

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ხელნაწერის უფლებით

ვალერი ჯაჯანიძე

ექსპლუატაციის პროცესში ავტომობილის
საიმელოობის მართვის მეთოდების დამუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე შ ე რ ა ტ ი

თბილისი
2012

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სატრანსპორტო დეპარტამენტის საავტომობილო ტრანსპორტის მიმართულებაზე

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

რეცენზენტები: ტ.მ.დ. მ. შილაკაძე
აკადემიური დოქტორი რ. კენკიშვილი

დისერტაციის დაცვა შედგება 2012 წლის “----“ -----, “-----“
საათზე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე. კორპუსი 1, აუდიტორია № ----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 68

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო
ავტორეფერატის ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
ასოც. პროფესორი

რ. ველიჯანაშვილი

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა. ავტომობილის ეფექტურობის ამაღლების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გზას წარმოადგენს ავტომობილის საიმედოობის, მუშაობის უნარიანი მდგომარეობის სათანადო (ოპტიმალურ) დონეზე შენარჩუნება. უკანასკნელი უზრუნველყოფს ავტომობილის მწარმოებლურობას, მოძრაობის უსაფრთხოების და ეკოლოგიურობის ამაღლებასა და საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირებას. აღნიშნული საკითხის დიდ მნიშვნელობაზე მიუთითებს, თუნდაც ის, რომ ავტომობილის ტექნიკური მზადყოფნის კოეფიციენტის 10%-ით ამაღლება განაპირობებს მისი მწარმოებლურობის 1,2-1,3-ჯერ გაზრდას, ავტომობილის ტექნიკური უწყესივრობები იწვევს საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების 12-15%-ს, ხოლო ავტომობილის ტექნიკურ მომსახურებასა და რემონტზე გაწეული ხარჯები 2-2,5-ჯერ აღემატება ახალი ავტომობილის დამზადების ხარჯებს.

ავტომობილის საიმედოობის სათანადო დონეზე შენარჩუნებისათვის ამჟამად ცნობილია მისი ექსპლუატაციის პროცესში მართვის შემდეგი ძირითადი მიმართულებები: ტექნიკური მომსახურების რეჟიმების ოპტიმიზირება, დეტალების შეცვლის სისტემების სრულყოფა, ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების გაუმჯობესება, მაგრამ ამ მიმართულებებით დამუშავებული მეთოდები დღეისათვის არ ხასიათდებიან მეცნიერული და ტექნიკური უზრუნველყოფის სათანადო დონით, რაც განაპირობებს ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების დაბალ ეფექტურობას, რემონტში მოცდენასა და მოძრაობის უსაფრთხოებაზე მოქმედი სისტემებისა და მექანიზმების ფუნქციონირების დაბალ ხარისხს.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ავტომობილების საიმედოობის მართვის მეთოდების დამუშავება და მათი რეალიზაციით ეფექტიანობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ამაღლება.

დასახული მიზნის განხორციელებისათვის ჩამოყალიბებული იქნა შემდეგი ძირითადი ამოცანები:

- ავტომობილის აგრეგატებისა და სისტემების საიმედოობის მაჩვენებლებზე მუშაობის რეჟიმების პარამეტრების გავლენა და მისი შეფასების მეთოდის დამუშავება;

- ტექნიკური მომსახურების ოპერაციების შესრულების ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება;
- აგრეგატებისა და სისტემების დეტალების შეცვლის ოპტიმალური სისტემის დამუშავება ტექნიკურ-ეკონომიკური კრიტერიუმით.

ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს:

- სისტემებისა და მექანიზმების პროფილაქტიკური ზემოქმედების რეჟიმების ოპტიმიზირების მათემატიკური მოდელები;
- ავტომობილების მიმდინარე რემონტის ნაირსახეობათა ფორმირებისა და მათი მოთხოვნილებათა ნაკადის პარამეტრის დიფერენცირებული მნიშვნელობების საფუძველზე დამუშავებული იქნა დეტალების შეცვლის სისტემა;
- ავტომობილის საიმედოობის მართვის სრულყოფისათვის გამოვლენილი იქნა სისტემებისა და მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების პარამეტრების გავლენა საიმედოობის მაჩვენებლებზე.

კვლევის ობიექტი – საქალაქო ავტობუსის სისტემებისა და აგრეგატების საიმედოობის მართვის მეთოდები და მათი რეალიზაციის გზები.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის ძირითადი მასალები წარმოდგენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 78-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, 2010 წ.

პუბლიკაციები: დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო ნაშრომში. მათი ჩამონათვალი მოყვანილია ავტორეფერატის ბოლოს.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა: ნაშრომი მოიცავს შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, შედეგების განსჯას, ძირითად დასკვნებს,

გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას, ნაშრომი წარმოდგენილია 110 გვერდზე, მათ შორის 33 ნახაზი, 22 ცხრილი.

სამუშაოს შინაარსი

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

ლიტერატურის მიმოხილვაში მოცემულია ავტომობილის საიმედოობის მართვის თანამედროვე მეთოდების ანალიზი და გამოვლენილია მათი განვითარების გზები კერძოდ:

ავტომობილის მუშაობის რეჟიმების საიმედოობის მაჩვენებლებზე გავლენის კვლევის ძირითადი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ კონკრეტულ საექსპლუატაციო პერიოდებში დადგინდეს ავტომობილის აგრეგატებისა და სისტემების მუშაობის რეჟიმების მაჩვენებლების სიდიდეები და მათი განაწილების პარამეტრები. შემდეგ მოხდეს მათი კავშირის გამოვლენა კონკრეტულ სარეალიზაციო პარამეტრებთან, კერძოდ, საიმედოობის მაჩვენებლებთან.

ტექნიკური მომსახურების რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდების კვლევის მიზანია უზრუნველყოს ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობის გასაზღვრის და სრულყოფის, აგრეთვე ოპტიმალური ხანგამძლეობისა და რესურსების მართვისა და კორექტირების კომპლექსური კვლევის მეთოდები დამუშავება, რადგანაც მომსახურების რეჟიმების, პერიოდულობის და სამუშაოთა ჩამონათვალის ოპერაციების შრომატევადობების სწორ შერჩევაზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მანქანათა უმტყუნებლობის დონე.

ტექნიკური მომსახურების რეჟიმზე მრავალი ფაქტორის გავლენამ განაპირობა პერიოდულობის დადგენის მთელი რიგი მეთოდების დამუშავება. ძირითად საფუძველს წარმოადგენს ტექნიკურ-ეკონომიკური მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს პერიოდულობის განსაზღვრას ტექნიკურ მომსახურებასა და მიმდინარე რემონტზე გაწეული ჯამური კუთრი ხარჯების კრიტერიუმით.

ავტომობილების მუშაობის უნარის აღდგენის პროცესების მართვის მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს ტექნიკური ზემოქმედების მოთხოვნილებათა პროგნოზირება. იგი უნდა პასუხობდეს ტექნიკური მომსახურების ბაზების, საწარმოების ტექნიკური

სამსახურის მართვის ავტომატიზირებული სისტემის მოთხოვნებს. მტყუნებებისა და უწყისივრობების 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.

საკითხის თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზისა და ნაშრომში დასმული მიზნის მისაღწევად განისაზღვრა კვლევის ძირითადი ამოცანები

მეორე თავში მოცემულია კვლევის თეორიული მეთოდების დამუშავება, ექსპერიმენტული მონაცემებით საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა და მათი ერთობლივი ანალიზი.

პირველი ქვეთავი ეხება დასმული ამოცანების შესაბამისად თეორიული მეთოდების დამუშავებას.

საიმედოობის მაჩვენებლებზე მუშაობის რეჟიმის გავლენა და მისი შეფასების მეთოდი - ავტომობილების ექსპლუატაციის მთელი პერიოდისათვის მისი მუშაობის რეჟიმები და მისი შემადგენელი კომპონენტები წარმოადგენენ შემთხვევით სიდიდეებს. საიმედოობის მაჩვენებლები მჭიდროდ არიან დაკავშირებული მუშაობის რეჟიმის პარამეტრებთან, რომლებიც ფართო დიაპაზონში იცვლებიან. ეს კავშირი ფასდება კორელაციური კოეფიციენტით. ამიტომ მისი გამოკვლევა უნდა მოხდეს შემთხვევითი სიდიდეების ალბათობის თეორიის, კერძოდ კი კორელაციური განტოლებების გამოყენებით.

კორელაციური კავშირის პრაქტიკული გამოყენებისას, ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე დადგინდება მუშაობის რეჟიმის განმსაზღვრელი მაჩვენებლების განაწილების პარამეტრები და კანონზომიერება. ანალოგიურად მოხდება მასთან კავშირში მყოფი საიმედოობის მაჩვენებლების განაწილების პარამეტრების განსაზღვრა, რის შემდეგაც შესაძლებელი იქნება მათ შორის კავშირის განსაზღვრა და შესაბამისად მისი დონის ფორმირება.

გამოსაკვლევი შემთხვევითი სიდიდეების ურთიერთკავშირის შეფასებისათვის, გამოიყენება კორელაციის კოეფიციენტი, რომელიც

გვიჩვენებს კავშირს, თუ რა რაოდენობის პროცენტი მოდის თითოეული განსახილველ სიდიდეზე, იმ ფაქტორის გათვალისწინებით, რაც მოქმედებს საერთოდ ამ კავშირზე.

ამოცანის მოდელირება უნდა მოხდეს ავტომობილის კონკრეტული მექანიზმის, კვანძის და სისტემის მიხედვით. ეს განპირობებულია ერთის მხრივ საკვლევი ობიექტის კონსტრუქციული თავისებურებებით, მისადმი წაყენებული მოთხოვნებით საიმედოობის მაჩვენებლების სასურველ დონეზე შენარჩუნებისათვის, მეორეს მხრივ მუშაობის რეჟიმის განმსაზღვრელი პარამეტრების განსხვავებით. მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული კონკრეტული პირობები საკვლევი ობიექტის (აგრეგატი, სისტემა) მოძრაობის უსაფრთხოებაზე გავლენის ფაქტორები, ხოლო ზოგიერთი სისტემისათვის ტექნიკურ-ეკონომიკური ფაქტორი.

