

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გიორგი მარდალეიშვილი

მობილური მანქანების სათადარიგო დეტალების  
ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის  
სრულყოფა

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა - ტრანსპორტი, შიფრი 0407  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო  
თებერვალი 2016

საავტორო უფლება © 2016 წელი, გიორგი მარდალეიშვილი  
თბილისი  
2016 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ  
უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და  
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის  
საავტომობილო ტრანსპორტის დეპარტამენტიში

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელმოწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით გიორგი მარდალეიშვილის მიერ შესულებულ სადისერტაციო ნაშრომს თემაზე: „მობილური მანქანების სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის სრულყოფა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი „\_12\_“ \_\_თებერვალი\_\_2016წ.

ხელმძღვანელი ვ. ლეკიაშვილი \_\_\_\_\_

რეცენზენტები: რ. ცხვარაძე \_\_\_\_\_

პ. დოლიძე \_\_\_\_\_

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2016 წელი

ავტორი: გიორგი მარდალეიშვილი

დასახელება: მობილური მანქანების სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის სრულყოფა.

ფაკულტეტი: სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: „\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 2016წ.

ინდივიდუალური პიროვნების ან ინსტიტუტის მიერ ზემოთ მოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს

---

ავტორის ხელმოწერა

„ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიან ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომი გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალაზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას“.

## რეზიუმე

### მობილური მანქანების სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის სრულყოფა.

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 უწყვირობების ინტენსიურობით. იმის და მიხედვით, თუ როგორია მანქანების საიმედოობის საწყისი მაჩვენებლები და როგორია ექსპლუატაციის პირობებში ამ მაჩვენებლების რეალიზაციის პირობები, მტყუნებების და უწყვირობების განვითარების კანონზომიერებები შესაბამისი იქნება. ამიტომ ამ მაჩვენებლების უზრუნველყოფა დაკავშირებულია ორგანიზაციულ-ტექნიკურ ღონისძიებათ კომპლექსზე.

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.

კვლევის ობიექტად აღებული იქნა სასოფლო სამეურნეო დანიშნულების მობილური მანქანები, რომელთა ექსპლუატაცია დაკავშირებულია რთულ საექსპლუატაციო პირობებში მუშაობასთან.

თეორიული მეთოდების დამუშავება მოიცავს საკვლევი მანქანების, აგრეგატების, სისტემებისა და მექანიზმების ოპტიმალური რესურსის ფორმირებას განსაზღვრული კრიტერიუმის, მიხედვით. იგი გულისხმობს ძირითადი, განმსაზღვრელი კრიტერიუმის ეფექტურობის შემცირების ჩამოყალიბებას და მათთვის ოპტიმალური ნამუშევრის განსაზღვრას. მეორეს მხრივ, პერიოდულობის დადგენას და დეტალების შეცვლის სისტემების ოპტიმიზირებას.

ოპტიმიზირების ძირითად პრინციპს წარმოადგენს მობილური მანქანების ეფექტურობის კრიტერიუმი. იგი გულისხმობს მაქსიმალური

გამოყენების დონეს მინიმალური ხარჯებით. ხარჯები კი, როგორც ცნობილია, მოიცავს ტექნიკის შექმნისა (საამორტიზაციო ხარჯები) და საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯებს. აღნიშნული ხარჯების ჯამი უნდა იყოს მინიმალური.

ექსპლატაციის პროცესში მანქანების საიმედოობის უზრუნველყოფის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს სათადარიგო ნაწილების და შრომითი ხარჯების მოხოვნათა დაგეგვმა ტექნიკური მომსახურებისა და მიმდინარე რემონტების შესრულების პირობებში.

მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი როგორც სათადარიგო დეტალების ხარჯვის მთავარი 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  $t_{\text{ნამუშევრის}}$  მიხედვით. ამით დადგინდება კავშირი კონკრეტული ელემენტის ხანგანმძლეობის პარამეტრებსა და საიმედოობის დონეს შორის.

ნაშრომის ექსპერიმენტულ ნაწილში მოხდა მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების დამუშავება და საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა სისტემების და მექანიზმების მიხედვით. მტყუნებები და უწყესივრობები დაჯგუფებული იქნა გამოვლენის ნიშნის იხედვით და დადგენილი იქნა მათი პროცენტული განაწილება მექანიზმის ან სისტემის ცალკეული კვანძებისა და დეტალების მიხედვით. გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალები და კვანძები, მათი პროცენტული რაოდენობა დეტალების საერთო რაოდენობასთან შედარებით. განსაზღვრული იქნა მათი რესურსები და განაწილების კანონზომიერებები სათანადო პარამეტრებით. საშუალო რესურსით, ვარიაციის კოეფიციენტით და საშუალო კვადრატული გადახრით.

განსაზღვრული იქნა აგრეთვე სისტემებისა და მექანიზმების მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი და მისი ცვლილება გარბენის ზრდასთან ერთად.

შესრულდა თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზი. სხვადასხვა სისტემების და აგრეგატებისათვის საგარანტიო ნამუშევრის განსაზღვრის მეთოდის რეალიზაციის მიზნით ექსპერიმენტული მონაცემები შეტანილი იქნა დამუშავებულ მოდელში და სპეციალური მრუდეების მიხედვით განსაზღვრული იქნა მათი რესურსები.

მიმდინარე რემონტების ოპტიმიზაციის მეთოდის პრაქტიკული რეალიზაციისათვის მალიმიტირებელი დეტალებისა და კვანძების მიხედვით დადგენილი იქნა ინდივიდუალური და ჯგუფური შეცვლების ნომენკლატურა. განსაზღვრული იქნა საგარანტიო დეტალების ხარჯვის

დიფერენცირებული მნიშვნელობები. რამაც საშუალება მოგვცა ჩამოგვეყალიბებინა სათნადო დასკვნები.

- საკვლევი მობილური მექანიზმისათვის 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, ელექტრომომწობილობის, 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.

- ტრაქტორებზე დაკვირვებით მიღებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მაღალიმტირებელი 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.

- 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.

- 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.

- 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 ელექტრომოწყობილობისათვის და ტრაქტორის შემდგომი ექსპლუატაცია ითვლება არამიზანშეწონილად ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუარესების გამო. სათადარიგო დეტალების ხარჯვის ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით დიფერენცირებული მნიშვნელობები გვიჩვენებს თუ როგორ მიმდინარეობს მანქანის ექსპლუატაცია.

## **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.

- 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%.

- 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.

- 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.

- 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.

## შინაარსი

შესავალი .....	16
1. ლიტერატურის მიმოხილვა .....	20
1.1. მობილური მანქანების აგრეგატებისა და მექანიზმების რესურსების განსაზღვრის მეთოდები.....	21
1.2. მობილური მანქანების სათადარიგო დეტალებით უზრუნველყოფის მეთოდები.....	29
2. შედეგები და განსჯა.....	41
2.1. საიმედოობის კვლევის თეორიული მეთოდების დამუშავება.....	43
2.1.1. მანქანების და მისი აგრეგატების საგარანტიო რესურსების გასაზღვრის მეთოდის დამუშავება .....	43
2.1.2. მობილური მანქანების აგრეგატების ოპტიმალური რესურსის განსაზღვრის მეთოდის სრულყოფა.....	48
2.1.3. სათადარიგო დეტალების დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის დამუშავება.....	53
2.2. მობილური მანქანების საიმედოობის ექსპერიმენტული კვლევა.....	59
2.2.1. ექსპერიმენტული კვლევის პირობები და ორგანიზაცია.....	61
2.2.2. სტატისტიკური მაჩვენებლების გამოვლენა და მათი კლასიფიკაცია..	68
2.2.3. საიმედოობის მაღიმიტირებელი დეტალებისა და კვანძების გამოვლენა .....	73
2.2.4. უმტყუნებლობის მაჩვენებლების გამოვლენა.....	76
2.2.5. ხანგამძლეობის მაჩვენებლები .....	82
2.2.6. სარემონტო ვარგისიანობა .....	86
2.3. საიმედოობის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზი. ....	92
2.3.1. აგრეგატების საგარანტიო რესურსების განსაზღვრა .....	93
2.3.2 აგრეგატებისა და მექანიზმების ოპტიმალური რესურსების განსაზღვრა.....	97
2.3.3. სათადარიგო დეტალების ხარჯის დიფერენცირებული ნორმების განსაზღვრა და მისი რეალიზაციის ეფექტიანობა .....	101
დასკვნები.....	106
გამოყენებული ლიტერატურა .....	109

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. John Deere 6930 ტექნიკური მონაცემები.....	62
ცხრილი 2. სხვადასხვა სახის სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებზე ტრაქტორის გამოყენების %-ული განაწილება.....	63
ცხრილი 3. საკვლევი ტრაქტორების მუშაობის საექსპლოატაციო- ტექნიკური მაჩვენებლები.....	64
ცხრილი 4. რეგლამენტით გათვალისწინებული სერვისის ოპერაციები ექსპლოატაციის დაწყებიდან 2500 მტ/სთ რესურსის პერიოდში.....	66
ცხრილი 5. პერიოდულობის განაწილების პარამეტრები.....	68
ცხრილი 6. მტყუნებებისა და უწესივრობების პროცენტული განაწილება სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით.....	69
ცხრილი 7. მტყუნებათა კლასიფიკაცია გარე ნიშნებისა და მიზეზების მიხედვით.....	70
ცხრილი 8. მტყუნებათა კლასიფიკაცია ფიზიკური შინაარსის მიხედვით...	71
ცხრილი 9. საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალები და მათი შეცვლათა პროცენტული განაწილება.....	74
ცხრილი 10. საკვლევი მანქანის აგრეგატებისა და სისტემების მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი.....	79
ცხრილი 11. სათადარიგო დეტალების ხარჯი, ლარი.....	86
ცხრილი 12. სათადარიგო დეტალების ხარჯის პროცენტული განაწილება აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით.....	87
ცხრილი 13. მტყუნებათა აღმოფხვრის შრომატევადობები, მტ/სთ.....	90
ცხრილი 14. საკვლევი მანქანის აგრეგატების და სისტემების საგარანტიო რესურსები მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებით.....	96
ცხრილი 15. აგრეგატებისა და სისტემების რესურსების საანგარიშო მონაცემები.....	100

ცხრილი 16. აგრეგატებისა და სისტემების რესურსების საანგარიშო მონაცემები.....	100
ცხრილი 17. საიმედოობის შენარჩუნების ჯამური ხარჯების ანგარიში.....	102
ცხრილი 18. ძრავის სათადარიგო დეტალების ხარჯები.....	104
ცხრილი 19. ტრნსმისიის სათადარიგო დეტალების ხარჯები.....	104
ცხრილი 20. ჰიდრავლიკა-საკიდის სათადარიგო დეტალების ხარჯები.....	105
ცხრილი 21. ელექტრომომწობილობის სათადარიგო დეტალების ხარჯები.....	105

## ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1. დეტალების ცვეთის კანონზომიერება.....	23
ნახ.2. ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის ცვლილება გარბენისგან დამოკიდებულებით.....	26
ნახ.3. მანქანის შეძენისა და საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯების ცვლილება ნამუშევრის მიხედვით.....	28
ნახ.4. სათადარიგო დეტალების რაოდენობის ცვლილება დროს მიხედვით.....	31
ნახ.5. ავტომობილების დეტალების შეცვლის სისტემების კლასიფიკაცია...	34
ნახ. 6. დეტალების მტყუნების ალბათობის მრუდები.....	35
ნახ. 7. დეტალების რესურსის გამოყენების კოეფიციენტის ცვლილება რესურსების განაწილების ვარიაციის კოეფიციენტის მიხედვით.....	37
ნახ. 8. კვლევის მეთოდოლოგიური სქემა.....	42
ნახ. 9. მტყუნებათა განაწილების ნორმალური კანონი.....	46
ნახ. 10. კონსტრუქციული ელემენტის საგარანტიო რესურსის განსაზღვრა.....	47
ნახ.11. მანქანის შეძენისა და საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯების ცვლილება ნამუშევრის მიხედვით.....	50
ნახ.12. მანქანის შეძენისა და საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯები.....	51
ნახ. 13. ტრაქტორების წლიური ნამუშევრის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი.....	65
ნახ 14. ძრავის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი.....	77
ნახ 15. ტრანსმისიის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი.....	77
ნახ 16. ჰიდრავლიკის და საკიდი სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი.....	78
ნახ 17. მაცუქის გოფრირებული მილის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა...	80
ნახ 18. საწვავის ელექტროფეკვევანების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა...	80
ნახ 19. ძრავის ღვედის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა.....	81
ნახ 20. ზეთის მილის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა.....	81

ნახ 21. ტურბოკომპრესორის რესურსის განაწილების სიმჭიდროვე.....	84
ნახ 22. გენერატორის რესურსის განაწილების სიმჭიდროვე.....	84
ნახ 23. ძრავის ღვედის რესურსის განაწილების სიმჭიდროვე.....	85
ნახ 24. ცენტრალური წვევის რესურსის განაწილების სიმჭიდროვე.....	85
ნახ 25. ძრავის სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება.....	88
ნახ 26. ტრანსმისიის სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება.....	88
ნახ. 27. ელ.მოწყობილობის სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება.....	89
ნახ 28. ჰიდრავლიკა და საკიდი სისტემა სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება.....	89
ნახ.29. მტყუნების აღმოფხვრისკუთრი შრომატევადობის ცვლილება.....	91
ნახ. 30. მტყუნების აღმოფხვრისკუთრი შრომატევადობის.....	91
ნახ.31. ძრავას და ტრანსმისიის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი.....	95
ნახ. 32. ჰიდრავლიკისა და საკიდი სისტემის და ელ.მოწყობილობის უმტყუნებო მუშაობის მრუდი.....	96
ნახ 33. ძრავის და ტრანსმისიის საიმედოობის შენარჩუნების ჯამური ხარჯების ცვლილება.....	99
ნახ 34. ელ.მოწყობილობის (1) და ჰიდრავლიკისა და საკიდი სისტემის (2) საიმედოობის შენარჩუნების ჯამური ხარჯების ცვლილება.....	99

## შესავალი

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 უწესივრობების ინტენსიურობით. იმის და მიხედვით, თუ როგორია მანქანების საიმედოობის საწყისი მაჩვენებლები და როგორია ექსპლუატაციის პირობებში ამ მაჩვენებლების რეალიზაციის პირობები, მტყუნებების და უწესივრობების განვითარების კანონზომიერებაც 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.

სატრანსპორტო, სასოფლო-სამეურნეო და სხვა მობილური მანქანების ეფექტიანობის შესწავლისას მკვეთრათ გამოიკვეთა მისი გაზრდის ორი ძირითადი მიმართულება:

1. მწარმოებლურობის ამაღლება საექსპლუატაციო პირობებისა და მუშაობის სპეციფიკიდან გამომდინარე მაჩვენებლების სრულყოფისა და გაუმჯობესების ტენდენციებით.
2. ტექნიკური უზრუნველყოფის ღონისძიებათა კომპლექსი, როელშიც განსაკუთრებული ადგილი უკავია მანქანათა ტექნიკურ მაჩვენებლებს და მათ უზრუნველსაყოფად საჭირო მოცდენების მნიშვნელობას.

ეს უკანასკნელი იმდენად საგრძნობლად მოქმედებს ეფექტიანობაზე, რომ ცალკეული მანქანებისათვის 40-50% - ს აღწევს. მხედველობაში გვაქვს



ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენები, რომლებიც დამოკიდებულია ერთის მხრივ მანქანის კონსტრუქციულ თავისებურებაზე, მეორეს მხრივ საიმედოობის შესანარჩუნებელ ტექნიკურ-ეკონომიკურ ღონისძიებებზე. ეს უკანასკნელი მოიცავს მანქანების გამოყენების ეფექტიანობის ისეთ ტექნიკურ საკითხებს, როგორებიცაა: ტექნიკური ზემოქმედების რეჟიმების ოპტიმიზირების მეთოდების დამუშავება, საიმედოობის მაჩვენებლების სასურველ დონეზე შენარჩუნება, სათადარიგო დეტალების საჭირო რაოდენობის მოთხოვნილებათა პროგნოზირება და უზრუნველყოფა, ტექნიკური ზემოქმედების ოპერატიული მართვის პარამეტრების შერჩევა. ჩამოთვლილი საკითხები აისახება ერთ-ერთ ყველაზე კომპლექსურ და ძირითად მაჩვენებელზე, ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტზე, რომელიც ყველაზე მნიშვნელოვნად მოქმედებს მანქანების ეფექტიანობაზე.

საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის და სასოფლო-სამეურნეო მობილური მანქანების ტექნიკური ექსპლუატაციის დებულებებითა და პრინციპებით გათვალისწინებულია და განსაზღვრულია ექსპლუატაციის პროცესში მათზე განხორციელებული ტექნიკური ზემოქმედების ფორმები და მეთოდები. ისინი მოიცავენ როგორც პროფილაქტიკურ ოპერაციათა ჯგუფს სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით, ისე შესაცვლელი დეტალების ნომენკლატურას სათანადო საშემსრულებლო რეჟიმების პარამეტრებით და ეკონომიკური მაჩვენებლებით. ტექნიკური ზემოქმედების თითოეული ფორმა და სახეობა მოითხოვს ოპტიმიზირებას შერჩეული კრიტერიუმით კონკრეტული მანქანის, მოდელის, კლასისა და კონკრეტული საექსპლუატაციო პირობებისათვის.

მობილურ მანქანებზე განხორციელებული ტექნიკური ზემოქმედების ტექნოლოგიურ სისტემაში მნიშვნელოვანი და განსაკუთრებული ადგილი უკავია დეტალების შეცვლის სტრატეგიას, რომელიც მოიცავს შეცვლათა სისტემის ოპტიმიზირებას ცალკეული სახეობისათვის. იგი დაკავშირებულია დეტალების მტყუნებამდე ნამუშევრის განაწილების

კანონზომიერებასთან, რესურსების საგარანტიო და საშუალო მნიშვნელობებთან. ამიტომ მათი ხარჯვის სწორი დაგეგმვა წარმოადგენს მოცდენების შემცირების აუცილებელ პირობას. სათადარიგო დეტალების ნორმირება ნომენკლატურის მიხედვით უნდა განხორციელდეს ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით. ასეთი დიფერენცირება მატერიალური რესურსების განაწილებისა და გამოყენების ოპტიმალური ვარიანტის გამოვლენას ითვალისწინებს, რაც რეალურად ასახავს მათზე მოთხოვნილებას.

ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორები ქმნიან იმის აუცილებლობას რომ მოიძებნოს მანქანების ტექნიკური მდგომარეობის და საერთოდ საიმედოობის მართვის ეფექტური გზები მატერიალური და შრომითი ხარჯებს მინიმალური დანაკარგებით, რაც ზრდის მის აქტუალობას

**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 მობილური მანქანების აგრეგატებისა და მექანიზმების რესურსების განსაზღვრის მეთოდის სრულყოფა ეფექტიანობის კრიტერიუმით; სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დიფერენცირებული ნორმირების მეთოდის დამუშავება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ინტერვალური მნიშვნელობების მიხედვით, რომელთა რეალიზება ზრდის ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტს.

მობილური მანქანების ტექნიკური ექსპლუატაციის აღნიშნული მეთოდების სრულყოფა და გაუმჯობესება საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით იძლევა საშუალებას ტექნიკური მდგომარეობის და საიმედოობის მართვის პროცესები ეფექტურად იქნას განვითარებული. ეს ხელს შეუწყობს მანქანების ექსპლუატაციის, როგორც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფუნქციონალური რგოლის პრობლემების რაციონალურ გადაწყვეტას, მოძრაობის და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ამაღლებას და ტექნიკური ხარჯების შემცირებას

## 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

მანქანათა ტექნიკური მდგომარეობის გარკვეულ დონეზე შენარჩუნება და უზრუნველყოფა მრავალ ფაქტორზე დამოკიდებულ სარეალიზაციო სისტემას წარმოადგენს. ამ სისტემის ეფექტიანობა უპირველეს ყოვლისა განისაზღვრება მანქანათა კონსტრუქციების სრულყოფით, დამზადების ტექნოლოგიების მუდმივ განახლებადი განვითარებით, მათში ჩადებული საიმედოობის მაჩვენებლებით, საექსპლოატაციო პირობებისადმი შესაბამისობით და შეგუებით.

მეორეს მხრივ არანაკლებ მნიშვნელოვანია და მეურნეობრივი პოზიციებით გადამწყვეტია ექსპლოატაციის პროცესში სატრანსპორტო და მობილური მანქანების მუშაობის უნარის ისეთ დონეზე შენარჩუნება, რომელიც უზრუნველყოფს მათ ფუნქციონირებას საექსპლოატაციო და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების და პარამეტრების განუხრელ დაცვას ნორმატივებით გათვალისწინებული მოთხოვნების მიხედვით. ამან განაპირობა მანქანათამშენებლობისა და ტრანსპორტის განვითარების ყველა ეტაპზე საიმედოობის კვლევის ფორმირებისა და მეთოდების სრულყოფა და გაუმჯობესება, რაც სატრანსპორტო ლოჯისტიკური სისტემის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი რგოლია.

საიმედოობის რაოდენობრივი მაჩვენებლების შეფასებამ მოითხოვა შესაბამისი მათემატიკური აპარატის შექმნა. მათემატიკური მეთოდების, მასობრივი მომსახურების თეორიის, მტყუნებათა პროგნოზირების და საიმედოობის მაჩვენებლების გაზრდის შესახებ შეიქმნა ცნობილი მეცნიერების ფუნდამენტალური შრომები [1-8] ტექნიკის სფეროში პრობლემური საკითხების გადაწყვეტისათვის. ტექნიკის ისეთი მნიშვნელოვანი სფეროსათვის როგორცაა საავტომობილო ტრანსპორტი და სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მობილური მანქანები მთელი თავისი ინფრასტრუქტურით და ექსპლუატაციის თავისებურებებით, მნიშვნელოვანია მისი ეფექტური ფუნქციონირება, რასაც განსაკუთრებული

ყურადღება ექცეოდა და ექცევა დღესაც. ამიტომ მობილური მანქანების საიმედოობის კვლევისადმია მიძღვნილი მეცნიერთა შრომები [13-24].

ავტომობილების და მობილური მანქანების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის და საერთოდ საიმედოობის შესახებ სამეცნიერო-კვლევით მუშაობას ეწევიან სამეცნიერო და სასწავლო ინსტიტუტები, საავტომობილო და საერთოდ 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 გაზდის 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.

### **1.1. მობილური მანქანების აგრეგატებისა და მექანიზმების რესურსების განსაზღვრის მეთოდები**

ნებისმიერი ნაკეთობის, განსაკუთრებით მობილური მანქანების, მათი აგრეგატებისა და დეტალების რესურსი გამოვლინდება ექსპლოატაციის პროცესში და განპირობებულია ზღვრულ მდგომარეობამდე ნამუშევრით (გარბენა კმ-ში, დრო-საათებში და სხვ.). [25] კონკრეტული ელემენტისათვის გაცვეთის დონე, მუშაობის ტექნიკური პარამეტრის დასაშვები ზღვარი,

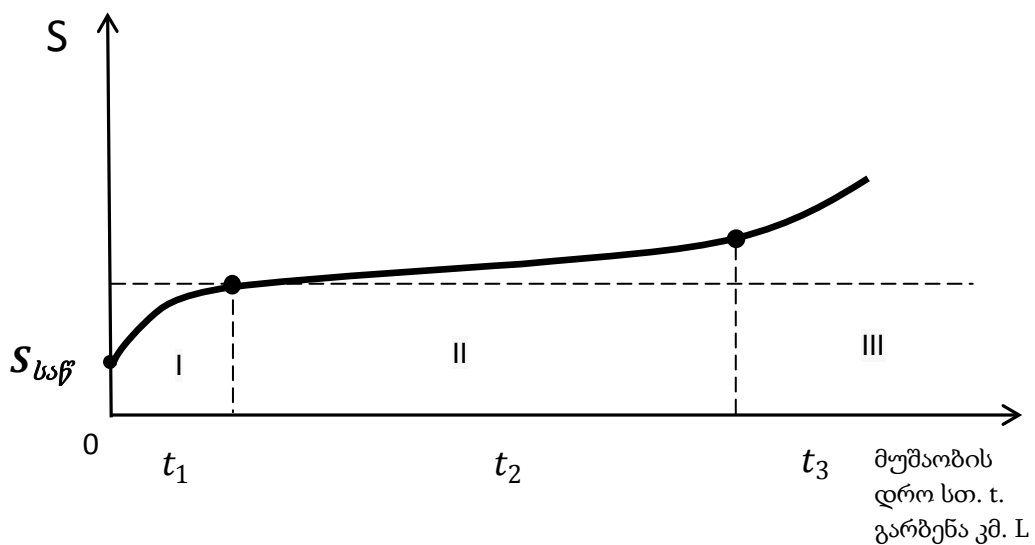
რომლის შემდეგაც ხდება მტყუნება ან მუშაობის უნარის დაკარგვა იმ მაჩვენებლებით, რაც ტექნიკური დოკუმენტაციით არის გათვალისწინებული, წარმოადგენს საშუალო რესურს.

ზღვრულ მდგომარეობამდე ნამუშევარი (რესურსი) დამოკიდებულია უპირველეს ყოვლის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფასა და ნორმატივების დაცვაზე, გამოყენებული მასალების ხარისხზე, ტექნოლოგიური მოწყობილობების საიმედოობაზე და საშემსრულებლო პერსონალის კვალიფიკაციაზე. ამის გათვალისწინებით დამამზადებლის მიერ მოცემულია მანქანისა და მისი აგრეგატების რესურსები, როგორც საგარანტიო, ასევე საშუალო რაოდენობრივი მაჩვენებლის სახით და ასახულია იგი ტექნიკური დოკუმენტაციის მაჩვენებლებში.

რეალურ საქსპლუატაციო პირობებში მანქანებისა და მისი შემადგენელი ელემენტების რესურსებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს საქსპლუატაციო პირობების ისეთი კომპონენტები როგორებიცაა: მუშაობის რეჟიმები (დატვირთვები, ციკლები, დრო) კლიმატური და გარემოს ზემოქმედება, საგზაო, ტექნიკური ზემოქმედების რეჟიმები (ტექნიკური მომსახურება, რემონტი), მომსახურე პერსონალის კვალიფიკაცია, გამოყენებული საქსპლუატაციო მასალების ხარისხი და მათი შესაბამისობა (საწვავი, ზეთი) და სხვა. ბუნებრივია, თითოეული ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორი სხვადასხვანაირ გავლენას ახდენს მანქანისა და მისი აგრეგატის ხანგამძლეობაზე და მაშასადამე მის ძირითად მახასიათებელზე-საშუალო რესურსზე. ამ მიმართულებით მნიშვნელოვან ნაშრომს წარმოადგენს კუგელის კვლევები [37] ავტორის მიერ მოცემულია რესურსის გამოვლენისა და შეფასების სრულფასოვანი მეთოდი, რომელიც განპირობებული კონკრეტული აგრეგატის და მექანიზმის ტექნიკური მდგომარეობის თანდათანობითი გაუარესების მიხედვით და რესურსის შემცირების ტენდენციით. ავტორის მიერ დამუშავებული მეთოდით რესურსი განისაზღვრება როგორც ცვეთის ინტენსიურობის ფუნქცია.

$$t_i = \varphi(s) \quad (1)$$

პარამეტრების ზღვრულ მდგომარეობამდე მიღწევის შემთხვევაში რესურსი სრულ რეალიზებულად ითვლება და შემდგომი ექსპლუატაცია დაუშვებელია. მაშასადამე ავტორს ამ შემთხვევაში გამოყენებული აქვს რესურსის განსაზღვრის შემდგომი ექსპლუატაციის შეუძლებლობის კრიტერიუმი, რაც გამარტივებული სახით იმას ნიშნავს, რომ ელემენტმა ამოწურა თავისი შესაძლებლობა და იგი უნდა მოიხსნას ექსპლუატაციიდან. ამ მეთოდის გაგრძელებასა და პრაქტიკულ დასაბუთებას წარმოადგენს გ.კრამარენკოს მიერ დამუშავებული რესურსის განსაზღვრის გრაფიკული მეთოდი, [13] რომლის გამარტივებული ვარიანტი მოცემულია ნახ. 1-ზე ავტორის მიერ ექსპლუატაციის მთელი ციკლი გაყოფილია 3 უბნად: I. მიმუშავების პერიოდი; II. ცვეთის ინტენსიურობის დამყარებული რეჟიმის პერიოდი; III. ავარიული ცვეთის პერიოდი.



ნახ. 1 დეტალების ცვეთის კანონზომიერება.

მოცემული სქემის მიხედვით ობიექტის მთლიანი რესურსი დამოკიდებულია თითოეული უბნის (პერიოდის) ხანგრძლივობაზე. ბუნებრივია I და III არ წარმოადგენენ განმსაზღვრელს. მთავარია რეალური ექსპლუატაციის II პერიოდი, როდესაც ხდება მთელი რიგი ტექნიკური ზემოქმედების შემთხვევაში რესურსის მართვა. (ზეთის შეცვლა, საკონტროლო-სარეგულირებლო სამუშაოების შესრულება და სხვა.)

