

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თორნიკე ნეკაშვილი

ძვრისადმი მდგრადი საგზაო ფენილების კონსტრუირება

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა

ხელოვნური ნაგებობები

შიფრი 0732

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი 0175

2021 წელი

საავტორო უფლება © 2021 წელი თორნიკე ნეკაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით თორნიკე ნეკაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „ძვრისადმი მდგრადი საგზაო ფენილების კონსტრუქცია“ და რეკომენდაციას ვაძლევთ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მშენებლობის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი 10.02.2021

ხელმძღვანელი:

პროფესორი თ.
მექანარიშვილი

რეცენზენტი:

აკადემიური დოქტორი
ვახტანგ ჯღამაია

რეცენზენტი:

პროფესორი კონსტანტინე
მჭედლიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
2021 წელი

ავტორი: თორნიკე ნეკაშვილი
დასახელება: ძვრისადმი მდგრადი საგზაო ფენილების კონსტრუირება
სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა
ხელოვნური ნაგებობები
ხარისხი: დოქტორის აკადემიური ხარისხი
სხდომა ჩატარდა: 12.03.2021

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემოთმოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების სპეციალური უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ სპეციალურ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

თანამედროვე საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის ერთ-ერთ ძირითად განმსაზღვრელ მახასიათებელს წარმოადგენს საგზაო სამოსის სიმტკიცე. იგი არსებით ზეგავლენას ახდენს ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა მოძრაობის სიჩქარე და უსაფრთხოება. საქართველოს საავტომობილო გზების ქსელის ძირითადი ნაწილი წარმოადგენილია არახისტი საგზაო სამოსებით. დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ პროექტირებისას განსაზღვრული მომსახურების ვადის განმავლობაში ადგილი აქვს მთელი რიგი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლების შემცირების კომპლექსურ ფაქტორებს. ხსენებული მაჩვენებლების შემცირების ტემპზე არსებითად ზემოქმედებს მოძრავი დატვირთვების ციკლური ბუნება და კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენა, რაც მთლიანობაში განაპირობებს მომსახურების ვადების შემცირებას.

წარმოდგენილ ნაშრომში „ძვრისადმი მდგრადი საგზაო ფენილების კონსტრუირება“ განხილულია საქართველოს საგზაო ინდუსტრიის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემა, არახისტი საგზაო სამოსის ნაადრევი რღვევის კუთხით, რაც საქართველოს კაპიტალური ტიპის საფარიანი საავტომობილო გზების ქსელის უმეტეს ნაწილს შეადგენს. ასფალტბეტონის საფარიანი გზის სამოსის ექსპლუატაციის რეალური ვადები საქართველოს რთული კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე გაცილებით დაბალია ნორმატიულთან შედარებით, რასაც მივყავართ შეკეთების სამუშაოების მოცულობების ყოველწლიურ ზრდასთან და საგზაო მრეწველობაში დამატებით ფინანსურ დანახარჯებთან.

როგორც დაკვირვებებიდან გამომდინარეობს, ასფალტბეტონის საფარის ფაქტობრივი საექსპლუატაციო ვადები რიგ მონაკვეთებზე შემცირებულია საანგარიშო ვადებთან შედარებით. საქართველოს საავტომობილო გზების ქსელის არასაკმარისი განვითარების ერთობლიობა, რომელიც ევროპულ ქვეყნებთან შედარებით დაბალია და მოქმედი საავტომობილო გზების არადაამაკმაყოფილებელი მდგომარეობა არსებითად აფერხებს ქვეყნის მთელი ეკონომიკის საერთო განვითარებას.

გამოკვლევის შედეგად დადგინდა, რომ გამოყენებული არახისტი საგზაო სამოსების ექსპლუატაციისას დაბალი გამძლეობის ერთ-ერთი მიზეზი მათი ვიბრაციული დატვირთვების მაღალი დონეა. ამ ტიპის დატვირთვების უგულვებელყოფას მივყავართ იქამდე, რომ პროექტირების ეტაპზე საგზაო სამოსის შერჩევა არასაკმარისი სიმტკიცის მახასიათებლებით შემოიფარგლება.

ვიბრაციული დატვირთვისას, გზის კონსტრუქციის ყველა ელემენტში წარმოიქმნება ნიშანცვლადი მრავალსიხშიროვანი დეფორმაციები (ჩაღუნვები), როლებიც ერთდროულად ზრდის საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის ვადის განმავლობაში საანგარიშო დატვირთვის რაოდენობას. ამის გამო ხდება გზის ფენების და უპირველეს ყოვლისა, ასფალტბეტონის საფარის ნაადრევი რღვევა.

ასფალტბეტონი არის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული საგზაო-სამშენებლო მასალა, რომელიც გამოიყენება კაპიტალური ტიპის საგზაო

საფარის მოსაწყობად. თუმცა ავტომობილის ღერძზე დატვირთვის და მოძრაობის ინტენსივობის გამო, სულ უფრო და უფრო საგრძნობად ვლინდება გამოყენებული ასფალტბეტონის ნაკლოვანებები და პირველ რიგში გამოიხატება ბზარების და დეფორმაციების წარმოქმნით.

ნაშრომში წარმოდგენილმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების პარამეტრების დინამიკური ძალების გათვალისწინებით შერჩევა საშუალებას იძლევა რხევით პროცესებზე ანტიფაზური ზემოქმედებით შემცირდეს მოძრავი დატვირთვებით გამოწვეული ვიბრაციის უარყოფითი გავლენა.

ნაშრომში ასევე დამუშავებულია არახისტი საგზაო სამოსის და მიწის ვაკისის დასაფუძვნებელი გრუნტის ვიბრაციული რხევების გავლენა მის ექსპლუატაციის პერიოდზე, რომლებიც ვითარდება მოძრავი სატრანსპორტო საშუალებებისგან გზის საფარზე დარტყმითი-იმპულსური ზემოქმედების შედეგად. აღსანიშნავია, რომ ნორმატიულ დოკუმენტაციაში წარმოდგენილი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის გაანგარიშების მეთოდებში დატვირთვის ეს ფაქტორი არ არის გათვალისწინებული. ამიტომ, პროექტირებისა და მშენებლობის სფეროში თანამედროვე ტექნოლოგიური მიღწევების და ხარისხიანი საგზაო-სამშენებლო მასალების გამოყენების მიუხედავად, არახისტი საგზაო სამოსის ნაადრევი რღვევა დღემდე აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს. ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე იკვეთება აუცილებლობა, დამუშავდეს საგზაო სამოსის ფენების სისქეებისა და მასალის გვარობის დინამიკური ფაქტორების გათვალისწინებით შერჩევის კომპლექსური მეთოდიკა, რომელშიც მაქსიმალურად იქნება ასახული მოძრავი დატვირთვებით გამოწვეული სპეციფიკური ზემოქმედება და პარალელურად მისადაგებული იქნება საქართველოსთვის დამახასიათებელ რთულ და მრავალფეროვან კლიმატურ ფაქტორებთან.

ჩატარებული კომპლექსური კვლევების საფუძველზე შემოთავაზებულია რიგი პრაქტიკული რეკომენდაციები, რომელიც მიზნად ისახავს პროექტირების მეთოდოლოგიის გაუმჯობესებას და საგზაო სამოსების გარკვეული რიგის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების ამაღლებას. აღნიშნულის ფაქტორებიდან გამომდინარე შესაძლებელი გახდა შეგვექმნა ვიბრომედეგი საგზაო სამოსის კონსტრუქციები დინამიკური მახასიათებლების და მასალის გვარობის კომპლექსური ოპტიმიზაციის გზით. თავის მხრივ ვიბრომედეგი საგზაო სამოსის კონსტრუქციების გამოყენება იძლევა შესაძლებლობას გავზარდოთ გეგმიური შეკეთების და რეაბილიტაციებს შორის პერიოდი, რომელიც მოგვცემს მნიშვნელოვან ეკონომიურ ეფექტს. ამ მეთოდით დაპროექტებული საგზაო სამოსის კონსტრუქციის გამოყენების შემთხვევაში ხდება ნავთობპროდუქტების რაციონალური ხარჯვა (მკვრივი და ფოროვანი ასფალტბეტონის სისქეების მაქსიმალური ოპტიმიზაცია საშუალებას იძლევა დაიზოგოს დეფიციტური მასალა), რაც განსაკუთრებით გრძელვადიან პერსპექტივაში დადებითად აისახება, როგორც ეკოლოგიური კუთხით ასევე ქვეყნის ეკონომიკაზე.

Abstract

Transport-operation of modern roads is one of the main defining characteristics of the condition strength of road wear. It has a significant impact on such factors as speed and safety. The main part of the Georgian road network is represented by solid-paved asphalt. Observations revealed, that during the designing process, there are numerous factors of reduction of performance indicators relating to transport. Significantly affects the rate of decline of these indicators. The cyclical nature of moving loads and climatic factors impact, which as a whole leads to a reduction in service life.

The dissertation, "Design Of Shear Resistant Road Pavements", discusses one of the most important problems of the Georgian road industry in terms of asphalt pavement, which is a large part of all solid-paved roads in Georgia. Due to the difficult climatic conditions of the country, the actual service life of paved road repairs is much lower than the norm, which leads to an annual increase in the volume of repair works and more financial investments in the road industry.

According to the observations, the actual service life of the asphalt-concrete pavement is reduced in some sections compared to the reporting time. The combination of insufficient development of Georgia's road network, which is low compared to European countries, and the unsatisfactory condition of the existing roads hinders the development of the entire national economy of the country.

The study found that one of the reasons for the low durability used in the exploitation of asphalt pavement is their elevated level of vibration load. The negligence of this type of load leads to the fact that the characteristics of insufficient firmness of the asphalt pavement is considered at the design stage.

During vibration loading, significant frequency deformations (bends) occur in all elements of road construction, which simultaneously increase the amount of design load during the service life of the asphalt pavement. Due to this, the road layers and the asphalt-concrete pavement break down too early.

Based on the complex of conducted studies, a variety of practical recommendations are proposed, aimed at improving the design quality and improving the performance of road pavement. Therefore, designing and modern technological advances in the field of construction and despite the use of quality road-building materials, solid-paved premature rupture of road clothes is still a topical problem. In view of all the above, there is a need for process the thickness and material of the roadway layers. Sampling complex, taking into account dynamic factors, a methodology that will maximally reflect rolling loads caused by specific impacts and in parallel will be typical and complex for Georgia with climatic factors. Based on the complex studies conducted, there is necessity of practical recommendations for design. Improving the quality of methodology and certain road clothes. Improving the performance of the range. Due to the factors it became possible to create a vibration-resistant roadway constructions of dynamic characteristics and materials. Through

complex optimization of the genus. In turn vibro-resistant The use of roadway constructions allows us to increase the period between scheduled repairs and rehabilitations, which Will give us a significant economic effect . Designed by this method,It happens in case of using road construction Rational consumption of petroleum products (dense and porous Allows maximum optimization of asphalt concrete thicknesses Save deficient material), which is especially durable, The run will have a positive impact on both the ecological aspect as well On the overall economy of the country.

სარჩევი

ლიტერატურული მიმოხილვა.....	7
1.1 ასფალტ-ბეტონის სტრუქტურული მდგრადობის საკითხები.....	7
1.2 ასფალტ-ბეტონის ბზარების მიმართ მდგრადობის უზრუნველყოფის თეორია.....	11
1.3. ბზარების მიმართ მდგრადობის შეფასების მეთოდები	20
1.4. ვიბრაციის სპეციფიკური ზეგავლენა არახისტი საგზაო სამოსზე და მის გამძლეობაზე.....	24
1.5 ვიბრაციული პროცესების დამახასიათებელი სპეციფიკური თვისებების აღწერა.....	29
2.1 ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინება არახისტი საგზაო სამოსების გაანგარიშების ახალი მეთოდის შედგენისას	34
2.2. ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებით დასაშვები დრეკადი ჩალუნვით საგზაო სამოსის სიმტკიცეზე გაანგარიშება	41
2.3.1 ვიბრაციული დინამიკური დატვირთვების თანაფარდობის ანალიზის საფუძველზე საგზაო სამოსის მომიჯნავე ფენების პარამეტრების განსაზღვრა	59
2.3.2. საგზაო სამოსის კონსტრუქციის საანგარიშო ექსპლუატაციის ვადის განსაზღვრა ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინებით.....	71
2.4 არახისტი საგზაო სამოსის გაანგარიშების მეთოდის გაუმჯობესება ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინებით.....	79
2.5. არახისტი საგზაო სამოსის ვიბრაციული დატვირთვის დინამიკური პარამეტრების ექსპერიმენტალური განსაზღვრა.....	896
2.6. საველე ექსპერიმენტის ჩატარების მეთოდოლოგია და მიღებული შედეგების ანალიზი	89
2.7 ვიბრომედეგი არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციების უპირატესობების განსაზღვრა.....	97
დასკვნა.....	100
გამოყენებული ლიტერატურა.....	103

ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1. გამჭიმველი ბიძგების გავრცელება საგზაო საფარში ტემპერატურისა და სატრანსპორტო დატვირთვის ერთობლივი ზემოქმედების შემთხვევაში	12
ნახაზი 2. ასფალტბეტონის ტიპსა და კვალის სიღრმავს შორის დამოკიდებულება.	18
ნახაზი 3. ტემპერატურული ძაბვის დამოკიდებულება ასფალტ-ბეტონის ნარევის სახეზე.	18
ნახაზი 4. ბზარებისადმი არამდგრადი ზედაპირი	20
ნახაზი 5. არახისტ საგზაო სამოსზე მოქმედი უარყოფითი ფაქტორები	26
ნახაზი 6. დროის ამპლიტუდის მახასიათებელი მრავლდერმიანი ავტომობილის მოძრაობის შემთხვევაში.....	27
ნახაზი 7. დროის ამპლიტუდის და დროში-ჩაზნეცილობის დამოკიდებულების გრაფიკები	30
ნახაზი 8. საერთო ელასტიურობის მოდულის შემცირების დამოკიდებულება თითოეული ფენის მოდულის ელასტიურობასთან მიმართებაში	33
ნახაზი 9. საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში ვარიანტი №1	44
ნახაზი 10. საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში ვარიანტი №4	44
ნახაზი 11. საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში ვარიანტი №3	45
ნახაზი 12. საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში ვარიანტი №4	45
ნახაზი 13. საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში ვარიანტი №5	46
ნახაზი 14. საგზაო სამოსის ფენების თავისუფალი რხევების პროცესი დარტყმითი და დარტყმის-შემდგომი დროის პერიოდებში	50
ნახაზი 15. სიხშირეების განაწილება საგზაო სამოსის ფენებში.....	60
ნახაზი 16. სიხისტეების განაწილება საგზაო სამოსის ფენებზე.....	61

ნახაზი 17. მასის განაწილება საგზაო სამოსის ფენებზე.....	62
ნახაზი 18. მასების განაწილება საგზაო სამოსის ფენებზე (ვარიანტი 6).....	63
ნახაზი 19. დინამიკური ჩალუნვების საანგარიშო სპექტრი (ვარიანტი 7).....	66
ნახაზი 20. დინამიკური ჩალუნვების საანგარიშო ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებელი (ვარიანტი «ნორმით»)	68
ნახაზი 21. დინამიკური ჩალუნვების საანგარიშო ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებელი (ვარიანტი 8).....	70
ნახაზი 22. არახისტი საგზაო სამოსების კონსტრუირების ბლოკ-სქემა, ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით.	80
ნახაზი 23. სამოსის კონსტრუქციის ექსპერიმენტული ამპლიტუდურ-სიხშირული სპექტრი დარტყმითი დატვირთვის შემდეგ	92
ნახაზი 24. სისტემის რეაქციის ამპლიტუდა-სიხშირის სპექტრი მსუბუქი ავტომობილის საფარის უსწორმასწორო მონაკვეთზე გავლისას 80 (100) კმ / სთ სიჩქარით მოძრაობისას.	94
ნახაზი 25. საგზაო საფარის ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლები დარტყმით დატვირთვის შემდეგ (განზ.1)	95
ნახაზი 26. საგზაო საფარის ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლები დარტყმით დატვირთვის შემდეგ (განზ.3)	96
ნახაზი 27. ჩაზნექილობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი	98

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. ასფალტ-ბეტონის ნარევების შემადგენლობები.....	15
ცხრილი 2. ასფალტ-ბეტონის მდგრადობის დაანგარიშებული მახასიათებლების განსაზღვრის შედეგები	16
ცხრილი 3. ასფალტბეტონის სტრუქტურის კვლების მიმართ მდგრადობის კვლევების შედეგები.....	17
ცხრილი 4. ტემპერატურული ბზარების ჩამოყალიბების მიმართ ასფალტ-ბეტონის გამძლეობის კვლევების შედეგები	17
ცხრილი 5. სამოსის კონსტრუქციის ამგები ფენების სისქეები და სათანადო დინამიკური პარამეტრები (ვარ. 1-5)	42
ცხრილი 6. სამოსის კონსტრუქციის ამგები ფენების დრეკადობის მოდულები და საერთო (სრული) დრეკადობის მოდულები (ვარ. 1-5)	42
ცხრილი 7. სამოსის კონსტრუქციის მე-5 ვარიანტის ოპტიმიზაცია დინამიკური პარამეტრების გათვალისწინებით. ვარიანტი 6.	47
ცხრილი 8. საგზაო სამოსის დარტყმის შემდგომი დინამიკური ჩაღუნვები, მმ (1 წმ დროის მონაკვეთში).....	51
ცხრილი 9. ექვივალენტური ძალური ვიბრაციული დატვირთვები საგზაო სამოსზე, მპა	53
ცხრილი 10. ვიბრაციული დატვირთვის წილი A ტიპის ავტომობილისგან მიღებულ დატვირთვასთან მიმართებით.....	54
ცხრილი 11. სამოსის ამგები ფენების სიხშირეების განაწილების ცხრილი	59
ცხრილი 12. საგზაო სამოსის კონსტრუქციის საანგარიშო პარამეტრები.....	67
ცხრილი 13. საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის ვადის დასადგენად საანგარიშო მაჩვენებლები ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით.....	74
ცხრილი 14. საგზაო სამოსის ფენების დინამიკური მახასიათებლები	90

შესავალი

ნაშრომის აქტუალურობა: თანამედროვე საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის ერთ-ერთ ძირითად განმსაზღვრელ მახასიათებელს წარმოადგენს საგზაო სამოსის სიმტკიცე. იგი არსებით ზეგავლენას ახდენს ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა მოძრაობის სიჩქარე და უსაფრთხოება. საქართველოს საავტომობილო გზების ქსელის ძირითადი ნაწილი წარმოდგენილია არახისტი საგზაო სამოსებით. დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ პროექტირებისას განსაზღვრული მომსახურების ვადის განმავლობაში ადგილი აქვს მთელი რიგი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლების შემცირების კომპლექსურ ფაქტორებს. ხსენებული მაჩვენებლების შემცირების ტემპზე არსებითად ზემოქმედებს მოძრავი დატვირთვების ციკლური ბუნება და კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენა, რაც მთლიანობაში განაპირობებს მომსახურების ვადების შემცირებას.

წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის აქტუალობას წარმოადგენს არსებულ ნორმატიულ-ტექნიკურ დოკუმენტაციაში მოცემული არახისტი საგზაო სამოსების გაანგარიშების მეთოდის კრიტიკული შეფასება. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ნაშრომში დამუშავებულია საგზაო სამოსების ახალი ტიპის საანგარიშო სქემები ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინებით.

ნაშრომში წარმოდგენილმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების პარამეტრების დინამიკური ძალების გათვალისწინებით შერჩევა საშუალებას იძლევა რხევით პროცესებზე ანტიფაზური ზემოქმედებით შემცირდეს მოძრავი დატვირთვებით გამოწვეული ვიბრაციის უარყოფითი გავლენა.

ნაშრომში ასევე დამუშავებულია არახისტი საგზაო სამოსის და მიწის ვაკისის დასაფუძვნებელი გრუნტის ვიბრაციული რხევების გავლენა მის ექსპლუატაციის პერიოდზე, რომლებიც ვითარდება მოძრავი

სატრანსპორტო საშუალებებისგან გზის საფარზე დარტყმითი-იმპულსური ზემოქმედების შედეგად. აღსანიშნავია, რომ ნორმატიულ დოკუმენტაციაში წარმოდგენილი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის გაანგარიშების მეთოდებში დატვირთვის ეს ფაქტორი არ არის გათვალისწინებული. ამიტომ, პროექტირებისა და მშენებლობის სფეროში თანამედროვე ტექნოლოგიური მიღწევების და ხარისხიანი საგზაო-სამშენებლო მასალების გამოყენების მიუხედავად, არახისტი საგზაო სამოსის ნაადრევი რღვევა დღემდე აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს. ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე იკვეთება აუცილებლობა, დამუშავდეს საგზაო სამოსის ფენების სისქეებისა და მასალის გვარობის დინამიკური ფაქტორების გათვალისწინებით შერჩევის კომპლექსური მეთოდიკა, რომელშიც მაქსიმალურად იქნება ასახული მოძრავი დატვირთვებით გამოწვეული სპეციფიკური ზემოქმედება და პარალელურად მისადაგებული იქნება საქართველოსთვის დამახასიათებელ რთულ და მრავალფეროვან კლიმატურ ფაქტორებთან.

ჩვენს მიერ შემუშავებული არახისტი საგზაო სამოსის გაანგარიშების მეთოდის პრაქტიკაში დანერგვა საშუალებას მოგვცემს, ეკონომიკური ეფექტურობის პირობებში, გავაუმჯობესოთ სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო პარამეტრები და პარალელურად გავზარდოთ მომსახურების ვადები. წარმოდგენილი შედეგი ასევე განაპირობებს ეკოლოგიური მდგომარეობის გააუმჯობესებას.

ეკონომიური ეფექტი:

- რამდენადმე გაზრდილია გეგმიური მოვლა-შეკეთების და საერთო მომსახურების ვადები, რაც მთლიანობაში მნიშვნელოვან ფინანსურ ეკონომიას იძლევა.
- წარმოდგენილი მეთოდით საგზაო სამოსის კონსტრუქციის დანიშვნისას საშუალება გვეძლევა ძირითადი აქცენტი გაკეთდეს ქვედა ფენებზე, რომლებიც თავის მხრივ იაფფასიან მასალებს წარმოადგენენ და

საკონპენსაციოდ მოვახდინოთ ასფალტბეტონის სისქეების მაქსიმალური ოპტიმიზაცია, რაც საშუალებას იძლევა დაიზოგოს დეფიციტური და ძვირადღირებული მასალა.

ეკოლოგიური ეფექტი:

- იქიდან გამომდინარე, რომ შემცირებულია ბიტუმის მოხმარება (ასფალტბეტონის რაოდენობის შემცირების საფუძველზე), რომელიც წარმოადგენს ეკოლოგიურად საკმაოდ მავნე პროდუქტს, მნიშვნელოვნად შეამცირებს გარემოს დაბინძურების ფაქტორს.
- ამავდროულად, რამდენამდე შემცირებულია წარმოების პროცესებისათვის განკუთვნილი ეკოლოგიურად მავნე პროდუქტების მოხმარება და პარალელურად ადგილი აქვს ენერგო რესურსების მნიშვნელოვან დაზოგვას.
- გაზრდილი გეგმიური შეკეთების და მოვლა-შენახვის სამომავლებს შორის ინტერვალი შეამცირებს მშენებლობის პერიოდში მომსახურე მანქანა-მექანიზმების მიერ გარემოში გამოფრქვეულ მავნე აირებსა და ცვეთის შედეგად წარმოქმნილ მყარ ნარჩენებს, რაც ოცდამეერთე საუკუნის ცივილიზაციის პირობებში ნომერ პირველ გლობალურ პრობლემად არის მიჩნეული.

ყოველივე ზემოთქმული საკითხები დეტალურად განხილულია დისერტაციაში, რაც განსაზღვრავს მის აქტუალობას.

კვლევის ობიექტი:

- არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქცია

დისერტაციის მიზანს წარმოადგენს:

- საველე და ლაბორატორიულ პირობებში არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ნაადრევი რღვევის გამომწვევი კომპლექური მიზეზების დადგენა და მათი თავისებურებების ანალიზის საფუძველზე გაანგარიშების სპეციალური მეთოდების შემუშავება;
- არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციაზე ავტომობილის დარტყმითი

ზემოქმედებისას წარმოქმნილი თავისუფალი მილევადი რხევების არსებობის დადასტურება და მათი მნიშვნელობის გაანალიზება;

- არახისტი საგზაო სამოსის რღვევის მეანიზმის გაანალიზება დინამიკური დატვირთვების და ანტიფაზური ძალების მოქმედების გათვალისწინებით.
- თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევების საფუძველზე არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის მომიჯნავე ფენების პარამეტრების და მასალათა გვარობის შერჩევა მათი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების კომპლექსური ოპტიმიზაციით.

სამეცნიერო სიახლე:

- საგზაო სამოსების ექსპლუატაციის მრავალწლიანმა დაკვირვებამ აჩვენა, რომ მომსახურების ვადის შემცირების ერთ-ერთ ფაქტორს წარმოადგენს საავტომობილო ტრანსპორტის ვიბრაციული ზეგავლენით გამოწვეული რხევები, რაც არ არის გათვალისწინებული საგზაო სამოსის გაანგარიშების დღემდე არსებულ მეთოდებში. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ნაშრომის სამეცნიერო სიახლეს წარმოადგენს ვიბრაციული დატვირთვებისგან გამოწვეული რხევების გათვალისწინება საგზაო სამოსის საანგარიშო სქემებში და მათი ანტიფაზებით კომპენსირება.
- ვიბრაციული დატვირთვებისგან გამოწვეული რხევების კომპენსირების მეთოდის საფუძველზე დინამიკური მახასიათებლების და მასალის გვარობის კომპლექსური შერჩევა.
- არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის სიმტკიცეზე გაანგარიშების მეთოდის შემუშავება მომიჯნავე ფენების დინამიკური ანტიფაზური ძალების მოქმედების პარციალური სიხშირის თანაფარდობის სათანადო შერჩევის და გათვალისწინების გზით.

სადისერტაციო ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- შექმნილია ვიბრომედეგი საგზაო სამოსის კონსტრუქციები დინამიკური მახასიათებლების და მასალის გვარობის კომპლექსური ოპტიმიზაციის

გზით.

- ვიბრომედეგი საგზაო სამოსის კონსტრუქციების გამოყენება იძლევა შესაძლებლობას გავზარდოთ გემიური შეკეთების და რეაბილიტაციებს შორის პერიოდი, რომელიც მოგვცემს მნიშვნელოვან ეკონომიურ ეფექტს.
- აღნიშნული მეთოდით დაპროექტებული საგზაო სამოსის კონსტრუქციის გამოყენების შემთხვევაში ხდება ნავთობპროდუქტების რაციონალური ხარჯვა, რაც განსაკუთრებით გრძელვადიან პერსპექტივაში დადებითად აისახება, როგორც ეკოლოგიური კუთხით ასევე ქვეყნის საერთო ეკონომიკაზე.
- მკვრივი და ფოროვანი ასფალტბეტონის სისქეების მაქსიმალური ოპტიმიზაცია საშუალებას იძლევა დაიზოგოს დეფიციტური მასალა და მოგვცეს ეკონომიური ეფექტი.

არახისტი საფარის ნაადრევი რღვევა გამოწვეულია ობიექტური და სუბიექტური მიზეზების მთელი კომპლექსით:

- ბოლო წლებში სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობის მკვეთრი მატება, რაც იწვევს მოძრაობის ინტენსივობის და საექსპლუატაციო ვადაში გზის კონსტრუქციის დატვირთვების რაოდენობის შესაბამის ზრდას.
- მოხდა ხარისხობრივი ცვლილებები სატრანსპორტო ნაკადების სტრუქტურაში, კერძოდ: გაიზარდა მძიმე მრავალღერძიანი სატვირთო მანქანებისა და ავტომატარებლების წილი ღერძზე გაზრდილი დატვირთვით.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:

- სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, სამი თავის (ლიტერატურული მიმოხილვა, კვლევის შედეგები და მათი განსჯა, დასკვნა) და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომი წარმოდგენილია 117 ნაბეჭდ გვერდზე. იგი შეიცავს 27 ნახაზსა და 14 ცხრილს.

ნაშრომის აპრობაცია:

დისერტაციო მასალები მოხსენებულ იქნა:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 86-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე. თბილისი 2018.

პუბლიკაციები:

- სადისერტაციო ნაშრომის თემასთან დაკავშირებით დღეისათვის გამოქვეყნებულია ოთხი სამეცნიერო სტატია, საქართველოში აკრედიტებულ რეფერირებულ ჟურნალებში.

1. ლიტერატურული მიმოხილვა

1.1 ასფალტ-ბეტონის სტრუქტურული მდგრადობის საკითხები

იმ სატრანსპორტო ქსელებში, რომლებსაც მჭიდრო კავშირი აქვთ მეზობელ სახელმწიფოებთან, მნიშვნელოვანი როლი ენიჭებათ საავტომობილო გზებს. ჩვენი ქვეყნის ტერიტორია ხელსაყრელი გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე ევროპა-აზიის დამაკავშირებელ სატრანზიტო დერეფანს წარმოადგენს, რომელიც თავის მხრივ უკავშირდება მეზობელ სახელმწიფოებს, კერძოდ: რუსეთს, სომხეთს, თურქეთს და აზერბაიჯანს.

საავტომობილო გზების ქსელის საექსპლუატაციო მდგომარეობაზე დამოკიდებული ქვეყნის მთლიან შიდა პროდუქტი, ფასების დონე, სახელმწიფო ბიუჯეტის შემოსავალები, მოსახლეობის დასაქმების დონე, ინვესტიციების მოზიდვა და სხვა ეკონომიკური მაჩვენებლები.

ასფალტბეტონი არის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული საგზაო-სამშენებლო მასალა, რომელიც გამოიყენება კაპიტალური ტიპის საგზაო საფარის მოსაწყობად. თუმცა ავტომობილის ღერძზე დატვირთვის და მოძრაობის ინტენსივობის გამო, სულ უფრო და უფრო საგრძნობად ვლინდება გამოყენებული ასფალტბეტონის ნაკლოვანებები და პირველ რიგში გამოიხატება ბზარების და დეფორმაციების წარმოქმნით, რაც წარმოადგენს ასფალტბეტონის საფარის ფუნქციონირების ვადის ძირითად მიზეზს და შესაბამისად, იწვევს მათ რემონტსა და შენახვაზე საჭირო ხარჯების გაზრდას. ამ პრობლემას მიეძღვნა კვლევები და დადგინდა მთელი რიგი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ასფალტბეტონის დეფორმაციის მიმართ გამძლეობაზე.

საფარის ექსპლუატაციის გამოცდილება აჩვენებს, რომ მთელი რიგი ნორმატიული მოთხოვნები იმ ნარევის მიმართ, რომლითაც მზადდება ასფალტბეტონი, არ იძლევა საფარის მოქმედების ვადის გარანტიას. ერთ-

ერთ ძირითად მიზეზად შეიძლება ჩაითვალოს მათი განსაზღვრის მეთოდების ფუნქციონალურობის არარსებობა, უფრო სწორად ზუსტი წარმოების შეუძლებლობა კონსტრუქციის მასალის სამუშაო პირობების ლაბორატორიული კვლევის შემთხვევაში, მოქმედ სხვადასხვა საექსპლუატაციო ფაქტორებში და კლიმატურ პირობებში.[1.2.3.4.18.27].

ზემოთაღნიშნულის გათვალისწინებით, ასფალტბეტონის ნარეგების შემადგენლობები, რომლებიც განკუთვნილია მოძრაობის მაღალი ინტენსივობის და სატრანსპორტო საშუალებების ღერძებზე დატვირთვისთვის გათვალისწინებული გზებისათვის, საჭიროა შემუშავდეს უფრო რთული და ზუსტი ლაბორატორიული მეთოდების და კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით, რომლებიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ასფალტბეტონის ის საექსპლუატაციო თვისებები, რომლებიც ახასიათებს კონკრეტულ პირობებში, პროექტირების ეტაპზე, საგზაო საფარის რეალურ მოქმედების უნარს.

ბორბლების მიერ გამოწვეული დატვირთვის საფარზე ზემოქმედებისას პირველადი ძაბვებით, რომლებიც გადაეცემა ასფალტბეტონს, განხორციელდება ვერტიკალური კომპრესიული და სუსტი დეფორმაციები, რომლებიც მთლიანი ასფალტბეტონის ფარგლებში ვრცელდებიან, ასევე, ჰორიზონტალურად გაჭიმული ძაბვები ფენის ქვედა ნაწილში. ასფალტბეტონი უნდა იყოს შინაგანად გამძლე და მდგრადი, შეკუმშვებისა და მოძრაობების მიმართ, რათა შეწყდეს მუდმივი დეფორმაციები. ასევე ასფალტბეტონს უნდა ჰქონდეს საკმარისი გამძლეობა ფენის ქვედა ნაწილის გაჭიმვის შემთხვევაში იმისათვის, რომ აღიკვეთოს ბზარების წარმოქმნა, კონკრეტულად კი დატვირთვის შედეგად ჩამოყალიბებული ბზარების წარმოქმნა, რომლებიც ჩნდებიან მრავალჯერადი დატვირთვების შედეგად. ასფალტბეტონი გამძლე უნდა იყოს ისეთი ძაბვის წინააღმდეგაც, რომელიც წარმოიქმნება ტემპერატურის სწრაფი ცვალებადობის ზეგავლენის შედეგად.

ასფალტბეტონის საფარის მდგრადობის ამაღლების პრობლემის გადაჭრა, მისი ექსპლუატაციის პირობების გათვალისწინებით,

აუცილებელია პროექტირებისას, ასფალტბეტონის ნარევის შემადგენლობის სტადიაზე, რაც დაეყრდნობა ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მათემატიკურ მაჩვენებლებს. ყველა ლაბორატორიული კვლევა მაქსიმალურად მიახლოებული უნდა იყოს ექსპლუატაციის რეალურ პირობებთან.

პერსპექტიულ მეთოდს, რომელიც ასფალტბეტონის გამძლეობის შესაფასებლად გამოიყენება, წარმოადგენს ასფალტბეტონის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრა და ასევე მისი გათვლითი მახასიათებლების განსაზღვრა, იმ სტრუქტურის მოდელის შესაბამისად, რომელიც შეიქმნა სპეციალური კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით. ეს იძლევა ასფალტბეტონის სტრუქტურის შემადგენლობის ეფექტურად მართვის საშუალებას მისი შერჩევის სტადიაზე და შესაბამისად, საკმარისი მდგრადობის მქონე ნარევის მიღების შესაძლებლობას.

საფარში ასფალტბეტონის სტრუქტურული მდგრადობის განმსაზღვრელ კრიტერიუმებს უნდა მივაკუთვნოთ შინაგანი ხახუნის კუთხე (კოეფიციენტი), რომლის მიხედვითაც შეიძლება ვიმსჯელოთ განადგურების ადგილების ჩამოყალიბების მიმართულებაზე და ხასიათზე.

