

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ირაკლი ზაკუტაშვილი

ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილების საიმედოობის
უზრუნველყოფის მეთოდების სრულყოფა.

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი 2013

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის საავტომობილო
ტრანსპორტის დეპარტამენტში.

სამეცნიერო ხელმძღვანელი ტ.მ.დ, სრული პროფესორი ვარლამ ლეკიაშვილი

რეცენზენტები; ტ.მ.დ. მ. შილაკაძე
ტ.მ.დ. პ. დოლიძე

დაცვა შედგება 2013 წლის „-----“, „-----“, „-----“, საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს
კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი 1. აუდიტორია „-----“,
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას გამზ. № 68.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,

ასოც. პროფ. რ. ველიჯანაშვილი

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა: ავტომობილების გამოყენების ეფექტიანობის პოზიციებიდან გამომდინარე განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია მათი ტექნიკური მდგომარეობის შენარჩუნებაზე გაწეული საექსპლოატაციო ხარჯების შემცირებისკენ. ეს განპირობებულია სხვადასხვა საექსპლოატაციო პირობებში ტექნიკური მდგომარეობის თანდათანობითი გაუარესებით, რაც აისახება მტყუნებებისა და უწესივრობების ინტენსიურობით. იმის და მიხედვით თუ როგორია ავტომობილის საიმედოობის საწყისი მაჩვენებლები და როგორია ექსპლოატაციის პროცესში ამ მაჩვენებლების რეალიზაციის პირობები, მტყუნებებისა და უწესივრობების განვითარების კანონზომიერებებიც შესაბამისი იქნება. ამიტომ ამ მაჩვენებლების სასურველ დონეზე შენარჩუნება დაკავშირებულია ორგანიზაციულ-ტექნიკურ ღონისძიებათა კომპლექსზე, რაც გულისხმობს მატერიალური და შრომითი ხარჯების შესაბამის ინტენსიფიკაციას. ასეთ პირობებში მნიშვნელოვანი და აუცილებელია ტექნიკური ზემოქმედების ღონისძიებათა ისეთი კომპლექსის დამუშავება, რომელიც შერჩეული კრიტერიუმით იქნება ოპტიმალური.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ექსპლოატაციის პროცესში ავტომობილების საიმედოობის მართვის მეთოდების სრულყოფა ტექნიკური ზემოქმედების, და დიაგნოსტიკის რეჟიმების პარამეტრების გაუმჯობესების გზით.

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

- ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირების სტატისტიკური და დიაგნოსტიკის შეთავსების მეთოდის დამუშავება;
- დიაგნოსტიკის ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება.

ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს ავტომობილების მექანიზმებისა და სისტემების და რესურსების პროგნოზირების მეთოდის დამუშავება. დიაგნოსტიკების შესრულების პერიოდულობის ოპტიმიზირება სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით.

კვლევის ობიექტად აღებული იქნა სხვადასხვა მარკის, მოდელისა და გარბენის მქონე მსუბუქი ავტომობილები, რომელთა მოძრაობა დაკავშირებულია საქალაქო და საქალაქთაშორისო საექსპლოატაციო პირობებში მუშობასთან.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის ძირითადი შედეგები წარმოდგენილ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 81-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე 2012 წელს.

პუბლიკაციები: პუბლიკაციების თემაზე გამოქვეყნებულია 3 ნაშრომი.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა: ნაშრომი მოიცავს შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, შედეგების განსჯას, ძირითად დასკვნებს, გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას. ნაშრომი წარმოდგენილია 102 გვერდზე. მათ შორის 28 ნახაზი, 13 ცხრილი.

სამუშაოს შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალობა, მოცემულია სამუშაოს მიზანი და ამოცანები, მოკლედ არის გადმოცემული დისერტაციის არსი, მეცნიერული სიახლე, პრაქტიკული გამოცდილებისა და რეალიზაციის ფორმები.

ლიტერატურის მიმოხილვაში მოცემულია საიმედოობის მართვის თანამედროვე მეთოდების ანალიზი და გამოვლენილია მათი განვითარების გზები. ამ მიმართულებით შესრულებული კვლევების შედეგად გადაწყდა მრავალი აქტუალური ამოცანა ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის მოძრაობის და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ამაღლების და საერთოდ მოძრავი შემადგენლობის ეფექტიანობის გაზრდის თვალსაზრისით. ამ მხრივ სამეცნიერო კვლევითი მუშაობა შემდეგი მიმართულებით ხასიათდება:

- ტექნიკური ზემოქმედების რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდების დამუშავება და სრულყოფა;

- ტექნიკური მდგომარეობის მართვის მეთოდების დამუშავება.

პირველი მიმართულების საკითხებისადმი მიძღვნილი შრომები მოიცავენ ავტომობილებზე განსახორციელებელი ტექნიკური ზემოქმედების რეჟიმების ოპტიმიზაციის საკითხებს, ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის დადგენისა და კორექტირების მეთოდებს და ფორმებს. აღნიშნული მეთოდების ანალიზისას დადგენილი იქნა ოპტიმიზაციის კრიტერიუმები, რაც გამოიხატება ერთის მხრივ უმტყუნებლობით, ხოლო მეორეს მხრივ კუთრი ხარჯების მინიმუმით. ტექნიკური ზემოქმედების პარამეტრების ოპტიმიზაციით მიიღწევა საბოლოო მიზანი, ავტომობილის ეფექტიანობის ამაღლება და გადაზიდვების თვითღირებულების შემცირება.

მეორე მიმართულების საკითხები მოიცავს ექსპლოატაციის პირობებში ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის ამსახველი პარამეტრების ცვლილების კანონზომიერებით უმტყუნებლობის

პროგნოზირების საკითხებს, მოცემულია ტექნიკური დიაგნოსტიკის პროცესის ოპტიმიზაციის ანალიზი და შესრულებული კვლევების ეფექტიანობის დონე მათი პრაქტიკული რეალიზაციის პირობებში. განსაკუთრებული ყურადღება აქვს დათმობილი დიაგნოსტიკის რეჟიმების შესწავლასა და მათი გაუმჯობესების გზების გამოძიებას, რაც დაკავშირებულია ძვირად ღირებული სადიაგნოსტიკო მოწყობილობის შემენასთან, ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირების მიზნობრივი ამოცანა და მისი გადაწყვეტის გზები მოითხოვენ მუდმივ განახლებასა და ოპტიმიზაციას კონკრეტული კრიტერიუმების მიხედვით, რაც განპირობებულია თანამედროვე საავტომობილო კონსტრუქციების სირთულით და ელექტრული მართვის სისტემებისა და აგრეგატების სიმრავლით. ამიტომ ამ მიმართულებით თანამედროვე მეთოდების დამუშავება და სრულყოფა მოძრავი შემადგენლობის გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლების ერთ-ერთ აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

საკითხის მდგომარეობის შესწავლისა და ანალიზის საფუძველზე ფორმირებული იქნა კვლევის ამოცანები.

მეორე თავი მოიცავს თეორიული მეთოდების დამუშავებას და გაუმჯობესებას, ექსპერიმენტული მონაცემების შეგროვებას, დამუშავებასა და ანალიზს, თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შეჯერებასა და მის საფუძველზე კონკრეტული დასკვნების მიღებას, რეკომენდაციებისა და წინადადებების ფორმულირებას.

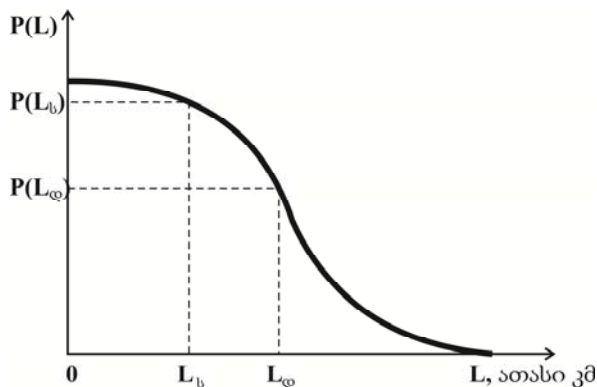
პირველი ქვეთავი ეხება ამოცანების მიხედვით დასმული თეორიული მეთოდების დამუშავებას.

უმტყუნებლობის პროგნოზირების სტატისტიკური და დიაგნოსტიკის შეთავსების მეთოდი: ავტომობილების ექსპლოატაციის რეალურ პირობებში მხოლოდ სტატისტიკური მეთოდით ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირება ყოველთვის არ იძლევა სრულფასოვან შედეგებს. ამიტომ დაისვა ამოცანა სტატისტიკური პროგნოზირებისა და ტექნიკური დიაგნოსტიკის შეთავსების (შეხამების) მეთოდის დამუშავების შესახებ. ამ

მიზნით შესრულებული იქნა თეორიული ანალიზი და მიღებული იქნა საწყისი პირობები და ჰიპოტეზები:

– ორივე მეთოდის გამოყენება დაკავშირებულია საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯებთან, რომელთა შემცირება შესაძლებელია მათი ერთობლივი გამოყენებით. მეთოდების გამოყენების ეფექტიანობა დამოკიდებულია კონსტრუქციული ელემენტების უნტყუნებადობის მაჩვენებლებზე, აღნიშნული მეთოდების განხორციელების ღირებულებასა და მათი შედეგების დამაჯერებლობაზე.

