

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

კარლო ჭანტურია

**სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომობილის
საწვავ-სიჩქარული პარამეტრების დიაგნოსტიკა და
კონტროლი**

საინჟინრო მეცნიერებების დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

კონტროლის მეთოდები და დიაგნოსტიკა მანქანათმშენებლობაში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

მურმან ტყეშელაშვილი - ტექნიკის
მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი,
საქართველოს საინჟინრო აკადემიის
წევრ-კორესპოდენტი

ქუთაისი – 2010

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი.....	6
1. ავტომობილის ექსპლუატაციის პირობები მთიან ადგილებში.	
კვლევის მიზანი და ამოცანები.....	18
1.1. მთიანი ადგილების თავისებურებები და მათი გავლენა ავტომობილის დატვირთულობაზე.....	18
1.2. მთაგორიანი ადგილების საავტომობილო გზების შესაფასებელი მაჩვენებელი და კლასიფიკაცია.....	22
1.3. საგზაო პირობების განაწილება ყველაზე თავისებური მთიანი რეგიონების მიხედვით.....	26
1.4. ავტომობილების გარბენის დადგენა მოძრაობის პირობების მიხედვით.....	30
1.5. წარმომადგენლობითი ტერიტორიული რეგიონის შერჩევა მთაგორიან ადგილებში ავტომობილის საექსპლუატაციო და სადატვირთო რეჟიმების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების დადგენისათვის.....	31
1.6. კვლევის მიზანი და ამოცანები.....	36
2. მთიან პირობებში რეჟიმომეტრიული კვლევის ჩატარების	
მეთოდოლოგიური საფუძვლების შემუშავება.....	39
2.1. ქვეყნის წარმომადგენლობითი მთიანი რეგიონის შერჩევა.....	39
2.2. კავკასიის მთაგორიანი რაიონების წარმოებაში დასაქმებული ავტოსატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის პირობების სტატისტიკური კვლევა.....	40

2.3.	სისტემის პარამეტრების შერჩევა, რომელიც ურუნველყოფს უტყუარი გადაწყვეტილებების მიღებას ავტომობილების კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციის შესახებ.....	41
2.4.	დროის რეალურ მასშტაბში გამოსაკვლევ პროცესების შეფასების მიღების მათემატიკური საფუძვლები.....	49
2.4.1.	პროცესების საშუალო მნიშვნელობების შეფასება დროის რეალურ მასშტაბში.....	51
2.4.2.	პროცესების დისპერსიის შეფასება დროის რეალურ მასშტაბში.....	54
2.4.3.	პროცესის ალბათური სტრუქტურის შეფასება დროის რეალურ მასშტაბში.....	57
2.5.	კავკასიის მთაგორიან რეგიონში დასაქმებული ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკური კვლევის მეთოდის შემუშავება.....	60
2.6.	სარეგისტრირებელი პარამეტრების მდგრადი სტატისტიკური მახასიათებლების მიღებისთვის საჭირო ექსპერიმენტის მინიმალური ხანგრძლივობის განსაზღვრის მეთოდიკა.....	66
2.7.	მოკლე დასკვნები მეორე თავის მიხედვით	68
3.	ავტომატარებელ QMercedes-Benz Atego-ს კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის და მუშაობის რეჟიმების დადგენა.....	69
3.1.	კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტების რაოდენობის წინასწარი განსაზღვრა.....	70

3.2.	ცალკეული მარშრუტების მთაგორიანი საკლასიფიკაციო ჯგუფისადმი შესაბამისობის შემოწმება.....	72
3.3.	კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის გრძივი პროფილის დამუშავება.....	79
3.4.	ავტომატარებლის ექსპერიმენტული კვლევა და ტიპიზირებული მუშაობის რეჟიმების დამუშავება.....	83
3.4.1.	სამთო პირობებში ძრავის მუშაობის რეჟიმების ტიპიზაცია.....	85
3.4.2.	ტრანსმისიის მუშაობის რეჟიმების ტიპიზაცია.....	89
3.4.3.	სამთო პირობებში ავტომატარებლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარის, საათური ხარჯის და ხვედრითი მწარმოებლობის მახასიათებელი პარამეტრების ტიპიზაცია.....	90
3.4.4.	ძრავის მუშაობის რეჟიმების და მოძრაობის სიჩქარის სარწმუნო ინტერვალების შეფასება.....	91
3.5.	ტიპიზირებულ მარშრუტებზე ავტომატარებლის მუშაობის რეჟიმების მონაცემების დამუშავება.....	97
3.6.	მოკლე დასკვნები მესამე თავის მიხედვით	101
4.	ავტომატარებელ QMercedes-Benz Atego-ს საწვავ-სიჩქარული თვისებების დიაგნოსტიკა და კონტროლი ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობებში.....	102
4.1	სატვირთო საავტომობილო ტრანსპორტის ეკონომიკური მაჩვენებლები.....	103
4.2	მეორადი დაკიდების ვიბროდატვირთულობის შემცირების გზები	108

4.3	მისაბმელით მომუშავე სატვირთო ავტომატარებლის წევით- დინამიკური მახასიათებლის თეორიული კვლევა.....	120
4.4	ავტომატარებლის საექსპლუატაციო თვისებების კვლევა საანგარიშო-ექსპერიმენტული მეთოდებით.....	129
4.5	სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომობილის მოძრაობის მათემატიკური აღწერა	132
4.6	ავტომატარებლის მოძრაობის მათემატიკური აღწერის ადეკვატურობის შემოწმება.....	136
4.7	სამთო პირობებში ექსპლუატაციის დროს სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომატარებლების ძრავის და ტრანსმისიის რაციონალური პარამეტრების შერჩევის კვლევა.....	149
4.7.1.	გრუნტიან და მოხრეშილ საფარიან გზებზე მოძრაობისას ავტომატარებლის რაციონალური პარამეტრების დადგენა საანგარიშო მეთოდით.....	150
4.7.2.	გაუმჯობესებულ საფარიან გზებზე მოძრაობისას ავტომატარებ- ლის რაციონალური პარამეტრების დადგენა საანგარიშო მეთოდით.....	152
4.7.3.	ანგარიშით მიღებული კვლევის შედეგების განზოგადოება.....	152
4.8.	მოკლე დასკვნები მეოთხე თავის მიხედვით.....	155
	ძირითადი დასკვნები.....	157
	გამოყენებული ლიტერატურა.....	159

შესავალი

სახელმწიფოს სატრანსპორტო სისტემის განვითარების დონე – მისი ტექნოლოგიური პროგრესის და ცივილურობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნიშანია. მაღალგანვითარებული სატრანსპორტო სისტემის საჭიროება უფრო ძლიერდება ევროპულ და მსოფლიო ეკონომიკაში ინტეგრაციის პირობებში, სატრანსპორტო სისტემა ხდება ბაზისად მსოფლიო თანამეგობრობაში საქართველოს ეფექტური შერწყმისათვის და მასში ისეთი ადგილის დაკავებისათვის, რომელიც პასუხობს მაღალგანვითარებული სახელმწიფოს მოთხოვნებს.

საქართველოს განვითარებაში ტრანსფორმაციული პროცესების ობიექტური პირობები განაპირობებენ მის სწრაფვას მსოფლიო ეკონომიკურ სისტემაში შესვლისათვის და უპიველესად – წამყვანი დასავლეთევროპული სახელმწიფოებთან ეკონომიკურ ინტეგრაციისათვის. ეს პროცესი, უდავოდ გამოიწვევს სასაქონლო გაცვლების ოპერაციების რაოდენობების ზრდას თანამშრომელ ქვეყნებს შორის. გარდა ამისა, საქართველოს გეოსტრატეგიული ადგილმდებარეობა აძლევს მას საშუალებას იყოს ხელსაყრელი ხიდი სატვირთო და სამგზავრო სატრანზიტო გადაზიდვებისათვის ევროპის, აზიის და ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებს შორის.

საქართველოს ტერიტორიაზე სატვირთო და სამგზავრო გადაზიდვების უზრუნველყოფისათვის ერთ-ერთი განმსაზღვრელია სატრანსპორტო სისტემა, რომლის მიმართ საბაზრო პირობებში წაყენებულია მაღალი მოთხოვნები სატრანსპორტო კავშირების ხარისხთან, რეგულარობასა და საიმედოობასთან მიმართებაში, ტვირთების შენახვის და მგზავრთა უსაფრთხო გადაზიდვების, მიწოდების ვადებისა და ღირებულებასთან მიმართებაში. ამის შესაბამისად საქართველოს რესპუბლიკის სატრანსპორტო კომუნიკაციების მდგომარეობა უნდა შეესაბამებოდეს ევროპული ინტეგრაციის მოთხოვნებს.

საქართველოს სატრანსპორტო სისტემის ინტეგრირების უმნიშვნელოვანესი მაჩვენებელია არსებული სატრანსპორტო ქსელების რაციონალური გამოყენება,

მათი გეოგრაფიული მდებარეობის და კომუნიკაციური შესაძლებლობების უპირატესობების რეალიზაცია, რომლებიც უზრუნველყოფენ ევროპის ქვეყნებისათვის უმოკლეს გზას აღმოსავლეთის ქვეყნებთან და აზიის კონტინენტთან. მაგრამ იმისათვის, რომ საქართველოს სატრანსპორტო სისტემები რაც შეიძლება მალე გარდაიქმნან მსოფლიო დონის სატრანსპორტო სისტემებად, აუცილებელია განხორციელდეს მთლიანი სატრანსპორტო დარგის კომპლექსური მოდერნიზაცია.

საბაზრო პირობებში სატრანსპორტო მომსახურებისას მომხმარებლის მნიშვნელოვანი მოთხოვნაა ტვირთების დროული და ხარისხიანი მიწოდება. მოცემული პირობების შესრულება წარმოგვიდგება შესაძლებლად ლოგისტიკის გამოყენების მეშვეობით, ანუ მმართველი ალგორითმის, რომელიც სხვადასხვა სახის ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდების დახმარებით იძლევა საშუალებას სატრანსპორტო პროცესის ცალკეული ელემენტების მუშაობის ოპტიმიზაციისათვის და ამ ელემენტების ერთიანი სისტემაში გაერთიანებისათვის. გადაზიდვების ლოგისტიკური პროგრესული სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური სისტემების არასაკმარისი განვითარება საქართველოში იწვევს სატრანსპორტო ხარჯების ზრდას და შესაბამისად ბაზრის დაკარგვას.

ტრანსპორტი ეკონომიკის ერთერთი უმნიშვნელოვანესი დარგია, რომელიც ასრულებს ერთგვარ სისხლგამტარი სისტემის ფუნქციას ქვეყნის რთულ ორგანიზმში. ის არა მარტო უზრუნველყოფს მეურნეობის და მოსახლეობის მოთხოვნილებებს გადაზიდვებში, არამედ ქალაქებთან ერთად ის ქმნის ტერიტორიის «კარკასს», არის ინფრასტრუქტურის უმსხვილესი შემადგენელი ნაწილი, ემსახურება როგორც შრომის ტერიტორიული განაწილების ფორმირებისა და განვითარების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა, არსებით გავლენას ახდენს ცალკეული რეგიონების და მთლიანად ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების დინამიურობაზე და ეფექტიანობაზე.

როდესაც განვიხილავთ ტრანსპორტს როგორც სახალხო მეურნეობის დარგს, აუცილებელია ავღნიშნოთ მისი მთელი რიგი სპეციფიური თავისებურებანი.

ტრანსპორტის როგორც ეკონომიკის სფეროს სპეციფიკა მდგომარეობს იმაში, რომ ის თვითონ არ აწარმოებს ახალ პროდუქციას, არამედ მხოლოდ მონაწილეობს მის შექმნის პროცესში, უზრუნველყოფს რა წარმოებას ნედლეულით, მასალებით, დანადგარებით და მიაწოდებს რა მზა პროდუქციას მომხმარებელს, რითაც ზრდის მის ღირებულებას სატრანსპორტო ხარჯების სიდიდეზე, რომლებიც ჩაირთვება პროდუქციის თვითღირებულებაში. მრეწველობის ზოგიერთ დარგებში სატრანსპორტო ხარჯები ძალიან მნიშვნელოვანია, როგორც მაგალითად, სატყეო მრეწველობაში, სადაც ისინი აღწევენ 50%-ს.

ჩვენს ქვეყანაში მისი გეოგრაფიული მდებარეობის და რესურსების, მოსახლეობის და ძირითადი საწარმოო ფონდების არათანაზომიერი განლაგების გამო ტრანსპორტის ფაქტორს დიდი მნიშვნელობა გააჩნია. ტრანსპორტი ქმნის ადგილობრივი და სახელმწიფოთაშორისი ბაზრების ფორმირების პირობებს. საბაზრო ურთიერთობებში გადასვლის პირობებში ტრანსპორტის როლი არსებითად იზრდება. ერთის მხრივ, ტრანსპორტის ფაქტორზე დამოკიდებულია საწარმოს მუშაობის ეფექტიანობა, რაც ბაზრის პირობებში პირდაპირ უკავშირდება მის სიცოცხლისუნარიანობას, ხოლო მეორეს მხრივ, თვითონ ბაზარი გულისხმობს საქონელთა და მოსახურებათა გაცვლას, რაც ტრანსპორტის გარეშე შეუძლებელია. ამიტომ ტრანსპორტი არის საბაზრო ინფრასტრუქტურის უმნიშვნელოვანესი შემადგენელი ნაწილი.

საქართველოს სატრანსპორტო სისტემის მნიშვნელოვანი თავისებურებაა მისი მჭიდრო ურთიერთკავშირი წარმოებასთან.

გაფართოებული წარმოების ინტენსიური გზა ტრანსპორტის წინაშე აყენებს მნიშვნელოვან პრობლემებს, რომლებიც საჭიროებენ დაუყოვნებლივ გადაწყვეტას:

- სატრანსპორტო სისტემის კომპლექსური განვითარება;
- დაბალმწარმოებლური სატრანსპორტო საშუალებების შეცვლა უფრო მაღალ მწარმოებლურებით;

- დამტვირთავ-განმტვირთავ სამუშაოებისათვის თანამედროვე ტექნიკის შექმნა;
- საავტომობილო ტრანსპორტის სტრუქტურის სრულყოფა (ძარის ტიპის და ტვირთამწეობის მიხედვით);
- მომუშავეთა მომზადება და კვალიფიკაციის ამაღლება, რომლებიც დაკავებულნი არიან არა მხოლოდ ახალი ტექნიკის ექსპლუატაციით, არამედ ტექნიკური მომსახურებითაც და მიმდინარე რემონტით;
- წარმოების და შრომის ორგანიზაციის სრულყოფა;
- სატრანსპორტო საშუალებების შიგა ცვლების გაცდენების, ნედლეულის და საწვავის, სამუშაო დროის დანაკარგების შემცირება;
- მყარ საფარიანი გზების მშენებლობის დაჩქარება.

ამასთანავე, ის დარგები რომლებიც ყველაზე მეტად აქტიურად იყენებენ ტრანსპორტს, ე.წ. ტრანსპორტტევადი დარგები, უყენებენ მას ახალ მოთხოვნებს სიჩქარეების ამაღლების და მისაწოდებელი ტვირთების ტონაჟის გაზრდის თვალსაზრისით. სატრანსპორტო საშუალებების კონსტრუქცია უნდა უზრუნველყოფდეს საჭირო ტვირთამწეობას, მათი მუშაობის ტექნიკურ-საექსპლუატაციო პარამეტრების გაუმჯობესებას.

საქართველოს სატრანსპორტო კომპლექსის განვითარების დამახასიათებელი თავისებურებაა საავტომობილო ტრანსპორტის ხვედრითი წილის ამაღლება როგორც ტვირთბრუნვაში, ასევე გადაზიდვების მოცულობაში. ეს განპირობებულია იმით, რომ საავტომობილო ტრანსპორტი უფრო ეფექტიურია მოკლე მანძილებზე გადაზიდვებისას, რის შედეგადაც მცირდება ტვირთების ხელახლა გადატვირთვების აუცილებლობის შემთხვევები, მცირდება დამტვირთავ-განმტვირთავ სამუშაოების მოცულობა, მნიშვნელოვნად იზრდება გადასაზიდი ტვირთების შენახვის ხარისხი და სხვ.

სავტომობილო ტრანსპორტის უპირატესობები სხვა სახის ტრანსპორტთან შედარებით მდგომარეობს შემდეგში:

- მანევრირება – ტრანსპორტის კონცენტრაციის შესაძლებლობა იქ, სადაც საჭიროა. ტვირთების შეგროვება და მიწოდება შეიძლება

შესრულდეს გადატვირთვების გარეშე, ყველა პუნქტში, სადაც შეუძლია მივიდეს ავტომობილი. სწორედ ეს დახასიათება მეტწილად, ვიდრე ნებისმიერი სხვა, მიიღება მხედველობაში, როდესაც საშინაო გადაზიდვებში ეძლევა უპირატესობა საავტომობილო ტრანსპორტს ტრანსპორტის სხვა სახეებთან შედარებით;

- მიწოდების სისწრაფე და რეგულარული ხასიათი. ტვირთების შეგროვების და მიწოდების დრო შეიძლება დაინიშნოს საკმაოდ ზუსტად. ეს მნიშვნელოვანია, როდესაც დატვირთვისას და განტვირთვისას მოიზიდავენ სამუშაო ძალას და როდესაც ტვირთის ჩამოსვლა სინქრონიზირებულია წარმოების მოთხოვნილობებთან. მიწოდება შეიძლება ორგანიზებული იქნას სისტემით «ჯუსტ ინ ტიმე» – ზუსტად ვადაში;
- გადასაზიდი ტვირთების დაცულობა. ტრანსპორტის სხვა სახეებით გადაზიდვებთან შედარებით, ტვირთის დანაკარგები, დანაკლისები და დაზინძურებები მნიშვნელოვნად ნაკლებია იმასთან დაკავშირებით, რომ მძლოლი, რომელიც ასრულებს გადაზიდვას პასუხისმგებელია გადასაზიდ ტვირთზე. ამასთან ერთად შეფუთვა საჭიროა ნაკლები მოცულობით ან ხშირ შემთხვევაში არც კი არის საჭირო, და როგორც წესი გამორიცხულია ხელახლა ტვირთის გადატვირთვები.

ყველა სახის საკუთრების საწარმოების და ფირმების საგარეო ბაზრებზე დამოუკიდებელი შესვლა, საერთაშორისო საწარმოო კოოპერაციის და სპეციალიზაციის გაძლიერება, ერთობლივი საწარმოების შექმნა, პირდაპირ კავშირებზე აქტიური გადასვლა მოითხოვს სატრანსპორტო მომსახურების გაუმჯობესებას. სატრანსპორტო მომსახურების დონე ხდება ერთ-ერთი იმ ფაქტორთაგან, რომლებიც ახდენენ გავლენას საწარმოების, გაერთიანებების და ფირმების მუშაობის საბოლოო შედეგებზე, რომლებიც მუშაობენ თვითდაფინანსების და სავალუტო თვითანაზღაურების პირობებში.

საქართველოს გადამზიდველების აქტიური შემოსვლა საერთაშორისო სატრანსპორტო ბაზარზე, საერთაშორისო და საშინაო გადაზიდვების სფეროში მომქმედი ფაქტორების სირთულე და მრავალსახეობა ქმნიან მოთხოვნილობას მაღალკვალიფიცირებულ სპეციალისტების მომზადებაში, რომლებსაც გააჩნიათ უნარი უზრუნველყონ საწარმოთა სტაბილური მუშაობა მკაცრი კონკურენციის პირობებში დასავლეთ ევროპის, აზიის და ახლო აღმოსავლეთის სატრანსპორტო ბაზრებზე.

საქართველოში სატვირთო გადაზიდვები – საქმიანობის ლიცენზირებული სახეობაა. ამჟამად საქართველოში საავტომობილო ტრანსპორტზე საქმიანობის ლიცენზირებული სახეობებია ტვირთების და მგზავრების საერთაშორისო და საქალაქთაშორისო გადაზიდვები, შიგასაქალაქო გადაზიდვები, სატრანსპორტო-საექსპედიციო საქმიანობა, და აგრეთვე საავტომობილო ტრანსპორტის სატრანსპორტო საშუალებების ღირებულების შეფასება („საქართველოს კანონი ლიცენზირებისა და ნებართვების შესახებ“, თბილისი, 2005 წ. №1775-რს; საკანონმდებლო მაცნე)

სატრანსპორტო-საექსპედიციო საქმიანობას მიეკუთვნება სამეურნეო საქმიანობა ტვირთების გადაზიდვის ორგანიზაციაზე, მათი გაგზავნის და მიღების ჩათვლით, და აგრეთვე გადაზიდვასთან დაკავშირებული სხვა ოპერაციების შესრულება გათვალისწინებული სატრანსპორტო ექსპედიციის ხელშეკრულებით.

ლიცენზირებისათვის ქვემდებარე ყოველ საქმიანობაზე გაიცემა ერთი ლიცენზია, ხუთი წლის ვადით.

ლიცენზირებადი საქმიანობის სახეობაზე დამოკიდებულებით ლიცენზიებს გააჩნიათ შემდეგი სერიები:

- ტვირთების საქალაქთაშორისო გადაზიდვები საავტომობილო ტრანსპორტის მეშვეობით (საქართველოს ფარგლებში);
- მგზავრების საქალაქთაშორისო გადაზიდვები საავტომობილო ტრანსპორტის მეშვეობით (საქართველოს ფარგლებში);

- ტვირთების საქალაქთაშორისო გადაზიდვები საავტომობილო ტრანსპორტის მეშვეობით (საქართველოს ფარგლებს გარეთ);
- მგზავრების საქალაქთაშორისო გადაზიდვები საავტომობილო ტრანსპორტის მეშვეობით (საქართველოს ფარგლებს გარეთ);
- სატრანსპორტო-საექსპედიციო საქმიანობა;
- საავტომობილო ტრანსპორტის სატრანსპორტო საშუალებების ღირებულების შეფასება.

ტვირთების გადაზიდვა საავტომობილო ტრანსპორტით – რთული საწარმოო პროცესია, რომელიც შედგება რიგი ოპერაციებისაგან, რომლებიც ქმნიან საერთო ტექნოლოგიურ პროცესს. ტვირთის მიწოდების პროცესი გამგზავნისაგან მიმდებამდე შედგება სამი ძირითადი ელემენტისაგან:

- ტვირთის დატვირთვა საავტომობილო საშუალებაზე გაგზავნის პუნქტებში;
- ტვირთის გადაადგილება საავტომობილო საშუალებით გაგზავნის პუნქტისაგან დანიშნულების პუნქტამდე;
- ტვირთის გადმოტვირთვა მოძრავი შემადგენლობიდან დანიშნულების პუნქტებში.

ტვირთის მიწოდებისას იქმნება აგრეთვე სხვადასხვა სახის სამუშაოების შესრულების აუცილებლობა, რომლებიც დაკავშირებულია სატრანსპორტო პროცესთან (ტვირთის მიღება ტვირთის გამგზავნიდან და მისი ჩაბარება ტვირთის მიმღებზე, ტვირთის თანხლება და დაცვა გადაზიდვის დროს, სასაქონლო-სატრანსპორტო საბუთების გაფორმება და ა.შ.). ტრანსპორტთან დაკავშირებული სამუშაოების სრულ კომპლექსს, რომლებიც სრულდება ტვირთის მიღების მომენტიდან გაგზავნის პუნქტში ტვირთის ჩაბარების მომენტამდე დანიშნულების პუნქტში ეწოდება სატრანსპორტო-საექსპედიციო სამუშაო.

სატრანსპორტო-საექსპედიციო სამუშაოები მათი შესრულების ადგილიდან დამოკიდებულებით შეიძლება იყოს კომპლექსური და ადგილობრივი.

კომპლექსურები მოიცავენ ყველა სახის ოპერაციებს ტვირთის გამგზავნისაგან მიღების მომენტიდან მიმღებზე მისი ჩაბარების მომენტამდე.

ადგილობრივები იყოფა ოპერაციებზე, რომლებიც სრულდება გაგზავნის ადგილას, გზაში და მიღების ადგილას.

სატრანსპორტო-საექსპედიციო სამუშაო შეიძლება სრულდებოდეს როგორც თვით ტვირთგამგზავნების და ტვირთმიმღებების მიერ, ასევე სპეციალური ორგანიზაციების მიერ, რომლებიც სპეციალიზირებული არიან სატრანსპორტო ლოგისტიკაში.

საავტომობილო ტრანსპორტის საწარმოებისა და ორგანიზაციების მიერ შესრულებული სატრანსპორტო-საექსპედიციო სამუშაოს მიზანია – ტვირთის მიწოდების ორგანიზაცია გამგზავნების საწყობებიდან ტვირთმიმღებების განთავისუბლებით მათთვის არადაძახასიათებელი ფუნქციების შესრულებისაგან, რომლებიც დაკავშირებულია გადაზიდვის პროცესთან – ტვირთის მიღება გაგზავნის პუნქტში, ტვირთის დაცვა გზაში, ტვირთის ჩაბარება დანიშნულების პუნქტში.

სატრანსპორტო-საექსპედიციო სამუშაოს ძირითადი მაჩვენებლებია: შესრულებული სატრანსპორტო-საექსპედიციო მომსახურებების (ოპერაციების) რაოდენობა; ტვირთების შემოტანა და გამოტანა (გზავნილებში და ტონებში); ექსპედიცია და ტვირთის თანხლება (ტონებში და ოპერაციებში); დამტვირთავ-განმტვირთავი სამუშაოები, რომლებიც ხასიათდება დატვირთული და გადმოტვირთული ტონების რაოდენობით.

ტვირთების გადაზიდვის ორგანიზაცია გულისხმობს გადაზიდვების მომზადების და შესრულების წესის დადგენას, ხელმძღვანელობას, აღრიცხვასა და კონტროლს, დოკუმენტაბრუნვის სისტემებს, ტვირთების გადაზიდვისათვის ანგარიშწორების სისტემებს და ა.შ.

გადაზიდვების ორგანიზაციის დონეზე დამოკიდებულია გადაზიდვის პროცესის ხარისხი, ანუ ტვირთების დაცულობა, გადაზიდვების დროულობა (საიმედოობა) და ეკონომიურობა, გადაზიდვების სისტემების სარგებლობის მოხერხებულობა.

ტვირთგამგზავნებისა და ტვირთმიმღებების ურთიერთობები რეგულირდება ძირითადი მომქმედი ნორმატიული აქტებით და აისახება ხელშეკრულებებში ტვირთების გადაზიდვის შესახებ, რომლებიც ფორმდება ავტოსატრანსპორტო ორგანიზაციებს და საავტომობილო ტრანსპორტის დამკვეთებს შორის.

ტვირთების გადაზიდვები უნდა წარმოებდეს გადასაზიდი ტვირთის მოცულობის რაოდენობრივი აღრიცხვის თანხლებით, ანუ მოძრავი შემადგენლობის მუშაობა უნდა აღირიცხებოდეს ტონებში და ტონა-კილომეტრებში.

უშუალოდ ტვირთის გადაზიდვა უნდა წარმოებდეს საქართველოს კანონით ტრანსპორტის სფეროს მართვისა და რეგულირების შესახებ (თბილისი, 2007 წ. №4593-1ს, საკანონმდებლო მაცნე)

წესების თანახმად გადამზიდველი ვალდებულია:

- გაუწიოს ორგანიზაცია სამუშაოებს რათა არ იყოს დაშვებული ნორმატიული სამართლებრივი აქტების მოთხოვნების დარღვევები საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოების სფეროში, ტვირთების უსაფრთხო გადაზიდვების მოთხოვნების და წესების მოთხოვნების;
- დანიშნონ ტვირთების უსაფრთხო გადაზიდვებთან დაკავშირებულ თანამდებობებზე პირები, რომლებმაც გაიარეს სპეციალური მომზადება კანონმდებლობით დადგენილი წესის მიხედვით;
- დააწესონ მუდმივი კონტროლი თანამდებობრივი პირების და მუშაკების მიერ მათზე დაკისრებული ვალდებულებების შესრულებაზე ტვირთების უსაფრთხო გადაზიდვებთან მიმართებაში;
- უზრუნველყონ მუდმივი კონტროლი დადგენილი სამუშაო რეჟიმის დაცვაზე და მძღოლთა დასვენებაზე;
- უზრუნველყონ სატრანსპორტო საშუალებების შესაბამისობა გადაზიდვის სახეობასთან, მოცულობებთან და გადასაზიდი ტვირთების დახასიათებებთან;

- უზრუნველყონ სატრანსპორტო საშუალებების ტექნიკური მდგომარეობის შესაბამისობა საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოების მოთხოვნებთან, არ დაუშვან რა გაუმართავი სატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაცია, რომლებმაც შესაძლოა საფრთხე შეუქმნან საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოებას;
- გაუწიონ ორგანიზაცია სამსახურებრივი გამოძიების ჩატარებას, საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების აღრიცხვას და ანალიზს, რომლებშიც მონაწილეობდნენ გადაზიდვების სატრანსპორტო საშუალებები, და აგრეთვე გამოავლინონ მიზეზები, რომლებმაც ხელი შეუწყო მათ აღმოცენას;
- უზრუნველყონ მძღოლთა კვალიფიკაციის მონაცემების აღრიცხვა, გარკვეული ტიპის სატრანსპორტო საშუალებებზე მათი სამუშაო სტაჟის შესახებ, სამედიცინო შემოწმების გავლის ვადების შესახებ, საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევებში მათი მონაწილეობის შესახებ, დაშვებული საგზაო მოძრაობის წესების და ტვირთების უსაფრთხო გადაზიდვის მოთხოვნების დარღვევის შესახებ;
- ყოველწლიურად დაიგეგმოს და ჩატარდეს ღონისძიებები, რომლებიც მიმართულია საგზაო მოძრაობის წესების და ტვირთების უსაფრთხო გადაზიდვის მოთხოვნების დაცვაზე;
- ოპერატიულად დაიყვანონ მძღოლებამდე ინფორმაცია მისთვის ცნობილი საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების მიზეზების და გარემოებების შესახებ;
- ჩაატორონ ღონისძიებათა კომპლექსი, რომლებიც მიმართულია მძღოლების პროფესიული ოსტატობის ამაღლებაზე;
- გაუწიონ ორგანიზაცია და აღჭურვილ შესაბამისი აღჭურვილობით, ლიტერატურით და თვალსაჩინო მასალებით სათავსო ან ადგილი საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევის პრევენციის პროფილაქტიკური ღონისძიებების ჩასატარებლად;

- იქონიონ ნორმატიული სამართლებრივი აქტები, მეთოდური და საინფორმაციო მასალები ტვირთების უსაფრთხო გადაზიდვისათვის პროფილაქტიკური სამუშაოს ჩასატარებლად;
- გაუწიონ ორგანიზაცია წინასარეისო, რეისთაშორისი და რეისებისშემდგომი (სამუშაო პირობებიდან დამოკიდებულებით) სატრანსპორტო საშუალებების მძღოლების სამედიცინო დათვალიერებისათვის საქართველოს რესპუბლიკის ჯანდაცვის სამინისტროს მიერ ტრანსპორტისა და კომუნიკაციების სამინისტროსთან შეთანხმებისთ განსაზღვრული წესების შესაბამისად. მძღოლი, რომელიც ახორციელებს საქმიანობას როგორც ინდივიდუალური მეწარმე ვალდებულია გაიაროს წინასარეისო სამედიცინო შემოწმება საწარმოში, რომელსაც გააცნია შესაბამისი უფლებამოსილებები ამ სამუშაოს ჩატარებაზე;
- უზრუნველყოს იმ მძღოლების სამედიცინო შემოწმების აღრიცხვა და კონტროლი, რომლებსაც გააჩნიათ მიდრეკილება ალკოჰოლური სასმელების, ნარკოტიკების მოხმარების მიმართ ან დაავადებულები არიან ქრონიკული დაავადებებით;
- გაუწიონ კონტროლი მძღოლების მიერ აუცილებელი პერიოდული სამედიცინო გამოკვლევის ჩატარების ვადებს, რომლებიც სწარმოებს სპეციალიზირებულ სამკურნალო დაწესებულებებში კანონმდებლობით დადგენილი წესის მიხედვით;
- ჩაუტარონ მძღოლების შესაბამისი ინსტრუქტაჟი.

ჩვენს ქვეყანაში რთული ეკონომიკური სიტუაცია ითხოვს საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაკებისაგან მაღალ ყურადღებას იმ საკითხების გადაწყვეტისას, რომლებიც დაკავშირებულია საავტომობილო გადაზიდვების ორგანიზაციასთან და მართვასთან. ამ სერიოზული ამოცანების გადაწყვეტისას იქმნება აუცილებლობა როგორც მსხვილი სატრანსპორტო სისტემების, ასევე ცალკეული ავტომობილების მუშაობის დაგეგმვის, ანალიზის და ეკონომიკური შეფასების სიზუსტის ამაღლებისა. მხოლოდ ზუსტი გაანგარიშებების და ანალიზის

საფუძველზეა შესაძლებელი ტვირთების გადაზიდვის რაციონალური რესურსების დამზოგი სქემების შემუშავება. სწორი ეკონომიკური გადაწყვეტილება არის ავტოსატრანსპორტო საწარმოს წარმატებული განვითარების და მის მიერ სტაბილური მოგების მიღების წინაპირობა.

ამრიგად, ნაშრომის შერჩეული თემა საკმაოდ აქტუალურია.

ნაშრომის მიზანია სატვირთო საავტომობილო გადაზიდვების ორგანიზაციის კვლევა და სრულყოფის გზების შემუშავება.

დასახული მიზნიდან გამომდინარე, ნაშრომის საგანია საქართველოს სატვირთო საავტომობილო გადაზიდვების სისტემა, ავტომობილის საექსპლუატაციო პირობების და მუშაობის რეჟიმების ოპტიმიზაცია, რაც უზრუნველყოფს საწვავის ხარჯის შემცირებას და მწარმოებლობის გაზრდას.

მოცემული ნაშრომი იკვლევს სატვირთო გადაზიდვების არსებულ ორგანიზაციას საქართველოში და გვთავაზობს სატვირთო გადაზიდვების სრულყოფის გზებს.

1.ავტომობილის ექსპლუატაციის პირობები მთიან ადგილებში

1.1. მთიანი ადგილების თავისებურებები და მათი გავლენა ავტომობილის დატვირთულობაზე

მთიანი ადგილები ხასიათდება რელიეფის დასერილობით და ზღვის დონიდან სიმაღლით. ეს ფაქტორები განაპირობებს მთიანი რეგიონების კლიმატის ფორმირებას და საერთო ჯამში ქმნის გარე ფაქტორების კომპლექსს, რომელიც გარკვეულ წილად გავლენას ახდენს მობილური მანქანების წევით და ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე.

რელიეფის დასერილობა განაპირობებს საავტომობილო გზების პროფილის ცვალებადობას და დახრილობების სიმრავლეს, რომელიც აღწევს 10...12%-მდე. მთიანი ადგილების საგზაო პირობებისათვის დამახასიათებელი დახრილობების განაწილების სტატისტიკურმა შესწავლამ საშუალება მოგვცა დაგვედგინა ამ დახრილობების საშუალო მნიშვნელობა. მაშინ, როდესაც დაბლობის ტიპის გზებისათვის ეს მაჩვენებელი არ აღემატება 1,78%-ს, მთა-გორიანი ადგილების დამახასიათებელი გზებისათვის ეს მაჩვენებელი აღწევს 3,78%, როდესაც ცვალებადობის სიხშირე 1კმ მანძილზე არის 2,0...2,2. ასეთი კატეგორიის გზებზე გრძივი დახრილობის ხვედრითი სიგრძე შეადგენს 78...97%. გადასასვლელების ტიპის გზებისათვის გრძივი დახრილობის საშუალო სიდიდე, როდესაც დახრილობის ცვლის სიხშირე 1 კმ-ზე შეადგენს 3,8-ს, იზრდება 5%-მდე, ხოლო ხვედრითი სიგრძე შეადგენს 83...98%. ანალოგიური სურათი შეიმჩნევა მთიანი ადგილების დაკლაკნილი ტრასისათვის, სადაც მოსახვევების რადიუსი შეიძლება აღწევდეს 8...10მ სერპენტინებზე მომრგვალების კუთხით 180°. სტატისტიკური მონაცემებით მთა-გორიან მონაკვეთებზე მოსახვევების რაოდენობა 1 კმ გზაზე შეადგენს 3,1...5,9, ხოლო გადასასვლელებზე – 2,5...5,1. ჰორიზონტალური სიმრუდის ხვედრითი მანძილი მთა-გორიანი ადგილები ტეხილ გზებზე შეადგენს 26...49%, ხოლო გადასასვლელებზე – 21...44%. საერთოდ გზის (ტრასის) გეგმის კლაკნილობა შეიძლება შეფასდეს კლაკნილობის მაჩვენებლით U , რომელიც წარმოადგენს L

სიგრძის გზის ერთეულ სიგრძეზე მოსული მრუდწირული მონაკვეთების საერთო სიგრძის $\sum \lambda_{KP}$ შეფარდებას სიმრუდის საშუალო რადიუსთან R_{cp}

$$U = \frac{\sum \lambda_{KP}}{LR_{cp}}.$$

მთიანი ადგილებისათვის დამახასიათებელი გზების და ამ გზებზე ავტომობილების მოძრაობის რეჟიმების სპეციალურმა შესწავლამ [14] აჩვენა, რომ ავტომობილის მიერ $U \leq 1,3$ კლასნილობის მაჩვენებლიან მრუდწირულ მონაკვეთების გავლენა არ მოითხოვს მოძრაობის რეჟიმების შეცვლას, კერძოდ, სიჩქარის შეცვლას, დაბალ გადაცემაზე გადასვლა, დამუხრუჭება და ა.შ. ამიტომ კლასნილობის ასეთი მაჩვენებლიანი გზები შეიძლება მიეკუთვნოს სწორი გზების კატეგორიას. მთლიანი და გადასასვლელების გზების ანალიზმა აჩვენა, რომ მათზე კლასნილობის კოეფიციენტი აღემატება 3,0 ($U > 3,0$) და ეს გზები მიღებულია ჩაითვალოს კლასნილად, ხოლო გზები, რომელთა კლასნილობის მაჩვენებელი იცვლება 1,3-დან 3,0-მდე, მიღებულია მცირედ კლასნილად.

ყველა სახის საავტომობილო გზების გეგმების შესწავლამ საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მათი კლასნილობის მაჩვენებლების ალბათური მნიშვნელობები. აღმოჩნდა, რომ კლასნილობის მაჩვენებელი ვაკე ადგილების გზებისათვის იცვლება ზღვრებში $U = 0,46 \dots 3,54$. ასეთი გზების ჯგუფი მიეკუთვნება სწორ და მცირედ კლასნილ გზათა რიცხვს. ტეხილი პროფილიანი გზების კლასნილობის მაჩვენებლების მნიშვნელობები იცვლება ზღვრებში $U = 3,04 \dots 5,06$. გადასასვლელების გზებისათვის ეს მაჩვენებელი იცვლება ზღვრებში $U = 3,24 \dots 6,92$.

ამრიგად, როგორც სამთო, ასევე გადასასვლელების გზები შეიძლება მიეკუთვნებოდეს კლასნილი გზების კატეგორიას, ხოლო მთიანი ადგილების გზების ერთობლიობა მათი გეგმების გათვალისწინებით შეიძლება გაერთიანდეს სამ ჯგუფად:

1. ვაკე ტიპის სწორი და მცირედ კლასნილი გზები;
2. მთის კლასნილი ტეხილი პროფილის გზები;
3. კლასნილი გადასასვლელების გზები.

მნიშვნელოვან ფაქტორად ითვლება სიმაღლე, სადაც გადის გზა და მისი რხევა, რომელიც ხასიათდება სიმაღლის ნიშნულებს შორის სხვაობით. ზოგჯერ ეს სხვაობა აღწევს რამოდენიმე ასეულ მეტრს (ზოგჯერ 1000 მეტრსაც) შედარებით მცირე მანძილზე.

აღნიშნული ფაქტორების მოქმედების შედეგად ავტომობილების მუშაობა მთიან გზებზე დაბლობ გზებთან შედარებით გამძლეებულია, ხოლო მათი მართის დონისძიებების კომპლექსი გართულებულია.

ავტომობილის წვეთი თვისებების გაუარესება მთიან ადგილებში აიხსნება პირველ რიგში სიმაღლის გავლენით ძრავის ინდიკატორული პროცესის მაჩვენებელზე. ჰაერის ატმოსფერული გაიშვიათების გამო მცირდება ცილინდრების წონითი შევსება საწვავით, რაც თავის მხრივ ამცირებს წნევას კუმშვის ტაქტის ბოლოს, ჰაერის გაიშვიათებით მცირდება წვაში მონაწილე ჟანგბადის რაოდენობა, ყოველივე აღნიშნულის შედეგად მცირდება ინდიკატორული, და აქედან გამომდინარე, ეფექტური სიმძლავრე. ეს აისახება ავტომობილის წვეთი ძალის მარაგზე, ანუ მცირდება მისი წვეთი მახასიათებელი და საგზაო წინამდებობის გადალახვისათვის ხშირად საჭირო ხდება დაბალი საფეხურის გადაცემაზე გადასვლა. ამის გამო ავტომობილის დაბალი საფეხურის გადაცემაზე გარბენის წილი იზრდება, ეს კი უარყოფითად აისახება მის საშუალო სიჩქარეზე, დინამიკაზე და მექანიზმების დატვირთულობაზე.

გარდა ამისა, ავტომობილის მოძრაობას მთა-გორიან გზებზე თან ახლავს ძრავის მუშაობა მკვეთრად ცვალებად რეჟიმში, როდესაც მაქსიმალურ მგრეხავი მომენტის სარგებლობის რეჟიმში (საშუალოდ საერთო დროის 15...16%) იცვლება ძრავის მუხრუჭად გამოყენების რეჟიმით (საერთო დროის 22...27%). ზღვის დონიდან სიმაღლის გავლენა რაოდენობრივად ვლინდება ძრავის სიმძლავრის შემცირებაზე, საშუალოდ 8...10% ყოველ 1000მ სიმაღლეზე, ხოლო მთა-გორიან პირობებში თბური ბალანსის ელემენტებს შორის შესაბამისობის დარღვევა იძლევა თბური რეჟიმის ოპტიმალური პარამეტრებიდან მნიშვნელოვან გადახრას.

ხსენებული ფაქტორების ერთობლივი მოქმედების შედეგია ძრავის შესაძლებლობების არასრულყოფილი გამოყენება და მისი მუშაობის პირობების

გაუარესება. რადგანაც სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა ავტომობილის გადაადგილებისათვის, მცირედ არის დამოკიდებული ზღვის დონიდან სიმაღლეზე, ამიტომ ძრავის სიმძლავრის დანაკარგი მქლავნდება განვითარებულ წევით ძალაზე. ასეთ პირობებში ავტომობილის დინამიკური თვისებების შენარჩუნება მიიღწევა უპირატესად ავტომობილის მუშაობით მაქსიმალური მგრეხავი მომენტის რეჟიმში, სიჩქარის რეჟიმის გადიდებით და მოძრაობით შემცირებულ გადაცემებზე. ყოველივე ამის შედეგად ავტომობილის დინამიკური თვისებების ნაწილობრივი კომპენსაცია მიიღწევა ძრავის და ტრანსმისიის სამუშაო რეჟიმების დამძიმებით.

მთა-გორიან გზებზე მოძრაობა განსაკუთრებით აისახება სამუხრუჭე სისტემაზე. მუხრუჭების ხშირი და ხანგრძლივი გამოყენება ზრდის მათი მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობას და საფრთხის წინაშე აყენებს მოძრაობის უსაფრთხოებას. თანახმად [55] კვლევისა, 25...30-ჯერადი დამუხრუჭების შემდეგ სამუხრუჭე მომენტი მცირდება საშუალოდ 20%-ით. ეს იწვევს საშიშროების ზრდას მთაგორიან გზებზე მოძრაობისას და იძულებულს გვხდის გამოიძებნოს დამატებითი გზები საჭირო უსაფრთხოების უზრუნველყოფისათვის. ამიტომ ის ავტომობილები, განსაკუთრებით დიდტვირთამწეობის, რომელთა ექსპლუატაცია უპირატესად ხდება მთა-გორიან გზებზე, აღჭურვილია დამატებითი სამუხრუჭე სისტემებით იმ მიზნით, რომ ამაღლდეს მუხრუჭების საექსპლუატაციო საიმედოობა და უზრუნველყოფილი იქნას მოძრაობის უსაფრთხოება.

გარდა ამისა, როგორც სტატისტიკა გვიჩვენებს, ავტომობილებს, რომელთა ექსპლუატაცია ხდება მთა-გორიან ადგილებში, საკმაოდ ხშირად უზიანდებათ საჭის მართვის, დაკიდების და სავალი ნაწილის დეტალები.

მთა-გორიანი ადგილები ქმნის აგრეთვე ბუნებრივ წინააღმდეგობებს, როგორცაა მდინარეების, ნაკადულების კალაპოტები, ფონები, გადასასვლელები და სხვა. ასეთი წინააღმდეგობების გადალახვა იწვევს ავტომობილის მექანიზმების მოკლევადიან გადატვირთვას, რაც აჩქარებს მათ გატეხვას და სვხადასხვა სახის დაზიანებას, რაც თავის მხრივ ამცირებს მექანიზმების საექსპლუატაციო საიმედოობას.

1.2. მთავორიანი ადგილების საავტომობილო გზების შესაფასებელი მაჩვენებელი და კლასიფიკაცია

ავტომობილის მოძრაობის დროს მისი დეტალები და კვანძები განიცდის არასტაციონალურ დატვირვებს. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ განუწყვეტელ ცვლილებას განიცდის როგორც ამპლიტუდური მნიშვნელობები, ასევე დატვირთვის სტატიკური მდგენელებიც. ამით აიხსნება დეტალების დაღლილობითი რღვევის ბუნება და განისაზღვრება მათი საექსპლუატაციო რესურსი.

თუმცა დეტალების რღვევა ექსპლუატაციის დროს არ არის გამორიცხული მოკლევადიანი გადატვირთვების დროს, აგრეთვე ცვეთის და კონტაქტური ძაბვების მოქმედების დროს. ცალკეული პიკური დატვირთვებით გამოწვეული რღვევები, როდესაც დეტალებში წარმოქმნილი ძაბვები სჭარბობს დასაშვებ სიმტკიცის ზღვრებს, ატარებს ალბათურ ხასიათს და მათი წარმოქმნა არ ექვემდებარება რაიმე კანონზომიერებას. რაც შეეხება რღვევებს, რომლებიც გამოწვეულია კონტაქტური ძაბვებით და ცვეთით, დამოკიდებულია გადასაცემ დატვირთვებზე. მაგრამ, თუ დაღლილობითი რღვევის დროს ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს დატვირთვის ციკლურობა და ციკლის ასიმეტრიულობის ხარისხი, კონტაქტური ძაბვებით და ცვეთით გამოწვეულ რღვევებში სჭარბობს მრღვევი ძალის მუდმივი მდგენელი, ანუ საშუალო დატვირთვის ფაქტორი. ხოლო მათი სიდიდე განისაზღვრება ძრავის მიერ განვითარებული მგრეხავი მომენტით, რომელიც წარმოადგენს ავტომობილის და გზის საფარის ურთიერთმოქმედების შედეგს. ამრიგად, ავტომობილის დეტალების დატვირთვის რეჟიმი ფუნქციონალურ კავშირშია საგზაო პირობებთან. ეს კი იმაზე მეტყველებს, რომ საგზაო პირობები შეიძლება შეფასდეს იმ დატვირთვების საშუალო სიდიდით, რომლებიც მოქმედებს ავტომობილის აგრეგატებში გზის საფართან ურთიერთქმედების დროს. საგზაო პირობების საკითხისადმი ასეთი მიდგომაც მიზანშეწონილია გაკეთდეს ავტომობილის მექანიზმის დატვირთვის საშუალო დონის საანგარიშო-ანალიტიკური შეფასების შედეგების მიხედვით. ლიტერატურაში მოყვანილი მეთოდების [1] ანალოგიურად, ამ მიზნისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ გზის სირთულის შეფასების ვირტუალური კოეფიციენტის პრინციპით, რომელიც გვიჩვენებს, თუ გზის

მოცემული უბანი მექანიკური ენერჯის დანახარჯების მიხედვით რამდენჯერ რთულია იმავე სიგრძის სწორ და ჰორიზონტალურ გზასთან შედარებით. ასეთი ჰორიზონტალური გზის მონაკვეთი, რომელიც ხასიათდება გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტით $f=0,015$, განიხილება როგორც ეტალონური. ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა, რომელსაც შემდგომში ვუწოდებთ "სირთულის მაჩვენებელს", დაახასიათებს გზის მოქმედებას ავტომობილზე, ანუ გზის ფარდობით ჯამურ წინააღმდეგობის ძალას. ამ მაჩვენებლის საშუალო მნიშვნელობა დგინდება ძალთა სქემიდან, რომლითაც იტვირთება ავტომობილის ტრანსმისია მისი ამ გზაზე პირობითი მოძრაობის დროს ორივე მიმართულებით. ზოგადი სახით ეს მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს გზის დატვირთვის უნარს, ანალიზური სახით გამოისახება ჯამის სახით

$$K=K'+K'',$$

სადაც K' - გზის პროფილით და საფარით გამოწვეული სირთულის მაჩვენებელია;

K'' - გზის კლაკნილობით გამოწვეული სირთულის მაჩვენებელია.

K მაჩვენებლის მნიშვნელობები დადგენილია შრომებში [14,32] გზის ძირითად ელემენტებთან ფუნქციონალური დამოკიდებულების სახით

$$K = \frac{\pm 100H + 2 \sum i_{gk} \lambda_{gk} + 2i_k \sum \lambda_{sk} + 100 + (L - \sum \lambda_{oc}) + \sum i'_i \lambda_i}{1,5L},$$

სადაც H - სიმაღლის მაჩვენებელი ნიშნულებს შორის სხვაობაა გზის დასაწყისსა და დასასრულში;

L_{gk}, λ_{gk} - კრიტიკულამდე დაღმართების სიდიდე და მანძილია, ანუ ისეთი დაღმართების, სადაც ავტომობილის მოძრაობა შეიძლება განხორციელდეს ძრავის მუხრუჭად გამოყენებით;

i_k - კრიტიკული დაღმართის სიდიდეა, ანუ ისეთი დაღმართის, როდესაც ავტომობილის მოძრაობა შეიძლება განხორციელდეს ჯერ კიდევ თვლების მუხრუჭების გამოყენების გარეშე, მამუხრუჭებელ საშუალებად გამოიყენება ძრავი;

λ_{oc} - კრიტიკულის შემდგომი, დაღმართის სიდიდეა, ანუ ისეთი დაღმართის, როდესაც ავტომობილის მოძრაობა შესაძლებელია მუხრუჭების გამოყენებით;

λ_{3k} - აქტიური დაღმართის მანძილია, ანუ ისეთი დაღმართის, რომლის სიდიდე %%-ებში აღემატება გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტის მნიშვნელობას და ავტომობილის მოძრაობა შესაძლებელია მხოლოდ მუხრუჭების გამოყენებით;

i_i - წინააღმდეგობის ძალაა, როდესაც ავტომობილი მოძრაობს დახრილობის ერთეულებში გამოსახულ მოსახვევებში;

λ_i - გზის მრუდწირული უბნების სიგრძეა.

ფიზიკური გაგებით K -ს გამოსახულება ახასიათებს ენერგიას, რომელსაც ხარჯავს ავტომობილი გზის წინააღმდეგობის გადალახვის დროს, ანუ ხვედრით წევით (ან ამჩქარებელ) ძალას წამყვან თვლებზე, თავის მხრივ ეს ძალა კი ახასიათებს მგრეხავ მომენტს, რომელსაც ანვითარებს ძრავი.

მთაგორიანი ადგილების საავტომობილო გზების თანდათანობითი ელემენტების მიხედვით შესწავლა და მისი ცალკეული უბნების შეფასება საშუალებას იძლევა გავაერთიანოთ ცალკეული ჯგუფებად დაახლოებით თანაბარი თვისებისა და დატვირთულობის უბნები. ამის შედეგად დადგინდა მთაგორიანი ადგილების საავტომობილო გზების ერთიანი კლასიფიკაცია, რომლის პოზიცია აერთიანებს დაახლოებით თანაბარი დატვირთულობის თვისებების გზებს. ეს კლასიფიკაცია საბოლოო სახით წარმოდგენილია ცხრილში 1.1.

მთაგორიანი ადგილების საავტომობილო გზების მახასიათებლების სხვა არანაკლებ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს მათი განაწილება მთიანი რეგიონების მიხედვით.

ცხრილი 1.1.

N	K-ს ცვლილების ზღვრები	საგზაო პირობების სახეები
1	2	3
1.	2,3-მდე	სწორი და მცირედ კლაკნილი ვაკე ტიპის გზები: ა) მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში; ბ) ღორღის და ქვიშის საფარით, დამუშავებული შემკვრელი ნივთიერებით; გ) ძელებით მოფენილი; დ) ყინულით დაფარული.
1	2	3

2.	2,3...3,4	<p>1. სწორი და მცირედ კლავნილი ვაკე ტიპის გზები: ა) ღორღის, ქვიშის და ქვაფენილიანი საფარით; ბ) თოვლით დაფარული.</p> <p>2. მთაგორიანი, კლავნილი, ტეხილი პროფილის გზები: ა) მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში; ბ) ღორღის ან ქვაფენილიანი საფარით, დამუშავებული შემაკავშირებელი ნივთიერებით.</p>
3.	3,4...4,5	<p>1. სწორი და მცირედკლავნილი ვაკე ტიპის გზები: 2. მთაგორიანი, კლავნილი, ტეხილი პროფილის გზები: ა) ღორღის, ქვიშის და ქვაფენილიანი საფარით;</p> <p>3. უღელტეხილის კლავნილი გზები: ა) მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში; ბ) ღორღის ან ქვიშის საფარით, დამუშავებული შემაკავშირებელი ნივთიერებით.</p>
4.	4,5...5,6	<p>1. სწორი და მცირედკლავნილი ვაკე ტიპის გზები: ა) გრუნტიანი დაზიანებული ან ტალახიანი</p> <p>2. მთაგორიანი კლავნილი, ტეხილი პროფილის გზები: ა) გრუნტიანი მშრალი.</p> <p>3. უღელტეხილის კლავნილი გზები: ა) ღორღის, ქვიშის ან ქვაფენილიანი საფარით.</p>
5.	5,6...6,7	<p>1. მთაგორიანი კლავნილი, ტეხილი პროფილის გზები: ა) გრუნტიანი დაზიანებული ან ტალახიანი;</p> <p>2. უღელტეხილის კლავნილი გზები: ა) გრუნტიანი მშრალი.</p>
6.	6,7-ზე მეტი	<p>1. უღელტეხილის კლავნილი გზები: ა) გრუნტიანი დაზიანებული ან ტალახიანი;</p> <p>2. დროებითი მისასვლელი გზები;</p> <p>3. კარიერების გზები.</p>

1.3. საგზაო პირობების განაწილება ყველაზე თავისებური მთიანი რეგიონების მიხედვით

თუ გარკვეული ტერიტორიული რეგიონის საავტომობილო გზების ქსელს გავაიგივებთ გენერალური ერთობლიობის მათემატიკურ ცნებასთან ცალკეულ საგზაო მარშრუტებს განვიხილავთ როგორც ამ ერთობლიობის შემადგენელ სიდიდეებს, მაშინ მთელი ქსელი შეიძლება დავყოთ ტიპიურ ჯგუფებად, რომლებიც აერთიანებს ტოლფასოვანი ნიშან-თვისების გზებს ან მის უბნებს. ასეთ ნიშან-თვისებად შეიძლება მივიღოთ ზემოთმოყვანილი სირთულის კოეფიციენტი K .