უნდა განსხვავდებოდეს შეკავშირებული და შეუკავშირებელი მასალების მდრადობის მექანიზმები. შეუკავშირებელი (ფხვიერი, ნაყარი) სამშენებლო მასალების მდრადობა შეისწავლება დამაბულ-დეფორმირებულ პირობებში, ერთი ნაწილის მეორის გასწვრივ შესაბამისი უწყვეტი სრიალის (მოძრაობის) დროს. ამ მასალების გადაადგილების წინააღმდეგობა უზრუნველყოფილ იქნება მხოლოდ მისი ნაწილაკების ერთმანეთთან შინაგანი ხახუნის ხარჯზე. ერთმანეთთან შეკავშირებული მასალების შემთხვევაში კი, რომელსაც ასფალტბეტონი მიეკუთვნება, ყველა მიმართულებით გაჭიმვის, შეკუმშვის, გადაადგილების მიმართ წინააღმდეგობის გაწევა ხორციელდება იმ ნაწილაკების ხახუნის და მოჭიდების ძალის ხარჯზე, რომელთა გადალახვის შედეგადაც შეიძლება

წარმოიქმნას ერთი ნაწილაკის მეორის მიმართ სრიალი (გადაადგილება).
[1.2.3.4.18.27].

ამის გათვალისწინებით სარწმუნოდაა შესაძლებელი ასფალტ-
ბეტონის სტრუქტურული მდგრადობის შეფასება კულონის განტოლების
პარამეტრების გამოყენებით

$$T = C + 6 \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

სადაც T , — გადაადგილების უკიდურესი დაჭიმვაა, მპა; C —
ასფალტბეტონის შინაგანი მოჭიდება, მპა; $\operatorname{tg} \varphi$ — ასფალტბეტონის შინაგანი
ხახუნის კოეფიციენტი.

ასფალტბეტონთან დაკავშირებით შინაგანი ხახუნის კუთხეს
(კოეფიციენტს) ახასიათებს ცვალებადობის სტატისტიკური უკიდურესობა,
რომელიც იდენტიფიცირდება როგორც გადაადგილების წინააღმდეგობის
ელასტიური შემადგენელი. შინაგანი ან შეკრული მოჭიდება წარმოადგენს
რეოლოგიური თვისების განმსაზღვრელ მაჩვენებელს.

ასეთი სახით, წინასწარ განსაზღვრული მახასიათებლების სიდიდის
შესაბამისად შესაძლებელია ასფალტბეტონის მდგრადობის და შესაბამისად,
მისი სტრუქტურული მდგრადობის შესახებ მსჯელობა. [1.2.3.4.18.27]

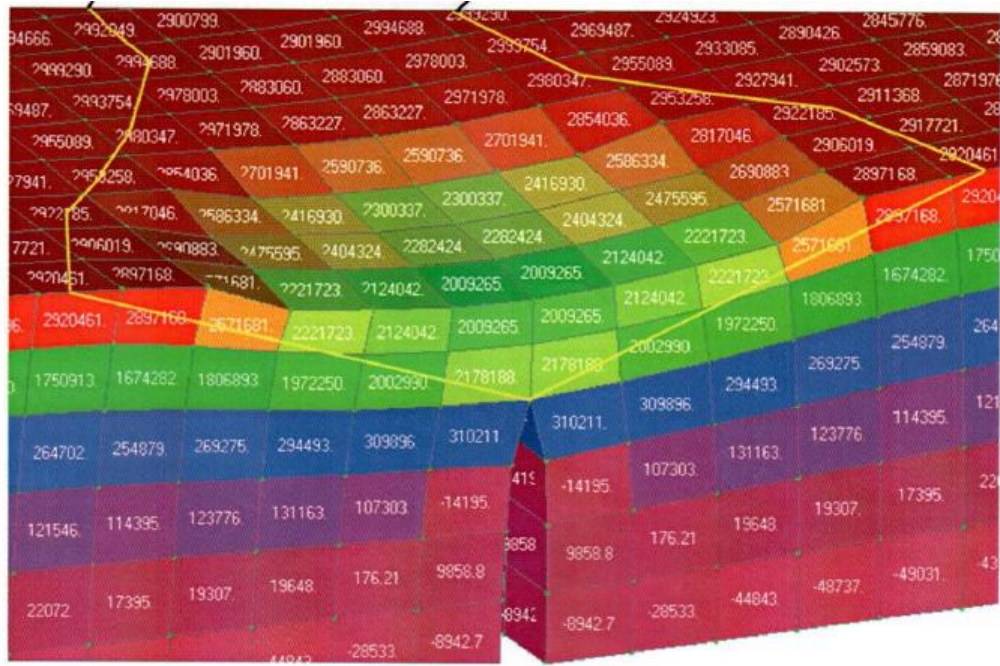
1.2 ასფალტ-ბეტონის ბზარების მიმართ მდგრადობის

უზრუნველყოფის თეორია

სამოსის კონსტრუქციების არსებული საექსპლუატაციო მდგომარეობის ანალიზი აჩვენებს, რომ ბზარები, რომლებიც ექსპლუატაციის მანძილზე ყალიბდება სატრანსპორტო დატვირთვის და კლიმატური ფაქტორების საფუძველზე, შეადგენს საგზაო საფარის განადგურების სრული რაოდენობის 50%-ზე მეტს.

ბზარების წარმოქმნის პრობლემაში უნდა გამოიყოს ორი ძირითადი მიმართულება: ბზარების საკუთარი მიზეზით წარმოქმნა და ბზარების უნებლიე წარმოქმნა. რეკონსტრუქციის და კაპიტალური შეკეთების დროს ძალიან აქტუალურია ბზარების უნებლიე წარმოქმნის პრობლემა, რომელიც გამოვლინდება ცემენტბეტონის და ასფალტბეტონის საფარის შემთხვევაში, როგორც საგზაო საფარის კონსტრუქციული ფენების, საგზაო სამუშაოების აღნიშნული სახეობის განხორციელების დროს.

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში ბზარების უნებლიე წარმოქმნასთან ბრძოლას დიდ ყურადღებას უთმობენ. საგზაო საფარის ბზარების მიმართ მდგრადობაზე მოქმედ ძირითად პარამეტრად შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი: ფენების სისქეები; კონსტრუქციული ფენების ტემპერატურების გრადიენტების სიდიდეები; ელასტიურობის მოდულები; კონსტრუქციული ფენების მასალების ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტები და სხვა. [26.30.34].



ნახ 1- გამჭიმველი ბიძგების გავრცელება საგზაო საფარში ტემპერატურისა და სატრანსპორტო დატვირთვის ერთობლივი ზემოქმედების შემთხვევაში

დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის კვლევის მონაცემების სტატისტიკურმა დამუშავებამ შექმნა იმის საშუალება, რომ შემუშავებულ იქნას საფარიდან წარმოქმნილი მაქსიმალურად გამჭიმველი ბიძგების დამოკიდებულება საგზაო საფარის კონსტრუქციების პარამეტრებზე:

$$\sigma_1 = \sigma_1(k_1 + k_2 + k_p) \quad (2)$$

სადაც α — გაჭიმვის ძაბვის საშუალო მნიშვნელობაა ყველა დაანგარიშებული მოდელისთვის, მპა:

$$\sigma_1 = \Delta T a_1 \bar{\epsilon} \quad (3)$$

ΔT — საფარის ტემპერატურის ცვლილების მაქსიმალური მნიშვნელობა;

σ — საფარის მასალის ხაზოვანი ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი;

$\bar{\epsilon}$ — ყველა შესწავლილი მოდელის საფარის მასალის გამოთვლილი მოდულის ელასტიურობის საშუალო მნიშვნელობა;

K_1 — საფარის პარამეტრების ძაბვის მნიშვნელობაზე ზეგავლენის კოეფიციენტი

$$k_1 = \frac{0.25 + \frac{E_1}{E_{1m}} + \frac{E_1^2}{E_{1m}^2}}{0.6 + \frac{h_1}{h_{1m}}} \quad (4)$$

E , — საფარის მასალის ელასტიურობის მოდული, მპა. თუ ახალი საფარი რამოდენიმე ფენისაგან შედგება, მაშინ საჭიროა ელასტიურობის მოდულის საშუალო შეწონილი მნიშვნელობის მიღება;

E — საფარის მასალის ელასტიურობის მოდულის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც ჩადებულია კონსტრუქციის კალკულაციაში; h — ახალი საფარის სისქე, სმ; ახალი საფარის სისქის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც ჩადებულია კონსტრუქციის კალკულაციაში, უდრის 15 სმ-ს;

K — ბზარებიანი ბაზის პარამეტრების ძაბვის მნიშვნელობაზე ზეგავლენის კოეფიციენტი

$$k_2 = \left(0.04 + \frac{L}{L_m}\right) \left(\frac{E_2}{E_{2m}} - 0.1\right) \left(0.01 + \frac{h_2}{h_{2m}}\right) \quad (5)$$

L — ბზარების შეღწევა ბაზაში, მ;

L_m — ბზარების შეღწევის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც ჩადებულია კონსტრუქციის კალკულაციაში, უდრის 30 მ-ს;

E_2 — ბზარებიანი ძველი ბაზის მასალების ელასტიურობის მოდული, მპა. თუ ის შედგება რამდენიმე ფენისაგან, მაშინ საჭიროა მოდულის ელასტიურობის საშუალო შეწონილი მნიშვნელობის მიღება;

E_{2m} , — ბაზის მასალის ელასტიურობის მოდულის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც ჩადებულია კონსტრუქციის კალკულაციაში, მპა;

h_2 — ბზარებიანი ბაზის სისქე, სმ;

h_{2m} — ბაზის სისქის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც ჩადებულია კონსტრუქციის კალკულაციაში, უდრის 30 სმ-ს;

K_p — ბზარების შემაჩერებელი შუა ფენის პარამეტრების ზეგავლენის კოეფიციენტი ძაბვის მნიშვნელობაზე

$$k_p = -0.06 \frac{E_{1m} - E_p}{E_1 - E_{pm}} \quad (6)$$

E_p — ბზარების შემაჩერებელი შუა ფენის მასალის ელასტიურობის მოდული, მპა;

E_{pm} — ბზარების შემაჩერებელი შუა ფენის მასალის ელასტიურობის მოდულის მნიშვნელობა, რომელიც ჩადებულია კონსტრუქციის კალკულაციაში, მპა.

მე-6 ფორმულას აქვს უნივერსალუსი ხასიათი და მისი გამოყენება შეიძლება საფარში ტემპერატურული ძაბვების განსასაზღვრად საგზაო საფარის კალკულაციების ყველა შემთხვევაში: მემბრანული ტიპის ბზარების შემაჩერებელი შუა ფენის მოწყობილობის კაპიტალური რემონტის დროს (გავლენის ყველა კოეფიციენტის გათვალისწინებით), რემონტის დროს ბზარების შემაჩერებელი მემბრანების მოწყობილობების გარეშე (კოეფიციენტი K ითვლება რომ უდრის 0-ს), ახალი მშენებლობის დროს (კოეფიციენტები K_2 და K_p ითვლება რომ უდრის 0-ს). გეობადეებით ახალი საფარის გამაგრების შემთხვევაში გეობადის ელასტიურობის მოდულის გათვალისწინება ხდება საფარის ელასტიურობის მოდულის საშუალო შეწონილი მნიშვნელობის კალკულაციაში.[26.30.34].

ზოგადად, ტემპერატურული ძაბვის გაანგარიშება საფარისთვის შესაძლოა გამოიხატოს შემდეგნაირად:

$$\sigma_1 = \Delta T \alpha_1 \bar{E} \left(\frac{0.25 + \frac{E_1}{E_{1m}} + \frac{E_1^2}{E_{1m}^2}}{0.06 + \frac{h_1}{h_{1m}}} + \left(0.04 + \frac{L}{L_m} \right) \left(\frac{E_2}{E_{2m}} - 0.1 \right) \left(0.01 + \frac{h_2}{h_{2m}} \right) - 0.06 \frac{E_{1m} - E_p}{E_1 - E_{pm}} \right) \quad (7)$$

სხვადასხვა კვლევები ჩატარდა მანამდე შემუშავებული მეთოდების შესაბამისად, რომლებიც ახდენდნენ საგზაო საფარის მაქსიმალური

დატვირთვის და დეფორმირების პირობების მოდელირებას, სატრანსპორტო დატვირთვის და ტემპერატურული ცვლილებების ზემოქმედების ხარჯზე.

მომზადდა და გამოიცადა განსხვავებული შემადგენლობის ასფალტ-ბეტონის ნარევების ნიმუშები (ცხრილი 1). მარცვლოვანი შემადგენლობისა და ფიზიკურ-მათემატიკური მახასიათებლების მაჩვენებლების ყველა ნიმუში შეესაბამებოდა მოთხოვნებს.

ასფალტ-ბეტონის ნარევების შემადგენლობები

(კვლევების შედეგები მოცემულია ცხრილებში 2—4). **ცხრილი 1.**

შემადგენლობის შიფრი	ნარევის ტიპი	შემკვრელის მარკა	ხრეში პლასტიკური (ჯაჭვისებური) და ნემსის ფორმის მარცვლების შემადგენლობა, %	ასფალტ-ბეტონის ნარევის კომპონენტების შემადგენლობა							მდგრადობის დანამატის % შემკვრელის მასაში
				მინერალების ნაწილის მასობრივი წილი, %				შემკვრელის % მინერალური ნაწილის მასაში			
				ფრაქციის ხრეში მმ		ბუნებრივი ქვიშა	ნამსხვრევის დაშლა			მინერალური ფხვნილი	
				5-10	10-20						
C-0	C	90/130	0	70	0	0	23	7		6,3	0,3
C-25	C	90/130	25	70	0	0	23	7	6,3	0,3	
C-25M	C	90/130	25	70	0	0	23	7	6,3	0,3	
A-0	A	90/130	0	20	33	10	30	7	5,3	0	
A-25	A	90/130	25	20	33	10	30	7	5,3	0	
B-25	B	90/130	25	19	8	17	49	7	6,0	0	
Γ	Γ	90/130	-	-	-	20	80	0	8	0	

ასფალტ-ბეტონის მდგრადობის დაანგარიშებული მახასიათებლების განსაზღვრის შედეგები:

შინაგანი ხახუნისა და შინაგანი მოჭიდების კუთხეები. ცხრილი 2.

შემადგენლობის შიფრი	გაანგარიშებით			ლაბორატორიული ცდები
	მთავარი ძაბვა		მაქსიმალური კონტაქტური ძაბვა T_{max} , მპა	გადაადგილების ადგილის დახრის კუთხის სიდიდე α
	σ_1 , მპა	σ_2 , მპა		
C-0	- 0,23	- 1,53	- 0,7	0,93
C-25	- 0,25	- 1,92	- 0,8	0,91
C-25M	- 0,27	- 2,17	- 1,0	0,94
A-0	- 0,41	- 3,53	- 1,6	0,90
A-25	- 0,27	- 3,95	- 1,8	0,85
B-25	- 0,21	- 5,74	- 2,8	0,82
Г	- 0,17	- 7,70	- 3,8	0,81

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, მდგრადობის ძირითადი მახასიათებლების სიდიდე - შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი, რომელიც მიიღება ლაბორატორიული მეთოდით და გადაადგილების ადგილის დახრის კუთხის სიდიდით (რომელიც მიღებულია გაანგარიშების მეთოდით პროგრამის მეშვეობით), აქვთ მაღალი საიმედოობა (95%-ზე მეტი) კონტაქტური სტრუქტურის მქონე იმ ასფალტბეტონების გაანგარიშების დროს, რომლებიც გამოიყენება იმ ტიპის გზების საფარის მოსაწყობად, რომელთაც აქვთ მაღალი ინტენსივობა და ზემომიე დატვირთვა.

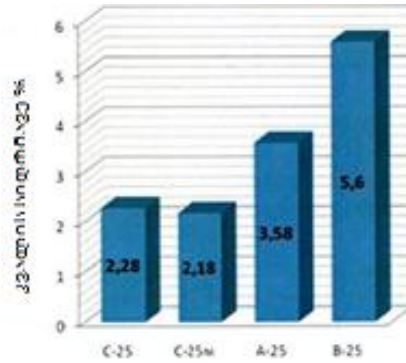
ასფალტბეტონის სტრუქტურის ნაკვალეობის მიმართ მდგრადობის კვლევების შედეგები. ცხრილი 3.

შემადგენლობის აღნიშვნა	მიმოსვლის რაოდენობის შემდგომი დეფორმაცია, მმ					გადაადგილების კუთხე	კვალის სიღრმე K, % ნიმუშის სიმალიდან
	2000	4000	6000	8000	10000 (ზოგადი)		
	0,82	0,96	1,01	1,05	1,10	1,3	2,20
c-25	0,82	1,02	1,07	1,10			2,28
c-25M	0,76	0,93	1,03	1,06	1,09		2,18
	0,85	1,17		1,48	1,60		3,20
A-25	0,91	1,29	1,55	1,68	1,79		3,58
B-25	1,15	1,61	1,98	2,35	2,80	11,7	5,60
	2,51	4,93	7,10	ნიმუშის რღვევა		65,7	
* 6000 სვლის შემდეგ.							

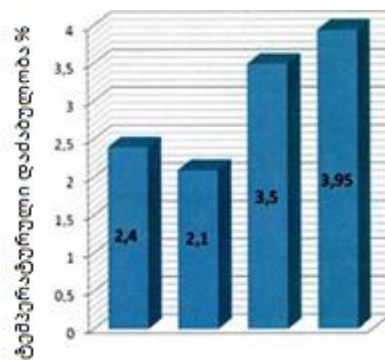
ტემპერატურული ბზარების ჩამოყალიბების მიმართ ასფალტ-ბეტონის გამძლეობის კვლევების შედეგები. ცხრილი 4.

შემადგენლობის აღნიშვნა	ხაზობრივი გაფართოების კოეფიციენტი α , $10^{-5} 0^{\circ}\text{C}^{-1}$ დან მინუს 10°C -მდე ინტერვალში	ტემპერატურული ძაბვა ნ მპა, 0°C ტემპერატურაზე
	2,9	2,40
c-25	2,8	2,40
c-25M	3,0	2,10
	2,6	3,60
A-25	2,5	3,50
B-25	2,3	3,95
	2,7	4,03

მეტი თვალსაჩინოებისთვის ნახაზზე ნაჩვენებია ასფალტბეტონის C-25, C-25M, A-25 და B-25 შემადგენლობის სტრუქტურის მდგრადობა ბზარებისა და კვალეობის ჩამოყალიბების მიმართ.



ნახ 2. ასფალტბეტონის ტიპსა და კვალის სიღრმავლეს შორის დამოკიდებულება.



ნახ 3. ტემპერატურული მატების დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევის სახეზე.

გამოცდის შედეგებმა აჩვენა, რომ ყველაზე ეფექტური შედეგი სტრუქტურული მდგრადობის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით მიიღება მოდიფიცირებული შემკვრელის 100/130-ს გამოყენების შემთხვევაში.

როგორც მე-2 და მე-3 ცხრილებიდან ჩანს, პლასტიკური (ჯაჭვისებური) და ნემსის ფორმის მარცვლების მაღალი შემადგენლობა მიდის ასფალტბეტონის მდგრადობის შემცირებისკენ. ეს იმით აიხსნება, რომ აღნიშნულ მარცვლებს აქვთ დაბალი მექანიკური გამძლეობა და როგორც ასფალტბეტონის ნარევის გამაგრების პროცესში, ისე საფარზე მაღალი სატრანსპორტო ზემოქმედების პროცესში ნადგურდებიან. გარდა ამისა, ჯაჭვისებური მარცვლების არსებობა უარყოფითად მოქმედებს ასფალტბეტონის სიმჭიდროვეზე. შედეგად, ჯაჭვისებური მარცვლების შემადგენლობის 25%-მდე გაზრდისას შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტის და

ბორბლების ნაკვალევის სიღრმის მაჩვენებლები, რომლებიც ახასიათებს ასფალტბეტონის მინერალური ბაზის მდგრადობას, მცირდება 10-15%-ით. [26.30.34].

1.3. ბზარების მიმართ მდგრადობის შეფასების მეთოდები

ავტომატური მექანიზმი ავტომატურ რეჟიმში იძლევა შესაძლებლობას, განისაზღვროს კომპოზიციური მასალების (ასფალტობეტონი, ცემენტობეტონი) მახასიათებლები, ტემპერატურის დიაპაზონში -70-დან +70°C-მდე, ნიმუშების გამოცდის სქემით.

ხსენებული მექანიზმი საშუალებას იძლევა, გამოიცადოს მასალების ნიმუშები, როგორც თავდაპირველ მდგომარეობაში, ისე დაძველების შემდეგ. ნიმუშების დაძველება შეიძლება მოხდეს როგორც უშუალოდ მექანიზმის თერმოსტატურ კამერაში, ასევე სხვა პირობებში, მათ შორის, ექსპლუატაციურში, დაძველებულ ნიმუშებზე. აპარატისგან განსხვავდება განსაზღვრადი მაჩვენებლების რაოდენობით, გამოცდის სიზუსტით, კონსტრუქციის და მომსახურების სიმარტივით, გამოსაცდელი მასალების ასორტიმენტით, რომლის გამოყენებაც ხდება ასფალტბეტონების ბზარების წარმოქმნის შესასწავლად, AASHTO TP10 და EN 12697-46-93:2011 სტანდარტებით



ნახ. 4 ბზარებისადმი არამდგრადი ზედაპირი

სხვადასხვა ფაქტორის ერთობლივი ზემოქმედებით (სატრანსპორტო, კლიმატური, დაძველება), საგზაო საფარებზე ჩნდება გაჭიმვის დამაბულობა

ნ სიდიდის მიღწევას, რომელიც უდრის მდგრადობას გაჭიმვისას R. ამ დროს ხდება საფარის დაზარვა-დახეთქვა. [45].

ГОСТ 9128-2013-ში ასფალტბეტონების ბზარებისადმი მდგრადობის მახასიათებლებს წარმოადგენს მდგრადობა შეკუმშვისას და გაჭიმვაზე - დაზარვისას 0°C , რომლებიც განისაზღვრება ГОСТ 12801-98-ით. ГОСТ 9128-2013-ის თანახმად, ასფალტბეტონის მდგრადობა შეკუმშვისას, 0°C -ზე არ უნდა იყოს განსაზღვრულ შუალედზე მაღლა, ხოლო მდგრადობა გაჭიმვისას გახეთქვის დროს - დაბლა და არ უნდა აღემატებოდეს გარკვეულ ფარგლებს. ნახეთქებისადმი მდგრადობის სტანდარტული მაჩვენებლების არასრულყოფილება და სუბიექტურობა მკვლევარებს აიძულებდა მოემიებინათ ასფალტბეტონის ბზარებისადმი მდგრადობის ობიექტური მახასიათებლები.[40].

შემოთავაზებულია მთელი რიგი მეთოდები და მოწყობილობები ასფალტბეტონის ნახეთქების მიმართ მდგრადობის განსასაზღვრად. არსებობს სითბომედეგობის, სიმკვრივის, ბზარების მიმართ მდგრადობის, მასალების დინამიკური ელასტიურობის მოდულის განსაზღვრის მეთოდები. ზოგიერთ ნაშრომში შემოთავაზებულია მეთოდი, ასფალტბეტონების სიმყიფის ტემპერატურა ეპოვნათ „დაძაბულობის დროზე დამოკიდებულებით“, რომელიც განისაზღვრება სხვადასხვა დაბალი ტემპერატურის დროს ნიმუშების გამოცდისას. ამავე ავტორების სხვა მიღწევებში შემოთავაზებულია ბიტუმინერალური მასალების ნახეთქებისადმი მდგრადობა განისაზღვროს ტემპერატურით, რომლის დროსაც ნიმუშების ცდომილების მოდული მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს და აქვს არარელაქსაციური ხასიათი.[40].

ზოგიერთ პატენტში შემოთავაზებულია მასალების ნახეთქებისადმი მდგრადობის დახასიათება დინამიკური გამკვრივების კოეფიციენტების სიდიდეების მიხედვით, რომლებიც მიღებულია ნიმუშების დატვირთვის სხვადასხვა სიჩქარით გამოცდის შედეგად და მაგისტრალური ნახეთქის კრიტიკული სიგრძის განსასაზღვრად.

კონსტრუქციებში, რომლებიც მუშაობენ თავისუფალი გადაადგილების შეუძლებლობის პირობებში, გაციებისას, წრფივად დაძაბულ მდგომარეობაში ჩნდება ნ ტემპერატურული ძაბვები, რომლებიც უდრის:

$$\sigma_m = E(\alpha_n - \alpha_o)\Delta T \quad (8)$$

სადაც E და α_n — საფარის მასალის წრფივი სითბური ელასტიურობისა და გაფართოების მოდულია;

α_o — საფუძვლის მასალის წრფივი სითბური გაფართოების კოეფიციენტი.

დაბზარვის უფრო დაბალი ტემპერატურის T_p მქონე საგზაო საფარებისთვის ასფალტბეტონების ან ცემენტბეტონების შექმნა შესაძლებელია მასალების შემადგენელი კომპონენტების გავლენის დადგენისას იმ მაჩვენებლებზე, რომლებიც განსაზღვრავენ დაბზარვის ტემპერატურას განტოლებით: ელასტიურობის მოდული, საფარისა და საფუძველის მასალების წრფივი სითბური გაფართოების კოეფიციენტები, ΔT ტემპერატურათა ინტერვალში T -დან T -მდე, სადაც T_1 — ბოლოებში დამაგრებული ნიმუშის გაციებისას არსებული ტემპერატურაა, ტემპერატურული დაძაბვის დროს.[40].

ზედაპირების ბზარების მიმართ მდგრადობის დახასიათება, დაბზარვის ტემპერატურაზე, ტემპერატურული დაძაბულობიდან, უფრო რაციონალურია არა მხოლოდ იმიტომ, რომ ამ მაჩვენებლის დადგენა უფრო მარტივია, ნებისმიერ სხვა რეოლოგიურ მახასიათებელთა კომპლექსთან შედარებით, არამედ იმიტომაც, რომ ასფალტბეტონის ნიმუშის T , რომელიც გამოთვლილ იქნა გაციების საექსპლუატაციო სიჩქარეებზე, შესწორებების გათვალისწინებით, რომელიც განპირობებულია T -ზე საექსპლუატაციო ფაქტორების გავლენით, მათ შორის, რომლებიც ასფალტბეტონის დაძველებას იწვევენ, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ასფალტბეტონის გამომთვლელი მახასიათებლის სახით, კონკრეტული სამუშაო პირობების გამოსაყენებლად.

წარმოდგენილია მოწყობილობა მასალების შიდა დამაბულობის და ბზარების მიმართ მდგრადობის გამოსათვლელად, რომელიც წარმოადგენს ფორმას და განთავსებულია ნიმუში. ფორმა შემოიფარგლება ჩამკეტებითა და გვერდითი ფირფიტებით. ჩამკეტები დამზადებულია მასალისგან, რომლის წრფივი გაფართოების თერმული კოეფიციენტი უფრო მეტია, ვიდრე გვერდითი ფირფიტების მასალის, ხოლო მათი ტემპერატურული დამოკიდებულება პროპორციულია. ჩამკეტების თერმული გაფართოება (შეკუმშვა) მთლიანად ახდენს გვერდითი ფირფიტების გაფართოების (შეკუმშვის) კომპენსირებას. ამით ხდება სიგრძის მუდმივობის შენარჩუნება, ნიმუშის გაციება-გაცხელებისას, შიდა დამაბულობებისა და ნიმუშის ბზარების ტემპერატურის სიმარტივე და სიზუსტე. [22].

თუმცადა, ეს მოწყობილობები არ იძლევა სხვა მაჩვენებლების განსაზღვრის საშუალებას: ელასტიურობის მოდულები, სწორხაზოვანი გადაადგილების გაფართოების კოეფიციენტები, მდგრადობა გაჭიმვისას, რომლებიც მოქმედებენ მასალის n -სა და T -ზე, რომელთა ცოდნაც საშუალებას იძლევა, მიზანმიმართულად შეირჩეს შემადგენლობა და ტექნიკური გაფართოება შესაბამისი ნახეთქების წინააღმდეგ მდგრადობის მქონე მასალების წარმოებისთვის.

მექანიკური, ტემპერატურული ან სტრუქტურულ-დასაქვეითებელი დამაბუვისას ან ბოლოებში დამაგრებული მასალის დეფორმირებისას მასალების ქცევის შესწავლა გართულებულია სრულყოფილი გამოსაცდელი პირობების არარსებობის გამო. ცნობილია ი.მ. რასპოპოვის მოწყობილობა, რომელიც გამოიყენება ბოლოებში დამაგრებულ ასფალტობეტონის ნიმუშებში ტემპერატურული დამაბუვის და დახეთვის ტემპერატურის, ასევე, მათი წრფივი გაფართოების კოეფიციენტების განსაზღვრად. თუმცადა, დეფორმაციის ოპტიკური ფიქსირების მაღალი მგრძობელობა და არასტაბილურობა, ასევე ხელოვნური დატვირთვა, არ უწყობს ხელს ამ მოწყობილობის ფართო გამოყენებას.[22].

1.4. ვიზრაციის სპეციფიკური ზეგავლენა არახისტ საგზაო სამოსზე და მის გამძლეობაზე

არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის დაზიანების პრობლემა, პროექტით გათვალისწინებულ საექსპლუატაციო ვადის ამოწურვამდე - ეს საკითხი ყოველწლიურად სულ უფრო აქტუალური ხდება. თანამედროვე მასალებით და ახალი დანერგილი ტექნოლოგიებით მშენებლობა არ წყვეტს ამ პრობლემას, მიუხედავად იმისა, რომ მრავალწლიანი სამეცნიერო კვლევები, იძლეოდა იმის საშუალებას, რომ ზუსტად აღეწერათ საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ცვლილება ექსპლუატაციის პერიოდში. სამწუხაროდ არსებულ ბაზისურ მოდელებში არ არის გათვალისწინებული თითოეული ავტომობილის მოძრაობის შედეგად გამოწვეული ვიზრაციის ზეგავლენა საგზაო სამოსის კონსტრუქციაზე.

ამიტომ თეორიულად შესაძლებელია, რომ არახისტი საგზაო სამოსის ნაადრევი დაზიანება პირდაპირ გამოწვეულია ვიზრაციული დატვირთვით, რის გამოც დამატებით დეფორმაციას განიცდის მთლიანად სამოსი და დასაფუძვნებელი გრუნტის ფენები.

შედეგად, ვიზრაცია ხდება დამატებითი ფაქტორი, რომელსაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ნარჩენი დეფორმაციის ჩამოყალიბებაში და სხვადასხვა ფენების შეჭიდულობის შემცირებაში.[34.30].

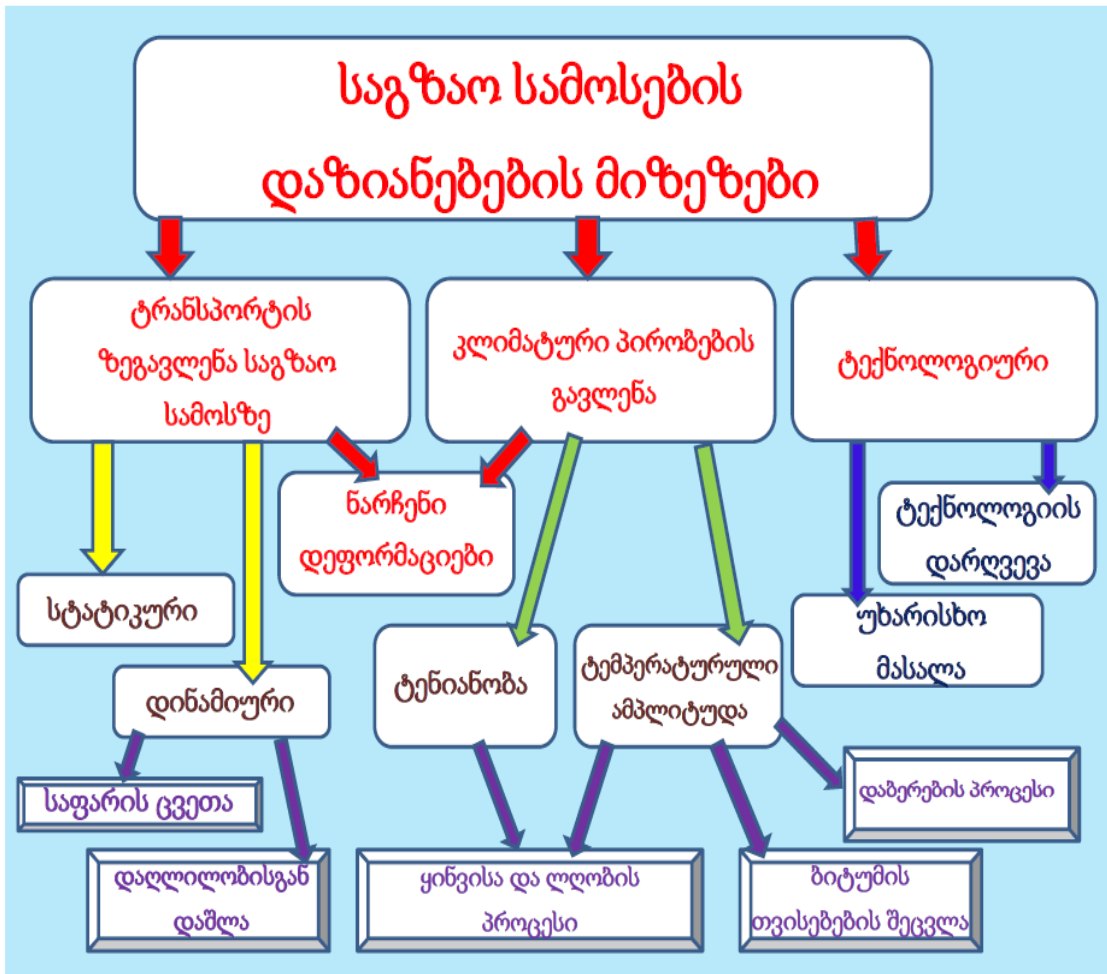
რხევადი პროცესები, რომელიც წარმოიქმნება არახისტ სამოსებზე დატვირთვისას არის ავტომობილისა და საგზაო სამოსის ურთიერთქმედების შედეგი, რომელიც იწვევს კონსტრუქციის დინამიურ რღვევებს. ჩაზნექილობების რაოდენობა და ამპლიტუდა დამოკიდებულია სამოსის კონსტრუქციის ტიპზე და მასალის მახასიათებლებზე.

დინამიურობის ეფექტის დონის შემცირება მიიღწევა შესაბამისი ფენების სისქეებისა და მოსაზღრე ფენების ფიზიკური თვისებების მიხედვით.

თეორიული და ექსპერიმენტული მასალა საშუალებას იძლევა დადგინდეს გზის სამოსის კონსტრუქციის დაზიანების კომპლექსური მიზეზები (ნახ 5).