– ავტომობილის კონსტრუქციული ელემენტების რესურსების შეფასებისათვის სხვადასხვა ინტერვალში შეიძლება გამოყენებული იქნას ან სტატისტიკური პროგნოზირების (სპ) მეთოდი ან ტექნიკური დიაგნოსტიკის (ტდ) მეთოდი. შესაძლებელია აგრეთვე შემთხვევა, როდესაც არც ერთი აღნიშნული მეთოდებიდან არ არის მიზანშეწონილი. ამ მეთოდების რაციონალური გამოყენების ზონები უნდა განისაზღვროს ავტომობილების მუშაობისუნარიან მდგომარეობაში შენარჩუნების ხარჯების მინიმუმის კრიტერიუმით, რომელიც უზრუნველყოფს მის მაქსიმალურ მწარმოებლურობას. აღნიშნული კრიტერიუმების მიხედვით უნდა განისაზღვროს ელემენტის გარბენის ინტერვალი $0 - L_b$, რომელშიც სპ და ტდ არაეფექტურია, შემდეგ ინტერვალი $L_b - L_d$ სადაც სპ-ს გამოყენება მიზანშეწონილია, ბოლო ინტერვალში, რომლის დროსაც ეფექტურია ტდ-ს გამოყენება (ნახ. 1).



ნახ. 1. კონსტრუქციული ელემენტის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა და სტატისტიკური პროგნოზირების (სპ) და ტექნიკური დიაგნოსტიკის (ტდ) გამოყენების ზონები.

ანალიზი გვიჩვენებს, რომ $P(L_b)$ და $P(L_d)$ სიდიდეების შერჩევასა და შესაბამისად სპ და ტდ გამოყენების ზონების დადგენაზე მოქმედებენ მთელი რიგი ფაქტორები, რომელთაგან ძირითადია ელემენტის უმტყუნებლობის მაჩვენებლები, საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯები და შეთავსებული მეთოდების დამაჯერებლობა.

საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯების განსაზღვრისას მხედველობაში იქნა მიღებული მათი ცვლილების კანონზომიერება და თითოეული კომპონენტის გამოვლენის თავისებურება. ზემოთ მოყვანილი დასაბითების საფუძველზე და მოქმედი ფაქტორების გათვალისწინებით საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები ორივე შემთხვევისათვის შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$C_{ს.შ.}^b(L) = \delta_{სა.დ.}^b C_{სა.დ.} + \delta_T^b C_{შრ} + \delta_{გ}^b C_{გ}(L) + \frac{C_a}{L_{გ}} \left[1 - \frac{\alpha_{გ}^b(L)}{\alpha_{გ}^{max}} \right] + C_b \quad (1)$$

$$C_{ს.შ.}^d(L) = \delta_{სა.დ.}^d C_{სა.დ.} + \delta_T^d C_{შრ} + \delta_{გ}^d C_{გ}(L) + \frac{C_a}{L_{გ}} \left[1 - \frac{\alpha_{გ}^d(L)}{\alpha_{გ}^{max}} \right] + C_d \quad (2)$$

მოცემულ გამოსახულებებში $\delta_{სა.დ.}^b, \delta_T^b, \delta_{გ}^b$ და $\delta_{სა.დ.}^d, \delta_T^d, \delta_{გ}^d$, კოეფიციენტებია, რომლებიც ითვალისწინებენ სათადარიგო დეტალების, შრომითი და მასალების ხარჯების ცვლილებას ორივე მეთოდის (სპ და ტდ) გამოყენებისას. ხოლო $\alpha_{გ}^b$ და $\alpha_{გ}^d$ ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის მიმდინარე მნიშვნელობები ორივე მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში.

კვლევის შემდეგ ეტაპს წარმოადგენს სპ და ტდ გამოყენების ზონების კორექტირების მეთოდის დამუშავება. სპ-ის შემთხვევაში მოხდება კონსტრუქციული ელემენტის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის შეფასება რესურსის გამოყენების სხვადასხვა ინტერვალისათვის საშუალო კვადრატული გადახრის ცვლილების მიხედვით:

$$F(L^b) - [1 - P(L^b)] \geq U_P \sqrt{\sigma[P(L)]}$$

სადაც, $F(L^b)$ და $P(L^b)$ არის მტყუნებისა და უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა შესაბამისად L^b ნამუშევრის შემთხვევაში; U_P – ნორმალური განაწილების კვანტილი.

რაც შეეხება ტექნიკურ დიაგნოსტიკის გამოყენებისას შედეგების დამაჯერებლობის შეფასება ორი მიმართულებით ხდება: დიაგნოსტიკის შეცდომის ალბათობით $P_{\varphi}(L)$ და არასასურველი ზემოქმედების ალბათობით. ასეთ შემთხვევაში ტდ-ის გამოყენება შედეგების დამაჯერებლობა შემდეგნაირად გამოისახება:

$$F(L^{\varphi}) = [1 - P(L^{\varphi})] \geq P_{\text{ახ}}(L^{\varphi}) + P_{\text{მტყ}}(L^{\varphi})$$

სადაც, $F(L^{\varphi})$ და $P(L^{\varphi})$ არის შესაბამისად მტყუნებისა და უმტყუნებო მუშაობის ალბათობები; $P_{\text{ახ}}(L^{\varphi})$ და $P_{\text{მტყ}}(L^{\varphi})$ – შესაბამისად არასასურველი ზემოქმედების და მტყუნების ალბათობები L^{φ} გარბენის პირობებში. მოცემული მეთოდებით უმტყუნებლობის პროგნოზირება მისაღები და სამართლიანია ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმებისათვის.

დიაგნოსტიკის პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდი

პერიოდულობის განსაზღვრის ზოგადი დებულება შემდეგში მდგომარეობს: საწყისი სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის საფუძველზე განისაზღვრება საიმედოობის მაჩვენებლები და ტექნიკური მომსახურების შრომითი ხარჯები, შეფასდება არსებული პერიოდულობის ეფექტურობა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობისა და მომსახურებაზე გაწეული ხარჯების მინიმუმის კრიტერიუმებით. მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით მოხდება პერიოდულობის ვარირება საშიში მტყუნებების გამორიცხვით.

ამოცანის ამოხსნის გზების მოძებნისას ერთ-ერთ გამოსავალს წარმოადგენს სადიაგნოსტიკო პარამეტრის სიდიდე (მაგალითად ფოლხვი), იგი წარმოადგენს საკვლევი სისტემის ეფექტურობის შეფასების ოფიციალურ კრიტერიუმს და მიღებულია სისტემის ფუნქციონირების ძირითად გამოსავალ მახასიათებლად. იგი არის სისტემის ელემენტების ტექნიკური მდგომარეობის ფუნქცია, ან სხვანაირად, იგი წარმოადგენს ელემენტების მუშაობის უნარის პარამეტრების ფუნქციას.

ტექნიკური მოთხოვნების შესაბამისად სისტემამ უნდა უზურნველყოს უმტყუნებო ფუნქციონირება გარკვეულ ინტერვალში მომსახურებებს შორის პერიოდში. ტექნიკურად შეუძლებელია და ეკონომიკურად არამიზანშეწონილია მოვთხოვოთ სისტემას აბსოლუტური 100%-იანი უმტყუნებლობა, მაგრამ შესაძლებლობის მიხედვით იგი უნდა იყოს ყველაზე მაქსიმალური.

დიაგნოსტიკის ხარისხი დამოკიდებულია კონტროლის სისტემატურ და შემთხვევით ცდომილებებზე, ასევე გაზომვების შეცდომებზე. შესაძლებელია შეცდომათა რაოდენობის შემცირება კონტროლის გამეორებით და სხვა, მაგრამ შემთხვევითი ცდომილებების შედეგებზე გავლენის მთლიანად აღმოფხვრა შეუძლებელია, ამიტომ საჭირო ხდება მათი რაოდენობრივი შეფასება.

გასაგებია, რომ საკონტროლო ოპერაციების სადიაგნოსტიკო საშუალებების გამოყენებით პერიოდულობის დადგენა უნდა მოხდეს ამ საშუალებების შესაძლებლობებისა და ეკონომიკური მიზანშეწონილობის გათვალისწინებით.

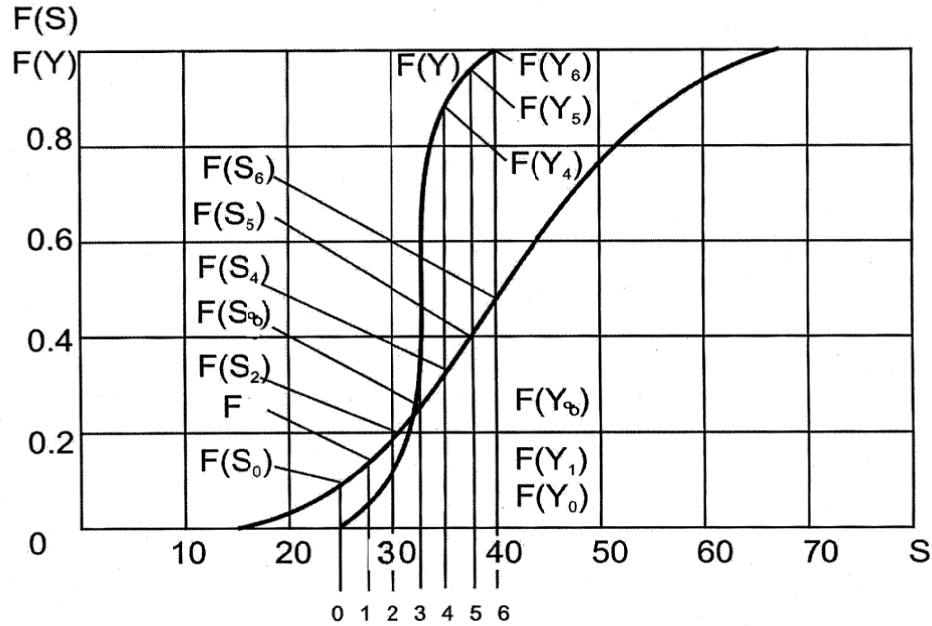
შემთხვევითი ცდომილების გავლენის დადგენისათვის დიაგნოსტიკის დროს გამოიყენება მუშაობის უნარიანობის პარამეტრის განაწილების სიმჭიდროვე $f_i(S)$ და გაზომვის სიმჭიდროვე $\varphi(Y)$.