ამ მიმართულებით მკვლევართა მიერ ბოლო დროს განხორციელებული სანეცნიერო სამუშაოები (ჯ. იოსებიძე, გ. აბრამიშვილი) [9] მოიცავენ ავტომობილის აგრეგატებსა და მექანიზმების რესურსებზე შემზეთი მასალების ეფექტურ გამოყენებას მათი მოდერნიზაციისა და შეცვლის ოპტიმალური პერიოდულობის დაცვის თვალსაზრისით. შემზეთი მასალა განხილულია როგორც კონსტრუქციული ელემენტი, რომლის თანდათანობითი მტყუნება ექვემდებარება განაწილების ნორმალურ კანონს ვარიაციის დაბალი კოეფიციენტით.

შესრულებული კვლევების საფუძველზე ზეთის დანამატებით მოდერნიზაციის პირობებში ზოგიერთი აგრეგატისა და მექანიზმის რესურსი გაზრდილია 1,4-1,6-ჯერ და შესაბამისად შემცირებულია საექსპლოატაციო ხარჯები.

მანქანათა კონსტრუქციების, მათი აგრეგატებისა და მექანიზმების რესურსებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ეფექტური მომსახურების რეჟიმების ოპტიმიზირება. კერძოდ, მისი ისეთი კომპონენტის, როგორცაა ოპერაციის შესრულების პერიოდულობის დადგენა. ამ მხრივ საყურადღებოა ბოლო დროს განხორციელებული კვლევები.[20-23]

ოპტიმიზირების კრიტერიუმად მიღებულია აგრეგატის (მექანიზმის, სისტემის) მუშაობის რეჟიმიდან გამომდინარე უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის დონე, ეკონომიკური მაჩვენებელი, ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილების კანონზომიერება.

ავტორთა მიერ პერიოდულობის განსაზღვრის კონკრეტული შემთხვევისათვის (მექანიზმის ან სისტემის მაგალითზე) დამუშავებულია მათემატიკური მოდელები, რომლებსაც საფუძვლად უდევს ტექნიკურ-ეკონომიკური კრიტერიუმი. ოპტიმიზირების მიზნობრივი ფუნქცია შემდეგნაირად არის წარმოდგენილი:

$$C(L) = \frac{C_{ტმ}}{L_{მომს}} + \frac{C_{ა.რ}}{L_{საშ}} \rightarrow \min \quad (2)$$

სადაც  $C(L)$  არის ტექნიკური მომსახურების კუთრი ხარჯები;

$C_{ტმ}$  - ტექნიკურ მომსახურებაზე გაწეული ხარჯები;



$C_{a,r}$  - მიმდინარე რემონტის ხარჯები.

ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრის ცალკეული მოდელის დამუშავებისათვის საანგარიშო გამოსახულებებში შეტანილია ნამუშევრის რესურსის მნიშვნელობები და მათი შესაბამისი უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის სიდიდეები.

ზოგადად, პერიოდულობის განსაზღვრის მათემატიკური მოდელი შემდეგნაირად არის ფორმირებული:

$$C(L_{მომს}) = \frac{1}{L_{მომს}} \frac{1}{L_{მომს}} \left\{ C_{მტყ}^{ტმ} [P^-(L_{მომს}) + C_{მტყ} * P_i^n(L_{მომს})] \right\} \rightarrow \min \quad (3)$$

სადაც  $C_{მტყ}^{ტმ}$  - არის მტყუნების ღირებულება ტექნიკური მომსახურების დროს;

$C_{მტყ}$  - მტყუნების ღირებულება;

$P^-(L_{მომს})$  - უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის საშუალო მნიშვნელობა;

$P_i^n(L_{მომს})$  - პერიოდულობის მაქსიმალურ და მიმდინარე მნიშვნელობის ფარდობა.

ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის დასაბუთებისა და კვლევის საკითხებისადმი მიძღვნილი ე. კუზნეცოვის შრომები [15,16]. მის მიერ შემოთავაზებულია მოძრავი შემადგენლობის შერჩევის მეთოდები, რომლებშიც შეფასებისათვის მიღებული აქვს შემდეგი კრიტერიუმები:

- ავტრეგატების, სისტემების და მექანიზმების გარეგნული სახე;
- მოძრაობის უსაფრთხოების პარამეტრების უზრუნველყოფა;
- მოძრავი შემადგენლობის მწარმოებლურობა;
- ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრების დასაშვები დონე;
- ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.

ავტორის რეკომენდაციით უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის დასაშვები სიდიდე მოძრაობის უსაფრთხოებაზე მოქმედი სისტემებისათვის უნდა იყოს არა ნაკლებ 0,95-0,98, ხოლო დანარჩენი სისტემებისათვის 0,85-0,90.

აღნიშნული მეთოდების სრულყოფისა და დაკონკრეტებისადმი მიძღვნილი ა. შეინინის შრომები [17,18,19]. იგი პერიოდულობას

განსაზღვრავს როგორც უმტყუნებლობის ფუნქციას. ალბათობა იმისა, რომ  $t_1$  დან  $t_2$  - მდე ნამუშევრის შემთხვევაში მტყუნება არ მოხდება, განისაზღვრება შემდეგნაირად:

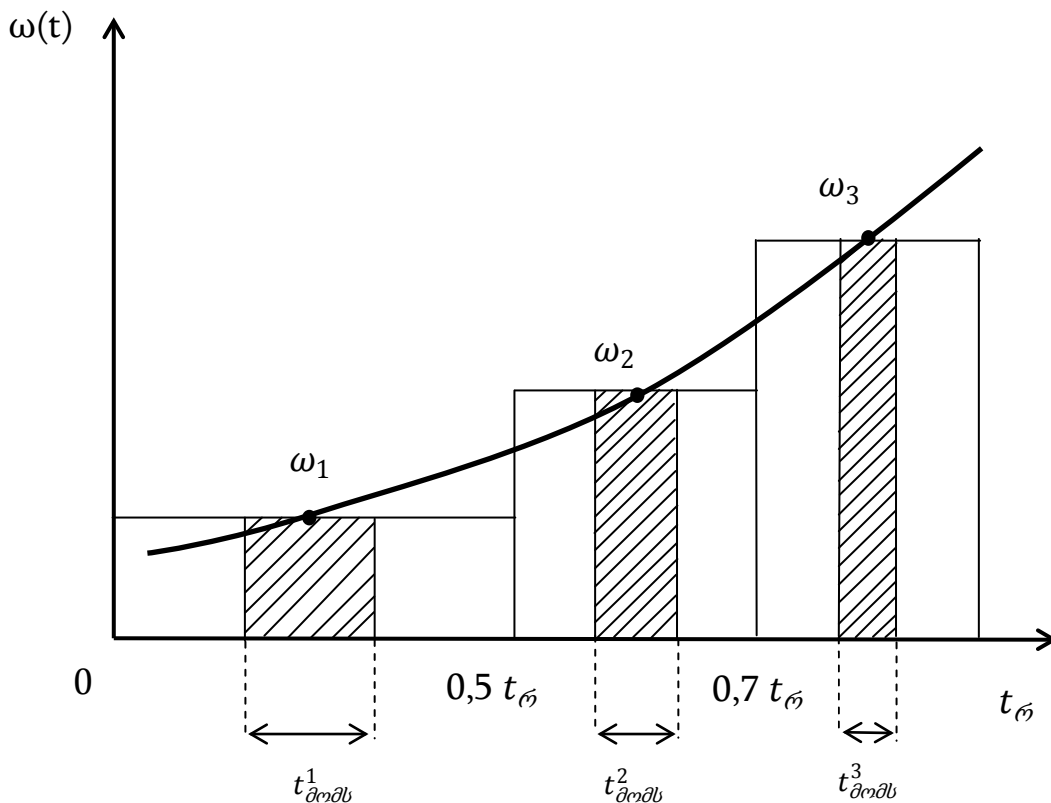
$$P(t_2 - t_1) = e^{-\Omega t} \quad (4)$$

სადაც  $\Omega(t)$  არის წამყვანი ფუნქცია და წარმოადგენს  $t$  ნამუშევარზე ობიექტის მტყუნებათა საშუალო რაოდენობას.

თუ მივიღებთ, რომ მომსახურებებს შორის პერიოდში უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა 0,80-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს, შეიძლება ვისარგებლოთ გამოსახულებით:

$$P(t_{\text{მოძ}}) = 1 - \omega t_{\text{მოძ}} \quad (5)$$

სადაც,  $\omega$  არის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი, რომელიც ნამუშევრის რესურსის ზრდასთან ერთად იზრდება (ნახ. 2)



ნახ.2. ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის ცვლილება გარბენისგან დამოკიდებულებით.

ვინაიდან, ორგანიზაციული და სხვა მიზეზების გამო, პერიოდულობის მუდმივად შემცირება შეუძლებელია, იგი დაგეგმილი უნდა იქნას საფეხურობრივად მთლიანი რესურსის  $t_{რ}$  ზღვრებში შემდეგნაირად: 0-დან  $0,5t_{რ}$ -მდე ყველაზე დიდი პერიოდულობა,  $0,5 -$  დან  $0,75 t_{რ}$  - მდე პერიოდულობის საშუალო მნიშვნელობა და  $0,75 t_{რ}$  - დან  $1,0 t_{რ}$  - მდე პერიოდულობის შემცირებული (მინიმალური) მნიშვნელობა. უნდა აღინიშნოს, რომ თავისი სარეალიზაციო ღირებულებისა და ეფექტურობის გათვალისწინებით აღნიშნული დიფერენცირების მეთოდი წარმატებით იქნა დანერგილი საწარმოთა პრაქტიკული ფუნქციონირებისას.

მანქანათა რესურსების განსაზღვრის ზემოთგანხილული მეთოდები სამართლიანია ყველა შემთხვევაში ტექნიკურ-ეკონომიკური პოზიციების გათვალისწინებით და ასახვენ რეალურ საექსპლუატაციო პირობებში ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილების კანონზომიერების ფაქტორებს. კონსტრუქციის დანიშნულებისა და მუშაობის პირობების შესაბამისად შეიძლება კორექტირებული იყოს მოდელირების პრინციპები და მიზნობრივი ფუნქციის კრიტერიუმებიც. მათი გამოყენების სფერო მაინც შეზღუდულია მანქანათა საექსპლუატაციო საიმედოობის სპეციფიკიდან გამომდინარე. ამ მხრივ განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს კვლევები, რომლებიც საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის ოპტიმალური რესურსის განსაზღვრისადმია მიძღვნილი.

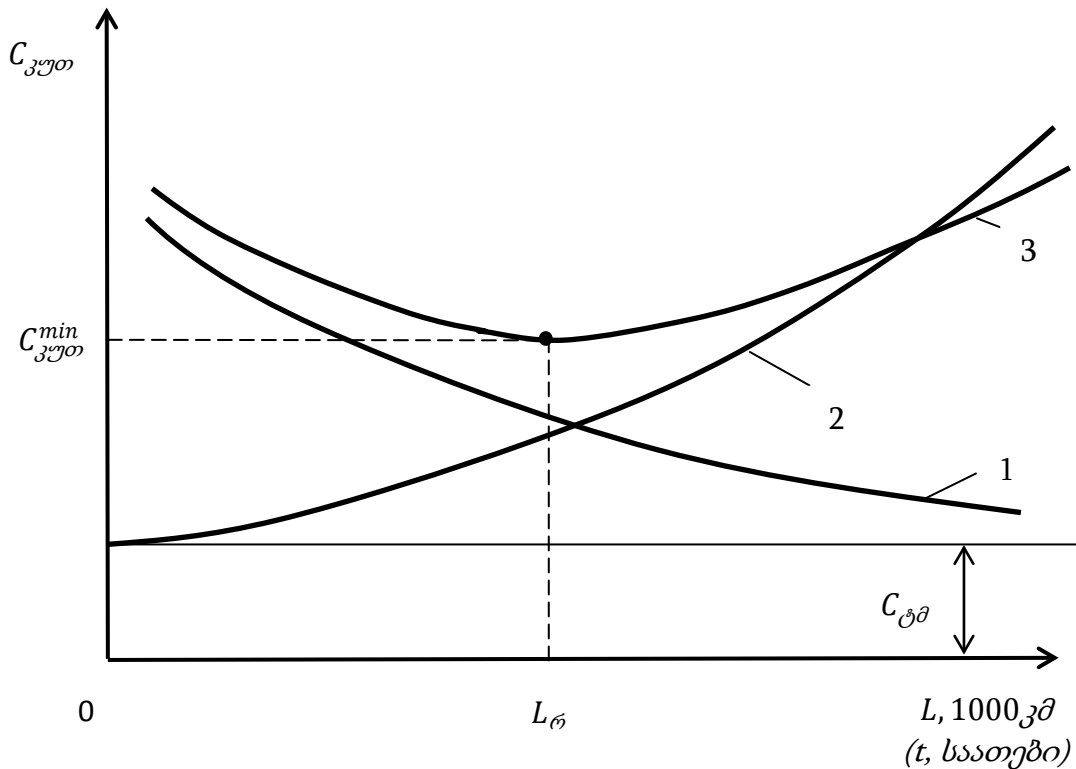
[18-19] ამ მიმართულებით დამუშავებული მეთოდების საფუძველს წარმოადგენს ავტომობილის ეფექტიანობის კრიტერიუმი, რაც გულისხმობს მაქსიმალური გამოყენების დონეს მინიმალური ხარჯებით. ხარჯები კი მოიცავს ტექნიკის შეძენასა (საამორტიზაციო ხარჯები) და საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯებს. ამ ხარჯების ჯამი უნდა იყოს მინიმალური.

$$C(L) = \frac{C_{ავტ}}{L} + C_{ბ.შ.}(L) \rightarrow \min \quad (6)$$

სადაც  $C_{ავტ}$ -არის ავტომობილის შეძენის ხარჯები (საწყისი ღირებულება)

$C_{ბ.შ.}$  - საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯები.

მოცემული გამოსახულების პირველი წევრი, რომელიც წარმოადგენს ავტომობილის ღირებულების ფარდობას ამორტიზაციის რესურსთან, გასაგებია და რაიმე დაზუსტებას არ მოითხოვს. რაც შეეხება მეორე წევრს, ავტორების განმარტებით (რაც ლოგიკურია) იცვლება ნამუშევრის ზრდასთან ერთად და წარმოდგენილი უნდა იყოს ინტერვალური ხარჯების სახით. (ნახ 3)



ნახ.3. მანქანის შეძენისა და საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯების ცვლილება ნამუშევრის მიხედვით;

1. ავტომობილის შეძენის საშუალო კუთრი ხარჯები;
2. საექსპლოატაციო საშუალო კუთრი ხარჯები;
3. საშუალო ჯამური ხარჯები.

იგი იზრდება ნამუშევრის ზრდასთან ერთად, რაც აიხსნება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის და შესაბამისად ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის ცვლილების ხარისხით (როგორც ნამუშევრის ფუნქცია). მისი გამოვლენა დაკავშირებულია სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებასთან და ცვლილების კანონზომიერების დადგენასთან.

ავტორების მიერ მოცემულია ფუნქციონალური დამოკიდებულება შემდეგი სახით:

$$C_{ს.შ.}^{ინტერ}(L) = bL^n \quad (7)$$

სადაც,  $b$  - არის ხარჯების ცვლილების კუთხური კოეფიციენტი;

$n$  - საიმედოობის დონე, რომელიც წარმოადგენს შეძენისა და საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯების ფარდობას.

სათანადო მათემატიკური გარდაქმნებისა და შინაარსობრივი ანალიზის საფუძველზე მიღებულია საკვლევი ობიექტის ოპტიმალური რესურსის განსაზღვრის გამოსახულება.

$$L_{ოპტ} = \sqrt[n+1]{\frac{C_{ავტ}(n+1)}{nb}} \quad (8)$$

მოცემული მეთოდით მანქანების ოპტიმალური რესურსის განსაზღვრა პრაქტიკულად დაკავშირებულია რთულ კვლევითი სახის სამუშაოს შესრულებასთან. იგულისხმება საექსპლოატაციო ხარჯების გამოვლენა თითოეული აგრეგატისა და სისტემისათვის და საბოლოოდ მთლიანად მანქანისათვის. იგი მოიცავს ტექნიკური უზრუნველყოფის ხარჯებს, როგორცაა სათადარიგო დეტალების, შრომის და მასალების ხარჯებს, აგრეთვე მოცდენის კომპენსაციის ხარჯებს [20] მიუხედავად იმისა, რომ დამუშავებული მეთოდი ხასიათდება მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ღირებულებით და ითვლება პროგრესულ მეთოდად, იგი მოითხოვს სრულყოფისა და გაანგარიშების ორგანიზაციულ-ტექნიკურ გაუმჯობესებას.

## 1.2. მობილური მანქანების სათადარიგო დეტალებით უზრუნველყოფის მეთოდები.

ექსპლოატაციის პროცესში მანქანათა მოცდენების შემფასებელი კომპონენტებიდან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და მასზე გავლენის

პოზიციებიდან გამომდინარე არის სათადარიგო დეტალების ხარჯვის დაგეგმვა და სწორი რეალიზება. ეს აუცილებელია როგორც ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე შენარჩუნების, ასევე მატერიალური რესურსების რაციონალურად გამოყენების მიზნით. სათადარიგო დეტალების დეფიციტი ერთის მხრივ და მათი სიჭარბე მეორეს მხრივ უარყოფითად მოქმედებს საწარმოს ეფექტიანობაზე და მამასადაამე დარგის და სფეროს პერსპექტიული განვითარების ეკონომიკურ და სოციალურ მახასიათებლებზე.

ზოგადად, სათადარიგო დეტალების ხარჯის ნორმირების განსაზღვრის მეთოდი დამუშავებული პროფესორ ა. შეინინის მიერ [18,19], განკუთვნილია მანქანის მუშაობის მთელი საამორტიზაციო ციკლის პერიოდისათვის (ექსპლუატაციის დაწყებიდან ჩამოწერამდე და ითვალისწინებს საშუალო წლიურ ნამუშევარს)

როგორც წესი სათადარიგო დეტალების შეცვლის სიხშირე დამოკიდებულია მანქანის ნამუშევარზე ექსპლოატაციის დაწყებიდან ე.ი. მის „ხნოვანებაზე“, მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრზე. მანქანათა გარკვეულ ჯგუფს ნებისმიერი რაოდენობიდან ექნებათ ერთნაირი ნამუშევარი გარბენის  $i$  –ურ ინტერვალში, ასეთ პირობებში მტყუნების ალბათობა იქნება:

$$Q_i(L) = \omega_i(L)\Delta L_\tau \quad (9)$$

სადაც  $\omega_i(L)$  არის ელემენტის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი;

$\Delta L_\tau$  - მანქანების საშუალო ნამუშევარი განსახილველ ინტერვალში

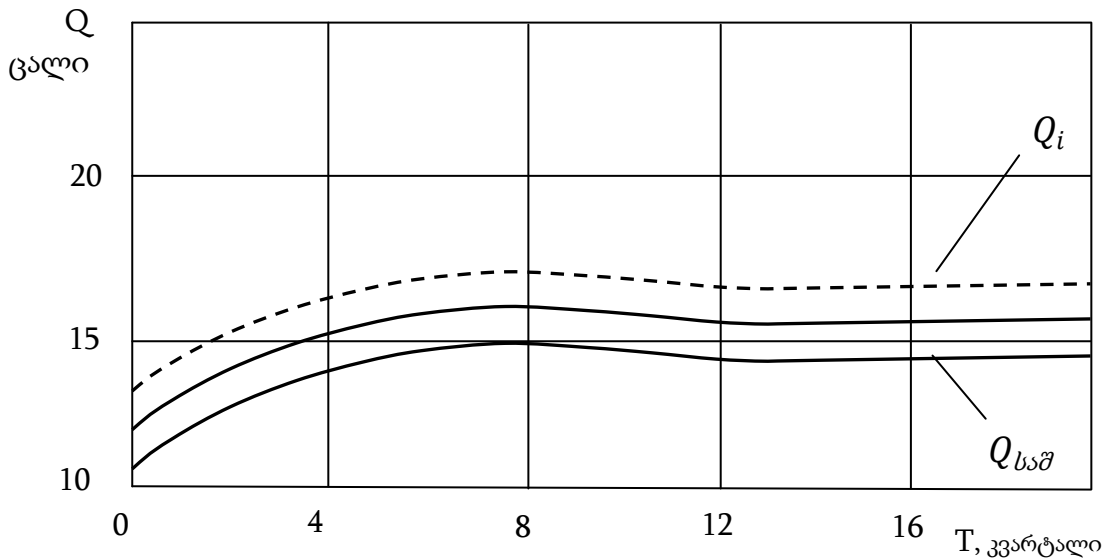
ხოლო სათადარიგო დეტალების ხარჯის საშუალო რაოდენობა იქნება:

$$Q_{საშ} = \sum n_i \omega_i \Delta L_\tau \quad (10)$$

სადაც  $n_i$  არის  $i$  –ურ ინტერვალში მანქანების რაოდენობა დაზუსტების მიზნით ავტორის მიერ გაანგარიშებული იქნა სათადარიგო დეტალების ნაკლებობის (ან მეტობის) ალბათობის მნიშვნელობები ე.ი.  $Q_{საშ}$  ზევით ან ქვევით გადახრების მნიშვნელობები.

აღნიშნულ მეთოდს საფუძვლად უდევს სათადარიგო დეტალების ხარჯვის განსაზღვრა საგეგმო პერიოდისათვის (კვარტალი, წელი), როდესაც მანქანათა ასაკი შედგება სხვადასხვა „ხნოვანების“ ერთეულებისგან.

მეთოდის გრაფიკული სახე მოცემულია ნახ. 4-ზე



ნახ.4 სათადარიგო დეტალების რაოდენობის ცვლილება დროს მიხედვით

მეორეს მხრე, ზოგადად სათადარიგო დეტალების ხარჯვის საანგარიშო გამოსახულებას აქვს შემდეგი სახე.

$$N = \frac{100 n (L_{\text{ამორტ}} - L_{\text{რ}}^{\text{ახალი}})}{t_{\text{ამორტ}} * L_{\text{რ}}^{\text{შ.შ.}}} \quad \text{ცალი/1000 ავტ.წელი} \quad (11)$$

სადაც: n - არის ერთი და იგივე დასახელების დეტალების რაოდენობა ავტომობილში;

$L_{\text{ამორტ}}$  - საამორტიზაციო გარბენა;

$t_{\text{ამორტ}}$  - ხანგრძლივობა წლის მიხედვით როდესაც ეს გარბენა შესრულდა;

$L_{\text{რ}}^{\text{ახალი}}$  - დეტალების გარბენის შაშუალო რესურსი ( პირველ შესვლამდე);

$L_{\text{რ}}^{\text{შ.შ.}}$  - დეტალების რესურსი შეცვლბს შორის

ავტომობილების საიმედოობის შენარჩუნების მიზნით საბრუნო აგრეგატებისა და კვანძების საჭირო რაოდენობის დადგენის მეთოდი დამუშავებული იქნა ხ. ტახტამიშვეის მიერ [10]. მის მიერ შემოთავაზებული მოდელის საფუძველს წარმოადგენს მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი, ხოლო კრიტერიუმად აღებულია ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტი. მოდელი ითვალისწინებს აგრეგატებისა და კვანძების ღირებულებას და მოცდენებს შრომითი ხარჯების სახით. ავტორის მიერ შედგენილი საანგარიშო ბლოკ-სქემა იძლევა აგრეგატებისა და კვანძების საჭირო რაოდენობას ოპტიმიზირების კრიტერიუმის პირობებიდან გამომდინარე, რაც მანქანის ტექნიკური მდგომარეობის მართვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. მიუხედავად მრავალმხრივი თეორიული დასკვნებისა და პრაქტიკული რეალიზაციისა აღნიშნული მეთოდი არ ითვალისწინებს სათადარიგო დეტალების ნომენკლატურას და იმ ტექნიკურ-ეკონომიკურ დანაკარგებს, რაც საბრუნო აგრეგატების შეცვლასთან არის დაკავშირებული.

ავტომობილების სათადარიგო დეტალებით უზრუნველყოფის საკითხისადმი მიძღვნილი ბ. ივანოვის ნაშრომი [12] . იგი ერთი მეორესთან აკავშირებს თანაბარი რესურსების მქონე ელემენტებს და მათთვის ერთიანი ნორმატივის შექმნის მიზნით განსაზღვრავს სათადარიგო დეტალების ნომენკლატურულ რაოდენობას.

ავტორის მიერ შედგენილი მოდელი მოიცავს იმ საჭირო კომპონენტებს, რაც აუცილებელია მიმდინარე რემონტის დროს მთელი წლის განმავლობაში. სათადარიგო დეტალების საჭირო რაოდენობა განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$A = \sum_{i=1}^m a_i^H n_i^H + \sum_{j=1}^S a_j^P n_j^P \quad (11a)$$

სადაც  $n_i^H$  - არის i-უი ხნოვანების ჯგუფის მანქანების რაოდენობა რომლებსაც არ გაუვლიათ კაპიტალური რემონტი;

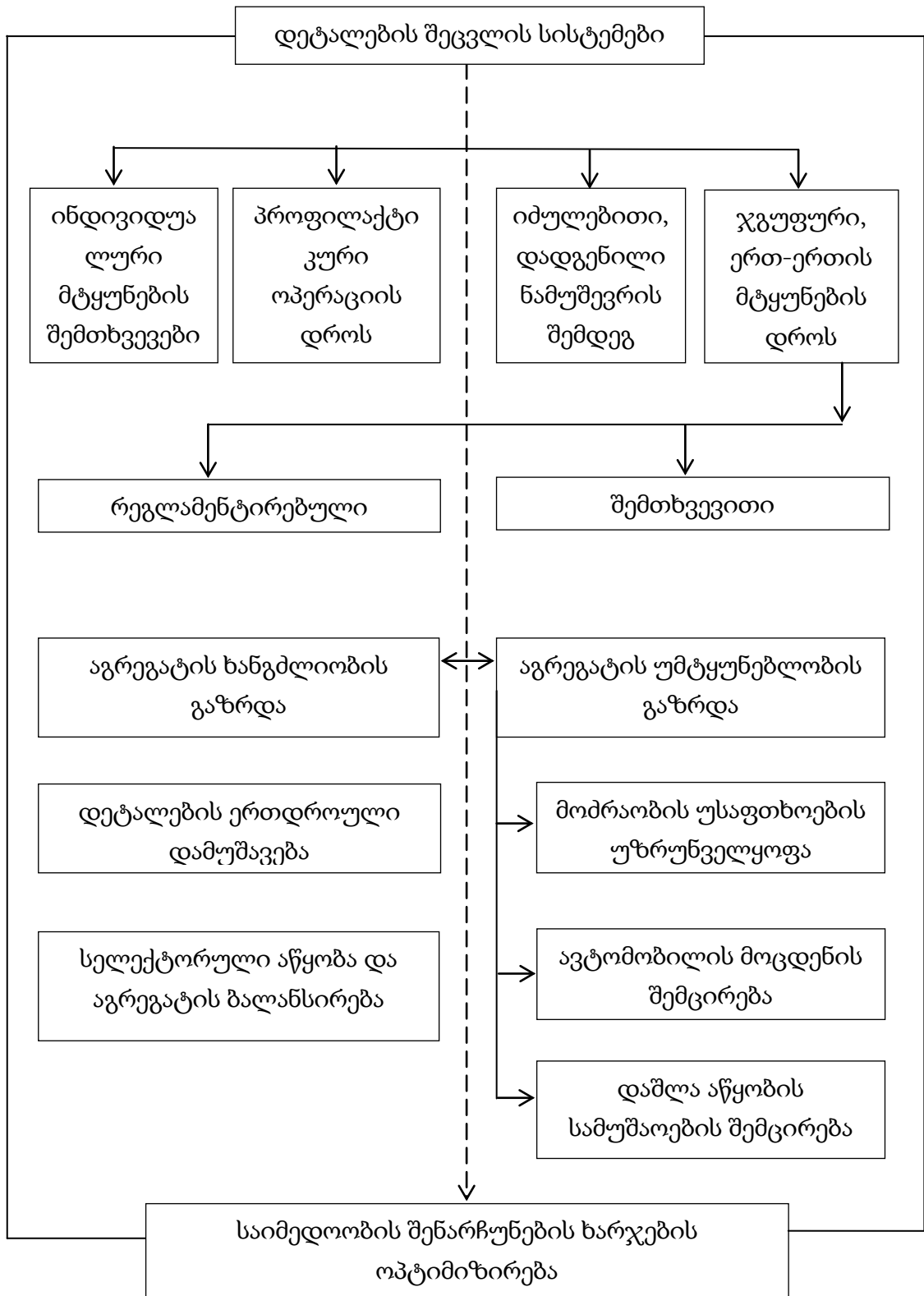


$n_j^p - j$  - ური ხნოვანების ჯგუფის მანქანების რაოდენობა რომლებსაც გაიარეს კაპიტალური რემონტი;  
 $a_i^H$  და  $a_j^P$  - განსაზღვრული დასახელების დანახარჯი, სათადარიგო დეტალების რაოდენობა მანქანების შესაბამისი ხნოვანების ჯგუფისათვის.

შემდეგ ეტაპზე ავტორის მიერ მოცემულია სათადარიგო დეტალების ხარჯვის ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრის მეთოდოლოგია მათი ღირებულებიდან გამომდინარე.

აღნიშნული მეთოდი, მიუხედავად მისი პრაქტიკული გამოყენებისა არ მოიცავს საიმედოობის მაჩვენებლებს და თითოეული დეტალის გამოყენების დონეს და დეტალების შეცვლის სისტემას, რაც მნიშვნელოვნად მოქმედებს მათ დაგეგმვაზე, მაშასადამე ხარჯვაზე და შესაბამისად ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე.