ავტომობილის სამუხრუჭე სისტემისათვის საიმედოობის მთავარ მაჩვენებელს წარმოადგენს სამუხრუჭე მანძილი – S_m , რომელიც სხვა ცნობილ ფაქტორებთან ერთად დამოკიდებულია სამუხრუჭე დოლსა და ხუნდებს შორის ღრეზზე, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია მოხახუნე ზედაპირების ცვეთის ინტენსიურობაზე. იმის და მიხედვით, როგორია მუშაობის რეჟიმი, ცვეთის ინტენსიურობა შეიძლება იცვლებოდეს ფართო დიაპაზონში. სამუხრუჭე ხუნდებისა და დოლისათვის ცვეთის ინტენსიურობის შეფასების საექსპლოატაციო პარამეტრად მიიღება გარბენის ერთეულზე ცვეთის სიდიდე, რომელიც ექსპერიმენტით დადგინდება. ეს მოითხოვს მუშაობის რეჟიმის გამოვლენას, რომელიც გულისხმობს დატვირთვათა ციკლის განაწილების განსაზღვრას.

ამ პირობით კორელაციის კოეფიციენტის განმსაზღვრელი გამოსახულება სამუხრუჭე სისტემისათვის შემდეგნაირ სახეს მიიღებს:

$$\tau_g = \frac{\overline{N_g \cdot U} - \overline{N_g} \cdot \overline{U}}{\sigma_g \cdot \sigma_u} \quad (1)$$

სადაც: N არის სამუხრუჭე სისტემის ციკლური დატვირთვების რაოდენობა, დამუხრუჭება/კმ;

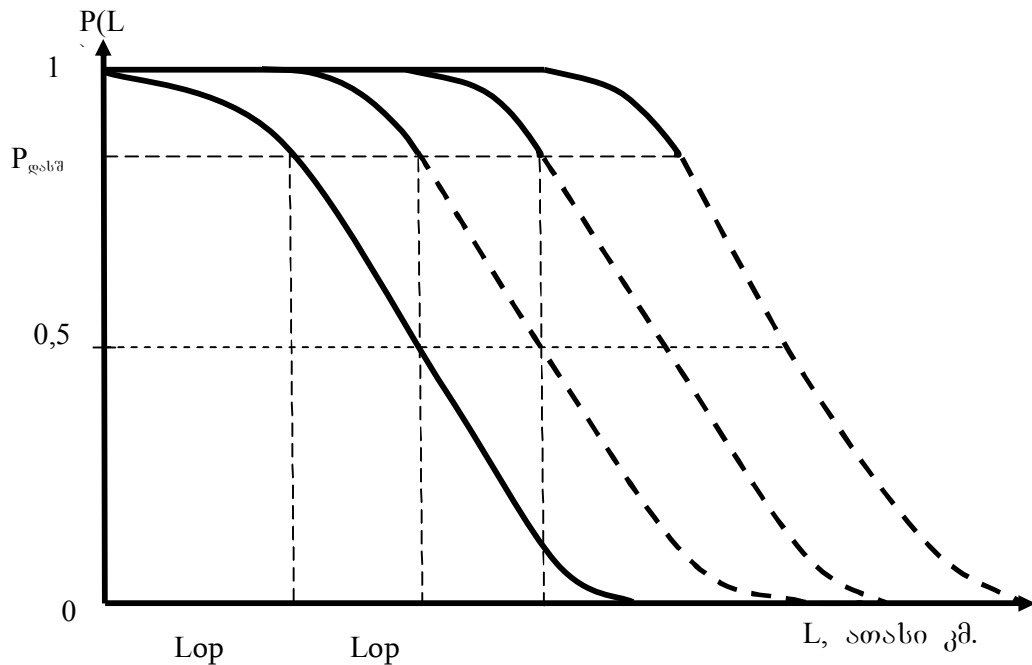
U - ცვეთის ინტენსიურობა მმ/1000კმ;

\mathcal{E}_d - დატვირვების განაწილების საშუალო კვადრატული გადახრა;

\mathcal{E}_u - ცვეთის ინტენსიურობის განაწილების საშუალო კვადრატული გადახრა.

ანალოგიურად შეიძლება განისაზღვროს ავტომობილის მექანიზმებისა და სისტემების მუშაობის რეჟიმისა და ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილების ამსახველ პარამეტრებს შორის

ტექნიკური მომსახურების რეჟიმების ოპტიმიზაციის მათემატიკური მოდელირება - ტექნიკური მომსახურების რეჟიმის ოპტიმიზირების მოდელირების დროს ზოგადად გათვალისწინებული უნდა იყოს უმტყუნებლობის კრიტერიუმი, რომელიც აისახება ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრის ზღვრული მნიშვნელობებით (ქვედა და ზედა ზღვარი), რომლებსაც შეესაბამება უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მნიშვნელობები $P(L)$ და ეკონომიკური კრიტერიუმი ტექნიკური მომსახურებისა $C_{ტა}$ და მტყუნების აღმოფხვრის $C_{მტყ}$ ღირებულებებით.



ნახ. 1. სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის მიხედვით.

პირველი კრიტერიუმის ფორმირებისას საფუძვლად აიღება პირობა იმის შესახებ, რომ ტექნიკური მომსახურების შემდეგ სისტემის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა აიწვეს საწყის მნიშვნელობამდე (თეორიულად ერთამდე) და შემდეგ დაიწყებს ვარდნას. (ნახ. 1.)

იმის და მიხედვით, თუ როგორია სასურველი უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მნიშვნელობის დასაშვები ზღვრული დონე, მოხდება პერიოდულობის ვარირება აღნიშნულ ზღვრებში, როგორც უმტყუნებლობის ფუნქცია

$$L_{\text{მომს.}} = \varphi P(L) \quad (2)$$

იმისათვის, რომ ტექნიკურ მომსახურებებს შორის მტყუნებას არ ქონდეს ადგილი, ანუ მტყუნებათაშორისო ნამუშევარი $L_{\text{ა.ფ.}}$ მომსახურების პერიოდულობის ტოლი იყოს, ან მიახლოებული მასთან მინიმალური სხვაობით, მოდელირებისათვის ვისარგებლოთ რესურსის სასურველი მნიშვნელობით. როდესაც წამყვანი ფუნქცია ერთის ტოლია, საშუალო რესურსი და მტყუნებათაშორისო ნამუშევარი ერთიმეორის ტოლია. ასეთ შემთხვევაში მომსახურების პერიოდულობის განმსაზღვრელი გამოსახულება შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$L_{\text{მომს.}} = \frac{C_{\text{მომს.}} \cdot L_r}{C_{\text{ს.შ.}}(L_{\text{მომს.}}) \cdot L_r - C_{\text{მტყ.}}} \quad (3)$$

სადაც $C_{\text{მომს.}}$ არის მომსახურების ღირებულება;

$C_{\text{მტყ.}}$ მტყუნების ღირებულება.

მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობათა დიაპაზონში რესურსის თითოეულ მნიშვნელობას შეესაბამება მომსახურების პერიოდულობის გარკვეული მნიშვნელობა $L_{\text{მომს. i}}$, რითაც გამოვლინდება კუთრი ხარჯების მინიმუმი და შესაბამისად ოპტიმალური პერიოდულობა.

ავტომობილი მოიცავს ისეთ სისტემებსა და მექანიზმებს, რომელთა ტექნიკური მომსახურების დროს საჭირო ხდება მტყუნებებისა და უწყისვრობების აღმოფხვრა. ეს კი დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან, ვინაიდან მომსახურებებს შორის წარმოქმნილი მტყუნებების ალბათობა პერიოდულობაზეა დამოუკიდებელი. ეს გარემოება გვაიძულებს შემცირდეს მომსახურების პერიოდულობა,

მაგრამ ასეთი სამუშაოების შესრულება დაკავშირებულია რესურსის არასრულ გამოყენებასთან, რაც ხარჯებს კიდევ უფრო ზრდის, ამიტომ საჭირო ხდება პერიოდულობის გაზრდა. აქედან გამომდინარე, კუთრი ხარჯები (ორივე სახის) უნდა განისაზღვროს ნამუშევრისათვის $L = L_{\text{მომს}}$, ამასთან მეორე სახის ხარჯებმა უნდა ასახოს სამუშაოების ნაწილობრივი ან სრული გამეორება. იგი გათვალისწინებული იქნება გამეორების კოეფიციენტით K_g . ამ პირობის გათვალისწინებით საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$C_{\text{ს.შ}}(L_{\text{მომს}}) = \frac{C_{\text{მტყ}}^{\text{გა}}}{L_{\text{მომს}}} [(K_g + K - 1) \cdot \bar{P}(L_{\text{მომს}}) + 1] \rightarrow \min \quad (4)$$

საიდანაც გვექნება:

$$L_{\text{მომს}} = \frac{C_{\text{მტყ}}^{\text{გა}} [(K_g + K - 1) \cdot \bar{P}(L_{\text{მომს}}) + 1]}{C_{\text{ს.შ}}(L_{\text{მომს}})} \quad (5)$$

მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრისთვის დამუშავებული მოდელი საშუალებას იძლევა ავტომატურად ნებისმიერი სისტემისა და მექანიზმისათვის გამოვლენილი იქნას ოპტიმალური პერიოდულობა, როდესაც გათვალისწინებული იქნება როგორც უმტყუნებლობის, ისე კუთრი ხარჯების მინიმუმის კრიტერიუმები, რაც ამოცანის გადაწყვეტის პირობას წარმოადგენს. მოდელი საშუალებას იძლევა ოპერაციები დაჯგუფდეს კონსტრუქციული თავისებურებებისა და დანიშნულების მიხედვით და მათი ნებისმიერი რაოდენობის შემთხვევაში მოიძებნოს ოპტიმალური ვარიანტი.

დეტალების შეცვლის სისტემის ოპტიმიზაციის მეთოდის დამუშავება - ტექნიკური “რეგლამენტის” მიხედვით საავტომატო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე უზრუნველყოფის მიზნით გათვალისწინებულია პროფილაქტიკური სამუშაოები გარკვეული ოპერაციების სახით და ტექნიკური ზემოქმედების ისეთი სამუშაოები, რომლებიც დაკავშირებულია დეტალების შეცვლასთან და რომელთა ძირითად მიზანს წარმოადგენს მუშაობის უნარის აღდგენა. საავტომატო ტრანსპორტის პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება დეტალების შეცვლის

ე.წ. “მოთხოვნების” მეთოდი, რაც იმას გულისხმობს, რომ ნებისმიერი დეტალის შეცვლა უნდა მოხდეს მხოლოდ მისი მტყუნების შემთხვევაში.