არასასურველი ზემოქმედებისა და მტყუნებების გაშვების ალბათობების მისაღებად გამოიყენება მეთოდი, რომლის მიხედვითაც გაზომვის ცდომილებები და მუშაობის პარამეტრების განაწილების ფუნქცია $F(y)=0-1,0$ დაიყოფა ნაწილებად, რის შემდეგაც განისაზღვრება შემთხვევითი ცდომილებები ამ ინტერვალის მიხედვით როგორც მათი სხვაობა (ნახ. 2). გამოსახულებას ექნება შემდეგი სახე:

$$P_{a\Phi} = [F(Y_6) - F(Y_5)][F(S_6) - F(S_5)] + [F(Y_5) - F(Y_4)][F(S_5) - F(S_4)] + [F(Y_4) - F(Y_3)] \quad (3)$$

$$P_{a\Phi} = F(Y_1)[F(S_\Phi) - F(S_0)] + [F(Y_2) - F(Y_1)][F(S_\Phi) - F(S_1)] + [F(S_\Phi) - F(Y_2)][F(S_\Phi) - F(S_2)] \quad (4)$$

(3) და (4) დამოკიდებულებები შედგენილია იმ შემთხვევისათვის, როდესაც ფუნქციის განაწილება დაყოფილია 6 ნაწილად, მაგრამ იგი სამართლიანი იქნება უფრო მეტ ნაწილად დაყოფის შემთხვევაშიც.



ნახ. 2. დიაგნოზის შეცდომისა და ცდომილების ცვლილების საანგარიშო სქემა

მომსახურების კუთრი ხარჯები (დიაგნოსტიკის ხარჯების გათვალისწინებით) მტყუნების ალბათობისა და ღირებულების პროპორციულია და განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$C_{ტ.გ.}(L_{მომს}) = C_{მტყ}^{ტ.მ.}[P(L_{მომს}) + P_{ა.ზ.}(L_{მომს})] + C_{დ} \quad (5)$$

ხოლო მთლიანი კუთრი ხარჯების საანგარიშო გამოსახულებას შემდეგი სახე ექნება:

$$C_{კუთ}(L_{მომს}) = \frac{1}{L_{მომს}} \{ C_{მტყ}^{ტ.მ.}[P(L_{მომს}) + P_{ა.ზ.}(L_{მომს}) - P_{მგ}(L_{მომს})] + C_{დ} + C_{მტყ} \cdot P_{მგ}(L_{მომს}) \} \quad (6)$$

რის მიხედვითაც მოხდება პერიოდულობის დადგენა.

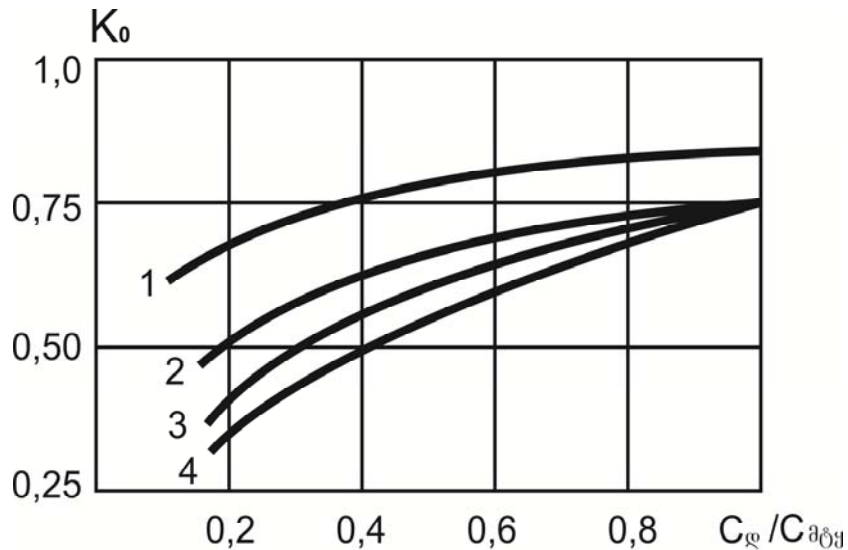
პერიოდულობის განსაზღვრის განხილული მეთოდი კარგად მიესადაგება კონკრეტული სისტემისა და მექანიზმის საკონტროლო-დიაგნოსტიკური ოპერაციების რეჟიმების ოპტიმიზირების პროცესებს.

მაგრამ თეორიული დასაბუთებისას მნიშვნელოვანია მეთოდის დამუშავება ტექნიკური მომსახურებისა და დეტალების შეცვლის სისტემის არსებული ორგანიზაციის გათვალისწინებით. დიაგნოსტიკების პერიოდულობა ზოგადად შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$L_{\varphi} = K_0 \cdot \bar{l} \quad (7)$$

სადაც K_0 არის ოპტიმალურობის კოეფიციენტი და გვიჩვენებს დიაგნოსტიკების პერიოდულობა რამდენჯერ მეტი ან ნაკლებია მტყუნებათშორისი ნამუშევარზე; \bar{l} – მიმდინარე გარბენის მნიშვნელობა.

მე-3 ნახაზებზე მოცემულია ოპტიმალურობის მრუდები განაწილების სხვადასხვა კანონის შემთხვევაში ვარიაციის კოეფიციენტის V სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის.



ნახ. 3. ოპტიმალურობის მრუდი ნორმალური განაწილების დროს

როგორც მე-3 ნახაზზე მოცემული ოპტიმალურობის მრუდები გვიჩვენებს $C_{\text{დ}}$ და $C_{\text{მტყ}}$ ხარჯების ფარდობის გაზრდასთან ერთად იზრდება ოპტიმა-ლურობის კოეფიციენტიც. ე.ი. დიაგნოსტიკების ოპტიმალური პერიოდულობა უახლოვდება მტყუნებათშორისო ნამუშევარს. ეს ფაქტი მიუთითებს იმაზე, რომ დიაგნოსტიკა და მომსახურება მოითხოვს დიდ ხარჯებს და თუ გამოირიცხება მტყუნება შესაძლებელი იქნება პერიოდულობის გაზრდა.

ვარიაციის კოეფიციენტის ზრდასთან ერთად ოპტიმალურობის კოეფიციენტი კლებულობს, ე.ი. დიაგნოსტიკის პერიოდულობა მცირდება C_d/C_{d0} ფარდობის ერთი და იგივე მნიშვნელობისათვის. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ვარიაციის კოეფიციენტის ზრდასთან ერთად მტყუნებებს შორის გარბენას აქვს დიდი გაბნევა და მტყუნების წარმოქმნის საწინააღმდეგოდ პერიოდულობა უნდა შემცირდეს.

ექსპერიმენტულ ქვეთავში მოცემულია დამუშავებული მეთოდების რეალიზაციისთვის საჭირო მონაცემები, განხილულია, ექსპერიმენტული კვლევის პირობები და ორგანიზაცია, გამოვლენილია საიმედოობის მაჩვენებლები.

კვლევის პირობები და ორგანიზაცია: კვლევის ობიექტად აღებული იქნა სხვადასხვა მარკის, მოდელისა და გარბენის მქონე მსუბუქი ავტომობილები, რომელთა მოძრაობა დაკავშირებულია საქალაქო და საქალაქთაშორისო საექსპლოატაციო პირობებში მუშაობასთან შემდეგი მაჩვენებლებით:

1. მუშა დღეების საშუალო წლიური რაოდენობა – 285 დღე
2. საშუალო დღიური გარბენა – 100 კმ;
3. ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენა – 15-20 დღე;
4. შევსების (მგზავრტევადობის) საშუალო კოეფიციენტი – 0,35-0,45;
5. საშუალო წლიური გარბენა – 28-30 ათასი კმ.

მონაცემები დიაგნოსტიკაზე (ტესტირებაზე) განაცხადების შესახებ აღებული იქნა ქ. თბილისის ავტოსერვისისა და ტესტირების ცენტრებში.

ტესტირებაზე განაცხადების სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებისას მხედველობაში იქნა მიღებული მათი სეზონური ცვლილება (ზამთარი, ზაფხული) თითოეული სერვისცენტრების მიხედვით და გამოვლენილი იქნა დღიური განაცხადების კანონმზომიერება და მისი პარამეტრები.