სათადარიგო დეტალების რაოდენობის განსაზღვრისა და მათი ხარჯვის ოპტიმიზირება დაკავშირებულია მათი შეცვლის სისტემის სრულყოფაზე. ამ მიმართულებით განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს ბოლო დროს შესრულებული შრომები პროფესორი ვ. ლეკიაშვილისა და მისი დოქტორანტების მიერ [23]. მათ შორის დამუშავებული იქნა დეტალების შეცვლის კლასიფიკაცია (ნახ. 5).



ნახ.5. ავტომობილების დეტალების შეცვლის სისტემების კლასიფიკაცია.

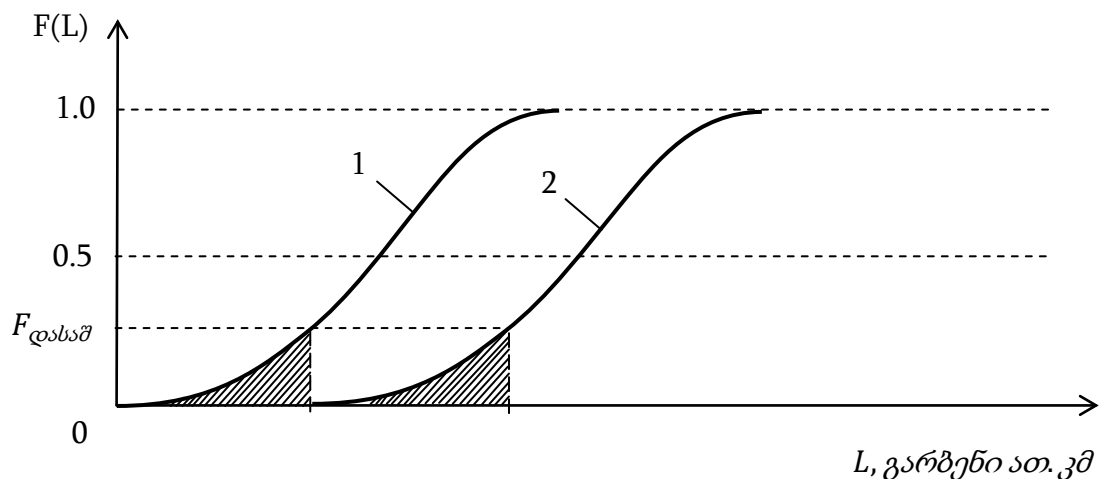
მიზნები და მიზეზები, რომლებიც განაპირობებენ დეტალების შეცვლის ამა თუ იმ სისტემის უპირატესობას და მისი გამოყენების ეფექტიანობას, გამოვლინდებიან ტექნიკურ-ეკონომიკური პოზიციებიდან. ეს კრიტერიუმებია: დეტალების გამოყენების დონე მათი შეცვლისას; დეტალების შეცვლათა საერთო რაოდენობა მოცემული რესურსის (გარბენის) ან საექსპლუატაციო ციკლის განმავლობაში; დეტალების შეცვლის კუთრი ხარჯები (ღირებულება, შრომითი და მასალების ხარჯების ერთობლიობა).

აღნიშნული კრიტერიუმების მიხედვით უნდა მოხდეს სისტემის ოპტიმიზაციის მოდელირება, რაც საშუალებას მოგვცემს სისტემური ანალიზით გამოვლინდეს ოპტიმალური ვარიანტი.

დეტალების შეცვლის ინდივიდუალური სისტემის დროს დეტალების რესურსის გამოყენების კოეფიციენტი განისაზღვრება შეცვლის მომენტში ნამუშევრის შეფარდებით საშუალო რესურსთან, რომელიც გამოვლინდება ზღვრულ მდგომარეობამდე მიღწევის სტატისტიკური ანალიზით.

$$K_r^b = \frac{L_{შეც}}{L_{საშ}} = 1 - \frac{L_{დ}}{L_{საშ}} \quad (12)$$

სადაც  $L_{დ}$  არის რესურსის საშუალო დანაკარგი და მისი სიდიდე დამოკიდებულია შეცვლის მომენტში რესურსის მნიშვნელობაზე. ეს კი, როგორც ცნობილია უმტყუნებო მუშაობის სასურველი დონის მიხედვით აიღება (ნახ 6.)



ნახ. 6. დეტალების მტყუნების ალბათობის მრუდები

დეტალების შეცვლის ჯგუფური ვარიანტის შემთხვევაში დეტალების რესურსების გამოყენების საშუალო მნიშვნელობა განისაზღვრება ჯგუფში შემავალი ყველა  $n$  დეტალის  $K_{რგ}$  კოეფიციენტების საშუალო მნიშვნელობით:

$$K_{რგ}^{საშ} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{რგ_i}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{L_{დას_i}}{L_{საშ_i}} \quad (13)$$

იმის გამო, რომ დეტალებს აქვთ სხვადასხვა ღირებულება  $C_i$  და, მასადამე, მათი რესურსების გამოყენება ეკონომიკური თვალსაზრისით განსხვავებულია, შემოდებული იქნა დეტალების გამოყენების კოეფიციენტი [23]

$$K_{დეტ} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * K_{რგ_i}}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (14)$$

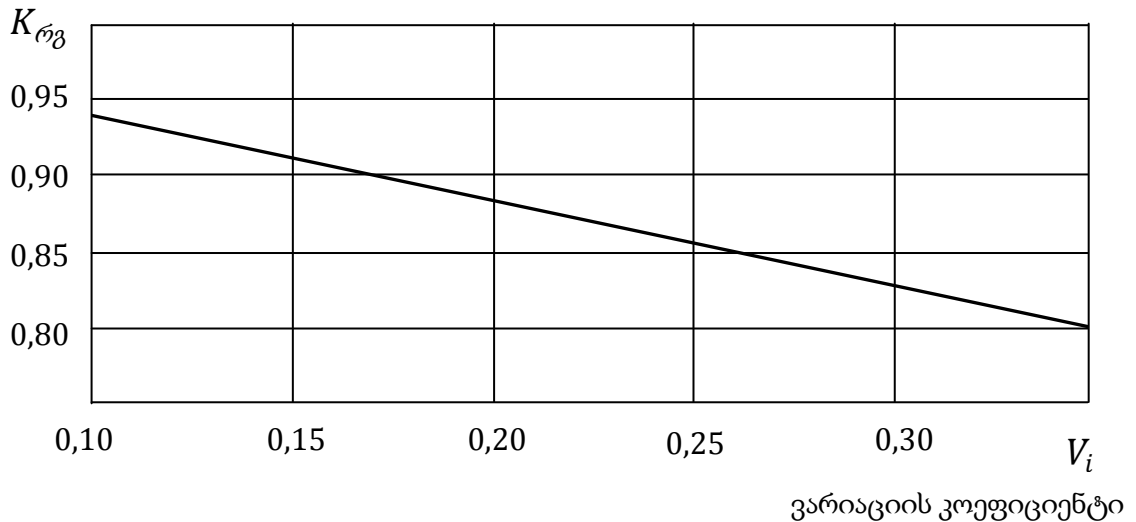
როგორც ამ გამოსახულებიდან ჩანს, ერთნაირი ღირებულების დეტალებისათვის  $K_{დეტ} = K_{რგ_i}$  და იგი აფასებს დეტალების რესურსების გამოყენებას, როდესაც  $K_{დეტ} = K_{რგ_i}$ , მაშასადამე,  $K_{დეტ} = K_{რგ_i} = 1$  და მტყუნების დროს იცვლება ყველა დეტალი, ხოლო იძულებითი შეცვლის დროს  $K_{რგ_i} < 1$  და  $K_{დეტ} < 1$

დეტალების ჯგუფური შეცვლა ერთ-ერთი მათგანის შემთხვევაში გამოიწვევს რესურსის გამოყენების შემცირებას იმის გამო, რომ მხოლოდ ერთი დეტალი არის ზღვრულ მდგომარეობამდე მისული, ხოლო დანარჩენებს აქვთ რესურსის განსაზღვრული მარაგი.

დეტალების რესურსების გამოყენების ოპტიმიზაციის ამოცანას წარმოადგენს რესურსების ფარდობითი განაწილების ისეთი ოპტიმალური ვარიანტის გამოვლენა და უზრუნველყოფა, რომლის დროსაც ერთდროულად შესაცვლელი დეტალების კომპლექტს აქვს მოცემული რესურსი მინიმალური დანაკარგებით.

ამ ამოცანის ამოხსნისათვის ავტორების მიერ დამუშავებული მოდელი გულისხმობს  $K_{რგ}$ -ს გამოვლენას დეტალების რესურსების სხვაობის განაწილების კანონზომიერებით.

საკითხი მოიცავს ორ ვარიანტს: პირველი, როდესაც რესურსების განაწილება ექვემდებარება ნორმალურ კანონს და მეორე, როდესაც რესურსების განაწილება ხდება ვეიბელის და ლოგარითმულ-ნორმალური კანონით (ნახ. 7).



ნახ. 7. დეტალების რესურსის გამოყენების კოეფიციენტის ცვლილება რესურსების განაწილების ვარიაციის კოეფიციენტის მიხედვით.

ორი დეტალისაგან შემდგარი ჯგუფისათვის, როდესაც მათი რესურსები  $L_1$  და  $L_2$ , მათი სხვაობა  $(L_1 - L_2)$  განიხილება როგორც რესურსის დანაკარგი იძულებითი გათანაბრების გამო. იგი წარმოადგენს ორი შემთხვევითი სიდიდის სხვაობას და ხასიათდება: მათემატიკური მოლოდინებით -  $(L_1 - L_2)_{საშ} = L_1^{საშ} - L_2^{საშ}$  და დისპერსიით  $\sigma_{\mathcal{R}}^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2r_{1,2}\sigma_1\sigma_2$

სადაც  $r_{1,2}$  არის რესურსების ურთიერთკავშირის კორელაციის კოეფიციენტი (ვინაიდან ფუნქციონალურად ერთი მეორეზე დამოკიდებული დეტალია) როგორც ხედავთ, რესურსების გამოყენების გაუნჯობესება შესაძლებელია, როდესაც  $L_1^{საშ} - L_2^{საშ} = 0$ , მაგრამ რესურსების სხვაობის გაზნევას ცალკეული ეგზემპლარისათვის მაინც ექნება ადგილი და მაშასადამე იქნება რესურსების დანაკარგიც. როდესაც მტყუნება ერთი მეორეზეა დამოკიდებული  $r_{1,2} = 1$  და  $\sigma_1 = \sigma_2$ , მაშინ  $\sigma_{\mathcal{R}} = 0$  და დანაკარგიც არ იქნება, არ იქნება იძულებითი შეცვლაც. რესურსების დამოუკიდებელი განაწილებისას  $r_{1,2} = 0$  და, მაშასადამე, სხვაობის დისპერსია იქნება  $\sigma_{\mathcal{R}} =$

$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ . ე.ი. საიმედოობის მხრივ ერთი მეორეზე დამოკიდებულება ამცირებს რესურსების სხვაობის განაწილების გაზნევას.

აღნიშნული სხვაობის განაწილების ფუნქციის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მისი ცვლილების დიაპაზონის პირველ ნახევარზე პირველი დეტალის რესურსი მეტია მეორე დეტალის რესურსზე  $L_1 > L_2$ , ცხადია, რომ  $L_2 - L_1 = 0$ . მაგრამ დეტალების იძულებითი შეცვლის სისტემა გამოიწვევს რესურსების დანაკარგებს.

$$L_{\mathcal{D}_1}^{საშ} = \int_0^{\infty} [1 - F(L_1 - L_2)] d(L_1 - L_2) \quad (15)$$

$$L_{\mathcal{D}_2}^{საშ} = \int_{-\infty}^0 F(L_1 - L_2) d(L_1 - L_2) \quad (16)$$

დანაკარგების ეს მნიშვნელობები უნდა იქნას გათვალისწინებული დეტალების რესურსების გამოყენების კოეფიციენტების ანგარიშის დროს.

საკითხისადმი ასეთი მიდგომა და მოდელის პრაქტიკული რეალიზაცია სწორედ ასახავს შერეული და ჯგუფური შეცვლების სტრატეგიას:

- როდესაც დეტალები განსხვავდებიან ღირებულებით და დანიშნულებით, მაშინ ჯგუფური შეცვლა შესრულდება მხოლოდ ძირითადი დეტალის მტყუნებისას, ხოლო არა ძირითადი, მეორე დეტალი შეიცვლება ინდივიდუალურად. შეცვლის ასეთი სტრატეგიისას რესურსების დანაკარგი ექნება მხოლოდ მეორე დეტალს და რესურსების გამოყენების საშუალო კოეფიციენტი იქნება  $L_{\mathcal{D}_2}^{საშ} = (K_2 + 1)/2$

- იმისათვის, რომ შემცირდეს რესურსების დანაკარგი, ჯგუფური შეცვლა უნდა განხორციელდეს იმ შემთხვევაში და იმ აგრეგატზე, სადაც მეორე დეტალის რესურსის მარაგი შედარებით მცირეა, ხოლო დიდი მარაგის შემთხვევაში მოვახდინოთ ინდივიდუალური შეცვლა.

სხვადასხვა ღირებულების დეტალების თანაფარდობის ოპტიმიზირება შეცვლების ღირებულების  $C_{შეცვ}$  მინიმიზაციის პირობებში. ორი დეტალის

შემთხვევაში, რომელთა ღირებულებები განსხვავებულია და დაცულია თანაფარდობა  $z = c_1/c_2 > 1$ , დეტალების გამოყენების კოეფიციენტი იქნება:

$$K_{\text{ფ}} = \frac{c_1 K_{\text{გ}1} + c_2 K_{\text{გ}2}}{c_1 + c_2} = \frac{z * K_{\text{გ}1} + K_{\text{გ}2}}{z + 1} \quad (17)$$

ამ გამოსახულებიდან ჩანს, რომ ცალკე  $K_{\text{გ}1}$  და  $K_{\text{გ}2}$  მნიშვნელობების გავლენა საერთო გამოყენების დონეზე არაერთგვაროვანია, ძვირადღირებული დეტალებისათვის  $K_{\text{გ}1}$  -მ შეიძლება გამოიწვიოს  $K_{\text{ფ}}$  -ის გაუმჯობესება შედარებით იაფი დეტალის გამოყენების გაუარესების პირობებში.

ეკონომიური თვალსაზრისით სასურველია აგრეგატში (სისტემა, კვანძი და სხვა) შედარებით „სუსტი“ იყოს ძვირად ღირებული დეტალი და იაფი დეტალის რესურსი იყოს დიდი. ფასებში დიდი სხვაობის შემთხვევაში გამოირიცხება დეტალების კომპლექტის შეცვლა იაფი დეტალის მტყუნებისას. ამ დროს რესურსის გამოყენების კოეფიციენტი ტოლია:

$$K_{\text{გ}} = \frac{z + K_{\text{გ}2}}{z + 1} = \frac{1}{1 + z} \left( z + \frac{L_1^{\text{საშ}}}{L_2^{\text{საშ}}} \right) \quad (18)$$

ასეთ პირობებში მიზანშეწონილი და სასურველია დეტალების შეცვლის სტრატეგიის ოპტიმიზირებისათვის დამუშავებული იქნას კონკრეტული ანალოგიური მოდელი თითოეული კრიტიკული დეტალის რესურსების განაწილების კანონზომიერებისა და მათი ღირებულების გათვალისწინებით. ეს დაკავშირებულია ტექნიკური ზემოქმედების ნაირსახეობის ფორმირებასთან, როდესაც მიზნობრივი ფუნქცია მოიცავს ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის მრავალკომპონენტური ხარჯების მინიმინიზაციას და უმტყუნებლობის სასურველი დონის შენარჩუნებას.

როგორც ზემოთ მოტანილი ანალიზი გვიჩვენებს სათადარიგო დეტალების ნომენკლატურული ხარჯვის განსაზღვრის მეთოდს საფუძვლად უნდა დაედოს დეტალების შეცვლის ოპტიმიზირებული სისტემა.

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

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



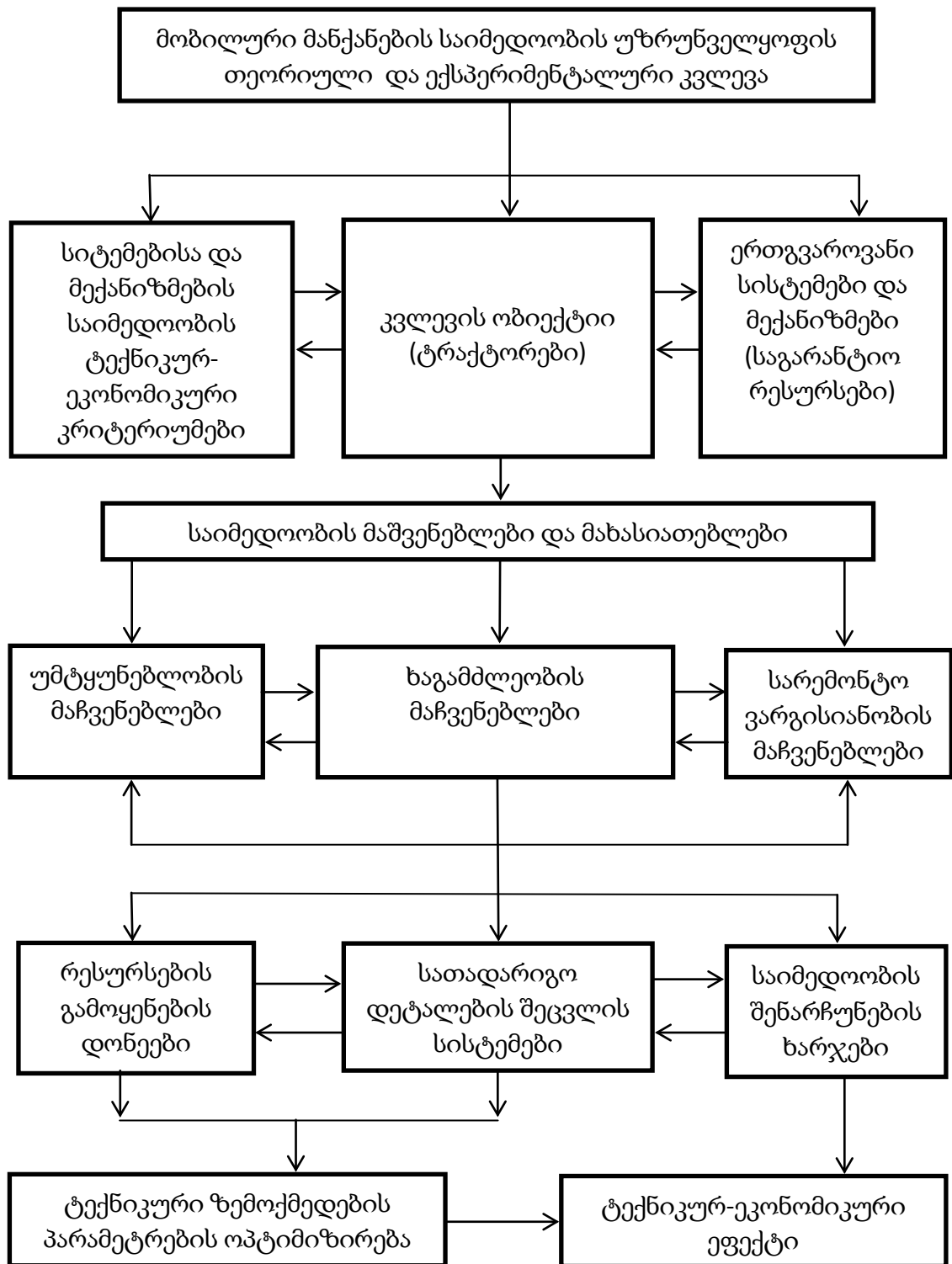
## 2. შედეგები და განსჯა

დასახული ამოცანების შესაბამისად დამუშავებული იქნა კვლევის მეთოდოლოგიური სქემა (ნახ. 8.) ის გულისხმობს მეთოდების თეორიულ დამუშავებას, ექსპერიმენტალური მონაცემებით საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენას და მათ ერთობლივ ანალიზს.

კვლევის ობიექტად აღებული იქნა სასოფლო სამეურნეო დანიშნულების მობილური მანქანები, რომელთა ექსპლუატაცია დაკავშირებულია რთულ საექსპლუატაციო პირობებში მუშაობასთან.

თეორიული მეთოდების დამუშავება მოიცავს საკვლევი მანქანების, აგრეგატების, სისტემებისა და მექანიზმების ოპტიმალური რესურსის ფორმირებას განსაზღვრული კრიტერიუმის, მიხედვით. იგი გულისხმობს ძირითადი, განმსაზღვრელი კრიტერიუმის ეფექტურობის შემცირების ჩამოყალიბებას და მათთვის ოპტიმალური ნამუშევრის განსაზღვრას. მეორეს მხრივ, პერიოდულობის დადგენას და დეტალების შეცვლის სისტემების ოპტიმიზირებას.

ექსპერიმენტარული კვლევის მიზანია საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა, რაც წარმოადგენს თეორიული მეთოდების პრაქტიკული რეალიზაციის საფუძველს. ამიტომ სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება, დამუშავება და ანალიზი უნდა მოხდეს რეალური საექსპლუატაციო პირობების შესაბამისად, როდესაც გამოვლინდება კონკრეტული განაცხადები პროფილაკტიკურ ოპერაციებზე და დეტალების შეცვლაზე. ამასთან ერთად, მოხდება სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით ტექნიკური ზემოქმედების კანონზომიერებების დადგენა და პარამეტრების განსაზღვრა. შემდეგ ეტეპს წარმოადგენს ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლის გამოვლენა, რაც მოიცავს ოპერაციების შესრულების შრომითი ხარჯებისა და სათადარიგო დეტალების შეცვლის ღირებულების დადგენას.



ნახ. 8. კვლევის მეთოდოლოგიური სქემა.

ეს იძლევა თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევებების ერთობლივი ანალიზის შესრულების შესაძლებლობას, რომლის დროსაც მიღებული იქნება ტექნიკური ზემოქმედების ნორმატიული მაჩვენებლები საკვლევი მანქანების სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით. ეს კი აუცილებელია საექსპლუატაციო პირობებში ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე შენარჩუნებისათვის, რაც განაპირობებს მოძრაობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ეფექტურობის უზრუნველყოფას, შესაბამისი საექსპლუატაციო ხარჯების გათვალისწინებით.

## **2.1. საიმედოობის კვლევის თეორიული მეთოდების დამუშავება**

### **2.1.1. მანქანების 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 [26] მასში იგულისხმება ობიექტის ნაწილობრივი ან მთლიანი მუშაობის უნარის დაკარგვა, რომლის დროსაც მას არ შეუძლია შეასრულოს დაკისრებული ფუნქციები იმ პარამეტრებით, რომლებიც დაგგენილია ტექნიკური დოკუმენტაციის მოთხოვნებით.

ნებისმიერი კონსტრუქციული ელემენტი, რაგინდ იდიალურადაც არ უნდა იყოს დაპროექტებული და დამზადებული, მკაცრად იყოს დაცული საექსპლუატაციო და შენახვის მოთხოვნები, ისინი მაინც განიცდიან ცვეთას და მოძველებას ნამუშევრის მიხედვით. მექანიკური ცვეთის არსი ცნობილია, დეტალები იცვლიან ზომებს, გარეგან ფორმას და სხვა, მოძველება კი წარმოადგენს დროის განუწყვეტლივ ზემოქმედებას ნაკეთობაზე, რაც იწვევს მასში ფიზიკურ-ქიმიურ ცვლილებებს. სწორედ ცვეთა და მოძველება წარმოადგენს დეტალების ყველა პარამეტრის

ცვლილების ძირითად მიზეზებს, რაც საბოლოოდ ცვლის მთლიანად მანქანის საექსპლუატაციო - ტექნიკურ მაჩვენებლებს. ტექნიკური მდგომარეობის ნებისმიერი პარამეტრის თანდათანობითი ცვლილების პროცესი მიმდინარეობს მუდმივად, სანამ ეს ცვლილება არ გამოვა დასაშვები ზღვრებიდან. მაშასადამე, თანდათანობითი მტყუნების ფიზიკური არსი არის ცვეთისა და მოძველების გამო გამოწვეული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესის შედეგი.

სულ სხვანაირია უეცარი მტყუნება. მის მიზეზებს უმრავლეს შემთხვევაში წარმოადგენს უეცარი დატვირთვების კონცენტრაცია დეტალის შიგნით. ელემენტი გვიმტყუნებს მაშინ, როდესაც დატვირთვები გადააჭარბებს მის სიმტკიცეს. თანდათანობითი მტყუნებისაგან განსხვავებით, უეცარი მტყუნება ხშირად ადვილი დასადგენია იმ თანდართული ძლიერ გამოსახული ნიშნის გამო, რომელიც გვიჩვენებს თუ რომელმა ელემენტმა დაკარგა ფუნქციის ნორმალურად შესრულების უნარი, თუნდაც ის აფერხებდეს მუშაობას.

ტექნიკურ საშუალებათა დანიშნულებიდან გამომდინარე აღნიშნულ მტყუნებათა რაოდენობრივი მაჩვენებლები სხვადასხვაა და დამოკიდებულია ექსპლოატაციის პირობებზე. ბუნებრივია, სტაციონარული დანადგარების პრაქტიკაში უფრო ხშირია თანდათანობითი მტყუნებები, ხოლო ისეთი მოძრავი ტექნიკური საშუალებისათვის, როგორცაა სხვადასხვა სახის მობილური მანქანები, რომლებიც სისტემატურად იცვლიან გარესამყაროს ზემქმედებას, გვხვდება ორივე სახის მტყუნება.

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.

შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების კანონი გულისხმობს ისეთ თანაფარდობას, რომელიც ამყარებს კავშირს შემთხვევითი სიდიდეების შესაძლო  $t_i$  მნიშვნელობებსა და მათ შესაბამის ალბათობის სიმჭიდროვეს  $f(t)$  შორის, ე.ი. განაწილების კანონი არის შემთხვევით სიდიდეებსა და მათი წარმოქმნის სიხშირეს შორის კავშირი.

შემთხვევითი სიდიდეების (ჩვენს შემთხვევაში ნამუშევარი) განაწილება ხასიათდება და განისაზღვრება შემდეგი მაჩვენებლებით: საშუალო მნიშვნელობა (მათემატიკური მოლოდინი)- $t_{საშ}$ ; დისპერსია (საშუალო კვადრატული გადახრა)- $\sigma(t)$ ; ვარიაციის კოეფიციენტი (სიდიდეების გაბნევის ხარისხი),  $v$ , რომელიც წარმოადგენს საშუალო კვადრატული გადახრისა და საშუალო მნიშვნელობის ფარდობას  $v=\sigma/t_{საშ}$  დისპერსია

შემთხვევითი სიდიდეების ზღვრულ მდგომარეობამდე ნამუშევრის განაწილების კანონი დამოკიდებულია მტყუნებების წარმოშობის მიზეზებზე. მაგალითად, კონსტრუქციის ელემენტების გაცვეთის შედეგად მწყობრიდან გამოსვლა კარგად შეესაბამება განაწილების ე.წ. ნორმალურ კანონს, ზღვრულზე მეტი დატვირთვებით გამოწვეული მტყუნებები (დარტყმები და ა.შ.) - ექსპონენციალურ კანონს, ლითონის დაძველებით გამოწვეული მტყუნებები - ვეიბულის კანონს და ა.შ. თითოეულ კანონს აქვს გარკვეული თვისებები, რომელთა პრაქტიკული გამოყენება იძლევა მტყუნების წარმოქმნის პროგნოზირების და წინასწარ აუცილებელი ღონისძიებების შესრულების შესაძლებლობას.