ავტომობილების საექსპლუატაციო მაჩვენებლების შესწავლის საწყის პუნქტს, რომელიც განსაზღვრავს მათ დატვირთულობას, წარმოადგენს საგზაო უბნების შერჩევა, რომელიც ემყარება შემდეგ მოთხოვნებს:

1. შერჩეული უბნები თავისი ტექნიკური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლებით უნდა იყოს ტიპიური განსახილველი ადგილებისათვის;
2. თითოეული სახის საგზაო უბნების სიგრძე გარკვეულ მასშტაბში უნდა ასახავდეს მათ წილს საერთო ქსელში, ხოლო ყველა შერჩეული გზების ერთობლიობა უნდა წარმოადგენდეს გენერალურ ერთობლიობას შერჩეულ მასშტაბში;
3. უნდა იქნას დადგენილი ავტომობილის გარბენის წილი თითოეული სახის საგზაო პირობებში გარკვეული ალბათობით.

ამ მიზნისათვის უწყვეტი დაკვირვებების გამოყენება არ არის მიზანშეწონილი და ამოცანა მარტივდება შერჩევითი დაკვირვების გამოყენებით, კერძოდ, საკუთრივ-შემთხვევითი შერჩევის მეთოდის გამოყენებით განმეორებითი შერჩევის გარეშე [10]. ამ მეთოდის დროს მთელი საგზაო ქსელი, ანუ გენერალური ერთობლიობა ნაწილდება ნებისმიერ მარშრუტებად. თითოეულ მარშრუტს მიეკუთვნება თავისი რიგითი ნომერი და შემთხვევითი რიცხვების ცხრილის მიხედვით მარშრუტები ჩაიწერება შემთხვევითი თანმიმდევრობით [31]. შედეგად დგება უწყვეტი საგზაო ზოლი (ლენტა) მარშრუტებისაგან, რომლებიც გადაადგილდა შემთხვევითი თანმიმდევრობით, რომლის კილომეტრაჟი ტოლია გენერალური ერთობლიობის

კილომეტრაჟის. შემდგომში ეს ზოლი (ლენტა) იყოფა გარკვეული სიგრძის უბნებად და ყოველი ასეთი უბანი უკვე განიხილება როგორც შემთხვევითი სიდიდე.

დაკვირვებამ [32] აჩვენა, რომ მთაგორიან ადგილებში საგზაო პირობების ერთგვაროვნობა უმეტეს შემთხვევაში დაცულია არაუმეტეს 20 კმ მანძილის უბნებზე, რაც მიღებულია შემთხვევით სიდიდედ. შერჩევის მეორე ეტაპიც ტარდება შემთხვევითი რიცხვების ცხრილის საშუალებით. ამისათვის გენერალური ერთობლიობა დაიყოფა 20 კმ-იან უბნებად, რომლებიც დაინომრება ნატურალური თანმიმდევრობით და აითვლება შემთხვევითი რიცხვების ცხრილის მიხედვით. რომ არ მოხდეს შერჩევის განმეორება, ის რიცხვები, რომლებიც განმეორდება კითხვის პროცესში ამოვარდება.

შერჩევის სიდიდე საკუთრივ-შემთხვევითი განუმეორებადი შერჩევის დროს, ანუ რიცხოვნობა განისაზღვრება ფორმულით

$$n = \frac{\omega(1-\omega)t^2 N}{N\Delta^2 + t^2\omega(1-\omega)},$$

სადაც N - ერთეულთა რაოდენობაა გენერალურ ერთობლიობაში, რომელიც განსახილველ შემთხვევაში გაიანგარიშება გენერალური ერთობლიობის საერთო კილომეტრაჟის (S) გაყოფით შემთხვევითი სიდიდის მანძილზე, ანუ $N=S/20$;

Δ - დასაშვები, ანუ ზღვრული ცდომილების ზომაა, რომელიც შეესაბამება სიზუსტის შერჩეულ ხარისხს (მაგალითად, თუ საჭიროა შედეგი მიღებული იქნას 15% სიზუსტით, მაშინ $\Delta=0,15$);

ω - გამოსაკვლევი ნიშან-თვისების წილია; $\omega(1-\omega)$ - სიდიდის საპირისპირო სიდიდე (1- ω) ახასიათებს საპირისპირო ნიშან თვისებებს, ხოლო გამოსახულება $\omega(1-\omega)$ ახასიათებს ვარიაციის მახასიათებელს, ანუ დისპერსიას. ჩვეულებრივ შერჩევითი დაკვირვების დროს სიდიდე ω უცნობია. ამიტომ შერჩევის აუცილებელი რიცხვის მიახლოებითი განსაზღვრისათვის გამოიყენება ვარიაციის მაჩვენებელი, მაგალითად, დისპერსია, რომელიც დადგენილია წინა გამოკვლევის საფუძველზე, ანუ სპეციალურად ჩატარებული საცდელი სამუშაოების გზით. თუ კი არ არსებობს არავითარი წინასწარი მონაცემები შესასწავლი ნიშან-თვისების წილის შესახებ, რომელიც აუცილებელია დისპერსიის განსაზღვრისათვის და აქედან გამომდინარე შერჩევის რიცხოვნობის განსაზღვრისათვის, მაშინ რეკომენდირებულია ორიენტაცია

ავილოთ მაქსიმალური დისპერსიის სიდიდეზე – 0,25 რომელსაც შეესაბამება მოცემული ნიშან-თვისების წილი $\omega=0,5$. განსახილველ შემთხვევაში საჭიროა აგრეთვე მივიღოთ $\omega=0,5$ ანუ $\omega(1-\omega)=0,25$;

t - ცდომილების ჯერადობის კოეფიციენტი, ანუ მაჩვენებელი იმისა, თუ რამდენჯერ მეტი ან ნაკლები შეიძლება იყოს ფაქტიური ცდომილება საშუალო ცდომილებაზე μ . სიდიდე t მათემატიკურად დაკავშირებულია ალბათობასთან $P(t)$, რომელთანაც უნდა მოვახდინოთ შერჩეული დაკვირვების სასურველი შედეგის გარანტირება. ეს ალბათობა დადგენილია ა.მ.ლიაპუნოვის მიერ და მოცემულია შესაბამისი ცხრილებით [31]. ფაქტიურად t კოეფიციენტის სიდიდე ახასიათებს შედეგების უტყურობას. განსახილველ შემთხვევაში მოსალოდნელი ცდომილების ალბათობა შეიძლება მიღებული იქნას

$$P(t)=0,95,$$

რომელსაც შეესაბამება ჯერადობის კოეფიციენტი $t=2,0$.

შერჩეული და გაანგარიშებული პარამეტრების მნიშვნელობების მიხედვით განისაზღვრება შერჩევის სიდიდე n .

შერჩევის რიცხოვნობის სიდიდის განსაზღვრის ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს ვარიაციის მაჩვენებელი $\omega(1-\omega)$, რომლის სიდიდეც, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, წინასწარ აღებული პირობით, მაქსიმალური დისპერსიის შესაბამისად, ტოლია 0,25. ამიტომ n -ის გაანგარიშების შემდეგ აუცილებელია განისაზღვროს გამოსაკვლევი ნიშან-თვისების ფაქტიური წილი შერჩეულში ω' .

დავადგენთ რა გამოსაკვლევი ნიშან-თვისების წილს ω' , გაიანგარიშება შერჩევის საშუალო ცდომილების სიდიდე μ ფორმულით

$$\mu = \sqrt{\frac{\omega'(1-\omega')}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)}.$$

ზღვრული ცდომილება, ანუ ის შესწორება, რომელიც აუცილებელია შევიტანოთ შერჩეული მასალის გამოკვლევის შედეგების მთელ გენერალურ ერთობლიობაზე განაწილების დროს, განისაზღვრება პირობიდან $\Delta=t\mu$.

ამრიგად, გენერალური ერთობლიობაში ნიშან-თვისებების წილი მოთავსებულია ინტერვალში

$$\omega' - \Delta \leq \omega'' \leq \omega' + \Delta.$$

შერჩევის რეპრეზენტატივობის (ანუ შესაბამისობის) შემოწმებისათვის იგი სრულდება განმეორებით და საბოლოო შედეგი დგინდება ორივე შერჩევის შედარებით.

პრაქტიკულად, განსახილველ შემთხვევაში შერჩევის მოცულობის n დადგენის შემდეგ აუცილებელია შევუდგეთ გზის მონაკვეთების შესწავლას და ჩავატაროთ მათი დაჯგუფება შერჩეული ნიშან-თვისებების მიხედვით, რის შემდეგაც დავადგინოთ გზის წილი, რომელსაც გააჩნია მოცემული ნიშან-თვისება გენერალურ ერთობლიობაში, ანუ სიდიდე ω'' . შედეგად მთელი გენერალური ერთობლიობა – საგზაო ქსელი აღმოჩნდება დაყოფილი ჯგუფებად, რომლებიც აერთიანებს ნიშან-თვისებებით მონათესავე გზებს და დადგენილი იქნება თითოეული ჯგუფის წილი, ანუ შემადგენელი გზების მანძილი გენერალურ ერთობლიობაში.

დსთ-ს ქვეყნებში არსებობს რამოდენიმე ფართო ტერიტორიული რაიონი ტიპური მთაგორიანი რელიეფით და მოსახლეობის მაღალი სიმჭიდროვით, სადაც სატრანსპორტო კავშირის ძირითად სახელობად ჯერ კიდევ რჩება ავტომობილი. ეს რაიონები (კავკასია, პამირი, ტიან-შანი, ალტაი და სხვა) ხასიათდება საკმაოდ განვითარებული საავტომობილო გზების ქსელით მნიშვნელოვანი მოძრავი შემადგენლობის პარკით და საავტომობილო გადაზიდვები ხორციელდება უპირატესად ამ რეგიონებში, რაც საშუალებას გვაძლევს თითოეული მათგანი განვიხილოთ ავტონომიურად, ხოლო მასში საავტომობილო ქსელი – როგორც დამოუკიდებელი გენერალური ერთობლიობა.

ცალკეული მთაგორიანი რეგიონები არსებითად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან საგზაო პირობების სახეების განაწილებით, მათი ნაირსახეობით, ავტომობილების მოძრაობის ინტენსივობით და სხვა. ამიტომ სანიმუშო რეგიონის შერჩევის მიზნით შესწავლილი იქნა საგზაო პირობების განაწილება სამ მახასიათებელ სამთო აუზში – აზერბაიჯანი, საქართველო და სომხეთი. ამ რეგიონებში საგზაო პირობების განაწილების გაანგარიშება მოყვანილია ცხრილებში 1.2...1.4.

1.4. ავტომობილების გარბენის დადგენა მოძრაობის პირობების მიხედვით

ავტომობილების გარბენი მოძრაობის პირობების ყოველი სახეების მიხედვით შეიძლება დადგინდეს ცალკეულ მარშრუტებზე ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობის შესახებ მონაცემების მიხედვით ანუ იმ ავტომობილების რაოდენობით, რომლებიც გაივლის გზის შესასწავლი უბანზე დროის ერთეულში.

თუ U_1, U_2, \dots, U_n გამოსახავს განსახილველი კლასის ავტომობილების მოძრაობის ინტენსივობას საგზაო პირობების თითოეული სახის გზის n უბანზე, მაშინ ავტომობილების საერთო რაოდენობა, რომლებიც დაფიქსირდება ასეთ პირობებში დროის ერთეულში, განისაზღვრება ფორმულით

$$N = \sum_{i=1}^n U_i,$$

რადგანაც შერჩეული გზების ყველა უბნების მანძილი ტოლია $\lambda=20$ კმ, მაშინ ავტომობილების საერთო გარბენი S_i^0 საგზაო პირობების თითოეულ სახეში დროის ტოლ მონაკვეთებში, მოძრაობის სიჩქარის სხვადასხვაობის გათვალისწინების გარეშე, შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი ნამრავლით

$$S_i^0 = \lambda \sum_{i=1}^n U_i,$$

ავტომობილების საერთო გარბენი საგზაო პირობების ყველა სახეობის მიხედვით რიცხოვნობით K , განისაზღვრება ჯამით

$$S = \sum_{n=1}^k 1 \sum_{i=1}^n U_i.$$

აქედან გამომდინარე განსახილველი კლასის ავტომობილების გარბენის განაწილება საგზაო პირობების ცალკეული სახეობის მიხედვით პროცენტებში განისაზღვრება ფარდობით

$$S_i = \frac{S_i^0}{S} 100\%; \quad S_i = \frac{\lambda \sum_{i=1}^n U_i}{\sum_{n=1}^k \lambda \sum_{i=1}^n U_i} 100\%.$$

თუ ავღნიშნავთ $U_n = I \sum_{i=1}^n U_i$, შეიძლება დავწეროთ

$$S_i = \frac{U_n}{\sum_{n=1}^k U_n} 100\%.$$

ავტომობილების გარბენის მოძრაობის პირობების მიხედვით განაწილების გაანგარიშების მოყვნილი მეთოდიკა რამდენადმე მიახლოებითია. გაანგარიშების სიზუსტე შეიძლება რამდენადმე გაიზარდოს შემასწორებელი კოეფიციენტების შემოტანით, რომლებშიც გათვალისწინებული იქნა ყველა სახის საგზაო პირობებში მოძრავი ავტომობილების საშუალო სიჩქარეებს შორის განსხვავებას.

საშუალო წონითი კატეგორიის ავტომობილების საგზაო პირობების დადგენილ სახეებში გარბენის განაწილების გაანგარიშების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1.4.

1.5. წარმომადგენლობითი ტერიტორიული რეგიონის შერჩევა მთაგორიან ადგილებში ავტომობილის საექსპლუატაციო და სადატვირთო რეჟიმების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების დადგენისათვის

წარმომადგენლობით ტერიტორიული რეგიონის დადგენა, რომელშიც შეთავსებულია საგზაო და საექსპლუატაციო პირობების მრავალგვარობა, რომლითაც ხასიათდება მთაგორიანი ადგილები, სრულდება საავტომობილო გზების და მათზე ავტომობილების გარბენის ანალიზის მონაცემების საფუძველზე. ანალიზი მოიცავდა:

1. საგზაო პირობების განაწილება საერთო ქსელში ცალკეული რეგიონის მიხედვით;
2. ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობის და გარბენის განაწილება დადგენილი საგზაო პირობების მიხედვით;

3. ყველაზე მეტად დამახასიათებელია წარმომადგენლობითი საგზაო უბნების ძირითადი მახასიათებლები.

შედეგები მოყვანილია ცხრილებში 1.2...1.4.

ანალიზმა გვაჩვენა, რომ აზერბაიჯანის საგზაო ქსელში სჭარბობს მთაგორიანი და უღელტეხილის გზები, დაფარული გრუნტით და ღორღით (28...30%-მდე) და თითქმის არ არის უღელტეხილის გზები მაგარი საფარით. აზერბაიჯანის საპირისპიროდ, სომხეთის უღელტეხილის გზებს გააჩნიათ მხოლოდ მაგარი საფარი. აზერბაიჯანისა და სომხეთისაგან განსხვავებით საქართველოს უღელტეხილის გზებს გააჩნიათ როგორც მაგარი, ასევე გრუნტისა და ღორღის საფარი თითქმის თანაბარი თანაფარდობით (6...75 თითოული სახის).

ცხრილი 1.2

შერჩევაში მოხვედრილი საგზაო უბნების მათემატიკური

სინთეზის შედეგები – გამოსაკვლევი ნიშან-თვისების ფაქტიური წილი

საგზაო პირობები	აზერბაიჯანი	საქართველო	სომხეთი
	გამოსაკვლევი ნიშან-თვისების ფაქტიური წილი		
1	2	3	4
სწორი და მცირედკლაკნილი ვაკე ტიპის გზები მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	16	31,3	35,6
კლაკნილი მთაგორიანი ტეხილი პროფილის გზები მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	13,0	28,0	47,5
სწორი და მცირედკლაკნილი ვაკე ტიპის გრუნტით და ღორღით მოფენილი კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	13,0	3,3	-
უღელტეხილის გზები მაგარი საფარით	-	6,2	6,2

1	2	3	4
კარგ მდგომარეობაში			
კლაკნილი მთაგორიანი, ტეხილი პროფილის, გრუნტით და ლორღით დაფარული, კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	30,0	25,0	10,9
უღელტეხილის გზები გრუნტით და ლორღით მოფენილი კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	28,0	6,2	-

ცხრილი 1.3

საგზაო პირობების ალბათური განაწილება მთაგორიან რაიონებში

საგზაო პირობები	აზერბაიჯანი	საქართველო	სომხეთი
	ა", %		
1	2	3	4
სწორი და მცირედკლაკნილი ვაკე ტიპის გზები მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	16,0±10,66 5,34...26,66	31,3±13,0 18,3...44,3	35,6
კლაკნილი მთაგორიანი ტეხილ პროფილიანი გზები მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	13,0±10,0 3,0..23,0	28±13,4 14,6...31,4	47,5
სწორი და მცირედკლაკნილი ვაკე ტიპის გრუნტით და ლორღით დაფარული ვაკე ტიპის გზები კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	13,0±10,0 3,0...23,0	3,3±5,3	-
უღელტეხილის გზები მაგარი საფარით			

1	2	3	4
კარგ მდგომარეობაში	-	6,2±7,1 0...13,3	6,2
კლაკნილი მთაგორიანი, ტეხილი პროფილის, გრუნტით და ღორღით დაფარული, კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	30,1±13,1 16,9...43,1	25±13 12...38	10,7
უღელტეხილის გზები გრუნტით და ღორღით დაფარული კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	28,0±13,1 14,9...41,1	6,2±7,1 0...13,3	-

ცხრილი 1.4

ავტომობილების გარბენის საშუალო მნიშვნელობები მოძრაობის პირობების მიხედვით

K	მთიანი რაიონები საგზაო პირობები	აზერბაიჯანი	საქართველო	სომხეთი
		გარბენების საშუალო მნიშვნელობები %		
1	2	3	4	5
	ქალაქის ქუჩები	10,0	10,0	10,0
2,3-მდე	სწორი და მცირედკლაკნილი ვაკე ტიპის გზები მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	44,0	28,2	40,8
2,3...3,4	კლაკნილი მთაგორიანი გზები ტეხილი პროფილით, მაგარი საფარით კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	19,0	21,3	38

1	2	3	4	5
2,3...3,4	სწორი და მცირედ კლაკნილი გრუნტით და ღორღით მოფენილი ვაკე ტიპის გზები კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	6,0	2,0	-
3,4...5,0	უღელტეხილის გზები მაგარი საფარით კარგ მდგომარეობაში	-	6,7	9,2
3,4...5	კლაკნილი მთაგორიანი, ტეხილი პროფილის, გრუნტით და ღორღით დაფარული, კარგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	10,0	27	2
5,0...6,0	უღელტეხილის გზები გრუნტით და ღორღით დაფარული კრგ და დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში	11,0	4,8	-

აზერბაიჯანში ვაკე ტიპის გზების წილი დაახლოებით ისეთივეა, როგორც საქართველოსა და სომხეთში (30...35%), გრუნტით და ღორღით დაფარული გზების სიგრძე კი მათი ნახევარია (13%). სომხეთში ვაკე გზები გრუნტით და ღორღით დაფარული თითქმის არ არის, ხოლო საქართველოს პირობებში ასეთი გზები შეადგენს ვაკე ტიპის გზების საერთო სიგრძის მეთედს (3,3%). საქართველოს პირობებში მთიანი პროფილის გზების სიგრძე შეადგენს მთელი საგზაო ქსელის დაახლოებით ნახევარს, რომელიც თანაბრად არის განაწილებული საფარის მიხედვით: მოასფალტებული და გრუნტით და ღორღით დაფარული (25...28% თითოეული სახით). რაც შეეხება აზერბაიჯანს და სომხეთს, ამ ტიპის გზების წილი საერთო ქსელში დაახლოებით უტოლდება საქართველოს პირობებს, თუმცა საფარების სახეობის მიხედვით სიგრძეების განაწილება არ არის საქართველოს პირობების

ტოლი. აზერბაიჯანში სჭარბობს გრუნტის და ღორღის საფარიანი მთიანი გზები (30%), იმ დროს როდესაც სომხეთში ასეთი კატეგორიის გზების უმეტესობას აქვს მაგარი საფარი.

ამრიგად, საგზაო პირობების სახეობის მიხედვით საქართველო აერთიანებს მათ მრავალსახეობას, ხოლო განაწილების მიხედვით, განსაკუთრებით მთაგორიანი ადგილებისათვის დამახასიათებელი გზებისათვის საქართველოს უკავია შუალედური ადგილი აზერბაიჯანსა და სომხეთს შორის შორის.

მიუხედავად იმისა, რომ აზერბაიჯანში საკმაოდ არის განვითარებული საგზაო ქსელი, ავტომობილების მოძრაობის ინტენსივობა სხვადასხვა სახის ავტომობილებისათვის არ არის ერთნაირი. მოძრაობის ყველაზე მეტი ინტენსივობა შეიმჩნევა ვაკე ტიპის გზებზე მაშინ, როდესაც საუღელტეხილო გზებზე, მიუხედავად მათი დიდი ხვედრითი წილისა, მოძრაობის ინტენსივობა უმნიშვნელოა. ამის გამო ავტომობილების გარბენის წილი ვაკე ტიპის გზებზე ოთხჯერ მეტაი საუღელტეხილო გზების იმავე მაჩვენებლებზე [44 და 11]. სომხეთში ავტომობილების გარბენის ფარდობა ვაკე ტიპის და უღელტეხილის გზებზე ანალოგიურია აზერბაიჯანის იმავე მაჩვენებლების. (4,8 და 9,2). რაც შეეხება საქართველოს, იმის გამო, რომ მოძრაობის ინტენსივობა საუღელტეხილო გზებზე მაღალია, გარბენი ასეთ პირობებში შედარებით მეტია, ვიდრე ვაკე ტიპის გზებზე (28,2 და 11,5). მთაგორიანი პროფილის მოასფალტებულ გზებზე გარბენი საქართველოს პირობებში შეადგენს დაახლოებით შუალედურს (21,3%) აზერბაიჯანსა (19%) და სომხეთს (38%) შორის.

1.6. კვლევის მიზანი და ამოცანები

თემის ირგვლივ "სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომობილის საწვავ-სიჩქარული თვისებების დიაგნოსტიკა და კონტროლი", რომელიც ძირითადად განხილულია 4x4 ტიპის სრულამძრავიანი ავტომობილის და ავტომატარებლის სამთო პირობებში ექსპლუატაციის პირობებისათვის, შესაბამისი მოდიფიცირებული ავტომობილის და ავტომატარებლის შერჩევისათვის, რაციონალური ძრავას და

ტრანსმისიის პარამეტრების შერჩევის მიზნით საშუალება მოგვცა გავაკეთოდ შემდეგი წინასწარი დასკვნები:

- იმისათვის, რომ გვექონდეს საფუძველი სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომობილის და ავტომატარებლის ეფექტურობის და ეკონომიურობის შესახებ სამთო პირობებში ტვირთების გადაზიდვისას, საჭიროა მოხდეს მეცნიერულად დასაბუთებული სისტემატიზაცია საგზაო-საექსპლუატაციო ფაქტორებისა. მაგალითად წარმოების გარე პირობების კლასიფიკაცია, იმ თვალსაზრისით, რომ მასში გამოიყენება ავტოტრანსპორტი. ასეთი სახის სისტემატიზაცია სამთო რეგიონებისათვის ჯერ არ დამუშავებულა, ამიტომ დისერტაციის ამოცანის დაყენების თვალსაზრისით ეს განიხილება როგორც პირველი ძირითადი ეტაპი ამ სამუშაოსათვის;
- ძირითადი სამუშაოები, რომლებიც განხილულია საექსპლუატაციო პირობების მიხედვით ძირითადად ითვალისწინებს გარე ფაქტორების გავლენას ავტომობილის კვანძების და აგრეგატების საიმედოობაზე და მუშაუნარიანობაზე. კლასიფიკაციის ჩამოყალიბება ხდება მრავალწლიანი დაკვირვების შედეგად მოძრავი შემადგენლობის ექსპლუატაციაზე ან არსებული შრომების ანალიზის საფუძველზე, რაც შესრულებულია მოცემულ სამუშაოში; ავტომობილის საექსპლუატაციო პირობების ინტეგრალური გაზომვით, ფარდობითი კოეფიციენტების გამოყენებით; ინტეგრალურ გამზომებს არ შეუძლიათ სრულად გაითვალისწინონ გარე ფაქტორების მრავალსახეობა; მეცნიერულად დასაბუთებული საწარმოო პირობების კლასიფიკაცია უნდა ეფუძნებოდეს ამ პირობების შიგა სტრუქტურების გახსნას და მისი ასახვისათვის ყველაზე ხელსაყრელ მზომი კრიტერიუმების შერჩევას;
- წარმოების პირობების კლასიფიკაცია საჭიროა დავიწყოთ გარე პირობების შედგენით, რომელიც ახდენს განმსაზღვრელ გავლენას საოპტიმიზაციო პარამეტრების გაუმჯობესების შესაძლებლობაზე; ავტომობილის საწვავის ეკონომიურობა და სიჩქარული თვისებების დიაგნოსტიკა და კონტროლი ძირითადად განისაზღვრება საგზაო პირობებით; საავტომობილო გზების ძირითადი თვისებები განისაზღვრება მისი პროფილის სირთულით და საფარის

ტიპის ნაირსახეობით, ამიტომ ამ გზების საკლასიფიკაციო ნიშანი გრძივი პროფილისათვის არის გზის საფარის სახეებისათვის და მისი პროცენტული განაწილებისათვის ჰისტოგრამების აგება.

- ავტოსატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციის თავისებურება სამთო პირობებში იწვევს სპეციალიზირებული მოძრავი შემადგენლობის მუდმივი ზრდას და რომელიც მოითხოვს საგზაო პირობების კლასიფიკაციას. ეს კი საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ საანგარიშო მეთოდებით ავტომობილების მწარმოებლობის გაზრდა წევით-სიჩქარული თვისებების დიაგნოსტიკისა და კონტროლის გზით და ავტომობილის კვანძების და აგრეგატების პარამეტრების ოპტიმიზაცია კონკრეტული საექსპლუატაციო პირობებისათვის.

ამ წინასწარი დასკვნებიდან გამომდინარე სამუშაოს კვლევის მიზანი და ამოცანები შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ შემდეგნაირად:

- შესწავლილი იქნას ავტომობილის საექსპლუატაციო პირობები მთიან რეგიონებში და ამ თავისებურებების გავლენა ავტომობილის დატვირთულობაზე;
- ჩატარდეს მთიან პირობებში რეჟიმომეტრული კვლევის ჩატარების მეთოდოლოგიური საფუძვლების დამუშავება;
- დადგინდეს მისაბმელით მომუშავე სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომატარებლის ტიპიზირებული მარშრუტი სამთო რეგიონებში ექსპლუატაციისას და ამ მარშრუტებზე ავტოტრანსპორტის სამუშაო რეჟიმები;
- მოხდეს მისაბმელით მომუშავე სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომატარებლის საწვავ-სიჩქარული თვისებების დიაგნოსტიკა და კონტროლი ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობებში.

2. მთიან პირობებში რეჟიმომეტრული კვლევის ჩატარების მეთოდოლოგიური საფუძვლების შემუშავება

2.1. ქვეყნის წარმომადგენლობითი მთიანი რეგიონის შერჩევა

მთიან პირობებში საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის თავისებურებები, რომლებიც განპირობებულია მთაგორიანი გზების მოწყობის სპეციფიკით – მკვეთრად ცვლადი გრძივი პროფილით და მნიშვნელოვანი დახრებით, დიდი კლაკნილობით, უღელტეხილიანი უბნების არსებობით, ზღვის დონიდან საკმაოდ დიდ სიმაღლეზე განლაგებით და სხვა, უარყოფითად აისახება ავტომობილის მუშაობაზე და მის მახასიათებლებზე. ამასთანავე უნდა ავლნიშნოთ, რომ რიგი ქვეყნების საერთო ტერიტორიის მესამედს სწორედ მთაგორიანი რელიეფი შეადგენს, ხოლო ზოგიერთ ქვეყნებში (საქართველო, სომხეთი, აზერბაიჯანი კი 70%...80%-ს აღწევს.

მთაგორიან ადგილებში ავტომობილების ექსპლუატაციის პირობების შესწავლამ, რომელიც ჩაატარა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტმა, აჩვენა, რომ თავისებურ მთიან აუზს, სადაც განვითარებულია წარმოება, მიეკუთვნება შუა აზია, კავკასია, ყირიმი, ნაკლებად გამოხატული მთაგორიანი ადგილების თავისებურებებით კი – ურალი, კარპატები, ალტაი.

წარმომადგენლობითი რაიონის შერჩევის მიზნით შესწავლილი იქნა მთაგორიანი საავტომობილო გზების თავისებურებები და გამოკვლეული იქნა ავტომობილების გარბენის განაწილება ამ მთაგორიან რეგიონებში.

მიღებული ფართო სტატისტიკური მასალის ანალიზმა საშუალება მოგვცა გაგვეკეთებინა დასკვნა იმის შესახებ, რომ საგზაო პირობების მიხედვით და ავტომობილების გარბენის განაწილების მიხედვით ამიერკავკასია ყველაზე მეტად აერთიანებს მთაგორიანი გზებისათვის დამახასიათებელ მრავალსახეობას და უჭირავს შუალედი ადგილი ყირიმსა და შუა აზიას შორის, ხოლო მისი საავტომობილო გზები ცენტრალურ და დასავლეთ ნაწილში მიჩნეულია წარმომადგენლობით გზებად და რეკომენდირებულია სხვადასხვა სახის სამეცნიერო-

კვლევითი სამუშაოებისათვის ავტომობილების საიმედობის და ხანგამძლეობის გაზრდის მიზნით.

წარმოდგენილ ნაშრომში ძირითად ტერიტორიულ მთიან რაიონად, სადაც ტარდებოდა კვლევითი სამუშაოები მთაგორიანი საგზაო პირობებში ავტომობილის მოქმედების შესწავლისათვის, შერჩეული იყო საქართველოს მთიანი მხარე. საქართველოს მთელი ტერიტორიის 53,8% განთავსებულია ზღვის დონიდან 1000 მ-ზე მეტ სიმაღლეზე და ხასიათდება რთული მთიანი რელიეფით. მხოლოდ 12,8% განთავსებულია 200 მ-ზე დაბლა ზღვის დონიდან.

2.2. კავკასიის მთაგორიანი რაიონების წარმოებებში დასაქმებული ავტო-სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის პირობების სტატისტიკური კვლევა

ავტომობილების მთაგორიან პირობებში ექსპლუატაციის კვლევისა და ტიპიზაციის ამოცანის გადაწყვეტის სირთულე განისაზღვრება სხვადასხვა სახის ისეთი ფაქტორების შეთავსებით, როგორცაა გადასაზიდი ტვირთის სპეციფიკა, კლიმატური და საგზაო პირობები, საავტომობილო პარკის სტრუქტურა და რაოდენობა, გადაზიდვის მოცულობა, სტრუქტურა და სეზონურობა, დატვირთვა-გადმოტვირთვის სამუშაოების მექანიზაციის დონე და ა.შ.

ასეთი დიდი რაოდენობის ფაქტორების შეთავსებას მივყავართ ავტომობილის კონსტრუქციული პარამეტრების მნიშვნელოვან ურთიერთ საპირისპირო მაჩვენებლებამდე მათი ოპტიმიზაციის დროს. ამ დროს ალტერნატიული გადაწყვეტილების მიღება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც არსებობს სარწმუნო ინფორმაცია ავტომობილის მუშაობის რეჟიმის შესახებ ექსპლუატაციის მოცემულ პირობებში.

2.3. სისტემის პარამეტრების შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს უტყუარი გადაწყვეტილებების მიღებას ავტომობილების კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციის შესახებ

წინათ ჩატარებული ავტომობილების ექსპლუატაციის პირობებში მუშაობის რეჟიმების კვლევის განზოგადოებული ანალიზი [43,44,45,46,47,48,49] გვიჩვენებს, რომ სტატისტიკური კვლევის ჩატარებისა და უტყუარი შედეგების მიღებისათვის აუცილებელია გვექონდეს ინფორმაცია ავტომობილის შემდეგი ძირითადი კვანძებისა და აგრეგატების მუშაობის რეჟიმის შესახებ:

- ძრავი;
- ტრანსმისია;
- დაკიდება;
- საჭის მექანიზმი;
- მზიდი სისტემა (ჩარჩო ან ძარა).

შემდგომში ყველა ეს კვანძები და აგრეგატები, იმ მიზნით, რომ გავამარტივოთ ნაშრომში გამოყენებული ტერმინოლოგია, გაერთიანებული იქნება ერთ სახელწოდებაში – ავტომობილის მექანიზმი.

ავტომობილის ზემოთ ჩამოთვლილი მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკური კვლევის ერთდროულად ჩატარება როგორც ეს წარმოდგენილია შრომებში [50,51,52,53], წარმოადგენს საკმაოდ რთულ ამოცანას და მოითხოვს როგორც მატერიალურ, ისე დროის მნიშვნელოვან დანახარჯებს.

მექანიზმების ოპტიმალური კომპლექსის განსაზღვრისათვის განიხილებოდა მათი მუშაობის რეჟიმების ურთიერთკავშირი და ამის საფუძველზე გამოსაკვლევეთა რიცხვიდან ამოღებული იყო გარკვეული მექანიზმები. ამ დროს განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო იმ მექანიზმებს, რომლებიც წარმოადგენს განმსაზღვრელს სათბობის საექსპლუატაციო დანახარჯების შემცირების და მწარმოებლობის გადიდების თვალსაზრისით.

ასე, მაგალითად, რიგ გამოკვლევებში, რომლებიც ჩატარდა მოსკოვის საავტომობილო-საგზაო უნივერსიტეტის თეორიული მექანიკის კათედრაზე ტ.მ.დ.

ა.ა.ხაჩატუროვის ხელმძღვანელობით, მიეცა შეფასება ურთიერთკორელაციას მოძრაობის სიჩქარეს და სვლის სიმდოვრეს შორის გზის მიკრო პროფილის საბურავების სიხისტის და ა.შ. მოცემული მახასიათებლების დროს, ანუ მოძრაობის სიჩქარესა და ავტომობილის მზიდი სისტემის დატვირთვას შორის გზის მიკრო პროფილის, დაკიდების და ა.შ. მოცემული მახასიათებლების დროს.

ამ შრომების შედეგები დამაჯერებლად ასაბუთებს, რომ დაკიდების და მზიდი სისტემის მუშაობის რეჟიმი, საკუთრივ ავტომობილის სისტემის მახასიათებლების გათვალისწინების გარეშე, განისაზღვრება მოძრაობის სიჩქარის რეჟიმის და გზის მიკროპროფილის მახასიათებლებით.

აღნიშნულის საფუძველზე გამოსაკვლევი მექანიზმებიდან შეიძლება გამოვრიცხოთ დაკიდება და მზიდი სისტემა, ყურადღება გადავიტანოთ ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარის რეჟიმის კვლევაზე. ჩვენი მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების კვლევა აუცილებელია იმდენად, რამდენადაც მკაცრად განსაზღვრული კორელიაციური კავშირი ამ მექანიზმების მუშაობის რეჟიმებსა და ავტომობილის მოძრაობის რეჟიმს შორის არ არსებობს.

თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ წინათ ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგენილი იყო ნაწილობრივი დამოკიდებულება ცალკეული მექანიზმების მუშაობის რეჟიმებს შორის. ეს ინფორმაცია შეიძლება გამოვიყენოთ წარმოდგენილ ნაშრომში იმ პარამეტრების კომპლექსის ოპტიმიზაციისათვის, რომელიც ახასიათებს ავტომობილის მექანიზმების მუშაობის რეჟიმებს და საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ საწყისი აუცილებელი ინფორმაცია ავტომატარებლის ძრავისა და ტრანსმისიის პარამეტრების ოპტიმიზაციის მთავარი ამოცანის გადაწყვეტისთვის, რომელიც გაზრდის ავტოსატრანსპორტო საშუალების თბურ ეკონომიურობას და მწარმოებლობას მთავორიან პირობებში მუშაობის დროს.

დასმული ამოცანების გადაწყვეტა ემყარება შემდეგ დებულებებს:

1. მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების შერჩეული პარამეტრები უნდა ახასიათებდეს ავტომობილის ექსპლუატაციის პირობების გავლენას საექსპლუატაციო თვისებებზე. პარამეტრების შერჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნას, რომ მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების ვარირება ხდება ფართო ზღვრებში,

ხოლო მათი გაზომვა და ანალიზი შესაძლებელია მხოლოდ სტატისტიკური მეთოდების საფუძველზე.

2. შერჩეული პარამეტრების შეფასებისათვის შემუშავებული უნდა იქნას სტატისტიკური მაჩვენებლების სისტემა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს შევასრულოთ მათი ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი.
3. მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების შერჩეული პარამეტრების განსაზღვრისათვის უნდა არსებობდეს აპარატურა, რომელიც გამოდგება სტატისტიკური გაზომვებისათვის ექსპლუატაციის პირობებში.
4. უტყუარი შედეგების მიღებისათვის აუცილებელია ინფორმაციის არსებობა ძრავის, ტრანსმისიის, საჭის და მუხრუჭის მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების შესახებ, აგრეთვე ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარის რეჟიმის და სათბობის საექსპლუატაციო ხარჯვის შესახებ (ენერგეტიკული პარამეტრის შესახებ), რომელიც ახასიათებს ავტომობილის მუშაობის რეჟიმის კომპლექსურ შეფასებას. მაგრამ, რაც შეეხება საჭის და მუხრუჭის მექანიზმებს, როგორც გამოკვლევებმა აჩვენა [51,53], შეიძლება ვისარგებლოთ ადრე მიღებული მონაცემებით მთაგორიანი პირობებისათვის, მით უმეტეს, რომ მათი გავლენის გათვალისწინება ოპტიმიზაციის სამუშაოების შესრულების დროს ხდება მათემატიკური მოდელირების საშუალებით.

განიხილებოდა პარამეტრების სისტემა, რომელიც ახასიათებდა სადატვირთვო და სიჩქარით რეჟიმს ყველა გამოსაკვლევ მიქანიზმის მიმართ. ამ დროს მხედველობაში მიიღებოდა მხოლოდ ის პარამეტრები, რომლებიც გამოიყენება ხანგრძლივი სტატისტიკური გაზომვების დროს და რომელთა რეგისტრაციისათვის არსებობს საიმედო აპარატურა, რომელიც იძლევა გაზომვის დიდი სიზუსტის გარანტიას.

ძირითად პარამეტრს, რომელიც ახასიათებს ძრავის მუშაობას წარმოადგენს მგრეხავი მომენტის სიდიდე და მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე.

დიზელის ძრავის მუშაობის სადატვირთვო რეჟიმების სტატისტიკური კვლევის დროს ფართო გამოყენება ჰპოვა ირიბმა მეთოდმა, რომელიც მდგომარეობს

სიმძლავრის (ან მგრეხავი მომენტის) განსაზღვრაში სათბობის ტუმბოს ლარტყის გადადაგილების და მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის მიხედვით:

$$N=f(h,n), \quad (2.1)$$

სადაც h - მაღალი წნევის სათბობის ტუმბოს ლარტყის ძალვაა (მმ);

n - მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირეა (წთ^{-1}).

ძრავის მუშაობის სიჩქარითი რეჟიმი ხასიათდება მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირით დროში (წთ^{-1}). დამატებით პარამეტრად გამოიყენება მუხლა ლილვის ბრუნვის ჯამური სიხშირე ერთეულ გარბენზე (ბრ/კმ).

ტრანსმისიის მუშაობის რეჟიმის დამახასიათებელ ძირითად პარამეტრებს წარმოადგენს გადასაცემი მგრეხავი მომენტი და ბრუნვის სიხშირე. გარდა აღნიშნული პარამეტრებისა, ავტომობილის ტრანსმისიის მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკური კვლევისათვის ექსპლუატაციის პირობებში, როგორც ეს მოყვანილია შრომები [48,54,55], შეიძლება გამოყენებული იქნას შემდეგი პარამეტრები: გადაცემის ჩართვის რაოდენობა გზის ერთეულ მანძილზე როგორც ჯამური $n_{TP\Sigma}/100$ კმ, ასევე ცალკეული გადაცემისათვის - $n_{TPi}/100$ კმ; ცალკეულ გადაცემაზე გავლილი მანძილი და მოძრაობის დრო პროცენტებში - S_{TPi} , t_{TPi} მოძრაობის საშუალო ტექნიკური სიჩქარე გადაცემებზე - V_{CPi}^T ;

მოძრაობის სიჩქარის რეჟიმი წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს, რომელიც ახასიათებს ავტომობილის საექსპლუატაციო თვისებებს. მის ფორმირებაზე არსებით გავლენას ახდენს როგორც ავტომობილის კონსტრუქციული პარამეტრები, ასევე ექსპლუატაციის პირობები. კონსტრუქციული პარამეტრების გავლენის შეფასებისათვის გამოიყენებენ მაჩვენებელს – საშუალო ტექნიკური სიჩქარე V_{CPi}^T ; ექსპლუატაციის საგზაო პირობების, განსაკუთრებით მთაგორიანი პირობების, გავლენის შეფასებისათვის გამოიყენებენ მაჩვენებელს - საშუალო საექსპლუატაციო სიჩქარე V_{CP}^3 . ეს უკანასკნელი საშუალებას იძლევა შეფასდეს ისეთი ფაქტორის გავლენა მოძრაობის სიჩქარის რეჟიმზე, როგორცაა საგზაო პირობების მახასიათებელი.

საწვავის საექსპლუატაციო ხარჯი წარმოადგენს ავტომობილების საექსპლუატაციო პირობებში მუშაობის სიჩქარითი და სადატვირთვო რეჟიმების

განზოგადოებულ საზომს. მისი შეფასებისათვის გამოიყენებენ პარამეტრს – საწვავის საშუალო ხარჯი, მოსული გზის ერთეულზე Q_{CP} კმ.

ცხრ.2.6-ში მოყვანილია პარამეტრების სისტემა.

განვიხილოთ შერჩეული პარამეტრების სისტემის გამოყენების საკითხი დასმული ამოცანის გადაწყვეტისათვის, უფრო ზუსტად, მთა-გორიან პირობებში ავტომექანიზმების მუშაობის რეჟიმების შესახებ უტყუარი ინფორმაციის მიღებისათვის.

თუ ექსპლუატაციის პირობებში კვლევის ჩატარების დროს შეიცვალა ერთ-ერთი პარამეტრი, ანალოგიურ პირობებში ეს მოწმობს გამოცდის პირობების შეცვლაზე (გზის საფარის მდგომარეობა, კლიმატური პირობები და ა.შ.), და მათემატიკური მოდელირების დროს, როდესაც პირობები მკაცრად მუდმივია ან ცვალებადობის სიდიდე წინასწარ მოცემულია, პარამეტრის სიდიდის ცვლილება კონსტრუქციული ცვლილების გავლენის შედეგია, რომელიც შეტანილია ავტომობილის შესაბამის მექანიზმში. ამ შემთხვევაში აუცილებელია გაირკვეს მოცემული ცვლილების მიზეზი, რაც მხოლოდ მაშინ არის შესაძლებელი, როდესაც არსებობს ურთიერთკავშირი გამოსაკლევ პარამეტრებს შორის.

განვიხილოთ ეს ურთიერთკავშირი პრაქტიკულ მაგალითზე. ჩავთვალოთ, რომ არსებობს ინფორმაცია იმ პარამეტრების მნიშვნელობების შესახებ, რომლებიც ახასიათებს ავტომობილის მექანიზმების მუშაობის სადატვირთვო და სიჩქარით რეჟიმებს და რომლებიც მიღებულია მთაგორიანი ადგილების ერთ და იმავე მარშრუტზე ორი და მეტი გარბენის დროს. ბუნებრივია ზოგიერთი ანალოგიური პარამეტრების მნიშვნელობები არ დაემთხვევა. აუცილებელია ვიპოვოთ ამ ცვლილებების მიზეზი.

ავტომობილების მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების მახასიათებელი
პარამეტრების სისტემა

მექანიზმი	პარამეტრის დასახელება	აღნიშვნა	განზომილება
ძრავი	1.მგრეხავი მომენტი 2.სიმძლავრე 3.მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე 4.მუხლა ლილვის ბრუნვის რაოდენობა გზის ერთეულში 5.სადროსელო საფარის გაღების კუთხე 6.მაღალი წნევის სათბობის ტუმბოს (THBD) ლარტყის სვლა 7.იძულებითი უქმი სვლა		
ტრანსმისია	1.გადაცემების ჩართვების რაოდენობა 100 კმ გზაზე 2.ცალკეული გადაცემის ჩართვების რაოდენობა 100 კმ გზაზე 3.თითოეული გადაცემით გავლილი გზა 4.თითოეული გადაცემით მოძრაობის დრო		
მოძრაობის რეჟიმი და საექსპლუატაციო ხარჯი	1.საშუალო-ტექნიკური სიჩქარე 2.საშუალო საექსპლუატაციო სიჩქარე 3.სათბობის საექსპლუატაციო ხარჯი		

გავითვალისწინოთ, რომ ყველაზე გაზოგადოებული მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს ექსპლუატაციის ამა თუ იმ პირობას არის სათბობის საექსპლუატაციო

ხარჯი და მოძრაობის საშუალო სიჩქარე. მივიღოთ ეს მაჩვენებლები ავტომობილის მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების ორი ვარიანტის იდენტურობის ხარისხის შეფასების ძირითად კრიტერიუმებად. აუცილებელია პასუხი გაეცეს კითხვას – რის გამო მოხდა ეს ცვლილება? დავუშვათ ჩვენ მივიღეთ საწვავის საექსპლუატაციო ხარჯის ზრდა. განვიხილოთ მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების ცვლილების შესაძლო ვარიანტები ამ შემთხვევაში.

რადგანაც საწვავის ხარჯი ენერგეტიკული დანახარჯების პროპორციულია, ამიტომ ბუნებრივია ვივარაუდოთ, რომ ადგილი ჰქონდა გამოყენებული სიმძლავრის და მგრეხავი მომენტის საშუალო მნიშვნელობის ზრდას. ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის ცვალებადობის შესახებ ინფორმაციას შეუძლია გასცეს საბოლოო პასუხი – რის გამო მოხდა ენერგეტიკული დანახარჯების ზრდა: ძრავის მუშაობის სადატვირთვო ან სიჩქარის რეჟიმის ცვლილებით, თუ ძრავის მუშაობა მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის მიხედვით უპირატესად იმყოფებოდა მაქსიმალური მგრეხავი მომენტის ზონაში, მაშინ ცვლილება განპირობებული ყოფილა სადატვირთვო რეჟიმით, ხოლო თუ უპირატესად იმყოფებოდა მაქსიმალური სიმძლავრის ზონაში, მაშინ ცვლილება განპირობებული ყოფილა სიჩქარის რეჟიმით. ამასთან, ძრავის მუშაობის სადატვირთვო რეჟიმის გაზრდა შეიძლება მიღწეული იქნას მაღალი წნევის სათბობის ტუმბოს ლარტყის გადაადგილების სიდიდის შეუცვლელად, მაშინ, როდესაც სიჩქარის რეჟიმის გაზრდა განპირობებულია ამ პარამეტრის გაზრდით.

ძრავის მუშაობის სიჩქარის რეჟიმის ცვლილება, მოცემულ შემთხვევაში გამოყენებული სიმძლავრის ზრდის ხარჯზე, გამოიწვევს მოძრაობის საშუალო-ტექნიკური სიჩქარის გაზრდას როგორც საერთო მასშტაბით, ასევე ცალკეულ გადაცემებზე და თუ ცვლილება გამოწვეულია საშუალო-ტექნიკური სიჩქარის გაზრდის ხარჯზე დაბალ გადაცემებზე, მაშინ ამას შეიძლება გამოეწვიოს გაქანების ინტენსივობის და ტუმბოს ლარტყის გადაადგილების გაზრდა.

ეს არის, ცხადია, არასრულყოფილი სია ავტომობილის მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების ცვლილების ვარიანტებისა, რომლებსაც შეუძლიათ გამოეწვიოს სათბობის ხარჯის საშუალო მნიშვნელობის გაზრდა მოცემულთან შედარებით. შეიძლება

გაგვეგრძელება ანალოგიური ანალიზი იმ შემთხვევისათვის, როდესაც მივიღებდით საწვავის ხარჯის შემცირებას, მოძრაობის საშუალო-ტექნიკური სიჩქარის გადიდებას ან შემცირებას, მაგრამ ეს ანალიზი იქნებოდა ჩატარებულის განმეორება ზოგიერთი დამატებებით, რომლებსაც უკვე არ აქვთ არსებითი მნიშვნელობა.

მოყვანილი ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. რეჟიმების შესაბამისობის მექანიზმის მუშაობის რეჟიმის ერთ-ერთი პარამეტრის სიდიდის ცვალებადობის ურთიერთკავშირი სხვა მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების პარამეტრების სიდიდეების ცვალებადობასთან საშუალებას იძლევა გავხსნათ მიზეზი, განვსაზღვროთ ამ ცვალებადობის სიდიდე და მიმართულება;
2. მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების შემფასებელი პარამეტრების მხოლოდ საშუალო მნიშვნელობების მიღება მნიშვნელოვნად აძნელებს ამოცანის გადაწყვეტას, ზოგჯერ მივყავართ შესადარებელ მცდარ დასკვნამდე. მსგავსი ცდომილებების გამორიცხვისათვის აუცილებელია გამოსაკვლევი პარამეტრის მნიშვნელობების განაწილების ალბათური რიგის მიღება და მათემატიკური სტატისტიკის აპარატის გამოყენება გამოცდის შედეგების დამუშავების დროს.

თავის მხრივ, მათემატიკური სტატისტიკის აპარატის გამოყენება მოითხოვს საკმაოდ დიდი რაოდენობის ინფორმაციას ავტომობილის მექანიზმების მუშაობის შესახებ ექსპლუატაციის მოცემულ პირობებში. ამ ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია ავტომობილების მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკური კვლევის ჩატარების სპეციალური მეთოდის და საიმედო საკვლევი აპარატის არსებობის შემთხვევაში, რომელიც უზრუნველყოფს სარწმუნო ინფორმაციის მიღებას.

ყველაზე მეტად ამ მოთხოვნებს პასუხობს იაპონული ფირმის "Ono Sokki" რეჟიმომეტრული აპარატურა, რომლის ტექნიკური მახასიათებლები მოყვანილია ქვემოთ. ამ ფირმის ანალიზატორების კომპლექტი საშუალებას იძლევა აღნიშნული პარამეტრები მივიღოთ ალბათური მახასიათებლების შეფასების სახით დროის რეალურ მასშტაბში.

2.4. დროის რეალურ მასშტაბში გამოსაკვლევი პროცესების შეფასების მიღების მათემატიკური საფუძვლები

ავტომობილების მექანიზმების ექსპლუატაციის პირობებში მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკური კვლევის, რომელიც ჩატარებულია НАМИ, НИИАТ, ЛИСИ, БПИ, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მანქანების მექანიკის ინსტიტუტის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის და სხვა ორგანიზაციის მიერ, შედეგების ანალიზი მოწმობს იმაზე, რომ ასეთი გამოკვლევები შესაძლებელია ისეთი აპარატურის გამოყენებით, რომლებსაც გააჩნიათ გამოსაკვლევი პროცესის რეგისტრაციის დისკრეტული მეთოდი, რომელსაც შეუძლია იმუშაოს უწყვეტად ხანგრძლივი დროის პერიოდში უმტყუნო სტატისტიკური მახასიათებლების მიღების მიზნით. სრულად ამ მოთხოვნებს პასუხობს ზემოთხსენებული რეჟიმომეტრული აპარატურა "Ono Sokki", რომელიც გამოყენებული იყო წინამდებარე ნაშრომში. კომპლექსი შედგება შემდეგი ანალიზატორებისგან :

1. ავტომობილის ტრანსმისიის მუშაობის ანალიზატორი CC-12 დანიშნულია განვლილ მანძილზე გადაცემების ჩართვის რაოდენობის და ცალკეულ გადაცემაზე მოძრაობის დროის განსაზღვრისათვის. მოძრაობის დროის რეგისტრირებული ინტერვალებია: 0,2; 0,5; 1,5; 2,0; 5,0 წმ. (ინტერვალის სიდიდის შერჩევა ხორციელდება გადამრთველის საშუალებით). განვლილი მანძილის რეგისტრირებული ინტერვალებია: 10მ, 100 მ. გზის გადამწოდი ყენდება სპიდომეტრის ამძრავის გვერდის ავლით.

ელექტრომაგნიტური მრიცხველების რაოდენობა – 12. მრიცხველები ოთხ თანრიგიანია, ჩამოყრა ხელით. ათვლის მაქსიმალური სიხშირე 20 ჰც.

ანალიზატორის მართვა (გადაცემის შერჩევა) ხორციელდება ხელით კლავიშებიანი გადამრთველის საშუალებით.

2. სიჩქარის ანალიზატორი SPA-22 დანიშნულია მოძრაობის დროის, გავლილი მანძილის და საწვავის ხარჯის გაზომვისათვის სიჩქარის 22 დიაპაზონში (ყოველი 5 კმ/სთ შემდეგ): 0-5; 5-10; 10-15,....,100-105, 105-ზე მეტი. დროის ინტერვალი ყენდება გადამრთველით: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 წმ. მანძილის ათვლა ყოველი 10 მ-ის შემდეგ.

