



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

ოთარ აბაშიძე

საავტომობილო გზის საცვეთი ფენის
სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო
თვისებების გაუმჯობესება სლარი ტიპის
ნარეგების გამოყენებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0732

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2023 წ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი სამშენებლო

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ოთარ აბაშიძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „საავტომობილო გზის საცვეთი ფენის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება სლარი ტიპის ნარეგების გამოყენებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

15 ივნისი 2023 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი თენგიზ პაპუაშვილი

რეცენზენტი: პროფესორი ალექსი ბურდულაძე

რეცენზენტი: აკ. დოქტორი ვახტანგ ჯღამაია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2023 წ

ავტორი: ოთარ აბაშიძე

დასახელება : „საავტომობილო გზის საცვეთი ფენის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება სლარი ტიპის ნარევების გამოყენებით“

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: მშენებლობის ინჟინერიის დოქტორი

სხდომა ჩატარდა 12. 07. 2023

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

ავტორის ხელმოწერა _____

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ 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

ქვეყანაში მოქმედი საავტომობილო ქსელის მრავალი კილომეტრი დაფარულია კაპიტალური საფარით, რომელიც უზრუნველყოფს მგზავრთა და ტვირთთა ნაკადის შეუფერხებელ, უსაფრთხო და კომფორტულ გადაადგილებას. საქართველოს საავტომობილო ქსელის მდგომარეობაზე დაკვირვებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ დაზიანებების ყველაზე გავრცელებული სახეობები, როგორცაა გრძივი და განივი ბზარები, ხშირბადისებრი ბზარები, ბლოკური ბზარები, ნაკვალევი და ორმოები საფარის ზედაპირზე ძირითადად გამოწვეულია იმით, რომ საავტომობილო ქსელის დატვირთვების ზრდის გამო არსებული საფარები ვეღარ აკმაყოფილებენ მოთხოვნებს.

ქვეყანაში ერთ-ერთი უპირველესი ამოცანა საავტომობილო ქსელის ზრდასთან ერთად საგზაო ქსელის მდგომარეობის გაუმჯობესებაა, რაც გულისხმობს მისი საექსპლუატაციო მახასიათებლების გაუმჯობესებას და მისი ხანმედეგობის მაქსიმალურად გახანგრძლივებას, რათა თავიდან იქნას აცილებული კაპიტალური შეკეთებისათვის საჭირო დიდი დანახარჯები.

გამომდინარე იქიდან, რომ საქართველო გამოირჩევა რთული რელიეფით და გზებზე ხშირია დიდი ქანობები, ასფალტის საფარი ხშირად საანგარიშო ვადაზე ადრე გამოდის მწყობრიდან, რასაც ასეთ ადგილებში ხელს უწყობს დამუხრუჭების და დამკრის ძალები. რაც მეტად იზრდება ბზარები საფარზე, მით უფრო მეტად მცირდება უსაფრთხოდ გადაადგილების შანსები და იზრდება მოვლა-შენახვის სამუშაოების ღირებულება. ამიტომ საჭიროა გზების საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება, რაც თავისთავად გულისხმობს დანახარჯების სიმცირეს და ეკონომიკური თუ ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებას. ჩვეულებისამებრ, ტრადიციული ზედაპირული დამუშავება, რომელიც ასეთ შემთხვევებში გამოიყენება, მეტ-ნაკლებად უზრუნველყოფს აღნიშნული საკითხის გადაჭრას, თუმცა მისი სამუშაო ვადა მხოლოდ 2-3 წლით შემოიფარგლება.

სწორედ ამ საკითხის გადასაწყვეტად ნაშრომში ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ტრადიციული ზედაპირული დამუშავების ანალოგი ტექნოლოგია - საცვეთი ფენის გაუმჯობესების გზა "სლარი სილის" ტიპის ნარევებით, რომელიც მაქსიმალურად გაზრდის ვადებს კაპიტალურ რემონტებს შორის და იქნება როგორც შედარებით ეკოლოგიურად სუფთა, ისე ეკონომიურად მომგებიანი.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ნაშრომში დამუშავებულია შემდეგი ძირითადი საკითხები:

საგზაო საფარების ცვეთის არსის განსაზღვრა და გამომწვევი მიზეზების დადგენა;

ტრადიციული ზედაპირული დამუშავების ჩანაცვლება "სლარი სილის" ტექნოლოგიით, მისი გამოყენების არეალის განსაზღვრით;

„სლარი სილის“ ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობის დადგენა, მასში აპრობირებული შემავსებლის - ცემენტის ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრა და მისი ჩანაცვლება ანალოგი მასალებით - დოროსოლით, დოროპორტით და კირით, ამის გათვალისწინებით კი ნარევის შემადგენლობის პროექტირება.

დამზადებული ნარევების გამოცდა სხვადასხვა მახასიათებლებზე ლაბორატორიულ პირობებში, არსებული საფარების მახასიათებლების დადგენა და მათთან შედარება;

საგზაო სამოსის კონსტრუქციის გაანგარიშება ახალი ტიპის ნარევისათვის და მისი შედარება ტრადიციულად გამოყენებად საცვეთ ფენებთან;

ეკონომიკური მაჩვენებლების განსაზღვრა და შედარება ტრადიციულ სამუშაოებთან.

ჩატარებული ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ „სლარი სილის“ გამოყენება საფარის საცვეთი ფენების საექსპლუატაციო თვისებების გასაზრდელად მნიშვნელოვნად სჯობს იგივე სამუშაოს ტრადიციული ზედაპირული დამუშავების ტექნოლოგიის გამოყენებით.

ჩვენს მიერ ნაშრომში განხილული ნარევები საშუალებას მოგვცემს დავიცვათ უკვე არსებული ფენილები და ავამაღლოთ სწორედ ის ძირითადი მახასიათებლები, რასაც ფენილების ცვეთამდეგობა, წყალგაუმტარი ზედაპირის წამოქმნა და ა.შ. ჰქვია და ამით გავახანგრძლივოთ საექსპლუატაციო ვადები. ამასთან ერთად, გამომდინარე იქედან რომ კაპიტალურ რემონტებს შორის ვადის გასვლამდე მისი გამოყენება ორჯერ ნაკლებად გვიწევს, ვიდრე ტრადიციული ზედაპირული დამუშავების, მნიშვნელოვნად უმჯობესდება ეკოლოგიური გარემო.

იმის გათვალისწინებით, რომ ერთიდაიგივე საანგარიშო პერიოდში „სლარი სილის“ ტიპის ნარევებს ვიყენებთ ორჯერ, ხოლო ტრადიციულ ზედაპირულ დამუშავებას მინიმუმ 4-ჯერ, ეკონომიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია განსხვავება პერსპექტივაში ფასებს შორის.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, „სლარი სილის“ გამოყენებას აქვს მთელი რიგი უპირატესობები, რაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს როგორც ფენილების ძირითად საექსპლუატაციო მაჩვენებლებს, მნიშვნელოვნად შეამცირებს გარემოს დაბინძურების მაჩვენებელს და მომგებიანია ფინანსური კუთხითაც.

Abstract

The multi-kilometer road network operating in the country is covered with a capital coating, which ensures unhindered, safe and comfortable movement of passenger and cargo flows. Observing the condition of the Georgian road network, we can say that the most common types of injuries, such as longitudinal and transverse cracks, frequent cracks, block cracks, tracks and pits on the surface of the coating, are mainly caused by the fact that due to the increased loads on the road surface of the road network, existing coatings can no longer match requirements

One of the priorities in the country is to improve the condition of the road network along with the growth of the road network, which means improving its operational characteristics and maximizing the extension of service life in order to avoid large capital repair costs.

Due to the fact that Georgia is characterized by difficult terrain and large slopes are often found on the roads, asphalt pavement often fails before the reporting period, which is facilitated by braking and pushing forces in such places. The more cracks there are on the coating, the more the chances of safe movement decrease and the cost of maintenance work increases. Therefore, it is necessary to improve the operational properties of roads, which in itself implies the absence of costs and the improvement of economic and environmental conditions. As usual, traditional surface treatment, which is used in such cases, more or less provides a solution to the mentioned problem, although its service life is limited to 2-3 years.

To solve this problem, our article suggests an analogue of the traditional surface treatment technology - a way to improve the wear layer with mixtures of the "Slurry seal" type, which will minimize the time between major repairs and will be both relatively environmentally friendly and cost-effective.

Thus, the purpose of experimental and theoretical studies of this work was to consider the following issues:

- Determination of the nature of road surface wear and identification of the causes;

- Replacing the traditional surface treatment with the "Slurry seal" technology, determining the scope of its application;

- Determining the optimal composition of the "Slurry seal" mixture, determining the optimal amount of the tested filler - cement and replacing it with analog materials - dorosol, doroport and lime, taking this into account, designing the composition of the mixture.

- Testing of the manufactured mixture for various characteristics in the laboratory, limiting the characteristics of existing coatings and comparing them;

- Calculation of the construction of road clothes for a new type of mixture and its comparison with the traditionally used layers of underwear;

- Definition and comparison of economic indicators with traditional works.

Based on the conducted experimental and theoretical studies, we can say that the use of "Slurry seal" to improve the performance properties of the finishing layers of the coating is much better than similar work using traditional surface treatment technology.

The mixtures discussed in our article will allow us to protect existing layers and increase the main characteristics, which are the wear resistance of the layers, the creation of a waterproof surface, etc., thus we extend the service life. In addition, due to the fact that we have to use it twice less than with traditional surface treatment, before the expiration of the period between major repairs, the environmental situation is significantly improved.

Considering that during the same reporting period we used mixtures of the "Slurry seal" type twice, and traditional surface treatment - at least 4 times, from an economic point of view, the difference between prices is important in the future.

Based on the above, the use of "Slurry seal" has a number of advantages that will significantly improve the basic performance of the layers, significantly reduce the level of environmental pollution and are financially beneficial.

შინაარსი

შესავალი	13
1. ლიტერატურული მიმოხილვა	16
1.1. საავტომობილო გზების ქსელის არსებული მდგომარეობის ზოგადი მიმოხილვა	16
1.2. საცვეთი ფენის არსი და მისი როლი გზების საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესებაში	20
1.3. “სლარი სილის” ტიპის ნარევები და მათი გამოყენების სფეროები	24
1.4. ტრადიციული ზედაპირული დამუშავების ზოგადი ანალიზი და გამოყენების სფეროები	37
2. შედეგები და განსჯა	43
2.1. ცვეთის გამომწვევი პროცესები და მათი ზოგადი ანალიზი	43
2.2. “სლარი სილის” ნარევის კომპონენტების შემადგენლობების ლაბორატორიული ანალიზი	46
2.3. სლარი სილის ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობის განსაზღვრა ლაბორატორიულ პირობებში	59
2.4. ასფალტბეტონის ცვეთასა და შეჭიდულობაზე გამოცდის მექანიზმი ლაბორატორიულ პირობებში	62
2.5. სლარი სილის ნარევების სამუშაო სისქის განსაზღვრა საექსპლუატაციო ვადების მიხედვით	69
2.6. “სლარი სილის” ნარევით აღდგენილი საფარის მაჩვენებლების შედარება ტრადიციული ტიპის ზედაპირულ დამუშავებასთან	73
2.7. “სლარი სილის” ნარევების გამოყენება აეროდრომების საფარებისათვის	91
2.8. “სლარი სილის” ნარევის ეკონომიკური შედარება ჩვეულებრივი ტიპის ზედაპირულ დამუშავებასთან	94
დასკვნა	99
გამოყენებული ლიტერატურა	101

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1.	ღორღის მასალის გრანულომეტრიული ცხრილი _____	53
ცხრილი 2.	ნარევი 1-ის შემადგენლობა _____	59
ცხრილი 3.	ნარევი 2-ის შემადგენლობა _____	60
ცხრილი 4.	ნარევი 3-ის შემადგენლობა _____	60
ცხრილი 5.	ნარევი 4-ის შემადგენლობა _____	61
ცხრილი 6.	საანგარიშო პარამეტრების მნიშვნელობები _____	70
ცხრილი 7.	ტრადიციული ერთფენიანი საფარის ღირებულება _____	94
ცხრილი 8.	ტრადიციული ერთფენიანი ზედაპირული დამუშავების ღირებულება _____	95
ცხრილი 9.	ცემენტის დანამატიანი “სლარი სილით” დამუშავების ღირებულება _____	95
ცხრილი 10.	კირის დანამატიანი “სლარი სილით” დამუშავების ღირებულება _____	96

ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1.	საფარის ზედაპირის ხშირბადისებრი დაზიანება _____	17
ნახაზი 2.	გრძივი ბზარები საფარის ზედაპირზე _____	17
ნახაზი 3.	განივი ბზარები საფარის ზედაპირზე _____	18
ნახაზი 4.	ბლოკური ბზარები საფარის ზედაპირზე _____	18
ნახაზი 5.	ნაკვალევი საფარის ზედაპირზე _____	19
ნახაზი 6.	ორმოები საფარის ზედაპირზე _____	19
ნახაზი 7.	“სლარი სილის” დამგები მანქანა-დანადგარი _____	27
ნახაზი 8.	“სლარი სილის” საფარზე დატანის მაგალითები _____	28
ნახაზი 9.	საფარის აღდგენა სლარი ნარევებით _____	30
ნახაზი 10.	მიკროსურფეისინგის ფენით მოწყობილი საფარი _____	31
ნახაზი 11.	ჩიპ სილით მოწყობილი საფარი _____	32
ნახაზი 12.	ტონფრიზით მოწყობილი საფარი _____	32
ნახაზი 13.	სპრეი ჯეტით მოწყობილი საფარი _____	33
ნახაზი 14.	ფიბ სილით მოწყობილი საფარი _____	34
ნახაზი 15.	ფოგ სილით მოწყობილი საფარი _____	34
ნახაზი 16.	სკრაბ სილით მოწყობილი საფარი _____	35
ნახაზი 17.	მაკ სილით მოწყობილი საფარი _____	35
ნახაზი 18.	ნოვაჩიპით საფარის მოწყობა ეკატერინბურგი-რეჟი- ალაპაევსკის გზაზე _____	36
ნახაზი 19.	ხარისხობრივი მაჩვენებლების ცხრილი _____	36
ნახაზი 20.	საფარის მოვლა ჩვეულებრივი ექსპლუატაციის პირობებში _____	44
ნახაზი 21.	დროული ზედაპირული დამუშავების ფაქტორი _____	45
ნახაზი 22.	ცვეთა ლოს-ანჯელესის დანადგარზე ცვეთის მაჩვენებლები _____	47
ნახაზი 23.	სიმტკიცე წნეხზე _____	48
ნახაზი 24.	ნემსისებრი და ფირფიტისებრი მარცვლების შემცველობა _____	49
ნახაზი 25.	დამტვრეული ნაწილაკების შემცველობა _____	50
ნახაზი 26.	მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა _____	51
ნახაზი 27.	წყალშთანთქმის მაჩვენებელი _____	52
ნახაზი 28.	ღორღის ადჰეზიურობის შეფასება _____	52

ნახაზი 29.	ღორღის სიმტკიცის გამოცდა წნეხზე -----	53
ნახაზი 30.	გრანულომეტრიის გრაფიკი -----	54
ნახაზი 31.	ბიტუმის პენეტრაცია 0,1 მმ-ზე -----	55
ნახაზი 32.	ბიტუმის დარბილების ტემპერატურის მაჩვენებლები -----	55
ნახაზი 33.	ბიტუმის დუქტილების მაჩვენებლები -----	56
ნახაზი 34.	ბიტუმის სიმყიფის მაჩვენებლები -----	56
ნახაზი 35.	შემავსებლის ტიპები -----	57
ნახაზი 36.	თხევადი ლატექსი -----	58
ნახაზი 37.	პოლიპროპილენის ბოჭკო -----	58
ნახაზი 38.	„სლარი სილის“ ნიმუშების დამზადება-დაყალიბების პროცესი -----	61
ნახაზი 39.	ნიმუშის მომზადების პროცესი -----	62
ნახაზი 40.	ცემენტით დამზადებული ნარევის გამოცდა ჰამბურგის ბორბალზე -----	62
ნახაზი 41.	ღორღოვანი დამზადებული ნარევის გამოცდა ჰამბურგის ბორბალზე -----	63
ნახაზი 42.	ღორღოვანი დამზადებული ნარევის გამოცდა ჰამბურგის ბორბალზე -----	63
ნახაზი 43.	კირით დამზადებული ნარევის გამოცდა ჰამბურგის ბორბალზე -----	64
ნახაზი 44.	დამზადებული ნიმუშები ჰამბურგის ბორბალზე გამოცდამდე -----	64
ნახაზი 45.	ნარევის საერთო მახასიათებლების შედარება -----	65
ნახაზი 46.	ცდების ამსახველი ფოტომასალა -----	65
ნახაზი 47.	ჰამბურგის დანადგარზე გამოცდილი ნიმუშები -----	66
ნახაზი 48.	შეჭიდულობის მაჩვენებლების შედარება -----	67
ნახაზი 49.	Wessex-ის ხელსაწყო ჩაჭიდების კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის -----	67
ნახაზი 50.	სამუხრუჭე მანძილების შედარება სხვადასხვა გარემო პირობებში -----	68
ნახაზი 51.	ჩაჭიდების შედეგები ტემპერატურულ დიაპაზონში ა/ბ-ის საფარისათვის -----	69
ნახაზი 52.	ნახ. 52. ჩაჭიდების შედეგები ტემპერატურულ დიაპაზონში „სლარი სილის“ შემთხვევაში -----	69
ნახაზი 53.	N1 ვარიანტში გამოყენებული სამოსის კონსტრუქცია -----	75

ნახაზი 54.	N2 ვარიანტში გამოყენებული სამოსის კონსტრუქცია	80
ნახაზი 55.	N3 ვარიანტში გამოყენებული სამოსის კონსტრუქცია	85
ნახაზი 56.	დეფორმაციის მოდულისა და ძვრის თანაფარდობა	90
ნახაზი 57.	დრეკადი ჩალუნვებისა და ღუნვის თანაფარდობა	90
ნახაზი 58.	ლოიტნერის ტესტის შედეგები	93
ნახაზი 59.	ლოიტნერის ტესტის მიმდინარეობა	93
ნახაზი 60.	ერთეული ფასების თანაფარდობა 1 მ ² -ზე ერთჯერადი დამუშავებისათვის	96
ნახაზი 61.	ერთეული ფასების თანაფარდობა 1 მ ² -ზე 10 წლიანი ვადის პერიოდში	97
ნახაზი 62.	საფარის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესება “სლარი სილით”	98

შესავალი

ნაშრომის აქტუალობა:

საავტომობილო გზების საექსპლუატაციო ვადების ძირითად განმსაზღვრელ ნაწილს საგზაო საფარის ხარისხი და მდგომარეობა წარმოადგენს. საფარის ხარისხია განმსაზღვრელი სწორედ ისეთი ძირითადი მახასიათებლებისა, როგორცაა: მოძრაობის სიჩქარე, შეჭიდულობა, უსაფრთხო გადაადგილება, ეკოლოგიურობა, სიმტკიცე, სისწორე და ა.შ.

საავტომობილო გზების საფარის ერთ-ერთ ძირითად მაჩვენებელს წარმოადგენს საფარის ცვეთა, რადგან სწორედ ის თამაშობს მთავარ როლს საფარის საექსპლუატაციო ვადების განსაზღვრაში.

ბოლო წლებში საავტომობილო ტრანსპორტის ქსელის და ნაკადების ინტენსიურმა ზრდამ თანდათანობით დააჩქარა საფარების ცვეთის პროცესი. კაპიტალური რემონტის სიძვირის გამო კი ქვეყანაში აპრობირებულია საფარების პერიოდულად ზედაპირული დამუშავება, რაც საშუალებას გვაძლევს გავუხანგრძლივოთ მას ხანმედეგობა, საბოლოოდ მწყობრიდან გამოსვლამდე.

როგორც ქვეყნის მასშტაბით, ასევე მსოფლიოს მასშტაბით მიღებული გამოცდილებიდან გამომდინარე დაგროვილია მასალები, რაც წარმოადგენს საცვეთი ფენების შემადგენლობების პროექტირებას, ასევე მათ გაანგარიშებებს და შემდგომ საექსპლუატაციო ვადების ამაღლების საწყისებს.

ექსპერიმენტების საშუალებით დადგენილია, რომ საფარების ცვეთა დამოკიდებულია ფიზიკო-მექანიკურ და კლიმატურ ფაქტორებზე, ასევე მის შემადგენლობაში შემავალი მასალების ნაირსახეობასა და მახასიათებლებზე.

კვლევის საგანს წარმოადგენს:

- “სლარი სილის” ტიპის ნარევების ოპტიმალური შემადგენლობის კვლევა, მათ გამოსაყენებლად საავტომობილო გზების საცვეთ ფენაში, საექსპლუატაციო ვადების გასაზრდელად.

ნაშრომის მიზანი:

- დამუშავებულია ტექნოლოგია საცვეთი ფენის საექსპლუატაციო ვადების გაზრდისათვის, რომელიც აუმჯობესებს გზის ფუნქციონირებას, ახანგრძლივებს

საექსპლუატაციო დროს და ეფექტურად გამოიყენება როგორც ასფალტბეტონის, ისე ცემენტბეტონის საფარის ზედაპირზე;

სამეცნიერო სიახლე:

- საქართველოს საავტომობილო გზების ქსელზე ექსპერიმენტული დაკვირვებების საფუძველზე განხილული და გაანალიზებულია საგზაო საფარების ცვეთის მექანიზმი და მათი გამომწვევი ფაქტორები;

- სხვადასხვა კარიერში მოპოვებული ინერტული მასალების კვლევის საფუძველზე განსაზღვრულია „სლარი სილის“ ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობა;

- დამუშავებულია ცვეთამედეგობის ამაღლების ტექნოლოგიური ღონისძიებები „სლარი სილის“ ნარევაში სხვადასხვა ჰიდრაულიკური შემკვრელების გამოყენების საფუძველზე;

- ათწლიანი გაანგარიშებით ეკონომიკური შედეგების შეჯერების საფუძველზე, მოძრაობის ინტენსივობის და საავტომობილო დატვირთვებიდან გამომდინარე შემუშავებულია „სლარი სილის“ საფარების ოპტიმალური სისქეები.

ეკოლოგიურ ეფექტს განაპირობებს:

- საცვეთი ფენის გაზრდილი ცვეთამედეგობის ხარჯზე არ ხდება საჭირო ფენილების მრავალჯერადი განახლება, რაც თავისთავად ამცირებს ეკოლოგიურად ისეთი დამაბინძურებელი მასალის გამოყენებას, როგორცაა ბიტუმი;

ეკონომიკურ ეფექტს განაპირობებს:

- მნიშვნელოვნად იზრდება ასფალტბეტონის მომსახურეობის და რემონტთაშორისი ვადები, რაც იძლევა შემადგენელი მასალების მნიშვნელოვან ეკონომიას, როგორც საფარის მოწყობის საწყის ეტაპზე, ასევე საექსპლუატაციო პერიოდში. იზრდება ავტომანქანების საბურავების შეჭიდულობის კოეფიციენტი, რაც იძლევა ტრანსპორტის სწრაფად და უსაფრთხოდ გადაადგილების გარანტიას.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- შემოთავაზებული ტექნოლოგია გამოიყენება როგორც მაღალი, ისე დაბალი ინტენსივობის გზებზე, მათ შორის დასახლებებში. უპირატესობა მდგომარეობს იმაშიც, რომ გზის ზედაპირის რეგულარული (ყოველ 5-6 წელიწადში) დამუშავებით, გრძელვადიან პერსპექტივაში, გზის მოვლა გაცილებით იაფია, ვიდრე კაპიტალური რემონტი ყოველ 7-10 წელიწადში;

- დამუშავებულია და მიღებულია ოპტიმალური შემადგენლობა “სლარი სილის” ნარევისათვის.

სამუშაოს აპრობაცია:

- სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი მასალები მოხსენებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 100 წლის იუბილისადმი მიძღვნილ სტუდენტთა საერთაშორისო კონფერენციაზე „ინოვაციური ტექნოლოგიები ინჟინერიაში“ (2022წ) და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა საერთაშორისო კონფერენციაზე „ინოვაციური ტექნოლოგიები ინჟინერიაში“ (2023წ).

პუბლიკაციები:

- დისერტაციის მასალები გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო ნაშრომში, სამეცნიერო-ტექნიკურ ჟურნალში „მშენებლობა“.

დისერტაციის სტრუქტურა:

- სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს შესავალს, ორ თავს, დასკვნას, ლიტერატურის სიას 42 დასახელებით, 10 ცხრილს და 62 ნახაზს. კვლევის შედეგები გადმოცემულია 103 ნახეჭდ თაბახზე.

1. ლიტერატურული მიმოხილვა

1.1. საავტომობილო გზების ქსელის არსებული მდგომარეობის ზოგადი მიმოხილვა

ქვეყანაში მოქმედი საავტომობილო ქსელის მრავალი კილომეტრი დაფარულია კაპიტალური საფარით, რომელიც უზრუნველყოფს მგზავრთა და ტვირთთა ნაკადის შეუფერხებელ, უსაფრთხო და კომფორტულ გადაადგილებას. აღნიშნული ქსელის დიდი ნაწილი მოწყობილია ჯერ კიდევ ადრეულ წლებში, როდესაც საავტომობილო ქსელი ჯერ კიდევ არ იყო განვითარებული. ბოლო წლებში ქვეყანაში ავტოპარკის ზრდამ და გაზრდილმა ნაკადებმა გამოიწვია უკვე არსებული სამოსის ფენილების თანდათან მწყობრიდან გამოსვლა.

დროთა განმავლობაში ყველაზე ხარისხიანი გზებიც კი განიცდიან ცვეთას და ეს გამოწვეულია არამარტო ტრანსპორტის მიერ გადაცემული დატვირთვებით, არამედ მასზე მოქმედი ფიზიკო-ქიმიური ფაქტორების ზეგავლენით. ამასთან ერთად აუცილებლად გასათვალისწინებელია ადგილმდებარეობის ტიპი, რადგანაც ერთიდაიგივე შემადგენლობის ნარევიტ დამზადებული ფენილები განსხვავებულ საექსპლუატაციო ვადებს გვიჩვენებენ სხვადასხვა გარემოში მუშაობისას [1].

სავტომობილო გზის კაპიტალური შეკეთება როგორც დაუსახლებელ, ისე დასახლებულ პუნქტში საკმაოდ შრომატევადი, ძვირი და რთული საქმიანობაა. გზის შეკეთება იწვევს მოძრაობის ჩაკეტვას როგორც ცალკეულ ზოლებზე, ისე მთლიან გზაზე, რაც თავის მხრივ აფერხებს ნაკადთა გადაადგილებას.

ქალაქის პირობებში გზის შეკეთება დამატებითი პრობლემებით წარმოგვიდგება, რადგან ხშირად კაპიტალურ შეკეთებას მოსდევს კომუნიკაციების დაზიანება, საჭიროა არსებული ბორდიურების დემონტაჟი, სხვადასხვა სახის დამატებითი სამუშაოები და ა.შ, რაც ერთობ ძვირადღირებული სამუშაოა.