მიზნები და მიზეზები, რომლებიც განაპირობებენ დეტალების შეცვლის ამა თუ იმ სისტემის უპირატესობას და მისი გამოყენების ეფექტურობას, გამოვლინდებიან ტექნიკურ-ეკონომიკური კრიტერიუმის პოზიციებიდან. ეს კრიტერიუმებია:

- დეტალების გამოყენების დონე მათი შეცვლისას;
- დეტალების შეცვლათა საერთო რაოდენობა მოცემული ნამუშევრის (რესურსის, გარბენის) წლის (კვარტლის) ან მოელი საექსპლუატაციო (ჩამოწერის) პერიოდისათვის.

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

დეტალების შეცვლის პროფილაქტიკური სტრატეგიის შემთხვევაში მათი რესურსების გამოყენების კოეფიციენტი განისაზღვრება შეცვლის მომენტში ნამუშევრის შეფარდებით საშუალო რესურსთან, რომელიც გამოვლენილია ზღვრულ მდგომარეობამდე მიღწევის სტატისტიკური ანალიზით

$$\beta = \frac{L_{პრ}}{L_{საშ}} = 1 - \frac{L_{ღ}}{L_{საშ}} \quad (6)$$

სადაც $L_{ღ}$ არის რესურსის საშუალო დანაკარგი

დეტალების შეცვლის ჯგუფური ვარიანტის შემთხვევაში დეტალების რესურსების გამოყენების საშუალო მნიშვნელობა განისაზღვრება ყველა ჯგუფში შემავალი n დეტალის β კოეფიციენტების საშუალო მნიშვნელობებით:

$$\beta_{საშ} = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{L_{ni}}{L_{საშ_i}} \quad (7)$$

იმის გამო, რომ დეტალებს სხვადასხვა ღირებულება აქვთ C_i და მაშასადამე მათი რესურსების გამოყენება ეკონომიკური თვალსაზრისით

განსხვავებულია, შემოდებული იქნა დეტალების გამოყენების კოეფიციენტი

$$\beta_{\text{გ}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \beta_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (8)$$

მოცემული გამოსახულებიდან ჩანს, რომ ერთნაირი ღირებულების დეტალებისათვის $\beta_{\text{გ}} = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n} = \beta_{\text{საშ}}$ და იგი აფასებს დეტალების რესურსების გამოყენებას როდესაც $\beta_{\text{გ}} = \beta_i$, მაშასადამე $\beta_{\text{გ}} = \beta_i = 1$ როდესაც მტყუნების დროს იცვლება ყველა დეტალი. ხოლო პროფილაქტიკური შეცვლების დროს $\beta_i < 1$ და $\beta_{\text{გ}} < 1$

ექსპერიმენტულ ქვეთავში მოცემულია საიმედოობის მართვის დამუშავებული თეორიული მეთოდების რეალიზაციისათვის საჭირო ექსპერიმენტული მონაცემები, განხილულია ექსპერიმენტული კვლევის პირობები და ორგანიზაცია. ავტომობილის აგრეგატებისა და სისტემების უმტყუნებლობის, ხანგამძლეობის და სარემონტოდ ვარგისობის მაჩვენებლები

კვლევის ორგანიზაცია და პირობები – კვლევის ობიექტად აღებული იქნა ავტობუსი ”ბოგდან A-092”-ის აგრეგატები, მექანიზმები და სისტემები

ექსპერიმენტული კვლევით გათვალისწინებულ ავტომობილებზე დაკვირვება შესრულდა თბილისის ავტოსატრანსპორტო საწარმოში. მხედველობაში მიღებული იყო საგზაო და კლიმატური პირობები, გარბენისა და მგზავრობის გამოყენების კოეფიციენტები, მგზავრობის საშუალო მანძილი, შენახვის თვისებურებანი და სხვა ფაქტორები. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს გადაბმულობის, გადაცემათა კოლოფისა და სამურუჭე სისტემის მუშაობის რეჟიმები და მათი გავლენა საიმედოობის მაჩვენებლების ცვლილებაზე.

”ბოგდან”-ის ავტობუსები მუშაობენ თბილისის სამგზავრო მარშრუტებზე ინტენსიური მოძრაობის პირობებში. გაჩერებებს შორის საშუალო მანძილი დაახლოებით 300-500 მ-ის ზღვრებშია. გზები ასფალტირებულია და მისი დახრა შეადგენს ძირითად 8%, ხოლო

ზოგიერთ ადგილებში იგი შეადგენს 10-11%, გზის მოხვევის რადიუსები შეადგენს არანაკლებ 20 მ.

საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების გამოვლენა - ავტობუსის საკვლევი სისტემები და აგრეგატები მოიცავენ სხვადასხვა მექანიზმებსა და ელემენტებს, რომელთაგან საჭიროა გამოვლინდეს ისეთი დეტალები, რომლებიც ხასიათდებიან ხშირი მტყუნებით და მათ აღმოფხვრაზე დიდია მატერიალური და შრომითი ხარჯები.

როგორც სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს უმტყუნებლობისა და ღირებულების მაჩვენებლების მიხედვით, ყველა დეტალი არ ქმნის საიმედოობის ლიმიტს. მყუნებების საკმაოდ დიდი რაოდენობა მოდის (30-40%) სამუხრუჭე სისტემის მილგაყვანილობის შეერთების ადგილებში ჰერმეტიკულობის დაკარგვის გამო.

სამუხრუჭე სისტემის საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების გამოვლენისათვის ანალიზირებელი იქნა დამახასიათებელი უწყისეობები და მტყუნებები და მათი გამომწვევი მიზეზები. იგი შესრულდა სისტემის მექანიზმების ჯგუფების მიხედვით. ამძრავის სისტემაში მთავარი სამუხრუჭე ცილინდრის კრიტიკულ დეტალებს მიეკუთვნება ჩობალი, დგუში, ზამბარა. ხოლო ფუნქციონალური სქემის მიხედვით სამუხრუჭე სითხე (მისი ხარისხი, გატუჭიანება ან ნაკლებობა), აგრეთვე მიღები და შლანგები, რომლებიც შეიძლება იყოს გატუჭიანებული და ზოგიერთ შემთხვევაში დაზიანებული. მოქმედების ეფექტურობის პოზიციებიდან საყურადღებოა სამუხრუჭე სატერფელის განრეგულირება, რაც სხვადასხვა მიზეზით შეიძლება იყოს გამოწვეული.

თვლების სამუხრუჭე მექანიზმში ლილვის დასაშვები ცვეთა არ უნდა აღემატებოდეს წინა და უკანა მექანიზმებისათვის 0,15მმ (დრეჩოს უზრუნველყოფის პირობა დოლსა და ხუნდებს შორის), რომლის შემდეგაც საჭიროა მათი შეცვლა. ხოლო ამძრავის სისტემაში სარქველის თავისუფალი სვლა 21-24 მმ-ის ტოლი უნდა იყოს. ამ გადახრების მიხედვით იქნა გამოვლენილი განრეგულირების ფუნქციონალური სქემის მაჩვენებლები. მთლიანად უნდა აღინიშნოს, რომ სამუხრუჭე სისტემისათვის საიმედოობის მალიმიტირებელი დეტალების საერთო რაოდენობამ შეადგინა 22 დასახელების დეტალები.

საკვლევი ავტობუსის გადაბმულობის და გადაცემათა კოლოფის ძირითად უწყისივრობებს და მტყუნებებს წარმოადგენენ: ძნელად გადართვა, გადაცემიდან ამოვარდნა, ბიქსაობა, ვიბრაცია, ხმაური. მათი გამომწვევი მიზეზები მრავალგვარია. გადაბმულობის ჰიდრავლიკურ ამძრავში ცვეთის შედეგად მწყობრიდან გამოდის მთავრი ცილინდრის დგუშის ჩობალი, აგრეთვე ცილინდრი, უკუსვლის ზამბარა, გამომრთველი საკისარი, თვით მექანიზმში კი ცვდება ამყოლი დისკოს ფრიქციული სადები. გადაცემათა კოლოფში სინქსონიზატორები და ჩამკეტები.

რაც შეეხება სალონის კარების გაღება-დაკეტვის მექანიზმს, მისი პნევმატიკური ამძრავის ძირითად უწყისივრობებს წარმოადგენს ჰერმეტიკულობის დაკარგვა და ცილინდრის ჩობალის დაზიანება, რაც უეცარი მტყუნების კატეგორიას მიეკუთვნება

ავტომობილის აგრეგატებისა და სისტემების უმტყუნებლობა - მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრს აქვს ცვალებადი ხასიათი და იზრდება გარბენის გაზრდასთან ერთად. შემდეგ ხდება სტაბილური. როგორც ნახაზიდან ჩანს მისი მნიშვნელობა იცვლება $2 \cdot 10^{-5}$ მტყ/კმ-დან $26 \cdot 10^{-5}$ მტყ/კმ-მდე სამუხრუჭე სისტემისა და გადაბმულობისთვის, $1,0 \cdot 10^{-3}$ მტყ/კმ-დან $6 \cdot 10^{-5}$ მტყ/კმ-მდე გადაცემათა კოლოფისა და სალონის კარებისთვის.

კვლევის პროცესში გამოვლენილ იქნა აგრეთვე უმტყუნებლობის ისეთი მაჩვენებელი, როგორცაა მტყუნებათშორისო ნამუშევარი. პირველ ცხრილში მოცემულია ამ მაჩვენებლის რიცხობრივი მნიშვნელობები აგრეგატისა და სისტემებისათვის.

ცხრილი 1

გადაბმულობის, გადაცემათა კოლოფის და სამუხრუჭე სისტემის მტყუნებათშორისი ნამუშევარი

ობიექტის დასახელება	ავტომობილების საერთო გარბენა, 1000/კმ	მტყუნებების საერთო რაოდენობა	მტყუნებათშორისი ნამუშევარი, 1000/კმ
გადაბმულობა	12000	536	22,3
სამუხრუჭე სისტემა	12000	774	15,5
გადაცემათა კოლოფი	12000	470	25,5
სალონის კარები	12000	666	18,0

ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე მაღლიმიტირებელი დეტალებისათვის აგებულ იქნა მათი უმტყუნებო მუშაობის ალბათობების მრუდები.

აგრეგატებისა და სისტემების ხანგამძლეობა - როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა დეტალების რესურსების განაწილებები ეთანხმება ნორმალურ, ვეიბულის და ექსპონენციალური განაწილების თეორიულ კანონებს. ამასთან დეტალების 30%-ზე მეტი ვეიბულის კანონი, ზოგიერთი კონსტრუქციული ელემენტისათვის გამოვლენილი იქნა რესურსების განაწილება პირველ, მეორე და მესამე შეცვლამდე.