3. სათბობის ხარჯის გაზომვისათვის გამოიყენება ხარჯვის მზომი FP-214 (იაპონია) დისკრეტულობით 1,0 სმ³ ან 10,0 სმ³. მრიცხველები – ელექტრომაგნიტური, თოხთანრიგიანი, ხელით ჩამოსაყრელი, ათვლის მაქსიმალური სიხშირე 20 ჰც; რაოდენობა – 36 ცალი.
4. გზის და სიჩქარის გადამწოდი MP-9. იმპულსების სიხშირე 156 1/ბრ. (გადამწოდის ღერძის), რაც შეესაბამება 1 იმპულსი ავტომობილის 1 სმ მანძილს.
5. საავტომობილო ძრავის მუშა რეჟიმების ანალიზატორი PEA-100. ხელსაწყო დანიშნულია ავტომობილის ძრავის მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკური კვლევისათვის. რეჟიმი განისაზღვრება მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირით 10 დიაპაზონის მიხედვით და სათბობის მიმწოდებელი ორგანოს მდებარეობით (მაღალი წნევის ტუმბოს ლარტყის გადაადგილებით ან კარბურატორის დროსელის საფარის გაღების კუთხით). ძრავის მუშაობის დრო მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის და კვების ორგანოს მდებარეობის სათანადო შესაბამისობის შემთხვევაში რეგისტრირდება მრიცხველით.

ბრუნვის სიხშირის რეგისტრაციის დიაპაზონი 300-1000 1/წთ ბრუნვის სიხშირის ათვლა წარმოებს ყოველი 400; 500; 6900; 800 ან 1000 1/წთ შემთხვევაში.

6. დიზელის ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის გადამწოდი MP-910. თავსდება მუხლა ლილვის შკივზე. შეყოვნების დრო: 0,2; 0,5; 1,0; 2,0 და 5,0 წმ. მრიცხველი – ელექტრომაგნიტური, თოხთანრიგიანი, ხელით ჩამოსაყრელი; ათვლის მაქსიმალური სიხშირე 20 ჰც; რაოდენობა – 30 ცალი.

მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე განისაზღვრება იმის მიხედვით, თუ რა მდგომარეობაშია ცილინდრების რიცხვის გადამრთველი, როგორია ტაქტი და ბრუნვის სიხშირის ინტერვალი.

ანალიზატორის საშუალებით მიღებული გამოცდის შედეგების დამუშავებისათვის გამოიყენება სპეციალური ცხრილები, რომლებიც შედგენილია კონკრეტული ძრავისათვის კერძო სასტენდო მახასიათებლებით, რომლებიც მოხსნილია სტენდებზე გამოცდისას საწვავის მიმწოდებელი ორგანოების გარკვეული მდებარეობის და მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის მიხედვით (ორგანოზომილებიანი განაწილება).

რეჟიმომეტრული აპარატურა "Ono Sokki" ფართოდ გამოიყენება იაპონიის, ევროპისა და ამერიკის საავტომობილო ფირმების მიერ რეჟიმომეტრული კვლევების ჩატარებისათვის ექსპლუატაციის პირობებში. მიღებული ინფორმაციის ღირებულება განისაზღვრება შედეგების უტყუარობით და მათ საფუძველზე სწორი გადაწყვეტილების მიღებით ავტომობილის კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციის შესახებ, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალ საექსპლუატაციო მაჩვენებლებს ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობებში. ანალიზატორები ფაქტიურად მუშაობს დროის რეალურ მასშტაბში (დროის ნებისმიერ მომენტში არსებობს მრიცხველების ჩვენებები, რომლებიც განსაზღვრავს პროცესის ამა თუ იმ ალბათურ მახასიათებელს).

ალბათური მახასიათებლების შეფასების თეორიული თავისებურებები მიზანშეწონილია განხილული იქნას დროის რეალურ მასშტაბში. ფაქტიურად ანალიზატორების საშუალებით განისაზღვრება ალბათური მახასიათებლების შემდეგი შეფასებები:

- მათემატიკური მოლოდინი;
- იმავე მაჩვენებლების დისპერსია და საშუალო კვადრატული გადახრა;
- ზემოთ განხილული ერთგანზომილებიანი და ორგანზომილებიანი განაწილების მრუდების შეფასებები.

2.4.1. პროცესების საშუალო მნიშვნელობების შეფასება დროის რეალურ მასშტაბში

თუ არსებობს რეალიზაციის $X_i(t)$ ანსამბლი ინტერვალში $0 \leq t \leq T$, $i=1,2,\dots,N$, მაშინ პროცესის საშუალო მნიშვნელობა t მომენტისათვის შეიძლება განისაზღვროს გასაშუალებით რეალიზაციის ანსამბლის მიხედვით

$$\hat{\mu}_X(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t), \quad (2.2)$$

ბუნებრივია, შეფასებები $\mu_X(t)$ იქნება სხვადასხვა $[X_i(t)]$ რეალიზაციიდან N -ის შერჩევისას. ამიტომ ყოველი t -თვის აუცილებელია განისაზღვროს შეფასების მიახლოების ხარისხი ნამდვილ საშუალო მნიშვნელობასთან. დროის მიმდინარე საშუალო რეალური მასშტაბის შეფასების მათემატიკური მოლოდინი შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$M = [\hat{\mu}_X(t)] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N M X_i(t) = \mu_X(t), \quad (2.3)$$

სადაც $\mu_X(t) = M[X_i(t)]$ წარმოადგენს დროის რეალური მასშტაბის პროცესის ნამდვილ საშუალო მნიშვნელობას დროის t მომენტისათვის, ანუ $\hat{\mu}_X(t)$ წარმოადგენს $\mu_X(t)$ დაუძვრელ (გადაუადგილებელ) მნიშვნელობას t -ს ყველა მნიშვნელობისათვის N -გან დამოუკიდებლად. შეფასების დისპერსია $\hat{\mu}_X(t)$ განისაზღვრება ფორმულით

$$D = [\hat{\mu}_X(t)] = M = \left[\left\{ \hat{\mu}_X(t) - \mu_X(t) \right\}^2 \right], \quad (2.4)$$

თუ დავუშვებთ, რომ $\hat{\mu}_X(t)$ შეფასებების გაანგარიშებისათვის გამოყენებული N რეალიზაცია სტატისტიკურად დამოუკიდებელია, მაშინ წინა ფორმულიდან ვღებულობთ თანაფარდობას დროის t მომენტისათვის

$$D = [\hat{\mu}_X(t)] = \frac{\sigma_X^2(t)}{N}$$

სადაც $\sigma_X^2(t)$ - არის $\{\mu_X(t)\}$ რეალური დროის პროცესის დისპერსია, როდესაც $N \rightarrow \infty$ დისპერსია $D[\hat{\mu}_X(t)] \rightarrow 0$, ანუ $\mu_X(t)$ წარმოადგენს დასაბუთებულ შეფასებას $\mu_X(t)$ t -ს ყველა შემთხვევისათვის.

მაგრამ ასეთი შეფასება მოითხოვს N ავტომობილის არსებობას, რომლებიც აღჭურვილი იქნებიან რეჟიმომეტრული კომპლექსით და იმოდრავებენ ერთმანეთის მომყოლ რეჟიმში, რომელსაც აწესებს გადაზიდვის პირობები. ასეთი რეჟიმის რეალიზება პრაქტიკულად არ ხდება. ამიტომ აუცილებელია განხილული იქნას შესაძლებელი სიტუაციები.

როდესაც საშუალო მნიშვნელობა დროის რეალურ მასშტაბში აუცილებელია შევაფასოთ ერთი რეალიზაციის მიხედვით (შესაბამისი პროცესი წარმოდგენილია მხოლოდ ერთი რეალიზაციით), შეფასება, როგორც წესი, ტარდება დაბალი სიხშირის ფილტრაციის ექვივალენტური ოპერაციის დახმარებით.

განვიხილოთ დროის რეალური მასშტაბის პროცესი შემდეგი სახით:

$$\{X(t) = A(t) + Y(t)\}, \quad (2.5)$$

სადაც $A(t)$ - დროის რომელიმე ფუნქციაა, რომლის სიხშირული დიაპაზონი მდებარეობს $Y(t)$ -ს საშუალო ნულოვანი მნიშვნელობის შემთხვევითი პროცესის დაბალი სასაზღვრო სიხშირის ზონაში.

ამ შემთხვევაში პროცესის საშუალო მნიშვნელობა დროის რეალურ მასშტაბში განისაზღვრება გამოსახულებით

$$M[\{X(t)\}] = M[A(t) + \{Y(t)\}] = M[A(t)] + M[\{Y(t)\}] = A(t), \quad (2.6)$$

დროის რეალური მასშტაბის პროცესის ასეთი მოდელის დროს ფუნქცია $A(t)$ და პროცესის $Y(t)$ ადვილად იყოფა დაბალსიხშირული ფილტრაციით, რომელიც ფიზიკურად შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი მეთოდებით:

- ციფრული რეკურსიული ან არა რეკურსიული დაბალსიხშირული ფილტრით;
- პოლინომური მრუდწირული აპროქსიმაციით რეგრესიული ანალიზის დახმარებით;
- საშუალო მნიშვნელობების შეფასებით რეალიზაციის ცალკეული მონაკვეთების მიხედვით (დროის ან სხვა არგუმენტების მოკლე ინტერვალების მიხედვით გასაშუალება).

საშუალო მნიშვნელობის შეფასების ნებისმიერ შემთხვევაში შედეგი იქნება დაძრული, ძვრა დამოკიდებულია დაბალსიხშირული ფილტრის ჭრის სიხშირეზე, მაპრომაქსირებელი მრავალწევრში წევრთა რაოდენობაზე და გასაშუალების მოკლე ინტერვალის სიგრძეზე. ასე, მაგალითად, ნამდვილი საშუალო მნიშვნელობის შეფასება $\mu_X(t)$, რომელიც მიღებულია დროის მოკლე ინტერვალების მიღებით, განისაზღვრება ფორმულით

$$\hat{\mu}_X(t) = \int_{t-T/2}^{t+T/2} X(t) dt = \int_{t-T/2}^{t+T/2} [A(t) + Y(t)] dt, \quad (2.7)$$

სადაც T - დროის მოკლე ინტერვალია.

საშუალო მნიშვნელობის შეფასების მათემატიკური მოლოდინი განისაზღვრება ფორმულით

$$M[\hat{\mu}_X(t)] = M \left[\int_{t-T/2}^{t+T/2} [A(t) + Y(t)] dt \right] = \int_{t-T/2}^{t+T/2} \{M[A(t)] + M[Y(t)]\} dt = \int_{t-T/2}^{t+T/2} [A(t)] dt \neq A(t), \quad (2.8)$$

შეფასების ძვრის ცდომილება პირველ მიახლოებაში შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$\Delta[\hat{\mu}_X(t)] = \frac{A''(t)}{24},$$

სადაც $A''(t)$ - ფუნქციის $A(t)$ მეორე წარმოებულია დროით.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ძვრის ცდომილება მცირდება გასაშუალების ინტერვალის T შემცირების კვადრატის პროპორციულად. თუმცა T - ს შემცირებით იზრდება შემთხვევითი ცდომილება, ანუ იზრდება შეფასების დისპერსია $\hat{\mu}_X(t)$. ზღვრებში, როდესაც $T \rightarrow 0$,

$$\mu_X(t) \rightarrow [A(t) + Y(t)], \quad D[\hat{\mu}_X(t)] \rightarrow D[A(t) + Y(t)].$$

ამრიგად, გასაშუალების ინტერვალის შერჩევა მოითხოვს კომპრომისულ გადაწყვეტას შემთხვევითი ცდომილების და ცდომილების ძვრის მიმართ.

2.4.2. პროცესების დისპერსიის შეფასება დროის რეალურ მასშტაბში

პროცესების დისპერსიის – კვადრატების საშუალო მნიშვნელობების შეფასება $X_i(t)$ რეალიზაციის ანსამბლის არსებობის შემთხვევაში, $0 \leq t \leq T$, $i=1,2,\dots,N$, რომელიც მიეკუთვნება დროის რეალური მასშტაბის პროცესს $\{X(t)\}$ დროის t მომენტში, განისაზღვრება გასაშუალებით რეალიზაციის ანსამბლის მიხედვით

$$\hat{\psi}_X^2(t) = \frac{1}{N} \sum X_i^2(t). \quad (2.9)$$

ამრიგად, შეფასება $\hat{\psi}_X^2(t)$ ნებისმიერი t -ს შემთხვევაში წარმოადგენს $\{X(t)\}$ პროცესის დროის რეალური მასშტაბის კვადრატის საშუალო მნიშვნელობის დაუძვრელ შეფასებას N -ის მიუხედავად, რამდენადაც მისი მათემატიკური მოლოდინი

$$M[\hat{\psi}_X^2(t)] = \frac{1}{N} \sum M[X_i^2(t)] = \psi_X^2(t); \quad (2.10)$$

$$\psi_X^2(t) = M[X_i^2(t)] = \mu_X(t) + \sigma_i^2(t); \quad (2.11)$$

ანუ, დროის რეალური მასშტაბის პროცესის კვადრატის ნამდვილ მნიშვნელობას t მომენტში.

განვსაზღვროთ $\hat{\psi}_X^2(t)$ შეფასების შემთხვევითი ცდომილება. მისი დისპერსიის მოძებნისათვის დავუშვათ, რომ $X_i(t)$ რეალიზაციის N დამოუკიდებელია ისე, რომ i და j ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის ადგილი აქვს მათემატიკური მოლოდინების ასეთ თანაფარდობას

$$M[X_i(t)X_j(t)] = M[X_i(t)]M[X_j(t)] = \mu_X^2(t). \quad (2.12)$$

აქედან გამომდინარეობს

$$D[\hat{\mu}_X^2(t)] = M[\{\hat{\mu}_X^2(t) - \mu_X^2(t)\}] = M[\{\hat{\mu}_X^2(t) - \mu_X^4(t)\}], \quad (2.13)$$

სადაც

$$\psi_X^2 = \mu_X^2(t) + \sigma_X^2(t)$$

ამ დროს

$$M[\{\hat{\mu}_X^2(t)\}^2] = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N M[X_i^2(t)X_j^2(t)] = \frac{1}{N^2} \left[\sum_{i=1}^N M[X_i^4(t)] + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N M[X_i^2(t)X_j^2(t)] \right], \quad (2.14)$$

ანუ ამოცანა დაყვანილი იქნა მათემატიკური მოლოდინების შეფასებამდე, რომელიც შედის ბოლო ფორმულაში. ახლა ვივარაუდოთ რომ პროცესის დროის რეალურ მასშტაბში $\{X(t)\}$ ნებისმიერი t -ს შემთხვევაში გააჩნია ნორმალური განაწილება საშუალო მნიშვნელობით $\mu_X(t)$ და დისპერსიით $\sigma_X^2(t)$ ამ შემთხვევაში

$$M[X_i^4(t)] = 3\psi_X^4(t) - 2\mu_X^4(t) \quad (2.15)$$

ბოლო ორი ფორმულა გამომდინარეობს გამოსახულებიდან ნორმალური შემთხვევითი სიდიდეების მეოთხე მომენტებისათვის, მათი ჩასმა დროის რეალური მასშტაბის კვადრატის საშუალო მნიშვნელობის დისპერსიის გამოსახულებაში იძლევა შემდეგ გამოსახულებას

$$M[X_i^2(t)X_j^2(t)] = \psi_X^4(t), \quad j \neq i \quad (2.16)$$

ზღვარში, როდესაც $N \rightarrow \infty$ დისპერსია $D[\hat{\psi}_x^2(t)] \rightarrow 0$, რაც ასაბუთებს შეფასების $\hat{\psi}_x^2(t)$ შესაძლებლობას საშუალო კვადრატის სიდიდისათვის $\psi_x^2(t)$ ნებისმიერი t -ს შემთხვევაში.

დროის რეალური მასშტაბის ზოგიერთი პროცესისათვის კვადრატის ცვლადი საშუალო მნიშვნელობის შეფასება შეიძლება მიღებული იქნას დაბალი სიხშირის ფილტრაციის გზით, ან გასაშუალებით დროის მოკლე ინტერვალის მიხედვით, ან კიდევ სხვა რომელიმე არგუმენტის მიხედვით. ასეთ შემთხვევაში პროცესის შესაბამისი მოდელი დროის რეალური მასშტაბისათვის მიიღებს შემდეგ სახეს

$$\{X(t)\} = A(t)\{Y(t)\}, \quad (2.17)$$

სადაც $A(t)$ - დეტერმინირებული ფუნქციაა (ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება იყოს შემთხვევითი ფუნქციაც);

$\{Y(t)\}$ - შემთხვევითი პროცესია დროით მუდმივი ნულოვანი საშუალო მნიშვნელობით და ერთეულოვანი დისპერსიით.

ასეთი წარმოდგენისათვის კვადრატის საშუალო მნიშვნელობას $\{Y(t)\}$ დროის t მომენტისათვის აქვს შემდეგი სახე

$$D\{X(t)\} = D[A(t)\{Y(t)\}]A^2(t)D[\{Y(t)\}] = A^2(t), \quad (2.18)$$

საშუალო მნიშვნელობის შეფასების იმ შემთხვევის მსგავსად, როდესაც $A(t)$ ფუნქცია იცვლებოდა ნელა, $\{Y(t)\}$ პროცესის დაბალსიხშირული მდგენელების ცვალებადობასთან შედარებით ფუნქცია $A^2(t)$ შეიძლება გამოყოფილი იქნას ცალკეული რეალიზაციის $X^2(t)$ დაბალსიხშირული ფილტრაციის საშუალებით. ზოგად შემთხვევაში ამ სახით კვადრატის საშუალო მნიშვნელობის მიღება იქნება სასაცილო. ასე მაგალითად, დროის მოკლე ინტერვალში გასაშუალების დროს

$$M[\hat{\psi}_x^2(t)] = M\left[\int A^2(t) - Y^2(t) dt\right] = \int M[A^2(t)]M[Y^2(t)] dt = \int A^2(t) dt \neq A^2(t), \quad (2.19)$$

2.4.3. პროცესის ალბათური სტრუქტურის შეფასება დროის რეალურ მასშტაბში

პროცესების ალბათური სტრუქტურა დროის რეალურ მასშტაბში $\{X(t)\}$, რომელიც განისაზღვრება ანსამბლის გასაშუალების მიხედვით t_1 მომენტში, დამოკიდებულია t -ს მნიშვნელობაზე. ამრიგად, ნებისმიერი $t=t_1$ -თვის $X(t_1)$ სიდიდის განაწილების სიმკვრივე წარმოადგენს t_1 მომენტის ფუნქციას, ანუ შეიძლება დავწეროთ

$$P(X, t_1) = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{P[X < X(t_1) \leq X + \Delta X]}{\Delta X}. \quad (2.20)$$

ამ გამოსახულებას გააჩნია შემდეგი ძირითადი თვისებები:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} P(X, t) = dx = 1; \quad (2.21)$$

$$\mu_X(t) = M[X(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} X P(X, t) = dx; \quad (2.22)$$

$$\psi_X^2(t) = M[X^2(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} X^2 P(X, t) = dx; \quad (2.23)$$

$$\sigma_X^2(t) = M\{[X(t) - \mu_X(t)]^2\} = \psi_X^2(t) - \mu_X^2(t); \quad (2.24)$$

ეს დამოკიდებულებები სამართლიანია აგრეთვე სტაციონარული პროცესების შემთხვევაშიც, რომელიც არ არის განხილული დროის რეალურ მასშტაბში, ანუ მაშინ, როდესაც $P(X, t) = P(X)$ და არ არის დამოკიდებული t -ზე. დროის რეალური მასშტაბის პროცესის განაწილების ინტეგრალურ ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე

$$P(X, t) = [-\infty < X(t_1) \leq X]. \quad (2.25)$$

მისთვის სამართლიანია ისეთივე დამოკიდებულებები, როგორც განაწილების სტაციონალური ინტეგრალური ფუნქციისათვის $P(X)$. თუ დროის $t=t_1$ მომენტში დროის რეალურ მასშტაბში პროცესი $\{X(t)\}$ გაუსის პროცესია, მაშინ ფუნქციას $P(X, t_1)$ აქვს სახე

$$P(X, t_1) = [\sigma_X(t_1) \sqrt{2\pi}] \exp\left\{-\frac{[X - \mu_X(t_1)]^2}{2\sigma^2(t_1)}\right\}, \quad (2.26)$$

ანუ მთლიანად განისაზღვრება კვადრატის საშუალო მნიშვნელობით $X(t)$ ფუნქციის დროის რეალურ მასშტაბში, როდესაც $t=t_1$.

დროის ორი, t_1 და t_2 მომენტისათვის ალბათობების ორგანზომილებიან სიმკვრივეს დროის რეალური მასშტაბისათვის აქვს შემდეგი სახე

$$P(X_1, t_1, X_2, t_2) = \lim_{\substack{\Delta X_1 \rightarrow 0 \\ \Delta X_2 \rightarrow 0}} \frac{P[X_1 < X_1(t_1) \leq X_1 + \Delta X_1; X_2 < X_2(t_2) \leq X_2 + \Delta X_2]}{\Delta X_1 \Delta X_2}. \quad (2.27)$$

X_1 და X_2 -ს ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის ამ ფუნქციას გააჩნია შემდეგი ძირითადი თვისებები

$$\int_{-\infty}^{+\infty} P(X_1, t_1, X_2, t_2) dx_1 dx_2 = 1; \quad (2.28)$$

$$P(X_1, t_1) = \int_{-\infty}^{+\infty} P(X_1, t_1, X_2, t_2) dx_2; \quad (2.29)$$

$$P(X_2, t_2) = \int_{-\infty}^{+\infty} P(X_1, t_1, X_2, t_2) dx_1; \quad (2.30)$$

$$P_X(t_1, t_2) = M[X(t_1)X(t_2)] = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} X_1 X_2 P(X_1, t_1, X_2, t_2) dx_1 dx_2; \quad (2.31)$$

ალბათობების განაწილების ორგანზომილებიანი ინტეგრალური ფუნქცია დროის რეალურ მასშტაბში წარმოგვიდგება შემდეგი სახით

$$P(X_1, t_1, X_2, t_2) = P[-\infty < X(t_1) \leq X_1; -\infty < X(t_2) \leq X_2]. \quad (2.32)$$

შემდგომ განვიხილავთ რა დროის t_3 , t_4 და ა.შ. მომენტებს, შეიძლება განვსაზღვროთ განაწილების სიმკვრივეები და ინტეგრალური ფუნქციები დროის რეალური მასშტაბისათვის უფრო მაღალი თანრიგებისათვის, რომლებიც იძლევა უფრო მეტ დეტალურ ინფორმაციას შესაბამისი შემთხვევითი პროცესის $\{X(t)\}$ შესახებ.

შეიძლება განხილული იქნას აგრეთვე ორი სხვადასხვა პროცესი დროის რეალურ მასშტაბში $\{X(t)\}$ და $\{Y(t)\}$. განაწილების ერთობლივ (ორგანზომილებიანი) სიმკვრივეს შემთხვევითი სიდიდეებისათვის $X(t)$ და $Y(t)$ აქვს შემდეგი სახე

$$P(X_1, t_1, X_2, t_2) = \lim_{\substack{\Delta X \rightarrow 0 \\ \Delta Y \rightarrow 0}} \frac{P[X < X(t_1) \leq X + \Delta X; Y < Y(t_2) \leq Y + \Delta Y]}{\Delta X \Delta Y}. \quad (2.33)$$

ამ ფუნქციას გააჩნია იგივე ძირითადი თვისებები, რაც განაწილების ორგანზომილებიან სიმკვრივეს დროის რეალური მასშტაბის ერთი პროცესისათვის დროის ორი, t_1 და t_2 მომენტისათვის. კერძოდ, დროის რეალური მასშტაბის პროცესების ურთიერთკორელაციური ფუნქცია აკმაყოფილებს თანაფარდობას

$$P_{xy}(t_1, t_2) = M[X(t_1)X(t_2)] = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} XY P(X, t_1, Y, t_2) dx dx; \quad (2.34)$$

დროის რეალურ მასშტაბში პროცესის განაწილების სიმკვრივის გაზომვა წარმოადგენს საკმაოდ მწელ ამოცანას. ასე მაგალითად, იმისათვის, რომ აიგოს განაწილების თუნდაც ერთგანზომილებიანი სიმკვრივე, აუცილებელია განხილული იქნას X და Y -ის ყველა შესაძლო კომბინაცია. ამისათვის აუცილებელია შერჩევითი რეალიზაციის საკმაოდ დიდი ანსამბლი, მაგრამ, თუ პროცესს დროის რეალურ მასშტაბში გააჩნია ნორმალური განაწილება, მაშინ ფუნქციის $P(X_1, t_1)$ მიღება დაიყვანება სიდიდეების $\mu_X(t)$ და $\sigma_X^2(t)$ გაზომვის ამოცანამდე.

პრაქტიკაში შესასწავლი პროცესები დროის რეალურ მასშტაბში წარმოდგენილია, როგორც წესი ერთი ან მცირე რაოდენობის რეალიზაციით. ასეთ შემთხვევებში საჭირო ხდება არსებული მონაცემების ანალიზის ჩატარება დროის მიხედვით გასაშუალების გზით, როგორც ეს ხდება სტაციონალური ერგოდიკული პროცესების შემთხვევაში. ზოგად შემთხვევაში განაწილების სიმკვრივის განსაზღვრა დროის რეალურ მასშტაბში დროის მიხედვით გასაშუალების გზით იძლევა ძლიერ დამახინჯებულ შეფასებებს. კერძოდ, ამ მეთოდით მიღებული პროცესის განაწილების შეფასება დროის რეალურ მასშტაბში კვადრატის საშუალო მნიშვნელობით ცვლადი, მისი დიდი და მცირე მნიშვნელობები, აღმოჩნდება არსებითად გაზრდილი, ხოლო შუალედი სიდიდეების ალბათობები კი – შემცირებული.

განვიხილოთ, მაგალითად, შემდეგი კერძო შემთხვევა. ვთქვათ, არსებული რეალიზაციის პირველი ნახევარი წარმოადგენს შერჩეულ სიდიდეს სტაციონარული პროცესიდან დროის რეალურ მასშტაბში ნომინალური განაწილებით, ნულოვანი საშუალო სიდიდით და დისპერსიით σ_1^2 ; შერჩეული სიდიდის მეორე ნახევარი პირველისაგან განსხვავდება მხოლოდ დისპერსიის მნიშვნელობით $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$. ანუ $X(t)$ ფუნქციას აქვს სახე

$$X(t) = \begin{cases} X_1(t), & 0 \leq t \leq T/2; \\ X_2(t), & T/2 \leq t \leq T, \end{cases} \quad (2.35)$$

ხოლო მისი განაწილების სიმკვრივე

$$P(X, t) = \begin{cases} [\sigma_1^{-1} \sqrt{2\Pi}] \exp(-X^2 / 2\sigma_1^2), & 0 \leq t \leq T/2; \\ [\sigma_2^{-1} \sqrt{2\Pi}] \exp(-X^2 / 2\sigma_2^2) & T/2 \leq t \leq T, \end{cases} \quad (2.36)$$

თუ $X(t)$ ფუნქციის განაწილების სიმკვრივის გაანგარიშების დროს ინტერვალში $0 \leq t \leq T$ არ გავითვალისწინებთ ცდომილებას $\sigma_X^2(t)$, მაშინ შესაბამისი შეფასება X -ის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის წარმოადგენს X -ის მოცემული მნიშვნელობის დროის რეალიზაციის ორი ტოლი მონაკვეთის განაწილების სიმკვრივის საშუალო მნიშვნელობას.

$$\hat{P}(X) = (2\sqrt{2\pi})^{-1} \left[\sigma_1^{-1} \exp\left(-\frac{X^2}{2\sigma_1^2}\right) + \sigma_1^{-1} \exp\left(-\frac{X^2}{2\sigma_2^2}\right) \right], \quad (3.37)$$

ამრიგად, გამოსაკვლევი პროცესების ალბათური მახასიათებლების მიღების მათემატიკური ანალიზი დროის რეალურ მასშტაბში საშუალებას იძლევა შევაფასოთ მიღებული შედეგების ცდომილება და დავასაბუთოთ სტატისტიკური კრიტერიუმების გამოყენების შესაძლებლობა პროცესის რეალიზაციის სიგრძის განსაზღვრისათვის.

2.5. კავკასიის მთაგორიან რეგიონში დასაქმებული ავტოსატრანსპორტო საშუალებების

მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკური კვლევის მეთოდის შემუშავება

მაღალი ტექნიკური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლიანი ავტომობილების შექმნა, როგორც გვიჩვენა წინათ ჩატარებული კვლევების განზოგადოებულმა ანალიზმა, შესაძლებელია მხოლოდ მას შემდეგ, რაც დაწვრილებით იქნება შესწავლილი ექსპლუატაციის პირობები, ჩატარებული იქნება მექანიზმების მუშაობის სიჩქარის და სადატვირთვო რეჟიმების სტატისტიკური კვლევები, შესწავლილი იქნება მოძრაობის სიჩქარის და სათბობის ეკონომიურად ხარჯვის საკითხები ექსპლუატაციის შერჩეულ პირობებში. ამ გამოკვლევების ძირითად ეტაპებს მიეკუთვნება:

- ექსპერიმენტების ჩატარების პირობების შერჩევა;
- ავტომობილების მომზადება გამოცდებისათვის;
- სამეცნიერო-კვლევითი აპარატურის მომზადება, გამართვა და ტარირება;
- ოქმების და სარეგისტრაციო უწყისების ფორმების შემუშავება ერთეულოვანი და ჯგუფური გარბენების შედეგების ფიქსაციისათვის, რომლებიც გამოდგება ეგმ-ში ავტომატიზირებული დამუშავებისათვის;
- გამოცდის შედეგების ეგმ-ზე დამუშავებისათვის ალგორითმებისა და პროგრამების შემუშავება;
- კვლევის პროგრამების, კერძო მეთოდების, ექსპერიმენტების ჩატარების საკონტროლო-მეთოდური ცხრილების შემუშავება;
- საცდელი ექსპერიმენტების ჩატარება, რომელიც აუცილებელია აპარატურის მუშაობის ხარისხის შემოწმებისა და კვლევის რაციონალური მოცულობის დაზუსტებისათვის;
- ავტო-სატრანსპორტო სისტემების მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების კვლევის ჩატარება ექსპლუატაციის მოცემულ პირობებში;
- გამოცდების და კვლევების შედეგების პირველადი და სტატისტიკური დამუშავება, აგრეთვე სიზუსტის ხარისხის განსაზღვრა;
- მიღებული შედეგების ანალიზი და განზოგადოება.

ტვირთის სპეციფიკის ანალიზის, ნიადაგის, კლიმატური და საგზაო პირობების, საავტომობილო პარკის სტრუქტურისა და რიცხოვნობის, გადაზიდვების მოცულობის, სტრუქტურის და სეზონურობის, დატვირთვა-გადმოტვირთვის სამუშაოების მექანიზმების დონის ბაზაზე შერჩეულია ორი ჯგუფი ექვს-ექვსი თავისებური თვისებების მარშრუტით თითოეული. ეს მარშრუტები გადიოდა გორის, დედოფლის წყაროს, წალკის, თეთრი წყაროს რაიონებზე. ამავე დროს გორის და დედოფლის წყაროს რაიონებზე გამავალი ტიპური მარშრუტები ხასიათდება თავისებურებით – ახლოს არის ვაკე (დაბლობი) ტიპის გზებთან, შედარებით მცირე პროცენტი შეიცავს მთაგორიანი გზებისათვის დამახასიათებელ ელემენტებს (მაგალითად, გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტები). გაუმჯობესებული საფარიანი გზები გორის რაიონის მარშრუტებზე შეადგენდა 51,9%, დედოფლის

წყაროს რაიონის მარშრუტებზე –21,1%, მარშრუტების მთელი სიგრძის დიდი ნაწილი შეადგენდა მოხრეშილ საფარიან გზებს. წალკის და თეთრი წყაროს რაიონებზე გამავალი მარშრუტების გეგმა და გრძივი პროფილი ხასიათდება ტიპიური მთაგორიანი გზების თვისებებით, ხრემის საფარიანი გზების პროცენტი ამ რაიონებზე გამავალი მარშრუტებისათვის შეადგენს შესაბამისად 7,99% და 95,9%. გრუნტიანი გზების წალკის რაიონში შეადგენს მარშრუტის მთელი სიგრძის 18,5%.

საგამოცდო გარბენების სრულდებოდა რეალური ტვირთის გადაზიდვის რეჟიმში და ცალკეული სახის სატრანსპორტო სამუშაოებისათვის მუშავდებოდა გარკვეული მეთოდიკები (ინსტრუქციები), რომლებიც უზრუნველყოფდა ექსპლუატაციის პირობების შესაბამისობას ავტომატარებლის ტექნიკურ პირობებთან. კერძო მეთოდიკებით (ინსტრუქციებით) გათვალისწინებული იყო ავტომატარებლის გადატვირთვის შემთხვევებიც. ყველა სახის სატრანსპორტო სამუშაოების (რეისების) შესრულების დროს ხდებოდა ავტომატარებლის აწონვა და შედეგების შეტანა სათანადო საქმეში. ვითვალისწინებდით რა ავტომობილზე მოქმედ დაბრკოლებათა წყაროების სიმრავლეს (გენერატორი, სტარტერი, მწყვეტარა-განმანაწილებელი), ელექტროგაყვანილობა მთლიანად შესრულებული იყო ეკრანირებული კაბელების სახით. კვება ხორციელდებოდა დამოუკიდებელი წყაროდან (აკუმულიატორის ბატარეა ტევადობით 140 ამპ/სთ). ძაბვის ვარდნა მუშა დატვირთვის დროს დაშვებული იყო არა ნაკლებ 10,5 ვოლტამდე.

მზომი გარდამქმნელების და აპარატურის ტარირება ისეთი პარამეტრების გაზომვისათვის, როგორცაა ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე, მაღალი წნევის სათბობის ტუმბოს ლარტყის სვლა, გადაცემათა ჩართვის რაოდენობა, სათბობის ხარჯი, დროის ათვლა ხორციელდებოდა სასტენდო პირობებში, ზოლო გზისა და მოძრაობის სიჩქარის გასაზომი გარდამქმნელებისა და აპარატურის ტარირება კი – გზის სწორ მონაკვეთზე გაუმჯობესებული საფარით და ნულოვანი დახრილობით.

მზომი გარდამქმნელების და აპარატურის რეგულირების ზედა და ქვედა ზღვრები განისაზღვრებოდა ექსპლუატაციის პირობებში, გამომდინარე ანალიზატორების დინამიური დიაპაზონის მაქსიმალურად გამოყენების

პრინციპიდან. ეს მნიშვნელობები მოყვანილია ქვემოთ კვლევის შედეგების და მათი ანალიზის განხილვის დროს.

გამოცდის შედეგების ჩაწერისათვის შემუშავებული იყო სარეგისტრაციო ფორმები (ოქმები), სადაც დეტალირების აუცილებელი ხარისხით აისახებოდა ექსპერიმენტის ჩატარების პირობები, მრიცხველების ჩვენებები და სხვა მონაცემები, რომლებიც აუცილებელია შედეგების დამუშავებისათვის. იმის გამო, რომ მრიცხველების და მარეგისტრირებელი ბლოკების რაოდენობა აღწევდა რამდენიმე ათეულს, ოქმები დგებოდა ისე, რომ მრიცხველის მაჩვენებლის ჩაწერის დროს შენარჩუნებული ყოფილიყო საგამოცდო ინფორმაციის არა მარტო ინფორმაციული, აგრეთვე სტრუქტურული გამოსახვა. ანალოგიურად იყო დაპროექტებული და რეალიზებული მონაცემების მასივი ინფორმაციის მანქანურ მატარებლებზე ეგმ-თვის, რაც მნიშვნელოვნად ამსუბუქებდა და აჩქარებდა მიღებული ინფორმაციის ეგმ-ში შეტანის და რეგისტრაციის პროცესს. ეს მონაცემები ირთვებოდა მონაცემების ბანკში ავტომობილების ექსპლუატაციის პირობების და მუშაობის რეჟიმების შესახებ, ხოლო მათი დამუშავების პროგრამები კი – სპეციალური გამოყენებითი პროგრამების ბიბლიოთეკაში.

ავტომატარებლების სოფლის მეურნეობის წარმოებაში მუშაობის რეჟიმების წინათ ჩატარებული კვლევის [56] შედეგების ანალიზმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა, რომ ძირითად ფაქტორებად, რომლებზედაც დამოკიდებულია გაზომვების შედეგები და სტატისტიკური მაჩვენებლების სიდიდე, შეიძლება ჩაითვალოს:

- ტვირთამწოების გამოყენების კოეფიციენტი;
- სხვადასხვა ტვირთამწოების მისაბმელი შემადგენლობის გამოყენება;
- გზის საფარების სახეების გავლენა;
- კლიმატური ფაქტორების გავლენა;
- სხვადასხვა სახის ტექნიკასთან აგრეგატირება;
- ავტომობილის ტარების ინდივიდუალური თვისებები;
- ავტომობილის ტექნიკური მდგომარეობა.

მექანიზმების მუშაობის ტიპიზირებული რეჟიმის მიღებისათვის აუცილებელია ექსპერიმენტი აიგოს ისე, რომ შეფასდეს თითოეული ფაქტორის გავლენა და მათი წონითი კოეფიციენტების გათვალისწინებით მივიღოთ ტიპიზირებული მუშაობის რეჟიმი. რაც შეეხება პირველ და ბოლო ფაქტორებს, როგორც აღნიშნული იყო ზემოთ, ავტომატარებლის სტაბილური ტექნიკური მდგომარეობა და მუდმივი, ან მკაცრად ფიქსირებული დატვირთვა საშუალებას გვაძლევს ან გამოვრიცხოთ მათი გავლენა მექანიზმების მუშაობის რეჟიმზე, ან მკაფიოდ განვსაზღვროთ პირველი ფაქტორის გავლენა ხსენებულ მუშაობის რეჟიმზე. იგივე ეკუთვნის მიკრო და მაკროპროფილებს, რადგანაც ისინი რჩება მუდმივებად გამოცდის მთელი პერიოდის განმავლობაში ცალკეულ მარშრუტზე.

სხვადასხვა ტვითრამწეობის მისაბმელი შემადგენლობის გამოყენების ფაქტორი მოცემულ ეტაპზე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია გამოირიცხოს განხილვიდან, რამდენადაც კვლევა ტარდებოდა ავტომობილ Mercedes-Benz Atego-ზე და მის მისაბმელზე. ტიპიური მარშრუტის ორივე ჯგუფის საგზაო პირობებში ორი და მეტი მისაბმელის გამოყენება ეწინააღმდეგება უსაფრთხოების ტექნიკას, ხოლო მისაბმელის სხვადასხვა ტვითრამწეობის მოდიფიკაციის შემუშავებისათვის საჭიროა საკმაოდ დამაჯერებელი დასაბუთება ეკონომიკური ეფექტიანობის თვალსაზრისით, რაც წარმოადგენს ცალკე კვლევის საგანს.

გზის საფარების სახესხვაობის (ტიპების) გავლენა გამოყენებული იყო ტიპიური მარშრუტების შერჩევის გზით.

კვლევის ჩატარებაში მონაწილეობდა მძღოლების ჯგუფი, რომელიც შედგებოდა ოთხი კაცისაგან, ასაკი 35...42 წლის რომლებიც ფლობდნენ ნორმალურად რთულ საგზაო პირობებში, ავტომობილის მართვის ბილეთებს, მათთვის ცნობილი იყო სამუშაოთა ხასიათი, ყველა სახის გადასაზიდი ტვირთი. მძღოლი-გამომცდელების მუშაობის სტაჟი შეადგენდა 15...20 წელს.

გამოცდების დროს მოძრაობის რეჟიმი ხორციელდებოდა მკაცრად შესაბამისობაში საგზაო მოძრაობის წესებთან [58], იმ პირობით, რომ რაც შეიძლება სწრაფად ყოფილიყო გავლილი მარშრუტი. იმ მიზნით, რომ მაქსიმალურად გამოგვერიცხა მართვის ინდივიდუალური თვისებები, აკრძალული იყო მიგორვითი

მოდრაობა. ყველა მძღოლი გამოცდის წინ ეცნობოდა მარშრუტებს და მათზე მოძრაობის პირობებს. ამ მიზნით მძღოლები რამოდენიმეჯერ (5...10-ჯერ) გადიოდნენ აღნიშნულ მარშრუტებს. კვლევის დაწყების წინ ეწყობოდა გარბენების მთელი სერიები ცალკეულ მარშრუტებზე იმ მიზნით, რომ განსაზღვრულიყო ოპტიმალური საზღვრები აპარატურის და გადამწოდების რეგულირებისათვის. ამ სამუშაოების მიზანი იყო ანალიზატორების დინამიკური დიაპაზონის მაქსიმალური შევსება და მონაცემების მიღება ერთნაირ ან ჯერად მასშტაბებში სხვადასხვა მარშრუტებიდან. შედეგად მიღწეული იქნა ანალიზატორების დინამიკური დიაპაზონის მაქსიმალური გამოყენება, რამაც საშუალება მოგვცა გაგვეზარდა საიმედოობა და კვლევის შედეგების სიზუსტე.

ჩატარებული გამოცდების შედეგებმა გვაჩვენა, რომ ავტომობილების მთიან რეგიონში მუშაობის რეჟიმების კვლევის მეთოდოლოგია უზრუნველყოფს მექანიზმების მუშაობის ტიპიზირებულ რეჟიმების მიღებას შემდგომი აღწარმოებით მათემატიკური ან ფიზიკური მოდელების საშუალებით.

მთავორიან ადგილებში ავტომობილების მუშაობის რეჟიმების მაჩვენებლების სტატისტიკური მახასიათებლები შეიძლება დადგენილი იქნას მხოლოდ ხანგრძლივი საგზაო გამოცდების შედეგად. ამიტომ სტატისტიკური კვლევის მინიმალური მოცულობის განსაზღვრას, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება მათი უტყუარობის აუცილებელი ხარისხი, აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა.

2.6. მდგრადი სტატისტიკური მახასიათებლების

სარეგისტრირებელი პარამეტრების მიღებისათვის საჭირო

ექსპერიმენტის საჭირო მინიმალური ხანგრძლივობის განსაზღვრის მეთოდика

იმის გათვალისწინებით, რომ კვლევები ტარდებოდა კონკრეტულ მარშრუტებზე, სტატისტიკური კვლევის მინიმალური მოცულობის განსაზღვრის ამოცანა მდგომარეობდა, პირველყოვლისა, ამ მარშრუტებზე რეგისტრირებული მდგრადი სტატისტიკური მახასიათებლების მიღების შესაძლებლობის შეფასებაში.

ამ მიზნით ავტორის მიერ გამოყენებული იყო პირსონის შესაბამისობის კრიტერიუმი – X^2 , რომლებიც გამოიყენებოდა განაწილების თეორიული და ემპირიული შესაბამისობის შეფასების დროს.

პირსონის შესაბამისობის კრიტერიუმი განისაზღვრება ფორმულით

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i}, \quad (2.39)$$

სადაც f_i - საცდელი სიხშირეებია;

F_i - თეორიული სიხშირეებია.

გამოსახულებიდან ჩანს, რომ X^2 სიდიდე ტოლია ნულის მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ყველა შესაბამისი ემპირიული და თეორიული სიხშირეები ემთხვევა: $f_i = F_i$, სხვა შემთხვევებში $i=1,2,\dots,k$. სიდიდე განსხვავდება ნულისაგან მით მეტად, რაც უფრო მეტია განსხვავება აღნიშნულ სიხშირეებს შორის.

ასეთი სახის ექსპერიმენტის მინიმალურად აუცილებელი ხანგრძლივობის განსაზღვრის შემოთავაზებულ მეთოდში განაწილების რიგის შეპირისპირება სრულდება სხვადასხვა სიგრძის და რეალიზაციის შერჩეული ობიექტებისათვის, რომლებიც ახასიათებს მთელ გამოსაკვლევ გარბენს მოცემულ მარშრუტზე და განიხილება გენერალურ ერთობლიობაში.

გავითვალისწინეთ რა წინათ ჩატარებული კვლევების გამოცდილება, ავტომობილის საერთო გარბენი მიღებული იქნა არა ნაკლებ 50 კმ-სა მარშრუტის ხუთჯერ გავლის დროს, რომელზეც ტარდებოდა კვლევები.

ამ მიზნით გარბენი დაყოფილი იყო ტოლი სიგრძის მონაკვეთებად. გარბენების დროს მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების ყველა მაჩვენებლების ჩაწერა ხორციელდებოდა დაგროვების მეთოდით, ანუ პირველი ოქმი უნდა შეესაბამებოდეს

მარშრუტის ერთჯერ გავლას, მეორე – ორი მარშრუტის ჯამს, მესამე – სამი მარშრუტის ჯამს და ა.შ.

მინიმალურად აუცილებელი გარბენის სიგრძის შეფასება, რომელიც უზრუნველყოფდა უტყუარი ინფორმაციის მიღებას ალბათობის 90%-იანი დონით, ხდებოდა ავტომობილის მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების ყველა პარამეტრის მიხედვით შემდეგი თანმიმდევრობით:

განისაზღვრება გამოსაკვლევი პარამეტრის განაწილების რიგები მიღებული საერთო L გარბენისათვის და λ_1 მარშრუტისათვის. ვსარგებლობთ რა ამ ორი ვარიაციული რიგის (F_i^L და $f_i^{\lambda_1}$) სიხშირეებით, პირსონის თეორემის მიხედვით ვანგარიშობთ X კრიტერიუმს და მონაცემების ცხრილით ვპოულობთ X^2 -ის მნიშვნელობა $(0,90)$.

შემდეგ თანმიმდევრობით სრულდება ანალოგიური გამოთვლები $\lambda_2, \lambda_3, \dots$ უბნებისათვის, სადაც $\lambda_2 > \lambda_1, \lambda_3 > \lambda_1$ და ...ა.შ. თუ X^2 -ის მიღებული მნიშვნელობა $X^2 > X^2(0,90)$ ეს მოწმობს იმაზე, რომ გამოსაკვლევი პარამეტრის განაწილების მრუდები სხვადასხვაა გარბენის მოცემული სიგრძისათვის და სრული მარშრუტისათვის და გამოსაკვლევი პარამეტრისათვის აღნიშნული სიგრძის გარბენის დროს შეუძლებელია უტყუარი ინფორმაციის მიღება 90%-ის ალბათობით. თუ კი ამა თუ იმ სიგრძის გარბენის დროს ჩვენ მივიღეთ უტოლობა $X^2 > X^2(0,90)$ და სიგრძის შემდგომი გაზრდის შემთხვევაში ეს უტოლობა შენარჩუნდება, მაშინ ეს სიგრძე შეიძლება მიღებული იქნას როგორც მინიმალურად აუცილებელი გამოსაკვლევი პარამეტრისათვის უტყუარი ინფორმაციის მისაღებად ალბათობის დონით 90%.

როგორც ჩატარებული გამოკვლევების შედეგებმა აჩვენა, სტატისტიკური კვლევის მინიმალური მოცულობის განსაზღვრის შემოთავაზებულმა მეთოდმა უზრუნველყო უტყუარი ინფორმაციის მიღება (საიმედობის დონით 90%) ავტომობილის მექანიზმების მუშაობის შესახებ მთავორიან პირობებში სასოფლო სამეურნეო წარმოებაში მისი ექსპლუატაციის დროს და სხვადასხვა ფაქტორების გავლენის (მძღოლის ინდივიდუალური თვისებების, მეტეოროლოგიური პირობების, ავტომატარებლის წონადობის მდგომარეობა და ა.შ.) შეფასება.

მოკლე დასკვნები მეორე თავის მიხედვით

1. განსაზღვრული იქნა პარამეტრების სისტემა, რომელიც ახასიათებს ავტომატარებლის მექანიზმების მუშაობის რეჟიმებს და რომელიც საშუალებას იძლევა მიღებული იქნას უტყუარი და ერთმნიშვნელოვანი სტატისტიკური მონაცემები მთაგორიან პირობებში მუშაობის რეჟიმების შესახებ.
2. გამოსაკვლევ პროცესების დროის რეალურ მასშტაბში ალბათური მახასიათებლების შეფასების მათემატიკური საფუძვლების ანალიზმა საშუალება მოგვცა შეგვეფასებინა ამ მახასიათებლების მიღების ცდომილებები მათი თეორიული თვისებებისა და თავისებურებების გათვალისწინებით.
3. მთაგორიან პირობებში ავტომატარებლის მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების კვლევის შემუშავებული მეთოდოლოგია უზრუნველყოფს მექანიზმების მუშაობის ტიპიზირებული რეჟიმების მიღებას, რომლებიც შეიძლება წარმოებული იქნას მათემატიკური ან ფიზიკური მოდელების დახმარებით და გამოყენებული იქნას კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციის დროს.
4. კვლევის აუცილებელი მინიმალური ხანგრძლივობის განსაზღვრის შემუშავებული მეთოდიკა უზრუნველყოფს გამოსაკვლევ პროცესების მდგრადი სტატისტიკური მახასიათებლების მიღებას.

3. ავტომატარებელ QMercedes-Benz Atego კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის და მუშაობის რეჟიმების დადგენა

კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის ფორმირების მეთოდის გაიაზრება როგორც საგზაო პირობების, ასევე ავტომატარებლის მიერ სატრანსპორტო სამუშაოების შესრულების სტატისტიკური ანალიზის მეთოდებზე და შედეგაზე შემდეგი ძირითადი ეტაპებისაგან:

ა) აპრიორული ინფორმაციის ბაზაზე ფორმირდება წარმოებაში კონკრეტული მარშრუტების წარმომადგენლობითი ერთობლიობა;

ბ) ცალკეული მარშრუტის მიხედვით განისაზღვრება საგზაო პირობების და სატრანსპორტო სამუშაოების მახასიათებლები (სხვადასხვა დახრილობის და საფარის უბნების რაოდენობა და სიგრძე, გადასაზიდი ტვირთის წონა და უქმი სვლით გარბენი თითოეულ უბანზე, ცალკეულ უბნებზე მოძრაობის და საშუალო სიჩქარე და მოძრაობის სიჩქარის განაწილება თითოეულ უბანზე და ა.შ.);

გ) სტატისტიკური მახასიათებლების შეფასების განსაზღვრა მარშრუტების ერთობლიობისა და თითოეული ტიპის უბნისათვის;

დ) კლასიფიკაციის (მარშრუტების ერთობლიობის დაყოფა ჯგუფებად) აუცილებლობის შემოწმება სტატისტიკური ჰიპოთეზების მეთოდით შემოწმების საშუალებით;

ე) მარშრუტის ცალკეული უბნებს ტიპიზაცია შიგა საკვალიფიკაციო ჯგუფებში (თუ ეს აუცილებელია) და მთელი ერთობლიობისათვის;

ვ) კომპლექსური მარშრუტის მიღება სტატისტიკური მახასიათებლის გარდაქმნის საშუალებით კონკრეტულ რეალიზაციაში.

3.1. კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტების რაოდენობის

წინასწარი განსაზღვრა

საქართველოს მთაგორიანი რეგიონების წინასწარმა ანალიზმა, რომელიც მოყვანილია წინა თავში, საშუალება მოგვცა გამოგვეყო ოთხი წარმომადგენლობითი რაიონი, სადაც ავტომატარებელ Mercedes-Benz Atego-ს გამოყენება ეკონომიკურად გამართლებულია: გორის, დედოფლის წყაროს, წალკის და თეთრი წყაროს. ყველა ჩამოთვლილ სასოფლო სამეურნეო რაიონში გამოკვლეული იქნა სხვადასხვა რაოდენობის კონკრეტული მარშრუტები. გრძივი პროფილის და გადაზიდვის მარშრუტების გეგმების ანალიზმა აჩვენა, რომ გორის და დედოფლის წყაროს რაიონებში (ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფი) ეს გეგმები გაცილებით მარტივია სტრუქტურით, ვიდრე წალკის და თეთრი წყაროს (მთლიანი კლასიფიკაციის ჯგუფი) რაიონებში. ჩატარებულმა კვლევებმა [6] გვაჩვენა, რომ მოსახვევების რაოდენობა რადიუსით 100 მ მთიანი კლასიფიკაციის ჯგუფისათვის შეადგენს 5,3 ერთ კმ გზაზე, მაშინ, როდესაც ვაკე კლასიფიკაციის გზისათვის შეადგენს მხოლოდ 0,3. ზღვის დონიდან საშუალო სიმაღლე მთიანი ჯგუფის მარშრუტისათვის შეადგენს 1000 მ.

გაუმჯობესებულ საფარიანი გზები პირველი ორი რაიონისათვის შეადგენს შესაბამისად 51,9% და 21,1%, ხოლო მესამე და მეოთხე რაიონებისათვის შესაბამისად 1,6% და 4,6% (იხ.ცხრ.3.1). ავტომატარებლის მუშაობის რეჟიმი მოხრეშილ და გრუნტიან გზებზე რამდენიმეჯერ მძიმეა ვიდრე გაუმჯობესებულ საფარიან გზებზე [6].

ამრიგად, რაიონების საკლასიფიკაციო ჯგუფებს გააჩნიათ სამი განმასხვავებელი ნიშან-თვისება: 1. გზების გრძივი პროფილის სირთულე; 2. საფარის სახე და 3. გზების გეგმის სირთულე, რომელიც განაპირობებს მოძრაობის წინააღმდეგობის ჯამურ ძალას და [33,35] შრომების მონაცემების თანახმად გზების გეგმების სხვადასხვა სირთულე მოძრაობის წინააღმდეგობის ჯამურ ძალასთან ერთად კომპლექსში განსაზღვრავს ავტომობილის კვანძების და აგრეგატების მუშაობის უფრო მკაცრ რეჟიმს, აგრეთვე ავტომატარებლის მუშაობის სხვადასხვა სიჩქარით რეჟიმს ასეთ პირობებში.

ზემოაღნიშნული საშუალებას გვაძლევს განხილული რეგიონების მარშრუტები გავყოთ ორ საკლასიფიკაციო ჯგუფად: გორის, დედოფლის წყაროს – ვაკე ტიპის, წალკის, თეთრი წყაროს – მთაგორიანი.