საქართველოს სავტომობილო გზების ქსელის მდგომარეობაზე დაკვირვებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ დაზიანებების ყველაზე გავრცელებული სახეობები შემდეგია:

ა) საფარზე წარმოქმნილი ხშირი ბზარები - ე.წ. **“Alligator cracking”** – სახელწოდება მიღებული აქვს ნიანგის კანთან მსგავსების გამო. საფარის ზედაპირზე ხშირი

ბზარები ძირითადად გამოწვეულია ზედაპირის სისუსტით და ცუდი დრენირების სისტემით.



ნახ.1. საფარის ზედაპირის ხშირბადისებრი დაზიანება

- ა) შ6 ზუგდიდი-წალენჯიხა-ჩხოროწყუ-სენაკის საავტომობილო გზა;
- ბ) შ32 თბილისი (ველი)-გაჩიანი-რუსთავის საავტომობილო გზა

ბ) გრძივი (ხაზობრივი) ბზარები – ღერძის ხაზის ან დაგების პარალელური ხაზები. შესაძლებელია იყოს საფარის გადაღლილობის შედეგი ან ტექნოლოგიური ნაკერების ცუდი კონსტრუირებით.



ნახ.2. გრძივი ბზარები საფარის ზედაპირზე

- ა) შ43 თიანეთი-ახმეტა-ყვარელი-ნინიგორის საავტომობილო გზა;
- ბ) შ2 საჯავახო-ჩოხატაური-ოზურგეთი-ქობულეთის საავტომობილო გზა

გ) განივი ბზარები – წარმოადგენს ცალკეულ ნაპრალებს, ცენტრალური ხაზის პერპენდიკულარულად განვითარებულს. განივი ბზარები არის გამოძახილი საფუძვლის ფენის დაზიანებისა, ყოველდღიური ტემპერატურული ციკლებითა და ასფალტდამგების (“ფინიშერი”) არასწორად შესრულებული სამუშაოსი.

ა)



ბ)



ნახ.3. განივი ბზარები საფარის ზედაპირზე

ა) ქ. ქუთაისის საერთაშორისო აეროპორტი;

ბ) შ17 ქუთაისი-ტყიბული-ამბროლაურის საავტომობილო გზა

დ) “ბლოკური” ბზარები – გამოიყურება როგორც ოთხკუთხედის ფორმის. იწვევს არასწორად შერჩეული შემკვრელი ან ზედმეტად “გამომშრალი” ასფალტი.

ა)



ბ)

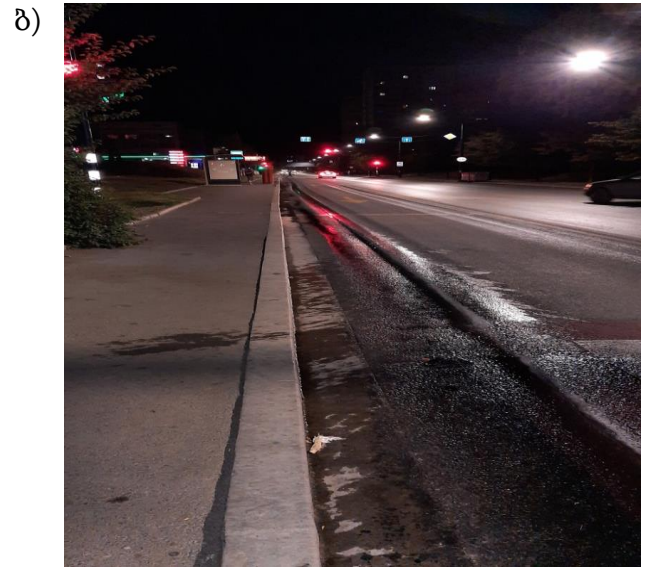


ნახ.4. ბლოკური ბზარები საფარის ზედაპირზე

ა) შ150 მცხეთა-შიომღვიმის მონასტერის საავტომობილო გზა;

ბ) შ1 ბათუმი(ანგისა)-ახალციხის საავტომობილო გზა;

ე) ნაკვალევი - რომელიც გამოწვეულია საფარის ზედაპირზე მძიმე წონიანი ავტომობილების დატვირთვების შედეგად მიღებული დეფორმაციებით.



ნახ.5. ნაკვალევი საფარის ზედაპირზე

ა) შ15 ქუთაისი(წყალტუბო)-ცაგერი-ლენტეხი-ლასდილის საავტომობილო გზა;

ბ) ქ. თბილისი, ხიზანიშვილის ქუჩა

ვ) ორმოები საფარის ზედაპირზე



ნახ.6. ორმოები საფარის ზედაპირზე

ა) შ84 ზუგდიდი-ჯიხაშკარი-ჩხოროწყუს საავტომობილო გზა;

ბ) შ6 ზუგდიდი-წალენჯიხა-ჩხოროწყუ-სენაკის საავტომობილო გზა

ზემოთ აღნიშნული ზედაპირული ბზარების ძირითადი ნაწილის გამომწვევი მიზეზი არის გარემო ფაქტორები, რადგან ბიტუმი გარემო ფაქტორების უწყვეტი

ციკლის შემდეგ კარგავს საწყის თვისებებს და სკდება. დასკდომას მოჰყვება ბზარების წარმოქმნა და ამის შემდეგ ხდება წყლის შეღწევა სამოსში. ამასთან ერთად საფარზე დამატებით გადაცემული დატვირთვები კიდევ უფრო აუარესებს საფარის მდგომარეობას.

საცვეთი ფენის მოწყობა, რომლის მთავარი მიზანიც საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესებაა, ეფექტურია იმ შემთხვევაში თუ ამ დაზიანებების გამომწვევი მიზეზი არ არის საფუძვლის ფენის დაზიანება.

1.2. საცვეთი ფენის არსი და მისი როლი გზების საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესებაში

იმისათვის, რომ გავახანგრძლივოთ საფარის სამსახურის დრო და უზრუნველვყოთ მისი დაცვა ზედაპირული ფაქტორების ზემოქმედებისაგან, საჭიროა მთელი რიგი სამუშაოები. საცვეთი ფენის აღდგენა, დამცავი ფენების ან ზედაპირის “ხორკლიანი” ფენის მოწყობა შედარებით ნაკლები ხარჯებით (ჩვეულებრივ და კაპიტალურ რემონტთან შედარებით) უნარჩუნებს საფარს სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლებს და იცავს მას.

ასფალტბეტონის საფარის დროულად დაგეგმილი და შესრულებული პროფილაქტიკური სამუშაოებით, სანამ იგი ჯერ კიდევ დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაშია, მისი ექსპლუატაციის ვადა შეიძლება გახანგრძლივდეს კიდევ რამოდენიმე წლით.

ზედა ფენის პერიოდული განახლება “უფრო ხილდება” ასფალტს და რამდენადმე ეკონომიურია. საცვეთი ფენის მოწყობა საავტომობილო გზებზე ითვალისწინებს არსებულ საგზაო სამოსზე ახალი ფენის გადაკვრას, რაც მზარდი სატრანსპორტო ნაკადების მატების ფარგლებში გარდაუვალი პროცესია, რადგანაც სამოსების კაპიტალურად შეკეთება საკმაოდ რთული და შრომატევადი საქმიანობაა. ზედაპირული დამუშავების ფარგლებში სასურველია, რომ მოძრაობა დიდი ხნით არ შეფერხდეს, ხოლო ტექნოლოგიამ იმუშაოს ხანგრძლივად, ისე რომ მინიმალურად დაკარგოს საექსპლუატაციო თვისებები.

როგორც ავლნიშნეთ ცვეთა ბევრი ფაქტორების კომბინირებული მოქმედების შედეგია. ავტომობილის ბორბლისა და საფარის კონტაქტის ფართობზე

წარმოიქმნება დეფორმაციული მდგომარეობა, ჰორიზონტალურ-ვერტიკალური ძალების გადაცემის შედეგად.

ცვეთა ჰორიზონტალურ უბნებზე წარმოგვიდგება გორვითი ხახუნის გამო, თუმცა მაქსიმალური ცვეთა ძირითადად გამოწვეულია დამუხრუჭების შედეგად, რის შემდეგაც საფარი უფრო მეტად ცვდება დიდი დახრილობის მქონე უბნებზე [2].

საცვეთი ფენის მოწყობის ერთ-ერთ უმთავრეს მიზანს წარმოადგენს საფარის შეჭიდულობის გაზრდა. შეჭიდულობა დამოკიდებულია როგორც საფარის მდგომარეობაზე, ასევე კლიმატურ ფაქტორებზე, რადგან გაზრდილი ატმოსფერული ნალექების დროს გაცვეთილი საფარის შემთხვევაში საგანგაშოდ მცირდება ავტომობილის თვლის საგზაო სამოსთან შეჭიდულობის კოეფიციენტი, რაც ზრდის ავარიების რისკს.

ამ პრობლემების აღმოსაფხვრელად და იმისათვის რომ დაცული იქნას საფარის ფენები, მსოფლიოს მასშტაბით გზების სპეციალისტები დადგენენ ამოცანის წინაშე, შექმნილიყო ახალი ტიპის დამცავი ფენები, გაუმჯობესებული თვისებებით.

საგზაო სამოსის ზედა ფენა, რომელიც უზრუნველყოფს ავტომობილის თვლისა და სხვადასხვა კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენას, წარმოადგენს საცვეთ ფენას. იმ შემთხვევაში, თუ გზაზე არ არსებობს დამცავი ფენა, მის ნაცვლად აღნიშნულ ფუნქციას თავის თავზე იღებს ზედა ფენა. იგი ექსპლუატაციის დროს დეფექტების ლიკვიდაციისათვის საჭიროებს აღდგენას.

გზის რემონტის დროს ხდება როგორც სავალი ნაწილის, ისე დანარჩენი კონსტრუქციული ფენების აღდგენა, მათ შორის გვერდულების და სხვადასხვა ინფრასტრუქტურის, ხოლო რაც შეეხება საცვეთი ფენის მოწყობას, ამ დროს ხდება მხოლოდ ზედა ფენის აღდგენა. ტექნოლოგიურად საცვეთი ფენისა და საგზაო საფარის სარემონტო სამუშაოები დიდად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და იგი მოიცავს მოფრეზვასა და ზედაპირული დამუშავების ფენის მოწყობას. ამ პროცესში გამოიყენება საფრეზი მანქანები, ასფალტის დამგები, გუდრონატორი და დამტკეპნები.

მსოფლიოს მასშტაბით მიღებული გამოცდილების მიხედვით, ინგლისელმა სპეციალისტებმა შემოგვთავაზეს ე.წ. „ქვის ჯავშანის“ გამოყენება, რაც გულისხმობს არსებულ ნარევი მტკიცე ქანების დამუშავებისაგან მიღებული მასალის ჩასოლვას[2];

შვედი მეცნიერებისაგან ალტერნატივად შემოთავაზებულია შემავსებლის რაოდენობის გაზრდა ასფალტის ნარევიში [2];

რუსეთის მასშტაბით ჩატარებულ კვლევებშიც შემოთავაზებულია სხმული ტიპის ასფალტბეტონები და ღორღის რაოდენობის ზრდა საცვეთ ფენაში. მათ ასევე ააშენეს საცდელი უბნები შემოთავაზებული ნარევებით, ხოლო “სლარი სილის” ტიპის ნარევებით უკვე მოწყობილია ძირითადი საავტომობილო ქსელის მრავალი კილომეტრი [2].

გერმანელმა მკვლევარებმა იგივეს აღმოსაფხვრელად გამოიყენეს სხმული ასფალტბეტონები და გაზარდეს მსხვილი შემავსებლის ზომა, რის ანალოგებიც ასევე შემოთავაზებულია შვეიცარიელი, იტალიელი, ნორვეგიელი და დანიელი მეცნიერებისაგან [2].

საგზაო მეთოდური დოკუმენტაციიდან და ტერმინოლოგიიდან გამომდინარე საავტომობილო გზის ხორკლიანი ზედაპირი არის ის ფენა, რომელიც მიიღება ღორღის მარცვლების და მათ შორის არსებული სიცარიელების მონაცვლეობით. ავტომობილის თვლისა და საგზაო საფარის კონტაქტის ადგილებში წარმოიშობილ მაკრო და მიკრო ხორკლიანობა და ხელოვნურად მიღებულ ამონაბურცვებს აერთიანებს საფარის ხორკლიანობა. ასეთი ფენის მოწყობა უზრუნველყოფს მოძრაობის უსაფრთხოების და საგზაო სამოსის სიმტკიცის შენარჩუნებას. ამ დროს საფარის კონსტრუქციული ფენა ეწყობა სხვადასხვა სახის ფიბრო ბოჭკოების გამოყენებით, შემკვრელის სახით ხდება ბიტუმის მოსხმა და შემდეგ ბიტუმის გაშლა.

პარამეტრების შერჩევა ხორციელდება სამოსის სახეობისა და შესაკეთებელი გზის მონაკვეთის მდებარეობის მიხედვით [3].

თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად ცნობილია ცვეთის შეფასების რამოდენიმე ხერხი:

1) პნევმატური ბორბლის გამოყენება საველე პრაქტიკაში, თუმცა საკმაოდ რთულად შესასრულებელი და არაზუსტი შედეგებით;

2) ლაბორატორიულად გამოსაცდელად ბ. ლადიგინის დანადგარი, რომელიც იწვევს ხახუნის სრიალის იმიტაციას. უარყოფითი მხარეა მხოლოდ ერთი კომპონენტის შეფასება [4].

3) მაკევესკის ინჟინერთა ინსტიტუტის შექმნილი ხელსაწყო, რომელიც იმიტირებული პნევმო-საბურავით მაქსიმალურად უახლოვდება ბუნებრივ მდგომარეობაში მყოფ ბორბალი-ასფალტის ურთიერთქმედებას. უარყოფითი მხარეა ბორბლის ერთ სიბრტყეში გამოცდა [2].

4) პროფესორ ვ. გოგლიძის მიერ საავტომობილო გზების კათედრაზე შემუშავებული ხელსაწყო, რომლის გამოიყენება ასფალტბეტონის ნიმუშის ცვეთაზე გამოსაცდელად, რომელიც იძლევა შესაძლებლობას გამოიცადოს ნიმუში როგორც გორვის, ასევე სრიალის ხახუნზე ერთდროულად [2].

5) ცვეთის შეფასება სავლელ პირობებში ცვეთის მარკერის (რეპერის) გამოყენებით - იღებენ ნიშნულს ელ. ტაქეომეტრით და აკვირდებიან მის ცვლილებას საწყის მაჩვენებელთან შედარებით. მეთოდის ზუსტად განხორციელებას და შეფასებას ზოგჯერ წლები სჭირდება, რაც თავის მხრივ მეთოდის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს [2, 4].

6) ცვეთის სიდიდის გაზომვა ულტრა ბგერებით; ამავე მეთოდს ეკუთვნის გაზომვები რადიოაქტიური იზოტოპების ან/და ელექტრომაგნიტური ტალღების დახმარებით [2, 4].

7) საფარის ცვეთის განსაზღვრა ნოვიკოვის და ვ. გოგლიძის შემუშავებული რეპერის მეთოდებით, რომელიც 0,01 მმ-ის სიზუსტით საზღვრავს ცვეთას.

8) თანამედროვე მეთოდებით ცვეთის განსაზღვრის ერთ-ერთი ალტერნატიული გზაა ლაბორატორიულ პირობებში ცდის ჩატარება ჰამბურგის ბორბალით. დანადგარში თავსდება ნიმუში და ბორბლის დახმარებით ხდება ცვეთის იმიტაცია, შესაბამისი გავლების რაოდენობაზე.

ქვეყანაში არსებული საავტომობილო გზების ქსელის საფარების შეკეთების ფარგლებში, მრავალწლიანი გამოცდილებით მიღებულია რომ საფარის საცვეთი ფენის საექსპლუატაციო თვისებების გაზრდა ზედაპირული დამუშავების გზით საკმაოდ შრომატევადი და ფინანსურად ძვირი საქმიანობაა. ერთმაგი ზედაპირული დამუშავების შემთხვევაში, რომლის სისქე 2 სმ-ს შეადგენს, სამსახურის ვადა 1-2 წელია, ხოლო ორმაგი ზედაპირული დამუშავების შემთხვევაში, როდესაც სისქე 4 სმ-მდეა გაზრდილი, სამსახურის ვადა 3-4 წლით შემოიფარგლება.

აღნიშნული ტენდენციიდან გამომდინარე, ალტერნატიულ გზას საფარის საცვეთი ფენის საექსპლუატაციო თვისებების გასაუმჯობესებლად წარმოადგენს

“სლარი სილი” და “სლარი სილის” ტიპის ნარევები, რომელთა მუშაობის პროცესში დაკვირვებებმა გვაჩვენა, რომ მოცემული ტიპის ნარევების საექსპლუატაციო ვადა შეადგენს 8-10 წელს, ხშირად დამატებითი შეკეთებების გარეშე.

1.3. “სლარი სილის” ტიპის ნარევები და მათი გამოყენების სფეროები

იმისათვის რომ შევინარჩუნოთ საფარის როგორც ახალი, ისე აღდგენილი საექსპლუატაციო თვისებები, იყენებენ ემულსია-მინერალურ ნარევებს. ასეთი ნარევები მოიცავენ: ღორღს, რომელიც ქმნის საფარის სტრუქტურულ ჩონჩხს, სატრანსპორტო დატვირთვების მისაღებად; შემკვრელი, წარმოდგენილი ბიტუმის ემულსიით (ზოგჯერ მოდიფიცირებულს პოლიმერებით); ზოგჯერ წვრილდისპერსიული მინერალური შემავსებლებით ან სპეციალური დანამატებით, რომლებიც არეგულირებენ შეკვრის ვადებს და განსაზღვრავენ ფენის ფორმირების სიჩქარეს. სხვადასხვა სახის სამუშაოებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა სახეობის ნარევები [5].

Slurry seal (“სლარი სილი”) – ტერმინი უკვე ფართოდ გამოიყენება მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. ასევე მის აღსანიშნავად იყენებენ მსგავს ტერმინს: “დამცავი საცვეთი ფენის მოწყობა ემულსია-მინერალური ნარევეთ”.

“სლარი სილი” წარმოადგენს ცივ ნარევს – ღორღის, ბიტუმის ემულსიის, წყლის, შემავსებლის/შემკვრელის (პორტლანდცემენტი ან სხვა მსგავსი თვისებების მქონე მასალა) და ქიმიურ დანამატებს. შემადგენელი კომპონენტების როლი შემდეგნაირია: ბიტუმი შეკრავს ნარევს და ხდის მას პლასტიურს, ხანმედეგს და აუმჯობესებს ადჰეზიურობას; ღორღი და მინერალური დანამატები ანიჭებენ მედეგობას დატვირთვებისადმი; ქიმიური დანამატები არეგულირებენ ნარევის “ფორმირების” სიჩქარეს გზაზე [6].

ტექნოლოგია „სლარი სილი” მოიცავს 3 ტიპს:

- ტიპი I - ესაა ძირითად მასალად მცირე ზომის ღორღის გამოყენება. ასეთ საფარს იყენებენ ისეთ ადგილებში, სადაც მცირე ცვეთაა, მაგ: ავტოსადგომები და შესასვლელები [7].
- ტიპი II - ესაა „სლარის” დატანის ყველაზე გავრცელებული ვარიანტი. მისი

დამზადებისას იყენებენ საშუალო ზომის ღორღს, რაც საშუალებას გვაძლევს მივაღწიოთ კონსესუსს სიმტკიცესა და ღირებულებას შორის. ასეთი ტიპის ასფალტს იყენებენ საშუალო ინტენსივობის საავტომობილო გზებზე [8].

- ტიპი III - ესაა პანაცეა მსხვილი საგზაო რღვევებისაგან. ძალზედ ფანტასტიკური განცხადებაა, მაგრამ ხშირ შემთხვევებში, ასეც ხდება. მისი მომზადებისას იყენებენ შედარებით მსხვილ ღორღს, რაც საშუალებას გვაძლევს „ამოვავსოთ“ გზაზე ყველაზე ფართე ხვრელებიც კი. ასეთი საფარი ხელს უშლის მოცურებას ინტენსიური მოძრაობისას. მე-3 ტიპი „სლარის“ პლიუსი არის ის, რომ სრიალი თითქმის გამორიცხულია ზედაპირის წყლით დაფარვის დროსაც კი [7].

ადგილზე კომპონენტების შერევა ხდება სპეციალურ დანადგარში, რომლის საშუალებითაც ხდება გზაზე ნარევის დატანა, იგი შესაძლებელია იყოს თვითმავალი ან დამონტაჟდეს მისაბმელზე. დანადგარში კომპონენტების შერევისათვის საჭიროა 10 წამი ან ცოტა ნაკლები. გარემო პირობებიდან გამომდინარე ნარევის ფორმირებისათვის (ქიმიური დანამატების გამოყენებისას) საჭიროა 30 წთ, ხოლო ნელშეკვრადი ნარევის დროს 3-დან 4 სთ-მდე. სლარი სილის ფენის სისქე დამოკიდებულია მასში შემავალი მსხვილი ფრაქციის ზომაზე. იგი წარმოადგენს საფარის როგორც საცვეთ, ისე დამცავ ფენას [7].

“სლარი სილი” გვეხმარება პერიოდულად განვაახლოთ საფარის ზედაპირი, აღვადგინოთ მისი საექსპლუატაციო თვისებები, მას შემდეგ, რაც ტრანსპორტის მოძრაობა და გარემო ფაქტორები გამოიწვევს საფარის ზედა ფენის რღვევას. საფარის ქვედა ფენა(ები) დაცულია ჰაერით გამოწვეული ჟანგვისა და მტვრისაგან, ზედაპირზე კი მიიღება ლამაზი ხორკლიანი შავი ფენა.

“სლარი სილი” ყველაზე გავრცელებულია შიდაკვარტალურ გზებზე, ქალაქის ქუჩებსა და ავტოსადგომებზე. “სლარი სილი”, მოდიფიცირებული ლატექსის დანამატით, ინარჩუნებს ფორმას მოსახვევებში და მკვეთრი დამუხრუჭებისას.

“სლარი სილი” სხვა ზედაპირული დამუშავებისაგან განსხვავებით გზაზე დაიგება ცივ მდგომარეობაში, ბიტუმის გამათხევადებლად წარმოდგენილია წყალი. ეს ხდის საფარს ეკოლოგიურად სუფთას და ზოგავს ენერგიას ბიტუმის გასაცხელებლად. „სლარი სილში“ არსებული ქიმიური შემადგენლობები მათ აძლევს მრავალფუნქციური ნარევის თვისებებს სხვადასხვა ტიპის საფარისა და გარემო პირობებისათვის.

“სლარი სილის” ნარევი გზაზე დაიტანება თხელ ფენად. მომზადება და დაგება იწარმოება ერთი დანადგარით. საფარი სლარი შეიძლება დაიგოს ერთსადაიმავე გზაზე ყოველ 3-6 წელში ბორდიურის ქვის შეუცვლელად.

საფარი “სლარი სილი” იყენებს ღორღს ძალზე წვრილი ფრაქციიდან (თითქმის მტვროვანი) ყველაზე მსხვილ 10-12 მმ-მდე. ქვის მასალის ასეთი მარცვლოვანი შემადგენლობა წარმოქმნის იდეალურ პირობებს მასზე ემულსიის (ემულგირებული ბიტუმის) შემოკვრისათვის, ხოლო დარჩენილი ფორები ივსება წვრილი ნაწილაკების დახმარებით. შედეგი – გზის ერთგვაროვანი ზედაპირი შესანიშნავი მოცურებაშედეგი და შეჭიდულობის გაზრდილი თვისებებით. ბიტუმის მაღალი შემცველობა სლარის ნარევებში იძლევა მუქ შავ ფერს, რის ფონზეც საგზაო მონიშვნები უკეთ ჩანს [8].

“სლარი სილი” შესაძლებელია გამოვიყენოთ პროფილაქტიკური მიზნებისათვის ან განვაახლოთ დაზიანებული საფარი. “სლარი სილის” გამოყენება მიზანშეუწონელია ფართო აქტიური ნაპრალების შესავსებად. ნაპრალები, რომლებიც ზედაპირზე გვხვდება არაუმეტეს 3 მმ სიგანით, შესაძლებელია დაიფაროს “სლარი სილის” ნარევით.

საფარი “სლარი სილი” აუცილებელია, როდესაც დაზიანებული ზედა ფენა მხოლოდ იწყებს რღვევას, ჩნდება ცვეთის ნაპრალები და წყალი იწყებს საფუძველში ჟონვას. გზებზე სადაც საფუძველი ფაქტიურად აღარაა, ან დაწყებულია მისი აქტიური რღვევა, “სლარი სილის” გამოყენება მიზანშეუწონელია. გზებზე, სადაც სლარი გამოიყენება როგორც ერთადერთი დამცავი ფენა, აუცილებელია მყარი საფუძველი.

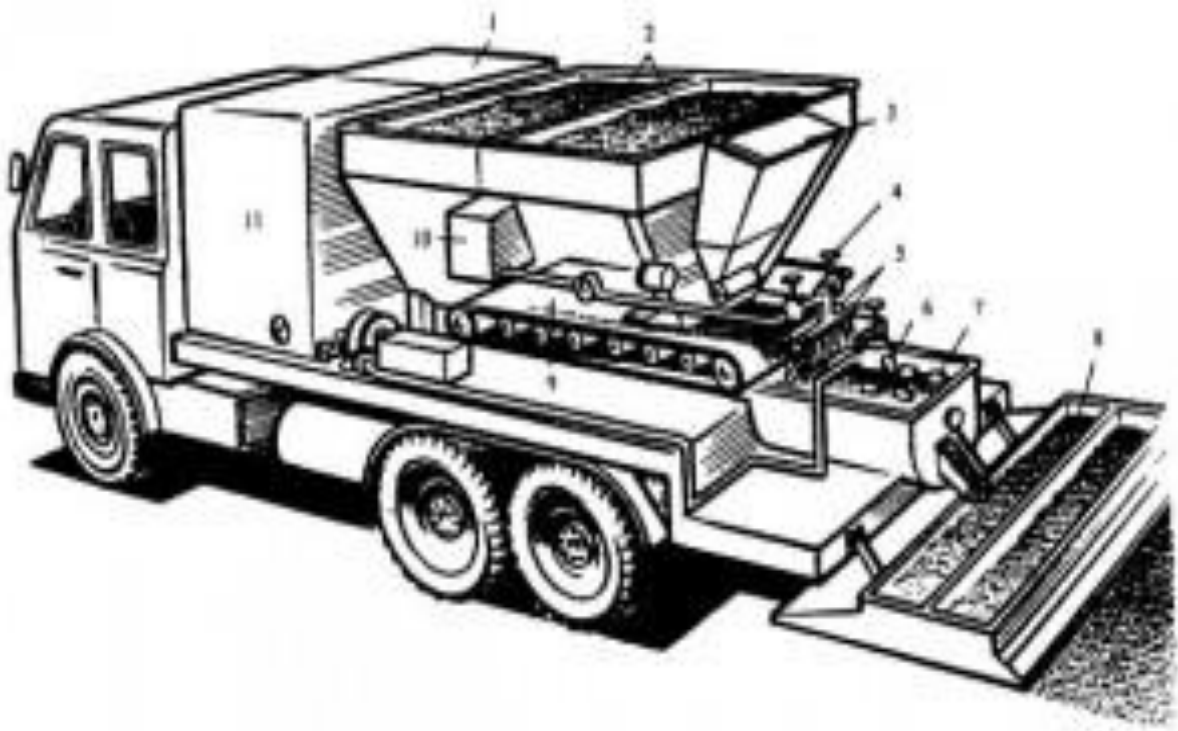
“სლარი სილი” კარგია საფარის გასაახლებლად.