- მაღალი დინამიური და სტატიკური გავლენა საფარის კონსტრუქციაზე გამოწვეულია ავტომობილების მოძრაობის მაღალი სიჩქარით, ამ ზემოქმედების რაოდენობა დამოკიდებულია მოძრაობის ინტენსივობაზე, ხოლო რაც უფრო მეტია მაღალი ტვირთამწეობის სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობა მით უფრო მეტია დაზიანების ხარისხი.
- კლიმატური პირობების გავლენა - ზაფხულის პერიოდში გამოიხატება ასფალტ-ბეტონის საფარში ბიტუმის წებოვნების შემცირებით, საფარში ტემპერატურული ბზარების გაჩენით; ხოლო ზამთრის პერიოდში დეფორმაციის ჩამოყალიბება იმ ფენებში, რომლებიც ერთმანეთთან არ არის მჭიდროდ დაკავშირებული, ეს გამოწვეულია ტემპერატურის მაღალი ამპლიტუდით, შემოდგომა-გაზაფხულის პერიოდში იცვლება არსებული გრუნტის ფიზიკო მექანიკური თვისებები და ა.შ ... საბოლოო ჯამში კლიმატური ფაქტორები იწვევს მასალის საჭირო თვისებების დეგრადაციას (მგრისადმი, ყინვისადმი და ბზარებისადმი მედეგობას).
- გზის კონსტრუქციის დატვირთვის ციკლური ხასიათი (ტრანსპორტის პერიოდული დატვირთვების გავლენით) იწვევს ბზარმედეგობის შემცირებას.
- ნარჩენი დაფორმაციების დაგროვების პროცესი
- სუსტი გრუნტების გამოყენება ყრილის მოსაწყობაად და არასაკმარისი ტკეპნა.
- ასფალტ-ბეტონის საფარის დაბერებისა და ცვეთის პროცესი ექსპლუატაციის პერიოდში.
- არასრულყოფილი მეთოდებით გაანგარიშება არახისტი საგზაო სამოსის პროექტირების პროცესში.
- დაბალი ხარისხის სამშენებლო მასალების გამოყენება და მშენებლობის

ტექნოლოგიების დარღვევა.



ნახ. 5. არახისტ საგზაო სამოსზე მოქმედი უარყოფითი ფაქტორები

მრავალი სამეცნიერო კვლევა-ძიების მიხედვით ექსპლუატაციის განმავლობაში გზაზე გამოვლინდა პირდაპირი ურთიერთობა ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობისა და კონსტრუქციის დაზიანების მაჩვენებლებს შორის, რომელიც იწვევს საფარის დაზიანების პროცესის დაჩქარებას.

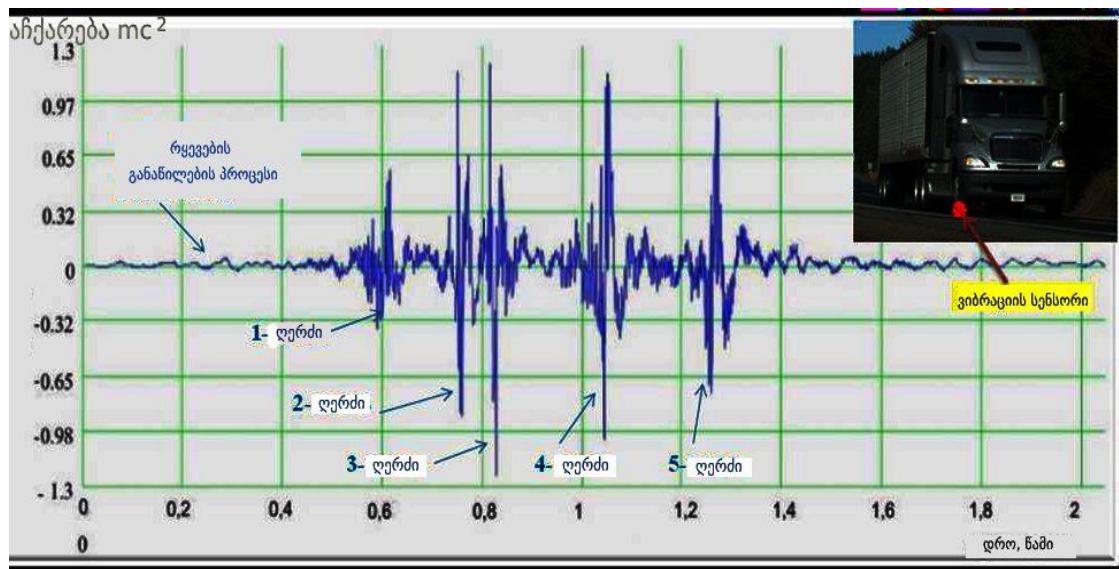
შესაბამისად მონაცემები რომლებიც წარმოდგენილია ნაშრომში გვაჩვენებს რომ საშუალოდ საფარის ექსპლუატაციის ვადას აქვს შემდეგი ხასიათი: 200 ავტ/დღე-ღამეში 8 წელი. 200-2500 ავტ/დღე-ღამეში 6 წელი, 2500-4500 ავტ/დღე-ღამეში 4 წელი, 4500-6500 ავტ/დღე-ღამეში 3 წელი, 6500-ზე მეტი ავტ/დღე-ღამეში 2 წელი.

ამ მონაცემებზე დაყრდნობით ირკვევა, რომ საჭიროა გათვალისწინებულ იქნას ფუნქციონალური კავშირი საჭირო დრეკადობის მოდულსა და პერსპექტიულ ინტენსივობას შორის.[16].

ექსპერიმენტულად ირკვევა, რომ დრეკადობის მოდული საგზაო სამოსის კონსტრუქციაში კლებას იწყებს, როდესაც პერსპექტიული ინტენსივობა გადააჭარბებს 1000 ავტომობილს. როდესაც, ასფალტბეტონის საფარში ჩნდება ბზარი საერთო ჩაზნექილობის სიდიდე იზრდება 1.8-ჯერ.

პრაქტიკულმა დაკვირვებებმა აჩვენა რომ თეორიულ ნორმატივებთან შედარებით საექსპლუატაციო ვადა მცირდება გაცილებით სწრაფად. სხვადასხვა მეთოდებისა და მოდელების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა რომ არც ერთ საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ანგარიშში არ არის გათვალისწინებული ვიბრაციული დატვირთვები.[23.24].

საგზაო სამოსის ვიბრაციის სავსე საკვლევადიებო სამუშაოები ნაჩვენებია ნახ 6-ზე. ეს არის დროის ამპლიტუდის მახასიათებელი, როდესაც გზაზე მოძრაობს მრავალღერძიანი სატვირთო ავტომობილი. ვიბრო სენსორი დამონტაჟებული იქნა საფარზე ხოლო მაჩვენებელი არის ვერტიკალური ვიბრაციის აღმნიშვნელი.



ნახ. 6. დროის ამპლიტუდის მახასიათებელი მრავალღერძიანი ავტომობილის მოძრაობის შემთხვევაში

- როდესაც ავტომობილი მიემართება ვიბრო სენსორის მიმართულებით და სენსორი აფიქსირებს მცირე რხევებს საავტომობილო გზის გასწვრივ.
- რაც უფრო უახლოვდება ავტომობილი სენსორს მით უფრო იზრდება რხევების ამპლიტუდა და მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს სენსორის მდებარეობასთან.
- იმ ინტერვალში საბურავის ზემოქმედების დროს და ბოლო საბურავის გავლის შემდეგ სენსორი აფიქსირებს თავისუფალ რხევებს, რომელიც საბოლოოდ მთავრდება 3-4 წამის შემდეგ.

ამ მონაცემებზე დაყრდნობით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ავტომობილი მოძრაობის დროს ახდენს გავლენას საგზაო სამოსის კონსტრუქციაზე ბორბლების ძალის უშუალო დატვირთვით და ვიბრაციული დატვირთვებით. თითოეული დატვირთვა იწვევს ზუსტად იმ დეფორმაციებს და ჩაზნექილობებს, რომელიც წარმოდგენილია ნაშრომში.

1.5 ვიბრაციული პროცესების დამახასიათებელი სპეციფიკური თვისებების აღწერა

სამოსის კონსტრუქციის ვიბრაციის წარმოქმნა ხდება იმიტომ, რომ თითოეული სამოსის ფენა წარმოადგენს ვიბრაციულ სისტემას. ნებისმიერი მექანიკური სისტემა შეიძლება შეფასებულ იქნას ვიბრაციულად, თუ მას გააჩნია ინერციულობის, სიმტკიცის, სიმკვრივის და გაფხვიერების ელემენტები.

საგზაო სამოსის ფენის მასის სიდიდე განისაზღვრება მოცულობით, რაშიც შედის რხევების პროცესები და მასალის სიმკვრივე ამ ფენისთვის. ამ ფენის სიმტკიცე ვერტიკალურად ხასიათდება დრეკადობის მოდულის მიხედვით. მასალის შიდა ხახუნი და წინააღმდეგობა უზრუნველყოფს დატვირთვის გადანაწილებას.

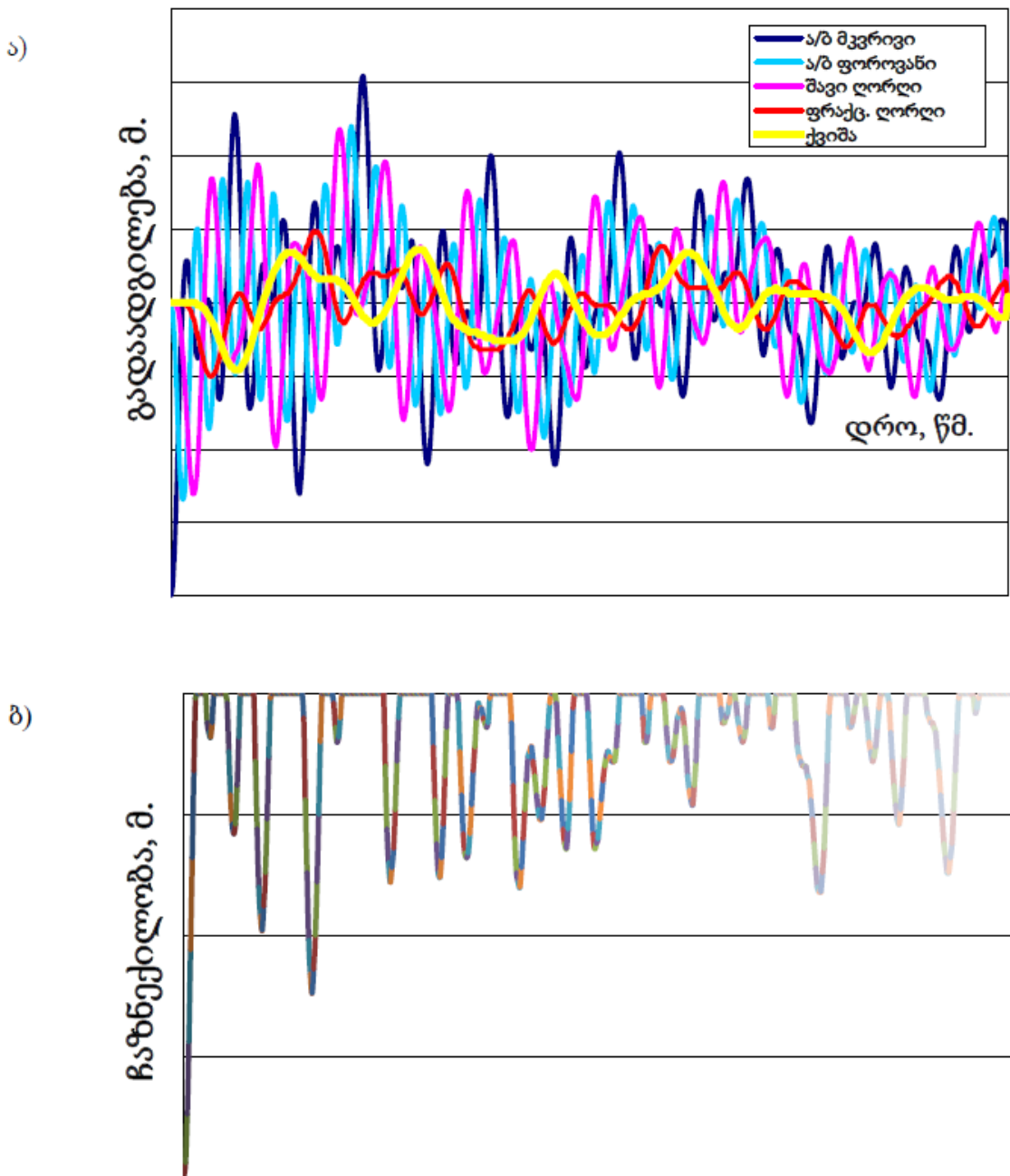
გზის კონსტრუქციის ფენები წარმოადგენს ვიბრაციულ სისტემებს, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან მასით, სიმტკიცით და მასალაზე დატვირთვების გადანაწილების დონით. ამას მივყავართ იქამდე: საერთო ვიბრაციულ სისტემაში ფენები ახორციელებენ თავისუფალ რხევებს სხვადასხვა ნაწილობრივი სიხშირეებით. [25.26.37.42].

თავისუფალი რხევების სიხშირე მთლიან კონსტრუქციაზე, რომელიც ფიქსირდება უშუალოდ საფარის ზედაპირზე, უმნიშვნელოდ განსხვავდება ინდივიდუალური ფენების ვიბრაციული სიხშირეებისგან.

ძირითადი ვიბრაციული ენერჯია ნაწილდება საგზაო სამოსის კონსტრუქციის სიხშირის სპექტრში და მოქმედებს საგზაო სამოსის ყველა ფენაზე, სიხშირეების რაოდენობა პირდაპირპროპორციულია სამოსის ფენების სისქეების.

სხვადასხვა ფენების ნაწილობრივი დატვირთვები ქმნის საერთო რხევების პროცესს, სადაც საგზაო ფენების დრეკადობიდან გამოწვეული გადაადგილებები ემთხვევა ანტიფაზურ ან შუალედურ პოზიციას. იმ შემთხვევაში როდესაც ფენების რხევების ფაზები ემთხვევა ერთმანეთს,

ზრდის ვიბრაციას და აძლიერებს საფარის ბზარების გამომწვევ ძალებს. იმ შემთხვევაში თუ ფაზები ურთიერთსაწინააღმდეგოდ გადაადგილდება ერთმანეთის მიმართ, მაშინ ფენები ჩაახშობენ საერთო ვიბრაციებს. ვიბრაციული პროცესების გრაფიკი 5 ფენიანი სამოსის კონსტრუქციისთვის წარმოდგენილია ნახ. #7-ზე. თავდაპირველი მონაცემები ბორბლის მიერ გამოწვეული ჩაზნექილობისთვის შეადგენს 0.0002 მეტრი.



ნახ. 7. დროის ამპლიტუდის და დროში ჩაზნექილობის დამოკიდებულების გრაფიკები

დიაგრამაზე წარმოდგენილია გზის ფენების ჩაზნექილობების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. არსებული მახასიათებლების მიხედვით შეიძლება დავადგინოთ, რომ საკვლევ გზის მონაკვეთზე 0.5 წამის განმავლობაში ყალიბდება საკმაოდ ბევრი დამატებითი დინამიკური ჯდენა, როგორც ვიბრაციული დატვირთვის შედეგი.

მიუხედავად იმისა, რომ ჯდენა სიდიდით ნაკლებია ბორბლის მიერ გამოწვეული ძალებისა, საერთო ჯამში დატვირთვები ემატება დანარჩენ დატვირთვებს რომლებიც გათვალისწინებულია პროექტირების დროს. ამიტომ დამატებით საჭიროა პროექტირების სტადიაზე სავალ კონსტრუქციას დაემატოს საანგარიშო ძალების რეზერვი.[25.26.37.42].

მრავალწლიანი დაკვირვებების შედეგად დინამიური გათვლების საფუძველმა გვაჩვენა, რომ საგზაო სამოსის კონსტრუქცია რომელსაც მაღალი დაზიანების ტემპი აქვს და ხშირად უწევს პერიოდული შეკეთება ხასიათდება გაცილებით უფრო დიდი ამპლიტუდის მქონე გადაადგილებებით ფენებში, რომელიც ემთხვევა ურთიერთმიმართულებით გადაადგილების ფაზებს და ზრდის ვიბრაციას.

სტატიკურად გაწონასწორებული თითოეული საგზაო ფენა ახორციელებს თავის თავთან მიმართებაში გადაადგილებას. დინამიური რხევების დეფორმაციები ხასიათდება ცვალებადი ნიშნებით და განსხვავდება იმ დეფორმაციული ტიპისგან „დატვირთვა-განტვირთვა“, რომელიც ფორმირდება ავტომობილის ბორბლის გადაადგილების ქვეშ. სახეცვლილი დეფორმაცია ან დატვირთვა ახორციელებენ დადლილობისგან გამოწვეულ ასფალტბეტონის რღვევას, რომელიც ჩნდება საფარის მიკრო ბზარებით, ზედაპირული ცვეთით და დაშლით. გზის საფარის სიმტკიცე ნელ-ნელა მცირდება, რაც შესაბამისად იწვევს დაშლის პროცესის დაჩქარებასა და ამცირებს საექსპლუატაციო ვადას.

არახისტ საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ანგარიშის დროს ასფალტბეტონის ფენების დაშლის და გაწელვის მთავარ საზომ კრიტერიუმს

წარმოდგენს დასაშვები წელვადობის სიდიდე. გაწევის ძალებმა მონოლითურ ფენებში არ უნდა გადააჭარბოს დასაშვებ ზღვარს ექსპლუატაციის პერიოდში. წელვადობის მოდულის შემცირებით კლებულობს ვიბრაციული ჯდენების ხარისხი თუმცა თავს იჩენს დამატებითი უარყოფითი გვერდითი მოვლენები, როგორცაა ბზარმედევობისა და ცვეთამედევობის მოდულის შემცირება.

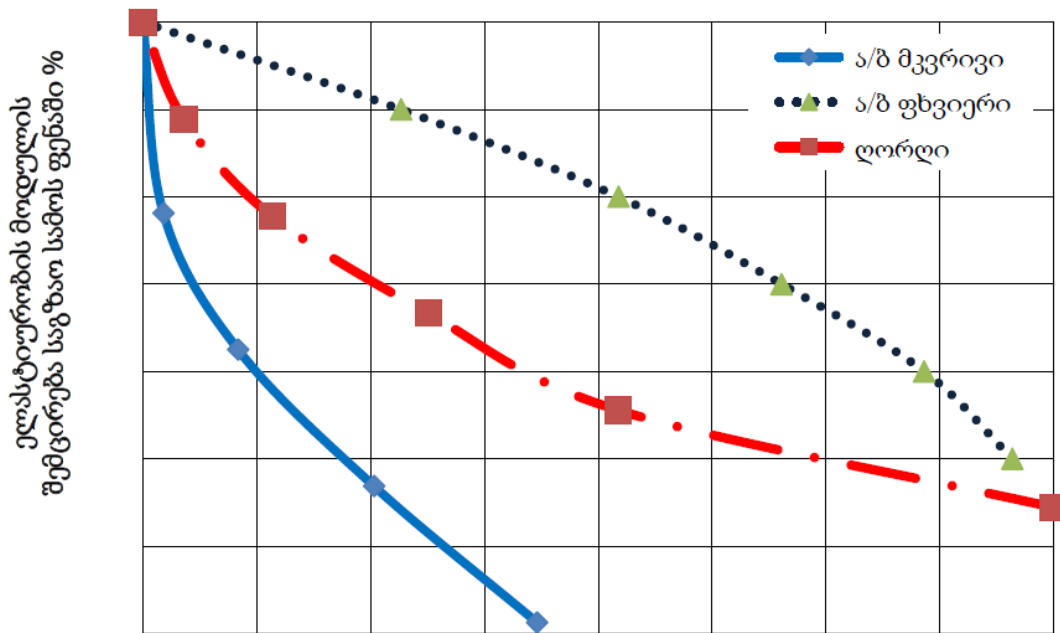
თითოეული კონსტრუქციის ფენისთვის ვიბრაციის ზეგავლენა იწვევს სხვადასხვანაირ დაზიანების ტემპს. სიმკვრივის მოდულის შემცირებით საერთო დაზიანების მაჩვენებელი იზრდება. დაზიანებებში ამიტომაც არის განსხვავება, რომ თითოეული ფენის შემადგენლობა არის განსხვავებული, სხვადასხვა დონეზე ხდება დატვირთვები და შესაბამისად დატვირთვებიც სხვადასხვაა.

ნებისმიერ ფენაში თუ შევამცირებთ ელასტიურობის მოდულს, შემცირდება საერთო ელასტიურობის მოდული კონსტრუქციისთვის. მე-8 ნახაზზე წარმოდგენილია ასეთი ფუნქციური დამოკიდებულება. თვალსაჩინოებისთვის გაანალიზდა არა რიცხვითი მნიშვნელობები არამედ პროცენტულად შევამცირეთ თავდაპირველი ელასტიურობის მოდულის მნიშვნელობა.

ეს საშუალებას გვაძლევს ობიექტურად შევაფასოთ დაზიანების გავლენის ხარისხი თითოეული ფენისთვის და საერთო ჯამში სამოსის კონსტრუქციის სიმტკიცისთვის.

სიმტკიცე ელასტიურობის მოდულის შემცირებით მკვრივ ასფალტ-ბეტონსა და ღორღოვან ფენაში, კონსტრუქციის სიმტკიცის მახასიათებლები არ იცვლება. მაგალითად: ღორღოვანი ფენის ელასტიურობის მოდულის 22 % შემცირებით ან ასფალტბეტონის ელასტიურობის მოდულის 40% შემცირებით საგზაო სამოსის კონსტრუქციის საერთო ელასტიურობის მოდული მცირდება მხოლოდ 2 %-ით.

საერთო ელასტიურობის მოდულის შემცირება საგზაო სამოსში %



ნახ. 8. საერთო ელასტიურობის მოდულის შემცირების დამოკიდებულება თითოეული ფენის მოდულის ელასტიურობასთან მიმართებაში ამ გრაფიკიდან გამომდინარე შეიძლება ითქვას რომ საგზაო სამოსის

საგზაო სამოსის კონსტრუქციის გამძლეობის რეზერვის გათვალისწინებით, პროექტირების ეტაპზე საერთო მოდულის ასეთი შემცირება შეიძლება ჩავთვალოთ მისაღებად.[26.37.42].

ფოროვანი ასფალტბეტონის შემთხვევაში ელასტიურობის მოდული ყველაზე მეტად მგრძნობიარეა. იმ შემთხვევაში, თუ ფოროვან ასფალტის ელასტიურობის მოდულს 20 %-ით შევამცირებთ, მაშინ კონსტრუქციის საერთო ელასტიურობის მოდული ავტომატურად შემცირდება 8.2 %-ით. როგორც ცნობილია, ამ ფენაში როდესაც ხდება ჩაზნექვა, მოცემულ ფენაშივე ჩნდება ბზარების საწინააღმდეგო დაღლილობის კოეფიციენტის ზრდა, რომელიც შემდგომ თავს იჩენს საცვეთ ფენაზე. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ ფოროვან ასფალტბეტონში აგრეთვე ფორმირდება ყველაზე დესტრუქციული დინამიური ძალები.[25.26.37.42].

2. შედეგები და მათი განსჯა

2.1 ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინება არახისტი საგზაო სამოსების გაანგარიშების ახალი მეთოდის შედგენისას

დღეისათვის არსებული მდგომარეობით, არახისტი საგზაო სამოსების გაანგარიშების მეთოდიკა ემყარება შემდეგ ძირითად პრინციპებს:

1. სამოსის კონსტრუქციების გაანგარიშებისას დატვირთვის მთავარი მაჩვენებელად მიღებულია საექსპლუატაციო პერიოდში დაყვანილი საანგარიშო ექვივალენტური ღერძული დატვირთვის ინტენსივობა. საანგარიშო დატვირთვად მიიღება დინამიკური დატვირთვა გაანგარიშებული A ჯგუფის ორღერძიანი ავტომობილის ღერძზე ან ბორბალზე. არსებული დატვირთვის მახასიათებლის გათვალისწინება (მოკლევადიანი მრავალჯერადი დატვირთვა) ხორციელდება კონსტრუქციული ფენების მნიშვნელობების მიხედვით. ამავდროულად დატვირთვის სიდიდის დანიშვნისას დინამიკური კოეფიციენტის შემოღებით.
2. მთლიანობაში სამოსის კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის გაანგარიშება სიმძლავრის დარღვევის მექანიზმის გათვალისწინების გარეშე ხორციელდება, როგორც დასაშვები დრეკადი ჩაღუნვით (ან მოთხოვნილი დრეკადობის საერთო მოდულით) დატვირთვის დატანის რაოდენობებიდან დასაშვები დრეკადი ჩაღუნვის ემპირიული დამოკიდებულების გამოყენებით, ასევე გრუნტების და საგზაო-სამსენებლო მასალების საანგარიშო ტემპერატურის, დეფორმაციის და კონკრეტული მასალის საკუთრივი მზიდუნარიანობის მახასიათებლების გათვალისწინებით.
3. საგზაო საფარის მთავარ დაზიანებად ითვლება ტემპერატურული და დაღლილობითი ბზარები, ნარჩენი დეფორმაციები ბორბლის კვალის სახით და ზედაპირის სისწორის გაუარესება.
4. მანქანის ბორბლებიდან სამოსის კონსტრუქციის დატვირთვის შედეგად

თანმიმდევრულად ხდება საგზაო საფარის ღუნვის დეფორმაცია და შემდეგ მიწის ვაკისის საფუძვლისა და დასაფუძნებელი გრუნტის ფენების კუმშვის დეფორმაცია. დინამიკურობის კოეფიციენტის შემოღებით ბორბლებისგან დატვირთვის სიდიდე იზრდება და შესაბამისად იზრდება სიმტკიცის საანგარიშო საერთო დრეკადობის მოდული. ეს თავის მხრივ უზრუნველყოფს სიმტკიცის დამატებით მარაგს და მოძრავი ავტომობილის ბორბლებიდან დატვირთვის დინამიკური ხასიათის გათვალისწინებას. მიჩნეულია, რომ დატვირთვის მოხსნის შემდეგ სამოსის კონსტრუქცია უბრუნდება თავდაპირველ არადეფორმირებულ მდგომარეობას დეფორმირებული ფენების რეოლოგიური მახასიათებლების გამო.

5. გამოყენებული ემპირიული ფორმულები ითვალისწინებენ სამოსის კონსტრუქციებზე კლიმატური ფაქტორების უარყოფით ზეგავლენას.
6. ზოგადად სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას ვიბრაციული დატვირთვა არ არის გათვალისწინებული. საანგარიშო დატვირთვის დატანის რაოდენობა მიიღება შემცირებული, (ავტომობილებიდან დატვირთვის გარდა ვიბრაციული დატვირთვის ზემოქმედებით შეიძლება გაუთანაბრდეს ავტომანქანის ბორბლებიდან დატვირთვას) რაც იწვევს არასწორ გადაწყვეტილებებს სამოსის კონსტრუქციების დაგეგმვის დროს. შედეგად, საგზაო სამოსები პრაქტიკულ რეალობაში ვერ უზრუნველყოფს მასზე დაკისრებული მოვალეობის შესრულებას და ადგილი აქვს ნაადრევ რღვევას.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, დღის წესრიგში დადგა აუცილებლობა, შემუშავდეს არახისტი საგზაო სამოსის სიმტკიცეზე გაანგარიშების ახალი მეთოდიკა.

საგზაო სამოსების ფენებში ვიბრაციის გავრცელება დამოკიდებულია კონკრეტული მასალის საკუთრივ დინამიკურ პარამეტრებზე (მასა, სიმტკიცე, დისიპაციის დონე), რაც საგზაო სამოსების ვიბრაციული

დატვირთვის შემცირებული დონით ლავირების ფართო შესაძლებლობებს იძლევა.

მოდრავი ავტომობილი სამოსის კონსტრუქციაზე ახდენს, როგორც სტატიკურ ისე დინამიკურ ზემოქმედებას. ყველა ბორბალზე არათანაბრად გადანაწილებული ავტომობილის მთლიანი წონა იწვევს სამოსის კონსტრუქციის ზოგიერთი ადგილის დეფორმირებას. საანგარიშო მონაკვეთზე თითოეული ბორბლის ქვეშ ხდება ლოკალური დეფორმაცია. აქ ყალიბდება რღვევითი დეფორმაციის პროცესები, რაც დაკავშირებულია ბორბლების ზემოქმედების შედეგად გადაცემულ სტატიკურ და ვიბრაციულ დატვირთვებთან.

რხევითი პროცესების კვლევისას საჭირო არ არის სტატიკური დატვირთვის გათვალისწინება, რადგან სამოსის კონსტრუქციის სტატიკური დეფორმირების ძალები აბალანსებენ სტატიკურ დატვირთვას. ამ დატვირთვის სიდიდე საგზაო სამოსის სიხისტის პარამეტრების მიხედვით ქმნის სტატიკური წონასწორობის ხაზს, რის შესაბამისადაც ფიქსირდება საგზაო სამოსების ფენების მასების რხევითი მოძრაობა.

საანგარიშო მონაკვეთამდე დაყვანილი მასა და დაყვანილი ფართობი საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნეს ჯაჭვური გაანგარიშების სქემები ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებით საგზაო სამოსის სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას. საანგარიშო მონაკვეთში ავტომობილის მოძრავი ბორბლის ხანმოკლე არსებობის გამო, არ არის აუცილებელი საგზაო სამოსის დატვირთვის სიდიდის დაზუსტების საჭიროება, ამიტომ დინამიკურ გაანგარიშებებში მოძრავი მანქანა შეყვანილია როგორც მოკლევადიანი ბიძგების წყარო და სამოსის კონსტრუქციაზე დატვირთვა მიიღება დინამიკურობის კოეფიციენტით.

სამოსის კონსტრუქციის დინამიკური დატვირთვის ძირითად სახეობად გვევლინება მისი ელემენტების ვიბრაცია. დამატებითი დინამიკური რხევითი დეფორმაციების არსებობა, მოძრავი ბორბლებისგან

გამოწვეულ დეფორმაციებთან შედარების დონეებით, იწვევს იმის საჭიროებას რომ იგი გათვალისწინებულ იქნას საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის გაანგარიშების პერიოდში საკვლევი მონაკვეთის დატვირთვის რაოდენობის განსაზღვრისას და არახისტი საგზაო სამოსის სიმტკიცეზე გაანგარიშების მიღებული მეთოდოლოგიის კორექტირებისას. საგზაო სამოსის ფენების რხევისას განვითარებული დინამიკური ძალები ხასიათდება მრავალსიხშირიან სპექტრად და ნიშანცვლადობით. სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას ასეთი ბიძგების არსებობისას მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული მათ მიერ გამოწვეული დეფორმაციების ნიშანცვლადი ხასიათი და მნიშვნელოვნად შემცირდეს დასაშვები დაძაბულობები სამოსის კონსტრუქციების ელემენტებში.

საველე კვლევებმა აჩვენა, რომ სამოსის კონსტრუქციის დატვირთვა არა მხოლოდ მოძრავი საავტომობილო ტრანსპორტიდან ხორციელდება, არამედ საგზაო ფენების საკუთარი მრავალსიხშირიანი ვიბრაციის ხარჯზეც. ეს ვიბრაცია წარმოადგენს მრავალფენიანი საგზაო სამოსის და მიწის ვაკისის გრუნტის თავისუფალი მიღევადი რხევების პროცესს. ფენების ერთობლივი რხევების წარმოქმნისას ფორმირდება ვიბრაციული პროცესები, რომლებიც ხასიათდება სამოსის კონსტრუქციის თავისუფალი რხევების საერთო სიხშირეებით, რომელთა რაოდენობა შეესაბამება ვერტიკალურ სიბრტყეში თავისუფლების ხარისხებს ან ფენების რაოდენობას, მიწის ვაკისის გრუნტის ჩათვლით.

იმის გამო, რომ რხევების პროცესში ჩართული სამოსის კონსტრუქციის ფართობი ან მოცულობა, შემოიფარგლება საანგარიშო მონაკვეთის ზონით, ფენების ვიბრაციული გადანაცვლება საანგარიშო მონაკვეთებში ახასიათებს როგორც ცალკეული ფენების, ისე მთლიანად მთელი კონსტრუქციის დეფორმაციულობას (ღუნვებს). მაშასადამე, სამოსის კონსტრუქციის დაძაბულ-დეფორმაციული მდგომარეობა (შემდგომში დდმ) თავისუფალი რხევებისას მსგავსია ისეთი დდმ-ისა, როდესაც მოძრავი ავტომობილის ბორბლებისგან საანგარიშო მონაკვეთის დატვირთვას აქვს ადგილი. ამ

შემთხვევაში, გადახრებისა და დატვირთვების მაქსიმალური ამპლიტუდები ფიქსირდება მასის ცვალებად ცენტრში და ზეგავლენის ზონის საზღვარზე იღებენ ნულოვან ნიშნელობებს.

სამოსის კონსტრუქციის დეფორმირების მთელი პროცესი საანგარიშო მონაკვეთებში შეიძლება დაიყოს ორ ეტაპად:

I ეტაპი - სატრანსპორტო საშუალებების საავტომობილო გზაზე მოძრაობისას სამოსის კონსტრუქციის ყოველ მონაკვეთზე მოქმედებს დაძაბულობის სწრაფად მოქმედი იმპულსების დიდი რაოდენობა. მათი სიდიდე და ხანგრძლივობა დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალებების სიჩქარეზე და ტიპებზე. აგრეთვე, ბორბლის შეხების ფართზე და საფარზე არსებული დინამიკური უსწორმასწორობის გამო ადგილი აქვს მათი გავლენის ურთიერთქმედების პროცესს. ეს ორი ფაქტორი წარმოადგენს ავტომობილის გავლის შემდეგ ფორმირებულ რხევების წარმოქმნისას სამოსის კონსტრუქციის ფენებში. დატვირთვის იმპულსური ხასიათი და მცირე დარტყმითი ზემოქმედება განაპირობებს სამოსის კონსტრუქციის რხევების წარმოქმნას, სწორი საფარის არსებობის შემთხვევაშიც.

II ეტაპი - სამოსის კონსტრუქციაში ავტომობილის გავლის შემდეგ ვითარდება ფენების და დასაფუძვნებელი მიწის ვაკისის გრუნტის თავისუფალი მილევადი რხევების პროცესი ე.წ. „ვიბრაციული დატვირთვა“.

ვიბრაციული დატვირთვის დროს წარმოქმნილი კონსტრუქციის საერთო დინამიკური ჩაღუნვები, გარკვეული დროის ინტერვალში, სიდიდით შეიძლება შევადაროთ მოძრავი ავტომობილებიდან გამოწვეულ ჩაღუნვებს. ეს დინამიკური ჩაღუნვები შეიძლება მოდელირებული იყოს, ღერძზე დატვირთვით რამოდენიმე პირობითი ავტომობილების გავლით, რაც იწვევს იგივე სიდიდის ჩაღუნვებს და ამ ავტომობილების რაოდენობა შეტანილ იქნეს გაანგარიშებებში, საანგარიშო დატვირთვის საერთო რაოდენობის განსასაზღვრავად. ასეთ დროს საანგარიშო დატვირთვის დატანის ჯამური რაოდენობა გაიზრდება ექსპლუატაციის გეგმიურ ვადაში.

