

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მიხეილ ზურიკაშვილი

ავტომობილების სერვისის ოპერაციული  
სისტემების სრულყოფა

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური  
ხარისხის მოსაპოვებლად

თბილისი, 0175, საქართველო  
ივნისი, 2013

© საავტორო უფლება „მიხეილ ზურიკაშვილი“, 2013

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით მიხეილ ზურიკაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს თემაზე: „ავტომობილების სერვისის ოპერაციული სისტემების სრულყოფა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი: „\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 2013წ.

ხელმძღვანელი      ვ. ლეკიაშვილი      \_\_\_\_\_

რეცენზენტები:      გ. არჩვაძე      \_\_\_\_\_

   რ. ცხვარაძე      \_\_\_\_\_

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2013 წელი

ავტორი: მიხეილ ზურიკაშვილი  
დასახელება: ავტომობილების სერვისის ოპერაციული სისტემების  
სრულყოფა  
ფაკულტეტი: სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის  
ხარისხი: დოქტორი  
სხდომა ჩატარდა: „\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 2013წ.

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 მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადა-ბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში 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

საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის რაოდენობრივი და გამოყენებითი ინტენსიფიკაციის პირობებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მათი ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე შენარჩუნებისათვის გაწეულ მატერიალურ და შრომით ხარჯებს. ეს განპირობებულია, ერთის მხრივ, ავტომობილების გამოყენების ეფექტიანობით და მომსახურების მაღალი დონით, მეორე მხრივ, მოძრაობისა და ეკოლოგიურობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფით. ამიტომ ნაშრომის თემა აქტუალური და პერსპექტიულია.

მოცემული ნაშრომი ეხება აღნიშნული საკითხების გამოკვლევას მსუბუქი ავტომობილების მაგალითზე და მოიცავს ტექნიკური ექსპლუატაციის მეთოდებისა და ფორმების გაუმჯობესებას. იგი ითვალისწინებს ავტომობილზე განსახორციელებელი პროფილაქტიკური ოპერაციებისა და დეტალების შეცვლის ოპტიმიზირების ამოცანებს, რაც მას კიდევ უფრო აქტუალურს ხდის.

ნაშრომის მიზანია ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე უზრუნველყოფა სერვისის ოპერაციული სისტემის სრულყოფის გზით.

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

- თანამედროვე მსუბუქი ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფისათვის პროფილაქტიკური ოპერაციების, საკლასიფიკაციო ჯგუფების ფორმირების მეთოდის დამუშავება;
- ოპერაციებისა და ოპერაციათა ჯგუფებისათვის შესრულების ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდების დამუშავება;
- ავტომობილების სისტემებისა და მექანიზმების საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების შეცვლათა სისტემის სრულყოფის მეთოდის დამუშავება.

ნაშრომი მოიცავს თეორიულ და ექსპერიმენტულ კვლევებს. კვლევის ობიექტად აღებული იქნა კერძო მფლობელობის მსუბუქი ავტომობილები, რომელთა ექსპლუატაცია დაკავშირებულია ძირითადად საქალაქო პირობებში მუშაობასთან.

ნაშრომის თეორიულ ნაწილში პირველ ეტაპზე კონსტრუქციული ანალიზის საფუძველზე ფორმირებული იქნა ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით პირობითი საკლასიფიკაციო ჯგუფები. ოპერაციათა ჯგუფების შექმნას საფუძვლად დაედო აგრეგატის და მექანიზმის რესურსზე და ფუნქციონირების ხარისხზე მტყუნების ან უწყესირობის გავლენის დონე, რამაც საშუალება მოგვცა შეგვექმნა შესასრულებელი ოპერაციების სამი ჯგუფი: დამხმარე პარალელური

სისტემები (რესურზე მოქმედი სისტემები); დამხმარე მიმდევრობითი სისტემები (ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედი სისტემები); ძირითადი სისტემები.

ოპერაციათა ფორმირებული ჯგუფებისათვის დამუშავებული იქნა მათი შესრულების პერიოდულობის ოპტიმიზირების მოდელები. ოპტიმიზირების კრიტერიუმად აღებული იქნა კუთრი ხარჯების მინიმუმი იმ პირობით, რომ უმტყუნებლობის დონე არ იქნება დასაშვებზე ნაკლები. გათვალისწინებული იქნა ძირითადი სისტემის მინიმალური და მაქსიმალური რესურსების შესაძლო მნიშვნელობები, რომელთა შორისაც მოხდება ოპტიმალურის შერჩევა და ოპერაციის გამეორების კოეფიციენტი, რის მიხედვითაც მოხდა პერიოდულობის დაზუსტება და კორექტირება.

დეტალების შეცვლის სისტემის მოდელირებას საფუძვლად დაედო საკვლევი აგრეგატის (სისტემის) კონსტრუქციული სქემა დაშლა-აწყობის ტექნოლოგიით და საიმედოობის მაჩვენებლები, უსაფრთხოების მოთხოვნები და დამამზადებელი ქარხნების პირობები დეტალების ჯგუფური შეცვლის შესახებ.

დეტალების შეცვლის სტრატეგიის ფორმირებისას შემოტანილი იქნა ისეთი მნიშვნელოვანი პარამეტრი, როგორცაა დეტალების რესურსების გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს ფაქტიური (გამომუშავებული) და საშუალო რესურსების შეფარდებას. შეცვლის სისტემის სრულყოფილი ანალიზისათვის მოდელში გათვალისწინებული იქნა აგრეთვე დეტალების გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც მოიცავს დეტალების ღირებულებას. დეტალების ინდივიდუალური და ჯგუფური შეცვლების ოპტიმიზაციის კრიტერიუმად აღებული იქნა მინიმალური კუთრი ხარჯები, რომელშიც გათვალისწინებული იქნა მოცდენის კომპენსაციის ხარჯები.

ნაშრომის ექსპერიმენტულ ნაწილში ცალკეული ავტომობილებისათვის მოხდა მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების დამუშავება და საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა სისტემების და მექანიზმების მიხედვით. მტყუნებები და უწყისვრობები დაჯგუფებული იქნა გამოვლენის ნიშნის მიხედვით და დადგენილი იქნა მათი პროცენტული განაწილება მექანიზმის ან სისტემის ცალკეული კვანძებისა და დეტალების მიხედვით. განსაზღვრული იქნა მათი რესურსები და განაწილების კანონზომიერებები სათანადო პარამეტრებით.

განსაზღვრული იქნა აგრეთვე სისტემებისა და მექანიზმების მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი და მისი ცვლილება გარბენის ზრდასთან ერთად. მტყუნებათაშორისო ნამუშევარი მერყეობს დიდ დიაპაზონში და შეადგენს 5,0 ათასიდან 55,0 ათას კმ-ს სხვადასხვა მექანიზმისა და სისტემისათვის.

შესრულდა თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზი. სხვადასხვა სისტემების ტექნიკური მომსახურების ოპერაციების პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდის რეალიზაციის მიზნით

ექსპერიმენტული მონაცემები შეტანილი იქნა დამუშავებულ მოდელში და სპეციალური საანგარიშო ცხრილების მიხედვით განსაზღვრული იქნა ოპერაციათა შესრულების პერიოდულობა, შეზეთვის, გაზგამანაწილებელი სისტემების, გადაბმულობის და სხვა მექანიზმებისათვის.

მიმდინარე რემონტების ოპტიმიზაციის მეთოდის პრაქტიკული რეალიზაციისათვის მალიმიტირებელი დეტალებისა და კვანძების მიხედვით დადგენილი იქნა ინდივიდუალური და ჯგუფური შეცვლების ნომენკლატურა. იგი მოცემულია სპეციალური ცხრილების სახით და განსაზღვრული იქნა ნარჩენი რესურსის მნიშვნელობები შეცვლის სხვადასხვა სახეობებისათვის, რამაც საშუალება მოგვცა ჩამოგვეყალბინა სათანადო დასკვნები.

საკლასიფიკაციო ჯგუფების ოპერაციების ოპტიმალური პერიოდულობის დამუშავებული მეთოდის მიზნობრივი ფუნქცია მოიცავს უმტყუნებლობისა და კუთრი ხარჯების კრიტერიუმებს. ოპერაციის დანიშნულებისა და შინაარსის მიხედვით უმტყუნებლობის დონე უნდა იყოს 0,90-0,98 ზღვრებში და მაქსიმალური მოძრაობის უსაფრთხოებაზე მოქმედი სისტემებისათვის, ქვედა ზღვარი დანარჩენი სისტემებისათვის ყველა შემთხვევაში საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები უნდა იყოს მინიმალური.

ავტომობილებზე დაკვირვებით მიღებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების და მექანიზმების ნომენკლატურა და განსაზღვრული იქნა მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ რესურსები იცვლება 45,0-288,0 ათასი კმ-ის ზღვრებში ვარიაციის კოეფიციენტით 0,25-0,85 და ექვემდებარება განაწილების ნორმალურ, ვეიბელისა და ექსპონენციალურ კანონებს.

მტყუნებათა რაოდენობის პროცენტული განაწილება შესრულდა მათი წარმოქმნის ხასიათისა (თანდათანობითი, უეცარი) და დეტალების დამზადების მასალის (ლითონის, რეზინის, პლასტმასის და სხვა) მიხედვით. განსაზღვრული იქნა მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი ცალკეული სისტემებისათვის და მათი ცვლილების ხასიათი გარბენის მიხედვით, რაც ტექნიკური ზემოქმედების რეჟიმების და დეტალების შეცვლის სისტემის ოპტიმიზირების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

## Abstract

### Improvement of operating system of motor car service

In the conditions of quantitative and applied intensification of rolling stock of automobile transport special attention is given to the material and labour costs incurred for maintenance of desirable level of their technical condition. It is stipulated, on one side, by the efficiency of motor cars use and high level of service, and on the other side, by provision of traffic and ecological safety. That's why the paper theme is topical and prospective.

Given work deals with investigation of mentioned issues by the example of motor cars and involves improvement of methods and forms of operation. It foresees the optimization tasks for preventive operations and part replacement that need to be carried out for cars, that makes it even more topical.

Work objective is the provision of desirable level of technical condition for motor cars during the operation process by means of improvement of service operating system.

On the basis of analysis of current state of the issue and in order to achieve the mentioned goal have been formulated the research tasks:

- elaboration of methods of preventive operations and formation of classification groups in order to provide the technical state of modern motor cars;
- elaboration of methods of determination of optimum periodicity for implementation of operations and operation groups;
- elaboration of methods on improvement of system of replacement of parts, which limit the reliability of motor car systems and mechanisms;

This work consists of theoretical and experimental studies. Private motor cars, operation of which is related with their use basically in city conditions, are taken as the subject of research.

In the theoretical part of the work at the first stage, on the basis of constructive analysis have been formed the conventional classification groups according to motor car systems and mechanisms. The level of effect of failure and malfunction on the life (resource) and the performance degree of assemblies and mechanisms has been taken as a basis of creation of groups of operation that gives us an opportunity to establish three groups of operations, which need to be implemented: auxiliary parallel systems (systems acting on the life); auxiliary sequential systems (systems acting on functioning quality); basic systems.

For established groups of operations have been elaborated the models of optimization of their performance periodicity. As the optimization criterion has been taken the minimum of specific consumption with the condition that the reliability level will not be less than permissible. Possible values of minimum and maximum life of basis system, between which will take place selection of optimal

one, and coefficient of repetitiveness of operation, according to which has been carried out the specification and adjustment of periodicity, have been determined.

As the basis of modeling of part replacement system has been taken the structural scheme of researched assembly (system) along with the technology of assembling-disassembling, as well as reliability indices, safety requirements and conditions of producer factories concerning group replacement of parts.

During formation of part replacement strategy have been introduced such important parameters as the coefficient of component (part) life utilization, which represents the ratio between actual (worked out) and average life. With the purpose of comprehensive analysis of replacement system in the model has been foreseen the coefficient of parts' utilization, which includes the cost per part. As the criterion of optimization of individual and group replacement of parts have been taken the minimum specific costs, in which the costs of fault time amendment were foreseen.

Elaboration of statistical data of failures for separate motor cars and revelation of reliability indices according to systems and mechanisms took place in the experimental part of the work. Failures and malfunctions have been grouped according to the sign of manifestation and their percentage distribution has been established according to separate assemblies and parts of mechanisms and systems. Their life (resource) and pattern of distribution have been determined along with corresponding parameters.

Parameter of failure flow for systems and mechanisms and its change with increase of run have been also determined. Operation time between failures varies in the wide range and is equal to 5,0-55,0 thou. km for various mechanisms and systems.

Pooled analysis of theoretical and experimental researches has been carried out. With the purpose of realization of a method of determination of periodicity of technical service operations for various systems the experimental data have been entered into elaborated model and according to special calculation tables has been determined the periodicity of carrying out operations for lubricating, air-distribution systems, clutch gear and other mechanisms.

With the purpose of practical implementation of optimization method for running repairs have been established the list of individual and group replacements according to limiting parts and assemblies. It is given in the form of special tables and values of remaining life for various kinds of replacement have been determined, that gives us the opportunity to formulate the appropriate conclusions.

Target function of elaborated method for optimum periodicity of operation on classification groups consists of criteria of failure-free performance and specific consumption. According to operation intention and content the level of failure-free performance should be within the limits of 0,90-0,98 for systems acting on the



maximum traffic safety and for other systems in all cases the specific consumption rate should be minimal in order to preserve the reliability.

Using the elaboration of statistical data obtained during surveillance over motor car has been established the list of parts and mechanisms limiting reliability and have been determined the parameters of their life (resource) distribution. As analysis shows, their life (resource) changes within the limits of 45,0-288,0 thou. km with 0,25-0,85 variation coefficient and it is the subject of normal, Weibull and exponential distribution laws.

Percentage distribution of failures rate has been implemented according to the failure behavior (gradual, sudden) and material of parts fabrication (metal, rubber, plastmass etc.). The parameter of failure flow has been established for separate systems and their behavior as per run, that represents the obligatory condition for optimization of modes of technical impact and of part replacement system.

## შინაარსი

შესავალი -----	16
1. ლიტერატურის მიმოხილვა -----	19
1.1. ავტომობილის ტექნიკური მომსახურების რეჟიმების ოპტიმიზაცი- ის მეთოდები -----	20
1.2. მუშაობის უნარის აღდგენის პროცესის მართვის მეთოდები -----	32
2. შედეგები და განსჯა -----	42
2.1. კვლევის თეორიული მეთოდების დამუშავება -----	44
2.1.1. ავტომობილების პროფილაქტიკური ოპერაციების ფორმირების მეთოდის დამუშავება -----	44
2.1.2. პროფილაქტიკური ოპერაციების შესრულების პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება -----	49
2.1.3. საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების შეცვლის პრინციპე- ბის ფორმირება -----	54
2.2. ავტომობილების საიმედოობის ექსპერიმენტული კვლევა -----	63
2.2.1. ექსპერიმენტული კვლევის პირობები და ორგანიზაცია -----	63
2.2.2. სტატისტიკური მაჩვენებლების გამოვლენა და მათი კლასიფი- კაცია -----	64
2.2.3. ძრავის გაგრილების სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა -----	72
2.2.4. ძრავის შეზეთვის სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვ- ლენა -----	76
2.2.5. კვების სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლები -----	78
2.2.6. გაზ - გამანაწილებელი სისტემის საიმედოობის გამოვლენა ----	81
2.2.7. გადაბმულობის საიმედოობის მაჩვენებლები -----	83
2.2.8. საჭით მართვის სისტემის და წინა წამყვანი ხიდის საიმედოობის მაჩვენებლები -----	85
2.2.9. სამუხრუჭე სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლები -----	88

2.2.10. ავტომობილის დაკიდების საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა -----	92
2.2.11. ელექტრომოწყობილობის საიმედოობის მაჩვენებლები -----	93
2.3. თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზი	95
2.3.1. ტექნიკური ზემოქმედების საკლასიფიკაციო ჯგუფების ფორმირება	95
2.3.2. ფუნქციონალური სქემების ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა -----	103
2.3.3. დეტალებისა და კვანძების შეცვლის პარამეტრების განსაზღვრა და კორექტირება -----	109
დასკვნები -----	117
გამოყენებული ლიტერატურა -----	120

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. ავტომობილების მუშაობის საექსპლუატაციო-ტექნიკური მაჩვენებლები -----	65
ცხრილი 2. მომსახურების პროცენტული რაოდენობის განაწილება ---	65
ცხრილი 3. მტყუნებათა და უწესივრობების პროცენტული განაწილება ავ- ტომობილების სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით -	67
ცხრილი 4. ავტომობილების მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი -----	68
ცხრილი 5. მტყუნებათა კლასიფიკაცია გარე ნიშნებისა და მიზეზების მიხედვით -----	68
ცხრილი 6. მტყუნებათა კლასიფიკაცია მათი ფიზიკური შინაარსის მიხედვით -----	69
ცხრილი 7. სისტემებისა და მექანიზმების მტყუნებათა განაწილება მათი ხასიათის მიხედვით -----	70
ცხრილი 8. გაგრილების სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწი- ლება ელემენტების მიხედვით -----	73
ცხრილი 9. ავტომობილის გაგრილების სისტემის ელემენტების რესურ- სების განაწილების პარამეტრები -----	75
ცხრილი 10. ძრავის შეზეთვის სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება -----	77
ცხრილი 11. კვების სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება -	79
ცხრილი 12. კვების სისტემის ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები -----	81
ცხრილი 13. გადაბმულობის ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები -----	84
ცხრილი 14. საჭის სისტემის და წინა ხედის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება -----	86
ცხრილი 15. მტყუნებათა განაწილების პარამეტრები -----	88
ცხრილი 16. სამუხრუჭე სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწი- ლება -----	90
ცხრილი 17. სამუხრუჭე სისტემის ელემენტების რესურსების განაწილე- ბის პარამეტრები -----	91
ცხრილი 18. დაკიდების სისტემის ელემენტების რესურსების განაწილე- ბის პარამეტრები -----	92
ცხრილი 19. ძრავის სისტემების ოპერაციების ფორმირება -----	99
ცხრილი 20. ძრავის სისტემების ოპერაციების ფორმირება -----	100

ცხრილი 21. ელექტრომოწყობილობის ოპერაციების ფორმირება -----	101
ცხრილი 22. ავტომობილის სისტემების ოპერაციების ფორმირება ----	102
ცხრილი 23. პერიოდულობის განსაზღვრის საანგარიშო მაჩვენებლები	104
ცხრილი 24. ძრავისა და შეზეთვის სისტემის მახასიათებლები -----	106
ცხრილი 25. ზეთის შეცვლის პერიოდულობის საანგარიშო ცხრილი --	106
ცხრილი 26. პერიოდულობის განსაზღვრის საანგარიშო პარამეტრები -	108
ცხრილი 27. ძრავას გაზგამანაწილებელი მექანიზმის დეტალების შეცვ- ლის სისტემები -----	111
ცხრილი 28. ძრავას შეზეთვის სისტემის დეტალების შეცვლა -----	111
ცხრილი 29. გაგრილების სისტემის დეტალების შეცვლა -----	112
ცხრილი 30. ძრავას კვების სისტემის დეტალების შეცვლა -----	112
ცხრილი 31. გადაბმულობის დეტალების შეცვლის სისტემები -----	113
ცხრილი 32. საჭისა და წინა ხედის დეტალების შეცვლა -----	113
ცხრილი 33. სამუხრუჭე სისტემის დეტალების შეცვლა -----	114
ცხრილი 34. დაკიდების დეტალების შეცვლის სისტემები -----	114
ცხრილი 35. ელექტრომოწყობილობის დეტალების შეცვლა -----	115

## ნახახების ნუსხა

ნახ. 1. ტექნიკური მომსახურების და რემონტის კუთრი ხარჯების ცვლილება პერიოდულობისგან დამოკიდებულებით -----	22
ნახ. 2. ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა მუშაობისუნარიანობის პარამეტრის დასაშვები დონის მიხედვით ----	23
ნახ. 3. ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა მუშაობისუნარიანობის დასაშვები დონის მიხედვით -----	24
ნახ. 4. ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის ცვლილება გარბენისგან დამოკიდებულებით -----	25
ნახ. 5. დატვირთვების ციკლების რაოდენობის გარბენზე გადამყვანი ნომოგრამის მაგალითი -----	31
ნახ. 6. ავტომობილის დეტალების შეცვლის კლასიფიკაცია -----	37
ნახ. 7. კვლევის მეთოდოლოგიური სქემა -----	43
ნახ. 8. ოპერაციების ფორმირების საკლასიფიკაციო ჯგუფები -----	47
ნახ. 9. სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მიხედვით პერიოდულობის განსაზღვრა -----	50
ნახ. 10. ძირითადი სისტემის რესურსის განაწილება -----	52
ნახ. 11. ავტომობილების დეტალების შეცვლის სისტემების კლასიფიკაცია -----	57
ნახ. 12. დეტალების მტყუნების ალბათობის მრუდები -----	58
ნახ. 13. დეტალების რესურსის გამოყენების კოეფიციენტის ცვლილება რესურსების განაწილების ვარიაციის კოეფიციენტის მიხედვით -----	60
ნახ. 14. ავტომობილების წლიური გარბენის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი -----	64
ნახ. 15. ავტომობილების მტყუნებათა რაოდენობის ცვლილება, ექსპლუატაციიდან მოხსნასთან დაკავშირებით -----	71
ნახ. 16. გაგრილების სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი -----	74
ნახ. 17. გაგრილების სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები -----	74
ნახ. 18. ძრავში ზეთის შეცვლის ფაქტიური პერიოდულობის განაწილების სიმჭიდროვე -----	76
ნახ. 19. კვების სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი -----	80
ნახ. 20. კვების სისტემის ელემენტების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები -----	81

ნახ. 21. სარქველების რეგულირების პერიოდულობის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი -----	82
ნახ. 22. გაზგამანაწილებელი სისტემის ელემენტების უმტყუნებო მუშაო- ბის ალბათობის მრუდები -----	82
ნახ. 23. გადაბმულობის ელემენტების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები -----	84
ნახ. 24. გადაბმულობის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით -----	85
ნახ. 25. გადაბმულობის მტყუნებათა აღმოფხვრის კუთრი შრომატევა- დობის ცვლილება გარბენის მიხედვით v-----	85
ნახ. 26. საჭით მართვის სისტემის და წინა წამყვანი ხედის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით -----	87
ნახ. 27. რესურსების განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი -----	88
ნახ. 28. უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი -----	91
ნახ. 29. ავტომობილის ელექტრომოწყობილობის მტყუნებათ ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით -----	95
ნახ. 30. უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი -----	96
ნახ. 31. გადაბმულობის რეგულირების პერიოდულობის განსაზღვრა -	105
ნახ. 32. ზეთის შეცვლის კუთრი ხარჯების ცვლილების დიაგრამა -----	107
ნახ. 33. სარქველების რეგულირების პერიოდულობის განსაზღვრის დია- გრამა -----	108

## შესავალი

საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის რაოდენობრივი და გამოყენებითი ინტენსიფიკაციის პირობებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მათი ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე შენარჩუნებისათვის გაწეულ მატერიალურ და შრომით ხარჯებს. ეს განპირობებულია, ერთის მხრივ, ავტომობილების გამოყენების ეფექტურობით და მომსახურების ინტენსიურობის მაღალი დონით, ხოლო, მეორეს მხრივ, მოძრაობისა და ეკოლოგიურობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფით.

მიუხედავად იმისა, რომ ავტომობილების წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიური პროცესების მუდმივი განახლებისა და პროგრესის პირობებში მნიშვნელოვნად ამაღლდა ავტომობილების საიმედოობა და მათი შემფასებელი მახასიათებლები, რეალურ საექსპლუატაციო პირობებში ხარჯები საკმაოდ მაღალია. ამჟამად ექსპლუატაციაში მყოფ ხუთ მსუბუქ ავტომობილზე საშუალოდ ერთი მომსახურე პერსონალი მოდის, თუ ასეთი ავტომობილის დამზადებას დაახლოებით 100-120 კაც.საათი შრომატევადობა სჭირდება, ტექნიკურ მომსახურებასა და რემონტს წელიწადში 250-300 კაცსაათი სჭირდება, სათადარიგო დეტალების დამზადებისათვის დახარჯული ლითონის რაოდენობა ავტომობილის დამზადებისათვის საჭირო ლითონის 20-25%-ს შეადგენს, ერთი კომპლექტი საბურავების ღირებულება ავტომობილის ღირებულების 8-10%-ს შეადგენს. განსაკუთრებით საყურადღებოა მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, რომელიც მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ავტომობილის ტექნიკურ მდგომარეობაზე. საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევათა 8-10% განპირობებულია ტექნიკური უწყესივრობებით. ხოლო ეკოლოგიურობის მხრივ ერთ სულ მოსახლეზე (თბილისის მაგალითზე) წელიწადში 80 კგ გამონაბოლქვი მოდის.

ასეთ პირობებში მუდმივ ყურადღებას იმსახურებს ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის ფორმებისა და მეთოდების



სრულყოფისა და განახლების, კვლევისა და ანალიზის სამუშაოების შესრულება. ამ მხრივ გამოკვეთილია ორი ძირითადი მიმართულება: პირველია ავტომობილზე განხორციელებული პროფილაქტიკური ოპერაციების სრულფასოვანი ფორმირება და განსაზღვრა, თითოეული ნომენკლატურული ოპერაციის შესრულების რეჟიმების ოპტიმიზირება შერჩეული კრიტერიუმების მიხედვით და მეორე - საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების შეცვლის სტრატეგია.

პირველი მიმართულება მოიცავს ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე შენარჩუნების სავალდებულო პროფილაქტიკური ოპერაციების ჩამონათვალის (ნომენკლატურის) დაზუსტებას კონკრეტული მოდიფიკაციის სატრანსპორტო საშუალებებისათვის რეალურ საექსპლუატაციო პირობებში, შემდგომ ეტაპზე უნდა მოხდეს ასეთი ოპერაციების შეჯერება სხვადასხვა მარკის ავტომობილებზე და გამოირიცხოს მათი გამეორების შესაძლებლობა ეკონომიკური მაჩვენებლების კრიტერიუმით, მოხდეს მათი დაჯგუფება მიზნებისა და შედეგების მიხედვით, ე.ი. ოპერაციის შინაარსის მიხედვით. ეს მოგვცემს საშუალებას ასეთი საკლასიფიკაციო ჯგუფებისათვის დამუშავდეს მათი შესრულების რეჟიმების ოპტიმიზაციის მოდელები.

მეორე მიმართულება მოიცავს სატრანსპორტო საშუალების სისტემებისა და მექანიზმების საიმედოობის მაჩვენებლების საფუძველზე მალიმიტირებელი დეტალებისა და კვანძების შეცვლის სისტემის სრულყოფისა და განახლების მეთოდების დამუშავებას. ეს დაკავშირებულია დეტალების ნომენკლატურული რაოდენობის განსაზღვრასთან, მათი რესურსების განაწილების კანონზომიერების დადგენასთან, მათი შეცვლის ფორმების დადგენასთან, რესურსების გამოყენების დონესთან და საბოლოოდ ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფისათვის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების განსაზღვრასთან. ეს მოითხოვს სათანადო მათემატიკური მოდელების დამუშავებასა და პრაქტიკული რეალიზაციისათვის საჭირო ინფორმაციული ბაზის შექმნას კონკრეტული პირობებისათვის სტრუქტურულ-ორგანიზაციულ (საფირმო) დონეზე.

ზემოთ მოყვანილი ფაქტორები ქმნიან იმის აუცილებლობას, რომ მოიძებნოს ავტომობილების ეფექტური გამოყენების გაზრდის ახალი გზები მატერიალური და შრომითი ხარჯების მინიმიზაციით.

**სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე უზრუნველყოფა სერვისის ოპერაციული სისტემის სრულყოფის გზით.**

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

- თანამედროვე მსუბუქი ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფისათვის პროფილაქტიკური ოპერაციების, საკლასიფიკაციო ჯგუფების ფორმირების მეთოდის დამუშავება;
- ოპერაციებისა და ოპერაციათა ჯგუფებისათვის შესრულების ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდების დამუშავება;
- ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმების საიმედოობის მაღალი მიტირებელი დეტალების შეცვლათა სისტემის სრულყოფის მეთოდის დამუშავება.

**ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს ავტომობილის პროფილაქტიკური ოპერაციების საკლასიფიკაციო ჯგუფების ფორმირება და მათი შესრულების პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება; დეტალების შეცვლის სასურველი სისტემის სრულყოფა და ეფექტიანობის განსაზღვრა.**

რეალურ საექსპლუატაციო პირობებში ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის და საიმედოობის მართვის მეთოდების სრულყოფა და დამუშავება იძლევა საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირების საშუალებას და, მაშასადამე, მათი გამოყენების ეფექტიანობის გაზრდას, რაც თანამედროვე ტექნიკური პროგრესის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

## 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

ცნობილია, რომ ავტომობილის საიმედოობა გულისხმობს მის უნარს, შეასრულოს მასზე დაკისრებული ფუნქციები გარკვეული დროის ან გარბენის განმავლობაში და კონკრეტულ საექსპლუატაციო პირობებში ტექნიკური მაჩვენებლების დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნებით. იგი მოიცავს კონსტრუირების, წარმოების ორგანიზაციის, დამზადების ტექნოლოგიის, გამოყენების პირობების, ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის საკითხებს.

საიმედოობის გამოკვლევებს ბოლოს დროს დიდი ყურადღება ექცევა. ეს იმით აიხსნება, რომ მისი ამადლება განაპირობებს მწარმოებლურობის, მოძრაობის და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ამადლებას და საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირებას.

საიმედოობის თეორიას განსაკუთრებული ყურადღება მიეპყრო ორმოცდაათიანი წლების დასაწყისში. ეს განაპირობა იმ დროისათვის ტექნიკაში მომხდარმა ხარისხობრივმა ცვლილებებმა. შექმნილი მდგომარეობიდან გამომდინარე საიმედოობის შესახებ პირველი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები შესრულდა რადიოელექტრონიკისა და ავტომატიკის საკითხებზე.

საიმედოობის რაოდენობრივი მაჩვენებლების შეფასებამ მოითხოვა შესაბამისი მათემატიკური აპარატის შექმნა. მათემატიკური მეთოდების, მასობრივი მომსახურების თეორიის, მტყუნებათა პროგნოზირებისა და საიმედოობის მაჩვენებლების გაზრდის შესახებ ცნობილი მეცნიერების მიერ ფუნდამენტური შრომები შეიქმნა.

საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მათ საიმედოობაზე, იგი გათვალისწინებულია კონსტრუირების დროს, უზრუნველყოფილია დამზადებისას და შენარჩუნებულ იქნას ექსპლუატაციის პროცესში. ამიტომაც საავტომობილო მრეწველობის განვითარების ნებისმიერ ეტაპზე მიმდინარეობდა მუშაობა ტექნიკურ ნაკეთობათა კონსტრუქციების საიმედოობასა და ეფექტურ გამოყენებასთან

დაკავშირებით. ამ საკითხებისადმი მიძღვნილი ცნობილ მეცნიერთა შრომები [1-8].

საიმედოობის შესახებ სისტემატურ მუშაობას ეწევიან სამეცნიერო-კვლევითი და სასწავლო ინსტიტუტები, მანქანათმშენებლობის ქარხნები. მნიშვნელოვანი სამუშაოები მიმდინარეობს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, რ. დვალის სახელობის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტში, აგრარულ უნივერსიტეტში, საავტომობილო ტრანსპორტის წარმოება-დაწესებულებებში, ავტოსერვისის ფირმებში და სხვა.

შესრულებული გამოკვლევების შედეგად გადაწყდა რა მრავალი აქტუალური ამოცანა, შეიქმნა ავტომობილების საიმედოობის მართვის წინაპირობები. ძირითად მიზანს წარმოადგენდა, ერთის მხრივ, ავტომობილებისა და მათი მექანიზმების საიმედოობის ამაღლება, მეორეს მხრივ, მის უზრუნველყოფაზე გაწეული ხარჯების შემცირება.

ავტომობილების საიმედოობის მართვის თანამედროვე გზები შემდეგია:

- ტექნიკური მომსახურების რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდების დამუშავება;
- ავტომობილების მუშაობის უნარის აღდგენის პროცესების მართვის მეთოდების დამუშავება.

### **1.1. ავტომობილის ტექნიკური მომსახურების რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდები**

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

ექსპლუატაციის პროცესში მანქანების ტექნიკური მდგომარეობის დამახასიათებელი პარამეტრები გარკვეული ნამუშევრის შემდეგ განიცდის ცვლილებებს და ხასიათდება რიცხობრივი მნიშვნელობების გაზნევით.

ამასთან სხვადასხვა საექსპლუატაციო პირობებში ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილებების ხასიათი შეიძლება სხვადასხვა იყოს. ამიტომ ერთნაირი კვანძებისა და მექანიზმების მომსახურების მოთხოვნილებაც სხვადასხვანაირი იქნება. მომსახურების რეჟიმების, პერიოდულობის და სამუშაოთა ჩამონათვალის ოპერაციების შრომატევადობების სწორ შერჩევაზე მნიშვნელოვნად იქნება დამოკიდებული მანქანათა უმტყუნებლობის დონე.