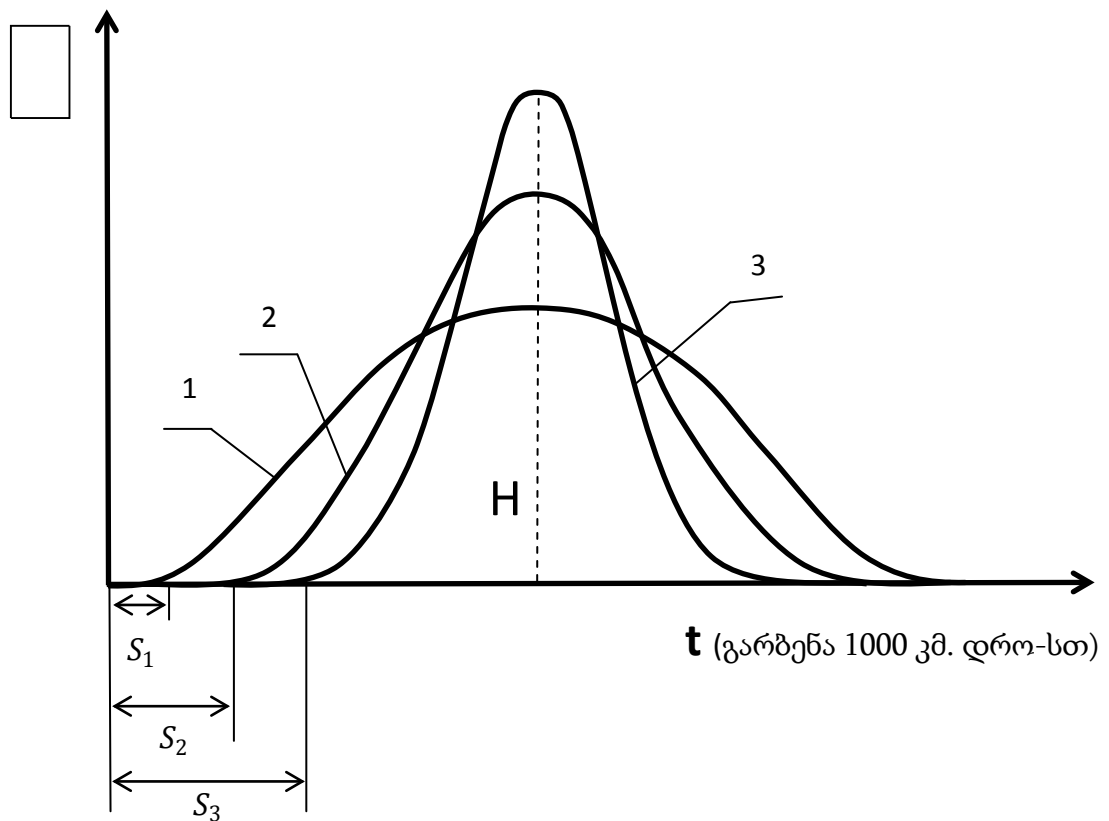
მექანიკურ ნაკეთობათა, მათ შორის მობილური მანქანების საიმედოობის თეორიაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია მტყუნებათა განაწილების ნორმალურ კანონს (გაუსის კანონი), რომლის ალბათობის სიმჭიდროვის მრუდს შემდეგი სახე აქვს (ნახ.9)

ამ კანონს ახასიათებს შემდეგი ძირითადი თვისებები:

- სიმაღლე  $H$  განისაზღვრება ფორმულით:

$$H = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad (19)$$

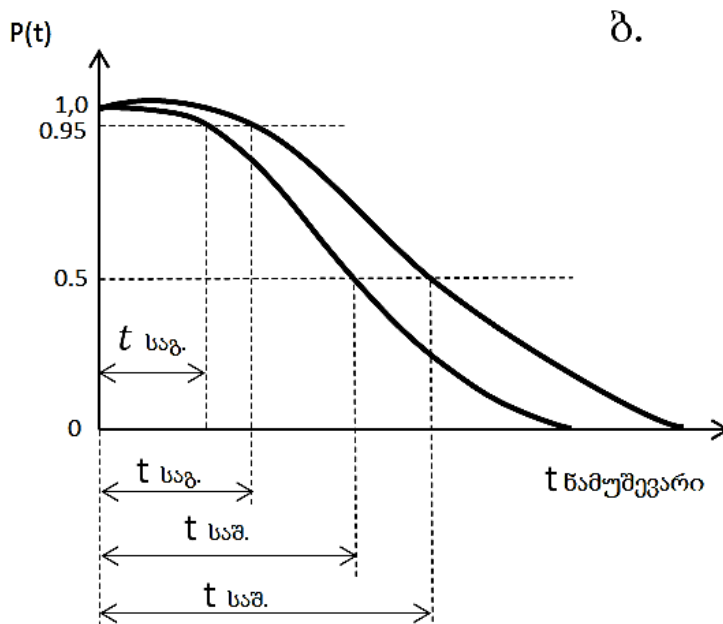
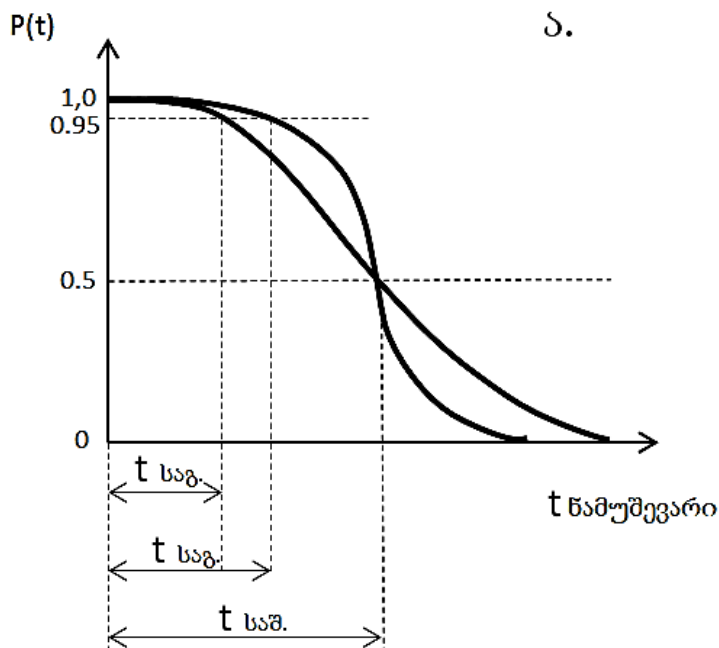
- მისი აბსცისა შეესაბამება ნამუშევრის  $t_{საშ}$  მნიშვნელობას, ხოლო ალბათობის სიმჭიდროვის ჯამი  $t_{საშ}$  - დან მაჯვნივ და მარცხნივ 0.5 ტოლია
- აბსცისის მონაკვეთი მთელი მრუდის ქვეშ ერთი პროცენტის სიზუსტით 6 $\sigma$ -ის ტოლია.



ნახ. 9. მტყუნებათა განაწილების ნორმალური კანონი.

ამ თვისებებიდან პირველი გვიჩვენებს, რომ საშუალო მნიშვნელობამდე და მის შემდეგ მწყობრიდან გამოდის ნაკეთობათა 50%, რაც მეტია საშუალო კვადრატული გადახრა, მით ნაკლებია სიმაღლე H და ამიტომ, რაც უფრო გაწელილია მრუდი (მრუდი 1. ნახ. 9), მით ნაკლებ ნამუშევარზე იწყებს მტყუნებას კონსტრუქციის ელემენტი. მეორე თვისებიდან გამომდინარეობს, რომ  $t_{საშ} \geq 3 \sigma$ , ამიტომ ვარიაციის კოეფიციენტი  $v = 0,33$ .

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)  $S$ -ის შესაბამისი მნიშვნელობით. ეს აისახება აგრეთვე უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდზე და შესაბამისად ინტერვალურ ალბათობებზე (ნახ.10ა და 10ბ)



ნახ. 10. კონსტრუქციული ელემენტის საგარანტიო რესურსის განსაზღვრა ა) ერთნაირი საშუალო რესურსის მქონე ელემენტისათვის; ბ) სხვადასხვა რესურსის მქონე ელემენტებისათვის.

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

### 2.1.2. 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.

$$C(t) = \frac{C_{მანქ}}{t} + C_{ს.შ}(t) \rightarrow \min \quad (20)$$

მოცემული გამოსახულება გვიჩვენებს საშუალო კუთრ ხარჯებს წარმოების სფეროში (პირველი წევრი) და ექსპლოატაციის სფეროში (მეორე წევრი). ნამუშევრის ინტერვალის მიხედვით საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები ექსპლოატაციის პროცესში შეადგენს:

$$C_{ს.შ}^{ინტ}(t) = C_{სათ.დ}(t) + C_{შრ}(t) + C_{მას}(t) + C_{მოცდ}(t) \quad (21)$$

სადაც:  $C_{სათ.დ}(t)$  - სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯები,

$C_{შრ}(t)$  - შრომითი ხარჯები

$C_{მას}(t)$  - მასალების ხარჯები

$C_{მოცდ}(t)$  - მოცდენის კომპენსაციის ხარჯები

აღნიშნულ ხარჯებს დაემატება აგრეთვე ტექნიკური მომსახურების ხარჯები, რომელიც მუდმივი სიდიდეა.



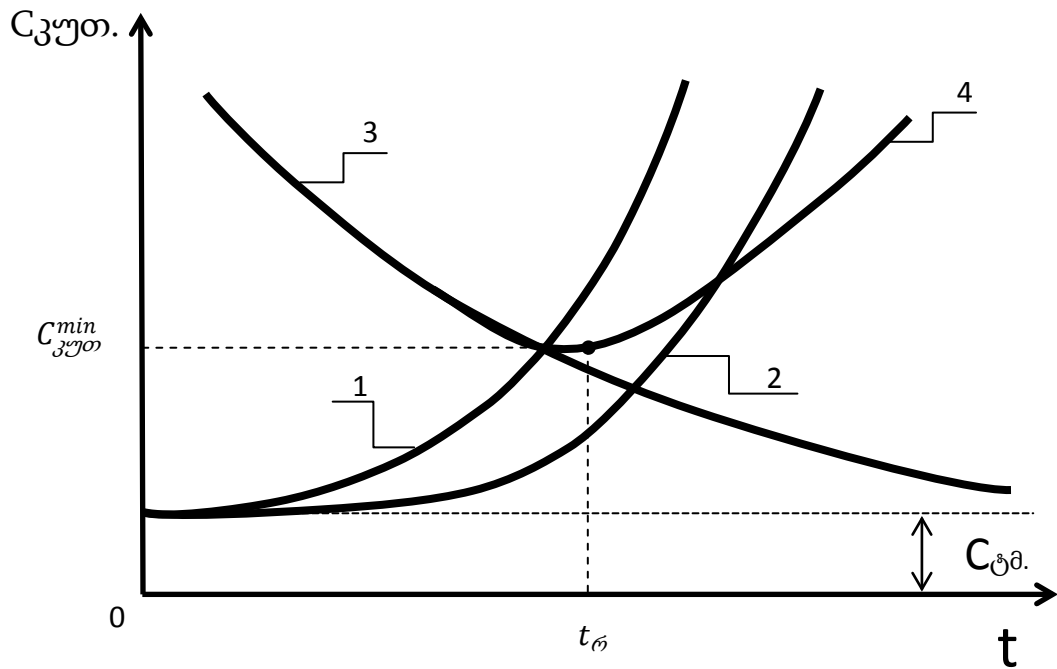
მე-20 გამოსახულების პირველი წევრი  $C_{ავტ}/t$  წარმოადგენს მანქანის ღირებულების ფარდობას ამორტიზაციის რესურსთან  $t_r$  და რაიმე დაზუსტებას არ მოითხოვს. ყველა შემთხვევაში ნამუშევრის ზრდასთან ერთად აღნიშნული საშუალო კუთრი ხარჯები მცირდება ჰიპერბოლური დამოკიდებულებით. (ნახ.11.)

ინტერვალური კუთრი ხარჯები (21-ე გამოსახულება) გარბენის ზრდასთან ერთად იზრდება, რაც აიხსნება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის და ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის ცვლილების ხასიათით, როგორც ნამუშევრის ფუნქცია.

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

$$C_{ს.შ}^{ინტ}(t) = Z * t^d \quad (22)$$

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

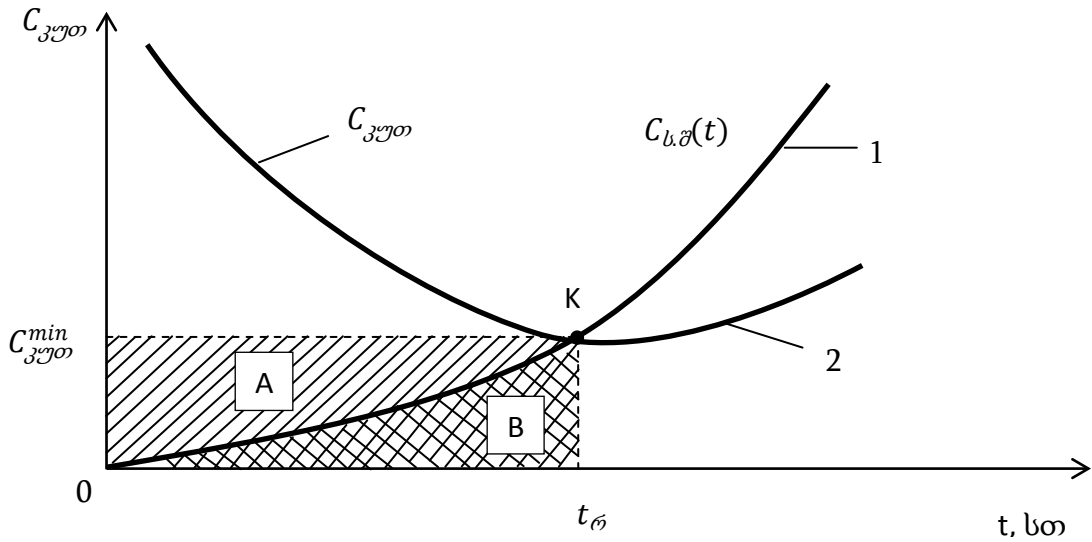


ნახ.11. მანქანის შეძენისა და საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯების ცვლილება ნამუშევრის მიხედვით:

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.

მოცემულ ნახაზზე (22) თანაფარდობა გამოისახება 1-ლი მრუდით, რომელიც გვიჩვენებს საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯებს მათი ინტერვალური შეფასების შემთხვევაში, მაგრამ პრაქტიკული რეალიზაციისათვის აუცილებელია საშუალო კუთრი ხარჯების განსაზღვრა ექსპლოატაციის დაწყებიდან. ამ მიზნით განვსაზღვროთ ფართობი 1-ლი მრუდის ქვეშ  $0 - t$  ინტერვალისათვის და გავყოთ  $t$  ნამუშევარზე (ნახ.12)

$$C_{ს.შ}^{საშ}(L) = \frac{1}{t} \int_0^L Z t^d dt = \frac{Z}{d+1} d^t \quad (23)$$



ნახ.12. მანქანის შექმნისა და საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯები:

1. კუთრი საექსპლოატაციო ხარჯები;
  2. შექმნისა და საიმედოობის შენარჩუნების საშუალო ჯამური ხარჯები;
- A. წარმოების ხარჯები;
- B. საექსპლოატაციო ხარჯები.

გამოსახულება (23) მე-12 ნახაზზე გამოიხატება მე-2 მრუდით. მისი ყველა ორდინატი ნაკლებია 1-ლი მრუდის ორდინატებზე  $\frac{z}{d+1}$  - ჯერ.

მანქანის შექმნისა და საიმედოობის შენარჩუნების საშუალო კუთრი ხარჯები განისაზღვრება განტოლებით:

$$C_{კუთ} = \frac{C_{მან}}{t} + \frac{z}{d+1} \quad (24)$$

იგი გამოიხატება მე-4 მრუდით. (ნახ 11.)

ვინაიდან  $C_{შეშ}$  მცირდება, ხოლო  $C_{ბ.შ}^{საშ}(t)$  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.

მინიმალური  $C_{კუთ}^{min}(t)$  კუთრი ხარჯების განსაზღვრისათვის გამოსახულების წარმოებული გავუტოლოთ ნულს:

$$-\frac{C_{მან}}{t^2} + d \frac{z}{d+1} * t^{d+1} = 0 \quad (25)$$

საიდანაც განისაზღვრება ოპტიმალური რესურსი

$$t_{\sigma} = \frac{C_{\text{მანქ}}(d+1)}{d * z} = \sqrt[d+1]{\frac{C_{\text{მანქ}}(d+1)}{d * z}} \quad (26)$$

მიღებული (26) ფორმულის პრაქტიკული რეალიზების შედეგები ცხრილის სახით მოცემულია მე-2.3.2. ქვეთავში.

(25) გამოსახულება საშუალებას იძლევა განისაზღვროს არა მარტო ოპტიმალური რესურსი, არამედ მანქანის შეძენისა და საიმედოობის შენარჩუნების ცვლად ხარჯებს შორის თანაფარდობა  $t=t_{\sigma}$  ნამუშევრისათვის

$$\frac{C_{\text{მანქ}}}{d} = \frac{Z}{d+1} t_{\sigma}^{d+1} \quad (27)$$

ამ ტოლობის მარჯვენა ნაწილი გამოსახავს საიმედოობის შენარჩუნების ჯამურ კუთრ ხარჯებს  $t_{\sigma}$  რესურსის პირობებში.

$$C_{\text{ს.შ}}(t_{\sigma}) = \frac{Z}{d+1} t_{\sigma}^{n+1} \quad (28)$$

ეს საშუალებას იძლევა (27) ტოლობა შემდეგნაირად გარდავქმნათ

$$d = \frac{C_{\text{მანქ}}}{C_{\text{ს.შ}}(t_{\sigma})} \quad (29)$$

მიღებული გამოსახულება გვიჩვენებს, რომ ოპტიმალური ( $t_{\sigma}$ ) ნამუშევრის შემთხვევაში საიმედოობის შენარჩუნების ცვლადი ხარჯები იგივე ნამუშევრისათვის მანქანის შეძენის ხარჯებზე ნაკლებია d-ჯერ. ამასთან დაკავშირებით მე-20 გამოსახულება, როდესაც მიღებულია პირობა  $t = t_{\sigma}$  და  $C_{\text{კუთ}} = C_{\text{კუთ}}^{\min}$ . შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით.

$$C_{\text{კუთ}}^{\min} = \frac{C_{\text{მანქ}}}{t_{\sigma}} \left(1 + \frac{1}{d}\right) + C_{\text{ტშ}} \quad (30)$$

მე-12 ნახაზზე იგი წარმოდგენილია გრაფიკული სახით როდესაც ხარჯები მრუდის ქვეშა ფართობით განისაზღვრება. (29) გამოსახულების თანახმად აღნიშნული ფართობების ფარდობა რიცხობრივად d-ის ტოლია, რაც დიდია d, მით მეტია საიმედოობის დონე და პირიქით ყველა დანარჩენ ერთგვაროვან პირობებში. ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზი

გვიჩვენებს, რომ თანამედროვე ნაძქანებისათვის d-ის მნიშვნელობა დაახლოებით 2.5-4.5 ტოლია გაზრდის ტენდენციით.

### **2.1.3. 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. ტექნიკური ექსპლუატაციის პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება დეტალების შეცვლის ე.წ. „მოთხოვნილების“ მეთოდი, რაც იმას გულისხმობს. რომ ნებისმიერი დეტალის შეცვლა უნდა მოხდეს მხოლოდ მისი მტყუნების შემთხვევაში, ე.ი. როდესაც დეტალს არ შეუძლია შეასრულოს მასზე დაკისრებული ფუნქციები დადგენილი პარამეტრებით. შეცვლის ასეთ სისტემას აქვს ის უპირატესობა, რომ ასეთ შემთხვევაში დეტალი მთლიანად გამოიმუშავებს თავის რესურს. მაგრამ ამ სისტემას გააჩნია მთელი რიგი სერიოზული ნაკლოვანება, რომლებიც ცალკეული სახის მანქანებისათვის ან მათი აგრეგატებისა და სისტემებისათვის მოითხოვს შეცვლის სხვადასხვა სისტემაზე გადასვლის აუცილებლობას.

იმ სატრანსპორტო საშუალებებისათვის, რომელთა მუშაობაც მოითხოვს უმტყუნებლობის მაღალ დონეს (საქალაქო და საქალაქთაშორისო ავტობუსები და ტაქსები, რომლებიც მუდმივ მარშრუტებზე მუშაობენ, სასწრაფო დახმარების ავტომობილები, სახანძრო მანქანები და სხვა) განსაზღვრულია წინასწარ დადგენილ ვადებში დეტალების იძულებითი შეცვლა. ამასთან ერთად, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება იმ აგრეგატებსა და დეტალებს, რომლებიც მორაობის უსაფრთხოებაზე მოქმედებენ. ასეთი აგრეგატებისა და სისტემებისათვის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის დასაშვები დონე უნდა იყოს მაქსიმალურად მაღალი.

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 იმითაც, რომ აგრეგატის ყოველი დაშლა დაკავშირებულია დროისა და შრომითი ხარჯების დანაკარგებთან. ამასთან თითოეული დაშლის შემდეგ მკვეთრად მცირდება აგრეგატის ხანგამძლეობა. ცნობილია გამოკვლევები [24], რომლებშიც ნაჩვენებია, რომ აგრეგატის ერთხელ დაშლა და აწყობა დეტალების გაუპიროვნების შემთხვევაში მის რესურსს საშუალოდ 25%-ით ამცირებს.

ამრიგად, სხვადასხვა მანქანებისათვის პრაქტიკაში გამოიყენება დეტალების შეცვლის სხვადასხვა სისტემები. ამიტომ მიზანშეწონილია მოხდეს მათი კლასიფიკაცია პირობების მიზნის და მიზეზების მიხედვით მრავალმხრივი ანალიზი მოწმობს, რომ დეტალების პროფილაქტიკური შეცვლის მეთოდის გამოყენება აიხსნება როგორც ტექნიკური

აუცილებლობით, ასე ეკონომიკური მიზანშეწონილობით. ეს უკანასკნელი უზრუნველყოფილია რემონტების ჯამური შრომატევადობის შემცირებით და ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის გაზრდით.

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.

აღნიშნული კრიტერიუმები საშუალებას იძლევა შევადაროთ შეცვლის სახვადასხვა სიტემები ყველა სახის საექსპლუატაციო ხარჯების გათვალისწინებით. ეს კი აუცილებელია მათი სწორი დაგეგმვისა და ტექნიკური ადგომარეობის სასურველ დონეზე შენარჩუნებისათვის რეალურ საექსპლუატაციო პირობებში.

საყურადღებოა ისეთი შემთხვევა, როდესაც იცვლება დეტალების ჯგუფი თითოეული დეტალის რესურსის გამომუშავების შემდეგ. ამ დროს საჭიროა განვიხილოთ საიმედოობის მიხედვით დეტალების ურთიერთდამოკიდებულება. მანქანათა დეტალების მნიშვნელოვანი ნაწილი ერთიმეორეზეა დამოკიდებული. ასეთ დეტალებს მიეკუთვნება შეუღლებული დეტალების უმრავლესობა, აგრეთვე დეტალები, რომლებიც მიმუშავდება ერთად, ბალანსირდება აწყობის დროს. ისინი, როგორც ავღნიშნეთ, ერთად იცვლება და საიმედოობის მხრივ მიმდევრობით არიან შეერთებულნი. დეტალების ჯგუფის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა, ტოლია თითოეული დეტალის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობების ნამრავლის.

$$P_{x\beta}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (31)$$

ხოლო დეტალების ჯგუფის საშუალო რესურსი განისაზღვრება ალბათობის თეორიაში ცნობილი ფორმულით

$$t_{\text{კვ}} = \int_0^{\infty} P_{\text{კვ}}(t) dt \int_0^{\infty} \prod_{i=1}^n P_1(t) dt \quad (32)$$

როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, დეტალების ჯგუფის საშუალო რესურსი ყოველთვის ნაკლებია ამ ჯგუფში შემავალი  $i$ -ური დეტალის საშუალო რესურსზე.

კონსტრუქციული ელემენტები, რომელთა მტყუნებები დაკავშირებულია მოძრაობის უსაფთხოებასთან, იცვლება წინასწარ დადგენილი რესურსის შემდეგ. ე.ი. ისეთი რესურსის შემდეგ, რომლის გამომუშავებისას, ელემენტის მდგომარობის მიუხედავად, უნდა შეწყდეს ობიექტის ექსპლუატაცია. დადგენილი რესურსის მნიშვნელობა განისაზღვრება უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის საჭირო დონის მიხედვით, რაც მისთვის აგებულ დიაგრამაზე გამოჩნდება.

მაშასადამე, განხილული იყო დეტალების შეცვლის სისტემები: ინდივიდუალური დეტალის მტყუნების შემთხვევაში, რომელიმე დეტალის მტყუნების შემთხვევაში, იძულებითი, წინასწარი დადგენილი რესურსის შემდეგ და ჯგუფური, რომელიმე დეტალის მტყუნების შემთხვევაში, განხილულია მათი გამოყენების ეფექტურობის შეფასების მაჩვენებლები.

ექსპლუატაციის პროცესში მანქანების ტექნიკური მდგომარეობის მართვის მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს ტექნიკური ზემოქმედების მოთხოვნილებათა პროგნოზირება. იგი უნდა პასუხობდეს ტექნიკური მომსახურების ბაზების, საწარმოების ტექნიკური სამსახურის მართვის ავტომატიზირებული სისტემის მოთხოვნებს..

ტექნიკური ზემოქმედების ხანგძლივი პერიოდით პროგნოზირება მოიცავს მათ ნომენკლატურას, სათადარიგო ნაწილების და შრომით ხარჯებს.

ექსპლუატაციის პროცესში მანქანების საიმედოობის უზრუნველყოფის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს სათადარიგო ნაწილების და შრომითი ხარჯების მოხვნათა დაგეგვმა ტექნიკური მომსახურებისა და მიმდინარე რემონტების შესრულების პირობებში.



შესრულებული გამოკვლევების მონაცემებით [46], ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენების საერთო მნიშვნელობიდან დაახლოებით 30-40 % სათადარიგო ნაწილების უქონლობის გამო ხდება. ეს ძირითადად გამოწვეულია ე.წ. დეფიციტური დეტალების მარაგსა და მწყობრდან იშვიათად გამოსული ელემენტების რაოდენობას შორის არსებული დისპროპორციით.

მანქანის ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით სათადარიგო ნაწილების ხარჯის ნორმა 21-ე გამოსახულების ანალიზის შედეგად განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$C_{სათ.დ.}(t) = \frac{Z}{1 + K_1 + K_2 + K_3} * t^d \quad (33)$$

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:

$$C_{სათ.დ.} = \frac{C_{მანქ}}{d(1 + K_1 + K_2 + K_3)} \quad (34)$$

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 (21) გამოსახულების 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, ამასთან ერთად საჭირო ხდება საინფორმაციო-ნორმატიული მონაცემების აღება ექსპლუატაციის დროს, რაც ტექნიკური სამსახურის ქვესისტემების ოპერატიული მართვისათვის აუცილებელია.

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.

ხანგანმძლეობის მაჩვენებლების გაუმჯობესება როგორც წესი ზრდის ელემენტების დამზადების ხარისხს. ამის შესაბამისად იზრდება მანქანის შემდენის ღირებულება -  $C_{ბმ}$ . სხვადასხვა ვარიანტების გააანგარიშებით გამოვლინდება ოპტიმალური გადაწყვეტა კუთრი ხარჯების მინიმუმის კრიტერიუმით. გაანგარიშების მეთოდი გულსხმობს სხვადასხვა  $K_1, K_2, K_3$ , კოეფიციენტების გამოყენებას. ამასთან ერთად უნდა მოხდეს კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ღონისძიებების ეფექტური პროგნოზირება კონკრეტული პირობების გათვალისწინებით, რაც აუცილებელია ტექნიკური მდგომარეობის მართვის პროცესისათვის.

## 2.2. მობილური მანქანების საიმედოობის ექსპერიმენტული კვლევა

მანქანების, აგრეგატებისა და სისტემების საიმედოობის უზრუნველყოფის და ზემოთ დამუშავებული მეთოდების რეალიზაციის მიზნით საჭირო გახდა ექსპერიმენტული კვლევის შესრულება. იგი გამომდინარეობს კვლევის საერთო მეთოდიდან (ნახ 8.), რომელსაც საფუძვლად უდევს საიმედოობის სასურველი დონის შენარჩუნება ექსპლოატაციის პროცესში და ამისთვის გაწეული საექსპლოატაციო ხარჯების მინიმიზირება.

მანქანების საიმედოობის შესახებ ინფორმაციის შეგროვების ძირითად მიზანს წარმოადგენს კონსტრუქციული ელემენტების ტექნიკურ მდგომარეობაზე ობიექტური, სრული და სარწმუნო მონაცემების უზრუნველყოფა, რომელიც შესაძლებელია ინფორმაციის შეგროვებისა და დამუშავების მეცნიერულად და ტექნიკურ-ორგანიზაციულად ჩამოყალიბებული სისტემის შემთხვევაში. მან უნდა მოიცვას დამამზადებელი ქარხნები და სათანადო ტექნიკური დოკუმენტაცია, სარემონტო და საექსპლოატაციო საწარმოები, სრული ინფორმაცია სარემონტო და საექსპლოატაციო პირობებში მომუშავე მანქანების საჭირო რაოდენობაზე. ამასთან, სისტემას უნდა შეეძლოს სტატისტიკური მონაცემების ოპერატიული დამუშავება და შედეგების ისეთი ფორმით მოცემა, რომლებითაც გაადვილებული იქნა საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა და ანალიზი.

საიმედოობის შესახებ ინფორმაციის შეგროვება და დამუშავება უნდა შესრულდეს სათანადო კვალიფიკაციის სპეციალისტების მიერ, რომლებიც გაცნობილნი იქნებიან საიმედოობის თეორიის საფუძვლებსა და მათემატიკური სტატისტიკის საკითხებს, მანქანების კონსტრუქციისა და მათი დამზადების ტექნოლოგიას, ტექნიკური ექსპლოატაციის მეთოდებსა და ფორმებს.

ინფორმაციის შეგროვებისა და დამუშავების შედეგებმა უნდა უზრუნველყოს შემდეგი ძირითადი ამოცანების გადაწყვეტა:

- მტყუნებებისა და უწყისივრობების წარმოშობის მიზეზების დადგენა;
- საიმედოობის მაღლიმიტირებელი დეტალების აგრეგატებისა და მექანიზმების გამოვლენა;
- მანქანების კონსტრუქტული ელემენტებისა და ასაწყობი ერთეულების საიმედოობის მაჩვენებლების დადგენა და ნორმირებულ მაჩვენებლებთან შედარება-კორექტირება;
- სათადარიგო დეტალების ნორმების დადგენა, სარემონტო სამუშაოების სტრუქტურისა და მოცულობის, აგრეთვე ტექნიკური მომსახურების ოპტიმალური რეჟიმების დასაბუთება;
- ექსპლოატაციის პირობების და მუშაობის რეჟიმის საიმედოობის მაჩვენებლებზე გავლენის განსაზღვრა;
- მანქანისა და აგრეგატების სისტემების საიმედოობის ამაღლების ღონისძიებების ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრა.