სლარის ნარევების გამოყენება არ შეიძლება სანამ არ აღდგება სავალი ნაწილის საფუძველი.

ზემოთ აღნიშნული ტიპის საფარების მოწყობის ტექნოლოგიური სქემა საკმაოდ უბრალოა.

პირველ რიგში აუცილებელია იმ ტერიტორიასთან ახლოს, სადაც უნდა მოხდეს საფარის ფენის აღდგენა, არაუმეტეს 5 კმ-ის მანძილზე დავასაწყობოთ ის მასალები, რაც საჭიროა ნარევის მისაღებად.

დაგების ტექნოლოგია მოცემულია ქვემოთ წარმოდგენილ სქემებზე [9].



ნახ.7. “სლარი სილის” დამგები მანქანა-დანადგარი

1. წყლის რეზერვუარი; 2.ქვიშის შესანახი რეზერვუარი; 3.მინერალური ფხვნილის რეზერვუარი; 4. დანამატის დოზის სარეგულირო; 5.წყლისა და დანამატების მიმწოდებელი; 6.ემულსიის მიმწოდებელი; 7.შემრევი;
- 8.გამფრქვევი; 9.კონვეიერი; 10. დანამატების რეზერვუარი; 11.

ბიტუმის/ემულსიის რეზერვუარი

დაგება მიმდინარეობს შემდეგი ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით:

1. სამუშაო მონაკვეთი უნდა გადაიკეტოს და შემოიფარგლოს ტიპური სქემის მიხედვით.
2. ყველანაირი ნაპრალი და ნაკერი საფარზე უნდა დამუშავდეს სარემონტო მასალით და უნდა იყოს ჰერმეტიზებული / ან შესრულდეს ორმოული შეკეთება.
3. შემდგომ სარწყავ-სარეცხი მანქანის მეშვეობით ზედაპირი კარგად უნდა გადაირეცხოს მტვრის, ჭუჭყის და ზეთოვანი ნარჩენებისაგან ;
4. შემრევ - გამანაწილებელ მანქანა-დანადგარს ბაზაზე ფრონტალური დამტვირთველის და ბიტუმშიდის მეშვეობით მიეწოდება მასალები შესაბამის რეზერვუარებში (1,2,3,10,11). შემდეგ დამგები შნეკის (7) საშუალებით ერთმანეთში ურევს მიწოდებულ მასალებს კონვეიერში (9), რომელსაც ასევე ემატება სხვადასხვა

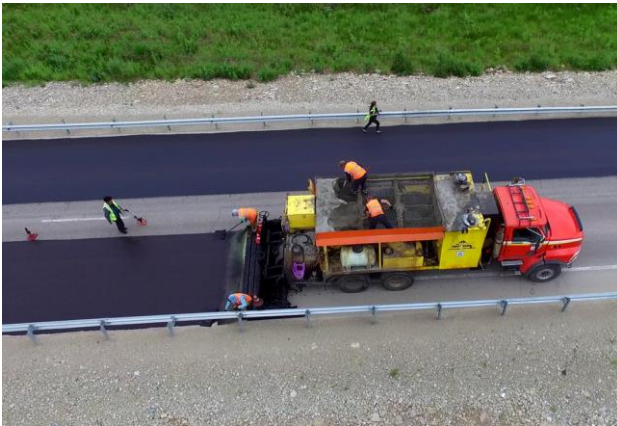
დანამატი (4.5.6) და ახდენს დაშლას ასფალტის ზედაპირზე (8). გაშლის ზომები დამოკიდებულია დამგების სახეობაზე და 2-6 მ-ის ფარგლებში იცვლება. გაშლასთან ერთად დანადგარს მიჰყვება 10 ტ წონის მქონე გლუვვალციანი პნევმატური სატკეპნი, რომელიც შეამკვრივებს ნარევს.

ერთი ციკლი, რაც საჭიროა ნარევის გასაშლელად აღნიშნული მანქანა-დანადგარით, შეადგენს:

- მოწყობილობების მომზადება დასატვირთად – 0.15 სთ ;
- ინერტული მასალებითა და ბიტუმით დატვირთვა – 0.13 სთ ;
- წყლით შევსება – 0.07 სთ ;
- დატვირთვა დანამატებით – 0.07 სთ ;
- მოწყობილობის გადაყვანა დაგების ადგილას – 0.15 სთ ;
- სამუშაო მდგომარეობაში მოყვანა – 0.12 სთ ;
- ნარევის დაგება – 0.13 სთ.

საშუალოდ 100 მ² საფარის მოსაწყობად საჭირო ციკლის დრო შეადგენს 0,154 სთ-ს.

ა)



ბ)



ნახ.8. “სლარი სილის” საფარზე დატანის მაგალითები

ა) რუსეთი, იაკუტიის ოლქი; ბ) ამერიკის შეერთებული შტატები

“სლარი სილი” და მისი ანალოგი ფენილები გამოიყენება საფარის სხვადასხვა ტიპზე:

- ასფალტბეტონი, ბეტონი, საფარის შეკეთება
- გზები არამყარი საფარით
- ფერადი საფარი

მათი გამოყენება ასევე შესაძლებელია შემდეგ სამუშაოებში:

- ფენილის რემონტი ან ახალი საფარის მოწყობა
- ურბანულ საგზაო ქსელში გამოყენება
- როგორც საერთაშორისო და ადგილობრივ მაგისტრალებზე, ასევე აეროდრომის ზოლებზე
- საავარიო გაჩერების ზოლებზე
- ველოსიპედის ბილიკებსა და პარკინგებზე
- გამოიყენება როგორც შუალედური ფენა, ასევე მაღალი ავარიის მაჩვენებლიანი უბნების შესაკეთებლად მსხვილი მარცვლებით
- ფერადი საფარი ქალაქის პირობებში, პიგმენტების დამატებით

ემულსია-მინერალური ნარევის დაგების პროცესში ფენები ერთმანეთს უნდა ფარავდეს არაუმეტეს 15 სმ, ხოლო ბიტუმის ემულსიის ტემპერატურა ნარევის დაგებისას უნდა იყოს არაუმეტეს 45° [10].

ნარევის დაგება დაუშვებელია, თუ:

- წვიმს;
- მოსალოდნელია ტემპერატურის დაცემა 0°-მდე და ქვემოთ სამუშაოების მიმდინარეობისას ან/და დასრულების შემდეგ უახლოესი 24 საათის განმავლობაში.

მოძრაობის გასახსნელად მაქსიმალური დრო დგინდება ლაბორატორიულად, ნარევის შემადგენლობიდან გამომდინარე. საველე პირობებში შემოწმება შესაძლებელია შემდეგნაირად – საფარზე მყარი საგნის დაცემისას არ უნდა რჩებოდეს კვალი; ასევე საგანზე არ უნდა დარჩეს ემულსიის ან ბიტუმის კვალი.

მოძრაობის გახსნა ზოლზე სიჩქარის შეზღუდვით 40 კმ/სთ-ს შეადგენს, საფარის ფორმირების დროისაგან დამოუკიდებლად, საორიენტაციოდ 1 სთ-დან 1 დღე-ღამემდე შუალედით [10].

სლარი სილს გააჩნია შავი ფერი და ერთგვაროვანი ზედაპირი. ეს კი ქმნის ლამაზ და ესთეტიურ სახეს, რაც უმეტესად გამოიყენება სავაჭრო ცენტრების სადგომებში, პარკირების და სხვა საზოგადოებრივ ადგილებში.



ნახ.9. საფარის აღდგენა სლარი ნარევებით

ა) სლარის გამოყენებით აღდგენილი ნაკვალევი რ22 „კასპია“ გზაზე, რუსეთის ფედერაცია

ბ) აშშ, ადგილობრივი ქუჩის მოწყობა ნევადას შტატში

მიუხედავად იმისა, რომ თემა შეეხება კონკრეტულად სლარი სილს, ქვემოთ მოყვანილია “სლარი სილის” რამოდენიმე სახეობა და მათი გამოყენების არეალი მსოფლიოს მასშტაბით.

ა) მიკროსურფეისინგი – ესაა “სლარი სილის” სპეციალიზებული სწრაფი ნარევი, რომელიც შეიცავს დამტვრეულ ღორღს, პოლიმერულ ბიტუმის ემულსიას და ქიმიურ დანამატებს. დაგება ხორციელდება “სლარი სილის” დამგები მანქანებით ან უნივერსალური დანადგარებით. მიკროსურფეისინგის დანადგარებს აქვთ სპეციალური შნეკები “სწრაფფორმირებადი” ნარევებისათვის, პლიუს დოზირებული სისტემა ქიმიური დანამატებისათვის.

მიკროსურფეისინგი არის ზედაპირული საფარი ან საცვეთი ფენა, მაგრამ უფრო დიდი სისქით, რომელშიც პოლიმერმოდფიცირებული ემულსია და ემულგატორები აჩქარებენ ნარევის სიმტკიცეს. ასეთი ემულსიები ხასიათდებიან ნარევის სწრაფი ფორმირებით გზებზე და მოძრაობის სწრაფი გახსნით. ნარევის კომპონენტების შერევის დრო დანადგარში წთ-ზე ნაკლებია. ქიმიური რეაქციის შემდეგ ნარევი ფორმირდება 30-60 წუთში, რაც საშუალებას გვაძლევს გავხსნათ მოძრაობა ოპერატიულად რემონტის დასრულებისთანავე. ტენის გამოდევნა ნარევიდან ხორციელდება ქიმიური პროცესების, ტრანსპორტის თვლების ან სატკეპნების საშუალებით. საბოლოოდ, ტენის ნაწილაკები გამოიდევენებიან 2 კვირის განმავლობაში.

მიკროსურფეისინგში გამოყენებული ღორღი უფრო მაღალი ხარისხისაა; ნარევი ძალზედ სწრაფად მყარდება; ფორმირებული ნარევის კოჰეზია უფრო მაღალია, ვიდრე “სლარი სილის”; პლიუს ასეთი საფარი უფრო სქელია.

ასეთი კომპონენტების გამო მს გამოიყენება: ავტომაგისტრალებზე მაღალი გამტარუნარიანობით; გზების მშენებლობისას ავტოტრანსპორტის უწყვეტი მოძრაობის რეჟიმში; გზების შეკეთებისას ღამით; გზის ზედაპირის რელიეფის გამოსასწორებლად. თუ ნაკვალევი არ აჭარბებს 13 მმ-ს (სიღრმით), მაშინ მისი გამოსწორება შესაძლებელია მიკროსურფეისინგით ჩვეულებრივი დამგები ყუთით, უფრო ღრმა ნაკვალევის შემთხვევაში იყენებენ სპეციალურ დამგებს [11].



ნახ.10. მიკროსურფეისინგის ფენით მოწყობილი საფარი

ბ) ჩიპ სილი - ასეთი ტიპის საფარი იგება ძირითად ფენაზე როგორც ასფალტის ფენა, შემდეგ მასზე იყრება შესაბამისი ფრაქციის ღორღი და იტკეპნება. ღორღი შეიძლება დაიყაროს ერთ ან რამოდენიმე ფენად, საჭიროებიდან გამომდინარე. “ჩიპ სილი”-ს თვისებები: ამაღლებს უსაფრთხოების კოეფიციენტს გაზრდილი შეჭიდულობის ხარჯზე, ქმნის წყალმედეგ ფენას, ამაღლებს არსებული საფარის ხანმედეგობას, აღმოფხვრის მცირე ზომის ნაპრალებს და დეფექტებს ზედაპირზე, აქვს დაბალი ღირებულება [12].



ნახ.11. ჩიპ სილით მოწყობილი საფარი

გ) **ტონფრიზი** - ფენა წარმოადგენს მცირე სისქის ცვეთამდე ლორღოვან-მასტიკური ასფალტბეტონის ცხელ ნარევს მოდიფიცირებული ბიტუმის შემკვრელით. აღნიშნული საფარი ხასიათდება შემდეგით: საფარის მაღალი შეჭიდულობა, ნაკლები წყლის გაშხეფება ავტომობილის თვლებიდან, დაბალი ხმაურიანობა, მძღოლებისათვის მხედველობის გაუმჯობესება, კარგი ცვეთამდეგობით მოდიფიცირებული ბიტუმებისა და მაღალი ხარისხის ლორღის შემცველობის ხარჯზე, საფარის მაღალი ხარისხითა და სარემონტო სამუშაოების დაბალი ღირებულებით [13].



ნახ.12. ტონფრიზით მოწყობილი საფარი

დ) **სპრეი ჯეტ** - საფარის საცვეთი ან დამცავი ფენა. ესაა სპეციფიური ფენა, რომელიც იგება ფინიშერით “Wirtgen Vogele 1800 S” , რომელსაც შეუძლია დააგოს ძალზედ

თხელი ფენა სისქით 2-2.5 სმ. ეს მეთოდი ამცირებს სარემონტო სამუშაოების თვითღირებულებას და ინარჩუნებს საფარის მაღალ საექსპლუატაციო თვისებებს [12].



ნახ.13. სპრეი ჯეტით მოწყობილი საფარი

ე) ფიბ სილი - ზედაპირული დამუშავება შესაძლებელია შესრულდეს საფარის ტიპით ფიბ-სილი. ფიბ-სილი წარმოადგენს წყალშეუღწევად ფენას, რომელიც ეწყობა ბიტუმის ემულსიით, მინაბოჭკოთი და მასზე საბოლოოდ ღორღის გაშლით. ემულსიის ფენაში მინაბოჭკოს დამატების მიზანს წარმოადგენს ზედაპირის არმირება და ამის ხარჯზე მისი სამსახურის ვადის გაზრდა. ასეთი დამუშავება მიღებულია ნაპრალიანობის გავრცელების აღმოსაფხვრელად. ბიტუმის ემულსიის და მინაბოჭკოს სინქრონულად მოსაწყობად გამოიყენება მანქანები – ფიბერსეილერები (Fibersealer).

ფიბერსეილერები ჭრიან მინაბოჭკოებს ადგილზე და დაიტანენ მას ზედაპირზე 5 გ/მ² დოზირებით 4 კმ/სთ სიჩქარით. ბოჭკოების განივი გაშლა წარმოებს ისე, რომ ზედაპირი თანაბრად დაიფაროს. ფიბერსეილერი თანაბრად დაიტანს ბოჭკოებს ბიტუმის ემულსიის ორ ფენას შორის. შემკვრელის და მინაბოჭკოს დოზირება წარმოებს მაღალი სიზუსტით და იმართება კომპიუტერით. გრძივად მინაბოჭკოების დაჭრა ხდება სპეციალური დანების დახმარებით.

ტექნოლოგია ფიბ-სილი წარმოადგენს ალტერნატივას ნაპრალების ამოვსების სამუშაოებში გეოსინთეტიკური მასალებით, ამ შემთხვევაში მინაბოჭკოს დახმარებით [12].



ნახ.14. ფიბ სილით მოწყობილი საფარი

ვ) ფოგ სილი - ესაა სპეციალური შემადგენლობის ბიტუმის ემულსიის დატანის ტექნოლოგია არსებულ ზედაპირზე თხელ ფენად, ჯაგრისებით დამუშავებით, ეწყობა საფარზე, რომელზეც გვხვდება ფორიანი ზედაპირი და მასალების ამოფხვანა [14].



ნახ.15. ფოგ სილით მოწყობილი საფარი

ზ) სკრაბ სილი - წარმოადგენს ფოგ-სილის ტიპის ზედაპირული დამუშავების ტექნოლოგიას, ქვიშის გამლით, ეწყობა საფარზე, რომელზეც დაზიანებულია ქვის მასალა ან არსებობს ბადისებრი ტიპის ნაპრალები [12].



ნახ.16. სკრაბ სილით მოწყობილი საფარი

თ) მაკ სილი - არის ზედაპირის ხორკლიანი დამუშავება, რომელიც ასევე მზადდება ბიტუმ მულტიგრეიდის გამოყენებით. ბიტუმი არ კარგავს პლასტიურობას დაბალ (ზამთრის) ტემპერატურაზე, ასევე არ ხდება დენადი და ინარჩუნებს ელასტიურობას მაღალ (ზაფხულის) ტემპერატურაზე. მულტიგრეიდ ბიტუმის ეს თვისებები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი და გამოსადეგია მკაცრი კონტინენტური კლიმატის მქონე ქვეყნებში [15].



ნახ.17. მაკ სილით მოწყობილი საფარი

ი) ნოვაჩიპი - საფარის საცვეთი ფენის მოწყობის პრინციპი შემდეგია – არსებული საფარის ფენაზე დაიტანება ბიტუმის ემულსია (60% ბიტუმი, 40% წყალი), შემდეგ კი მცირე შუალედით იგება 2.5 სმ-იანი ცხელი (160°C) მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის ნარევი. აღნიშნული ტიპის საფარს ჯერჯერობით იყენებს რუსული სამშენებლო კომპანია გპ “ბელდორნია” (ГП “БЕЛДОРНИЯ”). ამ

ტექნოლოგიითაა მოწყობილი ეკატერინბურგი-რეჟი-ალაპაევსკის საავტომობილო გზის საფარი [16].



ნახ.18. ნოვაჩიპით საფარის მოწყობა ეკატერინბურგი-რეჟი-ალაპაევსკის გზაზე

ქვემოთ მოცემულია აღნიშნული ტექნოლოგიით მოწყობილი საფარებით გაუმჯობესებული მაჩვენებლების ხარისხობრივი ცხრილი.

	ზედაპირის შეუღწევადობა და ხორკლიანობა
	ერთეული ფენა: ± 14 მმ
	ორმაგი ფენა 0/4 : 5-6 კგ/მ ³
	პროფილის აღდგენის 1 ფენა : <2 სმ
	შეუღწევადობა, ხორკლიანობა + პროფილის აღდგენა

ნახ.19. ხარისხობრივი მაჩვენებლების ცხრილი

დღევანდელ პირობებში მოძველებული მეთოდების გამოყენება ზედაპირული დამუშავებისათვის უკვე არახელსაყრელია. იმისათვის, რომ გავზარდოთ საგზაო სამოსის კაპიტალურ შეკეთებებს შორის ინტერვალი და ავამაღლოთ მისი სამსახურის ვადა, აუცილებელი და ხელსაყრელია გამოვიყენოთ ზემოთ ხსენებული მეთოდები, რომლებიც ამაღლებს საფარის თვისებებს. აღნიშნული მეთოდები

ფართოდ გამოიყენება მსოფლიოს მასშტაბით, მაგალითად 2016 წლიდან დღემდე რუსეთში მსგავსი ტექნოლოგიით დამუშავდა დაახლ. 5000 კმ-მდე გზა, აშშ-ში ეს მეთოდები აპრობირებულია და ყველაზე ხშირად გამოიყენება.

ამრიგად, ახალი ტექნოლოგიები - „სლარი სილი“ და „სლარი სილის“ ტიპის ნარევი ფართოდ უნდა დაინერგოს საავტ. გზების მშენებლობაში, მათი ხელსაყრელი ღირებულებებისა და მოწყობის სიმარტივის გამო.

ჩვენს მიერ ლაბორატორიულ პირობებში მოხდა რამოდენიმე ტიპის ნარევის გამოცდა სხვადასხვა მახასიათებელზე, დადგინდა ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობა და შედარებული იქნა ფინანსური მაჩვენებლები. ცდების ამსახველი მაჩვენებლები მოცემულია 2 თავში.

1.4. ტრადიციული ზედაპირული დამუშავების ზოგადი ანალიზი და გამოყენების სფეროები

ზედაპირული დამუშავება გამოიყენება:

- როგორც პროფილაქტიკური ფენა, რომელიც ფარავს და იცავს გზის ზედაპირის ძირითად სტრუქტურულ ფენებს ცუდ ამინდში ნაადრევი დაშლისაგან;
- ან როგორც საცვეთი ფენა, რომელიც ექვემდებარება გაცვეთას ავტომობილების მოძრაობის შედეგად, რაც მაქსიმალურად იცავს გზის სტრუქტურას. ასეთ ფენას მხოლოდ პერიოდული შეკეთება ესაჭიროება საგზაო კონსტრუქციის პირვანდელი თვისებების აღსადგენად;
- როგორც საფარის ზედა ფენა გაზრდილი ხორკლიანობის მახასიათებლებით, რომელიც უზრუნველყოფს ავტომობილის თვლისა და ასფალტის საფარის კარგ შეჭიდულობას, დაცვას ზედაპირული წყლებისაგან და წყალთბური რეჟიმის შემთხვევაში.
- ტექნიკური უპირატესობების გარდა, ზედაპირულ დამუშავებას აქვს საკმაოდ კონკურენტუნარიანი ღირებულება ახალი საგზაო საფარის მოწყობასთან შედარებით.
- ზედაპირული დამუშავებისას ძირითადად გამოიყენება ფრაქციული დამსხვრეული ქვის მასალა სხვადასხვა ორგანულ შემკვრელებთან (მათ შორის ემულგატორებთან) ერთად.

იმისათვის, რომ ვაწარმოთ ზედაპირული დამუშავება, რომელიც დააკმაყოფილებს მოთხოვნებს, აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას შემდეგი ძირითადი პირობები:

- გამოყენებული შემკვრელი უნდა ხასიათდებოდეს ქვის მასალასთან კარგი მიკვრის უნარით. ამ კავშირს ეწოდება „შემკვრელი-საფუძველის“ წყვილი;
 - ქვის მასალა კარგად უნდა იყოს შეკავშირებული როგორც ერთმანეთთან, ასევე საგზაო კონსტრუქციასთან. ამ ურთიერთქმედებას ეწოდება წყვილი "შემკვრელი - ქვის მასალა";
 - შემკვრელის რაოდენობა იმ თანაფარდობით უნდა იქნას გამოყენებული, რომ მთლიანად დაფაროს ქვის მასალა და უზრუნველყოს საფარზე არსებული ყველა მიკრობზარის ამოვსება. ეს არის შემკვრელისა და ქვის მასალის განაწილების ძირითადი მოთხოვნა;
 - ქვის მასალა უნდა იყოს გასუფთავებული, ჰქონდეს მაღალი ფიზიკური და მექანიკური თვისებები (სიმტკიცე, ყინვაგამძლეობა, ცვეთამდეგობა და ა.შ.), ჰქონდეს გარკვეული ფორმები და ზომები. ეს არის ქვის მასალის ძირითადი მოთხოვნები;
 - ქვის მასალა არ უნდა იყოს გადაჭარბებული იმ ზღვრულ რაოდენობას, რაც საკმარისია ზედაპირის სტრუქტურის შესაქმნელად. ამით თავიდან იქნება აცილებული მისი მოშორების აუცილებლობა. ეს არის ქვის მასალის დოზირებისა და განაწილების მოთხოვნა;
 - თითოეულმა ქვამ უნდა დაიკავოს ყველაზე ხელსაყრელი პოზიცია რათა ერთობლიობაში შეიქმნას მტკიცე ხორკლიანი ზედაპირის მქონე ფენა. ეს არის დატკეპნის ძირითადი მოთხოვნა;
- ეს არის ის ძირითადი მოთხოვნები, რაც აუცილებელია ზედაპირული დამუშავების მაღალი ხარისხით უზრუნველსაყოფად. გარდა ამისა, არსებობს დამატებითი მოთხოვნები:
- ზედაპირული დამუშავებისათვის საჭირო ყველა სამუშაო უნდა ჩატარდეს მაქსიმალურად ხელსაყრელ ამინდში. ეს არის სამუშაოს შესრულების ვადების მოთხოვნა;

- სამუშაოების დაწყებამდე უნდა განხორციელდეს ყველა ის ძირითადი საკითხი, რომელიც დაკავშირებულია მასალების მიწოდებასთან, ტექნიკისა და აღჭურვილობის მომზადებასთან. ეს არის სამუშაოთა ორგანიზების მოთხოვნა;

- მუშაობის პროცესში მკაცრად უნდა იყოს დაცული სამუშაოს წარმოების ტექნოლოგიის მოთხოვნები და გამოყენებული მასალების ხარისხი. ეს არის ხარისხის კონტროლის ორგანიზაციის მოთხოვნა.

ზედაპირული დამუშავება დამტკრეული ქვის გამოყენებით ძირითადად ეწყობა გზების იმ მონაკვეთებზე, რომლებიც ხასიათდებიან სახიფათო და რთული სატრანსპორტო პირობებით.

საფარის ტიპისა და მდგომარეობის მიხედვით, ზედაპირის დამუშავება არახისტ საგზაო საფარებზე ზედაპირული დამუშავება შეიძლება იყოს ერთმაგი ან ორმაგი; ხოლო რაც შეეხება ხისტ საგზაო საფარებს - უნდა იყოს მხოლოდ ორმაგი.

ზედაპირული დამუშავების ფენა იღებს დატვირთვებს ავტომობილებისაგან და გადასცემს საგზაო კონსტრუქციის ქვედა ფენებს, ის გამოიყენება როგორც საცვეთი ფენა და უზრუნველყოფს შეჭიდულობას საფარსა და ავტომობილის თვლებს შორის.

ქვის მასალის შესაბამისობა შემკვრელის მიმართ განისაზღვრება ლაბორატორიულ პირობებში შეკვრის სიმტკიცეზე ტესტირებით.

ქვის მასალის ფორმა უნდა იყოს მაქსიმალურად წახნაგოვანი, რათა უზრუნველყოფილ იქნას მარცვლებს შორის კარგი შეჭიდება. ღორღი ბრტყელი ან წაგრძელებული სახით მყიფეა და არ გამოირჩევა კარგი სიმტკიცითა და ზედაპირთან მიკვრის უნარით. ასევე იგი უნდა გამოირჩეოდეს სისუფთავით, რადგან თიხის არსებობა, თუნდაც ძალიან დაბალი რაოდენობით, ძალზედ არასასურველია: თიხა უკიდურესად ჰიდროფილურია და წყალთან ურთიერთქმედებისას ხდება მისი გაჯირჯება, რაც არღვევს შემკვრელსა და დამსხვრეული ქვის მასალას შორის კავშირს.

დამსხვრეული ქვის სწორად შერჩეული ფორმა და ზომა ქმნის ზედაპირის ხორკლიანობას ზედაპირული დამუშავებისას, უზრუნველყოფს მანქანაში ხმაურის შემცირებას.

მნიშვნელოვანია დამსხვრეული ქვის ზომის არჩევა. დადგენილია, რომ 10-15 და 15-20 მმ-ის დატეხილი ქვის ზომები იწვევს საკმაოდ მაღალ ხმაურს მანქანის

სალონში. ამის საფუძველზე უპირატესობა ენიჭება დამსხვრეული ქვით ზედაპირულ დამუშავებას 5-10 მმ ფრაქციებით.

ერთ-ერთი ფაქტორი, რომელიც გასათვალისწინებელია ზედაპირული დამუშავების ფენის მოწყობის დროს არის ის, რომ ქვის მასალა იყოს იმ ზომის, რაც გამორიცხავს მანქანების საქარე მინების გატეხვის შესაძლებლობას, რომლის ამოცვენაც ხდება მანქანის ბორბლების საშუალებით მაღალი სიჩქარით მოძრაობისას. წვრილმარცვლოვანი ქვის მასალის გამოყენება ამ პრობლემას თითქმის მთლიანად წყვეტს.