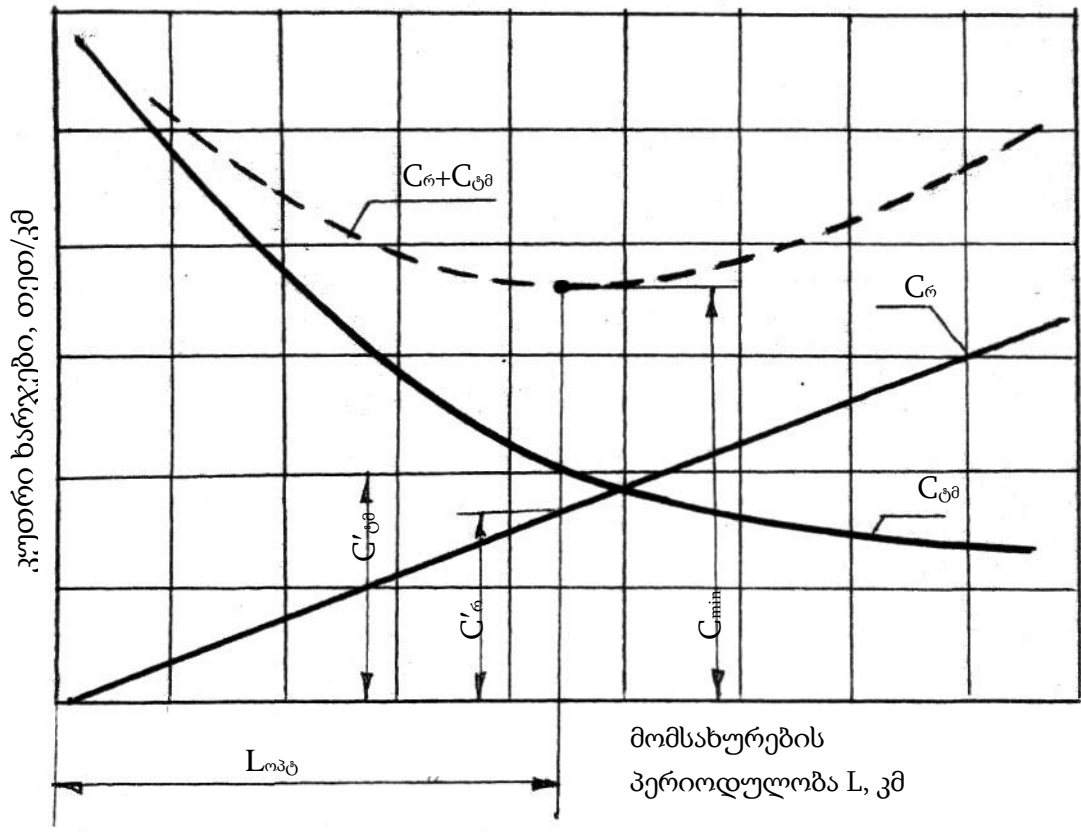
ტექნიკური მომსახურების რეჟიმზე მრავალი ფაქტორის გავლენამ განაპირობა პერიოდულობის დადგენის მთელი რიგი მეთოდების დამუშავება. ძირითად საფუძველს წარმოადგენს პროფ. გ.ვ. კრამარენკოს მიერ დამუშავებული ტექნიკურ-ეკონომიკური მეთოდი [13]. იგი ითვალისწინებს პერიოდულობის განსაზღვრას ტექნიკურ მომსახურებასა და მიმდინარე რემონტზე გაწეული ჯამური კუთრი ხარჯების კრიტერიუმს. მრუდი  $C_{\text{რ}}$  (ნახ. 1) ასახავს პერიოდულობის გაზრდის მიხედვით რემონტზე გაწეული კუთრი ხარჯების ცვლილების კანონზომიერებას. მრუდი  $C_{\text{ტ}}$  ახასიათებს ტექნიკური მომსახურების კუთრი ხარჯების ცვლილების კანონზომიერებას. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, პერიოდულობის გაზრდით  $C_{\text{ტ}}$  მცირდება მისი იშვიათად შესრულების გამო, ხოლო  $C_{\text{რ}}$  იზრდება. ამასთან ჯამური ხარჯები  $C_{\text{ტ}}+C_{\text{რ}}$  დასაწყისში მცირდება, ხოლო შემდეგ იზრდება. ჩალუნვის  $A$  წერტილი ჯამურ მრუდზე, რომელიც მინიმალურ  $C_{\text{min}}$  ხარჯებს შეესაბამება, იძლევა ავტომობილის ტექნიკური მომსახურების ოპტიმალურ  $L_{\text{opt}}$  პერიოდულობას.

ამავე ნაშრომში მოცემულია აგრეგატებისა და სისტემების ტექნიკური მომსახურების სამუშაოების ჩამონათვალისა და მოცულობის კორექტირების რეკომენდაციები. მიმდინარე რემონტის თანხვედრი ოპერაციის შესრულების საშუალო პერიოდულობა განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$l = \frac{\sum \ell}{n} \quad (1)$$

სადაც  $\sum \ell$  არის დასაკვირვებელი ობიექტების საერთო ნამუშევარი;

$n$  - მიმდინარე რემონტების ერთნაირი ოპერაციების გამეორების რიცხვი.



**ნახ. 1. ტექნიკური მომსახურების და რემონტის კუთრი ხარჯების ცვლილება პერიოდულობისგან დამოკიდებულებით**

- $C_{ტმ}$  - ტექნიკური მომსახურების კუთრი ხარჯები;
- $C_r$  - რემონტის კუთრი ხარჯები;
- $C_{ტმ} + C_r$  - ტექნიკური მომსახურების და რემონტის ჯამური ხარჯები;
- $C_{min}$  - ტექნიკური მომსახურების და რემონტის მინიმალური ხარჯები;
- $L_{opt}$  - ტექნიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობა;
- $C'_{ტმ}$  - ტექნიკური მომსახურების მინიმალური ღირებულება;
- $C'_r$  - რემონტის მინიმალური ღირებულება

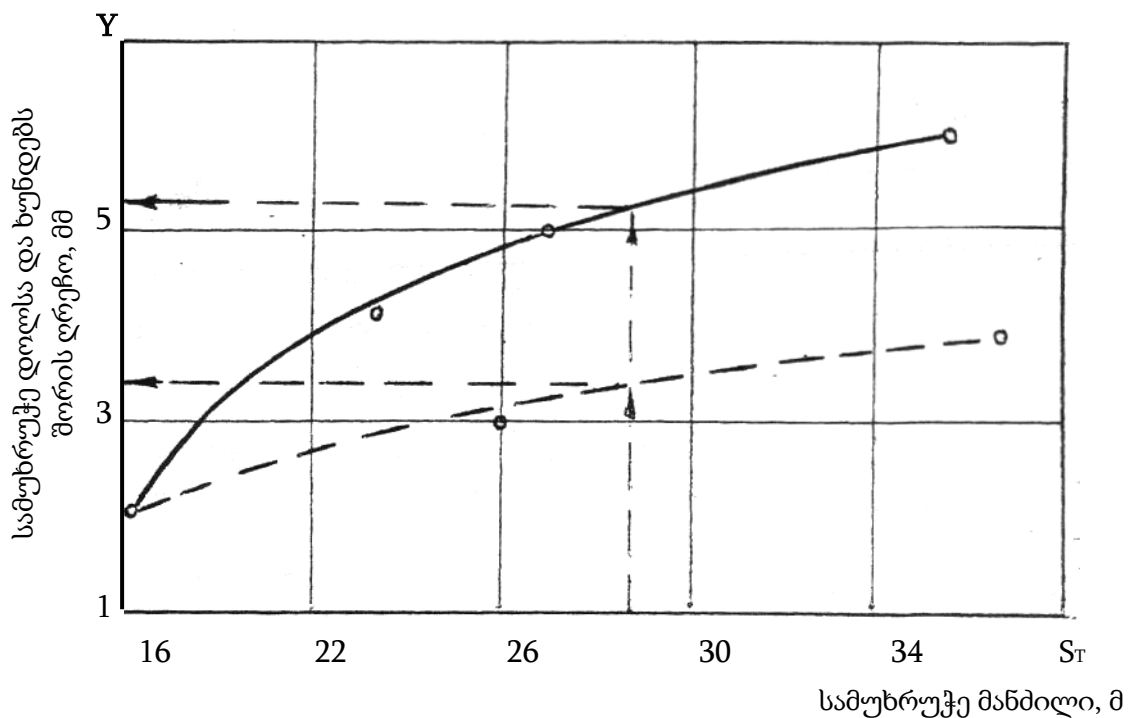
იმისდა მიხედვით, რა სიდიდისაა  $l$ , მიმდინარე რემონტების ოპერაციები შეაქვთ ტმ-1 და ტმ-2-ის ოპერაციებში შესაბამისი  $l_1$  და  $l_2$  ნამუშევრებით, თუ  $l_2 > l > l_1$ , ან  $ml_1 > l \geq l_2$  სადაც  $m = l_2/l_1$ , მაშინ  $m$ -ს აქვს მნიშვნელობა 4-დან 6-მდე და მიმდინარე რემონტის ოპერაცია შეაქვთ ტმ-1-ში. ანალოგიურად ხდება ტმ-2-ის ოპერაციების კორექტირება. ამასთან  $m$  იცვლება  $10 \pm 30$  ზღვრებში. ოპერაცია არ შევა ტექნიკური მომსახურების

მოცულობაში და დარჩება მიმდინარე რემონტის მოცულობაში, როდესაც  $l > m \times 2$ .

აღნიშნული მეთოდის გამოყენება ეფექტურია ახალი ავტომობილები-სათვის პროფილაქტიკური რეჟიმების დადგენისას, მაგრამ იგი არ ითვალისწინებს ავტომობილის ნამუშევარს ექსპლუატაციის დაწყებიდან.

ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის დასაბუთებასა და კვლევის საკითხებისადმია მიძღვნილი ე.ს. კუზნეცოვის შრომები [14,15,16]. მის მიერ შემოთავაზებულია მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდები. პერიოდულობის შეფასებისათვის მას მიღებული აქვს შემდეგი კრიტერიუმები:

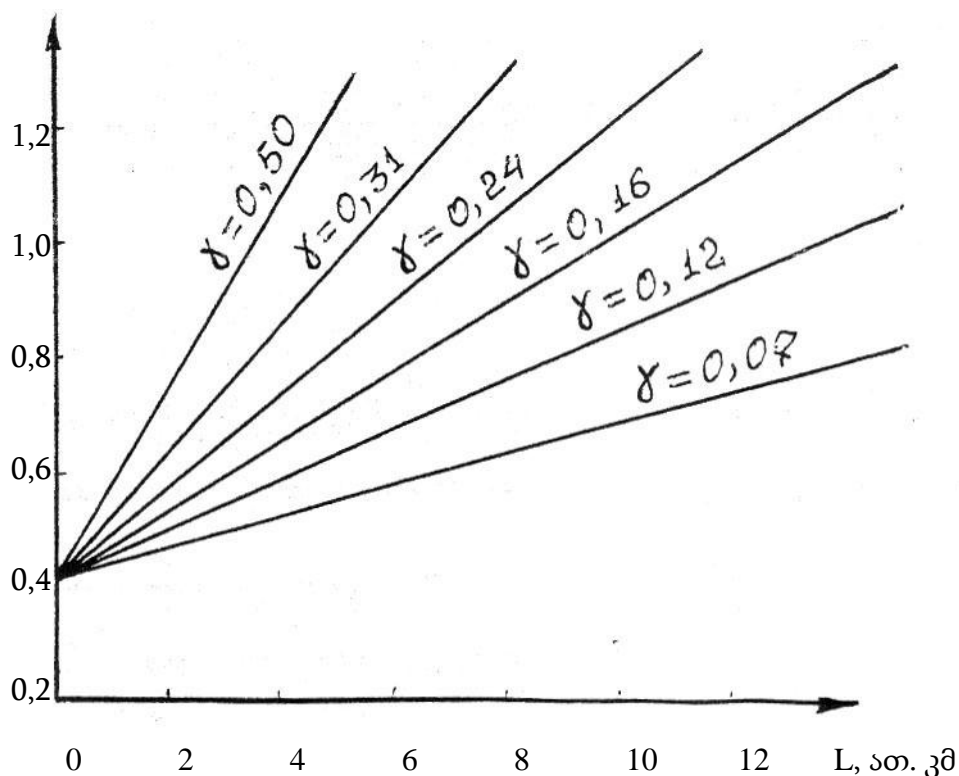
- აგრეგატებისა და სისტემების გარეგნული სახე;
- მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა;
- მოძრავი შემადგენლობის მწარმოებულობა;
- აგრეგატებისა და კვანძების ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრის დასაშვები მნიშვნელობა (ნახ. 2, 3);



ნახ. 2. ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა მუშაობისუნარიანობის პარამეტრის დასაშვები დონის მიხედვით

- უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის დასაშვები დონე;
- ტექნიკურ-ეკონომიკური კრიტერიუმები.

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



**ნახ. 3. ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა მუშაობისუნარიანობის დასაშვები დონის მიხედვით**

აღნიშნული მეთოდების დამატებას წარმოადგენს ა.მ. შეინინის მიერ დამუშავებული ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის კორექტირების მეთოდი [16], როდესაც იგი განსაზღვრულია, როგორც უმტყუნებლობის ფუნქცია. ალბათობა იმისა, რომ  $L_1$ -დან  $L_2$ -მდე ნამუშევრის შემთხვევაში მტყუნება არ მოხდება, განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$P(L_2 - L_1) = e^{-[\Omega(L_2) - \Omega(L_1)]} \quad (2)$$

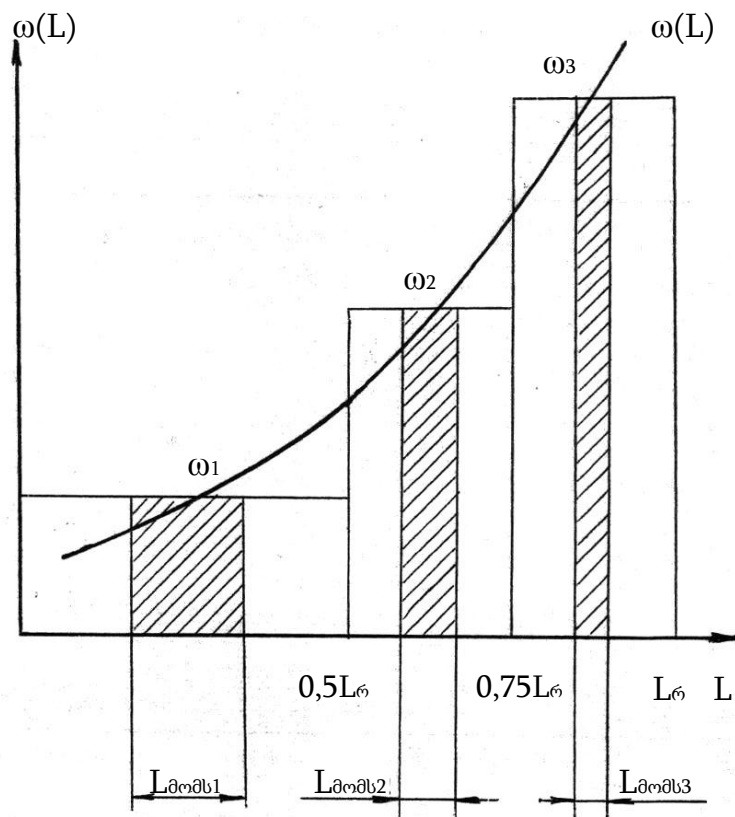


სადაც  $\Omega(L)$  წამყვანი ფუნქციაა და წარმოადგენს ნამუშევარზე ობიექტის მტყუნებათა საშუალო რაოდენობას.

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

$$P(L_{\text{მომს.}}) = 1 - \omega \cdot L_{\text{მომს.}} \quad (3)$$

სადაც  $\omega$  - მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრია და იგი გარბენის ზრდასთან ერთად იზრდება (ნახ. 4).



**ნახ. 4. ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის ცვლილება გარბენისგან დამოკიდებულებით**

ვინაიდან ორგანიზაციული და სხვა მიზეზების გამო პერიოდულობის მუდმივად შემცირება შეუძლებელია, იგი დაგეგმილი უნდა იქნას საფეხურებრივად მთლიანი რესურსის  $L_r$  ზღვრებში შემდეგნაირად: 0-დან  $0,5 L_r$ -მდე - ყველაზე დიდი პერიოდულობა, საშუალო  $0,5 \div 0,75 L_r$  ზღვარში და შემცირებული, როდესაც  $L > 0,75 L_r$ .

ამის გარდა, პროფ. ა.მ. შეინინის მიერ დამუშავებული იქნა მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრის ანალიზური მეთოდი, რომელსაც აქვს შემდეგნაირი გამოსახულება [18, 19]:

$$L_{\text{მომს.}} = n+1 \sqrt{\frac{(n+1) \cdot C_{\text{გმ}}}{b_{\text{გმ}} \cdot n}} \quad (4)$$

სადაც  $C_{\text{გმ}}$  არის მომსახურების ღირებულება, ლარი;

$b_{\text{გმ}}$  - მიმდინარე რემონტების ხარჯის ცვლილების კუთხური კოეფიციენტი, ლარი/ათასი კმ<sup>n+1</sup>;

$n$  - ხარისხის მაჩვენებელი.

პროფ. ე.ს. კუზნეცოვის მიერ დამუშავებულ იქნა პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდი ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრის ზღვრული მნიშვნელობისა და მისი ცვლილების კანონზომიერების კრიტერიუმით. ამ მეთოდის გამოყენების სფეროა მომსახურების ობიექტები, რომლებსაც ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრის ცვლილების აშკარად გამოხატული ნიშნები აქვთ. მათ მიეკუთვნება აგრეგატები, მექანიზმები და კვანძები, რომლებიც მოითხოვენ სარეგულირებელ და შეზეთვის სამუშაოებს. პერიოდულობის განსაზღვრის ფორმულას შემდეგი სახე აქვს:

$$l_o = \frac{Y_{\text{გ}} - Y_{\text{ნ}}}{\mu \cdot \bar{a}} \quad (5)$$

სადაც  $Y_{\text{გ}}$  არის ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრის დასაშვები მნიშვნელობა;

$Y_{\text{ნ}}$  - პარამეტრის ნომინალური მნიშვნელობა;

$\bar{a}$  - ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილების საშუალო ინტენსიურობა;

$\mu$  - მაქსიმალური ინტენსიურობის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს განაწილების მრუდს, ვარიაციის კოეფიციენტსა და ალბათობის სარწმუნო დონეს.

უმტყუნებლობის დასაშვები დონის მიხედვით პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდი ითვალისწინებს  $l_o$  -ის გამოვლენას იმ პირობით, რომ

მტყუნებისა და უწყესივრობის წარმოქმნის ალბათობა წინასწარ დადგენილი პერიოდულობის შემთხვევაში, იქნება განპირობებულ დონეზე ნაკლები

$$l_o = \beta \cdot \bar{l} \quad (6)$$

სადაც  $\beta$  - ოპტიმალური პერიოდულობის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ( $\mu$  კოეფიციენტის ანალოგიურად) განაწილების მრუდს, ვარიაციის კოეფიციენტს და ალბათობის სარწმუნო დასაშვებ დონეს.

ეს მეთოდი გამოიყენება სამაგრი სამუშაოების შესრულების პერიოდულობის დადგენისათვის, მაგრამ იგი არ ითვალისწინებს ეკონომიკურ მახასიათებლებს, რასაც ხშირად გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს.

მომსახურების რაციონალური რეჟიმების განსაზღვრის ტექნიკურ-ეკონომიკური მეთოდი ითვალისწინებს პერიოდულობის გავლენას დეტალების ცვეთაზე, გამოყენებული მასალების ღირებულებას, აგრეთვე შრომით ხარჯებს. ეს უკანასკნელი საკმაოდ მნიშვნელოვანია. ტექნიკურ მომსახურებასა და რემონტზე გაწეული მინიმალური ხარჯები წარმოადგენენ მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობის მხოლოდ ერთ, ეკონომიკურ მახასიათებელს ან კრიტერიუმს. მაგრამ შეიძლება გათვალისწინებული იყოს სხვა ფაქტორებიც: მოძრაობის უსაფრთხოება, სატრანსპორტო ან სხვა ტექნოლოგიური პროცესის შეწყვეტით გამოწვეული დანაკარგები, მოცდენები და სხვა [15].

ტექნიკური მომსახურების ამა თუ იმ ოპერაციის შესრულების მიზანშეწონილობის დადგენისათვის გამოიყენება ეკონომიკურ-ალბათური მეთოდი. იგი წარმოადგენს ორი მეთოდის გაგრძელებასა და გაერთიანებას: ტექნიკურ-ეკონომიკურის და უმტყუნებლობის დასაშვები დონის მიხედვით. ეს მეთოდი დამყარებულია ტექნიკური მომსახურების იძულებითი ოპერაციების შესრულებისათვის გაწეული მინიმალური კუთრი ხარჯების გამოვლენის პრინციპზე.

განსაკუთრებულ ინტერესს იმსახურებს მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდიკა, რომელიც დამუშავებულ იქნა ავტორთა ჯგუფის მიერ [19]. ამ მეთოდის მიხედვით მტყუნებათა კლასიფიკაციის

საფუძველზე შექმნილია ოპერაციათა შესრულების პერიოდულობა დამხმარე-პარალელური, მიმდევრობითი და ძირითადი სისტემებისათვის. ძირითად კრიტერიუმს წარმოადგენს მტყუნებებისა და უწყესივრობების აღმოფხვრაზე გაწეული კუთრი ხარჯების მინიმუმი სხვადასხვა მნიშვნელობის პერიოდულობისათვის მის დასაშვებ ქვედა და ზედა ზღვრებს შორის. თითოეული მნიშვნელობისათვის კუთრი ხარჯების სიდიდე განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$C_{\text{კუთ.}}(L_{\text{მომ.}}) = \frac{C_{\text{მტყ.}}}{t_{\text{საშ}}} + \frac{C_{\text{მომ.}}}{t_{\text{მომ. } i}} \rightarrow \min \quad (7)$$

სადაც  $C_{\text{მტყ}}$  და  $C_{\text{მომ.}}$  მტყუნებისა და მომსახურების ღირებულებებია შესაბამისად,

$t_{\text{საშ}}$  და  $t_{\text{მომ. } i}$  - ნამუშევრის საშუალო და მიმდინარე მნიშვნელობები

მოცემული მეთოდით გათვალისწინებულია ოპერაციათა გამეორების  $K_1$  და მტყუნებისა და უწყესივრობის ღირებულებათა ფარდობის  $K_2$  კოეფიციენტების გამოვლენა, რაც პერიოდულობის განსაზღვრის ადრინდელ მეთოდებს აზუსტებს.

კონსტრუქციული ელემენტების, მათ შორის სამუხრუჭე სისტემის ელემენტების მტყუნებათა პროგნოზირებისათვის ვ. ლეკიაშვილის მიერ გამოყენებულ იქნა სტატისტიკური მეთოდი. სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება სარეგულირებელი პარამეტრების ზღვრულ მდგომარეობამდე ნამუშევრების განაწილების კანონები. ამ კანონების პარამეტრებისა და უმტყუნებლობის საჭირო დონის მიხედვით მოხდება ელემენტების მტყუნებათა პროგნოზირება და დაინიშნება შესაბამისი მომსახურების რეჟიმი. პერიოდულობის განსაზღვრის საფუძველს წარმოადგენს კუთრი ხარჯების მინიმუმი, რომელიც განისაზღვრება შემდეგნაირად [20]:

$$C_{\text{კუთ.}}(L_{\text{მომ.}}) = \frac{1}{L_{\text{მომ.}}} \left\{ C_{\text{მტყ.}}^{\text{მ}} \left[ \bar{P}(L_{\text{მომ.}}) + P_1(L_{\text{მომ.}}) - P_2(L_{\text{მომ.}}) + C_e + C_{\text{მტყ.}} \cdot n \cdot P_2(L_{\text{მომ.}}) \right] \right\} \rightarrow \min$$

სადაც  $C_{\text{მტყ.}}^{\text{მ}}$  არის მტყუნების ღირებულება ტექნიკური მომსახურების დროს;

$C_{მტყ}$  - მტყუნების ღირებულება ( $C_{მტყ} > C_{მტყ}^{მ}$ )

$\bar{P}(L_{მომს.})$  - უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის საშუალო მნიშვნელობა;

$P_1(L_{მომს.})$  - არასასურველი ზემოქმედებათა ალბათობა;

$P_2(L_{მომს.})$  - მტყუნებათა წარმოქმნის (დიაგნოსტიკების შეცდომა) ალბათობა;

$C_e$  - დიაგნოსტიკის ღირებულება;

$n$  - პერიოდულობის მაქსიმალურ და მიმდინარე მნიშვნელობების ფარდობა.

კუთრი ხარჯები განისაზღვრება საკვლევი ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის (მაქსიმალურსა და მინიმალურ მნიშვნელობებს შორის) მინიმალური კუთრი ხარჯების შესაბამისი პერიოდულობა იქნება ოპტიმალური იმ პირობით, რომ სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის დონე არ იქნება წინასწარ დანიშნულ დონეზე ნაკლები.

ავტომობილების კონსტრუქციების უწყესივრობების დროული გამოვლენა უზრუნველყოფილ უნდა იქნას დიაგნოსტიკებით, ამიტომაც მას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკების საფუძველს წარმოადგენს ექსპლუატაციის პროცესში დამახასიათებელი უწყესივრობების ჩამონათვალი, შესაბამისად შეირჩევა სადიაგნოსტიკო პარამეტრები, განისაზღვრება ნორმატიული მაჩვენებლები, საშუალებები, ტექნოლოგია და სამუშაოს ორგანიზაცია.

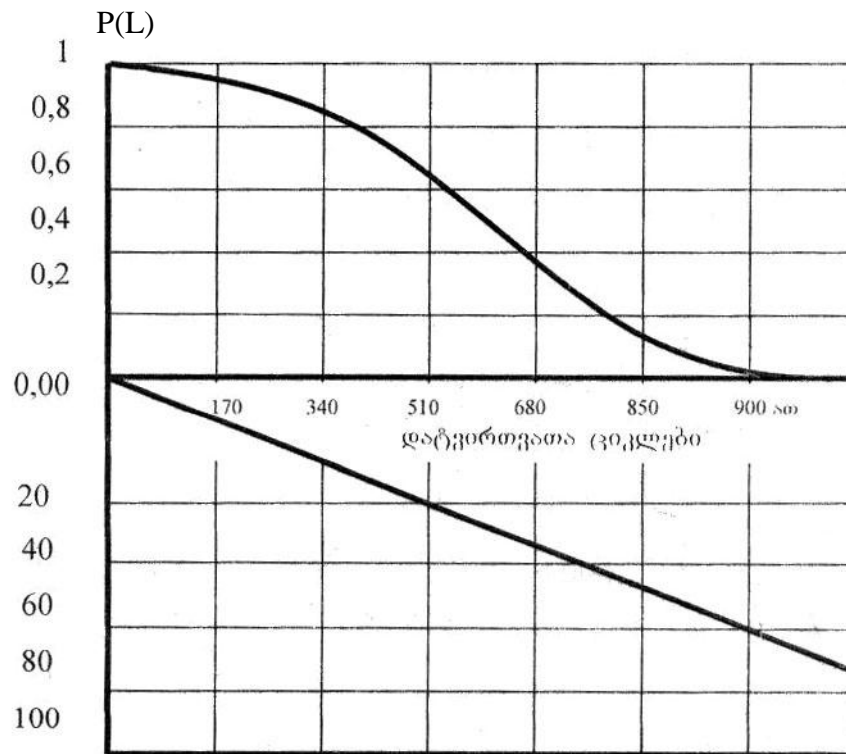
ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკის დარგში მკვლევართა და კონსტრუქტორთა ყურადღება მიპყრობილია დიაგნოსტიკის მეთოდებისა და საშუალებების შექმნისაკენ, როდესაც მოხდება დიაგნოსტიკური პარამეტრების გამოვლენა ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის ტექნოლოგიური პარამეტრების მოთხოვნების საფუძველზე.

ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრის ორიგინალურ მეთოდს იძლევა პროფ. ვ. ხარიტონაშვილი [35]. იგი მას განიხილავს ფუნქციონალურ კავშირში საწვავის ხარჯთან, რომელიც ავტომობილის

გარბენზეა დამოკიდებული. საკითხისადმი ასეთი მიდგომა გამართლებულია ყველა შემთხვევაში, როდესაც საწვავის ხარჯი და მისი აღრიცხვა მუდმივ კონტროლზეა აყვანილი, ამასთან იგი ასახავს საექსპლუატაციო პირობების მიხედვით მისი ცვლილების კანონზომიერებას. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ საწვავის ხარჯი მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, მაშინ მისი ფაქტიური მნიშვნელობა რეალურად უნდა ასახავდეს ავტომობილის ნამუშევარს-გარბენს. ამიტომ ავტომობილის კვანძებისა და მექანიზმებისათვის და მთლიანად ავტომობილისათვის ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის დადგენა ზოგადად მისაღები და სამართლიანია, მაგრამ კონკრეტული ოპერაციისათვის არ არის გათვალისწინებული მექანიზმის თუ სისტემის მუშაობის რეჟიმები, ეს კი მნიშვნელოვნად მოქმედებს მათი ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილების კანონზომიერებაზე.

ამ მხრივ საყურადღებოა ვ. ჯაჯანიძის ნაშრომი [10]. ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმებისათვის, საიმედოობის მაღალიმიტირებელი დეტალების რესურსების განსაზღვრისათვის და საიმედოობის მაჩვენებლების დადგენისათვის ავტორი აუცილებელ პირობად თვლის მუშაობის რეჟიმის პარამეტრებსა და აღნიშნულ მაჩვენებლებს შორის კორელაციური კავშირის გამოვლენას. ასეთი კავშირების სიმჭიდროვის დონემ, რომელიც კორელაციის კოეფიციენტებით განისაზღვრება, ავტორს საშუალება მისცა საიმედოობის მაჩვენებლები განესაზღვრა არა გარბენის მიხედვით, არამედ მუშაობის რეჟიმის შერჩეული პარამეტრების მიხედვით. ვინაიდან რეალურ საექსპლუატაციო პირობებში ავტომობილის გარბენის მიხედვით არის დადგენილი ყველა სახის ნორმატიული მაჩვენებლები (ტექნიკურ-ეკონომიკური და სხვა), ამიტომ ნაშრომში მოცემულია კონკრეტული შემთხვევისათვის დეტალების რესურსების გადამყვანი კოეფიციენტები, ამასთან ერთად, პრაქტიკული რეალიზაციის პირობიდან გამომდინარე, დამუშავებული იქნა მარტივი ნომოგრამა, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია

გარბენიდან დატვირთვების რაოდენობაზე (ან პირიქით) საიმედოობის მაჩვენებლების გადაყვანა (ნახ. 5).



**ნახ. 5. დატვირთვების ციკლების რაოდენობის გარბენზე გადამყვანი ნომოგრამის მაგალითი**

ტექნიკური მომსახურების რეჟიმების ოპტიმიზაციის ზემოთ განხილული მეთოდები და ფორმები დაქვემდებარებულია იმ ძირითად პრინციპს, რომლის მიხედვითაც ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფა განპირობებულია „გეგმითი - მაფრთხილებელი“ სისტემით, რომელიც გულისხმობდა ტმ-1 და ტმ-2 სამუშაოთა ოპერაციების სავალდებულო შესრულებას ავტომობილისათვის მთლიანად. თანამედროვე პირობებში „რეგლამენტი“ გათვალისწინებულია ოპერაციათა კონკრეტული ნომენკლატურა, რომლებიც მოითხოვენ კორექტირებას სათანადო პერიოდულობის დადგენით.

## 1.2. მუშაობის უნარის აღდგენის პროცესის მართვის მეთოდები

ტექნიკურ საშუალებათა საიმედოობის უზრუნველყოფისა და შენარჩუნების მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს მტყუნებათა პროგნოზირება და გამოვლენა. დიდი მნიშვნელობა აქვს კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური და საექსპლუატაციო ხასიათის დონისძიებათა კომპლექსის დამუშავებასა და სრულყოფას საიმედოობის მაჩვენებლების გაუმჯობესების მიზნით, აგრეთვე ტექნიკური ექსპლუატაციის ფორმებისა და მეთოდების გაუმჯობესებას. დღეისათვის პროგნოზირების თეორია წარმატებით გამოიყენება საიმედოობის დონის მართვის პროცესში. ეს ტექნიკური პროგრესის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს.

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

დღეისათვის ტექნიკური ზემოქმედების მოცულობის დაგეგმვა ხდება შრომატევადობის ნორმატიული მაჩვენებლებით (კაცსაათები ნამუშევრის ერთეულზე) და მოცდენის სიდიდით (დღე ნამუშევრის ერთეულზე), რაც უარყოფითად აისახება ავტომობილების მუშაობისუნარიან მდგომარეობაში შენარჩუნების ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე.

საიმედოობის თეორიის გამოყენება პრობლემის ოპტიმალური გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა. ძირითადს ამ მიმართულებით წარმოადგენს დამუშავებული მეთოდები [22], რომლებაც საფუძვლად უდევს ანალიზური გაანგარიშებები. საბოლოო მიზნის მისაღწევად ამ მეთოდების მიხედვით ეტაპობრივად განისაზღვრება ტექნიკურ ზემოქმედებათა რაოდენობა, შრომატევადობა და საერთოდ საიმედოობის შენარჩუნების საექსპლუატაციო ხარჯები. ძირითად კრიტერიუმად აღებულია დეტალების შეცვლის ოპტიმალური სისტემა, რომელიც მოიცავს მიზანს, პირობებსა და ტექნიკურ



მოთხოვნებს. აღნიშნული მეთოდი არ ითვალისწინებს დამამზადებელი ქარხნების მოთხოვნებს სრულყოფილად.

მიმდინარე რემონტების დაგეგმვის დამუშავებული მეთოდები გულისხმობენ მატერიალური და შრომითი ხარჯების განსაზღვრას. საიმედოობის შენარჩუნების საექსპლუატაციო ხარჯები შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$C_{სშ} = C_{სათ.დ} + C_{შრ} + C_{მას} \quad (8)$$

სადაც  $C_{სათ.დ}$  არის სათადარიგო დეტალების ხარჯები;

$C_{შრ}$  - დეტალების შეცვლის შრომითი ხარჯები;

$C_{მას}$  - გამოყენებული მასალების ხარჯები.

თითოეული სახეობის მიმდინარე რემონტის შიგნით დეტალების შეცვლის სისტემის ოპტიმიზაციისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს აღდგენის პროცესის წამყვანი ფუნქციის განსაზღვრა. იგი განსაზღვრულია მორიგი შეცვლების კომპოზიციითა ფუნქციების შეჯამებით.

$$\Omega(L) = \sum_{n=0}^{\infty} F_{K_n}(L) \quad (9)$$

აღნიშნული მოდელის შემდგომ დაზუსტებას და განვითარებას წარმოადგენს საექსპლუატაციო ხარჯების ნუსხაში მოცდენის კომპენსაციის -  $C_{მოს}(L)$  ხარჯების გათვალისწინება [23]. ამასთან ერთად საგულისხმოა მისი კავშირი (ცვლილების პოზიციიდან გამომდინარე) სათადარიგო დეტალების, ან, რაც იგივეა, შრომით ხარჯებთან, რომელიც კვლევის სპეციალური სფეროა. ამ მხრივ არის გარკვეული წინაპირობები იმისათვის, რომ დადგინდეს კორელაციური კავშირი და გამოვლინდეს ამ კავშირის კანონზომიერება და კონკრეტული რიცხობრივი მნიშვნელობა.