რამდენადაც წინამდებარე ნაშრომში განიხილება ავტომატარებლის გამოყენება მთაგორიანი რეგიონების პირობებში, ამიტომ ვაკე ტიპის საკლასიფიკაციო ჯგუფი სრული მოცულობით არ განიხილება; მაგრამ ზოგიერთი მონაცემები მათ შესახებ არ არის ინტერესმოკლებული და შეიძლება გამოყენებული იქნას შედარებითი ანალიზისათვის.

ცხრილი 3.1.

მარშრუტების განაწილება საფარების ტიპების მიხედვით

რაიონი	გამოკვლეული მარშრუტების რაოდ-ბა	გამოკვლეული მარშრუტების საერთო სიგრძე, კმ	მათ შორის საფარის ტიპების მიხედვით		
			გაუმ-ჯობესებუ-ლი	მოხრეშილი	გრუნტის
გორის	25	376	51,9	45,7	2,4
დედოფლის წყაროს	17	225,5	21,1	78,9	-
წალკის	18	213,6	1,6	789,9	18,5
თეთრი წყაროს	11	125	4,6	95,4	-

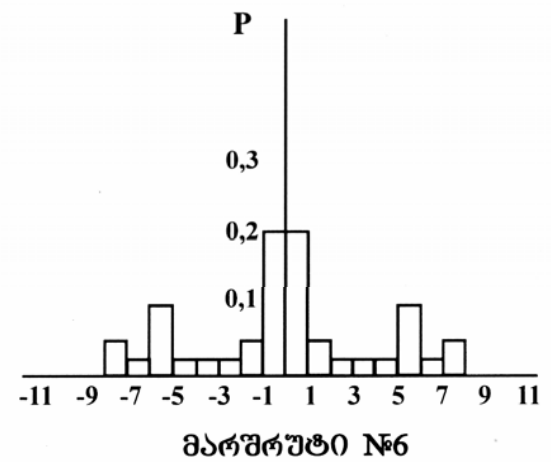
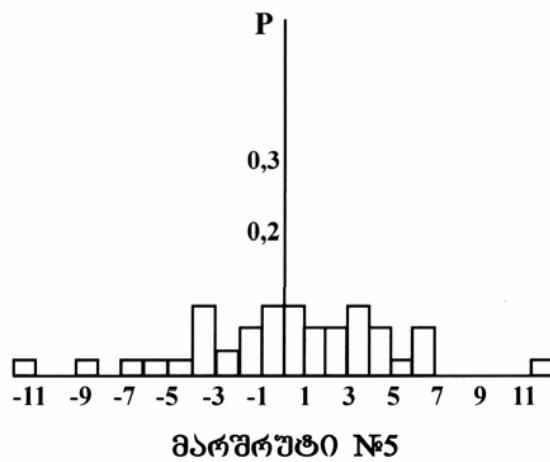
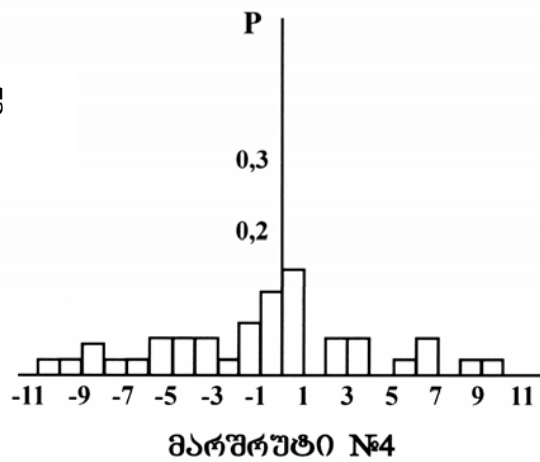
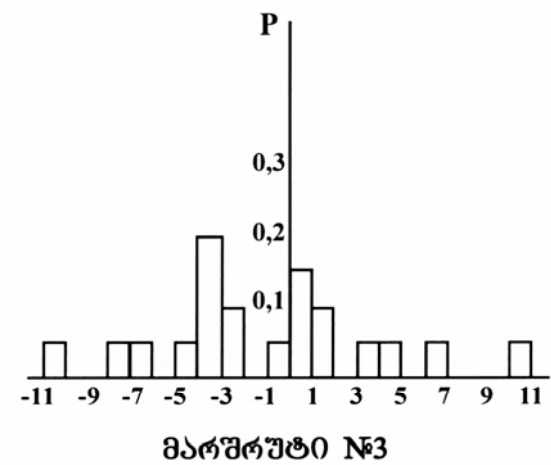
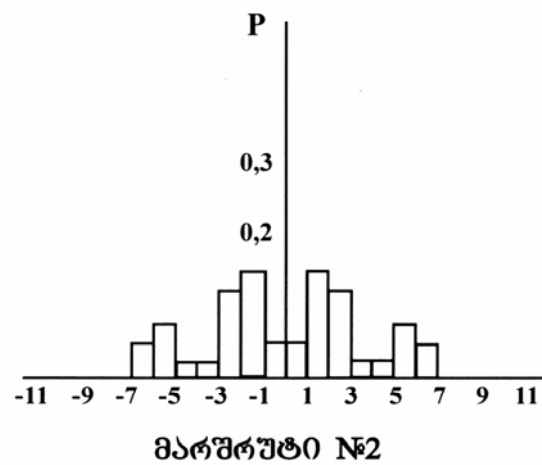
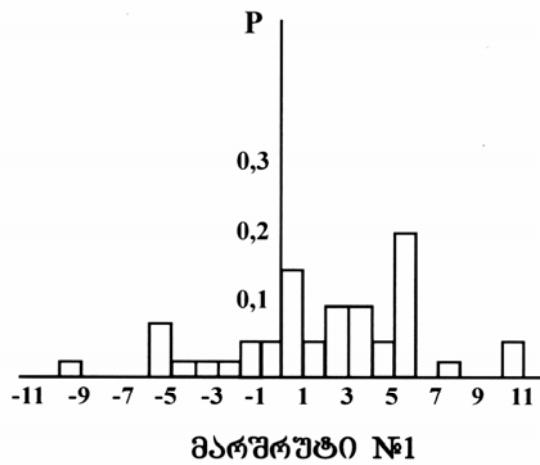
უნდა აღინიშნოს, რომ საკლასიფიკაციო ჯგუფში ადგილი აქვს მნიშვნელოვან გაზრდას გაუმჯობესებულ საფარიანი გზების განაწილებაში (პრაქტიკულად ორჯერ), და უფრო დეტალური ანალიზის შემთხვევაში ეს ორი რაიონი საჭიროა განხილული იქნას ცალკე.

მთაგორიან საკლასიფიკაციო ჯგუფში მოხრეშილი გზები ფაქტიურად შეადგენს შესაბამისად 79,9% და 95,4%, რაც განსაზღვრავს გზების საფარის სახეს ამ ჯგუფში. საჭიროა გავითვალისწინოთ, რომ მოძრაობისადმი ჯამური წინააღმდეგობის ძალა მოხრეშილ გზებზე 3-4-ჯერ მეტია, ხოლო მოძრაობის საშუალო სიჩაქრე დაახლოებით 1,5-ჯერ ნაკლებია ვიდრე გაუმჯობესებულ საფარიან გზებზე.

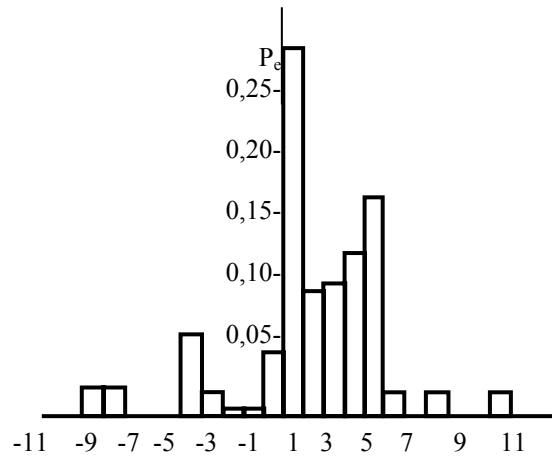
მთაგორიან საკლასიფიკაციო ჯგუფში გამოკვლეულია 29 მარშრუტი, მათ შორის შერჩეულია 6 ტიპური, რომელზედაც გადაიზიდება ტვირთის ძირითადი მასა. მონაცემები გრძივი პროფილის, კერძოდ, გრძივი დახრილობის და მათი მანძილების განაწილების შესახებ მოყვანილია ცხრილებში 3.2 და 3.3 და ნახაზებზე 3.1 და 3.2.

3.2. ცალკეული მარშრუტების მთაგორიანი საკლასიფიკაციო ჯგუფისადმი შესაბამისობის შემოწმება

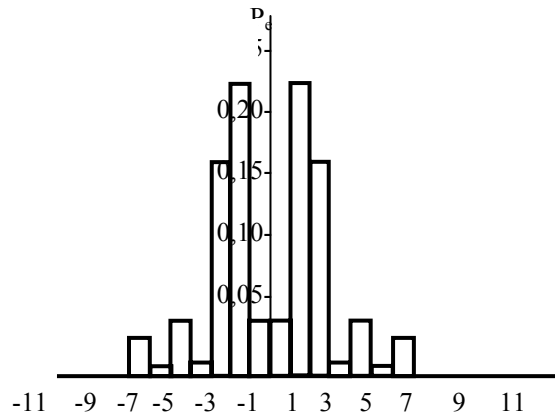
გრძივი პროფილი – ეს არის გზის ვაკისის ჭრა ვერტიკალური სიბრტყით, რომელიც გადის გზის გრძივ ღერძზე და შემდეგ გაშლილი იქნას როგორც შემთხვევითი ფუნქცია [1,22] და ამა თუ იმ მარშრუტის გაერთიანებისათვის საექსპლუატაციო პირობების ერთ ჯგუფში ვსარგებლობთ ჰიპოთეზის შემოწმების სტატისტიკური მეთოდით, რომლის არსი მდგომარეობს შემდეგში [34,59]: წარმოვადგენთ ნულოვან ჰიპოთეზას (H_0), რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ გამოსაკვლევი მარშრუტისათვის სტატისტიკური მახასიათებლის ამა თუ იმ შეფასების გაზნევა გამოწეულია გამოსაკვლევი პროცესების სტატისტიკური მაცდურობით და არა მათი სხვადასხვა ფიზიკური ბუნებით. ალტერნატიული ჰიპოთეზა (H_1) ფორმირდება წინა დასკვნის საპირისპირო მეთოდით. გვრჩება გადავწყვიტოთ საკითხი, თუ რამდენად დიდია განსხვავება სტატისტიკური მახასიათებლების შესაბამის შეფასებებს შორის იმისათვის, რომ ნულოვანი ჰიპოთეზა (H_0) შეიძლება უარვეყოთ, ე.ი. მივიღოთ ალტერნატიული ჰიპოთეზა (H_1).



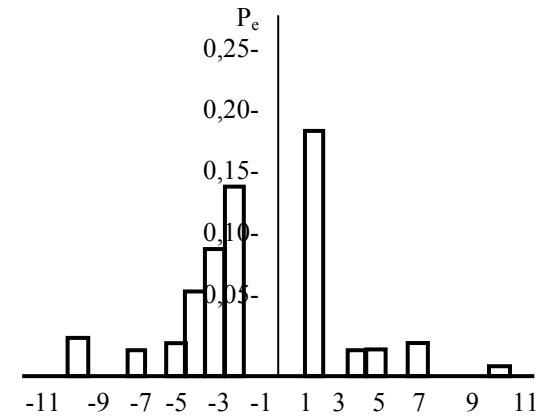
ნახ.3.1. სამთო საკლასიფიკაციო ჯგუფის გრძივი დახრის განაწილების ჰისტოგრამა



მარშრუტი №1

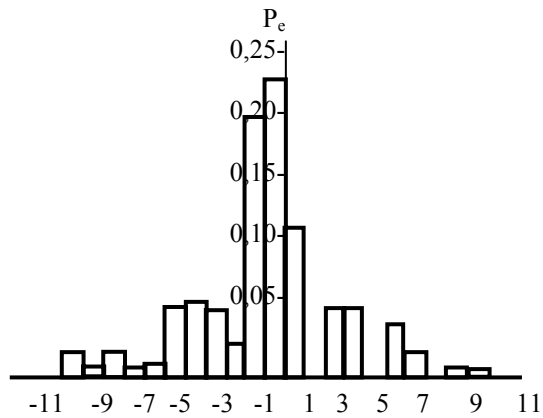


მარშრუტი №2

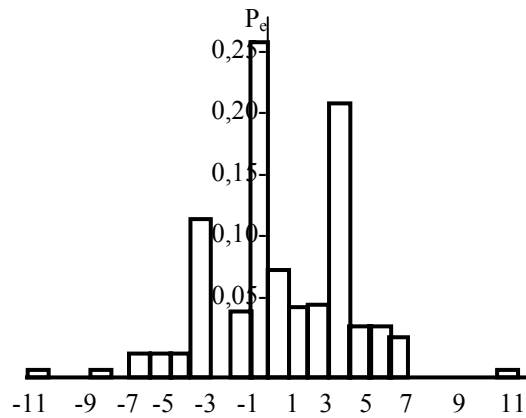


მარშრუტი №3

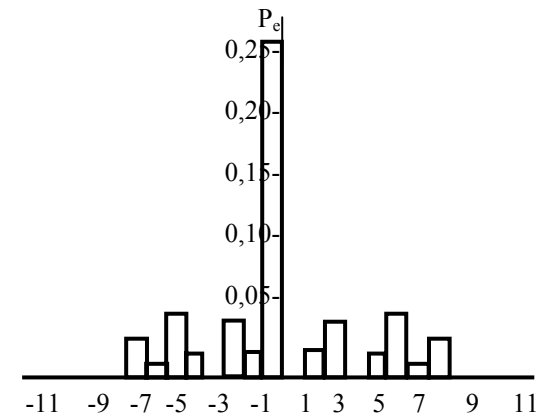
74



მარშრუტი №4



მარშრუტი №5



მარშრუტი №6

ნახ.3.2. სამთო საკლასიფიკაციო ჯგუფის გრძივი დახრის სიგრძის განაწილების ჰისტოგრამა

სამთო საკლასიფიკაციო ჯგუფში გრძივი დახრების სიგრძის განაწილება

%	მარშრუტის №						P _{საშ}
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	
-12...-11	-	-	-	-	0.03	-	0.005
-11...-10	-	-	0.05	0.03	-	-	0.013
-10...-9	0.25	-	-	0.03	-	-	0.009
-9...-8	-	-	-	0.05	0.03	-	0.013
-8...-7	-	-	0.05	0.03	-	0.05	0.022
-7...-6	-	0.05	0.05	0.03	0.03	0.025	0.031
-6...-5	0.075	0.075	-	0.06	0.03	0.1	0.057
-5...-4	0.025	0.025	0.05	0.06	0.03	0.025	0.036
-4...-3	0.025	0.025	0.2	0.06	0.1	0.025	0.073
-3...-2	0.025	0.0125	0.1	0.03	0.04	0.025	0.058
-2...-1	0.150	0.15	-	0.08	0.07	0.05	0.067
-1...0	0.05	0.05	0.05	0.12	0.1	0.2	0.095
0...1	0.150	0.05	0.15	0.15	0.1	0.2	0.13
1...2	0.05	0.15	0.1	-	0.07	0.05	0.07
2...3	0.1	0.125	-	0.06	0.07	0.025	0.063
3...4	0.01	0.025	0.05	0.06	0.1	0.025	0.06
4...5	0.05	0.025	0.05	-	0.07	0.025	0.037
5...6	0.2	0.075	-	0.03	0.03	0.1	0.073
6...7	-	0.05	0.05	0.06	0.07	0.025	0.043
7...8	0.025	-	-	-	-	0.05	0.013
8...9	-	-	-	0.03	-	-	0.005
9...10	-	-	-	0.03	-	-	0.005
10...11	0.05	-	0.05	-	-	-	0.017
11...12	-	-	-	-	0.03	-	0.05

სამთო საკლასიფიკაციო ჯგუფში გრძივი დახრების სიგრძის განაწილება

%	მარშრუტის №						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	P _{საშ}
-12...-11	-	-	-	-	0.005	-	0.0008
-11...-10	-	-	0.029	0.017	-	-	0.0077
-10...-9	0.024	-	-	0.009	-	-	0.0055
-9...-8	0.024	-	-	0.022	0.008	-	0.009
-8...-7	-	-	0.021	0.007	-	0.031	0.01
-7...-6	-	0.0285	-	0.015	0.018	0.012	0.01
-6...-5	-	0.0075	0.023	0.052	0.018	0.47	0.025
-5...-4	0.063	0.0395	0.064	0.055	0.02	0.015	0.043
-4...-3	0.014	0.0125	0.091	0.053	0.12	-	0.048
-3...-2	0.008	0.155	0.14	0.026	-	0.04	0.062
-2...-1	0.008	0.215	-	0.19	0.05	0.02	0.081
-1...0	0.048	0.042	-	0.22	0.25	0.335	0.15
0...1	0.285	0.042	0.38	0.11	0.78	0.335	0.21
1...2	0.089	0.215	0.18	-	0.055	0.02	0.09
2...3	0.096	0.155	-	0.052	0.058	0.04	0,067
3...4	0.12	0.0125	0.016	0.053	0.20	-	0.067
4...5	0.16	0.0395	0.017	-	0.04	0.015	0.045
5...6	0.021	0.0075	-	0.081	0.04	0.047	0.033
6...7	-	0.0285	0.027	0.02	0.03	0.012	0.02
7...8	0.019	-	-	-	-	0.031	0.008
8...9	-	-	-	0.011	-	-	0.002
9...10	-	-	-	0.007	-	-	0.001
10...11	0.021	-	0.012	-	-	-	0.006
11...12	-	-	-	-	0.01	-	0.002

ამ საკითხს, ჩვეულებრივი სტატისტიკური მოსაზრებით, პასუხობს მოცემული რომელიმე სხვაობის მიღწევის ალბათობის განხილვა, რომელიც ხასიათდება შემთხვევითი სიდიდის პირველი ცენტრალური მომენტების შეფასებებით, რომლებიც მიიღება შეფასებების განაწილების დიფერენციალური კანონის ფუნქციის საფუძველზე. ნულოვანი ჰიპოთეზა უარყოფილი იქნება, თუ ხსენებული თანაფარდობა სჭარბობს ცხრილის მნიშვნელობას, წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა იგი მიღებული იქნას.

ჰიპოთეზის მნიშვნელოვნობის დონე, რომელიც განსაზღვრავს მისი უარყოფის არეს, ჩვეულებრივ შეირჩევა საკმარისად მცირე.

ექვსი მარშრუტის გძრვი პროფილის დახრის კუთხისათვის შერჩევითი დისპერსიის შეფასება განისაზღვრება ფორმულით

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2, \quad (3.1)$$

სადაც N - დამოუკიდებელ დაკვირვებათა რიცხვია;

X_i - დაკვირვების ნომინალია;

\bar{X} - საშუალო მნიშვნელობა (მათემატიკური მოლოდინი).

შემთხვევით სიდიდეს X_i (გრძივი პროფილის დახრის კუთხე) გააჩნია ნორმალური განაწილება [22]: ამ შემთხვევაში არ არის ძნელი ვაჩვენოთ, რომ [59,60] შერჩევით დისპერსიას გააჩნია განაწილების კანონი χ^2 თავისუფლების ხარისხით n და სხვადასხვა მარშრუტების ექსპლუატაციის ერთი ჯგუფისადმი მიკუთვნების საკითხი გადაწყდება შემდეგი ფორმულის საშუალებით:

$$\frac{S_1^2}{S_2^2} = F_{n_1, n_2}; \quad n_1 = N_1 - 1; \quad n_2 = N_1 - 1, \quad (3.2)$$

სადაც n_1, n_2 - თავისუფლების ხარისხის რიცხვია;

S_1^2, S_2^2 - შერჩევითი დისპერსიაა ცალკეული მარშრუტების მიხედვით;

F - კრიტერიუმის ნომინალია;

N_1, N_2 - დამოუკიდებელ დაკვირვებათა რიცხვი.

ცხრ.3.4-ში მოყვანილია მონაცემები ცალკეული მარშრუტისათვის შერჩევითი დისპერსიის და თავისუფლების ხარისხის შესახებ.

მთაგორიანი საკლასიფიკაციო ჯგუფისათვის დამახასიათებელი მარშრუტების გრძივი პროფილის დახრის კუთხის შერჩევითი დისპერსია და თავისუფლების ხარისხი

	მარშრუტების №					
	1	2	3	4	5	6
S ²	22,7	12,66	30,45	28,85	21,46	16,38
n	20	6	21	20	23	7

მაქსიმალური ფარდობა $\frac{S_1^2}{S_2^2}$ ჩვენი შემთხვევისათვის არ აღემატება 2.41 (№2 და №3 მარშრუტები); კრიტერიუმის მნიშვნელოვნობის 0,05-ის შემთხვევაში იგი არ აუნდა აღემატებოდეს 2,57 [59], ანუ ნულოვანი ჰიპოთეზა ამ ორი მარშრუტისათვის მტკიცდება. სხვა მარშრუტებს შორის გაბნევა მეტად მცირეა, ანუ მათთვის ნულოვანი ჰიპოთეზა აგრეთვე მტკიცდება.

ჰიპოთეზების შემოწმების დროს შესაძლებელია ორი სახის ცდომილება: პირველი, ჰიპოთეზას უარყოფენ მაშინ, როდესაც იგი სინამდვილეში მართალია; ასეთი შესაძლო ცდომილება მიეკუთვნება პირველი სახის ცდომილებას; მეორე – ჰიპოთეზა მიიღება, როდესაც იგი არ არის სწორი – ეს ცდომილება არის მეორე სახის. პირველი სახის ცდომილება დასაშვებია, თუ ჰიპოთეზა სწორია, ხოლო დისპერსიების ფარდობა $\frac{S_1^2}{S_2^2}$ ხვდება ჰიპოთეზის უარყოფის არეში. აქედან გამომდინარეობს, რომ პირველი სახის ცდომილების დაშვების ალბათობის სიდიდე, აუცილებელია რომ დისპერსიების ფარდობის ნამდვილი მნიშვნელობის გადახრას მივანიჭოთ განსაზღვრული სიდიდე, ავღნიშნოთ იგი β ფაქტიურად β არის მეორე სახის ცდომილების დაშვების ალბათობა. ალბათობას 1- β ეწოდება კრიტერიუმის სიმძლავრე. ცხადია, რომ შერჩევის ნებისმიერი N მოცულობის შემთხვევაში პირველი სახის ცდომილების დაშვების ალბათობა შეიძლება შევამციროთ. შევამცირებთ რა მნიშვნელოვნობის დონეს α , ამ დროს იზრდება ალბათობა β დავუშვათ მეორე სახის

ცდომილება, ანუ მცირდება კრიტერიუმის სიმძლავრე. ფაქტიურად ერთად ერთი მეთოდი α და β შემცირებისა არის შერჩევის მოცულობის გადიდება.

3.3. კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის გრძივი პროფილის დამუშავება

ტიპიზაციად ითვლება ცალკეული სტატისტიკური ექვივალენტური რეალიზაციის გაერთიანება. იგი ხორციელდება ცალკეული რეალიზაციის ანალიზის დროს მიღებული საშუალოდ შეწონილი სიდიდეების გაანგარიშების გზით სხვადასხვა სახის გზის საფარების წონითი კოეფიციენტების გათვალისწინებით (ექსპლუატაციის პირობების ყველა ჯგუფისათვის მათი ჯამი ტოლი უნდა იყოს ერთის).

პირველ ყოვლისა შევჩერდეთ კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის სიგრძეზე, რომელიც განისაზღვრება როგორც საშუალო მნიშვნელობა მთაგორიანი პირობების საკლასიფიკაციო ჯგუფის ყველა წარმომადგენლობითი უბნისათვის.

$$L_{TUII} = \frac{\sum L_i}{N}, \quad (3.3)$$

სადაც L_{TUII} - კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის სიგრძეა;

N - გამოკვლეული მარშრუტების რაოდენობაა.

მოყვანილი ფორმულა სამართლიანია გადაზიდვების ერთნაირი ინტენსივობის დროს თითოეულ მარშრუტზე და ავტომობილების ერთნაირი რაოდენობის შემთხვევაში, ანუ წონითი კოეფიციენტი თითოეული მარშრუტისათვის მიღებულია $1/N$ -ის ტოლად. გამომდინარე აქედან და ცხრ.3.1-ში მოყვანილი სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრული იქნა კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის სიგრძე მთაგორიანი კლასიფიკაციის ჯგუფისათვის, რომელიც შეადგენდა 11,7 კმ.

მთაგორიანი კლასიფიკაციის ჯგუფის ექსპულატაციის პირობებში გვექონდა 3 ტიპის გზის საფარი (ივ.ცხ.3.1). ტიპიზირებულ კომპლექსურ მარშრუტზე საფარების პროცენტული ფარდობა განისაზღვრება ფორმულით

$$\lambda_i^n = \sum_i^n L_{TUII} \frac{P_i}{100}, \quad (3.4)$$

სადაც λ_i^n - მოცემული ტიპის საფარის სიგრძეა კომპლექსურ ტიპიზირებულ მარშრუტზე;

L_{TUII} - კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის სიგრძეა;

P_i - მოცემული ტიპის საფარის ხვედრითი წილია (%), მიღებული სტატისტიკური დამუშავების შედეგად.

ჩატარებული გაანგარიშებების შედეგად დადგენილი იქნა, რომ კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტი მთაგორიან საკლასიფიკაციო ჯგუფში შეადგენს 0,32 კმ გაუმჯობესებულ, 10,0 კმ მოხრეშილ და 1,39 კმ გრუნტის საფარიან გზებს. (ცხრ.3.5).

ცხრილი 3.5.

კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტების საფარების ტიპების განაწილება

საკლასიფიკაციო ჯგუფი	კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტების საერთო სიგრძე, კმ	მათ შორის საფარის ტიპების მიხედვით		
		გაუმ-ჯობესებული	მოხრეშილი	გრუნტის
ვაკე ტიპის	14,3	39,8	58,3	1,9
მთაგორიანი	11,7	2,7	85,7	11,6

ანალოგიურად იქნა გაანგარიშებული კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის სიგრძე და საფარის ტიპების განაწილება ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფისათვის, რომლისთვისაც კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის სიგრძის მათემატიკური მოლოდინის შეფასებამ შეადგინა 14,3 კმ, მათ შორის 5,7 კმ გაუმჯობესებული, 8,37 კმ-მოხრეშილი და 0,27 კმ – გრუნტიანი საფარით, რაც

თითქმის ემთხვევა საქართველოს საავტომობილო გზების დეპარტემენტის მონაცემებს.

ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფის კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტისათვის საფარის ტიპების პროცენტული თანაფარდობის მონაცემები მოყვანილია ცხრილ 3.3-ში.

გრძივი პროფილის მიხედვით ტიპიზაცია ჩატარდა მარშრუტების გრძივი დახრილობის და მათი სიგრძის განაწილების ჰისტოგრამების მიხედვით (ნახ.3.1, 3.2). ყველა შერჩეული მახასიათებლის მარშრუტისათვის ჰისტოგრამის თითოეული თანრიგში გაანგარიშება ტარდებოდა ფორმულებით

$$P_j^{III} = \frac{1}{N} P_i^{III}; \quad P_j^{PII} = \frac{1}{N} P_i^{PII}, \quad (3.5)$$

სადაც P_j^{III}, P_j^{PII} - ტიპიზირებული კომპლექსური მარშრუტის ჰისტოგრამის j-რი თანრიგის სიდიდეა მანძილის და გრძივი დახრილობის შესაბამისად;

P_i^{III}, P_i^{PII} - ჰისტოგრამის ორდინატის სიდიდეა სიგრძისა და გრძივი დახრილობის მიხედვით ექსპლუატაციის პირობების მოცემული ჯგუფი თითოეული მახასიათებელი მარშრუტისათვის;

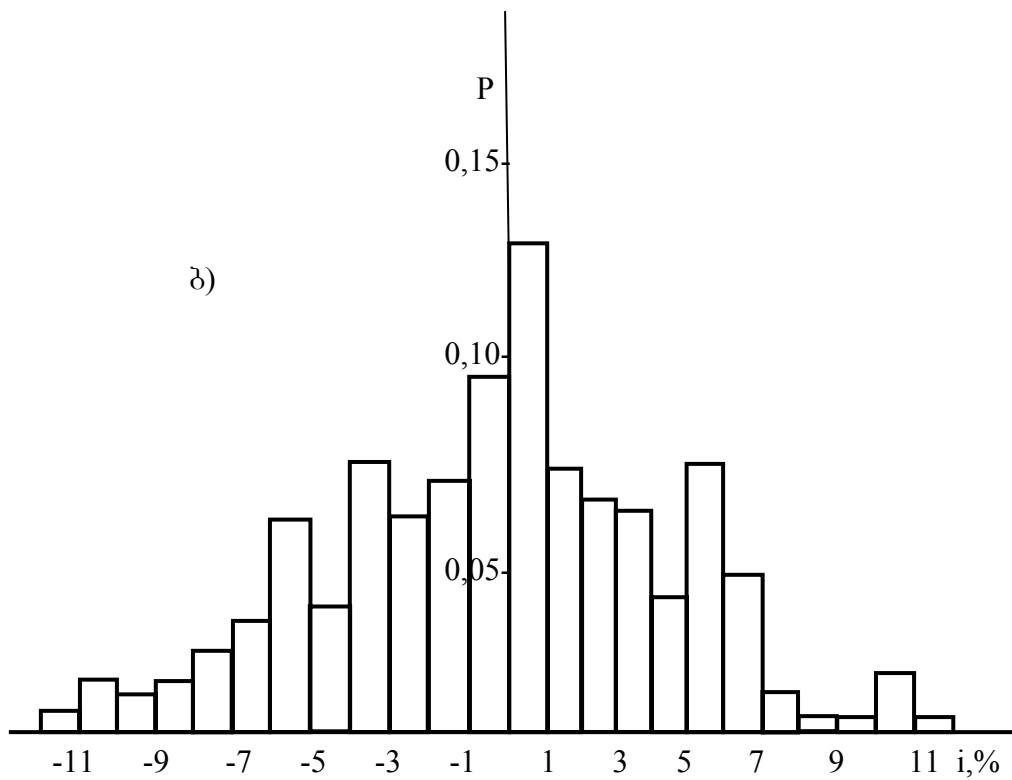
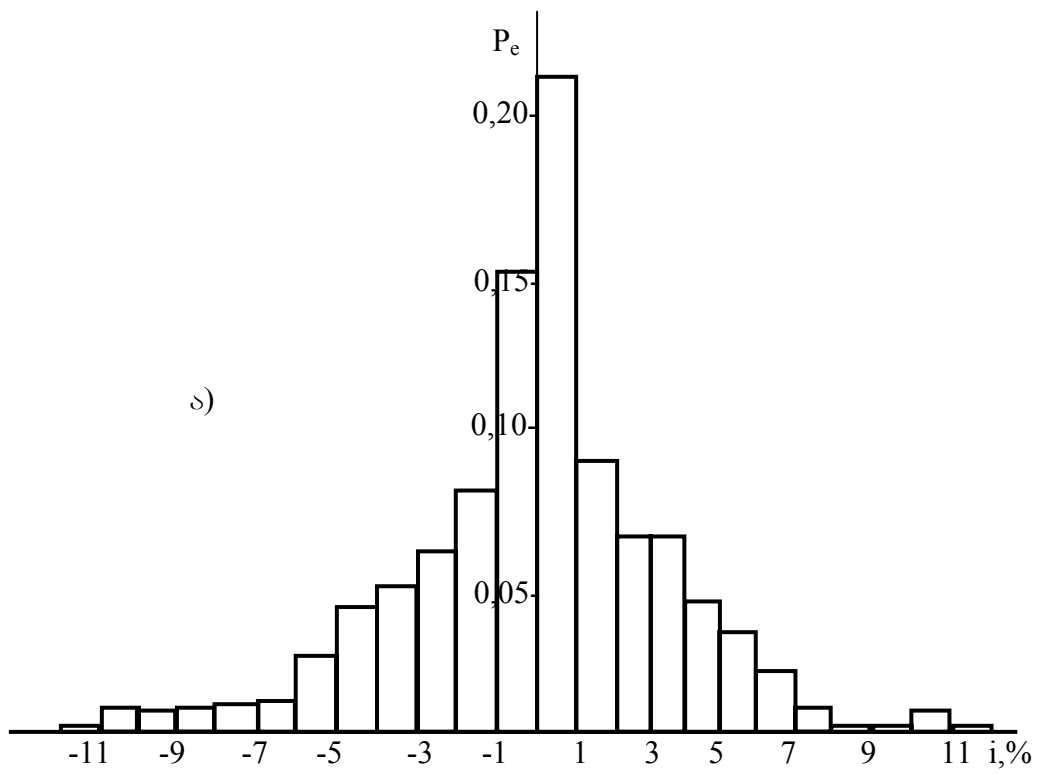
N – მახასიათებელი მარშრუტების რაოდენობა;

i - კონკრეტული მარშრუტის ნომერია, იცვლება 1-დან N-მდე;

j - ჰისტოგრამის თანრიგის ნომერია.

მთავორიანი კლასიფიკაციის ჯგუფის კომპლექსურ ტიპიზირებულ მარშრუტზე გრძივი დახრილობის და მათი სიგრძის რეზულტირებული განაწილება მოყვანილია ნახ.3.3-ზე.

კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის რეალიზაციის აღდგენა ტარდებოდა სტატისტიკური მეთოდით ეგმ-ის გამოყენებით. ხდებოდა ფსევდო შემთხვევითი რიცხვების მიმდევრობის გენერირება, რომელთა ყოველი წყვილი ახასიათებდა დახრილობის ნომინალს და მის სიგრძეს. მასშტაბირება ხდებოდა ისე, რომ შემთხვევითი რიცხვების მაქსიმალური მნიშვნელობები არ აღემატებოდეს კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის სიგრძის ნახევარს. ამიტომ ყოველი



ნახ.3.3. კომპლექსური ტიპოზირებული მარშრუტის განაწილების ჰისტოგრამა

ა) გრძივი დახრის სიგრძის მიხედვით;

ბ) გრძივი დახრის განაწილების მიხედვით

მიღებული მარშრუტის ციფრული მოდელი მოწმდებოდა იმიტაციური მოდელირების მეთოდებით მოძრაობის საშუალო სიჩქარეების, სათბობის საშუალო ხარჯის, ტრანსმისიის და ძრავის მუშაობის რეჟიმების შესაბამისობაზე ექსპერიმენტულ მონაცემებთან, რომლებიც მიღებული იყო ექსპლუატაციის პირობების მოცემული კლასიფიკაციის ჯგუფის ყველა მახასიათებელი მარშრუტების გასაშუალებების მეთოდით. ინტეგრალური საექსპლუატაციო მაჩვენებლების განსხვავება მიღებული იყო 2%-ის ზღვრებში.

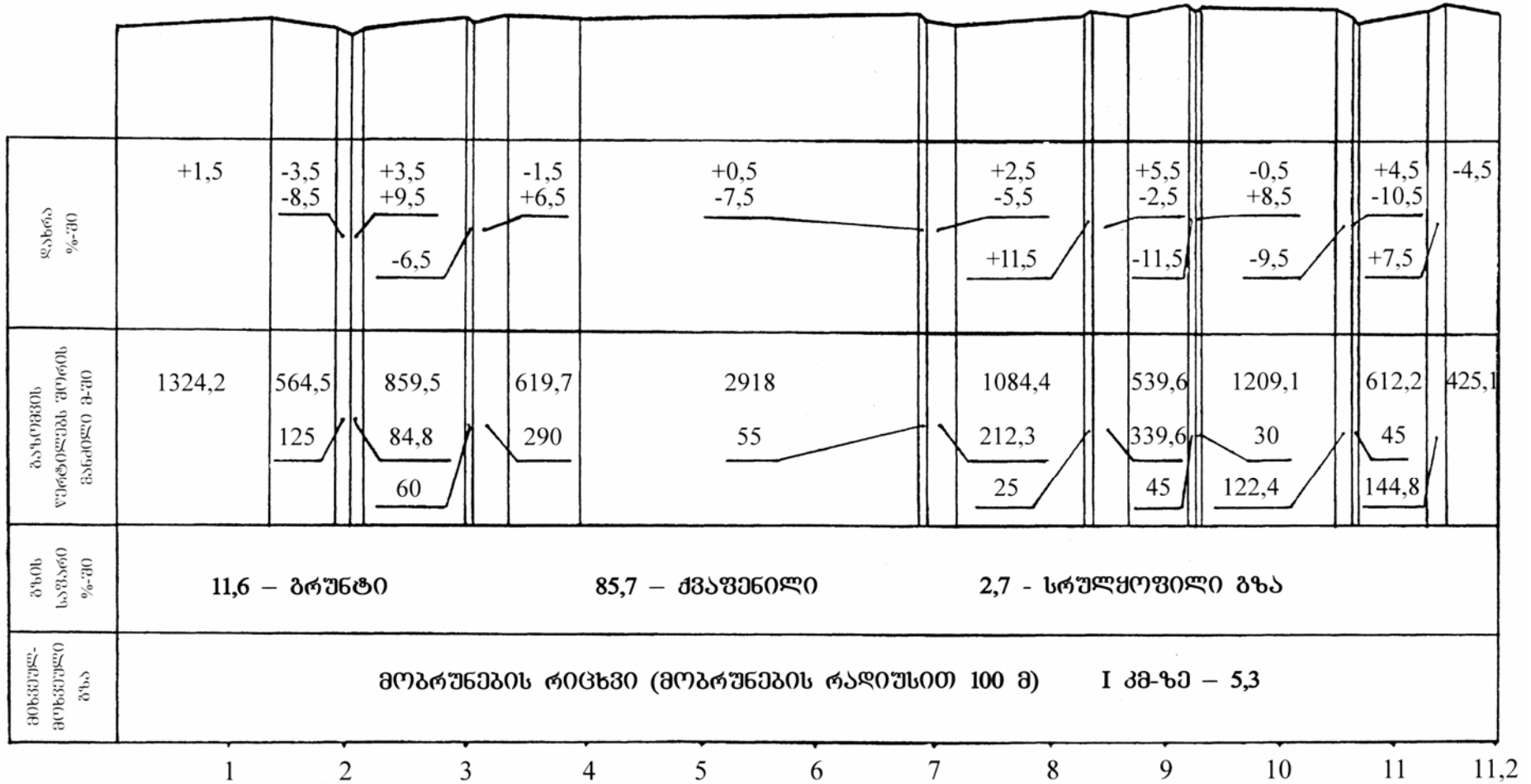
ნახ.3.4-ზე ნაჩვენებია მთაგორიანი კლასიფიკაციის ჯგუფის კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის გრძივი პროფილი.

3.4. ავტომატარებლის QMercedes-Benz Atego ექსპერიმენტული კვლევა და ტიპიზირებული მუშაობის რეჟიმების დამუშავება

ავტომატარებლის Mercedes-Benz Atego მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკური კვლევა ჩატარდა მთაგორიანი და ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფის დამახასიათებელ შერჩეულ მარშრუტებზე.

კვლევები ტარდებლდა რეალური სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური პროცესების შესრულების პირობებში. ავტომატარებლის საერთო გარბენმა გამოცდების პერიოდში შეადგინა დაახლოებით 12 ათ.კმ. გამოცდის ასეთმა მოცულობამ გადასაზიდი ტვირთის ნაირსახეობამ, მიღებულმა მეთოდოლოგიამ უზრუნველყო აუცილებელი და სარწმუნო ინფორმაციის მიღება ექსპლუატაციის მოცემული პირობებში მუშაობის რეჟიმების ტიპიზაციისათვის.

ავტომობილის მუშაობის რეჟიმების მიხედვით ექსპლუატაციის პირობების ტიპიზაციის ქვეშ იგულისხმება აგრეგატების განზოგადოებული (ტიპიური) სიჩქარითი და სადატვირთო რეჟიმების, ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარითი რეჟიმების, ექსპლუატაციის მოცემულ პირობებში ცალკეული სტატისტიკური პარამეტრების განაწილების მიღება.



ნახ.3.4. კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის გრძივი პროფილი

3.4.1. სამთო პირობებში ძრავის მუშაობის რეჟიმების ტიპიზაცია

ავტომატარებლის ძრავის მუშაობის რეჟიმების სტატისტიკურმა კვლევამ მთაგორიანი და ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფების ექსპლუატაციის პირობებში საშუალება მოგვცა გამოგვევლინა უფრო მეტად გავრცელებული ექსპლუატაციის რეჟიმები.

ნახაზებზე 3.5, 3.6 წარმოდგენილია ყველა ექვსი მახასიათებელი მარშრუტისათვის განაწილების მრუდები, რომლებიც ახასიათებს ძრავის მუშაობის რეჟიმებს საკლასიფიკაციო ჯგუფებში.

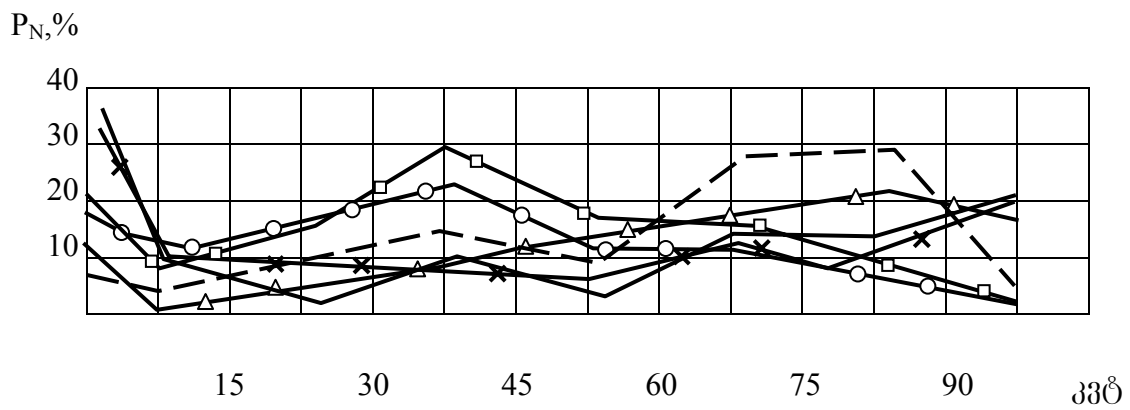
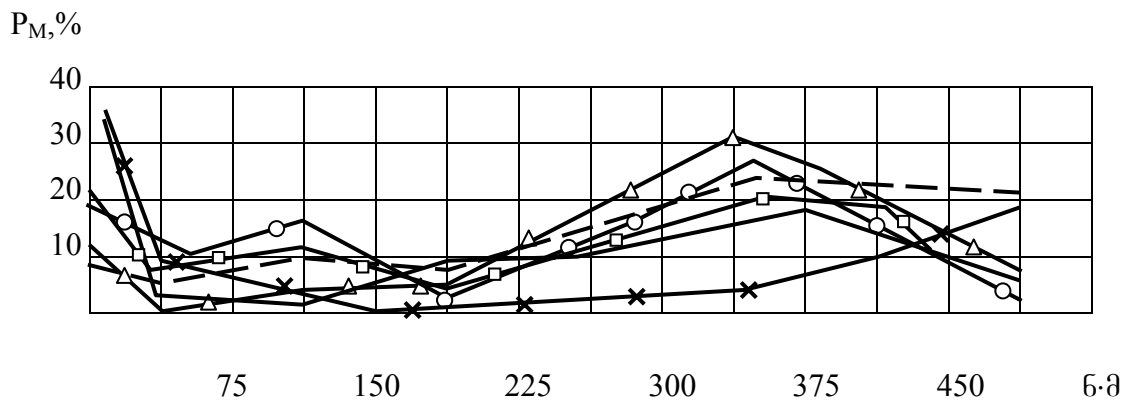
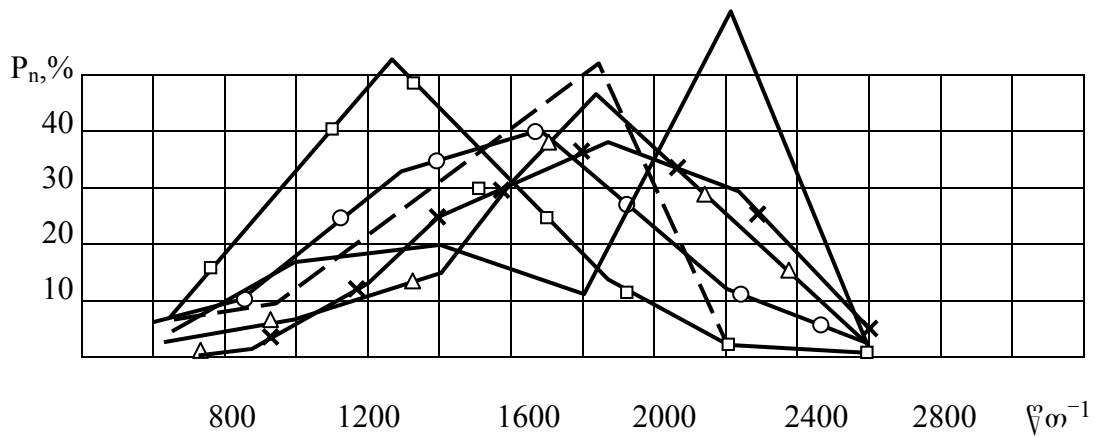
ცხრილში მოყვანილი პარამეტრები განსაზღვრულია სარწმუნო ალბათობით 90% და გაბნევა არ აღემატება 5%, გარდა უკანასკნელისა – ძრავის მუშაობის იძულებითი უქმის სვლის რეჟიმში, რომლის გაბნევა არ აღემატება ნომინალის 8%.

უნდა აღინიშნოს, რომ მთაგორიანი საკლასიფიკაციო ჯგუფს სხვადასხვა მარშრუტებისათვის გაბნევა ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის საშუალო სიხშირის მიხედვით არ აღემატება 1,2-ჯერ (1 და 5 მარშრუტები), ვაკე საკლასიფიკაციო ჯგუფისათვის კი 1,1-ჯერ (მარშრუტები 6 და 4).

პარამეტრის ”ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის რაოდენობა” მთაგორიანი პირობების სხვადასხვა მარშრუტებისათვის განსხვავდება 4,3-ჯერ (მარშრუტები 2 და 4), ხოლო ვაკე პირობებისათვის 1,6-ჯერ (მარშრუტები 6 და 4).

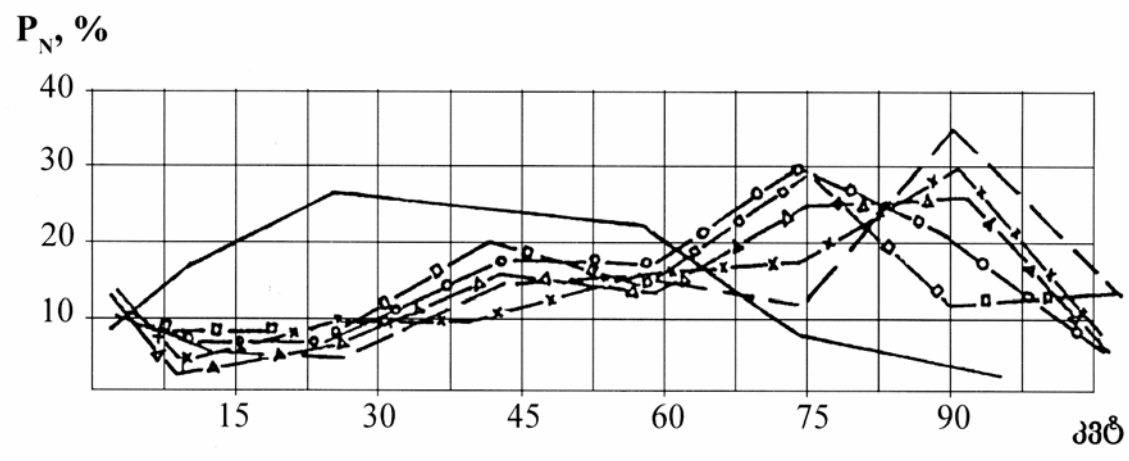
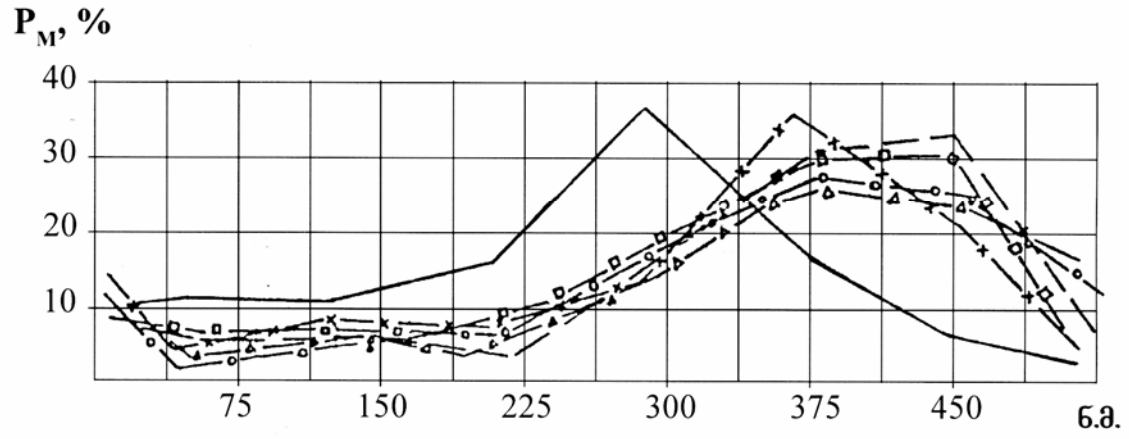
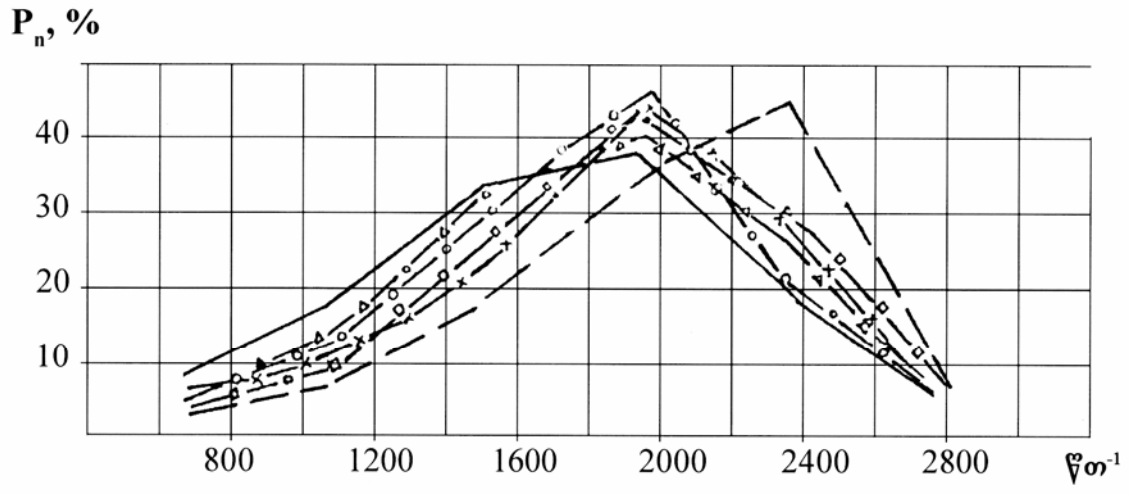
პარამეტრის ”ძრავის საშუალო სიმძლავრე” მნიშვნელობის გაბნევა მთაგორიანი პირობებისათვის შეადგენს 1,5-ჯერ (მარშრუტები 4 და 6), ვაკე პირობებისათვის 1,2-ჯერ (მარშრუტები 5 და 6). ”საშუალო მგრეხავი მომენტის ”მნიშვნელობები მთაგორიანი პირობების სხვადასხვა მარშრუტებისათვის განსხვავდება დაახლოებით 1,8-ჯერ (მარშრუტები 2 და 6), ხოლო ვაკე ტიპისათვის – 1,2-ჯერ (მარშრუტები 3,5).

პარამეტრის ”ძრავის იძულებითი უქმი სვლის რეჟიმში მუშაობის დრო” განსხვავება მთაგორიანი კლასიფიკაციის ჯგუფისათვის შეადგენს 4-ჯერ (მარშრუტები 2 და 6), მაშინ, როცა ვაკე პირობებისათვის ეს განსხვავება არ აღემატება 1,9-ჯერს (მარშრუტები 1 და 5).



ნახ.3.5. ძრავას ბრუნთა რიცხვის, მგრეხავი მომენტის და სიმძლავრის განაწილება ავტომატარებელ Mercedes-Benz Atego მუშაობისას სამთო საკლასიფიკაციო ჯგუფში

- | | | | |
|-------|-------------|-----------|-------------|
| —×—×— | №1 მარშრუტი | —○—○— | №4 მარშრუტი |
| — — — | №2 მარშრუტი | —□—□— | №5 მარშრუტი |
| —△—△— | №3 მარშრუტი | - - - - - | №6 მარშრუტი |



ნახ.3.6. ძრავას ბრუნთა რიცხვის მგრეხავი მომენტის და სიმძლავრის განაწილება ავტომატარებელ მუშაობისას სამთო საკლასიფიკაციო ჯგუფში

- x—x— №1 მარშრუტი
 - — — №2 მარშრუტი
 - △—△— №3 მარშრუტი
- №4 მარშრუტი
 - №5 მარშრუტი
 - — — — — №6 მარშრუტი

აღნიშნული პარამეტრების ტიპიზაცია ტარდებოდა ფორმულით

$$n_{MUH_{T_{\text{min}}}^{-1}}^{(r)(P)} = \frac{1}{N^{(r)(P)}} \sum_1^N n_{MUH_i^{-1}}^{(r)(P)}, \quad (3.6)$$

სადაც $n_{MUH_{T_{\text{min}}}^{-1}}^{(r)(P)}$ - ძრავის მუხლა ლილვის გრუნტის საშუალო სიხშირის ტიპიზირებული პარამეტრის მნიშვნელობაა მთაგორიანი და ვაკე ტიპის საკლასიფიკაციო ჯგუფებისათვის;

$N^{(r)(P)}$ - მთაგორიანი და ვაკე საკლასიფიკაციო ჯგუფების მახასიათებელი მარშრუტების რაოდენობაა;

$n_{mu_i^{-1}}^{(r)(P)}$ - ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის საშუალო პარამეტრის მნიშვნელობაა მთაგორიანი და ვაკე საკლასიფიკაციო ჯგუფების თითოეული მახასიათებელი მარშრუტისათვის;

i - კონკრეტული მარშრუტის ნომერია.

ანალოგიური სახე აქვს ფორმულებსაც, რომლებიც გამოიყენება ძრავის მუშაობის დამახასიათებელი სხვა პარამეტრების ტიპიზაციისათვის ორივე საკლასიფიკაციო ჯგუფში.