დამსხვრეული ქვის ფრაქციის არჩევა ხდება გზის ზედაპირის სიხისტის მიხედვით.

1. ერთმაგი ზედაპირული დამუშავება შემკვრელისა და დამსხვრეული ქვის ერთმაგი განაწილებით გამოიყენება დასაშვები სიმტკიცით ხორკლიანი და საცვეთი ფენის შესაქმნელად. ეს არის ხორკლიანი ზედაპირული დამუშავების ყველაზე გავრცელებული მეთოდი და ყველაზე შესაფერისი ყველანაირი ტრანსპორტის მოძრაობისათვის. ყველაზე ხშირად, იგი მოწყობილია 5-10 მმ ფრაქციის დამსხვრეული ქვისგან.

2. ზედაპირული დამუშავება დამსხვრეული ქვის ორმაგი განაწილებით ხორციელდება შემდეგნაირად - საგზაო საფარზე ხდება ბიტუმის მოსხმა, შემდეგ მასზე გაიშლება 10-20 მმ ქვის მასალა, ხდება მისი დატკეპნა და ხორციელდება წვრილმარცვლოვანი 5-10 მმ ფრაქციის გაშლა და დატკეპნა. ეს ტექნოლოგია ძირითადად გამოიყენება მაღალი ინტენსივობისა და მაღალი სიჩქარით სამომდროეობებზე. აღნიშნული ტექნოლოგია ასევე აუმჯობესებს საფარის სიმტკიცეს და გამორიცხავს ბზარებსა და დეფორმაციებს, ასევე უკეთ ანაწილებს მანქანის ბორბლიდან გადაცემულ დატვირთვებს.

3. გარდა ერთმაგი ზედაპირული დამუშავებისა, ფართოდ გამოიყენება ორმაგი ზედაპირული დამუშავება, რომელიც ითვალისწინებს ჯერ ერთი ფენის, ხოლო შემდეგ მასზე მეორე ფენის მოწყობას. მისი მსგავსი ტექნოლოგიაა „სენდვიჩის“ ტიპის ზედაპირული დამუშავება. იგი გამოიყენება მეორეხარისხოვანი, ადგილობრივი მნიშვნელობის გზებზე.

ზედაპირული დამუშავებისას გამოყენებული ემულსიის ტემპერატურა და კონცენტრაცია დგინდება ამინდის პირობებიდან გამომდინარე. ჰაერის 20°C-ზე

დაბალ ტემპერატურაზე რეკომენდებულია ემულსიის გამოყენება 40-50°C ტემპერატურით და ბიტუმის კონცენტრაციით 55-60%. ემულსიის გათბობა მითითებულ ტემპერატურამდე უნდა განხორციელდეს უშუალოდ ასფალტის შემრევში სამუშაო ადგილზე ტრანსპორტირებისას. 20°C-ზე ზემოთ ჰაერის ტემპერატურაზე ემულსია გამოიყენება ცივად და ბიტუმის კონცენტრაცია შეიძლება შემცირდეს 50%-მდე.

დამსხვრეული ქვის განაწილება უნდა მოხდეს ავტოგუდრონატორიდან არაუმეტეს 20 მ დაშორებით.

ბიტუმის ემულსიებით ზედაპირის დამუშავება ხორციელდება ისევე, როგორც ბიტუმით. ემულსიების გამოყენებისას მანქანების მოძრაობა იხსნება სამუშაოს დასრულებიდან არა უადრეს 1 დღისა.

ტრადიციული მეთოდებით ზედაპირული დამუშავების შემთხვევაში, შემკვრელის განაწილებასა და დამსხვრეული ქვის გაფანტვას შორის დროის სხვაობა შემოიფარგლება ცხელი ბიტუმის გაგრილების დროით და შეიძლება მიაღწიოს 1 საათს.

შემკვრელისა და დამსხვრეული ქვის სინქრონული განაწილებით, ამ ოპერაციებს შორის შუალედი არ აღემატება 1 წამს, რაც მნიშვნელოვნად აისახება ზედაპირული დამუშავების ხარისხზე, შემკვრელად როგორც ბიტუმის, ასევე ბიტუმის ემულსიის გამოყენებისას.

ცხელი ბიტუმის შემკვრელად გამოყენებისას ხარისხის გაუმჯობესება აიხსნება იმით, რომ ასეთ მოკლე დროში ბიტუმს არ აქვს გაციების დრო და ინარჩუნებს სითხის კონსისტენციას და მაღალ წებოვან უნარს. შედეგად, ბიტუმი კარგად აღწევს დამსხვრეული ქვის და საფარის მიკროფორებში, ფარავს თითოეულ ღორღის ნატებს, რომელიც მყარად ეკვრის ერთმანეთს და საგზაო საფარს.

დაგებული ფენის დატკეპნა ასევე ხორციელდება იმ დროში, სანამ ბიტუმი გაცივდება, რაც უზრუნველყოფს მაქსიმალურ დატკეპნის ეფექტს.

შემკვრელად ბიტუმის ემულსიის გამოყენებისას, ზედაპირული დამუშავების მაღალი ხარისხი შემკვრელისა და დამსხვრეული ქვის სინქრონული განაწილებით აიხსნება იმით, რომ ასეთ მოკლე დროში დაიწყება ემულსიის გაშლა და მისი თხევადი მდგომარეობა შეავსებს დატეხილი ქვის და საფარის ყველა მიკროფორას,

დაფარავს თითოეულ დაქუცმაცებულ ქვას შემკვრელის თხელი ფენით და საშუალებას მისცემს ზედაპირული დამუშავების ფენის კარგ დატკეპნას.

გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მაღალი ხარისხის ზედაპირულმა დამუშავებამ შემკვრელისა და დამსხვრეული ქვის სინქრონული განაწილებით შეიძლება მიაღწიოს გასაოცარ შედეგებს, როდესაც დატეხილი ქვის და შემკვრელის თხელი ფენა გაუძლებს მანქანის ბორბლების ძლიერ ზემოქმედებას 10-15 წლის განმავლობაში. ამრიგად, შემკვრელისა და დატეხილი ქვის სინქრონული განაწილება 1 წამის დაყოვნებით არის ყველაზე მნიშვნელოვანი ზედაპირული დამუშავების პრაქტიკაში.

2. შედეგები და განსჯა

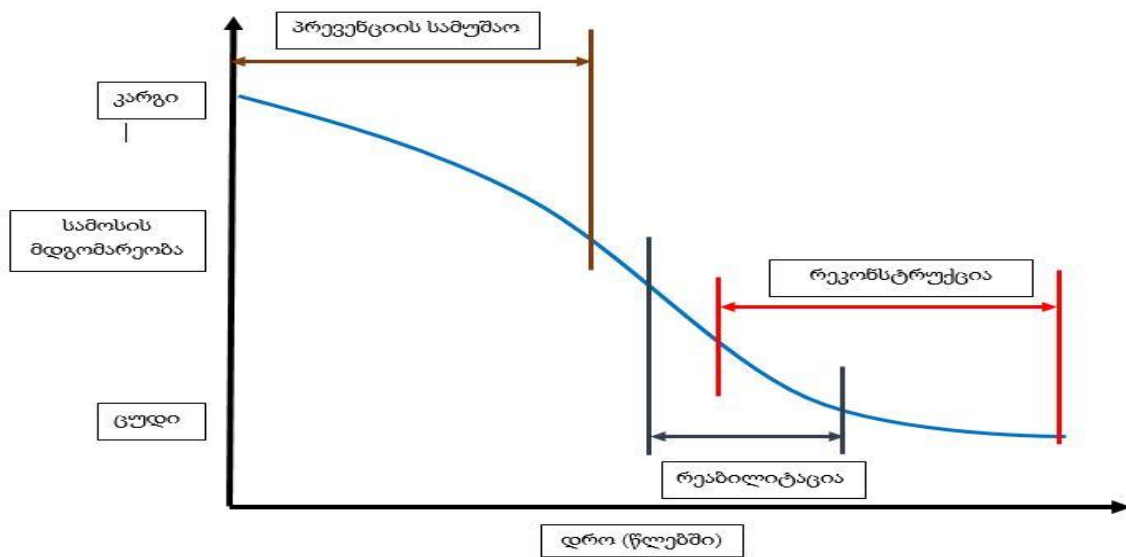
2.1. ცვეთის გამომწვევი მიზეზების კვლევა და მათი ზოგადი ანალიზი

ასფალტბეტონის საფარებში ძირითადად გვხვდება ორი სახის ცვეთის პროცესი - ესაა ცვეთა, რომელიც წარმოდგენილია ზაფხულის ერთ სეზონამდე დატკეპნით და გაზრდილი ცვეთით და ცვეთა, რომელიც ხასიათდება მშრალ მდგომარეობაში დაზიანებით. ყველაზე თვალსაჩინოდ ეს ეფექტი წარმოგვიდგება მაშინ, როდესაც გზაზე ჩანს გამოკვეთილი საბურავის კვალი, რაც გამოწვეულია კონკრეტულ ერთ ადგილებზე გადაცემული ბორბლის დატვირთვისაგან. ცვეთის მონაცემების შესახებ ზუსტი შედეგების მიღება ფაქტობრივად შეუძლებელია მისი ცვალებადობის დიდი შუალედის გამო და ამიტომ მხოლოდ ლაბორატორიულად მიღებული შედეგებით და შემდგომ მისი გადამოწმებით შეგვიძლია შედეგებზე მსჯელობა.

საავტომობილო გზებზე სამოსის კონსტრუქციის შემუშავებისას დიდი მნიშვნელობა აქვს მის სწორად დანიშვნას და მშენებლობის პროცესში შემადგენელი მასალების მეთოდურად და სწორად შერევას ლაბორატორიული კვლევებით დადგენილი რაოდენობებით. როგორც ზემოთ, ლიტერატურულ ნაწილშია მოცემული ჩვენი ქვეყნის გზების მაგალითების მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ქვეყნის ქსელის ძირითადი ნაწილი, რომელიც უკვე საკმაოდ ხანია ექსპლუატაციაშია, ვეღარ უზრუნველყოფს გაზრდილი სიჩქარეების და ნაკადების ფონზე მასზე მოსული დატვირთვების მიღებას და გამოდის მწყობრიდან. ყოველივე ამას ემატება საფარის სისწორის დარღვევა, რაც კიდევ ერთი ხელშემწყობი ფაქტორია ცვეთის დაჩქარებისათვის.

ჩვენი დაკვირვებებით და მრავალწლიანი გამოცდილებით საქართველოს გზების პირობებში ყველაზე მეტად მწყობრიდან გამოდის საავტომობილო გზების ქსელის ის მონაკვეთები, სადაც დიდი ქანობი, ხშირი გაჩერებები და მთაგორიანი რელიეფია. ამ ადგილებში საფარის მწყობრიდან გამოსვლას ხელს უწყობს დამუხრუჭების და დამკრის ძალების უარყოფითი ზეგავლენა. ამ ფაქტორების გამოძახილია საფარებზე ბადისებრი, განივი და გრძივი ბზარები. რაც მეტად იზრდება ბზარები საფარზე, მით უფრო მეტად მცირდება უსაფრთხოდ

გადაადგილების შანსები და იზრდება მოვლა-შენახვის სამუშაოების ღირებულება. ამის გადასაწყვეტად საჭიროა მივიღოთ ისეთი ტიპის საცვეთი ფენა, რომელიც რამდენადმე გააუმჯობესებს არსებული საფარების მდგომარეობას და მაქსიმალურად გაზრდის კაპიტალურ რემონტებს შორის ვადებს, ამავდროულად იქნება ეკოლოგიურად უსაფრთხო და ეკონომიური. ამისათვის ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია “სლარი სილის” ტიპის ნარევები.



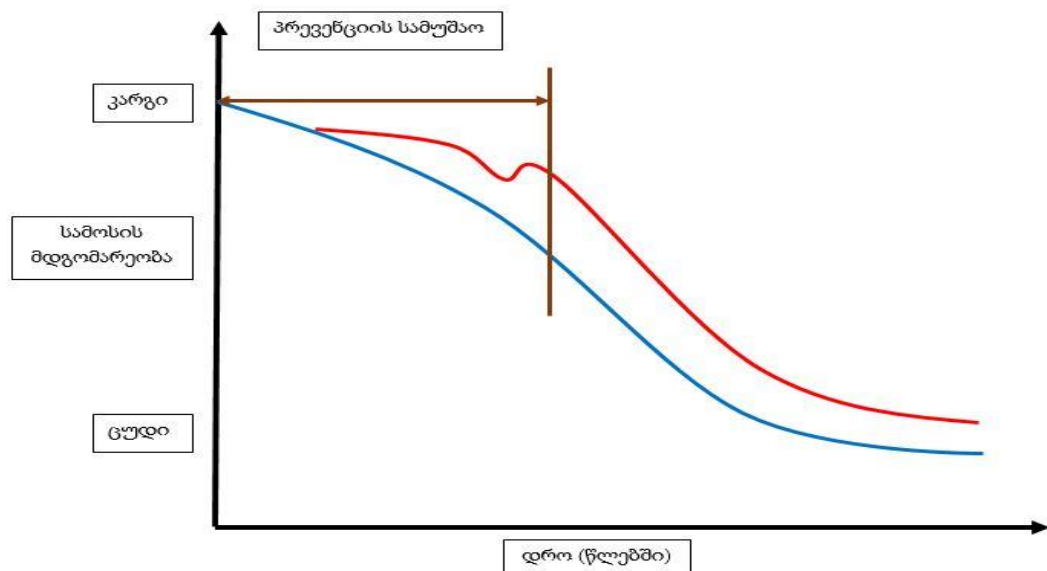
ნახ. 20. საფარის მოვლა ჩვეულებრივი ექსპლუატაციის პირობებში

პრაქტიკა, რაც დანერგილია მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში, გვიჩვენებს რომ “სლარი სილის” გამოყენებისას მნიშვნელოვნად უმჯობესდება ყველა ის საექსპლუატაციო მაჩვენებელი, რასაც არსებული საფარი კარგავს დროთა განმავლობაში - იზრდება შეჭიდულობის კოეფიციენტი, რაც თავისთავად უსაფრთხო გადაადგილების გარანტიაა; იზრდება კაპიტალურ რემონტებს შორის ვადები, რაც ფინანსურად საკმაოდ მომგებიანი პროცესია; გაზრდილი საექსპლუატაციო ვადის ხარჯზე მცირდება ბიტუმის გამოყენების საჭიროება - ეს კი ეკოლოგიურად გარემოს გაუმჯობესების კუთხით უკეთესი შედეგია.

ზემოთ მოყვანილი ადგილმდებარეობის და კლიმატური პირობების თავისებურებიდან გამომდინარე საცვეთ ფენებში მიზანშეწონილია ღორღის მასალის ფრაქციის ზრდა ან შემცირება.

საქართველოს მასშტაბით „სლარი სილი“ გამოყენებული იქნა 2006 წელს შპს „დ და გ“-ს მიერ გერმანულ კომპანიებთან ერთად ქ. თბილისში, მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე. აღნიშნულმა ტექნოლოგიამ წარმატებით იმუშავა და მხოლოდ 2019-2020 წლებში მოხდა მარჯვენა სანაპიროს კაპიტალური რემონტი. თუმცა ამის შემდეგ საქართველოში ჯერჯერობით მსგავსი მეთოდით საფარის შეკეთება აღარ განხორციელებულა.

ზემოთ მოყვანილ გარემოებებზე დაყრდნობით, შეგვიძლია გრაფიკის სახით წარმოვადგინოთ დაახლოებითი ფარდობა საფარის დაზიანებიდან მისი პრევენციის, ზედაპირული დამუშავების და კაპიტალურ რემონტთან ურთიერთდამოკიდებულებით [18].



ნახ. 21. დროული ზედაპირული დამუშავების ფაქტორი

2.2. “სლარი სილის” ნარევის კომპონენტების შემადგენლობების კვლევა და ლაბორატორიული ანალიზი

როგორც წესი, “სლარი სილის” ნარევი მზადდება ღორღის, წყლის (მინარეების გარეშე), პორტლანდ ცემენტის, ემულსიის (ან მოდიფიცირებული ბიტუმის), ბოჭკოებისა და ლატექსის დანამატების ერთმანეთში შერევით.

ჩვენს მიერ ლაბორატორიაში ჩატარებული იქნა კვლევები, “სლარი სილის” ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობის განსაზღვრად. ნარევის შემადგენლობის შერჩევას აპრობირებული პორტლანდ ცემენტის მაგივრად ასევე გამოყენებული იქნა სხვადასხვა სახის შემკვრელები.

ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობების მისაღებად ცდების დაწყებამდე ცალკეული მასალები გამოიცადა ლაბორატორიულ პირობებში.

#1. ღორღი

ნიმუშისათვის გამოიცადა სამი სხვადასხვა კარიერიდან აღებული ღორღის მასალა - „იორის“, „ქსანის“ და „სააკამის“ კარიერებიდან.

ცვეთასთან ერთად ღორღზე ჩატარდა შემდეგი ლაბორატორიული კვლევები [19]:

- ცვეთის განსაზღვრა ლოს ანჯელესის დანადგარზე
- ღორღის მსხვრევალობის მაჩვენებლის განსაზღვრა (სიმტკიცე წნეხზე)
- ნემსისებრი და ფირფიტისებრი მარცვლების შემცველობა
- დამტვრეული ნაწილაკების შემცველობა ღორღში
- მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა
- წყალშთანთქმა
- ადჰეზიურობა

ცვეთაზე ცდის მიმდინარეობა შემდეგია (ცდის სტანდარტი ГОСТ 8269.0-97 (4.10) - ნიმუშს ავწონით, ვცრით, ვყრით ლოს ანჯელესის დანადგარში და ვცდით 500 ბრუნზე. შემდეგ დანადგარში დარჩენილ ნიმუშს ვწონით და ქვემოთ მოცემული ფორმულით ვანგარიშობთ ცვეთას:

$$\text{ცვეთა} = \frac{m - m_1}{m} * 100 \%$$

სადაც,

m – ნარევის თავდაპირველი მასაა, გრ

m_1 - ცდის დასრულების შემდეგ საცერზე დარჩენილი მასა, გრ.

ნიმუშის საწყის მასად აღებულია 5000 გრ.

#1 - ქსნის კარიერი

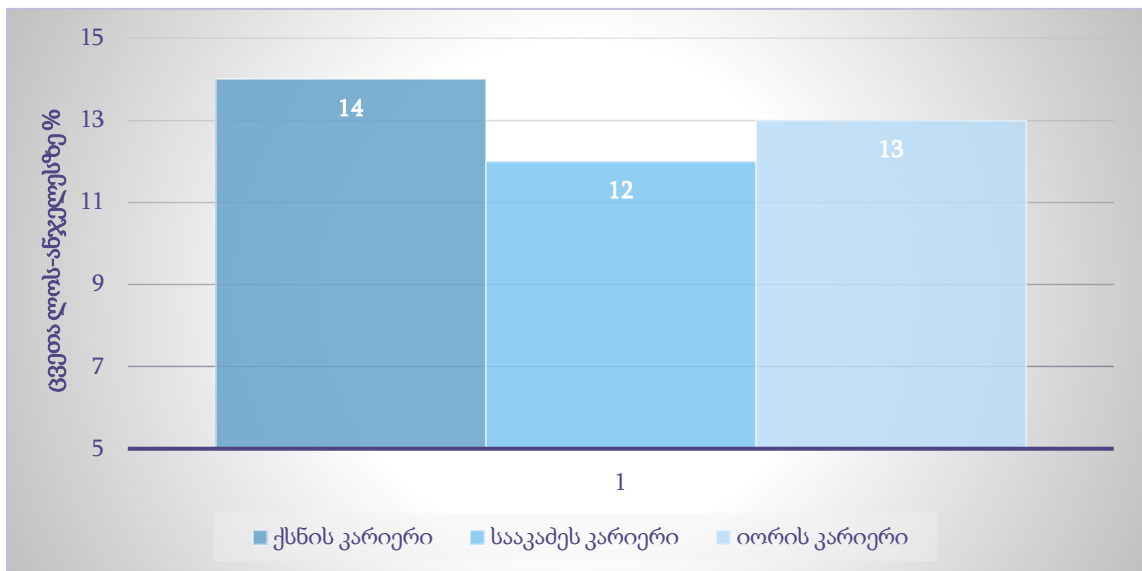
$$\text{ცვეთა} = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{5000 - 4300}{5000} * 100 \% = 14\%$$

#2 - სააკაძეს კარიერი

$$\text{ცვეთა} = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{5000 - 4400}{5000} * 100 \% = 12\%$$

#3 - იორის კარიერი

$$\text{ცვეთა} = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{5000 - 4350}{5000} * 100 \% = 13\%$$



ნახ.22. ცვეთა ლოს-ანჯელესის დანადგარზე ცვეთის მაჩვენებლები

მსხვერვაზე ცდის მიმდინარეობა შემდეგია (ცდის სტანდარტი ГОСТ 8269.0-97 (4.8) - ნიმუშს აწვონით, ვცრით, სპეციალური 150 მმ დიამეტრის ცილინდრში ვყრით ღორღს, ხოლო შემდეგ მას აწვება წნეხი, რომელზეც თანდათანობით ვზრდით დატვირთვას და ვაღწევთ მაქსიმალურ 200 კნ-ს. ამის შემდეგ დამსხვრეული ღორღი გავცერთ საცერზე და ქვემოთ მოცემული ფორმულით ვიანგარიშეთ ცვეთა:

$$\text{მსხვერვალობა} = \frac{m - m_1}{m} * 100 \%$$

სადაც,

m – ნარევის თავდაპირველი მასაა, გრ

m_1 - ცდის დასრულების შემდეგ საცერზე დარჩენილი მასა, გრ.

ნიმუშის საწყის მასად აღებულია 5000 გრ.

#1 - ქსნის კარიერი

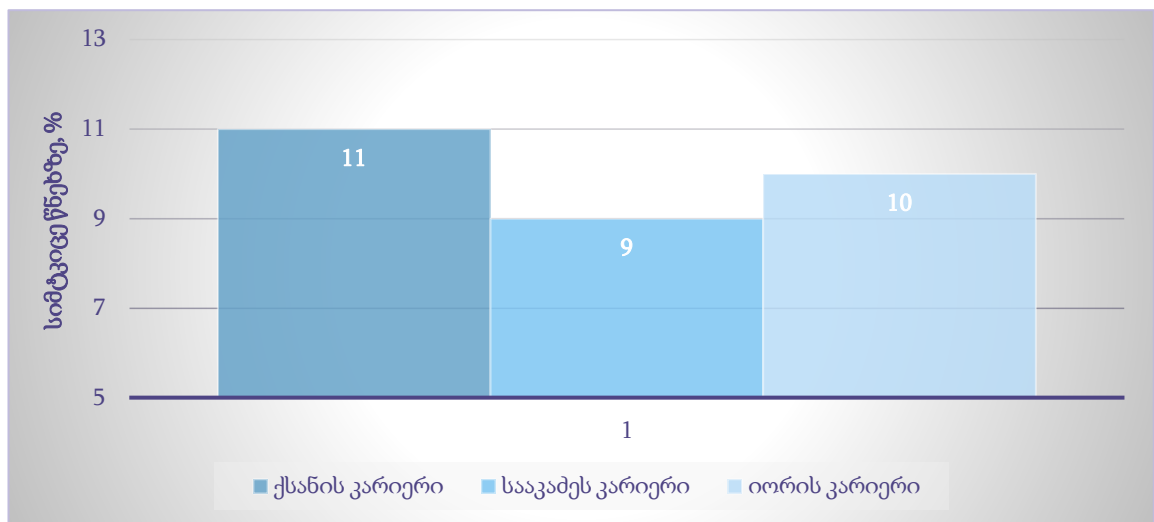
$$\text{მსხვერვალობა} = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{5000 - 4450}{5000} * 100 \% = 11\%$$

#2 - სააკაძეს კარიერი

$$\text{მსხვერვალობა} = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{5000 - 4550}{5000} * 100 \% = 9\%$$

#3 - იორის კარიერი

$$\text{მსხვერვალობა} = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{5000 - 4500}{5000} * 100 \% = 10\%$$



ნახ.23. სიმტკიცე წნეზე გამოცდის შედეგები

ნემსისებრი და ფირფიტისებრი მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის (ცდის სტანდარტი ГОСТ 8269.0-97 (4.7) ნიმუშის საერთო რაოდენობიდან (თავდაპირველად განსაზღვრული მასა) ამოვარჩიეთ მარცვლები, რომელთა სიგრძე 3-ზე მეტჯერ აღემატება დანარჩენის სიგანესა და სისქეს, შემდეგ კვლავ ავწონეთ დარჩენილი ნიმუშის მასა და პროცენტულობა ვიანგარიშეთ ფორმულით:

$$P = \frac{m_2}{m_1} * 100 \%$$

სადაც

m_2 - ნიმუშის საბოლოო მასა, გრ

m_1 - ნიმუშის საწყისი მასა, გრ

ნიმუშის საწყის მასად აღებულია 100 გრ.