როგორც განაწილების პარამეტრების ანალიზმა გვიჩვენა, ტესტირებაზე განაცხადების დღიური განაწილების კანონმზომიერება ახლოა პუასონის განაწილებასთან

რესურსების განაწილების პარამეტრები

№	ელემენტის დასახელება	საშუალო რესურსი L _{საშ} , ათასი კმ.	ვარიაციის კოეფიციენტი, σ	საშუალო კვადრატული გადახრა σ , ათასი კმ.
1	წნევის გადამწოდი	240,0	0,95	228,0
2	ზეთის მანომეტრი	380,0	0,90	342,0
3	ტემპერატურული გადამწოდი	210,0	0,91	190,0
4	თერმომეტრი	230,0	0,88	202,4

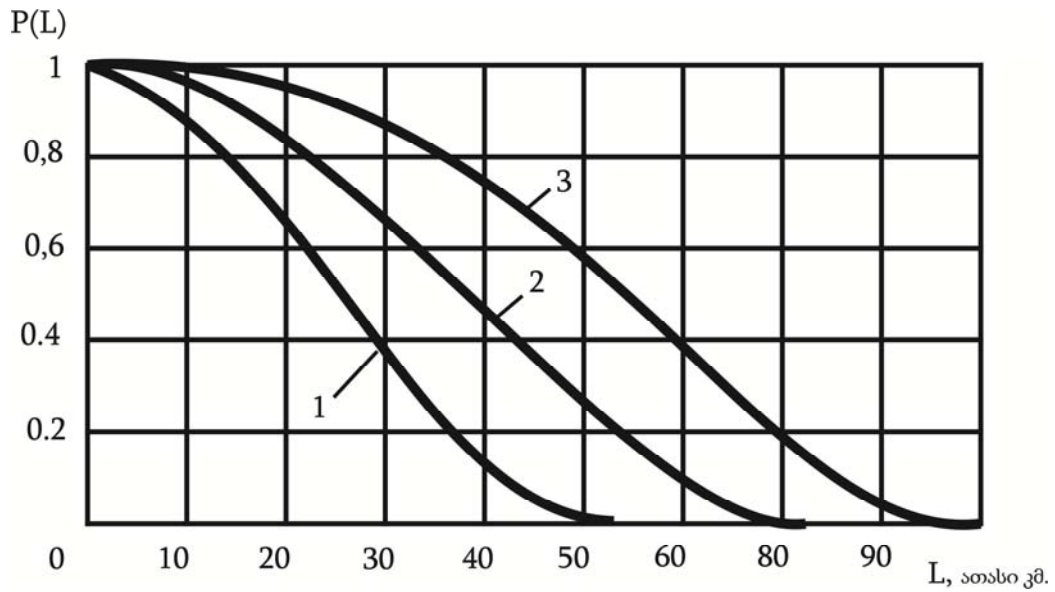
ძრავის ფუნქციონალური სისტემების საიმედოობის მაჩვენებლები

ასეთ სისტემებს მიეკუთვნება: მრუდმხარა და გაზგამანაწილებელი მექანიზმები, ჰაერის მიწოდებისა და ნაწივი აირების გაშვების სისტემები, საწვავის მიწოდების და ანთების სისტემები, გაგრილების და შეზეთვის სისტემები.

აღნიშნული სისტემებიდან ბევრი მათგანის მუშაობის პარამეტრი კონტროლდება ხელსაწყოებით და გადამწოდებით. ინფორმაცია მუდმივად მიიღება (საბორტე დიაგნოსტიკა). ზოგიერთი პარამეტრი კი საჭიროებს პერიოდულ დადგენას. ხოლო ზოგიერთი სისტემის უწყესივრობები და მტყუნებები აშკარად გამოხატული ნიშნით ხასიათდებიან (ჰერმეტიკობის დარღვევა, გასკდომა, ნათურის გადაწვა და სხვ.).

საიმედოობის მაჩვენებლების მიხედვით ძრავის მოცემული სისტემები მუშაობის პრინციპის, პირობების და რეჟიმების განსხვავების გამო არაერთგვაროვანია. განსხვავდებიან ისინი საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების (კვანძების) რაოდენობითა და ნომენკლატურით.

უმტყუნებლობის მაჩვენებლიდან განსაზღვრული იქნა თითოეული სისტემის საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების მტყუნებათა განაწილების პარამეტრები და აგებული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები. (ნახ. 4.)



ნახ. 4. უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები:
 1-შეზეთვის სისტემა; 2-გაგრილების სისტემა; 3-ანთების სისტემა

სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრული იქნა მტყუნება-თა ნაკადის პარამეტრების მნიშვნელობები გარბენის ინტერვალების მიხედვით.

მტყუნებებისა და უწესივრობების სტატისტიკური ანალიზის დროს, როდესაც მათი გამომწვევი მიზეზების დადგენა ხდება, საჭიროა მათი კლასიფიცირება შედეგის გამოვლენის მიხედვით. არის მტყუნების შემთხვევები, როდესაც ისინი გამოხატულია აშკარა ნიშნით (გასკდომა, გატეხვა, გადაწვა გაგლეჯვა და სხვ.) და დიაგნოსტიკის გამოყენების აუცილებლობა მოხსნილია. არის შემთხვევები, როდესაც აუცილებელია დიაგნოსტიკის ოპერაციების შესრულება, რათა დადგინდეს მტყუნების კონკრეტული მიზეზი. (ცხრილი 2).

**მტყუნებებისა და უწესივრობების პროცენტული განაწილება მათი
გამოვლენის მეთოდის მიხედვით**

№	სისტემები და მექანიზმები	მტყუნებების % განაწილება	
		აშკარა ნიშნით (ვიზუალურად)	დიაგნოსტირებით
1	ცილინდრი–დგუშის ჯგუფი და გამანაწილებელი სისტემა	5	95
2	ჰაერის მიწოდებისა და ნამწვი აირების გაშვების სისტემა	10	90
3	საწვავის მიწოდების სისტემა	15	85
4	ანთების სისტემა	10	90
5	შეზეთვის სისტემა	100	–
6	გაგრილების სისტემა	60	40

სამუხრუჭე სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლები: თანამედროვე მსუბუქი ავტომობილების სამუხრუჭე სისტემების კონსტრუქციულმა სრულყოფამ და ახალი დმატებითი სისტემებით დაკომპლექტებამ მნიშვნელოვნად გაზარდა დამუხრუჭების ეფექტიანობა, ამალდა საიმედოობის ზოგიერთი მაჩვენებელი. მაგრამ გაიზარდა მათი უზრუნველყოფის და შენარჩუნების საექსპლოატაციო ხარჯები. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ კონსტრუქციის გართულებამ და კვანძებისა და მექანიზმების რაოდენობის გაზრდამ, გაზარდა მალიმიტირებული დეტალების რაოდენობაც.

უნდა აღინიშნოს ის გარემოებაც, რომ სამუხრუჭე სისტემისათვის, მისი საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენისა და ანალიზისათვის მიზანშეწონილია ნამუშევრად აღებული იქნას არა გარბენა, არამედ დატვირთვების ციკლების რაოდენობა, ე.ი. დამუხრუჭებათა რაოდენობა გარბენის ერთეულზე. ამ მიზნით შეგროვილი და დამუშავებული იქნა დაკვირვების შედეგად მიღებული სტატისტიკური მონაცემები ქ. თბილისის პირობებში და განსაზღვრული იქნა მისი განაწილების პარამეტრები ანალიზმა აჩვენა,

რომ დამუხრუჭებათა რაოდენობა ექვემდებარება განაწილების განაწილების ნორმალურ კანონს საშუალო მნიშვნელობით $n_{საშ} = 7$, ვარიაციის კოეფიციენტით $v=0,28$ და საშუალო კვადრატული გადახრით $\sigma = 0,1$.

სტატისტიკური მონაცემების დროს ფორმირებული იქნა მტყუნებათა და უწესივრობათა საკლასიფიკაციო ჯგუფები და ცალკე იქნა დამოყოფილი უეცარი მტყუნებები, ე.წ. "საშიში" მტყუნებები (ან პოტენციურად ავარიების წარმოქმნის ალბათობის მქონე მტყუნებები). მე-6 ცხრილში მოცემულია მტყუნებათა კლასიფიკაცია სამუხრუჭე სისტემის შემადგენელი ელემენტების მიხედვით.

ცხრილი 3

**მტყუნებებისა და უწესივრობების პროცენტული განაწილება
მათი გამოვლენის ხასიათის მიხედვით**

№	სამუხრუჭე სისტემების კვანძები და ელემენტები	მტყუნებების % განაწილება	
		უეცარი	თანდათანობითი
1	მთავარი სამუხრუჭე ცილინდრი	20	80
2	ვაკუუმგამამლიერებელი	10	90
3	წინა სამუხრუჭე მექანიზმები	5	95
4	უკანა სამუხრუჭე მექანიზმები	5	95
5	ანტიმაბლოკირებელი მოწყობილობა	50	50
6	ხელის მუხრუჭი	–	100

სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით თითოეული კრიტიკული დეტალისა და კვანძისათვის გამოვლენილი იქნა მათი რესურსების განაწილების კანონზომიერება და მისი შემფასებელი პარამეტრები (ცხრილი 4).