ვადარებთ რა ავტომატარებლის ძრავის მუშაობის რეჟიმების ტიპიზირებულ პარამეტრებს მთაგორიან და ვაკე საკლასიფიკაციო ჯგუფების მარშრუტებზე ექსპლუატაციის დროს, ვამჩნევთ, რომ ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის საშუალო მნიშვნელობები მცირედ განსხვავდება და მათი გაბნევა შეადგენს დაახლოებით 10%, მაშინ, როდესაც პარამეტრის ”ძრავის ბრუნთა რიცხვის რაოდენობა 1 კმ გზაზე” მნიშვნელობა მთაგორიან პირობებში თითქმის 3-ჯერ მეტია, ვიდრე ვაკე პირობებში. საწინააღმდეგო სურათი შეიმჩნევა საშუალო მგრეხავი მომენტის საშუალო სიმძლავრის პარამეტრებისათვის, სადაც მათი მნიშვნელობები მთაგორიან პირობებში 1,2-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე ვაკე პირობებისათვის.

რაც შეეხება ძრავის მუშაობას იძულებითი უქმი სვლის რეჟიმში, ეს მაჩვენებელი მთაგორიან პირობებში 2-ჯერ მეტია, ვიდრე ვაკე პირობებში.

ნაჩვენები შედეგები მტკიცდება შრომები [32,33,34].

3.4.2 ტრანსმისიის მუშაობის რეჟიმების ტიპიზაცია

მთაგორიანი და ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფების პირობებში ავტომატარებლის ტრანსმისიის მუშაობის ექსპერიმენტული მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში 3.8 და 3.9.

ცხრილების მონაცემების შედარება გვიჩვენებს, რომ ტრანსმისიის მუშაობის რეჟიმების თვალსაზრისით ყველაზე მსუბუქად ითვლება ისეთი საგზაო მარშრუტები, რომლებიც გადის ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფებში, ხასიათდება პროფილის ერთგვაროვნობით, ახლოს არის ჰორიზონტალურთან, აქვს უმნიშვნელო დახრილობა და მცირე კლავნილობა; როდესაც ავტომატარებელი ექსპლუატაციის მეტ დროს მოძრაობს გაუმჯობესებულ საფარიან გზებზე, რომელიც ნაკლებ წინააღმდეგობას უწევს ავტომატარებლის მოძრაობას.

აღნიშნული პარამეტრები განსაზღვრულია სარწმუნო ალბათობით 90%, მათი გაზნევა არ აღემატება ნომინალის 3%.

ტრანსმისიის მუშაობის პარამეტრების ტიპიზაციას ვატარებდით ფორმულით

$$n_{n_i/100_{\text{მნი}}}^{(r)(P)} = \frac{1}{N^{(r)(P)}} \sum_1^N n_{n_i/100i}^{(r)(P)}, \quad (3.7)$$

სადაც $n_{n_i/100_{\text{მნი}}}^{(r)(P)}$ - 100 კმ მანძილზე ყოველი გადაცემის ჩართვის რაოდენობის ტიპიზირებული პარამეტრის მნიშვნელობაა მთაგორიანი და ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფის გზებზე;

$n_{n_i/100i}^{(r)(P)}$ - იგივე პარამეტრის მნიშვნელობაა ყოველი მახასიათებელი მარშრუტისათვის.

ანალოგიური ფორმულით ხდებოდა ტრანსმისიის მუშაობის მახასიათებელი სხვა პარამეტრების გამოთვლა.

ავტომატარებლის ტრანსმისიის მუშაობის ტიპიზირებული პარამეტრების შედარებამ გვაჩვენა, რომ პარამეტრის "გადაცემის ჩართვა რაოდენობა 100 კმ მანძილზე" გაზნევა მთაგორიან პირობებში შეადგენდა 8,1-ჯერ (მარშრუტები 3 და 4), ხოლო ვაკე პირობებში 2,7-ჯერ (მარშრუტები 4 და 6). მთაგორიან პირობებში ავტომატარებლის მოძრაობა უპირატესად ხდებოდა IV და VI გადაცემებით, მაშინ,

როდესაც ვაკე და დაბლობ პირობებში მოძრაობა ძირითადად ხორციელდება VI-VIII გადაცემებით. გაბნევა გადაცემათა კოლოფის გადაცემათა რიცხვის მოცემულ დიაპაზონში მოძრაობის დროის მიხედვით შეადგენდა მთაგორიან პირობებში – 16%, ვაკე ადგილებისათვის - 12,5%, ხოლო გავლილი გზის მიხედვით შესაბამისად 20,0% და 16,3%.

3.4.3. სამთო პირობებში ავტომატარებლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარის, სათბობის საათური ხარჯის და ხვედრითი მწარმოებლობის მახასიათებელი პარამეტრების ტიპიზაცია

ცხრილებში 3.6, 3.7 და ნახაზებზე 3.7, 3.8 მოყვანილია საკლასიფიკაციო ჯგუფების ყველა ექვსი მახასიათებელი მარშრუტის შესაბამისი პარამეტრების მნიშვნელობები და განაწილების მრუდები.

ნაჩვენები მახასიათებლები განსაზღვრულია სარწმუნო ალბათობით 90%, მათი გაბნევა არ აღემატება ნომინალური მნიშვნელობის 5%-ს. მიუხედავად ამისა მთაგორიანი საკლასიფიკაციო ჯგუფის სხვადასხვა მახასიათებელი მარშრუტებისათვის გაბნევა მოძრაობის საშუალო სიჩქარის მიხედვით აღწევს 3,8-ჯერ (მარშრუტები 2 და 4), სათბობის საშუალო ხარჯის მიხედვით – დაახლოებით 3-ჯერ (მარშრუტები 2 და 4). ვაკე პირობებისათვის შეიმჩნევა შემდეგი სურათი: გაბნევა მოძრაობის საშუალო სიჩქარის მიხედვით ყველა ექვსი მახასიათებელი მარშრუტისათვის არ აღემატება 1,9 (მარშრუტები : და 4), სათბობის საშუალო ხარჯის მიხედვით – 1,3 (მარშრუტები 1 და 5) და ხვედრითი მწარმოებლობის მიხედვით – 2,2 (მარშრუტები 1 და 4).

ტიპიზაცია ჩავატარეთ მოძრაობის საშუალო სიჩქარის მახასიათებელი პარამეტრის მაგალითზე. დანარჩენი ორი პარამეტრისთვის გამოსათვლელი ფორმულები იდენტური იქნება ფორმულით

$$V_{CP.TU\Pi}^{(r)(P)} = \frac{1}{N^{(r)(P)}} \sum_1^N V_{CP.TU\Pi}^{(r)(P)}, \quad (3.8)$$

სადაც $V_{CP.TU\Pi}^{(r)(P)}$ - საკლასიფიკაციო ჯგუფებში მოძრაობის საშუალო სიჩქარის მახასიათებელი ტიპიზირებული პარამეტრის მნიშვნელობაა;

$V_{CP.TU\Pi}^{(r)(P)}$ - იგივე პარამეტრის მნიშვნელობაა საკლასიფიკაციო ჯგუფის კონკრეტული მარშრუტისათვის.

ტიპიზირებული პარამეტრების შედარებით მთაგორიანი და ვაკე პირობებისათვის ვღებულობთ, რომ მთაგორიან პირობებში მოძრაობის საშუალო სიჩქარე 1,7-ჯერ ნაკლებია, ხოლო საწვავის ხარჯი 1,5-ჯერ მეტია, ვიდრე ვაკე ადგილებისათვის. რაც შეეხება პარამეტრს – ”ზვედრითი მწარმოებლობა” – იგი მთაგორიან საკლასიფიკაციო ჯგუფში საშუალოდ 1,8-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე ვაკე საკლასიფიკაციო ჯგუფში.

3.4.4. ძრავის მუშაობის რეჟიმების და მოძრაობის სიჩქარის სარწმუნო ინტერვალების შეფასება

ექსპერიმენტების ჩატარების და მასალების დამუშავების შედეგად ჩვენ ყოველთვის ვღებულობთ პროცესებისთვის არა სტატისტიკურ მახასიათებლებს, არამედ მათ შეფასებებს, რომლებსაც დამუშავების სხვადასხვა მეთოდების გამოყენების შემთხვევაშიც კი (სხვადასხვა გამოსათვლელი ფორმულების და ალგორითმების დროსაც კი) გააჩნიათ ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავებული რიცხვითი მნიშვნელობები. ასეთია სტატისტიკური მახასიათებლების თვისებები, რომლებიც დაწვრილებით განხილულია შრომებში [34,59,60], იქვე მოყვანილია ზოგადი რეკომენდაციები ფორმულების შერჩევისა და ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავების შესახებ.

დამუშავების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ეტაპი მდგომარეობს სანდო ინტერვალების აგებაში სტატისტიკური მახასიათებლების შეფასებისათვის,

რომელიც საშუალებას გვაძლევს შევავსოთ მათი გაბნევა, გამოწვეული თვით შესასწავლი პროცესების სტატისტიკური მაცდურობით, მაშინ, როდესაც გაზომვების

ცხრილი 3.6.

მთავორიან საკლასიფიკაციო ჯგუფში ტრანსმისიის მუშაობის მახასიათებელი პარამეტრების მნიშვნელობები

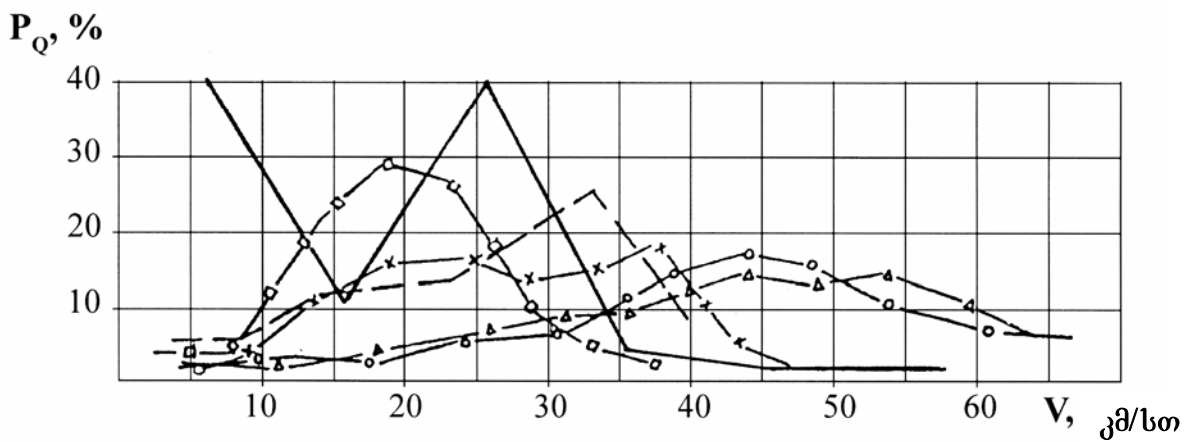
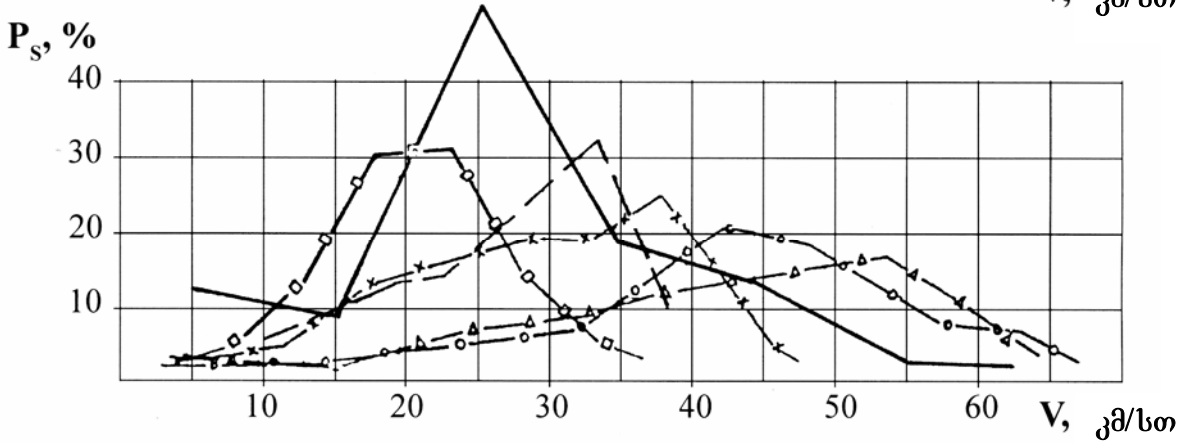
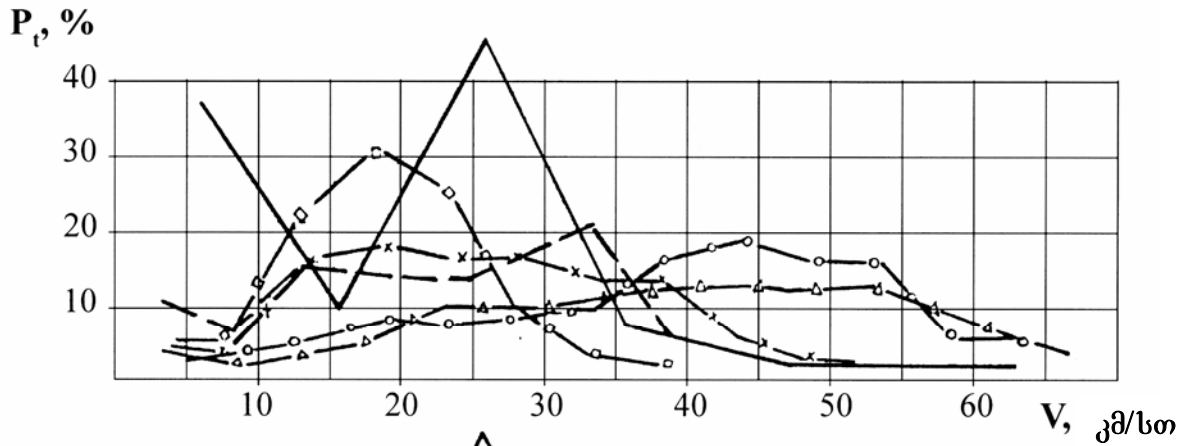
პარამეტრები		მარშრუტების №						ტოპოგრაფიული პარამეტრები
		№1	№2	№3	№4	№5	№6	
გადაცემების ჩართვის რაოდენობა 100 კმ გზაზე		161	360	522	101	312	449	317,5
თითოეული გადაცემის ჩართვის რაოდენობა 100 კმ გზაზე $n_i/100$ კმ	I	0	0	45	0	19	0	12,7
	II	15,8	141,1	85	0	48	104	65,7
	III	0	0	40	0	20	0	151
	IV	25,2	155,1	95	11	76	125	81,2
	V	0	0	60	3	43	0	17,7
	VI	45,4	61,1	100	35	78	105	70,8
	VII	0	0	70	24	13	52	26,5
	VIII	33,8	0	27	28	15	63	27,8
თითოეული გადაცემით მოძრაობის დრო, %	I	0	0	48	0	2,8	0	1,4
	II	5,2	33,5	9,5	0	5,2	14,1	11,3
	III	0	0	3,3	0	2,9	0	1,2
	IV	13,5	48,8	12,6	3,6	14,5	29,3	20,4
	V	0	0	8,8	1,5	12,7	0	3,8
	VI	44,5	18	34,9	15,7	54,7	39,2	34,5
	VII	0	0	20,8	17,0	4,2	12,0	9,0
	VIII	34,5	0	5,2	62,0	3,0	5,4	18,4
თითოეული გადაცემით გავლილი გზა, %	I	0	0	1,7	0	0,7	0	0,4
	II	2,4	19,2	5,0	0	1,5	3,3	5,2
	III	0	0	3,1	0	1,2	0	0,7
	IV	4,0	51,9	11,5	0,8	9,9	19,2	16,2
	V	0	0	6,5	0,5	20,9	0	4,7
	VI	28,9	28,6	26,0	10,1	52,6	52,8	33,0
	VII	0	0	32,9	14,7	8,2	16,9	12,1
	VIII	66,5	0	13,3	73,9	4,8	7,8	27,7

ცხრილი 3.7.

მთაგორიან საკლასიფიკაციო ჯგუფში ტრანსმისიის მუშაობის მახასიათებელი

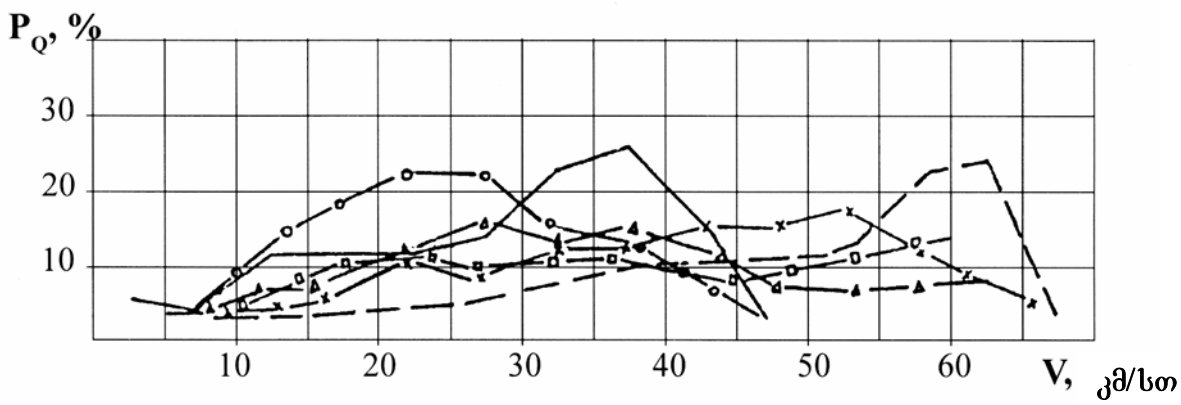
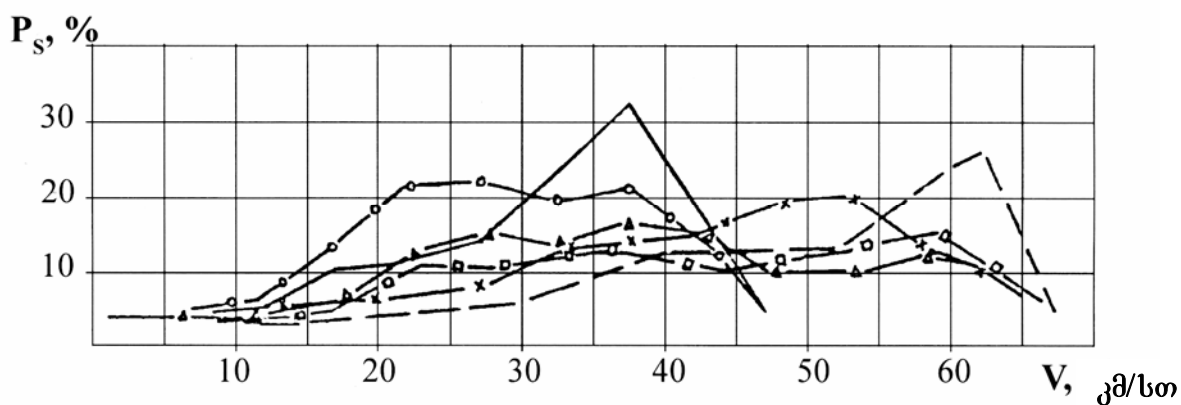
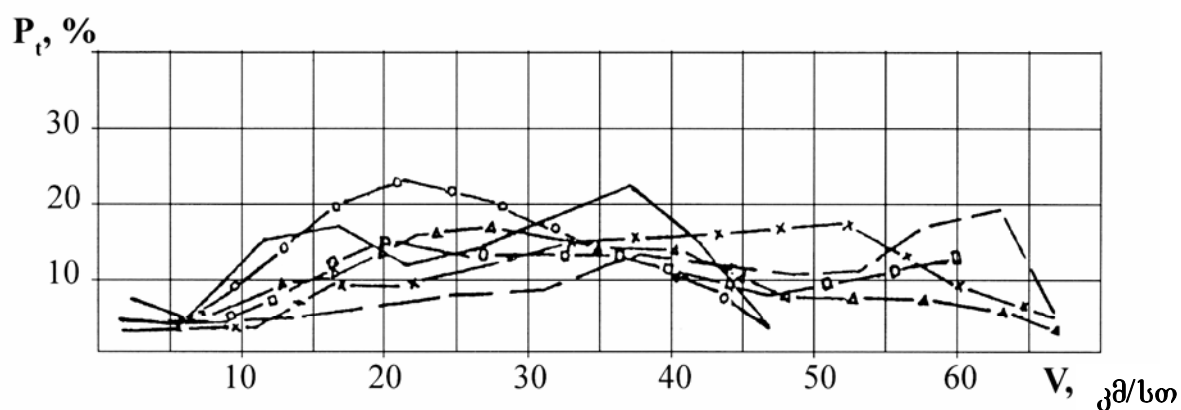
პარამეტრების მნიშვნელობები

პარამეტრები	მარშრუტების №						ტიპი- ფი- რეზუ- ლი პარამ	
	№1	№2	№3	№4	№5	№6		
გადაცემების ჩართვის რაოდენობა 100 კმ გზაზე	218	225	333	390	122	75	227,17	
თითოეული გადაცემის ჩართვის რაოდენობა 100 კმ გზაზე $n_i/100$ კმ	I	0	0	0	0	4,1	0	0,7
	II	14	8	20	54	8,1	8,3	17,7
	III	0	0	0	0	4,1	0	0,7
	IV	16	11	40	80	12,2	5,6	27,4
	V	0	2	33	53	4,1	5,6	16,3
	VI	79	71	99	152	24,5	8,3	72,3
	VII	55	67	95	34	36,7	25,0	52,1
	VIII	54	66	46	17	28,6	22,2	38,0
თითოეული გადაცემით მოძროაბის დრო, %	I	0	0	0	0	0,2	0	0
	II	0,6	0,9	2,7	3,6	0,3	0,3	1,4
	III	0	0	0	0	0,1	0	0,02
	IV	3,5	3,9	10,3	16,8	1,8	2,6	6,5
	V	0	1,0	12,1	13,3	1,6	1,0	4,8
	VI	25,7	28,8	35,5	54,5	24,7	8,7	29,6
	VII	26,5	36,4	28,7	9,9	31,5	20,0	25,5
	VIII	43,7	29,0	10,7	2,1	39,8	68,3	32,2
თითოეული გადაცემით გავლილი გზა, %	I	0	0	0	0	0,1	0	0,2
	II	0,6	0,7	0,9	1,0	0,1	0,1	0,6
	III	0	0	0	0	0,1	0	0,2
	IV	1,2	2,5	5,1	10,9	1,0	1,4	3,7
	V	0	1/0	8,2	13,2	1,1	0,7	4,0
	VI	18,1	21,0	32,7	56,6	18,9	4,1	25,2
	VII	24,9	35,4	35,3	14,0	30,4	11,3	25,2
	VIII	55,2	39,9	17,8	4,3	48,3	82,5	41,3



ნახ.3.7. დროის, გავლილი გზის და საწვავის ხარჯის განაწილების დამოკიდებულება ავტომატარებლის მოძრაობის სიჩქარესთან სამთო საკლასიფიკაციო ჯგუფში

- | | | | |
|-------|-------------|---------|-------------|
| —x—x— | №1 მარშრუტი | —○—○— | №4 მარშრუტი |
| ———— | №2 მარშრუტი | —□—□— | №5 მარშრუტი |
| —△—△— | №3 მარშრუტი | — — — — | №6 მარშრუტი |



ნახ.3.8. დროის, გავლილი გზის და საწვავის ხარჯის განაწილების დამოკიდებულება ავტომატარებლის მოძრაობის სიჩქარესთან სწორ საკლასიფიკაციო ჯგუფში

- x—x— №1 მარშრუტი
- o—o— №4 მარშრუტი
- — — №2 მარშრუტი
- №5 მარშრუტი
- Δ—Δ— №3 მარშრუტი
- — — №6 მარშრუტი

რეგისტრაციის და აღწარმოების აპარატული ცდომილებები შეიძლება იყოს საკმაოდ მცირე.

ავტომატარებლის მუშაობის სტაბილურობის შემოწმებისათვის ჩატარდა 10 გარბენი ერთ და იგივე ტიპიურ მარშრუტზე. მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებულია სარწმუნო ინტერვალი ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის, მგრეხავი მომენტის და სიმძლავრის განაწილებისათვის, აგრეთვე დროის, გავლილი გზის და სათბობის ხარჯის განაწილებისათვის მოძრაობის სიჩქარესთან დამოკიდებულებაში ავტომატარებლის მთავორიან და ვაკე კლასიფიკაციის ჯგუფებში მუშაობის დროს.

მოყვანილი სარწმუნო ინტერვალების მნიშვნელობები მეტყველებს კარგად ორგანიზებულ ექსპერიმენტებზე კონკრეტულ მარშრუტებზე.

ცხრილი 3.8.

მოძრაობის საშუალო სიჩქარის, სათბობის საშუალო ხარჯის და ხვედრითი მწარმოებლობის მახასიათებელი პარამეტრების მნიშვნელობები მთავორიან საკლასიფიკაციო ჯგუფში

პარამეტრები	მარშრუტების №						ტიპიზირებული პარამეტრები
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	
საშუალო სიჩქარე V_{CP} , კმ/სთ	25,7	9,9	17,9	38,9	16,9	19,8	21,5
სათბობის საშუალო ხარჯი, Q_S ლ/100 კმ	42,9	101,2	57,7	34,3	53,7	70,3	65,9
ხვედრითი მწარმოებლობა, W ტ.კმ/ლ.კმ/სთ	7,79	1,27	4,03	14,74	4,09	3,66	5,93

მოდრაობის საშუალო სიჩქარის, სათბობის საშუალო ხარჯის და ხვედრითი მწარმოებლობის მახასიათებელი პარამეტრების მნიშვნელობები ვაკე საკლასიფიკაციო ჯგუფში

პარამეტრები	მარშრუტების №						ტიპიზირებული პარამეტრები
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	
საშუალო სიჩქარე V_{CP} , კმ/სთ	40,5	41,0	33,7	23,7	34,2	45,1	36,4
სათბობის საშუალო ხარჯი, Q_s ლ/100 კმ	39,5	42,8	44, 2	50,6	53,2	48,9	46,5
ხვედრითი მწარმოებლობა, W ტ.კმ/ლ.კმ/სთ	13,32	12,45	9,91	6,08	8,36	11,99	10,35

3.5. ტიპიზირებულ მარშრუტებზე ავტომატარებლის მუშაობის რეჟიმების მონაცემების დამუშავება

ნახ.3.9-ზე გამოსახულია ტიპიზირებული მარშრუტების და ავტომობილის, მისი აგრეგატების და კვანძების მუშაობის რეჟიმების მიღების ავტომატიზირებული პროცედურის საერთო ლოგიკური სტრუქტურის სქემა. პოზიციებით 1,2,3 შესაბამისად აღნიშნულია:

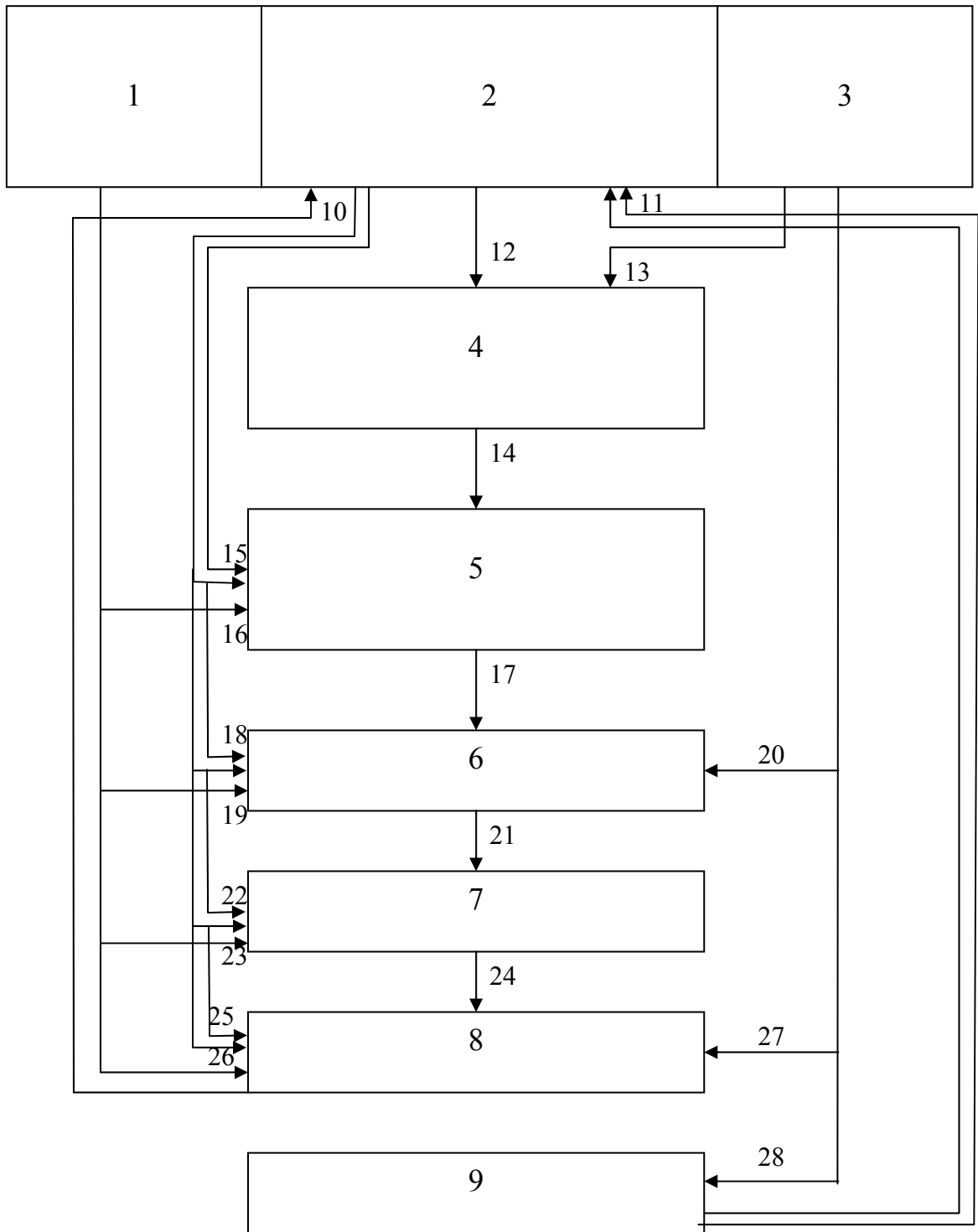
სპეციალური გამოყენებითი პროგრამების ბიბლიოთეკა, რომლებიც გამოიყენება ტიპიზირებული მარშრუტების და მუშაობის რეჟიმების შედგენის დრო; აგრეთვე ძირითადი ალგორითმები, რომელთათვისაც მოყვანილია პროგრამებში შემუშავებულია მათემატიკური ფორმულები, რომლებიც მოყვანილია განყოფილებებში 3.3 და 3.4;

მონაცემების ბანკი ავტომობილების მუშაობის რეჟიმების და ექსპლუატაციის პირობების შესახებ, რომელიც მოიცავს ინფორმაციას გადაზიდვების მარშრუტების შესახებ ამერიკაკვასის სხვადასხვა რაიონებში, ამ მარშრუტების სიგრძის, გზის საფარების, გრძივი პროფილის, ტვირთის მოცულობის და გადაზიდვების ინტენსიურობის, ავტომობილის და მისი აგრეგატების (ძრავის, ტრანსმისიის) მუშაობის რეჟიმების შესახებ, საწყისი ცხრილები, რომელთა მონაცემების საფუძველად დაედვა ბანკის ინფორმაციას, მოყვანილია თავებში 2 და 3.

პოზიცია 4. – აღნიშნულია ტიპიზირებული მარშრუტების რაოდენობის წინასწარი განსაზღვრის ბლოკი. ამ ბლოკის მუშაობის აღწერა მოყვანილია განყოფილებაში 3.1. იგი მუშაობს დიალოგის რეჟიმში და მისი ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია ინფორმაცია მონაცემების ბანკიდან, აგრეთვე სტანდარტული და სერვისული პროგრამები. ისრებით აღნიშნულია პოზიციები 12 და 13.

ტიპიზირებული მარშრუტების წინასწარი განსაზღვრის შემდეგ (აპრიორული ინფორმაციის ბაზაზე, რომელსაც არ აქვს ფორმალური ხასიათი) მართვა 14 კავშირის საშუალებით გადაცემა ბლოკს 5, სადაც ხდება ტიპიზაცია გზის საფარების ტიპების, უბნების სიგრძეების და მთლიანად ტიპიზირებული მარშრუტების სიგრძეების მიხედვით. აქ არ მოწმდება ტიპიზირებული მარშრუტების წინანდელი შერჩეული რაოდენობის კორექტულობა. ბლოკის მუშაობის ალგორითმი და მათემატიკური ფორმულები, რომლის მიხედვითაც იგი მუშაობს, მოყვანილია პარაგრაფში 3.3.

შემდგომ მართვა 17 კავშირის დახმარებით გადაეცემა ბლოკს 6, რომელშიც ხდება ტიპიზაცია გრძივი პროფილის მიხედვით. ინფორმაცია მონაცემების ბაზიდან, სპეციალური გამოყენებითი და სერვისული პროგრამები ამ ბლოკს მიეწოდება კავშირების 18,19,20 საშუალებით შესაბამისად. ბლოკთან მუშაობა ხორციელდება დიალოგურ რეჟიმში კომპლექსში გრაფიკული დისპლეების ტექნიკური საშუალებების არსებობის შემთხვევაში. გრაფიკული დისპლეების არ არსებობის შემთხვევაში ბლოკი ფუნქციონირებს ინტერაქტიულ რეჟიმში დისპლეიზე და საბეჭდ



ნახ.3.9. ავტოსატრანსპორტო სისტემის მექანიზმების მუშაობის რეჟიმების და ტიპიზირებული მარშრუტის მიღების ავტომატიზირებული პროცედურების საერთო ლოგიკური სტრუქტურა

მოწყობილობაზე ციფრული ინფორმაციის გაცემით. ამ ბლოკში მოწმდება აგრეთვე ტიპიზირებული მარშრუტების რაოდენობის წინასწარი შერჩევის კორექტულობა. ბლოკის მუშაობის ალგორითმი და მათემატიკური ფორმულები მოყვანილია 3.3-ში. შემდგომ მართვა გადაეცემა ბლოკს 7 კავშირის 21 საშუალებით.

მე-7 ბლოკში ხდება კვანძების, აგრეგატების და თვით ავტომობილის მთლიანად მუშაობის რეჟიმების ტიპიზაცია. ამისათვის აუცილებელი მონაცემები და სპეციალური პროგრამები ბლოკს მიეწოდება კავშირების 22 და 23 საშუალებით. ბლოკი მუშაობს ავტონომიურ რეჟიმში. მისი ფუნქციონირების ალგორითმი და მათემატიკური ფორმულები მოყვანილია 3.4-ში. შემდგომ კავშირის 24 საშუალებით მართვა გადაეცემა ბლოკს 8, რომელშიც ხორციელდება ავტომობილის კვანძების და აგრეგატების მუშაობის რეჟიმების და მოძრაობის ტიპიზირებული მარშრუტების გამოსახვა და საბოლოო შემოწმება. ინფორმაცია მონაცემების ბანკიდან სპეციალური და სერვისული პროგრამებით მიეწოდება ამ ბლოკს კავშირების 25,2. საშუალებით.

მე-10 კავშირი უზრუნველყოფს მე-2 ბლოკის გამომავალი ინფორმაციის გადაცემის მონაცემების ბანკში იმ შემთხვევაში, თუ ტიპიზირებული მარშრუტების, მათი პარამეტრების და მახასიათებლების, ავტომობილის კვანძების, აგრეგატების და მთლიანად ავტომობილის მუშაობის ტიპიზირებული რეჟიმების საბოლოო შემოწმებამ მოგვცა დადებითი შედეგები. საბოლოო შემოწმების უარყოფითი შედეგების შემთხვევაში გამოიკვლევა მისი მიზეზები, კორექტირება შესაბამისი საწყისი მონაცემები მონაცემების ბანკში (შესაბამისი ბლოკები ნახაზზე არ არის ნაჩვენები) მეორდება მე-4-დან და მე-8 ბლოკების მუშაობა, ანუ პროცედურა ატარებს ინტერაციულ ხასიათს. ბლოკი 9 დამხმარეა, უზრუნველყოფს მონაცემების ბანკის ინფორმაციის მხარდაჭერას, შენახვას და ცვლილებას კავშირების 28 და 11 საშუალებით შესაბამისად. კავშირი 11 ნახ.3.9-ზე ნაჩვენებია წყვეტილი ხაზით, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ იგი გამოიყენება მონაცემების ბანკში ახალი ინფორმაციის შეტანისათვის მარშრუტების რაოდენობის, მათი პარამეტრების და ა.შ. ცვლილების დროს.

3.6. მოკლე დასკვნები მესამე თავის მიხედვით

1. ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მთაგორიან რაიონებში ექსპლუატაციის პირობების ჩატარებულმა ანალიზმა უზრუნველყო ორი საკლასიფიკაციო ჯგუფის მიღება და ამ ჯგუფების მახასიათებელი პარამეტრების რაოდენობრივი შეფასება.
2. განვითარებული მთაგორიანი რაიონების საგზაო ქსელი გარკვეული ალბათობით დამსგავსებულია კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის ციფრულ მოდელთან, რომელიც ითვალისწინებს შემადგენელი (წარმომადგენლობითი) მარშრუტების გრძივი პროფილის მახასიათებლებს, გზის საფარების ტიპებს და სხვა. და შეიძლება გამოყენებული ქნას ფიზიკური მოდელების აგებისათვის (პოლიგონების ან მანქანათსაგამოცდო სადგურების "MUC"), აგრეთვე ავტომობილის მოძრაობის იმიტაციური მოდელირებისათვის ექსპლუატაციის მოცემულ პირობებში კონსტრუქტორული პარამეტრების ოპტიმიზაციის მიზნით.
3. ავტომატარებელ Mercedes-Benz Atego კომპლექსურ ტიპიზირებულ მარშრუტზე მუშაობის რეჟიმების მაჩვენებლები, დადგენილი ექსპერიმენტულ-სტატისტიკური მეთოდით და დაფუძნებული რეჟიმომეტრულ მაჩვენებლებზე, მიიღება როგორც ტიპიზირებული და რეკომენდირებულია საპროექტო და საგამოცდო-საკონსტრუქტორო სამუშაოებისათვის მოდიფიცირებული მოდელების შექმნის და მათი დაყვანის დროს.
4. ავტომატარებლის Mercedes-Benz Atego ხანგრძლივი ექსპლუატაცია განვითარებული წარმოების მთაგორიან ადგილებში ხასიათდება მისი წვეთი და ეკონომიკური მახასიათებლების დანაკარგებით. კერძოდ, საშუალო სიჩქარის შემცირება 40%-ით, საწვავის საშუალო ხარჯის ზრდა 47%-ით, ხვედრითი მწარმოებლობის შემცირება 43%-ით.
5. ავტოსატრანსპორტო საშუალებების ტიპიზირებული მარშრუტების და მუშაობის რეჟიმების მიღების ავტომატიზირებული (ეგმ-ის გამოყენებით) პროცედურის შემუშავებული ზოგადი ლოგიკური სისტემა ამცირებს მსგავსი სამუშაოების შესრულების დროს და შრომატევადობას.

4. ავტომატარებელ QMercedes-Benz Atego საწვავ-სიჩქარული თვისებების დიაგნოსტიკა და კონტროლი ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობებში

მაღალი გამავლობის სატვირთო ავტომობილების კონსტრუქციული პარამეტრების გავლენის კვლევა ისეთ მაჩვენებლებზე, როგორცაა თბური ეკონომიურობა და მწარმოებლობა ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობებში, საკმაოდ რთული და შრომატევადი პროცესია, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც დასმულია ოპტიმიზაციის ამოცანა, ანუ ძრავის და ტრანსმისიის ოპტიმალური კონსტრუქციული პარამეტრების შერჩევა. ასეთი პრობლემის ექსპერიმენტული გადაწყვეტა პრაქტიკულად შეუძლებელია დიდი მოცულობის ექსპერიმენტების გამო როგორც შრომატევადობის, ისე დროის თვალსაზრისით. თანამედროვე პირობებში ეს ხორციელდება ავტომობილების მოძრაობის კვლევით გაანგარიშების მეთოდებით.

თანამედროვე წვეთი და დინამიკური გაანგარიშებები ძირითადად ემყარება აკადემიკოს ე.ა.ჩუდაკოვის შრომებს, შემდგომი განვითარება ჰპოვეს რ.რ.დვალის, ბ.ს.ფალკვეიჩის, ბ.ბ.გოლდის, დ.პ.ველიკანოვის, გ.ვ.ზიმელევის, ი.ე.ფარობინის და სხვა მეცნიერთა შრომებში. გაანგარიშების სხვადასხვა სახის გრაფიკული და ანალიზური მეთოდები არის საკმაოდ რთული, მათ საშუალება მოგვცა განგვესაზღვრა მოძრაობის სიჩქარე და სათბობის ხარჯი ჰორიზონტალურ უბნებზე და მუდმივი დახრილობის უბნებზე მოძრაობის დამყარებული რეჟიმის დროს. ეს მეთოდები საშუალებას იძლევა შევაფასოთ ავტომობილის ზღვრული წვეთი და დინამიკური შესაძლებლობები იმდენად, რამდენადაც ექსპლუატაციის პირობებში პრაქტიკულად არ არსებობს მუდმივ წინამდევობიანი გზები და ძირითადად ადგილი აქვს მოძრაობის დაუმყარებელ რეჟიმს, რომელიც დაკავშირებულია გარე პირობების რხევებთან და მძღოლის მიერ ძრავის და ტრანსმისიის მართვასთან [61,62,63,64].

ელექტრო გამომთვლელი მანქანებით კვლევითი გაანგარიშებების პრაქტიკაში დანერგვამ საშუალება მოგვცა შეგვეშუშავებინა დინამიური თვისებების სათბობის ეკონომიურობის კვლევის ახალი მეთოდები [34,65,66,67,68,69,70]. ამ მეთოდებმა საშუალება მოგვცა გაანგარიშებებში ჩავვერთო გზის რეალური გრძივი პროფილის

ელემენტები, გაგვეთვალისწინებინა მოძრაობის ცვალებადი რეჟიმები, შეგვესრულებინა მძღოლის მოქმედების იმიტაცია ძრავის და ტრანსმისიის მართვაში, ჩაგვეტარებინა ძრავის და ტრანსმისიის კონსტრუქციული პარამეტრების საანგარიშო ოპტიმიზაცია გზების კონკრეტული უბნების და ავტომობილის მოძრაობის ცვალებადი რეჟიმების შესაბამისად.

4.1. სატვირთო საავტომობილო ტრანსპორტის ეკონომიკური მაჩვენებლები

სატვირთო საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის მუშაობის დაგეგმვის, აღრიცხვისა და ანალიზისათვის გამოიყენება მაჩვენებელთა სისტემა (რაოდენობრივი და ხარისხობრივი), რომელიც იძლევა საშუალებას შევაფასოთ მოძრავი შემადგენლობის გამოყენების ეფექტურობა და მუშაობის ხარისხიანობა.

სატვირთო საავტომობილო ტრანსპორტის მიერ გადაზიდული ტვირთების მოცულობა განისაზღვრება სატრანსპორტო ქსელის ყველა პუნქტიდან გადაზიდული ტონა ტვირთების ჯამით:

$$P_1 + P_2 + \dots + P_n = \Sigma P \text{ (ტ)} \quad (4.1)$$

სადაც: $P_1, P_2 \dots P_n$ არის 1, 2 ... n –ური პუნქტიდან დროის გარკვეულ შუალედში გადაზიდული ტვირთის რაოდენობა გამოსახული ტონებში.

ტვირთბრუნვის მაჩვენებელი ითვალისწინებს ტვირთის როგორც წონას, ასევე გადასაზიდვის მანძილს და განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_1 l_1 + P_2 l_2 + \dots + P_n l_n = \Sigma P l \text{ (ტ.კმ)} \quad (4.2)$$

სადაც: $P_1 l_1, P_2 l_2, \dots P_n l_n$ – ტვირთების ცალკეული პარტიების ($P_1, P_2, \dots P_n$) ტვირთბრუნვა შესაბამის მანძილზე ($l_1, l_2, \dots l_n$) გაგაზიდვისას.

1 ტონა ტვირთის გადაზიდვის საშუალო სიშორე გამოითვლება ფორმულით

$$\bar{l} = \frac{\Sigma P l}{\Sigma P} \quad (4.3)$$

ცალკეული ხაზის ან ქსელისათვის გადაზიდვების ინტენსივობის განსაზღვრისათვის იყენებენ საშუალო ტვირთდამატულობის მაჩვენებელს, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\Sigma Pl}{L_l} \quad (4.4)$$

სადაც: L_l – ქსელის საექსპლოატაციო სიგრძეა.

გადაზიდვების ხარისხობრივ მაჩვენებელს წარმოადგენს ტვირთების გადაზიდვის სიჩქარე.

$$V = \frac{\Sigma Pl}{\Sigma Pt} \quad (4.5)$$

სადაც: ΣPl – ტვირთბრუნვაა (ტ.კმ)

ΣPt – ჯამური დროა, რომელიც იხარჯება ტვირთის გადაზიდვაზე (ტონა-საათი).

ყველა სახის ტრანსპორტისათვის არსებობს ეკონომიური მაჩვენებლები, რომლებიც ახასიათებენ ტრანსპორტის მუშაობის ეკონომიურ ეფექტურობას. ამ მაჩვენებლებიდან მნიშვნელოვანია გადაზიდვების თვითღირებულება გამოსახული ფულის ერთეულში და შრომის მწარმოებლობა, ტრანსპორტის ერთ მუშაკზე ერთ წელიწადში.

ტვირთების გადაზიდვის თვითღირებულება განისაზღვრება ფორმულით

$$S = \frac{C}{\Sigma pl(\Sigma al)} \quad (4.6)$$

სადაც: C – ექსპლოატაციური ხარჯებია განსახვრული პერიოდისათვის, გამოსახული ფულის ერთეულში.

ΣPl – შესრულებული ტვირთბრუნვაა იმავე პერიოდისათვის.

შრომის წარმოებლობა განისაზღვრება ფორმულით

$$\Pi = \frac{\Sigma pl}{r} \quad (4.7)$$

სადაც: ΣPl – ტონა – კილომეტრებია 1 წლისათვის;

r – გადაზიდვებთან დაკავშირებული მოსამსახურეთა რაოდენობაა 1 წლისათვის. საავტომობილო ტრანსპორტისათვის მოსამსახურეთა ამ კატეგორიას მიეკუთვნება მძღოლები, მეხანძრეები და დარაჯები, მტვირთავები.

სატრანსპორტო ერთეულის ბრუნვა წარმოადგენს ერთ-ერთ ხარისხობრივ მაჩვენებელს. ბრუნვა არის დროის ის მონაკვეთი, რომელსაც სატრანსპორტო ერთეული ანდომებს გადაზიდვის ერთი ციკლის შესრულებას. ჩვეულებრივ დროის ეს მონაკვეთი გამოითვლება სატრანსპორტო საშუალების დატვირთვიდან განტვირთვამდე. ამ დროში სატრანსპორტო საშუალება ასრულებს საწყის ოპერაციას, ტვირთის გადაადგილებას, საბოლოო ოპერაციას და შემდგომში დატვირთვის პუნქტში გადაადგილებას.

სატრანსპორტო ერთეულის ბრუნვა განისაზღვრება ფორმულით

$$t_{\text{ბრ}} = \frac{l_{\text{ბრ}}}{V_{\text{საშ}}} + t_{\text{დატვ}} + t_{\text{გადმოტ.}} \quad (4.8)$$

სადაც: $l_{\text{ბრ}}$ – სატრანსპორტო ერთეულის მიერ, ერთი მობრუნების დროს გავლილი მანძილია (კმ), რომელიც შედგება ტრანსპორტის გადაადგილების დატვირთული და ცარიელი ნაწილისაგან;

$t_{\text{დატვ}}$ და $t_{\text{გადმოტ.}}$ – არის შესაბამისად დატვირთვის და გადმოტვირთვის პუნქტში ტრანსპორტის ყოფნის ხანგრძლივობა;

$V_{\text{საშ}}$ – მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა (კმ/სთ)

საავტომობილო გადაზიდვების მთავარ ამოცანას წარმოადგენს ბრუნვის დროის შემცირება. რაც ნაკლებია ბრუნვის დრო, მით მეტ გადაზიდვებს შეასრულებს სატრანსპორტო საშუალება.

საშუალო დღე-ღამური გარბენი არის კილომეტრის ის რაოდენობა, რომელსაც გადის სატრანსპორტო ერთეული დღე-ღამეში. ზოგად შემთხვევაში საშუალო დღე-ღამური გარბენი შედგება გარბენისაგან დატვირთულ და დაუტვირთავ (ცარიელ) მდგომარეობაში და გამოითვლება ფორმულით

$$L_{\text{დღე-ღამური}} = \frac{l_{\text{ბრ}}}{n} = \frac{l_{\text{დატ}} + l_{\text{ცარიელი}}}{n} \quad (4.9)$$

სადაც: $l_{\text{ბრ}}$ – ბრუნვის მთლიანი სიგრძეა კმ-ში, რომელიც დატვირთული და ცარიელი რეისების სიგრძეთა ჯამია ($l_{\text{დატ}} + l_{\text{ცარიელი}}$),

n – დღე-ღამეების რაოდენობაა.

ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მაჩვენებლები, რომლებიც ახასიათებენ მოძრავი შემადგენლობის გამოყენების ინტენსიურობას შეიძლება დავყოთ ოთხ ჯგუფად:

1. მოძრავი შემადგენლობის გამოყენება დროში (დღეები, ექსპლუატაციის ავტომობილ-დღეები, მოძრავი შემადგენლობის გამოშვების კოეფიციენტი, დრო მარშრუტზე და ცვლაზე, დატვირთვა-განტვირთვისას ან გაჩერების პუნქტებში ყოფნისას გაცდენის დრო და სამუშაო დროის გამოყენების კოეფიციენტი);
2. მოძრავი შემადგენლობის სასიჩქარო თვისებების გამოყენება (მოძრაობის სიჩქარისა – ტექნიკური და საექსპლუატაციო);
3. მოძრავი შემადგენლობის გარბენის გამოყენება (გარბენის გამოყენების კოეფიციენტები ხაზზე მუშაობის სხვადასხვა დროის პერიოდებში);
4. მოძრავი შემადგენლობის ტვირთამწეობის გამოყენება (ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტები სტატიკური და დინამიკური).

ტრანსპორტის მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებია:

- ერთჯერადები – პარკის გამოყენების კოეფიციენტი, მოძრაობის სიჩქარე, გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი, მოძრავი შემადგენლობის ტევადობის გამოყენების კოეფიციენტები;
- კომპლექსურები – გადაადგილების პროცესის ციკლის დრო, ტვირთების ან მგზავრების მიწოდების სიძქარე, ნაყოფიერი გარბენი საანალიზო პერიოდის განმავლობაში.

გადაზიდვების ხარჯების სიდიდე დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე. მთავარი მათგანია:

- ავტომობილების ტვირთამწეობა, ნახევარმისაბმელიანი ან მისაბმელიანი ავტომატარებლების, ტრაქტორების გამოყენება, სატრანსპორტო საშუალებების კონსტრუქციული და დინამიკური თვისებები;
- ექსპლუატაციის პირობები, ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდების და გამომთვლელი ტექნიკის გამოყენება გადაზიდვების რაციონალიზაციისათვის, გადაზიდვების მანძილები, ტვირთის სტრუქტურა, სატრანსპორტო საშუალებების ტვირთამწეობის გამოყენება;
- საწარმოში საავტომობილო პარკის კონცენტრაცია და სპეციალიზაცია, ცენტრალიზებული გადაზიდვების დონე;
- სატრანსპორტო საშუალებების მიმდინარე რემონტისა და ტექნიკური მომსახურების აგრეგატულ-უბნური მეთოდის დონე, საწარმო-ტექნიკური ბაზის მდგომარეობა მათი რემონტისა და მომსახურებისათვის, მოძრავის შემადგენლობის ამორტიზაციის ვადების დაცვა;
- მძღოლების, რემონტის მუშების და ინჟინერ-ტექნიკური პერსონალის შრომის ანაზღაურებისა და სტიმულირების დონე;
- სატრანსპორტო საშუალებების, დანადგარების, საწვავის, სათადარიგო ნაწილების, თბო-და ელექტროენერჯის, წყლის, მეორადი რესურსების გამოყენების ფასების დონე;
- საგზაო ქსელის განვითარება და მდგომარეობა.

თვითღირებულების შემცირებას ხელს უწყობს მოძრავი შემადგენლობის გამოყენების მაჩვენებლების ზრდა: ხაზზე ავტომობილების გაშვების კოეფიციენტის, მათი ცვლაში ყოფნის ხანგრძლივობა, ტექნიკური სიჩქარე და დატვირთვა-განტვირთვისას მოცდენების დრო.

სატრანსპორტო საშუალებების ტექნიკური მდგომარეობის სრულყოფა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სატრანსპორტო დანახარჯების შემცირებაზე. ის

მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ტექნიკური მომსახურების და მიმდინარე რემონტის მიღებულ სისტემაზე.

სატვირთო გადაზიდვების თვითღირებულების შემცირებაზე არსებით გავლენას ახდენს საგაზაო პირობები. ცუდი საგაზაო პირობებში მუშაობისას იზრდება საწვავის და საპოხი მასალების ხარჯი, საბურევეების ცვეთა, მცირდება მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკური მომსახურების ჩატარების პერიოდულობა, უფრო ხშირად წარმოიქმნება მიმდინარე რემონტის აუცილებლობა. სრულყოფილ საფარიან გზებზე გადაზიდვების თვითღირებულება მცირდება 12-15%-ით.

4.2 მეორადი დაკიდების ვიბროდატვირთულობის შემცირების გზები

ავტომობილის საექსპლოატაციო საშუალო სიჩქარის გაზრდის ერთ-ერთ ხელშემწყობ პირობას წარმოადგენს ავტომობილის სვლის სიმდოვრის გაუმჯობესება, რაც დადებითად აისახება მძღოლის სამუშაო პირობებზე. ამისათვის ჩატარებული იქნა მეორადი დაკიდების თეორიული და საგზაო ექსპერიმენტალური კვლევა და შექმნილი იქნა მეორადი დაკიდების ახალი კონსტრუქცია.