1 - ქსნის კარიერი

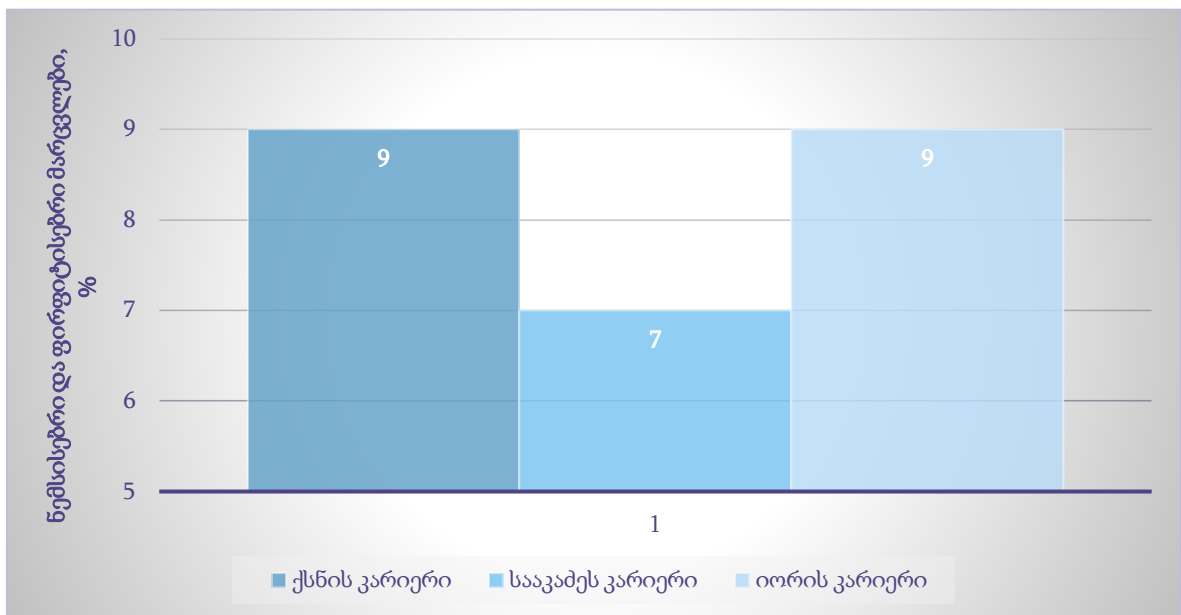
$$P = \frac{m_2}{m_1} * 100 \% = \frac{9}{100} * 100 \% = 9\%$$

#2 - სააკაძეს კარიერი

$$P = \frac{m_2}{m_1} * 100 \% = \frac{7}{100} * 100 \% = 7\%$$

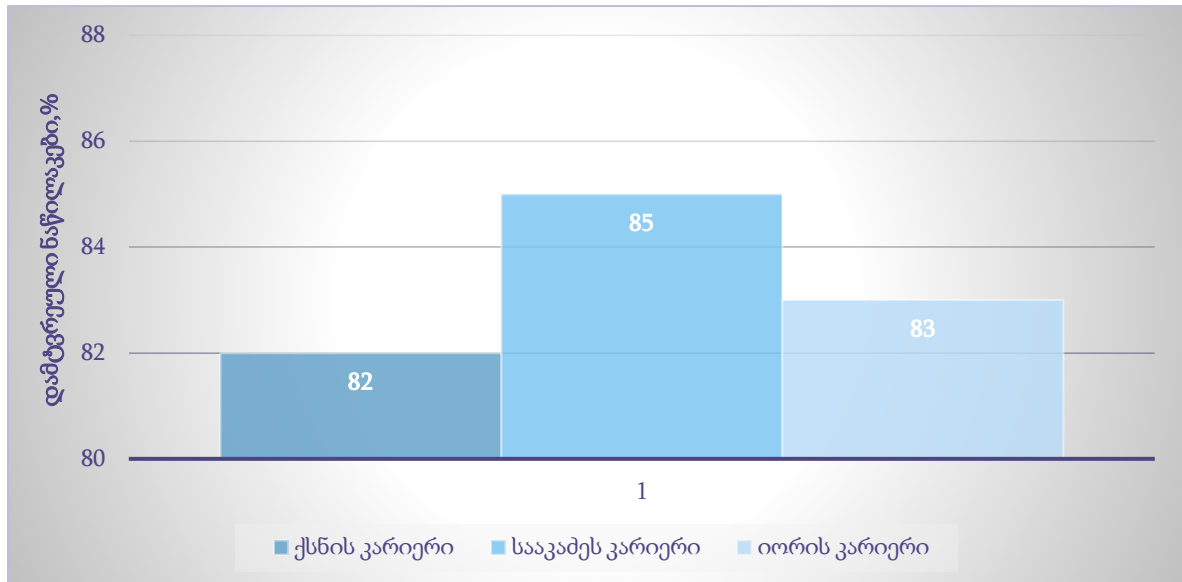
#3 - იორის კარიერი

$$P = \frac{m_2}{m_1} * 100 \% = \frac{9}{100} * 100 \% = 9\%$$



ნახ.24. ნემსისებრი და ფირფიტისებრი მარცვლების შემცველობა

დამტკრებული ნაწილაკების შემცველობა (ცდის სტანდარტი ГОСТ 8269.0-97 (4.4) განვსაზღვრეთ ვიზუალური შეფასებით - ვითვლით თუ რამდენი მხარე აქვს ჩამოტეხილი ღორღის მარცვლებს და პროცენტულად ვაფასებთ მსხვრევადობას.



ნახ.25. დამტვრეული ნაწილაკების შემცველობა

მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა (ცდის სტანდარტი ГОСТ 8269.0-97 (4.5.1) განვსაზღვრეთ გარეცხვის მეთოდით. სპეციალურ ჭურჭელში ვათავსებთ წინასწარ აწონილ ნიმუშს და ვრეცხავთ იქამდე, სანამ წყალი არ გახდება გამჭვირვალე. შემდეგ ვწონით ყალიბში დარჩენილი ნიმუშის მასას და ვანგარიშობთ შემცველობას შემდეგი ფორმულით:

$$B = \frac{m - m_1}{m} * 100 \%$$

სადაც,

m – ნარევის თავდაპირველი მასაა, გრ

m_1 - ცდის დასრულების შემდეგ საცერზე დარჩენილი მასა, გრ.

ნიმუშის საწყის მასად აღებულია 500 გრ.

#1 - ქსნის კარიერი

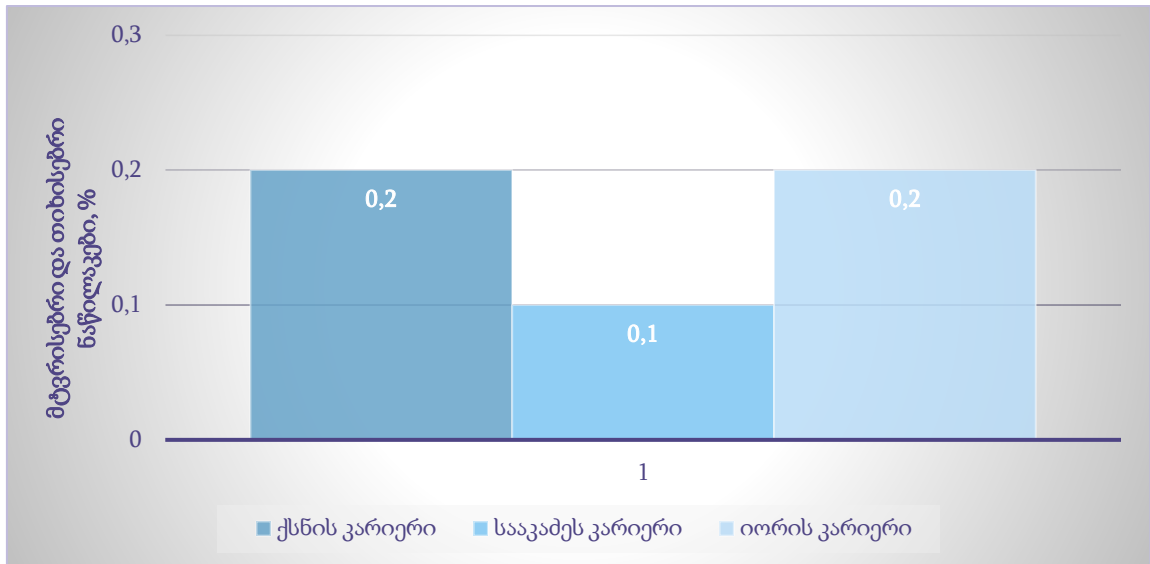
$$B = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{500 - 498}{500} * 100 \% = 0.4\%$$

#2 - სააკაძეს კარიერი

$$B = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{500 - 499}{500} * 100 \% = 0.2\%$$

#3 - იორის კარიერი

$$B = \frac{m - m_1}{m} * 100 \% = \frac{500 - 498}{500} * 100 \% = 0.4\%$$



ნახ.26. მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა

ლორღის წყალშთანთქმა განვსაზღვრეთ EN 1097-6 მიხედვით. პიკნომეტრში ვათავსებთ 2 კგ ღორღს 22°C±3 ტემპერატურის წყალში 24 საათის განმავლობაში. შემდეგ გამოვდევნით ზედმეტ ჰაერს შენჯღრევის გზით, ვავსებთ პიკნომეტრს და ვიგებთ სიმკვრივეს. ამის შემდეგ ღორღის მარცვლებს გადმოვყრით ტენიან ნაჭერზე და მარცვლების ზედაპირზე შევამშრალეზთ ზედმეტ წყალს. შემდგომ გაჟღენთილი ღორღის მარცვლებს ვწონით და ვიმახსოვრებთ. ღორღს ვაშრობთ მუდმივ ტემპერატურამდე ღუმელში და კვლავ ვწონით. წყალშთანთქმა გამოვთვალეთ ფორმულით [20]:

$$B = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 \%$$

სადაც,

m_1 – ტენიანი ნიმუშის მასა, გრ

m_2 – გამომშრალი ნიმუშის მასა, გრ.

#1 - ქსნის კარიერი

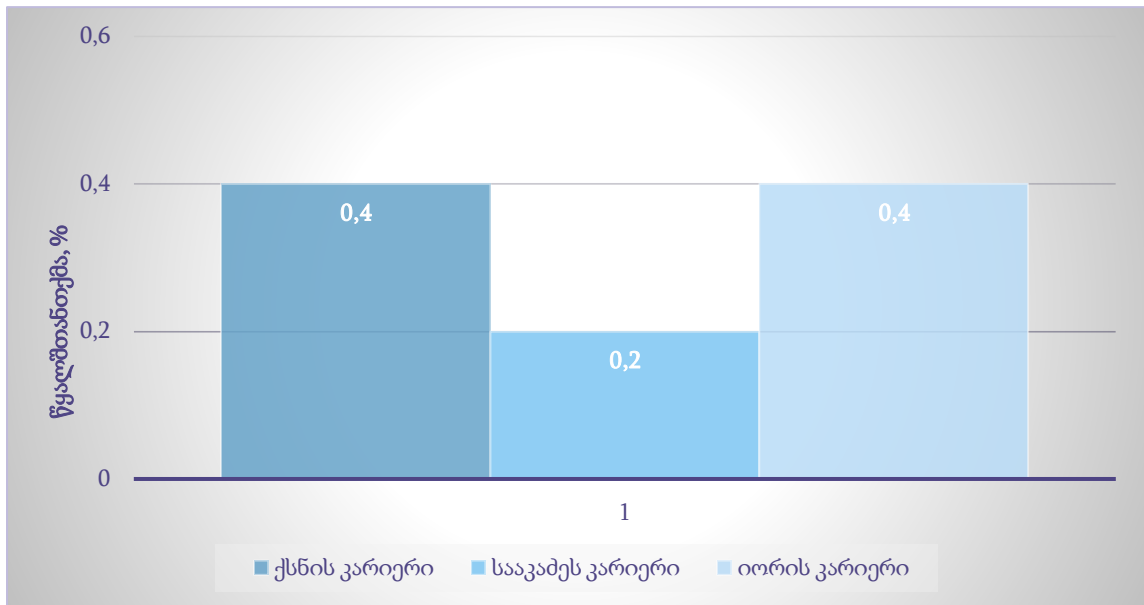
$$B = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 \% = \frac{2003 - 1995}{1995} * 100 \% = 0.4\%$$

#2 - სააკაძეს კარიერი

$$B = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 \% = \frac{2002 - 1998}{1998} * 100 \% = 0.2\%$$

#3 - იორის კარიერი

$$B = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 \% = \frac{2004 - 1996}{1996} * 100 \% = 0.4\%$$



ნახ.27. წყალშთანთქმის მაჩვენებელი

ღორდის ადჰეზიურობა ფასდება ვიზუალურად. გაცხელებულ ბიტუმში ამოვავლებთ ღორდის მარცვლებს და სპეციალური ცხაურებიანი საშრობის გამოყენებით ვაცხელებთ ლუმელში. შემდეგ კი შევაფასეთ ვიზუალურად რამდენად დაფარულია ღორდის ზედაპირი.



ნახ.28. ღორდის ადჰეზიურობის შეფასება



ნახ.29. ღორღის სიმტკიცის გამოცდა წნეხზე

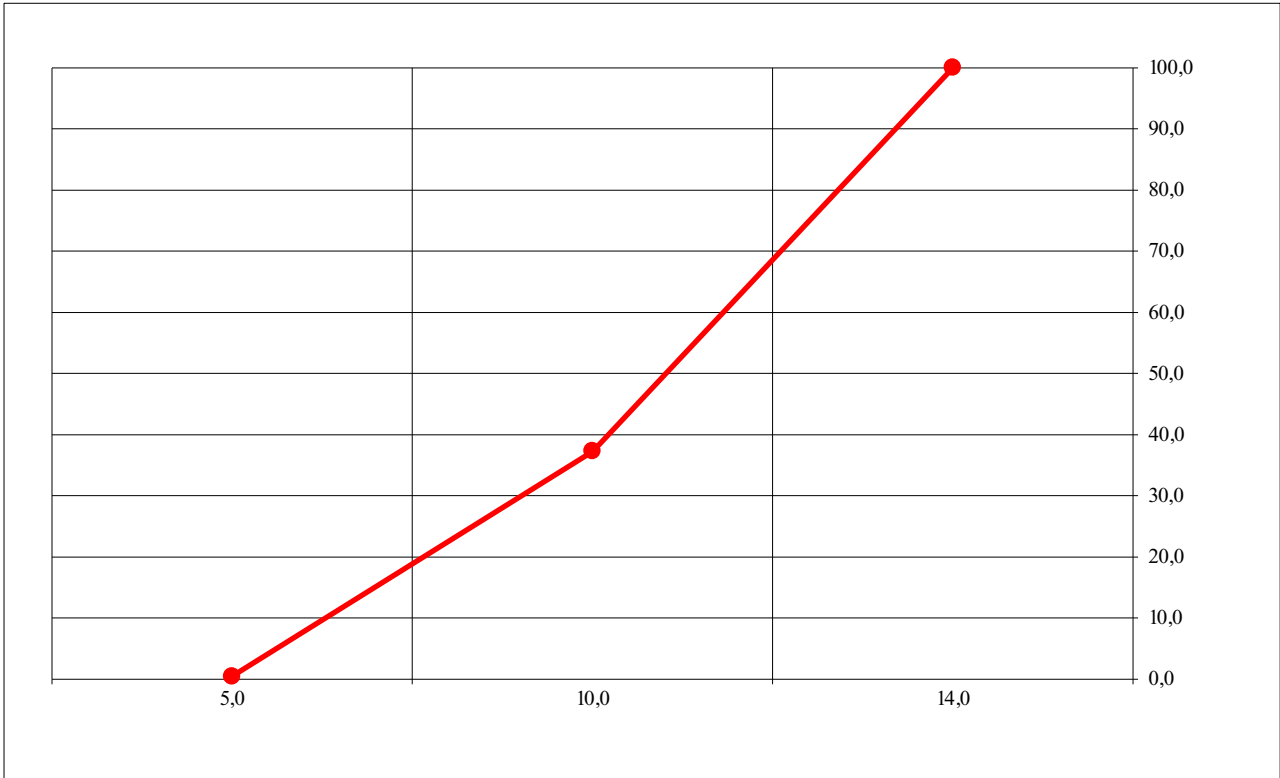
ცდის შედეგების მიხედვით დადგინდა, რომ ყველაზე კარგი შედეგი გამოამჟღავნა „სააკაძის“ კარიერიდან აღებული მასალამ, ამიტომ ცდების გასაგრძელებლად ვარგისია მხოლოდ #2 ნიმუში.

საცდელი მასალის გრანულომეტრიული შემადგენლობა (ღორღი ფრაქციით 5-15 მმ) მოცემულია ცხრილში. მაჩვენებლების მიხედვით აიგო გრანულომეტრის გრაფიკი.

ღორღის მასალის გრანულომეტრიული ცხრილი.

ცხრილი 1.

მინერალური მასალის გრანულომეტრია	
საცრის ზომები, მმ	დასაშვები ზღვრები
	საცერში გასული %
15,0	100,0
10,0	37,3
5,0	0,5
<5	



ნახ. 30. გრანულომეტრიის გრაფიკი

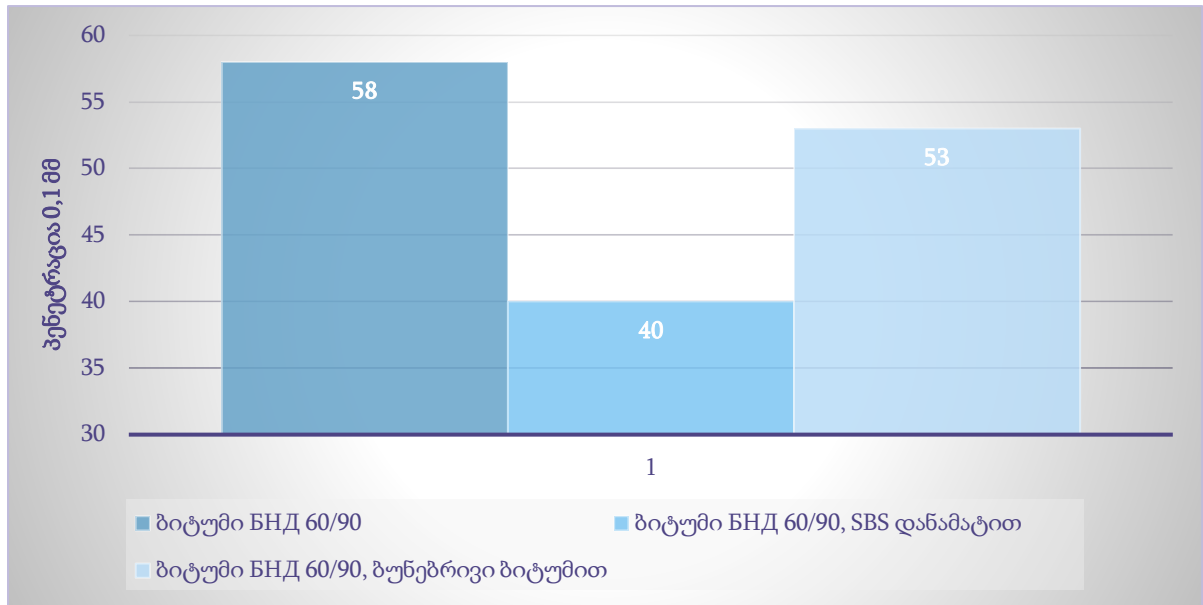
#2. ბიტუმი

კვლევის ფარგლებში გამოიცადა 3 სახეობის ბიტუმი -

- ბიტუმი БНД 60/90
- ბიტუმი БНД 60/90, მოდიფიცირებული ბუნებრივი ბიტუმით
- ბიტუმი БНД 60/90, მოდიფიცირებული მოდიფიკატორ SBS-ის გამოყენებით

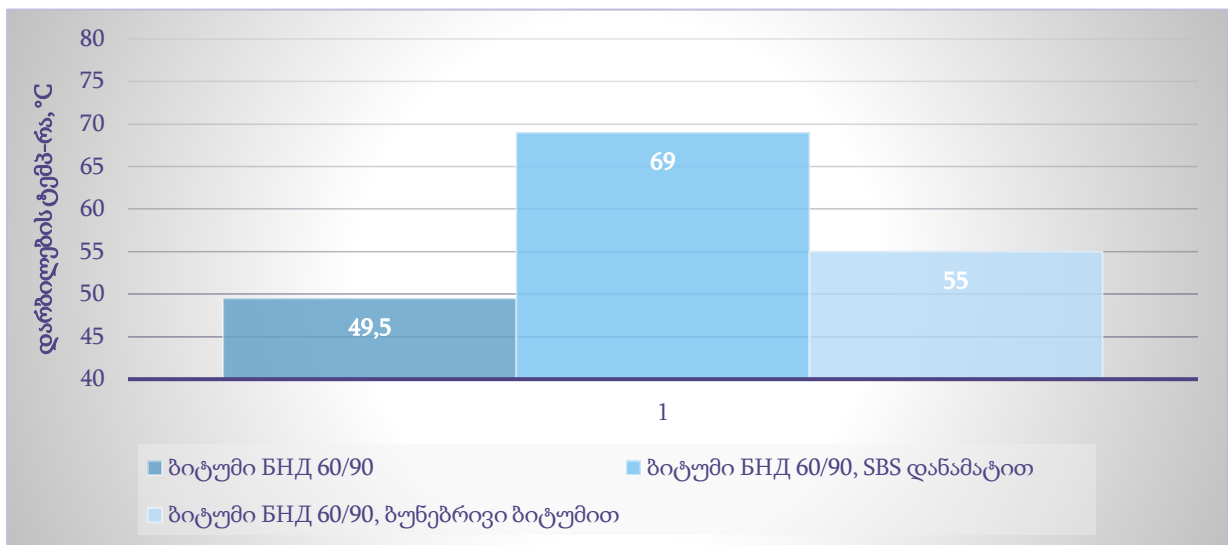
ბიტუმის ძირითად თვისებებს წარმოადგენს პენეტრაცია (ნემსის შეღწევა), დუქტილუბა (წელვადობა) და დარბილების ტემპერატურა. ცდები ჩატარდა აღნიშნული თვისებების განსაზღვრისათვის.

ბიტუმის პენეტრაცია (ცდის სტანდარტი ГОСТ 11501-78) - ბიტუმის პენეტრაცია განვსაზღვრეთ ნემსის შეღწევის მაჩვენებლის მიხედვით, პენეტრომეტრის გამოყენებით. სტანდარტული ნემსი 5 წმ-ის განმავლობაში შეიღწევა ბიტუმში, რომლის ტემპერატურა იყო 25°C. ცდის შედეგები მოცემულია გრაფიკის სახით. პენეტრაციისას 1°C არის 0,1 მმ-ის ანალოგი [21; 22].



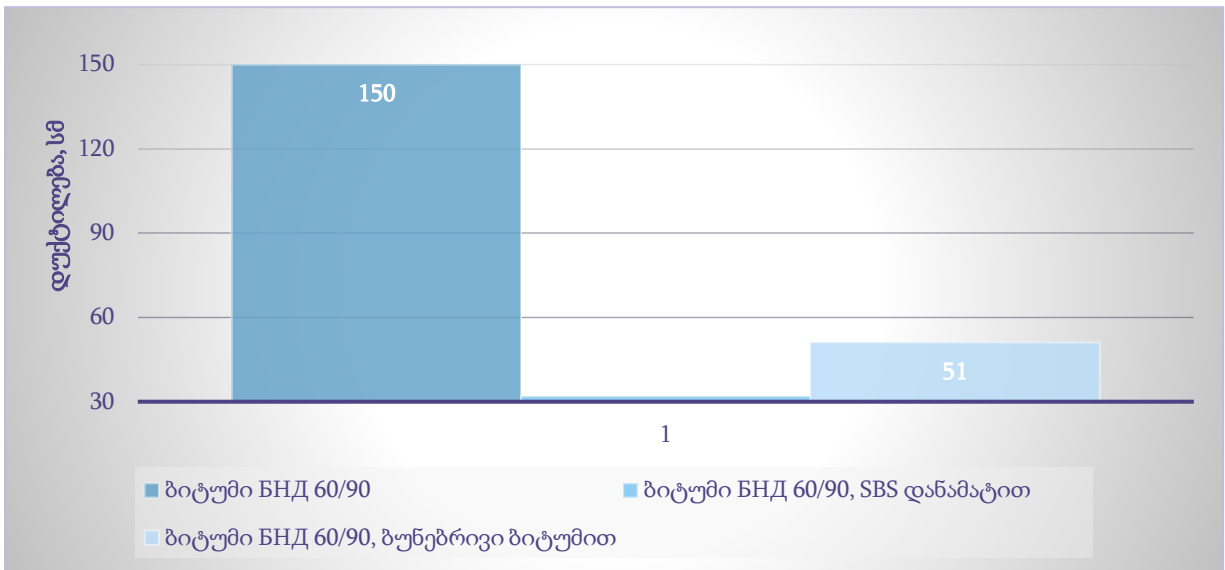
ნახ.31. ბიტუმის პენეტრაცია 0,1 მმ-ზე

ბიტუმის დარბილების ტემპერატურა (ცდის სტანდარტი ГОСТ 11506-73)- ბიტუმის გამოყენებისას საგზაო საფარებში დარბილების ტემპერატურა წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს, რადგან როგორც გარემოს ძლიერ დაბალი, ისე ძლიერ მაღალი ტემპერატურისას ბიტუმი ვეღარ ინარჩუნებს იმ თვისებებს, რაც საჭიროა ფენილის სიმტკიცის უზრუნველსაყოფად. დარბილების ტემპერატურა განვსაზღვრეთ ბურთულა და რგოლის გამოყენებით. დარბილების ტემპერატურას წარმოადგენს ტემპერატურის ის მაჩვენებელი, როდესაც ბურთულა საკუთარი წონით გაძვრება რგოლში და მოხვდება დანადგარის ქვედა განყოფილებაში [21; 23].



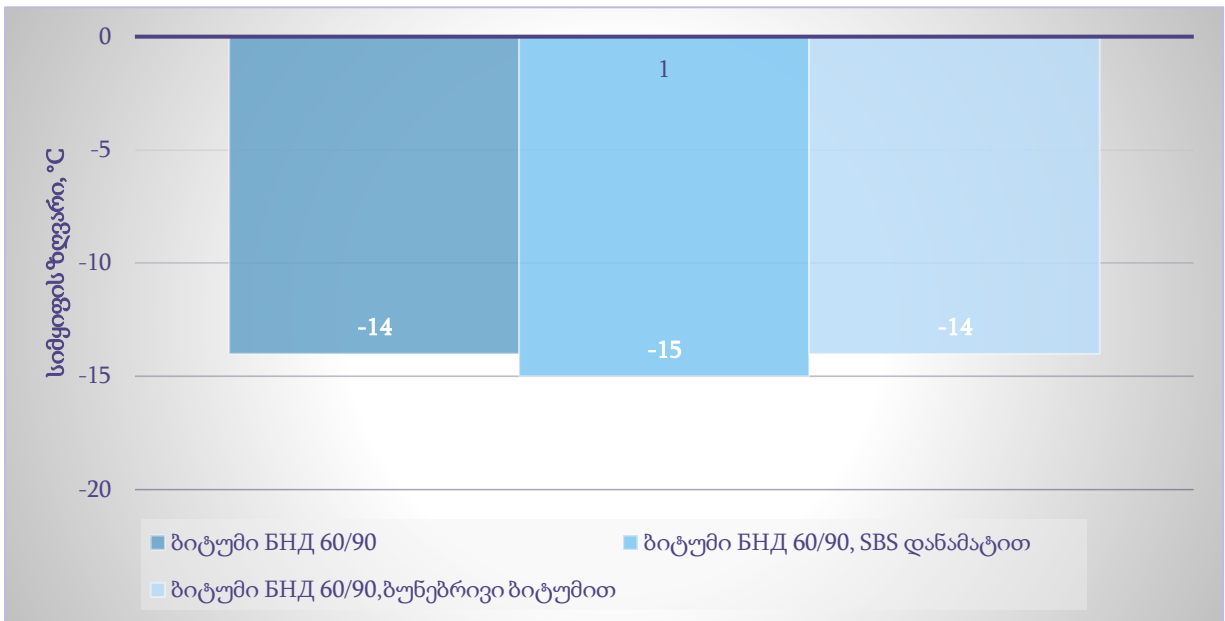
ნახ.32. ბიტუმის დარბილების ტემპერატურის მაჩვენებლები

ბიტუმის დუქტილუბა (ცდის სტანდარტი ГОСТ 11505-75) - განვსაზღვრეთ რვიანის ფორმის ნიმუშის სპეციალურ ხელსაწყოზე (დუქტილომეტრზე) გაჭიმვის გზით. ცდა შეწყდა მაშინ, როდესაც ნიმუში შუაში გაწყდა [21; 24].



ნახ.33. ბიტუმის დუქტილუბის მაჩვენებლები

ბიტუმის სიმეიფე (ცდის სტანდარტი ГОСТ 11507-78) - განვსაზღვრეთ ფრასის ხელსაწყოს გამოყენებით [21; 25].



ნახ.34. ბიტუმის სიმეიფის მაჩვენებლები

ცდების გასაგრძელებლად გამოვიყენეთ საუკეთესო მაჩვენებლის მქონე SBS-ით მოდიფიცირებული ბიტუმი.

