

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მიხეილ ზურიკაშვილი

ავტომობილების სერვისის ოპერაციული
სისტემების სრულყოფა

სპეციალობა - ტრანსპორტი

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი 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. სრ. პროფესორი *ვარლამ ლეკიაშვილი*

რეცენზენტები: ტ.მ.კ. სრ. პროფესორი *გიორგი არჩვაძე*

ტ.მ.კ. ასოც. პროფესორი *რომან ცხვარაძე*

დაცვა შედგება 2013 წლის „23,, ივლისი, 15⁰⁰ საათზე საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის
ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი 1,
აუდიტორია 560. მისამართი, 0175, თბილისი, კოსტავას 68

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში, ხოლო

ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

ტ.მ.კ., ასოც. პროფ.

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა. საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის რაოდენობრივი და გამოყენებითი ინტენსიფიკაციის პირობებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მათი ტექნიკური მდგომარეობის სასურველ დონეზე შენარჩუნებისათვის გაწეულ მატერიალური და შრომითი ხარჯების შემცირებას. 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.

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 გამონახოლქვი მოდის.

ასეთ პირობებში მუდმივ ყურადღებას იმსახურებს ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფის ფორმებისა და მეთოდების სრულყოფისა და განახლების, კვლევისა და ანალიზის სამუშაოების შესრულება.

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

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.

კვლევის ობიექტი - სხვადასხვა მარკის მსუბუქი ავტომობილების სისტემები და მექანიზმების საიმედოობა.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის ძირითადი შედეგები წარმოდგენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 81-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, 2012წ.

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 4 ნაშრომი

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა: ნაშრომი მოიცავს შესავალს, ძირითად დასკვნებს, ლიტერატურის მიმოხილვას, შედეგების განსჯას, ძირითად დასკვნებს, გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას. ნაშრომი წარმოდგენილია 122 გვერდზე. მათ შორის 33 ნახაზი, 35 ცხრილი.

სამუშაოს შინაარსი

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

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

საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მათ საიმედოობაზე, იგი გათვალისწინებულია კონსტრუირების დროს, უზრუნველყოფილია დამზადებისას და შენარჩუნებულ უნდა 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.

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.

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 ავტომობილების ტექნიკური მდგომარეობის დამახასიათებელი პარამეტრები გარკვეული ნამუშევრის შემდეგ განიცდიან ცვლილებებს, რაც ხასიათდება რიცხობრივი მნიშვნელობების გაზრდით. 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. ტექნიკურ საშუალებათა საიმედოობის უზრუნველყოფისა და შენარჩუნების მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს მტყუნებათა პროგნოზირება და გამოვლენა. დიდი მნიშვნელობა აქვს კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური და საექსპლუატაციო ხასიათის ღონისძიებათა კომპლექსის დამუშავებასა და სრულყოფას საიმედოობის მაჩვენებლების გაუმჯობესების მიზნით, აგრეთვე ტექნიკური ექსპლუატაციის ფორმებისა და მეთოდების ფორმირებას.

მტყუნებებისა და უწყესივრობების 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.

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

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 ფორმირებული იქნა კვლევის ძირითადი ამოცანები.

მეორე თავში მოცემულია კვლევის თეორიული მეთოდების დამუშავება, ექსპერიმენტული მონაცემების ანგარიში და მათი ერთობლივი

ანალიზი. პირველი ქვეთავი ეხება ამოცანების მიხედვით თეორიული მეთოდების დამუშავებას.

პროფილაქტიკური ოპერაციების ფორმირების მეთოდი.

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.

მამასადამე, 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.

$$C_{კუთ} = \frac{C_{ავტ}}{L_{ტ}} \left(1 + \frac{1}{n} \right) + C_{ტგ} \rightarrow \min \quad (1)$$

სადაც $C_{ავტ}$ არის ავტომობილის შეძენის ღირებულება, ლარი;