როგორც ცნობილია, რთული ტექნიკური სისტემები დაიყოფა ქვესისტემებად, რომელთა შიგნითაც უნდა მოხდეს საკითხის ოპტიმიზაცია და გადაწყვეტა. საჭირო ხდება მიმდინარე რემონტების ნაირსახეობათა გამოვლენა თითოეული აგრეგატის, სისტემის და კვანძებისათვის. ამ მხრივ საყურადღებოა ფ.ი. კერიმოვის ნაშრომი [29]. მასში მიმდინარე რემონტების

ნაირსახეობათა ფორმირება რამდენიმე კრიტერიუმით ხდება და შემდეგ მოინახება ოპტიმალური ვარიანტი. კომბინატორული ანალიზის საფუძველზე მიღებულმა შედეგებმა ავტორს უჩვენა, რომ მიმდინარე რემონტების ნაირსახეობათა ფორმირების ყველაზე ოპტიმალურ კრიტერიუმს წარმოადგენს აგრეგატის დაშლა-აწყობის ტექნოლოგიური ნიშანი. ეს გულისხმობს კრიტიკული დეტალების აგრეგატში განლაგების სიღრმესა და ადგილს, რაც, ბუნებრივია, მოქმედებს ყველა ნორმატიულ მაჩვენებელზე (შრომატევადობა, მოცდენა, საერთო ხარჯები და სხვ.).

ამ მეთოდის საფუძველზე ავტორის მიერ შემოთავაზებული იქნა მიმდინარე რემონტების რუკა, რომელიც საშუალებას იძლევა შეირჩეს საჭირო მოწყობილობები მათ შესასრულებლად და დადგინდეს დეტალების შეცვლის ოპტიმალური სტრატეგია.

სხვადასხვა ვარიანტების ანალიზის შედეგად ავტორმა დაასაბუთა, რომ დეტალების რესურსების დანაკარგების შემცირების მიზნით, მათი ჯგუფური შეცვლის დროს, საჭიროა არა მარტო საშუალო რესურსების ერთიმეორესთან მიახლოება, არამედ რესურსების განაწილების ვარიაციის კოეფიციენტების მიახლოებაც, რაც მნიშვნელოვან ეფექტს იძლევა ხარჯების შემცირების თვალსაზრისით. მაგრამ, როგორც ცნობილია, ავტომობილების კრიტიკული დეტალების რესურსების ერთიმეორესთან მიახლოება ჯერჯერობით გართულებულია. ამან მოითხოვა დეტალების შეცვლის სისტემის სრულყოფა.

როგორც ცნობილია, პრაქტიკაში მიღებულია მანქანათა ტექნიკური მომსახურების და რემონტის გეგმითი-მაფრთხილებელი სისტემა. სარემონტო სამუშაოები, რომლებიც მოიცავენ დაშლა-აწყობის, სარეგულირებელ და სხვა ოპერაციებს და დაკავშირებულია მწყობრიდან გამოსული დეტალების შეცვლასთან, სრულდება მოთხოვნილების მიხედვით. ტერმინი „მოთხოვნილების მიხედვით“ პირდაპირი მნიშვნელობით გულისმობს, რომ ნებისმიერი დეტალის შეცვლა უნდა მოხდეს მხოლოდ მისი მტყუნების შემთხვევაში, ე.ი. როდესაც დეტალს არ შეუძლია შეასრულოს მასზე

დაკისრებული ფუნქციები დადგენილი პარამეტრებით. რემონტის ასეთ სისტემას, ან როგორც მას უწოდებენ საიმედოობის თეორიაში, კონსტრუქციული ელემენტების შეცვლის სტრატეგიას, აქვს ის უპირატესობა, რომ ყველა დეტალი მთლიანად გამოიმუშავეს თავის რესურსს. მაგრამ აღნიშნულ მოდელს აქვს მთელი რიგი სერიოზული ნაკლოვანებები, რომლებიც ცალკეული სახის მანქანებისათვის (აგრეგატებისა და დეტალების ჯგუფისათვის) იწვევენ რემონტის სისტემაზე გადასვლის აუცილებლობას.

იმ მანქანებისათვის, რომელთა მუშაობაც მოითხოვს უმტყუნებლობის მაღალ დონეს (საქალაქთაშორისო და საქალაქო ავტობუსები, ტაქსები, რომლებიც მუდმივ მარშრუტებზე მუშაობენ, სასწრაფო დახმარების, სახანძრო მანქანები და სხვ.) განსაზღვრულია წინასწარ დადგენილ ვადებში იძულებითი რემონტის შესრულება. ამასთან, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება იმ აგრეგატებსა და დეტალებს, რომლებიც მოძრაობის უსაფრთხოებაზე მოქმედებენ. ასეთი აგრეგატებისა და სისტემებისათვის უმტყუნებო მუშაობის დასაშვები დონე უნდა იყოს არა ნაკლებ 0,95-0,98.

უმტყუნებო მუშაობის მაღალი დონის შენარჩუნების სხვა მეთოდს წარმოადგენს დეტალების იძულებითი შეცვლა მათი ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკის შემდეგ. ამ შემთხვევაში დიაგნოსტიკის საშუალებებმა უნდა უზრუნველყონ ავტომობილის ტექნიკურ მომსახურებებს შორის პერიოდში დეტალების მდგომარეობის პროგნოზირება. იმ შემთხვევაში, თუ დიაგნოსტიკით განსაზღვრული დეტალის სავარაუდო რესურსი საჭიროზე ნაკლებია, მაშინ მას შეცვლიან იძულებით. ეს მოითხოვს საკმაოდ რთულ სადიაგნოსტიკო მოწყობილობების შექმნასა და მათ რაციონალურ გამოყენებას.

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

ჯგუფური შეცვლა ნაკარნახევია აგრეთვე მთლიანად აგრეგატის ხანგამძლეობის შენარჩუნებითაც.

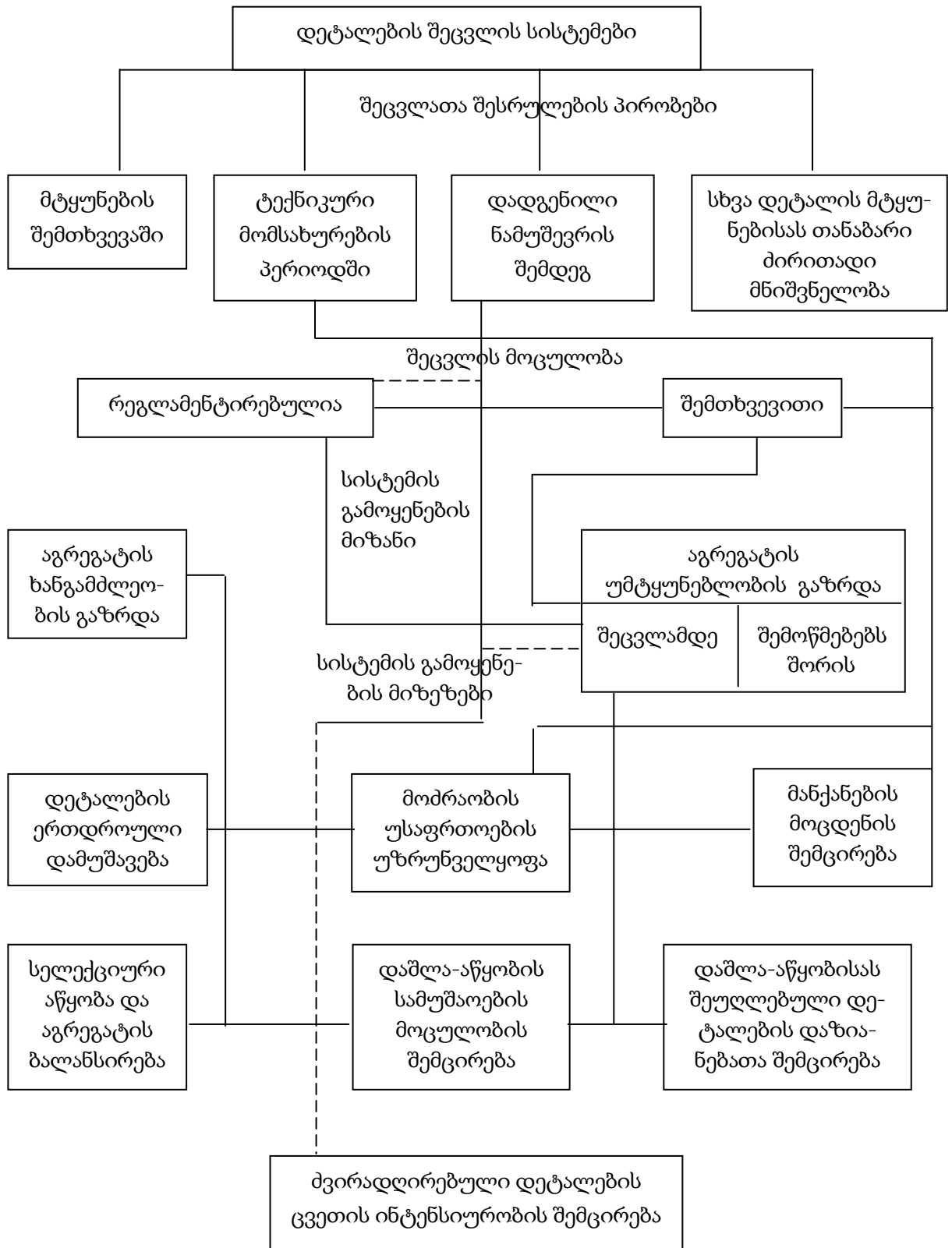
დეტალების ერთდროული შეცვლა ფართოდ გამოიყენება ტექნიკური ექსპლუატაციის პრაქტიკაში ტექნიკურ-ეკონომიკური მოსაზრებით და იგი მიზნად ისახავს აგრეგატის მუშაობის უნარის შენარჩუნებას მოცემული ნამუშევრის ინტერვალში მისი დაშლის გარეშე. დაშლათა რაოდენობის შემცირება კი მიზანშეწონილია იმითაც, რომ აგრეგატის ყოველი დაშლა დაკავშირებულია დროისა და შრომითი ხარჯების დანაკარგებთან. ამასთან თითოეული დაშლის შემდეგ მკვეთრად მცირდება აგრეგატის ხანგამძლეობა. ცნობილია გამოკვლევები [37], 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 (ნახ. 6). მრავალმხრივი ანალიზი მოწმობს, რომ დეტალების პროფილაქტიკური შეცვლის მეთოდის გამოყენება აიხსნება როგორც ტექნიკური აუცილებლობით, ისე ეკონომიკური მიზანშეწობილობით. ეს უკანასკნელი უზრუნველყოფილია რემონტების ჯამური შრომატევადობის შემცირებით და ტექნიკური მზადყოფნის კოეფიციენტის გაზრდით.

მიზანი და მიზეზები, რომლებიც განაპირობებენ დეტალების შეცვლის ამა თუ იმ სისტემის უპირატესობას, 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 სხვადასხვა სისტემები ყველა სახის საექსპლუატაციო ხარჯების გათვალისწინებით.



ნახ. 6. ავტომობილის დეტალების შეცვლის კლასიფიკაცია

დეტალის გამოყენების დონე ფასდება  $i$ -ური დეტალის რესურსის გამოყენების  $\beta_i$  და დეტალების ჯგუფის (ან აგრეგატის ყველა დეტალის) გამოყენების  $\beta_e$  კოეფიციენტების ანალიზით. დეტალის რესურსის გამოყენების კოეფიციენტი განისაზღვრება შეცვლის მომენტში მისი რესურსის შეფარდებით მისივე საშუალო რესურსთან

$$\beta_i = \frac{t_{შეც}}{t_{საშ}} \quad (10)$$

დეტალების გამოყენების კოეფიციენტი აფასებს აგრეგატის ან სისტემის დეტალების გამოყენების დონეს პროფილაქტიკური შეცვლის შემთხვევაში.

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 აღვნიშნეთ, ერთად იცვლება და საიმედოობის მხრივ მიმდევრობით არიან შეერთებულნი. დეტალების ჯგუფის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა ტოლია თითოეული დეტალის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობების ნამრავლის,

$$P_{\text{ჯგ}}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (11)$$

ხოლო დეტალების ჯგუფის საშუალო რესურსი განისაზღვრება ალბათობის თეორიაში ცნობილი ფორმულით [7]

$$t_{\text{ჯგ}} = \int_0^{\infty} P_{\text{ჯგ}}(t) dt = \int_0^{\infty} \prod_{i=1}^n P_i(t) dt \quad (12)$$

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

კონსტრუქციული ელემენტები, რომელთა მტყუნებები დაკავშირებულია მოძრაობის უსაფრთხოებასთან, იცვლება წინასწარ დადგენილი რესურსის შემდეგ. ე.ი. ისეთი რესურსის შემდეგ, რომლის გამომუშავებისას, ელემენტის მდგომარეობის მიუხედავად, უნდა შეწყდეს ობიექტის ექსპლუატაცია. დადგენილი რესურსის მნიშვნელობა განისაზღვრება უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის საჭირო დონის მიხედვით, რაც მისთვის აგებულ დიაგრამაზე გამოჩნდება. დეტალების შეცვლის ასეთი სისტემის შემთხვევაში რესურსის გამოყენების კოეფიციენტი ტოლია:

$$\beta_i = \frac{1}{t_i} \int_0^{t_e} P(t) dt \quad (13)$$

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 ავტომობილების საიმედოობის მართვის მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს ტექნიკური ზემოქმედების მოთხოვნილებათა პროგნოზირება. იგი უნდა პასუხობდეს ტექნიკური მომსახურების ბაზების, საწარმოების ტექნიკური სამსახურის მართვის ავტომატიზირებული სისტემის მოთხოვნებს. ამ საკითხებს ბოლო დროს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა.

ტექნიკური ზემოქმედების ხანგრძლივი პერიოდით პროგნოზირება მოიცავს მათ ნომენკლატურას, სათადარიგო ნაწილების და შრომით ხარჯებს. ამ საკითხებისადმი მიძღვნილი ავტორთა შრომები [18,19,23,24]. მათში მოცემული პროგნოზირების მეთოდები ძირითადად ემყარება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობას.

ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილების საიმედოობის უზრუნველყოფის კიდევ ერთ პირობას წარმოადგენს სათადარიგო ნაწილების და შრომითი ხარჯების მოთხოვნათა დაგეგმვა სათანადო ტექნიკური მომსახურებისა და მიმდინარე რემონტების შესრულების პირობებში.

შესრულებული გამოკვლევების მონაცემებით [23] ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენების საერთო მნიშვნელობიდან დაახლოებით 30-40% სათადარიგო ნაწილების უქონლობის გამო ხდება. ეს ძირითადად გამოწვეულია ე.წ. დეფიციტური დეტალების მარაგსა და მწყობრიდან იშვიათად გამოსული ელემენტების რაოდენობას შორის არსებული დისპროპორციით.

სათადარიგო ნაწილების ნორმირება, როგორც საიმედოობის მართვის მეთოდი და ავტომობილის რესურსის გამოყენების დონის რეგულირება, განხილულია ა.მ. შეინინის და სხვათა შრომებში [18,19].

ავტომობილის ნამუშევრის ინტერვალების მიხედვით სათადარიგო ნაწილების ხარჯის ნორმა განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$C_{\text{სათ.დ.}}(L) = \frac{B}{1 + A + B + C} \cdot L^n \quad (14)$$

სადაც B არის კუთხური კოეფიციენტი, ლარი/1000კმ<sup>n+1</sup>;

n - ხარისხის მაჩვენებელი;

A, B, C - ხარჯების შეფარდების კოეფიციენტები შესაბამისად: შრომითი ხარჯებისა C<sub>შრ</sub> სათადარიგო ნაწილების C<sub>სათ.დ.</sub> ხარჯთან, მასალების ხარჯისა C<sub>მას</sub> ისევ სათადარიგო ნაწილების ხარჯთან და მოცდენის კომპენსაციის C<sub>მოც</sub> ისევ სათადარიგო ნაწილების ხარჯთან.

ავტოსატრანსპორტო საწარმოების ტექნიკური სამსახურის ანალიზის მიხედვით ავტორმა დაადგინა, რომ A+B+C = 1,5÷2,5. ავტომობილის რესურსის პერიოდში სათადარიგო ნაწილების ჯამური ხარჯი განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$C_{\text{სათ.დ.}} = \frac{C_{\text{ავტ.}}}{n(1 + A + B + C)} \quad (15)$$

როდესაც C<sub>სათ.დ.</sub> მნიშვნელობა მიაღწევს ნორმატიულ სიდიდეს, ავტომობილი უნდა მოიხსნას ექსპლუატაციიდან კაპიტალურ რემონტში გასაგზავნად ან ჩამოსაწერად.

მაშასადამე, დამუშავებულმა მეთოდებმა შექმნეს რეალური პირობები იმისათვის, რომ ექსპლუატაციის პროცესში შესაძლებელი იყოს ავტომობი-



ლების კონსტრუქციების ცვეთის პროცესების მართვა კონკრეტული მექანიზ-მისა და სისტემისათვის.

პროგნოზირების დამუშავებული მეთოდები აპრობირებულ იქნა ავტომობილის სხვადასხვა აგრეგატებისა და სისტემების მაგალითზე, პროგნოზირებული და ფაქტიური მონაცემების შედარებისათვის დადგინდა მათ შორის კავშირის მეთოდი, რამაც საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა ნორმატიული მაჩვენებლების კორექტირება. როგორც შედეგებმა აჩვენა, კვარტალური პროგნოზირების შემთხვევაში პროგნოზირებული პარამეტრების სიზუსტე არ გამოდის 10% ზღვრებიდან, პროგნოზირების პერიოდის გაზრდით სიზუსტეც გაიზრდება.

მაშასადამე, როგორც ავტოსატრანსპორტო საწარმოების მონაცემებმა აჩვენა, ტექნიკური სამსახურის მართვის სისტემაში წარმატებით გამოიყენება მართვის ხანგრძლივი პერიოდით პროგნოზირება, როგორც დაგეგმვის ფორმა, ამასთან ერთად საჭირო ხდება საინფორმაციო-ნორმატიული მონაცემების აღება ექსპლუატაციის დროს, რაც ტექნიკური სამსახურის ქვესისტემების ოპერატიული მართვისათვის აუცილებელია.

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

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

- თანამედროვე მსუბუქი ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფისათვის პროფილაქტიკური ოპერაციების, საკლასიფიკაციო ჯგუფების ფორმირების მეთოდის დამუშავება;
- ოპერაციებისა და ოპერაციათა ჯგუფებისათვის შესრულების ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდების დამუშავება;
- ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმების საიმედოობის მაღალი მიტირებელი დეტალების შეცვლათა სისტემის სრულყოფის მეთოდის დამუშავება.

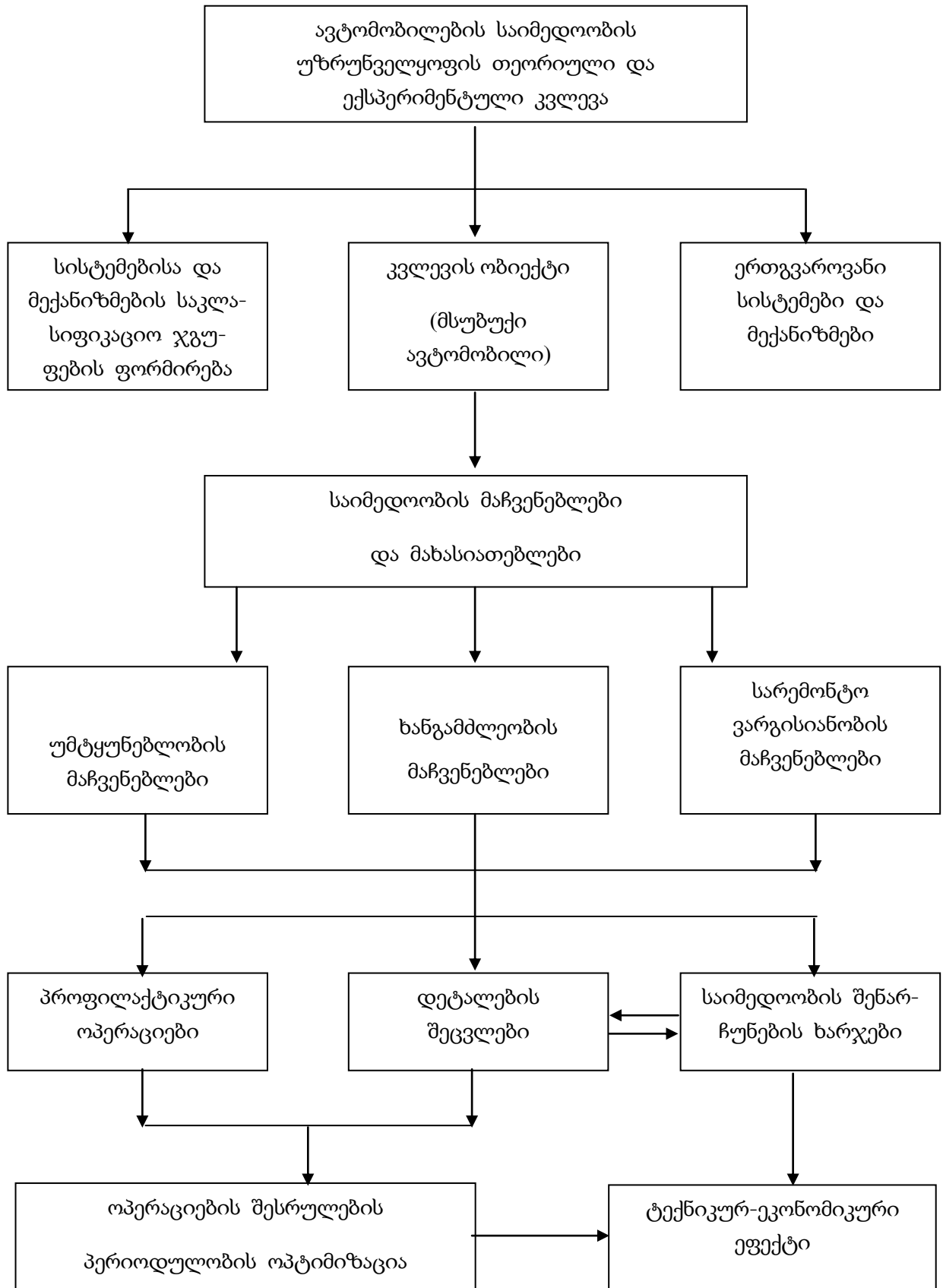
## 2. შედეგები და განსჯა

დასახული ამოცანების შესაბამისად დამუშავებული იქნა კვლევის მეთოდოლოგიური სქემა (ნახ. 7). ის გულისხმობს მეთოდების თეორიულ დამუშავებას და ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზს.

კვლევის ობიექტად აღებული იქნა სხვადასხვა მარკის მსუბუქი ავტომობილები, რომელთა ექსპლუატაცია დაკავშირებულია ქალაქისა და სხვა საექსპლუატაციო პირობებში მუშაობასთან.

თეორიული მეთოდების დამუშავება მოიცავს საკვლევი ავტომობილების სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით საკლასიფიკაციო ჯგუფების ფორმირებას განსაზღვრული კრიტერიუმის მიხედვით. იგი გულისხმობს ძირითადი, დამხმარე პარალელური და დამხმარე მიმდევრობითი სისტემების ჩამოყალიბებას და მათთვის ოპტიმალური პროფილაქტიკური რეჟიმების განსაზღვრას. ერთის მხრივ, პერიოდულობის დადგენას და მეორე მხრივ, დეტალების შეცვლის სისტემების ოპტიმიზირებას.

ექსპერიმენტული 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 პროფილაქტიკურ ოპერაციებზე და დეტალების შეცვლაზე. ამასთან ერთად, მოხდება სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით ტექნიკური ზემოქმედების კანონზომიერებების დადგენა და პარამეტრების განსაზღვრა. შემდეგ ეტაპს წარმოადგენს ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გამოვლენა, რაც მოიცავს ოპერაციების შესრულების შრომითი ხარჯებისა და სათადარიგო დეტალების შეცვლის ღირებულების დადგენას.



ნახ. 7. კვლევის მეთოდოლოგიური სქემა

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

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

### **2.1.1. ავტომობილების პროფილაქტიკური ოპერაციების**

#### **ფორმირების მეთოდის დამუშავება**

ტექნიკური მომსახურება წარმოადგენს ავტომობილის წესივრული ან მუშაობის უნარის შენარჩუნების ოპერაციათა კომპლექსს მათი დანიშნულებისამებრ გამოყენების, შენახვის და ტრანსპორტირების შემთხვევაში.

ოპერაციათა კომპლექსი უნდა იყოს მინიმალური და საკმარისი (ოპტიმალური) ტექნიკური მომსახურების ამოცანების ამოხსნისათვის. ეს ამოცანებია: ცვეთის ტემპის შემცირება; მტყუნებებს შორის პერიოდში უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის საჭირო დონის უზრუნველყოფა; საწვავის, საბურავების და სხვა საექსპლუატაციო მასალების ეფექტური გამოყენება ავტომობილის წესივრულობის პოზიციიდან გამომდინარე.

ცვეთის ტემპის შემცირება ზრდის კონსტრუქციული ელემენტების ნამუშევარს, ამალღებს უმტყუნებლობის მოცდენებს მომსახურებებს შორის პერიოდში. ყოველივე ეს ამცირებს მტყუნების აღმოფხვრის კუთრ ხარჯებს და, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ზრდის ავტომობილის რესურსს.

ამასთან ერთად, უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნიკური მომსახურების შესრულება მოითხოვს დამატებით მატერიალურ და შრომით ხარჯებს.

რაც დიდია სამუშაოთა კომპლექსი, მით მეტი იქნება ხარჯებიც და მან შეიძლება მიაღწიოს ისეთ დონეს, რომელიც გადააჭარბებს მტყუნებათა აღმოფხვრის დონეს. მიღებულია, რომ ტექნიკური მომსახურების ხარჯები მუდმივი სიდიდეა. მაშასადამე, საჭირო ხდება სამუშაოთა კომპლექსის ფორმირებისას, ზემოთ აღნიშნული დებულების შესაბამისად, ოპტიმიზაციის კრიტერიუმად მიღებული იქნას მინიმალური კუთრი ხარჯები, რომლებიც ტექნიკური მომსახურების ჩამოყალიბებული ოპერაციების ნომენკლატურის შესასრულებლად იქნება საჭირო. ამ პრინციპიდან გამომდინარე ოპტიმიზაციის მიზნობრივ ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე [18].

$$C_{\text{კოტ}} = \frac{C_{\text{აგზ}}}{L_{\text{რ}}} \left( 1 + \frac{1}{n} \right) + C_{\text{ტა}} \rightarrow \min \quad (16)$$

სადაც  $C_{\text{აგზ}}$  არის ავტომობილის შეძენის ღირებულება, ლარი;

$n$  – საიმედოობის დონე (შეძენისა და საიმედოობის უზრუნველყოფის ხარჯების ფარდობა);

$L_{\text{რ}}$  – ავტომობილის რესურსი, ათ. კმ;

$C_{\text{ტა}}$  – ტექნიკური მომსახურების ხარჯები, ლარი.

ჩამოთვლილი სიდიდეების გარდა მხედველობაშია მისაღები ინტერვალური ხარჯების ცვლილების კუთრი კოეფიციენტი –  $b$ .

ტექნიკური მომსახურების სამუშაოთა (ოპერაციების) ჩამონათვალის ანუ ნომენკლატურის და მოცულობის შეცვლისას, შეიცვლება  $C_{\text{ტა}}$  კუთრი ხარჯები, რაც გამოიწვევს კუთხური კოეფიციენტის  $b$ -ს ცვლილებას, მისი ცვლილება კი გამოიწვევს  $L_{\text{რ}}$  რესურსის ცვლილებას. სამუშაოთა კომპლექსის გაზრდით ხარჯები  $C_{\text{ტა}}$  გაიზრდება  $\Delta C_{\text{ტა}}$ -ით, ხოლო კუთხური კოეფიციენტი  $b_1$  შემცირდება და გახდება  $b_2$ . შესაბამისად, შეიცვლება რესურსი და გვექნება  $L_{\text{რ}_2}$ .

მის გამოსავლენად მარტივი მათემატიკური გარდაქმნებითა და სათანადო აღნიშვნების შემოღებით მიზნობრივი ფუნქციის გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

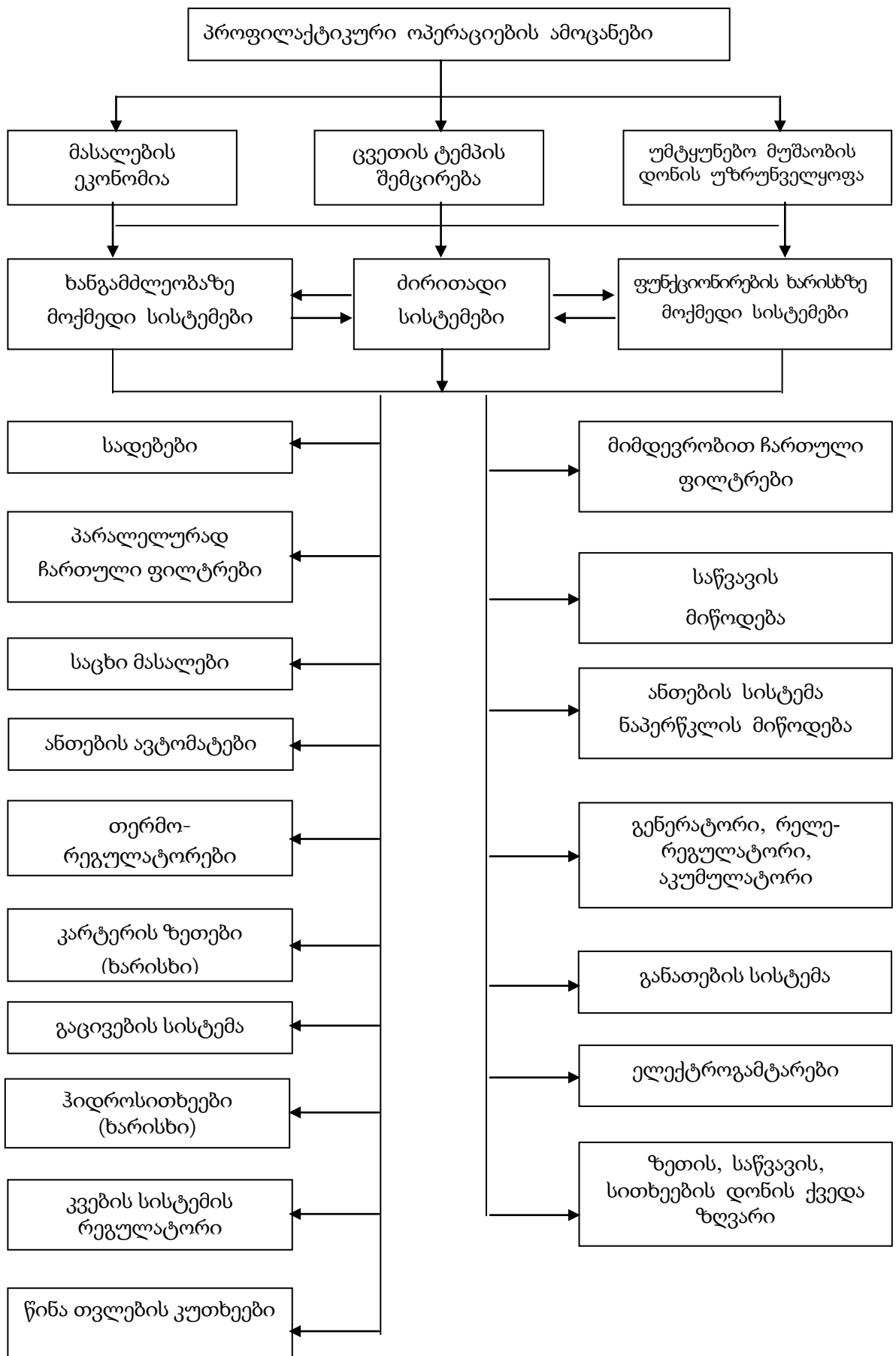
$$C_{\text{კომ}}^{\min} = \frac{C_{\text{ავზ}}}{L_{\text{ტ}} \cdot K} \left( 1 + \frac{1}{n} \right) + C_{\text{ტა}} + \Delta C_{\text{ტა}} \quad (17)$$

სადაც  $K = \sqrt[n+1]{b_1/b_2}$  და  $K \geq 1$ .

ამოცანის ოპტიმიზაციის მთავარი არსი სამუშაოთა ოპერაციების ფორმირებით გამოიხატება. ოპერაციები კი ჩამოყალიბებული უნდა იყოს კონკრეტული მიზნების მიხედვით. ამის შემდეგ უნდა მოხდეს თითოეული შესასრულებელი ოპერაციის გავლენის განსაზღვრა საიმედოობის მაჩვენებლებზე და დადგინდეს ამ ოპერაციის მოცულობა, ღირებულება და მისი შესრულების პერიოდულობა.

ტექნიკური მომსახურების ამოცანების გადასაწყვეტად მათემატიკური მოდელირება მოითხოვს მისი ოპერაციების ავტომობილის მექანიზმებისა და სისტემების (ასაწყობი ერთეულის ან დეტალის) ხანგამძლეობაზე ან უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის საჭირო დონის შენარჩუნებაზე გავლენის მათემატიკურ გამოსახვას. ამიტომ ამა თუ იმ ოპერაციის შესრულება დაკავშირებულია მტყუნებებთან და მათ შედეგებთან. ამიტომ საჭირო ხდება ოპერაციების დაჯგუფება და ფორმირება, ანუ კლასიფიცირება მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზის საფუძველზე. ნახ. 8 მოცემულია ასეთი კლასიფიკაციის სქემა.

აღნიშნული კლასიფიკაციით გვაქვს სამი ჯგუფი: პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება მტყუნებები, რომლებიც იწვევენ გაცვეთის ტემპის გაზრდას. ისინი ამცირებენ ობიექტის ან მისი ელემენტების საშუალო რესურსს და პირობითად ჰქვია ხანგამძლეობაზე მოქმედი სისტემები და შესაბამისი ოპერაციები. მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება მტყუნებები, რომლებიც იწვევენ ობიექტის ნებისმიერ მტყუნებას, გარდა მისი შემადგენელი ელემენტების ზღვრული მდგომარეობით გამოწვეული მტყუნებებისა. ისინი არ ამცირებენ ობიექტის რესურსს, რაც განსაზღვრულია შემდგომი ექსპლუატაციის შეუძლებლობის კრიტერიუმით. სამაგიეროდ, იწვევენ მუშაობის შეწყვეტას და ფუნქციონირების დაკარგვას და საერთოდ ამცირებენ ობიექტის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობას. პირობითად დავარქვათ მათ ფუნქციონირებაზე მოქმედი სისტემები.