#3. მინერალური მასალები - შემავსებელი

შემავსებლის დამატება უმნიშვნელოვანეს ეფექტს გვაძლევს როგორც შერევის დროსა და დატანის პროცესზე, ასევე სუსპენზიის ხარისხზე. ჩვეულებრივ, შემავსებლად იყენებენ პორტლანდცემენტს, ასევე შეიძლება გამოყენებული იქნას ცემენტის სხვა სახეობები და ჩამქრალი კირი.

ძალიან მნიშვნელოვანია შეფასდეს დანამატის გავლენა შერევის პროცესზე. იგი დამოკიდებულია დანამატის შერჩევაზე და კონცენტრაციაზე.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ცდების დროს შემავსებლად გამოყენებულია ცემენტი M400, დოროსოლი, დოროპორტი და კირი. აღნიშნული მასალების მახასიათებლებისათვის დამატებითი ლაბორატორიული ცდები არ ჩატარებულა, რადგან ისინი უკვე გამოცდილია მწარმოებელი კომპანიების მიერ და არსებობს შესაბამისობის სერტიფიკატი.



ნახ. 35. შემავსებლის ტიპები

ა) ცემენტი; ბ) კირი; გ) დოროსოლი; დ) დოროპორტი

წყალი

ნარევიში გამოყენებულია წყალი მინერალურად სუფთა, რათა მასში მყოფმა ჭარბმა მარილებმა ან სხვა მინარევეებმა გავლენა არ მოახდინოს ნარევის შეკვრის დროზე.

ლატექსი

ლატექსი გამოიყენება 30°C ტემპ-რის დიაპაზონში. ლატექსის გამოყენება ამდლებს კოჰეზიურობას, ამდლებს ძვრის მედეგობას, ზრდის შეჭიდულობას და ამცირებს მასალების დამველებს სიჩქარეს.



ნახ.36. თხევადი ლატექსი

ბოჭკოები

ბოჭკოების გამოყენება სლარის ტიპის ნარევებში გვამდლევს უფრო მადალ შეჭიდულობას და მედეგობას. სტრუქტურისა და სიმტკიცის ზღვარის გაუმჯობესება გაჭიმვისას შესამდლებელია გაუმჯობესდეს პოლიპროპილენისა და სხვა ბოჭკოების დამატებით. ცდის ჩატარებისას გამოყენებულია პოლიპროპილენის ბოჭკო.



ნახ.37. პოლიპროპილენის ბოჭკო

2.3. სლარი სილის ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობის კვლევა ლაბორატორიულ პირობებში

ნარევის ოპტიმალური სისქეების განსაზღვრისათვის ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარდა ცდების ციკლი, რაც მოიცავდა “სლარი სილის” ნარევის დამზადებას სხვადასხვა მინერალური მასალის პროცენტული რაოდენობებით. რადგან ლაბორატორიულად ნიმუშების დამზადება ძლიერ რთული და შრომატევადი პროცესია, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ოპტიმალური ნიმუშების დამზადებამდე საჭიროა ათეულობით ნიმუშის გამოცდა, ცხრილებში მოცემულია მხოლოდ ის პროცენტული მაჩვენებლები, საიდანაც ნარევი დაიწყო ფორმირება იქამდე, სანამ ზედმეტ სიმციფეს არ მიაღწია და მსხვრევა არ დაიწყო [26; 27; 28; 29].

ლაბორატორიული კვლევა #1.

ნარევი 1 შემთხვევაში ცდების ჩატარებისას შეკვრა დაიწყო M400 მარკის ცემენტის 0,5% გამოყენებით. შემდეგ თანდათან მოვუმატეთ რაოდენობა და შევჩერდით 3%-ზე.

ნარევი 1-ის შემადგენლობა.

ცხრილი 2.

ნარევი	ღორღი	წყალი	პორტლანდ ცემენტი	SBS მოდიფიცირებული ბიტუმი	ბოჭკო	ლატექსის დანამატი
1	100%	9%	0,5 %	12%	0,3	2%
			1 %			
			2 %			
			3 %			

მიუხედავად იმისა, რომ ოთხივე ნარევი ცვეთამდეგობის მხრივ საკმაოდ კარგი შედეგები გვაჩვენა, 2 % ცემენტის რაოდენობა არის ის ოპტიმალური ზღვარი, რაც საშუალებას გვაძლევს ბუნებრივ პირობებში მივაღწიოთ იდეალურ შედეგებს. შემავსებლის რაოდენობის ზრდა იწვევს ნარევის გამყიფებას, რაც თავის მხრივ, მსხვრევადობას იწვევს ნარევიტ დამზადებული ძელაკების გამოცდისას.

ლაბორატორიული კვლევა #2.

ნარევი 2 შემთხვევაში ცდები ჩატარდა ანალოგიურად. ამჯერად ნარევი ცემენტის მაგივრად გამოყენებულია ჰიდრავლიკური შემკვრელი დოროსოლი. ნარევმა შეკვრა დაიწყო 3%-დან და 5%-ის შემდეგ დაიწყო გამციფება.

ნარევი 2-ის შემადგენლობა.

ცხრილი 3.

ნარევი	ღორღი	წყალი	დოროსოლი	SBS	ბოჭკო	ლათექსის დანამატი
				მოდუფიცირებული ბიტუმი		
2	100%	9%	3 %	12%	0,3	2%
			4 %			
			4,5 %			
			5 %			

ლაბორატორიული კვლევა #3.

ნარევი 3 შემთხვევაშიც ცდები ჩატარდა ანალოგიურად. ამჯერად ნარევი გამოყენებულია ჰიდრავლიკური შემკვრელი დოროპორტი. ნარევმა შეკვრა დაიწყო დოროსოლის ანალოგიურად 3%-დან და 5%-ის შემდეგ დაიწყო გამციფება.

ნარევი 3-ის შემადგენლობა.

ცხრილი 4.

ნარევი	ღორღი	წყალი	დოროპორტი	SBS	ბოჭკო	ლათექსის დანამატი
				მოდუფიცირებული ბიტუმი		
3	100%	9%	3 %	12%	0,3	2%
			4 %			
			4,5 %			
			5 %			

ლაბორატორიული კვლევა #4.

ნარევი 4 დამზადდა იგივე პროცენტული რაოდენობით, რაც წინა 3 ნარევი იყო გამოყენებული. ამჯერად შემკვრელად გამოყენებულია კირი. ნარევმა შეკვრა დაიწყო 1%-დან და 3%-ის შემდეგ დაიწყო გამყიფება.

ნარევი 4-ის შემადგენლობა.

ცხრილი 5.

ნარევი	ლორღი	წყალი	კირი	SBS მოდიფიცირებული ბიტუმი	ბოჭკო	ლათექსის დანამატი
	4	100%	9%	1 % 2 % 2,5 % 3 %	12%	0,3

ნარევების ფორმირება მთავრდება მაშინ, როდესაც ხელთათმანი აღარ მიიკრავს ბიტუმს და სრულიად სუფთა დარჩება ნარევის ბურთულების მომზადებისას.



ნახ.38. „სლარი სილის“ ნიმუშების დამზადება-დაყალიბების პროცესი

ა) ნიმუშის დამზადების საწყისი პროცესი ბ) დაყალიბების პროცესი



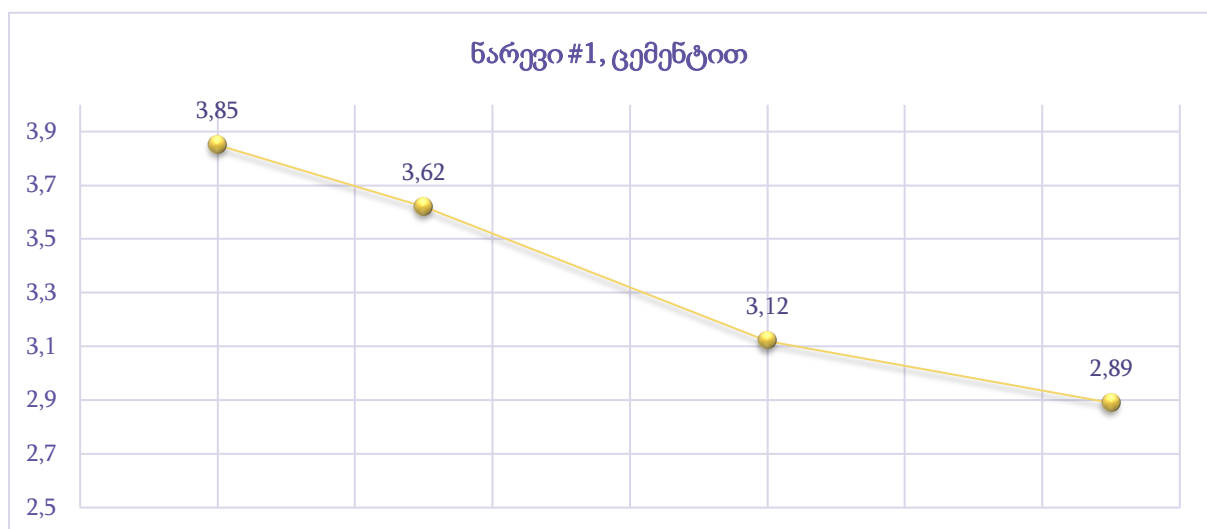
ნახ.39. ნიმუშის მომზადების პროცესი

ა) ბიტუმის მიკვრისას (არაფორმირებული) ბ) ფორმირებული ნარევი

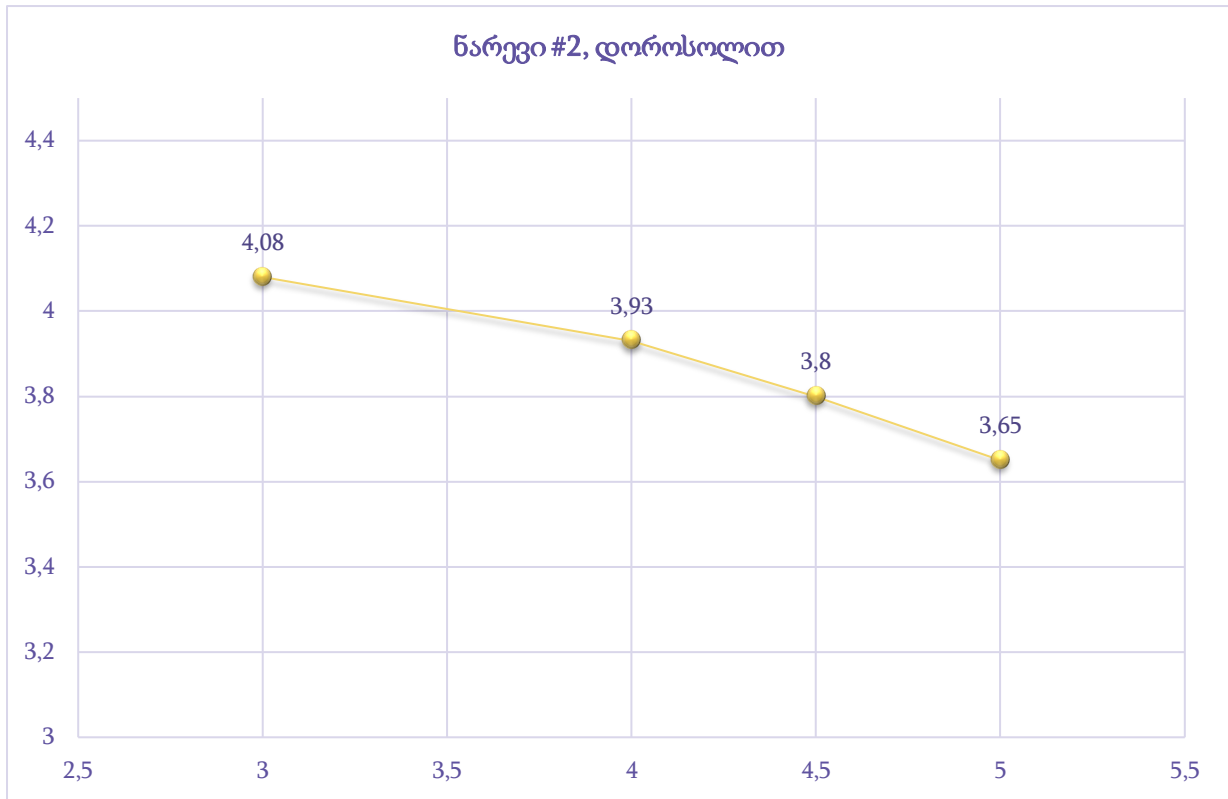
2.4. ასფალტბეტონის ცვეთასა და შეჭიდულობაზე კვლევის მექანიზმი ლაბორატორიულ პირობებში

ნიმუშები დამზადების შემდეგ გამოიცადა ცვეთამედეგობაზე, ჰამბურგის ბორბლის გამოყენებით. დამზადებული ნარევები დაყალიბდა 150 მმ ზომის ყალიბში. ყალიბიდან ამოღების შემდეგ ნიმუშები მოთავსდა წყლის რეზერვუარში, 4 სთ-ის განმავლობაში. წყლიდან ამოღების შემდეგ ნიმუში მოთავსდა ჰამბურგის აპარატში და გამოიცადა სველ ცვეთაზე (წყლის ტემპერატურა 60°C) 20 000 გავლაზე, სტანდარტის EN 12697-22 მიხედვით [30; 31].

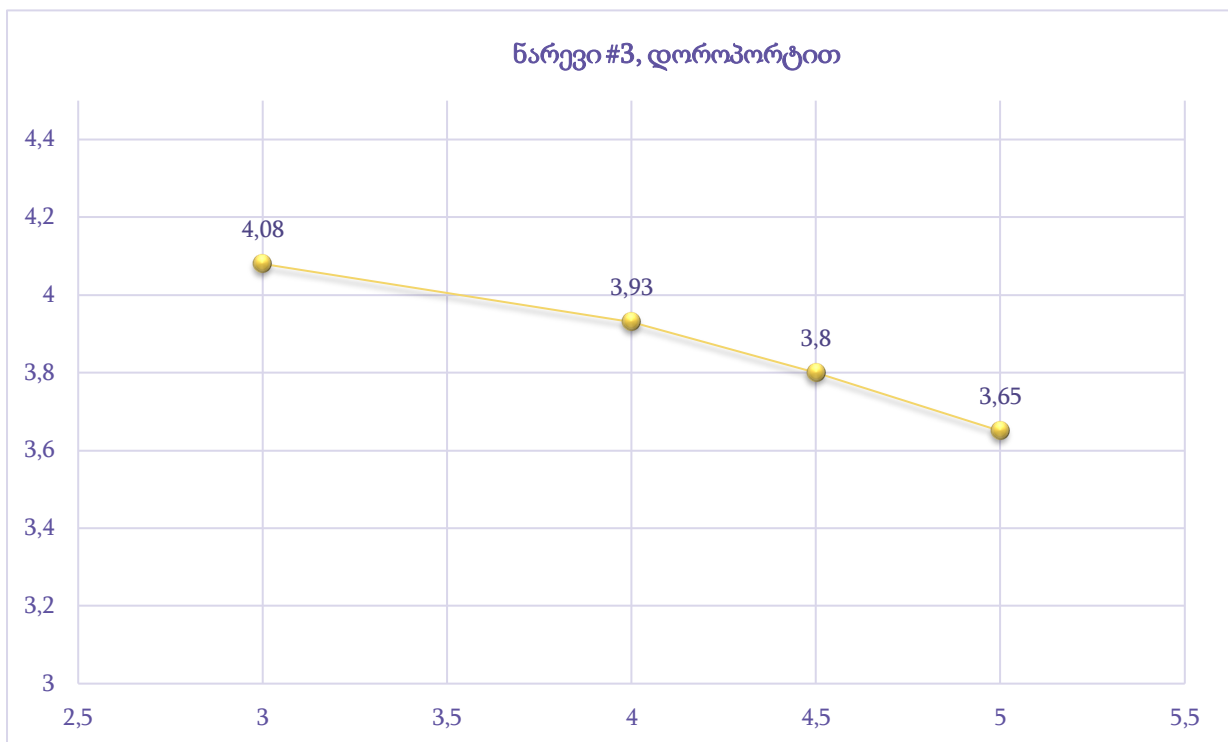
ნიმუშების მიხედვით ცვეთის მაჩვენებლის დამოკიდებულება მიცემულია გრაფიკების სახით.



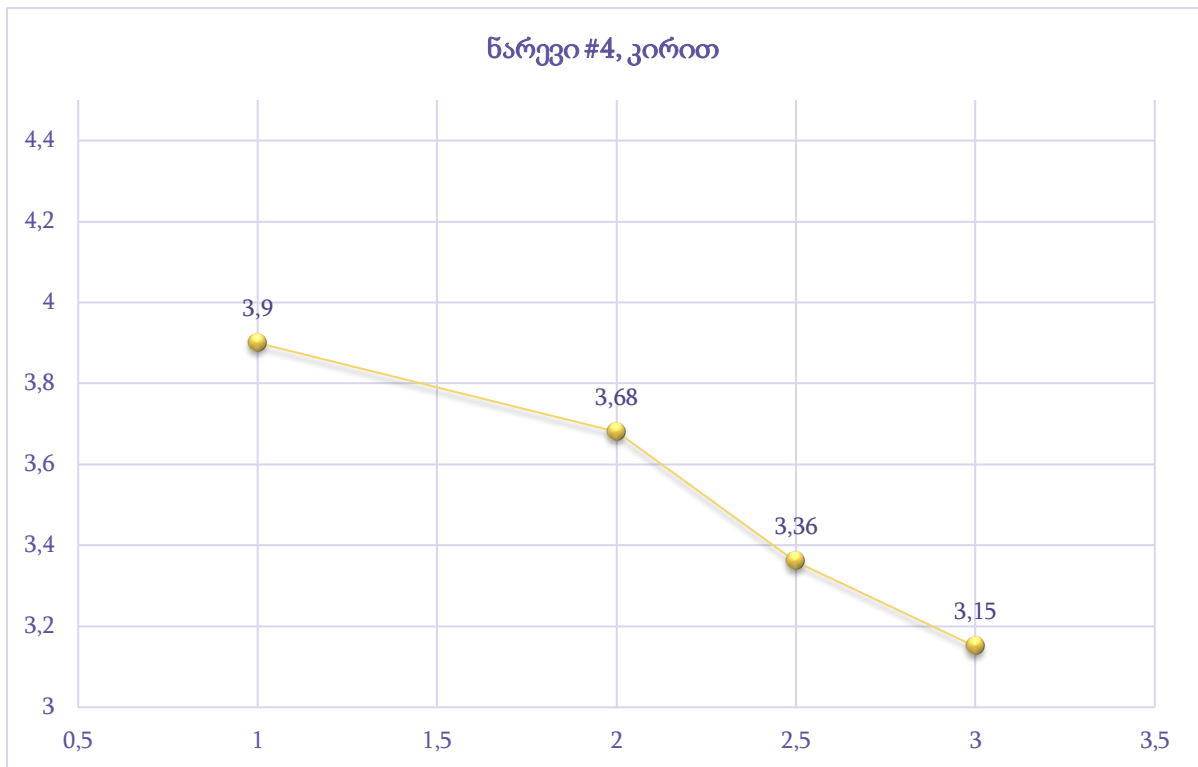
ნახ.40. ცემენტით დამზადებული ნარევის გამოცდა ჰამბურგის ბორბალზე



ნახ.41. დოროსოლით დამზადებული ნარევის გამოცდა ჰამბურგის ბორბალზე



ნახ.42. დოროპორტით დამზადებული ნარევის გამოცდა ჰამბურგის ბორბალზე

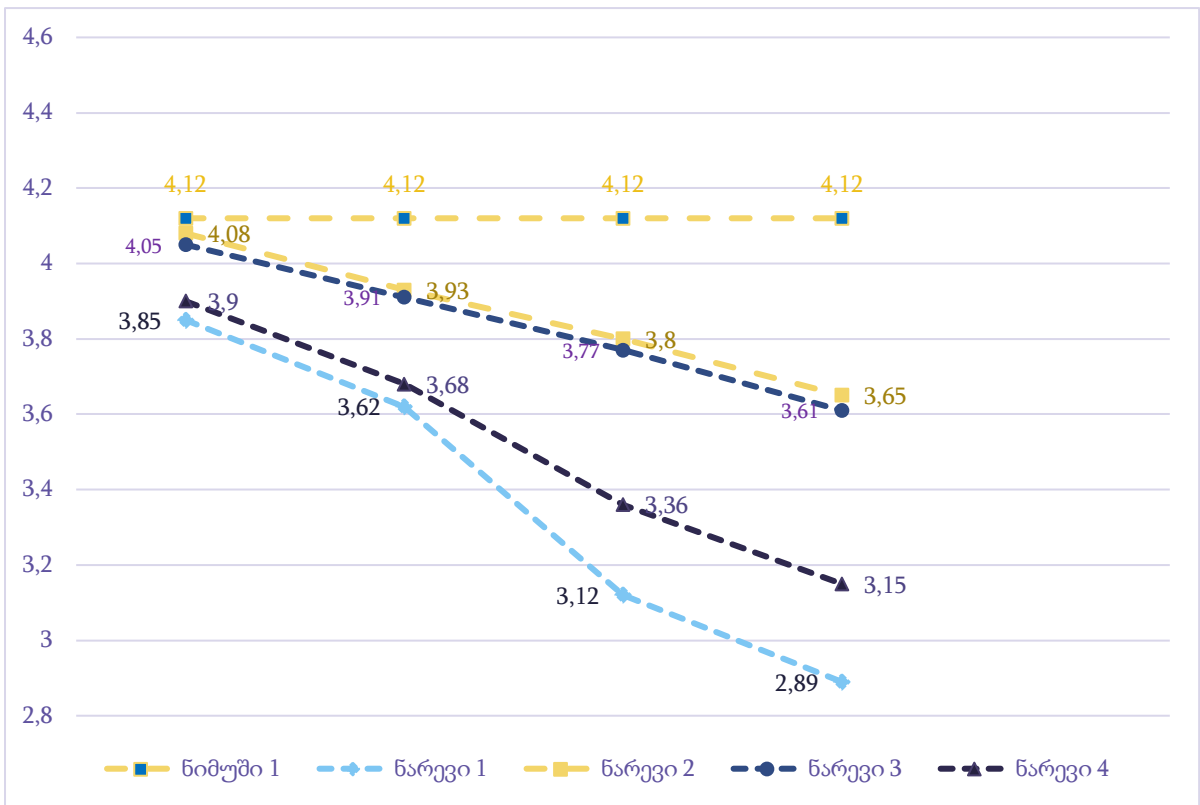


ნახ.43. კირით დამზადებული ნარევის გამოცდა ჰამბურგის ბორბალზე



ნახ.44. დამზადებული ნიმუშები ჰამბურგის ბორბალზე გამოცდამდე

ლაბორატორიაში დამზადებულ ნიმუშებთან ერთად შედარების მიზნით გამოიცადა არსებული ასფალტის საფარიდან ამოჭრილი კერნი, რომლის ცვეთამაც შეადგინა 4,12 მმ. საერთო შედარებითი მაჩვენებლები მოცემულია გრაფიკის სახით.



- ასფალტიდან ამოჭრილი
- ნარევი #1, ცემენტით
- ნარევი #2, დოროსოლით
- ნარევი #3, დოროპორტით
- ნარევი #4, კირით

ნახ.45. ნარევების საერთო მახასიათებლების შედარება



ნახ.46. ცდების ამსახველი ფოტომასალა

ა) ნიმუშის დამზადება გირატორზე ბ) ნიმუშის მოთავსება ჰამბურგის დანადგარში



ნახ.47. ჰამბურგის დანადგარზე გამოცდილი ნიმუშები

სრიალის კოეფიციენტი - ეს არის ავტომობილის ბორბლის მოქმედების გამოხატულება ცურვისას. მას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს საავტომობილო მოძრაობის დინამიკათა სფეროში, რადგან ის საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ დამოკიდებულება საბურავის დეფორმაციასა და მასზე მოქმედ ძალებს შორის (ამაჩქარებელი და დამამუხრუჭებელი ძალები).

კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით

$$\text{სრიალის კოეფიციენტი \%} = \left(\frac{\Omega R_c}{V} - 1 \right) * 100\%$$

სადაც,

Ω - საბურავის კუთხური სიჩქარეა

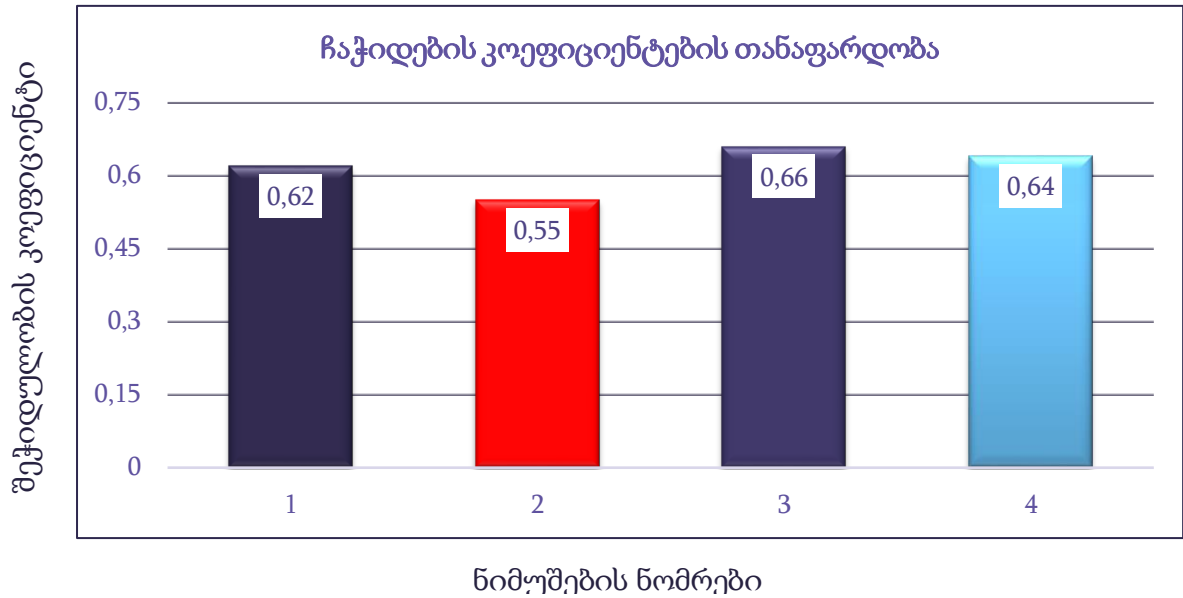
R_c - საბურავის თავისუფალი სვლის ეფექტური რადიუსი

V - სატრანსპორტო ნაკადის მოძრაობის სიჩქარე

სრიალის მიმართ საფარის მდგრადობა უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია საფარებისათვის, ამიტომ ჰამბურგის ბორბალთან ერთად ნიმუშები ლაბორატორიულ პირობებში გამოიცადა შეჭიდულობაზე, Wessex-ის ქანქარის გამოყენებით, სტანდარტ EN 13036-4 მიხედვით, რომლის მიხედვითაც კოეფიციენტი დგინდება საფარის ზედაპირზე სველ მდგომარეობაში [32; 33].

ცდა ჩატარდა არსებული საფარიდან ამოჭრილ ნიმუშზე, შემდეგ იგივე ნიმუშზე ჰამბურგის ბორბალზე ჩატარებული ცდის შემდეგ (უკვე გაცვეთილ მდგომარეობაში), ნიმუშზე გირატორის დახმარებით დავტკეპნეთ საუკეთესო

მაჩვენებლების მქონე 2 ნარევი - ცემენტისა და კირის დანამატით და გამოიცადა შეჭიდულობაზე. მაჩვენებლები მოცემულია გრაფიკის სახით.