მათემატიკური მოდელის შედგენისას აუცილებელია დაკმაყოფილდეს მთავარი მოთხოვნა–მოდელმა მოგვცეს საშუალება განვსაზღვროთ ყველა საძიებელი სიდიდე საინჟინრო გაანგარიშებისათვის საკმარისი სიზუსტით. ამიტომ არაა აუცილებელი გავითვალისწინოთ სისტემის ყველა ელემენტის ვიბრაციული მახასიათებლები, სისტემაზე მოქმედი ყველა გარე შემფოთებები, ელემენტებს შორის შიგა ურთიერთქმედებების სრული გათვალისწინებით.

პირველ ეტაპზე, რათა დავადგინოთ კაბინის დაკიდების პარამეტრების გავლენა მისი რხევების ინტენსივობაზე, მძღოლის ვიბროდატვირთვაზე და გავაკეთოთ ორიენტაცია ამ პარამეტრების რაციონალურ სიდიდეზე, საკმარისია ანგარიში ჩავატაროთ წრფივ მოდელზე. ასეთი მოდელის შედგენისათვის აუცილებელია გავითვალისწინოთ, რომ სავარძლის დაკიდება და მასზე მჯდომი

ადამიანი შეადგენენ დინამიკურ სისტემას, რომელიც წარმოადგენს რთული კავშირებით შეერთებულ მასათა სისტემას.

დინამიკური საანგარიშო სქემის – «ადამიანი სავარძელი» შერჩევასა დადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს, საანგარიშო სიდიდეების სიზუსტეს, დადგენილ იქნას მასათა შორის ყველა აუცილებელი კავშირები და გვექონდეს მათი საკმარისი თავისუფლების ხარისხები. ამასთან ერთად, საანგარიშო სქემას წაყენება მოთხოვნა ოპტიმალურობის, ე.ი. საანგარიშო სქემა საკმაო სიზუსტით უნდა აღწერდეს დინამიკურ სისტემას და ჰქონდეს მინიმალური თავისუფლების ხარისხი. სავარძლების არსებულ კონსტრუქციებისა და მათი რხევითი მახასიათებლებიდან ჩანს, რომ აუცილებელია დარესორებული სავარძლის მასის წარმოდგენა ცალკე. მისი მასა შეადგენს მასზე მჯდომი ადამიანის მასის 35%-ს. აქედან გამომდინარე დინამიკური სისტემა «ადამიანი სავარძელი» შეიძლება დაყვანილ იქნას ორ მასიან სისტემაზე, სადაც შედის მძღოლისა და სავარძლის მასა. სავარძელი კაბინის ძირს უკავშირდება დაკიდებით, რომელიც შეიცავს დრეკად-მადემპფირებელ ელემენტს. ხოლო სავარძელი ადამიანთან კავშირშია ბალიშით, რომელიც ასევე წარმოადგება დრეკად-მადემპფირებელი ელემენტით, ხოლო კაბინის დაკიდება წარმოადგენილია ორ თავისუფლების ხარისხიანი დაკიდებით და წარმოადგება დრეკად-მადემპფირებელი ელემენტების სახით, როგორც გრძივი, ისე განივი მიმართულებით.

საანგარიშო მოდელის შედგენისას გათვალისწინებული იქნა შემდეგი დაშვებები:

1. გზა და ავტომობილი გრძივ-ვერტიკალური სიბრტყის მიმართ სიმეტრიულია;
2. წინა და უკანა დარესორებული მასების ურთიერთ გავლენა უგულველყოფილია;
3. ავტომობილის საკუთარი რხევები მცირეა;
4. საბურავის გზასთან კონტაქტი წერტილოვანია;
5. ავტომობილის სიჩქარის მათემატიკური ლოდინი მუდმივია და უდრის ავტომობილის სვლის სიჩქარეს;

6. ათვლის წერტილად მიღებულია სტატიკური წონასწორობის მდებარეობა;
7. მძღოლის ხელებზე და ფეხებზე მოსული რხევები უგულველყოფილია;
8. მერხევი მასები განიხილება ერთ წერტილში თავმოყრილ მყარ მასად.

მათემატიკური მოდელი მოცემულია ნახ.4.1-ზე და მას აქვს 9 თავისუფლების ხარისხი. სისტემის კოორდინატებია:

Z – დაურესორებელი მასათა გადაადგილება;

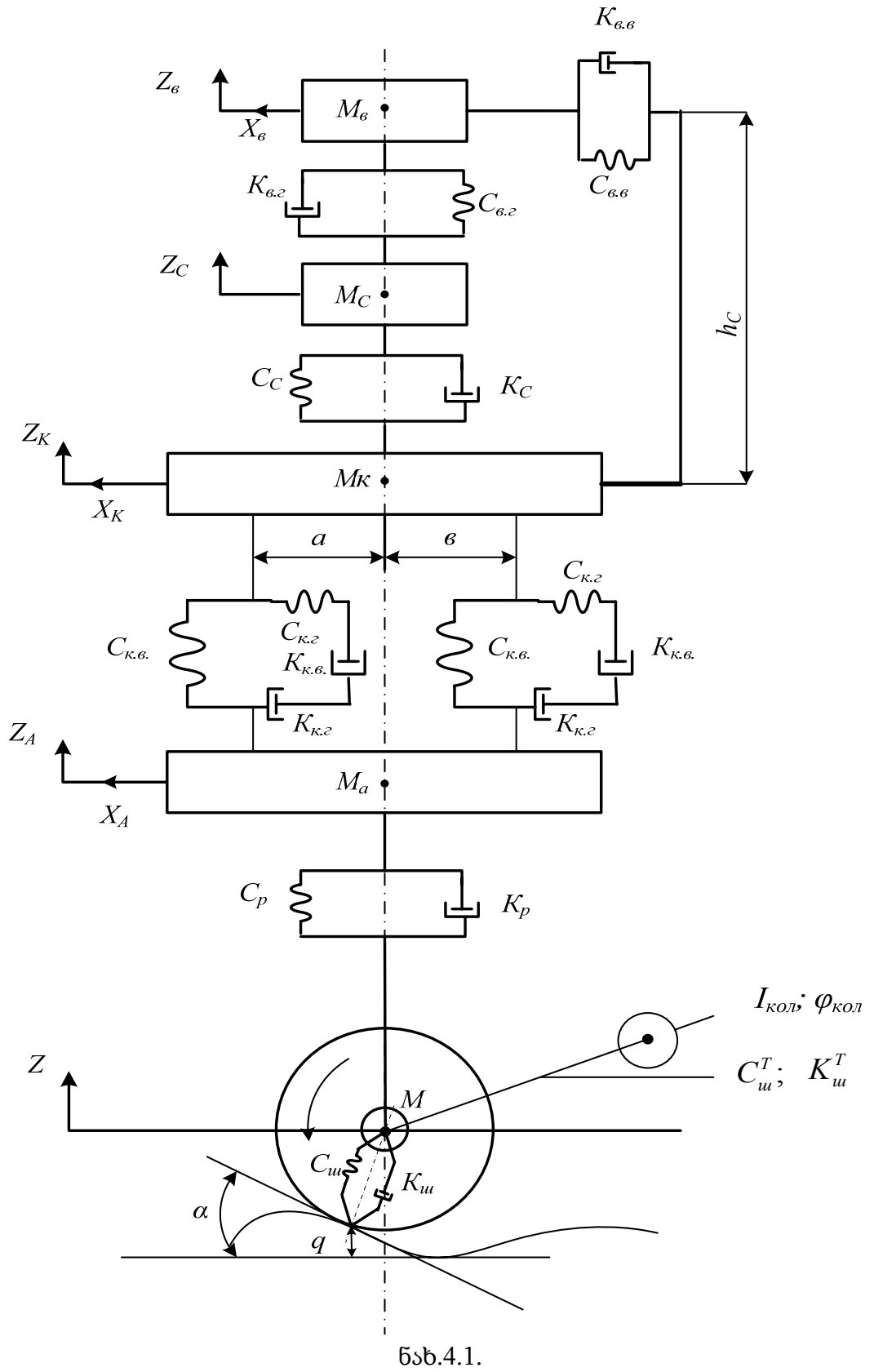
$Z_a; X_a$ – დარესორებულ მასათა ვერტიკალური და ჰორიზონტალური კოორდინატებია;

$Z_K; X_K$ – მძღოლის კაბინის მასათა ცენტრის კოორდინატებია ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებით;

$Z_c; X_c$ – სავარძლის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გადაადგილება;

$Z_b; X_b$ – მძღოლის მასის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გადაადგილება;

$\varphi_{კოლ}$ – თვლის მობრუნების კუთხეა განივი ღერძის მიმართ, რომელიც გადის თვლის სიმბიმის ცენტრში;



m_b – მძღოლის მასაა;

m_c – სავარძლის მასაა;

m_k – მძღოლის კაბინის მასაა;

M_a – დარესორებული ნაწილის მასაა;

$M.$ – დაურესორებული ნაწილის მასაა;

$I_{კოლ}$ – თვლის ინერციის მომენტია განივი ღერძის მიმართ, რომელიც გადის თვლის სიმძიმის ცენტრში;

$C_{II}; K_{II}$ – სავარძლის ბალიშის სიხისტე და დემფირების კოეფიციენტებია;

$C_{CII}; K_{CII}$ – სავარძლის საზურგის ბალიშის სიხისტე და დემფირების კოეფიციენტებია;

$C_C; K_C$ – სავარძლის დაკიდების სიხისტე და დემფირების კოეფიციენტებია;

$C_{კი}; K_{კი}$ – მძღოლის სავარძლის ვერტიკალური დაკიდების სიხისტე და დემფირების კოეფიციენტებია;

$C_P; K_P$ – მძღოლის სავარძლის გრძივი დაკიდების სიხისტე და დემფირების კოეფიციენტებია;

$C_{III}; K_{III}$ – წინა საბურავის სიხისტე და დემფირების კოეფიციენტებია;

$C_{III}^T; K_{III}^T$ – წინა საბურავის ტანგენციალური სიხისტე და დემფირებაა;

λ_1 – მძღოლის კაბინის წინა დაკიდების დაცილებაა მისი სიმძიმის ცენტრიდან;

d – დაცილებაა მძღოლის კაბინის წინა დაკიდებიდან სავარძლის სიმძიმის ცენტრამდე;

h_3 – დაცილებაა კაბინის სიმძიმის ცენტრიდან სავარძლის სიმძიმის ცენტრამდე;

λ_2 – მძღოლის სავარძლის წინა და უკანა დაკიდების ცენტრებს შორის მანძილია;

λ_3 – მძღოლის კაბინის წინა დაკიდებასა და დარესორებულ მასათა ცენტრს შორის მანძილია;

h_2 – მძლავრის კაბინის სიმძიმის ცენტრსა და დარესორებულ მასათა ცენტრს შორის მანძილია;

q, α – მიკროპროფილის უსწორმასწორობის სიმაღლე და გზის დახრის კუთხეა;

Z_K – თვლის გორვის რადიუსია.

შევადგინოთ დიფერენციალური განტოლებები, რომლებიც აღწერენ მოცემული სისტემის მასათა გადაადგილებას, ამისათვის აუცილებელია კინეტიკური T და პოტენციური Π ენერგიების გამოთვლა და სისტემის შთანთქმის ფუნქციის Φ გამოთვლა:

$$T = \frac{m_b \dot{x}_b^2}{2} + \frac{m_c \dot{x}_c^2}{2} + \frac{m_k \dot{x}_k^2}{2} + \frac{m_a \dot{x}_a^2}{2} + \frac{(M_a + M_k - m)x_a^2}{2} + \frac{mz^2}{2} + \frac{I_{KOL} \dot{\phi}_{KOL}^2}{2} \quad (4.10)$$

$$\Pi = \frac{C_{II}(z_b - z_c)^2}{2} + \frac{C_{CII}(x_b - x_k)^2}{2} + \frac{C_C(z_c - z_k)^2}{2} + \frac{C_K(z_k - z_p)^2}{2} + \frac{C_{KII}(x_k - x_a)^2}{2} + \frac{C_P(z_a - z)^2}{2} + \frac{C_{III}(z - x_a \alpha + z_k \phi_k \alpha - q)^2}{2} + \frac{C_{III}^T \left(f_{KOL} - \frac{x_a}{r_K} - \alpha \right)^2}{2}$$

$$\Phi = \frac{K_{II}(\dot{x}_b - \dot{x}_c)^2}{2} + \frac{K_{CII}(\dot{x}_b - \dot{x}_k)^2}{2} + \frac{K_C(\dot{x}_c - \dot{x}_k)^2}{2} + \frac{K_K(\dot{x}_k - \dot{x}_a)^2}{2} + \frac{K_{KII}(\dot{x}_k - \dot{x}_a)^2}{2} + \frac{K_P(\dot{x}_a - \dot{z})^2}{2} + \frac{K_{III}(\dot{x} - \dot{\phi})^2}{2} + \frac{K_{III}^T \left(\dot{\phi}_{KOL} - \frac{\dot{x}_a}{z_K} - \dot{\alpha} \right)^2}{2}$$

მათემატიკური მოდელის შესადგენად საჭიროა მიღებული სიდიდეები ჩავსვათ ლაგრანჟის მეორე რიგის განტოლებაში

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial q_i} = 0 \quad (4.11)$$

სადაც, $i = 1; 2; \dots; n$ ვეძიოთ გადაადგილების განტოლება z -ის მიხედვით:

მაშინ მივიღებთ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას, რომელიც აღწერს საანგარიშო მასათა მოძრაობას

$$\begin{aligned}
 1. & m_a \ddot{x}_a + C_{\text{III}}(z - x_a \alpha + r_k \phi_{\text{KOL}} \alpha - q) - C_P(z_a - z) + K_{\text{III}}(\dot{x}_a - \dot{\phi}) - K_P(\dot{x}_a - \dot{x}) = 0 \\
 2. & M_a \ddot{x}_a + C_P(z_a - z) - C_K(z_k - z_a) + K_P(\dot{x}_a - \dot{x}) - K_K(\dot{x}_k - \dot{x}_a) = 0 \\
 3. & M_K \ddot{x}_k + C_K(z_k - z_a) - C_C(z_C - z_k) + K_K(\dot{x}_k - \dot{x}_a) - K_C(\dot{x}_C - \dot{x}_k) = 0 \\
 4. & m_C \ddot{x}_C + C_C(z_C - z_k) - C_{\text{II}}(z_b - z_C) + K_C(\dot{x}_C - \dot{x}_k) - K_{\text{II}}(\dot{x}_b - \dot{x}_C) = 0 \\
 5. & m_b \ddot{x}_b + C_{\text{II}}(z_b - z_C) + K_{\text{II}}(\dot{x}_b - \dot{x}_C) = 0 \\
 6. & M_a \ddot{x}_a - C_{\text{KPI}}(x_k - x_a) - \alpha C_{\text{III}}(z - x_a \alpha + r_k f_{\text{KOL}} \alpha - q) - \frac{1}{r_k} C_{\text{III}}^T \left(f_{\text{KOL}} - \frac{x_a}{r_k} - \alpha \right) - \\
 & \alpha K_{\text{III}}(\dot{x}_a - \dot{\phi}) - K_{\text{KPI}}(\dot{x}_k - \dot{x}_a) - \frac{1}{r_k} C_{\text{III}}^T \left(\dot{\phi}_{\text{KOL}} - \frac{\dot{x}_a}{r_k} - \dot{x} \right) - \\
 & \alpha F_{\text{CT}} - f C_{\text{III}}(z - x_a \alpha + r_k f_{\text{KOL}} \alpha - q) - f_k K_{\text{III}}(\dot{x}_a - \dot{\phi}) = 0 \\
 7. & m_K \ddot{x}_k + C_{\text{KPI}}(x_k - x_a) - C_{\text{CPI}}(x_b - x_k) + K_{\text{KPI}}(\dot{x}_k - \dot{x}_a) - K_{\text{CPI}}(\dot{x}_b - \dot{x}_k) = 0 \\
 8. & m_b \ddot{x}_b + C_{\text{CPI}}(x_b - x_k) - K_{\text{CPI}}(\dot{x}_b - \dot{x}_k) = 0 \\
 9. & I_{\text{KOL}} \ddot{\phi}_{\text{KOL}} + \alpha z_K C_{\text{III}}(z - x_a \alpha + r_k \phi_{\text{KOL}} \alpha - q) + C_{\text{III}}^T \left(\phi_{\text{KOL}} - \frac{x_a}{r_k} - \alpha \right) + \\
 & \alpha r_K K_{\text{III}}(\dot{x}_a - \dot{\phi}) + K_{\text{III}}^T \left(\dot{\phi}_{\text{KOL}} - \frac{\dot{x}_a}{r_k} - \dot{x} \right) + \alpha r_K F_{\text{CT}} + f r_K C_{\text{III}}(z - x_a \alpha + r_k \phi_{\text{KOL}} \alpha - q) + \\
 & f r_K K_{\text{III}}(\dot{x}_a - \dot{\phi}) = 0
 \end{aligned} \tag{4.12}$$

მეექვსე და მეცხრე განტოლებებში αF_{CT} ნორმალური რეაქციის სტატიკური მდგენელია

$$\alpha [C_{\text{III}}(z - x_a \alpha + z_k f_k \alpha - q) + K_{\text{III}}(\dot{x}_a - \dot{\phi})]$$

თვლის გორვის წინააღმდეგობის დინამიკური შემადგენელია.

გზის პროფილის აღწერა ხდება შემდეგი ფორმულით

$$\begin{aligned}
 S_q(\lambda) &= \frac{\lambda^2 + \alpha^2 + \beta^2}{(\lambda^2 + \alpha^2 - \beta^2) + 4\alpha^2\beta^2} D_q 2\alpha; \\
 S_q(\lambda) &= 2 \left[A_1 \alpha_1 \frac{1}{\lambda^2 + \alpha^2} + A_2 \alpha_2 \frac{\lambda^2 + \alpha_2^2 + \beta^2}{(\lambda^2 + \alpha_2^2 - \beta^2) + 4\alpha_2^2\beta^2} D_q \right]
 \end{aligned} \tag{4.13}$$

სადაც

$A_1; A_2$ – კორელაციურ ფუნქციის კოეფიციენტებია

D_q – გზის მიკრო პროფილის დისპერსია, მ²;

λ – ტალღური სიხშირეა, მ⁻¹.

ტალღური სიხშირესა და ციკლური სიხშირეს შორის კავშირი დგინდება ფორმულით:

$$\lambda = V_{\alpha} \omega$$

მოძრაობის სიჩქარისთვის, როცა $V=1$ მ.წმ⁻¹ რიცხვითი პარამეტრებში გამოხატული მიკროპროფილის ფუნქციის სპექტრული სიმკვრივე და შემშფოთი ფუნქციის სიმკვრივე ერთმანეთს ემთხვევიან. სიჩქარისათვის, რომელიც განსხვავდება ერთისაგან, სპექტრულ სიმკვრივეს და შემშფოთ ფუნქციებს შორის კავშირი გამოიხატება ფორმულით

$$\alpha_1^1 = \alpha_1 V_{\alpha}$$

$$\alpha_2^1 = \alpha_2 V_{\alpha}$$

$$\beta^1 = \beta V_{\alpha}$$

ამის შემდეგ შეგვიძლია ვიპოვოთ დისპერსია

$$D = \int_0^{\infty} S(\omega) d\omega$$

აქედან კი საშუალო კვადრატული გადახრა

$$\sigma = \sqrt{D}$$

საგზაო ექსპერიმენტალურმა გამოცდებმა და თეორიულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ გრძივი დატვირთვების სიდიდე, კერძოდ, გრძივი მიმართულებით აჩქარება 40–70%-ია ვერტიკალურისა, რიგ შემთხვევებში კი უფრო მეტიცაა და 80–85%-ს აღწევს [78,79]. ყოველივე ზემო აღნიშნულიდან გამომდინარე გრძივი რხევების (დატვირთვების) შესწავლა ძალზე მნიშვნელოვანია. ამისათვის საგზაო ექსპერიმენტული გამოცდები ჩატარდა ქ.დიმიტროვი NAMI ავტოპოლიგონის ისეთი სახის გზებზე, როგორცაა პროფილური სახის ქვაფენილიანი, სწორი სახის, ჩქაროსნული და მთაგორიანი გზები.

ჩანაწერები კეთდებოდა სიჩქარეები 10,15,30,50 და 70 კმ/სთ-ის დროს.

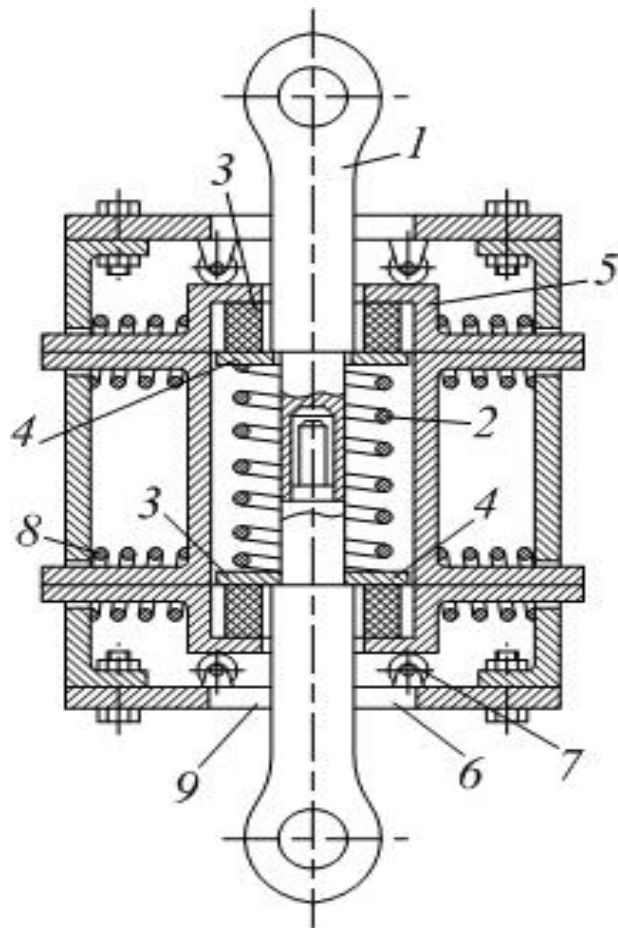
იწერებოდა აჩქარებები როგორც ვერტიკალური, ისე გრძივი მიმართულებით კაბინის საკიდრის ორი სხვადასხვა სახისათვის და ასევე სავარძლის ორი სხვადასხვა ვარიანტისათვის (ნახ.4.2.).

ექსპერიმენტულ სავაძლიანი [80] კაბინის ექსპერიმენტულ საკიდარზე (ნახ.4.1) გადამწოდები დაყენებულ იქნა სამ ადგილზე: მარცხენა ლონჟერონზე, მძღოლის

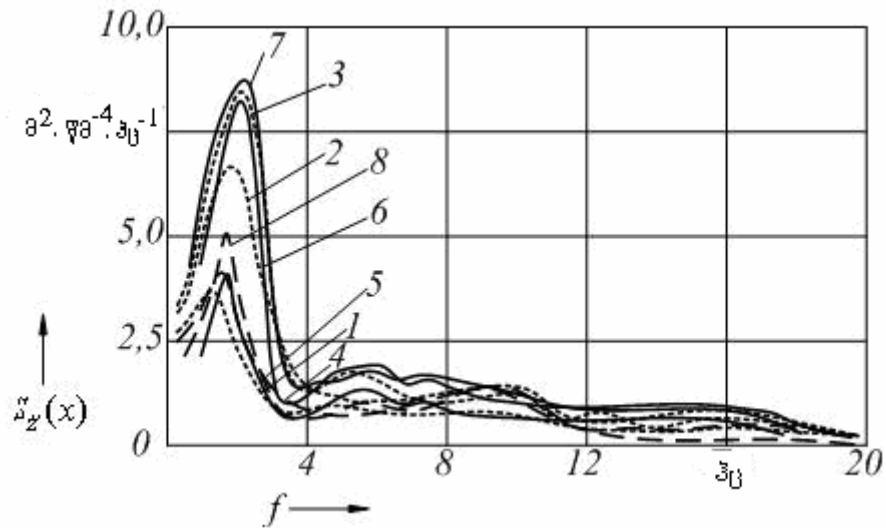
კაბინის იატაკზე (სავარძლის ქვეშ) და სავარძელზე(როგორც გრძივი, ისე ვერტიკალური მიმართულებით).

ნახ.4.3-ზე მოცემულია აჩქარების სპექტრული სიმკვრივე სავარძელზე როგორც გრძივი, ისე ვერტიკალურ მიმართულებით (პროფილირებულ გზაზე მოძრაობისას).

ნახ.4.4-ზე მოცემულია გადაცემის კოეფიციენტები მძღოლის კაბინის საკიდრის და სავარძლის სხვადასხვა ვარიანტისათვის– პროფილირებულ ქვაფენილიან გზის შემთხვევაში, დატვირთული და დაუტვირთავი მისაბმელიანი და უმისაბმელო ავტომობილისათვის.

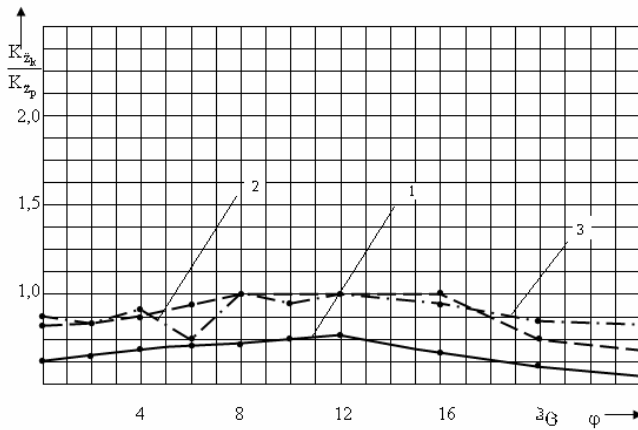


ნახ.4.2 მძღოლის კაბინის ექსპერიმენტული საკიდარი

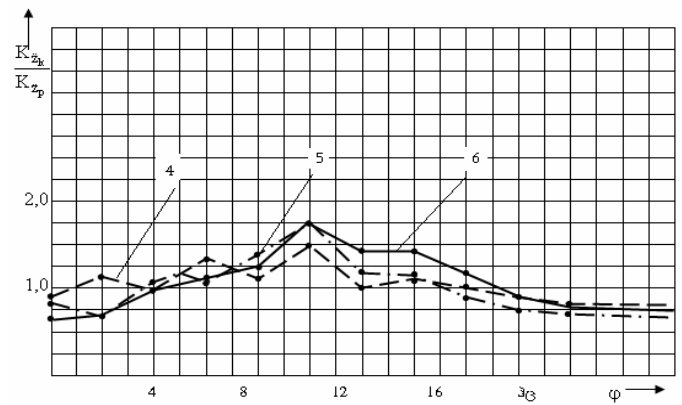


ნახ. 4.3 მძღოლის სავარძელზე აჩქარებების სპექტრული სიმკვრივები:

1. $V=2,8$ მ/წმ (დატვირთული ავტომობილი, ვერტიკალური, ექსპერიმენტული);
2. $V=4,2$ მ/წმ (დატვირთული ავტომობილი, ვერტიკალური, ექსპერიმენტული);
3. $V=4,2$ მ/წმ (დაუტვირთავი ავტომობილი, ვერტიკალური, ექსპერიმენტული);
4. $V=4,2$ მ/წმ (დაუტვირთავი ავტომობილი, ჰორიზონტალური, ექსპერიმენტული);
5. $V=2,8$ მ/წმ (დატვირთული ავტომობილი, ვერტიკალური, სერიული);
6. $V=4,2$ მ/წმ (დატვირთული ავტომობილი, ვერტიკალური, სერიული);
7. $V=4,2$ მ/წმ (დაუტვირთავი ავტომობილი, ვერტიკალური, სერიული);
8. $V=4,2$ მ/წმ (დაუტვირთავი ავტომობილი, ჰორიზონტალური, სერიული);



ა)



ბ)

ნახ. 4.4 ავტომობილის კაბინის საკიდრის გადაცემის კოეფიციენტი პროფილირებულ ქვაფენილზე მოძრაობისას

- ა) — 1. $V=4,2$ მ/წმ. (დატვირთული ავტომობილი, ჰორიზონტალური მიმართულებით, ექსპერიმენტული საკიდარი);
 2. $V=4,2$ მ/წმ. (დაუტვირთავი ავტომობილი, ჰორიზონტალური მიმართულებით, ექსპერიმენტული საკიდარი);
 3. სწორ ქვაფენილზე მოძრაობისას, $V=13,6$ მ/წმ. (დაუტვირთავი ავტომობილი, ჰორიზონტალური მიმართულებით, ექსპერიმენტული საკიდარი);

- ბ) — 4. $V=4,2$ მ/წმ. (დატვირთული ავტომობილი, ჰორიზონტალური მიმართულებით, სერიული საკიდარი);
 5. $V=4,2$ მ/წმ. (დაუტვირთავი ავტომობილი, ჰორიზონტალური მიმართულებით, სერიული საკიდარი);
 6. სწორ ქვაფენილზე მოძრაობისას, $V=13,6$ მ/წმ. (დაუტვირთავი ავტომობილი, ჰორიზონტალური მიმართულებით, სერიული საკიდარი);
 გამოცდებმა ცხადყო, რომ გრძივი რხევები ნაკლებადაა დამოკიდებული

სიჩქარის ფლუქტუაციაზე და შეადგენს გრძივი რხევების 3–5%-ს. აღმოჩნდა, რომ გრძივი რხევები შეადგენს ვერტიკალურის საგრძნობლად დიდ წილს (60–80%) 0–22,5 ჰც დიაპაზონში.

ჰორიზონტალური დატვირთვის აჩქარების საშუალო კვადრატული გადახრა ექსპერიმენტულის შემთხვევაში 20–25%-ით ნაკლებია ვიდრე სერიულის დროს (ნახ.4.4), ხოლო გადაცემის კოეფიციენტი 18–23%-ით უმჯობესია სერიულზე.

ნახ.4.4-ის მონაცემები ადასტურებს, რომ გრძივი აჩქარების საშუალო კვადრატული გადახრა ყველა სახის გზაზე 10–18%-ით ნაკლებია დატვირთული ავტომობილისათვის დაუტვირთავთან შედარებით.

მოცემული საგზაო გამოცდების შედეგების მიხედვით შეიძლება ითქვას, რომ პროფილური გზებისთვის ექსპერიმენტულის შედეგები 10–18%-ით გაუმჯობესებულია, ნორმალურ გზისთვის– 9–15%-ით, ხოლო ჩქაროსნულისათვის 8–12%-ით.

დაბალი სიხშირული დიაპაზონისთვის ვერტიკალურ აჩქარების სპექტრული სიმკვრივე ექსპერიმენტული საკიდრის შემთხვევაში 18%-ით დაბალია სერიულთან შედარებით, ხოლო მაღალი სიხშირის დიაპაზონში სხვაობა უმნიშვნელოა.

ანალიზმა დაადასტურა, რომ ვიბრაციული დატვირთვები, რომლებიც გადაიცემა მძღოლის სავარძლიდან, განსაკუთრებით უსიამოვნოა 1,5–2,5 ჰც-ის დიაპაზონში. 4–6 ჰც-ის დიაპაზონში სპექტრული ორდინატი განსაკუთრებით სწრაფად იზრდება. რეზონანსულ სიხშირეს იწვევს კაბინის საკუთარი რხევის სიხშირის დამთხვევა შემზღოთი ზემოქმოდების რხევის სიხშირესთან. უნდა აღინიშნოს, რომ გრძივი აჩქარების სპექტრული სიმკვრივის სიდიდეები ექსპერიმენტული ვარიანტის დროს 16–20%-ით დაბალია 1,5–2,5 ჰც-ის დიაპაზონში, ხოლო 4–6 ჰც-ის დიაპაზონში სერიულთან შედარებით 26–50%-ით, ასეთივე სურათი გვაქვს გადაცემათა კოეფიციენტების შემთხვევაშიც.

ყოველივე ზემო აღნიშნულის შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ გრძივი რხევების გათვალისწინება ავტომობილის სვლის სიმდოვრის შეფასებისას მნიშვნელოვანია.

იმისათვის, რომ დაგვედგინა თვალსა და გრუნტს შორის ურთიერთქმედება სხვადასხვა გზის საფარის მიხედვით და ამა თუ იმ შემთხვევისათვის სეგვერჩია საბურავის უკეთესი პარამეტრები, შექმნილი იქნა «გრუნტთან თვლის ურთიერთქმედების პარამეტრების განმსაძღვრელი სტენდი» [81].

4.3. მისაბმელით მომუშავე სატვირთო ავტომატარებლის წევით- დინამიკური მახასიათებლის თეორიული კვლევა

ავტომატარებლის დინამიკური მახასიათებლის და წევით-სიჩქარულ თვისებების განსაზღვრის დროს ზოგიერთ სასწავლო ლიტერატურაში [1,2] და სამეცნიერო შრომებში [3] ამ მიმართულებით დაშვებულია ზოგიერთი უზუსტობანი, ამიტომ ამ პარაგრაფში შევეცდებით ზუსტად ჩამოვაყალიბოთ მოძრაობის თეორიის და სატრანსპორტო მანქანების მუშაობის ძირითადი პრინციპები, რამდენადაც ადგილი აქვს წევით-სიჩქარული თვისებების შეფასების სხვადასხვა მიდგომებს, თუმცა ისინი ემყარებიან ერთიდაიგივე მდგომარეობას (საფუძველს).

ნახ.4.5-ზე ნაჩვენებია ავტომობილზე მოქმედი გარე ძალების სქემა. ისინი განისაზღვრებიან ცნობილი დამოკიდებულებებით. ავტომობილის გორვის წინააღმდეგობის ძალა P_{f_s} და მისაბმელის გორვის წინააღმდეგობის ძალა $P_{f_{\theta}}$ ტოლია:

$$P_{f_s} = f_s \cdot G_s \cdot \cos \alpha;$$

$$P_{f_{\theta}} = f_{\theta} \cdot G_{\theta} \cdot \cos \alpha,$$

სადაც f_s და f_{θ} - არის შესაბამისად ავტომობილის და მისაბმელის გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

G_s , G_{θ} - შესაბამისად ავტომობილის და მისაბმელის წონა;

α - არის აღმართის კუთხე.

ჰაეროდინამიკური წინააღმდეგობის ძალა ტოლია:

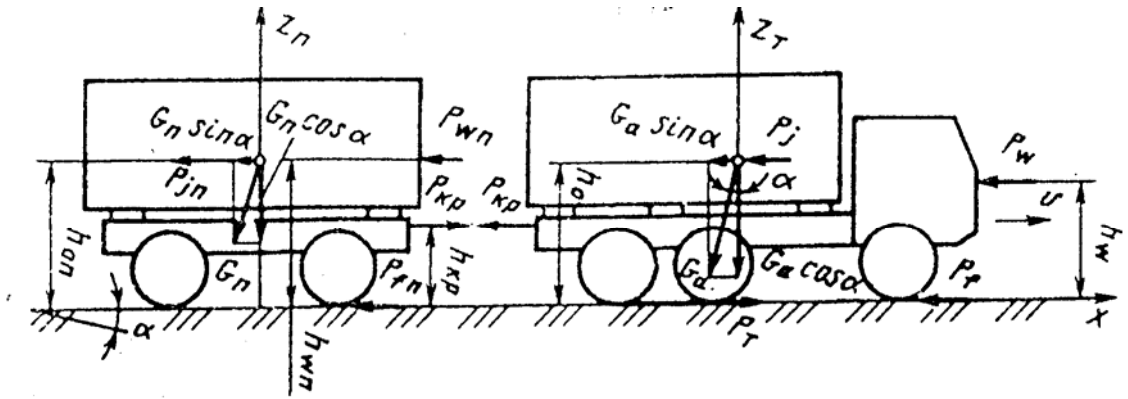
$$P_{w_s} = K_{w_s} F_s V^2;$$

$$P_{w_{\theta}} = K_{w_{\theta}} F_{\theta} V^2,$$

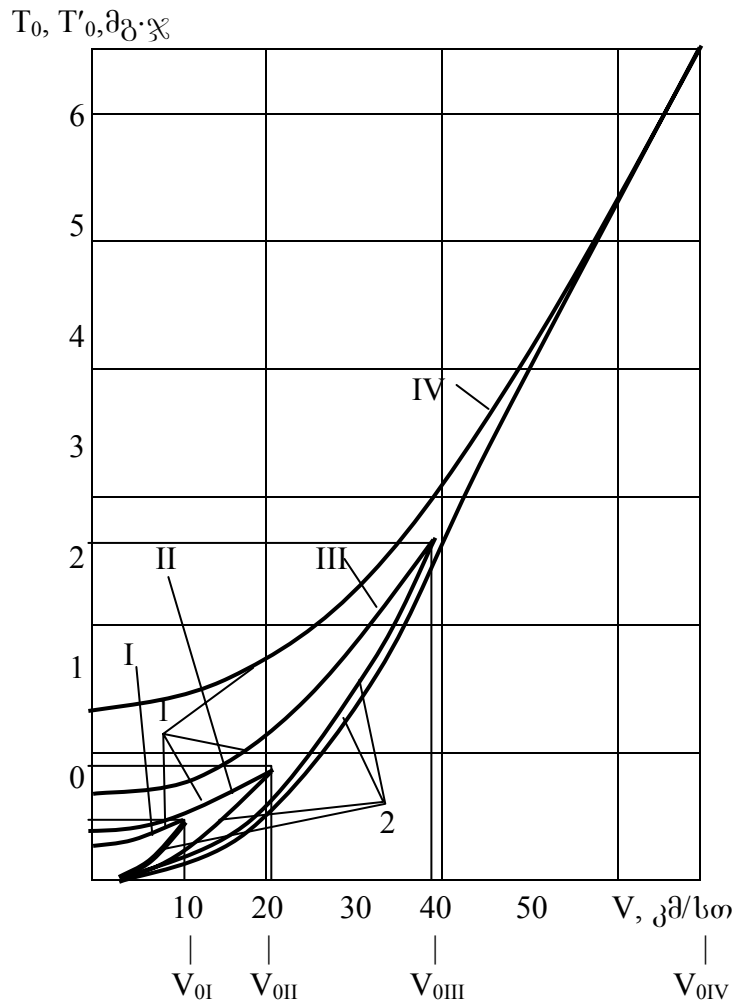
სადაც f_s და f_{θ} - არის ავტომობილის და მისაბმელის ჰაეროდინამიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

F_s და F_{θ} - ავტომობილის და მისაბმელის უდიდესი შუბლის ფართი;

V - მოძრაობის სიჩქარე.



ნახ.4.5. ავტომობილზე მოქმედი ძალების სქემა



ნახ. 4.6. ავტომობილის კინეტიკური ენერჯის დამოკიდებულება სიჩქარისაგან წაანგარიშები 1-(4.18) და 2-(4.19) განტოლებების მიხედვით

1 – (1, 5); 2 – (1, 6); I-IV გადაცემებზე
 აღმართის წინააღმდეგობის ძალა არის წონის ნაწილი და ტოლია

$G_s \sin \alpha$ და $G_a \sin \alpha$

ინერციული წინააღმდეგობა ტოლია

$$P_{ja} = \frac{G_a}{g} \frac{dv}{dt}; \quad P_{jn} = \frac{G_a}{g} \frac{dv}{dt}.$$

გარე ძალების დასაძლევად ავტომობილი აწვითარებს P_{ψ} წევის ძალას, რომელიც ტოლია

$$P_{\psi} = \psi G_s + K_{W_s} F_s V^2 + \frac{G_s}{g} \frac{dv}{dt} + P_{\text{კაკ}}. \quad (4.14)$$

აქ $\varphi_s = f_s \cos \alpha \pm \sin \alpha \approx f_s \pm i$ (i-დახრა) – გზის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი.

გამოსახულებაში (4.14) კაკვზე მოსული დატვირთვა $P_{\text{კაკ}}$ გულისხმობს ყველა გარე და შიგა წინააღმდეგობას რომლითაც მისაბმელით მოქმედებს ავტომობილზე. შიგა წინააღმდეგობის ძალას ეკუთვნის მისაბმელის მბრუნავი მასების ინერციის ძალები, სიმძლავრის დანაკარგები მოხახუნე ზედაპირებში. ყველაზე მეტად მნიშვნელოვანია მბრუნავი მასების ინერციის ძალები, რომლის გავლენა გათვალისწინებულია δ_n კოეფიციენტით – მისაბმელის პირობითად მასის მომატება.

$$\delta_n = 1 + \frac{g}{G_n r_{kn}^2} \sum I_{ni} + U_{ni}^2,$$

სადაც $r_{k\theta}$ – მისაბმელის ნამდვილი გორვის რადიუსია;

$I_{\theta i}, U_{\theta i}$ - i-ური მბრუნავი დეტალების ინერციის მომენტი და გადაცემის რიცხვია;

ამრიგად, კაკვის დატვირთვა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$P_{\text{ნაი}} = \psi_n G_n + K_{\text{ნაი}} F_n V^2 + \frac{\delta_n G_n}{g} \frac{dv}{dt}, \quad (4.15)$$

($\varphi_n = f_n + i_n$).

(4.15) ტოლობის გათვალისწინებით წევის ძალა განისაზღვრება:

$$P_{\text{წ}} = \psi_{\text{ს}} G_{\text{ს}} + \psi_{\text{ა}} G_{\text{ა}} + (Kw_{\text{ს}} F_{\text{ს}} + Kw_{\text{ა}} F_{\text{ა}}) \cdot V^2 + \left(\frac{G_{\text{ს}}}{g} + \frac{\delta_{\text{ა}} G_{\text{ა}}}{dt} \right) \frac{dv}{dt}. \quad (4.16)$$

ეს გამოსახულება წარმოადგენს გარე ძალების ტოლობის ბალანსს. ის საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ როგორი უნდა იყოს წვევის ძალა $P_{\text{წ}}$ იმისათვის, რომ დავძლიოთ ყველა გარე წინააღმდეგობა, მაგრამ, იმისათვის, რომ შევაფასოთ ავტომობილის წვევით-სიჩქარული შესაძლებლობა, საჭიროა დამატებით ვიცოდეთ ძრავის რა სიმძლავრის ნაწილი იხარჯება ავტომობილის შიგა წინააღმდეგობაზე. მაშინ შეიძლება ვიპოვოთ წვევის ძალა ძრავას მიხედვით $P_{\text{წ.ძრ.}}$ ამისათვის გამოიყენება მექანიკის ცნობილი თეორემა, რომლის თანახმადაც კინეტიკური ენერჯიის ცვლილება dT_0/dt ტოლია გარე $\sum N_{\text{გ}}$ და შიგა $\sum N_{\text{შ}}$ წინააღმდეგობების სიმძლავრის ჯამის

$$\frac{dT_0}{dt} = \sum N_{\text{გ}} + \sum N_{\text{შ}}. \quad (4.17)$$

ავტომობილის კინეტიკური ენერჯია იკრიბება ავტომობილის გადაადგილებითი მოძრაობით ნამდვილი სიჩქარით, რომელიც ითვალისწინებს თვლების ბუქსაობას და მბრუნავი მასების კინეტიკური ენერჯიისაგან, რომელიც კინემატიკურად (ანუ ხისტად) დაკავშირებულია ძრავის მუხლა ლილვთან და თვლებთან. ამიტომ ამ მასების ბრუნვის სიხშირე ცალსახად შეეფარდება მოძრაობის თეორიულ სიჩქარეს V_0 -ს, რომლის დროსაც ბუქსაობა არა გვაქვს. თეორიული და ნამდვილი სიჩქარე დაკავშირებულია ერთმანეთთან დამოკიდებულებით:

$$V = V_0(1 - \sigma),$$

სადაც σ - არის ბუქსაობის კოეფიციენტი.

ავტომობილის მბრუნავი მასების კინეტიკური ენერჯია, ასევე მისაბმელისათვის, შეიძლება გავითვალისწინოთ δ კოეფიციენტით, ავტომობილის პირობითი მასის მომატება გადაადგილებითი მოძრაობის დროს:

$$\delta = 1 + \frac{g}{G_a r_0^2} \sum I_{\text{აი}} U_{\text{აი}}^2,$$

სადაც r_0 - არის თვლის ეორიული გორვის რადიუსი ბუქსაობის გარეშე;

I_{α}, U_{α} - i-ური მბრუნავი დეტალის ინერციის მომენტი და გადაცემის რიცხვი.

δ_a და δ_a' კოეფიციენტების გამოსახულებებში განსხვავება, ავტომობილის და მისაბმელის მასის პირობით მომატებაში, მდგომარეობს იმაში, რომ პირველ შემთხვევაში გვაქვს მოძრაობის ნამდვილი სიჩქარე V , ხოლო მეორეში თეორიული V_0 . ამაში მდგომარეობს პრინციპიალური განსხვავება და მიდგომა მბრუნავი მასების კინეტიკური ენერჯის განსაზღვრაში, რომელიც არ არის გათვალისწინებული მისი განსაზღვრის მეთოდულად.

ბუქსაობის გათვალისწინებით ავტომობილის კინეტიკური ენერჯია

$$T_0 = \frac{G_a V^2}{2g} + \frac{G_a (\delta_a - 1) V_0^2}{2g} = \frac{G_a}{2g} [V^2 + (\delta_a - 1) V_0^2]. \quad (4.18)$$

ხშირად მბრუნავი მასების გათვალისწინებულ კოეფიციენტს მიაკუთვნებენ ავტომობილის მასას, რომელიც მოძრაობს სიჩქარით V , ანუ თვლიან

$$T'_0 = \frac{\delta_a G_a V^2}{2g}. \quad (4.19)$$

ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს არსებით ცდომილებას, რადგან მრავალი ტიპის ავტომობილები სამუშაო რეჟიმს თან ახლავს მნიშვნელოვანი ბუქსაობა.

ნახ.4.6-ზე ნაჩვენებია ავტომობილ Mercedes-Benz Atego-ს კინეტიკური ენერჯის ცვლილების დამოკიდებულების გრაფიკი სიჩქარესთან V , განსაზღვრული გამოსახულებით (4.18) და (4.19) სხვადასხვა გადაცემებზე, რომლებიც ხასიათდებიან მნიშვნელოვანი ბუქსაობით. გრაფიკიდან ჩანს, რომ დიდი ბუქსაობის დროს ანგარიშით მიღებულმა შეცდომამ შეიძლება მიაღწიოს 50...60%-ს. სრული ბუქსაობის დროსაც კი ($V=0$) კინეტიკური ენერჯია არ უდრის ნულს, როგორც ეს გამომდინარეობს (4.19) გამოსახულებიდან.

კინეტიკური ენერჯის წარმოებული

$$\frac{dT_0}{dt} = \frac{G_a V}{2g} \left(1 + \frac{(\delta_a - 1)}{1 - \delta_a^2} \right) \frac{dV}{dt} = \frac{G_a V_0}{2g} \left(1 - \sigma + \frac{(\delta_a - 1)}{1 - \sigma} \right) \frac{dV}{dt}. \quad (4.20)$$

უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგჯერ სრული კინეტიკური ენერჯის განსაზღვრისათვის ცდილობენ გაითვალისწინონ ავტომობილის დარეოსრებული და დაურეოსრებული მასების რხევის ენერჯია, ამ დრომ არ ითვალისწინებენ პროტენციალური ენერჯის ცვლილებას. ეს არის არასწორი, რადმენადაც ჩაკეტილი სისტემის რხევის დროს ენერჯის საერთო რაოდენობა მასში არ იცვლება (ერთი სახის ენერჯია გადადის მეორე სახეში), ცვლილება ხდება მხოლოდ დისიპაციურ რხევით სისტემაში, რომელიც საჭიროა გავითვალისწინოთ მუშაობით ან სიმძლავრით შესაბამის დისიპაციურ შიგა ძალებით (გაბნევა).

გარე წინააღმდეგობის საერთო სიმძლავრის $\sum N_b$ მისაღებად იკრიბება, სიმძლავრე N_R მიღებული გარე წინააღმდეგობით ავტომობილის მოძრაობისას V სიჩქარით და წევის ძალის გამო ბუქსაობაზე დახარჯული სიმძლავრე N_b , ბუქსაობის სიჩქარის დროს V_0-V :

$$\sum N_b = N_R + N_b. \tag{4.21}$$

ძალების და სიჩქარეების საწინააღმდეგო მოქმედების შემთხვევაში (4.21) ტოლობიდან გვექნება:

$$N_R = -(\varphi G_a + Pw_a + P_{\text{წაიწ}})V;$$

$$N_b = -\left(\varphi G_a + Pw_a + P_{\text{წაიწ}} + \frac{G_a}{g} \frac{dv}{dt}\right)(V_0 - V).$$

შესაბამისად

$$\sum N_b = -\frac{G_a}{g} \sigma V_0 \frac{dv}{dt} - (\varphi G_a + Pw_a + P_{\text{წაიწ}})V_0. \tag{4.22}$$

შიგა ძალების სიმძლავრე შედგება ძრავის სიმძლავრისაგან და ავტომობილის აგრეგატებში დანაკარგისაგან. სიმძლავრის დანაკარგი ძალურ დანადგარში და ტრანსმისიაში ჩვეულებრივ გათვალისწინებულია მქკ-ით, ხოლო სიმძლავრის დანაკარგი დაკიდებაში (ამორტიზატორებში) საჭიროა გამოვსახოთ პირობითი წინააღმდეგობის ძალით $P_3 = f_3 G_s$, სადაც კოეფიციენტი f_3 დამოკიდებულია ამორტიზატორების ენერგოტევადობაზე.

მაშინ $\sum N_b = N_{\text{ძრავი}} - f_3 G_s V_0. \tag{4.23}$

ჩავსვათ(4.13) ტოლობაში შესაბამისი წევრების მნიშვნელობები (4.11) გამოსახულების გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\frac{N_{\text{ძრ}}n_{\text{ძრ}}n_{\text{ტრ}}}{V_0} = P_0 = \frac{G_s}{g} \left(1 + \frac{\delta_s - 1}{1 - \sigma} + \delta_a K_a \right) \frac{dv}{dt} + \psi_a K_a G_a + (K_w F_s + K_a F_a) V^2 + f_s G_s. \quad (4.24)$$

სადაც P_0 არის წრიული ძალა, მიყვანილი თვლებთან და რომელიც იხარჯება ავტომობილის გარე წინააღმდეგობის დაძლევაზე და დაკიდებაში დანაკარგებზე

$$K_{\text{უ}} = \frac{G_r}{G_a}.$$

მიღებული გამოსახულება წარმოადგენს სიმძლავრის ბალანს ან წევის დინამიკის ტოლობას, (4.12) ტოლობისაგან განსხვავებით, იგი გარე ძალების ბალანსის ტოლობაა.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ წრიული ძალის სიდიდე P_0 განისაზღვრება როგორც კერძო დაყოფა (გამოყოფა) სიმძლავრიდან, რომელიც მოდის თვალზე თეორიული სიჩქარით (სრიალის გარეშე). P_0 სიდიდის ანგარიშს ნამდვილი სიჩქარით V , როცა ბუქსაობა მნიშვნელოვანია, მიყვავართ აბსურდულ შედეგებამდე.

წევის ძალა ძრავის მიხედვით $P_{\text{წ.ძრ}}$ რომელიც იხარჯება გარე წინააღმდეგობის დაძლევაზე იქნება:

$$P_{\text{წ.ძრ}} = P_0 - \frac{G_a}{g} \frac{\delta - 1}{1 - \sigma} \frac{dv}{dt} \quad (4.25)$$

ფარდობა წევის ძალას $P_{\text{წ}}$, ძრავას მიხედვით წევის ძალაზე $P_{\text{წ.ძრ}}$ და ზღვრულ წევის ძალაზე ჩაჭიდების მიხედვით $P_{\varphi} = \varphi G_{\text{ჩაჭ}}$ (φ არის ჩაჭიდების კოეფიციენტი, $G_{\text{ჩაჭ}}$ ავტომობილის ჩაჭიდების წონა) საზღვრავს ავტომობილის მოძრაობის პირობას

$$P_{\varphi} \geq P_{\text{წ.ძრ}} \geq P_{\text{წ}}.$$

რამდენადაც მოძრაობის გარე წინააღმდეგობის ძალები მოცემულია უგანზომილებო კოეფიციენტების φ_a და $\varphi_{\text{მის}}$ სახით, ამიტომ მიზანშეწონილია წევის

ძალაც გამოვსახოთ უგანზომილო გამოსახულებით. გავყოთ (4.20) ტოლობის ყველა წევრი G_s ავტომობილის წონაზე მივიღებთ:

$$\frac{P_0 - f_p G_s - (Kw_s F_s + Kw_a F_a) V^2}{G_s} = D = \psi_s + \psi_a K_a + \frac{1}{g} \left(1 + \frac{\delta_s - 1}{1 - \sigma} + \delta_a K_a \right) \frac{dv}{dt}. \quad (4.26)$$

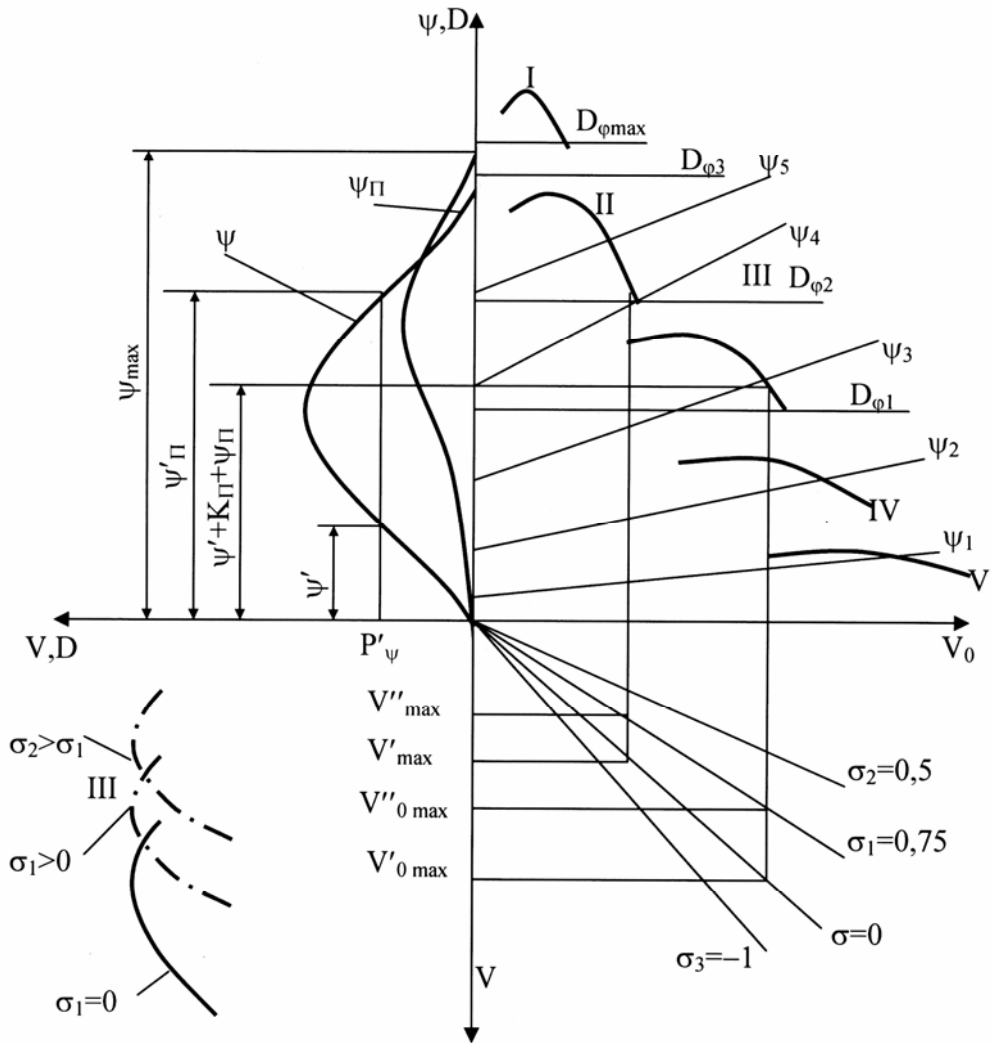
(4.26) ტოლობის მარცხენა ნაწილი განსაზღვრავს თავისუფალ კუთრ წევრს ძალას, რომელიც იხარჯება მოძრაობის წინააღმდეგობის დაძლევაზე და გაქანებაზე. ის წარმოადგენს დინამიკურ D ფაქტორს.