სწორედ ამ პოზიციას ემყარება ნაადრევი რღვევის ჰიპოთეზა არახისტი საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის და ვიბრაციული რღვევის დროს. საგზაო კონსტრუქციების სიმტკიცის გაანგარიშებისას, გათვალისწინებულია მხოლოდ საავტომობილო ტრანსპორტიდან მიღებული დატვირთვა და შესაბამისად, უკვე პროექტირების ეტაპზე, საგზაო სტრუქტურებს გააჩნიათ არასაკმარისი სიმტკიცის მაჩვენებლები. შედეგად, საგზაო სამოსის პროექტირებისას ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებლობა მეტად უარყოფით ფაქტორს წარმოადგენს და იწვევს საგზაო სამოსის მწყობრიდან ნაადრევ გამოსვლას.

სამოსის კონსტრუქციის საგზაო საექსპლუატაციო ვარგისობის და გამძლეობის გასაზრდელად აუცილებელია შემცირდეს მათი რხევების დონე. ვინაიდან კონსტრუქციის ელემენტების რხევები თავისუფალია, რხევების დონეების შემცირების ძირითადი მექანიზმი უკავშირდება თვით საგზაო ფენების დინამიკური პარამეტრების ცვლილებას. აუცილებელია მომიჯნავე საგზაო ფენების დინამიკური ძალების მოქმედების ანტიფაზური პრინციპის რეალიზება. ამ შემთხვევაში, რხევების დროს თითოეულ ფენაში წარმოქმნილი დინამიკური ძალები დაუპირისპირდებიან მომიჯნავე ფენის ანალოგიურ ძალებს, რითაც შეამცირებენ დინამიკურ დატვირთვას როგორც ცალკეულ ფენებში, ისე მთელ კონსტრუქციაში. მომიჯნავე ფენების დინამიკური ძალების ანტიფაზური მოქმედება ხორციელდება პარციალური სიხშირის თანაფარდობის სათანადო შერჩევის გზით. სიხშირეების ეს თანაფარდობა შეიძლება გარდაიქმნას მომიჯნავე ფენების სისქეებისა და მასების თანაფარდობაში.

ვიბრომედეგი სამოსის კონსტრუქციის გაანგარიშება უნდა დაეფუძნოს მომიჯნავე ფენების სისქეების ოპტიმალურ თანაფარდობას. გზის ფენების სისქეების თანაფარდობა უნდა გაანგარიშდეს პარციალური სიხშირეების შესაბამისი შეთავსების საფუძველზე ისე, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს მომიჯნავე ფენების დინამიკური ძალების მოქმედების ანტიფაზურობის პრინციპი.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით არახისტი საგზაო სამოსის გაანგარიშება დამატებით უნდა მოიცავდეს შემდეგ ეტაპებს:

- ჯაჭვური დინამიკური მოდელის ფორმირება, რომელიც შეესაბამება მომიჯნავე ფენების პარციალური სიხშირეების კომბინაციის შესაბამის შერჩევას სამოსის კონსტრუქციის რხევების დინამიკურ მაჩვენებლების პარალელურად.
- სამოსის კონსტრუქციის დინამიკური ჩაღუნვების ამპლიტუდური საანგარიშო მახასიათებლების განსაზღვრა.
- ჩაღუნვების დინამიკური ამპლიტუდების მოდელირება.

ხსენებული მეთოდის გამოყენებისას გამოსახული იქნება გაანგარიშებული დატვირთვის დატანის დამატებითი საანგარიშო რაოდენობის სახით ან პირობითი ავტომობილების მოძრაობის ინტენსივობის გაზრდით. სხვა დანარჩენი ეტაპების დაპროექტება ხორციელდება დარგობრივი საგზაო ნორმების ტიპიური მეთოდით .

ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით საგზაო სამოსების პროექტირებას შეიძლება დაემატოს ფორმირებული სამოსის კონსტრუქციის გამძლეობის პროგნოზირების გაანგარიშების ჩატარება. ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებით ხანგამძლეობის პროგნოზირებისას, გაანგარიშდება საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო ვადა, რაც მოგვცემს მნიშვნელობების მაქსიმალურად დაახლოებას პრაქტიკულ მაჩვენებლებსა და თეორიულ გათვლას შორის.

2.2. ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებით დასაშვები დრეკადი ჩალუნვით საგზაო სამოსის სიმტკიცეზე გაანგარიშება

ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებით, არახისტი საგზაო სამოსების გაანგარიშების მეთოდის უნდა დაემატოს საანგარიშო დატვირთვის დინამიკური (ვიბრაციული) განსაზღვრის ალგორითმი. ასეთი ალგორითმის მეთოდის ილუსტრაციისთვის გამოიყენება ფენებში დინამიკური ძალების ვიბრო-დონეების შეფასების კრიტერიუმები. ამ ალგორითმის დახმარებით გამოთვლილი საანგარიშო დატვირთვის სრული რაოდენობა საშუალებას მოგვცემს გაანგარიშების ეფექტი მივმართოთ დრეკადი ჩალუნვისადმი მდგრადობის არსებითი ამაღლებისაკენ.

მაგალითის სახით, საგზაო სამოსის კონსტრუქციის გაანგარიშებისას ვხელმძღვანელობთ მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტით ОДН 218.046-01, სადაც მეორე ტექნიკური კატეგორიისათვის საექსპლუატაციო ხანგრძლივობა განსაზღვრულია 15 წლით. ჩავთვალოთ, რომ საექსპლუატაციო ვადის ბოლოს მოძრაობის ინტენსივობის დაყვანილი მაჩვენებელი შეადგენს 1800 მანქ/დღე-ღამე, ხოლო ინტენსივობის პერსპექტიული მატება ყოველწლიურად - 4%.

ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინების გარეშე, საანგარიშო დატვირთვის ჯამურმა საანგარიშო რაოდენობამ, საავტომობილო გზის 15 წლის ექსპლუატაციის პერიოდში უნდა შეადგინოს $\sum N_p = 2.927.209$ ავტ.

დასაშვები დრეკადი ჩალუნვის გამოსათვლელად, ვიყენებთ საანგარიშო დატვირთვიდან გამომდინარე საერთო მოთხოვნადი დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობას, რამაც უნდა შეადგინოს არა ნაკლებ 220 მპა, ხოლო მარაგის კოეფიციენტი 1.2-ზე დაბალი არ უნდა იყოს.

$\sum N_p$ -ის გათვალისწინებით, მივიღებთ, რომ სამოსის კონსტრუქციის მოთხოვნადმა დრეკადობის მოდულმა ზემოთ ხსენებული მარაგის კოეფიციენტის და პერსპექტიული ინტენსივობის მატების გათვალისწინებით უნდა შეადგინოს არა ნაკლებ 288 მპა.

დასმული პრინციპიალური ამოცანის გადასაწყვეტად ჩვენს მიერ მოდელირებული იქნა 6 ერთული ნაირსახეობის საგზაო სამოსის კონსტრუქცია (შემადგენელი მასალების სახესხვაობებისა და სისქეების ვარიაციებით). ქვემოთ მოცემულ ცხრილებში ასახულია ხსენებული კონსტრუქციების ამგები ინვიდუალური მასალების და სათანადო სისქეების მაჩვენებლები, რომელიც მთლიანობაში აკმაყოფილებს ზემოთხსენებული ნორმებით გათვალისწინებულ დრეკადობის მოდულს.

ხსენებული ვარიანტებისთვის დრეკადი ჩალუნვის სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტების გათვალისწინებით ვასკვნით, რომ 1-5 ვარიანტებს გააჩნიათ დრეკადობის მოდულის მარაგის კოეფიციენტები მოთხოვნილ მინიმუმზე ქვემოთ (ანუ ნაკლები 1,2-ზე).

სამოსის კონსტრუქციის ამგები ფენების სისქეები და სათანადო დინამიკური პარამეტრები (ვარ. 1-5). **ცხრილი 5.**

№ ვარიანტი	დინამიკური პარამეტრები														
	ფენის სისქე, მ					მასა, კნ*ს ² /მ					სიმტკიცე, კნ/მ*10 ³				
	$h_{1სრ}$	$h_{1პარ}$	$h_{2შავ}$	$h_{2ფრა}$	h_5	$m_{1სრ}$	$m_{1პარ}$	$m_{2შავ}$	$m_{2ფრა}$	m_5	$c_{1სრ}$	$c_{1პარ}$	$c_{2შავ}$	$c_{2ფრა}$	c_5
1	0,04	0,05	0,10	0,27	0,30	1,82	2,18	3,80	9,23	10,54	128	100	60	94,5	30
2	0,04	0,15	0,11	0,17	0,20	1,82	6,55	4,18	5,81	7,03	128	300	66	59,5	20
3	0,05	0,09	0,11	0,17	0,20	2,28	3,93	4,18	5,81	7,03	160	180	66	59,5	20
4	0,05	0,13	0,11	0,12	0,25	2,28	5,68	4,18	4,10	8,79	160	260	66	42,0	25
5	0,05	0,07	0,08	0,18	0,30	2,28	3,06	3,04	6,15	10,54	160	140	48	63,0	30

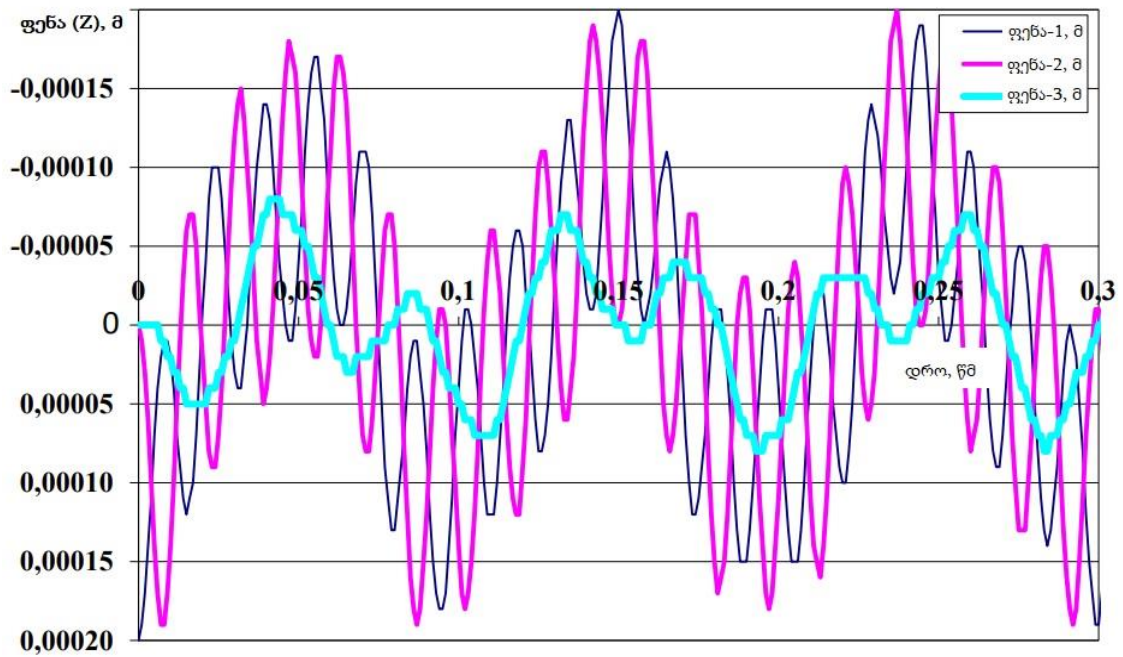
სამოსის კონსტრუქციის ამგები ფენების დრეკადობის მოდულების და საერთო (სრული) დრეკადობის მოდულები(ვარ. 1-5). **ცხრილი 6.**

№ ვარიანტი	დრეკადობის მოდული მკა					Kკარ	სამოსის სისქე, სმ	$C_{სრ} * 10^3$, კნ/მ
	ქვიშა	ფრ.ლორდი	შავი ლორდი	ა/ზ ფორ	ა/ზ მკვრივი			
1	100	189	234	280	320	1,45	76	243,2
2	100	154	210	430	448	2,03	67	300,16
3	100	154	210	310	352	1,60	62	218,24
4	100	133	180	330	384	1,74	66	253,44
5	100	157,5	189	240	320	1,45	68	217,60

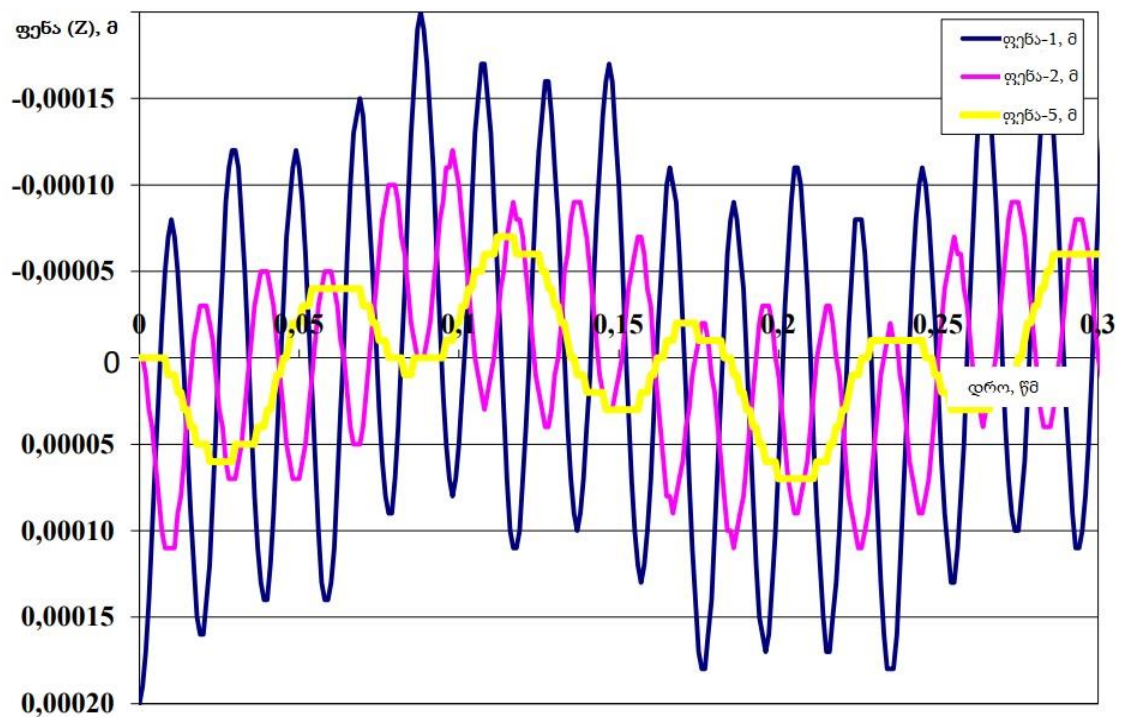
ზემოთ მოცემული ცხრილებიდან იკვეთება, რომ ყველაზე მაღალი

საერთო დრეკადობის მოდული გააჩნია იმ ვარიანტის კონსტრუქციას, რომელშიც მაღლი საკუთრივი დრეკადობის მოდულის მქონე მასალის მაღალი სისქეებია გამოყენებული. ხსენებული მაღალი საკუთრივი დრეკადობის მოდულის მქონე მასალა ბიტუმინერალური შემკვრელით არის წარმოდგენილი. ცხრილში მოცემული ვარიანტებიდან ამ ეტაპისთვის რაციონალურ გადაწყვეტილებად შეიძლება ჩაითვალოს მე-5 ვარიანტი, რადგანაც ზედაპირის საერთო დრეკადობის მოდული რამდენადმე აჭარბებს ნორმებით გათვალისწინებულ მოთხოვნად დრეკადობის მოდულს, სადაც ამ უკანასკნელში გათვალისწინებულია მარაგის და პერსპექტიული ინტენსივობის მატების კოეფიციენტები. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თავის მხრივ მეორე ვარიანტი აგრეთვე რამდენადმე აჭარბებს მეხუთე ვარიანტის საერთო დრეკადობის მოდულს, თუმცა მეხუთე ვარიანტი მასალების ოპტიმიზაციით და ეკონომიკური ეფექტიანობით ბევრად აღემატება მეორე ვარიანტს.

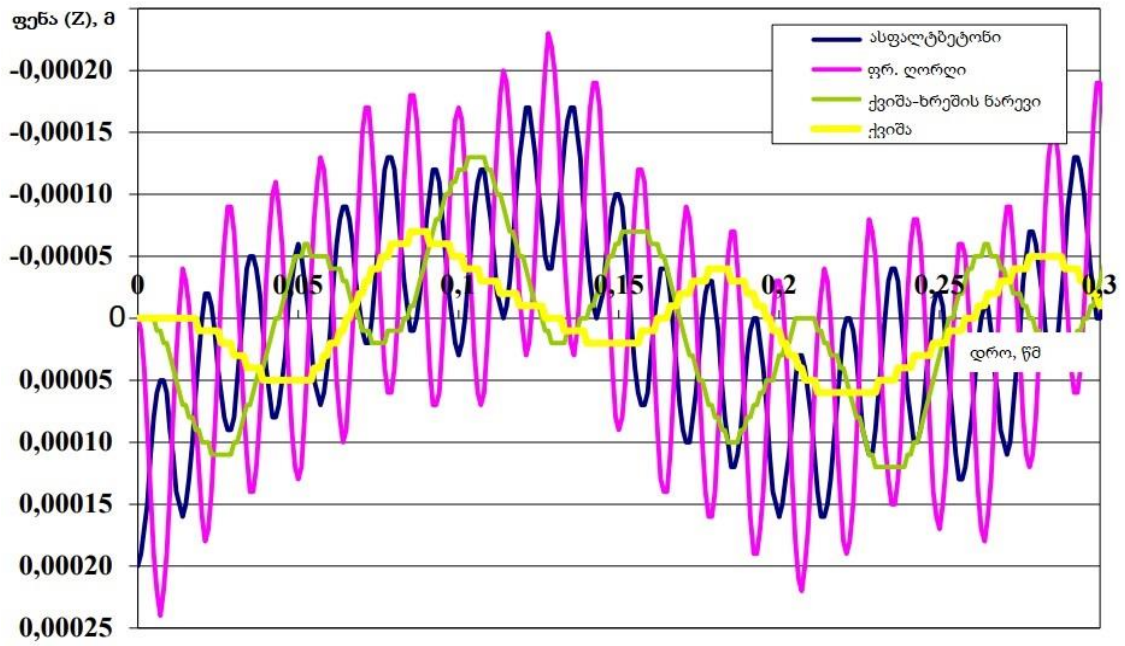
მიუხედავად იმისა, რომ ჩამოთვლილი 5 ვარიანტიდან ყველა მათგანის შემთხვევაში დაკმაყოფილებულია მოთხოვნილი დრეკადობის მოდული (მეტნაკლები გადაჭარბებით), თუმცა არსად არ არის ვიბრაციული დატვირთვების უარყოფითი ზეგავლენა. ამ უკანასკნელი ფაქტორის თვალსაჩინოებისათვის აგებული იქნა გრაფიკები, სადაც ნათაღდ ჩანს ზემოთხსენებული ვარიანტების ამგები კონსტრუქციული ფენების ვიბრაციული ბუნება მოძრავი დატვირთვების ზემოქმედების ფონზე.



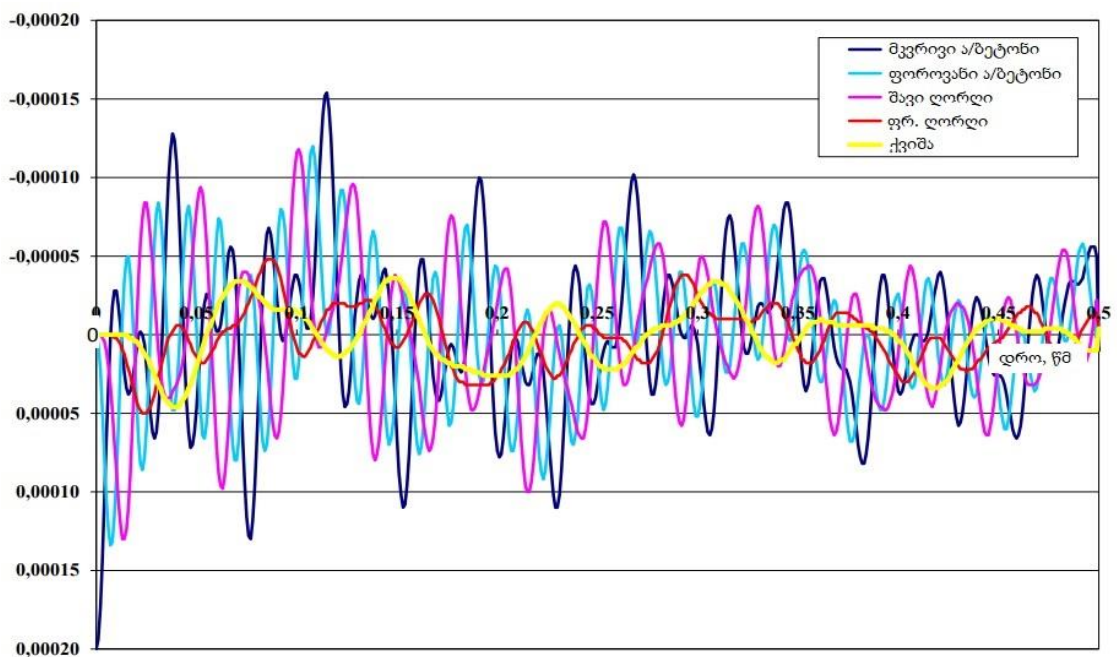
ნახ.9. საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში. ვარიანტი № 1



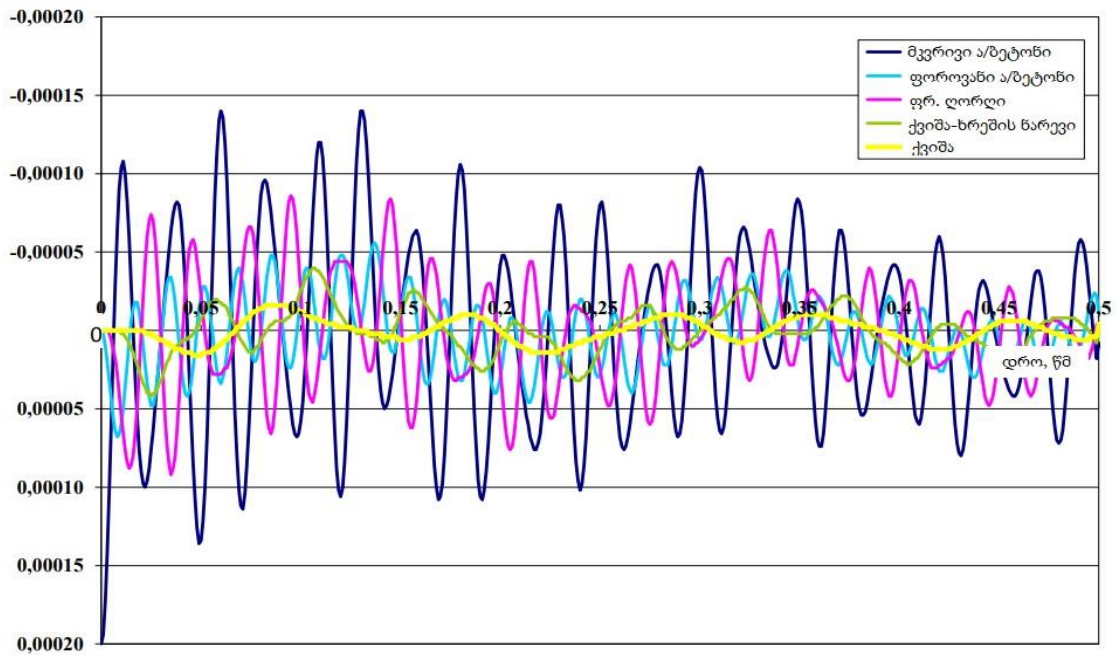
ნახ.10. საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში. ვარიანტი №2



ნახ.11. საგზაო სამოსის ფუნების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში. ვარიანტი №3



ნახ.12. საგზაო სამოსის ფუნების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში. ვარიანტი №4



ნახ.13. საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება თავისუფალი რხევების პირობებში ვარიანტი № 5.

როგორც, ზემოთ მოცემული გრაფიკებიდან იკითხება ყველაზე მაღალი ვიბრაციის გავრცელების სიხშირე ფიქსირდება მე-5 ვარიანტში, ხოლო ამპლიტუდა ყველაზე დაბალია. საწინააღმდეგო გარემოებაა 1-ელ ვარიანტში, სადაც გავრცელების სიხშირე ყველაზე დაბალია, ხოლო ამპლიტუდა კი - ყველაზე მაღალი. ხსენებული გარემოებებიდან გამომდინარე ვიბრაციული ზეგავლენის უარყოფითი ფაქტორი პირველი და მეხუთე ვარიანტის კონსტრუქციებში იწვევს ძვრის დეფორმაციებს, სადაც ეს უკანასკნელი სამოსის კონსტრუქციის ნაადრევი რღვევის პროვოცირებას იწვევს. საერთო შეფასებით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ზემოთხსენებული ვარიანტები საკვებით აკმაყოფილებს ნორმატიული დოკუმენტით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს, თუმცა ვიბრაციული ზემოქმედებების თვალსაზრისით შეფასებისას მათი საიმედოობა და მომსახურების ვადები რამდენადმე მცირდება. სწორედ ეს არის მიზეზი იმისა, რომ ნორმატივებით გაანგარიშებული სამოსის კონსტრუქციების საექსპლუატაციო ვადები (ჩვენს შემთხვევაში 1-ლი და მე-5 ვარიანტები) პრაქტიკულ ასპექტში რამდენადმე ჩამორჩება გაანგარიშებისას დადგენილ საექსპლუატაციო ვადებს.

წარმოდგენილ გრაფიკებზე დაყრდნობით საშუალება გვეძლევა გავანალიზოთ კონკრეტული ნაირსახეობის მასალაში ვიბრაციის გავრცელების ხასიათი (სიხშირე და ამპლიტუდა). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ვიბრაციის გავრცელების ამპლიტუდა დამოკიდებულია მასალის გვარობაზე, ხოლო სიხშირე კი მასალის სისქეზე. ვინაიდან შერჩეული მასალების ნაირსახეობები ფიქსირებულია მოქმედი ნორმატივებით და მათი გაუმჯობესება დისერტაციის მიზანს არ წარმოადგენს ლავირებას ვახდენთ საგზაო სამოსის ამგები მასალების სისქეებზე, რომელთა გაზრდითაც საშუალება გვეძლევა შევამციროთ ვიბრაციის გავრცელების სიხშირე. აღნიშნული ვითარებიდან გამომდინარე პარციალური სიხშირეების თნაფარდობის ოპტიმიზაციით შესაძლებელია მეხუთე ვარიანტით წარმოდგენილი კონსტრუქცია (რომელიც გამოირჩევა მასალების ოპტიმიზაციით და ეკონომიკური ეფექტიანობით) წარმოვაჩინოთ გაუმჯობესებული პარამეტრებით, რომელიც განხილულია ქვემოთ მოცემულ ცხრილში მე-6 ვარიანტის სახით.

სამოსის კონსტრუქციის მე-5 ვარიანტის ოპტიმიზაცია დინამიკური პარამეტრების გათვალისწინებით. ვარიანტი 6. **ცხრილი 7.**

კონსტრუქციის ფენები	დინამიკური პარამეტრები				დინამიკური ძალები, კნ
	ფენის სისქე, მ	ფენის მასა, კნ/ს ² /მ	ფენის სიმტკიცე, კნ/მ ³ *10 ³	პარციალური სიხშირე, ჰერცი	
ა/ბ მკვრივი	0,05	2,28	160	42,18	2,77
ა/ბ ფოროვანი	0,07	3,06	140	49,87-36,4-34,0	4,07
შავი ლორღი	0,08	3,04	48	39,6-34,2-20,0	3,23
ფრაქც ლორღი	0,30	10,26	105	19,4-10,89-16,1	6,36
ქვიშა	0,40	14,06	40	16,2-13,8	5,91

საგზაო სამოსის ქვედა ფენების სისქის გაზრდით შესაბამისად მცირდება ვიბრაციის გავრცელების ფაქტორი, ამავდროულად იზრდება სიმტკიცის საერთო მაჩვენებელი. საერთო დრეკადობის მოდული მე-5 ვარიანტისთვის შეადგენს 320 მპა, ხოლო მე-6 ვარიანტისთვის 352 მპა. სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი მე-5 და მე-6 ვარიანტების შემთხვევაში

შესაბამისად შეადგენს 1,45-ს და 1,60-ს. მაგალითისთვის, ჩვენს მიერ განხილულ მე-4 ვარიანტს საერთო დრეკადობის მოდული გააჩნია 284 მპა-ს ოდენობით, ხოლო სიმტკიცის საერთო კოეფიციენტი 1,74.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, კვლევის შემდეგი ეტაპებისთვის რეკომენდირებულია განხილულ იქნას საგზაო სამოსების 2, 3, 4, და 6 ვარიანტები, რომელთა სიმტკიცის კოეფიციენტები შეადგენს შესაბამისად 1,56 – 1,33 – 1,33 – 1,22.

შემდგომი ანალიზისთვის დარჩენილ კონსტრუქციულ ვარიანტებს გააჩნიათ დრეკადი ჩალუნვის სიმტკიცის მარაგის საკმაოდ მაღალი კოეფიციენტები. ასევე ვაქცევთ ყურადღებას იმ გარემოებას, რომ მანქანებიდან დატვირთვების შემცირებისას საანგარიშო დატვირთვაზე გამოიყენება დინამიკურობის კოეფიციენტი 1.3, რომელიც ითვალისწინებს ბიძგების დინამიკურ ხასიათს.

ამიტომ, საგზაო კონსტრუქციებმა, რომლებიც დაპროექტებულია 2, 3, 4, 6 ვარიანტების მიხედვით და რომლებიც აკმაყოფილებენ დასაშვები დრეკადობის ჩალუნვის სიმტკიცის პირობებს, უნდა უზრუნველყონ ამ კონსტრუქციების საიმედოობა და შეინარჩუნონ საექსპლუატაციო ხანმედევობა 15 წლის განმავლობაში.

მოდრავი ბორბლის ქვეშ საგზაო სამოსის ჩალუნვების მნიშვნელობები განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$I = \frac{P \times D}{E_{საერთო}} (1 - \mu^2), \quad (10)$$

სადაც:

P არის მანქანის წონა.

$$P=0.6 \text{ მპა}, D=0,37 \text{ m}, \mu=0.3 \quad I_{საანგარიშო} = 0,202 \cdot 1 \frac{1}{E_{საერთო}}$$

საგზაო სამოსის ჩალუნვები, ცხრილის შესაბამისად შეადგენს 0,45 – 0,57 – 0,52 და 0,57 მმ შესწავლილი ვარტიანტებისთვის შესაბამისად. ეს მაჩვენებლები დინამიკური ჩალუნვების დასაშვები ზღვრების ფარგლებშია,

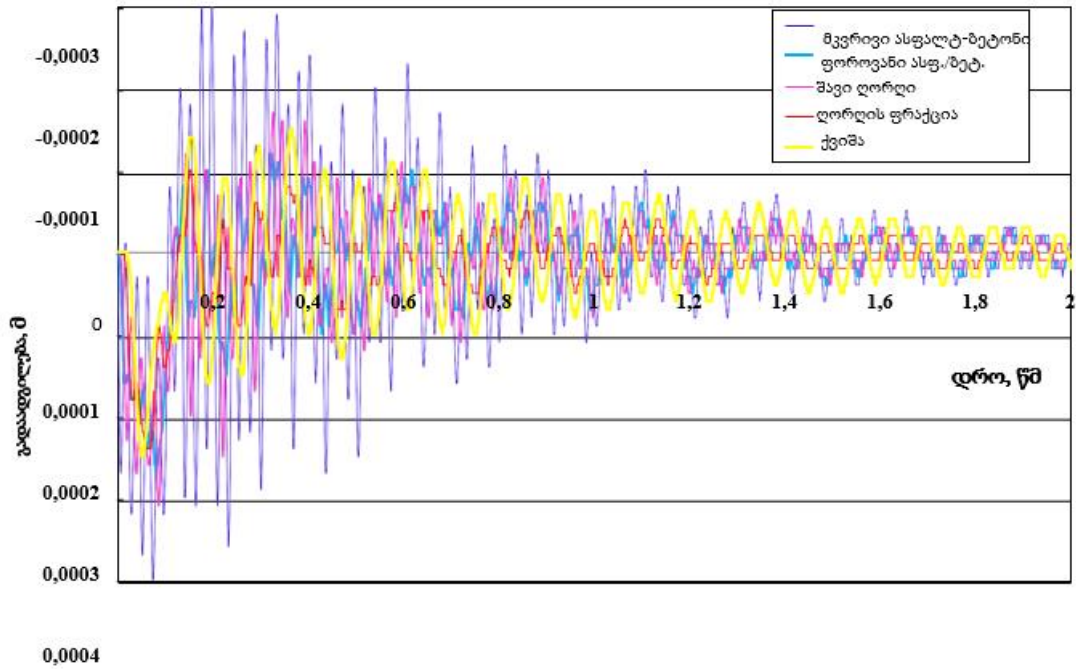
როგორც იყო აღნიშნული, 1, 2 და 4 ვარიანტების მიხედვით დაპროექტებულ სამოსის კონსტრუქციის ასფალტ-ბეტონის საფარებზე, ექსპლუატაციის დროს მუდმივად შეინიშნება სხვადასხვაგვარი დეფექტები. შესაძლებელია რომ ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინების გარეშე, დასაშვები დრეკადი ჩალუნვისას, საგზაო სამოსის გაანგარიშება სიმტკიცეზე არსებითად ზუსტი არ არის და ამას მივყევართ საგზაო სამოსის ნაადრევ რღვევამდე ექსპლუატაციის დროს.

ჩავატაროთ დინამიკური გაანგარიშება იმისათვის რომ განვსაზღვროთ სამოსის კონსტრუქციის ვიბრაციული დატვირთვა, რაც ფორმირდება საანგარიშო, 90 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი ორღერძიანი სატვირთო ავტომობილის და $h=0,01\text{მ}$ სიმაღლის მქონე დინამიკური უსწორო ზედაპირის მქონე საგზაო სამოსის (2, 3, 4, 6 ვარიანტები) დარტყმითი ურთიერთქმედებით.

10 ნახ-ზე ნაჩვენებია მრავალფენიანი საგზაო სამოსის რხევითი პროცესის მაგალითი, რაც შესრულებულია მე -2 ვარიანტში.

გავანალიზოთ ეს პროცესი გარკვეული დროის ინტერვალში (მაგალითად, 1 წამის განმავლობაში). ამ ინტერვალში, ავტომობილის დინამიკური ზემოქმედება გამოიხატა ორი დარტყმითი შეშფოთების სახით.

როგორც იქნა გამოთვლილი, საანგარიშო დატვირთვის დატანის ჯამური საანგარიშო რაოდენობა $T_{\text{სლ}}=15$ წლიანი საექსპლუატაციო ვადისთვის შეადგენს 2.927.209 ავტომობილს. ეს ნიშნავს, რომ საანგარიშო მონაკვეთებზე ექსპლუატაციის 15 წლის ვადაში განხორციელდება საანგარიშო დატვირთვის დატანის მითითებული რაოდენობა, და თითოეული ასეთი დატანა სამოსის კონსტრუქციაში წარმოქმნის 10 ნახ-ში მითითებული პროცესის მსგავს რხევით პროცესს, ანუ გამოიწვევს მონაკვეთის დამატებით მრავალჯერად ვიბრაციულ დატვირთვას.