ექსპერიმენტული კვლევის შესრულება საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის შესაძლებელია სპეციალურ პოლიგონზე, სასტენდო და საექსპლოატაციო გამოცდების საშუალებით. ამ მეთოდებს აქვთ დამოუკიდებელი მნიშვნელობები და გარკვეულ შემთხვევაში ერთ მიზანს ემსახურებიან და საბოლოოდ ერთი მეორეს ავსებენ.

სასტენდო გამოცდები სრულდება საიმედოობის შესახებ ინფორმაციის მიღებისა და მუშაობის ეფექტურობის გამოყენების მიზნით. იგი სრულდება შედარებით მოკლე დროში და ძირითადად ხდება საკონსტრუქტორო და ტექნოლოგიური ღონისძიებების წინასწარი შეფასება, ამ მეთოდის დადებითი მხარეა გამოცდის დროის შემცირება და შედეგების ერთგვაროვნება.

მანქანების პოლიგონზე გამოცდები სრულდება მათი მუშაობის ფორსირებული რეჟიმების შემთხვევაში, ამიტომ კონსტრუქციული

ელემენტების ხანგამძლეობის მაჩვენებლები შეიძლება განსხვავდებოდნენ რეალურთან შედარებით.

მანქანების საიმედოობის შესახებ ინფორმაციის ძირითად წყაროს წარმოადგენს სპეციალურად ორგანიზებული საკონტროლო ექსპლოატაცია, რომელიც მაქსიმალურად უახლოვდება მანქანების რეალურ ექსპლოატაციის პირობებს: საკონტროლო ექსპლოატაცია არის მანქანის განსაზღვრული ჯგუფის (დაკვირვების მოცულობა) ექსპლოატაცია, როდესაც ხდება აგრეგატებისა და სისტემების ტექნიკური მდგომარეობის კონტროლი და აღირიცხება ყველა სახის მტყუნებებია და უწყესივრობები.

### **2.2.1. ექსპერიმენტული კვლევის პირობები და ორგანიზაცია.**

კვლევის ობიექტად აღებული იქნა ფართო მოხმარების თანამედროვე ტრაქტორი John Deere 6930. მისი ტექნიკური დახასიათება მოცემულია 1-ელ. ცხრილში და მათი მუშაობა დაკავშირებულია საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოების შესრულებასთან, როგორცაა მოხვნა, ფარცვა, გაფხვიერება, თესვა, არხის გაჭრა, სატრანსპორტო და სხვა. შესაბამისად, მათი დატვირთვა და მუშაობის რეჟიმი განპირობებულია აღნიშნული სამუშაოების მოცულობასთან მთელი წლის განმავლობაში. კონკრეტული სამუშაოს შესრულებისათვის მანქანების დატვირთვის პროცენტული განაწილება მოცემულია მე-2 ცხრილში.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, საკვლევი ტრაქტორის დატვირთვა ძირითადად ყველაზე მეტად განპირობებულია მოხვნით, როგორც სატრანსპორტო საშუალება ლაფეტის გამოყენებით იგი შეადგენს მთელი წლიური დატვირთვის 8-10 %-ს.

## John Deere 6930 ტექნიკური მონაცემები



ცხრილი 1

გამოშვების წელი	2012	
ნომინალური სიმძლავრე 97/68/EC	114/155 კვ/ც.ძ.	
მაქსიმალური მაბრუნე მომენტი	683 ნმ.	1500 ბრ/წთ
წონა წინა საკიდი საპირწოთ	7000 კგ	
<b>სამუშაო მოცულობები</b>		
ძრავის შეზეთვის სისტემა	20 ლ.	
გაგრილების სისტემა (ანტიფრიზი)	31.1 ლ.	
ტრანსმისსია/ჰიდრავლიკის სისტემა	60 ლ.	
წინა ხიდი და მორგვები	11.4 ლ.	
საწვავის ავზი	325 ლ.	
<b>საცხებ-საპოხი მასალა</b>		
<b>დასახელება</b>	<b>მარკა</b>	<b>სპეციფიკაცია</b>
ძრავის ზეთი	15W40	E6/E7/E9
ტრანსმისსია/გიდრავლიკის ზეთი	10W30	GL-4/ GL-5
წინა ხიდი და მორგვები	10W30	GL-4/ GL-5

სხვადასხვა სახის სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებზე ტრაქტორის  
გამოყენების %-ული განაწილება

№	სამუშაოს დასახელება	გამოყენებული აგრეგატი	პროცენტი %
1	მოხვნა	გუთან (5 კორპუსიანი)	67%
2	დაფარცხვა	ფარცხი (3-4 მ.)	13%
3	დაფრეზვა	ფრეზი (3 მ.)	6%
4	დათესვა	სათესი	2%
5	გაფხვიერება	ღრმადგამაფხვიერებელი და კულტივატორი (2.5 მ.)	3%
6	არხის გაჭრა	1მ.	1%
7	სატრანსპორტო	ლაფეტი (10-13 ტ)	8%

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.

ექსპლოატაციის პროცესში ტრაქტორების ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილებაზე უპირველესად მოქმედებს საექსპლოატაციო პირობები და მუშაობის რეჟიმები. ანალიზის გაადვილების და სწორი შედეგების მიღების

მიზნით მიღებული იქნა პირობა, რომ მათი მუშაობის საექსპლოატაციო-ტექნიკური მაჩვენებლები დაახლოებით ერთგვაროვანია და ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილება განპირობებულია კონსტრუქციული თავისებურებითა და ნორმატიული მაჩვენებლებით. (ცხრილი 3)

ცხრილი 3

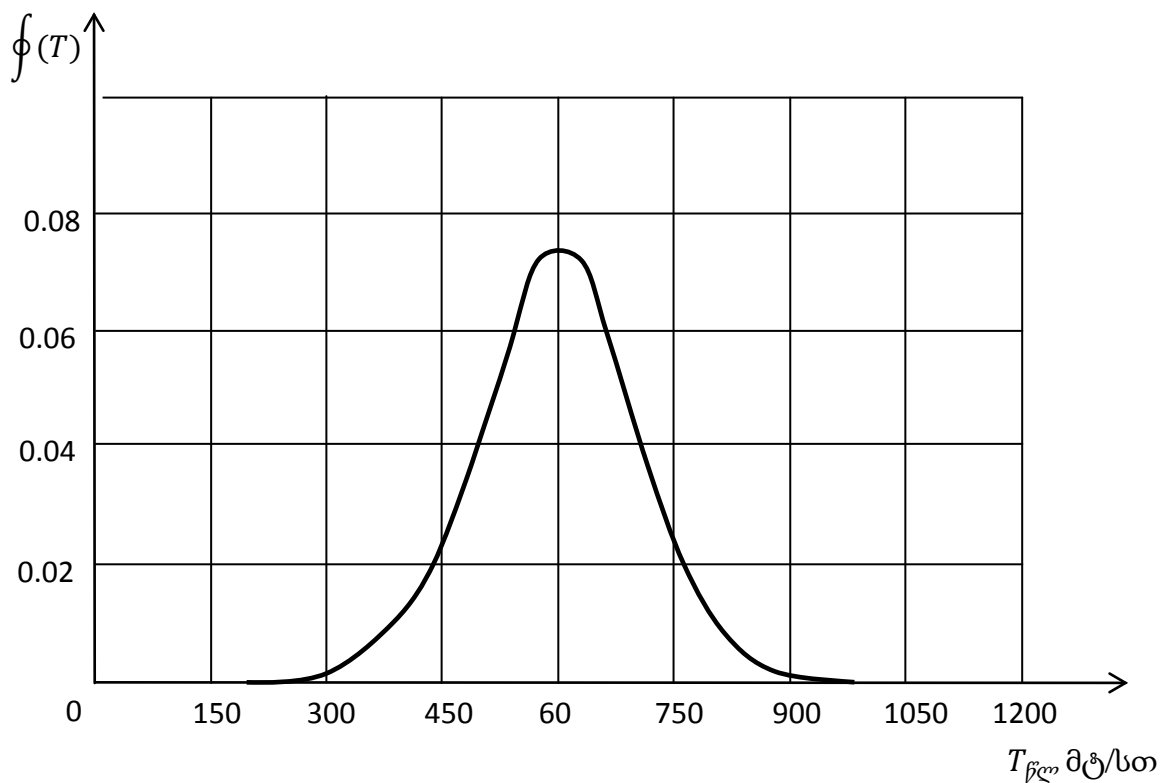
**საკვლევი ტრაქტორების მუშაობის საექსპლოატაციო-ტექნიკური  
მაჩვენებლები**

№	მუშაობის მაჩვენებლები	აღნიშვნა განზომილება	რაოდენობა
1	მუშა დღეების საშუალო რაოდენობა წელიწადში	D, დღე	77
2	ყოველდღიური დატვირთვა	T, სთ	8
3	წლიური დამუშავებული მიწის ფართი	F, ჰექტარი	62567
4	წლიური უქმი გადაადგილება (გარბენა)	L <sub>0</sub> , კმ	1568
5	ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული საშუალო მოცდენები 1 წელიწადში	D მოც, დღე	5
6	საშუალო წლიური ნამუშევარი	T მტ/სთ	600
7	ტრაქტორების გამოყენების საშუალო კოეფიციენტი	α გამოყ.	0.301

ოპერატორის (ტრაქტორისტის) კვალიფიკაციის დონე, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს საიმედოობის მაჩვენებლებზე, ასევე გამორიცხული იქნა, ვინაიდან იგი სპეციალურ კვლევას მოიცავს.

საკვლევი ტრაქტორების წლიური ნამუშევრის განაწილების პარამეტრების დასადგენად და  $\alpha = 100$ ) წლიური მნიშვნელობების მიხედვით მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებულ





ნახ. 13. ტრაქტორების წლიური ნამუშევრის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი.

როგორც ნახაზიდან ჩანს და 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 საკვლევ 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. საგარანტიო ნამუშევრის პერიოდში რეგლამენტით გათვალისწინებულია 100, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 და ა.შ. მტ/სთ

პერიოდულობის სერვისები, რომლებიც მწარმოებელი ქარხანის მიერ არის რეკომენდირებული.

სავალდებულო ოპერაციათა ჩამონათვალი და შესრულების მომენტები  
 × აღნიშნებით მოცემულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

**რეგლამენტით გათვალისწინებული სერვისის ოპერაციები  
 ექსპლოატაციის დაწყებიდან 2500 მტ/სთ რესურსის პერიოდში.**

№	ოპერაციის დასახელება	100 მტ/სთ	500 მტ/სთ	750 მტ/სთ	1000 მტ/სთ	1500 მტ/სთ	2000 მტ/სთ	2250 მტ/სთ	2500 მტ/სთ
1	შეიცვალოს ძრავის ზეთი	×	×	-	×	×	×	-	×
2	შეიცვალოს ძრავის ზეთის ფილტრი	×	×	-	×	×	×	-	×
3	შეიცვალოს წინა მექანიკური ხიდის და გვერდითი რედუქტორის ზეთი	×	-	-	-	×	-	-	-
4	შეიცვალოს ტრანსმისიის ზეთის ფილტრის ელემენტები	×	-	×	-	×	-	×	-
5	შესრულდეს ტექნიკის სახსრების და სამაგრების გადაჭერები	×	×	-	×	×	×	-	×
6	ტექნიკის შეპოხვა	×	×	-	×	×	×	-	×
7	შეიცვალოს საწვავის ფილტრები	-	×	-	×	×	×	-	×
8	შემოწმდეს ტრანსმისიის ზეთის დონე	-	×	-	×	-	×	-	×
9	შემოწმდეს წინა მექანიკური ხიდის და გვერდითი რედუქტორის ზეთის	-	×	-	×	-	×	-	×

	დონე								
10	შემოწმდეს ძრავის ბრუნთა რიცხვი	-	×	-	×	-	×	-	×
11	აკუმულიატორის კლემების შემოწმება	-	-	-	×	×	×	-	×
12	სამუხრუჭე სისტემის შემოწმება	-	-	-	×	×	×	-	-
13	შეიცვალოს ძრავის ჰაერის ფილტრები	-	-	-	×	-	×	-	-
14	შეიცვალოს კაბინის უხეში ფილტრები	-	-	-	-	×	-	-	-
15	შეიცვალოს კაბინის რეცირკულაციის ფილტრი	-	-	-	-	×	-	-	-
16	შეიცვალოს წინა ძალამრთმევი ლილვის ზეთი	-	-	-	-	×	-	-	-
17	შეიცვალოს ტრანსმისიის ზეთი	-	-	-	-	×	-	-	-
18	შემოწმდეს ძრავის ღვედის დაჭიმულობა	-	×	-	×	×	×	-	×
19	ძრავის სარქველების შემოწმება-რეგულირება	-	-	-	-	-	×	-	-
20	ძრავის გამათბობელი სანთლების შემოწმება	-	-	-	-	-	×	-	-
21	კაბინის საყრდენი ბალიშების შემოწმება	-	-	-	-	-	×	-	-

შესრულებული იქნა თითოეული სერვისის სახეობების მიხედვით პერიოდულობის გადახრათა ანალიზი ფაქტობრივი მდგომარეობით და გამოვლენილი იქნა მათი განაწილების პარამეტრები. (ცხრილი 5)

## პერიოდულობის განაწილების პარამეტრები

№	სერვისის სახეობა	განაწილების პარამეტრები		
		$T_{საშ}$ , მტ/სთ	V	$\sigma$ მტ/სთ
1	100 მტ/სთ-იანი სერვისი	105	0,18	18,9
2	500 მტ/სთ-იანი სერვისი	525	0,21	110,2
3	1000 მტ/სთ-იანი სერვისი	1040	0,23	239,2
4	1500 მტ/სთ-იანი სერვისი	1570	0,20	314,0
5	2000 მტ/სთ-იანი სერვისი	2090	0,25	412,25

როგორც ცხრილიდან ჩანს, სერვისის ფაქტიური პერიოდულობის განაწილების ვარიაციის კოეფიციენტი იცვლება 0,18-0,25-ის ზღვრებში (განაწილების ნორმალური კანონი), რაც განპირობებულია რეგიონალური სერვის ცენტრების მუშაობის ორგანიზაციულ-ტექნიკური პირობებით და ტრაქტორების მუშაობის სეზონური რეჟიმებით.

### 2.2.2. 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, იგულისხმება მომსახურე პერსონალის კვალიფიკაცია, ობიექტების ტექნიკური აღჭურვილობა და სხვა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ განაცხადები სხვადასხვა სახის სამუშაოებზე ტრაქტორის სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით

წლის სხვადასხვა პერიოდსა და სეზონისათვის განსხვავებულია, რაც ლოგიკურია ზამთრისა და ზაფხულის დადგომასთან დაკავშირებული სავალდებულო ოპერაციების შესრულებით. საერთოდ კი უნდა აღინიშნოს, რომ ზამთრის პერიოდში შესრულებული სამუშაოთა მთლიანი მოცულობა დაახლოებით 70%-ით ნაკლებია ზაფხულის პერიოდში შესრულებული სამუშაოთა მოცულობასთან შედარებით, რაც პირველ რიგში აიხსნება ზამთრის პერიოდში ტრაქტორების ექსპლოატაციის ინტენსიურობის შემცირებით და მომსახურების ცენტრების მუშაობის ორგანიზაციული ნაკლოვანებებით ასეთ პირობებში მოუმზადებლობის გამო.

რეალურ პირობებში სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ტექნიკა ვერ გადის ტექნიკურ მომსახურებას იმ მოცულობით, როგორც ის ტექნიკური „რეგლამენტი“ 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. მე 6 ცხრილში მოცემულია სამუშაოების ასეთი განაწილება საკვლევი ტრაქტორებისათვის.

ცხრილი 6

**მტყუნებებისა და უწყესივრობების 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

უნდა აღინიშნოს, რომ მოპოვებული ინფორმაციის საფუძველზე სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი სხვა ანალოგიური მოდელის ტრაქტორებისათვის დაახლოებით იგივე შედეგს იძლევა.

სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის შედეგად მოხდა მტყუნებებისა და უწყესივრობების კლასიფიცირება მათი სახეობების, ხასიათის, მიზეზების 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-7 ცხრილში.

ცხრილი 7

**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

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მტყუნებათა დიდი რაოდენობა (დაახლოებით 38,0%) ცვეთის შედეგად არის გამოწვეული, რაც პირობითად თანდათანობითი მტყუნებათა კატეგორიას, ხოლო დანარჩენი უეცარ მტყუნებებს მიეკუთვნება, გარდა ზოგიერთი დამაგრების შესუსტების შემთხვევებისა, რომლებიც სხვადასხვაგვარად გამოვლინდება.

საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ მტყუნებათა კლასიფიკაცია ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილების კანონზომიერების მიხედვით ექვემდებარება განაწილების ნორმალურ კანონს (ძირითადად ცვეთის შედეგად) დაახლოებით 35%, ლოგარითმულ-ნორმალურს -25%, ექსპონენციალურს -30% და ვეიბულის -15%. მაგრამ ასეთი პროცენტული განაწილება პირობითია, ვინაიდან ზოგიერთი კვანძები და ელემენტები თავიანთი მტყუნების ხასიათით გამოვლინდება უეცრად და ლოგიკურად ექსპონენციალურ კანონს უნდა ექვემდებარებოდეს, მაგრამ სტატისტიკური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ლოგარითმულ-ნორმალურ ან ვეიმულის კანონებთან არის ახლოს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ პირველადი შედეგები (მტყუნებები) და მეორადი ან შემდგომი მტყუნებათა განაწილების კანონზომიერებები ხშირად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, რაც სხვადასხვა ფაქტორით აიხსნება (დაბალი ხარისხის სათადარიგო დეტალები, კვანძში ახალი დეტალის ძველ, ნამუშევარ დეტალთან შეთავსება-მომუშავება და სხვა) მე-8 ცხრილში მოცემულია მტყუნებათა კლასიფიკაცია მათი ხასიათის მიხედვით მთლიანად საკვლევი ტრაქტორებისათვის.

ცხრილი 8

**მტყუნებათა კლასიფიკაცია ფიზიკური შინაარსის მიხედვით**

მტყუნების თანმიმდევრობა	უეცარი %	თანდათანობითი %	მტყუნების თანმიმდევრობა	უეცარი %	თანდათანობითი%
პირველი	35,5	64,5	შემდგომი	58,2	42,0

მანქანების კონსტრუქციების საიმედოობის შეფასებისას მხოლოდ უმტყუნებლობის მაჩვენებლების გამოვლენა და ანალიზი არ არის საკმარისი სრული სურათის მისაღებად. აუცილებელი და სავალდებულოა

განსაზღვრული იქნას აგრეთვე მტყუნებათა აღმოფხვრის დროისა და ხანგრძლივობის ნორმატიული და რეალური მნიშვნელობები. იგულისხმება დროის ის პერიოდი, როდესაც უნდა იქნას მტყუნებათა აღმომფხვრილი - ტექნიკური მომსახურების პერიოდში, მუშაობის პერიოდში (ხაზზე, საველე პირობებში), თუ ექსპლოატაციიდან მოხსნის შემთხვევაში (სერვის ცენტრებში) სამივე შემთხვევის აღმნიშვნელი პარამეტრები მნიშვნელოვნად მოქმედებენ მანქანის ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტზე.

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).

მანქანების მოცდენა ტექნიკური მიზეზებით მოიცავს არა მარტო უშუალოდ მტყუნებების აღმოფხვრის შრომატევადობას, არამედ სხვა ორგანიზაციულ-ტექნოლოგიურ პროცესებთან დაკავშირებულ მოცდენებსაც, რაც აუცილებლად უნდა იქნას მხედველობაში მიღებული მტყუნებათა აღმოფხვრის საერთო ხარჯების ანგარიშის დროს. სწორად ეს გარემოება ქმნის იმის აუცილებლობას, რომ ტექნიკური მდგომარეობის დონე და საერთოდ ტრაქტორის საიმედოობა შენარჩუნებული და უზრუნველყოფილი იქნას ისე, რომ საექსპლოატაციო-ტექნიკური ხარჯები იყოს მინიმალური.



### 2.2.3. საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალებისა და კვანძების გამოვლენა

საკვლევი მანქანის ძრავი, აგრეგატები, 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. ასეთი დეტალების გამოვლენამ მოითხოვა ყველა მტყუნებისა და შეცვლების ანალიზი, რისთვისაც საჭირო მონაცემები აღებული იქნა მანქანების ექსპლოატაციის დაწყებიდან თითოეული საექსპერიმენტო (დასაკვირვებელი) ტრაქტორისთვის. ანალიზის გაადვილების მიზნით მტყუნებები დაჯგუფებული იქნა აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით, გამოვლინებული იქნა მათი შეცვლათა რაოდენობა, სათანადო შრომითი და მატერიალური ხარჯები.

როგორც სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, უმტყუნებლობისა და ღირებულების კრიტერიუმის მიხედვით ყველა დეტალი არ ქმნის საიმედოობის ლიმიტს, სამაგიეროდ ისინი აღინიშნებიან ხანგამძლეობის (რესურსის) კრიტერიუმით. მე-9 ცხრილში მოცემულია საკვლევი ტრაქტორის საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების ჩამონათვალი აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით.

როგორც ცხრილიდან ჩანს 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.

## საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალები და მათი შეცვლათა

## პროცენტული განაწილება

№	საკვლევი ტრაქტორის აგრეგატები და სისტემები	საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალები	შეცვლათა პროცენტული რაოდენობა
1	ძრავი კვებისა და გამაგრებელი სისტემებით	ტურბოკომპრესორი	2.7
		მაყუჩის გოფირებული მილი	38.0
		მაღალი წნევის ტუმბოს მაკონტროლებელი სარქველი	1.6
		საწვავის ელექტრო ფქვევანა	27.8
		ძრავის ღვედი	5.9
		საწვავი სისტემის წყლის სენსორი	2.7
2	ელექტრომომწობილობა	გენერატორი	0.5
		სტარტერი	0.5
		ანთების გასაღების ბუდე	0.5
3	ტრანსმისია	წინა ხიდის ჩამრთველი სოლენოიდი	3.2
		უკანა ხიდის კონუსური წყვილი	0.5
		სატელიტის ღერძი	0.5
		საყელური	1.1

		წამყვანი კბილანა	1.1
		წინა ხიდის ჩობალი	0.5
4	ჰიდრავლიკა და საკიდი სისტემა	ჰიდროცილინდრი	0.5
		ზეთის მილი	0.5
		ზეთის მილი	0.5
		მკლავების დამჭერი ღერძი	8.6
		ცენტრალური წვევა	2.7

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 საჭის 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 შემოქმედების გამო.

სტატისტიკური მონაცემების შეგროვების დროს გამოვლენილი იქნა არა მარტო დეტალებისა და კვანძების მტყუნებები, არამედ მტყუნებები,

რომლებიც გამოწვეული იყო აგრეგატისა, სისტემის და მექანიზმის განრეგულირებით (ე.წ. ფუნქციონალური სქემა) რაც იწვევდა მათ უწესივრობას. სარეგულირებელი პარამეტრების ცვლილება ამცირებს აგრეგატისა და სისტემის მუშაობის ეფექტურობას მაგალითად კვების სისტემაში საწვავის მიწოდებას, ძრავში სარქველების, სამუხრუჭე სისტემაში ღრეჩოს სიდიდე, მეთზე მოდის 70-80%. მტყუნებების წარმოქმნის საშიშროებების თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა სარეგულირებელი პარამეტრების დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნება, რაც სრულდება ტექნიკური მომსახურების (სერვისის) დროს.

ძრავისა და მისი სისტემის საიმედოობას განსაზღვრავს 12 დასახელების დეტალი, რაც შეადგენს მათი საერთო დეტალების 8,5%-ს. ელექტრომომწობილობის საიმედოობის მაღალიმიტირებელი დეტალების რაოდენობა არის 5 რაც 5%-ს შეადგენს.

#### 2.2.4. უმტყუნებლობის მაჩვენებლების გამოვლენა

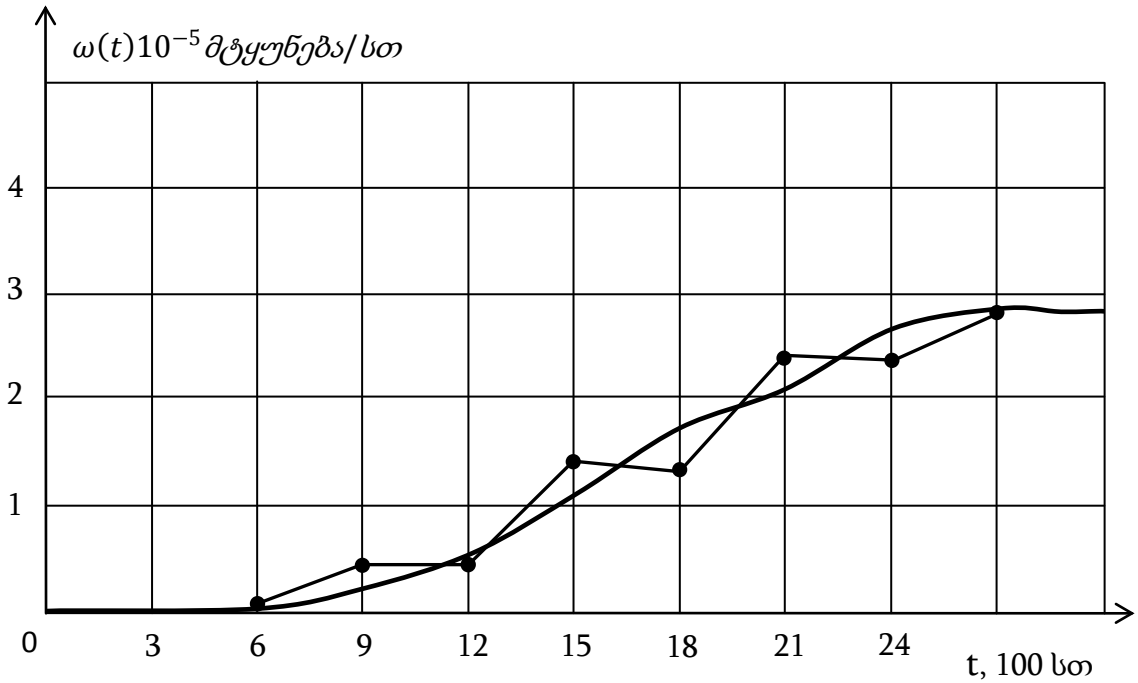
უმტყუნებლობა ხასიათდება მისი ისეთი ძირითადი მაჩვენებლებით როგორებიცაა მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი -  $\omega(t)$ , მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი -  $t_{ა.ნ}$  და უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა -  $P(t)$ .

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

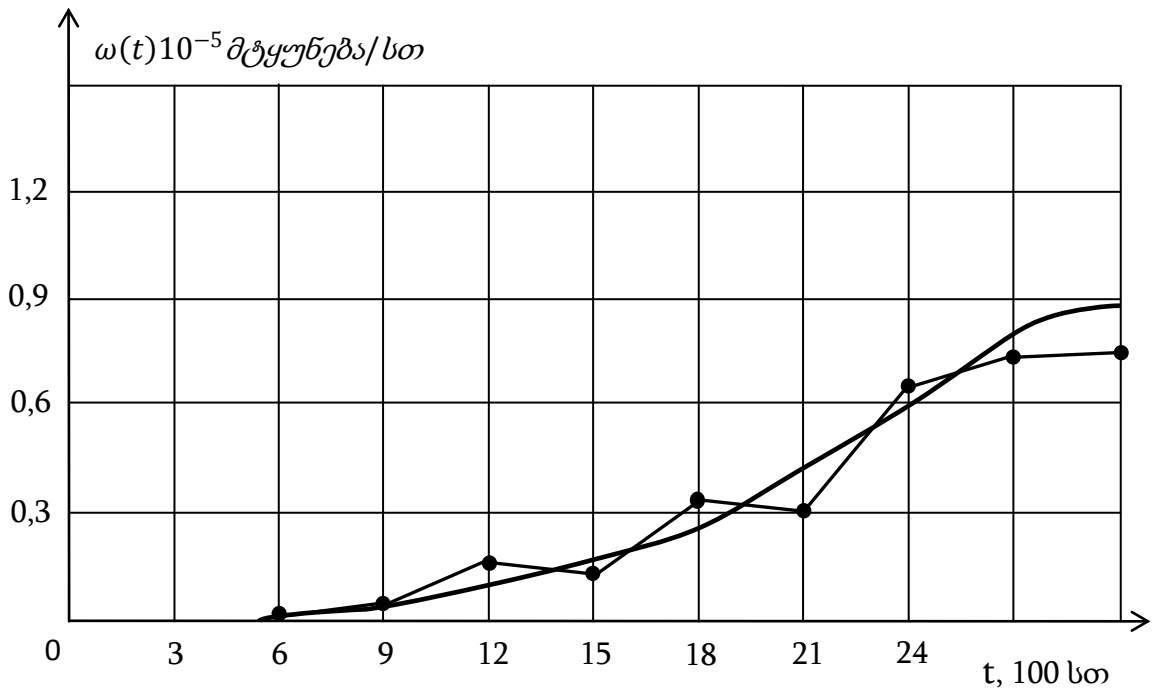
ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის თეორიული მნიშვნელობების მისაღებად ექსპერიმენტული მონაცემები დამუშავებული იქნა კომპიუტერზე მე-5 ხარისხის დამოკიდებულების სახით [42]

$$\omega(t) = a_1 t + a_1 t^2 + \dots + a_n t^n$$

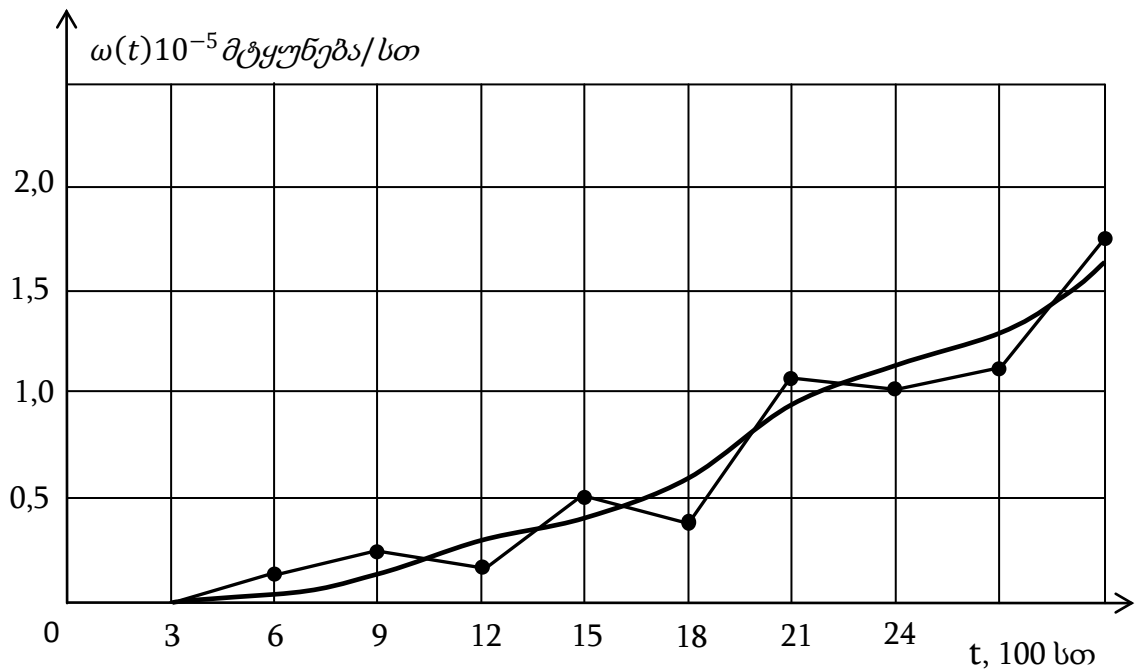
ნახ. 14, 15, 16, ნაჩვენებია საკვლევი აგრეგატებისა და სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრების ცვლილების ექსპერიმენტული და თეორიული მრუდები.