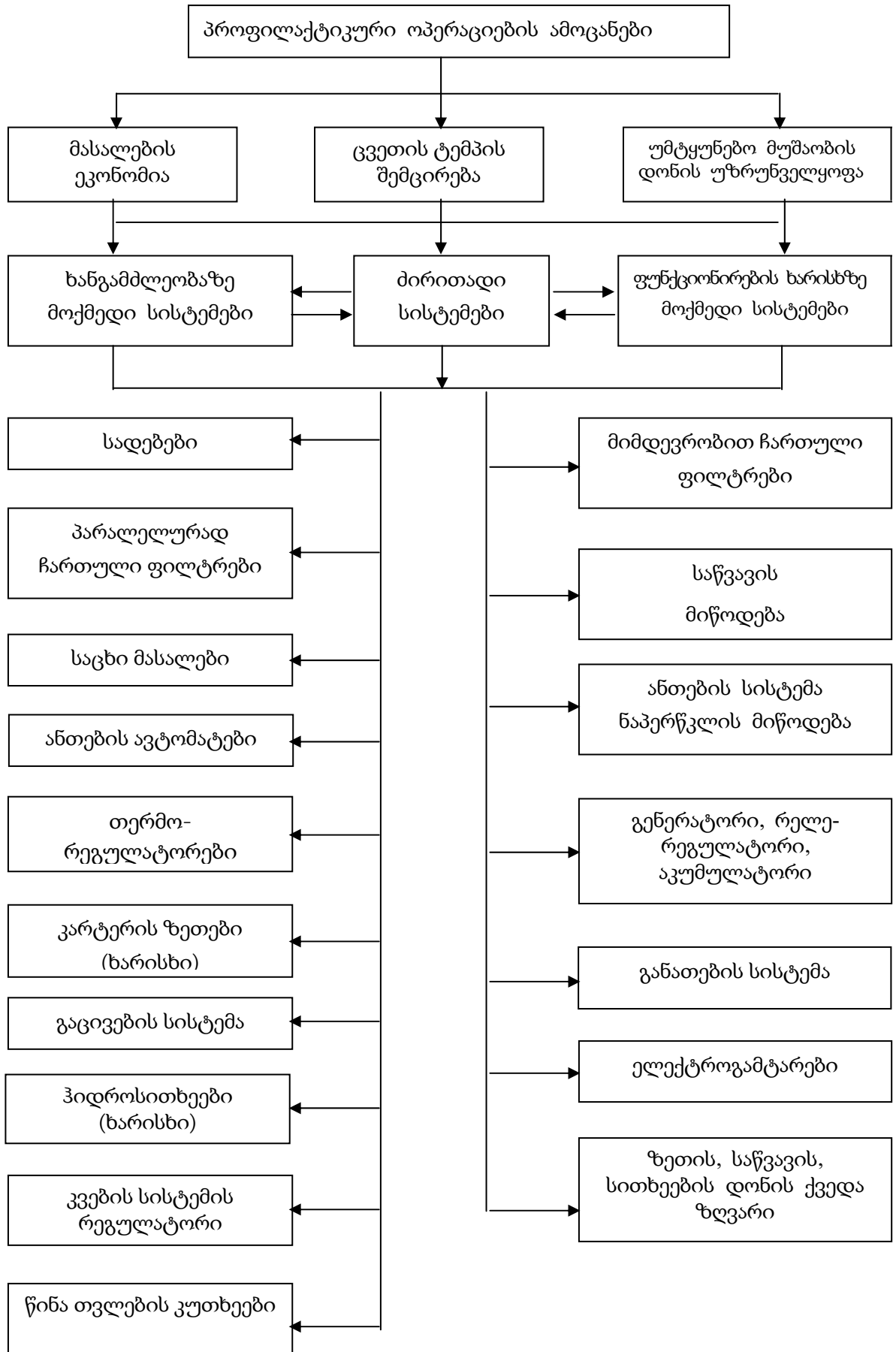
n – საიმედოობის დონე (შეძენისა და საიმედოობის უზრუნველყოფის ხარჯების ფარდობა);

$L_{ტ}$ – ავტომობილის რესურსი, ათ. კმ;

$C_{ტგ}$ – ტექნიკური მომსახურების ხარჯები, ლარი.

ამოცანის ოპტიმიზაციის მთავარი არსი სამუშაოთა ოპერაციების ფორმირებით გამოიხატება. ოპერაციები კი ჩამოყალიბებული უნდა იყოს კონკრეტული მიზნების მიხედვით.

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. 1 მოცემულია ასეთი კლასიფიკაციის სქემა.



ნახ. 1. ოპერაციების ფორმირების საკლასიფიკაციო ჯგუფები

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. სამაგიეროდ, იწვევენ მუშაობის შეწყვეტას და ფუნქციონირების დაკარგვას და საერთოდ ამცირებენ ობიექტის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობას. პირობითად დავარქვათ მათ ფუნქციონირებაზე მოქმედი სისტემები.

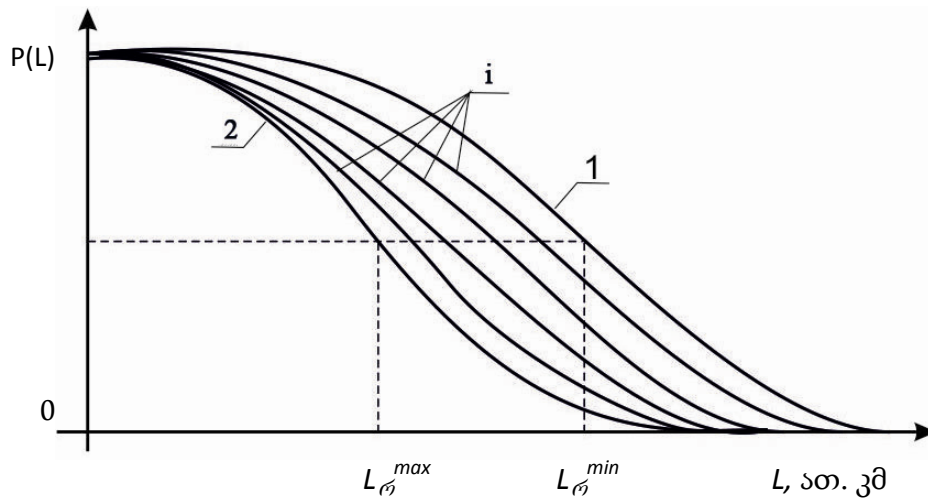
მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება ობიექტის და მისი ელემენტების ზღვრული მდგომარეობის მტყუნებები. დავარქვათ მათ ძირითადი სისტემები.

პროფილაქტიკური ოპერაციების პერიოდულობის განსაზღვრის მეთოდი.

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 გამოიყენება რესურსის სასურველი მნიშვნელობა.

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

მათემატიკური მოდელირების ძირითადი არსი მდგომარეობს დამხმარე სისტემის მომსახურების პერიოდულობის ცვლილების გამოვლენაში. ანუ, როგორ იცვლება ძირითადი სისტემის რესურსი დამხმარე სისტემის მომსახურების პერიოდულობის ცვლილების მიხედვით (ნახ. 2).