ნახ. 14. საგზაო სამოსის ფენების თავისუფალი რხევების პროცესი დარტყმითი და დარტყმის-შემდგომი დროის პერიოდებში

გვაქვს რა, საგზაო სამოსის ფენების გადაადგილების ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებელი (ნახ. 10) გამოვითვალეთ ჩალუნვების სიდიდეები.

რხევის პროცესში, სტატიკური წონასწორობის მდგომარეობის მიხედვით, ადგილი აქვს როგორც დამტვირთავ ისე განმტვირთავ ჩალუნვებს. 8 ცხრილში შეტანილ იქნა მხოლოდ დამტვირთავი ჩალუნვები, რადგან მოძრავი მანქანების ბორბლების ზემოქმედებით, საგზაო სამოსები მთლიანობაში ღებულობენ კუმშვის დეფორმაციას, რაც შესაბამემა ვიბრაციული დატვირთვების დამტვირთავ ჩალუნვებს. დატვირთვის ჩალუნვის თითოეული სიდიდის მიღწევა შესაძლებელია საგზაო სამოსზე ავტომობილის ბორბლებიდან შესაბამისი დატვირთვის მიღებით. ამრიგად, შესაძლებელია დეფორმაციის მაჩვენებლების გადატანა ძალურ დატვირთვაზე, ხოლო ვიბრაციული დატვირთვის დონეები გამოსახული იქნება მოძრავი ავტომობილის ბორბლების ზემოქმედების მაჩვენებლებით.

სამოსის კონსტრუქციის დარტყმის შემდგომი დინამიკური ჩალუნვები, მმ (1 წმ დროის მონაკვეთში) განხილულ ვარიანტებში. ცხრილი 8.

№	სამოსის კონსტრუქციის ვარიანტი			
	2	3	4	6
1	0,27	0,28	0,27	0,25
2	0,28	0,26	0,29	0,24
3	0,28	0,36	0,23	0,24
4	0,27	0,20	0,30	0,20
5	0,38	0,43	0,17	0,21
6	0,42	0,45	0,36	0,22
7	0,43	0,39	0,22	0,33
8	0,23	0,29	0,43	0,31
9	0,41	0,36	0,31	0,08
10	0,16	0,34	0,28	0,09
11	0,38	0,27	0,27	0,14
12	0,14	0,25	0,25	0,18
13	0,37	0,24	0,12	0,11
14	0,13	0,23	0,13	0,18
15	0,34	0,21	0,28	0,10
16	0,07	0,21	0,26	0,09
17	0,28	0,20	0,18	0,09
18	0,24		0,24	0,10
19	0,23		0,20	
20	0,21		0,19	
21	0,13		0,19	
22	0,18		0,20	
23	0,16		0,10	
24	0,13		0,16	
25	0,13		0,14	

ვიბრაციული დატვირთვის მაღური დონეების შესაფასებლად, დინამიკური ჩალუნვებიდან გადავიდეთ

დინამიკურ დატვირთვებზე (10)-დან მიღებული დამოკიდებულების მიხედვით.

$$P_{კვ} = \frac{l \times E_{საერთ.}}{D \times (1 - \mu^2)} \quad (11)$$

სადაც, l - სამოსის კონსტრუქციის დინამიკური ჩალუნვა მე-8 ცხრილიდან

P_{333} - ვიბრაციული დატვირთვა, მპა.

ჩავსვით ჩაღუნვების სიდიდეები 5 ცხრილიდან. მივიღებთ ექვივალენტური ძალური ვიბრაციული დატვირთვების სიდიდეებს საგზაო სამოსის საკვლევ კონსტრუქციებში. წარმოვადგინოთ ძალური დატვირთვის გაანგარიშების შედეგები მე-9 ცხრილში.

გამოვთვალოთ საგზაო სამოსზე ექვივალენტური ძალური ვიბრაციული დატვირთვების წილები A ჯგუფის საანგარიშო ავტომობილის დატვირთვასთან დამოკიდებულებაში დაყვანის კოეფიციენტების შესაბამისად და 1.3 დინამიკის კოეფიციენტის გათვალისწინებით. ვინაიდან ბორბლის კვალის დიამეტრი $D = 0.37\text{მ}$ მიეკუთვნება მოძრავ ავტომობილს, A ჯგუფის საანგარიშო ავტომობილიდან მიღებული დატვირთვა $P = 0.6$ მპა შეესაბამება ნორმატიულ დინამიკურ დატვირთვას $Q_{333} = Q_{st} * 1.3$.

თუ ძალურ ვიბრაციულ დატვირთვას გავყოფთ P_{333} ნორმატიულ დატვირთვაზე, შეგვიძლია გამოვთვალოთ ვიბრაციული დატვირთვის რა წილია ნორმატიული P_{333} – დან. ეს ღერძზე (ბორბალზე) სხვადასხვა დატვირთვის მქონე ავტომობილების საგზაო საფარზე ზემოქმედების შეფასების ანალოგიურია, A ჯგუფის ავტომობილების ზემოქმედებასთან შედარებით. ამგვარი მეთოდიკა გამოიყენება საანგარიშო სატრანსპორტო ნაკადში მოძრავი სხვადასხვა ავტომობილების ერთიან A ჯგუფის ავტომობილებამდე დაყვანისას.

ვაჩვენოთ ვიბროდატვირთვის მიღებული წილები (P_{333}/P_{333}) მე-7 ცხრილში.

დავთვალოთ S_n მაჩვენებელი, რომელიც წარმოადგენს დაყვანის ჯამურ კოეფიციენტს, შემდეგი დამოკიდებულებით.

$$S_n = \sum \left(\frac{P_{333}}{P_{333}} \right)^\beta \quad (12)$$

ექვივალენტური ძალური ვიბრაციული დატვირთვები საგზაო სამოსზე,

მპა. ცხრილი 9

№	საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ვარიანტი			
	2	3	4	6
1	0,36	0,29	0,31	0,26
2	0,37	0,27	0,33	0,25
3	0,37	0,37	0,26	0,25
4	0,36	0,21	0,34	0,21
5	0,50	0,45	0,19	0,22
6	0,55	0,47	0,41	0,23
7	0,57	0,41	0,25	0,34
8	0,30	0,30	0,49	0,32
9	0,54	0,37	0,35	0,08
10	0,21	0,35	0,32	0,09
11	0,50	0,28	0,31	0,14
12	0,18	0,26	0,28	0,19
13	0,49	0,25	0,13	0,11
14	0,17	0,24	0,15	0,19
15	0,45	0,22	0,32	0,10
16	0,09	0,22	0,29	0,09
17	0,37	0,21	0,20	0,09
18	0,32		0,27	0,10
19	0,30		0,23	
20	0,28		0,21	
21	0,17		0,21	
22	0,24		0,23	
23	0,21		0,11	
24	0,17		0,18	
25	0,17		0,16	

ვიბრაციული დატვირთვის წილი A ტიპის ავტომობილისგან
მიღებულ დატვირთვასთან მიმართებით. ცხრილი 10.

№	საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ვარიანტი			
	2	3	4	6
1	0,60	0,49	0,51	0,43
2	0,62	0,45	0,51	0,42
3	0,62	0,63	0,44	0,42
4	0,60	0,35	0,57	0,35
5	0,84	0,75	0,32	0,36
6	0,93	0,78	0,68	0,38
7	0,95	0,68	0,42	0,57
8	0,51	0,50	0,82	0,54
9	0,91	0,63	0,59	0,14
10	0,35	0,59	0,53	0,15
11	0,84	0,47	0,51	0,24
12	0,31	0,43	0,47	0,31
13	0,82	0,42	0,23	0,19
14	0,29	0,40	0,25	0,31
15	0,75	0,36	0,53	0,17
16	0,15	0,36	0,49	0,15
17	0,62	0,35	0,34	0,15
18	0,53		0,45	0,17
19	0,51		0,38	
20	0,46		0,36	
21	0,29		0,36	
22	0,40		0,38	
23	0,35		0,19	
24	0,29		0,30	
25	0,29		0,26	

სადაც, $P_{კვ}$ – ვიბრაციული დეფორმაციის გამო გამოწვეული დინამიკური დატვირთვა საგზაო სამოსზე (ცხრილი 9)

$P_{ავტ}$ – A ტიპის საანგარიშო ავტომობილის ბორბლიდან ზემოქმედება საფარზე

β - 4.4-ს ტოლი ხარისხის მაჩვენებელი კაპიტალური საგზაო სამოსებისთვის

მე-10 ცხრილის მონაცემების გამოყენებით მივიღებთ საგზაო სამოსები

კონსტრუქციების საკვლევი ვარიანტებისთვის S_3 -ის რიცხოვრივ მნიშვნელობას, რაც შეადგენს:

- ვარიანტი-2. $S_3 = 4,269$
- ვარიანტი-3. $S_3 = 1,429$
- ვარიანტი-4. $S_3 = 1,316$
- ვარიანტი-6. $S_3 = 0,276$

დამატებითი ვიბრაციული დატვირთვების რაოდენობის მაჩვენებელი არსებითად განსხვავდება და დამოკიდებულია საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ვარიანტზე, რადგან ეს პირდაპირ კავშირშია საგზაო სამოსის ფენების ვიბრაციულ პარამეტრებთან.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ვიბრაციის ჯამური მოქმედების მოდელირება შესაძლებელია იმ დატვირთვებით, რომლებიც წარმოიქმნება საანგარიშო მონაკვეთზე დამატებითი რაოდენობის ავტომობილების გავლით.

დაყვანის საანგარიშო ჯამური კოეფიციენტები აჩვენებს რომ #2 კონსტრუქციული ვარიანტის საგზაო სამოსზე ვიბრაციული დატვირთვა, რომლის ფორმირება მოხდა საანგარიშო მონაკვეთზე ორდერმა სატვირთო ავტომობილის გავლის შემდეგ ექვივალენტურია ოთხზე მეტი დამატებითი ავტომობილის გავლის ან ტოლმნიშვნელოვანია მოძრაობის ინტენსივობის თითქმის ხუთჯერ გაზრდის, გაანგარიშებულთან მიმართებაში. მიუხედავად იმისა, რომ ვიბრაციული დატვირთვა დაბალია 3 და 4 ვარიანტებისთვის, მოძრაობის ინტენსივობის 1.3 და 1.4-ჯერ ექვივალენტური პირობითი ზრდა წარმოადგენს არსებით რღვევით ფაქტორს. საგზაო სამოსის ამ ვარიანტების სიმტკიცის მაჩვენებლები არ არის გათვლილი მოძრაობის ასეთი ინტენსივობისთვის, რაც იწვევს მათ სწრაფ ნაადრევ რღვევას ექსპლუატაციის დროს.

დაყვანის ჯამური კოეფიციენტის საფუძველზე შეიძლება ითქვას რომ საგზაო სამოსის #6 ვიბრო-დაცული ვარიანტი უზრუნველყოფს მინიმალურ

ვიბრაციულ დატვირთვის მოძრაობის ინტენსივობის დაახლოებით 0.3 ჯერ პირობითად გაზრდისას

ვიბრაციული ფაქტორის გასათვალისწინებლად საჭიროა საექსპლუატაციო ვადაში საანგარიშო დატვირთვის დატანის ჯამური საანგარიში რაოდენობის გამოთვლა, დამატებითი დატვირთვების გათვალისწინებით. საექსპლუატაციო პერიოდში ვიბრაციული დატვირთვით განპირობებული საანგარიშო დატვირთვის დატანის გაზრდას დასჭირდება საგზაო სამოსის სიმტკიცის საანგარიშო მოდულების გაზრდა.

საანგარიში დატვირთვის დაყვანის საერთო რაოდენობა ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით, განისაზღვრება როგორც:

$$\sum N_{p\text{ ვიბ}} = (S_n + 1) \sum N_p \quad (13)$$

სადაც, N_p - საექსპლუატაციო პერიოდში საანგარიში დატვირთვის დატანის ჯამური საანგარიშებული რაოდენობაა.

საგზაო სამოსების კონსტრუქციის ვარიანტების მიხედვით S_n მაჩვენებლის მიღებული მნიშვნელობების შესაბამისად $N_{p\text{ ვიბ}}$ გაუტოლდება:

- ვარიანტი-2. $N_p = 15.423.464$
- ვარიანტი-3. $N_p = 7.110.190$
- ვარიანტი-4. $N_p = 6.779.416$
- ვარიანტი-6. $N_p = 3.735.118$

საგზაო სამოსის სიმტკიცის მოთხოვნილი მოდული გამოვთვალოთ 12 ფორმულით, შესაბამისად მივიღებთ:

- ვარიანტი-2. $E_{საჭ} = 359$ მპა
- ვარიანტი-3. $E_{საჭ} = 326$ მპა
- ვარიანტი-4. $E_{საჭ} = 324$ მპა
- ვარიანტი-6. $E_{საჭ} = 298$ მპა

$K_{პრ}=1,2$ დასაშვები დრეკადი ჩალუნვით სიმტკიცის მარაგის მინიმალური კოეფიციენტის უზრუნველსაყოფად საგზაო სამოსის სიმტკიცის საერთო მოდულებს უნდა ქონდეთ შემდეგი მნიშვნელობები:

საჭირო სიმტკიცის საერთო მოდული ვიბრაციის გათვალისწინებით, მპა

- ვარიანტი-2. $E_{საჭ} = 431$ მპა
- ვარიანტი-3. $E_{საჭ} = 391$ მპა
- ვარიანტი-4. $E_{საჭ} = 389$ მპა
- ვარიანტი-6. $E_{საჭ} = 357$ მპა

სიმტკიცის საერთო მოდული ვიბრაციის გათვალისწინების გარეშე, მპა

- ვარიანტი-2. $E = 448$ მპა
- ვარიანტი-3. $E = 352$ მპა
- ვარიანტი-4. $E = 384$ მპა
- ვარიანტი-6. $E = 352$ მპა

დრეკადობის ზოგადი მოდულების შედარებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ $K_{კრ} = 1.2$ -ს დრეკადობის მოდულებით, ვხედავთ რომ ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებით, დრეკადი ჩალუნვით საგზაო სამოსის სიმტკიცის უზრუნველსაყოფად, საჭიროა გაიზარდოს სიმტკიცის მოდული საგზაო სამოსის კონსტრუქციისთვის მე-3 ვარიანტში 39 მპა-ით, მე-4 ვარიანტში 6 მპა-ით, და მე-6 ვარიანტში 5 მპა-ით.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით, არ შეინიშნება პირდაპირი დამოკიდებულება დრეკადი ჩალუნვის საჭირო სიმტკიცის უზრუნველყოფასა და $E_{საერთო}^{დრ}$ სიდიდეს შორის. ამ ფაქტორის გათვალისწინებით სიმტკიცის მაჩვენებლების უზრუნველსაყოფად, პირველ რიგში უნდა განხორციელდეს ვიბრაციის დაბალი დონის უზრუნველყოფელი საგზაო სამოსის ფენების სისქის ან სიხშირის თანაფარდობების დინამიკური შერჩევა. მაგალითად $E_{სრული}^{დრ}$ და $E_{სრული}$ სიდიდის შედარება მე-3 და მერ ვარიანტებში, რომელთაც ერთნაირი $E_{სრული} = 352$ მპა აქვთ აჩვენებს რომ მე-3 ვარიანტში აუცილებელია $E_{სრული}$ -ის გაზრდა 39 მპა-ით და მე-6 ვარიანტში მხოლოდ 5 მპა-ით.

ვიბრო დატვირთვის გათვალისწინებისას საგზაო სამოსის ყველა კონსტრუქციული ვარიანტიდან, მე-6 ვარიანტის ჩათვლით, არ

აკმაყოფილებს სიმტკიცის მაჩვენებლებს, სიმტკიცის მარაგის მოთხოვნილი მინიმალური კოეფიციენტით, მთელი დაგეგმილი საექსპლუატაციო ვადის განმავლობაში. თუმცა, სხვა ვარიანტებთან შედარებით, მე -6 ვარიანტი მოითხოვს მინიმალურ გამკვრივებას. ამასთან დაკავშირებით, მივიღებთ ამ კონსტრუქციულ ვარიანტს, როგორც საფუძველს საგზაო სამოსის ვიბროდაცული კონსტრუქციის ფორმირებისთვის.

2.3.1 ვიბრაციული დინამიკური დატვირთვების თანაფარდობის ანალიზის საფუძველზე საგზაო სამოსის მომიჯნავე ფენების პარამეტრების განსაზღვრა

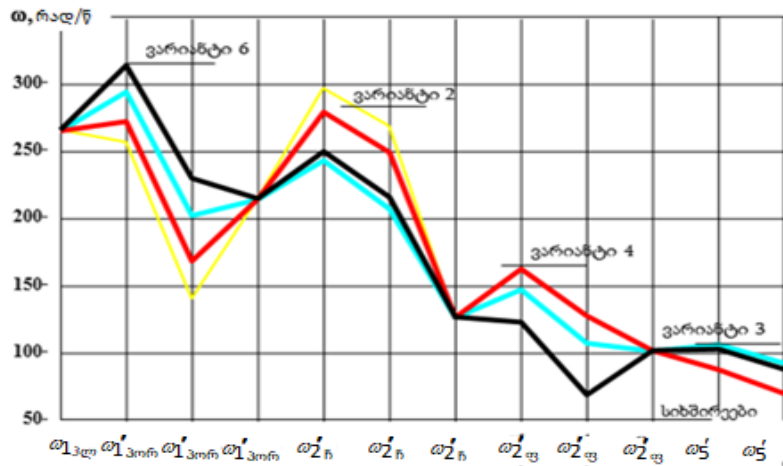
ყველა შესწავლილი კონსტრუქციული ვარიანტისთვის აგებულ იქნა სამოსის ფენებში საკუთრივი სიხშირეების განაწილების გრაფიკი, რომელთა განაწილება ნაჩვენებია 11 ნახ-ზე. სიხშირეების რიცხობრივი მნიშვნელობები შეესაბამება ცხრილში მოცემულ მონაცემებს, სიხშირეების აღნიშვნები შეესაბამება დიფერენციალურ განტოლებებს.

სამოსის ამგები ფენების სიხშირეების განაწილების ცხრილი.

ცხრილი 11.

№ ვარიანტი	წრიული რხევა. რად/წმ											
	$\omega_{1_{მკ}}$	$\omega_{1_{ფორ}}$	$\omega_{1'_{მკ}}$	$\omega_{1'_{ფორ}}$	$\omega_{2_{შლ}}$	$\omega_{2'_{შლ}}$	$\omega_{2'_{შლ}}$	$\omega_{2_{ფლ}}$	$\omega_{2'_{ფლ}}$	$\omega_{2'_{ფლ}}$	$\omega_{5'}$	$\omega_{5'}$
1	265	214	242	323	126	162	205	101	80	129	95	109
2	265	214	140	256	126	268	296	101	107	147	92	106
3	265	214	202	294	126	207	243	101	107	147	92	106
4	265	214	168	272	126	249	279	101	127	162	69	87
5	265	214	229	313	126	215	249	101	88	134	77	94

განტოლებების შესაბამისად, ხუთფენიან საგზაო სამოსში შეიძლება გამოიყოს სიხშირეების სამი ჯგუფი - პარციალური სიხშირეები ან მომიჯნავე ფენების მყარი ურთიერთკავშირის სიხშირეები - $\omega_{1_{მკ}}$, $\omega_{1'_{ფორ}}$, $\omega_{2'_{შლ}}$, $\omega_{2'_{ფლ}}$, $\omega_{5'}$; ფენების საკუთარი სიხშირეები, თუ ფენებს წარმოვიდგენთ როგორც ერთ ეტაპიან ობიექტებს $\omega_{1_{მკ}}$, $\omega_{1_{ფორ}}$, $\omega_{2_{შლ}}$, $\omega_{2_{ფლ}}$; და სიხშირის კოეფიციენტები $\omega_{1'_{ფორ}}$, $\omega_{2'_{შლ}}$, $\omega_{2'_{ფლ}}$, $\omega_{5'}$. ამასთან გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები: $1_{მკ}$ - საფარის ზედა ფენა მკვრივი ასფალტ ბეტონისგან, $1_{ფორ}$ - საფარის ქვედა ფენა ფოროვანი ასფალტ ბეტონისგან, $2_{შლ}$ - საფუძვლის ზედა ფენა შავი ღორღისგან, $2_{ფლ}$ - საფუძვლის ქვედა ფენა ფრაქცირებული ღორღისგან, 5 - ქვესაგები ფენა ქვიშისგან.



ნახ. 15. - სიხშირეების განაწილება საგზაო სამოსის ფენებში

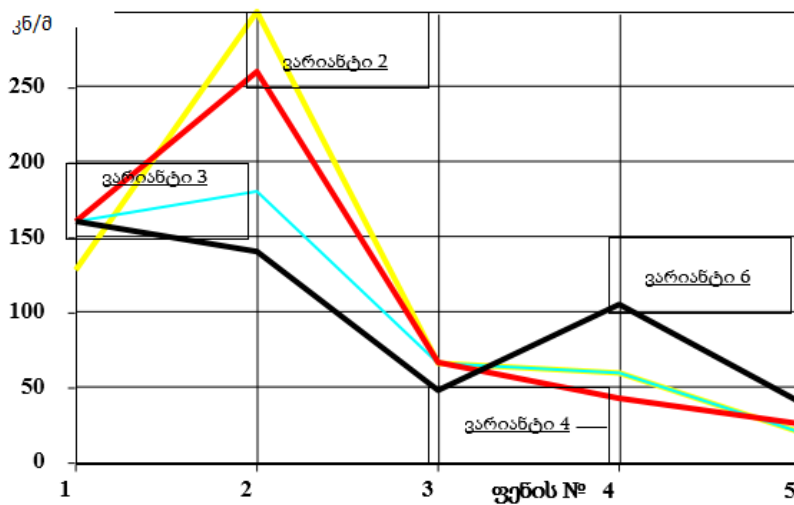
გრაფიკი ნახ. 15-ზე ასახავს საგზაო სამოსის ფენების სიხშირეთა თანაფარდობის თავისებურებებს ყოველი კონსტრუქციული ვარიანტისთვის. გრაფიკულ დამოკიდებულებებს აქვთ ოთხი საერთო წერტილი საგზაო სამოსის ფენების საკუთარი სიხშირეების მიხედვით აი. ამ წერტილებს შორის მომიჯნავე ფენების დრეკადი ურთიერთკავშირის სიხშირეები და სიხშირის კოეფიციენტებია, რომლებიც შემდგომ საერთო ვიბრო ფონს ქმნიან. ზუსტად ეს სიხშირეები ახასიათებენ საგზაო სამოსის რხევითი ფენების საერთო ურთიერთქმედებას.

გრაფიკული დამოკიდებულებიდან გამომდინარეობს, რომ მე -6 ვარიანტის ერთობლივი სიხშირეები ყველა შრეში, ფრაქცირებული ღორღის ფენის გარდა, გარკვეულ შუალედურ პოზიციას იკავებს. მასში, მისი სიხშირეები ყველაზე მცირეა სხვა ვარიანტების სიხშირეებთან შედარებით. დაყვანის კოეფიციენტის (S) თვალსაზრისით ყველაზე უარესს მე -2 ვარიანტს სიდიდით ყველაზე დაბალი ერთობლივი სიხშირეები აქვს ფოროვანი ასფალტ-ბეტონის ფენაში და ყველაზე დიდი სიხშირეები შავი ღორღის ფენაში. ამიტომ, საგზაო საფარის კარგი ვიბრაციული მაჩვენებლების მისაღებად აუცილებელია სიხშირეების გაზრდა ფოროვანი ასფალტ-ბეტონის ფენაში და შემცირება შავი და ფრაქცირებული ღორღის ფენაში. ასეთია ერთობლივი სიხშირეების წარმოქმნის ზოგადი ტენდენცია

ვიბროდაცული საგზაო სამოსის მისაღებად.

რადგან სიხშირეები წარმოადგენს საგზაო სამოსის ფენების მასის და სიხისტის ფუნქციებს, გამოვიკვლიოთ ამ პარამეტრების განაწილება სხვადასხვა კონსტრუქციული ვარიანტების ფენებში.

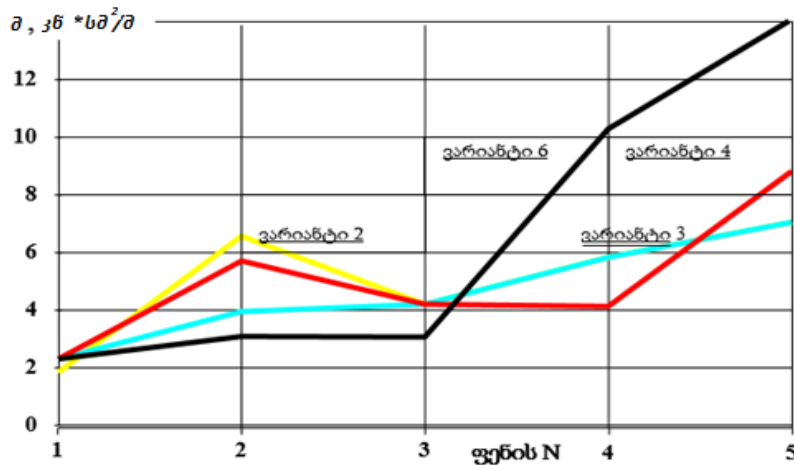
ნახ. 16-ზე წარმოდგენილია სიხისტეების განაწილება საგზაო სამოსის ფენებზე



ნახ. 16 - სიხისტეების განაწილება საგზაო სამოსის ფენებზე

ამ გრაფიკზე ვიბროდაცულობის კონსტრუქცია უფრო მკაფიოდაა გამოსახული. სამოსის კონსტრუქციის ვიბრო დატვირთვის შესამცირებლად აუცილებელია შავი ღორღის საფარსა და ფენაში სიხისტის შემცირება (სიმტკიცის მაჩვენებლებთან დაკავშირებულ გარკვეულ ზღვრამდე), და ფრაქცირებული ღორღის და ქვიშის ფენაში გაზრდა.

განვიხილოთ საგზაო სამოსის ფენების მასის განაწილება (ნახ. 13). აქედან გამომდინარეობს, რომ ყველაზე სასურველი კონსტრუქცია მცირე მასებით სამი ზედა ფენაშია და დიდი მასები თქვედა ფენებში.



ნახ. 17 - მასის განაწილება საგზაო სამოსის ფენებზე

16 და 17 ნახ.-ების გრაფიკების შედარებით ვხედავთ რომ საგზაო სამოსის სამი ზედა ფენისთვის აუცილებელია ერთდროულად შემცირდეს სიხისტის და მასის სიდიდეები და გაიზარდოს იგივე პარამეტრები ქვედა ფენებში. სიხშირეებმა წარმოქმნილმა როგორც სიხისტის და მასის დამოკიდებულება, ამ პარამეტრების შეცვლისას შეიძლება შეინარჩუნონ თავიანთი თავდაპირველი მნიშვნელობა.

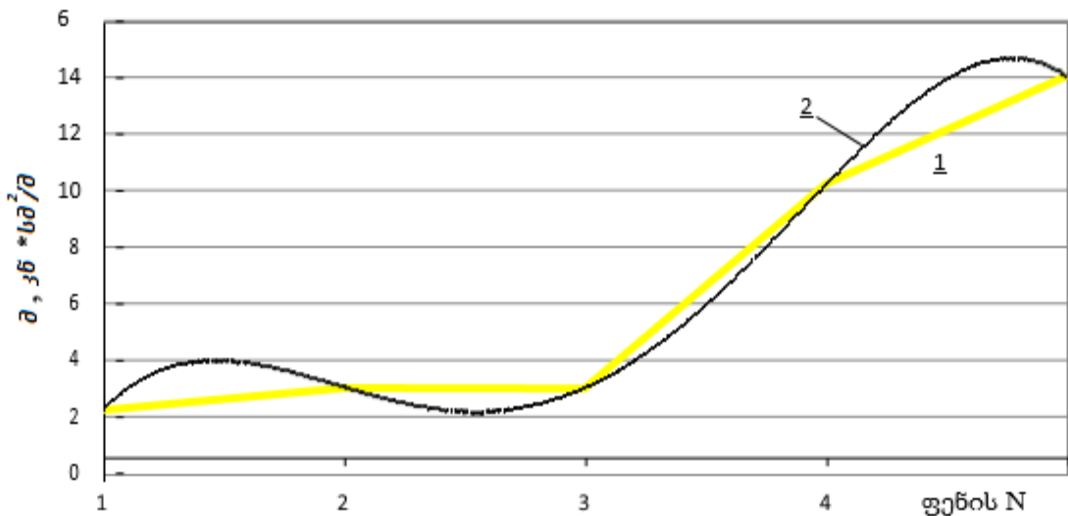
ასევე საჭიროა იმის გათვალისწინება რომ სიხშირეების, სიხისტის და ინერციული პარამეტრების გამოყენებით ვიბროდაცული საგზაო სამოსის კონსტრუირებისას სტანდარტული მეთოდისა არ გამოიყენება. ამ მეთოდის შესაბამისად წინასწარ ხდება საგზაო სამოსის საერთო დატვითვის გამოთვლა (დატანის ჯამური საანგარიშო რაოდენობა საექსპლუატაციო ვადაში) შემდეგ ამ სიდიდეებზე დაყრდნობით დგინდება საგზაო სამოსის პარამეტრები: ფენების მასალების რაოდენობა და სახეობა, ფენების სისქე. ამის შემდეგ ხორციელდება სიმტკიცის გამოთვლები.

საგზაო სამოსების კონსტრუირებისას როდესაც ხდება ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინება პროექტირების და გაანგარიშების არსებული მეთოდების დებულებების შეცვლის გარეშე, აუცილებელია გაანგარიშდეს არა თვით საგზაო სამოსის ფენების სისქეები, არამედ მათი თანაფარდობა მომიჯნავე ფენებისთვის.

ასეთი თანაფარდობის ალგორითმის შესაქმნელად ჩვენ გამოვიყენებთ

მე -6 ვარიანტის საგზაო სამოსის პარამეტრებს, რომელსაც აქვს ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი S. ნახ. 17-დან ამ ვარიანტისთვის გამოვყოფთ მასის გავრცელების ხაზს და დამატებით ავაგებთ პირველი ფენის მასასთან საგზაო სამოსის ყველა ფენის შეფარდების გრაფიკულ დამოკიდებულებას.

ნახ. 18-ზე ნაჩვენებია ტეხილი ხაზი 1, რომელიც წარმოადგენს საგზაო სამოსის ფენებზე მასების განაწილებას.



ნახ. 18 - მასების განაწილება საგზაო სამოსის ფენებზე (ვარიანტი 6)

საგზაო საფარის ფენების სისქეების აუცილებელი შერჩევის მათემატიკურ მოდელს ვიბრო-დაცული საგზაო სამოსის ფორმირებისთვის აქვს შემდეგი სახე:

$$h_i = (-0.3417i^{-4} + 4.0043i^{-3} - 15.659i^{-2} + 24.413i - 11.417) \frac{\rho_1}{\rho_i} * h_1, \text{მ} \quad (14)$$

ამ მათემატიკური მოდელის საფუძველზე საგზაო სამოსის ფენების სიხისტის აუცილებელი თანაფარდობა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$c_1 = (-0,779i^4 + 9,1295i^3 - 35,70i^2 + 55,661i - 26,03) \frac{\rho_1}{\rho_i} * h_1 * E_i * 10^3, \text{კნ/მ} \quad (15)$$

აუცილებელი ფენების საკუთარი სიხშირეები, რაც გამოითვლება ფორმულების საფუძველზე, შეიძლება განისაზღვროს, შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\omega_i = \sqrt{\frac{(-0.3417i^{-4} + 4.0043i^{-3} - 15.659i^{-2} + 24.413i - 11.417)}{(-0.3417i^{-4} + 4.0043i^{-3} - 15.659i^{-2} + 24.413i - 11.417)}} * \frac{\rho_1}{\rho_i} * h_1 * E_i * 10^3, \text{რად/წმ} \quad (16)$$

ფენებში ერთობლივი სიხშირეები აუცილებელია გამოითვალოს გამოსახულებებით:

$$\omega_{i+1}'' = \sqrt{\frac{c_i + c_{i+1}}{m_{i+1}}} \quad \text{და} \quad \omega_{i+1}' = \sqrt{\frac{c_i}{m_{i+1}}} \quad (17)$$

საგზაო სამოსის ამა თუ იმ ფენის მასალის შეცვლისას, ფენების საჭირო სიხშირეების გასაანგარიშებლად შეიძლება გამოვიყენოთ დამოკიდებულებები, ხოლო მათში შემავალი ინერციული და სიხისტის პარამეტრები განვსაზღვროთ.

შემუშავებული ფუნქციონალური დამოკიდებულებების გამოყენებით, შესაძლებელია განვახორციელოთ არახისტი საგზაო სამოსის დაპროექტება ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით. ამავდროულად აუცილებელია მივიღოთ საგზაო სამოსის მომიჯნავე ფენების სისქეების საჭირო თანაფარდობა სამოსის კონსტრუქციების დინამიკური ძალების და დინამიკური ჩაღუნვების შემცირებული დონეების მისაღწევად. ეს ყველაზე ეფექტური გზაა არახისტი საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო ვარგისობის და გამძლეობის მნიშვნელოვანად ასამაღლებლად.

საგზაო სამოსის კონსტრუქციას, რომელსაც მომიჯნავე ფენების სისქეების დინამიკური თანაფარდობა გააჩნია, მასში რხევითი პროცესის წაროქმნისას ამ ფენების ანტიფაზურ ძალურ ურთიერთქმედებას იწვევს. ასეთი "ვიბროდაცულობის" მეთოდი უზრუნველყოფს მთელი საგზაო სამოსის დინამიკური ჩაღუნვების ფორმირებას მცირე ამპლიტუდებით, რაც უმნიშვნელოდ ცვლის დატვირთვის დატანის ჯამურ საანგარიშო რაოდენობას ექსპლუატაციის საანგარიში ვადაში.

ამ მეთოდის საფუძველზე შემუშავდა და დაპატენტდა არახისტი საგზაო სამოსის ხუთფენიანი კონსტრუქცია, გაზრდილი ვიბრო-დამცავი თვისებებით. ასეთი კონსტრუქციის საბაზისო საფუძველს წარმოადგენს მათემატიკური მოდელი.

მათემატიკური მოდელის გამოყენებით არახისტი საგზაო სამოსის პროექტირებისას სიმტკიცის აუცილებელი მაჩვენებლების უზრუნველყოფა

შესაძლებელია სხვადასხვა გზებით. განვიხილოთ საგზაო სამოსის სიმტკიცის გაზრდის რამდენიმე ხერხი.

გავზარდოთ პირველი ფენის სისქე. ამასთან სხვა ფენების სისქეები გაიზრდება. ამ შემთხვევაში, საგზაო სამოსის საერთო სისქის ზრდას ასევე თან დაერთვება სიმტკიცის საერთო მოდულის ზრდა.

