  ერთად ისინი წარმოადგენენ აუცილებელ საწყის მონაცემებს ოპტიმალური რესურსის განსაზღვრისათვის. ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების შედეგად განისაზღვრება მთლიანი ხარჯები, ხოლო მისი ნამუშევრის მიხედვით ცვლილების სათანადო მრუდის აგებით და აპროქსიმაციით გამოვლინდა პარამეტრები  $Z$  და  $d$  კოეფიციენტების სახით.

კუთხური ხარჯების ცვლილების დიაგრამების მიხედვით მე-5 ცხრილში მოცემულია მრუდების აპროქსიმაციით მიღებული კოეფიციენტები  $Z$ ,  $d$  და რესურსების საანგარიშო მონაცემები.

**აგრეგატებისა და სისტემების რესურსების საანგარიშო მონაცემები**

№	აგრეგატები და სისტემები	C <sub>შეძ</sub> ლარი	Z	d
1	ძრავა	23000	0,0031	3,8
2	ტრანსმისია	61400	0,0018	4,1
3	ჰიდრავლიკა და საკიდი სისტემა	18500	0,0015	4,3
4	ელ. მოწყობილობა	15400	0,0027	3,5

ვინაიდან საიმედოობის დონე d წარმოადგენს შეძენისა და საექსპლოატაციო ხარჯების ფარდობას, მისი სასურველ დონეზე უზრუნველყოფა რეალურ საექსპლოატაციო პირობებში დამოკიდებულია ტექნიკური პირობების ორგანიზაციულ ტექნიკურ ღონისძიებათა კომპლექსზე. (პროფილაქტიკური ოპერაციები, დეტაების შეცვლის სისტემა, ტექნიკური ზემოქმედების ტექნოლოგიური დონე და სხვა)

კვლევის თეორიულ ნაწილში დამუშავებული მეთოდის მიხედვით გამოთვლილი იქნა აგრეგატებისა და სისტემების ოპტიმალური რესურსები ეფექტურობის შემცირების კრიტერიუმით. მე 6 ცხრილში მოცემულია რესურსების გაანგარიშების შედეგები.

**აგრეგატებისა და სისტემების რესურსების საანგარიშო მონაცემები**

აგრეგატები და სისტემები	C <sub>შეძ</sub> (d + 1)	Z * d	$\frac{C_{შეძ}(d + 1)}{Z * d}$	t <sub>ოპტ.სთ</sub>
ძრავა	2064000	0,01178	172 * 10 <sup>6</sup>	7500
ტრანსმისია	3131400	0,00738	447 * 10 <sup>6</sup>	7250
ჰიდრავლიკა და საკიდი სისტემა	980500	0,00645	152.4 * 10 <sup>6</sup>	6300
ელ-მოწყობილობა	693000	0,00945	77 * 10 <sup>6</sup>	5200

მაღალი რესურსის გამომუშავება თანამედროვე მობილური მანქანებისათვის დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს თუ სათადარიგო დეტალები დროულად იცვლება და ამას დასაბუთებული სისტემური ხასიათი ექნება. ამიტომ, რესურსის ნორმასთან ერთად ნორმირებული უნდა იყოს სათადარიგო დეტალების ხარჯიც, ამასთან არა მარტო მთლიანი



ხარჯი,  $t_{ოკტ}$ . რესურსების გამომუშავებისას, არამედ დიფერენცირებული ნორმები, ე.ი. ნორმები ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით.

**სათადარიგო დეტალების ხარჯის დიფერენცირებული ნორმების განსაზღვრა**

როგორც თეორიული კვლევების ნაწილში იყო აღნიშნული აგრეგატებისა და სისტემების და მთლიანად საკვლევი მანქანებისათვის ოპტიმალური რესურსების დადგენა და შემდეგ საიმედოობის მართვა გულისხმობს საექსპლოატაციო ხარჯების სწორად განაწილებას და რეალური სიდიდეების შესაბამისობას ნამუშევრის ზრდის მიხედვით.

ზემოთ გაანგარიშებული საიმედოობის დონისა და ხარჯების ფარდობის კოეფიციენტების გათვალისწინებით მე-7 „ცხრილში მოცემულია ჯამური ხარჯების ანგარიშის შედეგები ანგარიშით მიღებული რესურსის რეალიზაციის შემთხვევაში.

ცხრილი 7

**საიმედოობის შენარჩუნების ჯამური ხარჯების ანგარიში**

აგრეგატები და სისტემები	საანგარიშო მონაცემები და ანგარიში			
	$C_{შეგ}$ ლარი	d	$1+K_1 + K_2 + K_3$	$\sum C_{სათად}$ ლარი
ძრავა	43000	3,8	2,5	4530
ტრანსმისია	61400	4,1	2,7	5580
ჰიდრავლიკა-საკიდი	18500	4,3	2,8	1540
ელ-მოწყობილობა	15400	3,5	2,5	1780

მიმდინარე რემონტების თითოეული სახეობისათვის, მიუხედავად დეტალების შეცვლის სისტემისა - ინდივიდუალური იქნება თუ ჯგუფური, განისაზღვრა წამყვანი ფუნქცია. იგი წარმოადგენს მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის წარმოებულსა და რიცხვობრივად შეცვლათა რაოდენობის ტოლია.