ნახ. 8. ოპერაციების ფორმირების საკლასიფიკაციო ჯგუფები

მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება ობიექტის და მისი ელემენტების ზღვრული მდგომარეობის მტყუნებები. დავარქვათ მათ ძირითადი სისტემები.

მიუხედავად ყოველმხრივი ანალიზისა, ასეთი კლასიფიკაცია პირობითია, ვინაიდან ერთი და იგივე სისტემა შეიძლება განხილული იქნას როგორც პირველი, ასევე მეორე ჯგუფის, რაც დამოკიდებულია მოცემული სისტემის მტყუნებათა ხასიათსა და შედეგებზე. ამიტომ მოცემული კლასიფიკაციის გამოყენებისას პირველ რიგში უნდა განისაზღვროს, რა შედეგს იძლევა მტყუნება და აქედან გამომდინარე კვანძი, სისტემა და აგრეგატი მივაკუთვნოთ ამა თუ იმ საკლასიფიკაციო ჯგუფს. ყველა შემთხვევაში საჭიროა მოხდეს მტყუნებათა ანალიზი შედეგების მიხედვით და თითოეული ჯგუფისათვის დამუშავდეს მათემატიკური აპარატი მათი სპეციფიკურობის გათვალისწინებით.

ტექნიკური მომსახურების ოპერაციები ყველა ჯგუფისათვის განხილული უნდა იქნას: ჯერ ერთი, როგორც მტყუნებათა და უწყესივრობათა აღმოფხვრა, მეორე, როგორც სისტემებისა და კვანძების ტექნიკური მდგომარეობის გამოვლენა.

ამ დებულების პირველი პრინციპი იმით დასტურდება, რომ ტექნიკური მომსახურების ოპერაციათა მთელი მოცულობა უნდა შესრულდეს იმისდა მიუხედავად, მტყუნება მოხდება თუ არა, რადგან მოცემული ოპერაცია გათვალისწინებულია ტექნიკური მომსახურების სამუშაოთა მთლიან მოცულობაში.

მეორე პრინციპი მიუთითებს ტექნიკური დიაგნოსტიკის გამოყენებაზე ავტომობილის კვანძებისა და მექანიზმების ტექნიკური მდგომარეობის გამოვლენის მიზნით. ამ შემთხვევაში დიაგნოსტიკის ოპერაციები სრულდება იძულებით დადგენილი პერიოდულობით, ხოლო მტყუნებათა და უწყესივრობების აღმოფხვრის ოპერაციები მოთხოვნილების მიხედვით მათ წარმოქმნამდე გარკვეული წინსწრების პერიოდულობით.



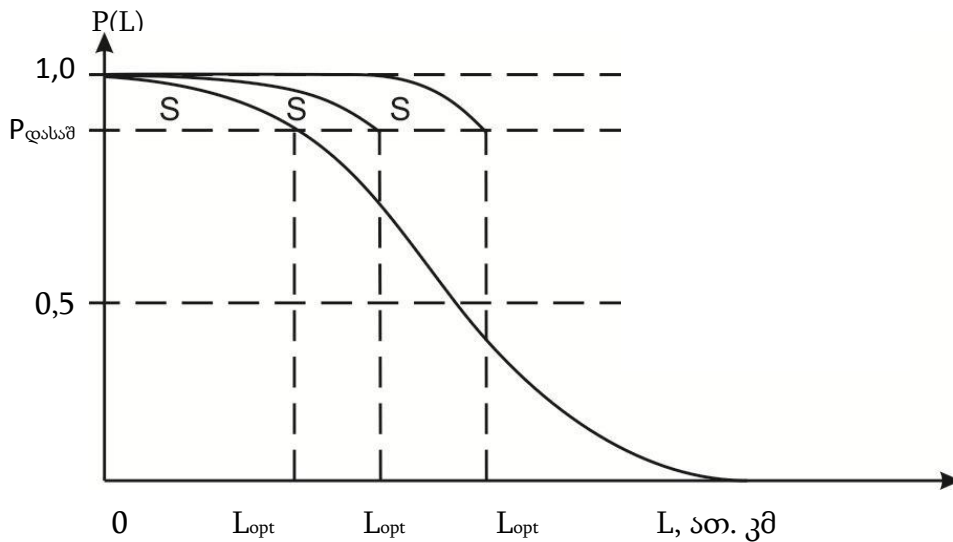
ტექნიკური მომსახურების ოპერაციათა ფორმირების და საკლასიფიკაციო ჯგუფების მოცემული მეთოდი წარმოადგენს იმის საფუძველს, რომ ტექნიკური მომსახურების ოპერაციების შესრულების პერიოდულობა განსაზღვრა და საიმედოობის გაზრდა ავტომობილების ექსპლუატაციის პროცესში განხორციელდეს თანამედროვე მათემატიკური აპარატის გამოყენებით.

### **2.1.2. პროფილაქტიკური ოპერაციების შესრულების პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება**

როგორც საკითხის თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზის დროს იყო აღნიშნული, საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკური მდგომარეობის სათანადო დონეზე შენარჩუნებისათვის აუცილებელი და საჭიროა მთელი რიგი პროფილაქტიკური ოპერაციების „იძულებითი“ წესით შესრულება. ასეთი წესის შემოღება განპირობებულია, ერთის მხრივ, ერთი მეორეზე ფუნქციონალურად დამოკიდებულ და განსხვავებულ რეჟიმებზე მომუშავე ავტომობილების მექანიზმებისა და სისტემების მრავალსახეობით და, მეორეს მხრივ, მათდამი წაყენებული მოთხოვნების კრიტერიუმების სიმრავლით. საკითხისადმი ასეთმა მიდგომამ მოითხოვა პროფილაქტიკური ოპერაციების საკლასიფიკაციო ჯგუფებად დაყოფა და მათთვის რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდების დამუშავება. ძირითად პრინციპს ასეთი მიდგომისას წარმოადგენს კონკრეტული მექანიზმისა და სისტემის ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფისათვის აუცილებელი ოპერაციის შესრულება. იგი უნდა შესრულდეს ოპტიმალური რეჟიმით, რაც გულისხმობს შესრულების პერიოდულობის, მოცულობის (შრომატევადობის) და ხარჯების ერთობლიობას. რეჟიმის ოპტიმიზირება უნდა მოხდეს დასაბუთებული და სწორად შერჩეული კრიტერიუმებით (ტექნიკური, ეკონომიკური და სხვა), რაც დამოკიდებულია მექანიზმებისა და სისტემების კონსტრუქციულ და ფუნქციონალურ თავისებურებებზე. მოძრაობის უსაფრთხოებაზე მოქმედი სისტემებისა და

მექანიზმებისათვის ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებს უნდა წარმოადგენდეს უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის დასაშვები დონე (არანაკლებ 0,95-0,98), ხოლო დანარჩენი სისტემებისათვის ტექნიკურ-ეკონომიკური და კომბინაციური კრიტერიუმები.

პირველი შემთხვევისათვის უმტყუნებლობის კრიტერიუმი აისახება ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრის ზღვრული მნიშვნელობით (ქვედა და ზედა ზღვარი), რომლებსაც შეესაბამება უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მნიშვნელობები  $P(L)_{\text{ქვ}}$  და  $P(L)_{\text{ზედ}}$ . ასეთ დროს საფუძვლად აღებულია პირობა იმის შესახებ, რომ ტექნიკური მომსახურების (ოპერაციის შესრულება) შემდეგ სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა აიწევს საწყის მნიშვნელობაზე, ე.ი. მაქსიმალურამდე და შემდეგ ისევ დაიწყებს ვარდნას (ნახ. 9).



**ნახ. 9. სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მიხედვით პერიოდულობის განსაზღვრა**

იმისდა მიხედვით, თუ როგორია სასურველი უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის დასაშვები ზღვრული დონე, მოხდება პერიოდულობის ცვლილება აღნიშნულ ზღვრებში, როგორც უმტყუნებლობის ფუნქცია

$$L_{\text{მოშ}} = \varphi[P(L)] \tag{18}$$

ვინაიდან  $P(L)$  კლებადია, მხედველობაშია მისაღები ის გარემოება, რომ განაწილების კანონზომიერება ყოველთვის ერთი და იგივე არ იქნება და შესაბამისად კლების ტენდენცია (მტყუნების ინტენსიურობა) გავლენას მოახდენს იმ ფართზე  $S$ , რომელიც დიაგრამის ქვეშ რჩება. ეს ფართი კი საკვლევი სისტემის საშუალო რესურსის ტოლია. ეს ნიშნავს, რომ შესრულებული იქნება რესურსის ის ნაწილი, რაც ტექნიკური მომსახურებით არის უზრუნველყოფილი.

იმისათვის, რომ ტექნიკურ მომსახურებებს შორის მტყუნებას არ ჰქონდეს ადგილი, ანუ მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი  $L_{ა.ბ.}$  მომსახურების პერიოდულობის ტოლი იყოს, ან მასთან მიახლოებული მინიმალური სხვაობით, მოდელირებისას სარგებლობენ რესურსის სასურველი მნიშვნელობით, ე.ი. როდესაც წამყვანი ფუნქცია ერთის ტოლია (საშუალო რესურსი და მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი ერთიმეორის ტოლია).

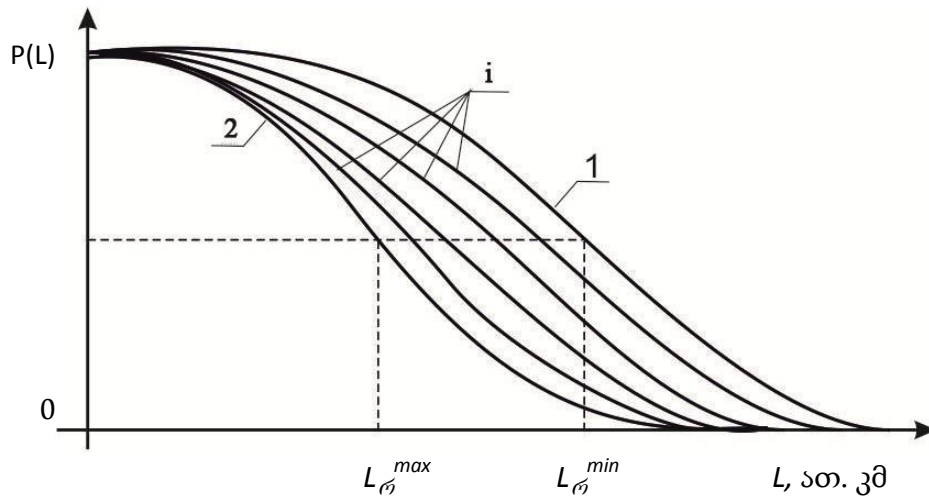
მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობათა დიაპაზონში რესურსის თითოეულ მნიშვნელობას შეესაბამება მომსახურების პერიოდულობის გარკვეული მნიშვნელობა -  $L_{აბსი}$ , რითაც გამოვლინდება მისი ოპტიმალური სიდიდე.

მეორე შემთხვევაში, როდესაც გვაქვს ძირითადი სისტემა და დამხმარე პარალელური ან მიმდევრობითი სისტემები, მათი ტექნიკური მომსახურების ოპერაციების შესრულების პერიოდულობის ოპტიმიზირების მიზნობრივი მოდელირებისას მიღებულია ტექნიკურ-ეკონომიკური კრიტერიუმი. ამ დროს მხედველობაშია მიღებული, ერთის მხრივ, თვით ტექნიკური მომსახურების და მტყუნების აღმოფხვრის ღირებულებები, და მეორეს მხრივ, ძირითადი სისტემის რესურსის რეალიზაციის დონე. ამ პირობიდან გამომდინარე მიზნობრივ ფუნქციას შემდეგი სახე აქვს [23]

$$C_{ს.გ.}(L_{აბს}) = \frac{C_{აბ}^{ა.ბ.}}{L_{ა}} + \frac{C_{აბს}}{L_{აბ}} \rightarrow \min \quad (19)$$

მათემატიკური მოდელირების ძირითადი არსი მდგომარეობს დამხმარე სისტემის მომსახურების პერიოდულობის ცვლილების გამოვლენაში.

ანუ როგორ იცვლება ძირითადი სისტემის რესურსი დამხმარე სისტემის მომსახურების პერიოდულობის ცვლილების მიხედვით (ნახ. 10).



ნახ. 10. ძირითადი სისტემის რესურსის განაწილება

- 1 – მინიმალური პერიოდულობისას –  $L_{\rho}^{max}$
- 2 – მაქსიმალური პერიოდულობისას –  $L_{\rho}^{min}$

მოდელირების პირობა შემდეგია: მინიმალური პერიოდულობის შემთხვევაში ძირითადი სისტემის რესურსი იქნება მაქსიმალური, ხოლო მომსახურების მაქსიმალური პერიოდულობის შემთხვევაში ძირითადი სისტემის საშუალო რესურსი მინიმალური იქნება. ამასთან ერთად, მოდელის რეალიზაციისათვის აუცილებელია საკვლევი სისტემისათვის (დამხმარე სისტემა) გამოვლენილი იქნას პირველ და მეორე მტყუნებამდე განაწილების მრუდები.

ზოგადად პერიოდულობის განსაზღვრის გამოსახულება შემდეგნაირად გამოიხატება:

$$L_{\rho} = \frac{C_{\text{მომს}} \cdot L}{C_{\text{ს.შ.}}(L_{\rho}) \cdot L_{\rho} - C_{\text{მტყ}}}$$
 (20)

სადაც  $C_{\text{მომს}}$  არის მომსახურების (ოპერაციის შესრულების) ღირებულება, ლარი;

$C_{\text{მტყ}}$  - ძირითადი სისტემის მტყუნების აღმოფხვრის ღირებულება, ლარი;

$L_{\rho}$  - ძირითადი სისტემის რესურსი, ათ. კმ.

საკვლევი სისტემის (მექანიზმის) რესურსის მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის გამოიყენება ალბათობის თვისების მოდიფიცირებული გამოსახულება.

$$P_{\text{საშ}}(L) = \frac{\int_0^L P_i(L)dL}{L_{\text{მომს}_i}} \cdot \int_0^L P_1(L)dL + \frac{\int_0^L \bar{P}_i(L)dL}{L_{\text{მომს}_i}} \cdot \int_0^L P_2(L)dL \quad (21)$$

სადაც  $P_{\text{საშ}}(L)$  და  $P_i(L)$  არის შესაბამისად სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის საშუალო და მიმდინარე მნიშვნელობები;

$\bar{P}_i(L)$  - მტყუნების ალბათობის მიმდინარე მნიშვნელობა და ტოლია  $\bar{P}_i(L) = 1 - P_i(L)$ .

რადგანაც საკვლევი სისტემის ნამუშევრის საშუალო მნიშვნელობა არის ინტეგრალური ალბათობის ტოლი, ამიტომ გვექნება:

$$L_{\text{წ}} = \int_0^{\infty} P(L)dL \quad (22)$$

ხოლო მათი შესაბამისი უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა იქნება:

$$P_i(L) = P_{\text{სის}}^{\text{საშ}}(L_{\text{მომს}_i}) \cdot P_1(L) + \bar{P}_{\text{სის}}^{\text{საშ}}(L_{\text{მომს}_i}) \cdot P_2(L) \quad (23)$$

რესურსის შესაბამისი მნიშვნელობები იქნება:

$$L_{\text{წ}_i} = P_{\text{სის}}^{\text{საშ}}(L_{\text{მომს}_i}) \cdot L_{\text{წ}}^{\text{max}} + \bar{P}_{\text{სის}}^{\text{საშ}}(L_{\text{მომს}_i}) \cdot L_{\text{წ}}^{\text{min}} \quad (24)$$

თუ მივიღებთ პირობას, რომ  $P_{\text{სის}}^{\text{საშ}}(L_{\text{მომს}_i}) > P_{\text{სის}}^{\text{min}}(L_{\text{მომს}_i}) < 1$ , მაშინ გვექნება

$$L_{\text{წ}_i} = P_{\text{სის}}^{\text{საშ}}(L_{\text{მომს}_i}) \cdot P_{\text{წ}}^{\text{min}} + [1 - P_{\text{სის}}^{\text{საშ}}(L_{\text{მომს}_i})] \cdot L_{\text{წ}}^{\text{min}} \quad (25)$$

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ავტომობილი მოიცავს სისტემებსა და მექანიზმებს, რომელთა პროფილაქტიკური მომსახურებისას საჭირო ხდება მტყუნებებისა და უწყესივრობების აღმოფხვრა. ეს კი დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან. ვინაიდან მომსახურებებს შორის წარმოქმნილი მტყუნებების ალბათობა პერიოდულობაზეა დამოკიდებული, ეს გარემოება გვაიძულებს შემცირდეს მომსახურების პერიოდულობა. მაგრამ ასეთი სამუშაოების შესრულება დაკავშირებულია რესურსის არასრულ

გამოყენებასთან, რაც ხარჯებს კიდევ უფრო ზრდის. ეს კი გვაიძულებს გაიზარდოს პერიოდულობა. ორივე სახის კუთრი ხარჯები (ტექნიკური მომსახურების და მტყუნების აღმოფხვრის) უნდა განისაზღვროს ნამუშევრისათვის  $L_r = L_{მომს}$ .

ამასთან, მეორე სახის ხარჯებმა უნდა ასახოს სამუშაოების ნაწილობრივი ან სრული გამეორება. იგი გათვალისწინებული იქნება გამეორების  $K_3$  კოეფიციენტით. ამ პირობის გათვალისწინებით საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$C_{ს.შ.}(L_{მომს}) = \frac{1}{L_{მომს}} \left\{ (C_{მტყ} \cdot \bar{P}(L_{მომს}) + C_{მტყ}^{ტმ} [P(L_{მომს} + K_3 \cdot \bar{P}(L_{მომს}))]) \right\} \rightarrow \min \quad (26)$$

თუ შემოვიღებთ აღნიშნას  $K = \frac{C_{მტყ}^{ტმ}}{C_{მტყ}}$ , მივიღებთ:

$$C_{ს.შ.}(L_{მომს}) = \frac{C_{მტყ}^{ტმ}}{L_{მომს}} [(K_3 + K - 1) \cdot \bar{P}(L_{მომს}) + 1] \rightarrow \min \quad (27)$$

საიდანაც განისაზღვრება პროფილაქტიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობა:

$$(L_{მომს}) = \frac{C_{მტყ}^{ტმ} \cdot [(K_3 + K - 1) \cdot \bar{P}(L_{მომს}) + 1]}{C_{ს.შ.}(L_{მომს})} \quad (28)$$

პერიოდულობის განსაზღვრის დამუშავებული მეთოდი საშუალებას იძლევა დამხმარე და ძირითადი სისტემებისათვის გამოვლინდეს ოპტიმალური მნიშვნელობა, როდესაც გათვალისწინებული იქნება როგორც უმტყუნებლობის, ისე კუთრი ხარჯების მინიმუმის კრიტერიუმები და მათი შესაბამისი რესურსები, რაც საიმედოობის მართვის მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს.

### 2.1.3. საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების შეცვლის

#### პრინციპების ფორმირება

საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე უზრუნველყოფის მიზნით გათვალისწინებულია (გარდა პროფილაქტიკური ოპერაციებისა) ტექნიკური ზემოქმე-

დების 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 ასეთი შემთხვევაში დეტალი მთლიანად გამოიმუშავეს თავის რესურსს. მაგრამ ამ სისტემას გააჩნია მთელი რიგი სერიოზული ნაკლოვანება, რომლებიც ცალკეული სახის ავტომობილებისათვის ან მათი აგრეგატებისა და სისტემებისათვის მოითხოვს შეცვლის სხვადასხვა სისტემაზე გადასვლის აუცილებლობას.

იმ ავტომობილებისათვის, 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 მოძრაობის 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 და სხვა). დეტალების ჯგუფის ერთდროული შეცვლა ნაკარნახევია აგრეთვე მთლიანად აგრეგატის ხანგამძლეობის შენარჩუნებისათვის.

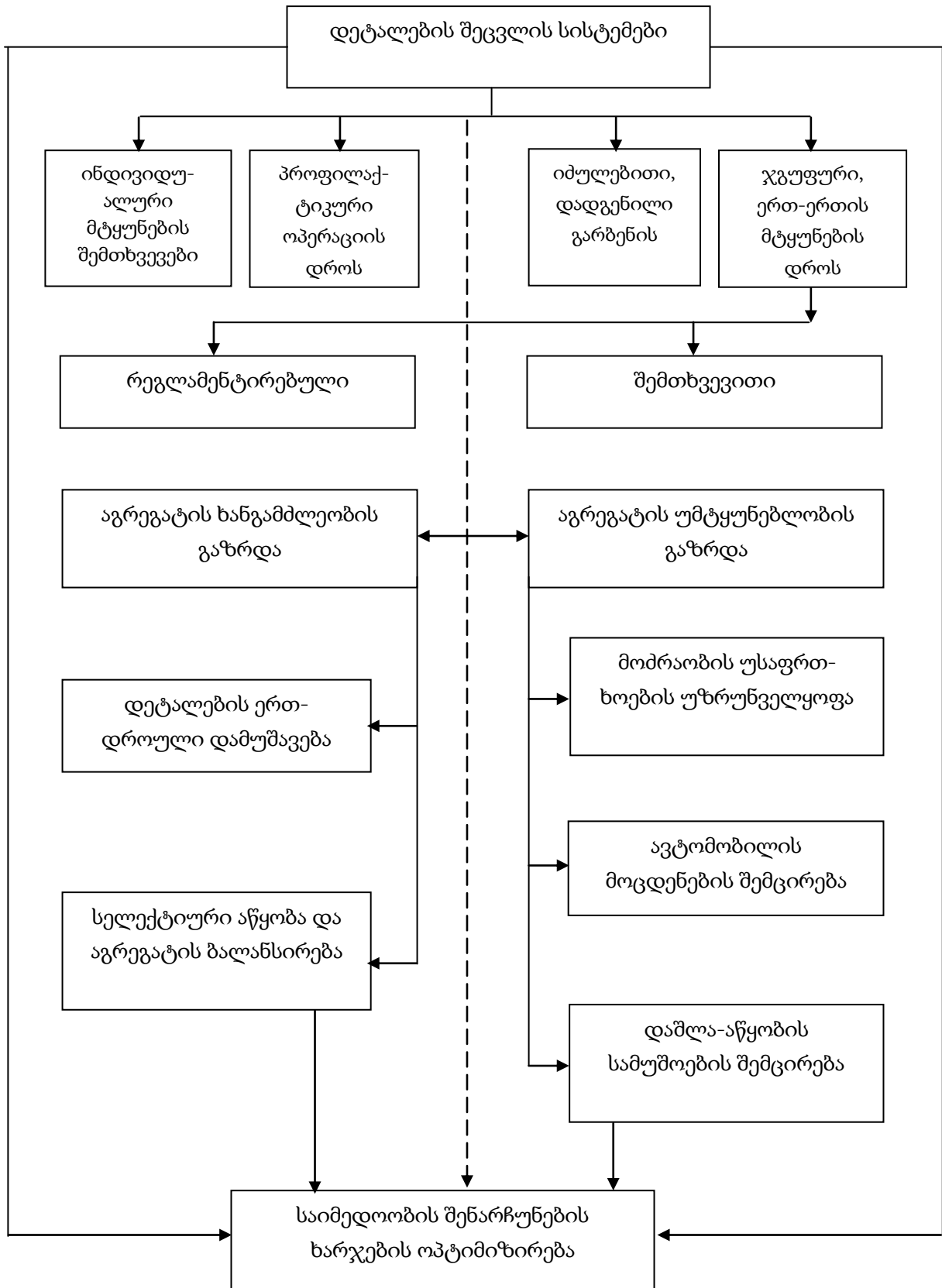
დეტალების ერთდროული შეცვლა ფართოდ გამოიყენება ტექნიკურ-ეკონომიკური მოსაზრებით და იგი მიზნად ისახავს აგრეგატის მუშაობის უნარის შენარჩუნებას გარბენის გარკვეულ ინტერვალში მისი დამატებითი დაშლის გარეშე. დაშლათა რაოდენობის შემცირება კი მიზანშეწონილია იმიტაც, რომ აგრეგატის თითოეული დაშლა დაკავშირებულია შრომითი ხარჯების ზრდასთან. ამასთან, თითოეული დაშლის შემდეგ მკვეთრად მცირდება აგრეგატის ხანგამძლეობა (ძველი და ახალი დეტალების ერთი მეორესთან „შეგუება“, მიმუშავება, დატვირთვის რეჟიმები და სხვა).

აღნიშნული პოზიციებიდან გამომდინარე ავტომობილების ტექნიკური ექსპლუატაციის ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით დამუშავებული იქნა დეტალების შეცვლის სისტემების კლასიფიკაცია შესრულების პირობების, მიზნისა და მიზეზების მიხედვით (ნახ. 11).

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 სისტემის ანალიზით გამოვლინდეს ოპტიმალური ვარიანტი.



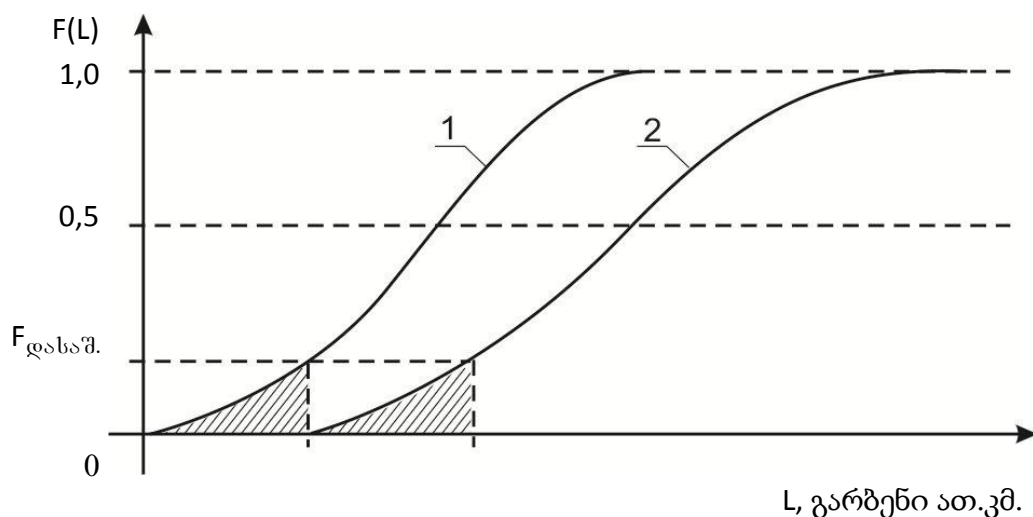


ნახ. 11. ავტომობილების დეტალების შეცვლის სისტემების კლასიფიკაცია

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

$$K_{რგ.} = \frac{L_{დას}}{L_{საშ}} = 1 - \frac{L_{დ}}{L_{საშ}} \quad (29)$$

სადაც  $L_{დ}$  არის რესურსის საშუალო დანაკარგი, და მისი სიდიდე დამოკიდებულია შეცვლის მომენტში რესურსის მნიშვნელობაზე. ეს კი, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, უმტყუნებო მუშაობის სასურველი დონის მიხედვით აიღება (ნახ. 12).



ნახ. 12. დეტალების მტყუნების ალბათობის მრუდები

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

$$K_{რგ.}^{საშ} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{რგ.i}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{L_{დას.i}}{L_{საშ.i}} \quad (30)$$

იმის გამო, რომ დეტალებს აქვთ სხვადასხვა ღირებულება  $C_i$  და, მაშასადამე, მათი რესურსების გამოყენება ეკონომიკური თვალსაზრისით განსხვავებულია, შემოდებული იქნა დეტალების გამოყენების კოეფიციენტი.

$$K_{\text{დეტ}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot K_{\text{რგ}_i}}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (31)$$

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

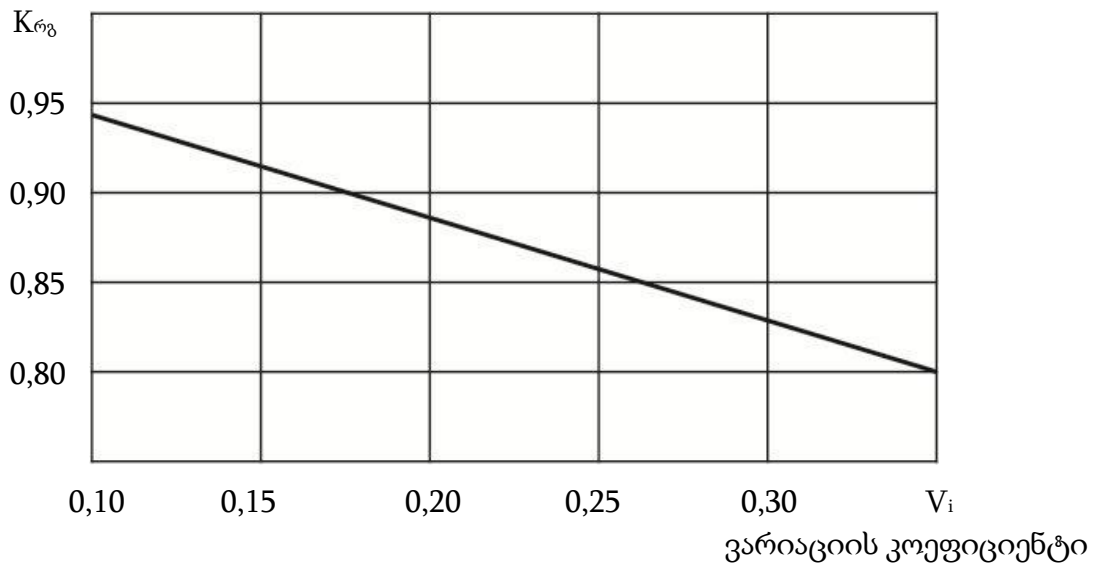
დეტალების ჯგუფური შეცვლა ერთ-ერთი მათგანის მტყუნების შემთხვევაში გამოიწვევს რესურსის გამოყენების შემცირებას იმის გამო, რომ მხოლოდ ერთი დეტალი არის ზღვრულ მდგომარეობამდე მისული, ხოლო დანარჩენებს აქვთ რესურსის განსაზღვრული მარაგი.

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

ამ ამოცანის ამოხსნისათვის დამუშავებული მოდელი გულისხმობს  $K_{\text{რგ}}$ -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. 13).

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 შემთვევითი სიდიდის სხვაობას და ხასიათდება: მათემატიკური მოლოდინით -  $(L_1 - L_2)_{\text{საშ}} = L_1^{\text{საშ}} - L_2^{\text{საშ}}$  და დისპერსიით  $\sigma_{\text{გ}}^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2r_{1,2}\sigma_1\sigma_2$ .



ნახ. 13. დეტალების რესურსის გამოყენების კოეფიციენტის ცვლილება

**რესურსების განაწილების ვარიაციის კოეფიციენტის მიხედვით**

სადაც  $r_{1,2}$  არის რესურსების ურთიერთკავშირის კორელაციის კოეფიციენტი (ვინაიდან ფუნქციონალურად ერთი მეორეზე დამოკიდებული დეტალებია). როგორც ვედავთ, რესურსების გამოყენების გაუმჯობესება შესაძლებელია, როდესაც  $L_1^{საშ} - L_2^{საშ} = 0$ , მაგრამ რესურსების სხვაობის გაზრდას ცალკეული ეგზემპლარებისათვის მაინც ექნება ადგილი და მაშასადამე იქნება რესურსების დანაკარგი. როდესაც მტყუნება ერთი მეორეზე დამოკიდებული  $r_{1,2} = 1$  და  $\sigma_1 = \sigma_2$ , მაშინ  $\sigma_{\sigma} = 0$  და დანაკარგი არ იქნება, არ იქნება იძულებითი შეცვლა. რესურსების დამოუკიდებელი განაწილებისას  $r_{1,2} = 0$  და, მაშასადამე, სხვაობის დისპერსია იქნება  $\sigma_{\sigma} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ . ე.ი. საიმედოობის მხრივ ერთიმეორეზე დამოკიდებულება ამცირებს რესურსების სხვაობის განაწილების გაზრდას.

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  $L_2 - L_2 = 0$ . მაგრამ დეტალების იძულებითი შეცვლის სისტემა გამოიწვევს რესურსების დანაკარგებს.

$$L_{L_1}^{საშ} = \int_0^{\infty} [1 - F(L_1 - L_2)] d(L_1 - L_2) \quad (32)$$

$$L_{\text{დ2}}^{\text{საშ}} = \int_{-\infty}^0 F(L_1 - L_2) d(L_1 - L_2) \quad (33)$$

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

საკითხისადმი ასეთი მიდგომა და მოდელის პრაქტიკული რეალიზაცია სწორად 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  $L_{\text{რგ}}^{\text{საშ}} = (K_2 + 1)/2$ .

- იმისათვის, რომ შემცირდეს რესურსის 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 რესურსების თანაფარდობის ოპტიმიზირება მოხდება შეცვლების ღირებულების  $C_{\text{შეცვ}}$  მინიმიზაციის პირობებში. ორი დეტალის შემთხვევაში, რომელთა ღირებულებები განსხვავებულია და დაცულია თანაფარდობა  $z = c_1/c_2 > 1$ , დეტალების გამოყენების კოეფიციენტი იქნება:

$$K_{\text{დ}} = \frac{c_1 K_{\text{რგ1}} + c_2 K_{\text{რგ2}}}{c_1 + c_2} = \frac{z \cdot K_{\text{რგ1}} + K_{\text{რგ2}}}{z + 1} \quad (34)$$

ამ გამოსახულებიდან ჩანს, რომ ცალკე  $K_{\text{რგ1}}$  და  $K_{\text{რგ2}}$  მნიშვნელობების გავლენა საერთო გამოყენების დონეზე არაერთგვაროვანია, ძვირადღირებული დეტალებისათვის  $K_{\text{რგ1}}$ -მ შეიძლება გამოიწვიოს  $K_{\text{დ}}$ -ის გაუმჯობესება შედარებით იაფი დეტალის გამოყენების გაუარესების პირობებში.

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

$$K_{rg} = \frac{z + K_{rg2}}{z + 1} = \frac{1}{z + 1} \left( z + \frac{L_1^{საშ}}{L_2^{საშ}} \right) \quad (35)$$

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 მინიმიზაციის და უმტყუნებლობის სასურველი დონის შენარჩუნებას.