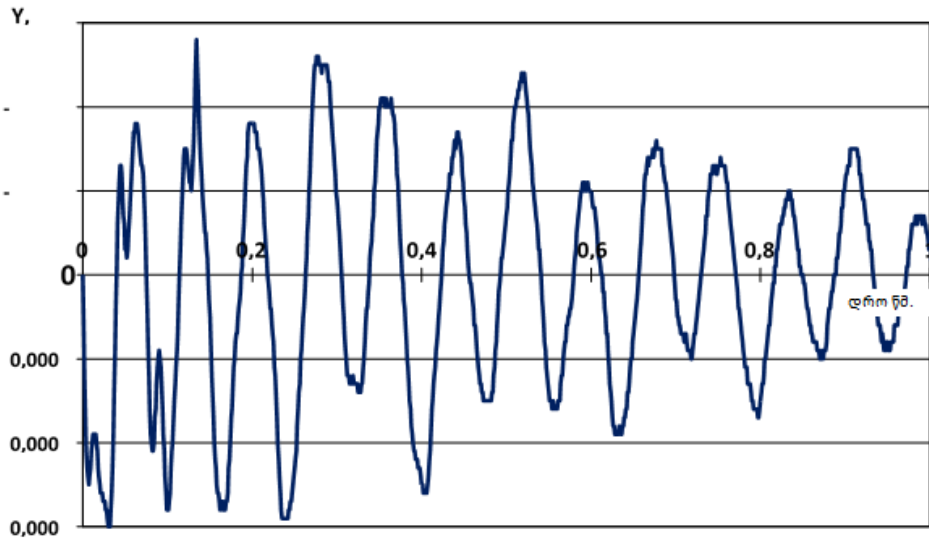
დავაპროექტოთ საგზაო სამოსის ვარიანტი საფარის ზედა ფენის სისქით $h_{1ფენ}=0,06$ მ.

დამოკიდებულებით მივიღებთ, რომ $h_{1ფორ}=0,084$ მ, $h_{2შლ}=0,096$ მ, $h_{2ფლ}=0,36$ მ და $h_5=0,478$ მ. შედეგად საგზაო სამოსის საერთო სისქე მე-6 ვარიანტთან შედარებით გაიზრდება თითქმის 18 სმ-ით, და სიმტკიცის საერთო მოდული გაიზრდება 32 მპა-ით ($E_{სრული}=352$ მპა, $E_{სრული} h_{1ჰმკვ=6სმ}=384$ მპა). ამასთან მათემატიკური მოდელის გამოყენება უზრუნველყოფს ვიბრაციული ჩაღუნვების მინიმალურ რაოდენობას და მათი დონის სიდიდით შეზღუდვას.

ახლა შევქმნათ კონსტრუქციული ვარიანტი პირველი ფენის სისქით $h_{1ფენ} = 0.05$ მ. მივიღებთ რომ $h_{1ფორ} = 0.08$ მ, $h_{2შლ} = 0.011$ მ, $h_{2ფლ} = 0.32$ მ და $h_5 = 0.42$ მ. საგზაო სამოსის საერთო სისქე მე -6 ვარიანტთან შედარებით გაიზრდება 8 სმ-ით, ხოლო დრეკადობის საერთო მოდული იქნება 368 მპა.

დავარქვათ საგზაო სამოსის ასეთ კონსტრუქციას N7 ვარიანტი და ჩავატაროთ აუცილებელი დინამიკური გაანგარიშება ამ ვარიანტისთვის.

ნახ. 19 -ზე წარმოდგენილია სამოსის კონსტრუქციის ჩაღუნვების სპექტრი მე-7 ვარიანტისთვის 1 წმ დროის ინტერვალში:



ნახ. 19 - დინამიკური ჩალუნვების საანგარიშო სპექტრი (ვარიანტი 7)

ჩალუნვებიდან ძალურ დინამიკურ დატვირთვებზე გადასვლის მეთოდის გამოყენებით განვსაზღვროთ ექვივალენტური დატვირთვები და დავთვალოთ დატვირთვის დატანის დამატებითი რაოდენობა დარტყმის-შემდგომ პერიოდში. ეს რაოდენობა შეადგენს $S_3=0,35$.

მივიღებთ რომ $\sum NP_{კიბ} = 3.948.805$ ავტ. მოთხოვნილი მინიმალური სიმტკიცის მოდული შეადგენს $E_{სრული7} = 300,5$ მპა, და სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტის გათვალისწინებით $E_{სრული7} = 360,6$ მპა, რაც ნაკლებია სიმტკიცის გაანგარიშებულ მოდულზე რომელიც უდრის 368 მპა-ს 7,3 მპა-ით.

ამრიგად, მე-6 ვარიანტს, რომელსაც აქვს კარგი დინამიკური მაჩვენებლები, მაგრამ სიმტკიცის მარაგის არასაკმარისი კოეფიციენტი ($K_{პრ} = 1.17$), საფარის ზედა ფენის სისქის მხოლოდ 0,05 სმ-ით გაზრდით და ქვედა ფენების სისქეების დინამიკური შერჩევით, გარდაიქმნება ვიბროდაცულ მე-7 ვარიანტად $K_{პრ} = 1.22$ -ით (რომელიც აკმაყოფილებს სიმტკიცის პირობას დასაშვები დრეკადი ჩალუნვისთვის).

მე-7 ვარიანტის მიხედვით დაპროექტებული საგზაო საფარის კონსტრუქციის მინუსად შეიძლება ჩაითვალოს შედარებით დიდი საერთო სისქე, რაც შეადგენს 98სმ-ს. ამასთან, გასათვალისწინებელია რომ ამ სისქის

უდიდესი ნაწილი მოდის ქვიშის ქვესაგებ ფენაზე (43.6 სმ) და ფრაქცირებული ღორღის საფუძვლის ფენაზე (32.8 სმ). ამავე დროს, საფარის მთლიანი სისქე საკმაოდ მცირეა და შეადგენს მხოლოდ 13 სმ-ს.

ასეთი კონსტრუირება უზრუნველყოფს საგზაო სამოსის გამძლე და შედარებით იაფ ვარიანტს.

თანამედროვე პირობებში მაღალი კატეგორიის გზებზე საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება მაღლი დრეკადობის მოდულის მქონე კონსტრუქციები. მაგალითად: 3 ფენიანი ასფალტ-ბეტონის საფარით და ჰიდრავლიკური შემკვრელით სტაბილიზირებული საფუძვლის ფენებით. ($E_{საერთო} = 400$ მპა).

მათემატიკური მოდელის მიხედვით(13) შექმნილია ვიბროდაცული საგზაო სამოსის ანალოგიური კონსტრუქცია და ჩატარებულია შედარებითი ანალიზი.

საგზაო სამოსის კონსტრუქციის საანგარიშო პარამეტრები. ცხრილი 12

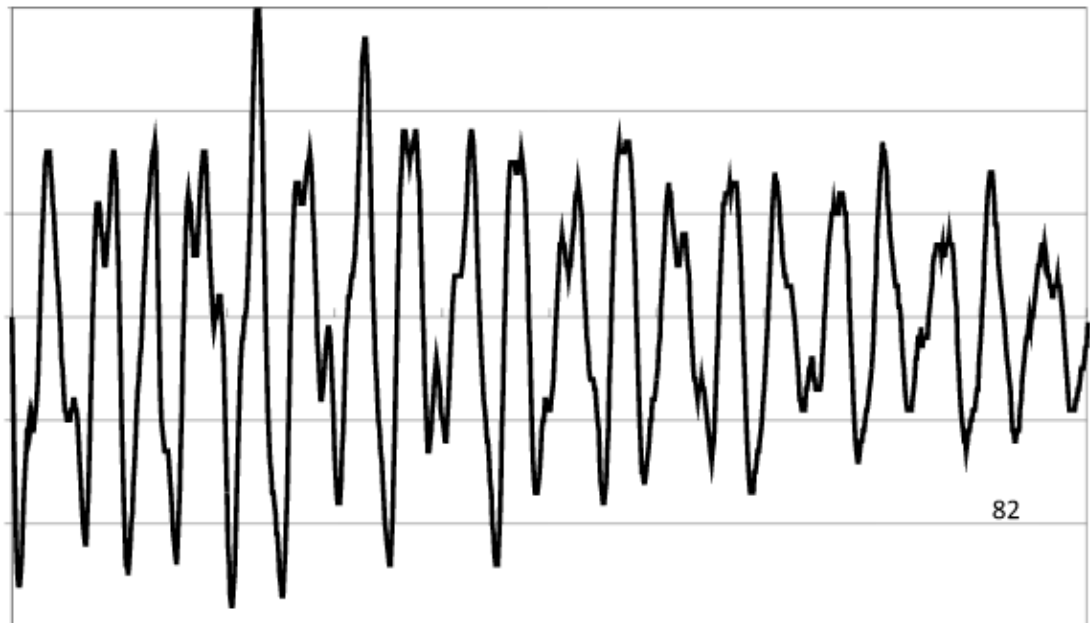
№	ფენის მასალა	სიმტკიცის მოდული, მპა	სიმტკი ცე. კვ/მ ³	ფენის სისქე, სმ	
				ნორმით	მათემატიკური მოდელი
1	ასფალტ-ბეტონი, მკვრივი	3200	2400	4	5
2	ასფალტ-ბეტონი, ფოროვანი	2000	2300	8	7
3	ასფალტ-ბეტონი, მაღალფოროვანი	2000	2100	14	7,6
4	ღორღი-ხრეში-ქვიშის ნარევი, გამყარებული ცემენტით	400	2000	26	26,9
5	ქვიშა, საშუალო ზომის	120	1950	20	37,8
სულ:				72	84,3

მე-12 ცხრილში ნაჩვენებია საგზაო სამოსის ფენების სისქეები, რომელიც გამოთვლილია მათემატიკური მოდელის გამოყენებით. შემოთავაზებულ

კონსტრუქციას ექნება ასფალტ-ბეტონის საფარის სისქე 6.4 სმ-ით ნაკლები, მაგრამ საფუძვლის ოდნავ უფრო დიდი სისქე 0.9 სმ-ით და ქვესაგები ფენის მნიშვნელოვნად დიდი სისქე (12.3 სმ-ით).

გავანალიზოთ საკვლევი საგზაო სამოსის სიმყარე დასაშვები ელასტიური ჩაღუნვის მიხედვით და ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით.

როგორც ნაჩვენებია "ნორმის" ვარიანტს აქვს მარაგის კოეფიციენტი $K_{არ} = 1.6$. დინამიკური გამოთვლების ჩატარების შემდეგ ვქმნით ამ ვარიანტის დინამიკური ჩაღუნვების ამპლიტუდურ-დროით მახასიათებელს (ნახ. 17).



ნახ. 20 - დინამიკური ჩაღუნვების საანგარიშო ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებელი (ვარიანტი «ნორმით»)

ვიბრაციული ჩაღუნვებიდან დამატებითი დატვირთვების გათვალისწინებით ვღებულობთ რომ კონსტრუქციისთვის $S_a=0,67$, $\sum N_p$ ვიბ $=4.888.439$ ავტ, $E_{დრული}=310$ მპა. რადგან $E_{სრული} =448$ მპა, მაშინ $K_{არ}$ დაიკლებს 1,44-მდე. კოეფიციენტის მიღებული სიდიდე ახასიათებს სიმტკიცის ზედმეტ მარაგს დასაშვები ელასტიური ჩაღუნვის მიხედვით, რაც, ამ ვარიანტის არაეკონომიურობის გათვალისწინებით, მიზანშეწონილი არ არის. აგრეთვე აღვნიშნავთ, რომ მხოლოდ პირველ შესამოწმებელ

განგარიშებაზე ვსაუბრობთ.

კონსტრუქციული ვარიანტის ფენებში დინამიკური ძალების დონის შეფასება გვიჩვენებს, რომ თუ მე-6 ვარიანტის 2-ფენიანი საგზაო საფარის კონსტრუქციაში დინამიკური ძალების ჯამური დონე შეადგენს 21,2კნ, მაშინ "ნორმის" ვარიანტში ეს მაჩვენებელი უტოლდება 52,2 კნ, ანუ 2.5-ჯერ მაღალია. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ქვესაგებ ფენაშიც (ქვიშის ფენა) დინამიკური ძალების დონე "სტანდარტულ" კონსტრუქციასთან შედარებით თითქმის 2-ჯერ მეტია. შესაბამისად, "სტანდარტის" -ის მიხედვით სამოსის კონსტრუქცია იმუშავებს გაზრდილი დინამიკური დატვირთვებით და მისი საექსპლუატაციო გამძლეობა იქნება დაბალი.

შემდეგ ეტაპზე განვიხილოთ (13) მათემატიკური მოდელის მიხედვით მიღებული საგზაო სამოსის კონსტრუქციის დინამიკა, რაც წარმოდგენილია 12ცხრილში. ეს კონსტრუქცია ავლნიშნოთ მე-8 ვარიანტად.

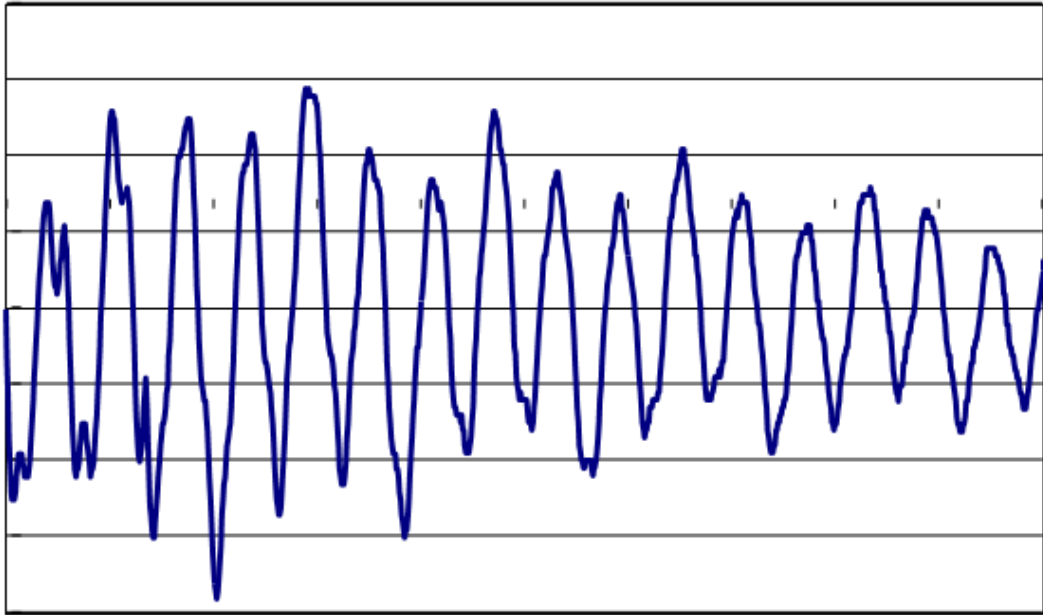
ჩაღუნვების ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებელი მე-8 ვარიანტისთვის წარმოდგენილია ნახ. 21 -ზე.

განგარიშებები გვიჩვენებს რომ N8 ვარიანტისთვის A ჯგუფის საანგარიშო ავტომობილიდან მიღებული დატვირთვის დაყვანის ჯამური კოეფიციენტი - S_3 შეადგენს: 0.69, $\sum N_p=4.946983$ ავტ, $E_{საერთო8}^{ღრ}=310$ მპა, $E_{საერთო8}=384$ მპა და $K_{პ8}=1.24$.

ამრიგად, არახისტი საგზაო სამოსების სტანდარტიდან გამომდინარე ვარიანტი 8 აკმაყოფილებს დასაშვები დრეკადი ჩაღუნვით სიმტკიცის პირობას, ისევე როგორც მე -7 ვარიანტის ორფენიანი ასფალტბეტონის საფარის მქონე წინა ეტაპზე გამოკვლეული კონსტრუქცია .

თუმცა, თუ შევადარებთ მე-7 და მე-8 ვარიანტებს, ვხედავთ რომ მე -8 ვარიანტში გამოყენებული ასფალტ-ბეტონის საფარის სისქისა და საფუძვლის ფენებების გაზრდამ პარალელურად გამოიწვია დამატებითი ძალური ვიბრაციული დატვირთვების რაოდენობის მნიშვნელოვანი ზრდა, რომელიც შეადგენს დაახლოებით 1,0 მილიონ დამატებით ღერძულ დატვირთვას 15 საანგარიშო წლის განმავლობაში. ასეთი შედეგების

გათვალისწინებით, სამფენიანი ასფალტ-ბეტონის საფარის საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ვარიანტის გამოყენება მიზანშეწონილი არ არის.



ნახ.21 - დინამიკური ჩაღუნვების საანგარიშო ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებელი (ვარიანტი 8)

საგზაო სამოსში დინამიკური ძალების ჯამური დონე მე-8 ვარიანტის მიხედვით შეადგენს 32,2 კნ, რაც 1,5-ჯერ მაღალია მე-7 ვარიანტის კონსტრუქციაში არსებულზე და 1,6-ჯერ დაბალია სტანდარტულ კონსტრუქციაში არსებულზე.

საანგარიშო მონაკვეთზე ვიბრაციული დატვირთვის ზრდამ უნდა გამოიწვიოს საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო გამძლეობისა და მზიდუნარიანობის შემცირება. შესაბამისად, ორფენიანი ასფალტბეტონის საფარიანი საგზაო სამოსის მე -7 ვარიანტი დინამიკური და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებით უპირატესია.

2.3.2. საგზაო სამოსის კონსტრუქციის საანგარიშო ექსპლუატაციის ვადის განსაზღვრა ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინებით

არახისტი საგზაო სამოსის მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტის მიხედვით გაანგარიშებისას, ექსპლუატაციის ვადა დგინდება გზის კატეგორიის, სამოსის ტიპისა და კლიმატური დარაიონების გათვალისწინებით. საექსპლუატაციო პერიოდის განმავლობაში, ვიბრაციული დატვირთვის არსებობის ფონზე, საგზაო სამოსისთვის ნორმატივით განსაზღვრული ვადა პრაქტიკულად არაპროგნოზირებადია, რის გამოც არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციების რეალური ხანგამძლეობა რამდენადმე ჩამორჩება საანგარიშო ნორმატიულ მნიშვნელობას. თუმცა, ჩვენს მიერ გაუმჯობესებული მეთოდოლოგიით, დამატებითი ვიბრაციული დეფორმაციების გათვალისწინებით, შესაძლებელია გამოვთვალოთ სამოსის კონსტრუქციის ფაქტიური ექსპლუატაციის ვადა.

როგორც ნაჩვენებია, საგზაო სამოსის ფენების რხევა ქმნის ვიბრაციულ დატვირთვას, რომელიც შეიძლება წარმოდგენილი იყოს A ტიპის ავტომობილების ჯგუფის პირობითი დამატებითი ზემოქმედება.

ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდიკიდან გამომდინარე, სამოსის კონსტრუქციის დაგეგმვის პროცესის პირველ ეტაპზე აუცილებელია გაანგარიშების სქემაში წინასწარ შერჩეული დინამიკური პარამეტრების გათვალისწინება, ხოლო მეორე ეტაპზე განისაზღვროს საგზაო სამოსის საანგარიშო ექსპლუატაციის ვადა. ამასთანავე, თუ დინამიკურ გაანგარიშებაში შევიტანთ ექსპლუატაციის გარკვეულ ვადას, რომელიც ნორმატიულს აღემატება ფუნქციონალურად არის დაკავშირებული ვიბრაციული დატვირთვის დონესთან, მაშინ შესაძლებელი იქნება სამოსის კონსტრუქციის ისეთი მიდგომებით განხორციელება, რომლებიც უზრუნველყოფს ექსპლუატაციაში რეალური და საანგარიშო

საექსპლუატაციო ვადების სიახლოვეს. ქვემოთ მოცემულ ფორმულაში ასახულია ექსპლუატაციის პერიოდში დაყვანილი ავტომობილების საერთო რაოდენობა.

$$\sum N_p = 0.7 * N_p * \frac{K_c}{q^{T-1}} * T * K_n \quad (18)$$

სადაც: N_p – მოძრაობის ინტენსიობა ექსპლუატაციის ვადის დასასრულს, ავტ/დღე-ღამე; $\sum N_p$ – მუშაობის მთლიანი პერიოდის განმავლობაში ინტენსივობის ჯამი, ავტ;

$$K_c = \frac{q^t - 1}{q - 1} \text{ დაჯამების კოეფიციენტი}$$

q – წლების მიხედვით ინტენსიურობის მომატება;

T – წელიწადში საანგარიშო კლიმატური დღეების რაოდენობა, დღე;

K_c – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს საშუალო მოსალოდნელიდან ჯამური მოძრაობის გადახრის ალბათობას.

მაგალითად, საავტომობილო გზისთვის $T=135$ დღე, $K_n=1,49$. შემოვიტანოთ პირობითი დინამიურობის კოეფიციენტი „ა“ რომელიც ტოლია:

$$a = 0,7 * T * K_n * N_p \quad (19)$$

ან მიღებული პირობებისთვის T და K_n მნიშვნელობების ჩასმით:

$$a = 140,8 * N_p \quad (20)$$

15 წლიანი ექსპლუატაციის პირობებში ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინების $\sum N_{p15}$ შეადგენს 2.927.209 ავტ. საანგარიშო დატვირთვის ამგვარი რაოდენობა რეალიზდება ნორმატიულ ვადამდე. ამ შემთხვევაში, პირობითი დინამიურობის კოეფიციენტი " a " იქნება მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს $\sum N_{p15}$ ნაადრევ მიღწევას.

შემოვიტანოთ ეს კოეფიციენტი იმ შემთხვევებისთვის, როდესაც გათვალისწინებულია ვიბრაციული დატვირთვა - $a_{დინ}$ დინამიურობის კოეფიციენტი. $a_{დინ}$ იქნება ფუნქციონალურად დაკავშირებული $N_{p_{დინ}}$ მოძრაობის პირობით ინტენსიურობასთან. კერძოდ:

$$\alpha = 140,8 \times N_p \quad (21)$$

გამოვსახოთ განტოლება q ინტენსივობის მაჩვენებლის K_c და q მნიშვნელობების ჩასმის შემოტანის მეშვეობით, ამგვარად კოეფიციენტის „ა“:

$$q^T = \frac{aq}{aq - q \sum N_p + \sum N_p} \quad (22)$$

გალოგარითმირებისას, მივიღებთ ფორმულას საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის ვადის გამოსათვლელად, როგორც შემდეგ ფუნქციას: N_p , $\sum N_p$ და q :

$$T_{\text{ქს}} = \frac{\log aq - \log(aq - q * \sum N_p + \sum N_p)}{\log q} \quad (23)$$

დატანილი დატვირთვის ჯამური საანგარიშო რაოდენობა ვიბრაციის გათვალისწინებით აღინიშნება, როგორც $\sum N_p$ დინ.

$\sum N_{p\text{დინ}}$ მაჩვენებელი ფორმირდება ვიბრაციული დამატებითი დატვირთვების გათვალისწინებით და პირდაპირპროპორციულია გზის კონსტრუქციის დინამიკურ პარამეტრებზე.

საგზაო სამოსის გამოკვლეული კონსტრუქციული ვარიანტებისთვის $\sum N_{p\text{დინ}}$ მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში 12.

ვიბრაციული პროცესების გათვალისწინება საგზაო სამოსის პროექტიებისას გამოიხატება ტიპურ გაანგარიშებასთან შედარებით ექსპლუატაციის ვადის განმავლობაში საანგარიშო მონაკვეთის დატვირთვის რაოდენობის ზრდაში (ამ მაგალითში 15 წლის განმავლობაში). ჯამური რიცხვი, რომელიც მოიცავს მოძრაობის საანგარიშო ინტენსიობის დატვირთვას და ვიბრაციისგან დამატებით დატვირთვას, ჩავთვალოთ მოძრაობის პირობით ინტენსიურობად. მაგალითად, თუ ექსპლუატაციის ვადის ბოლოს მოძრაობის საანგარიშო ინტენსიობა შეადგენს $N_p=1800$ ავტ / დღე-ღამე, მაშინ $N_{p\text{დინ}}$ ვიბროდატვირთვის საანგარიშო სიდიდეზე მეტი იქნება.

საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის მე -15 წლისთვის მოძრაობის პირობით ინტენსიურობას განვსაზღვრავთ (25) დამოკიდებულებით. გამოკვლეული

ვარიანტების გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრილში. 12.

$$N_{p\text{დინ}} = \frac{\sum N_{p\text{დინ}} * (q-1) * q^{T-1}}{140.8(q^t-1)} \quad (24)$$

საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის ვადის დასადგენად საანგარიშო მაჩვენებლები ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით. **ცხრილი 13**

ვარიანტი №	დატვირთვის დატანის ჯამური რაოდენობა, ავტ		მოდრაობის პირობითი ინტენსიურობა ავტ/დღე-ღამე		საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადა, წელი	
	$\sum N_p$	$\sum N_{p\text{დინ}}$	ექსპლუატაციის ვადის ბოლოს	პირველ წელს	$T_{\text{ექს}}$	$T_{\text{ექს. დინ}}$
			$N_{p\text{დინ}}$	$N_{p\text{დინ}1}$		
2	2.927.209	15.423.464	9474	5470	15	2,25
3	2.927.209	7.110.190	4368	2522	15	5,17
4	2.927.209	6.779.416	4164	2404	15	5,42
6	2.927.209	3.735.118	2294	1324	15	10,92
7	2.927.209	3.948.805	2426	1400	15	10,17
8	2.927.209	4.946.983	3039	1754	15	7,83

პირველი წლის მოძრაობის პირობითი ინტენსიურობა შესაძლებელია განისაზღვროს შემდეგნაირად:

$$N_{p\text{დინ}} = \frac{N_{p\text{დინ}}}{q^{t-1}} \quad (25)$$

ამრიგად, ვიბრაციის ფაქტორების გათვალისწინებით, საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის ვადის გამოანგარიშებისთვის აუცილებელია გამოსახულებაში ჩავსვათ „ $a_{\text{დინ}}$ “ და $\sum N_p$.

მე-13 ცხრილის მასალების ანალიზი აჩვენებს, რომ ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებისას, არახისტი საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადები ნორმატიულ $T_{\text{ექს}}$ -ზე მნიშვნელოვნად დაბალია. რაც უფრო უარესია დინამიკური თანაფარდობა საგზაო სამოსის ფენების პარამეტრებს შორის, მით უფრო მოკლეა საანგარიშო საექსპლუატაციო ვადა. აღვნიშნოთ, რომ ცხრილში წარმოდგენილი ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადები ახლოს არის რეალურ ექსპლუატაციურ მაჩვენებლებთან. მე-6 და მე-7 კონსტრუქციული ვარიანტები, რომლებიც უზრუნველყოფს შემცირებულ

ვიბროდატვირთვას, იძლევა შესაძლებლობას, გაიზარდოს ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადა მინიმუმ 20%-ით.

მე-13 ცხრილის მასალების ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ საავტომობილო გზაზე ექსპლუატირებული არახისტი საგზაო სამოსის დაბალი ვარგისიანობა და გამძლეობა პირდაპირ კავშირშია იმ ფაქტთან, რომ ისინი გაანგარიშებული იყო ვიბროდატვირთვის გათვალისწინების გარეშე.

არსებობს არახისტი საგზაო სამოსის ანგარიშის მეთოდოლოგია, სამოსის კონსტრუქციის დასაშვები ზღვრული ჩაღუნვის კრიტერიუმის შესაბამისად გაანგარიშებისას, ფაქტობრივად იდება სიმტკიცის ისეთ პარამეტრები, რომლებიც ვერ უზრუნველყოფს ექსპლუატაციის საჭირო ვადებს. საგზაო სამოსის მზიდუნარიანობის ამაღლება სტანდარტულ ვარიანტი სამფენიანი ასფალტ-ბეტონის საფარით და ღორღისა და ქვიშა-ხრემის საფუძვლად, რომელიც სტაბილიზირებულია ჰიდრავლიკური შემკვრელით სამოსის ზედაპირზე საერთო დრეკადობის მოდული $E_{სრული}=448$ მპა და სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი $K_{არ}=1,6$ ზრდის ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადას მხოლოდ 7%-ით. ეს საკმარისი არ არის, რადგან ექსპლუატაციის საერთო ვადა, ამ კონსტრუქციული ვარიანტის შემთხვევაში, აღწევს მოთხოვნილი ნორმატიული ვადის მხოლოდ ნახევარს.

შესაბამისად, საგზაო სამოსის ვარგისიანობისა და გამძლეობის გაზრდის პერსპექტიულ და ეკონომიკურად სასარგებლო მეთოდს წარმოადგენს საგზაო სამოსის ამგები ფენების პარამეტრების დინამიკურად შერჩევის მეთოდოლოგია, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება ვიბრაციული დატვირთვები. მხოლოდ ასეთი შერჩევით არი შესაძლებელი მე -6 და მე -7 კონსტრუქციულ ვარიანტებმა გაიზარდოს ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადები თითქმის მინიმუმ 20%-ით.

საანგარიშო და ნორმატიული ექსპლუატაციის ვადების სიდიდეების სიახლოვე ასევე შესაძლებელია არახისტი საგზაო სამოსის გარკვეული პირობითი ექსპლუატაციის ვადით გაანგარიშებისას, რომელიც აღემატება

ნორმატიულს და ფუნქციონალურადაა დაკავშირებული ვიბრაციული დატვირთვის დონესთან. ამ მეთოდიკას უფრო დეტალურად განვიხილავთ შემდეგი მაგალითის გამოყენებით.

შემოვიტანოთ აუცილებელი პირობები საგზაო სამოსის გაანგარიშებისათვის:

- გზა განლაგებულია IV საგზაო-კლიმატურ ზონაში;
- საავტომობილო გზის ტექნიკური კატეგორია - II;
- საგზაო სამოსის დაგეგმილი ექსპლუატაციის ვადაა - $T_{\text{ექს}} = 15$ წელი;
- საგზაო სამოსის პირობითი ექსპლუატაციის ვადა $T_{\text{ექს პირ}} = 25$ წელი;
- დაგეგმილი ექსპლუატაციის ვადის ბოლოს მოძრაობის დაყვანილი ინტენსიობა მოყვანილი A ტიპის დატვირთვაზე, $N_{p 15} = 1800$ ავტ/დღე-ღამე;
- მოძრაობის ინტენსიობა $N_{p 25} = 2663$ ავტ/დღე-ღამე;
- ინტენსიობის მომატება $q = 1.04$.

განვსაზღვროთ ექსპლუატაციის 25 წლის განმავლობაში დაყვანილი საანგარიშო დატვირთვის ჯამური საანგარიშო რაოდენობა. მაშინ $\sum N_{p25}$ იქნება 6.093.343 ავტ. გამოვიანგარიშოთ საჭირო დრეკადობის მოდული ფორმულით.

$$E_{\text{სრული}} = 98,65 (\log (\sum N_p) - 3,55) \quad (26)$$

$\sum N_{p25}$ მნიშვნელობის ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ, რომ $E_{\text{სრული}25} = 319$ მპა. იმის გათვალისწინებით, რომ საჭირო სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი, რომელიც აუცილებელია დასაშვები დრეკადი ჩალუნვის გამოსათვლელად უდრის 1.2-ს, ასეთ შემთხვევაში საგზაო სამოსს უნდა გააჩნდეს დრეკადობის საერთო მოდული არა ნაკლები 383 მპა.

საგზაო სამოსი გამოვიანგარიშოთ (13) ფორმულის შესაბამისად, მასში აუცილებელი დინამიკური პარამეტრების რეალიზაციისთვის, თუმცა იმის გათვალისწინებით, რომ დაკმაყოფილდება პირობა $E_{\text{სრული}25} \geq 383$ მპა.

საანგარიშო კონსტრუქცია შესაძლებელია წარმოდგენილი იყოს ხუთფენიანი საგზაო სამოსის სახით ფენების შემდეგი პარამეტრებით: მკვრივი ასფალტ-ბეტონი 60/90 მარკის $h_{103}=6$ სმ ($E = 3200$ მპა), ფოროვანი ასფალტ-ბეტონი 60/90 მარკის $h_{100r}=8.4$ სმ ($E = 2000$ მპა), შავი ღორღი $h_2 = 9.6$ სმ ($E = 600$ მპა), ფრაქციული ღორღი $h_{2g} = 36$ სმ ($E = 350$ მპა) და ქვიშა $h_5 = 47.8$ სმ ($E = 100$ მპა).

კონსტრუქციის საერთო მაჩვენებლები შეადგენს $h_{(საფარი)} = 14.4$ სმ, $h_{(საფუძველი)} = 45.6$ სმ, $h_{სრული} = 107.8$ სმ, ხოლო დრეკადობის საერთო მოდული $E_{სრული} = 384$ მპა და $K_{კრ} = 1.204$.

მოცემული კონსტრუქცია აკმაყოფილებს დასაშვები დრეკადი ჩაღუნვის სიმტკიცის პირობას 25 წლიანი ნორმატიული ექსპლუატაციის ვადის განმავლობაში, ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინების გარეშე. საანგარიშო საექსპლუატაციო ვადის დასადგენად, ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებით, ჩავატაროთ შესაბამისი დინამიკური გამოთვლები.

ჩავატაროთ დინამიკური გამოთვლები დარტყმითი ურთიერთმოქმედებისა, რომელსაც განაპირობებს 80 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი სატვირთო მანქანა. საგზაო სამოსის კონსტრუქციის დინამიკური უსწორმასწორობა შეადგენს 0.01 მ-ს.

გამოკვლეული სამოსის კონსტრუქციის დინამიკური ვიბრაციული სპექტრების მიღების შემდეგ, გამოვყოფთ დინამიკური ჩაღუნვების ჯამურ ამპლიტუდურ-დროით მახასიათებელს. შემდგომი ანალიზისთვის, გამოვიყენებთ მხოლოდ კუმშვით ღუნვებს, რომლებიც რეალიზებულია რხევითი პროცესის 1 წამის განმავლობაში. ამ ჩაღუნვებს გადავიტანთ ეკვივალენტურ პირობითი ავტომობილებისგან მიღებულ დატვირთვებზე. ამ ავტომობილებისგან მიღებულ დატვირთვებს დავიყვანთ A ჯგუფის დატვირთვაზე და ფორმულით გამოვთვლით S_n ეკვივალენტური დატვირთვების დაყვანის ჯამურ კოეფიციენტს. გადასაჭრელი ამოცანისთვის $S_n = 0,412$. მე-12 ფორმულით დავადგენთ, რომ დაყვანილი

დატვირთვის საერთო ჯამური საანგარიშო რაოდენობა პირობითი ექსპლუატაციის ვადის განმავლობაში ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით, იქნება $\sum N_{r\text{დინ25}} = 8.603.800$ ავტ.

დაყვანილი დატვირთვის ამგვარი გაზრდილი რაოდენობა მოითხოვს ან გზის კონსტრუქციის დრეკადობის საერთო მოდულის გაზრდას 401 მპა-მდე, ან შეამცირებს საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო ვადას ისე, რომ დრეკადობის საერთო მოდული $E_{სრული}=384$ მპა.

ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდის თანახმად, გამოვთვლით ფორმულით საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის ვადას განხილული ამოცანისთვის:

$$T_{\text{ექს}} = \frac{\log(a_{\text{დინ}}*q) - \log(a_{\text{დინ}}*q + \sum N_{p25}(1-q))}{\log q} \quad (27)$$

$$a_{\text{დინ}} = \sum N_{p\text{დინ25}} \frac{(q-1)*q^{t-1}}{q^t - 1} \quad (28)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩანაცვლებით (ჩასმით), მივიღებთ, რომ $T_{\text{ექს}}$ შეადგენს 14 წელსა და 11 თვეს. ამრიგად, საგზაო სამოსი გზის მომიჯნავე ფენების დინამიური სიხშირის თანაფარდობით და 25 წელზე გათვლილი პირობითი საექსპლუატაცი ვადით, უზრუნველყოფს 15 წლიან რეალურ საექსპლუატაციო ვადას, რომელიც უკვე შეესაბამება ნორმატიულ საანგარიშო მნიშვნელობას.