**სამუხრუჭე სისტემის დეტალებისა და კვანძების
რესურსების განაწილების პარამეტრები**

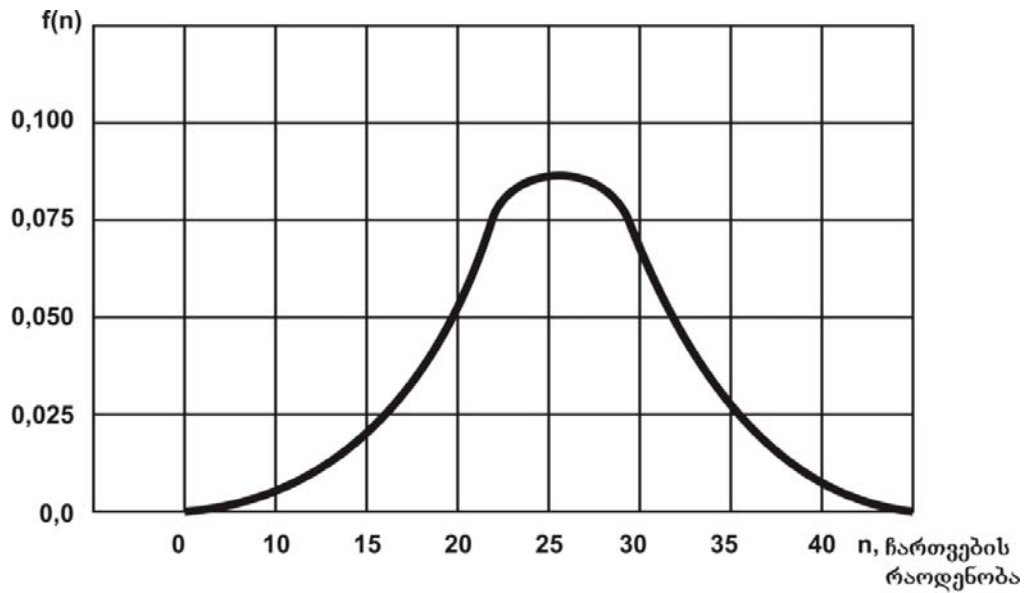
№	დეტალებისა და კვანძების დასახელება	საშუალო რესურსი, ათასი კმ.	ვარიაციის კოეფიციენტი	საშ. კვადრატული გადახრა, ათასი კმ.
1	წინა სამუხრუჭე ხუნდები	45,0	0,45	20.25
2	სამუხრუჭე დისკები	325,0	0,41	133.25
3	მთავარი სამუხრუჭე ცილინდრი	185,0	0,38	70.3
4	მუშა სამუხრუჭე ცილინდრები	225,0	0,42	94.5
5	რეზინის შლანგები და მილგაყ-ბა	155,0	0,47	72.85
6	ვაკუმის გამაძლიერებელი	235,0	0,41	96.35
7	გადამწოდები	165,0	0,48	79.2
8	ხელის მუხრუჭი	85,0	0,42	35.7

გადაბმულობის და გადაცემათა კოლოფის საიმედოობის

მაჩვენებლები:

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული საიმედოობის მაჩვენებელზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მექანიზმებისა და სისტემების დატვირთვის რეჟიმები – გადაბმულობის ჩართვა-გამორთვების რაოდენობა ერთ კმ-ზე და გადაცემათა კოლოფის საფეხურებზე გადართვების რაოდენობა.

მე-5 ნახაზზე მოცემულია მსუბუქი ავტომობილის გადაბმულობის ჩართვების რაოდენობის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი.

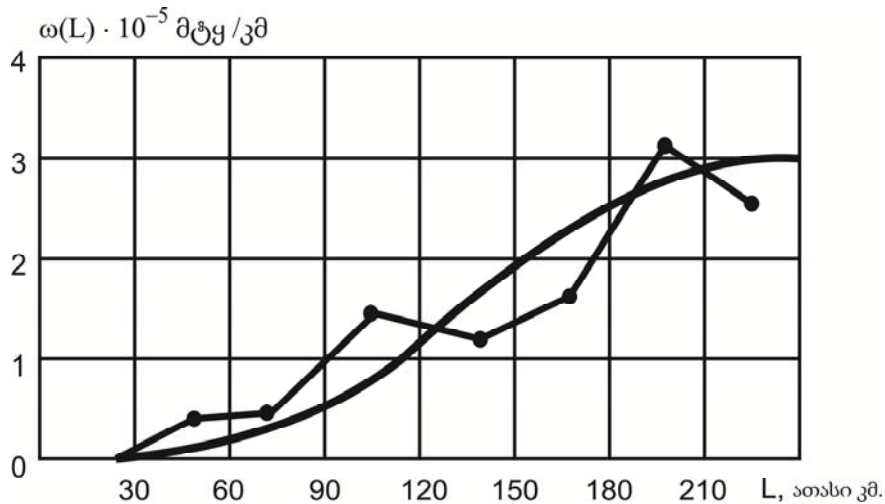


**ნახ.5. გადაბმულობის და მექანიკური გადაცემათა კოლოფის
გადართვების რაოდენობის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი**

როგორც ნახაზიდან ჩანს გადაბმულობათა ჩართვა-გამორთვების საშუალო რაოდენობა განაწილების ნორმალური კანონის შემთხვევა ტოლია $n_{საშ} = 24,5$, ხოლო ვარიაციის კოეფიციენტი $v = 0,24$.

მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების შედეგად გამოვლენილი იქნა გადაბმულობის საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების ნომენკლატურა და განისაზღვრა მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები.

იგივე სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრა მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი და აგებული იქნა მისი ცვლილების დიაგრამა გარბენის მიხედვით (ნახ 6).



ნახ. 6. გადაბმულობის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით.

თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზი: ანალიზი განხორციელდა კონკრეტულ მაგალითებზე, რომლებიც დაკავშირებულია საკვლევი ავტომობილების სისტემებისა და მექანიზმების ტექნიკური მდგომარეობის ისეთ დონეზე შენარჩუნებასთან, რომელიც ეფექტიანობის კრიტერიუმებით არის განსაზღვრული და შეესაბამება კონკრეტულ საექსპლოატაციო პირობებს. კრიტერიუმების ფორმირებას კი საფუძვლად უდევს სარეალიზაციო მოთხოვნები, რომელთაგან უმთავრესია ტექნიკურ-ეკონომიკური. ტექნიკური უპირველესად გულისხმობს მოძრაობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების მოთხოვნებს, ხოლო ეკონომიკური, საექსპლოატაციო ხარჯების მინიმიზირებას.

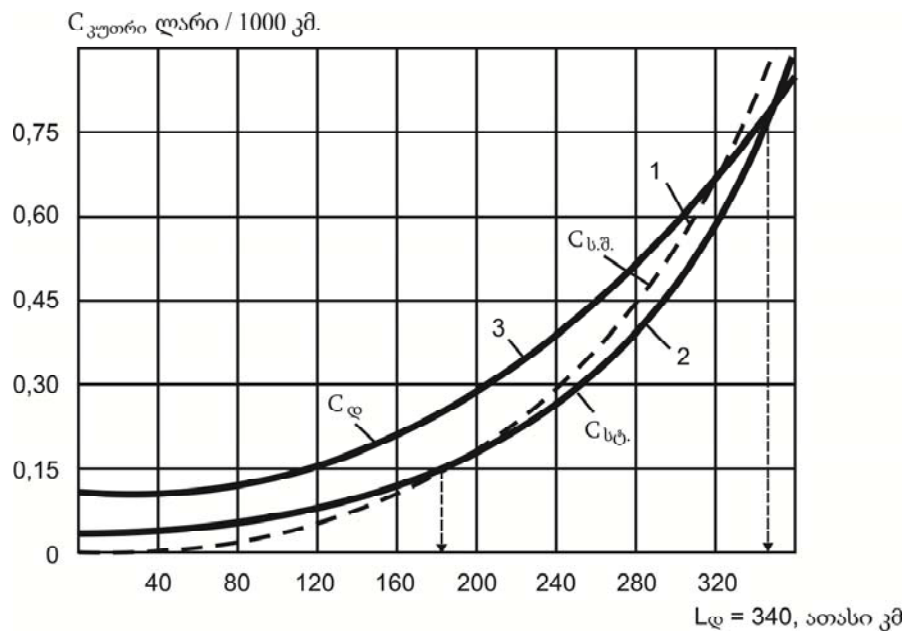
აღნიშნული საკითხები წარმოადგენენ ექსპლოატაციის პროცესში ავტომობილების საიმედოობის მართვის კომპლექსური კვლევის ამოცანებს, რომელთა შემადგენელი ნაწილია ნაშრომში დამუშავებული ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირების სტატისტიკურ-დიაგნოსტიკური და ტექნიკურ მომსახურებასთან შეთავსებული დიაგნოსტიკის ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდები.

ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირება შესრულდაძრავის გაზ-განაწილების მაგალითზე: ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირების სტატისტიკური და ტექნიკური დიაგნოსტიკის შეთავსებული მეთოდის გამოყენება მოითხოვს გარბენის მიხედვით ზომების დადგენას ეფექტიანობის პოზიციებიდან გამომდინარე, იგულისხმება მტყუნების ალბათობის მიხედვით ზონების განსაზღვრას, როდესაც სტატისტიკური

თუ ტექნიკური დიაგნოსტიკის გამოყენება მიზანშეწონილია პროგნოზირების შედეგების დამაჯერებლობის და სიზუსტის მიხედვით.