როგორც ანალიზი გვიჩვენებს მაღლიმიტირებულ დეტალებს აქვს რესურსების გარკვეული გაბნევა ვარიაციის კოეფიციენტით 0,3-დან 1,0-მდე. მცირე რესურსებით ხასიათდებიან სამუხრუჭე სისტემის და აგრეგატის დეტალები, რომელთა დამზადების მასალა ლითონისგან განსხვავებულია – რეზინის, აზბესტისა და სხვ.

ამასთან ერთად გამოვლენილ იქნა გადაბმულობის, გადაცემათა კოლოფის და სალონის კარების მექანიზმების რესურსების განაწილების მახვევებლები.

საშუალო რესურსმა შეადგინა გადაბმულობისათვის 70,0 ათასი კმ, გადაცემათა კოლოფისათვის – 150 ათასი კმ, ხოლო სალონის კარების მექანიზმისათვის – 90 ათ სი კმ. ვარიაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობები შესაბამისად შეადგენს 0,68, 0,37 და 0,35.

აგრეგატებისა და სისტემების სარემონტო ვარგისიანობა - სარემონტო ვარგისიანობა ხასიათდება აგრეგატისა და სისტემების მუშაობის უნარის აღდგენაზე დახარჯული სათადარიგო დეტალებისა და შრომითი რესურსების კუთრი მნიშვნელობით.

მე-2 ცხრილში მოცემულია აგრეგატებისა და სისტემების სათადარიგო დეტალების ხარჯის მონაცემები

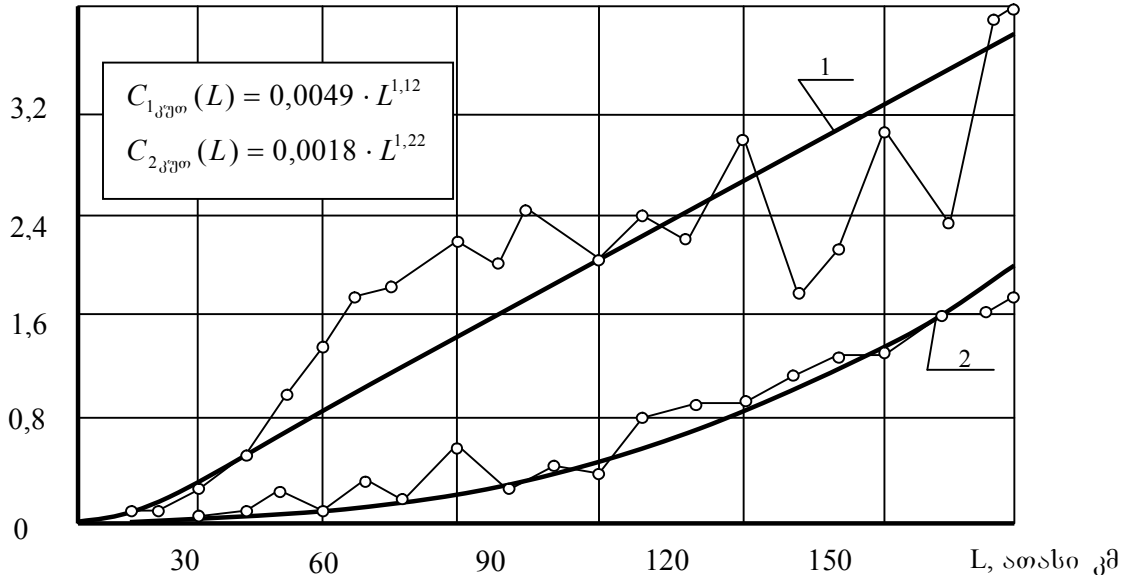
ცხრილი 2

სათადარიგო დეტალების ხარჯი, ლარი

ობიექტის დასახელება	სათადარიგო დეტალების ხარჯი			კუთრი ხარჯი, ლარი/1000კმ
	მთლიანი	1 ავტ-ზე	1 მტყუნებაზე	
გადაბმულობა	18840	471	33,3	1,57
გადაცემათა კოლოფი	15360	384	32,7	1,28
სამუხრუჭე სისტემა	25800	645	33,3	2,15
სალონის კარები	2880	72	43,4	0,24

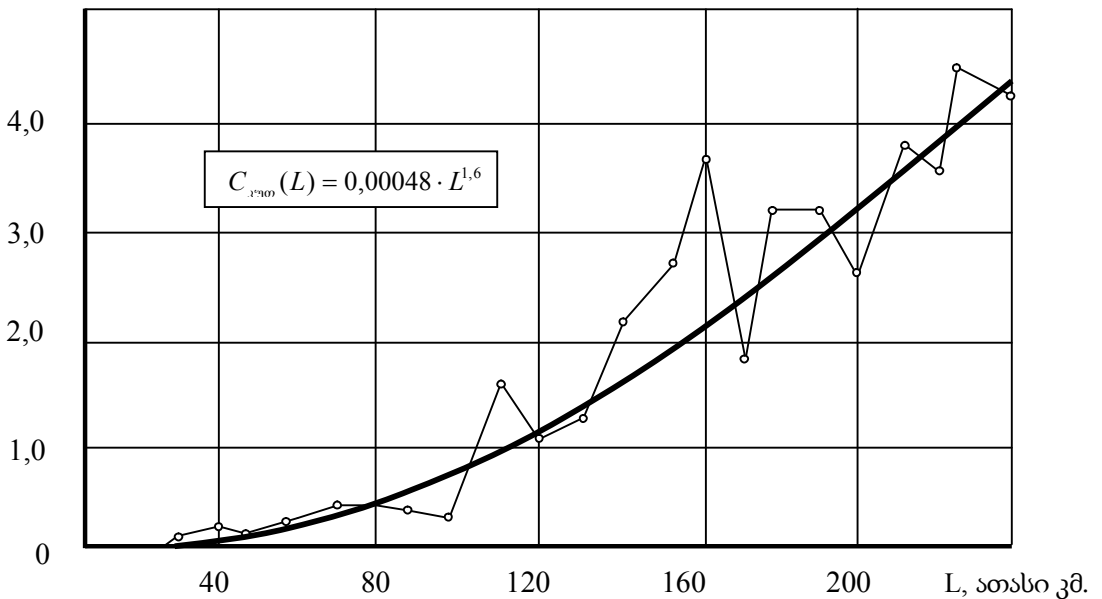
როგორც ცნობილია, საიმედოობის შენარჩუნებაზე გაწეული ხარჯები დამოკიდებულია ავტომობილის გარბენაზე. 2 და 3 ნახაზებზე წარმოდგენილია სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯების ცვლილების დიაგრამები გარბენის ინტერვალების მიხედვით.

$C_{ს.დ}^{კუთ} (L)$ ლარი/ათასი კმ



ნახ.2 გადაბმულობის (1) და გადაცემათა კოლოფის (2) სათადარიგო დეტალების კუთრი ხარჯების ცვლილება

$C_{კუთ} (L)$ ლარი/100კმ



ნახ.3 სამუხრუჭე სისტემის კუთრი ხარჯების ცვლილება გარბენის მიხედვით

ამ ცვლილების კანონმზომიერების გამოვლენის მიზნით ექსპერიმენტული მონაცემები აპროქსიმირებულია aL^n სახის ხარისხოვანი დამოკიდებულებით და განსაზღვრულია კუთხური კოეფიციენტი b და ხარისხის მაჩვენებელი n . ამ მაჩვენებლის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სამუხრუჭე სისტემის და გადაბმულობის არალითონის დეტალები მკვეთრად ამცირებენ საიმედოობის დონეს. მათი მტყუნებების სიხშირე დიდია, რაც მიუთითებს სისტემის საიმედოობის გაზრდის მეთოდების სრულყოფასა და გაუმჯობესებაზე

მტყუნებათა აღმოფხვრის ჯამური ხარჯების მონაცემები მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

მტყუნებათა აღმოფხვრის ჯამური ხარჯები, ლარი

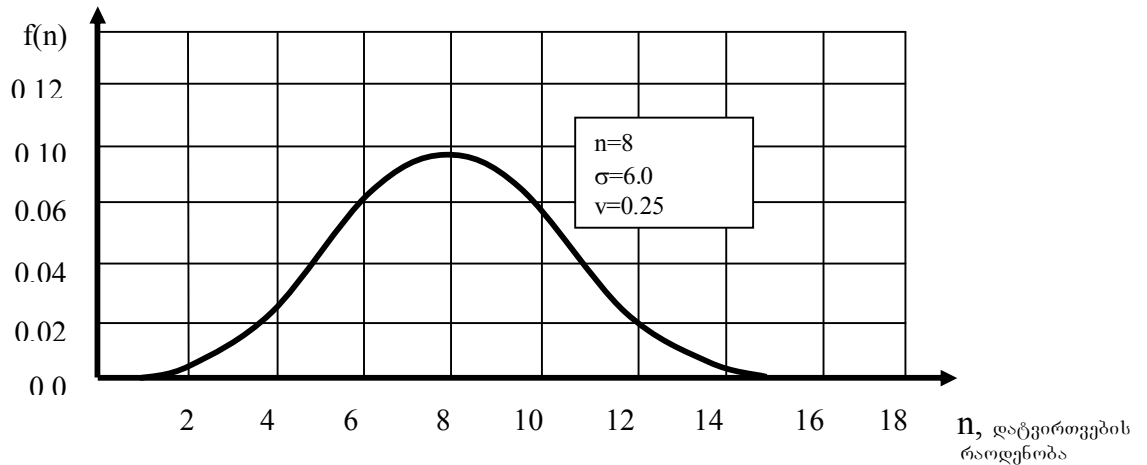
ავტობუსი A092	მთლიანი	ერთ ავტო- მობილზე	ერთ მტ- ყუნებაზე	კუთრი კსთ/1000კმ
გადაბმულობა	42000	1050	78,5	3,50
გად. კოლოფი	30720	768	65,4	2,56
სამუხრუჭე სისტემა	54000	1325	69,0	4,50
სალონის კარები	6000	150	9,0	0,50

როგორც მოცემული ცხრილიდან ჩანს, ხარჯების სიდიდე ერთ მტყუნებაზე გაცილებით მეტია გადაბმულობაზე, ვიდრე სალონის კარებზე. ეს გამოწვეულია შრომითი ხარჯების დიდი კუთრი წილით ძირითადი დეტალების შეცვლაზე, ვინაიდან ისინი მოითხოვენ დაშლა-აწყობის სამუშაოების შესრულებას და მაშასადამე ავტომობილის მოცდენას.