ნახ 14. ძრავის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი



ნახ 15. ტრანსმისიის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი



ნახ 16. ჰიდრავლიკის და საკიდი სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი

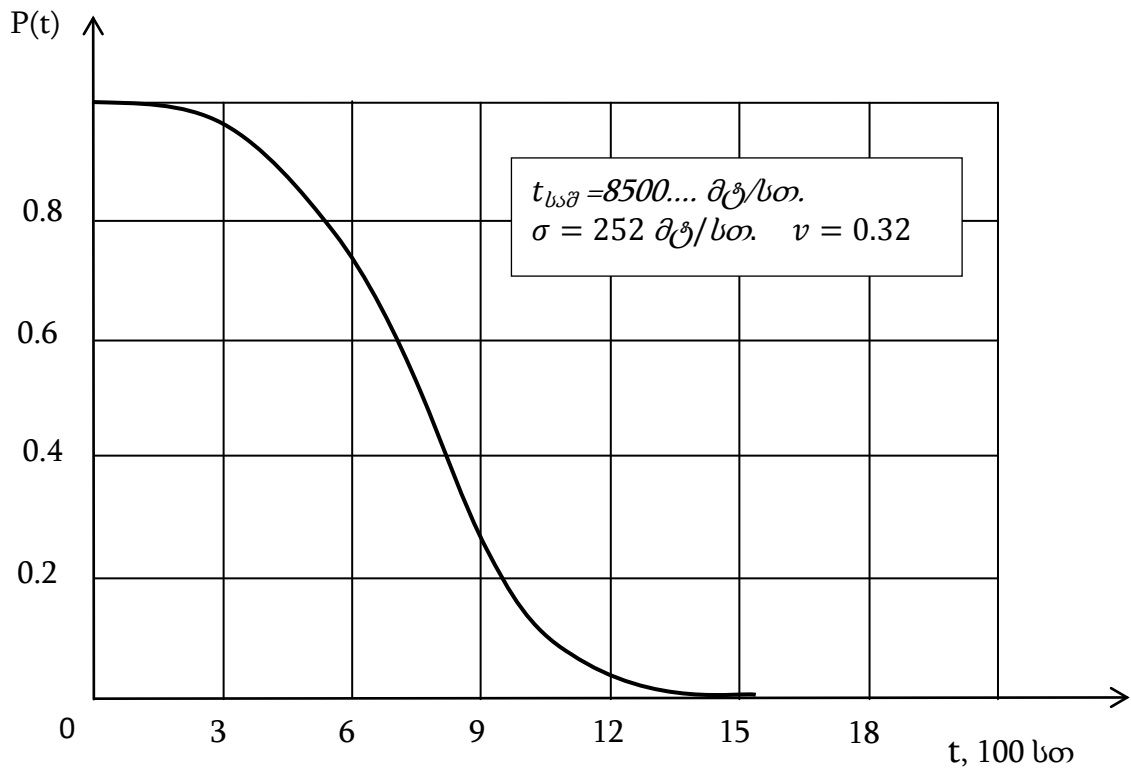
როგორც მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის მრუდების ანალიზი გვიჩვენებს, მათ აქვთ ცვალებადი ხასიათი და იზრდება ნამუშევრის ზრდასთან ერთად და სხვადასხვა სისტემისა და აგრეგატისათვის მაქსიმალური მნიშვნელობები მიიღება ნამუშევრის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის.

გამოვლენილი იქნა საიმედოობის ისეთი მნიშვნელოვანი პარამეტრი, როგორცაა მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი, რომელიც წარმოადგენს საერთო ნამუშევრის შეფარდების მტყუნებათა საერთო რაოდენობასთან (ცხრილი 10)

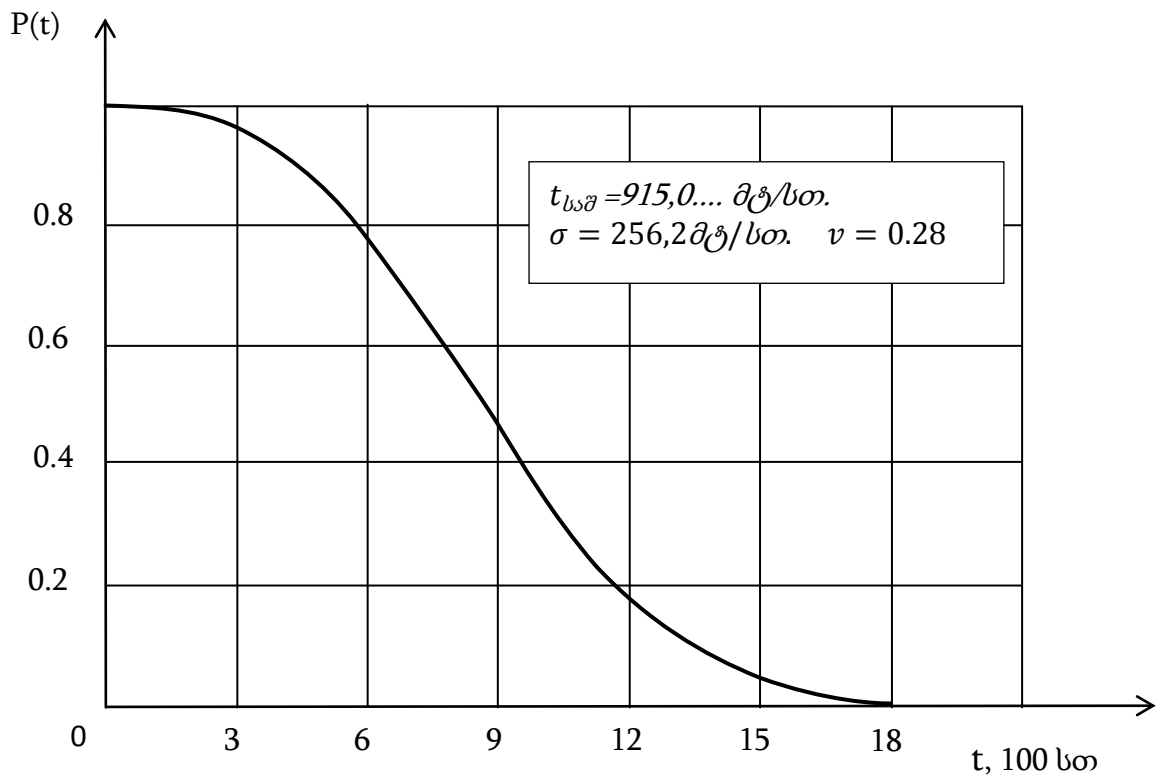
საკვლევი მანქანის აგრეგატებისა და სისტემების მტყუნებათაშორისი  
ნამუშევარი

№	ტრაქტორი John Deere 6930 აგრეგატები და სისტემები	საერთო ნამუშევარი მტ/სთ	მტყუნებათა და უწესივრობათა რაოდენობა	მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი მტ/სთ
1	ძრავი კვებისა და გაგრილების სისტემებით	180000	147	1225
2	ელექტრობოჭობილობა		3	60000
3	ტრანსმისია		13	13846
4	ჰიდრავლიკა და საკიდი სისტემა		24	7500
	ტრაქტორი მთლიანად	180000	187	963

ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალებისათვის აგებული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები. მაგალითისთვის ზოგიერთი მათგანი მოცემულია ნახ 17-20 მთლიანობაში ეს საშუალებას იძლევა შედგეს საკვლევი ობიექტის საიმედოობის რუკა.

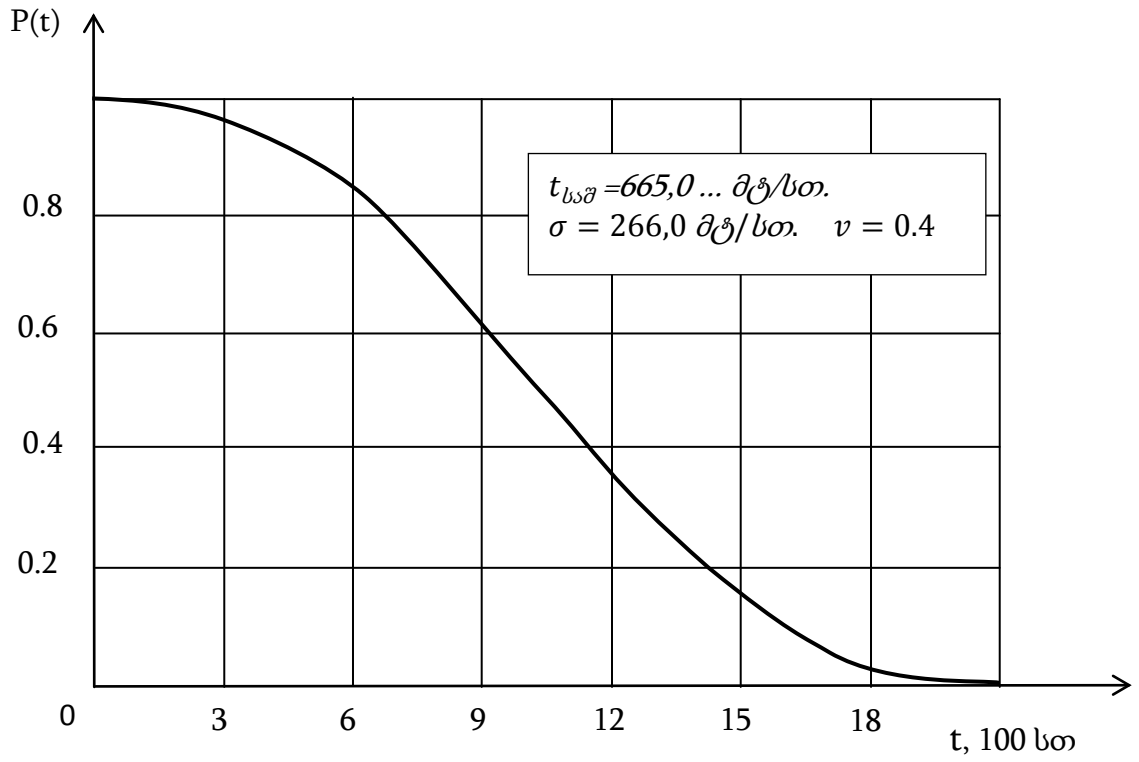


ნახ 17. მაყუჩის გოფირებული მილის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა.

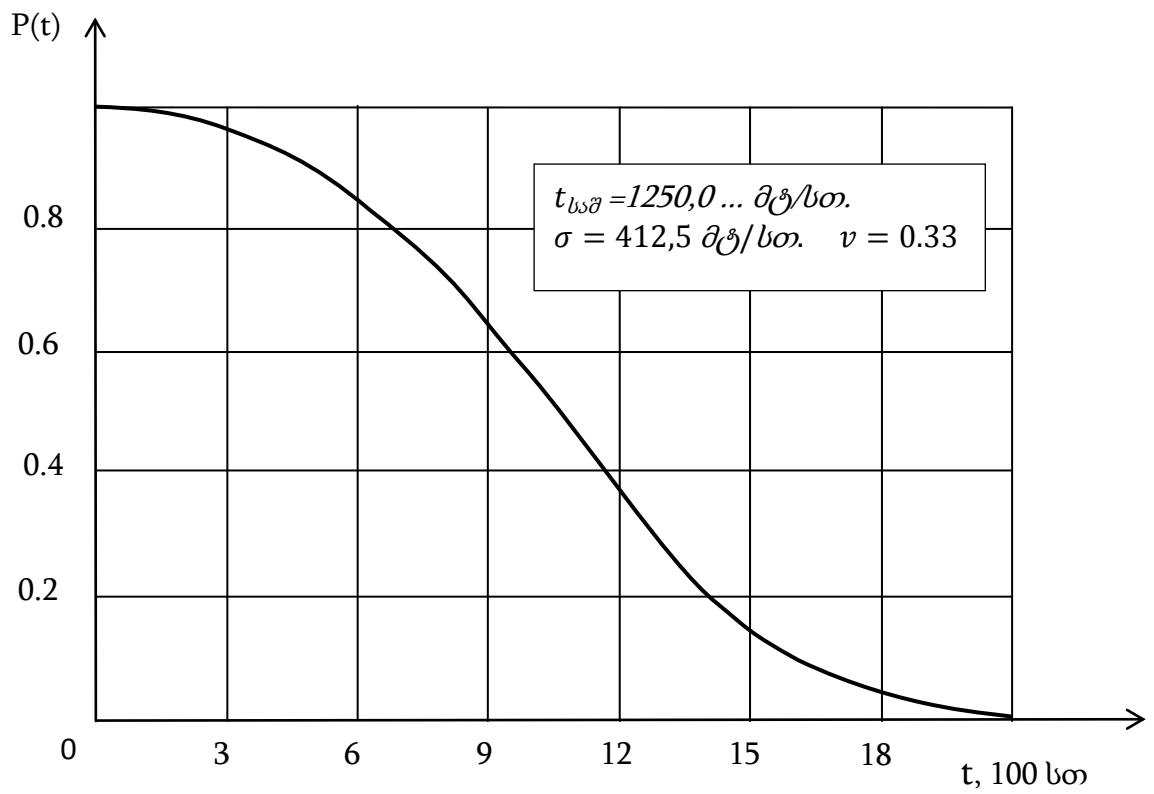


ნახ 18. საწვავის ელექტროფქვევანების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა.





ნახ 19. ძრავის ღვედის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა.



ნახ 20. ზეთის მილის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა.

იგი იძლევა თვალსაჩინო წარმოდგენას დეტალების მექანიზმებში განლაგების ადგილისა და მათი უმტყუნებლობის ცვლილების შესახებ. თითოეული მრუდი გვამლევს 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 გვამლევს უმტყუნებლობის პროგნოზირების შესაბამისობას, რაც აუცილებელია მანქანების საიმედოობის მართვისათვის.

### 2.2.5. 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 გაბნევა ვარიაციის კოეფიციენტით 0,28 დან 1,0-მდე სამუხრუჭე სისტემის და ჰიდროამძრავებისათვის, ხოლო ძრავისთვის 0,28-დან 0,75-მდე. როგორც განსხვავებულ პირობებში

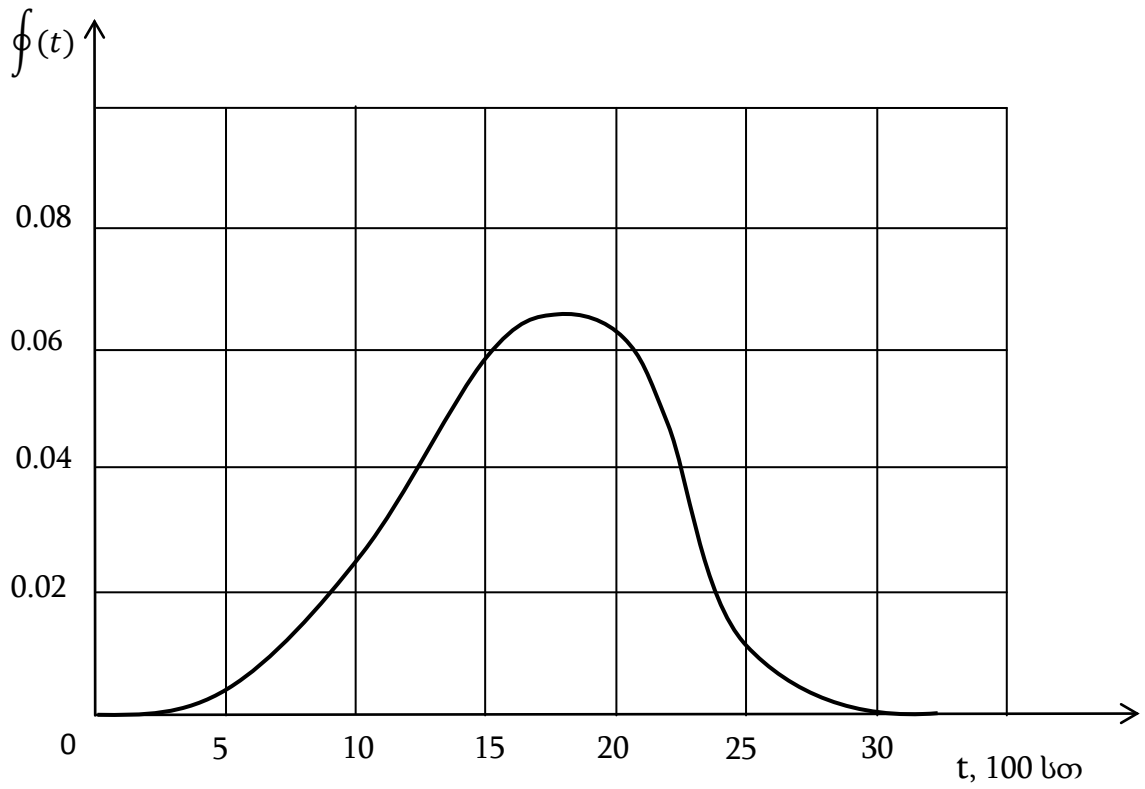
ჩატარებულმა ექსპერიმენტის შედეგებთან შედარებამ გვიჩვენა, მოცემული სისტემისა და აგრეგატების დეტალების რესურსები მცირე სიდიდით განსხვავდებიან, რაც აიხსნება ზოგიერთი მათგანის შედარებით დატვირთულ რეჟიმზე მუშაობით.

შედარებით მცირე რესურსებით ხასიათდებიან სამუხრუჭე, საჭის და ჰიდრავლიკური სისტემების დეტალები, რომელთა დამზადების მასალა ლითონისგან განსხვავებულია (რეზინის, პლასტმასის, აზბეტის და სხვა).

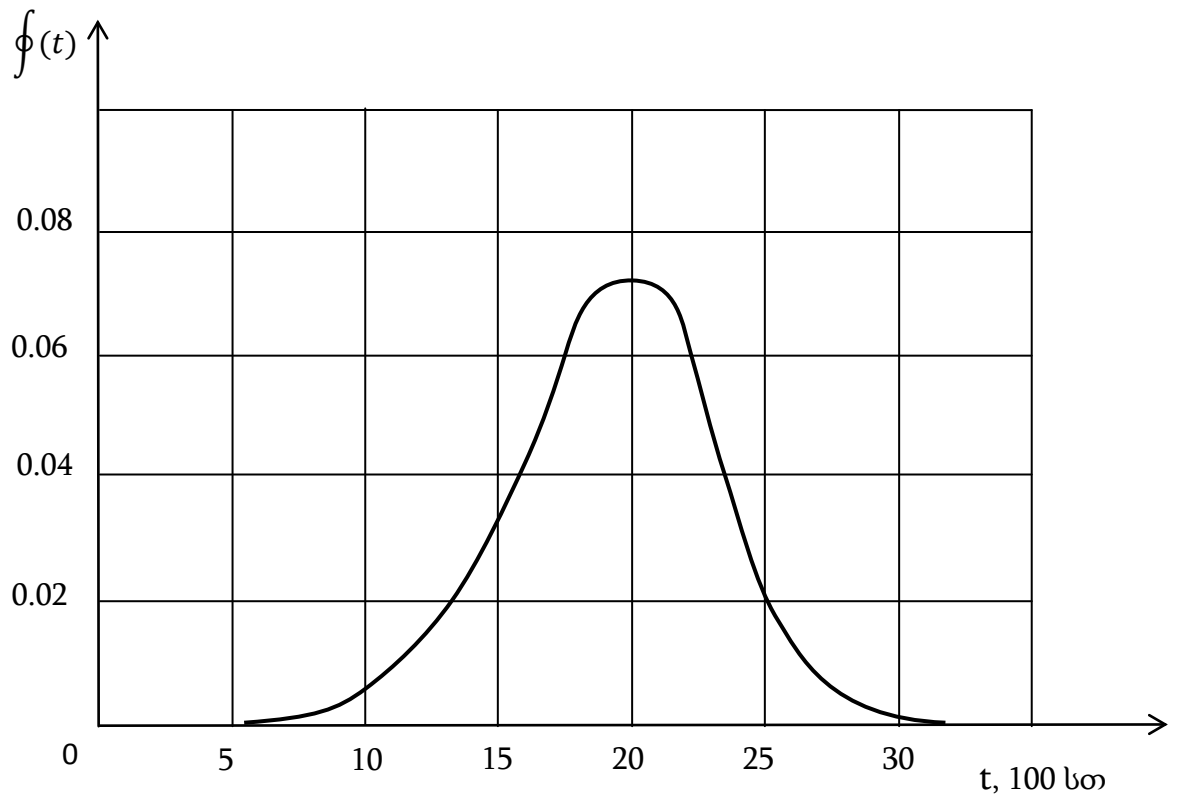
მიუხედავად იმისა, რომ ბოლო დროს საგრძნობლად გაიზარდა რეზინის ელემენტების რესურსები, მათი ვარიაციის კოეფიციენტი კვლავ მაღალია (0,65-1,0), რაც მიუთითებს მათი განაწილების ექსპონენციალურ კანონზე, ანუ უეცარ მტყუნებას, რაც მნიშვნელოვნად მოქმედებს როგორც უსაფრთხოებაზე, ასევე მანქანის ეფექტიანობაზე.

ამასთან ერთად გამოვლენილი იქნა ძრავის დამხმარე სისტემების (შეზეთვის, გაგრილების, საწვავის მიწოდების) რესურსების განაწილების მაჩვენებლები -საშუალო რესურსები და მათი ვარიაციის კოეფიციენტები.

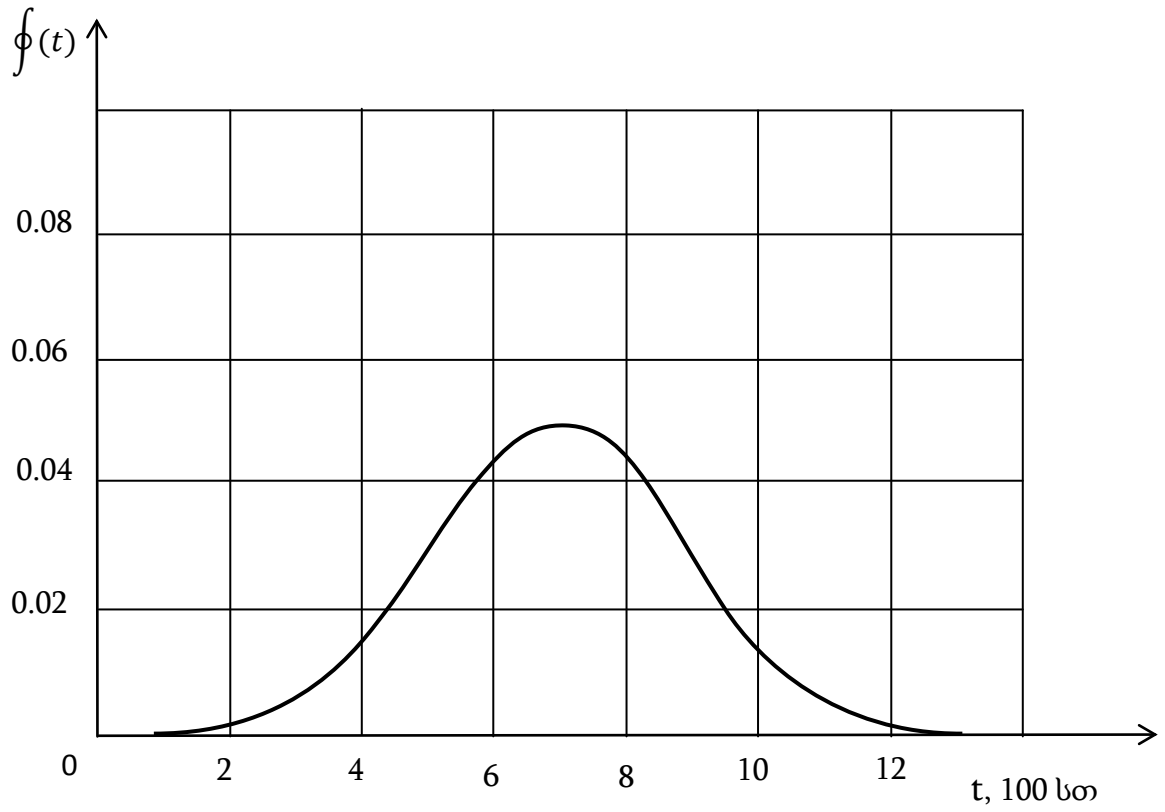
ნახ. 21-24 -ზე მაგალითისთვის მოცემულია ზოგიერთი დეტალის რესურსების განაწილების სიმჭიდროვის მრუდები.



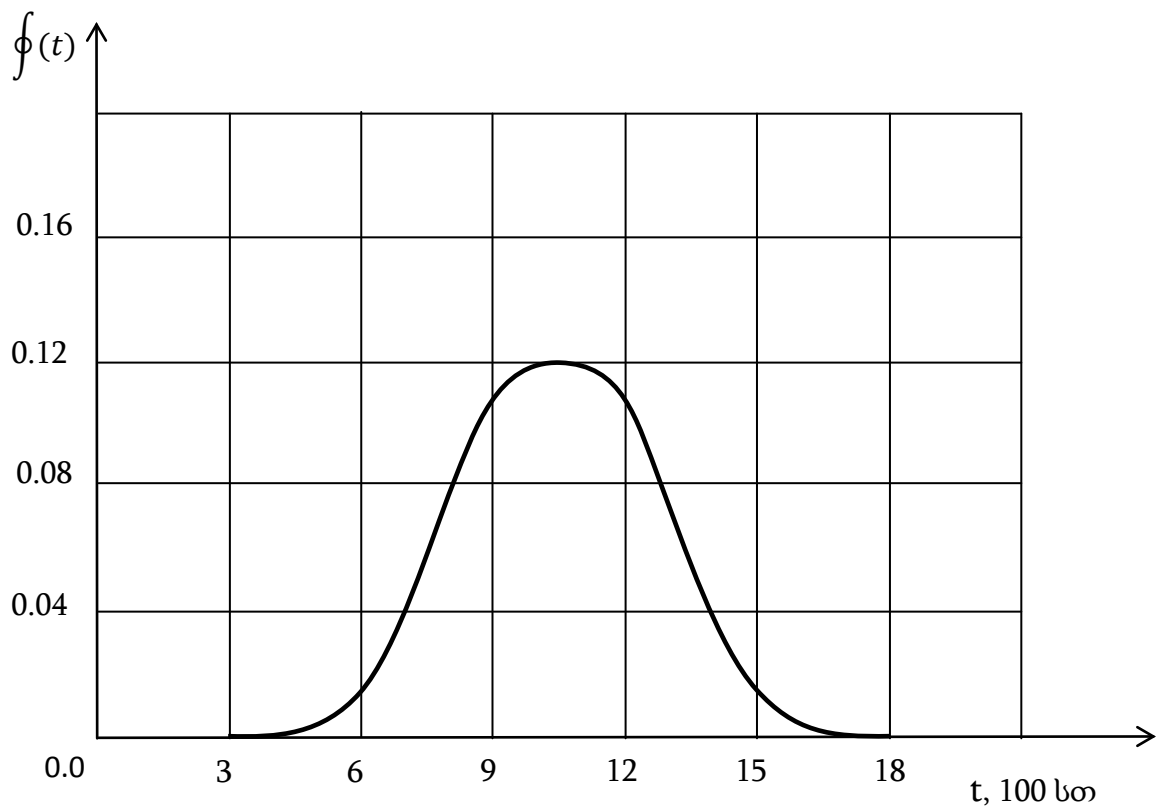
ნახ 21. ტურბოკომპრესორის რესურსის განაწილების სიმჭიდროვე



ნახ 22. გენერატორის რესურსის განაწილების სიმჭიდროვე



ნახ 23. ძრავის ღვედის რესურსის განაწილების სიმჭიდროვე



ნახ 24. ცენტრალური წევის რესურსის განაწილების სიმჭიდროვე

## 2.2.6 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 [41]

მე-11 ცხრილში მოცემულია აგრეგატებისა და სისტემების სათადარიგო დეტალების ხარჯის მონაცემები, ხოლო მე-12 ცხრილში ხარჯების %-ული განაწილება მათი ძირითადი სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით.