მოცემული მექანიზმის რესურსის განაწილება ექვემდებარება ნორმალურ კანონს (მახასიათებლები $L_{საშ} = 350,5$ ათასი კმ. და $\sigma = 63,5$ ათასი კმ.).

კონკრეტული მარკის ("ოპელის") ავტომობილებისათვის საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები განისაზღვრა ცნობილი მეთოდით, როდესაც მხედველობაში იქნა მიღებული მისი ცვლილების კანონმზომიერება და კუთხური ცვლილების კოეფიციენტი. მე-7 ნახაზზე მოცემულია კუთრი ხარჯების ცვლილების დიაგრამა და განსაზღვრულია სტატისტიკური და ტექნიკური დიაგნოსტიკის შეთავსების მეთოდის გამოყენების ზონები.



ნახ. 23. ძრავის საიმედოობის შენარჩუნების ხარჯების ცვლილების დიაგრამა და პროგნოზირების შეხამებული მეთოდის გამოყენების ზონების გამოვლენა

როგორც ნახაზიდან ჩანს დასაწყის პერიოდში მტყუნებათა აღმოფხვრა ხდება მათი წარმოქმნის მიხედვით და ხარჯები (მრუდი 1) გაცილებით მეტია, ვიდრე დიაგნოსტიკის დროს (მრუდი 3) და სტატისტიკური მეთოდის დროს (მრუდი 2). ეს მიუთითებს იმაზე, რომ რაციონალური

ზონების დადგენა ამ კრიტერიუმებით შემდგენაირად ხდება: 180,0 ათასი კმ-ის გარბენამდე მიზანშეწონილია მტყუნებათა აღმოფხვრა მოხდეს (ინტენსიურობა მცირეა), მათი წარმოქმნის მიხედვით, 180,0–340,0 ათასი კმ-ის ზღვრებში რაციონალურია პროგნოზირების სტატისტიკური მეთოდის გამოყენება, ხოლო 340,0 ათასი კმ-ის ზევით ეფექტურია ტექნიკური დიაგნოსტიკის პერიოდული გამოყენება.

აღნიშნული მეთოდის პრაქტიკული რეალიზაციის დროს მიზანშეწონილი და გამართლებულია ორგანიზაციულ-ტექნიკური ფაქტორებით დამუშავებული იქნას ტექნიკური დოკუმენტაციის ფორმა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ სრულყოფილი ინფორმაცია პროგნოზირების სტატისტიკური და დიაგნოსტიკური მეთოდების შეთავსების დროს (ცხრილი 5). ცხრილი 5