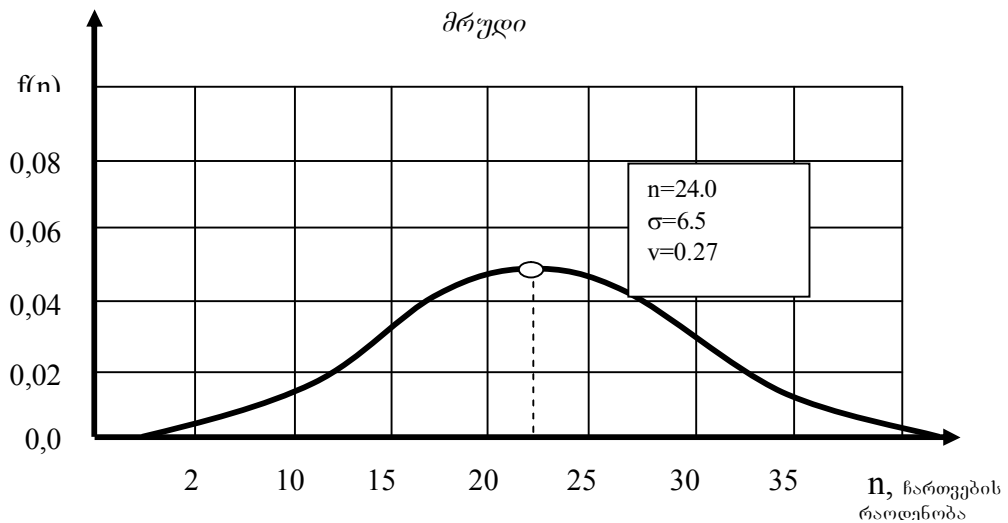
ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმის დატვირთვების ციკლების გამოვლენა - ავტომობილის ზოგიერთი მექანიზმების და სისტემების, კვლევისათვის გარბენის როგორც ნამუშევრის გამოყენება ხასიათდება გარკვეული უზუსტობით. ასეთ მექანიზმებსა და სისტემებს მიეკუთვნება მუხრუჭები, გადაბმულობა, გადაცემათა კოლოფი, კარებების გამღები-ჩამკეტი მექანიზმი ავტობუსებისათვის და სხვ., რომელთა მუშაობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კომპონენტს წარმოადგენს დატვირთვათა ციკლების რაოდენობა. მექანიზმებისა და დეტალების საშუალო

რესურსი, რომელიც ზღვრული მდგომარეობით განისაზღვრება, დამოკიდებულია დატვირთვათა ციკლების რაოდენობაზე.

დატვირთვათა რაოდენობის სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება შესრულდა საკვლევი ავტობუსების სხვადასხვა მახასიათებლების მარშრუტებზე, სადაც მარტივი დამთვლელი ხელსაწყოთი (კალკულატორი) მოხდა დამუხრუჭებათა და გადაბმულობის ჩართვების რაოდენობათა დაფიქსირება. გამოთვლები შესრულდა რამდენიმეჯერ სხვადასხვა მარშრუტებზე და სხვადასხვა ავტობუსებზე. სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით მიღებული იქნა აღნიშნული სიდიდეების განაწილების პარამეტრები. 4-ე და 5-ე ნახაზებზე მოცემულია განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი.



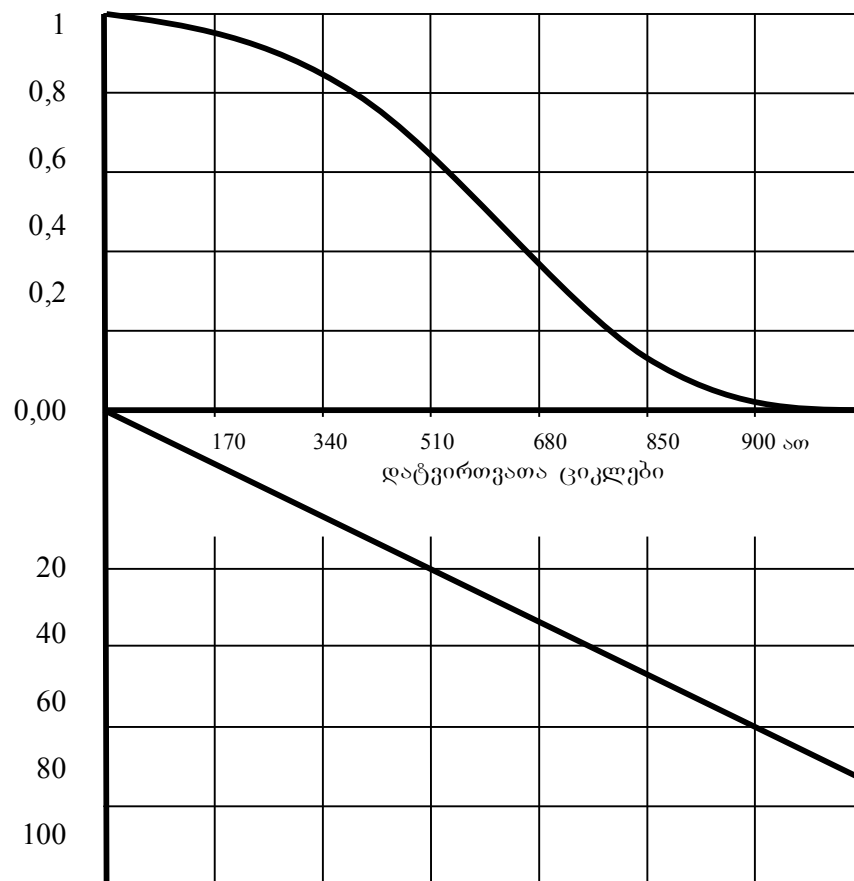
ნახ.4 ერთ კმ-ზე დამუხრუჭებათა რაოდენობის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი



ნახ.5 გადაბმულობათა ჩართვების რაოდენობის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი

როგორც ნახაზებიდან ჩანს, ერთ კმ-ზე დამუხრუჭებათა საშუალო რაოდენობა ტოლია 8, ხოლო გადაბმულობის ჩართვების საშუალო რაოდენობა – 24. ორივე შემთხვევაში განაწილება ექვემდებარება ნორმალურ კანონს ვარიაციის შესაბამისი კოეფიციენტებით $V=0,25$ და $V=0,27$.

იმისათვის, რომ მოვახდინოთ ნამუშევრის ერთი სახეობის მეორეთი შეცვლა და შესაბამისად გამოვსახოთ საიმედოობის მაჩვენებლები დატვირთვათა ციკლების რაოდენობის მიხედვით (ან პირიქით), დამუშავებული იქნა ნომოგრამა.



ნახ.6 დატვირთვების ციკლების რაოდენობის გარბენზე გადაყვანილი ნომოგრამის მაგალითი

მესამე ქვეთავში მოცემულია თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები, რომელთა ერთობლივი ანალიზი საშუალებას იძლევა:

- საიმედოობის შესახებ მონაცემების გამოყენებით და წარმოდგენილი მეთოდით განისაზღვროს ელემენტების რესურსზე მუშაობის რეჟიმის პარამეტრების გავლენა და მათ შორის კავშირი;
- შემოთავაზებული ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდი გამოყენებულ იქნას კონკრეტული ოპერაციის ტექნიკური მომსახურების რეჟიმის ოპტიმიზირებისას.
- სისტემის (აგრეგატის) უმტყუნებლობის საჭირო დონის უზრუნველყოფის და ხარჯების მინიმიზაციის მიზნით შემოწმდეს ელემენტების შეცვლის სისტემის და მიმდინარე რემონტების ფორმირების დამუშავებული მეთოდი;
- განისაზღვროს ტექნიკური ზემოქმედების კონკრეტული ოპერაციების ოპტიმიზაციით ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები და ეფექტიანობა.

აგრეგატებისა და სისტემების მუშაობის რეჟიმის საიმედოობის მახვენებლებზე გავლენის განსაზღვრა - როგორც თეორიული კვლევის დროს იყო აღნიშნული ავტომობილის აგრეგატებისა და სისტემების მუშაობის რეჟიმის პარამეტრებსა და ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრებს შორის კორელაციური კავშირის გამოსავლენად გამოიყენება განტოლებათა სისტემის პარამეტრები. უპირველეს ყოვლისა ეს ეხება კონკრეტული მექანიზმის დეტალების ცვეთის ინტენსიურობას დატვირთვების ციკლების მიხედვით, რომლებისთვისაც საჭირო გახდა კორელაციის კოეფიციენტების განსაზღვრა

ცხრილი 4.

გადაბმულობის დისკის და სამუხრუჭე დოლის \bar{X} და ფრიქციული სადებების ცვეთას შორის კორელაციის კავშირის განსაზღვრა.

პარამეტრების დასახელება	კავშირის კანტოლებები	კორელაციის კოეფიციენტები
გადაბმულობის მექანიზმი	$\bar{X}_{\text{მომ.}} = 0.328 \cdot X_{\text{ფრ}} - 0.006$	0.60 ± 0.006
წინა სამუხრუჭე მექანიზმი	$\bar{X}_{\text{დ}} = 0.238 \cdot \bar{X}_{\text{ფრ}} - 0.006$	0.58 ± 0.01
უკანა სამუხრუჭე მექანიზმი	$\bar{X}_{\text{დ}} = 0.191 \cdot X_{\text{ფრ}} - 0.002$	0.65 ± 0.03

გადაბმულობის ტექნიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობის განსაზღვრა - გადაბმულობის უმტყუნებლობა

დამოკიდებულია მისი შემაღლებული ელემენტების უმტყუნებლობაზე, რომელთაგან მნიშვნელოვანია ამჟამინდელი დისკოს ფრაქციული სადებების ცვეთის შედეგად გაზრდილი ღრეჩო და შესაბამისად თავისუფალი სვლის გაზრდაც.

ექსპერიმენტით განსაზღვრული გადაბმულობის და მისი მექანიზმის მახასიათებლები შემდეგია:

ცხრილი 5

ძირითადი სისტემა (გადაბმულობა)			დამხმარე სისტემა (ამჟამინდელი დისკი)		
$C_{მტყ}$ ლარი	$L_{r \max}$ ათასი კმ	$L_{r \min}$ ათასი კმ	$C_{ტმ}$ ლარი	L_r ათასი კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი V
180	120,0	65,0	3,5	45	0.58

ანგარიში შესრულდა მოცემული მახასიათებლების მიხედვით. მისი თანმიმდევრობა და შედეგები მოცემულია მე-6 ცხრილში.