## 2.2. ავტომობილების საიმედოობის ექსპერიმენტული კვლევა

### 2.2.1. ექსპერიმენტული კვლევის პირობები და ორგანიზაცია

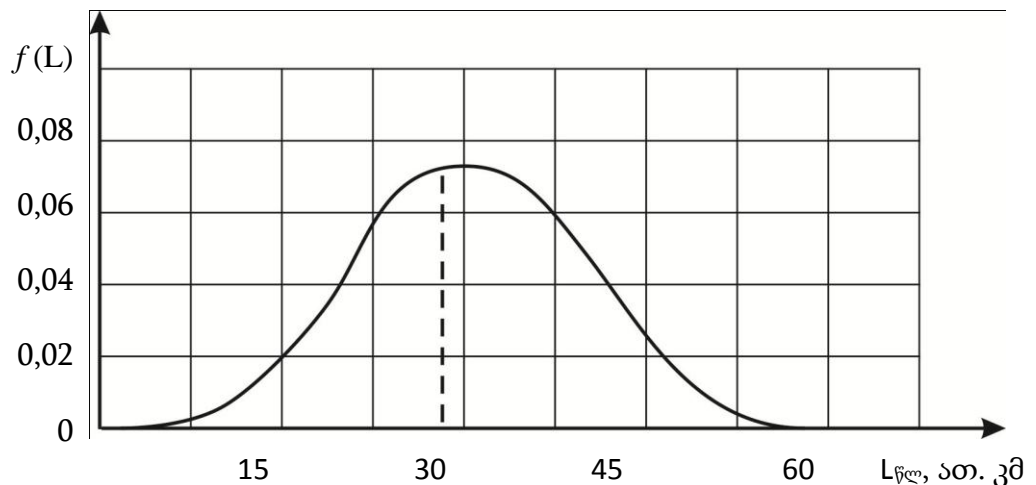
ავტომობილების აგრეგატებისა და სისტემების საიმედოობის უზრუნველყოფის ზემოთ დამუშავებული მეთოდების რეალიზაციის მიზნით საჭირო გახდა ექსპერიმენტული კვლევის შესრულება. იგი გამომდინარეობს კვლევის საერთო მეთოდიდან (ნახ. 7), რომელსაც საფუძვლად უდევს საიმედოების სასურველი დონის შენარჩუნება ექსპლუატაციის პროცესში და ამისათვის გაწეული საექსპლუატაციო ხარჯების მინიმიზირება.

კვლევის ობიექტად აღებული იქნა სხვადასხვა მარკის კერძო მფლობელობის მსუბუქი ავტომობილები, რომელთა ექსპლუატაცია დაკავშირებულია რეალურ, საქალაქო და საქალაქთაშორისო პირობებში მუშაობასთან ძირითადად კეთილმოწყობილ, ასფალტირებულ გზებზე მოძრაობისას. ამასთან ერთად, როგორც დაკვირვებითა და საკითხის შესწავლის შედეგად იქნა დადგენილი წლიური საშუალო გარბენის დაახლოებით 70% მიდის ქალაქების და დასახლებული პუნქტების პირობებში, ხოლო 30% საქალაქთაშორისო გზებსა და ავტომაგისტრალებზე.

ექსპერიმენტული კვლევა მოიცავს საკმაო რაოდენობის მსუბუქ ავტომობილებზე დაკვირვების შედეგად მტყუნებებისა და უწყისვრობების შესახებ სტატისტიკური მონაცემების შეგროვებას და შემდგომ დამუშავებას აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით. ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილის ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილებაზე უპირველესად მოქმედებს საექსპლუატაციო პირობები და მუშაობის რეჟიმები. ანალიზის გაადვილების და დასაბუთებული შედეგების მიღების მიზნით მიღებული იქნა პირობა, რომ მათი მუშაობის საექსპლუატაციო-ტექნიკური მაჩვენებლები დაახლოებით ერთგვაროვანია და ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილება განპირობებულია კონსტრუქციული თავისებურებებითა და ნორმატიული მაჩვენებლებით. მძღოლთა კვალი-

ფიკაციის დონე, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს საიმედოების მაჩვენებელზე, ასევე გამორიცხული იქნა, ვინაიდან იგი სპეციალურ კვლევას მოითხოვს.

კერძო მფლობელობის მსუბუქი ავტომობილების წლიური გარბენის განაწილების პარამეტრების დასადგენად დამუშავებული იქნა სტატისტიკური მონაცემები სხვადასხვა მარკისა და „ხნოვანების“ ავტომობილებისათვის. დაკვირვების საერთო მოცულობაში ( $N_{\text{დაკ}} \approx 200$  ავტ) შეყვანილი იქნა სხვადასხვა სოციალური ფენის ავტომფლობელები. მონაცემების საფუძველზე აგებული იქნა გარბენის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი (ნახ. 14).



**ნახ. 14. ავტომობილების წლიური გარბენის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი**

როგორც სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებამ გვიჩვენა, საშუალო წლიური გარბენი შეადგენს 28,5 ათას კმ-ს ვარიაციის კოეფიციენტით 0,33 და საშუალო კვადრატული გადახრით 9,4 ათასი კმ.

წლიური მუშა დღეების მიხედვით შესრულებულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ კერძო ავტომობილებისათვის იგი შეადგენს დაახლოებით 285 დღეს (ვარიაციის კოეფიციენტი 0,45), ხოლო საშუალო დღიური გარბენა დაახლოებით 100კმ.



საკვლევი ავტომობილის მუშაობის საექსპლუატაციო-ტექნიკური მაჩვენებლები მოცემულია 1-ლ ცხრილში.

### ცხრილი 1

#### ავტომობილების მუშაობის საექსპლუატაციო-ტექნიკური მაჩვენებლები

№	მაჩვენებლების დასახელება	აღნიშვნა, განზომილება	რაოდენობა
1	მუშა დღეების საშუალო რაოდენობა	D <sub>მუშა</sub> , დღე	285
2	საშუალო დღიური გარბენი	L <sub>დღ</sub> , კმ	100,0
3	ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენები	D <sup>წლ</sup> <sub>მოც.</sub> , დღე	20
4	შევსების საშუალო კოეფიციენტი (მგზავროტევადობა)	η <sub>შევს</sub>	0,45
5	საშუალო წლიური გარბენი	L <sub>წლ</sub> , ათ. კმ	28,5

უნდა აღინიშნოს, რომ ავტომობილების მომსახურება, უწყესივრობების და მტყუნებების აღმოფხვრა ხდებოდა როგორც კონკრეტული ფირმის სპეციალიზებულ მომსახურების ცენტრებში, ასევე სხვა ცენტრებში, რომლებიც სხვადასხვა მარკის ავტომობილებს ემსახურებიან. ამასთან ერთად მოხდა მათი მიახლოებითი კლასიფიცირება „ხნოვანების“ მიხედვით (ცხრილი 2).

### ცხრილი 2

#### მომსახურების პროცენტული რაოდენობის განაწილება

ავტომობილების ხნოვანება (წელი)	მომსახურების %		ხნოვანების ჯგუფის წილი %
	სპეციალ. საწარმოში	სხვა საწარმოში	
1-3 წლამდე	60	40	5
4-7 წლამდე	25	75	15
7 და მეტი წლის	5	95	80

## 2.2.2. სტატისტიკური მაჩვენებლების გამოვლენა და მათი კლასიფიკაცია

საკვლევ ავტომობილებზე განხორციელებული ტექნიკური ზემოქმედების სამუშაოების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათი განაწილება არაერთგვაროვანია, რაც განპირობებულია, ერთის მხრივ, საექსპლუატაციო პირობების განსხვავებითა და მუშობის 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 ავტომობილების სისტემებისა და კვანძების მიხედვით წლის სხვადასხვა პერიოდისა და სეზონისათვის განსხვავებულია, რაც ლოგიკურია ზამთრისა და ზაფხულის დადგომასთან დაკავშირებული სავალდებულო ოპერაციების შესრულებით. საერთოდ კი უნდა აღინიშნოს, რომ ზამთრის პერიოდში შესრულებულ სამუშაოთა მთლიანი მოცულობა დაახლოებით 70%-ით ნაკლებია ზაფხულის პერიოდში შესასრულებელ სამუშაოთა მოცულობასთან შედარებით, რაც პირველ რიგში აიხსნება ზამთრის პერიოდში მსუბუქი ავტომობილების ექსპლუატაციის ინტენსიურობის შემცირებით და მომსახურების ცენტრების მუშაობის ორგანიზაციული ნაკლოვანებებით ასეთ პირობებში მოუმზადებლობის გამო.

კერძო მფლობელობის მსუბუქი ავტომობილები რეალურ პირობებში არ გადიან სავალდებულო ტექნიკურ მომსახურებას იმ მოცულობით, როგორც ეს ტექნიკური „რეგლამენტით“ არის გათვალისწინებული საერთოდ ავტოსანტრანსპორტო საშუალებებისათვის. ამან განაპირობა სამუშაოთა მოცულობის პროცენტული განაწილების ცვლილება სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით. მე-3 ცხრილში მოცემული სამუშაოების ასეთი განაწილება ჩვენში ყველაზე განხორციელებული „ოპელის“ მარკის ავტომობილებისათვის.

**მტყუნებათა და უწესივრობების პროცენტული განაწილება  
ავტომობილების სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით**

ავტომობილის სისტემები, აგრეგატები, მექანიზმები (სამუშაოს ხასიათი)	%-ული რაოდენობა
დიაგნოსტირება (ელ. მართვის სისტემების და ზოგადი)	5
შეზეთვის სამუშაოები	6
საჭით მართვის და თვლების დაყენების კუთხეები	10
სამუხრუჭე სისტემის	8
ელექტრომოწყობილობის	20
კვების სისტემის	12
გაგრილების და გათბობის სისტემების	10
საბურავების სამუშაოები	11
ტრანსმისიის	7
სათუნუქე და სამღებრო	5
დანარჩენი	6

უნდა აღინიშნოს, რომ მოპოვებული ინფორმაციის საფუძველზე სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი სხვა მოდელის მსუბუქი ავტომობილებისათვის დაახლოებით იგივე შედეგებს იძლევა, რაც მე-3 ცხრილშია მოცემული.

გამოვლენილი იქნა სხვადასხვა მარკის ავტომობილებისათვის ისეთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი, როგორცაა მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი, რომელიც წარმოადგენს საერთო ნამუშევრის შეფარდებას მტყუნებათა საერთო რაოდენობასთან (ცხრილი 4).

სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის შედეგად მოხდა მტყუნებათა და უწესივრობების კლასიფიცირება მათი სახეობების, ხასიათის, მიზეზების, აღმოფხვრის შრომატევადობისა და ღირებულების მიხედვით. ასეთი კლასიფიკაცია საჭიროა, ერთის მხრივ, ექსპლუატაციის პროცესში საიმედოობის მართვის პრინციპების სრულყოფისა და გაუმჯობესებისათვის და, მეორეს მხრივ, შრომითი და მატერიალური

ხარჯების შემცირებისათვის. მტყუნებათა კლასიფიკაცია გარე ნიშნებისა და მიზეზების მიხედვით მოცემულია მე-5 ცხრილში.

**ცხრილი 4**

**ავტომობილების მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი**

№	საავტომობილო ფორმები	საერთო გარბენი, 1000კმ	მტყუნებათა და უწყესივრობათა რ-ბა	მტყუნება-თაშორისი ნამუშევარი, 1000 კმ
1	ოპელის მარკის ავტომობილები	5600	455	12,3
2	მერსედესის მარკის ავტომობილები	6000	386	15,5
3	ფილკსვაგენის მარკის ავტომობილები	5200	456	11,4
4	ტოიოტას მარკის ავტომობილები	5800	400	14,7
5	„ბმვ“ მარკის ავტომობილები	6000	400	14,8
6	მიცუბიშის მარკის ავტომობილები	5200	392	13,4

**ცხრილი 5**

**მტყუნებათა კლასიფიკაცია გარე ნიშნებისა და მიზეზების მიხედვით**

მტყუნების სახეობა	მტყუნების კუთრი წილი %
გაცვეთა	42,0
გატეხვა	5,0
გაბზარვა	7,0
გადაწვა. მოკლე ჩართვა	13,0
გაგლეჯა, გასკდომა	9,0
დამაგრების დასუსტება	10,0
გაღუნვა (დაგრეხვა)	3,0
გახეხვა	2,0
გაჭიმვა	1,0
გახვრეტა	1,0
შეტრიალება	1,0
სხვა დანარჩენი	6,0

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მტყუნებათა დიდი რაოდენობა (დაახლოებით 42,0%) ცვეთის შედეგად არის მიღებული, რაც პირობითად თანდათანობით მტყუნებათა კატეგორიას მიეკუთვნება, 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 30%, ლოგარითმულ ნორმალურს - 25%, ექსპონენციალურს - 30% და ვეიბელის - 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 ვეიბელის კანონებთან უფრო ახლოს არის. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ პირველადი შეცვლები (მტყუნებები) და მეორადი ან შემდგომი მტყუნებათა განაწილების კანონზომიერები ხშირად განსხვავდება ერთმანეთისგან, რაც სხვადასხვა ფაქტორით აიხსნება (დაბალი ხარისხის სათადარიგო დეტალები, კვანძში ახალი დეტალის ძველ ნამუშევარ დეტალებთან შეთავსება-მიმუშავება და სხვა). მე-6 და მე-7 ცხრილებში მიცემულია მტყუნებათა ხასიათის მიხედვით კლასიფიკაცია მთლიანად ავტომობილებისათვის და იგივე კლასიფიკაცია საკვლევი ავტომობილების სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით.

## ცხრილი 6

### მტყუნებათა კლასიფიკაცია მათი ფიზიკური შინაარსის მიხედვით

მტყუნების თანმიმდევრობა	უეცარი %	თანდათანობითი	მტყუნების თანმიმდევრობა	უეცარი %	თანდათანობითი
პირველი	37,5	62,5	შემდგომი	75,0	25,0

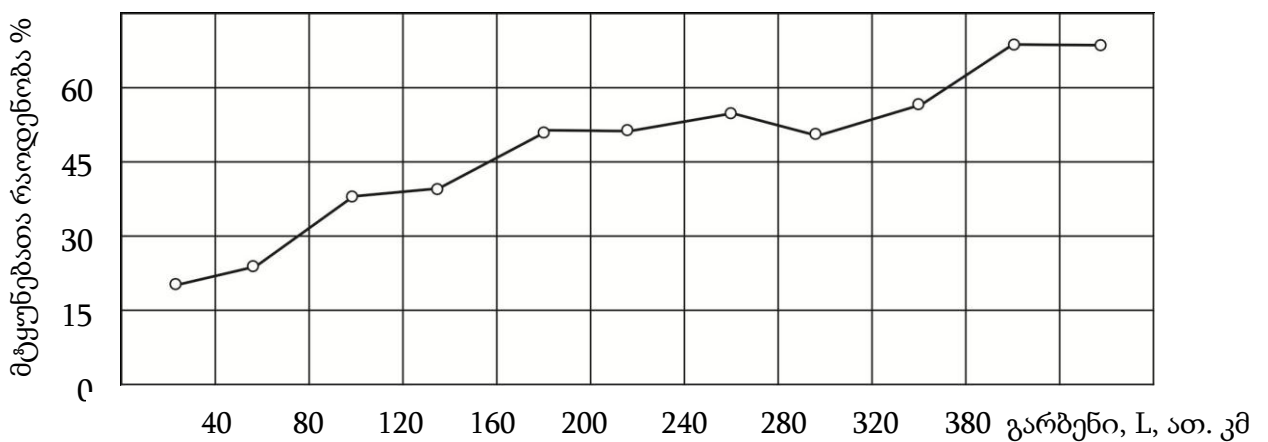
## სისტემებისა და მექანიზმების მტყუნებათა განაწილება

## მათი ხასიათის მიხედვით

აგრეგატები, მექანიზმები და სისტემები	მტყუნებები %	
	უეცარი	თანდათანობითი
ძრავი	52	48
კვების სისტემა	55	45
გაგრილებისა და გათბობის სისტემა	40	60
გადაბმულობა	20	80
გადაცემათა კოლოფი	35	65
მთავარი გადაცემა	25	75
ავტ-ის დაკიდება	75	25
თვლები, მორგებები	95	5
საჭით მართვის სისტემა	20	80
სამუხრუჭე სისტემა	50	50
ელექტრომონოწყობილობა	90	10

საავტომობილო კონსტრუქციების საიმედოობის შეფასებისას უმტყუნებლობისა და ხანგამძლეობის მაჩვენებლების გამოვლენა და ანალიზი პრაქტიკული საქმიანობის პირობებში არ არის საკმარისი სრული და ზუსტი სურათის მისაღებად. აუცილებელი და სავალდებულოა განსაზღვრული იქნას აგრეთვე მტყუნებათა აღმოფხვრის დროისა და ხანგრძლივობის - შრომატევადობის ნორმალური და რეალური პარამეტრები. მხედველობაში გვაქვს დროის ის პერიოდი, როდესაც უნდა იქნას მტყუნება აღმოფხვრილი - ტექნიკური მომსახურების პერიოდში, მუშაობის პერიოდში, თუ ექსპლუატაციიდან მოხსნის შემთხვევაში. სამივე შემთხვევის აღნიშნული პარამეტრები მნიშვნელოვნად მოქმედებენ ავტომობილის ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტზე, რომელიც ითვლება ყველაზე მთავარ შემაჯამებელ მაჩვენებლად საიმედოობის შეფასებისას.

საკვლევი მსუბუქი ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების ცენტრებში მათი მოცულობის (მტყუნებათა აღმოფხვრის მოცდენები) ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მტყუნებათა საერთო რაოდენობიდან საკმაოდ მნიშვნელოვანი ნაწილი - 80% მიეკუთვნება მცირე (1კ.ს.თ.-მდე) და საშუალო (2 კ.ს.თ.-მდე) შრომატევადობის მტყუნებათა აღმოფხვრის კატეგორიას, მაშინ როდესაც მტყუნებათა აღმოფხვრის დაახლოებით 20% დაკავშირებულია დიდ მატერიალურ და შრომით ხარჯებთან. ამასთან ერთად ავტომობილების ნამუშევრის (გარბენის) ზრდასთან ერთად იზრდება ისეთ მტყუნებათა რაოდენობა, რომელთა აღმოფხვრაც დაკავშირებულია ავტომობილის ექსპლუატაციიდან მოხსნასთან გაზრდილი პერიოდით (დამოკიდებულია მტყუნების ხასიათზე, შრომატევადებაზე, სათ. დეტალების არსებობასა და ღირებულობაზე) (ნახ. 15).



**ნახ. 15. ავტომობილების მტყუნებათა რაოდენობის ცვლილება, ექსპლუატაციიდან მოხსნასთან დაკავშირებით**

ავტომობილების მოცდენა ტექნიკური მიზეზებით მოიცავს არა მარტო უშუალოდ მტყუნებათა აღმოფხვრის შრომატევადობას, არამედ სხვა ორგანიზაციულ-ტექნოლოგიურ პროცესებთან დაკავშირებულ მოცდენებსაც, რაც აუცილებლად უნდა იქნას მხედველობაში მიღებული მტყუნებათა აღმოფხვრის საერთო ხარჯების ანგარიშის დროს. სწორედ ეს გარემოება ქმნის იმის აუცილებლობას, რომ ტექნიკური მდგომარეობის დონე

და საერთოდ ავტომობილის საიმედოობა შენარჩუნებული და უზრუნველყოფილი იქნას ისე, რომ საექსპლუატაციო-ტექნიკური ხარჯები იყოს მინიმალური. ეს კი კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენს.

### 2.2.3. ძრავის გაგრილების სისტემის საიმედოობის

#### მაჩვენებლების გამოვლენა

როგორც ცნობილია, ავტომობილის გაგრილების სისტემის ნორმალური ფუნქციონირება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ძრავის თბურ რეჟიმზე დასაშვები პარამეტრებით და მასზე დამოკიდებულ მთელ რიგ ტექნიკურ მაჩვენებლებზე (სიმძლავრე, საწვავის ხარჯი და სხვა). საყურადღებოა მისი გავლენა აგრეთვე ძრავის ძირითადი სისტემების ხანგამძლეობაზე და, მაშასადამე, საშუალო რესურსზე.

გაგრილების სისტემა მოიცავს მთელ რიგ კვანძებსა და ერთეულ დეტალებს, რომელთა რაოდენობა კატალოგის მიხედვით დაახლოებით 50-ის ტოლია ნორმალიზებული დეტალების გარეშე. მათგან დაახლოებით 50%-მდე არალითონის დეტალებია (რეზინი, პლასმასი და სხვა). მაგრამ დეტალების რაოდენობა დაბალი საიმედოების მაჩვენებლებით გაცილებით ნაკლებია დეტალების საერთო რაოდენობასთან შედარებით. ამიტომ საჭიროა გამოვლინდეს ისეთი დეტალები, რომლებიც ხასიათდება ხშირი მტყუნებებით და მათ აღმოფხვრაზე დიდია მატერიალური და შრომითი ხარჯები. ასეთი დეტალების გამოვლენამ მოითხოვა ყველა მტყუნებათა და შეცვლების ანალიზი. აღნიშნული მონაცემები მიღებული იქნა ავტომობილების ჯგუფზე ხანგრძლივი პერიოდით დაკვირვების შედეგად. საექსპირიმენტოდ მაგალითისთვის აღებული იქნა „ოპელის“ მარკის ავტომობილი (არანაკლებ 40 ერთეულისა) ქ. თბილისის სერვისცენტრებში შესული განაცხადების მიხედვით.

როგორც სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, უმტყუნებლობისა და ღირებულების მაჩვენებლების მიხედვით საიმედოობის ლიმიტს ქმნიან გაგრილების ისეთი შემადგენელი კვანძები და ელემენტები, როგორებიცაა: გენერატორისა და წყლის ტუმბოს ღვედი,



ტემპერატურული გადამწოდი, წყლის ტუმბო, რადიატორი, რეზინის შლანგები, თერმოსტატი, რეზერვუარის სახურავი. მე-8 ცხრილში მოცემულია მტყუნებათა პროცენტული განაწილება აღნიშნული ელემენტების მიხედვით.

### ცხრილი 8

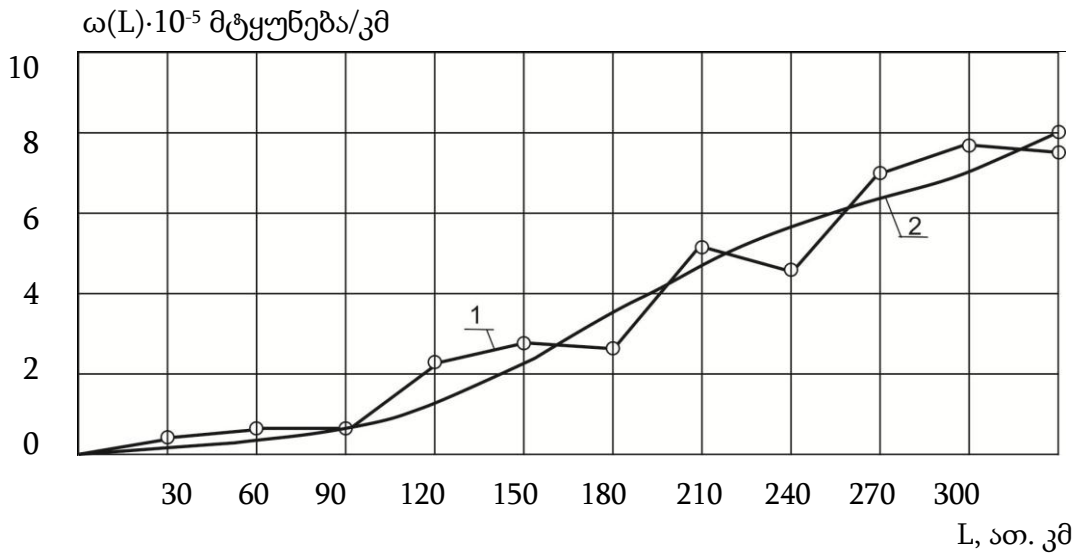
#### გაგრილების სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება ელემენტების მიხედვით

№	ელემენტის, კვანძის დასახელება	მტყუნებათა პროცენტული რაოდენობა, %
1	წყლის ტუმბო	12
2	წყლის ტუმბოს ღვედი	15
3	თერმოსტატი	10
4	ტემპერატურული გადამწოდი	5
5	რადიატორი და შლანგები	20
6	რეზერვუარის სახურავი	18
7	დანარჩენი	20

უმტყუნებლობა, როგორც საიმედოობის კომპლექსური თვისების ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილი, ხასიათდება ისეთი ძირითადი მაჩვენებლებით, როგორებიცაა: მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი -  $\omega(L)$ , მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი -  $L_{\text{შ.}}$  და უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა -  $P(L)$ .

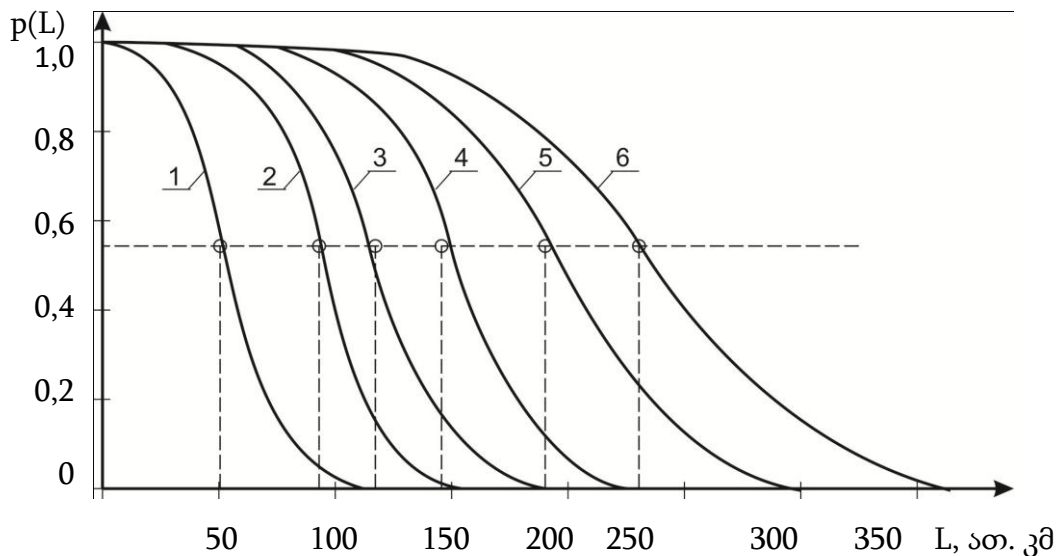
მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი წარმოადგენს გარბენის ერთეულზე მოსულ მტყუნებათა რაოდენობას. იგი გამოვლენილი იქნა როგორც თითოეული ელემენტის თუ კვანძისათვის, ისე მთლიანად საკვლევი სისტემისათვის.

გარბენის ინტერვალების მიხედვით მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ექსპერიმენტული მონაცემები თეორიული მნიშვნელობების მისაღებად დამუშავებული იქნა უმცირესი კვადრატების მეთოდით და აგებული იქნა მრუდები (ნახ. 16).



**ნახ. 16. გაგრილების სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი:**  
 1 - ექსპერიმენტული მრუდი; 2 - თეორიული მრუდი

როგორც მოცემული მრუდის ანალიზი გვიჩვენებს მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრს აქვს ცვალებადი ხასიათი და იზრდება გარბენის ზრდასთან ერთად. კვლევის პროცესში გამოვლენილი იქნა აგრეთვე მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი. მთელი სისტემისათვის მან შეადგინა 30,5 ათასი კმ., ხოლო ცალკეული ელემენტებისა და კვანძებისათვის იცვლება 40,0- 80,0 ათასი კმ-ის ზღვრებში.



**ნახ. 17. გაგრილების სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები**  
 1 - ღვედი; 2 - ტემპერატურული გადამწოდი; 3 - წყლის ტუმბო;  
 4 - თერმოსტატი; 5 - რეზერვუარის სახურავი.

ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების შედეგად განსაზღვრული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მნიშვნელობები საკვლევი სისტემის შემადგენელი თითოეული ელემენტისათვის გაანგარიშების შედეგების საფუძველზე საკვლევი ელემენტებისათვის აგებული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები (ნახ. 17) და განისაზღვრა მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები (ცხრილი 9).

**ცხრილი 9**

**ავტომობილის გაგრილების სისტემის ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები**

№	ელემენტის (კვანძის) დასახელება	საშუალო რესურსი, ათასი კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი	საშუალო კვადრატული გადახრა, ათასი კმ
1	წყლის ტუმბოს ღვედი	50,0	0,41	20,5
2	ტემპერატურული გადამწოდი	90,0	0,43	38,7
3	წყლის ტუმბო	120,0	0,35	42,0
4	თერმოსტატი	140,0	0,48	67,2
5	რადიატორი	225,0	0,33	74,25
6	რეზერვუარის სახურავი	180,0	0,38	68,4
7	რადიატორის რეზინის შლანგები	160,0	0,45	72,0

როგორც ცხრილიდან ჩანს, საკვლევი სისტემის შემადგენელი ელემენტების რესურსები 50,0-225 ათასი კმ.-ის ზღვრებში იცვლება. მათი განაწილება ექვემდებარება ლოგარითმულ-ნორმალურ და ვეიბელის კანონებს ვარიაციის კოეფიციენტების 0,33-0,48 ზღვრებში.

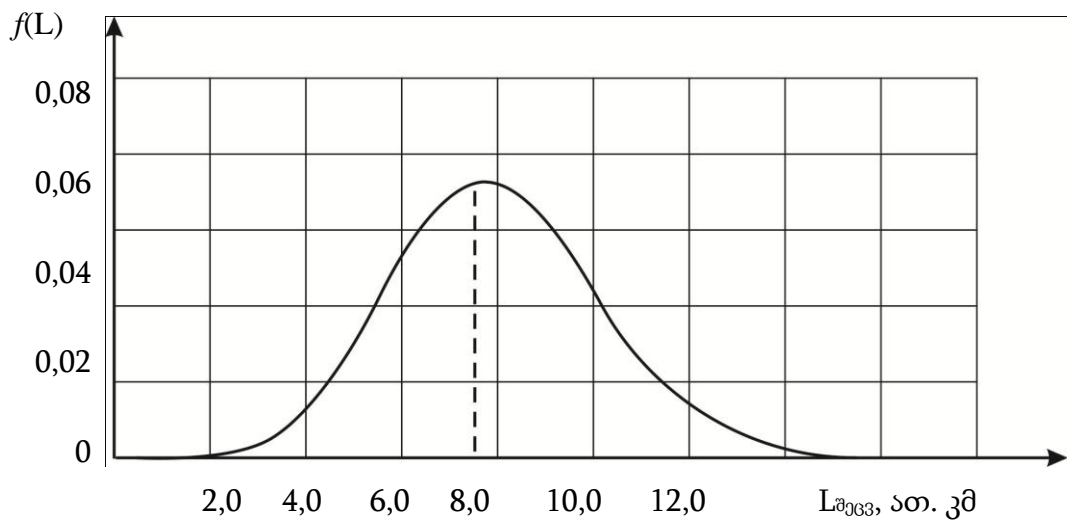
უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის გრაფიკები საშუალებას იძლევა გავითვალისწინოთ და რაოდენობრივად შევაფასოთ მტყუნების შესაძლებლობა ამა თუ იმ გარბენის მნიშვნელობაზე. იგი განსაზღვრავს მოცემული L გარბენისათვის ელემენტების რა ნაწილს არ ექნება მტყუნება.

ამასთან ერთად, გრაფიკი საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ ე.წ. გამა-პროცენტული რესურსი ანუ საგარანტიო გარბენა  $P(L) = 0,95$  ალბათობისათვის

### 2.2.4. ძრავის შეზეთვის სისტემის საიმედოების მაჩვენებლების გამოვლენა

კონსტრუქციული სრულყოფისა და დამზადების ტექნოლოგიის ამაღლების გარდა ექსპლუატაციის პროცესში ძრავის რესურსის მაქსიმალური დონის მიღწევა შესაძლებელია შეზეთვის, როგორც ფუნქციონალური სისტემის გამართული მუშობის პირობებში. ეს კი დამოკიდებულია სისტემის ელემენტების (კვანძებისა და დეტალების) საიმედოობაზე, აგრეთვე შემზეთი მასალის (ზეთის) ხარისხზე, მის საექსპლუატაციო პარამეტრებზე და მისი შეცვლის პერიოდულობაზე.

სხვადასხვა მარკის მსუბუქი ავტომობილების ძრავში ზეთის შეცვლის ფაქტიური პერიოდულობის სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით მიღებულ იქნა სიმჭიდროვის მრუდი (ნახ. 18).



ნახ. 18. ძრავში ზეთის შეცვლის ფაქტიური პერიოდულობის განაწილების სიმჭიდროვე

სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით ზეთის შეცვლის პერიოდულობის განაწილება ექვემდებარება ნორმალურ კანონს საშუალო მნიშვნელობით  $L = 7,8$  ათ. კმ (მათემატიკური მოლოდინი), ვარიაციის კოეფი-

ციენტით  $V = 0,26$ , ხოლო საშუალო კვადრატული გადახრა შეადგენს  $\sigma = 2,01$  ათ. კმ. უნდა აღინიშნოს, რომ მიღებული საშუალო მაჩვენებელი (7,8 ათასი კმ.) ახლოა და თითქმის ემთხვევა მომსახურების ცენტრების (დამამზადებელის) მოთხოვნებს (7,5 ათასი კმ), რაც მიუთითებს ავტომფლობელების მიერ ამ მოთხოვნების განუხრელ შესრულებაზე.

შეზეთვის სისტემის ტექნიკურ ზემოქმედებათა (მტყუნებათა ან შეცვლათა) რაოდენობრივი (პროცენტული) განაწილება სისტემაში შემავალი ელემენტებისა და კვანძების მიხედვით მოცემულია მე-10 ცხრილში.

### ცხრილი 10

#### ძრავის შეზეთვის სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება

შეზეთვის სისტემის კვანძები და ელემენტები	მტყუნებათა %-ული რაოდენობა
ზეთის ფილტრი (ზეთი, როგორც „კონსტრუქციული ელემენტი“)	81,0
ზეთის ტუმბო	1,5
ზეთის წნევის გადამწოდი	15,0
კარტერის სადები (ჰერმეტიკობის უზრუნველყოფა)	2,5

როგორც ცხრილიდან ჩანს, სისტემაში შემავალი ელემენტებიდან, რომლებიც საიმედოობის ლიმიტს ქმნიან (გარდა ზეთის ფილტრისა და ზეთისა), მხედველობაში მისაღები და გასათვალისწინებელია წნევის გადამწოდი. მისი მტყუნებების განაწილების პარამეტრები ლოგარითმულ-ნორმალური კანონის შემთხვევაში შეადგენს: საშუალო რესურსი  $L_{საშ} = 225$  ათ. კმ. და ვარიაციის კოეფიციენტი  $V = 0,34$ . რაც შეეხება კარტერის სადების დაზიანებით სისტემის ჰერმეტიკობის დაკარგვას, რაზედაც რამდენიმე შემთხვევა იქნა დაფიქსირებული, განპირებულია რთულ საექსპლუატაციო პირობებში კარტერის შეხებით (შეჯახებით) რაიმე წინალო-

ბასთან, როდესაც არ მოხდა მისი გატეხვა, მაგრამ დაირღვა დამაგრება და შესამამისად ჰერმეტიულობა. შესაძლოა გახსნილი იქნა ძრავის ქვედა ნაწილი სხვა ტექნიკური მიზეზით და კარტერის დამაგრება არ მოხდა ტექნოლოგიური პროცესების დაცვით.