ნახ.48. შეჭიდულობის მაჩვენებლების შედარება

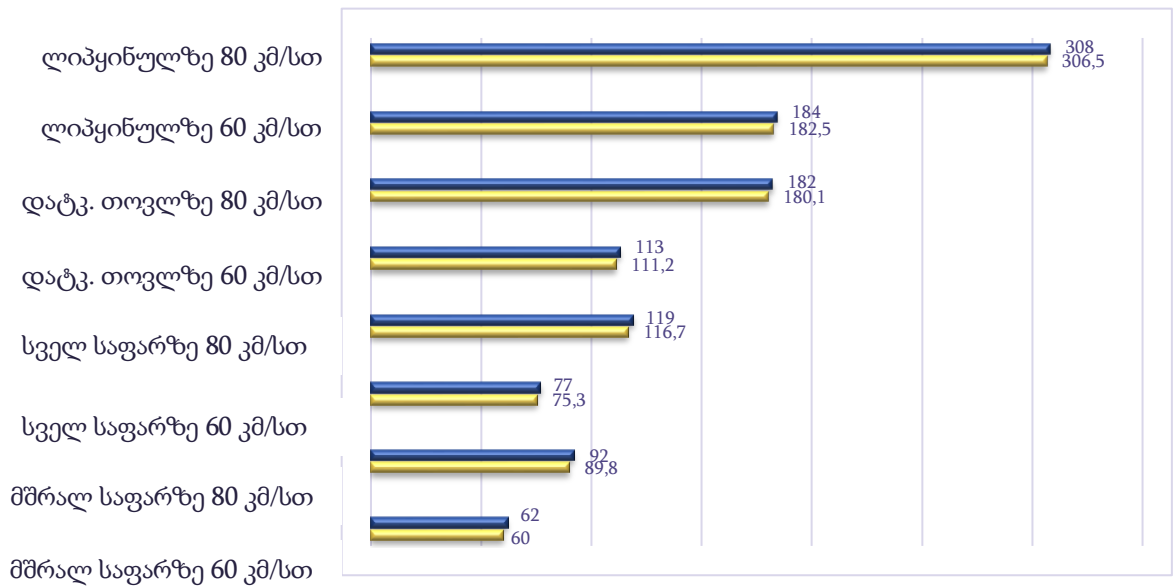
- 1 – არსებული საფარიდან ამოჭრილი კერნი
- 2 - ამოჭრილი კერნი ცვეთაზე გამოცდის შემდგომ
- 3 - ამოჭრილ კერნზე დატანილი “სლარი სილის” ფენა ცემენტით (ნარევი #1)
- 4 - ამოჭრილ კერნზე დატანილი “სლარი სილის” ფენა კირით (ნარევი #4)



ნახ.49. Wessex-ის ხელსაწყო ჩაჭიდების კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის

ჩაჭიდების კოეფიციენტის განსაზღვრის შემდეგ ავტომატიზირებული პროგრამის დახმარებით შედარდა ავტომობილების სამუხრუჭე მანძილების

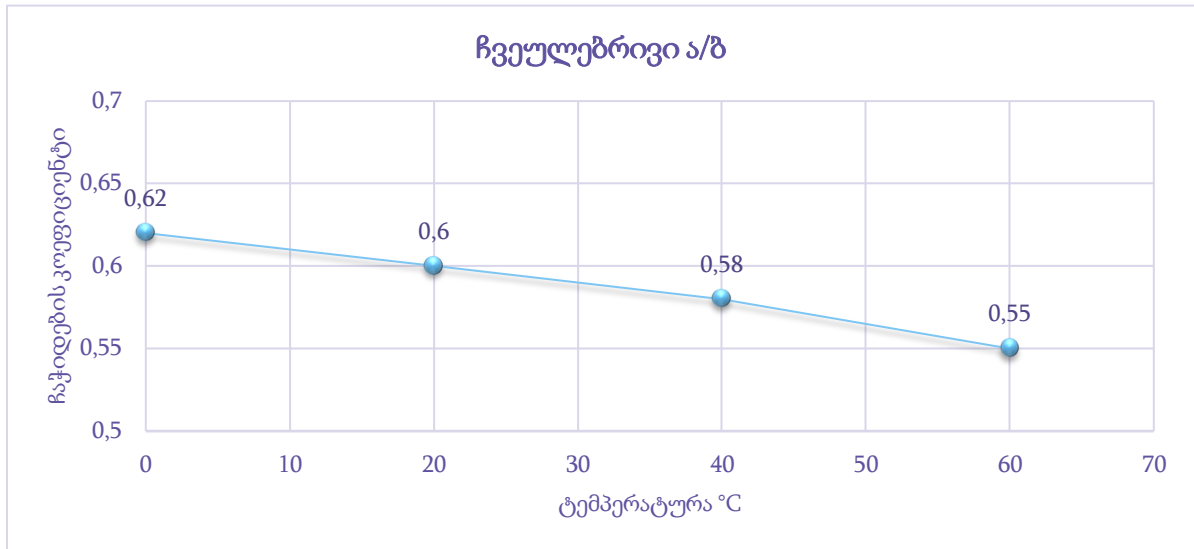
მნიშვნელობები, სხვადასხვა კლიმატური პირობებისათვის 60 და 80 კმ/სთ სიჩქარეზე.



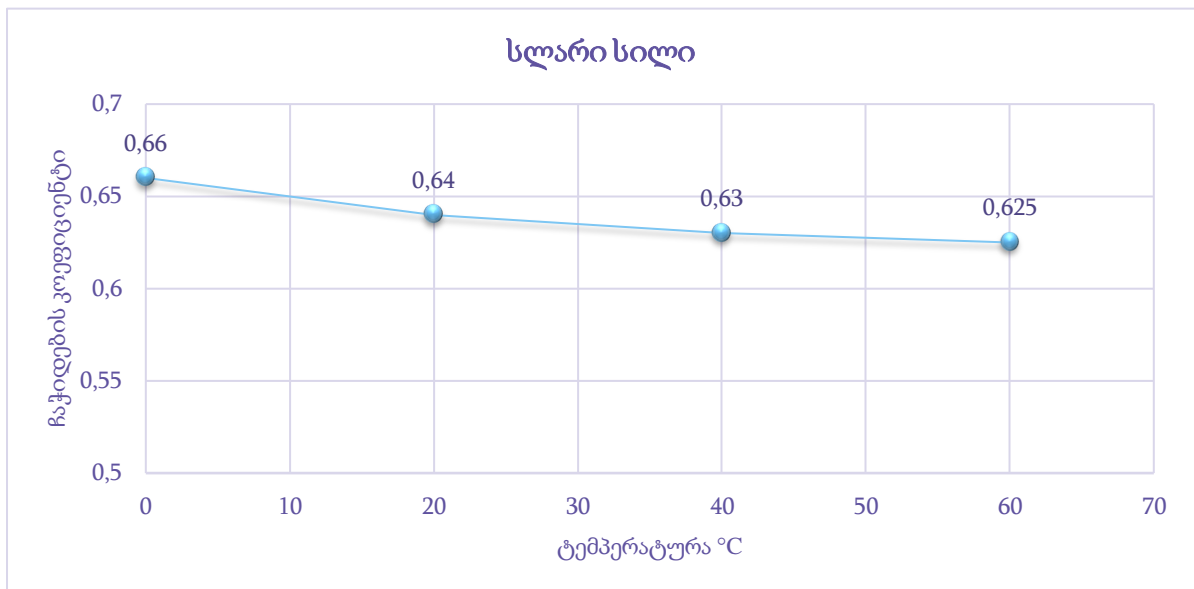
ნახ.50. სამუხრუჭე მანძილების შედარება სხვადასხვა გარემო პირობებში

“სლარი სილის” გამოყენება საკმაოდ ამაღლებს შეჭიდულობის მაჩვენებელს და უზრუნველყოფს უსაფრთხო გადაადგილებას.

გარდა სველ მდგომარეობაში გამოცდისა, ლაბორატორიულ პირობებში ნიმუში შეჭიდულობაზე გამოიცადა კიდევ ერთ გარემოებაზე - სხვადასხვა ტემპერატურაზე. აღნიშნული პარამეტრი გვაძლევს საშუალებას, თვალსაჩინოდ დავინახოთ “სლარი სილის” გამოყენების უპირატესობა აეროდრომების საფარების შეკეთებისათვის. თვითმფრინავების აფრენა-დაფრენისას გამოყოფილი ცხელი ჰაერი უარყოფითად მოქმედებს ასფალტის საფარზე და იწვევს მის მწყობრიდან გამოსვლას საანგარიშო ვადაზე ადრე, რაც თავის მხრივ აისახება ჩაჭიდების კოეფიციენტზე. “სლარი სილით” ფენილის მოწყობისას კი ეს მაჩვენებელი საგანგაშოდ არ მცირდება. ნიმუშები გამოცდილია 0°C (საფარიდან ალებულ მდგომარეობაში) 20°C, 40°C და 60°C ტემპერატურებზე.



ნახ. 51. ჩაჭიდების შედეგები ტემპერატურულ დიაპაზონში ა/ზ-ის საფარისათვის



ნახ. 52. ჩაჭიდების შედეგები ტემპერატურულ დიაპაზონში „სლარი სილის“ შემთხვევაში

2.5. სლარი სილის ნარეგების სამუშაო სისქის განსაზღვრა საექსპლუატაციო ვადების მიხედვით

“სლარი სილის” საცვეთი ფენის ანგარიშისას აუცილებელია მისი მახასიათებლები განისაზღვროს ასფალტბეტონის ძირითადი ფენილების სამსახურის ვადების ანალოგიურად. “სლარი სილის” საცვეთი ფენის სავარაუდო სისქე იანგარიშება ქვემოთ მოცემული მეთოდით, BCH 41-88-ში მოყვანილი ფორმულის გამოყენებით [34; 35; 36].

იმისათვის, რომ საცვეთი ფენა “სლარი სილი” ასფალტბეტონის საფარის საცვეთი ფენის თანაბარზომიერად განვსაზღვროთ და ზუსტი შედეგი მივიღოთ, აუცილებელია ფორმულის საშუალებით სისქე h მიღებულ იქნას შემდეგნაირად:

$$h = aT + \frac{bN_q}{1000} * \frac{(kq_1)^T - 1}{kq_1 - 1}$$

სადაც,

a - პარამეტრია, რომელიც დამოკიდებულია საფარის ამინდმედეგობაზე და კლიმატურ პირობებზე (აღნიშნული პარამეტრები მოცემულია ცხრილში 1);

b - მაჩვენებელი, რომელიც დამოკიდებულია საფარის ამინდმედეგობაზე (ანალოგიურად);

N_1 - მოძრაობის ინტენსივობა წელიწადში, ავტ./დღე-ღამე;

K - $1,05 \pm 1,07$ კოეფიციენტი, დამოკიდებული მოძრაობის შემადგენლობის ცვლილებაზე;

q_1 - მოძრაობის წლიური ზრდის მაჩვენებელი.

საანგარიშო წლების რაოდენობა აიღება რემონტთაშორისი წლების ტოლი, ხოლო პარამეტრები BCH 41-88-ში მოცემული ცხრილის მიხედვით.

საანგარიშო პარამეტრების მნიშვნელობები.

ცხრილი 6.

	a , მმ	b, მმ/მლნ.ტ. ზრ	h₀
ა/ბ ღორღოვანი და ხრეშოვანი , დამუშავებული ორგანული შემკვრელით	0,4-0,6	0,25-0,55	10
ორმაგი დამუშავებით	1,3-2,7	3,5-5,5	25
ერთმაგი დამუშავებით	1,4-2,8	4,0-6,0	12

ცხრილიდან საქართველოს პირობებისათვის (IV საგზაო -კლიმატური ზონა) a და b მნიშვნელობები აიღება დაბალი ზღვრებით.

იმ შემთხვევაში, თუ სავალი ნაწილის სიგანე აღემატება 7 მ-ს, b -ს მნიშვნელობა უნდა შემცირდეს 15% -ით, ხოლო თუ 6 მ-ზე ნაკლებია, უნდა გაიზარდოს 15%-ით.

გაანგარიშება ვაწარმოოთ ასფალტის საფარიანი გზების ორი ტიპისათვის:

- II კატეგორია - ინტენსივობით 5000 ავტ./დღე-ღამეში, სავალი ნაწილის სიგანით 9,0 მ;
- III კატეგორია- ინტენსივობით 3000 ავტ./დღე-ღამეში, სავალი ნაწილის სიგანით 6,0 მ;

საფარის სამსახურის ვადად კაპიტალურ რემონტებს შორის მიღებულია 10 წელი, ქვეყანაში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტის BCH 46-83 თანახმად.

ანგარიში №1

II კატეგორიის გზებისათვის, სადაც გზის სიგანე 7 მ-ზე მეტია, პარამეტრი b-ს მნიშვნელობა უნდა შემცირდეს 15%-ით. ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$h = aT + \frac{bN_q}{1000} * \frac{(kq_1)^T - 1}{kq_1 - 1} = 0.4 * 10 + \frac{0.22 * 5000}{1000} * \frac{(1.05 * 1.04)^{10} - 1}{1.05 * 1.04 - 1} = 17.3 \text{ მმ}$$

“სლარი სილის” გამოყენებისას საფარის საცვეთ ფენად 10 წლიანი საექსპლუატაციო ვადის შემთხვევაში საჭირო სისქე შეადგენს 17,3 მმ-ს.

ანგარიში №2

III კატეგორიის გზებისათვის, სადაც გზის სიგანე 6 მ-ია, პარამეტრი b აიღება უცვლელად. ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს :

$$h = aT + \frac{bN_q}{1000} * \frac{(kq_1)^T - 1}{kq_1 - 1} = 0.4 * 10 + \frac{0.25 * 3000}{1000} * \frac{(1.05 * 1.04)^{10} - 1}{1.05 * 1.04 - 1} = 15.5 \text{ მმ}$$

“სლარი სილის” გამოყენებისას საფარის საცვეთ ფენად 10 წლიანი საექსპლუატაციო ვადის შემთხვევაში საჭირო სისქე შეადგენს 15,5 მმ-ს.

საქართველოს მასშტაბით მიღებული გამოცდილებიდან გამომდინარე, ზედაპირული შეკეთების ვადებს შორის დროდ მიღებულია 2 წელი ერთმაგი და 3 წელი ორმაგი ზედაპირული დამუშავებისთვის. ზედაპირული დამუშავების სისქე შეადგენს : ერთმაგი - 2 სმ, ორმაგი - 4 სმ. “სლარი სილის” ნაანგარიშები სისქის მიხედვით მოწყობისას კი ეს ვადა 10 წელს შეადგენს. ამის გარდა, სლარი ტიპის საფარის გამოყენებას უპირატესობა აქვს ისიც, რომ ის არამარტო იცავს ზედაპირს

გარემო ფაქტორების ზემოქმედებისაგან და ზრდის საექსპლუატაციო ვადებს, არამედ ეფექტურია არსებულ ზედაპირზე წარმოქმნილი ბზარებისა და ნაპრალების სალიკვიდაციოდაც.

წარმოდგენილი ფორმულები საშუალებას იძლევა ტრადიციული ზედაპირული დამუშავების ნაცვლად გამოვიყენოთ “სლარი სილის” ტიპის ნარევები, რითაც მნიშვნელოვნად შემცირდება ფინანსური ხარჯები და ამავდროულად გაიზრდება საფარის სამსახურის ვადა [18].

ქვეყანაში არსებული საგზაო ქსელის ზრდისა და მასზე მოძრავი შემადგენლობების მატების ტენდენციის გათვალისწინებით არსებული საგზაო სამოსი უფრო და უფრო სწრაფად გამოდის მწყობრიდან და საჭიროებს ხშირ შეკეთებას. კაპიტალური რემონტის ვადებისა და ხარჯების გათვალისწინებით საჭირო ხდება ასფალტისა და ბეტონის საფარის პერიოდული დამუშავება ზედაპირის შესაკეთებლად. ტრადიციული ზედაპირული დამუშავება 1-2 წლის ვადის გასვლის შემდეგ საჭიროებს ხელახალ შეკეთებას, რაც 10 წლიანი სამსახურის შემთხვევაში შეადგენს 5-ჯერ დამუშავებას მაინც, მაშინ როდესაც “სლარი სილით” ორი დამუშავება საკმარისია იგივე სამუშაოს შესასრულებლად;

ტექნოლოგიური ანალიზის შედეგად უნდა აღინიშნოს, რომ შემოთავაზებული პროცესი სრულიად უბრალოა. ერთი ერთეული “სლარი სილის” დამგებით (ე.წ. „ფინიშერი“) სრულიად უდანაკარგოდ შეგვიძლია შევასრულოთ ძირითადი სამშენებლო სამუშაოები. ნარევის გაშლის შემდეგ კი რეზინის ბორბლებიანი სატკეპნის გამოყენებით დავასრულოთ ფენის დატკეპნა და ნარევის ფორმირება.

ამასთან ერთად, გამომდინარე იქიდან, რომ ტრადიციული წესით მოწყობილი ზედაპირული დამუშავება გამოირჩევა არასაიმედო მდგრადობით მოწყობიდან რამოდენიმე დღის განმავლობაში, კერძოდ - თუ ატმოსფერული ტემპერატურა არ აჭარბებს 30°C-ს და არის საშიშროება იმისა, რომ მოვიდეს ატმოსფერული ნალექები, კავშირი ღორღისა და საფარის ზედაპირზე დატანილი შემკვრელის შემთხვევაში არასტაბილური იქნება, რაც გამოიწვევს ზედაპირის გაშიშვლებას ღორღის ნაწილაკებისაგან. ჩვენს შემთხვევაში კი მიიღება ერთგვაროვანი საფარი, რომელიც შესაძლებელია დაიგოს 10°C ტემპერატურაზე და ფაქტობრივად სრულად გამოირიცხავს ზედაპირიდან მარცვლების ამოფხვნას. ზედაპირული დამუშავების დროს მარცვლები არის ფორიანი და გამოირჩევა დიდი წყალშთანთქმის უნარით,

“სლარი სილის” გამოყენების შემთხვევაში სრულყოფილად ხდება ღორდის მარცვლებზე შემკვრელის თხელი აფსკოვანი ფენის წარმოქმნა, რომელიც შესაბამისად ავსებს ფორებს და მასალა ხდება ჰიდროფობური.

ამ ტექნოლოგიით საფარის მოწყობისას ამაღლებულია გზის ხორკლიანობის მაჩვენებელი, რაც უზრუნველყოფს ავტომობილის ფარიდან წამოსული სინათლის თანაბრად გაბნევას ზედაპირზე, რაც გამორიცხავს მძღოლის „დაბრმავებას“.

2.6. “სლარი სილის” ნარევით აღდგენილი საფარის მაჩვენებლების შედარება ტრადიციული ტიპის ზედაპირულ დამუშავებასთან

ჩვენს მიერ გაანგარიშებულია სხვადასხვა ტიპის ფენილების მოწყობის შემდეგ მიღებული საფარის მაჩვენებლები. მახასიათებლების შედარებისათვის 3 ტიპის საგზაო სამოსი გაანგარიშებულია ПНСТ 542-2021 მიხედვით, მასში მოცემული საანგარიშო ფორმულების გამოყენებით. საწყისი საანგარიშო მონაცემები სამივე ტიპის სამოსისათვის ერთნაირია [37; 38].

საწყისი საანგარიშო მონაცემები:

- საგზაო-კლიმატური ზონა - IV
- დატენიანების სქემა: 1 სქემა (ზედაპირული წყლები)
- პროექტირების რაიონი - საქართველო
- ავტომობილების დაყვანილი საანგარიშო ინტენსივობა - 3000 ავტ.

დღე/ღამეში

- საანგარიშო სამსახურის ვადა - 10 წელი
- სამომხრად ზოლების რაოდენობა - 2 ზოლი
- საანგარიშო დღეების რაოდენობა - 205
- ინტენსიურობის ზრდის მაჩვენებელი - 1,04
- საანგარიშო დატვირთვის ჯგუფი A10
- საბურავში წნევა p, მპა; 0,8
- თვლის ანაბეჭდის დიამეტრი $D_{დინ.}$, სმ; 37,1
- სტატიკური დატვირთვა საბურავისგან საფარის ზედაპირზე $Q_{დ.}$, კნ; 50,0

გრუნტის საანგარიშო ტენიანობა (პირობითად)

$$W_p = (W_{ცხრ.} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) * (1 + 0.1 * t) - \Delta_3 = (0.6 + 0 + 0 - 0) * (1 + 0.1 * 1.71) - 0 = 0.7$$

გრუნტის ტკეპნის კოეფიციენტი - 0,97

ყრილის სიმაღლე - 0,00 მ

დასაშვები საანგარიშო დატვირთვის ჯამური რიცხვი

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ჯამური მოძრაობიდან შესაძლო გადახრას k_n ; 1.49

დაჯამების კოეფიციენტი

$$K_c = \frac{q^T - 1}{q - 1} = \frac{1.04^{10} - 1}{1.04 - 1} \approx 12.01$$

$$N_p = f_{sr} \times \sum_{m=1}^n N_m \times S_{m_{ჯამ}} = f_{sr} \times \sum_{m=1}^n N_{1m} \times S_{m_{ჯამ}} \times (q^{T-1})$$
$$= 0.55 \times 3000 \times (1.04^{10-1}) \approx 2348 \text{ ერთ. დღე/ღამეში}$$

ჯამური დასაშვები საანგარიშო დატვირთვების რიცხვი კაპიტალურ რემონტებს შორის

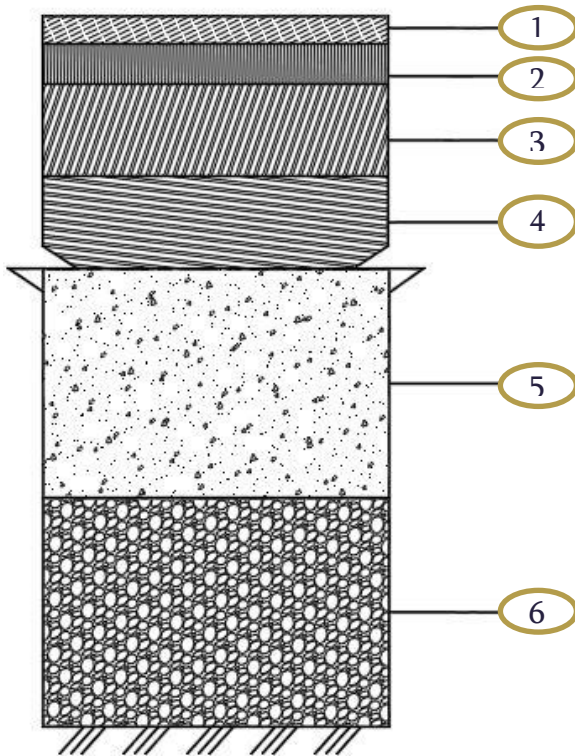
$$\sum N_p = 0.7 * f_{სფ} * N_1 * K_{ჯ} * T_{სდწ} * k_n = 0.7 * 0.55 * 3000 * 12.01 * 205 * 1.49$$
$$= 4237064,9 \text{ ერთ.}$$

საჭირო დრეკადობის მოდული

$$E_{საჭ} = \sqrt{\frac{P}{0.6}} * 98.65 * (\lg 4237064,9 - 3.55) \approx 350,51 \text{ მპა}$$

საჭირო დრეკადობის მოდული $E_{საჭ} = 350,51 \text{ მპა}$

ვარიანტი #1.



1. საფარის საცვეთი ფენა 3 სმ ლორღოვან-მასტიკური ასფალტით
2. საფარის ზედა ფენა - წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 5 სმ
3. საფარის ქვედა ფენა - მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 8 სმ
4. საფუძვლის ზედა ფენა - მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 8 სმ
5. საფუძვლის ფენა - ქვიშა-ლორღი, ფრაქციით 0-40 მმ, სისქით 20 სმ
6. ქვესაგები ფენა - ქვიშა-ხრეშოვანი ნარევი, 0-120 მმ, სისქით 20 სმ

ნახ. 53. N1 ვარიანტში გამოყენებული სამოსის კონსტრუქცია

განგარიშება დრეკად ჩალუნვაზე

დასაშვებ დრეკად ჩალუნვაზე ანგარიშს ვაწარმოებთ ფენებად, ვიწყებთ ვაკისიდან.

$$\frac{E_{ქვ}}{E_6} = \frac{E_6}{E_5} = \frac{59.74}{240} = 0,2489; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{h_5}{D} = \frac{20}{37.1} = 0.5391; \quad \frac{E_{6ედ}}{E_6} = \frac{E_{6ედ}^4}{E_5^4} \approx 0.43361$$

$$E_{6ედ}^4 = 0,43361 * 240 = 104.07 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{ქვ}}{E_6} = \frac{E_5}{E_4} = \frac{104.07}{260} = 0,4003; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{20}{37.1} = 0.5391; \quad \frac{E_{6ედ}}{E_6} = \frac{E_{6ედ}^3}{E_4^3} \approx 0.58721$$

$$E_{6ედ}^3 = 0.58721 * 2600 = 152.67 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{ქვ}}{E_6} = \frac{E_4}{E_3} = \frac{152.67}{3700} = 0,0413; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{8}{37.1} = 0.2156; \quad \frac{E_{6ედ}}{E_6} = \frac{E_{6ედ}^2}{E_3^2} \approx 0.06668$$

$$E_{6ედ}^2 = 0,06668 * 3700 = 246,72 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{ქვ}}{E_6} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{246.72}{4800} = 0,0514; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{8}{37.1} = 0.2156; \quad \frac{E_{6ედ}}{E_6} = \frac{E_{6ედ}^1}{E_2^1} \approx 0.07976$$

$$E_{\text{ფედ}}^1 = 0,07976 * 4800 = 382,85 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{\text{ქვ}}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_2}{1} = \frac{541,87}{4150} = 0,0923; \frac{h_{\text{ფ}}}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{3,5}{37,1} = 0,0943; \frac{E_{\text{ფედ}}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_{\text{ფედ}}^0}{E_1} \approx 0,10307$$

$$E_{\text{ფედ}}^0 = 0,10307 * 4150 = 427,74 \text{ მპა}$$

$$K_{\text{საანგ}} = \frac{E_{\text{ფედ}}}{E_{\text{საქ}}} = \frac{427,74}{350,71} = 1,22; \frac{K_{\text{საანგ}} - K_{\text{საქ}}}{K_{\text{საქ}}} * 100\% = \frac{1,22 - 1,2}{1,2} * 100\% = 1,67\%$$

დასაშვები დრეკადი ჩალუნვის კრიტერიუმი მიღწეულია.