ცხრილი 6.

№	მაჩვენებლები	მომსახურების პერიოდულობა, ათასი კმ						
		8	16	24	32	40	48	56
1	$P_{i \min}(L_{მომს i})$	0.946	0.912	0.888	0.855	0.821	0.786	0.750
2	$P_b^{საშ}(L_{მომს i})$	0.978	0.967	0.954	0.940	0.920	0.911	0.985
3	$L_{r i \min}$	115.0	107.0	102.0	97.0	93.0	88.0	77.0
4	$L_{r i}$	110.0	101.0	95.0	88.0	82.0	78.0	70.0
5	$C_{b,შ}(L_{მომს})$ $L_{r i}$ ღროს	1.16	1.01	0.96	0.94	1.04	1.17	1.26

როგორც ცხრილში მოყვანილი ანგარიშიდან ჩანს ჯამურ ხარჯებს მინიმალური მნიშვნელობა აქვს პერიოდულობის $L_{მომს} = 30$ ათასი კმ-ის დროს (მე-4 სვეტი), იმის და მიხედვით, როგორია საწყისი მონაცემები, განსხვავებაც შეიძლება იყოს მეტნაკლები, მაგრამ ყველა შემთხვევაში აღნიშნული მეთოდის გამოყენება იძლევა ოპტიმალური პერიოდულობის დადგენის შესაძლებლობას

სამუხრუჭე სისტემის ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა - ტექნიკური მომსახურება მოიცავს ერთის მხრივ სამუხრუჭე სატერფულის თავისუფალი სვლის რეგულირებას, მეორეს მხრივ სამუხრუჭე მექანიზმში დოლსა და ხუნდებს შორის ღრეჩოს რეგულირებას. მოძრაობის უსაფრთხოების პირობიდან გამომდინარე ორივე აღნიშნული პარამეტრი რეგლამენტირებულია და მოითხოვს

კონტროლს. ვინაიდან მუხრუჭებისათვის სამუხრუჭე მანძილის გაზრდა დაუშვებელია და ითვლება არა უწყესივრობად, არამედ მტყუნებად, ამიტომ რეგულირების პერიოდულობის ოპტიმიზაციისას საჭიროა მისი დასაშვებ დონეზე შენარჩუნება, როგორც ეს აღნიშნული იყო კვლევის თეორიულ ნაწილში. უმტყუნებლობის კრიტერიუმთან ერთად აღებული იქნა მომსახურების კუთრი ხარჯების მინიმუმიც, ვინაიდან იგი პირდაპირ კავშირშია სისტემის დეტალების რესურსებთან, ერთ შემთხვევაში მუხრუჭების გამაძლიერებლის რესურსთან ხოლო, მეორეს მხრივ დოლისა და ხუნდების რესურსებთან. ამიტომ პერიოდულობის განსაზღვრა მოხდება აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით. მივიღოთ, რომ დამხმარე სისტემებად წარმოდგენილია ძირითადი სისტემის (მთლიანად სამუხრუჭე სისტემის) გამაძლიერებელი და თვლების სამუხრუჭე მექანიზმი.

მე-7 ცხრილში მოცემულია საანგარიშო მახასიათებლები პირველი ვარიანტისათვის.

ცხრილი 7

ძირითადი სისტემა			დამხმარე სისტემა (გამაძლიერებელი)		
$C_{მტყ}$ ლარი	$L_{r \max}$ ათასი კმ	$L_{r \min}$ ათასი კმ	$C_{ტა}$ ლარი	L_{r} ათასი კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი V
75,0	70,0	35,0	6,5	30,0	0,370

ცხრილი 8.

№	მაჩვენებელი	მომსახურების პერიოდულობა, ათასი კმ						
		20	25	30	35	40	45	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$U_p = \frac{L_r \cdot L_{მომს}}{\sigma} = \frac{30 - L_{აი}}{10.1}$	1.54	1.26	0.971	0.680	0.63	0.39	0.97
2	$P_i(L_{მომს})$	0.938	0.989	0.834	0.751	0.702	0.652	0.540
3	$\bar{P}_b(L_{მომს}) = 1 - p_b(L_{მომს})$	0.062	0.102	0.166	0.248	0.298	0.348	0.460
4	$L_{\max} \cdot P_i(L_{მომს i})$	65	63	58	52	49	45	38
5	$L_{\min} \cdot P_i(L_{მომს i})$	2.1	3.5	5.4	8.7	10.5	12.2	16.1
6	$L_{r i} = 70P_i(L_{ა}) + 35\bar{P}_i(L_{ა i})$	67.1	71.5	63.4	60.7	59.5	57.2	54.1
7	$C_{rკუმ} = \frac{75}{L_{r i}} + \frac{6.5}{L_{ა i}}$	1.45	1.32	1.39	1.46	1.51	1.60	1.68

როგორც მოცემული ცხრილის შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს კუთრი ხარჯების მინიმალური მნიშვნელობა 1,32 ლარი/1000 კმ შესაბამისი ოპტიმალური პერიოდულობა ტოლია 28 ათასი კმ-ის, რესურსის გაზრდის მიზნით პერიოდულობის შემცირება და კუთრი ხარჯების გაზრდა მოითხოვს ყოველმხრივ ანალიზს, რაც იმით გამოიხატება, რომ შეფასებული იქნას ასეთი დონისძიებების მიზანშეწონილობა.

ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრის დამუშავებული მეთოდები პრაქტიკულად რეალიზებადია და მათი განხორციელება შესაძლებელია არა მარტო გადაბმულობისა და სამუხრუჭე სისტემისათვის, არამედ ავტომობილის სხვა აგრეგატებსა და კვანძებისათვის ერთიანი პერიოდულობის განსაზღვრისათვის საჭიროა ასეთი სისტემებისა და მექანიზმების კლასიფიცირება, ერთად თავმოყრა და ერთიანი ბლოკ-სქემის მიხედვით შედგენილი პროგრამით საერთო პერიოდულობის განსაზღვრა. ასეთი გზით განსაზღვრული ოპტიმალური პერიოდულობა იძლევა მნიშვნელოვან ტექნიკურ ეკონომიკურ ეფექტს.

მიმდინარე რემონტების ნაირსახეობათა ფორმირება და დეტალების შეცვლის სისტემის სრულყოფა - მიმდინარე რემონტის ნაირსახეობების ფორმირებისას განსაკუთრებული ყურადღება იქნა გამახვილებული ტექნიკურ ზემოქმედებებზე, რომლებიც დაკავშირებულია გადაბმულობის და გადაცემათა კოლოფის კვანძებისა და ელემენტების უნარის აღდგენასთან, ხოლო სამუხრუჭე სისტემაში სამუხრუჭე მექანიზმების, ჰიდროამძრავის და ხელის მუხრუჭის ელემენტების მუშაობის უნარის აღდგენაზე. ეს განაპირობა იმან, რომ აღნიშნული ელემენტების მუშაობის უნარის შენარჩუნებაზე სათანადო დეტალების ხარჯი შეადგენს 80%- და 90% შესაბამისად.

გათვალისწინებულ იქნა რა მიმდინარე რემონტების ნაირსახეობათა ფორმირების ტექნოლოგიური ნიშნის მიზანშეწონილობა, დამუშავებულ იქნა დაშლა-აწყოების სქემები, როგორც გადაბმულობის და გადაცემათა კოლოფის, ისე სამუხრუჭე სისტემისათვის. (კრიტიკული დეტალების მექანიზმში განლაგების ადგილისა და დაშლის სიღრმის დონის განსაზღვრის მიზნით).

აღნიშნული მასალების ანალიზმა და ექსპლუატაციის პროცესში ავტობუსებზე დაკვირვებამ საშუალება მოგვცა გამოგვევლინა გადაბმულობის 2 და მუხრუჭების მიმდინარე რემონტების 4 დამახასიათებელი ნაირსახეობა თითოეულისათვის. მათი დასახელებები და დანიშნულებები მოცემულია 9 და 10 ცხრილებში.

ცხრილი 9

გადაბმულობის მიმდინარე რემონტების ნომენკლატურა

მიმდინარე რემონტის სახე	დასახელება	დანიშნულება
მრ-1	გადაბმულობის ჰიდრაულიური ამძრავის მიმდინარე რემონტი	ამძრავის ჰერმეტიკულობის უზრუნველყოფა და მუშაობის უნარის აღდგენა
მრ-2	გადაბმულობის მექანიზმის მიმდინარე რემონტი	მექანიზმის დეტალების შეცვლა და მუშაობის უნარის აღდგენა

ცხრილი 10

სამუხრუჭე სისტემის მიმდინარე რემონტის ნომენკლატურა

მიმდინარე რემონტის სახე	დასახელება	დანიშნულება
მრ - 1	სისტემის ჰიდრაულიური ამძრავის მიმდინარე რემონტი.	ამძრავის ელემენტების შეცვლა და მუშაობის უნარის აღდგენა.
მრ - 2	მიღგაყვანილობის და შლანგების დეტალების შეცვლა.	სისტემის ჰერმეტიკულობის უზრუნველყოფა და მუშაობის უნარის აღდგენა.
მრ - 3	სამუხრუჭე მექანიზმების მიმდინარე რემონტი.	მექანიზმის მტყუნების შეცვლა და მუშაობის უნარის აღდგენა.
მრ - 4	ხელის მუხრუჭის მიმდინარე რემონტი.	დეტალების შეცვლა და მუშაობის უნარის აღდგენა.

რემონტების მოთხოვნილებების პროგნოზირებისათვის მათი ნაირსახეობების მიხედვით საჭიროა ნამუშევრების განაწილების მაჩვენებლები (ცხრილი 11). ეს მაჩვენებლებია მიმდინარე რემონტის საშუალო ნამუშევარი, $L_{ნაშ}$ საშუალო კვადრატული გადახრა σ და ვარიაციის კოეფიციენტებით, V .