ცხრილი 11

### სათადარიგო დეტალების ხარჯი, ლარი

აგრეგატებისა და სისტემების დასახელება	სათადარიგო დეტალების ხარჯი			კუთრი ხარჯი ლარი/სთ
	მთლიანი	ერთ ტრაქტორზე	ერთ მტყუნებაზე	
ძრავი კვებისა და გაგრილების სისტემებით	101964	1020	694	0,57
ელექტრობოჭყობილობა	2261	22.61	754	0,01
ტრანსმისია	9055	91	697	0,05
ჰიდრავლიკა და საკიდი სისტემა	34691	346.9	1445	0,19

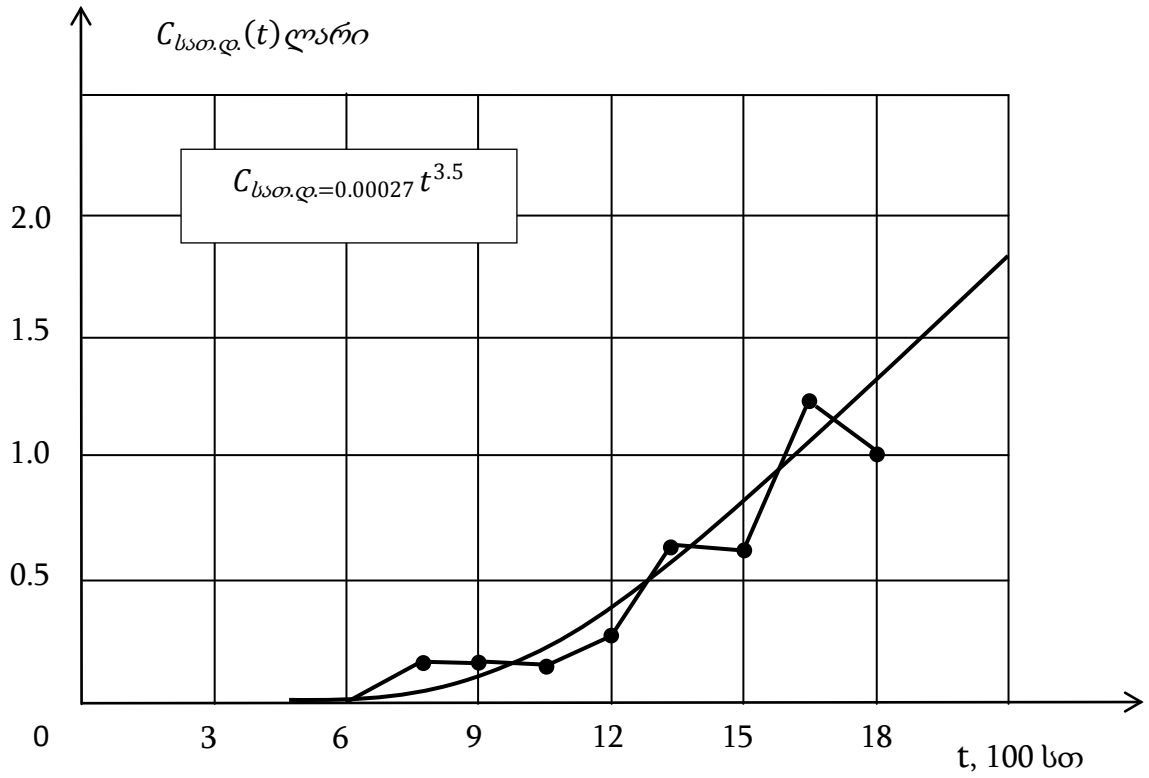
## სათადარიგო დეტალების ხარჯის პროცენტული განაწილება

## აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით

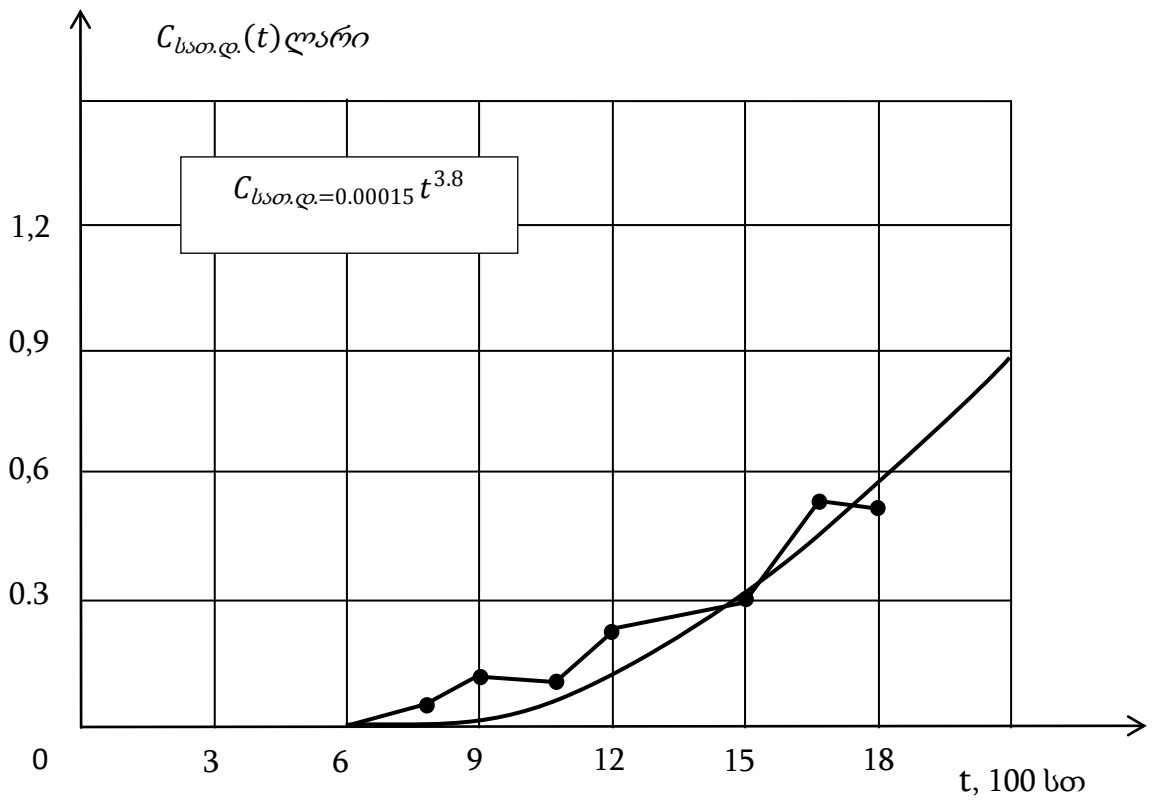
აგრეგატებისა და სისტემების დასახელება	სათადარიგო დეტალების ხარჯის %-ლი რაოდენობა
ძრავი კვებისა და გაგრილების სისტემებით	68.91
ელექტრობოწყობილობა	1.53
ტრანსმისია	6.12
ჰიდრაულიკა და საკიდი სისტემა	23.4
	100%

როგორც ცნობილია საიმედოობის შენარჩუნებაზე გაწეული ხარჯები დამოკიდებულია ნამუშევარზე. 25-28-ე ნახაზებზე წარმოდგენილია სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯების ცვლილებების დიაგრამები 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.

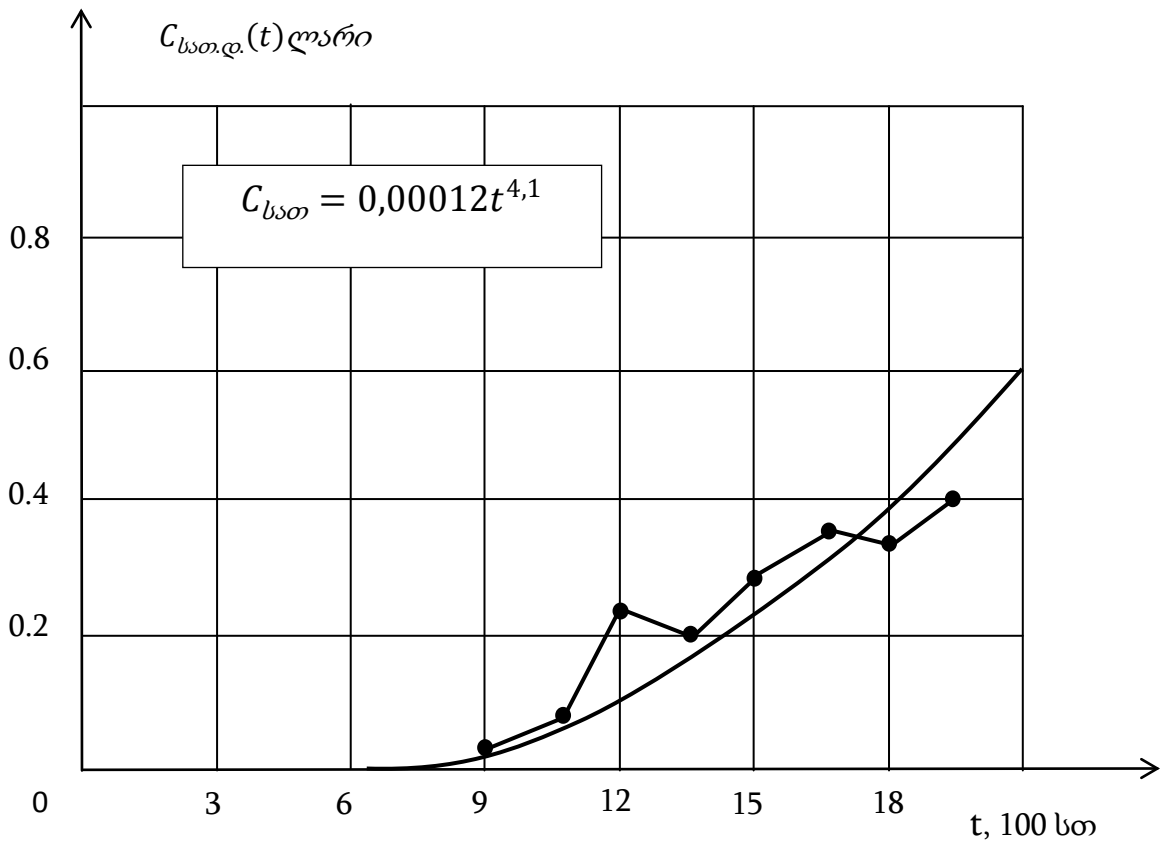


ნახ 25. ძრავის სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება

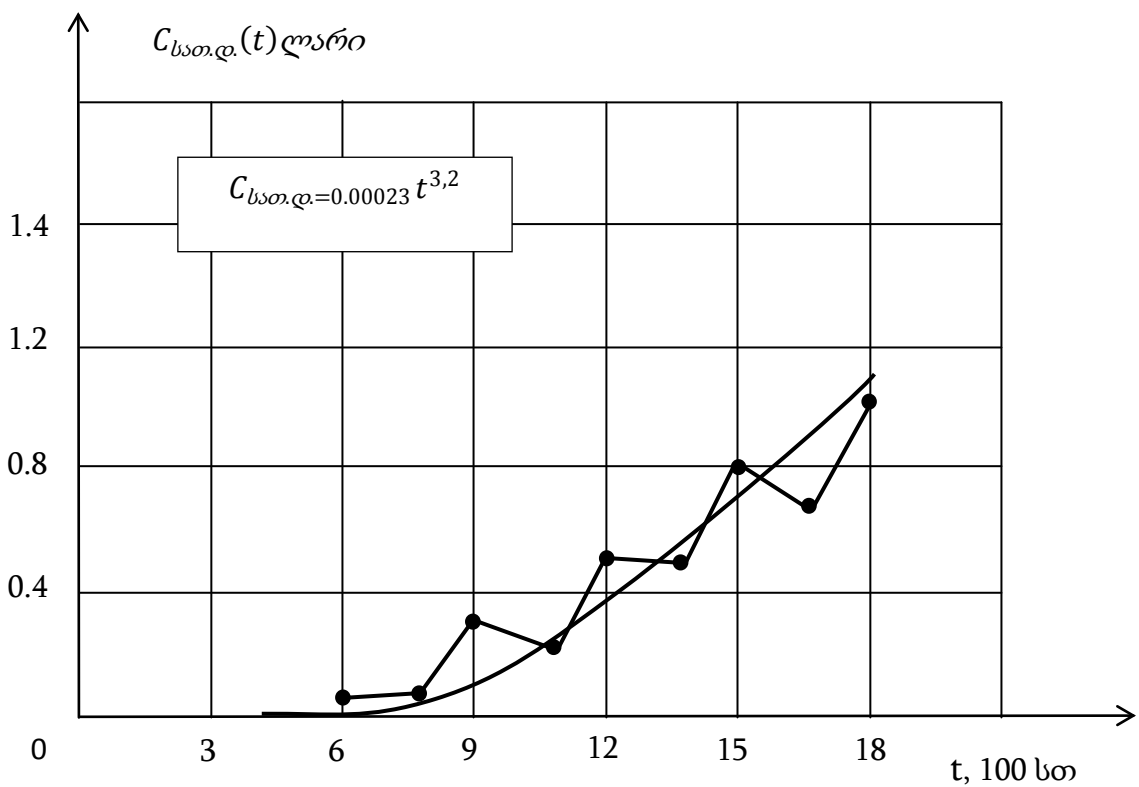


ნახ 26. ტრანსმისიის სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება





ნახ. 27. ელ.მოწყობილობის სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება



ნახ 28. ჰიდრაულიკა და საკიდი სისტემა სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯის ცვლილება

როგორც აღვნიშნეთ, გამოვლენილი იქნა მტყუნებათა აღმოფხვრის შრომატევადობები საკვლევი აგრეგატებისა და სისტემებისათვის, რომელიც მოცემულია მე-13 ცხრილში.

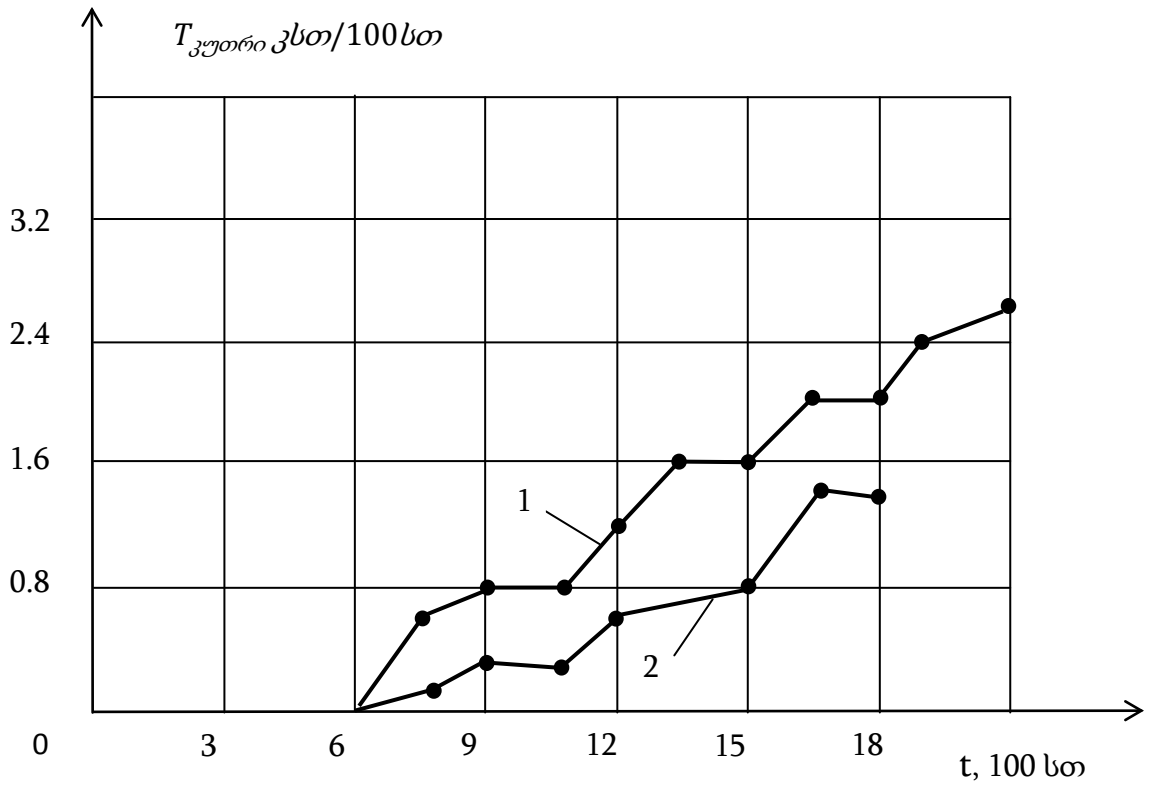
ცხრილი 13

**მტყუნებათა აღმოფხვრის შრომატევადობები, მტ/სთ**

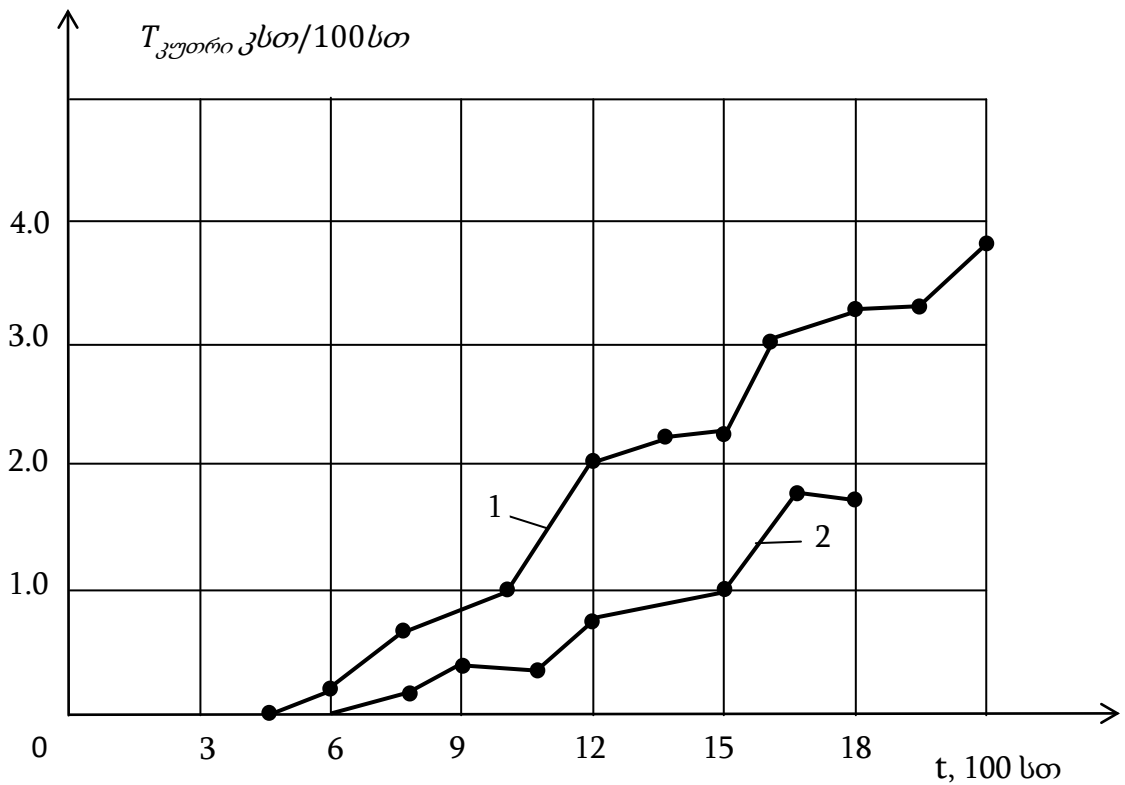
საკვლევი ობიექტის აგრეგატები და სისტემები	მთლიანი	ერთ ტრაქტორზე	კუთრი კ.სთ/სთ
ძრავი თავისი სისტემებით	29,4	0,29	0,00016
ელექტრობოწყობილობა	0,8	0,008	0
ტრანსმისია	37,5	0,375	0,000208
ჰიდრავლიკა	14	0,136	0,00013

მტყუნებათა აღმოფხვრის კუთრი შრომატევადობის ცვლილების დინამიკა ზოგიერთი აგრეგატისათვის მოცემულია მე-29-30 ნახაზებზე. როგორც გრაფიკიდან ჩანს ნამუშევრის ზრდასთან ერთად შრომატევადობა იზრდება (მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ზრდის შესაბამისად). იგი მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს ძრავისთვის.

შრომითი კუთრი ხარჯების საანგარიშოდ მიღებული იქნა შესაბამისი კვალიფიკაციის მუშის საფასური ანაზღაურების სატარიფო მონაცემები და გამოვლენილი იქნა მტყუნებათა აღმოფხვრის მთლიანი ხარჯები (სათადარიგო დეტალებისა და შრომითი ხარჯების ჯამი).



ნახ.29. მტყუნების აღმოფხვრისკუთრი შრომატევადობის ცვლილება. 1-პრავის; 2-ელექტრო მოწყობილობებისათვის.



ნახ. 30. მტყუნების აღმოფხვრის კუთრი შრომატევადობის ცვლილება. 1-ტრანსმისიის; 2-ჰიდრავლიკის და საკიდი სისტემის

### 2.3. სააიმედოობის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზი.

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

- საიმედოობის შესახებ მონაცემების დამუშავების შედეგად მიღებული მაჩვენებლების საფუძველზე და ნაშრომის თეორიულ ნაწილში დამუშავებული მეთოდის მიხედვით განსაზღვრული იქნას საკვლევი ობიექტის აგრეგატებისა და სისტემების საგარანტიო რესურსი, რასაც საფუძველად უდევს უმტყუნებლობის 0,90 და 0,95-იანი დონე, ხოლო ოპტიმალური საშუალო რესურსის განსაზღვრის საფუძველს წარმოადგენს აგრეგატის შეძენისა და საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი მნიშვნელობები.
- სისტემებისა და აგრეგატების უმტყუნებლობის საჭირო დონის უზრუნველყოფის და ხარჯების მინიმიზაციის მიზნით შემოწმდეს დეტალების შეცვლის სისტემების ეფექტიანობა და განისაზღვროს დათადარიგო დეტალების ხარჯის დიფერენცირებული ნორმები ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით, როგორც ნომენკლატურული დასახელებით, ისე საბაზრო ღირებულების გათალისწინებით, რასაც დამუშავებული მეთოდი ითვალისწინებს.

ქვემოთ მოცემულია აღნიშნული თანმიმდევრობით დამუშავებული მეთოდების რეალიზაციის მაგალითები.

### 2.3.1. აგრეგატების საგარანტიო რესურსების განსაზღვრა

საგარანტიო რესურსი ტექნიკის სფეროში ზოგადად და განსაკუთრებით მობილური მანქანებისთვის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია საექსპლუატაციო-ტექნიკური მაჩვენებლების ჩამონათვალში. იგი ყოველთვის საყურადღებო და ანგარიშგასაწევი მაჩვენებელია მანქანის შეძენის დროს და ექსპლუატაციის 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, ექსპლუატაციის წესების დარღვევის გამოა, თუ კონსტრუქციული ან დამზადების ტექნოლოგიის დაუცველობით არის განპირობებული.

მეორეს მხრივ, დამამზადებლების მიერ საგარანტიო რესურსების მიცემა პერიოდით (მაგალითად წელი) გამართლებულია იმ შემთხვევებში, როდესაც ამა თუ იმ დანიშნულების მანქანის ექსპლუატაცია დამყარებული რეჟიმით მიმდინარეობს და რესურსების გამომუშავება სტაბილურია. სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მანქანებისათვის, რომელთა ექსპლუატაცია სეზონურია და მკვეთრად განსხვავებულია საექსპლუატაციო პიტობების მიხედვით საგარანტიო რესურსების დაწესება, როგორც ნორმატიული, მაჩვენებელი სასურველი და აუცილებელია მოხდეს ნამუშევრის სახით, ე.ი. მუშაობის საათების მიხედვით. ეს პირდაპირი მნიშვნელობით ეხება ჩვენი შემთხვევისათვის ექსპერიმენტული კვლევის ობიექტად აღებულ მობილურ მანქანას.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული საგარანტიო რესურსი წარმოადგენს ნამუშევრის სიდიდეს, რომლის მიღწევამდე მტყუნებას არ ექნება ადგილი დასაშვები, მაღალი ალბათობის დონით. უმტყუნებლობის დასაშვები დონე კი დამოკიდებულია მანქანის, აგრეგატის თუ მექანიზმის დანიშნულებაზე, საშემსრულებლო ფუნქციონირების ხარისხზე, კონსტრუქციულ თავისებურებაზე და საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით

მანქანის მუშაობის რეჟიმებზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნებისმიერი „მტყუნების ფასი“ სხვადასხვა დანიშნულების მანქანებისათვის მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მაგალითად ტრაქტორის, კომბაინის და სხვა სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მანქანებისათვის რომელთა სეზონური მუშაობის პერიოდი მთელი წლის განმავლობაში შეიძლება იყოს 30-50 დღე. „მტყუნების ფასი“ გაცილებით მაღალი იქნება, ვიდრე ავტომობილებისათვის, რომელიც მუშაობის რეჟიმი წელიწადში შეიძლება 300-ზე მეტი დღით იყოს 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 ხდება მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, როდესაც მტყუნებათა ნამუშევრების განაწილება გარკვეული კანონზომიერებით ხასიათდება.

იმისდა მიხედვით, თუ როგორია განაწილების კანონზომიერება და მისი პარამეტრები, უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდიც შესაბამისი იქნება. საკვლევი აგრეგატის ან სისტემის უმტყუნებლობა დამოკიდებულია საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების რაოდენობაზე და მათი რესურსების განაწილების პარამეტრებზე.

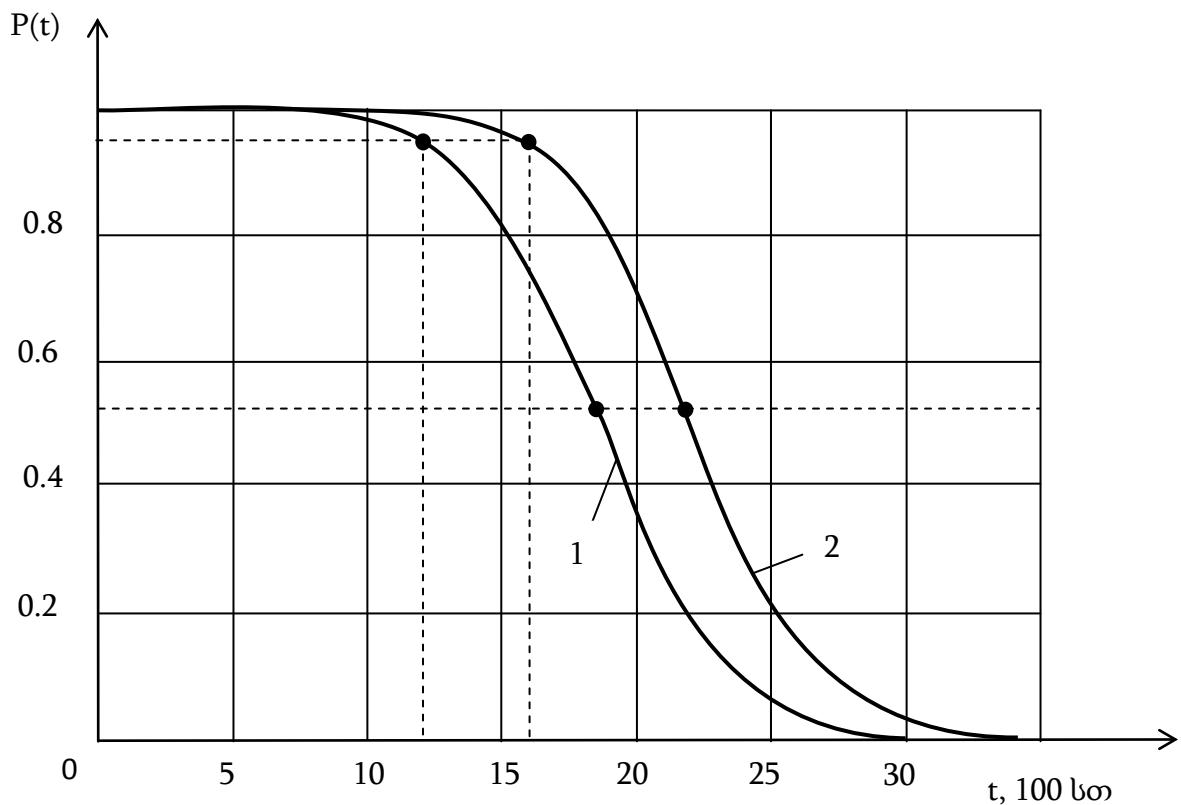
მთლიანი აგრეგატის უმტყუნებლო მუშაობის ალბათობის მრუდი წარმოადგენს საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების უმტყუნებლობის ნამრავლს. ამ პრინციპიდან გამომდინარე მთლიანი აგრეგატის საშუალო რესურსი ყოველთვის ნაკლები იქნება მისი თითოეული დეტალის საშუალო რესურსზე.