თანაბარი მოძრაობის დროს $D = \varphi_s + \varphi_a K_a$, ხოლო აღმართებზე მოძრაობის გარეშე $D = f_s + f_a K_a$. გრაფიკულად დინამიკური ფაქტორის დამოკიდებულება თეორიულ V სიჩქარესთან ნაჩვენებია ნახ.4.7-ზე. გრაფიკზე წვეთ-დინამიკური (ან წვეთ-სიჩქარული) მახასიათებლებზე დაიტანება აგრეთვე φ_i სრული წინააღმდეგობის კოეფიციენტის მნიშვნელობები, გზის პირობების დახასიათებისათვის, და კუთრი წევრის ძალის ზღვრული მნიშვნელობები ჩაჭიდების მიხედვით:

$$D_\varphi = \frac{(P_\varphi - P_w - P_{rw} - P_r)}{G_a}.$$

მოხერხებულობისათვის ზედა მარცხენა კვადრატში იგივე მასშტაბით აგებულია φ_s და φ_a კოეფიციენტის გრაფიკები. გარდა ამისა ნამდვილი სიჩქარის V -ს პოვნისათვის მარჯვენა ქვედა კვადრატში აგებულია V_0 სიჩქარის დამოკიდებულების გრაფიკი V ნამდვილ სიჩქარესთან სხვადასხვა ბუქსაობის კოეფიციენტი σ -ს მნიშვნელობის დროს, რამდენადაც დინამიკური ფაქტორის P -ს მნიშვნელობას ანგარიშობენ V_0 თეორიული სიჩქარის ფუნქციის მიხედვით.

ასეთი შეთავსებული მახასიათებელი საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ სიჩქარული შესაძლებლობები პირობების $\varphi_s + \varphi_a K_a \leq D$ -ს და φ_s და φ_a -ის ალბათური მნიშვნელობების მიხედვით. ასე მაგალითად $P'(\varphi)$ ალბათური მნიშვნელობისას, რომელიც ტოლია φ'_s და φ'_a მოძრაობის ჯამური კუთრი წინააღმდეგობა იქნება $\varphi'_s + K_a \varphi'_a$. თუ გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტის (შესაბამისად მოძრაობის) მნიშვნელობა არ არის დამოკიდებული სიჩქარეზე, მაშინ ასეთი მოძრაობის



ნახ.4.7. ავტომობილის წევითი-დინამიკური მახასიათებელი
(I-IV გადაცემებზე)

წინააღმდეგობის კოეფიციენტის დროს შესაძლებელი იქნებოდა ბუქსაობის გარეშე რეალიზაცია მოგვეხდინა ($\sigma=0$) $V''_{\text{მეხ.}}$ სიჩქარის. მაგრამ, ყველა სახის ავტომობილებისათვის გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია სიჩქარეზე (იზრდება სიჩქარის მომატებასთან ერთად). ამიტომ მოძრაობის წინააღმდეგობის დროს $\psi'+K\psi_{\pi}$ ავტომობილს ბუქსაობის გარეშე შეუძლია განავითაროს $V''_{0\text{max}}$ სიჩქარე ხოლო ბუქსაობის დროს, როცა $\sigma=0,75$ არა უმეტესი $\psi''_{\text{მეხ.}}$.

ბუქსაობის გამო P დინამიკური ფაქტორის ნამდვილი მნიშვნელობა გადაიხრება დაბალი სიჩქარეების მხარეს (ნახ.4.7)

თუ წევით-დინამიკური მახასიათებლების აგების დროს ვისარგებლებთ არასწორ მიდგომას, რომ

$$P_0 = \frac{N_{\text{ბპ}} n_{\text{ბპ}} n_{\text{ტრ}}}{V},$$

მაშინ შესაძლებელია მივიღოთ შეცდომითი შედეგი, რომლის თანახმად დინამიკური ფაქტორის მნიშვნელობა D პროპორციულად გაიზრდებოდა ბუქსაობის დროს და როცა $\sigma=1$ (სრული ბუქსაობა) ამ დროს დინამიკური ფაქტორი მისწრაფვის უსასრულობისაკენ. ეს ეწინააღმდეგება სინამდვილეს, რადგან დინამიკური ფაქტორი წარმოადგენს ავტომობილის საპასპორტო მახასიათებელს, რომელიც არ არის დამოკიდებული მუშაობის რეჟიმზე და პირობებზე.

წევითი-დინამიკური მახასიათებლის გამოყენებით, შესაძლებელია აგრეთვე განისაზღვროს მისაბმელი სადატვირთვო K_a კოეფიციენტის რაციონალური მნიშვნელობები ექსპლუატაციის ამა თუ იმ პირობების დროს.

4.4. ავტომატარებლის საექსპლუატაციო თვისებების კვლევა საანგარიშო-ექსპერიმენტული მეთოდებით

კომპლექსური ექსპერიმენტულ-გაანგარიშებითი მეთოდი წარმოადგენს ურთიერთდაკავშირებული ბლოკების ერთიანობას, ისეთი ბლოკების, როგორცაა ობიექტის მათემატიკური აღწერილობის შერჩევა მმართველი გამომთვლელი კომპლექსის საშუალებით, ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება ავტომობილის დინამიური სისტემის ელემენტების პარამეტრების და მახასიათებლების მიღებისათვის, ობიექტის მათემატიკური აღწერის ადეკვატურობის შემოწმების მეთოდიკა, პარამეტრების ოპტიმიზაციის მეთოდიკა და ა.შ.

ექსპერიმენტულ-გაანგარიშებითი მეთოდების გამოყენებითი მათემატიკური უზრუნველყოფა მოიცავს მოძრაობის იმიტაციური მოდელირების პროგრამებს როგორც მათემატიკური აღწერილობის ადეკვატურობის შემოწმებისათვის, ასევე ძრავის და ტრანსმისიის პარამეტრების საანგარიშო ოპტიმიზაციისათვის.

მათემატიკური აღწერილობის ადეკვატურობის შემოწმება ემყარება მოძრაობის მაჩვენებლების დამთხვევას, რომლებიც განსაზღვრულია ექსპერიმენტული და გაანგარიშებითი მეთოდებით, ჯერ მოძრაობის სტაციონარული და პსევდო-სტაციონარული რეჟიმებისათვის და შემდეგ, დადებითი შედეგების შემთხვევაში, მოძრაობის არასტაციონარული რეჟიმებისათვის. იგი ტარდება ძრავის და ტრანსმისიის პარამეტრების საბაზო მნიშვნელობებისათვის (ანუ იმ პარამეტრებისათვის, რომლებიც შესრულებულია ლითონში).

საშუალო სიჩქარის და სათბობის ხარჯის განსაზღვრის (პროგნოზირების) სიზუსტე, ექსპლუატაციის პირობების სხვადასხვა ჯგუფებისათვის, განსაზღვრული ექსპერიმენტულ-გაანგარიშებითი მეთოდით, შეადგენს 4 %-მდე.

ამრიგად, ექსპერიმენტულ-გაანგარიშებითი მეთოდის რეალიზაციისათვის აუცილებელია შესრულდეს შემდეგი სამუშაოები:

1. შემუშავდეს ვტომობილის მოძრაობის მათემატიკური აღწერა;
2. შემუშავდეს ექსპლუატაციის პირობების მეთოდები და მოხდეს მათემატიკური აღწერის რეალიზაცია მოცემული ტიპის ავტომობილებისათვის;
3. შემუშავდეს ექსპერიმენტული კვლევის და ექსპერიმენტული მონაცემების ავტომატიზირებული დამუშავების მეთოდები;
4. შემუშავდეს მათემატიკური აღწერის ადეკვატურობის შემოწმების მეთოდიკა;
5. ჩატარდეს ავტომობილის ძრავის და ტრანსმისიის პარამეტრების გაანგარიშებითი კვლევა და ოპტიმიზაცია ექსპლუატაციის მოცემული პირობებისათვის.

ავტომობილის მოძრაობის მათემატიკური აღწერის განსაზღვრის დროს, მექანიკის ძირითადი პრინციპების თანახმად, მიზანშეწონილია იგი შეიცვალოს აბსოლუტურად მყარი სისტემით [74]. სისტემის ცალკეულის ხეულები შეიძლება უმნიშვნელოდ გადაადგილდეს ერთმანეთის მიმართ და უცილებელად იარსებებს რომელიმე "შუალედი" წერტილი, რომელსაც უწოდებენ მასათა ცენტრს [75].

სხეულები ასრულებენ მოძრაობას მასათა ცენტრთან ერთად და იმავდროულად გადაადგილდებიან მასათა ცენტრის მიმართ (ტრანსმისიის ლილვები, თვლები, ძრავის დეტალები, რომლებიც ასრულებენ წინსვლით უკუქცევით მოძრაობას). ავტომობილისათვის ყველაზე მნიშვნელოვანია მასათა ცენტრის გადაადგილება, რომელიც განსაზღვრავს სატრანსპორტო მუშაობას და სათბობის ეკონომიურობას.

ავტომობილის მოძრაობის დროს მასათა ცენტრის გადაადგილებას სივრცით წირზე თან ახლავს სხვადასხვა სახის ბრუნვითი და რხევითი მოძრაობები მასათა ცენტრის მიმართ, გამოწვეული საგზაო პირობებით, კონსტრუქციის თავისებურებებით და ა.შ. ყოველივე ეს იწვევს ძრავის ენერჯის დამატებით გაზრდას და შეიძლება გათვალისწინებული იქნას მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტების გადიდებით [76,77] ან ფუნქციონალური დამოკიდებულებებით [69].

საანგარიშო სქემის დახმარებით ავტომობილის სქემა იცვლება აბსოლუტურად მყარი სხეულების სისტემით, გზა – ექვივალენტური მოძრაობის გამოსახვით იმიტაციის თვალსაზრისით; ანალოგიურად გამოსახება მოძრაობის სიჩქარითი რეჟიმიც. განვიხილოთ და განვსაზღვროთ შესაბამისი საანგარიშო ქვესქემები.

ავტომობილის მათემატიკური აღწერა ეფუძნება ლაგრანჟის მეორე რიგის განტოლებებს, რადგანაც ისინი ყველაზე მეტად გამოდგება ცვლადი ბმებიანი ურთიერთდაკავშირებული მყარი სხეულების სისტემის მოძრაობის იმიტაციური მოძრაობის ამოცანების ალგორითმიზაციისათვის [33] და ყველაზე მეტად ეკონომიურია გამომთვლელი პროცედურების თვალსაზრისით [22].

მექანიკური სისტემისათვის მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას (კონსერვატიული ძალების გათვალისწინებით). ენერჯის შენახვის კანონის საფუძველზე, აქვს შემდეგი სახე [75].

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial}{\partial q_i} (T - \Pi) = Q_i; \quad i=1,2,\dots,n, \quad (4.27)$$

სადაც q - განზოგადოებული კოორდინატია;

\dot{q} - განზოგადოებული კოორდინატის აჩქარება;

T - სისტემის კინეტიკური ენერჯია;

Π - სისტემის პოტენციალური ენერჯიაა;

Q_i - განზოგადოებული ძალებია;

n - განზოგადოებული კოორდინატების რიცხვია.

ამ განტოლების ამოხსნა (მისი წარმოდგენით ჩვეულებრივი დიფერენციალურ განტოლების სახით, რომლებიც გამოდგება ეგმ-ზე სარეალიზაციოდ განხილულია მრავალიშრომებში [30,66,68,73]. მაგრამ მათში ცხადი სახით არ არის გათვალისწინებული სრულამძრავიანი ავტომობილის კონსტრუქცია, კეროდ; მისი გამანაწილებელი კოლოფის გავლენა.

4.5. სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომობილის მოძრაობის

მათემატიკური აღწერა

მაღალი გამავლობის სატვირთო ავტომობილი მიზანშეწონილია განვიხილოთ როგორც ცვალებადი სტურქტურის რთული ტექნიკური სისტემა. მოძრაობის ზოგად განტოლებას ამ შემთხვევაში აქვს ასეთი სახე

$$I \frac{d\omega}{dt} = M_g - M_c; \quad V=f(\omega), \quad (4.28)$$

სადაც I - ძრავის მუხლა ლილვზე დაყვანილი ბრუნვითი და გადატანითი მოძრაობის შემსრულებელი მასების ინერციის მომენტია;

ω - ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის კუთხური სიჩქარეა;

M_g - ძრავის მგრეხავი მომენტია დროსი მოცემული მომენტისათვის;

M_c - მოძრაობის წინააღმდეგობის ჯამური მომენტია დროსი მოცემული მომენტისათვის;

V - ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეა.

შიგაწვის ძრავის მგრეხავი მომენტი M_g ასეთი სახის განტოლებისათვის მიღებულია წარმოდგენილი იქნას როგორც ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის კუთხური სიჩქარის ω (გამოსახული ბრ/წთ) და საწვავის მიმწოდებელი ორგანოს მდებარეობის h ფუნქცია, ანუ $M_g=f(\omega,h)$. რეალური საექსპლუატაციო

პირობებისათვის ეს საკმაოდ რთული ფუნქციაა. ასე მაგალითად, პირობით სტაციონარული რეჟიმისათვის (მოძრაობა მუდმივი სიჩქარით გაუმჯობესებულ საფარიან გზაზე, გრძივი პროფილის დახრის კუთხე ახლოს არის ნულთან და სიმრუდის საკმაოდ დიდი რადიუსით) ძრავის მგრეხავი მომენტი (ყოველგვარი დანაკარგების გათვალისწინებით) ახლოს არის იმ შედეგებთან, რომელიც მიღებულია ამ ძრავის სტენდზე გამოცდის დროს. მაგრამ ავტომობილის მოძრაობის ასეთი რეჟიმი არ არის დამახასიათებელი ყველაზე დაუძაბავი ექსპლუატაციის პირობებისთვისაც კი, სადაც საშუალოდ ყოველ კილომეტრ გზაზე ხდება გადაცემის ერთი-ორი გადართვა, რაც იწვევს მგრეხავი მომენტის ნახტომისებურ ცვალებადობას ტრანსმისიაში და შესაბამისად წინააღმდეგობის მომენტების ცვალებადობას.

მოძრაობის ჯამური წინააღმდეგობის მომენტების M_c ასევე წარმოადგენს დროის საკმაოდ რთულ ფუნქციას, ასეთი სახის განტოლებისათვის ეს მომენტი მიღებულია წარმოდგენილი იქნას ჯამის სახით:

$$M_c = M_f + M_\phi + M_\psi + M_a,$$

სადაც M_f - გორვისადმი წინააღმდეგობის მომენტია გაუმჯობესებულ, ასფალტო-ბეტონურ საფარიან გზაზე და გრძივი პროფილის დახრის ნულთან ახლოს კუთხით;

M_ϕ - მოძრაობის წინააღმდეგობის მომენტია (დადებითი ან უარყოფითი), გამოწვეული გზის გრძივი პროფილის ნულისგან განსხვავებული კუთხით დახრილობით;

M_ψ - მოძრაობის წინააღმდეგობის მომენტია, გამოწვეული დანაკარგებით ავტომობილის ტრანსმისიაში და დაკიდებაში;

M_a - წინააღმდეგობის მომენტია, რომელიც იხარჯება მბრუნავი და გადატანითი მოძრაობის შემსრულებელი მასების გაქანებაზე ან შენელებაზე.

ნახ.4.8.-ზე მოყვანილია გორვისადმი წინააღმდეგობის მომენტის M_f მოძრაობის სიჩქარეზე V ტიპური დამოკიდებულება. ამ დამოკიდებულებას აქვს არსებითად არაწრფივი ხასიათი, ხოლო მისი მკვეთრი ზრდა მოძრაობის სიჩქარის ზრასთან ერთად დაკავშირებულია აეროდინამიკური წინააღმდეგობის გადიდებასთან. წინააღმდეგობის პროფილური მომენტი პრაქტიკულად განისაზღვრება გზის გრძივი

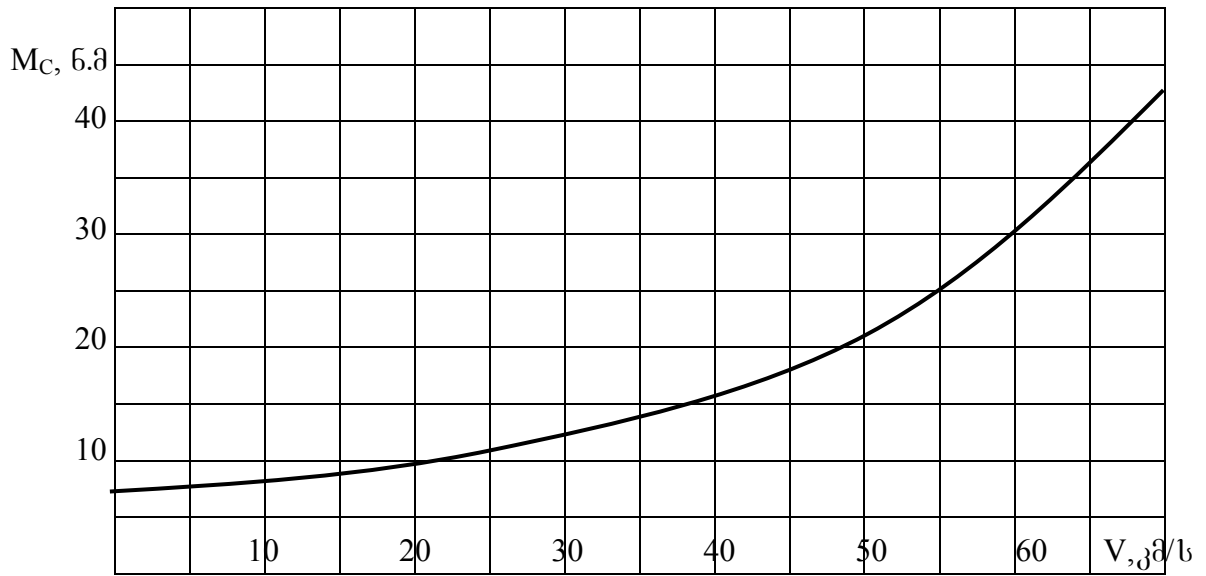
პროფილით, ხოლო დანაკარგები ტრანსმისიაში და დაკიდებაში დამოკიდებულია დიდი რაოდენობის ფაქტორებზე და მნიშვნელოვნად – ავტომობილის კონსტრუქციაზე და შეიძლება მიაღწიოს მოძრაობაზე დახარჯული ენერჯის 40...50%.

მოძრაობის სიჩქარე V ზოგად შემთხვევაში წარმოადგენს ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის უბან-უბან უწყვეტ ფუნქციას. ნახ.4.9-ზე ნაჩვენებია მუხლა ლილვის ბრუნვის კუთხური სიჩქარის ცვალებადობის და ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარის ცვლილების გრაფიკები გაქანების რეჟიმში, რომელსაც მოყვება სიჩქარის გადართვა. გადაცემის გადართვის მომენტში კინემატიკური კავშირი ”ძრავი-წამყვანით ვლები” წყდება და ავტომობილი მოძრაობს ინერციით. ეს კავშირი ჩაიკეტება გადაბმულობის საშუალებით, რაც იწვევს დამატებით დინგამიკურ დატვირთვებს ტრანსმისიაში. ხისტი კინემატიკური კავშირი გაწყვეტილია აგრეთვე ავტომობილის მიგორვითი მოძრაობის დროს, როდესაც ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე ახლოს არის მინიმალურ დამყარებულთან (უქმი სვლის ბურნვა), ხოლო ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარე შეიძლება იცვლებოდეს ფართო ზღვრებში. ანალოგიური სიტუაცია იქმნება დაუხრუჭების რეჟიმშიც. ამრიგად, აღნიშნული განტოლებები ზოგადად სამართლიანია, მაგრამ არა სრულყოფილად, არამედ მხოლოდ ერთი მდგომარეობიდან მეორეში მკვეთრი (დისკრეტული) გადასვლებს შორის ინტერვალებში, რომელიც განსაზღვრულია მექანიკური ტრანსმისიით.

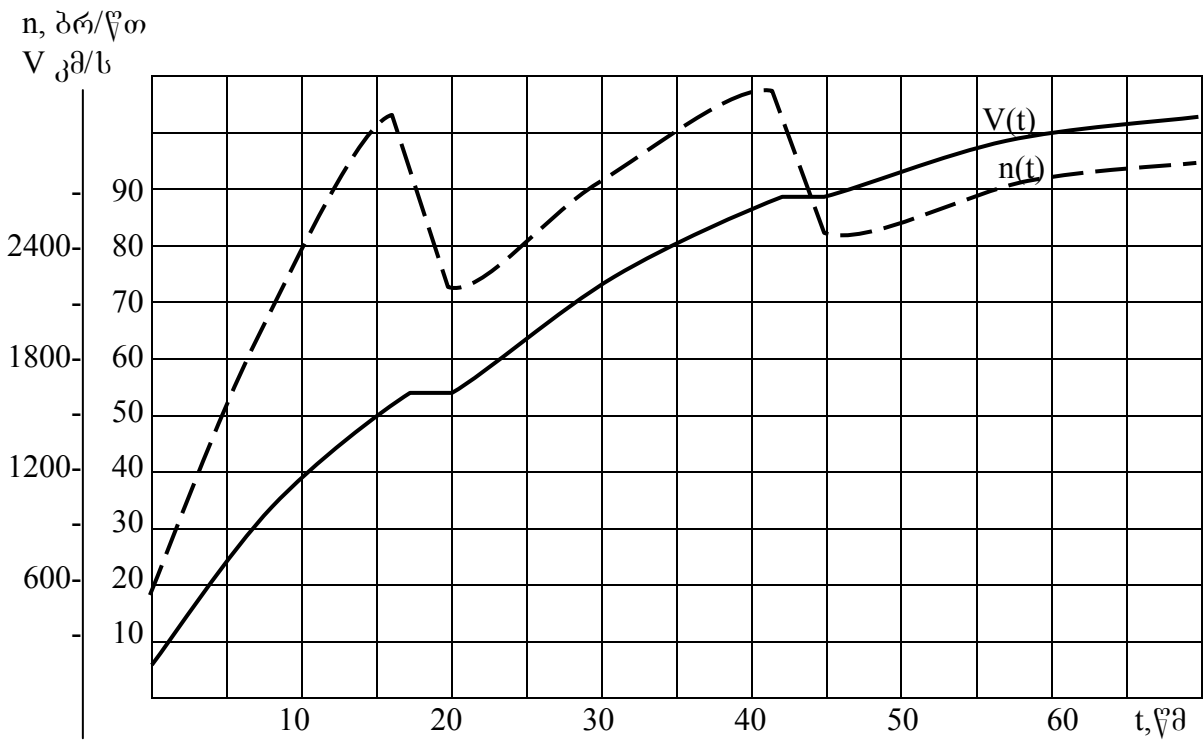
პრაქტიკულად, რეალური ექსპლუატაციის ნებისმიერი პირობებისათვის აღნიშნული განტოლებათა სისტემა წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით

$$\begin{aligned}
 I_1 \frac{d\omega}{dt} &= M_{g_1} - M_c; & V &= f_1(\omega); \\
 I_2 \frac{d\omega}{dt} &= M_{g_2} - M_{c2}; & V &= f_2(\omega); \\
 I_s \frac{d\omega}{dt} &= M_{gs} - M_{cs}; & V &= f_s(\omega);
 \end{aligned}
 \tag{4.29}$$

სადაც S - გადაცემის კოლოფში და განმანაწილებელ კოლოფში გადაცემების რაოდენობაა.



ნახ.4.8. ავტომობილის წინააღმდეგობის მომენტის M_c -ს დამოკიდებულება სიჩქარესთან



ნახ.4.9. ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარის და ძრავას ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობის გრაფიკი

4.6. ავტომატარებლის მოძრაობის მათემატიკური აღწერის

ადეკვატურობის შემოწმება

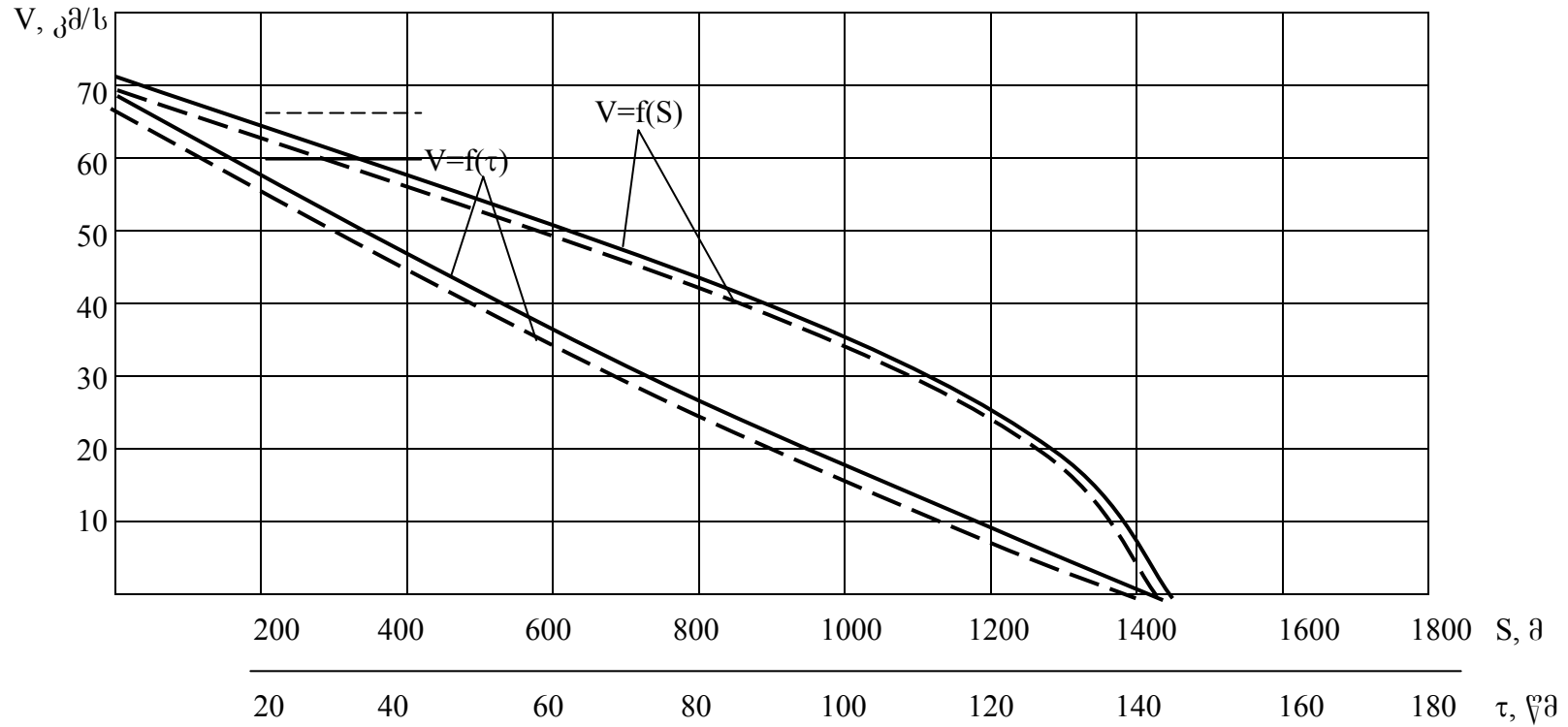
ექსპერიმენტულ-გაანგარიშებითი კვლევის დროს განსაკორექტირებული ყურადღება ეთმობა მათემატიკური აღწერის ადეკვატურობის შემოწმების მეთოდებს, რომლებიც მთლიანობაში დაიყვანება იმ ფუნქციების სხვაობის მინიმუზაციამდე, რომლებიც მიღებულია: პირველი – ექსპერიმენტული მეთოდით ავტომობილის რომელიმე საბაზო პარამეტრისათვის ექსპლუატაციის გარკვეულ პირობებში; მეორე – გაანგარიშებით მოძრაობის იმავე პარამეტრების იმიტაციური მოდელირების მეთოდებით.

მთელ რიგ შემთხვევებში, როდესაც ფუნქციონალის განსაზღვრა ძნელია ან შეუძლებელია, მათემატიკური აღწერის ადეკვატურობის შემოწმებას საფუძვლად უდევს გაანგარიშებით და ექსპერიმენტულად მიღებული მაჩვენებლების დამთხვევა მოძრაობის სხვადასხვა ტესტური რეჟიმებისათვის, ავტომატარებლის ძრავის და ტრანსმისიის საბაზისო პარამეტრების დროს (ზოგიერთ საბაზისო პარამეტრებად მივიღებთ იმ კონსტრუქციულ პარამეტრებს, რომლებიც რეალიზებულია სერიულ მოდელში). მოდელის საბოლოო აწყობა უზრუნველყოფს სიზუსტეს არა ნაკლებ 2,6%, რაც შეესაბამება ექსპერიმენტული მონაცემების სიზუსტეს.

ავტომატარებლის საბაზისო პარამეტრებია: ძრავის სიმძლავრე 118 კვტ; გადაცემის რიცხვები: გადაცემათა კოლოფის – 13,25; 9,79; 6,25; 4,61; 3/42; 2,53; 1,90; 1,90; განმანაწილებელი კოლოფის 1,41; მთავარი გადაცემის – 5,29.

გაუმჯობესებულ საფარიანი გზებისათვის შეირჩევა უბნები სიგრძით არა ნაკლებ 2 კმ, შეძლებისდაგვარად ნაკლებად გაცვეთილი საფარით და ნულოვანი დახრილობით. მასზე, უპირველესად, განხორციელდება ავტომატარებლის მოძრაობა ინერციის (გარბენი – 60 კმ/სთ). ნახ.4.10.

მოძრაობის სიჩქარის ექსპერიმენტული და გაანგარიშებით მიღებული შედეგების მიხედვით მოწმდება თვლების გორვის რადიუსის და საწვავის უქმ სვლაზე საათური ხარჯის განსაზღვრის უტყუარობა.



ნახ.4.10. მისაბმელით მომუშავე ავტომობილ Mercedes Benc Atego სიჩქარული მახასიათებელი “გაქანება-გამორბენი”

- ანგარიშით მიღებული შედეგი
- ექსპერიმენტი

რეკომენდირებულია მათემატიკური მოდელირების შედეგების შემოწმების შემდეგი თანმიმდევრობა (შედარება ხდება წინათ ჩატარებული ექსპერიმენტების და ეგმ-ზე ჩატარებული გაანგარიშების შედეგების).

შერჩეულ უბანზე ხდება ავტომატარებლის გაქანება უმაღლეს გადაცემაზე. გაანგარიშებით და ექსპერიმენტით მიღებული სიჩქარეების მრუდების დამთხვევა (ნახ.4.11). უზრუნველყოფს ძრავის სიჩქარითი მახასიათებლის, მგრეხავი მომენტის და სათბობის ხარჯის უტყუარობას (განსხვავება არ აღემატება 1...1,5%).

იმავე გზაზე მოძრაობა საწვავის გაზომვით ხორციელდებოდა სიჩქარეებით 30,40,50 და 60 კმ/სთ, რაც უზრუნველყოფდა ექსპერიმენტით მიღებული და მათემატიკურ აღწერაში ჩადებული ძრავის კერძო სიჩქარითი მახასიათებლების შემოწმებას, საწვავის ხარჯვის ანგარიშის და საწვავის მიმწოდებელი ორგანოს მდგომარეობის უტყუარობას. განსხვავება დამყარებული მოძრაობის თბურ მახასიათებლებს შორის არ აღემატებოდა 1-2%. (ნახ.4.12).

ადგილიდან გაქანება გადაცემის გადართვით ტარდებოდა გზის იმავე მონაკვეთზე (ნახ.4.13) და საშუალება მოგვცა შეგვემოწმებინა ექსპერიმენტით მიღებული ძრავის გარე სიჩქარითი მახასიათებლების, კოეფიციენტები მოძრაობის გასაანგარიშებლად სხვადასხვა გადაცემებზე, ბრუნვის სიხშირის, გადაცემის გადართვის დროის უტყუარობა, ანუ ”მძღოლის მოქმედების ლოგიკის” ელემენტები, განხორციელებული ქვეპროგრამის სახით.

შემდგომ შეირჩევა შეძლებისდაგვარად გზის ისეთი მონაკვეთი, რომელსაც გააჩნია მცირედ გაცვეთილი გაუმჯობესებული საფარი ცვალებადი გრძივი პროფილით და მასზე ხორციელდება მოძრაობა სიჩქარით 30,40,50,60 კმ/სთ. (ნახ.4.14).

გაანგარიშებით და ექსპერიმენტული გზით მიღებული ძრავის და ტრანსმისიის პარამეტრებისა და მახასიათებლების შედარება საშუალებას იძლევა შევამოწმოთ მოძრაობის საშუალო სიჩქარის და საწვავის ხარჯის გაანგარიშების უტყუარობა, ჩართვების რიცხვი და გადაცემის მუშაობის ხანგრძლივობა, ძრავის მუშაობა მგრეხავი მომენტის სხვადასხვა დიაპაზონებში.

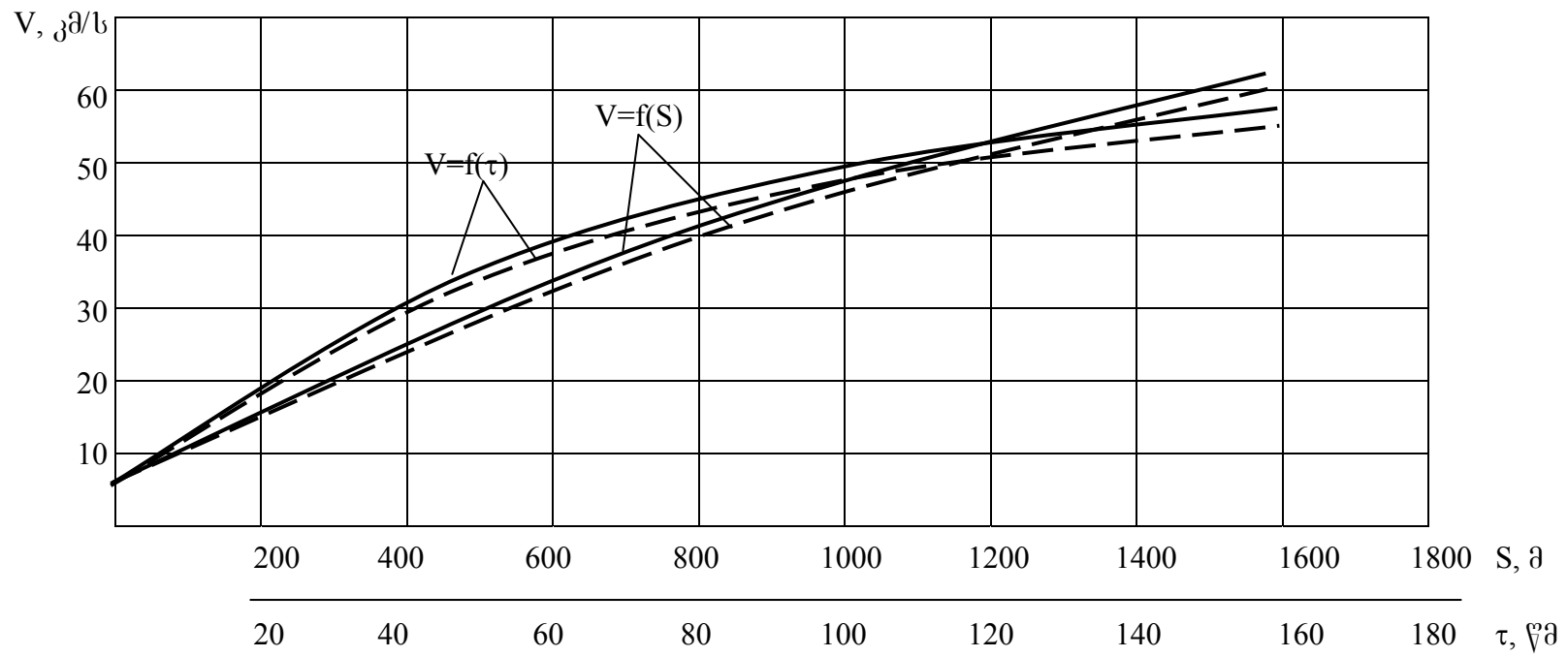
ექსპერიმენტის ჩატარების და ავტომატარებლის ცვალებადი პროფილის გზის უზნებზე საექსპლუატაციო რეჟიმში მოძრაობის დროს ჩატარდა რეგისტრაცია: მოძრაობის მყისი სიჩქარე, გადაცემის ჩართვის მომენტი და ჩართული გადაცემის ნომერი, მგრეხავი მომენტი ძრავის მუხლა ლილვზე და ა.შ. გაანგარიშებაში ყველა ამ პარამეტრების შეპირისპირებით საბოლოოდ მოწმდება ”მძღოლის მოქმედების ლოგიკის” უტყუარობა. მათემატიკურ აღწერაში, ამ შემთხვევაში შეგვაქვს სიჩქარის ის მრუდი, რომელიც მიღებული იყო ექსპერიმენტით.

ამრიგად, ავტომატარებლის საბაზო პარამეტრებისათვის გაუმჯობესებულ საფარიან გზებზე მოწმდებოდა მოდელის ადეკვატურობა.

ტიპიზირებული მარშრუტის მეტ ნაწილს გააჩნია მოხრეშილი საფარი. ეს გვკარნახობს მოხრეშილი გზებისათვის აგებული მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობის შემოწმების აუცილებლობაზე.

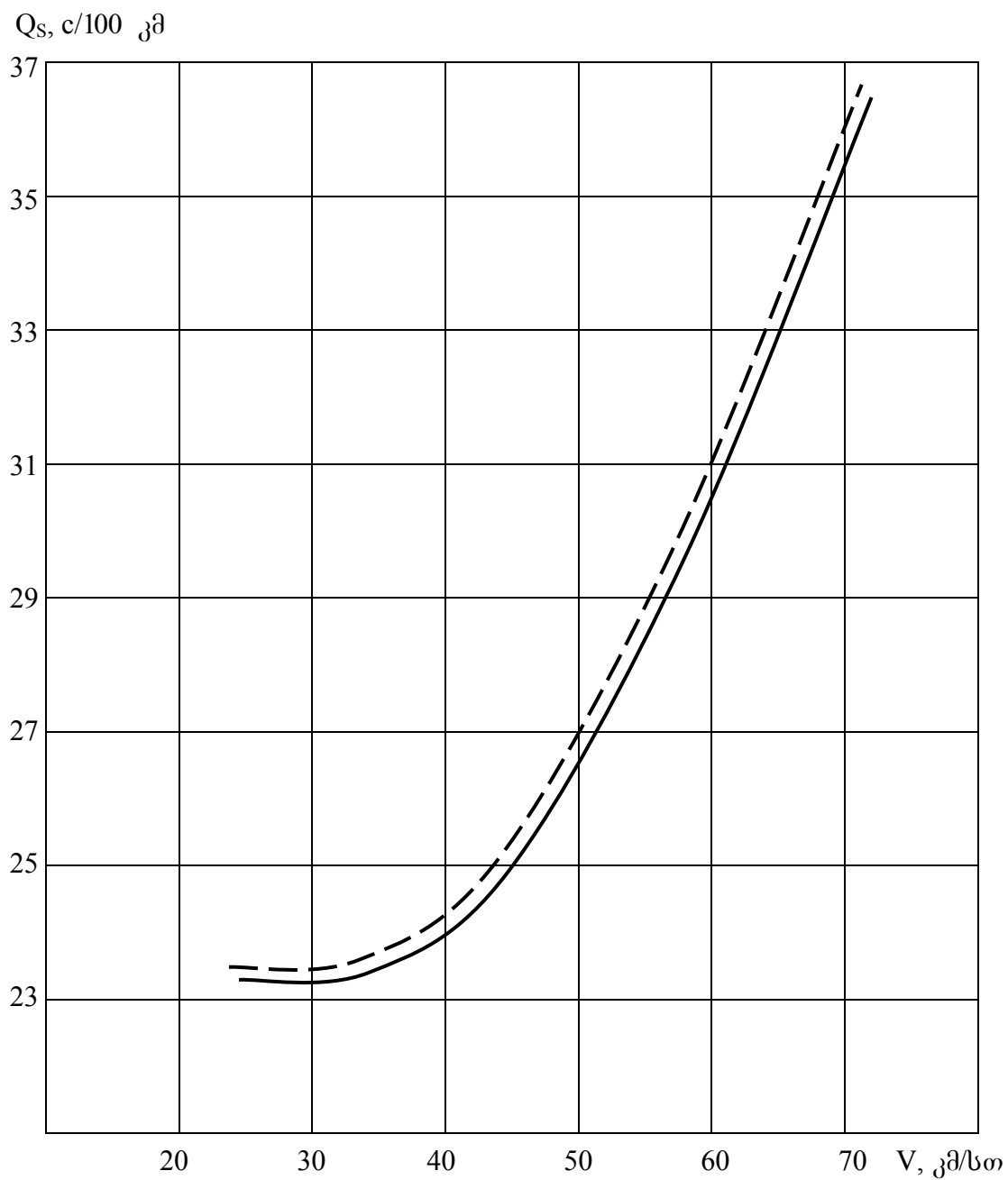
მოხრეშილი საფარი ხასიათდება გაუმჯობესებულ საფარიანთა შედარებით გაზრდილი წინააღმდეგობით 3...4-ჯერ. ადეკვატურობის შემოწმების მეთოდიკა ისეთივეა, როგორც აღწერილი იყო ზემოთ.

განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო მოძრაობის ჯამური წინააღმდეგობის ძალის განსაზღვრას ავტომატარებლის ინერციით მოძრაობის რეჟიმში. ისეთი პარამეტრები, როგორცაა გზა და გაქანების დრო, საკმაოდ სტაბილურია და განმეორებადი, რაც უზრუნველყოფს მათი ექსპერიმენტულად გაზომვის და მათი მათემატიკურ აღწერაში გამოყენების შესაძლებლობას.

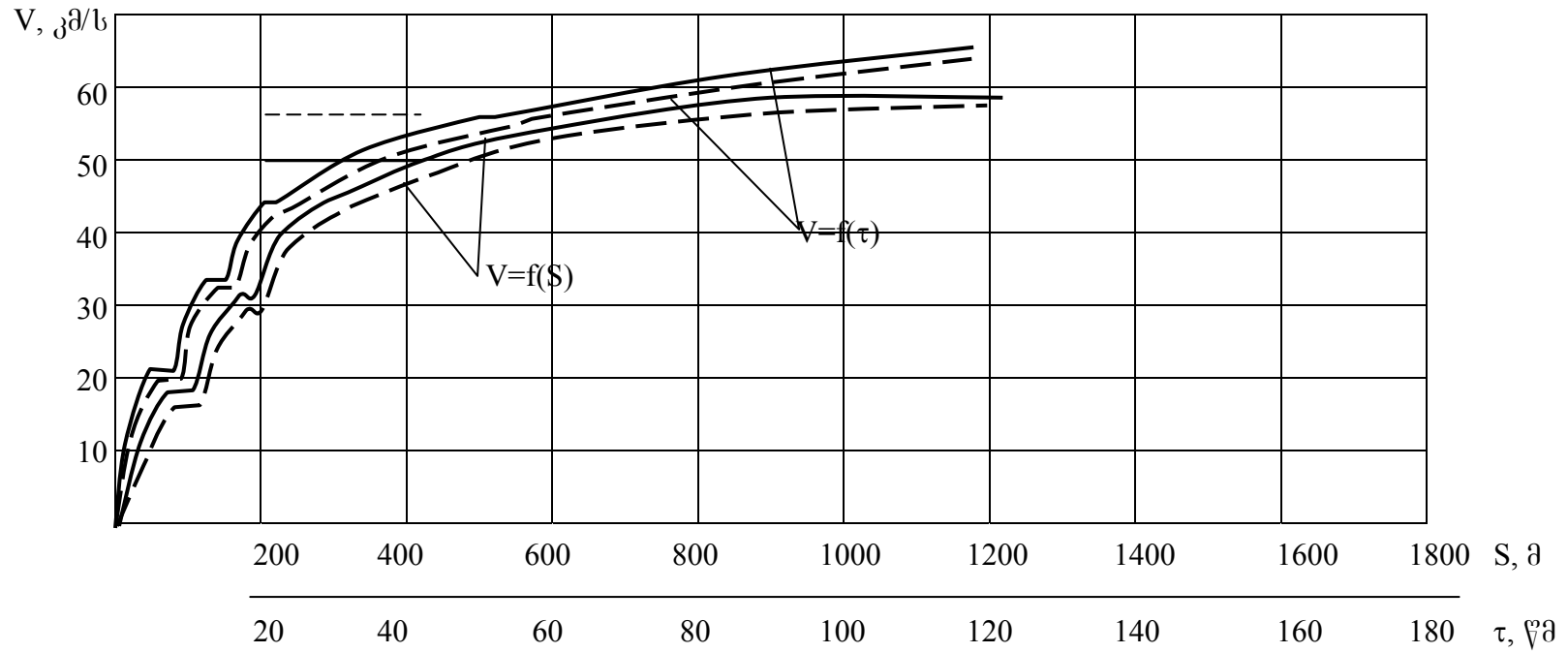


ნახ.4.11. მისაბმელით მომუშავე ავტომობილ Mercedes-Benz Atego -ს გაქანების სიჩქარული მახასიათებელი პირდაპირ გადაცემაზე

- ანგარიშით მიღებული შედეგი
- ექსპერიმენტი

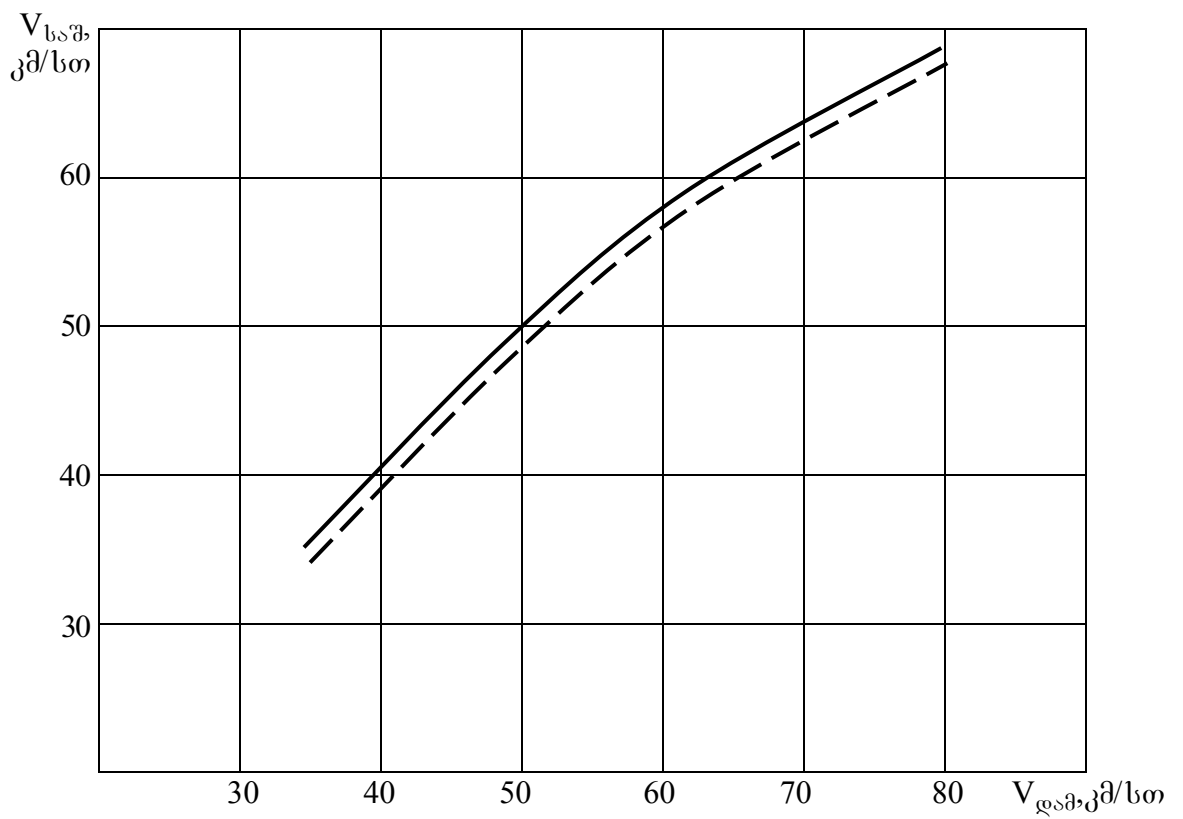
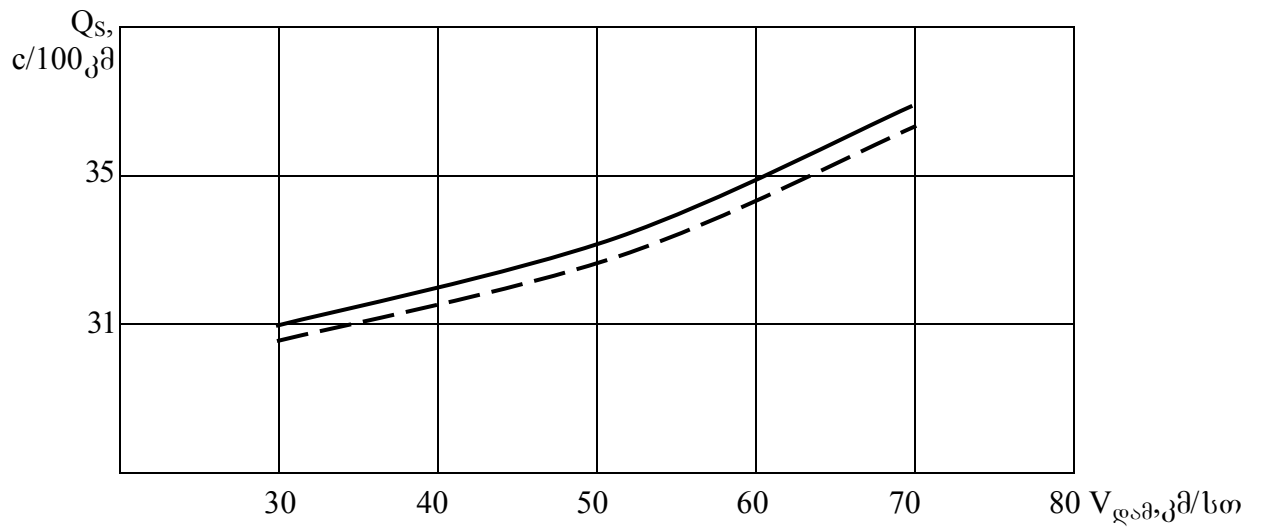


ნახ.4.12. მისაბმელით მომუშავე ავტომობილ Mercedes-Benz Atego საწვავის ხარჯის მახასიათებელი დამყარებული რეჟიმით მოძრაობის დროს
 — ანგარიშით მიღებული
 --- ექსპერიმენტული



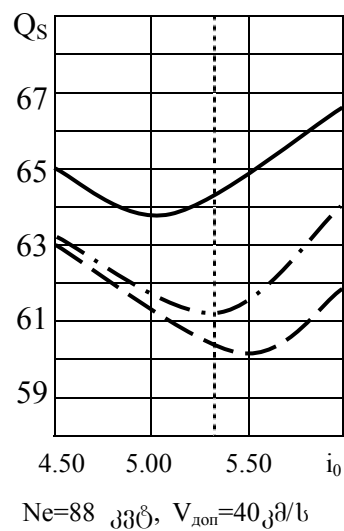
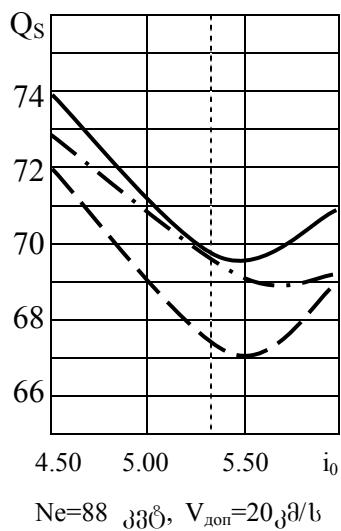
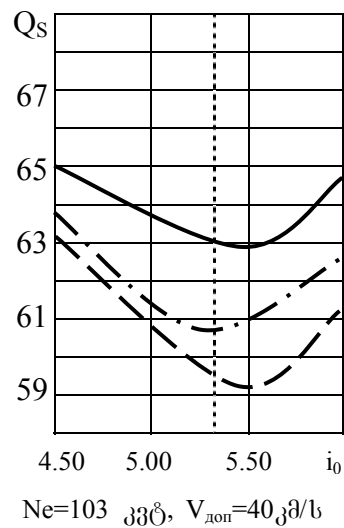
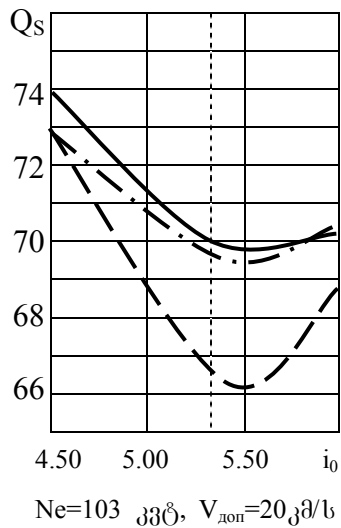
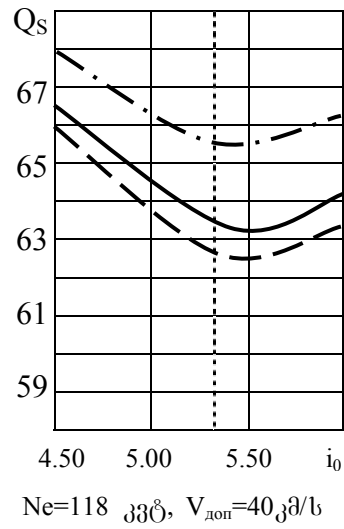
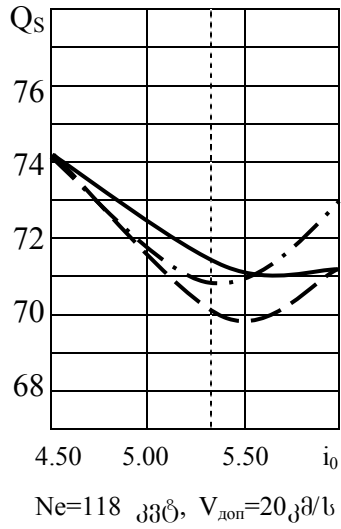
ნახ.4.13. მისაბმელით მომუშავე ავტომობილ Mercedes-Benz Atego გაქანების სიჩქარული მახასიათებელი
 “გაქანება გადაცემის გადართვით”

- ანგარიშით მიღებული შედეგი
- ექსპერიმენტი



ნახ.4.14. მისაბმელით მომუშავე ავტომობილ Mercedes-Benz Atego საწვავის და სიჩქარული მახასიათებელი მისი გრძივი ცვალებადი პროფილის გზაზე მოძრაობის დროს

- ანგარიშით მიღებული
- - - ექსპერიმენტული



ნახ.4.15. ავტომატარებლის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების შედარებითი შეფასება მოხრეშილ საფარიან გზებზე მოძრაობის დროს
 — გამ.კ I - - - - - გამ.კ II - - - - - გამ.კ III

გაზრდილი მოძრაობის წინააღმდეგობის მომენტი იწვევს მოძრაობის საშუალო სიჩქარის შემცირებას, რომელიც ფაქტიური მონაცემებით იშვიათად აღემატება 40კმ/სთ.