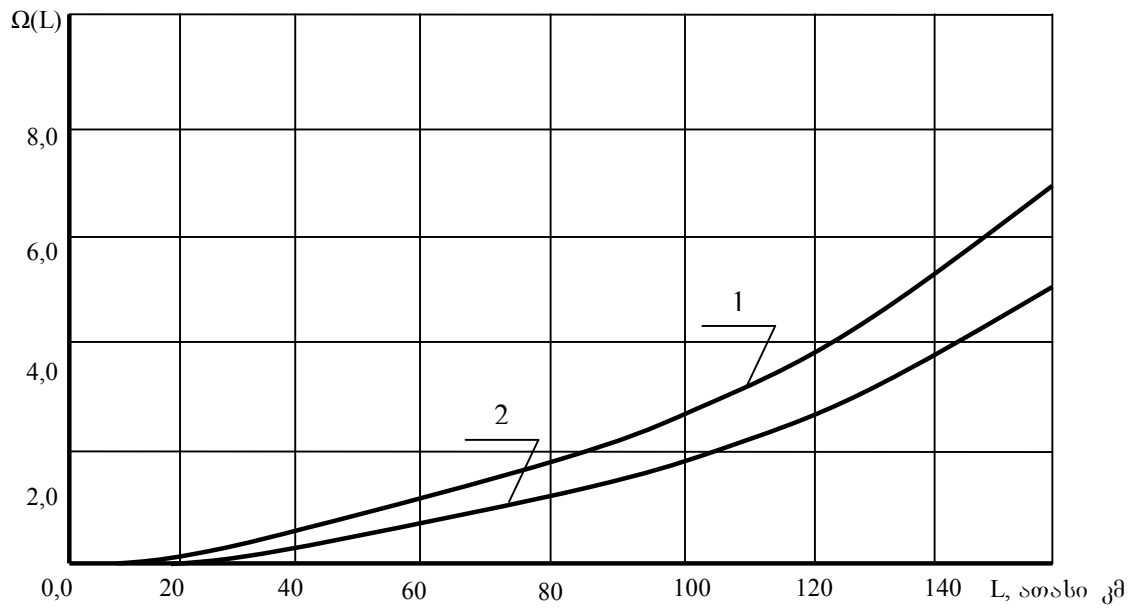
გადაბმულობის და სამუხრუჭე სისტემის მიმდინარე
რემონტების ნამუშევრის განაწილების პარამეტრები

მრ-ის ნაირსახეობა	საშუალო ნამუშევარი, L_{σ} ათასი კმ	საშუალო კვადრატული გადახრა σ ათასი კმ.	ვარიაციის კოეფიციენტი ν
გადაბმულობა:			
მრ-1	37,25	13,15	0,38
მრ-2	50,70	23,83	0,47
სამუხრუჭე სისტემა:			
მრ-1	35,15	13,00	0,37
მრ-2	65,20	29,34	0,45
მრ-3	45,30	21,74	0,48
მრ-4	55,70	30,63	0,55

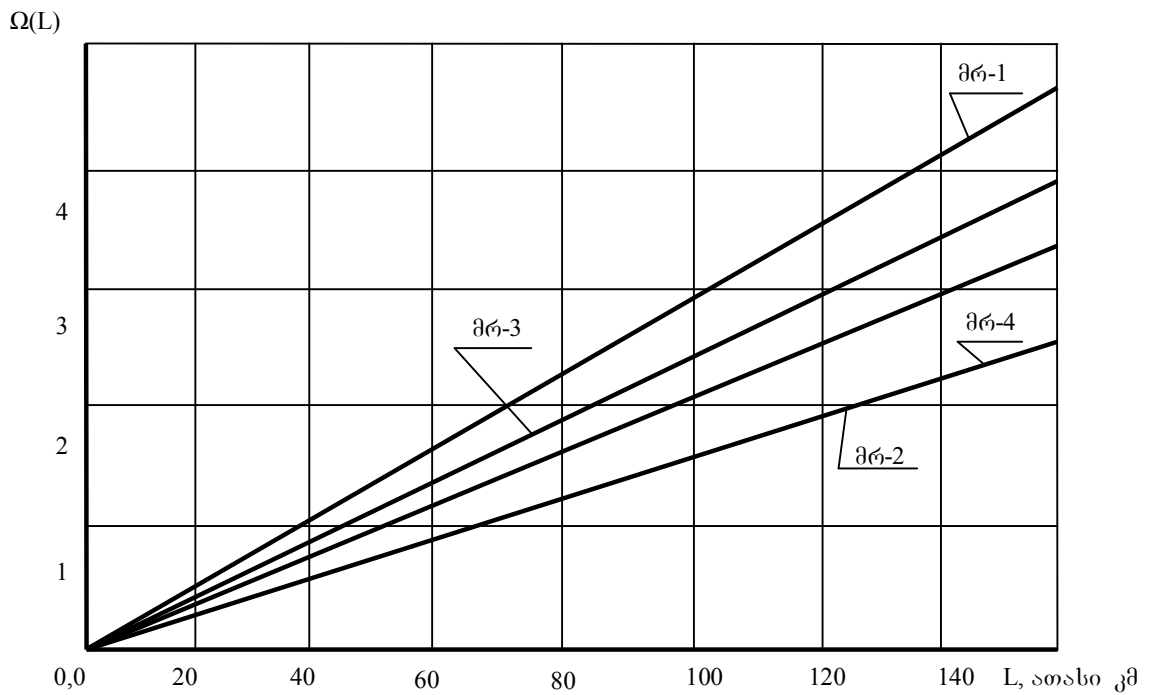
როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს ტექნიკური ზემოქმედების საშუალო ნამუშევრები იცვლება საკმაოდ დიდ ზღვრებში, გადაბმულობისათვის (37,25 - 50,70 ათასი კმ), ხოლო სამუხრუჭე სისტემისათვის შედარებით მცირე ზღვრებში (35,15 ნ - 65,20 ათასი კმ), ხოლო ვარიაციის კოეფიციენტები 0,37 - 0,55 ზღვრებში.

ტექნიკური ზემოქმედების მოთხოვნილებათა პროგნოზირებისათვის საჭიროა თითოეული ნაირსახეობისათვის აიგოს წამყვანი ფუნქციის და ნაკადის პარამეტრის თეორიული მრუდები, რომლებიც შესაბამისად მოცემულია 7 და 8 ნახაზებზე.

მიმდინარე რემონტების ნაირსახეობათა საიმედოობის მაჩვენებლები საშუალებას იძლევიან შედგეს გადაბმულობათა და სამუხრუჭე სისტემის მიმდინარე რემონტების რუკა, რომელიც მოიცავს წამყვანი ფუნქციისა და ნაკადის პარამეტრის თეორიულ მრუდებს. უნდა აღინიშნოს, რომ



ნახ. 7. გადაბმულობის მრ-ის ნაკადის წამყვანი ფუნქცია.



ნახ. 8. სამუხრუჭე სისტემის მრ-ის ნაკადის წამყვანი ფუნქცია

კვლევის ამოცანის მიხედვით გამოვლენილი იქნა რესურსის გამოყენების და დეტალების გამოყენების კოეფიციენტები, რომლებიც ასახავენ ერთის მხრივ რესურსის დანაკარგებს მათი პროფილაქტიკური შეცვლების პირობებში და მეორეს მხრივ მათი გამოყენების დონეს ეკონომიკური შეფასების თვალსაზრისით. ბუნებრივია ამ კოეფიციენტის

მნიშვნელობები კონკრეტულ შემთხვევაში დამოკიდებულია დეტალების შეცვლის მიღებულ სისტემაზე. სისტემა კი დასაბუთებულია უმტყუნებლობის და ეკონომიკური ეფექტიანობის პოზიციებით და შესაბამისი კრიტერიუმებით.

ცხრილი 12

დეტალების რესურსების კოეფიციენტები მათი ინდივიდუალური შეცვლის პირობებში

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი, ათასი კმ	რესურსი შეცვლის დროს, L ათასი კმ.	რესურსის გამოყენების კოეფიციენტი β
1	2	3	4	5
1	გადაბმულობის მთავარი ცილინდრი	35,0	95,0	1,0
2	გადაბმულობის მუშა ცილინდრი	72,0	72,0	1,0
3	გადაბმულობის საყრდენი დისკი	85,0	85,0	1,0
4	გადაბმულობის წამყვანი დისკი	75,0	70,0	0,93
5	გამომრთველი საკისარი	125,0	125,0	1,0
6	მთავარი სამუხრუჭე ცილინდრის დგუშის ჩობალი	55,0	55,0	1,0
7	სამუხრუჭე შლანგები	60,0	50,0	0,83
8	სამუხრუჭე ხუნდები	45,0	40,0	0,88
9	სამუხრუჭე მექანიზმის ზამბარები	75,0	75,0	1,0
10	სამუხრუჭე მუშა ხუნდები	65,0	65,0	1,0
11	სამუხრუჭე დოლი	150,0	150,0	1,0
12	ჰიდროგამაძლიერებელი	105,0	105,0	1,0
12	ხელის მუხრუჭის ხუნდები	70,0	50,0	0,71
14	მუშტა ლილვი	97,0	97,0	1,0

ეკონომიკური ეფექტი - მიიღება ავტომობილების მიმდინარე რემონტების შემცირებით, როდესაც ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტი გაიზარდა 0,85-დან 0,90-მდე. ასეთ პირობებში ავტობუსის მწარმოებლობა გაიზარდა 6%-ით.