ნახ. 2. ძირითადი სისტემის რესურსის განაწილება

- 1 – მინიმალური პერიოდულობისას – L_{ρ}^{max}
- 2 – მაქსიმალური პერიოდულობისას – L_{ρ}^{min}

მოდელირების პირობა შემდეგშია: მინიმალური პერიოდულობის შემთხვევაში ძირითადი სისტემის რესურსი იქნება მაქსიმალური, ხოლო მომსახურების მაქსიმალური პერიოდულობის შემთხვევაში ძირითადი სისტემის საშუალო რესურსი მინიმალური იქნება.

ზოგადად პერიოდულობის განსაზღვრის გამოსახულება შემდეგნაირად გამოიხატება:

$$L_{\rho} = \frac{C_{\text{მომს}} \cdot L}{C_{\text{ს.წ.}}(L_{\rho}) \cdot L_{\rho} - C_{\text{მტყ}}}$$
 (2)

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

$C_{\text{ს.წ.}}$ - ძირითადი სისტემის მტყუნების აღმოფხვრის ღირებულება, ლარი;

L_{ρ} - ძირითადი სისტემის რესურსი, ათ. კმ.

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_8 კოეფიციენტით. ამ პირობის გათვალისწინებით საიმედოობის შენარჩუნების კუთრი ხარჯები შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$C_{ს.შ.}(L_{მომს}) = \frac{1}{L_{მომს}} \left\{ C_{მტყ} \cdot \bar{P}(L_{მომს}) + C_{მტყ}^{ტმ} [P(L_{მომს} + K_8 \cdot \bar{P}(L_{მომს}))] \right\} \rightarrow \min \quad (3)$$

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

$$C_{ს.შ.}(L_{მომს}) = \frac{C_{მტყ}^{ტმ}}{L_{მომს}} [(K_8 + K - 1) \cdot \bar{P}(L_{მომს}) + 1] \rightarrow \min \quad (4)$$

საიდანაც განისაზღვრება პროფილაქტიკური მომსახურების ოპტიმალური პერიოდულობა:

$$(L_{მომს}) = \frac{C_{მტყ}^{ტმ} \cdot [(K_8 + K - 1) \cdot \bar{P}(L_{მომს}) + 1]}{C_{ს.შ.}(L_{მომს})} \quad (5)$$

დეტალების შეცვლის პრინციპების ფორმირება. 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 გამოვლინდეს ოპტიმალური ვარიანტი.

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

$$K_{რგ.} = \frac{L_{შ}}{L_{საშ}} = 1 - \frac{L_{დ}}{L_{საშ}} \quad (6)$$

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

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

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

$$K_{ღებ} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot K_{რგ.i}}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (7)$$

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

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

გვიჩვენებს, რომ მისი ცვლილების დიაპაზონის პირველ ნახევარზე პირველი დეტალის რესურსი მეტია მეორე დეტალის რესურსზე $L_1 > L_2$. საკითხისადმი ასეთი მიდგომა და მოდელის პრაქტიკული რეალიზაცია სწორად ასახავს შერეული და ჯგუფური შეცვლების სტრატეგიას.

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.

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

კვლევის ორგანიზაცია და პირობები. კვლევის ობიექტად აღებული იქნა სხვადასხვა მარკის კერძო მფლობელობის მსუბუქი ავტომობილები, რომელთა ექსპლუატაცია დაკავშირებულია რეალურ, საქალაქო და საქალაქთაშორისო პირობებში მუშაობასთან ძირითადად კეთილმოწყობილ, ასფალტირებულ გზებზე მოძრაობისას.

ექსპერიმენტული კვლევა მოიცავს მსუბუქ ავტომობილებზე დაკვირვების შედეგად მტყუნებებისა და უწესივრობების შესახებ სტატისტიკური მონაცემების შეგროვებას და შემდგომ დამუშავებას აგრეგატებისა და სისტემების მიხედვით.

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

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.

საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა. საკვლევ ავტომობილებზე განხორციელებული ტექნიკური ზემოქმედების სამუშაოების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათი განაწილება არაერთგვაროვანია, რაც განპირობებულია, ერთის მხრივ, საექსპლუატაციო პირობების განსხვავებითა და მუშაობის დატვირთვის რეჟიმების სხვადასხვა მაჩვენებლებით, მეორეს მხრივ, სერვისის სხვადასხვა დონით, იგულისხმება მომსახურე პერსონალის კვალიფიკაცია, ობიექტების ტექნიკური აღჭურვილობა და სხვა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ განაცხადები სხვადასხვა სახის სამუშაოებზე ავტომობილების სისტემებისა და კვანძების მიხედვით წლის სხვადასხვა პერიოდისა და სეზონისათვის განსხვავებულია, რაც ლოგიკურია ზამთრისა და ზაფხულის დადგომასთან დაკავშირებული სავალდებულო ოპერაციების შესრულებით.

სამუშაოთა მოცულობის პროცენტული განაწილების ცვლილება სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით მოცემულია 1-ლ ცხრილში.