2.4 არახისტი საგზაო სამოსის გაანგარიშების მეთოდის გაუმჯობესება ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინებით

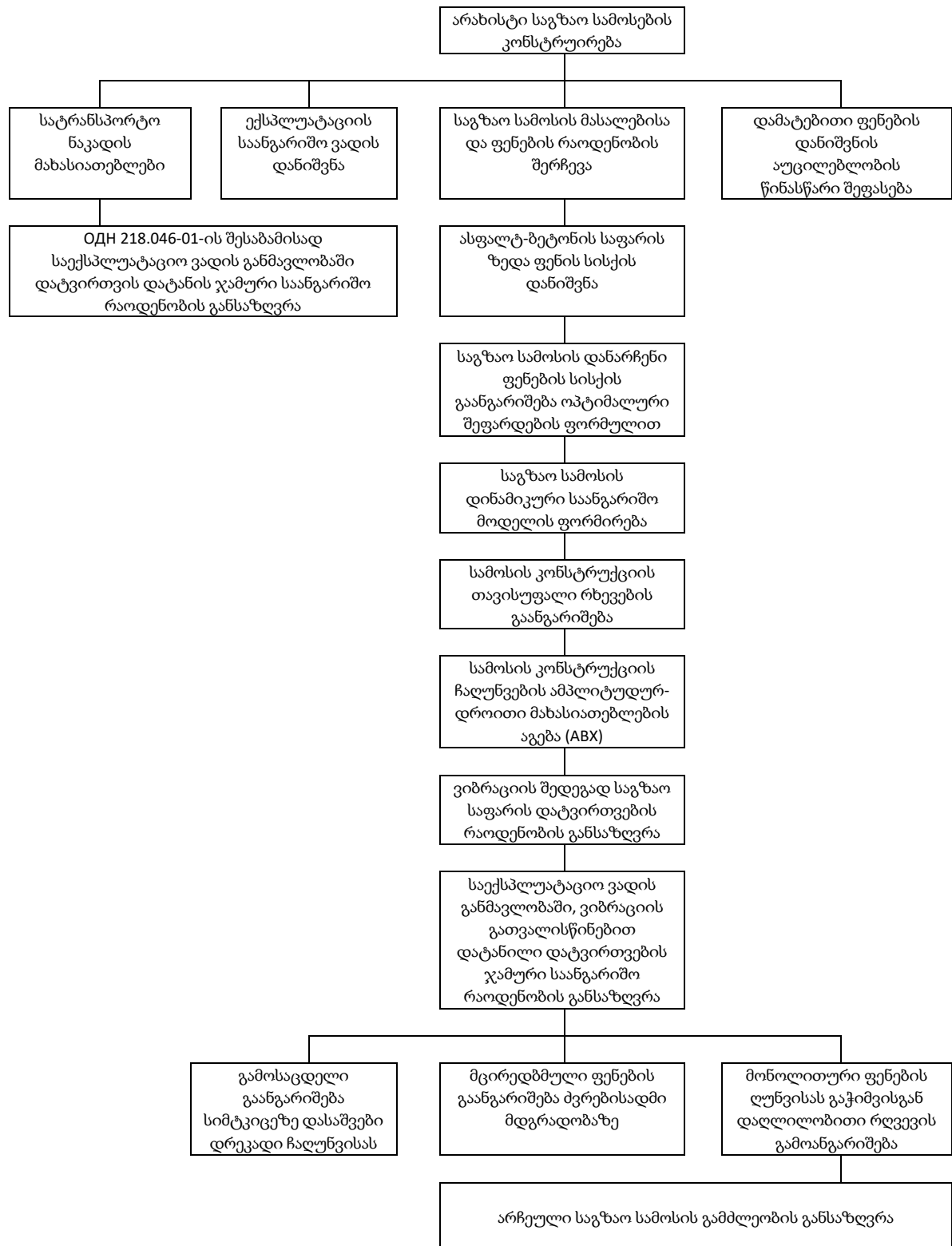
სამოსის კონსტრუქციების გაანგარიშების ზოგად კომპლექსში უნდა იქნას გამოყენებული ჩვენს მიერ შემუშავებული ვიბრომედეგი კონსტრუირების მეთოდი ყველა მოსალოდნელი დატვირთვების გათვალისწინებით.

ამ კომპლექსის საფუძველი უნდა იყოს ვიბრაციისგან დაცული საგზაო სამოსის გაანგარიშების მეთოდის, რომელიც ემყარება არახისტი სამოსის კონსტრუქციების ვიბრაციული რღვევის თეორიის პრინციპებს და მიმდინარე დარგობრივი საგზაო სტანდარტების საერთო მზიდუნარიანობის გამოთვლის მეთოდის. ვიბრომედეგი კონსტრუქციის გაანგარიშის მეთოდის წარმოდგენილია ბლოკური სქემით (ნახ. 19).

როგორც ბლოკ-სქემიდან გამომდინარეობს, გაუმჯობესებული მეთოდის დაფუძნებულია არახისტი საგზაო სამოსების კონსტრუირებისა და პროექტირების მეთოდებზე დაყრდნობით, მაგრამ მას ასევე აქვს რიგი მნიშვნელოვანი ფუნდამენტური განსხვავებები. რომლებიც მდგომარეობს შემდგომში:

- გამოყენებულია საგზაო სამოსის საანგარიშო ან პროგნოზირებული ექსპლუატაციის ვადის ცნება, ვიბრაციული დატვირთულობის არსებობის გათვალისწინებით. პროგნოზირებული, ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინებით, საექსპლუატაციო ვადა შედარებულია გზის კონსტრუქციის დანიშნულ (ნორმატიულ) საექსპლუატაციო ვადასთან.

შედეგად, დეტალური პროექტირების ეტაპზე, შესაძლებელია შეფასდეს სამოსის კონსტრუქციის მოსალოდნელი საექსპლუატაციო ხანგრძლივობა და საჭიროების შემთხვევაში არსებითი შესწორებები შევიდეს სიმტკიცის და სხვა საანგარიშო მაჩვენებლებში.



ნახ.22. არახისტი საგზაო სამოსების კონსტრუქციების ბლოკ-სქემა, ვიბრაციული ფაქტორის გათვალისწინებით.

- საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო ვადის განმავლობაში დაყვანილი დატვირთვის ჯამური საანგარიშო რიცხვის დადგენისას, მხედველობაში მიიღება ვიბრაციული დატვირთვის პარამეტრები, რომლებიც გამოიხატება მოძრაობის პირობითი ინტენსიურობით;
- საგზაო სამოსის ფენების სისქის პროექტირების გაუმჯობესებული მეთოდიკის შესაბამისად, ისინი კი არ დგინდება, არამედ გამოითვლება მათემატიკური დამოკიდებულების შესაბამისად, რომელიც უზრუნველყოფს ერთდროულად მოთხოვნილ კონსტრუქციის ვიბრომედეგობისა და სიმტკიცის პარამეტრებს;
- რადგანაც, კონსტრუქციის სიმტკიცის მაჩვენებლები ითვალისწინებს დამატებით ვიბრაციულ ზეგავლენას, დრეკადი ჩალუნვის კრიტერიუმის მიხედვით სიმტკიცის მარაგის მოთხოვნილი კოეფიციენტები შეიძლება შემცირდეს.

ვიბრომედეგი არახისტი საგზაო სამოსის პროექტირების მეთოდიკა უნდა შეიცავდეს რამდენიმე თანმიმდევრულ ეტაპს:

1. პირველი ეტაპი მოიცავს პროექტირებისთვის საწყისი მაჩვენებლების შერჩევას: საავტომობილო გზის კატეგორიას, კლიმატური დარაიონების ზონას, ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადას, სატრანსპორტო საშუალებების ნაკადის შემადგენლობასა და ავტომობილების ცალკეული ტიპების მოძრაობის ინტენსიურობას ექსპლუატაციის ვადის ბოლოს, A_i საანგარიშო დატვირთვის ჯგუფს, მოძრაობის ინტენსიურობის წლიურ მატებას, ჯამური მოძრაობის საშუალო მოსალოდნელ გადახრის ალბათობას, საფარის ნაირსახეობას, გზის სამოსის ამგები ფენების რაოდენობასა და მასალათა გვარობას, მიწის ვაკისის ამგები დასაფუძნებელი გრუნტების დატენიანების ხარისხს და სხვა.
2. მეორე ეტაპზე განისაზღვრება სამოსის კონსტრუქციის დატვირთვის ჯამური საანგარიშო რაოდენობა ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადის განმავლობაში. ამასთანავე, ფასდება გზის კონსტრუქციის ჯამური

დატვირთვა საანგარიშო სატრანსპორტო ნაკადით. ექსპლუატაციის ვადის ბოლო წლებში საანგარიშო ავტომობილების მოძრაობის ინტენსიობა განისაზღვრება ვიბრაციული დატვირთულობის გათვალისწინების გარეშე. ექსპლუატაციის ვადის განმავლობაში დატანილი დატვირთვის საანგარიშო ჯამური რიცხვის სიდიდის მიხედვით დგინდება სამოსის კონსტრუქციის დრეკადობის წინასწარი (ვიბრაციული დატვირთვითულობის გარეშე) მინიმალური საჭირო საერთო დრეკადობის მოდული.

3. მესამე ეტაპზე ხდება საგზაო სამოსის კონსტრუირება და განისაზღვრება მისი ძირითადი პარამეტრები. თავდაპირველად, ხდება ფენების სისქის გაანგარიშება მომიჯნავე ფენების პარციული სიხშირეების რაციონალური თანაფარდობის მათემატიკური დამოკიდებულების შესაბამისად. ასფალტ-ბეტონის საფარის ზედა ფენის სისქე დგინდება ინსპექტირების საფუძველზე. სამოსის კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტების საანგარიშო დრეკადი მოდულის მიხედვით, საგზაო ფენების შერჩეული მასალებისა და სისქეების შესაბამისად, განისაზღვრება ფენების სიხისტე და მასა. ფენების სიხისტისა და მასების მიღებული მნიშვნელობების საფუძველზე, სამოსის თითოეულ ფენაში გამოითვლება შიდა ხახუნის კოეფიციენტები. ამისათვის რეკომენდაცია ეძლევა შემდეგ ემპირიულ ფორმულას:

$$\beta_i = 0.02\sqrt{c_i * m_i} \quad (29)$$

სადაც: c არის სიხისტე და m -მასა.

4. ვიბრომედეგი კონსტრუქციის დრეკადობის საერთო მოდული გამოითვლება დასაშვები დრეკადი ჩალუნვის შესაბამისად. სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი გამოითვლება, როგორც კონსტრუქციის დრეკადობის საერთო მოდულისა და მოთხოვნილი მოდულის თანაფარდობა, ვიბრაციოდატვირთულობის გათვალისწინების გარეშე. იმ შემთხვევაში თუ ეს კოეფიციენტი სიდიდის მიხედვით უფრო

მცირე ვიდრე კრიტერიუმით მოთხოვნილი დრეკადი ჩალუნვა, მაშინ იზრდება ასფალტ-ბეტონის საფარის ზედა ფენის სისქე და ხდება გზის მთელი კონსტრუქციის გადაანგარიშება.

5. მოსალოდნელი ვიბროდატვირთულობის დონეების საანგარიშო შეფასება და დატანილი საანგარიშო დატვირთვების ჯამური რაოდენობის კორექტირება საანგარიშო ექსპლუატაციის ვადის განმავლობაში, ხორციელდება მეოთხე ეტაპზე. ამისათვის სამოსის კონსტრუქცია მოდელირდება, როგორც რხევითი სისტემა. მოდელირება მოიცავს საანგარიშო ჯაჭვური სქემის მომზადებას ყველა დინამიკური პარამეტრის განსაზღვრით და მრავალდონიანი სისტემის თავისუფალი მიღევადი რხევების დიფერენციალური განტოლების გამოყვანა. რხევითი პროცესის წარმოქმნის წყაროს მოდელირდება ხდება საანგარიშო ავტომობილის შეურესორებელი მასის სამოსის კონსტრუქციასთან დარტყმითი ურთიერთქმედების გზით. ამ ურთიერთქმედების მთავარ პარამეტრებად გამოიყენება შემდეგი მაჩვენებლები: გზის კონსტრუქციის საერთო მასა, რომელიც შედგება საგზაო სამოსისა და მიწის ვაკისის გრუნტის ფენების ცალკეული მასებისგან, ავტომობილის მოძრაობის საანგარიშო სიჩქარე და საფარის ზედაპირზე დინამიკური უსწორმასწორობის საანგარიშო სიმაღლე. ამ პარამეტრების სიდიდეები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს არჩეული გზის კონსტრუქციის პროგნოზირებული გამძლეობის შეფასებაზე. დღეისათვის, სხვადასხვა ლიტერატურულ წყაროებზე და სტატისტიკურ მასალებზე დაყრდნობით, შესაძლებელია რეკომენდაცია გავუწიოთ, რომ საანგარიშო პარამეტრების სახით მიღებული იქნეს: მოძრაობის სიჩქარე - 80კმ/სთ-ს ფარგლებში, ხოლო დინამიკური უსწორმასწორობის სიმაღლე 3 - 5 მმ. სამოსის კონსტრუქციის დინამიკურ ჩალუნვებზე გაანგარიშება, რომლებიც განხორციელდა მასში თავისუფალი მიღევადი რხევების წარმოქმნის საფუძველზე, ხორციელდება

ელექტრონული გამომთვლელი მანქანისთვის სპეციალურად შემუშავებული პროგრამის გამოყენებით. შემდეგ იგება ჩალუნვების ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებელი და შემდგომი ანალიზისთვის შეირჩევა შეკუმშვის ამპლიტუდური ჩალუნვები.

6. მეხუთე ეტაპზე, განისაზღვრება ვიბროდატვირთულობის გათვალისწინებისას მოთხოვნილი სამოსის კონსტრუქციის დრეკადობის მოდული და მის სიდიდეს ადარებენ პროექტირებული კონსტრუქციის დრეკადობის მოდულს. გამოითვლება მონოლითურ ფენებში ზღვრული დასაშვები გაჭიმვის დაძაბულობა და ასფალტ-ბეტონის საფარის ქვედა ფენისთვის სიმტკიცის კოეფიციენტი. იმ შემთხვევაში, თუ გზის კონსტრუქციის დასაშვები დრეკადი ჩალუნვისა და მონოლითური ფენების მიერ ლუნვისას დაჭიმულობისგან მიღებული დაღლილობითი რღვევისადმი წინაღობის სიმტკიცის კოეფიციენტები ნორმატიულზე დაბალია, მაშინ კონსტრუქცია განმტკიცება ხდება ასფალტ-ბეტონის საფარის ზედა ფენის სისქის გაზრდით და ხორციელდება გადაანგარიშება. ვიბროდატვირთულობის გათვალისწინებით სამოსის კონსტრუქციების გაანგარიშებისას აუცილებელია დაზუსტებული ნორმატიული კოეფიციენტების გამოყენება. კოეფიციენტები, რომლებიც დღესდღეისობით გამოიყენება დარგობრივ საგზაო ნორმებში, ძირითადად ემყარება ცდისმიერ მასალებს არახისტი საგზაო სამოსების ექსპლუატაციისთვის. არსებობს მათი გადახედვის აუცილებლობა, შემდგომი გაზრდის მიზნით, რაც განპირობებულია საგზაო სამოსების დაბალი საექსპლუატაციო თვისებებით. წარმოდგენილი პროექტირების მეთოდიკა საშუალებას იძლევა შემცირდეს სამოსის კონსტრუქციების ვიბრაციული დატვირთულობის დონე და განახორციელოს საგზაო სამოსის კონსტრუქციების ელემენტების აუცილებელი გამძლეობა. შედეგად,

არ იქნება საჭირო სიმტკიცის მარაგის გადამეტებული
კოეფიციენტების გამოყენება.

2.5. არახისტი საგზაო სამოსის ვიბრაციული დატვირთვის დინამიკური პარამეტრების ექსპერიმენტალური განსაზღვრა

სამოსის კონსტრუქციას, ისევე როგორც ნებისმიერ რხევით სისტემას, აქვს საკუთარი დინამიკური პარამეტრები. ეს პარამეტრი განსაზღვრავს რხევითი ობიექტის ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მახასიათებლებს. ამ პარამეტრებში შედის თავისუფალი რხევების სიხშირე და დისიპაციის კოეფიციენტები.

საველე ექსპერიმენტების ჩატარებამ სამოსის კონსტრუქციების ვიბრაციის დონის შესაფასებლად, შესაძლებელი გახადა საავტომობილო გზების საკვლევ მონაკვეთებში ვიბრაციული მაჩვენებლების იდენტიფიცირება, აგრეთვე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში დეფორმაციის დრეკადი ტალღების გავრცელების პროცესების ჩაწერა. ამასთანავე, არ იდგა ამოცანა საგზაო სამოსის ფენების დინამიკური პარამეტრების დადგენისა. ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ ავტომობილების მხრიდან დინამიკური დატვირთვა აღემატება სტატიკურს და საპროექტო გაანგარიშებებში შეტანილი იყო 1.3-ის ტოლი დინამიკური კოეფიციენტი. თუმცა ამ კოეფიციენტის გათვალისწინებით დაპროექტებულ საგზაო სამოსებს არ გააჩნდათ აუცილებელი ვარგისიანობა და გამძლეობა, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში დინამიკური კოეფიციენტი შეიძლება აღემატებოდეს საანგარიშოს .

გაირკვა, რომ ექსპლუატირებულ სამოსის კონსტრუქციების ექსპერიმენტულ ამპლიტუდურ-სიხშიროვან სპექტრს აქვს რხევის სიხშირის საკმაოდ ფართო დიაპაზონი. ეს სიხშირეები ფიქსირდებოდა როგორც ერთჯერადი მანქანების გავლის დროს, ასევე სხვადასხვა სატრანსპორტო ნაკადის მოძრაობისას. აქედან გამომდინარე გაკეთდა დასკვნები, რომ ეს არის სამოსის კონსტრუქციების იძულებითი რხევების სპექტრი. სპექტრზე ვიბროაჩქარების პიკის მნიშვნელობებს მიიღეს სახელწოდება რეზონანსულები. ამასთანავე, იგულისხმება, რომ ავტომობილს, როგორც

ვიბრაციის წარმომქმნელს აქვს ბიძგები "რეზონანსული" სიხშირეების სრული სიმრავლით.

ექსპერიმენტული სპექტრების გაანალიზებით, გასათვალისწინებელია, რომ ექსპლუატაციაშია სამოსის კონსტრუქციების დიდი მრავალფეროვნება. მომიჯნავე მონაკვეთებზეც კი, ისინი შეიძლება არსებითად განსხვავდებოდეს. გარდა ამისა, დროთა განმავლობაში იცვლება სიხისტისა და ინერციის პარამეტრები, რაც განსაკუთრებით დამახასიათებელია ასფალტ-ბეტონის საფარისთვის და, შესაბამისად, იწვევს გზის კონსტრუქციების თავისუფალი რხევების სიხშირის ცვლილებას.

საანგარიშო მასალებიდან ჩანს, რომ მრავალფენიანი გზის კონსტრუქციის საერთო სიხშირეები საკმაოდ ახლოს არის ცალკეული ფენების პარციულ სიხშირეებთან. პარციული სიხშირეების დიაპაზონი შეესაბამება სამოსის კონსტრუქციებში გამოყენებული მასალების ტიპებს, აგრეთვე ფენების რაოდენობას. ასფალტ-ბეტონის საფარის ეს დიაპაზონი არის 40 ... 50 ჰც და 30 ... 40 ჰც. მკვრივი და ფოროვანი ასფალტ-ბეტონისთვის, შესაბამისად, ღორღოვანი საფუძვლისთვის, სიხშირეების ეს მაჩვენებლები არის 16 ... 25 ჰც და 10 ... 16 ჰც-ს დიაპაზონში. შავი და ფრაქციული ღორღისთვის, შესაბამისად, ქვსაგები ქვიშისებრი ფენისთვის სიხშირის დიაპაზონი შეადგენს 5 ... 10 ჰც, ხოლო მიწის ვაკისის გრუნტისთვის 2 ... 5 ჰც. ამიტომ, საგზაო სამოსის დინამიკის შესწავლისას, მთელი სიხშირის დიაპაზონი შეიძლება დაიყოს დაბალ, საშუალო და მაღალ სიხშირეებად. ექსპერიმენტული ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლების საფუძველზე, დადგინდა, რომ საკვლევ მონაკვეთში ერთი მანქანის გავლის შემდეგ, სადაც დამონტაჟებულია ვიბრაციის სენსორი, რხევითი პროცესები შეინიშნება დაახლოებით კიდევ 3 ... 4 წამის განმავლობაში. ეს მაჩვენებელი მოითხოვს დადასტურებასა და დაზუსტებას, რადგან ყველა ცნობილ ექსპერიმენტში ხდებოდა ჰორიზონტალურ სიბრტყეში დეფორმაციის დრეკადი ტალღების გამრავლების გავლენა. თავისთავად, ეს ტალღები პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას ვიბროფონზე ვერტიკალურ სიბრტყეში, მათი ამპლიტუდის დონის

სიმცირის გამო, მაგრამ შეუძლია გაზარდოს ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლების დროითი დიაპაზონი.

ნაშრომში წარმოდგენილი თეორიული კვლევები ემყარება ჰიპოთეზას, რომ სამოსის კონსტრუქციების ექსპერიმენტული სპექტრები თავისუფალი მილევადი რხევების სპექტრებია. ეს რხევები წარმოიქმნება საანგარიშო მონაკვეთზე ავტომობილის გავლის შემდეგ, სადაც მონტაჟდება ვიბრაციის სენსორი. ამ ჰიპოთეზის დასადასტურებლად, აუცილებელი იყო სავსე ექსპერიმენტების ჩატარება საგზაო სამოსის ფენების რეალური დინამიკური პარამეტრების დასადგენად. ამასთანავე, საჭიროა რიგი ამოცანების გადაჭრა და დადგენა:

- საგზაო სამოსის ფენების რხევითი პროცესის ხასიათი;
- საგზაო სამოსის ფენების რხევების საკუთარი სიხშირეების რეალური დიაპაზონი და დრეკადი ურთიერთკავშირის სიხშირეები;
- ვერტიკალურ სიბრტყეში რხევით პროცესში ჩართული საგზაო სამოსის დაყვანილი მასისა და ფართობის სიდიდე;
- დისიპატიური ძალების დონე სამოსის კონსტრუქციაში და დონესთან დაკავშირებული, ყველაზე ინტენსიური რხევითი პროცესების ფორმირებისა და განვითარების დროითი დიაპაზონი;
- ვერტიკალურ სიბრტყეში დინამიკური პროცესების გამოკვლევისას, სამოსის კონსტრუქციის, როგორც მრავალმასიან ხაზოვან მოდელად, წარმოდგენის მართლზომიერება, რომელშიც თითოეულ ფენას აქვს საკუთარი სიხშირე და ფენებს შორის დრეკადი ურთიერთკავშირის გავლენის ქვეშ ახორციელებს რხევას.

2.6. საველე ექსპერიმენტის ჩატარების მეთოდოლოგია და მიღებული შედეგების ანალიზი

დასახული ამოცანების გადასაჭრელად, აუცილებელი იყო სამოსის კონსტრუქციაში თავისუფალი რხევების პროცესის წარმოქმნა, გარე ფაქტორების გავლენის გამოკლებით, მაგალითად, მოძრავი ავტომობილის დარტყმით-ვიბრაციული ზემოქმედება საგზაო საფარზე, რომელსაც აქვს დინამიკური და გეომეტრიული უსწორმასწორობების შემთხვევითი კომბინაცია და ჰორიზონტალურ სიბრტყეში დეფორმაციის დრეკადი ტალღების გავრცელების პროცესი, რომელიც ვითარდება მოძრავი ავტომობილებიდან.

ექსპერიმენტის სიწმინდისთვის მეორე მნიშვნელოვანი პირობა იყო დარტყმითი ბიძგის რეალიზაცია, რომელიც წარმოქმნის სამოსის კონსტრუქციის თავისუფალ მიღევად რხევებს საანგარიშო მონაკვეთის ავტომობილის ბორბლების მიერ იმპულსური დატვირთვის მეშვეობით. მოგეხსენებათ, ავტომობილის ბორბალი არის დრეკად-დისიპატიური სისტემა, მსგავსი დინამიური ობიექტისა პნევმატური საკიდარით. ასეთი ობიექტი ხასიათდება სპეციფიკური მაჩვენებლების რიგით - არაწრფიულობით, აღდგენის კოეფიციენტის სიდიდით, რხევითი ენერჯის მიმოფანტვით რუბიზირებული საბურავების საშუალებით, რაც იწვევს სიხშირის ვიბრაციების ჩაქრობას, კამერული ჰაერის გათბობით და ა.შ. ამრიგად, თუ განვახორციელებთ დარტყმით ზეგავლენას საფარზე ავტომანქანის ბორბლით, მაშინ მათი დარტყმით-იმპულსური ურთიერთქმედების პროცესების თავისებურებები შენარჩუნდება.

საგზაო სამოსის ვიბრაციის გასაზომად გამოყენებული იყო: SVAN 948, აქსელერომეტრი DYTRAN ტიპი 3143 M1 და Brüel & Kjaer 4294 ვიბრაციის კალიბრატორი.

გაზომვები ჩატარდა საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად შემდეგი მეთოდიკით: NT ACOU 082-1991 (NORDTEST METHOD) და NS

8176E-1999 (NORSK STANDART).

საგზაო სამოსის ფენების ვიბრაციული პარამეტრების საველე გაზომვები ჩატარდა 2019 წლის მაისში საქართველოში, ბაკურციხე-თელავის მე -9 კილომეტრზე.

საკვლევი გზის სამოსის კონსტრუქცია ხასიათდება მე-13 ცხრილში. ასახული პარამეტრებით. ამ გზის კონსტრუქციის თავისებურებები ისაა, რომ იგი განთავსებულია 4 მ სიმაღლის ყრილზე.

საგზაო სამოსის ფენების დინამიკური მახასიათებლები. ცხრილი 14.

საგზაო სამოსის ფენის მასალა	დინამიკური პარამეტრები		
	ფენის სისქე, მ	ფენის მასა, კნს ² /მ	ფენის სიხისტე, (კნ/მ)
ა/ზ მკვრივი, წვრილმარცვლოვანი	0,04	1,82	128000
ა/ზ ფოროვანი, მსხვილმარცვლოვანი	0,06	1,75	80000
შავი ღორღი	0,12	4,56	72000
ფრაქციული ღორღი	0,24	8,21	108000
ქვიშა	0,20	7,03	20000
მიწის ვაკისის ამგები გრუნტი	4,00	140,6	400000

სამოსის კონსტრუქციის თავისუფალი რხევების წარმოქმნის მიზნით, ხორციელდება სპეციალური მოძრავი ლაბორატორიის ე.წ "ხის სოლიდან" ჩამოგდება სიმაღლით 15 სმ-ზე რიგრიგობით. "ხის სოლიდან" ჩამოგდების შემდეგ, მანქანა-მექანიზმის შემდგომი მოძრაობა გამოირიცხა.

აქსელერომეტრი დამონტაჟდა გარდამავალ ლითონის დისკზე, რომელიც თავის მხრივ დამაგრებული იყო ასფალტ-ბეტონის საფარზე დარტყმითი ზეგავლენის წერტილიდან განივი მიმართულებით 30 სმ მანძილზე. სტატისტიკურად საიმედო შედეგების მისაღწევად გათვალისწინებული იყო მანქანა-მექანიზმის სოლებიდან გადმოგდების

მინიმუმ სამი ფიქსაცია თითოეული ღერძიდან.

ვიბრაციის დონეების გაზომვისას გამოყენებულ იქნა სიხშირის 1/3 ოქტავიანი დიაპაზონი 0.8-125 ჰც არეალში, რომელიც იჭერდა მანქანა-მექანიზმის და გზების კონსტრუქციის ელემენტების თავისუფალი რხევების შესაძლო სიხშირულ სპექტრს ვერტიკალურ სიბრტყეში. ვიბროაჩქარების გაზომვისას მგრძნობელობის ქვედა ზღვრად აღებულ იქნა 0.3 მმ/წმ² სიდიდე. EVS ISO 2631-1: 2002 სტანდარტის შესაბამისად, ზღურბლური მნიშვნელობა იყო $1 \cdot 10^{-6}$ მ/წმ² აჩქარება. ვიბროგადაადგილების, ვიბროსიჩქარისა და ვიბროაჩქარების ამპლიტუდური მნიშვნელობები არ რეგლამენტირდებოდა. რხევითი პროცესების მიღების დროს შესაფასებლად, ვიბრაციული მაჩვენებლების ჩაწერა ხდებოდა 0,05 წთ ინტერვალით.

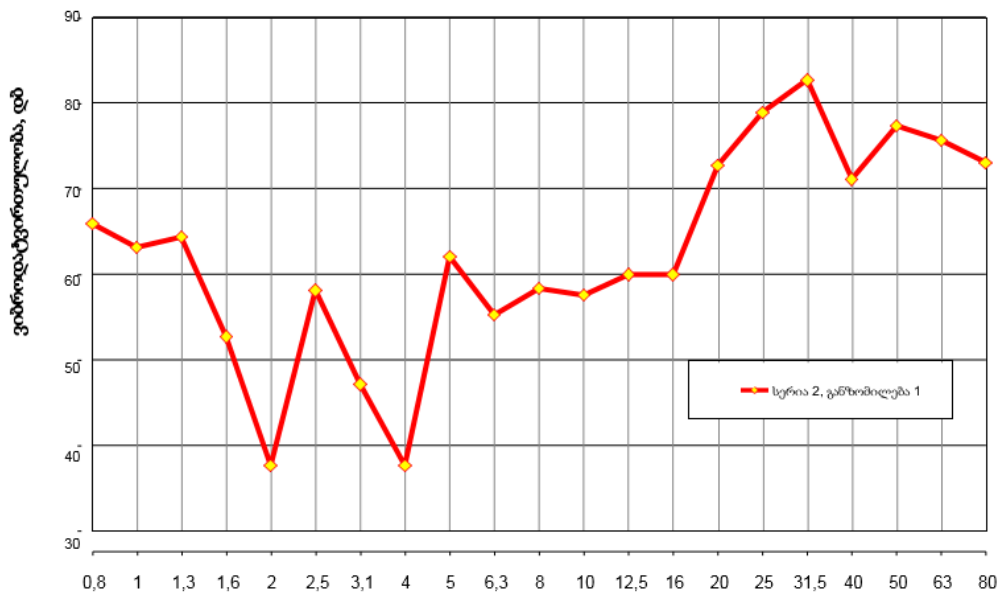
საველე გაზომვების შედეგად, მიღებული იქნა ამპლიტუდურ-სიხშირული სპექტრი და ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლები გამოცდების სამ სერიაში აჩქარებით ექვსი განზომილებით. რხევითი პროცესის სიხშირული შემადგენლობის ანალიზისთვის ყველაზე აშკარაა ექსპერიმენტული ამპლიტუდურ-სიხშირული სპექტრი ვიბროაჩქარებისას. ამ სპექტრებიდან ერთ-ერთი ნაჩვენებია ნახ. 20.

სპექტრზე კარგად გამოირჩევა მთავარი სიხშირეები, რომლებიც ახასიათებს სამოსის კონსტრუქციის რხევითი პროცესს, აჩქარებების პიკური მნიშვნელობების შესაბამისად. 0,8-125 ჰც სიხშირის დიაპაზონში ვიბრაციების გაანალიზებისას მიღებულია ჩაითვალოს 0,8-4,0 ჰც დაბალ სიხშირეებად, 8,0-16,0 ჰც საშუალო სიხშირეებად და 31,5-63,0 ჰც მაღალ სიხშირეებად.

რხევების სიხშირეების დაყოფა ასეთ დიაპაზონებად სავსებით მიზანშეწონილია, რადგან საველე გამოცდების დროს დაფიქსირებული საგზაო სამოსის ფენებისა და მიწის ვაკისის გრუნტის თავისუფალი რხევების სიხშირეები.

სტატისტიკური დამუშავების შედეგად მიღებული იქნა სიხშირეების შემდეგი პიკური მნიშვნელობები: დაბალი სიხშირე 0,8 - 1,3 - 2,5 - 5,0 - ჰც; შუა სიხშირეები 8,0 - 12,5 - 16,0 - 20,0 ჰც; მაღალი სიხშირე 31,5 - 50,0 ჰც.

ასევე გამოვლენილია სიხშირეები, რომელთაც აქვთ ნაკლები გამეორება, მაგრამ წარმოდგენილია სპექტრებში 1,0 - 3,1 - 10,0 - 25,0 და 63,0. აღსანიშნავია, რომ სიხშირის დიაპაზონი შეესაბამება სიხშირეების 1/3 ოქტავურ ზოლს. ეს ნიშნავს, რომ მაპროფილებელი სიხშირის ზუსტი მნიშვნელობა შეიძლება მდებარეობდეს 1/3 ოქტავური ინტერვალის შიგნით. მაგალითად, თუ აჩქარების პიკური მნიშვნელობა მდებარეობს 8,0 ჰც სიხშირეზე, მაშინ მაპროფილებელი სიხშირის ზუსტი მნიშვნელობა, მეზობელ ინტერვალებში მყოფი, შეიძლება იყოს ამ სიხშირეზე როგორც ნაკლები ისე მეტი.



1/3-ოქტავის ზოლების საშუალო გეომეტრიული სიხშირე, ჰც
 ნახ. 23. სამოსის კონსტრუქციის ექსპერიმენტული ამპლიტუდურ-სიხშირული სპექტრი დარტყმითი დატვირთვის შემდეგ

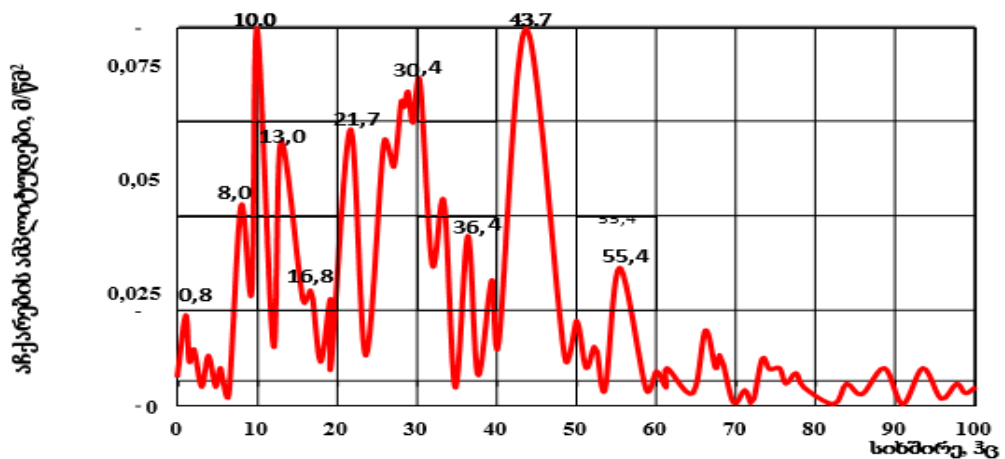
ამასთან, 1/3 ოქტავური ანალიზის უპირატესობა ისაა, რომ სიხშირის ინტერვალი იმდენად შევიწროებულია, რომ სიხშირის ზუსტი მნიშვნელობიდან გადახრის ცდომილება ითვლება საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად მისაღებ საზღვრებში. გზის მოცემულ

საავტომობილო გზის მოცემულ მონაკვეთზე მასებისა და ფენების სიხისტის თეორიულ-საანგარიშო მნიშვნელობებისა (ცხრილი 13) და საკვლევი გზის კონსტრუქციის შესაბამისი თეორიული სიხშირეების შედარებით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სიხშირეები

- 0,8 - 1,3 - 1,6 ჰც - მანქანა-მექანიზმის საკიდარზე ქვერესორული ნაწილების თავისუფალი რხევების სიხშირეები;
- 2,5 ჰც სიხშირე საკმაოდ ახლოსაა მიწის ვაკისის გრუნტის პარციულ სიხშირესთან
- 5,0 ჰც სიხშირე მიეკუთვნება ქვიშის ფენის პარციულ სიხშირეს;
- სიხშირეები 12,5-16,0 ჰც მიეკუთვნება შავი ღორღის სიხშირეებს;
- 31,5 -50,0 ჰც სიხშირე შეესაბამება მკვრივი და ფოროვანი ასფალტ-ბეტონის ფენებს.