ზოგადად სისტემის საიმედოობა ხასიათდება მაღალი მაჩვენებლებით, ზეთის შეცვლის პერიოდულობა მოითხოვს საექსპლუატაციო პირობების მიხედვით კორექტირებას, მთელი სისტემის მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი (ზეთის შეცვლის გარდა) შეადგენს 37,5 ათას კმ. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის ეკონომიკური მაჩვენებლები დამოკიდებულია ძირითადად ზეთის და ფილტრის ღირებულებისა და შრომით ხარჯებზე.

### **2.2.5. კვების სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლები**

თანამედროვე ავტომობილების ძრავების კვების სისტემის ეფექტური მუშაობა დამოკიდებულია სისტემაში შემავალი ელემენტების საიმედოობაზე და მათი მუშა პარამეტრების დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნებისათვის სამუშაოების (ოპერაციების) შესრულების დროსა და ხარისხზე. სისტემა მოიცავს 100-მდე ნომენკლატურული დასახელების დეტალებს, რომლებიც ერთიმეორესთან ფუნქციონალურ კავშირში იმყოფებიან და ამ კავშირის დარღვევა გამოიწვევს სისტემის მტყუნებას, საბოლოოდ კი ავტომობილის სანტრანსპორტო პროცესის იძულებით შეწყვეტას.

მე-11 ცხრილში მოცემულია კვების სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება სისტემაში შემავალი საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალებისა და კვანძების მიხედვით.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მტყუნებათა ყველაზე დიდი რაოდენობა მოდის მფრქვევანებზე, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ მოცემული პროცენტული განაწილება აღებულია „ოპელის“ მარკის ავტომობილებისათვის და სხვა მოდელის ავტომობილებისათვის შეიძლება იყოს განსხვავებული, მაგრამ, ძირითადად ანალოგიური კანონზომიერება შეინიშნება.

## კვების სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება

კვების სისტემის კვანძები და დეტალები	მტყუნებათა %-ული რაოდენობა
საწვავის ავზი და მილგაყვანილობა	0,5
საწვავის ტუმბო	8,5
საწვავის ფილტრი	15,5
სისტემის მფრქვევანა	44,0
საწვავის დონის გადამწოდი	11,5
ჰაერის ფილტრი	18,5
დანარჩენი	2,0

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ შესწავლილი და დამუშავებული იქნა შეფრქვევის სისტემის გაწმენდის (გასუფთავების) სტატისტიკური მონაცემები. ამ მონაცემების მიხედვით გამოვლენილი იქნა აღნიშნული სამუშაოს შესრულების ფაქტიური პერიოდულობის საშუალო სიდიდე, რომელმაც შეადგინა დაახლოებით 50 ათასი. კმ. გაბნევის დიდი დონით (ვარიაციის კოეფიციენტი  $V = 0,54$ ). ეს მიუთითებს ამ სამუშაოსადმი ავტომფლობელთა და მომსახურე პერსონალის მხრიდან არასერიოზულ დამოკიდებულებაზე და არაერთგვაროვნებაზე (ზოგი იშვიათად ასრულებს, ზოგი სულ არ ასრულებს, ზოგიც ასრულებს ხშირად, მაგრამ არაეფექტურად და უხარისხოდ).

საწვავის ტუმბოს დამახასიათებელ მტყუნებას წარმოადგენს მისი ელექტრული ნაწილი, რომელიც დიაგნოსტიკას არ ექვემდებარება (არ მოწმდება) და ამიტომაც იცვლება მთლიანად და ინდივიდუალურად.

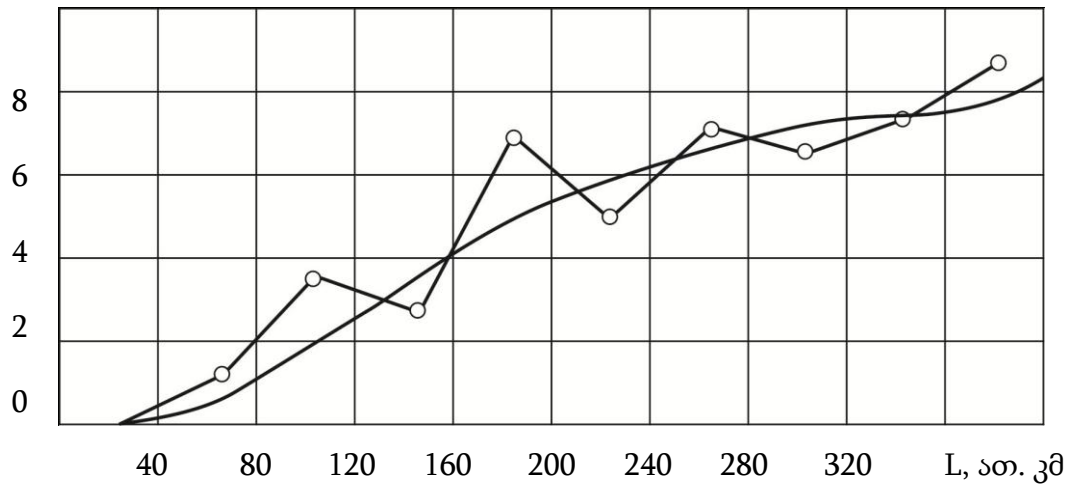
საწვავის ფილტრების მტყუნებათა ძირითად მიზეზს წარმოადგენს საწვავის ქიმიური და ფიზიკური დაჭუჭყიანება, რაც, ბუნებრივია, მის გამტარუნარიანობას ამცირებს.

ჰაერის ფილტრების შეცვლები გამოწვეულია ძირითადად ჰაერის დაბინძურებით, მტვრის და ნაწილაკების კონცენტრაციის გაზრდით, რაც მნიშვნელოვნად მოქმედებს შეფრქვევის სისტემაზე, საწვავის ხარჯზე, ძრავის რესურსზე და ზოგადად ძრავის ეფექტურ მუშაობაზე.

მტყუნებათა გარკვეული რაოდენობა აღინიშნება საწვავის დონის გადამწოდზე, რომლის მიზეზი ხშირად დამზადების დეფექტებით არის განპირობებული.

გამოვლენილი იქნა სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი და აგებული იქნა მისი ცვლილების დიაგრამა გარბენის მიხედვით (ნახ. 19).

$\omega(L) \cdot 10^{-5}$  მტყუნება/კმ



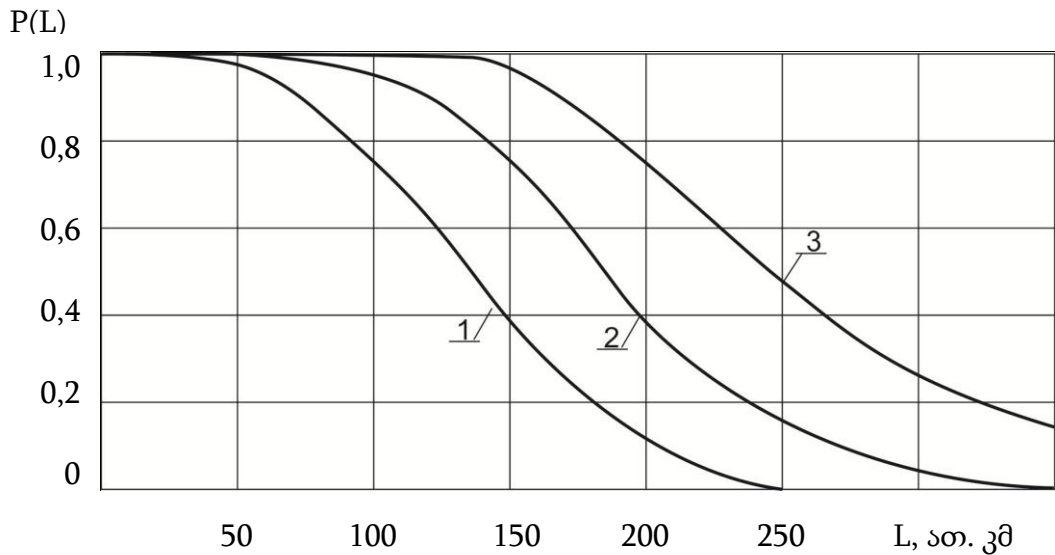
ნახ. 19. კვების სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი

როგორც ნახაზიდან ჩანს, მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი ხასიათდება ზრდადი ტენდენციით და დახლოებით 200 ათ. კმ.-ის შემდეგ ხდება სტაბილური.

თითოეული ელემენტისა და კვანძისათვის განსაზღვრული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა და აგებული იქნა მრუდები, გამოვლენილი იქნა რესურსების განაწილების კანონზომიერება და პარამეტრები.

ნახ. 20-ზე მოცემულია ზოგიერთი მათგანის უმტყუნებო მუშაობის მრუდები, ხოლო მე-12 ცხრილში განაწილების პარამეტრები.





ნახ. 20. კვების სისტემის ელემენტების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები:

1 - ჰაერის ფილტრი; 2 - მფრქვევანა; 3 - საწვავის ტუმბო

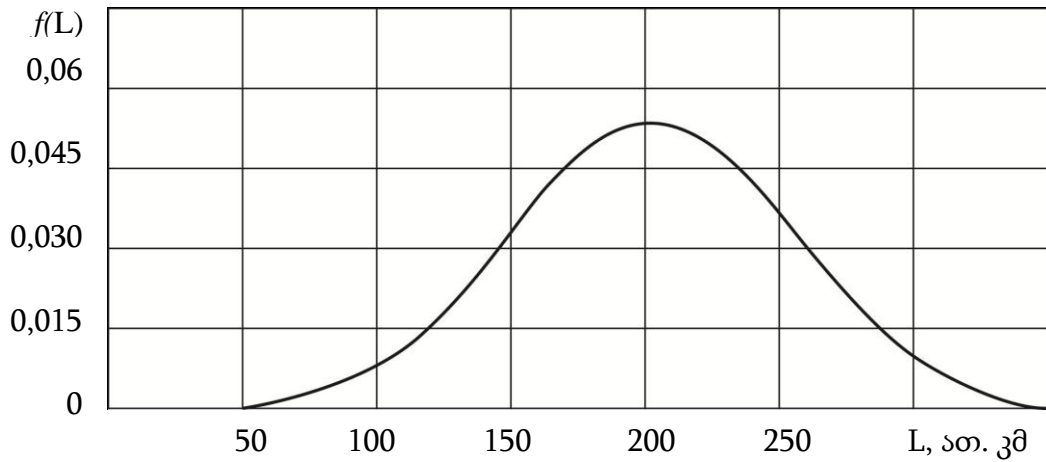
**ცხრილი 12**

კვების სისტემის ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები

№	ელემენტის დასახელება	საშუალო რესურსი, ათ. კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი	საშუალო კვადრ. გადახრა
1	საწვავის ტუმბო	250,0	0,40	100,0
2	საწვავის ფილტრი	160,0	0,38	60,8
3	ჰაერის ფილტრი	130,0	0,35	45,5
4	მფრქვევანა	180,0	0,45	81,0
5	საწვავის დონის გადამწოდი	200,0	0,75	150,0

**2.2.6. გაზ - გამანაწილებელი სისტემის საიმედოობის გამოვლენა**

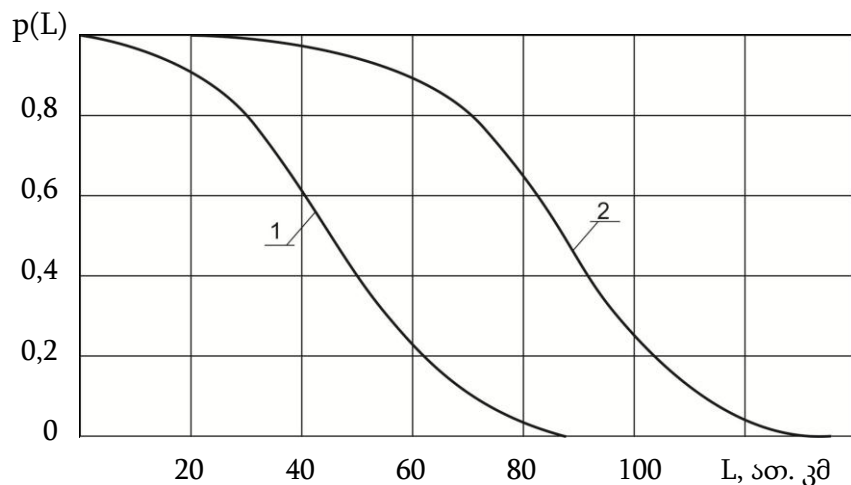
როგორც ავტომობილებზე ხანგრძლივმა დაკვირვებამ გვიჩვენა, მტყუნებათა აღმოფხვრის ოპერაციათა ჩამონათვალში განსაკუთრებით დიდი წილი მოდის სარქველებზე და გამანაწილებელი ლილვის ღვედზე დამჭიმ მოწყობილობასთან ერთად. სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით აგებული იქნა სარქველების რეგულირების პერიოდულობის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი (ნახ. 21).



ნახ. 21. სარქველების რეგულირების პერიოდულობის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი

როგორც მრუდი გვიჩვენებს სარქველების რეგულირების პერიოდულობის განაწილება ექვემდებარება განაწილების ნორმალურ კანონს საშუალო მაჩვენებლით  $L_{საშ} = 20,0$  ათ. კმ და ვარიაციის კოეფიციენტით  $V = 0,29$ .

დამუშავებული იქნა სტატისტიკური მონაცემები გამანაწილებელი ლილვის ღვედის მტყუნებათა (შეცვლათა) შესახებ. აქ აღსანიშნავია ის ფაქტორი, რომ აღნიშნული ღვედები იცვლება ერთის მხრივ დამამზადებლის მიერ გაცემული რეკომენდაციების მიხედვით (40,0 ათ. კმ-ის შემდეგ „ოპელისათვის“, 60 ათ. კმ-ის შემდეგ „მერსედესისათვის“ და ა. შ.) და მტყუნების (დაზიანების) მიხედვით. ანგარიშის შედეგად გამოვლენილი იქნა აღნიშნული ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები და აგებული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები (ნახ. 22).



ნახ. 22. გაზგამანაწილებელი სისტემის ელემენტების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები: 1 - ამპრავი ღვედი; 2 - დამჭიმი მოწყობილობა

როგორც ანალიზმა გვიჩვენა, ღვედის საშუალო რესურსი შეადგენს  $L_{საშ} = 45,0$  ათ. კმ. ვარიაციის კოეფიციენტით  $V = 0,38$ , ხოლო დამჭიმი მოწყობილობის საშუალო რესურსი თითქმის ორჯერ მეტია და შეადგენს  $90,0$  ათ. კმ. ვარიაციის კოეფიციენტით  $V = 0,35$ .

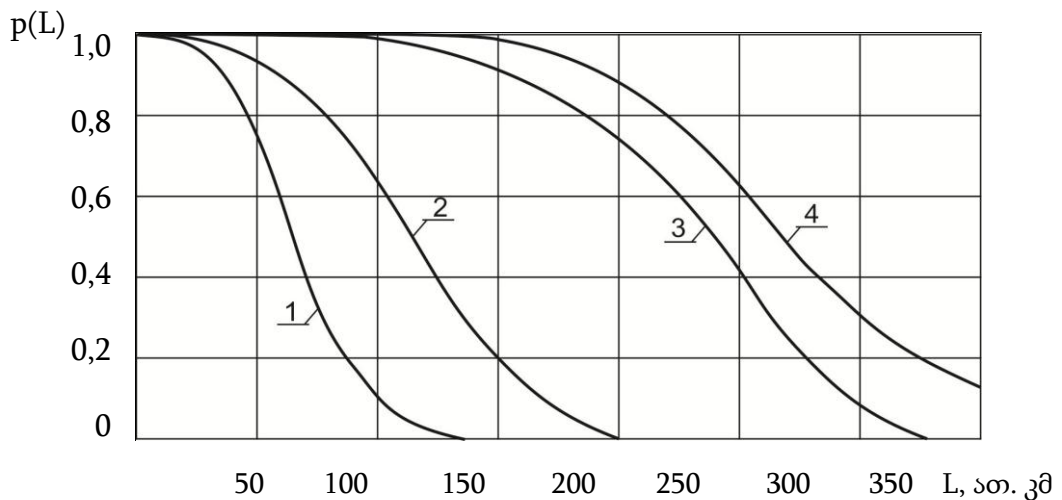
### 2.2.7. გადაბმულობის საიმედოობის მაჩვენებლები

გადაბმულობის ფუნქციონალური დანიშნულებიდან გამომდინარე მისი დატვირთები და მუშობის რეჟიმები განპირობებულია, ერთის მხრივ, საექსპლუატაციო პირობებით, მეორე მხრივ მძღოლის კვალიფიკაციის დონით. ამიტომ მისი საიმედოობის მაჩვენებლები საგრძნობლად შეიძლება განსხვავდებოდეს ურთიერთშედარების დროს, მით უმეტეს, როდესაც საქმე გვაქვს სხვადასხვა მარკის და ფირმის მსუბუქი ავტომობილების საიმედოობის კვლევასთან. მიუხედავად კონსტრუქციული მსგავსებისა და მუშაობის პრინციპის ერთგვაროვნებისა, ამძრავის ტიპის კონსტრუქციული სხვაობა ყოველთვის მხედველობაშია მისაღები და შესაბამისად შედეგების ანალიზისას გასათვალისწინებელი.

შესწავლილი იქნა „ოპელის“ მარკის ავტომობილებისათვის გადაბმულობის ელემენტების მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემები. მათი დამუშავების შედეგად გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალები. ასეთებია: გადაბმულობის წამყვანი და ამყალი დისკები, ამძრავი ტროსი, ზამბარები, გამომრთველი საკისარი. დამახასიათებელ მტყუნებას წარმოადგენს ამყალი დისკოს ფრიქციული ნაფენების გაცვეთა მისი ზამბარების შესუსტება ან გატეხვა. გამომრთველი საკისრის მწყობრიდან გამოსვლა და ამძრავი ტროსის გაწეღვა ან გაგლეჯვა. მათ შორის პროცენტული რაოდენობით პირველ ადგილზეა ამყალი დისკოს ფრიქციული ნაფენების შეცვლა, რომელიც სისტემატიურად სრულდება გარკვეული პერიოდულობით (დამოკიდებულია მუშაობის პირობებზე და გამოყენებული სათადარიგო დეტალების ხარისხზე). საჭიროების შემთხვევაში ხორციელდება სატერფულის თავისუფალი სვლის რეგული-

რება ტროსის დაგრძელება- დამოკლებით, მაგრამ იგი ყოველთვის არ იძლევა შედეგს სხვადასხვა ფაქტორის გამო და საჭირო ხდება ტროსის შეცვლა.

სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების რესურსების განაწილების პარამეტრები (ცხრილი 13) და აგებული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები (ნახ. 23).



ნახ. 23. გადაბმულობის ელემენტების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები: 1 - ამყოლი დისკი; 2 - ამძრავი ტროსი; 3 - გამომრთველი საკისარი; 4 - წამყვანი დისკი

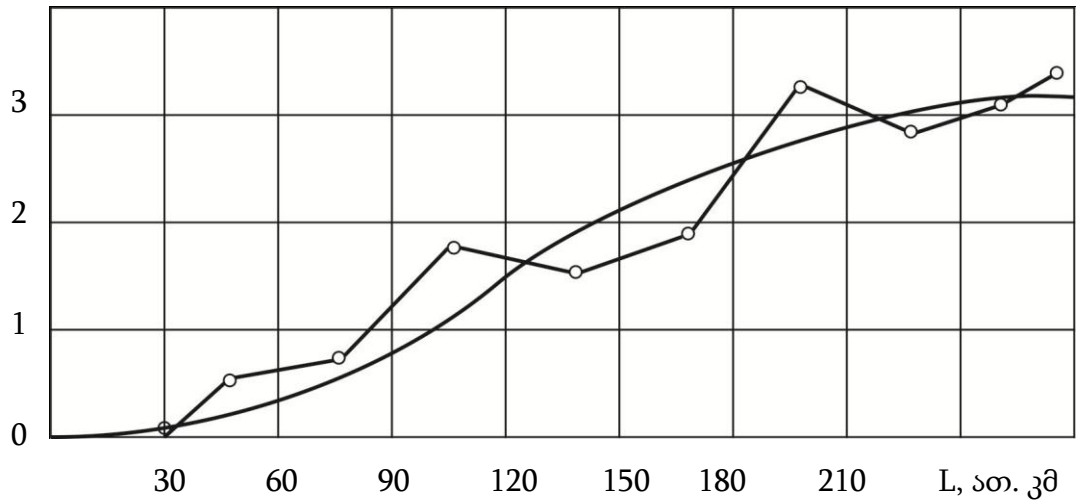
**ცხრილი 13**

**გადაბმულობის ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები**

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი, ათ. კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი	საშუალო კვადრ. გადახრა ათ. კმ
1	წამყვანი დისკი	270,0	0,35	94,5
2	ამყოლი დისკი	60,0	0,42	25,2
3	ამძრავი ტროსი	125,0	0,45	56,25
4	გამომრთველი საკისარი	250,0	0,32	80,0

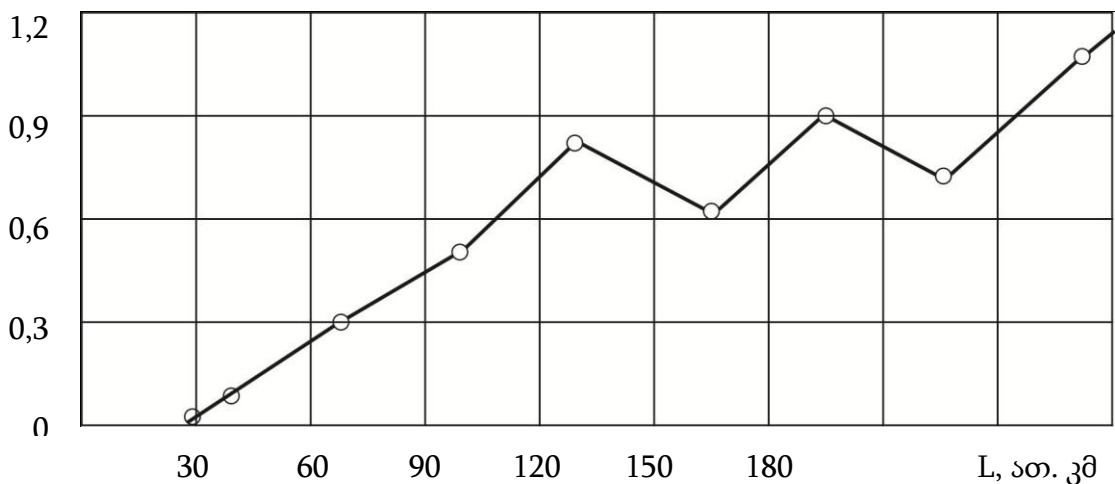
ნახ. 24 და 25-ზე მოცემულია გადაბმულობის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის და კუთრი შრომატევადობის ცვლილების გრაფიკები გარბენის მიხედვით.

$\omega(L) \cdot 10^{-5}$  მტყუნება/კმ



ნახ. 24. გადაბმულობის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით

$\tau$ , კსთ/1000 კმ



ნახ. 25. გადაბმულობის მტყუნებათა აღმოფხვრის კუთრი შრომატევადობის ცვლილება გარბენის მიხედვით

### 2.2.8. საჭით მართვის სისტემის და წინა წამყვანი ხიდის საიმედოობის მაჩვენებლები

მტყუნებათა სტატისტიკის მიხედვით და დანიშნულებიდან გამომდინარე აღნიშნულ ჯგუფს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მინიჭებული. კონსტრუქციული და ფუნქციონალური თვისებების გამო მტყუნებათა გარკვეული ნაწილი, 10-15%, მიეკუთვნება საშიშ (უეცარ) მტყუნებათა

კატეგორიას და მამასადამე მოძრაობის უსაფრთხოების პოზიციებიდან იგი გაზრდილ ყურადღებას მოითხოვს. ამიტომ ტექნიკური ზემოქმედების რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდების შერჩევასა და გათვალისწინებული უნდა იქნას ის ძირითადი ტექნიკური მოთხოვნები, რაც წაყენებული აქვს მოცემულ კონკრეტულ კონსტრუქციას. კონსტრუქციები კი განსხვავდება სხვადასხვა ფორმის ავტომობილების მიხედვით და მარკების მიხედვით (წინა თუ უკანა წამყვანი ხიდებით, ავტომატური თუ მექანიკური გადაცემათა კოლოფები, სფერული სახსრები და სხვა). მხედველობაშია მისაღები საჭის გამაძლიერებლის ტიპი და ამძრავის საიმედოობის მაჩვენებლები, ტექნიკური მომსახურების ოპერაციების ფორმირებისას სარეგულირებელი სამუშაოების (თუ ასეთი არის) რეჟიმების კორექტირება საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით.

მე-14 ცხრილში მიცემულია მტყუნებათა პროცენტული განაწილება სისტემაში შემავალი ელემენტების მიხედვით.

#### ცხრილი 14

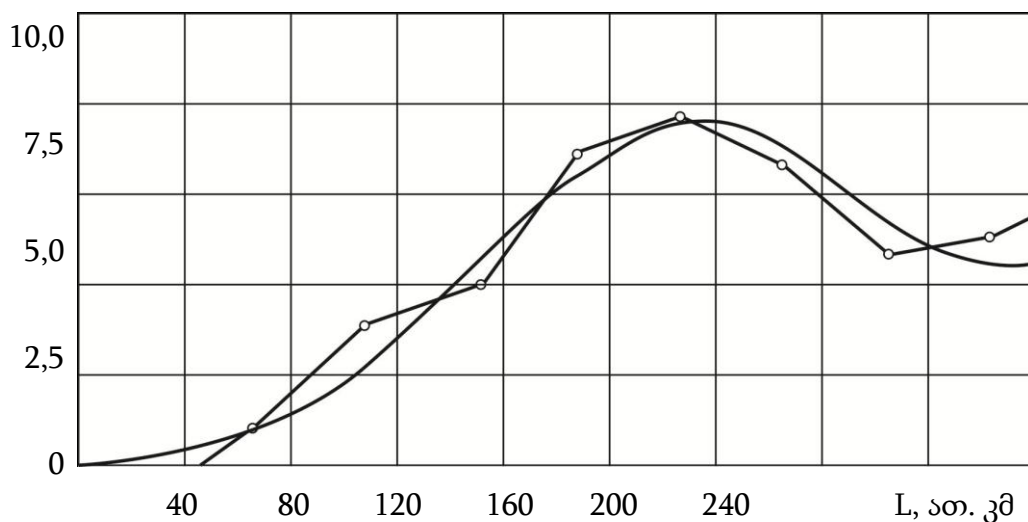
##### საჭის სისტემის და წინა ხედის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება

კვანძებისა და დეტალების დასახელება	მტყუნებათა რაოდენობა %
საჭის წევრების დაბოლოებები	30
სფერული სახსრები (თითები)	25
რეზინის ჩოხალები	20
გამაძლიერებლის ჰერმეტიკის ჩოხალები	5
ნახევარღერძის სფერული სახსრები	10
საბრუნო სატაცის საკისარი	5
სფერული სახსრის გარცმი	5

„ოპელის“ მარკის ავტომობილებისათვის მოცემული პროცენტული განაწილება ძირითადად ასახავს რეალურ სურათს, მაგრამ იგი მაინც პირობითია, ვინაიდან ზოგჯერ ადგილი აქვს ჯგუფურ (ერთობლივ) შეცვლას, რაც ცვლის ტექნიკურ-ეკონომიკურ და საიმედოობის მაჩვენებლებს. ამასთან ზოგიერთი მსუბუქი ავტომობილისათვის დამახასიათებელი

ბელია კონსტრუქციული განსხვავება დეტალებისა და კვანძების მიხედვით, რაც ბუნებრივია მათი ტექნიკური მდგომარეობის მახასიათებლებზეც აისახება. სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით განსაზღვრული იქნა საკვლევი სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი როგორც ცალკეული კვანძებისათვის, ისე მთლიანი სისტემისათვის და აგებული იქნა მისი ცვლილების დიაგრამა გარბენის მიხედვით (ნახ. 26). გათვალისწინებული იქნა არა მარტო ცხრილით მოცემული კვანძებისა და დეტალების მტყუნებები, არამედ სხვადასხვა მიზეზით გამოწვეული მტყუნებებიც (განრეგულირებით გამოწვეული მტყუნება - ე.წ. ფუნქციონალური სისტემა).

$\omega(L) \cdot 10^{-5}$  მტყუნება/კმ



**ნახ. 26. საჭით მართვის სისტემის და წინა წამყვანი ხედის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით**

როგორც ნახაზიდან ჩანს, მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის მაქსიმალური მნიშვნელობა  $10^{-5}$  მტყუნება/კმ მიიღება გარბენის 220 ათ. კმ-ზე და შემდეგ ხდება სტაბილური ხანგრძლივი გარბენის განმავლობაში (250-500 ათ. კმ). ამ მრუდის მიხედვით ხდება ტექნიკური ზემოქმედების (დეტალების შეცვლა) პროგნოზირება გარკვეული პერიოდის განმავლობაში.

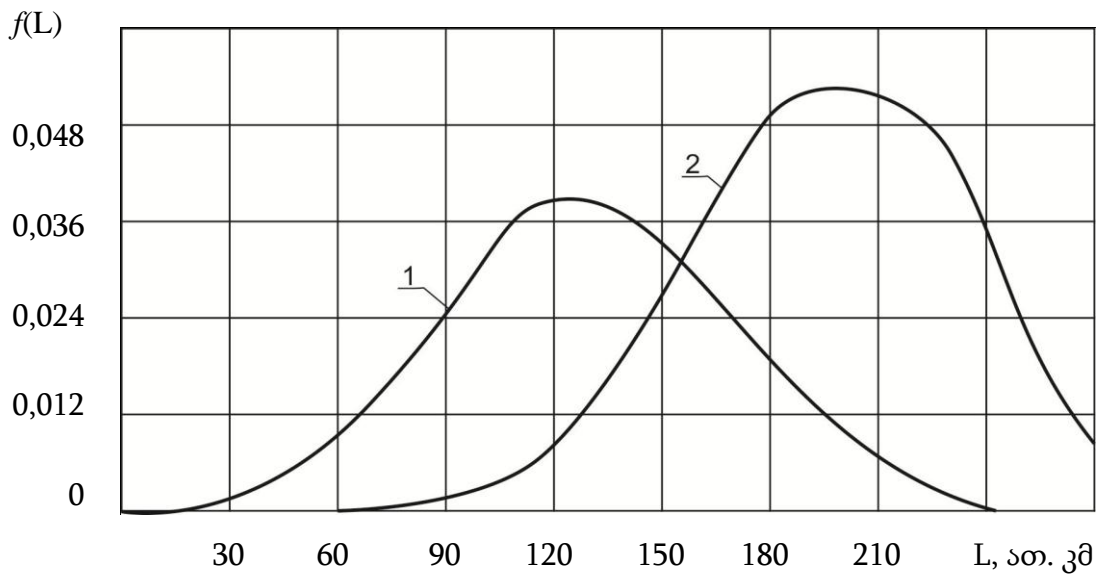
თითოეული დეტალისა და კვანძისათვის სხვა სისტემების ანალოგიურად გამოვლენილი იქნა მათი მტყუნებათა განაწილების კანონზომიერება სათანადო პარამეტრებით (ცხრილი 15) და აგებული იქნა რესურ-

სების განაწილების სიმჭიდროვის მრუდები. ნახ. 27-ზე მაგალითისათვის მოცემულია ზოგიერთი მათგანის მრუდი.

ცხრილი 15

მტყუნებათა განაწილების პარამეტრები

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი, ათ. კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი	საშუალო კვადრ. გადახრა ათ. კმ
1	საჭის წვევების დაბოლოება	120,0	0,33	39,6
2	სფერული თითები	960,0	0,35	31,5
3	რეზინის მილისები	60,0	0,45	27,0
4	ნახევარდერძის სფერული სახსრები	200,0	0,31	62,0
5	მორგვის საკისარი	180,0	0,28	52,4



ნახ. 27. რესურსების განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი.

1 - საჭის წვევების დაბოლოება; 2 - ნახევარდერძის სფერული სახსარი

2.2.9. სამუხრუჭე სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლები

თავისი ფუნქციონალური დანიშნულებისა და კონსტრუქციული თვისებების პოზიციებიდან გამომდინარე სამუხრუჭე სისტემის საიმედოობას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. ეს განპირობებულია



იმით, რომ ექსპლუატაციის პროცესში ხდება ზოგიერთი საკონტროლო სამუშაოების შესრულება დამამზადებლის რეკომენდაციით და ზოგიერთი დეტალისა და კვანძის იძულებითი შეცვლა გარკვეული გარბენის შემდეგ.

პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს, რომ სამუხრუჭე სისტემის ამრავი ჰიდრავლიკურია და გამოიყენება ვაკუუმგამამლიერებელი, ამიტომ უპირველესი ამოცანაა ჰერმეტიკობის უზრუნველყოფა (შეერთების ადგილებში და ჩოხალებში სითხის გაჟონვა), რაც მოითხოვს რეზერვუარში სამუხრუჭე სითხის დონის დასაშვებ დონემდე შენარჩუნებას, აგრეთვე გარკვეული პერიოდულობით სითხის შეცვლას.

მეორეს მხრივ, სისტემა მოიცავს 500-მდე დასახელების კონსტრუქციულ ელემენტს (კატალოგის ნომრების მიხედვით) ნორმალიზებული დეტალების გარეშე, რომელთაგან დაახლოებით 40% არალითონის ნაკეთობაა (აზბესტი, რეზინა, პლასტმასი). ზოგიერთი მათგანის ფუნქციონირება პირდაპირ კავშირშია დამუხრუჭების ეფექტიანობასთან და სამუხრუჭე მანძილთან და კლასიფიკაციის მიხედვით ხასიათდება როგორც საშიში მტყუნებები.