ცხრილი 1

მტყუნებათა და უწყესივრობების პროცენტული განაწილება ავტომობილების სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით

ავტომობილის სისტემები, აგრეგატები, მექანიზმები (სამუშაოს ხასიათი)	%-ული რაოდენობა
დიაგნოსტიკა (ელ. მართვის სისტემების და ზოგადი)	5
შეზეთვის სამუშაოები	6
საჭით მართვის და თვლების დაყენების კუთხეები	10
სამუხრუჭე სისტემის	8
ელექტრომომწობილობის	20
კვების სისტემის	12

გაგრილების და გათბობის სისტემების	10
საბურავების სამუშაოები	11
ტრანსმისიის	7
სათუნუქე და სამღებრო	5
დანარჩენი	6

სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის შედეგად მოხდა მტყუნებათა და უწესივრობების კლასიფიცირება მათი სახეობების, ხასიათის (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

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

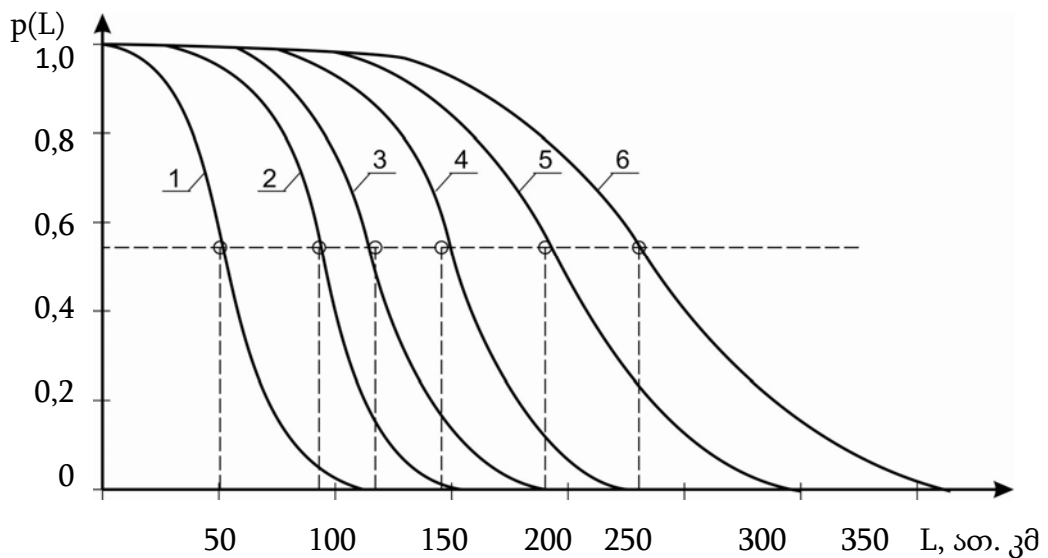
როგორც ცხრილიდან ჩანს, მტყუნებათა დიდი რაოდენობა ცვეთის შედეგად არის მიღებული, რაც პირობითად თანდათანობით მტყუნებათა კატეგორიას მიეკუთვნება, ხოლო დანარჩენი უეცარ მტყუნებებს მიეკუთვნება, გარდა ზოგიერთი დამაგრების შესუსტების შემთხვევებისა, რომლებიც სხვადასხვაგვარად გამოვლინდება. საერთოდ უნდა აღინიშნოს, 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%.

საკვლევი მსუბუქი ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების ცენტრებში მათი მოცულობის (მტყუნებათა აღმოფხვრის მოცდენები) ანა-

ლიზმა 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.

ძრავას გაგრილების სისტემა. 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.

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.



ნახ. 3. 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. 3) და განისაზღვრა მათი რესურსების განაწილების პარამეტრები.

ძრავის შეზეთვის სისტემა. კონსტრუქციული სრულყოფისა და დამზადების ტექნოლოგიის ამაღლების გარდა ექსპლუატაციის პროცესში ძრავის რესურსის მაქსიმალური დონის მიღწევა შესაძლებელია შეზეთვის, როგორც ფუნქციონალური სისტემის გამართული მუშაობის პირობებში.

სხვადასხვა მარკის მსუბუქი ავტომობილების ძრავში ზეთის შეცვლის ფაქტიური პერიოდულობის სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით მიღებულ იქნა სიმჭიდროვის მრუდი. სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით ზეთის შეცვლის პერიოდულობის განაწილება ექვემდებარება ნორმალურ კანონს საშუალო მნიშვნელობით $L_{საშ} = 7,8$ ათ. კმ (მათემატიკური მოლოდინი), ვარიაციის კოეფიციენტით $V = 0,26$, ხოლო საშუალო კვადრატული გადახრა შეადგენს $\sigma = 2,01$ ათ. კმ.

სისტემაში შემავალი ელემენტებიდან, რომლებიც საიმედოობის ლიმიტს ქმნიან (გარდაფილტრისა 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 $V = 0,34$.

მთელი სისტემის მტყუნებათაშორისი ნამუშევარი (ზეთის შეცვლის გარდა) შეადგენს 37,5 ათას კმ.

კვების სისტემა. 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.