ავტომატარებლის კონსტრუქციის შეგუებადობა სასოფლო-სამეურნეო წარმოების პირობებისადმი არსებითად არის აგრეთვე დამოკიდებული წევით და ჩაჭიდებით მაჩვენებლებზე მარშრუტის გრუნტიან უბნებზე, რომელთა მთავარი თავისებურებაა არასტაციონარობა სივრცეში და დროში. დღეისათვის არ არსებობს საიმედო თეორიული მეთოდები ავტომატარებლის გამავლობის შეფასებისა და მოძრაობისადმი ჯამური წინააღმდეგობის ძალების განსაზღვრისათვის დეფორმირებად გრუნტიან ზედაპირებზე მოძრაობისას. მათზე მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი მნიშვნელოვნად მაღალია და დამოკიდებულია გრუნტის სინესტეზე და ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე. გაანგარიშებითი კვლევისათვის საჭიროა სიჩქარეზე დამოკიდებული მოძრაობის წინააღმდეგობის ჯამური ძალების ფუნქცია. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია არსებული გაანგარიშების პროგრამის მოდიფიცირება.

იმისათვის, რომ უკეთ განვსაზღვროთ ზემოთ ნახსენები მახასიათებლები და სხვადასხვა სახის გზის ჯამური წინააღმდეგობა შექმნილი იქნა სტენდი [22]. ნახ.4.16-ზე წარმოდგენილია თვლის გრუნტთან ურთიერთქმედების პარამეტრების განმსაზღვრელი სტენდის კინემატიკური სქემა: ა) ამყოლ რეჟიმში; ბ) წამყვან რეჟიმში.

თვლის გრუნტთან ურთიერთქმედების პარამეტრების განმსაზღვრელი სტენდი შეიცავს ფუძეს 1, ურიკას 2 გრუნტიანი არხით 3, დრეკად-მადემფირებელ ელემენტს 4, დაკავშირებულ საცვლელ ტვირთს 5, დგარს 6 მიმმართველით 7, დგარზე 6 დამონტაჟებულ ელექტრო-ამძრავს 8 და გადაცემათა კოლოფს 9, კარდანულ გადაცემას 10 გადაცემათა კოლოფსა 9 და გამოსაცდელი თვლის 11 ღერძს შორის, დოლს 12 გვარლით 13, ბლოკს 14, ვერტიკალური გადაადგილების გადამწოდებს 15 და 16, გრძივი გადაადგილების გადამწოდებს 17 და 18 და დინამომეტრებს 19 და 20.

პნევმატური თვლის 11 გამოცდისას როგორც წამყვან, ისე ამყოლ რეჟიმებში, ხდება ურიკაზე 2 გრუნტიანი არხის 3 მომზადება და საცვლელი ტვირთის 5 მეშვეობით პნევმატურ თვალზე 11 საჭირო ნორმალური დატვირთვის შექმნა.

სტენდი მუშაობს შემდეგნაირად:

პირველად ხდება ურიკის 2 ხისტად დამაგრება და პნევმატური თვლის 11 გამოცდა, როგორც ამყოლ ისე წამყვან რეჟიმებში.

ამყოლ რეჟიმში თვლის გამოცდის (ა) დაწყებისას პნევმატური თვალი 11 მდებარეობს ურიკის 2 მარცხენა უკიდურეს მდებარეობაში გადაცემათა კოლოფი 9 ელექტრო-ამძრავთან ერთად 8 შემობრუნებულია 90°-ით კარდანული გადაცემა 10 ჩახსნილია და მის ნაცვლად ჩართულია გადაცემათა კოლოფი 9, დოლის 12 და ბლოკის 14 (გვარლის 13) მეშვეობით ხდება პნევმატური თვლის 11 გაზიდვა სასურველი სიჩქარით, ხოლო დინამომეტრებით 19 და 20 ხდება გამოსაცდელი თვლისა 11 და ურიკის წვეის ძალების რეგისტრაცია, ხოლო აღნიშნული თვლისა 11 და ურიკის 2 გორვის მანძილების გაზომვა კი ხდება რეოქორდული გადამწოდებით 17 და 18. იზომება ვერტიკალური გადაადგილებები: გამოსაცდელი პნევმატური თვლის 11 ღერძისა - გადამწოდით 16, ხოლო საცვლელი ტვირთისა 5 - გადამწოდით 15. გამოცდის შემდეგ იზომება ნაკვალის სიღრმე h და იანგარიშება გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი:

$$f=P_1/G_1$$

სადაც P_1 - არის დინამომეტრით 19 რეგისტრირებული წვეის ძალა, ხოლო G_1 - თვალზე მოსული ნორმალური დატვირთვა.

წამყვან რეჟიმში გამოცდისას (ბ) პნევმატური თვალი 11, ისევე როგორც წინა შემთხვევაში, მდებარეობს მარცხენა უკიდურეს მდებარეობაში; ხდება გვარლის 13 მოხსნა, ელექტრო-ძრავისა 8 და გადაცემათა კოლოფის 9 შემობრუნება ერთად ისე, რომ გადაცემათა კოლოფის 9 გამომავალი ღერძი ემთხვეოდეს თვლის გორვის მიმართულებას. შემდეგ ხდება მასზე კარდანული გადაცემის 10 დამაგრება და თვლის 11 ღერძზე დაერთება. დიფერენციალის მეშვეობით (სიცხადის გამო ნაჩვენები არ არის) ელექტრო-ძრავის 8 ჩართვით ირთვება გადაცემათა კოლოფის 9 სასურველი გადაცემა და აიძვრება

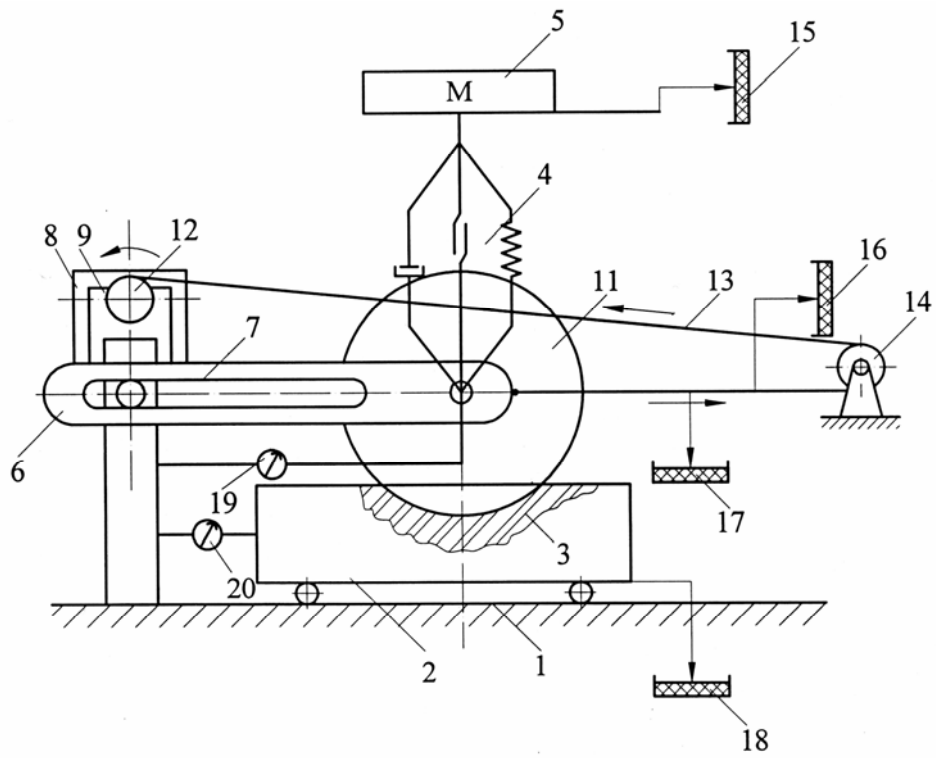
პნევმატური თვალი 11, ხოლო დინამომეტრის 19 მეშვეობით რეგისტრირდება პნევმატური თვლის წევის ძალა; ასევე ხდება ათვლა პნევმატური თვლის 11 ღერძზე მოდებული მაბრუნე მომენტისა M_{φ} (რომლითაც ხორციელდება გრუნტიანი არხის 3 წინააღმდეგობის მომენტის დაძლევა):

$$M_g = P_{\varphi} r$$

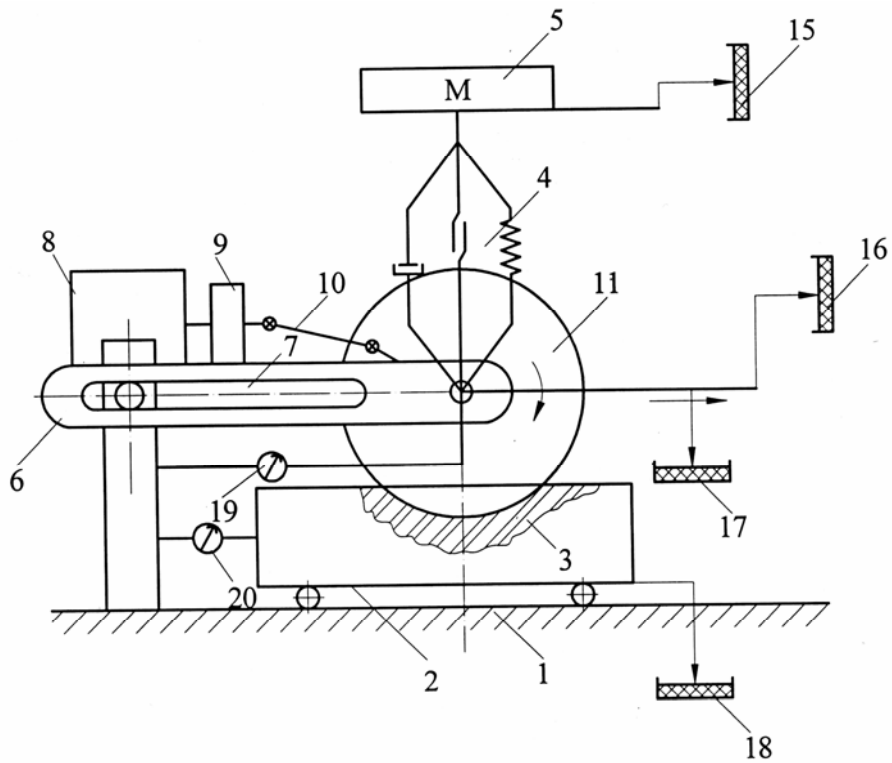
სხვაობა $M_{\varphi} - M_{\varphi}$ იქნება გრუნტიან არხში 3 დაკარგული მომენტი M_g . $M_g = M_{\varphi} - M_{\varphi}$

სადაც M_{φ} - პნევმატური თვლის 11 ღერძზე მოსული მომენტია, ხოლო P_{φ} დინამომეტრული დაფიქსირებული ძალა, r -გორვის რადიუსი, M_{φ} -კი მომენტი $M_{\varphi} = P_{\varphi} r$. ისევე, როგორც წინა შემთხვევაში, ხდება პარამეტრების მოხსნა თვლის 11 მიმყოლი რეჟიმისათვის. მეორე შემთხვევისათვის ხდება ურიკის 2 აშვება და გამოცდა მიმდინარეობს იგივე მიმდევრობით, როგორც პირველ შემთხვევაში; ოღონდ, ამ შემთხვევაში გადამწოდით 15 ხდება ურიკის 2 გადაადგილების რეგისტრირება, ხოლო მის მიერ განხორციელებული (შთანთქმული) ძალის P_y დარეგისტრირება დინამომეტრზე 20; თვლის 11 მიმყოლი რეჟიმში ძალა P_y შეესაბამება გრუნტის წინააღმდეგობას, რაც დამოკიდებულია გრუნტის სახეობაზე და ნაკვალის სიღრმეზე. ხოლო, თვლის წამყვან რეჟიმში P_y დამოკიდებულია, როგორც გრუნტის სახეობასა და ნაკვალის სიღრმეზე, ასევე - ბუქსაობის პირობაზე და შეესაბამება გრუნტიანი არხის 3 მიერ გამოსაცდელი პნევმატური თვლის 11 გადაადგილებისას შთანთქმულ ენერგიას.

ვისარგებლებთ რა [35]-ის მონაცემებით გრუნტიან გზებზე მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტების შესახებ, განვსაზღვრავთ მოძრაობის ჯამურ წინააღმდეგობას არა როგორც ავტომატარებლის მოძრაობის სიჩქარის ფუნქციას, არამედ როგორც მოძრაობის წინააღმდეგობის ჯამური ძალების ალბათობის სიმკვრივეს. ეს მით უფრო გამართლებულია, რამდენადაც ავტომატარებლის გრუნტიან გზაზე მოძრაობის სიჩქარე არ აღემატება 20-25 კმ/სთ.



ა)



ბ)

ნახ.4.16. გრუნტთან თვლის ურთიერთქმედების პარამეტრების განმსაზღვრელი სტენდის კინემატიკური სქემა: ა) ამოვლ რეჟიმში, ბ) წამყვან რეჟიმში

მათემატიკური მოდელირების პროგრამა ამ შემთხვევაში დამუშავებულია იმ მოსაზრებით მოძრაობის წინააღმდეგობის ძალები მოცემულია გრუნტიან გზაზე მოძრაობის იმიტაციის დროს. დამუშავების არის იმაში მდგომარეობს, რომ მოძრაობის წინააღმდეგობის ჯამური ძალების დეტერმინირებული ფუნქცია შეცვლილია ამ ძალების ალბათობის სიმკვრივით და ცხრილებიდან შერჩევის ნაცვლად შემუშავებულია ქვეპროგრამა ამ პარამეტრის, როგორც განაწილების მოცემული სიმკვრივის შემთხვევითი სიდიდის, მიღებისათვის.

4.7. სამთო პირობებში ექსპლუატაციის დროს სრულამძრავიანი სატვირთო ავტომატარებლის ძრავის და ტრანსმისიის რაციონალური პარამეტრების შერჩევის კვლევა

იმის გამო, რომ კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტი რთულია და გააჩნია სხვადასხვა ტიპის საგზაო საფარი, მასზე ავტომატარებლის მოძრაობის სხვადასხვა სიჩქარითი რეჟიმები და კვანძების და აგრეგატების მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმები, ამიტომ მიზანშეწონილია ავტომატარებლის კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციის საანგარიშო-კვლევითი სამუშაოები შესრულდეს სამ ეტაპად, ანუ გზის საფარის სახეობის მიხედვით ცალ-ცალკე და საფარის სახეობის ხვედრითი წილის გათვალისწინებით ეს შედეგები გავაერთიანოთ.

განგარიშებითი კვლევის დროს ძრავის და ტრანსმისიის პარამეტრების ზღვრული ცვალებადობის შერჩევა ემყარება შემდეგ მოსაზრებებს. ტრანსმისიაში ზღვრული მნიშვნელობები შერჩეულია გამომდინარე იქიდან, თუ რამდენად რეალიზებადია იგი არსებული მთავარი გადაცემის და განმანაწილებელი კოლოფის კრატერების ზომებში. ძრავის მიხედვით კი სიმძლავრის ზედა ზღვრად მიღებულია რეალურად მოქმედი რამდენადაც წინამდებარე სამუშაოების ჩატარების პერიოდში განსახილველი ავტომობილის და მის მოდიფიკაციებს ტექნიკურ პირობებში სიმძლავრის მომატება არ იყო გათვალისწინებული.

ამრიგად, გაანგარიშებითი კვლევის დროს შერჩეული იყო ძრავის და ტრანსმისიის პარამეტრების ცვალებადობის შემდეგი ზღვრები:

გადაცემის რიცხვები: მთავარი გადაცემის – 4,50-დან 6,00-მდე, განმანაწილებელი კოლოფის – 1,06-დან 1,41-მდე; ძრავის სიმძლავრე 88-დან 118-მდე კვტ.

4.7.1. გრუნტიან და მოხრეშილ საფარიან გზებზე მოძრაობისას ავტომატარებლის რაციონალური პარამეტრების დადგენა საანგარიშო მეთოდით

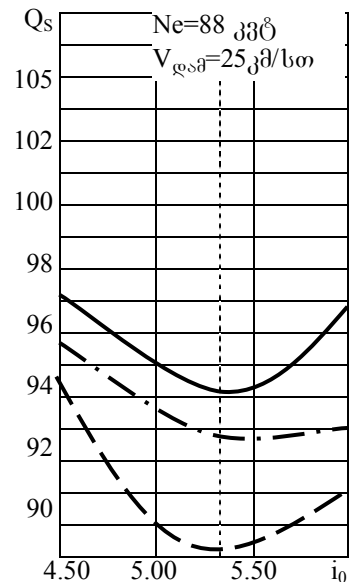
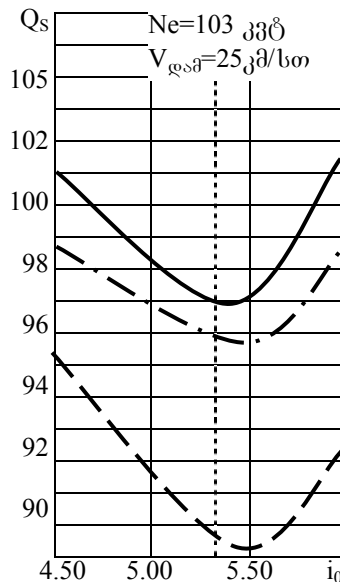
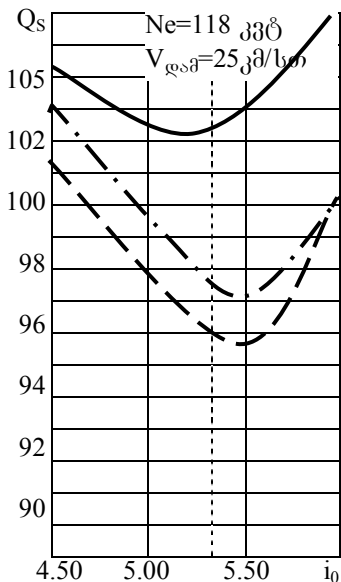
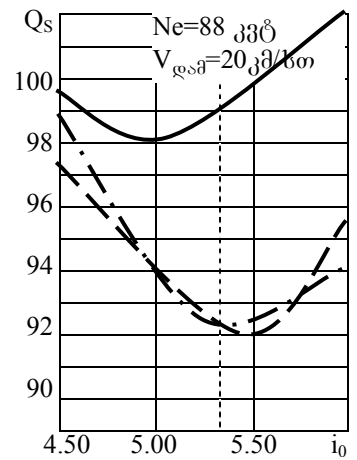
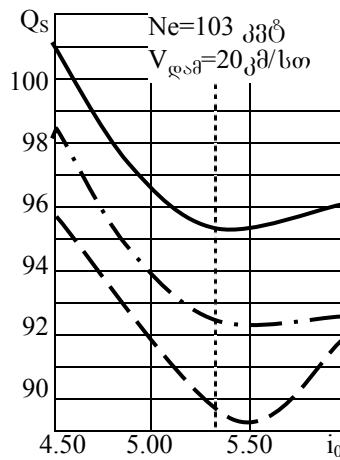
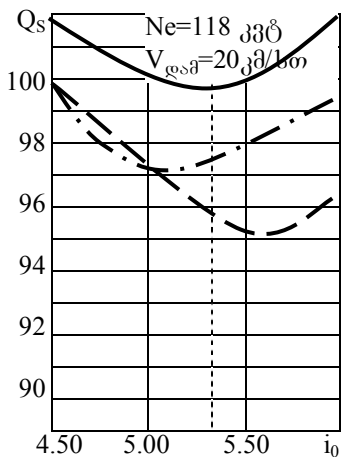
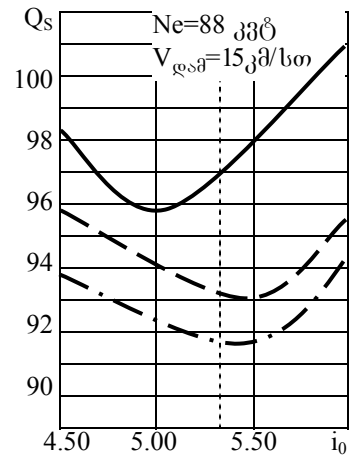
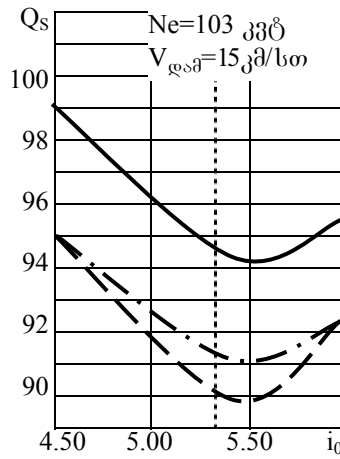
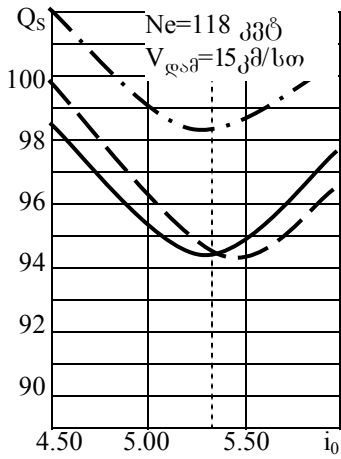
რამდენადაც მოხრეშილ საფარიანი გზები შეადგენს კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის 55,7%, ამიტომ გაანგარიშებითი კვლევა პირველ ყოვლისა ჩავატარეთ ასეთი გზებისათვის.

აღნიშნული ტიპის გზებზე მოცემული პარამეტრებიანი ავტომატარებლის მოძრაობა შეზღუდული იყო ორი დასაშვები სიჩქარით – 20 და 40 კმ/სთ. მთავარი გადაცემის გადაცემათა რიცხვია 5,5 და განმანაწილებელი კოლოფის 1,2. შედეგები ნაჩვენებია ნახ.4.15-ზე.

გაანგარიშებითი კვლევის შედეგების ანალიზი უფლებას გვაძლევს გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ავტომატარებლის მოხრეშილ გზებზე მუშაობისათვის უფრო მიზანშეწონილია ძრავის სიმძლავრე იყოს 103 კვტ. ამ შემთხვევაში მინიმალური ხარჯი 3,4-ით ნაკლებია საბაზოსთან შედარებით.

რეჟიმომენტირების მონაცემების შესაბამისად მიზანშეწონილია ავტომატარებლის გრუნტიან გზებზე მოძრაობის მოდელირების დროს მიღებული იქნას სამი დასაშვები სიჩქარე, რომელიც ზღუდავს მოძრაობის სიჩქარით რეჟიმს, ეს სიჩქარეებია 15, 20 და 25 კმ/სთ. გაანგარიშებითი კვლევის შესაბამისი მონაცემები ნაჩვენებია ნახ.4.17.

შედეგები დაახლოებით ისეთივეა რაც მოხრეშილი გზის შემთხვევაში და საუკეთესო მახასიათებლებს გვაძლევს ძრავი 103 კვტ. სიმძლავრით.



ნახ.4.17. ავტომატარებლის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების შედარებითი შეფასება გრუნტზე მოძრაობის დროს

- გამ.კ I
- - - გამ.კ II
- · - · - გამ.კ III

4.7.2. გაუმჯობესებულ საფარიან გზებზე მოძრაობისას ავტომატარებლის რაციონალური პარამეტრების დადგენა საანგარიშო მეთოდით

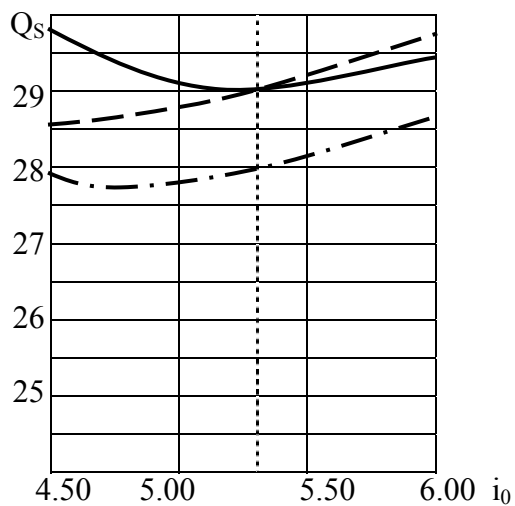
გაანგარიშებითი კვლევა გაუმჯობესებულ საფარიან გზებზე, რომელთა წილი ტიპიზირებულ მარშრუტებზე შეადგენს 27%-ს , ტარდებოდა დასაშვები სიჩქარის შეზღუდვით 70 კმ/სთ-მდე, კვლევის შედეგები მოცემულია ნახ.4.18.

გრაფიკების ანალიზი უფლებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ გამოსაკვლევი კონსტრუქციული პარამეტრების დიაპაზონში საწვავის მინიმალური ხარჯი 23 ლ/100 კმ შეიმჩნეოდა ძრავის სიმძლარვის 88 კვტ-ის მთავარი გადაცემის 5,0 და განმანაწილებელი კოლოფის – 1,00 დროს. საშუალო სიჩქარის მნიშვნელობა შედაგენდა 54,8 კმ/სთ.

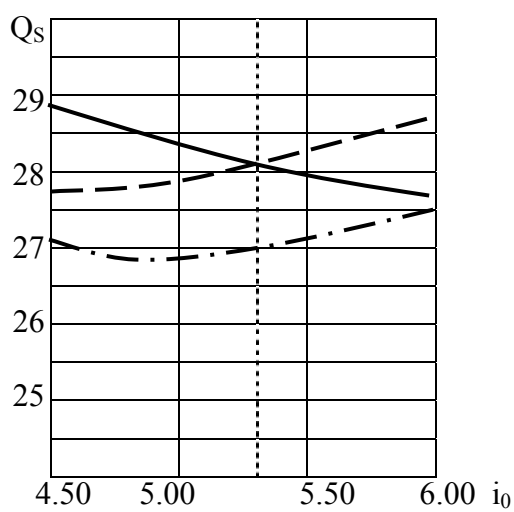
4.7.3. გაანგარიშებითი კვლევის შედეგების განზოგადოება

ავტომატარებლის Mercedes-Benz Atego ძრავის და ტრანსმისიის პარამეტრების მიღებული საანგარიშო ოპტიმალური მნიშვნელობები სხვადასხვა ტიპის საფარიანი გზებისათვის, რომლებიც შედიოდა ტიპიზირებულ მარშრუტებში, საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ეს პარამეტრები მთელი მარშრუტისათვის, რომელიც ითვლება ტიპიურად მთაგორიანი რაიონების სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში ავტოსატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციის პირობებისათვის.

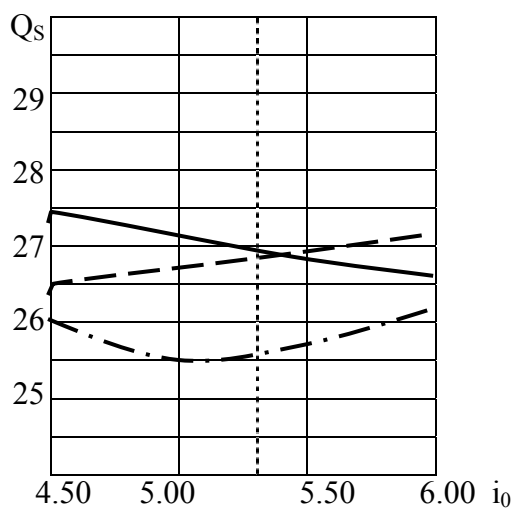
ცხრ.4.1-ში მოყვანილია გაანგარიშებით და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები. ყურადღებას იპყრობს მკვეთრი განსხვავება რეკომენდირებულ მნიშვნელობებს შორის მოასფალტებული (გაუმჯობესებული) საფარიანი და სხვა ტიპის გზებისათვის.



Ne=118 კვტ



Ne=103 კვტ



Ne=103 კვტ

ნახ.4.18. ავტომატარებელ Mercedes-Benz Atego საექსპლუატაციო მაჩვენებლების შედარებითი შეფასება ასფალტზე 70 კმ/სთ სიჩქარის მოძრაობის დროს

— გამ.კ I --- გამ.კ II -.-.- გამ.კ III

ცხრილი 4.1

ავტომატარებელ Mercedes-Benz Atego -ს ძრავის და ტრანსმისიის კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციისათვის ჩატარებული გაანგარიშებითი და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები

ექსპლუატაციის პირობები	წონითი კოეფიციენტი	პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობები			ხვედრითი მწარმოებლობა W_{yg} ტკმ/ლ კმ/სთ
		N_e (კვტ)	i_0 (ΠΠ)	i (PK)	
მოხრეშილი	85,7	103	5,50	1,20	6,12
გრუნტიანი	11,6	103	5,50	1,20	2,61
ასფალტი	2,7	88	5,29	1,0	27,6
კომპლ.ტიპიზირებული ოპტიმალური პარამეტრებით	-	103	5,50	1,20	6,28
კომპლ.ტიპიზირებული საბაზო პარამეტრებით	-	118	5,29	1,41	6,04
ექსპერიმენტ. კვლევა	-	118	5,29	1,41	5,93

აუცილებელია აგრეთვე აღინიშნოს, რომ ადგილი აქვს ექსპერიმენტით და გაანგარიშებით მიღებული შედეგების უმნიშვნელო გაბნევას (საწვავის ხარჯის – 1,9%, ხვედრითი მწარმოებლობა – 18%), რაც კიდევ ერთხელ ამტკიცებს ექსპლუატაციის რეალურ პირობებთან იმიტირებული გამოყენებული მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობას და აქედან გამომდინარე, გაანგარიშებითი კვლევის უტყუარობას.

4.8. მოკლე დასკვნები მე-4 თავის მიხედვით

1. სატვირთო ავტომობილის ეკონომიკური საქმიანობის მაჩვენებლებია:
 - ✓ მოძრავი შემადგელობის გამოყენება დროში
 - ✓ მოძრავი შემადგელობის სიჩქარული თვისებების გამოყენება
 - ✓ მოძრავი შემადგელობის გარბენის გამოყენება
 - ✓ მოძრავი შემადგენლობის ტვირთამწეობის გამოყენება
 - ✓ მძღოლის კვალიფიკაციის დონე და გამოცდილება
2. სატვირთო ავტომობილის სვლის სიმდოვრის გაუმჯობესების მიზნით ჩატარებული იქნა მეორადი დაკიდების თეორიული და საგზაო-ექსპერიმენტული კვლევა, როგორც ვერტიკალურ ასევე გრძივი მიმართულებით. დამუშავებული იქნა გრძივ-ვერტიკალური მეორადი დაკიდება , ასევე საგზაო პარამეტრების შესწავლის მიზნით შექმნილი იქნა სპეციალური სტენდი და დამუშავებული იქნა საგზაო და ლაბორატორიული კვლევის მეთოდიკა.
3. მოძრაობის არსებული მათემატიკური მოდელების კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე შერჩეული იქნა HAMI-ის პოლიგონზე შემუშავებული ავტომატარებლის მოძრაობის სიჩქარითი რეჟიმის იმიტაციური მოდელირების ექსპერიმენტულ გაანგარიშებითი მეთოდი, რომელიც გამოსადეგია კონკრეტული და ტიპიზირებული მარშრუტებისათვის. აღნიშნული მეთოდი დაედო საფუძვლად გაანგარიშებით კვლევას, რომელიც ჩატარდა ავტომატარებლის Mercedes-Benz Atego კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციისათვის მთაგორიანი პირობებში ექსპლუატაციის დროს.
4. ჩატარებულია მაღალი გამავლობის სატვირთო ავტომატარებლის მოძრაობის მათემატიკური აღწერა, კერძოდ, აღწერაში შეტანილია განმანაწილებელი კოლოფი და შეცვლილია მოძრაობის ჯამური წინააღმდეგობის მომენტის მოცემის სქემა ავტომატარებლის მოხრეშილ და გრუნტიან გზაზე მოძრაობის დროს.

5. შემუშავებულია საწყისი მონაცემების მომზადების მეთოდოლოგია. შემოთავაზებულია დამუშავების ახალი ალგორითმი, რამაც საშუალება მოგვცა შეგვემცირებინა პროგრამის მოცულობა და სამანქანო დრო დაახლოებით 1,5-ჯერ.
6. ჩატარდა მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობის შემოწმება ავტომატარებლის საბაზო პარამეტრებისათვის: ძრავის სიმძლავრე – 118 კვტ, გადაცემათა რიცხვები: მთავარი გადაცემის – 5 და 9, განმანაწილებელი კოლოფის – 1,41. შემოწმების შედეგად პრაქტიკულად ყველა რეჟიმზე განსხვავებამ შეადგინა არა უმეტეს 1-2%.
7. ჩატარდა გაანგარიშებითი კვლევა კონსტრუქციული პარამეტრების ცვალებადობის შემდეგი დიაპაზონებისათვის: ძრავის სიმძლავრე 88-დან 118 კვტ-მდე, მთავარი გადაცემის ნომინალი 4,50...6,00 და განმანაწილებელი კოლოფის ნომინალი 1,00...1,41 რამაც საშუალება მოგვცა რეკომენდაციები შევაჩეროთ შემდეგ რაციონალურ პარამეტრებზე: სიმძლავრე – 103 კვტ, მთავარი გადაცემის გადაცემის რიცხვი $i_0=5,5$; განმანაწილებელი კოლოფის რიცხვი 1,2, რაც იძლევა საწვავის ეკონომიას 7,4%-ით და ხვედრითი მწარმოებლობის ზრდას 3,8%-ით.

ძირითადი დასკვნები

1. ავტომატარებლის Mercedes-Benz Atego-ს ექსპლუატაციას მთაგორიან ადგილებში თან ახლავს მისი წვეთი და ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუარესება. კერძოდ, საშუალო სიჩქარე მცირდება 40%-ით, ხვედრითი მწარმოებლობა – 43%-ით და 47%-ით იზრდება საწვავის ხარჯი. ამდენად, ავტომატარებლის კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების ძიება მისი მოდიფიცირებული მოდელის შექმნის მიზნით, წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას და აქვს სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა.
2. მთაგორიანი რაიონების საგზაო ქსელი გარკვეული ალბათობით გაიგივებულია კომპლექსური ტიპიზირებული მარშრუტის ციფრულ მოდელთან, რომელიც ითვალისწინებს კონკრეტული მარშრუტების გრძივ პროფილს, გზის საფარების ტიპებს, ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მუშაობის რეჟიმებს და სხვა, რომელიც რეკომენდირებულია ფიზიკური მოდელის შედგენის და ავტომობილის მოძრაობის იმიტაციური მოდელირებისათვის ექსპლუატაციის მოცემულ პირობებში კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციის მიზნით.
3. პარამეტრების შერჩეულმა კომპლექსმა, რომელიც ახასიათებს ავტომობილების მექანიზმების მუშაობის რეჟიმს და ჩატარებული კვლევების მოცულობის სტატისტიკურმა წარმომადგენლობითობამ საშუალება მოგვცა გაგვესაზღვრა გამოსაკვლევი პარამეტრების განაწილების კანონზომიერება, შეგვეფასებინა მათზე სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა და მიგვეღო ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მუშაობის ტიპიზირებული რეჟიმები, რომლებიც აუცილებელია მათი კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაციისათვის.
4. სატვირთო ავტომობილის კაბინაზე ერთდროულად მოქმედი, ურთიერთდაკავშირებული ვერტიკალური და გრძივი რხევების შეფასებისათვის შედგენილი იქნა მეორადი დაკიდების მათემატიკური მოდელი, რომლის საშუალებით შეფასებულია კაბინის გრძივი და ვერტიკალური რხევების გავლენა მძღოლის ვიბროდატვირთულობაზე;

5. ავტომატარებლის Mercedes-Benz Atego კომპლექსურ ტიპიზირებულ მარშრუტზე მუშაობის რეჟიმების მაჩვენებლები, რომლებიც დადგინდა ექსპერიმენტულ-სტატისტიკური მეთოდით რეალურ მარშრუტებზე რეჟიმომეტრირების მონაცემების საფუძველზე, განიხილება როგორც ტიპიზირებული და რეკომენდირებულია საცდელ საკონსტრუქტორო სამუშაოებისათვის პროექტირების სტადიაზე და მოდიფიცირებული მოდელების დაყვანის დროს.
6. ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მუშაობისათვის ტიპიზირებული მარშრუტების და მუშაობის რეჟიმების ავტომატიზირებული (ეგმ-ზე) მიღების პროცედურის შემუშავებული ზოგადი ლოგიკური სტრუქტურა უზრუნველყოფს ტიპიზაციის სამუშაოების ჩატარებას პრაქტიკული მიზნებისათვის საკმარისი სიზუსტით მინიმალური დროის და მატერიალური დანახარჯებით.
7. ავტომატარებლის Mercedes-Benz Atego ძრავის და ტრანსმისიის კონსტრუქციული პარამეტრების ოპტიმიზაცია საშუალებას იძლევა ქარხანა დამამზადებელს მივცეთ რეკომენდაცია მისი მოდიფიცირებული მოდელისათვის გაითვალისწინონ შემდეგი პარამეტრები: ძრავის სიმძლავრე – 103 კვტ, მთავარი გადაცემის გადაცემის რიცხვი – 5,50, განმანაწილებელი კოლოფი გადაცემის რიცხვი – 1,20. რეკომენდაციების რეალიზაციით უზრუნველყოფილი იქნება საწვავის ეკონომია მთავორიანი ადგილებში ექსპლოატაციას 7%-მდე და კუთრი მწარმოებლობის გადიდება 4%-მდე.
8. ჩატარებული იქნა მისაბმელით მომუშავე სატვირთო ავტომატარებლის წვეით-დინამიკური მახასიათებლის თეორიული კვლევა სრულიად ახალი მიდგომის საფუძველზე, მისი კინეტიკური ენერჯის ცვლილების გათვალისწინებით. დადგენილია, რომ ბუქსაობის დროს როცა $\sigma=1$ (სრული ბუქსაობა) დინამიკური ფაქტორი მისწრაფვის უსასრულობისაკენ. ეს ეწინააღმდეგება სინამდვილეს, რადგან დინამიკური ფაქტორი წარმოადგენს ავტომობილის საპასპორტო მახასიათებელს, რომელიც დამოკიდებული არ არის მუშაობის რეჟიმზე და საექსპლუატაციო პირობებზე.

ლიტერატურა

1. Парцхаладзе Р. М. Исследование качеств автомобилей . работающих в горных условиях . Дис...докт. техн. наук.- Тбилиси, 1970. –303 с.
2. Двали Р.Р., Мучаидзе А. Н. Бадриев К.Л. Нагрузочные режимы автомобильных трансмиссий .-Тбилиси: Мецниереба, 1984 -147 с.
3. Мучаидзе А.Н., Джапаридзе, Н.Л. Бадриев К.Л. Режимы движения автомобилей в горной местности.- Тбилиси: Мецниереба, 1974. –107 с.
4. Джапаридзе Н.Л., Мучаидзе А.Н. К вопросу уставки взаимосвязи нагруженности двигателя ЗИЛ иПАЗ с дорожными условиями –Труды Института механики машин АН ГССР. Тбилиси, 1977, с. 104-109.
5. Тедорадзе Р.Г. Методика подбора оптимальной мощности автомобильного двигателя .Дис...канд. техн. наук.-Тбилиси, 1976. –156 с.
6. Джапаридзе Н.Л. Исследование эксплуатационных режимов работы автомобильных двигателей в горных условиях. Дис... канд. техн наук. –Тбилиси, 1971. –148 с.
7. Нефедов А.Ф. Техничко-экономическая оценка автомобилей на основе типизации обобщенных характеристик условий движения. Автореф. дисс. докт. техн. наук. – Москва, 1970 .-56 с.
8. Гилелес А.Х. Исследование эксплуатационных качеств и топливной экономичности автомобилей-самосвалов. Автореф. дис... канд.техн. наук. –Минск,1973. –33 с.
9. Вилковский Е.К. Исследование режимов и показателей работы городских автобусов методом типизации и моделирования условий движения. Автореф. дис. канд. техн. наук. –Львов, 1971. –23 с.....
10. Эрлих Л.А. Данилов В.К. Каменский В. П. Критерии оценки условий эксплуатации автомобильного двигателя –конструкции автомобилей .Экспресс-информация /НИИН автопром, №11,1979, с. 46-50.
11. Великанов Д.П. Эксплуатационные качества автомобилей .-Москва Автотрансиздат, 1962. –399 с.
12. Автомобильные транспортные средства. \Великанов Д.П. Бернацкий В.Н. Нифонтов Б.Н. Плеханов И.П.. \-Москва, Транспорт, 1977. –326 с.
13. Бируля А.К. Проектирование автомобильных дорог. Ч.2. –Мосева, Автотрансиздат, 1962. –653 с.
14. Бабков В.Ф. Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч.2-Москва Транспорт, 1979.-407 с.

15. Лахно Р.П. О типизации дорожных условий эксплуатации автомобильного транспорта СССР. –Труды НАМИ, вып. 122, 1970, с.44-105.
16. Говорушенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей. –Киев, Высшая школа, 1971. –254 с.
17. Янчук Е.М. К вопросу теории движения транспортных грузовых автомобилей и автопоездов. Дис... канд. техн. наук.-Минск, 1973. –290 с.
18. Автомобильные дороги. Строительные нормы и правила. СНИП 11-Д5-72 \Союздорн. – Москва, Стройиздат, 1973.- 111 с.
19. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – Москва, Транспорт, 1973. –48 с.
20. Андрианов Ю.В. Исследование влияния дорожных и транспортных условий на эффективность технической эксплуатации автомобилей. Дис...канд. техн. наук.. – Москва, 1979. –158 с.
21. Динамика системы «дорога-шина-автомобиль-водитель» Под редакцией А.А. Хачатурова. –Москва, Машиностроение. 1976. –535 с.
22. Применение ЭВМ при конструировании и расчете автомобиля. Гришкевич А.И. Молибошко Л.А. Рукштель О.С. Беляев В.М. –Минск. Высшая школа, 1978. –264 с.
23. Пархиловский И.Г. Мусарский Р.А. Энергия колебаний рассеивания элементами подвески транспортных машин. Изв. вузов. Машиностроение, № 3, 1978, с. 112-115.
24. Согин А.В. Исследование влияния вероятностных характеристик микро- и макропрофиля дорог на тяговую динамику автомобиля. Дисс...канд. техн. наук. – Москва, 1979. –158 с.
25. Тутубалин В.Ф. Теория вероятностей. –Москва, МГУ, 1972.- 144 с.
26. Бабков В.Ф. Автомобильные дороги.- Москва, Автотрансиздат, 1960. –239 с.
27. Бабков В.Ф. Дороги и современные требования безопасности движения. – Автомобильные дороги, № 2, 1972, с.24-26.
28. Система автоматизированного проектирования дорог и искусственных сооружений. Силков В.Н. Ронштейн К.М. Варшавский В.А. Григорьев Н.А. –Автомобильные дороги, №11, 1978 с. 19-20.
29. Безбородова Г.Б. Галушко В.Г. Моделирование движения автомобиля. –Киев. Высшая школа. 1978. –167 с.
30. Безбородова Г.Б. Основные показатели проходимости автомобилей и теоретические предпосылки к их определению. –М. Автомобильный транспорт. вып. 2.-Москва, 1966. с. 64-70.

31. Осепчугов В.В .Моделирование на полигоне эксплуатационных режимов работы механизмов автомобилей (на примере городских условий эксплуатации). Дисс.. канд. техн. наук. –Москва,1979.- 227 с.
32. Раввин А.Г. Оптимизация параметров автомобиля на основе систематизации магистральных дорог. Дис...канд. техн. наук. –Москва, 1982. –171 с.
33. Шур О.З. Типизация продольного профиля и режима движения автомобиля при исследовании скоростных свойств и топливной экономичности. Дис...канд. техн. наук. –Москва, 1975. –168 с.
34. Дидковский В.А. Исследование проходимости грузовых автомобилей по грунтовым поверхностям. Дис...канд.техн.наук. –Киев. 1982. –213 с.
35. РТМ 37. 031.007-78. Методы комплексного исследования и оптимизации тягово-скоростных свойств и топливной экономичности. –Дмитров. ЦНИАП НАМИ. 1978, – 141 с.
36. СТП 37. 052. 030-81. Методика полигонных испытаний автомобилей и автопоездов при моделировании горных режимов движения .-Дмитров. ЦНИАП НАМИ. 1981. –9 с.
37. Высоцкий М.С. Беленький Ю.Ю. Московкин В.В. Топливная экономичность автомобилей и автопоездов .-Минск. Наука и техника .1984. –208 с.
38. Площадь валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур на всех землях, на орошаемых и осушенных землях по Грузинской ССР за 1984 год. –Тбилиси .ЦСУ Грузинской ССР. 1985. –196 с.
39. Зязев В.А. Кузнецов Г.И. Автомобильные перевозки грузов для сельского хозяйства. – Москва,Знание. 1980. –64 с.
40. Зязев В.А Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом .- Москва, Транспорт. 1979. –248 с.
41. Передовые методы грузовых автомобильных перевозок. Под ред. Б.В. Решетникова . – Киев. Техника, 1979.-248 с.
42. Будрасов Е.И. Ускоренные полигонные испытния некоторых узлов грузовых автомобилей. – Автомобильная промышленность .1970. №2. 1970, с. 23-25.
43. Ануфриев В.А. Исследование рабочих режимов автомобилей и разработка методики полигонных испытаний, имитирующих условия эксплуатации (на примере городских условий эксплуатации) . Труды Всесоюзного семинара «Методы дорожно-полигонных испытаний и вопросы оценки качества автомобилей ». Москва,1973. с. 71-78.
44. Бернацкий В.И. Метод исследования режимов работы автомобильного двигателя в эксплуатационных условиях. Автореф. дис. канд. техн. наук. –Москва, 1963. –25 с.

45. Фаробин Я.Е. Кравцева В. Матвеева А. Выбор транспортных средств для перевозок грузов на заданном маршруте. –М. Автомобильный транспорт. №9.1980, с.27-29.
46. Генбом Б.Б. К вопросу об измерителях энергоемкости тормозных механизмов. –М. Автомобильная промышленность. 1966. №2. 1966, с. 12-16.
47. Соколов О.В. Прибор для определения пути, времени и скорости движения автомобиля на передачах .Экспресс-информация НИИАТа –Москва, Автотрансиздат. 1962. № 8.
48. Соколов О.В. Прибор для определения средних нагрузочных режимов трансмиссии и эффективной работы двигателя. Экспресс-информация НИИАТа. .-М. Автотрансиздат, 1963. № 12.
49. Александров А.П. Розин А.Т. Аппаратура для изучения эксплуатационных качеств дороги. – Журнал «Автомобильные дороги». .№4. 1958
50. Кузнецов Е.С. Соколов О.В. Ходовая лаборатория для статистических исследований режимов работы механизмов автомобилей . Автомобильная промышленность. №6. 1963.
51. Лаптев С.А. Методы количественной оценки режимов работы автомобиля и его механизмов. Автомобильная и тракторная промышленность. №4. 1952
52. Соколов О.В. Исследование режимов работы механизмов автомобилей в эксплуатационных условиях .-Москва, Автотрансиздат. 1963. –40 с.
53. Шупляков В.С. Колебания и нагруженность трансмиссии автомобиля. – Москва,Транспорт. 1974. –328 с.
54. Яценко Н.Н. Колебания ,прочность и форсированные испытания грузовых автомобилей. –Москва, Машиностроение .1972. –369 с.
55. Статистические исследования нагрузочных режимов и эксплуатационных показателей КАЗ-4540 в реальных условиях сельскохозяйственного производства в Центральных районах страны. Отчет по НИР. №гос. рег. 81049108.-Дмитров. 1982.-81 с.
56. Доводочные испытания опытных образцов автомобилей КАЗ-4540. Отчет по НИР. № Гос. регистрации 810449111. –Дмитров. 1984. –29 с.
57. Комментарии к правилам дорожного движения .-Москва, ДОСААФ .СССР. 1981.-256 с.
58. Бендат Дж. Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. –Москва, Мир. 1974. –464 с..
59. Дженкинс Г. Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения.-Москва Мир. 1972. Вып.1 и вып. 2 –534 с.

60. Двали Р.Р. Махалдиани В.В. Механическая тяга в горной местности. –Москва, Наука. 1970. –235 с.
61. Влияние типа трансмиссии на топливную экономичность двигателя транспортной машины .Лобцов Б.М. Белов А.П. Антонов В.Н. Разжигаев В.И. –Изв. вузов. Машиностроение .1979. № 8.с. 85-88.
62. Иванов В.В. Иларионов В.А. Модин Н. Н. Основа теории автомобиля и трактора. – Москва, Высшая школа. 1977. –245 с.
63. Медведков В.И. Ярков В.А. Применение ЭВМ для расчета скоростного движения автомобиля . Автомобильная промышленность. 1968. № 3. с. 20-23.
64. Нефедов А.Ф. Расчет режимов движения автомобилей на вычислительных машинах. – Киев. Техника. 1970. –172 с.
65. Нефедов А.Ф. Височин Л.М. Планирование эксперимента и моделирование эксплуатационных свойств автомобиля. –Львов Высшая школа. 1976. –160 с.
66. Ставицкий А.И. Метод исследования динамики и топливной экономичности автомобиля при движении по дороге реального профиля. Дис. канд. техн. наук. – Москва, 1968. –212 с.
67. Храмов Ю.В. Фигуров И.В. Шур О.З. Математическое моделирование движения автомобиля на электронных вычислительных машинах.-Москва, НИИНавтопром. 1973. –62 с.
68. Храмов Ю.В. Фигуров И.В. Шур О.З . Современные методы получения и обработки экспериментальных данных при испытаниях автомобилей. –Москва, НИИНавтопром .1975. –64 с.
69. Токарев А. А. Методы исследований тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобилей .-Москва, НИИНавтопром. 1976. –60 с.
70. Совершенствование методов обработки результатов испытаний и исследований автомобилей на базе средств вычислительной техники третьего поколения. Отчет по НИР .№ гос. рег. А2383. –Дмитров. 1979.- 90 с.
71. Система прикладного математического обеспечения автоматизированной обработки результатов испытаний и исследований автомобилей .Отчет по НИР .№ гос.рег. А2414. –Дмитров. 1980. –202 с.
72. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. –Москва, Наука. 1979. –744 с.
73. Фейнман Р. Летон Р. Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. –Москва, Мир. Вып. 3 1978. –541 с.

74. Яценко Н.Н. Поглощающая способность шин. –Москва, Машиностроение. 1978. –133 с.
75. Казаков И.Е. Артемьев В.М. Оптимизация динамических систем случайной структуры. –Москва, Наука. 1980. –381 с.
76. Heider H. Sange W. Bewerugakriterien fur Betrieb .Instandhaltung und Konstruktion von Nutzfahrzegen. Kraftvtrkehr. 1979. 10 . S. 78-92 .
77. Hilde J. F. Schuette .A. R. The Truck Automatic and Vehicle Economies. S. 1. 1978. 3 p. (preprint/SAE. 780618).
78. ლეკვეიშვილი გ. კაჭახიძე ი. ჭანტურია კ. გოგიაშვილი ფ. მეორადი დაკიდების თეორიული კვლევა.მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №10-12 -თბილისი 2009-გვ. 87-92
79. ტყემელაშვილი მ. ლეკვეიშვილი გ. კაჭახიძე ი. ჭანტურია კ. სატვირთო ავტომობილის სავარძლის ვიბროდატვირთულობა. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №7-9 -თბილისი 2009-გვ.59-62
80. Ткешелашвили М. Чантурия К. Качахидзе И. Методика определения параметров взаимодействия пневматического колеса с грунтом. Trans & MOTAUTO 08 -91с.
81. მამალაძე თ., რუსაძე თ., ჭანტურია კ., კაჭახიძე ი. გრუნტთან თვლის ურთიერთქმედების პარამეტრების განმსაზღვრელი სტენდი. საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრის ”საქპატენტის” დადებითი გადაწყვეტილება სასარგებლო მოდელზე AP 2006 009394. 15.05.2006.