დასკვნები

- ავტომობილის მექანიზმებისა და სისტემების საიმედოობის მახვენებლების გამოვლენა მათი მუშაობის რეჟიმის პარამეტრების მიხედვით საშუალებას იძლევა ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილების კანონზომიერება განხილული იქნას კორელაციური კავშირით დატვირთვების ციკლებსა და ცვეთას შორის და შესაბამისად საიმედოობის შემფასებელ პარამეტრებს შორის. სამუხრუჭე სისტემისა და გადაბმულობისათვის ამ კავშირის კოეფიციენტების მნიშვნელობები 0,52 – 0,65 ზღვრებშია.
- ავტომობილის ნამუშევრის (გარბენის) დატვირთვების ციკლების რაოდენობით შეცვლის მიზნით შესრულებულმა ექსპერიმენტმა და მისი შედეგების დამუშავებამ გვიჩვენა, რომ დამუხრუჭებათა საშუალო რაოდენობა ერთ კმ-ზე დამახასიათებელ მარშრუტებზე მომუშავე საქალაქო ავტობუსის სამუხრუჭე სისტემისათვის შეადგენს $n_{\text{ღამ}} = 8$, ვარიაციის კოეფიციენტით $v = 0,25$, ხოლო გადაბმულობისათვის $n_{\text{გად}} = 24$, და $C = 0.27$. ამ მიზნით დამუშავებული ნომოგრამა საშუალებას იძლევა მექანიზმებისა და დეტალების რესურსები განსაზღვრული იქნას ნამუშევრის ორივე სახეობისათვის, როდესაც ცნობილია ერთ-ერთი მათგანი.
- ავტობუსებზე დაკვირვებით მიღებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მაღალიმპირებული დეტალების ნომენკლატურა და განსაზღვრული იქნა მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები.
- ანალიზმა გვიჩვენა, რომ გადაბმულობის, გადაცემათა კოლოფის და სამუხრუჭე სისტემისათვის დეტალებისა და მექანიზმების რესურსები იცვლება 40,0 – დან 160,0 ათას კმ-ის ზღვრებში ვარიაციის კოეფიციენტით 0,30-დან და 0,90-მდე და ექვემდებარება განაწილების ნორმალურ, ვეიბულის და ექსპონენციალურ კანონებს. მტყუნებათა სიხშირის დიდი რაოდენობით ხასიათდებიან არალითონის დეტალები, რომლებზეც მოდის მტყუნებათა 45%.
- გამოვლენილი იქნა საიმედოობის უზრუნველყოფის საექსპლუატაციო ხარჯები, რომლებიც მოიცავს სათადარიგო დეტალების, მასალების,

შრომითი და მოცდენის კომპენსაციის ხარჯებს. მათი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მოცდენების კომპენსაციის ხარჯები შეადგენს შრომითი ხარჯების 68%, რაც გარბენის ზრდასთან ერთად ამცირებს ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტს 0,05-ით წლიური დონე, რომელიც წარმოადგენს შექმნისა და საექსპლუატაციო ხარჯების ფარდობას გადაბმულობისათვის შეადგენს 1,12; გადაცემათა კოლოფისათვის 1,22 და სამუხრუჭე სისტემისათვის 1,6.

- დამუშავებული მეთოდით განსაზღვრული გადაბმულობისა და სამუხრუჭე სისტემის ამძრავებისა და მექანიზმების რეგულირების ოპტიმალური პერიოდულობა 30,0 ათასი კმ, 25,0 ათასი კმ და 32,0 ათასი კმ საშუალებას იძლევიან მინიმალური კუთრი ხარჯების პირობებში უმტყუნებო მუშაობის აღბათობა შენარჩუნებული იქნას არა ნაკლებ 0,90-ის ტოლი. პერიოდულობის განსაზღვრის დამუშავებული მეთოდი იძლევა პერიოდულობის ვარირების საშუალებას საკვლევი სისტემის მუშა პარამეტრის დასაშვები ზღვრების მიხედვით.
- საკვლევი სისტემებისა და მექანიზმების კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური სქემების და საიმედოობის მაჩვენებლების ანალიზმა საშუალება მოგვცა ფორმირებული იქნას მიმდინარე რემონტების ორი ნაირსახეობა გადაბმულობისათვის და ოთხი ნაირსახეობა სამუხრუჭე სისტემისათვის, რომლებიც დაკავშირებულია ამძრავებისა და მექანიზმების მუშაობის უნარის აღდგენასთან. მიმდინარე რემონტის თითოეული ნომენკლატურისათვის განსაზღვრული იქნა საშუალო ნამუშევარი და ვარიაციის კოეფიციენტი. გადაბმულობისათვის მან შეადგინა 37,0 ათასი კმ და 50,0 ათასი კმ, ხოლო სამუხრუჭე სისტემისათვის 35,0; 65,0; 45,0 და 55,0 ათასი კმ. ვარიაციის კოეფიციენტი შესაბამისად 0,38 – 0,47 და 0,37 – 0,55 ზღვრებშია. თითოეული სახეობისათვის განსაზღვრული მოთხოვნილებათა ნაკადის პარამეტრი და წამყვანი ფუნქცია იძლევიან მათი რაოდენობის განსაზღვრულ საგეგმო პერიოდში პროგნოზირების შესაძლებლობას.
- საიმედოობის მაღლიმიტირებელი დეტალების ნომენკლატურა, მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები და მტყუნების

ღირებულებები საშუალებას იძლევიან დამუშავებული მეთოდით მოხდეს მათი შეცვლის ოპტიმალური სისტემის გამოვლენა მიმდინარე რემონტის სახეობისათვის. სისტემა მოიცავს როგორც ინდივიდუალურ, ისე ჯგუფურ შეცვლებს კუთრი ხარჯების მინიმუმის კრიტერიუმით.

- შეცვლის სხვადასხვა სისტემისათვის გამოვლენილი იქნა დეტალების რესურსის გამოყენების კოეფიციენტები. აღნიშნული კოეფიციენტები მერყეობს $0,8 \div 1,0$ ზღვრებში სხვადასხვა დეტალებისათვის და მათი გამოყენება, როგორც ნორმატიული მაჩვენებელი, მიზანშეწონილი და აუცილებელია საიმედოობის შენარჩუნების საექსპლუატაციო ხარჯების ანგარიშისას.
- ეკონომიკური ეფექტი მიიღება მიმდინარე რემონტების საერთო საშუალო რაოდენობის შემცირებით რაც განაპირობებს ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენების შემცირებას და ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტის გაზრდას. აღნიშნული კოეფიციენტის გაზრდა 0.85-დან 0.90-მდე იძლევა ავტობუსის მწარმოებლურობის გაზრდას 6%-ით.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ

პუბლიკაციებში

1. ვ. ლეკიაშვილი, ვ. ჯაჯანიძე, დ. უგულავა მუშაობის რეჟიმის გავლენა ავტომობილის საიმედოობის მაჩვენებლებზე. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №2 (14), 2009;
2. ვ. ლეკიაშვილი, ვ. ჯაჯანიძე საქალაქო ავტობუსის საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №4 (16), 2009;
3. j. khmiadashvili, V.I.Jajanidze, V.D.jajanidze, J.Goglidze Optimization of fuel consumption by city autobuses and of its formation analyzis, international scientific journal Problems of mechanics. Tbilisi, 2008, № 4 (33);
4. ჯ. ხმიადაშვილი, ვ.ი.ჯაჯანიძე, ვ.დ.ჯაჯანიძე საავტობუსო მარშრუტის ეკოლოგიურობის შესახებ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №3 (15), 2009;

Abstract

The important way of motor cars' efficiency improvement is the maintenance of motor vehicle operable condition at the adequate (optimal) level. This provides the increase of motor car performance, traffic safety and ecological compatibility, as well as reduction of operational costs. The great importance of the mentioned issue is testified by the fact that costs incurred for motor car maintenance and repair are 2-2,5 times bigger than expenses for new motor car manufacturing. That's why from the viewpoint of improvement of automobile transport efficiency the great importance is attached to the elaboration of the methods that provide the maintenance of desirable level of motor car reliability under conditions of minimal expenses.

The work objective is the elaboration of motor cars reliability management methods during the operation process and improvement of technical and economic parameters of efficiency by means of their implementation.

On the basis of literature review round the mentioned issue and current methods analysis the following primary tasks have been established: effect of parameters of operation mode on the indices of reliability of motor vehicles assemblies and systems and the processing of their assessment methods; the elaboration of the method of determination of optimal periodicity of maintenance operations implementation; the elaboration of optimal systems of assemblies' and systems' parts replacement according to technical and economic criterion.

The work consists of theoretical and experimental researches. The city bus "Bogdan A-092" operating in city conditions is taken as the object of research. Proceeding from the operational conditions of mentioned buses became necessary the determination of interrelation of reliability indices and operation modes. In order to estimate the mentioned interrelation the correlation coefficient is used.

The mathematical model of motor cars maintenance optimization has been elaborated in the work. During modeling of maintenance mode optimization the reliability criterion has been taken into account that is reflected by limit values of technical state's parameter. The model elaborated for determination of service (maintenance) periodicity allows us to reveal optimal periodicity of any system or mechanism of motor cars when the criteria of both reliability and unit costs minimum will be taken into account.

In order to provide automobile transport rolling stock's maintenance on the desirable level are foreseen such technical impact works that are connected with parts replacement. The goals and reasons stipulating the advantages of one or another system of parts replacement and the efficiency of its application will be revealed from the perspective of technical and economic criterion. The strategy of parts replacement with taking the coefficient of parts application into account has been determined as a result of research.

In the experimental part of the work has been carried out the elaboration of statistical data obtained as a result of observations over buses under study and revelation of reliability indices according to reliability, durability and repair suitability. Classification and grouping of failures and stoppages (disorders) has been carried out according to assemblies and systems. Nomenclature (list) of parts limiting motor vehicles reliability has been determined according to indices of reliability and cost, resources of assemblies and systems have been discovered, as well as distribution parameters, variation coefficients and mean-square departures.

On the basis of experimental data has been determined the level of motor cars assemblies' and systems' reliability, parameter of failure flow and the work between

failures has been revealed. For limiting parts have been drawn the curves of their failure-free operation probabilities. The index of limiting parts resources distribution has been discovered according to change of unit costs.

Proceeding from the operational condition of city buses for mechanisms and systems has been determined the number of braking and clutch engagement, and on the basis of it the curves of density distribution have been drawn and nomogram converting loading cycles number to the runs has been composed.

United analysis of theoretical and experimental researches has been implemented. Results obtained by means of experimental data processing have been inserted into modeled mathematical expression of elaborated methods and basic conclusions have been obtained. The value of correlation coefficient between values of clutch plate and the wear of brake drum's frictional pads has been determined. On the basis of current data the optimal periodicity of clutch and braking systems maintenance has been defined. For the clutch and its systems it is equal to 30 thou. km, while for braking system is within the limits of 28 thou. km.

Elaborated methods of determination of maintenance periodicity are implementable in practice and their implementation is possible not only for clutch and braking systems but also for other assemblies and units of the motor car.

During formation of the variety of current repair special attention should be focused on the technical impact that is connected with restoration of working capacity of units and elements of gear box, while in the braking systems – with the restoration of working capacity of elements of hydraulic gear and handbrake. It is stipulated by the fact that the expenditure of spare parts for the maintenance of working capacity of mentioned elements equals to 80 and 90%, correspondingly.

By taking into account the expediency of technical feature of formation of current repairs' variety have been elaborated the systems of parts replacement and has been calculated (revealed) parts replacement coefficient.

By analysis of research results has been established the change of coefficient of technical readiness according to the run and by taking into account all kinds of delays caused by technical reasons, by means of reduction of number of technical repairs the coefficient of technical readiness has been increased from 0,85 to 0,90, and as a result buses' performance increases by 6%.