სისტემა მოიცავს სხვადასხვა კონსტრუქციის ანტიმაბლოკირებელ მომყობილობას (ABC), რომელთა ეფექტური მუშაობა განპირობებულია მისი საიმედოობის საწყისი მაჩვენებლებით და ხანგამძლეობით, არ ექვემდებარება სარეგულაციებელი სამუშაოების შესრულებას და მტყუნების შემთხვევაში (ან ეფექტიანობის 50%-ით შემცირების შემთხვევაში) უნდა შეიცვალოს, რაც ძვირადღირებულ ოპერაციათა კატეგორიას მიეკუთვნება თავისი ღირებულებიდან გამომდინარე.

სტატისტიკური მონაცემების შეგროვებით, დამუშავებითა და ანალიზით გამოვლენილი იქნა სამუხრუჭე სისტემის საიმედოობის მაღალიმპირებელი დეტალების და კვანძების მტყუნებათა პროცენტული განაწილება (ცხრილი 16).

## სამუხრუჭე სისტემის მტყუნებათა პროცენტული განაწილება

№	სამუხრუჭე სისტემის დეტალები და კვანძები	პროცენტული განაწილება %
1	სამუხრუჭე ხუნდები	35
2	სამუხრუჭე დისკები	12
3	მთავარი სამუხრუჭე ცილიდნრი	18
4	მუშა სამუხრუჭე ცილიდრები	10
5	რეზინის შლანგები	5
6	ვაკუუმის გამაძლიერებელი	8
7	ანტიმაბლოკირებელი მოწყობილობა	5
8	გადამწოდები	2
9	ხელის მუხრუჭი	5

სამუხრუჭე ხუნდების შეცვლის გაზრდილი პროცენტი განაპირობა მათმა ინტენსიურმა ცვეთამ სხვადასხვა საექსპლუატაციო პირობებში, მუშაობის რეჟიმმა და გამოყენებული მასალების ხარისხმა, აგრეთვე მძლოლთა კვალიფიკაციამ. სამუხრუჭე დისკების ცვეთის ინტენსიურობა დამიკოდებულია სამუხრუჭე ხუნდების ხარისხზე და ტემპერატურულ რეჟიმზე, არათანაბარი დაწოლის შემთხვევაში საჭირო ხდება მათი გაჩარხვა-გახეხვა. მთავარი და მუშა ცილიდრების მტყუნებები გამოწვეულია ცილიდრების, მათი მოძრავი ელემენტების ცვეთის შედეგად სითხეში მოხვედრილი მექანიკური ნაწილაკების გამო. რეზინის შლანგები განიცდიან ფიზიკურ-ქიმიურ ზემოქმედებას. განსაკუთრებით ტემპერატურულ დატვირთვებს, რაც იწვევს მათ ნაადრევ მწყობრიბიდან გამოსვლას. ვაკუუმის გამაძლიერებელი, რომელიც რამდენიმე ათული დასახელების დეტალებს მოიცავს (მათ შორის არალი-თონის) მწყობრიბიდან გამოდიან თანდათანობითი მტყუნების კლასიფიკაციით და მოქმედებენ დამუხრუჭების ეფექტიანობაზე. მიუხედავად ამისა მიეკუთვნებიან საშიშ მტყუნებათა კატეგორიას.

სხვადასხვა დანიშნულების გადამწოდები (ABC, ხუნდების გაცვეთის სიდიდის და სითხის დონის) მწყობრიბიდან გამოდიან ექსპონენციალური კანონზომიერებით (უეცარი მტყუნებები), და მათი პროგნოზირება და დიაგნოსტიკა რაიმე ეფექტს პრაქტიკულად არ იძლევა.

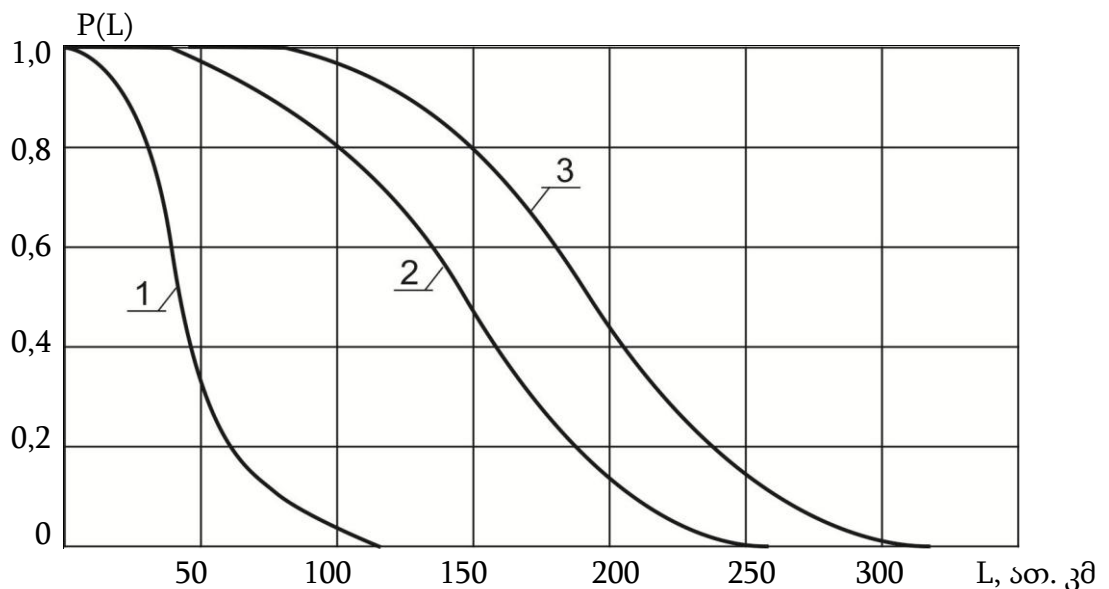
საექსპერიმენტო სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა სამუხრუჭე სისტემის საიმედოების მალიმიტირებელი დეტალებისა და კვანძების რესურსების განაწილების კანონზომიერებები და მათი პარამეტრები (ცხრილი 17).

ცხრილი 17

სამუხრუჭე სისტემის ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი, ათ. კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი	საშუალო კვადრ. გადახრა ათ. კმ
1	სამუხრუჭე ხუნდები (წინა)	40,0	0,45	18,0
2	სამუხრუჭე დისკები	350,0	0,38	133,0
3	მთავარი სამუხრუჭე ცილინდრი	190,0	0,35	66,5
4	მუშა სამუხრუჭე ცილინდრები	210,0	0,42	88,2
5	რეზინის შლანგები	180,0	0,48	86,4
6	ვაკუუმის გამამდიერებელი	240,0	0,37	88,8
7	გადამწოდები	150,0	0,40	60,0

ნახ. 28-ზე ნაჩვენებია ზოგიერთი დეტალის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი.



ნახ. 28. უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი:

- 1 - სამუხრუჭო ხუნდები; 2 - გადამწოდები;
- 3 - მთავარი სამუხრუჭე ცილინდრი

## 2.2.10. ავტომობილის დაკიდების საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა

საკვლევი ავტომობილების დაკიდების კონსტრუქციული თავისებურებები პრინციპულად მკვეთრად არ განსხვავდება მარკებისა და მოდელების მიხედვით. მათი ეფექტიანობა ექსპლუატაციის პროცესში და მუშაობისუნარიანობის მაჩვენებლები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული საგზაო პირობებზე და მძღოლის კვალიფიკაციაზე. რეგლამენტური სამუშაოები ამ თვალსაზრისით ნაკლებად არის გათვალისწინებული. ქ. თბილისის და საქართველოს სხვა რეგიონების საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით და რეალურ პირობებში ავტომობილების ექსპლუატაციაზე დაკვირვების შედეგებით ვლინდება, რომ დაკიდების საიმედოობა ლიმიტირებულია ძირითად შემდეგ ელემენტებზე: ამორტიზატორები, ამორტიზატორის ბალიშები, სტაბილიზატორების (მშრალი ამორტიზატორი) პლასტმასის მილისები, ზამბარები.

### ცხრილი 18

#### დაკიდების სისტემის ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი, ათ. კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი	საშუალო კვადრ. გადახრა ათ. კმ
1	ამორტიზატორები	110,0	0,39	42,9
2	ამორტიზატორების ბალიშები	80,0	0,43	34,4
3	სტაბილიზატორის პლასტმასის მილისები	75,0	0,41	30,7
4	დაკიდების (განშლის) მილისები	70,0	0,45	31,5
5	ზამბარები	180,0	0,40	72,0

გასაგები მიზეზების გამო მტყუნებათა დიდი რაოდენობა მოდის ამორტიზატორებზე და მათ პლასტმასის მილისებზე, ე.წ. „განშლის მილისები“ ცუდი საექსპლუატაციო პირობების გამო, ე.ი. დიდი დატვირ-

თვების გამო, რაც გამოწვეულია მუშაობის რეჟიმების ცვლილებით და გაზრდილი ინტენსიური ზემოქმედებით, რაც საბოლოო ჯამში მტყუნებას და ზოგადად მწყობრიდან გამოსვლას იწვევს.

სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით განსაზღვრული იქნა დაკიდების სისტემაში შემავალი კვანძებისა და დეტალების რესურსების განაწილების კანონზომიერებები და მათი პარამეტრები (ცხრილი 18).

დატვირთვით გამოწვეული მტყუნების გამო აღნიშნული ელემენტების რესურსების განაწილების კანონზომიერება არცერთი მათგანისთვის არ ექვემდებარება ნორმალურ კანონს, ადგილი აქვს ვეიბულისა და ექსპონენციალურ კანონებს, რაც რეალურ სიტუაციას შეესაბამება, ვინაიდან მათი მუშაობის რეჟიმებისა და ციკლური დატვირთვების გამო მტყუნებათა ხასიათი გამოვლინებულია აღნიშნული პირობების ზემოქმედებით. ეს კი მიუთითებს იმ გარემოებაზე, რომ მათთვის დამუშავებული უნდა იქნას შეცვლის ოპტიმალური პერიოდულობა.

### **2.2.11. ელექტრომოწყობილობის საიმედოობის მაჩვენებლები**

ფუნქციონალური დანიშნულებისა და აგრეტარებისა და მექანიზმების ურთიერთდამოკიდებულების თვალსაზრისით ავტომობილის ელექტრომოწყობილობის საიმედო მუშაობას, მისი ქვესისტემების პარამეტრების დასაშვებ ზრვრებში შენარჩუნებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. ექსპლუატაციის პროცესში მტყუნებათა და უწყისივრობათა რაოდენობის დაახლოებით 20% ელექტრომოწყობილობაზე მოდის (ცხრილი 3). დიდია მატერიალური და შრომითი ხარჯების კუთრი წილი, რომელიც ელექტრომოწყობილობის ტექნიკურ მომსახურებასა და სათადარიგო დეტალების შეცვლას სჭირდება. ამიტომაც კონკრეტული ავტომობილის მოდიფიკაციის შემადგენელი კვანძი და ელემენტი საიმედოობის უზრუნველყოფის მიზნით მოითხოვს ინდივიდუალურ მიდგომას, როგორც პროფილაქტიკური ოპერაციების შესრულების, ისე შესაცვლელი დეტალის რესურსის სრული გამომუშავების მხრივ.

ამას ემატება ის ფაქტორიც, რომ თანამედროვე ავტომობილები, როგორც „სადიაგნოსტიკოდ მომზადებული“ (ან აღჭურვილი) ტექნიკური საშუალება, მოიცავს მთელ რიგ ელექტრული მართვის სისტემებს და აგრეგატებს, რომლებიც ანალიტიკურ-ინფორმაციული ბაზის შემცველი მიკროპროცესორების სისტემით ფუნქციონერებენ.

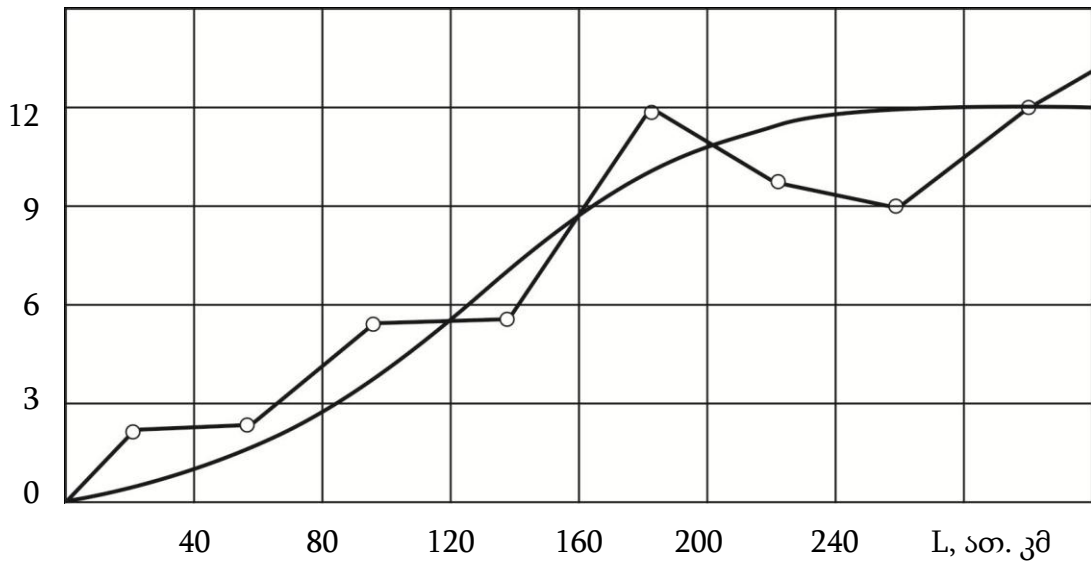
ასეთებია: კვების სისტემა, ანთების სისტემა, ავტომატური გადაცემათა კოლოფი, სამუხრუჭე სისტემა, მთელი რიგი ამძრავები, ელექტრომომხმარებლები და სხვა. თითოეული ასეთი ქვესისტემის ფუნქციონირების ხარისხზეა დამოკიდებული ავტომობილების საერთო ელექტრომოწყობილობის გამართული მუშაობა, რაც პრაქტიკულად ავტომობილის მიერ სატრანსპორტო პროცესის შესრულების გარანტიას იძლევა.

მეორე მხრივ, არანაკლებ მნიშვნელოვანია მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. სამუხრუჭე და საჭით მართვის სისტემებთან ერთად იგი განპირობებულია ელექტრომოწყობილობის, სიგნალიზაციის, მუქების და სხვა საკონტროლო მოწყობილობების საიმედო მუშაობით. ზოგადად ავტომობილის აგრეგატებისა და სისტემების ნორმალური ფუნქციონირება ელექტრომოწყობილობის ეფექტურ მუშაობაზეა დამოკიდებული.

ექსპლუატაციის პროცესში ელექტრომოწყობილობის საიმედოობის ლიმიტს ძირითდად ქმნიან: სანთლები, მაღალი ძაბვის გამტარები, ნაპერწკლის გამანაწილებლები, გენერატორი, გენერატორის ამძრავი ღვედი, სტარტერი, სტარტერის რელე, სხვადასხვა დანიშნულების გადამწოდები, სასიგნალო ნათურები, ავტომატური ჩამრთველები და ამძრავები.

ზემოთ ჩამოთვლილი ელექტრომოწყობილობის საიმედოობის მილიმიტირებელი კვანძებისა და დეტალების მტყუნებათა შესახებ ინფორმაციული მასალის დამუშავებით განისაზღვრა მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრები (მტყუნებათა ინტენსიურობა), თითოეული მათგანისათვის და მთლიანად ელექტრომოწყობილობისათვის აგებული იქნა მისი ცვლილების დიაგრამა (ნახ. 29).

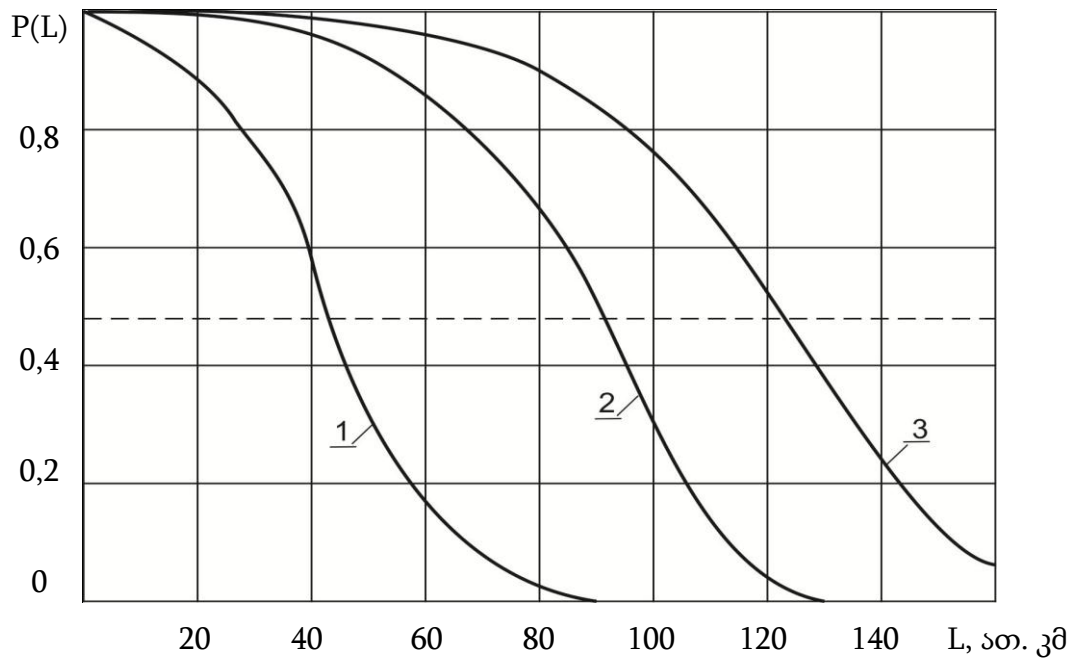
$\omega(L) \cdot 10^{-5}$  მტყუნება/კმ



**ნახ. 29. ავტომობილის ელექტრომოწობილობის მტყუნებათ ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით**

უნდა აღინიშნოს, რომ მოცემული დიაგრამა, რომელიც სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით იქნა მიღებული, ძირითადად „ოპელის“ მარკის ავტომობილზე დაკვირვებით იქნა მიღებული. მაგრამ ანალიზით დადგინდა, რომ იგი უახლოვდება სხვა იმავე კლასის მსუბუქი ავტომობილის მონაცემებს. არის მნიშვნელოვანი სხვაობა მტყუნებათა სიხშირის მხრივ ზოგიერთი კვანძისა და დეტალისათვის. თითოეული დეტალისა და კვანძისათვის განსაზღვრული იქნა რესურსების განაწილების კანონზომიერება და მისი პარამეტრები, რომელთა საფუძველზე აგებული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები (ნახ. 30).

აღნიშნული დეტალები მწყობრიდან გამოდიან ვეიბულის და ექსპონენციალური კანონზომიერებებით და ხასიათდებიან რესურსების დიდი ვაბნევით (ვარიაციის კოეფიციენტი  $V = 0,45-0,85$ ). მეორეს მხრივ, მტყუნებათა ასეთი ხასიათი განპირობებულია სათადარიგო დეტალების დაბალი ხარისხით (ან მეორადი გამოყენების დეტალებით).



ნახ. 30. უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდი:

1 - გენერატორის ღვედი; 2 - მაღალი ძაბვის გამტარები; 3 - გადამწოდები



## 2.3. 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 დამუშავებული მეთოდით ჩამოყალიბდეს და ფორმირებული იქნას კონკრეტული მარკების მიხედვით ავტომობილზე განსახორციელებელი ტექნიკური ზემოქმედების ოპერაციების საკლასიფიკაციო ჯგუფები. აღნიშნული კლასიფიკაციის საფუძველს წარმოადგენს მტყუნებათა და უწყესივრობათა გავლენის შედეგი კონსტრუქციული სქემებისა და მექანიზმების საიმედოობაზე;

- შემოთავაზებული ცალკეული ოპერაციის შესრულების ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდი გამოყენებული იქნას საკლასიფიკაციო ჯგუფების მიხედვით მათი რეჟიმების ოპტიმიზირებისას.

- სისტემების და აგრეგატების უმტყუნებლობის საჭირო დონის უზრუნველყოფის და ხარჯების მინიმიზაციის მიზნით შემოწმდეს ელემენტების შეცვლის შემოთავაზებული სისტემის ეფექტიანობა დადგენილი კრიტერიუმების მიხედვით.

ქვემოთ მოცემულია აღნიშნული თანმიმდევრობით დამუშავებული მეთოდების რეალიზაციის მაგალითები.

### 2.3.1. ტექნიკური ზემოქმედების საკლასიფიკაციო ჯგუფების ფორმირება

როგორც კვლევის თეორიულ ნაწილში იყო აღნიშნული, ასეთი ჯგუფების ფორმირებას საფუძვლად უდევს მტყუნებების და უწყესივრობების წარმოქმნის, განვითარების და შედეგის გავლენა სისტემის ეფექტიანობაზე და საბოლოოდ ავტომობილის ფუნქციონირების ხარისხზე ან საერთოდ ექსპლუატაციის შეწყვეტაზე (ნახ. 7). საერთოდ ასეთი კლასიფიკაციის

შემოღების მიზანი იმ საერთო მიზნობრივი ფუნქციის შინაარსიდან გამომდინარეობს, რასაც საიმედოობის მართვა მოიცავს და რომელიც მიმართულია სარტანსპორტო საშუალებათა ეფექტური გამოყენებისაკენ. ამ პრინციპებიდან გამომდინარე კლასიფიკაციის მიზნებია: გამოყენებული მასალების ეკონომია, დეტალების ცვეთის ტემპის შემცირება, უმტყუნებლობის დონის უზრუნველყოფა. საკითხისადმი ასეთი მიდგომით ფორმირებული იქნა ძირითადი, დამხმარე-პარალელური (ხანგამძლეობაზე მოქმედი) და დამხმარე-მიმდევრობითი (ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედი) საკლასიფიკაციო ჯგუფები.

როგორც იყო ნათქვამი, საკლასიფიკაციო ჯგუფების შექმნის საფუძველია მტყუნებათა მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზი. ამიტომ კონსტრუქციულ თავისებურებათა გათვალისწინებით თითოეული აგრეგატის, მექანიზმისა და სისტემისათვის გამოვლენილი იქნა მტყუნებათა და უწყვეტობათა ნომენკლატურა და შესაბამისი ტექნიკური ზემოქმედების ფორმები და მეთოდები, რომლებიც მათი აღმოფხვრისაკენ არიან მიმართული. შესასრულებელი სამუშაოები და მათი ცალკეული ოპერაციები შეიძლება მოიცავდეს საკონტროლო-სარეგულირებელ სამუშაოებს და ცალკეულ შემთხვევებში ელემენტების შეცვლის პროცედურებსაც იძულებითი წესით. ამ შემთხვევაში ყველა ისინი ატარებენ პროფილაქტიკურ ხასიათს და, მაშასადამე, მოითხოვენ ოპტიმიზირებას, დაზუსტებასა და დაკონკრეტებას თავისი შინაარსის და საშემსრულებლო პარამეტრებით, უპირველეს ყოვლისა, ნომენკლატურული სახით ჩამოყალიბებას. კონკრეტული საექსპლუატაციო პირობებისათვის და კონკრეტული მარკის ავტომობილებისათვის უნდა მოიძებნოს ოპტიმალური ფორმა და სახეობა შესაბამისი პარამეტრებით. ქვემოთ მოცემულია შესასრულებელი ოპერაციების ფორმირება ძრავის მაგალითზე (ცხრილი 19 და 20).

## ძრავის სისტემების ოპერაციების ფორმირება

ძირითადი სისტემების დასახელება	დამხმარე სისტემა		შესასრულებელი ოპერაციები
	ხანგამძლეობაზე მოქმედი	ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედი	
გაზგანაწილების სისტემა	ჰერმეტიკობის უზრუნველყოფის სისტემა	სარქველების ამძრავი მექანიზმი	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ღვედის შეცვლა</li> <li>– დამჭიმი მოწყობილობის შეცვლა</li> <li>– ჩობალების შეცვლა</li> <li>– სარქველების რეგულირება</li> </ul>
გაგრილების სისტემა	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ჰერმეტიკობის უზრუნველყოფის სისტემა</li> <li>– თბური რეჟიმის უზრუნველყოფის სისტემა</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– წყლის ტუმბოს შეცვლა</li> <li>– ამძრავის ღვედის შეცვლა</li> <li>– თერმოსტატის შეცვლა</li> <li>– რადიატორის შლანგების შეცვლა</li> <li>– ტემპერატურული გადამწოდის შეცვლა</li> <li>– რეზერვუარის სახურავის შეცვლა</li> </ul>
შეზეთვის სისტემა	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ჰერმეტიკობის უზრუნველყოფა (სადებები)</li> <li>– ზეთის ხარისხი და ფილტრები</li> </ul>	კარტერში ზეთის ქვედა დონე	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ზეთისა და ფილტრის შეცვლა</li> <li>– ზეთის წნევის გადამწოდის შეცვლა</li> <li>– კარტერის სადების შეცვლა</li> </ul>

ძრავის სისტემების ოპერაციების ფორმირება

სისტემის დასახელება	დამხმარე სისტემა		შესასრულებელი ოპერაციები
	ხანგამძლეობაზე მოქმედი	ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედი	
კვების სისტემა	ჰერმეტიკობის უზრუნველყოფის სისტემა	<ul style="list-style-type: none"> <li>– საწვავის მიწოდების სისტემა</li> <li>– საწვავის გაფილტვრის სისტემა</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– საწვავის ტუმბოს შეცვლა</li> <li>– საწვავის ფილტრის შეცვლა</li> <li>– საწვავის დონის გადამწოდის შეცვლა</li> <li>– შეფრქვევის სისტემის გარეცხვა-გასუფთავება</li> <li>– მფრქვევანების შეცვლა</li> </ul>
ჰაერის მიწოდების და ნაწილის აირების გაშვების სისტემა		<ul style="list-style-type: none"> <li>– ჰაერის გასუფთავების სისტემა</li> <li>– აირების გაშვების ხარისხის სისტემა</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ჰაერის ფილტრის შეცვლა</li> <li>– ნეიტრალიზატორის შეცვლა მაყუჩში და კოლექტორში</li> </ul>

ოპერაციების ფორმირებისას განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო ავტომობილის ელ. მოწყობილობის სამუშაოების შესრულებას, მათი შინაარსისა და ნომენკლატურის დადგენას (ცხრილი 21). უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე ავტომობილების ელექტრომოწყობილობა საკმაოდ მაღალი საიმედოობით ხასიათდება, მათ შორის ავტომატური ჩამრთველებისა და რეგულატორების რესურსები.

ელექტრომოწყობილობის ოპერაციების ფორმირება

სისტემის დასახელება	დამხმარე სისტემა		შესასრულებელი ოპერაციები
	ხანგამძლეობაზე მოქმედი	ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედი	
ელ. მოწყობილობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ძაბვისა და დენის ძალის რეგულატორები</li> <li>- ავტომატური ჩამრთველები</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ელ. ენერჯის უზრუნველყოფის სისტემა (აკ.ბ. გენერატორი)</li> <li>- ნაპერწკლის მიწოდების სისტემა (ანთების სისტემა)</li> <li>- განათების სისტემა</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ელ. გამტარების შეცვლა</li> <li>- სანთლების შეცვლა</li> <li>- ნათურების და დამცველების შეცვლა</li> <li>- გენერატორის ღვედის შეცვლა</li> <li>- გენერატორის მუსების სისტემა</li> </ul>

ანალოგიურად იქნა გამოვლენილი და ფორმირებული ავტომობილის ტრანსმისიის და სხვა აგრეგატებისა და სისტემების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფისათვის საჭირო შესასრულებელი ოპერაციების ნომენკლატურა და შინაარსი (ცხრილი 22). როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ზოგიერთი სისტემისათვის ასეთი დაყოფა პირობითია (დამხმარე და ძირითადი სისტემები). მეორეს მხრივ, იგი ასახავს სისტემის ფუნქციონალური და კონსტრუქციული შესაბამისობის პირობას და მოთხოვნების დაკმაყოფილების დონეს. ეს კი ექსპლუატაციის პროცესში მტყუნებებისა და უწყესივრობების ნაკადის პარამეტრით გამოიხატება.

ავტომობილის სისტემების ოპერაციების ფორმირება

სისტემის დასახელება	დამხმარე სისტემა		შესასრულებელი ოპერაციები
	ხანგამძლეობაზე მოქმედი	ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედი	
გადაბმულობა		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ამძრავი სისტემა</li> <li>- თავისუფალი სვლის რეგულირების სისტემა</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- დისკზე ფრიქციული ნაფენის (დისკი) შეცვლა</li> <li>- გამომრთველი საკისარის შეცვლა</li> <li>- სატერფულის თავისუფალი სვლის რეგულირება</li> <li>- ამძრავი ტროსის შეცვლა</li> </ul>
საჭე და წამყვანი ხიდი	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ჰერმეტიკობისა და სისუფთავის დაცვის სისტემა</li> <li>- საჭის გამამძლიერებლის სისტემა</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- საჭის წვევების დაბოლოების შეცვლა</li> <li>- რეზინის ჩოხალების შეცვლა</li> <li>- ნახევარღერძის სფერული სახსრის და მისი გარცმის შეცვლა</li> <li>- საბრუნო სატაცის შეცვლა</li> <li>- სფერული თითების შეცვლა</li> </ul>
სამუხრუჭე სისტემა	<ul style="list-style-type: none"> <li>- სამუხრუჭე სითხის ხარისხი</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ჰერმეტიკობის უზრუნველყოფის სისტემა</li> <li>- ვაკუუმგამამძლიერებლის სისტემა</li> <li>- ანტიმაბლოკირებელი სისტემა</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- სამუხრუჭე ხუნდების შეცვლა</li> <li>- მთავარი სამუხრუჭე ცილინდრის შეცვლა</li> <li>- მუშა სამუხრუჭე ცილინდრების შეცვლა</li> <li>- სამუხრუჭე დისკების შეცვლა</li> <li>- გადამწოდების შეცვლა</li> </ul>
დაკიდების სისტემა			<ul style="list-style-type: none"> <li>- ამორტიზატორების ბალიშების შეცვლა</li> <li>- პლასტმასის მილისების შეცვლა</li> <li>- განშლის მილისების შეცვლა</li> <li>- ამორტიზატორების შეცვლა</li> <li>- ზამზარების შეცვლა</li> </ul>

### 2.3.2. ფუნქციონალური სქემების ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა

როგორც შესასრულებელი სამუშაოების ნომენკლატურულმა ანალიზმა გვიჩვენა, თანამედროვე ავტომობილების საიმედოობის საჭირო დონეზე უზრუნველყოფა ექსპლუატაციის პროცესში დაკავშირებულია სხვადასხვა სახის ოპერაციების შესრულებასთან, რომელთაგან ზოგიერთი, კონსტრუქციულ თავისებურებათა გათვალისწინებით, მოიცავს საკონტროლო-სარეგულირებელ სამუშაოებს, ზოგიერთი კი დეტალების შეცვლის სამუშაოებს. ორივე სახის სამუშაოების შესრულების პარამეტრები საჭიროებს დაზუსტებას და ოპტიმიზირებას ყველა ფაქტორების გათვალისწინებით, განსაკუთრებით კი საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით. ოპტიმიზირებული პარამეტრები კი, თუ ისინი რეალურად ასახავენ ტექნიკური მოთხოვნების პირობებს, მიღებული იქნება როგორც ნორმატიული მაჩვენებლები. მხედველობაში გვაქვს კონკრეტული სარეგულირებელი სამუშაოს შესრულების პერიოდულობის დადგენა.

კვლევის თეორიულ ნაწილში მოცულია პერიოდულობის განსაზღვრის მათემატიკური მოდელი. მის მიხედვით მიზნობრივი ფუნქციის კრიტიერიუმს, საკვლევი სისტემის დანიშნულებისა და სპეციფიკის გათვალისწინებით, წარმოადგენს უმტყუნებლობის დონე და კუთრი ხარჯების მინიმუმი. ქვემოთ მოცემულია პერიოდულობის განსაზღვრის მაგალითები სხვადასხვა სისტემებისათვის.

#### **გადაბმულობის რეგულირების პერიოდულობის განსაზღვრა.**

სარეგულირებელ პარამეტრს წარმოადგენს სატერფულის თავისუფალი სვლა. ექსპლუატაციის პროცესში იგი გამოდის დასაშვები ზღვრებიდან (10-12 მმ), გართულებულია გადაცემათა კოლოფში საფეხურების ჩართვა-გამორთვის ოპერაციები და შედეგები უარყოფითად აისახება დეტალებისა და კვანძების ხანგამძლეობაზე, არ არის გამორიცხული, რომ გამოიწვიონ გადაცემათა კბილანების ნაადრევი მწყობრიდან გამოსვლა.

აღნიშნული პარამეტრის (თავისუფალი სვლა) გაზრდა გამოწვეულია გადაბმულობის დისკებს შორის ღრეჩოს გაზრდით, რაც დაკავშირებულია ფრიქციული ნაფენის ცვეთასთან. როდესაც ცვეთა დასაშვებ ზღვრებშია, იგი არ აისახება ღრეჩოს გაზრდაზე და ავტომატურად ხდება სასურველი დონის შენარჩუნება. ვინაიდან გადაბმულობის ამძრავი სისტემა მექანიკურია და ბერკეტებითა და ტროსით ხდება ჩართვა-გამორთვის პროცედურები, გარკვეული დროის შემდეგ საჭირო ხდება ამძრავი ტროსის დაგრძელება-დამოკლება, რითაც ხდება სატერფულის თავისუფალი სვლის ნომინალურ სიდიდემდე დაყვანა. გარკვეული რესურსის შემდეგ ხდება აღნიშნული ტროსის გაწევა და რეგულირებაც შეუძლებელი ხდება, რომლის დროსაც საჭიროა ტროსის შეცვლა.

პერიოდულობის განსაზღვრისათვის საჭირო მონაცემები შემდეგია:

- გადაბმულობის მტყუნების ღირებულება -  $C_{მტყ} = 50,0$  ლარი;
- სისტემის მაქსიმალური რესურსი -  $L_{რ}^{max} = 65,0$  ათ. კმ;
- სისტემის მინიმალური რესურსი -  $L_{რ}^{min} = 45,0$  ათ. კმ;
- ტექნიკური მომსახურების ღირებულება -  $C_{ტმ} = 2,5$  ლარი;
- ამძრავის (ტროსის) საშუალო რესურსი -  $L_{რ} = 50,0$  ათ. კმ;
- ვარიაციის კოეფიციენტი -  $V = 0,48$ .