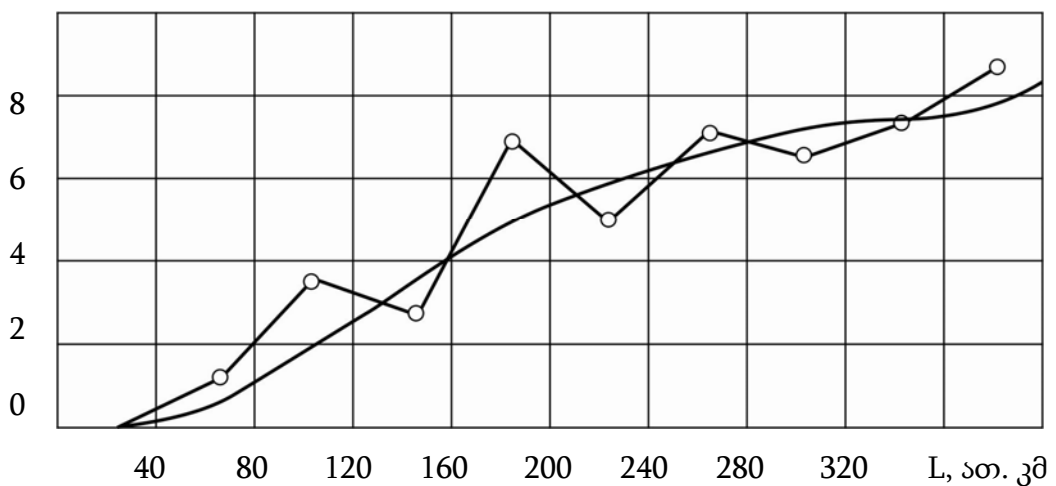
მტყუნებათა ყველაზე დიდი რაოდენობა მოდის მფრქვევანებზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ შესწავლილი და დამუშავებული იქნა შეფრქვევის სისტემის გაწმენდის (გასუფთავების) სტატისტიკური მონაცემები. ამ მონაცემების მიხედვით გამოვლენილი იქნა აღნიშნული სამუშაოს შესრულების ფაქტიური პერიოდულობის საშუალო სიდიდე, რომელმაც შეადგინა დაახლოებით 50 ათასი. კმ. გაბნევის დიდი დონით (ვარიაციის კოეფიციენტი $V = 0,54$).

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.

გამოვლენილი იქნა სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი და აგებული იქნა მისი ცვლილების დიაგრამა გარბენის მიხედვით (ნახ. 4).

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

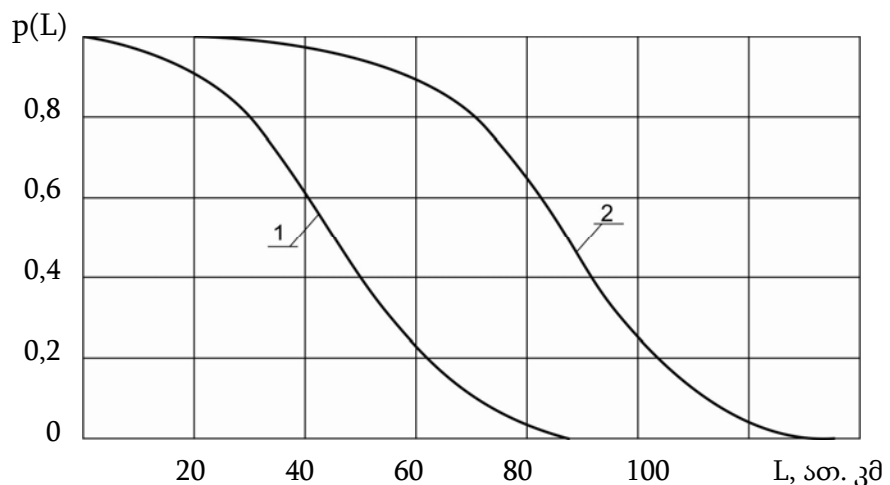


ნახ. 4. კვების სისტემის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი

თითოული ელემენტისა და კვანძისათვის, გამოვლენილი იქნა რესურსების განაწილების კანონზომიერება და პარამეტრები.

გაზგამანაწილებელი სისტემა. როგორც ავტომობილებზე ხანგრძლივმა დაკვირვებამ გვიჩვენა, მტყუნებათა აღმოფხვრის ოპერაციათა ჩამონათვალში განსაკუთრებით დიდი წილი მოდის სარქველებზე და გამანაწილებელი ლილვის ღვედზე დამჭიმ მოწყობილობასთან ერთად.

დამუშავებული იქნა სტატისტიკური მონაცემები გამანაწილებელი ლილვის ღვედის მტყუნებათა (შეცვლათა) შესახებ. აქ აღსანიშნავია ის ფაქტორი, რომ აღნიშნული ღვედები იცვლება ერთის მხრივ დამამზადებლის მიერ მოცემული რეკომენდაციების მიხედვით (40,0 ათ. კმ-ის შემდეგ „ოპელისათვის“, 60 ათ. კმ-ის შემდეგ „მერსედესისათვის“ და ა.შ.). ანგარიშის შედეგად გამოვლენილი იქნა აღნიშნული ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები და აგებული იქნა უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები (ნახ. 5).



ნახ. 5. გაზგამანაწილებელი სისტემის ელემენტების უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის მრუდები: 1 - ამძრავი 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 $V = 0,35$.

გადაბმულობა. 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.

შესწავლილი იქნა „ოპელის“ მარკის ავტომობილებისათვის გადაბმულობის ელემენტების მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემები. მათი დამუშავების შედეგად გამოვლენილი იქნა საიმედოობის მალიმიტირებული დეტალები.

აღნიშნული დეტალების რესურსების განაწილების პარამეტრები (ცხრილი 3).