საიმედოობის მართვის პოზიციებიდან გამომდინარე, აღნიშნული წამყვანი ფუნქცია ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია თითოეული ტექნიკური ზემოქმედების ნაირსახეობის პრაქტიკული რეალიზაციის

პირობებში როგორც ტექნიკური მდგომარეობის საჭირო დონეზე უზრუნველყოფის, ასევე საექსპლოატაციო ხარჯების დაგეგმვისა და კორექტირებისათვის. იგი წარმოადგენს აუცილებელ მახასიათებელს სათადარიგო დეტალების და მასთან დაკავშირებული დანარჩენი ხარჯების დიფერენცირებისათვის.

აღნიშნული პრინციპების გათვალისწინებით ქვემოთ მოცემულია საკვლევი მანქანის სათადარიგო დეტალების ხარჯების დიფერენცირებული მნიშვნელობები ძრავის მაგალითზე. (ცხრილი 8)

ცხრილი 8

**ძრავის სათადარიგო დეტალების ხარჯები**

ნამუშევრის ინტერვალები	კუთრი ლარი/100 სთ	ჯამური დასაწყისი და ლარი/სთ	ნამუშევრის ინტერვალები	კუთრი ლარი/100სთ	ჯამური დასაწყისი და სიდან ლარი
0-500	5	50	4000-4500	63	1550
500-1000	10	100	4500-5000	69	1895
1000-1500	20	200	5000-5500	75	2270
1500-2000	28	340	5500-6000	82	2680
2000-2500	35	515	6000-6500	89	3125
2500-3000	41	720	6500-7000	94	3595
3000-3500	48	960	7000-7500	97	4080
3500-4000	55	1235	7500-8000	101	4530

**დასკვნები**

1. საექსპლოატაციო მონცემების ანალიზის და პრაქტიკული დაკვირვებების შედეგების მიხედვით დადგენილი იქნა, რომ სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მობილური მანქანების ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენების დაახლოებით 60%-ს წარმოადგენს სათადარიგო დეტალების ხარჯვის ნორმების არასწორი დაგეგმვა კონკრეტული საექსპლოატაციო პირობებისათვის, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მათ ეფექტურობას, მით უმეტეს როდესაც მათი გამოყენების კოეფიციენტი 0,2-0,25-ის ტოლია მუშაობის სპეციფიკიდან გამომდინარე.

2. მანქანების ექსპლოატაციის საწყის ეტაპზე ტექნიკური ზემოქმედების ოპერაციების ნომენკლატურის განსაზღვრა გამართლებული და ეფექტურია, როდესაც საგარანტიო ნამუშევარი დიფერენცირებულია ავეგატებისა და სისტემების მიხედვით. ექსპლოატაციის შემდეგ ეტაპზე

ოპერაციების ფორმირება დამოკიდებულია საიმედოობის მაჩვენებლების ცვლილებაზე, რომელიც გამოვლენილი უნდა იქნას ექსპერიმენტის გზით თითოეული მარკის მანქანისათვის კონკრეტულ საექსპლოატაციო პირობებში.

3. შემოთავაზებული ტექნიკური ზემოქმედების - სერვისის სახობები მოიცავენ მანქანის ძირითად და დამხმარე სისტემებს, მათ შორის ფუნქციონალურ კავშირებს, რომელთა ანალიზის შედეგად გამოვლენილი იქნა ხანგამძლეობაზე და ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედი შესასრულებელი ოპერაციები. როგორც ანგარიშის შედეგებმა გვიჩვენა, სერვისის შესრულების ფაქტიური პერიოდულობა ექვემდებარება განაწილების ნორმალურ კანონს ვარიაციის კოეფიციენტით 0,18-0,25 სერვისის თითოეული სხეობისათვის და ნომინალურიდან გადახრა შეადგენს  $15 \div 30$  სთ-ს.

4. საკვლევი მობილური მანქანებისათვის დამუშავებული მეთოდის მიხედვით განსაზღვრული იქნა საგარანტიო ნამუშევრის მნიშვნელობები ძირითადი აგრეგატებისა და სისტემებისათვის. კრიტერიუმად აღებული იქნა 95%-იან უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის დონე. შესაბამის დიაგრამაზე გრაფიკული მეთოდით დადგენილი იქნა, რომ ძრავის, ელექტრომომწყობილობის, ტრანსმისიის და ჰიდრავლიკური სისტემის საგარანტიო რესურსებმა შეადგინა 1250, 1450, 1500, და 1320 სთ. შესაბამისად, მთლიანად ტრაქტორისათვის საგარანტიო რესურსი შეადგენს 2000 სთ-ს, რაც დამამზადებლის მიერ რეკომენდირებულზე მეტია დაახლოებით 20%-ით.