ანგარიში შესრულდა მოცემული საწყისი მაჩვენებლების მიხედვით. მისი თანმიმდევრობა და შედეგები მოცემულია 23-ე ცხრილში.

### ცხრილი 23

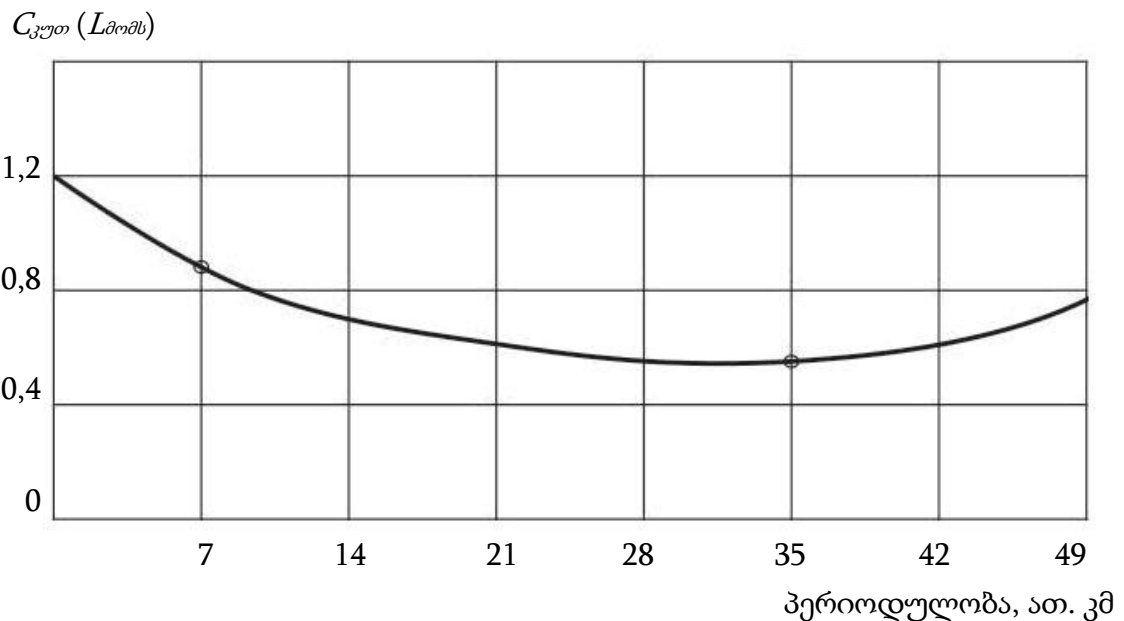
#### პერიოდულობის განსაზღვრის საანგარიშო მაჩვენებლები

№	მაჩვენებლები	მომსახურების პერიოდულობა, ათ. კმ						
		7	14	21	28	35	42	49
1	$P_i^{min}(L_{მომს})$	0,946	0,912	0,888	0,855	0,821	0,786	0,750
2	$P_s^{საშ}(L_{მომს})$	0,980	0,962	0,951	0,938	0,919	0,901	0,880
3	$L_{რ}^{min}$	60,0	58,0	54,0	48,0	46,0	44,0	42,0
4	$L_{რ}$	57,0	55,0	51,0	48,0	45,0	42,0	38,0
5	$C_{ს.შ}(L_{მომს})$ ( $L_{რ}$ -ს დროს)	1,01	0,98	0,94	0,90	0,88	0,92	0,98



როგორც ცხრილში მოტანილი ანგარიშიდან ჩანს, ჯამურ ხარჯებს მინიმალური მნიშვნელობა აქვს პერიოდულობის  $L_{\text{მოძ}} = 35,0$  ათ. კმ-ის დროს (მე-5 სვეტი). იმისდა მიხედვით, როგორია საწყისი მონაცემები, განსხვავებაც შეიძლება იყოს მეტნაკლები, მაგრამ ყველა შემთხვევაში დამუშავებული მეთოდით პერიოდულობის განსაზღვრა იძლევა ამოცანის ამოხსნის სწორ მიმართულებას. ნახ. 31-ზე მოცემულია ხარჯების ცვლილების მრუდი პერიოდულობისგან დამოკიდებულებით.

პერიოდულობის განსაზღვრის მოტანილი მაგალითისათვის საწყისი მაჩვენებლები აღებულია „ოპელის“ მარკის ავტომობილისათვის. კონკრეტული მარკის ავტომობილებისათვის, რომელთაც გადაბმულობის ამძრავის ანალოგიური სისტემა აქვთ, პერიოდულობა განისაზღვრება სათანადო საწყისი მაჩვენებლების საფუძველზე დამუშავებული მეთოდის მიხედვით.



ნახ. 31. გადაბმულობის რეგულირების პერიოდულობის განსაზღვრა

**ძრავის ზეთის შეცვლის პერიოდულობის განსაზღვრა.**

შიგაწვის ძრავის ტექნიკური მომსახურების სამუშაოთა კომპლექსის ფორმირებისას ერთ-ერთ აუცილებელ და საჭირო სამუშაოს წარმოადგენს კარტერში ზეთის შეცვლა, ჰაერის ფილტრის გაწმენდა და სხვა.

ზეთის ხარისხის გაუარესება, ჰაერისა და ზეთის გაწმენდა და სხვა პროცესები გარკვეული ინტენსიურობით მიმდინარეობს, რაც თავისთავად

არ იწვევს ძრავას მტყუნებას, მაგრამ ზრდის მის ცვეთას და, მაშასადამე, ამცირებს მის რესურსს. იგივე ითქმის შეზეთვის სისტემის მსგავს დამხმარე სისტემებზე. ასე ჩნდება აღნიშნული სისტემების მომსახურების ოპერაციების შესრულების პერიოდულობის განსაზღვრის აუცილებლობა, მათი მუშაობის მაჩვენებლების გაუარესებისა და ძრავის რესურსზე მათი გავლენის პირობებიდან გამომდინარე. ამასთან, გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ძრავას მომსახურებისა და მტყუნების შემთხვევაში მისი მუშაობის უნარის აღდგენის ღირებულებებს.

ექსპერიმენტული კვლევის დროს მიღებული სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრულია ძრავისა და შეზეთვის სისტემის შემდეგი მახასიათებლები (ცხრილი 24).

**ცხრილი 24**

ძირითადი სისტემა			დამხმარე სისტემა		
$C_{მტყ}$ ლარი	$L_{ტ}^{max}$ ათ. კმ	$L_{ტ}^{min}$ ათ. კმ	$C_{ტ}$ ლარი	$L_{ტ}$ , ათ. კმ	ვარიაციის კოეფ-ნტი, V
250,0	500,0	80,0	5,0	70,0	0,65

ანგარიში შესრულდა თეორიული კვლევის დროს დამუშავებული მეთოდით და მიღებული გამოსახულებებით. შედეგები მოცემულია 25-ე ცხრილში.

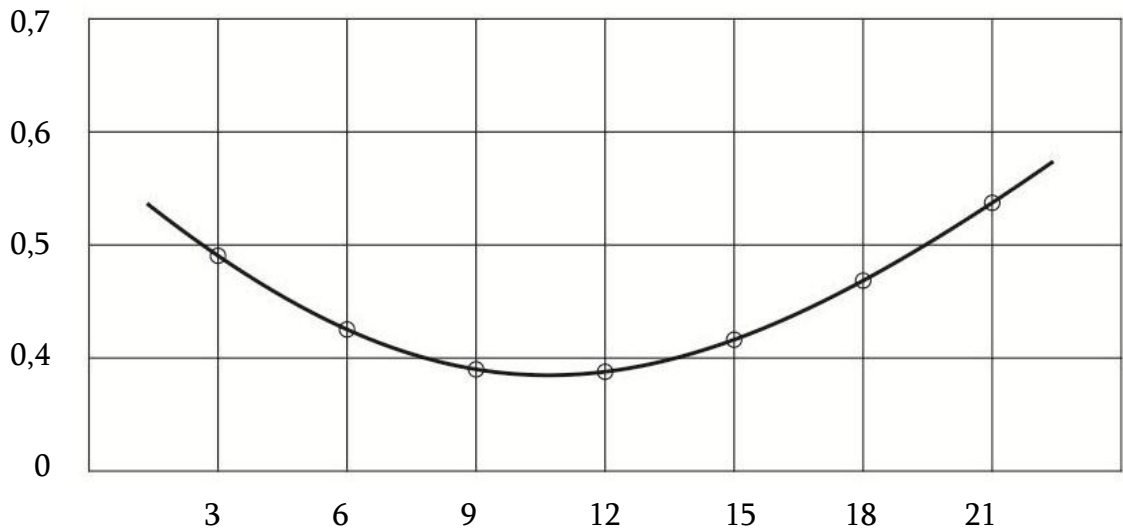
**ცხრილი 25**

**ზეთის შეცვლის პერიოდულობის საანგარიშო ცხრილი**

№	მაჩვენებლები	მომსახურების პერიოდულობა, ათ. კმ						
		3	6	9	12	15	18	21
1	$P_{ს}^{min}(L_{მომს_i})$	0,95	0,91	0,89	0,85	0,82	0,78	0,75
2	$P_{ს}^{საშ}(L_{მომს_i})$	0,98	0,96	0,95	0,94	0,92	0,91	0,89
3	$L_{ტ}^{min}$	480	450	420	390	360	330	300
4	$L_{ტ}$	495	490	485	480	475	470	465
5	$C_{ს.შ}(L_{მომს})$ ( $L_{ტ}^{min}$ -ს დროს)	0,51	0,45	0,43	0,56	0,62	0,70	0,81
6	$C_{ს.შ}(L_{მომს})$ ( $L_{ტ}^{min}$ -ს დროს)	0,58	0,53	0,49	0,48	0,52	0,56	0,61

როგორც ცხრილის ანალიზიდან ჩანს, მინიმალური კუთრი ხარჯები 0,48 ლარი მიიღება პერიოდულობის 12,0 ათ. კმ-ის შემთხვევაში, როდესაც ძრავის რესურსი უზრუნველყოფილი იქნება 480 ათ. კმ-ის ტოლი; იგულისხმება, რომ შესაცვლელი ზეთის ხარისხი სრულიად შეესაბამება იმ მოთხოვნებს, რაც აღნიშნული ძრავისათვის არის დადგენილი. იგივე ეხება ზეთთან ერთად შესაცვლელ ფილიტრსაც. 32-ე ნახაზზე მოცემულია ხარჯების ცვლილების დიაგრამა.

$C_{კუთ} (L_{მოთ})$



პერიოდულობა, ათ. კმ

### ნახ. 32. ზეთის შეცვლის კუთრი ხარჯების ცვლილების დიაგრამა

**ძრავას სარქველების რეგულირების პერიოდულობის განსაზღვრა.**

აღნიშნული დამხმარე სისტემა წარმოადგენს ძირითადი სისტემის ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედ სისტემას. ეს კი ნიშნავს, რომ სარეგულირებელი პარამეტრი - თბური ღრეჩო სარქველებსა და მაბიძგებელს შორის ექსპლუატაციის პროცესში იცვლება - იზრდება, რაც, ბუნებრივია, უარყოფითად აისახება ძრავის მუშაობის პარამეტრებზე (სიმძლავრე, საწვავის ხარჯი და სხვა). ამიტომ დგება დასაშვები ზღვრებიდან გამოსული პარამეტრის ნორმალიზება რეგულირების ოპერაციის შესრულებით.

საწყის მონაცემებს წარმოადგენს:

- მტყუნების ალბათობის მნიშვნელობები მოდელირებული დიაგრამების მიხედვით მინიმალური და მაქსიმალური რესურსების შემთხვევაში -  $F_i (L_{მოთ})$ ;

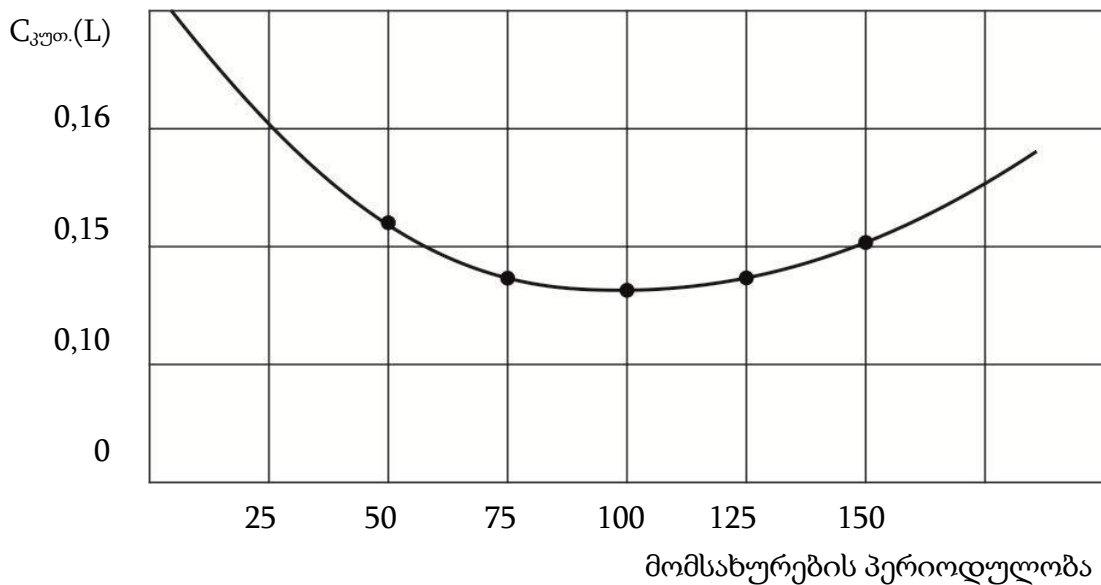
- მომსახურების ღირებულება  $C_{მომს}$ , ლარი;
- მტყუნების ღირებულება -  $C_{მტყ}$ , ლარი;
- ოპერაციის გამეორების კოეფიციენტი -  $K_{გამ}$ ;
- მომსახურებისა და მტყუნების ღირებულებათა ფარდობა -  $K$ .

ანგარიშის შედეგები მოცემულია 26-ე ცხრილში, ხოლო ხარჯების ცვლილების დიაგრამა - 33-ე ნახაზზე.

### ცხრილი 26

#### პერიოდულობის განსაზღვრის საანგარიშო პარამეტრები

$L_{მომს}$ ათ. კმ	$C_{მომს}$ ლარი	$C_{მტყ}$ ლარი	$K_{გამ}$	$K$	$F(L_{მომს})$	$C_{კუT}$ , ლარი 1000კმ
25,0	40,0	200,0	0,6	0,31	0,15	0,176
50,0					0,22	0,151
75,0					0,31	0,135
100,0					0,48	0,128
125,0					0,71	0,133
150,0					0,92	0,145



ნახ. 33. სარქველების რეგულირების პერიოდულობის განსაზღვრის დიაგრამა

როგორც საანგარიშო ცხრილისა და მისი მონაცემებით აგებული მრუდი გვიჩვენებს, სარქველების რეგულირების ოპტიმალური პერიოდულობა „ოპელის“ მარკის ავტომობილებისთვის შეადგენს 120,0 ათ. კმ-ს. აღნიშნული სიდიდე მოითხოვს დაკონკრეტებას სხვა მსგავსი მარკის ავტომობილებისათვის, რაც კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე მოითხოვს დამატებითი კვლევითი სახის სამუშაოს შესრულებას და საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენას.

### **2.3.3. დეტალებისა და კვანძების შეცვლის პარამეტრების განსაზღვრა და კორექტირება**

როგორც კვლევის თეორიულ ნაწილში იყო აღნიშნული, დეტალების შეცვლის სტრატეგია და მისი სახეობების დადგენა, სრულყოფა და შემდგომი რეალიზაცია დაკავშირებულია მატერიალურ (სათადარიგო დეტალებისა და მასალების ღირებულება) და შრომით (მომსახურე პერსონალის ანაზღაურება) ხარჯებთან. ხარჯების მინიმუმის კრიტერიუმით ნებისმიერი ტექნიკური საკითხის ოპტიმიზირება მისაღები და საყურადღებოა, მაგრამ გაცილებით მაღალი ეფექტი მიიღება, როდესაც იგი ტექნიკური კრიტერიუმების რომელიმე ფაქტორთან ერთად არის ფორმირებული. ასეთები შეიძლება იყოს: მოძრაობის უსაფრთხოება, ეკოლოგიური ნორმატივების დაცვა, მაღალი უმტყუნებლობა და სხვა.

დეტალების შეცვლის სისტემის ოპტიმიზირება მოიცავს ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით საიმედოობის მაღალიმიტირებელი დეტალების ინდივიდუალური ან ჯგუფური შეცვლების რაოდენობათა განსაზღვრას გარბენის გარკვეული მნიშვნელობის ზღვრებში. ინდივიდუალური შეცვლები თავისი შინაარსით გასაგები და მარტივია, როდესაც რესურსი სრულად ამოწურულია და ეკონომიკური თვალსაზრისით მიზანშეწონილია, მაგრამ როდესაც ინდივიდუალური შეცვლა ხორციელდება იძულებითი წესით გარკვეული გარბენის შემდეგ, საჭიროა განისაზღვროს ნარჩენი რესურსის სიდიდე და შესაბამისი ეკონომიკური დანა-

კარგები. იგივე ითქმის ჯგუფური შეცვლის დროს, როდესაც ჯგუფში შემავალ დეტალებს არა აქვთ ერთნაირი რესურსი.

დეტალების ჯგუფის ან დეტალების შეცვლათა რაოდენობის განსაზღვრა (წამყვანი ფუნქცია) მოხდა ცნობილი მეთოდით [42], რომელსაც საფუძვლად უდევს მტყუნებათა ნაკადის ინტერვალური მნიშვნელობა. იგი გამოვლინდება რეალურ საექსპლუატაციო პირობებში მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ დეტალების რესურსი პირველ შეცვლამდე გაცილებით დიდია მეორე და შემდგომი შეცვლების რესურსებთან შედარებით. ეს ორი ფაქტორით აიხსნება:

- სარეალიზაციოდ გამოტანილი სათადარიგო დეტალების დაბალი ხარისხი ახალ ავტომობილზე დაყენებულ დეტალებთან შედარებით;

- ძველი და ახალი დეტალების ურთიერთშეგუების დონე, როდესაც ურთიერთდამოკიდებულებაში არიან (მოხახუნე დეტალების წყვილი და სხვა);

აღნიშნული საკითხის მრავალმხრივმა ანალიზმა და შეცვლილი დეტალების მტყუნებათა სტატისტიკამ გვიჩვენა, რომ მეორე და შემდგომი შეცვლებისას დეტალების რესურსების განაწილება ექვემდებარება ექსპონენციალურ კანონს მაღალი ვარიაციის კოეფიციენტით  $V = 0,6-0,7$  და საშუალო მათემატიკური მოლოდინით 0,7, პირველი შეცვლების რესურსთან შედარებით. ე.ი. მეორე და შემდგომი შეცვლების საშუალო რესურსი პირველი შეცვლის რესურსის დაახლოებით 70% შეადგენს.

ამ გარემოებისა და წინა ქვეთავში მოცემული საიმედოობის მაჩვენებლების საფუძველზე ფორმირებული იქნა დეტალების შეცვლათა სისტემები და მათი პარამეტრები ავტომობილების სისტემების და მექანიზმების მიხედვით. მაგალითები მოტანილია ცხრილების სახით, რომლებიც მოიცავენ ინფორმაციას დეტალების შეცვლის სტრატეგიის შესახებ (ცხრილი 27-35).

ცხრილი 27

ძრავას გაზგამანაწილებელი მექანიზმის დეტალების  
შეცვლის სისტემები

№	სისტემის (მექა- ნიზმის) საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალები	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		რესურსის გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდი- ვიდ.	ჯგუფური	
1	სარქველების ჩობალები	135,0	+	-	1,0
2	გამანაწილებელი ლილვის ღვედი	45,0	+	მე-3-თან ერთად	1,0
3	დამჭიმი მოწყობილობა	80,0	+	მე-2-თან ერთად	0,8

ცხრილი 28

ძრავას შეზეთვის სისტემის დეტალების შეცვლა

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდივიდ.	ჯგუფური	
1	ზეთის ფილტრი	10,0	+	ზეთთან ერთად	1,0
2	ზეთის ტუმბო	250,0	+	-	1,0
3	კარტერის სადები	150,0	+	ტუმბოსთან ერთად	0,6
4	ზეთის წნევის გადამწოდი	225,0	-	-	1,0

ცხრილი 29

გაგრილების სისტემის დეტალების შეცვლა

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდივიდ.	ჯგუფური	
1	წყლის ტუმბოს ღვედი	50,0	+	-	1,0
2	ტემპერატურული გადამწოდი	90,0	+	-	1,0
3	წყლის ტუმბო	120,0	+	-	0,8
4	თერმოსტატი	140,0	+	რადიატორთან ერთად	1,0
5	რადიატორი	225,0	+	-	1,0
6	რეზერვუარის სახურავი	180,0	+	-	1,0
7	რადიატორის შლანგები	160,0	+	რადიატორთან ერთად	0,8

ცხრილი 30

ძრავას კვების სისტემის დეტალების შეცვლა

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		რესურსის გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდივიდ.	ჯგუფური	
1	საწვავის ტუმბო	250,0	+	-	0,8
2	საწვავის ფილტრი	160,0	+	-	1,0
3	ჰაერის ფილტრი	130,0	+	-	1,0
4	მფრქვევანა	180,0	+	-	0,70
5	საწვავის დონის გადამწოდი	200,0	+	-	1,0



## გადაბმულობის დეტალების შეცვლის სისტემები

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		რესურსის გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდივიდ.	ჯგუფური	
1	წამყვანი დისკი	270,0	+	-	0,75
2	ამყოლი დისკი	60,0	+	წამყვან დის. ერთად	0,5
3	ამძრავი ტროსი	125,0	+	-	1,0
4	გამომრთველი საკისარი	250,0	+	1-თან ერთად	0,90

## საჭისა და წინა ხედის დეტალების შეცვლა

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		რესურსის გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდივიდ.	ჯგუფური	
1	საჭის ლუკების დაბოლოება	120,0	+	+(1,2)	1,0
2	სფერული თითები	90,0	+	+(1,2)	1,0 (0,8)
3	რეზინის ჩობალები	60,0	-	+(1,2,3)	1,0 (0,5)
4	ნახევარდერძის სფერული სახსრები გარცმით	200,0	+	+	1,0
5	მორგვის საკისარი	180,0	+	-	1,0

ცხრილი 33

სამუხრუჭე სისტემის დეტალების შეცვლა

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		რესურსის გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდივიდ.	ჯგუფური	
1	სამუხრუჭე ხუნდები	40,0	+	-	1,0
2	სამუხრუჭე დისკები	350,0	+	+(1)	1,0 (0,7)
3	მთავარი სამუხრუჭე ცილინდრი	190,0	+	+	1,0
4	მუშა სამუხრუჭე ცილინდრები	210,0	+	2+2	1,0
5	რეზინის შლანგები	180,0	+	-	1,0
6	ვაკუუმის გამაძლიერებელი	240,0	+	-	1,0
7	გადამწოდი	150,0	+	-	1,0

ცხრილი 34

დაკიდების დეტალების შეცვლის სისტემები

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		რესურსის გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდივიდ.	ჯგუფური	
1	ამორტიზატორები	110,0	+	(2)	1,0
2	ამორტიზატორის ბალიშები	80,0	+	+1(2)	0,75
3	სტაბილიზატორის პლასტმასის მილისები	75,0	+	+(2)	1,0 (0,7)
4	დაკიდების (გაშლის) მილისები	70,0	+	-	1,0

5	ზამბარები	180,0	+	-	1,0
---	-----------	-------	---	---	-----

ცხრილი 35

ელექტრომობილობის დეტალების შეცვლა

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცვლის სახეობა		რესურსის გამოყენების კოეფ-ნტი
			ინდივიდ.	ჯგუფური	
1	გენერატორის ღვედი	48,0	+	-	1,0
2	მაღალი ძაბვის გამტარები	90,0	+	+(4)	1,0 (0,8)
3	სანთლები	130,0	+	+(4)	1,0
4	გადამწოდები	150,0	+	-	1,0
5	გენერატორის მუსები	100,0	+	-	1,0

ცხრილებში მოცემული საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების შეცვლის სახეობები ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით შეიძლება დაკონკრეტებული იქნას კონკრეტული მარკისა და მოდელის ავტომობილებისათვის, რომლებიც განსხვავდება „ოპელის“ მარკის ავტომობილებისაგან კონსტრუქციული ან დატვირთვების რეჟიმების პარამეტრებით. მაგრამ ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტის მიღების აუცილებელი პირობად ყველა შემთხვევაში რჩება სისტემის ოპტიმიზაცია.

ეკონომიკური ეფექტის განსაზღვრისას აუცილებელია გაანგარიშებული იქნას ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენების შემცირების ხარჯზე მიღებული მოგება, ეს კი შესაძლებელია ჯგუფური შეცვლების გზით, როდესაც არ ხდება ავტომობილის დამატებითი მოცდენა ახალი მტყუნების აღმოფხვრაზე, რომლის პროგნოზირება უკვე ასახული იყო მისი მაჩვენებლებით. მეორე მხრივ, აღნიშნული მოგების ხარჯებს გამოაკლდება ნაადრევი შეცვლით გამოწვეული (ნარჩენი რესურსი) ზარალის ხარჯები. მრავალმხრივი ანალიზით დადგენილია, რომ შრომითი ხარჯები და

მოცდენის კომპენსაციის ხარჯები სათადარიგო დეტალების ხარჯების 70-75%-ს შეადგენს და მნიშვნელოვნად აჭარბებს ნარჩენი რესურსით გამოწვეულ ზარალს. გაანგარიშებები ხდება ჯგუფური და ინდივიდუალური შეცვლების ვარიანტების კომბინაციით, რომლის დროსაც გამოვლინდება მინიმალური ხარჯების ვარიანტი, რომელიც მისაღები იქნება ტექნიკურ-ეკონომიკური კრიტერიუმით.

## დასკვნები

1. ავტომობილების საგარანტიო გარბენის პერიოდში ტექნიკური ზემოქმედების ოპერაციების ნომენკლატურის განსაზღვრა გამართლებული და ეფექტურია, როდესაც საგარანტიო გარბენი დიფერენცირებულია აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით. ექსპლუატაციის შემდეგ ეტაპზე ოპერაციების ფორმირება დამოკიდებულია საიმედოობის მაჩვენებლების ცვლილებაზე, რომელიც გამოვლინდება თითოეული მარკის ავტომობილებისათვის ექსპერიმენტის გზით.

2. შემოთავაზებული ტექნიკური ზემოქმედების საკლასიფიკაციო ჯგუფები მოიცავენ ძირითადი და დამხმარე სისტემებს, მათ შორის ფუნქციონალურ კავშირებს, რომელთა ანალიზის შედეგად გამოვლენილი იქნა ხანგამძლეობაზე და ფუნქციონირების ხარისხზე მოქმედი სისტემები. ასეთი კლასიფიკაცია საშუალებას იძლევა საიმედოობის უზრუნველყოფის მეთოდების ოპტიმიზება შესაბამისი მიზნობრივი ფუნქციით განხორციელდეს.

3. საკლასიფიკაციო ჯგუფების ოპერაციების ოპტიმალური პერიოდულობის დამუშავებული მეთოდის მიზნობრივი ფუნქცია მოიცავს უმტყუნებლობისა და კუთრი ხარჯების კრიტერიუმებს. ოპერაციის დანიშნულებისა და შინაარსის მიხედვით უმტყუნებლობის დონე უნდა იყოს 0,90-0,98 ზღვრებში და მაქსიმალური მოძრაობის უსაფრთხოებაზე მოქმედი სისტემებისათვის, ქვედა ზღვარი დანარჩენი სისტემებისათვის ყველა შემთხვევაში საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები უნდა იყოს მინიმალური.

4. ავტომობილებზე დაკვირვებით მიღებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების და მექანიზმების ნომენკლატურა და განსაზღვრული იქნა მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ძრავის

ძირითადი და დამხმარე სისტემების, ტრანსმისიის და მართვის სისტემების დეტალების და კვანძების რესურსები იცვლება 45,0-288,0 ათასი კმ-ის ზღვრებში ვარიაციის კოეფიციენტით 0,25-0,85 და ექვემდებარება განაწილების ნორმალურ, ვეიბელისა და ექსპონენციალურ კანონებს. აქედან დაახლოებით 45% ნორმალურ კანონს.

5. მტყუნებათა რაოდენობის პროცენტული განაწილება შესრულდა მათი წარმოქმნის ხასიათისა (თანდათანობითი, უეცარი) და დეტალების დამზადების მასალის (ლითონის, რეზინის, პლასტმასის და სხვა) მიხედვით. სხვადასხვა სისტემებისა და აგრეგატებისათვის მტყუნებათა მნიშვნელოვანი ნაწილი - 55-60% მოდის არალითონის დეტალებზე, რომელთა რესურსების განაწილება ხასიათდება მაღალი ვარიაციის კოეფიციენტით 0,55-0,85 და შედარებით დაბალი რესურსებით - 40,0÷90,0 ათასი კმ. განსაზღვრული იქნა მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი ცალკეული სისტემებისათვის და მათი ცვლილების ხასიათი გარბენის მიხედვით, რაც ტექნიკური ზემოქმედების რეჟიმების ოპტიმიზირების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

6. სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით გამოვლენილი იქნა საიმედოობის უზრუნველყოფის საექსპლუატაციო ხარჯები, რომლებიც მოიცავს სათადარიგო დეტალების, მასალებისა და შრომით ხარჯებს. ცალკეული სისტემებისა და მექანიზმებისათვის მისმა ანალიზმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა საიმედოობის დონე, რომელიც წარმოადგენს შექმნისა და საექსპლუატაციო ხარჯების ფარდობას. მისი მნიშვნელობები 1,52-2,2 ზღვრებშია, რაც მისი ტენდენციური გაზრდის პირობებში საგრძნობლად ჩამორჩება საშუალო ნომინალურ მნიშვნელობას (2,5÷3,0), რაც განპირობებულია საგარანტიო გარბენის შემდეგ სათადარიგო დეტალების და შრომითი ხარჯების გაზრდით.

7. დამუშავებული მეთოდის რეალიზაციის მიზნით განსაზღვრული იქნა ძრავას სარქველების და გადაბმულობის რეგულირების, კარტერში ზეთის შეცვლის ოპტიმალური პერიოდულობა. მან შესაბამისად შეადგინა 120,0

ათასი კმ; 35,0 ათასი კმ და 12,0 ათასი კმ. აღნიშნული მნიშვნელობები საშუალებას იძლევა მინიმალური კუთრი ხარჯების პირობებში უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა შენარჩუნებული იქნას არანაკლებ 0,92 დონეზე, ხოლო ძრავის რესურსი დაახლოებით 480,0 ათასი კმ-ის ტოლი. დამუშავებული მეთოდი იძლევა პერიოდულობის ვარიაციების საშუალებას მუშა პარამეტრის დასაშვები ზღვრების ფარგლებში.

8. საკვლევი ავტომობილების, სისტემებისა და მექანიზმების კონსტრუქციული თვისებების, დეტალების შეცვლის ტექნოლოგიური სქემების, საიმედოობის მაჩვენებლების ანალიზით ფორმირებული იქნა მალიმიტირებული დეტალების ინდივიდუალური და ჯგუფური შეცვლის სისტემები. თითოეული სისტემისათვის განსაზღვრული იქნა დეტალების რესურსის გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც ჯგუფური შეცვლების შემთხვევაში 0,65-0,90 ზღვრებშია. მიუხედავად რესურსის დანაკარგებისა, შეცვლის ასეთი სისტემით მიღებული ეკონომიკური ეფექტი 1,5-2,5-ჯერ აღემატება რესურსის დანაკარგებით გამოწვეულ ზარალს, რაც მოცდენების შემცირებით არის განპირობებული.

## 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, 373с.
3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Савельев А.Д. Математические методы в теории надежности. Минск, «Наука и техника», 1974.
4. Елизаров М.А. Повышение надежности машин. М., «Машиностроение», 1973, 430с.
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. Козлов, И. Ушаков. Справочник по расчету надежности. М., «Советское радио», 1975, 470с.
8. А.С. Проников. Надежность машин. М., «Машиностроение», 1978, 590с.
9. ლ. უგულავა. ავტომობილების ეფექტიანობის ამაღლება საიმედოობის მართვის მეთოდების გაუმჯობესების გზით. დისერტაცია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი, 2012, გვ. 148.
10. ვ. ჯაჯანიძე. ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილების საიმედოობის მართვის მეთოდების დამუშავება. დისერტაცია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი, 2012, გვ.110.
11. ვ. ხარიტონაშვილი. საავტომობილო ტრანსპორტის ეფექტურობა. თბილისი, „მეცნიერება“, 2005, გვ. 210.
12. ვ. ქართველიშვილი, ნავაძე, საავტომობილო გადაზიდვები. თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2006, გვ. 320.
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 2, М., «Знание», 1977, 44с.
20. ვ. ლეკიაშვილი. ავტომობილების საიმედოობის მართვის სრულყოფის მეთოდების დამუშავება. დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად, თბილისი, 2003, გვ. 220.
21. ვ. ლეკიაშვილი. ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების პრინციპების ფორმირება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. სამეცნიერო შრომები №4(415), თბილისი, 1997, გვ. 125-129.
22. ვ. ლეკიაშვილი. მანქანათა საიმედოობისა და ეფექტურობის უზრუნველყოფა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 75 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო სამეცნიერო ნაშრომების კრებული. თბილისი, 1997.
23. ვ. ლეკიაშვილი. ავტომობილის საიმედოობა, დამხმარე სახელმძღვანელო. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 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 автомобиля «Жигули». М., «Машиностроение», 1977, 223с.
34. Ротенберг Р.З. Основы надежности машин (Конспект лекций) МАДИ, М., 1973, 72с.

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. «Высшая школа», 1971, 315с.
39. А.М. Шейнин, А.П. Крившин и др. Эксплуатация дорожных машин. М., «Машиностроение», 1980, 333с.
40. ტექნიკური რეგლამენტი „ავტოსატრანსპორტო საშუალებების სერვისის წესი“. საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტრო, თბილისი, 2007, გვ. 25.
41. Техническое обслуживание автомобилей «Опель». М., «Транспорт», 2005, стр. 425.
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. მექანიკური მოწყობილობების საიმედოობის საფუძვლები, თბილისი, სტუ, 2009, 400 გვ.
46. ნ. თოფურია, ავტომობილების ეფექტიანობის ამაღლება ტექნიკური ზემოქმედების ფაქტორებით განპირობებული მოცდენების შემცირებით. დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად, თბილისი, 2005, გვ. 120.