ცხრილი 13

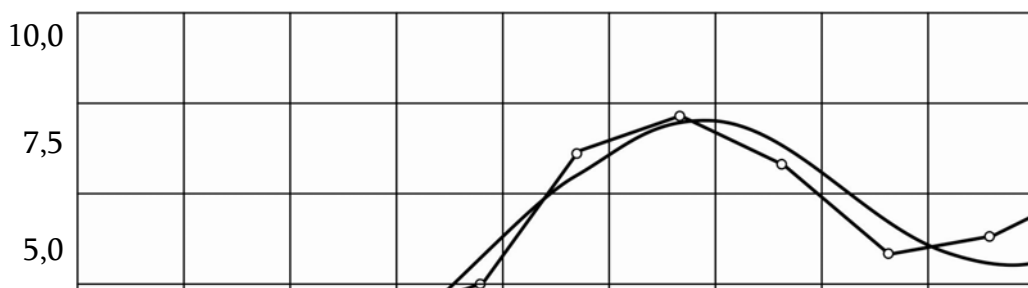
გადაბმულობის ელემენტების რესურსების განაწილების პარამეტრები

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი, ათ. კმ	ვარიაციის კოეფიციენტი	საშუალო კვადრ. გადახრა ათ. კმ
1	წამყვანი დისკი	270,0	0,35	94,5
2	ამყალი 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

საჭით მართვის სისტემა და წინა ხედი. კონსტრუქციული და ფუნქციონალური თვისებების გამო სისტემის მტყუნებათა გარკვეული ნაწილი, 10-15%, მიეკუთვნება საშიშ (უეცარ) მტყუნებათა კატეგორიას და მაშასადამე მოძრაობის უსაფრთხოების პოზიციებიდან იგი გაზრდილ ყურადღებას მოითხოვს.

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. 6).

$\omega(L) \cdot 10^{-5}$ მტყუნება/კმ



ნახ. 6. საჭით მართვის სისტემის და წინა წამყვანი ხედის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით

თითოეული დეტალისა და კვანძისათვის სხვა სისტემების ანალოგიურად გამოვლენილი იქნა მათი მტყუნებათა განაწილების კანონზომიერება სათანადო პარამეტრებით და აგებული იქნა რესურსების განაწილების სიმჭიდროვის მრუდები.

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

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.

სტატისტიკური მონაცემების შეგროვებით, დამუშავებითა და ანალიზით გამოვლენილი იქნა სამუხრუჭე სისტემის საიმედოების მალიმიტირებელი დეტალები და კვანძები.

სამუხრუჭე ხუნდების შეცვლის გაზრდილი პროცენტი განაპირობა მათმა ინტენსიურმა ცვეთამ სხვადასხვა საექსპლუატაციო პირობებში, მუშაობის რეჟიმმა და გამოყენებული მასალების ხარისხმა.

მთავარი და მუშა ცილინდრები და რეზინის შლანგები განიცდიან ფიზიკურ-ქიმიურ ზემოქმედებას. განსაკუთრებით ტემპერატურულ დატვირთვებს, რაც იწვევს მათ ნაადრევ მწყობრიბიდან გამოსვლას.

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

საექსპერიმენტო სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გამოვლენილი იქნა სამუხრუჭე სისტემის საიმედოების მაღალიმპირებელი დეტალებისა და კვანძების რესურსების განაწილების კანონზომიერებები და მათი პარამეტრები (ცხრილი 4).

ცხრილი 4

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 გამამლიერებელი	240,0	0,37	88,8
7	გადამწოდები	150,0	0,40	60,0

ავტომობილების დაკიდება. ავტომობილების ექსპლუატაციაზე დაკვირვების შედეგებით ვლინდება, რომ დაკიდების საიმედოობა ლიმიტირებულია ძირითად შემდეგ ელემენტებზე: ამორტიზატორები, ამორტიზატორის ბალიშები, სტაბილიზატორების (მშრალი ამორტიზატორი) პლასტმასის მილისები, ზამბარები. ისინი მწყობრიდან გამოდის დიდი დატვირთვების გამო, რაც გამოწვეულია მუშაობის რეჟიმების ცვლილებით და გაზრდილი ინტენსიური ზემოქმედებით.

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

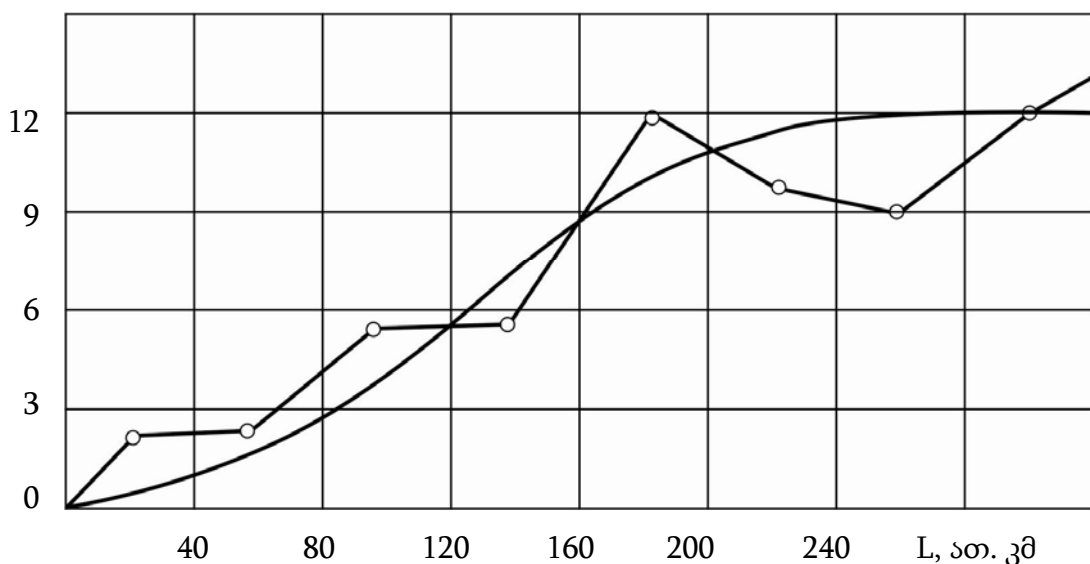
დატვირთვით გამოწვეული მტყუნების გამო აღნიშნული ელემენტების რესურსების განაწილების კანონზომიერება არცერთი მათგანისთვის არ ექვემდებარება ნორმალურ კანონს, ადგილი აქვს ვეიბულისა და ექსპონენციალურ კანონებს, რაც რეალურ სიტუაციას შეესაბამება.