მე 31-32-ე ნახაზებზე მოცემულია საკვლევი ტრაქტორის ძირითადი აგრეგატებისა და სისტემების უმტყუნებლო მუშაობის ალბათობის

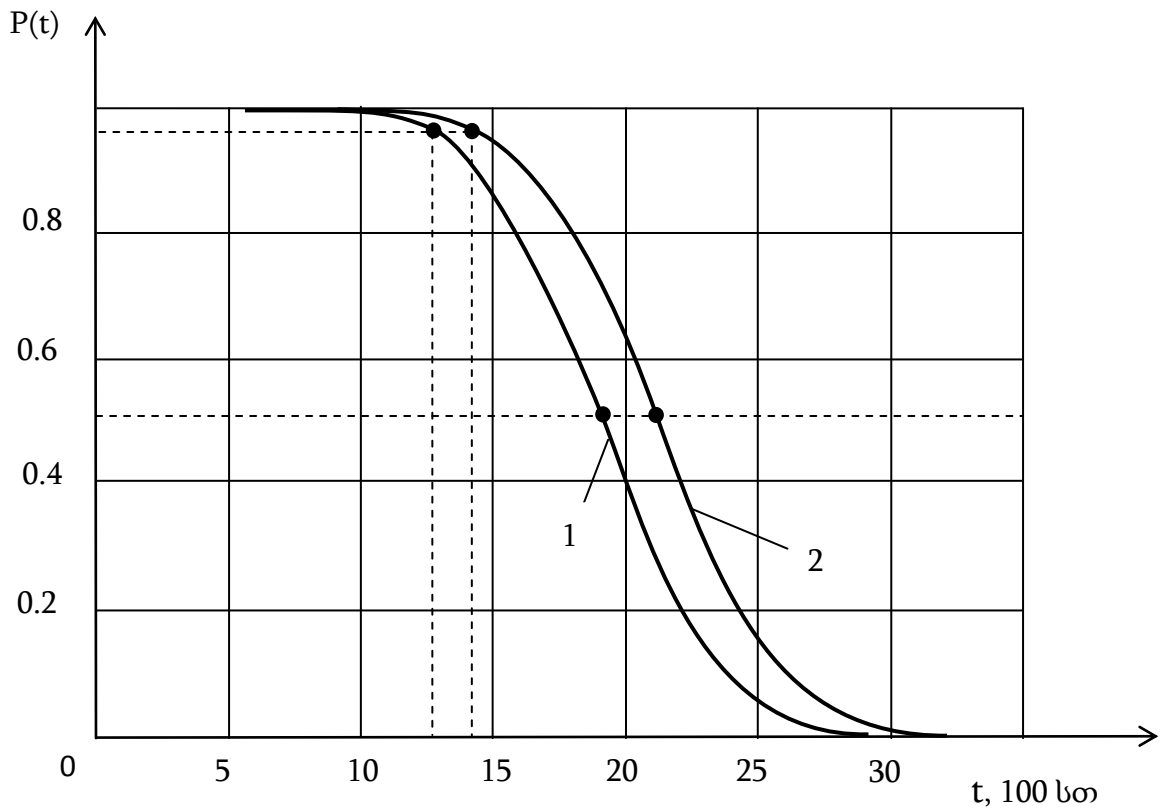
თეორიული მრუდები. აქვეა ნაჩვენები 0,95-იანი ალბათობის შესაბამისი საგარანტიო რესურსები.

თეორიულ უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდს აქვს ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით დასაშვები ზედა და ქვედა მნიშვნელობები. შესაბამისად საგარანტიო რესურსის მნიშვნელობები გადახრების გათვალისწინებით მოიცავენ მათ მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობებს.

მე 14 ცხრილში მოცემულია გრაფიკული მეთოდით განსაზღვრული საგარანტიო რესურსები შესაბამისი მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებით.



ნახ.31. ძრავას (1) და ტრანსმისიის (2) უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი.



ნახ. 32. ჰიდრავლიკისა და საკიდი სისტემის (1) და ელ.მოწყობილობის (2) უმტყუნებო მუშაობის მრუდი

ცხრილი 14

საკვლავი მანქანის აგრეგატების და სისტემების საგარანტიო რესურსები  
მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებით.

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

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ძირითადი აგრეგატებისა და სისტემების საგარანტიო რესურსები 1320-1600 სთ-ის ზღვრებში, ხოლო მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობები 1280 ÷ 1630 სთ და 1230 ÷ 1580 სთ ზღვრებში.



მოლიანი საკვლევი ტრაქტორის და საგარანტიო რესურსის დასადგენად მოცემულ აგრეგატებსა და კვანძებს დამატება ყველა დამატებითი მექანიზმებისა და კვანძების უმტყუნებლობის მაჩვენებლების პარამეტრები. აიგება უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის საერთო მრუდი და გრაფიკულად მოიძებნება მისი რიცხვობრივი მნიშვნელობა. გასაგები მიზეზების გამო იგი იქნება ნაკლები დაბალი საგარანტიო რესურსის მქონე აგრეგატზე. წინასწარი სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით მან შეადგინა დაახლოებით 1200სთ.

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

### 2.3.2 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.

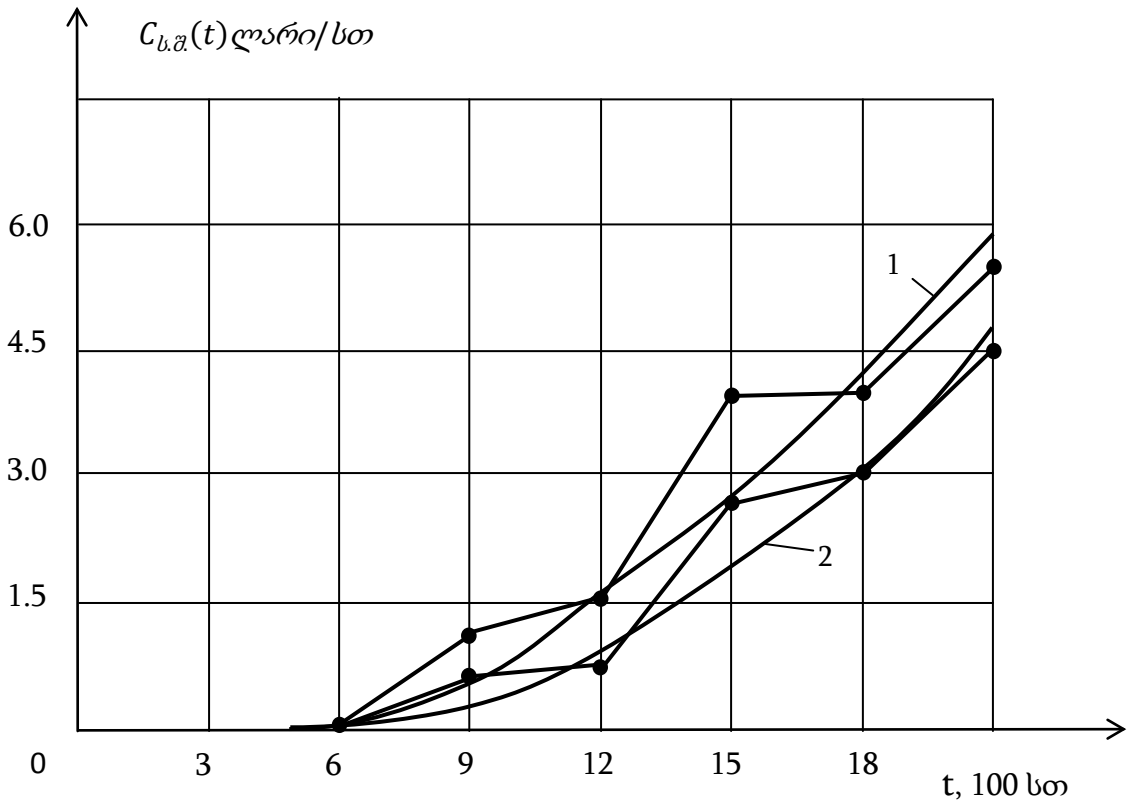
ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის ხარჯები კი შედგება ოთხი ძირითადი კომპონენტისაგან: სათადარიგო დეტალების ხარჯები -  $C_{სათად}$ ; შრომითი ხარჯები -  $C_{შრ}$ ; მასალების ხარჯები -  $C_{მას}$  და მოცდენის კომპენაციის ხარჯები -  $C_{მოცდ}$ . შეძენის ღირებულებასთან -  $C_{შეძ}$  ერთად ისინი

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.

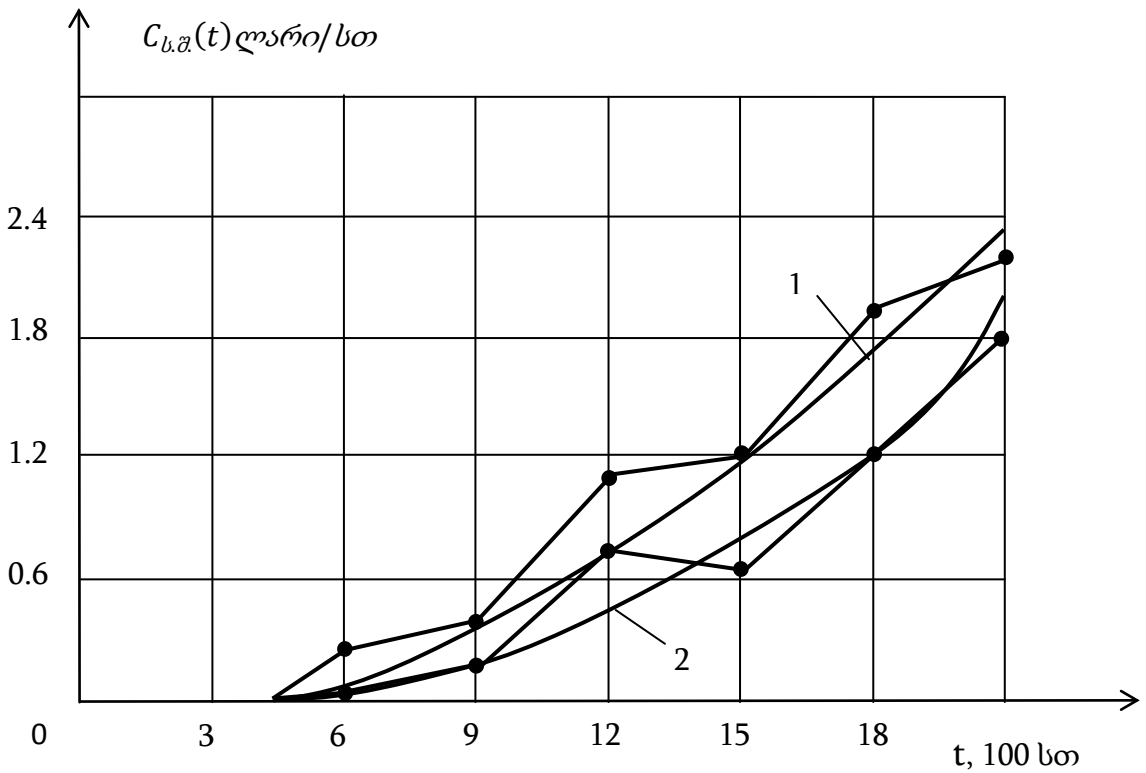
პირველ რიგში უნდა დადგინდეს მოცემული ოთხი კომპონენტის კონკრეტული მნიშვნელობები მოცემული საკვლევი მანქანის აგრეგატებისა და სისტემებისათვის ექსპერიმენტით, შრომითი ხარჯები კი ნორმატივებით. რაც შეეხება მასალების ხარჯებს, პრაქტიკული გაანგარიშებით მიღებულია, რომ იგი სათანადო დეტალების ხარჯების 10-12%-ს შეადგენს. მოცდენის კომპენსაციის ხარჯები, კი მოიცავს იმ დამატებით ხარჯებს, რაც გამოწვეულია ტექნიკურად გაუმართავი ტრაქტორის ნაცვლად, იგივე მარკის სხვა ტრაქტორით ჩანაცვებით (სამუშაოს აუცილებლად შესრულების პირობიდან გამომდინარე). ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენებისა და ტრაქტორის მწარმოებლურობაზე მუშაობის პარამეტრების გავლენის გათვალისწინებით დადგენილი იქნა, რომ იგი უშუალო კავშირშია მტყუნებებისა და უწყესივრობების აღმოფხვრის შრომით ხარჯებთან. ამ მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მოცდენის კომპენსაციის ხარჯები შრომითი ხარჯების დაახლოებით 70%-ს შეადგენს.

33-ე და 34-ე ნახაზზე მოცემულია საიმედოობის შენარჩუნების ჯამური კუთხური ხარჯების ცვლილების დიაგრამები ნამუშევრის მიხედვით აგრეგატებისა და სისტემებისათვის, ხოლო მე-15 ცხრილში მრუდების აპროქსიმაციით მიღებული კოეფიციენტები  $Z$ ,  $d$  და რესურსების საანგარიშო მონაცემები.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მოცემული აგრეგატებისა და სისტემების საიმედოობის დონე განსხვავდება ერთმანეთისაგან. იგი წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მაჩვენებელს და შინაარსობრივად დამოკიდებულია ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის ხარჯების სიდიდეზე. შეძენის ხარჯები (ღირებულება) დამამზადებელი ქარხნის ტექნოლოგიაზეა დამოკიდებული და ლოგიკურად, რაც მეტია იგი, მით ნაკლები უნდა იყოს საექსპლოატაციო ხარჯები ექსპლოატაციის მთელი რიგი ფაქტორების გათვალისწინებით.



ნახ 33. ძრავის (1) და ტრანსმისიის (2) საიმედოობის შენარჩუნების ჯამური ხარჯების ცვლილება



ნახ 34. ელ.მოწყობილობის (1) და ჰიდრავლიკისა და საკიდი სისტემის (2) საიმედოობის შენარჩუნების ჯამური ხარჯების ცვლილება

## აგრეგატებისა და სისტემების რესურსების საანგარიშო მონაცემები

№	აგრეგატები და სისტემები	$C_{შეძ}$ 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 16 ცხრილში მოცემულია რესურსების გაანგარიშების შედეგები.

## აგრეგატებისა და სისტემების რესურსების საანგარიშო მონაცემები

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

რესურსების საანგარიშო ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ოპტიმალური რესურსის მნიშვნელობები განსაზღვრულ საექსპლოატაციო პირობებში მუშაობისას (იცვლება, იზღვება ან მცირდება) მუშაობის რეჟიმების შესაბამისად. ეს ლოგიკურიცაა ვინაიდან იცვლება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი და ტექნიკური მდგომარეობის გარკვეულ დონეზე შენარჩუნების ხარჯიც.

მაღალი რესურსის გამომუშავება თანამედროვე მობილური მანქანებისათვის დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს თუ სათადარიგო დეტალები დროულად იცვლება და ამას დასაბუთებული სისტემური ხასიათი ექნება. ამიტომ, ნამუშევარი ნორმასთან ერთად ნორმირებული უნდა იყოს სათადარიგო დეტალების ხარჯიც, ამასთან არა მარტო მთლიანი ხარჯი,  $t_{ოპტ}$  რესურსების გამომუშავებისას, არამედ დიფერენცირებული ნორმები, ე.ი. ნორმები ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით.

### **2.3.3. სათადარიგო დეტალების ხარჯის დიფერენცირებული ნორმების განსაზღვრა და მისი რეალიზაციის ეფექტიანობა**

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.

რეალურ საექსპლოატაციო პირობებში სათადარიგო დეტალების ფაქტიური ხარჯი უნდა შედარდეს გაანგარიშებით მიღებულ მათ ოპტიმალურ ხარჯებთან. თუ ისინი ერთმანეთს ემთხვევა (ან განსხვავება ძალიან მცირეა), ჩავთვალოთ, რომ მანქანის ექსპლოატაცია ნორმალურად მიმდინარეობს, წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა გამოვლინდეს სათადარიგო დეტალების გადახარჯვის მიზეზი. ეს კი შეიძლება გამოწვეული იყოს არაკვალიფიციური ტექნიკური ზემოქმედებით, გამოყენებული საექსპლოატაციო მასალების უხარისხობით (საწვავი, ზეთი), კონსტრუქციის ექსპლოატაციის პირობებისადმი შეუსაბამობით და სხვა.

ზემოთ გაანგარიშებული საიმედოობის დონისა და ხარჯების ფარდობის კოეფიციენტების გათვალისწინებით მე-17 ცხრილში მოცემულია ჯამური ხარჯების ანგარიშის შედეგები ანგარიშით მიღებული რესურსის რეალიზაციის შემთხვევაში.

აქვე უნდა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ დეტალების შეცვლის სისტემის ფორმირებისას გათვალისწინებული უნდა იქნას.

ცხრილი 17

**საიმედოობის შენარჩუნების ჯამური ხარჯების ანგარიში**

აგრეგატები და სისტემები	საანგარიშო მონაცემები და ანგარიში			
	$C_{შეე}$ ლარი	d	$1+K_1 + K_2 + K_3$	$\sum C_{სათ.დ}$ 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

ტექნიკური ზემოქმედების სახეობები თითოეული აგრეგატისა და მექანიზმისათვის, როგორც დაკვირვებამ გვიჩვენა, დეტალების 70% იცვლება ინდივიდუალურად ან ერთი დეტალის გამო იცვლება მთელი კვანძი. ეს განსაკუთრებით ეხება ძრავასა და ელექტრო მოწყობილობას. დანარჩენ შემთხვევაში ყველა აგრეგატებისათვის, რომლებიც ხასიათდებიან ღრმა დაშლა-აწყობითი სამუშაოებით შესაძლებელია და გამოყენებულია დეტალების ჯგუფური შეცვლა. ტექნიკური ზემოქმედების (მიმდინარე რემონტი) ნაირსახეობები დამოკიდებულია კრიტიკული დეტალების რაოდენობაზე და მათ ურთიერთ-დამოკიდებულებაზე.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ადგილი აქვს ზოგიერთი დეტალისათვის ნარჩენი რესურსის გარკვეულ მნიშვნელობას. ეს გამოიწვევს სათადარიგო დეტალების ხარჯის ნაწილობრივ გაზრდას,

მაგრამ იგი კომპენსირდება იმ მოგებით, რომელიც მოცდენების შემცირებით იქნება მიღებული.

მიმდინარე რემონტების თითოული 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 თითოული 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 განსახილველი აგრეგატებისა და სისტემებისათვის. (ცხრილი 17)

ცხრილში მოცემული მნიშვნელობები წარმოადგენენ ძირითად მანქანის საიმედოობის მართვის ნომინალურ მაჩვენებლებს, რაც აუცილებელია ეფექტურობის შეფასებისა და ანალიზისათვის და მისი სწორად დაგეგმვისათვის.

## ძრავის სათადარიგო დეტალების ხარჯები

ნამუშევრის ინტერვალები	კუთრი ლარი/100 სთ	ჯამური დასაწყისი დან ლარი/სთ	ნამუშევრ ის ინტერვა ლები	კუთრი ლარი/100სთ	ჯამური დასაწყი 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

## ტრანსმისიის სათადარიგო დეტალების ხარჯები

ნამუშევრის ინტერვალები	კუთრი ლარი/100 სთ	ჯამური დასაწყი სიდან ლარი	ნამუშევრის ინტერვალე ბი 100სთ	კუთრი ლარი/100სთ	ჯამური დასაწყი სიდან ლარი
0-500	8	65	4000-4500	70	1760
500-1000	15	140	4500-5000	77	2145
1000-1500	26	270	5000-5500	84	2565
1500-2000	31	425	5500-6000	90	3015
2000-2500	38	615	6000-6500	96	3495
2500-3000	45	840	6500-7000	103	4010
3000-3500	53	1105	7000-7500	110	5010
3500-4000	61	1410	7500-8000	115	5580



## ჰიდრაულიკა-საკიდის სათადარიგო დეტალების ხარჯები

ნამუშევრის ინტერვალები	კუთრი ლარი/100 სთ	ჯამური დასაწყისი დან ლარი	ნამუშევრის ინტერვალები 100სთ	კუთრი ლარი/100სთ	ჯამური დასაწყისი დან ლარი
0-500	2	20	3000-3500	29	530
500-1000	5	45	3500-4000	34	700
1000-1500	9	90	4000-4500	38	890
1500-2000	14	160	4500-5000	45	1115
2000-2500	20	260	5000-5500	50	1365
2500-3000	25	385	5500-6000	52	1540

## ელექტრომოწყობილობის სათადარიგო დეტალების ხარჯები

ნამუშევრის ინტერვალები	კუთრი ლარი/100 სთ	ჯამური დასაწყისი დან ლარი	ნამუშევრის ინტერვალები 100სთ	კუთრი ლარი/100სთ	ჯამური დასაწყისი დან ლარი
0-500	3	30	3000-3500	31	580
500-1000	5	55	3500-4000	35	755
1000-1500	11	110	4000-4500	39	950
1500-2000	16	190	4500-5000	45	1175
2000-2500	22	300	5000-5500	53	1440
2500-3000	25	425	5500-6000	62	1780

სათადარიგო დეტალების ხარჯვის მოცემული ნორმების გამოყენებით მცირდება მანქანების მოცდენები 20%-ით, რაც, შესაბამისად, ზრდით ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტს.

## 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 აგეგატებისა 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 წარმოადენს შექმნისა 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 კოეფიციენტით. ეს კი მიუთითებს იმაზე, რომ რესურსების კორექტირება უნდა მოხდეს საექსპლოატაციო პირობებისა და მუშაობის რეჟიმის პარამეტრების მიხედვით.

8. შემოთავაზებული მეთოდისა და საიმედოობის მაღალიმიტირებელი 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 ელექტრომომწოდლობისათვის და ტრაქტორის შემდგომი ექსპლუატაცია ითვლება არამიზანშეწონილად ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუარესების გამო. სათადარიგო დეტალების ხარჯვის ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით დიფერენცირებული მნიშვნელობები გვიჩვენებს თუ როგორ მიმდინარეობს მანქანის ექსპლუატაცია.

კვლევების შედეგად მიღებული ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს დაახლოებით 20%, რმელიც მიიღება მოცდენების შემცირების გზით.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Барлоу Р., Прощан Ф. Математическая теория надежности (русский перевод). М., «Советское радио», 1969, с.487.
2. Базовский И. Надежность, теория и практика. М., «Мир», 1985, 373 с.
3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Савельев А.Д. Математические методы теории надежности. Минск, «Наука и техника», 1974.
4. Елизаров М.А. Повышение надежности машин. М., «Машиностроение», 1973, 430 с.
5. Вонтцель Е.С. Теория вероятностей. М., «Наука», 1969, 470с.
6. Надежность и эффективность в технике. Справочник, т. 5-10, М., «Машиностроение» 1986.
7. Б. Казлов, И. Ушаков. Справочник по расчету надежности. М., «Советское радио», 1975, 450с.
8. А.С. Проников. Надежность машин. М., «Машиностроение», 1978, 590с.
9. ჯ.იოსებიძე, გ. აბრამიშვილი და სხვები. საავტომობილო საწვავ-საზეთი მასალების გამოყენება და ეკოლოგია. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 2009. გვ. 129
10. Тахтамышев Х. М. Исследование и прогнозирование процессов обеспечения автомобилей запасными узлами и агрегатами как метода поддержания надежности в условиях эксплуатации. Автореферат диссертации на основании ученой степени кандидата технических наук. 1973. 25с.
11. ვ. ხარიტონიშვილი. საავტომობილო ტრანსპორტის ეფექტურობა. თბილისი, „მეცნიერება“, 2005, გვ.210.
12. Иванов Б.А. Исследование в области равнопрочности конструкций и запасных частей автомобилей. Автореферат диссертации на соискание учетной степени кандидата технических наук. 1975. 27с.
13. Крамаренко Г.В. Техническая эксплуатация автомобилей. М., «Транспорт», 1991, 416с.
14. Кузнецов Е.С. Исследование эксплуатационной надежности автомобилей. М., «Транспорт» 1969, 152с.
15. Кузнецов Е.С. Теоретические основы профилактики как метода обеспечения надежности автомобилей. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. МАДИ, М., 1969, 380с.
16. Кузнецов Е.С. Техническое обслуживание и надежность автомобилей. М., «Транспорт», 1972, 225с.
17. А.М. Шейнин. Эксплуатационная надежность машин. МАДИ, М., 1979.

18. А.М. Шейнин. Основные принципы управления надежностью машин в эксплуатации, выпуск I, М., «Знание», 1977, 59с.
19. А.М. Шейнин. Основные принципы управления надежностью машин в эксплуатации, выпуск II, М., «Знание», 1977, 44с.
20. ვლექიაშვილი. ავტომობილების საიმედოობის მართვის სრულყოფის მეთოდების დამუშავება. დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად, თბილისი, 2003, გვ. 220.
21. ვლექიაშვილი. ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების პრინციპების ფორმირება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. სამეცნიერო შრომები №4(415), თბილისი, 1997, გვ.125-129.
22. ვლექიაშვილი. მანქანათა საიმედოობისა და ეფექტურობის უზრუნველყოფა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 75 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო სამეცნიერო ნაშრომების კრებული. თბილისი, 1997.
23. ვლექიაშვილი. ავტომობილების საიმედოობა, დამხმარე სახელმძღვანელო. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2005, გვ. 90.
24. Керимов Ф.Ю. Исследование некоторых методов управления надежностью автобусов в эксплуатации. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. М., МАДИ, 1974, 215с.
25. ГОСТ 13377-75. Надежность в технике. Термины и определения. М., 1975.
26. ГОСТ 1822-73. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М., 1975.
27. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. М., «Советское радио», 1968, 430с.
28. Система сбора и обработки информации о надежности. ГОСТ. М., 1975.
29. Керимов Ф.Ю. Теоретические основы сбора и обработки информации о надежности машин. М., МАДИ, 1980, 120с.
30. Г.К. Купцева, В.И. Купцов, Ф.Ю. Керимов. Обработка информации о надежности машин, алгоритмы и расчеты. М., МАДИ, 1981, 85с.
31. Кокс Д., Смит В. Теория восстановления. М., «Советское радио», 19.
32. А.М. Шейнин, В.А. Шейнин. Алгоритм и программы решения оптимальных задач надежности машин. М., МАДИ, 1981, 112с.
33. Каталог деталей трактора Johe Deere 6930. John Deere Werke Zweibrucken. 2012. 1154с.
34. Ротенберг Р.З. Основы надежности машин (Конспект лекций) МАДИ, М., 1973, 223с.

35. ვ.ხარიტონაშვილი, რ.ტურაშვილი. საავტომობილო ტექნიკის ტექნიკური მდგომარეობის მართვის საფუძვლები, თბილისი, „მეცნიერება“, 2004, გვ.192.
36. И.И. Кокс, В.А. Зорин. Основы надежности дорожных машин. М., «Машиностроение», 1978, 164с.
37. Кугель Р.В. Долговечность автомобиля, М., «Машгиз», 1961, 383с.
38. Несвитский Я.И. Техническая эксплуатация автомобилей. Киев. «Вышая школа», 1971, 315с.
39. А.М. Шейнин, А.П. Крившин и др. Эксплуатация дорожных машин. М., «Машиностроение», 1980, 333с.
40. ტექნიკური რეგლამენტი „ავტოსატრანსპორტო საშუალების სერვისის წესი“ საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტრო, თბილისი, 2007, გვ. 25.
41. Руководство по эксплуатации трактора Johe Deere 6930. John Deere Werke Zweibrucken. 2012. 259с.
42. ვ. ლეკიაშვილი, ნ. თოფურია. ავტომობილების ტექნიკური ექსპლუატაცია, მეთოდური მითითებები პრაქტიკული სამუშაოების შესასრულებლად თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 2009, გვ. 53.
43. П. Колесник, В. Шейнин. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. М., «Транспорт», 1985, с.320.
44. В. Гмурман. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистики. М., «Высшая школа», 1975, с.333.
45. მ. შილაკაძე. მანქანათა საიმედოობა, ტბილისი.
46. ნ. თოფურია, ავტომობილების ეფექტიანობის ამაღლება ტექნიკური ზემოქმედების ფაქტორებით განპირობებული მოცდენების შემცირებით. დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად, თბილისი, 2005, გვ. 120
47. ვ.ლევიაშვილი, გ.მარდალეიშვილი. ავტომობილების სათადარიგო დეტალებით უზრუნველყოფის ნორმირების მეთოდის სრულყოფა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (24) 2012წ. გვ.118.
48. ი.ზაკუთაშვილი, ვ.ლევიაშვილი, გ.მარდალეიშვილი. ავტომობილის უმტყუნებლობის სტატისტიკური პროგნოზირების მეთოდის დამუშავება. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1 (26) 2013წ. გვ.195.
49. ვ. ლევიაშვილი, გ. მარდალეიშვილი. მობილური მანქანებისა და მათი აგრეგატების საგარანტიო რესურსების განსაზღვრის მეთოდი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (33) 2015წ. გვ.181.