ავტომობილის უმტყუნებლობის სტატისტიკური და დიაგნოსტიკური

პროგნოზირების შეთავსების კარტა

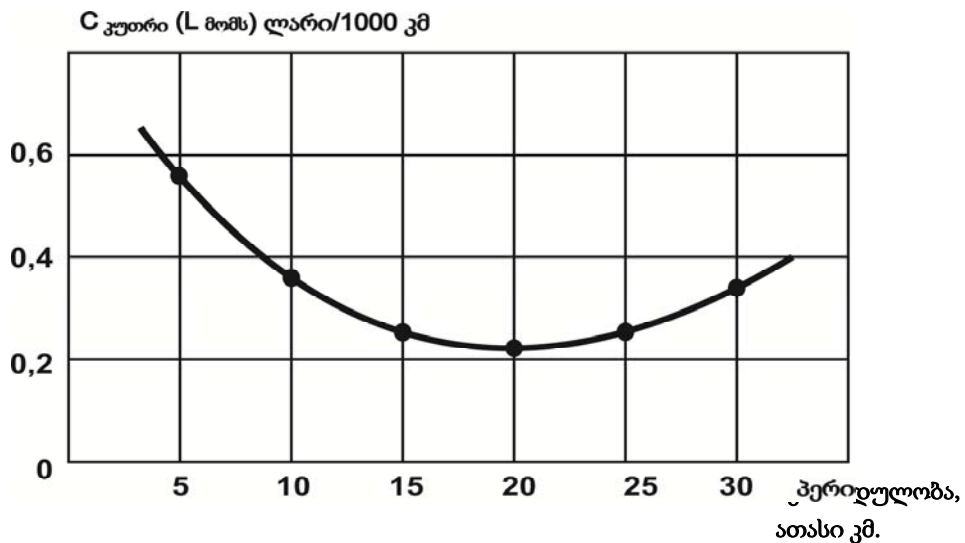
მექანიზმის სისტემის დასახელება	დიაგნოსტი- რების მეთოდი და საშუალება	შეცვლის ნომერი	გარბენა, ათასი კმ.						
			10	20	30	40	50	60
			უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა						
გაზგამანაწი- ლებელი მექანიზმი	შეკუმშული ჰაერის გაპარვა	I II	0,999	0,998	0,995	0,990	0,798	0,720
			-----	~~~~~	-----				
			0,999	0,643	
			~~~~~	-----	-----				

**პირობითი აღნიშვნა:** ~~~~~ სტატისტიკური პროგნოზირება,  
 ----- ტექნიკური დიაგნოსტიკა, ----- მტყუნებათა აღმოფხვრა  
 მათი წარმოქმნის მიხედვით.

ასეთი დოკუმენტის შექმნა და პრაქტიკული გამოყენება საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის მართვის პროცესები ექსპლოატაციის პროცესში და ამალდეს ავტომობილის ეფექტიანობა.

დიაგნოსტიკის პერიოდულობის განსაზღვრა ნებისმიერი ოპერაციის შესრულების ეფექტიანობა აისახება ავტომობილის ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრებზე, რაც თავის მხრივ პირდაპირ კავშირიშია ეკონომიკურ პარამეტრებთან. ამიტომ საჭირო ხდება ავტომობილის საერთო გარბენასთან დამოკიდებულებით განისაზღვროს შესრულებელი ოპერაციების (საკონტროლო-დიაგნოსტიკური), სარეგულირებელი და სხვა სახის სამუშაოების ნომეკლატურა და შემდეგ თითოეული მათგანისათვის მოხდეს რეჟიმების ოპტიმიზირება.

სამუხრუჭე სისტემის დანიშნულების პირობიდან გამომდინარე, ფუნქციონალური სქემის მტყუნებად ითვლება სამუხრუჭე მანძილის გაზრდა და მისი გამოსვლა ზღვრული, დასაშვები სიდიდიდან კონკრეტულ სიტუაციაში. მე-8 ნახაზზე მოცემულია ანგარიშის შედეგები.

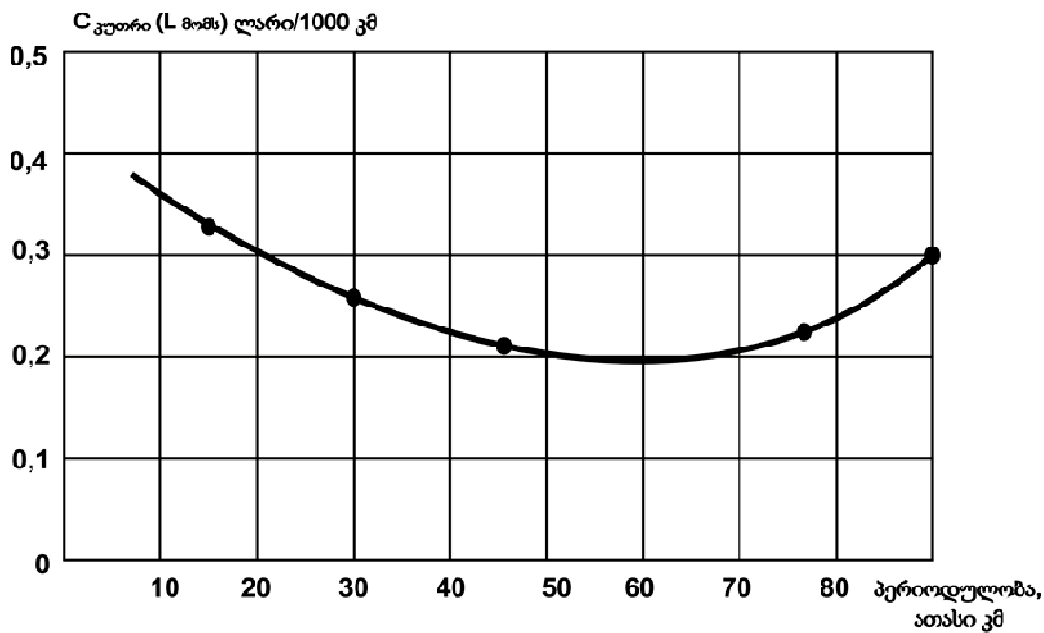


**ნახ. 8. სამუხრუჭე სისტემის საკონტროლო-დიაგნოსტიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა**

როგორც ნახაზზე მოცემული დიაგრამა გვიჩვენებს საკონტროლო-დიაგნოსტიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობა შეადგენს 20,0 ათას კმ-ს და იგი უზრუნველყოფს უმტყუნებო მუშაობის 0,98 ალბათობის დონეს კუთრი ხარჯებით 0,250 ლარი/1000 კმ.

ანალოგიური მეთოდით განისაზღვრება საჭით მართვის სისტემის საკონტროლო-დიაგნოსტიკური ოპერაციების ოპტიმალური პერიოდულობა. ამ შემთხვევაში მთავარ გასაზღვრულ ფაქტორს წარმოადგენს ძირითადი დიაგნოსტიკური პარამეტრი – საჭის რგოლის თავისუფალი სვლა, რომელიც სხვადასხვა ფაქტორზეა დამოკიდებული (საჭის მექანიზმში ღრეჩოს გაზრდა, წევების სფერულ სახსრებში ღრეჩო და სხვ.).

მე-9 ნახ-ზე – ანგარიშით მიღებული კუთრი ხარჯებისა და ცვლილების დიაგრამა, რომლის მინიმალური მნიშვნელობა იძლევა ოპტიმალურ პერიოდულობა.



ნახ. 9. საჭის საკონტროლო-დიაგნოსტიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა

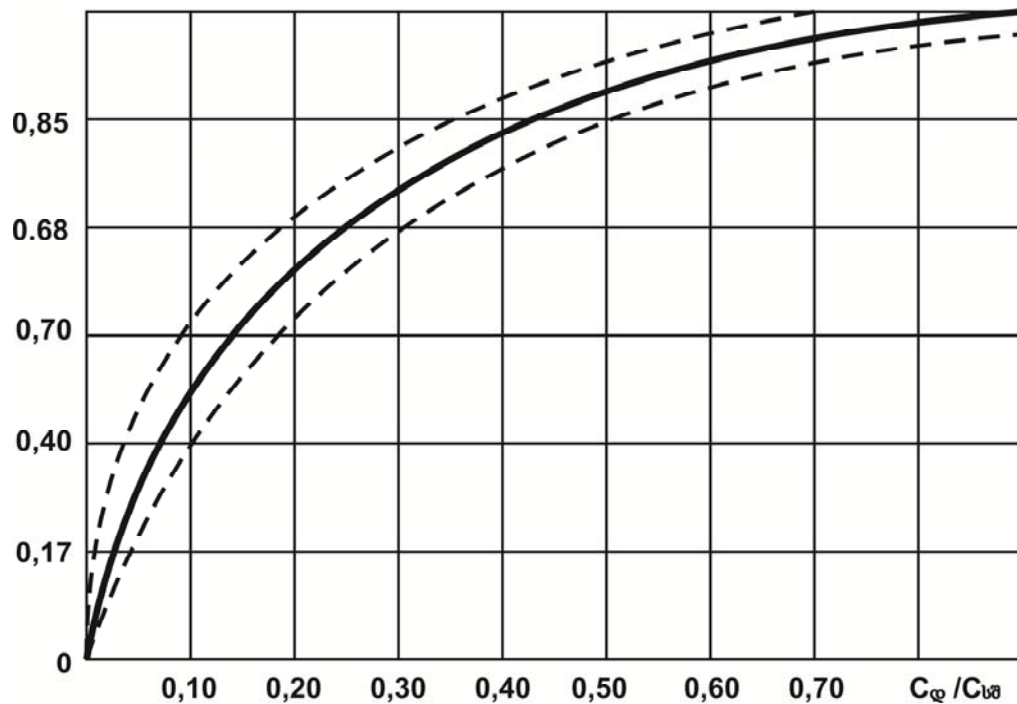
როგორც ანგარიშის შედეგებმა გვიჩვენა საჭის საკონტროლო-დიაგნოსტიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობა შეადგენს 60,0 ათას კმ-ს, როდესაც უმტყუნებლობის დონე იქნება არანაკლებ 0,95.

როგორც კვლევის თეორიულ ნაწილში იყო აღნიშნული, დიაგნოსტიკურა სრულდება გარკვეული მიზნით და ძირითადი კრიტერიუმი არის უმტყუნებლობის მაღალი დონის შენარჩუნება და უეცარი მტყუნებების გამორიცხვა. რაც განხორციელდება დიაგნოსტიკით გამოვლენილი (შესაბამისი პარამეტრებით და დიაგნოსტიკური ნიშნებით)



მტყუნებისა და უწყესივრობის აღმოფხვრით. ეს კი მოითხოვს დამატებით ხარჯებს და როგორც წესი ეს ხარჯები მნიშვნელოვნად ზრდის საერთო საექსპლოატაციო ხარჯებს (მვირადღირებული სადიაგნოსტიკო მოწყობილობა, ოპერატორის ანაზღაურება და სხვ.). აღნიშნული ხარჯების მინიმიზირების მიზნით ჩვენს მიერ რეკომენდირებული იქნა დიაგნოსტიკის პერიოდულობის განსაზღვრის ანალიზური და გრაფიკული მეთოდი. ამ მეთოდის ძირითადი შინაარსი არის კონკრეტული სისტემებისათვის დამოკიდებულების, ოპტიმალურობისა და  $C_{დ}/C_{სმ}$  ფარდობას შორის და საკვლევი სისტემის მტყუნებათა ინტენსიურობის დადგენა.

აღნიშნული სიდიდეების მრავალმხრივმა გამოკვლევებმა და დიაგნოსტიკების თანამედროვე მეთოდების ანალიზმა საშუალება მოგვცა ავაგოთ აღნიშნული დამოკიდებულების მრუდი ავტომობილ "ოპელის" სისტემებისა და მექანიზმების მაგალითზე (ნახ. 10).



ნახ. 10. ოპტიმალურობის საშუალო მრუდი ავტომობილ "ოპელის" სისტემებისა და მექანიზმებისათვის

ოპტიმალურობის კოეფიციენტის  $K_o$  მნიშვნელობები დამოკიდებულია მტყუნებათშორისო ნამუშევარზე და დიაგნოსტიკის, პერიოდულობაზე. მტყუნებათაშორისო ნამუშევარი კი, როგორც უმტყუნებლობის მაჩვენებელი, მტყუნებათა სიხშირეზეა დამოკიდებული და შესაბამისად მოიცავს საკონტორლო-სარეგულირებელ სამუშოებს და დეტალების შეცვლას. ყველა შემთხვევაში პერიოდულობის დადგენა და მისი კორექტირება შესაძლებელია მტყუნებათა ინტენსიურობის (მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი) დადგენით და ანალიზით. ასეთი გზით მიღებული  $C_{დ}/C_{სშ}$  ფარდობის მნიშვნელობის მიხედვით დიაგრამაზე მოიძებნება ოპტიმალურობის კოეფიციენტის შესაბამისი მნიშვნელობა. მისი გამრავლებით მტყუნებათა ინტენსიურობის შებრუნებულ მნიშვნელობაზე იძლევა ოპტიმალური პერიოდულობის სიდიდეს. მე-6 ცხრილში მოცემულია ავტომობილ "ოპელის" სისტემებისა და მექანიზმების დიაგნოსტიკის პერიოდულობის საანგარიშო მონაცემები და ანგარიშის შედეგები (მტყუნებათა ინტენსიურობის მნიშვნელობები აღებულია სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით).

ცხრილი 6

**ავტომობილ "ოპელის" სისტემებისა და მექანიზმების დიაგნოსტიკის პერიოდულობის საანგარიშო ცხრილი**

№	სისტემებისა და მექანიზმების დასახელება	$C_{დ}$ , ლარი	$C_{სშ}$ , ლარი	$C_{დ}/C_{სშ}$	$K_o$	$\lambda(L)$	$l_{ფ} = K_o \frac{1}{\lambda}$
1	ძრავის მართვის ბლოკი	30,0	84,0	0,28	0,70	$0,35 \cdot 10^{-5}$	24,5
2	გადაცემათა გადაბმულობა	25,0	70,0	0,35	0,78	$0,65 \cdot 10^{-5}$	50,7
3	სამუხრუჭე სისტემა	30,0	120,0	0,25	0,68	$0,50 \cdot 10^{-5}$	17,0
4	საჭის სისტემა	20,0	50,0	0,40	0,85	$0,22 \cdot 10^{-5}$	18,7
5	განათება და სიგნალიზაცია	15,0	27,0	0,55	0,87	$0,17 \cdot 10^{-5}$	14,3
6	ელექტრომწიფობილობა	30,0	45,0	0,70	0,96	$0,20 \cdot 10^{-5}$	19,2
7	საკონტ. გამზომი ხელსაწყოები	30,0	60,0	0,50	0,83	$0,30 \cdot 10^{-5}$	24,9

## ძირითადი დასკვნები

1. შესრულებულმა კვლევებმა აჩვენა ტექნიკური მდგომარეობის სტატისტიკური პროგნოზირების და ტექნიკური დიაგნოსტიკის შეთავსების მიზანშეწონილობა ავტომობილის კონსტრუქციული ელემენტების რესურსების გამოყენების სხვადასხვა ინტერვალების პირობებში.
2. დამუშავებული მეთოდი საშუალებას იძლევა მინიმალური ხარჯების კრიტერიუმით გამოვლენილი იქნას სტატისტიკური პროგნოზირების და ტექნიკური დიაგნოსტიკის რაციონალური გამოყენების ზონები, როგორც კონკრეტული ელემენტების ხანგამძლეობის მაჩვენებლების ფუნქცია და შეთავსებული მეთოდების დამაჯერებლობა საჭირო დონეზე იქნება უზრუნველყოფილი.
3. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ პროგნოზირების დამუშავებული მოდელი გამოიყენება მტყუნებათა განაწილების არა მარტო ნორმალური კანონის შემთხვევაში, არამედ ელემენტების რესურსების განაწილების ვეიბულის და ექსპონენციალური კანონების შემთხვევებშიც და მხედველობაში მიიღება ის გარემობა, რომ სადიაგნოსტიკო საშუალებების შემთხვევითი ცდომილებები განაწილებულია ნორმალური კანონით.
4. დამუშავებული მეთოდების რეალიზაციის მიზნით გამოვლენილი იქნა მსუბუქი ავტომობილების სისტემებისა და მექანიზმების საიმედოობის მაჩვენებლები, უმტყუნებლობის მალიმიტირებელი დეტალები და კვანძები, მათი რესურსების განაწილების კანონზომიერებები. მტყუნებათა კლასიფიცირება მოხდა მათი გამოვლენის ნიშნის მიხედვით, რომლის დროსაც დადგინდა, რომ ძრავის სისტემებიდან შეზეთვის სისტემაზე ვიზუალური მეთოდით მოდის 100%, გაგრილების სისტემაზე – 60%, ხოლო ყველა დანარჩენი სისტემებისათვის – 80-100% მტყუნებათა გამოვლენა ხდება დიაგნოსტიკით, საგარანტიო გარბენის შემდეგ მტყუნებათა ინტენსიურობა ექვემდებარება

რესურსების განაწილების ექსპონენციალურ კანონს მაღალი საშუალო რესურსით 250-350 ათასი კმ და ვარიაციის კოეფიციენტით 0,6-0,85 ზღვრებში.

5. პროგნოზირების შეთავსებული მეთოდის გამოყენების რაციონალური ზონების (გარბენის ინტერვალების) სიდიდეზე მოქმედ ძირითად ფაქტორებს წარმოადგენენ კონსტრუქციული ელემენტების უმტყუნებლობის მაჩვენებლები და ხარჯები, რომლებიც დაკავშირებულია სტატისტიკურ პროგნოზირებასა და დიაგნოსტიკასთან.

"ოპელის" ძრავის გაზ-გამანაწილებელის სისტემის მაგალითზე დადგენილი იქნა, რომ: უმტყუნებო მუშობის ალბათობის 0,991 დონემდე გარბენის 90,5 ათასი კმ-თვის მიზანშეწონილია მტყუნებათა აღმოფხვრა მათი წარმოქმნის მიხედვით, აქედან 190,0 ათასი კმ-მდე, როდესაც უმტყუნებლობა შემცირდება 0,915-მდე, გამოყენებული იქნას პროგნოზირების სტატისტიკური მეთოდი, ხოლო შემდეგ ეტაპზე მოხდეს პერიოდულად ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკა.