5. ტრაქტორებზე დაკვირვებით მიღებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალებისა და მექანიზმების ნომენკლატურა და განსაზღვრული იქნა მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ძირითადი აგრეგატების, დეტალების და კვანძების რესურსები იცვლება 460-1800 სთ-ის ზღვრებში ვარიაციის კოეფიციენტით 0,23-0,75 და ექვემდებარება განაწილების ნორმალურ კანონს, რაც მიუთითებს დეტალების ცვეთის შედეგად გამოწვეულ მტყუნებებზე.

6. სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით გამოვლენილი იქნა საიმედოობის უზრუნველყოფის საექსპლოატაციო ხარჯები, რომლებიც მოიცავს სათადარიგო დეტალების, მასალების და შრომით ხარჯებს. ცალკეული აგრეგატებისა და სისტემებისათვის მისმა ანალიზმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა საიმედოობის დონე, რომელიც წარმოადგენს შემენისა და საექსპლოატაციო ხარჯების ფარდობას. ძრავისათვის მან შეადგინა 3,8; ტრანსმისიისათვის 4,1; ჰიდრავლიკური სისტემისათვის 4,3; ელექტრომექანიზმებისათვის 3,5. მოცემული მნიშვნელობები მნიშველოვნად აღემატება იგივე საექსპლოატაციო პირობებში მომუშავე ანალოგიური მანქანების მაჩვენებლებს, რაც მიუთითებს საკვლევი ობიექტის მაღალ საიმედოობაზე.

7. დამუშავებული მეთოდებისა და ექსპერიმენტით გამოვლენილი საიმედოობის მაჩვენებლების მიხედვით განსაზღვრული იქნა საკვლევი ობიექტის ძირითადი აგრეგატებისა და სისტემების ოპტიმალური რესურსი ეფექტურობის შემცირების კრიტერიუმით. ანგარიშით მიღებული იქნა, რომ ძრავისთვის იგი შეადგენს 7800 სთ-ს, ტრანსმისიისათვის 7260 სთ-ს და ჰიდრავლიკა საკიდისათვის 6300 სთ. მოცემული რესურსების მაღალი მნიშვნელობები განპირობებულია ერთის მხრივ კონსტრუქციის მაღალი საიმედოობის დონით და მეორეს მხრივ საექსპლოატაციო ხარჯების ნამუშევრის მიხედვით ცვლილების დაბალი კუთხური კოეფიციენტი. ეს კი მიუთითებს იმაზე, რომ რესურსების კორექტირება უნდა მოხდეს საექსპლოატაციო პირობებისა და მუშაობის რეჟიმის პარამეტრების მიხედვით.

8. შემოთავაზებული მეთოდისა და საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების შეცვლის სისტემის ოპტიმიზირებით დადგენილი იქნა სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმები. იგი გაანგარიშებული იქნა ექსპლოატაციის დაწყებიდან მანქანის ოპტიმალური რესურსის დასრულებამდე ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით. სათადარიგო დეტალების მთლიანმა ხარჯმა შეადგინა 4530 ლარი ძრავისათვის, 558 ლარი ტრანსმისიისათვის, 1540 ჰიდრავლიკა-საკიდისათვის და 1780 ლარი ელექტრომომწყობილობისათვის და ტრაქტორის შემდგომი ექსპლუატაცია ითვლება არამიზანშეწონილად ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუარესების გამო. სათადარიგო დეტალების ხარჯვის ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით დიფერენცირებული მნიშვნელობები გვიჩვენებს თუ როგორ მიმდინარეობს მანქანის ექსპლუატაცია.

**დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში:**

1. ვ.ლეკიაშვილი, გ.მარდალეიშვილი. ავტომობილების სათადარიგო დეტალებით უზრუნველყოფის ნორმირების მეთოდის სრულყოფა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (24) 2012წ. გვ.118.
2. ი.ზაკუთაშვილი, ვ.ლეკიაშვილი, გ.მარდალეიშვილი. ავტომობილის უმტყუნებლობის სტატისტიკური პროგნოზირების მეთოდის დამუშავება. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1 (26) 2013წ. გვ.195.
3. ვ. ლეკიაშვილი, გ. მარდალეიშვილი. მობილური მანქანებისა და მათი აგრეგატების საგარანტიო რესურსების განსაზღვრის მეთოდი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (33) 2015წ. გვ.181.