ელექტრომოწყობილობა. ფუნქციონალური დანიშნულებისა და აგრეგატებისა და მექანიზმების ურთიერთდამოკიდებულების თვალსაზრისით ავტომობილის ელექტრომოწყობილობის საიმედო მუშაობას, მისი ქვესისტემების პარამეტრების დასაშვებ ზრვრებში შენარჩუნებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. ექსპლუატაციის პროცესში მტყუნებათა და უწყისივრობათა რაოდენობის დაახლოებით 20-30% ელექტრომოწყობილობაზე მოდის, დიდია მატერიალური და შრომითი ხარჯების კუთრი წილი, რომელიც ელექტრომოწყობილობის ტექნიკურ მომსახურებასა და სათადარიგო დეტალების შეცვლას სჭირდება.

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.

განსაზღვრული იქნა მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრები (მტყუნებათა ინტენსიურობა), თითოეული მათგანისათვის და მთლიანად ელექტრომოწყობილობისათვის აგებული იქნა მისი ცვლილების დიაგრამა (ნახ. 7).

$\omega(L) \cdot 10^{-5}$ მტყუნება/კმ



ნახ. 7. ავტომობილის ელექტრომოწყობილობის მტყუნებათ ნაკადის პარამეტრის ცვლილება გარბენის მიხედვით

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

თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ერთობლივი ანალიზის ქვეთავში მოხდა დამუშავებული მეთოდების პრაქტიკული რეალიზაცია კონკრეტული მაგალითებით. როგორც იყო ნათქვამი, საკლასიფიკაციო ჯგუფების შექმნის საფუძველია მტყუნებათა მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზი. ამიტომ კონსტრუქციულ თავისებურებათა გათვალისწინებით თითოეული აგრეგატის, მექანიზმისა და სისტემისათვის გამოვლენილი იქნა მტყუნებათა და უწყესობათა ნომენკლატურა და შესაბამისი ტექნიკური ზემოქმედების ფორმები და მეთოდები, რომლებიც მათი აღმოფხვრისაკენ არიან მიმართული. ოპერაციების ფორმირებისას განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო ავტომობილის ელ. მოწყობილობის სამუშაოების შესრულებას, მათი შინაარსისა და ნომენკლატურის დადგენას.

ანალოგიურად იქნა გამოვლენილი და ფორმირებული ავტომობილის ტრანსმისიის და სხვა აგრეგატებისა და სისტემების ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფისათვის საჭირო შესასრულებელი ოპერაციების ნომენკლატურა და შინაარსი. 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.

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.

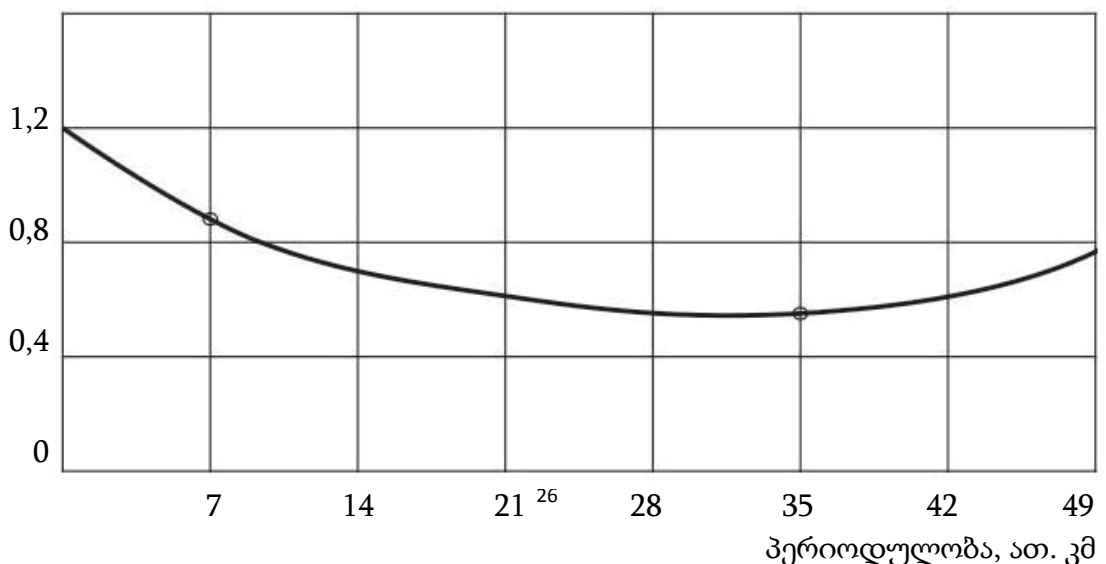
გადაბმულობის რეგულირების პერიოდულობის განსაზღვრა

სარეგულირებელ პარამეტრს წარმოადგენს სატერფულის თავისუფალი სვლა. ექსპლუატაციის პროცესში იგი გამოდის დასაშვები ზღვრებიდან (10-12 მმ), გართულებულია გადაცემათა კოლოფში საფეხურების ჩართვა-გამორთვის ოპერაციები.

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.