6. დამუშავებული იქნა უმტყუნებლობის სტატისტიკური პროგნოზირებისა და ტექნიკური დიაგნოსტიკის შეთავსების რუკა. იგი შედეგების პრაქტიკაში რეალიზების საშუალებას იძლევა და მოცავს კონსტრუქციული ელემენტებისა და კვანძების გარბენებს, მათ შესაბამის უმტყუნებო მუშობის ალბათობებს და პროგნოზირების შეთავსებული მეთოდების მიზანშეწონილების ინფორმაციას.

7. შემოთავაზებული მეთოდით განსაზღვრული იქნა საკონტროლო-დიაგნოსტიკური ოპერაციების შესრულების პერიოდულობა სამუხრუჭე და საჭით მართვის სისტემებისათვის. სამუხრუჭე სისტემისათვის მან შეადგინა 20,0 ათასი კმ, რომელიც უზრუნველყოფს უმტყუნებო მუშობას 0,98 დონეზე, ხოლო საჭის სისტემისათვის 60,0 ათას კმ-ს 0,95 უმტყუნებლობის დონით. მეთოდი

იძლევა პერიოდულობის ვარირების საშუალებას უმტყუნებლობის სასურველი დონისა და კუთრი ხარჯების ცვლილების მიხედვით.

- ავტომობილის ელექტრული მართვის მქონე სისტემებისა და მექანიზმებისათვის დიაგნოსტიკების პერიოდულობის დადგენისა და კორექტირების აუცილებელი პირობას წარმოადგენს მომსახურების აუცილებელი ხარჯების ფარდობასა და ოპტიმალურობის კოეფიციენტებს შორის კავშირის გამოვლენა.

მტყუნებათა ინტენსიურობის მიხედვით განსაზღვრული პერიოდულობის მნიშვნელობები იძლევიან ტექნიკური მდგომარეობის ოპტიმალური მართვის საშუალებას ექსპლოატაციის პროცესში.

**დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდგომ  
პუბლიკაციებში:**

- ვ.ლეკიაშვილი, ი.ზაკუტაშვილი, ნ.თოფურია. ავტომობილის საკონტროლო-გამზომი ხელსაწყოების საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ № 2(21) 2011. გვ. 69-74.
- ვ. ლეკიაშვილი, ი. ზაკუტაშვილი, მ. ზურიკაშვილი. ავტომობილის საკონტროლო-დიაგნოსტიკური ოპერაციების პერიოდულობის განსაზღვრა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ № 4(22) 2011. გვ. 50-56.
- ვ. ლეკიაშვილი, ი. ზაკუტაშვილი, გ. მარდალეიშვილი. ავტომობილების უმტყუნებლობის სტატისტიკური პროგნოზირების მეთოდის დამუშავება. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №1(26) 2013. გვ. 195-201.

## Resume

### **Perfection of the methods providing automobiles reliability in the operating process.**

Resulting from efficiency positions of automobiles application, the special attention is paid to keeping of their technical state to reduce the operation expenses made. It is determined by gradual impairment of the technical state in the different operational conditions, reflected by the intensiveness of breakdowns and malfunctions.

The provisions and principles of technical operation for the moving contingent of automobile transport provide and “regulations” define technical impact forms on automobiles.

The given thesis concerns the research of the specified points with the example of light vehicles and includes the technical influence methods and forms improvement. It provides the inter combination of statistic and diagnostic methods of malfunctions prognosis and consequently the determination of their application zones according to the mileage, and the determination of optimum periodicity of diagnostics as well.

**The aim of the thesis:** the perfection of the control methods of automobile reliability by the technical impact within the operation process, including improving the parameters of diagnostics regimes.

Based on the analysis of the current state of the point and for the achievement of the specified aim, the research tasks were made out: - Elaboration of the combination of statistic and diagnostic methods of the technical state;

- Elaboration of the methods determining the optimum periodicity of diagnostics.

**The scientific innovation of the thesis** is represented by the elaboration prognosis method of automobile mechanisms, systems and resources. The optimization of the diagnostics periodicity according to the systems and mechanisms.

The thesis includes theoretic and experimental studies. The objects of the studies will be the light vehicles for different conditions of the operation.

In the theoretic part of the thesis at the first stage, the malfunctions prognosis was made according to the automobile mechanisms and systems, according to the statistics data and prognosis with technical diagnostics. Then their inter-reconciling was made. The basis for the elaborated method is the reflection of the parameters variations regularities of the technical state of systems and mechanisms being studied.

The modeling of the task was determined during the avoidance of the specified parameters out of the permissible limits or by selecting optimization criterion of the mileage. On the other hand, by the application of the technical diagnostics, the technical state control is in the connection with the optimization of its fulfillment periodicity, the criterion taken both the high level of

malfunction and diagnostics and working skill recovery fixed expenses. With this the elaborated method provides the reflection of the optimality ratio, that simplifies the task solution and makes available the diagnostics time of specific systems and mechanisms. In the experimental part of the thesis, the indicators of the reliability of studied automobile systems and mechanisms received by processing statistics data are given gradually. The special attention is paid to the determination of the actual fulfillment periodicity of control-diagnostics operations, it consisted for Tbilisi conditions, about 20,0 thousand km, in other words twice per year. The diagnostics economic indicators were studied both for electrical control systems, and for special malfunction discovery.

The quantitative specifications of malfunctions, durability and repair suitability, malfunctions distribution regularities and their estimating parameters were reflected.

The general analysis of theoretical and experimental studies was made. By combining the both methods of malfunctions prognosis, the zones of the specified method application were determined according to the mileage. The zones, determined by technical-economic criterion indicate to the advantages of the application of diagnostics with the condition, that the economic indicators will be kept within the permissible limits. The elaborated methods are acceptable for any systems and mechanisms of the automobile, other additional criteria should necessarily be brought only for the systems active with the movement security.

The determination of the diagnostics periodicity was completed according to the indicators reflected by the experiment and the optimum quantity consisted 20.0 thousand km for brake gear and 60.0 thousand km for steering system, that is in conformity with the real conditions. Being the result of the practical realization of the specified methods, the corresponding main conclusions were made.

The map of the combination of malfunctions statistic prognosis and technical diagnostics was elaborated. It gives the opportunity to realize the results in practice and includes the mileage of the constructional parts and units, the information on the advisability of the combining methods of prognosis and probabilities of their corresponding failure-free operation.

By the offered method, the periodicity of control-diagnostics operation fulfillment for brake gear and steering systems was determined. It consisted 20,0 thousand km for brake gear systems, providing failure-free operation on the level of 0,98, and 60,0 thousand km for steering systems with the level of malfunction of 0,95. The method give the opportunity of the variation of the periodicity according to the desirable level of malfunction and fixed expenses variation. The necessary condition for the determination and correction of the diagnostics periodicity for the systems and mechanisms of electrical control automobiles is represented by the reflection of the linkage between necessary expenses ratio and optimality ratio.

The meanings of the periodicity defined according to the malfunctions intensiveness give the opportunity for optimal control of the technical state in the operation process.