საინტერესოა ექსპერიმენტული კვლევების შედეგების შედარება სხვა მკვლევარების მიერ ჩატარებული სხვაზე გამოცდების მასალებთან. გავანალიზოთ გზის კონსტრუქციის ამპლიტუდურ-სიხშირული სპექტრი, რომელიც ჩამოყალიბდა მოძრავი ლაბორატორია-ავტომობილის 80 კმ / სთ სიჩქარით მოძრაობისას. ამ სპექტრის მეტი სიცხადისთვის, ჩვენ დავურთეთ პიკური სიხშირეების რიცხვითი მნიშვნელობები (ნახ. 21). ამ სპექტრის ანალიზისას გასათვალისწინებელია მასში 1/3 ოქტავური დიაპაზონის არარსებობა და მოძრავი ავტომობილის არსებობა, რომელსაც გამოცდის პირობებში შემოაქვს გარკვეული განსხვავებები.

ნახ. 21-ზე ანალიზი აჩვენებს, რომ დაბალი, საშუალო და მაღალი სიხშირეების პიკური დიაპაზონი წარმოადგენს შემდეგი რიგს: 0,8 - 0,8 - 8,0 - 10,0 - 13,0 - 21,7 - 30,4 - 43,7 - 55,4 ჰც როგორც ხედავთ, ეს სიხშირეები ახლოს არის სპექტრის სიხშირეებთან, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 21. გამოცდების შედარებისას, სიხშირეების რიცხობრივი მნიშვნელობების გარკვეული შეუსაბამობა განპირობებულია არა მხოლოდ ექსპერიმენტის ჩატარების პირობებში აღნიშნული განსხვავებებით, არამედ სააგზაო სამოსის კონსტრუქციების განსხვავებებით.



ნახ. 24. სისტემის რეაქციის ამპლიტუდა-სიხშირის სპექტრი მსუბუქი ავტომობილის საფარის უსწორმასწორო მონაკვეთზე გავლისას 80(100) კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობისას.

შესაბამისად, ავტომობილის საკმარისად მაღალი სიჩქარით მოძრაობისას გზის კონსტრუქციის ვიბრაციულ სპექტრში იმ ადგილებში, სადაც სენსორები დამონტაჟებულია, ძირითადად არის სამოსის კონსტრუქციისა და ავტომობილის საკუთარი სიხშირეები. მათზე ასევე აშკარად ჩანს, რომ საანგარიშო მონაკვეთზე ავტომობილის გავლის შემდეგ განყოფილებაში, ჩნდება დარტყმითი ურთიერთქმედება მანქანის ღერძების რაოდენობის შესაბამისად.

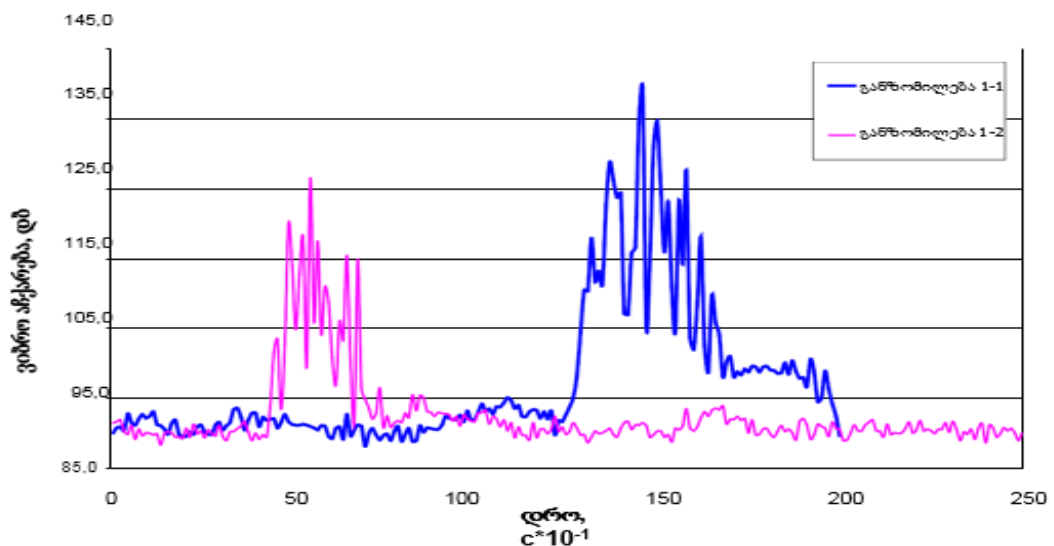
ამრიგად, საგზაო სამოსის სიხშირის სპექტრების შედარება, მათზე მოძრავი ავტომობილის ზემოქმედებისას და მასზე მხოლოდ დარტყმითი ბიძგების არსებობისას, სრულად ადასტურებს ჩვენი თეორიული კვლევების საბაზისო საფუძველს. მანქანების გავლისას საგზაო სამოსების საანგარიშო მონაკვეთებში ძირითადად მიმდინარეობს საგზაო სამოსის ფენების მიღწეადი რხევების პროცესი.

ექსპერიმენტული სიხშირეების რიცხვითი მნიშვნელობები (ნახ. 20) საკმაოდ ახლოსაა საანგარიშო-თეორიულთან. ეს ფაქტი ექსპერიმენტულად დაადასტურებს თეორიულად გამოთვლილ სიდიდეს დაყვანილი

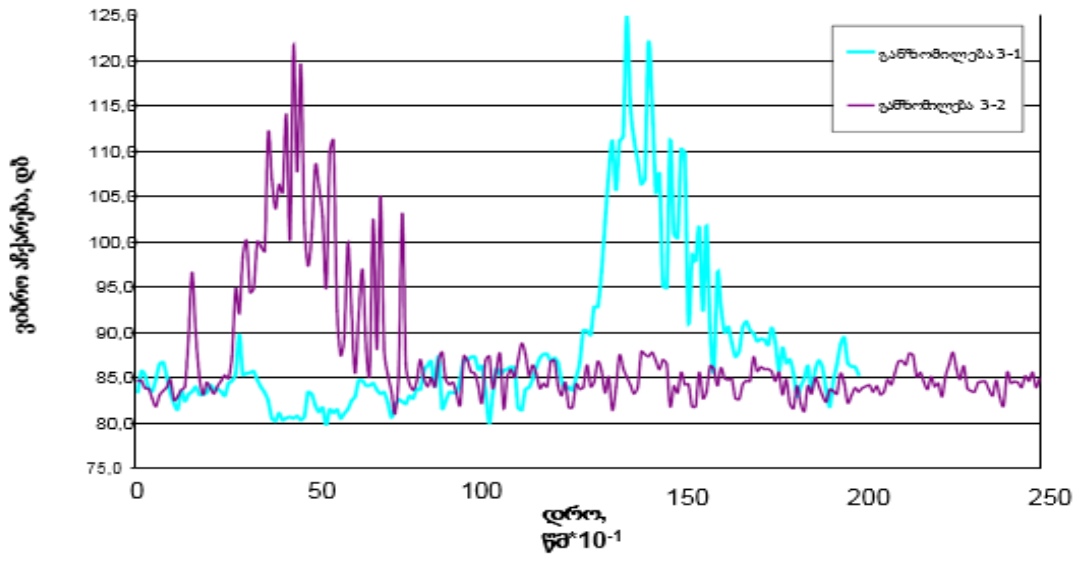
ფართობისა და საგზაო სამოსის ფენების დაყვანილ მასებს, აგრეთვე ფენების მიხედვით სიმტკიცის პარამეტრების გადანაწილებას.

საგზაო სამოსის ფენებში დისიპაციის დონის შეფასება შეიძლება განხორციელდეს წარმოდგენილი ექსპერიმენტული ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლების ანალიზით. ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლებისგან გამომდინარეობს, რომ რხევების სრული მილევა დარტყმითი დატვირთვის შემდეგ ხდება საშუალოდ 3.5 წმ-ის შემდეგ. მილევის ზუსტი დრო იყო 3,9 - 3,4 - 3,1 - 3,9 და 3,1 წმ. 1-1, 1-2, 2-1, 3-1, 3-2 ჩანაწერების შესაბამისად .

ამპლიტუდურ-დროითმა მახასიათებლებმა აჩვენა, რომ ყველაზე ინტენსიური რხევები აღინიშნება პირველი 2,5 წმ-ის განმავლობაში. რხევების სრული მილევის ექსპერიმენტული დრო შესაძლებელია მხოლოდ დისიპაციის დონეებზე საგზაო სამოსის ფენებში, რომელიც ოპტიმალურზე 20 ... 25 ჯერ დაბალია. ეს მნიშვნელობა ყველა თეორიულ კვლევაში შეიძლება იქნას მიღებული როგორც ძირითადი.



ნახ. 25 - საგზაო საფარის ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლები დარტყმით დატვირთვის შემდეგ (განზ.1)



ნახ. 26 - საგზაო საფარის ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლები
 დარტყმით დატვირთვის შემდეგ (განზ.3)

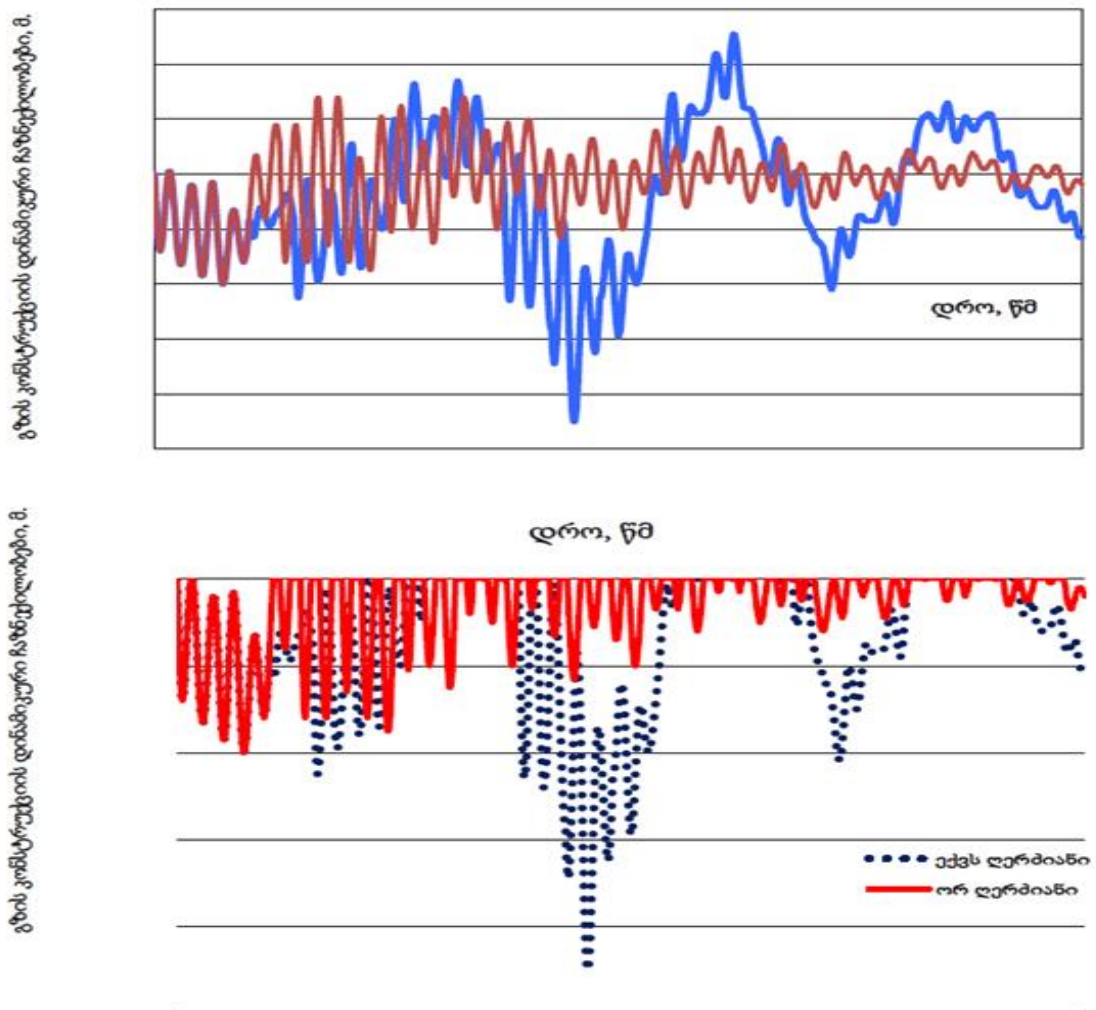
2.7 ვიბრომედეგი არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციების უპირატესობების განსაზღვრა

პრობლემის გადაჭრის სხვადასხვა გზა იყო გამოყენებული აღნიშნული საკითხის გადასაჭრელად, ერთერთი ვარიანტი იყო ასფალტ-ბეტონის სისქის გაზრდა, მაგრამ ექსპლუატაციის პერიოდში სასურველი შედეგი არ მიიღებოდა. ეს ყველაფერი იმასთან არის დაკავშირებული რომ საფარის სისქის ზრდა იწვევს შესაბამისად მისი მასის ზრდას. მასის ზრდა იწვევს დინამიური რხევების ძალების ზრდას, რაც უფრო აჩქარებს ასფალტის დაზიანების პროცესს. ამავდროულად როგორც ზემოთ ვახსენეთ ერთმანეთთან მჭიდროდ კონსტრუქციულად დაკავშირებული ფენები ახშობენ დინამიურ რხევებს ანტიფაზური ურთიერთქმედებით. პროცესი შეიძლება ჩამოყალიბდეს ნაწილობრივი სიხშირის თანაფარდობის შერჩევით საფუძვლის ფენებში. შერჩევისას საჭიროა გავითვალისწინოთ ფენების თანმიმდევრული რეაქცია, რხევების ფენიდან ფენაში და შესაბამისად რხევების პროცესების დაგვიანება დროსთან მიმართებაში. რხევადი პროცესები იწყება საცვეთი ფენიდან და გადადის ფენებს შორის მჭიდრო კავშირებით ქვედა ფენებში.

განხორციელებულმა კვლევებმა საშუალება მოგვცა, რომ შეგვედგინა სპეციალური მათემატიკური ალგორითმი გაანგარიშების დროს არახისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქციებში რაც მოიცავს ანტიფაზური ძალების ზემოქმედებას მჭიდროდ დაკავშირებულ ფენებში. ხსენებული კონსტრუქცია გადაჭრით შეგვიძლია დავაკვალიფიციროთ როგორც „ვიბრომედეგი კონსტრუქცია“.

მათემატიკური მოდელის გამოყენებით ვიბრომედეგი საგზაო სამოსების პროექტირებისას მჭიდროდ შეკავშირებულ კონსტრუქციულ ფენებში გარდაიქმნება არახისტი საგზაო სამოსის ფუნქციონალური კავშირი, განაწილებული სიხშირეების მრავალ ფაქტორულ

დამოკიდებულებად, ფენების სისქეებით და ფიზიკო მექანიკური თვისებების თანაფარდობით.



ნახ. 27 ჩაზნექილობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

განსაკუთრებით საყურადღებოა ვიბრომედეგი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის დანერგვა სატრანსპორტო ნაკადების რაოდენობის ზრდის გათვალისწინებით. მრავალღერძიანი სატვირთო ავტომობილები განაპირობებენ საფარის დაშლის პროცესების დაჩქარებას, ხოლო გამონაკლის შემთხვევებში დაზიანების ხარისხმა შეიძლება გადააჭარბოს დაშვებულ ზღვარს. ილუსტრაციისთვის ნახ.27-ზე გამოსახულია საანგარიშო ჩაზნექილობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი ხუთ ფენიანი საგზაო სამოსის კონსტრუქციისთვის, სადაც წარმოდგენილია პირველ შემთხვევაში ორ ღერძიანი ავტომობილი, ხოლო მეორე შემთხვევაში

მისაბმელიანი სატვირთო ავტომობილი (6 ლერძიანი), რომლებიც გადაადგილდებიან 90 კმ/სთ სიჩქარით. გრაფიკზე კარგად ჩანს, რომ პირველი ლერძის გავლისას ($t=0.1$ წამამდე და $s= 2.5$ მეტრს) ვიბრაციული ჩაზნექილობა ორივესთვის ერთიდა იგივეა. ორლერძიანი ავტომობილის მეორე ლერძის გავლის დროს ($t = 0.134$) ძირითადად ინახავს მიღწეულ ჩაზნექილობის დონეს, რომელიც შემდგომ მცირდება და თანდათანობით ქრება რხევების პროცესი. რაც შეეხება ექვსლერძიან ავტომობილს, მეორე ლერძი აღწევს საკვლევ წერტილს 0.1 წამის შემდეგ, ხოლო მესამე ლერძი აღწევს 0.049 წამის შემდეგ. რადგან მეორე და მესამე ლერძის გავლისას არასაკმარისია დროის შუალედი იმისთვის, რომ რხევებმა დაიწყონ ჩახშობა მესამე ლერძი დამატებით ენერგიას ანიჭებს და შესაბამისად ვიბრაციული რხევების სიხშირე იწევს მაღლა. ეს ჩაზნექილობების სიდიდეები რათქმაუნდა მეტია ორ ლერძიანი ავტომობილისგან წარმოქმნილ ძალებზე, მაგრამ განსხვავება არცთუ ისე დიდია.

მეოთხე მეხუთე და მეექვსე ლერძები ერთმანეთთან მიმართებაში გაცილებით ახლოს არიან და შედარებით დაშორებულები მესამე ლერძთან. მეოთხე ლერძი გადის საკვლე წერტილს 0.226 წამის შემდეგ, ამიტომაც ვიბრაციულ ჩაზნექილობებს ამ დროის შუალედში აქვთ საშუალება რომ შემცირდნენ და ძირითადად გადადიან განტვირთვის ზონაში. შემდეგი ლერძები (მეხუთე 0.072 წამის შემდეგ, მეექვსე - 0.052 წამის შემდეგ მეხუთე ლერძთან მიმართებაში) მკვეთრად ზრდის ვიბრაციის დონეს და შესაბამისად ჩაზნექილობის ხარისხსაც. აღსანიშნავია, რომ მაქსიმალური ჩაზნექილობა მიიღწევა მაქსიმალურად დასაშვებ ზღვართან ამ სამოსის კონსტრუქციისთვის.

ვიბრომედეგი კონსტრუქციების მშენებლობა უზრუნველყოფს მკვეთრად შემცირდეს დინამიური ჩაზნექილობების ამპლიტუდა მრავალ ლერძიანი სატვირთო ავტომობილის გავლის შემთხვევაში. ჩაზნექილობა საშუალოდ არ აღემატება 0.0002 მეტრს მთელი დროის დიაპაზონის განმავლობაში.

დასკვნა

1. საგზაო კონსტრუქციაზე დინამიკური (მოძრავი) დატვირთვების ზემოქმედებისას, წარმოიქმნება თავისუფალი მილევადი რხევები, რომლებიც გარკვეული დროის ინტერვალში ფორმირდება დამატებითი დინამიკური ჩაღუნვების სახით. ამიტომ, საგზაო სამოსის კონსტრუქციის სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის შემოტანილი უნდა იყოს დამატებითი პარამეტრი P_{333} (ვიბრაციული დატვირთვა, მპა), რომელიც უზრუნველყოფს სამოსის კონსტრუქციის ვიბრაციული დატვირთვებისადმი მდგრადობას.
2. შემუშავდა საგზაო სამოსის მომიჯნავე ფენების სიხშირეების დინამიკური თანაფარდობის მათემატიკური მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა სამოსის კონსტრუქციაში რხევითი პროცესები გამოვსახოთ დინამიკური ძალების ანტიფაზური მოქმედებით. შემუშავებული მეთოდით საგზაო სამოსის მომიჯნავე ფენებში გამოყენებული კონკრეტული მასალების პარციული სიხშირეებისა და სისქეების თანაფარდობის ოპტიმალური შერჩევის შედეგად მცირდება ვიბრაციული დატვირთვების ზემოქმედება.
3. დამუშავდა არახისტი საგზაო სამოსის ეფექტური გაანგარიშების ალგორითმი (მათემატიკური მოდელირების საფუძველზე) ვიბრაციული ფაქტორების გათვალისწინებით, რომელმაც საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა სამოსის ოპტიმალური კონსტრუქციების შერჩევა და განგვესაზღვრა საექსპლუატაციო ვადებზე მოქმედი რეალური ფაქტორები.
4. თეორიული კვლევებით დადგინდა, რომ არახისტი საგზაო სამოსის ვიბრაციული რღვევის პროცესის მოდელისთვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ერთსიბრტყიანი ჯაჭვური მოდელები, რომლებიც ფორმირდება სამოსის კონსტრუქციის ამგებ ფენებში თავისუფალი რხევების გავრცელების სიხშირეების ტოლობის საფუძველზე. ასევე დადგინდა მრავალფენიანი სამოსის რხევების პროცესის მოდელირების ურთიერთდამოკიდებულება ვიბრაციული დატვირთვის ძალურ და დეფორმაციულ მაჩვენებლებს შორის.
5. სხვადასხვა შემადგენლობისა და სისქის საგზაო სამოსის ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მაღალი სიხშირის ვიბრაციის პირობებში რხევის ამპლიტუდა მინიმალურია, ხოლო დაბალი სიხშირის დროს - მაქსიმალური. ორივე შემთხვევაში

ადგილი აქვს ძვრის ძალების გააქტიურებას და სამოსის ნაადრევ რღვევას, რადგან ამპლიტუდა დამოკიდებულია სამოსის შედგენილობაზე, ხოლო სიხშირე - სამოსის სისქეზე. აგებული გრაფიკული გამოსახულებების (რხევების ჩანაწერების) ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ განხილული რვა ვარიანტიდან ვიბრაციული დატვირთვების მიმართ საუკეთესო მაჩვენებლები აქვს მეშვიდე ვარიანტს, რომლის კონსტრუქციული ფენების სისქეები შემდეგია:

- საფარის ზედა ფენა, წვრილმარცვლოვანი მკვრივი ა/ზ ნარევი სისქით 5 სმ.
 - საფარის ქვედა ფენა, მსხვილმარცვლოვანი ფოროვანი ა/ზ ნარევი სისქით 8 სმ.
 - საფუძვლის ზედა ფენა, შავი ღორღი სისქით 11 სმ.
 - საფუძვლის ქვედა ფენა ფრაქციული ღორღი 0-40 (მმ) სისქით 32 სმ.
 - ქვესაგები ფენა ქვიშახრეშოვანი ნარევი სისქით 42 სმ,
6. გაანგარიშებებით განისაზღვრა სხვადასხვა სიჩქარით მოძრავი მრავალღერძიანი (2; 5; 6) სატვირთო ავტომობილების მიერ საფარში აღძრული დინამიკური ძალები, როგორც მოძრაობის სიჩქარის ფუნქცია. ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგად მიღებულმა გრაფიკებმა აჩვენა, რომ საშუალო დინამიკური ძალების გავლენა ვიბრომედვე საგზაო სამოსში გაცილებით ნაკლებია იმ სამოსებთან მიმართებით, რომლებიც მოწყობილია ვიბრაციული ფაქტორის გაუთვალისწინებლად.
7. კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ თუ გზის კონსტრუქციის დასაშვები დრეკადი ჩალუნვისა და მონოლითური ფენების მიერ ღუნვისას დაჭიმულობისგან მიღებული დადლილობითი რღვევისადმი წინაღობის სიმტკიცის კოეფიციენტები ნორმატიულზე დაბალია, მაშინ კონსტრუქცია განმტკიცება უნდა მოხდეს ასფალტ-ბეტონის საფარის ზედა ფენის სისქის გაზრდით ვიბრაციულ დატვირთვებზე გადაანგარიშების საფუძველზე. რისთვისაც საჭიროა ვიბროდატვირთულობის კოეფიციენტების გამოყენება.
8. დამუშავებულია არახისტი საგზაო სამოსების კონსტრუირებისა და გაანგარიშების ბლოკ-სქემა, სადაც საგზაო სამოსის გამძლეობის კრიტერიუმები გათვალისწინებულია ვიბრაციული დატვირთვების შესაბამისად.

9. ჩვენს მიერ ჩატარებული სავლე ექსპერიმენტების საფუძველზე რომელიც განხორციელდა SVAN 948, აქსელერომეტრი DYTRAN ტიპი 3143 M1 და Brüel & Kjaer 4294 ვიბრაციის კალიბრატორის გამოყენებით დადგინდა, რომ საგზაო სამოსის ფენებში დისიპაციის დონის შეფასება შეიძლება განხორციელდეს წარმოდგენილი ექსპერიმენტული ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლების ანალიზით. ამპლიტუდურ-დროითი მახასიათებლებისგან გამომდინარეობს, რომ რხევების სრული მიღევა დარტყმითი დატვირთვის შემდეგ ხდება საშუალოდ 3.5 წმ-ის შემდეგ.
10. თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ვიბრაციული დატვირთვისას საგზაო სამოსის მზიდუნარიანობისა და ექსპლუატაციის ვადის გაზრდის მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს, როგორც კონსტრუქციის დრეკადობის საერთო მოდულის გაზრდა, ასევე სპეციალური მათემატიკური მოდელით საგზაო სამოსის მომიჯნავე ფენების პარამეტრების ფარდობითი შერჩევა. აღნიშნული მიდგომით არახისტი სამოსის კონსტრუქციის გაანგარიშება უზრუნველყოფს რეალური საექსპლუატაციო ვადის გაზრდას მინიმუმ 20%-ით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ნეკაშვილი.თ. ვიბრაციის ზეგავლენა არახისტ საგზაო სამოსზე და მის გამძლეობაზე. საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №4(53), 2019,თბილისი, საქართველო. ISSN 1512-3936.
2. პაპუაშვილი.თ, ნეკაშვილი.თ. ვიბრაციული პროცესების დამახასიათებელი თვისებების აღწერა. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №2(54), 2020,თბილისი, საქართველო. ISSN 1512-3936.
3. პაპუაშვილი.თ, ნეკაშვილი.თ. მექანარიშვილი.თ. არახისტი საგზაო სამოსის პროექტირების მეთოდიკა ვიბრაციული დატვირთვების გათვალისწინებით. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №2(54), 2020,თბილისი, საქართველო. ISSN 1512-3936.
4. პაპუაშვილი.თ, ნეკაშვილი.თ. ავტომანქანების მოძრაობის გაანგარიშებითი სიჩქარის სიდიდის დასაბუთება არახისტი გზის საფარის პროექტირებისას მათი ვიბრაციული დატვირთვის გათვალისწინებით. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №2(55), 2020,თბილისი, საქართველო. ISSN 1512-3936
5. ნეკაშვილი.თ. ფერდობების მდგრადობის გაზრდის ზოგიერთი ღონისძიება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 86-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. თბილისი 2018.
6. ძიძიგური მ. საგზაო სამშენებლო მასალები, თბილისი 2005.
7. ნადირაშვილი.პ, გოგლიძე.ვ, ბურდულაძე. დ, მექანარიშვილი. თ. Расчет дорожных одежд в условиях интенсивного влияния горизонтальных сил Информационно-издательский центр «ТИМР» Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций. №1 Свид №014432 Москва 2004.
8. ნადირაშვილი.პ, ჩუბუნიძე.გ, ტატურაშვილი.გ, არახისტი საგზაო ფენილების ძვრისადმი მდგრადობის პარამეტრების გაუმჯობესების პირობები პოლიმერულ-მოდულირებული ბიტუმების გამოყენებით. საქართველოს საავტომობილო-საგზაო ინსტიტუტის შრომების კრებული "საავტომობილო ტრანსპორტისა და ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების პრობლემები" #4 თბილისი 2009 წელი.
9. ნადირაშვილი.პ, ბურდულაძე. დ, შიშინაშვილი. მ, Optimization of asphalt-concrete pavement in the conditions mountainous relief. ყოველკვარტალური სამეცნიერო ჟურნალი „ბიზნეს-ნჟინერინგი“ #1 2012 წელი.
10. ნადირაშვილი.პ, გოგლიძე.ვ, ბურდულაძე. დ. Улучшение транспортно- эксплуатационных свойств асфальто- бетонных покрытий, в условиях интенсивного влияния горизонтальных сил от действия автомобильного транспорта. Научное издание международный научный журнал «проблемы прикладной механики» ISSN 1512-0740 №4(13) Тбилиси 2003.
11. ჯღამაია.ვ. სადისერტაციო ნაშრომი „ცვეთმედეგი საგზაო ფენილების კონსტრუირება“. თბილისი 2011

12. ჩუბუნიძე.გ. ასფალტბეტონის საფარიანი გზების ძვრისადმი მდგრადობისა და საექსპლოატაციო ვადის გაზრდა მინაბოჭკოვანი გეობადის გამოყენების საშუალებით. საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტუალი“, №15, 2011,თბილისი, საქართველო. გვ. 118-123, ISSN 1512-2530
13. ჩუბუნიძე.გ. ბურდულაძე. დ, შიშინაშვილი.მ, ჯღამაია.ვ. Peculiarities of flexible pavements construction with consideration of existing climatic conditions in Georgia. International scientific journal “ theoretical & Applied Sciences “Philadelphia, 2017, P. 139-142, ISSN 2308-4944(Print) ISSN 2409-0085(Online)
14. გოგლიძე ვ. საავტომობილო გზების მშენებლობის ტექნოლოგია, თბილისი 1991.
15. СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги, Москва, 1986
16. Иванов Н.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд. – М., Транспорт, 1973. – 328 с.
17. Проектирование автомобильных дорог: В 2 ч. / В.Ф. Бабков, О. В. Андреев. М.: Транспорт, 1987. 367 с.
18. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Ремонт и содержание автомобильных дорог: В 6 т. Т 2 / под ред. А. П. Васильева. М.: Росавтодор, 2004. 505 с.
19. Расчет снижения модулей упругости нежестких дорожных одежд в процессе эксплуатации автомобильных дорог / В.К. Апестин, А.М. Шак, Ю.М. Яковлев // Сб.науч.тр Гипродорнии. Вып. 8. М.: 1974. С.120-135.
20. Радовский Б.С. Теоретические основы конструирования и расчета нежестких дорожных одежд на воздействие подвижных нагрузок: специальность: дис. ... докт. техн. наук / КАДИ. Киев., 1982. 436с.
21. Красилов О.А. Обоснование стратегии ремонта нежестких дорожных одежд: специальность: дис. ... докт. техн. наук / МАДИ. М., 2000. 438 с.
22. Носов В.П. Увеличение сроков службы дорожных одежд – стратегическая задача дорожной науки /Автомобильные дороги. 2006. № 12. С.81 – 85.
23. Brien, D.F., Kohn, S.D., Schaun, M.Y. Prediction of Pavement Performance by Using Nondestructive Test Results / Transp. Record. 1983. № 943. p.13-17.

24. The AASHO Road Test Report 5 National Research Council. USA, Washington, 1962 – 300 p.
25. Немчинов, М.В. Физика и динамика работы дорожной одежды автомобильных дорог. М.: Техполиграфцентр, 2012. 102 с.
26. Апестин В.К., Шак А.М., Яковлев Ю.М. Расчет снижения модулей упругости нежестких дорожных одежд в процессе эксплуатации автомобильных дорог: Сб. науч. тр./Гипродорнии. – М., 1974, вып. 8. – С.120-135.
27. Бабак О.Г. и др. Трещиностойкость асфальтобетонных покрытий при низкой температуре//Автомобильные дороги.– 1989.– № 11. – С.17-19
28. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1993. -271с.
29. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Учебник для вузов. Ч.І и Ч.ІІ.–М.: Транспорт, 1987.–368 с.
30. Баранчиков В.В. Оценка трещиностойкости асфальтобетона //Дороги России. - 2002. - № 4. - С. 78-79.
31. Бардзо В.И., Фирстов В.Г. Методы расчёта и оценки прочности нежестких дорожных одежд. //М.: Издательство «Высшая школа», 1964.
32. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах, Ч.ІІ. – М.: Наука, 1991 – 640 с.
33. Проектирование нежестких дорожных одежд, Москва, 2002.
34. Бахрах Г.С. Модель оценки срока службы дорожной одежды нежесткого типа //Наука и техника в дорожной отрасли. - 2002. - №2. - С. 17-20.
35. Бахрах Г.С. Сопоставительная модель оценки срока службы дорожных одежд нежесткого типа по критерию усталостного растрескивания при их конструировании //Сб. науч. тр. РосДорНИИ. - 1998. - вып.9. - С. 51-59.

36. Бахрах Г.С. Термоусиление дорожных одежд нежесткого типа //Автомобильные дороги. - 2007. - № 8 (909).– С. 84-87.
37. Белоногов Л.Б., Кычкин В.И., Пугин К.Г. Вибродиагностика прочности дорожных одежд нежесткого типа. //Пермь: Пермский государственный технический университет, 1999. Депонировано в ВИНТИ.
38. Р. Б. Гун. Нефтяные битумы, Москва: Химия, 1973.
39. Федотова Г. А., Проектирование автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1989.
40. ГОСТ 9128-97 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Москва: МНТКС, 1999.
41. ВСН 46-83 Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Москва: Транспорт, 1985
42. ОДН 218.046-01ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД. МОСКВА 2001.
43. <http://docs.cntd.ru/document/1200158922> Апестин В.К. и др. Фактические сроки службы нежестких дорожных одежд и покрытий на автомобильных дорогах Российской Федерации Сб. Строительство и эксплуатация дорог. საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 2020.12.12
44. http://sopromat.org.ua/ABS_files/2-1_alexandrov-potapov_sopromat2003.pdf Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов/Под ред. А.В. Александрова.-3-е изд. испр.- М.: Высш.шк., 2003. საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 2020.12.12
45. <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf> AASHTO Guide for Design of Pavement Structures //American Association of State Highway and Transportation Officials. – Washington, DC. – 1993. საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 2020.12.12