პერიოდულობის განსაზღვრის მოტანილი მაგალითისათვის საწყისი მაჩვენებლები აღებულია „ოპელის“ მარკის ავტომობილისათვის. პერიოდულობა განისაზღვრა სათანადო საწყისი მაჩვენებლების საფუძველზე დამუშავებული მეთოდის მიხედვით.

$C_{კუთ}$ ($L_{მომ}$)

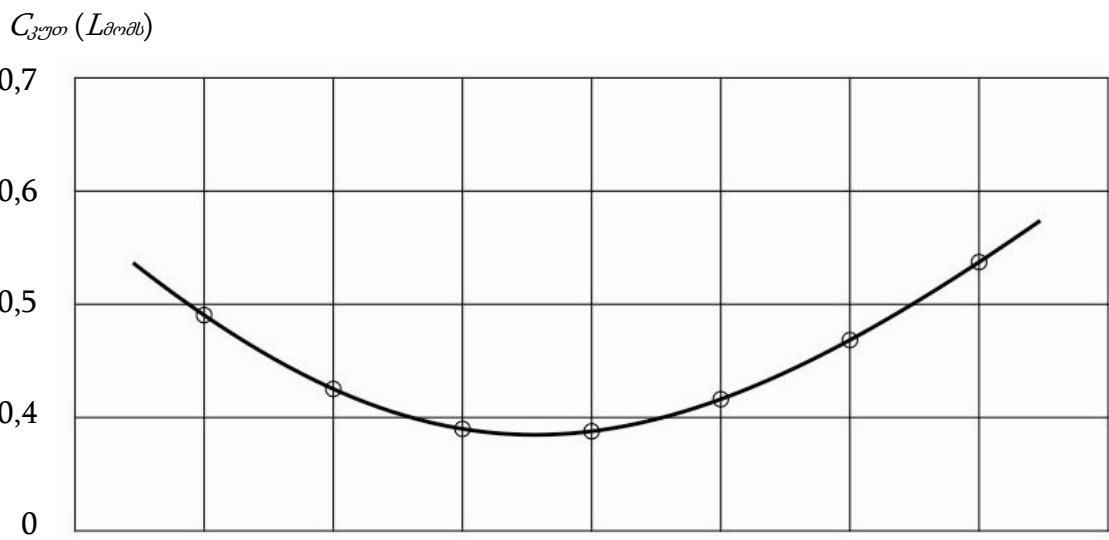


ნახ. 8. გადაბმულობის რეგულირების პერიოდულობის განსაზღვრა

ძრავას 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, მამასადამე, ამცირებს მის რესურსს. ექსპერიმენტული კვლევის დროს მიღებული სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრულია ძრავისა და შეზეთვის სისტემის მახასიათებლები. ანგარიში შესრულდა თეორიული კვლევის დროს დამუშავებული მეთოდით და მიღებული გამოსახულებებით. შედეგები მოცემულია მე-9 ნახაზზე.

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 ფილტრსაც. 9-ე ნახაზზე მოცემულია ხარჯების ცვლილების დიაგრამა.



3	6	9	12	15	18	21
3	6	9	12	15	პერიოდულობა, ათ. კმ	

**ნახ. 9. ზეთის შეცვლის კუთრი ხარჯების ცვლილების დიაგრამა
დეტალების შეცვლის სისტემა**

დეტალების შეცვლის სისტემის ოპტიმიზირება მოიცავს ავტომობილის სისტემებისა და მექანიზმების მიხედვით საიმედოობის მაღლიმიტირებელი დეტალების ინდივიდუალური ან ჯგუფური შეცვლების რაოდენობათა განსაზღვრას გარბენის გარკვეული მნიშვნელობის ზღვრებში.

დეტალების ჯგუფის ან დეტალების შეცვლათა რაოდენობის განსაზღვრა (წამყვანი ფუნქცია) მოხდა ცნობილი მეთოდით, 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.

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. მე-5 ცხრილში მოცემულია ერთ-ერთი მაგალითი.

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.

ცხრილი 5

გაგრილების სისტემის დეტალების შეცვლა

№	დეტალების დასახელება	საშუალო რესურსი ათ. კმ	შეცლის 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

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 მნიშვნელო-

ვანი 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 შემენისა 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 ვარირების საშუალებას მუშა პარამეტრის დასაშვები ზღვრების ფარგლებში.

8. საკვლევი ავტომობილების, სისტემებისა და მექანიზმების კონსტრუქციული თვისებების, დეტალების შეცვლის ტექნოლოგიური სქემების, საიმედოობის მაჩვენებლების ანალიზით ფორმირებული იქნა მალიმიტირებელი 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.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში

1. ვ. ლევიშვილი, ნ. თოფურია, მ. ზურიკაშვილი. საჭის სისტემის ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის განსაზღვრა ავტომობილ „კამაზის“ მაგალითზე. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, №4(16), 2009, გვ. 32-37.
2. V. Lekiasvili, M. Zurikashvili, D. Ugulava, Improving of prevention systems for providing vehicles technical state. Problems of mechanics, #2(43), 2011.
3. ვ. ლევიშვილი, ი. ზაკუტაშვილი, მ. ზურიკაშვილი. ავტომობილის საკონტროლო-დიაგნოსტიკური ოპერაციების პერიოდულობის განსაზღვრა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, №4(22), 2011, გვ. 50-56.
4. ვ. ლევიშვილი, მ. ზურიკაშვილი. მსუბუქი ავტომობილების ძრავების გაგრილების სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლების გამოვლენა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, №3(25), 2012, გვ. 198-204.

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, and 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.