## Abstract

### Mobile Car Spare Parts Spending Differentiated Rationing Methods.

Machines from the standpoint of the efficiency of the use of particular attention to their technical condition for the maintenance of the desired level of operational costs reduction. This is due to the gradual deterioration of the technical condition of the different operating conditions, which is reflected in the intensity of failures and troubleshooting. Depending on how the car is constructed in terms of reliability from the indicators and what are the conditions for the realization of these indices, faults and troubles reflect the development of the will. Therefore, these indicators are related to the organizational and technical measures to ensure the complex.

The aim of the work of the mobile machines spare parts and technical condition of spending differential rationing methods of improving the management of technical and economic parameters.

Based on the analysis of the research objectives were formulated to achieve this goal:

- Mobile units of machinery and systems guarantee optimal resources and determination methods;
- Spare parts spending nomenclature, differentiated standards for determining the method of processing.

The object of the study was taken from the agricultural version of the machines, which are used to operating in difficult conditions to work with.

Theoretical methods of processing involves the study of vehicles, assemblies, systems and mechanisms for the formation of the optimal resource according to the defined criteria. It refers to the core, defining the criteria of efficiency and reducing them to the determination of the optimum. On the other hand, it includes periodic determination of the details of the change and optimize systems.

The basic principle of optimizing is the criteria of efficiency of mobile machines. It includes the maximum level of use with minimum expenses. Costs, as it is known includes the costs of the purchase of equipment (depreciation costs) and the costs of maintaining reliability. The sum of costs should be minimal.

The necessary condition for the reliability of machinery during the process of start operation is planning the need of spare parts and labor costs in terms of technical services and maintenance.

Failure flow option on both the spare parts and paying the option depends on the elements of resources in the dispersion of resources. It is defined as a function of these factors. The magnitude and the development of character  $\omega(L)$  changes the meaning of  $d$  according to  $t_{work}$ . Thus established a connection between the level of a particular item durability parameters and the level of reliability.

In the experimental part of the work happened the detection and processing reliability indicators reveal of the statistical data of failures according to the systems and mechanisms. Detection of faults and malfunctions were grouped according to the mark and established their percentage distribution mechanism or a system of individual nodes and according to the details. Revealed the reliability limiting details and knots, their percentage of the total number of details. Identified by their patterns of distribution of resources and the proper settings. With average resource, variation

ratio and mean square deviation. Failure was defined as well as the systems and mechanisms parameter flow and the change with the increases of mileage.

The theoretical and experimental studies of the joint analysis was performed. A variety of systems and units to guarantee the realization of the method for determining the experimental data were processed according to the model and the special curves of their resources.

According to the maintenance optimization method for practical implementation limiting details and nodes was determined the nomenclature of individual and group substitution. Guarantee details of spending differential values were determined which enabled us to build a proper conclusions.

1. A study of method developed according to the mobile mechanism determined to guarantee the basic value of units and systems. The criteria of probability fail to work was taken from the 95%. The diagram of the graphical method is determined that the engine, electric, transmission and hydraulic system to guarantee resources amounted 1250, 1450, 1500, and 1320 hr. Accordingly, the tractor warranty resource is 2000 hours, which is recommended by the manufacturer for more than 20%.

2. Tractors observation of the statistical data processing revealed the details and mechanisms for limiting the reliability and the range of their resource allocation options. The analysis showed that the main aggregates, details of nodes and resources are changing 460-1800 hours, and subject to the limits of variation 0,23-0,75 normal distribution law, indicating the details of the wear and tear caused by the failures.

3. According to statistics revealed the reliability of software maintenance costs, which include spare parts, materials and labor costs. His analysis of the individual units and systems have allowed us to determine the reliability level, which serves as the acquisition and operational costs ratio. He totaled 3.8 engine; 4,1 transmission; Hydraulic system 4.3; Electric machines for 3.5. The values are significantly higher than in the same operating conditions of vehicles operating in the same figure, which indicates the high reliability of the object under study.

4. Processed methods and experiments demonstrated the reliability of the indicators identified by the research unit of the main units and systems for optimal resource efficiency reduction. After this decision was that it amounts to 7800 hours for the engine, transmission and hydraulics 7260 hours to 6300 hours overhead. The resources due to the high values on the one hand and on the other hand the state of the art design, high reliability, low operating costs and to the change in the angular coefficient. This indicates that the exploitation of resources should be adjusted to the conditions and operation parameters.

The proposed method and system for optimizing reliability limiting details of the change were determined by differential rates of spending spare parts. It was calculated from the beginning of exploitation to the end of the car optimal resource, according to the intervals. Spare details of the total expenditure amounts to GEL 4530 engine, 558 GEL for the transmission, hydraulics, suspension for 1540 and 1780 GEL electrical device and subsequent operation of the tractor is considered inappropriate due to worsening economic indicators. Spare details of expenditure by the differential values of the interval shows how the car is being exploited.