განგარიშება ძვრამედეგობაზე

ზედა ფენების გასაშუალებული დრეკადობის მოდული

$$E_{\text{ფ}} = \frac{\sum_{i=1}^5 E_i * h_i}{\sum_{i=1}^5 h_i} = \frac{650 * 3,5 + 900 * 8 + 750 * 8 + 260 * 20 + 240 * 20}{3,5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 428,2 \text{ მპა}$$

ერთეული ხვედრითი აქტიური ძაბვა ერთეული დატვირთვებისგან

$$\frac{E_{\text{ფ}}}{E_{\text{საერთ.}}} = \frac{428,2}{59,7} = 10,59; \frac{h_{\text{ფ}}}{D} = \frac{59,5}{37,1} = 1,6; \tau_{\text{ფ}} \approx 0,01999 \text{ მპა}$$

ძვრის აქტიური ძაბვა

$$T = \tau_{\text{ფ}} * p = 0,01999 * 0,8 = 0,01599 \text{ მპა}$$

კოეფიციენტი $k_d = 1$

შესამოწმებელი ზედაპირის ჩალრმავება კონსტრუქციის თავიდან

$$Z_{\text{ფ}} = 3,5 + 8 + 8 + 20 + 20 = 59,5 \text{ სმ}$$

ფენების გასაშუალებული მოცულობითი წონა, რომლებიც განლაგებულია

შესამოწმებელი ფენის ზემოთ

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{საშ}} &= \frac{2400 * 3,5 + 2400 * 8 + 2400 * 8 + 2000 * 20 + 2000 * 20}{3,5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 2131,1 \frac{\text{კგ}}{\text{სმ}^3} \\ &= 0,002131 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3} \end{aligned}$$

ძვრის ზღვრული აქტიური ძაბვა

$$\begin{aligned} T_{\text{სიმტ.}} &= k_d * (c_n + 0,1 * \gamma_{\text{საშ}} * z_{\text{ფ}} * \tan \varphi_{\text{სტატ}} = 1 * (0,04 + 0,1 * 0,002131 * 59,5 * \tan 26^{\circ}) \\ &\approx 0,048618 \text{ მპა} \end{aligned}$$

$$K_{\text{საანგ}} = \frac{T_{\text{სიმტ.}}}{T} = \frac{0,04618}{0,01599} = 2,89; \frac{K_{\text{საანგ}} - K_{\text{საქ}}}{K_{\text{საქ}}} * 100\% = \frac{2,89 - 1,1}{1} * 100\% = 189\%$$

მიწის ვაკისის გრუნტის ძვრისადმი მედეგობა დაკმაყოფილებულია.

ანგარიში ჩალუნვაზე

ქვედა ფენის მონოლითური ბლოკის მასალას წარმოადგენს ასფალტ-ბეტონი.

ნორმატიული წინაღობა გაზაფხულზე $R_0=9.3$ მპა

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მეორადი დატვირთვებისას გაჭიმვის რეალურ რეჟიმს $\alpha=5,6$

კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია საანგარიშო მონოლითური ფენის მასალაზე $m=5.1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სიმტკიცეზე დადლილობის პროცესებს

$$K_1 = \frac{\alpha}{m \sqrt{(\sum N_p)}} = \frac{5.6}{5.1 \sqrt{(4237065)}} = 0.281$$

სიმტკიცის შემცირების კოეფიციენტი $k_2=0.8$

მონოლითური ფენის მასალის სიმტკიცე მრავალჯერადად გაჭიმვაზე ღუნვისას [1, ფორმულა 18]

$$R_n = R_0 * K_1 * k_2 * (1 - v_3 * t) = 9.3 * 0.281 * 0.8 * (1 - 0.1 * 1.71) = 1.733 \text{ მპა}$$

$$E_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i * h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{6400 * 3.5 + 7200 * 8 + 6100 * 8}{3.5 + 8 + 8} = 6605.1 \text{ მპა}$$

საფუძვლის საერთო დრეკადობის მოდული $E_{საერთ}=152.7$ მპა

ერთეული დატვირთვებისგან გამოწვეული გამჭიმავი ძაბვა საანგარიშო დიამეტრის ფართობზე, რომელზეც გადაეცემა დატვირთვა

$$\frac{E_{\phi}}{E_{საერთ.}} = \frac{6605.1}{152.7} = 43.3; \frac{h}{D} = \frac{19.5}{37.1} = 0.53; \bar{\tau}_d = 2.3 \text{ მპა}$$

ძვრის აქტიური ძაბვა

$$\sigma_r = \bar{\tau}_d * p * k_{\phi} = 2.3 * 0.8 * 0.85 = 1,561 \text{ მპა}$$

$$K_{საანგ} = \frac{R_n}{\sigma_r} = \frac{1.733}{1.561} = 1,11; \frac{K_{საანგ} - K_{საჭ}}{K_{საჭ}} * 100\% = \frac{1.11 - 1}{1} * 100\% = 11.06 \%$$

მონოლითური ფენების სიმტკიცე გაჭიმვაზე ღუნვისას დაკმაყოფილებულია.

ანგარიში ნაკვალევის წარმოქმნაზე

შეჯამების კოეფიციენტი $K_{\chi}=12,01$

საანგარიშო დასაშვები დატვირთვების ჯამური რიცხვი

$$N_{\chi} = 0,6 * f_{ს.ზოლ.} * N_1 * K_{\chi} * T_{ს.დ.ფ.} = 0.6 * 0.55 * 3000 * 12.01 * 205 = 2437429.5$$

გრუნტში ნარჩენი დეფორმაციების ანგარიში

ნარჩენი ჯდენის მნიშვნელობა $h_{\chi.შეგ} = 0,0155$ მ

საგზაო სამოსის გასაშუალებული მოდული

$$E_s = \frac{4150 * 3.5 + 4800 * 8 + 3700 * 8 + 260 * 20 + 240 * 20}{3.5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 1555 \text{ მპა}$$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფაქტიური დრეკადობის მოდულის შესწორებას $K_e=1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს საგზაო სამოსის სისქის შესწორებას $K_{ha}=1.09$

გრუნტის ნარჩენი ჯდენა

$$h_{საჟ} = h_{3. შუგ} * K_e * K_{ha} = 0.0155 * 1 * 1.0926 = 0.0169 \text{ მ}$$

მონოლითურ ფენებში ნარჩენი დეფორმაციების ანგარიში

ძვრა საშიში დღეების საანგარიშო მნიშვნელობა წელიწადში $T_{სფ} = 19$

დასაშვები საანგარიშო დატვირთვის ჯამური რიცხვი

$$N_{ჯ} = 0,6 * f_{ს.ზოლ.} * N_1 * K_{ჯ} * T_{ს.დ.წ} = 0.6 * 0.55 * 3000 * 12.01 * 19 = 225908.1$$

სატრანსპორტო დატვირთვის ზემოქმედების ხანგრძლივობა $t_c = 0.016$ წმ

დაყვანილი დასაშვები საანგარიშო დატვირთვის ჯამური რიცხვი $k_{tc} = 0,01$ წმ

$$N_{სფ} = \frac{N_{საერთ.} * t_c}{0,01} = \frac{225908,1 * 0,016}{0,01} = 361452,96$$

საწყისი ნარჩენი დეფორმაცია $h_{საწყ.} = 0$ მ

ბლანტი წინაღობის ფაქტიური შესწორების კოეფიციენტი $K_h = 1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ასფალტბეტონის ამობურცვას ნაკვალების კიდებზე $K_{ამობ.} = 1,3$

ნარჩენი დეფორმაციები

$$h_{გგ} = E_{საწყ.} * K_h * K_{ამობ.} = 0,00403 * 1 * 1,3 = 0,0052 \text{ მ}$$

მე-4 ფენისთვის ფარდობითი ნარჩენი დეფორმაციის ანგარიში

მასალა: ქვიშა-ღორღი, ფრაქციით 0-40 მმ, სისქით 20 სმ

ნარჩენი დეფორმაციები

$$\frac{E_4}{E_{გრ}} = \frac{260}{60} = 4,35 ; h_{შუგ.} = 0,63 ; h_m = h_{შუგ.} * h_t = 0,63 * 0,0169 = 0,0106 \text{ მ}$$

მე-5 ფენისთვის ფარდობითი ნარჩენი დეფორმაციის ანგარიში

მასალა: ქვიშა-ხრემოვანი ნარევი უწყვეტი გრანულომეტრიით C3-120მმ (საფუძვლებისთვის)

ნარჩენი დეფორმაციები

$$\frac{E_s}{E_{გრ}} = \frac{240}{60} = 4,02 ; h_{შეგ.} = 0,65; h_m = h_{შეგ.} * h_t = 0.65 * 0.0169 = 0.0109 \text{ მ}$$

საფუძვლის ფენებში ნარჩენი აბსოლუტური დეფორმაციის ანგარიში

$$h_{საფ.} = 0.0106 + 0.0109 = 0.0215 \text{ მ}$$

საფარის ცვეთა

კოეფიციენტი $K_q = 1.17$

საერთო ფაქტიური ინტენსივობა

$$N_{საერთ.} = f_{ს.ზოლ.} * N_1 * K_q = 0.55 * 3000 * 1.17 = 1930.5$$

საფარის საშუალო წლიური ცვეთა $D_{გ.საშ.} = 0,00062 \text{ მ}$

საფარის ცვეთა 10 წლის განმავლობაში

$$D_{გ.} = D_{გ.საშ.} * T = 0.00062 * 10 = 0.0062 \text{ მ}$$

ნაკვალევის საერთო სიღრმე

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს არათანაბარ ნარჩენი დეფორმაციის წილს

საერთო ჯდენიდან $K_{ა.ნ} = 0,15$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ნარჩენი დეფორმაციების საშუალო მნიშვნელობის გადასვლას გრძივი მიმართულებით ნაკვალევის საშუალო სიღრმეზე $K_{გრძ.} = 2,56$

ნაკვალევის საერთო სიღრმე ითვლება მიწის ვაკისის და საგზაო სამოსის ფენების ნარჩენი დეფორმაციების დაჯამების საფუძველზე

$$h_{საერთ.საშ.} = ((h_{საჟ.} + h_{საფ.}) * K_{ა.ნ} + h_{გვ}) * K_n + D_o \\ = ((0,0215 + 0,0169) * 0,15 + 0,005) * 2,56 + 0,0062 = 0,034 \text{ მ} = 3.4 \text{ სმ}$$

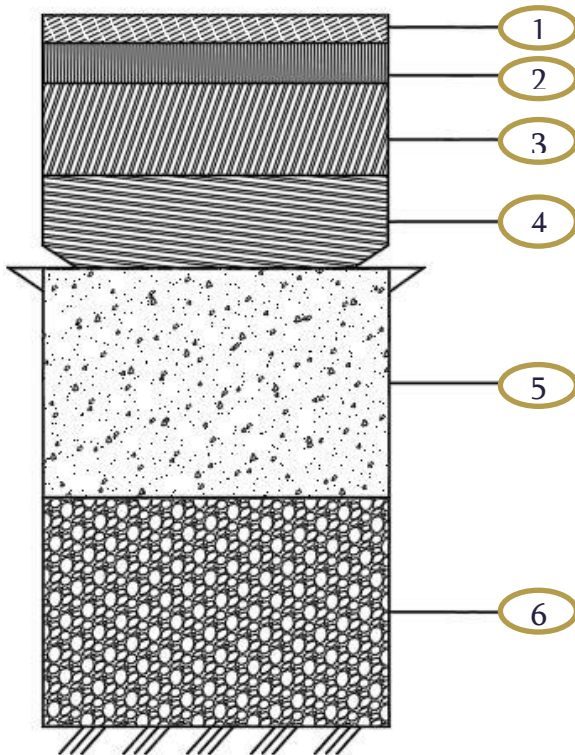
ნაკვალევის ზღვრული დასაშვები სიღრმე $h_{საერთ.საშ.} = 3.5 \text{ სმ}$

ნაკვალევის დასაშვები სიღრმე $h_{საერთ.დას.} = 3,0 \text{ სმ}$

$$h_{საერთ.პრ.} - h_{საერთ.დას.} = 3.5 - 3.4 = 0.1 \text{ სმ}$$

ნაკვალევის სიღრმე არ აჭარბებს ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობას.

ვარიანტი #2.



1. საფარის საცვეთი ფენა 3 სმ ზედაპირული დამუშავებით
2. საფარის ზედა ფენა - წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 5 სმ
3. საფარის ქვედა ფენა - მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 8 სმ
4. საფუძვლის ზედა ფენა - მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 8 სმ
5. საფუძვლის ფენა - ქვიშა-ლორღი, ფრაქციით 0-40 მმ, სისქით 20 სმ
6. ქვესაგები ფენა - ქვიშა-ხრემოვანი ნარევი, 0-120 მმ, სისქით 20 სმ

ნახ. 54. N2 ვარიანტში გამოყენებული სამოსის კონსტრუქცია

განგარიშება დრეკად ჩალუნვაზე

დასაშვებ დრეკად ჩალუნვაზე ანგარიშს ვაწარმოებთ ფენებად, ვიწყებთ ვაკისიდან.

$$\frac{E_{ქვ}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_{\text{გრ}}}{E_5} = \frac{59.74}{240} = 0,2489; \quad \frac{h_{\text{ფ}}}{D} = \frac{h_5}{D} = \frac{20}{37.1} = 0.5391; \quad \frac{E_{\text{ფედ}}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_{\text{ფედ}}^4}{E_5} \approx 0.43361$$

$$E_{\text{ფედ}}^4 = 0,43361 * 240 = 104.07 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{ქვ}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_5}{E_4} = \frac{104.07}{260} = 0,4003; \quad \frac{h_{\text{ფ}}}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{20}{37.1} = 0.5391; \quad \frac{E_{\text{ფედ}}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_{\text{ფედ}}^3}{E_4} \approx 0.58721$$

$$E_{\text{ფედ}}^3 = 0.58721 * 2600 = 152.67 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{ქვ}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_4}{E_3} = \frac{152.67}{3700} = 0,0413; \quad \frac{h_{\text{ფ}}}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{8}{37.1} = 0.2156; \quad \frac{E_{\text{ფედ}}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_{\text{ფედ}}^2}{E_3} \approx 0.06668$$

$$E_{\text{ფედ}}^2 = 0,06668 * 3700 = 246,72 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{ქვ}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{246,72}{4800} = 0,0514; \quad \frac{h_{\text{ფ}}}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{8}{37.1} = 0.2156; \quad \frac{E_{\text{ფედ}}}{E_{\text{ფ}}} = \frac{E_{\text{ფედ}}^1}{E_2} \approx 0.07976$$

$$E_{\text{ბედ}}^1 = 0,07976 * 4800 = 382,85 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{\text{ქვ}}}{E_{\text{ბ}}} = \frac{E_2}{1} = \frac{541,87}{4100} = 0,0923; \frac{h_{\text{ბ}}}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{3,5}{37,1} = 0,0943; \frac{E_{\text{ბედ}}}{E_{\text{ბ}}} = \frac{E_{\text{ბედ}}^0}{E_1} \approx 0,10428$$

$$E_{\text{ბედ}}^0 = 0,10428 * 4100 = 427,55 \text{ მპა}$$

$$K_{\text{საანგ}} = \frac{E_{\text{ბედ}}}{E_{\text{საქ}}} = \frac{427,55}{350,51} = 1,22; \frac{K_{\text{საანგ}} - K_{\text{საქ}}}{K_{\text{საქ}}} * 100\% = \frac{1,22 - 1,2}{1,2} * 100\% = 1,67\%$$

დასაშვები დრეკადი ჩალუნვის კრიტერიუმი მიღწეულია.

განგარიშება ძვრამდეგობაზე

ზედა ფენების გასაშუალებული დრეკადობის მოდული

$$E_{\text{ბ}} = \frac{\sum_{i=1}^5 E_i * h_i}{\sum_{i=1}^5 h_i} = \frac{800 * 3,5 + 900 * 8 + 750 * 8 + 260 * 20 + 240 * 20}{3,5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 437 \text{ მპა}$$

ერთეული ხვედრითი აქტიური ძაბვა ერთეული დატვირთვებისგან

$$\frac{E_{\text{ბ}}}{E_{\text{სერო.}}} = \frac{437}{59,7} = 7,31; \frac{h_{\text{ბ}}}{D} = \frac{59,5}{37,1} = 1,6; \tau_{\text{d}} \approx 0,01979 \text{ მპა}$$

ძვრის აქტიური ძაბვა

$$T = \tau_{\text{d}} * p = 0,01979 * 0,8 = 0,015839 \text{ მპა}$$

კოეფიციენტი $k_d = 1$

შესამოწმებელი ზედაპირის ჩალრმავება კონსტრუქციის თავიდან

$$Z_{\text{ბ}} = 3,5 + 8 + 8 + 20 + 20 = 59,5 \text{ სმ}$$

ფენების გასაშუალებული მოცულობითი წონა, რომლებიც განლაგებულია

შესამოწმებელი ფენის ზემოთ

$$\begin{aligned} Y_{\text{საშ}} &= \frac{2400 * 3,5 + 2400 * 8 + 2400 * 8 + 2000 * 20 + 2000 * 20}{3,5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 2131,1 \frac{\text{კგ}}{\text{სმ}^3} \\ &= 0,002131 \frac{\text{კგ}}{\text{ცმ}^3} \end{aligned}$$

ძვრის ზღვრული აქტიური ძაბვა

$$\begin{aligned} T_{\text{სიმტ.}} &= k_d * (c_n + 0,1 * Y_{\text{საშ}} * z_{\text{ბ}} * \tan \varphi_{\text{სტატ}} = 1 * (0,04 + 0,1 * 0,002131 * 59,5 * \tan 26^{\circ}) \\ &\approx 0,048618 \text{ მპა} \end{aligned}$$

$$K_{\text{საანგ}} = \frac{T_{\text{სიმტ.}}}{T} = \frac{0,04618}{0,01583} = 2,92; \frac{K_{\text{საანგ}} - K_{\text{საქ}}}{K_{\text{საქ}}} * 100\% = \frac{2,92 - 1,1}{1} * 100\% = 192 \%$$

მიწის ვაკისის გრუნტის ძვრისადმი მედეგობა დაკმაყოფილებულია.

ანგარიში ჩალუნვაზე

ქვედა ფენის მონოლითური ბლოკის მასალას წარმოადგენს ასფალტ-ბეტონი.

ნორმატიული წინაღობა გაზაფხულზე $R_0=9.3$ მპა

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მეორადი დატვირთვებისას გაჭიმვის რეალურ რეჟიმს $\alpha=5,6$

კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია საანგარიშო მონოლითური ფენის მასალაზე $m=5.1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სიმტკიცეზე დადლილობის პროცესებს

$$K_1 = \frac{\alpha}{m \sqrt{(\sum N_p)}} = \frac{5.6}{5.1 \sqrt{(4237065)}} = 0.281$$

სიმტკიცის შემცირების კოეფიციენტი $k_2=0.8$

მონოლითური ფენის მასალის სიმტკიცე მრავალჯერადად გაჭიმვაზე ღუნვისას

$$R_n = R_0 * K_1 * k_2 * (1 - v_3 * t) = 9.3 * 0.281 * 0.8 * (1 - 0.1 * 1.71) = 1.733 \text{ მპა}$$

$$E_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i * h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{6100 * 3.5 + 7200 * 8 + 6100 * 8}{3.5 + 8 + 8} = 6551.3 \text{ მპა}$$

საფუძვლის საერთო დრეკადობის მოდული $E_{საერთ.}=152.7$ მპა

ერთეული დატვირთვებისგან გამოწვეული გამჭიმავი ძაბვა საანგარიშო დიამეტრის ფართობზე, რომელზეც გადაეცემა დატვირთვა

$$\frac{E_{\phi}}{E_{საერთ.}} = \frac{6551.3}{152.7} = 42.9; \quad \frac{h}{D} = \frac{19.5}{37.1} = 0.53; \quad \bar{\tau}_0 = 2.29 \text{ მპა}$$

ძვრის აქტიური ძაბვა

$$\sigma_r = \bar{\tau}_0 * p * k_{\phi} = 2.29 * 0.8 * 0.85 = 1,558 \text{ მპა}$$

$$K_{საანგ} = \frac{R_n}{\sigma_r} = \frac{1.733}{1.558} = 1,11; \quad \frac{K_{საანგ} - K_{საჭ}}{K_{საჭ}} * 100\% = \frac{1.11 - 1}{1} * 100\% = 11.29 \%$$

მონოლითური ფენების სიმტკიცე გაჭიმვაზე ღუნვისას დაკმაყოფილებულია.

ანგარიში ნაკვალევის წარმოქმნაზე

შეჯამების კოეფიციენტი $K_{\chi}=12,01$

საანგარიშო დასაშვები დატვირთვების ჯამური რიცხვი

$$N_{\chi} = 0,6 * f_{ს.ზოლ.} * N_1 * K_{\chi} * T_{ს.დ.წ} = 0.6 * 0.55 * 3000 * 12.01 * 205 = 2437429.5$$

გრუნტში ნარჩენი დეფორმაციების ანგარიში

ნარჩენი ჯდენის მნიშვნელობა $h_{3. შუგ} = 0,0155$ მ

საგზაო სამოსის გასაშუალებელი მოდული

$$E_b = \frac{4100 * 3.5 + 4800 * 8 + 3700 * 8 + 260 * 20 + 240 * 20}{3.5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 1552.1 \text{ მპა}$$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფაქტიური დრეკადობის მოდულის შესწორებას $K_e=1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს საგზაო სამოსის სისქის შესწორებას $K_{ha}=1$.

გრუნტის ნარჩენი ჯდენა

$$h_{საჭ} = h_{3. შეფ} * K_e * K_{ha} = 0.0155 * 1 * 1.0926 = 0.0169 \text{ მ}$$

მონოლითურ ფენებში ნარჩენი დეფორმაციების ანგარიში

ძვრა საშიში დღეების საანგარიშო მნიშვნელობა წელიწადში $T_{საფ} = 19$

დასაშვები საანგარიშო დატვირთვის ჯამური რიცხვი [

$$N_{\chi} = 0,6 * f_{ს.ზოლ.} * N_1 * K_{\chi} * T_{ს.დ.წ} = 0.6 * 0.55 * 3000 * 12.01 * 19 = 225908.1$$

სატრანსპორტო დატვირთვის ზემოქმედების ხანგრძლივობა $t_c = 0.016$ წმ

დაყვანილი დასაშვები საანგარიშო დატვირთვის ჯამური რიცხვი $k_{tc} = 0,01$ წმ

$$N_{სგ} = \frac{N_{საერთ.} * t_c}{0,01} = \frac{225908,1 * 0,016}{0,01} = 361452,96$$

საწყისი ნარჩენი დეფორმაცია $h_{საწყ.} = 0$ მ

ბლანტი წინაღობის ფაქტიური შესწორების კოეფიციენტი $K_h = 1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ასფალტბეტონის ამობურცვას

ნაკვალევის კიდებზე $K_{ამობ.} = 1,3$

ნარჩენი დეფორმაციები

$$h_{გვ} = E_{საწყ.} * K_h * K_{ამობ.} = 0,00403 * 1 * 1,3 = 0,0052 \text{ მ}$$

მე-4 ფენისთვის ფარდობითი ნარჩენი დეფორმაციის ანგარიში

მასალა: ქვიშა-ლორღი, ფრაქციით 0-40 მმ, სისქით 20 სმ

ნარჩენი დეფორმაციები

$$\frac{E_4}{E_{გრ}} = \frac{260}{60} = 4,35 ; h_{შეფ.} = 0,65 ; h_m = h_{შეფ.} * h_t = 0.65 * 0.0169 = 0.0106 \text{ მ}$$

მე-5 ფენისთვის ფარდობითი ნარჩენი დეფორმაციის ანგარიში

მასალა: ქვიშა-ხრეშოვანი ნარევი უწყვეტი გრანულომეტრიით C3-120 მმ

(საფუძვლებისთვის)

ნარჩენი დეფორმაციები

$$\frac{E_5}{E_{გრ}} = \frac{240}{60} = 4,02 ; h_{შეფ.} = 0,65 ; h_m = h_{შეფ.} * h_t = 0.65 * 0.0169 = 0.0109 \text{ მ}$$

საფუძვლის ფენებში ნარჩენი აბსოლიტური დეფორმაციის ანგარიში

$$h_{\text{საფ.}}=0.0106+0.0109=0.0215 \text{ მ}$$

საფარის ცვეთა

კოეფიციენტი $K_q = 1.17$

საერთო ფაქტიური ინტენსივობა

$$N_{\text{საერთ.}} = f_{\text{ს.ზოლ.}} \cdot N_1 \cdot K_q = 0.55 \cdot 3000 \cdot 1.17 = 1930.5$$

საფარის საშუალო წლიური ცვეთა $D_{\text{ც. საშ.}} = 0,00062 \text{ მ}$

საფარის ცვეთა 10 წლის განმავლობაში

$$D_{\text{ც.}} = D_{\text{ც. საშ.}} \cdot T = 0.00062 \cdot 10 = 0.0062 \text{ მ}$$

ნაკვალევის საერთო სიღრმე

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს არათანაბარ ნარჩენი დეფორმაციის წილს საერთო ჯდენიდან $K_{\text{ა.ნ}} = 0,15$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ნარჩენი დეფორმაციების საშუალო მნიშვნელობის გადასვლას გრძივი მიმართულებით ნაკვალევის საშუალო სიღრმეზე $K_{\text{გრძ.}} = 2,56$

ნაკვალევის საერთო სიღრმე ითვლება მიწის ვაკისის და საგზაო სამოსის ფენების ნარჩენი დეფორმაციების დაჯამების საფუძველზე

$$h_{\text{საერთ.}}^{\text{საშ.}} = \left((h_{\text{საჟ.}} + h_{\text{საფ.}}) \cdot K_{\text{ა.ნ}} + h_{\text{გვ.}} \right) \cdot K_{\text{გრძ.}} + D_{\text{ც.}}$$
$$= \left((0,0215 + 0,0169) \cdot 0,15 + 0,005 \right) \cdot 2,56 + 0,0062 = 0,034 \text{ მ} = 3.4 \text{ სმ}$$

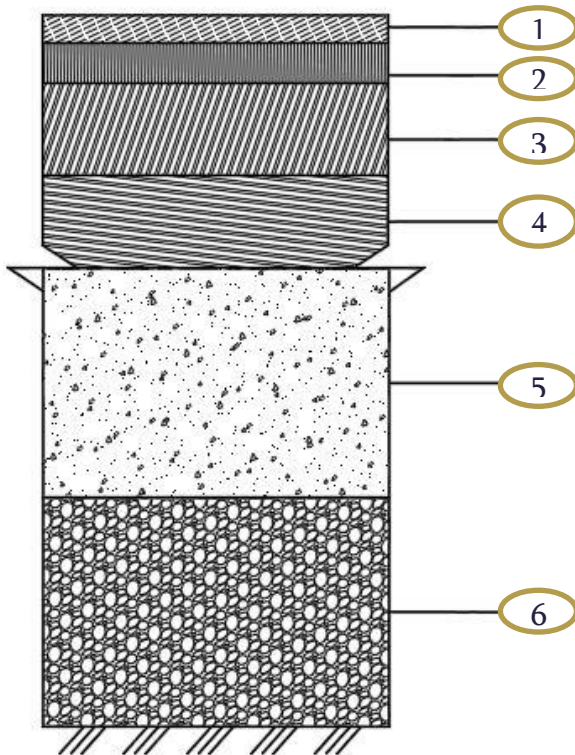
ნაკვალევის ზღვრული დასაშვები სიღრმე $h_{\text{საერთ.}}^{\text{საშ.}} = 3.5 \text{ სმ}$

ნაკვალევის დასაშვები სიღრმე $h_{\text{საერთ.}}^{\text{დას.}} = 3,0 \text{ სმ}$

$$h_{\text{საერთ.}}^{\text{პრ.}} - h_{\text{საერთ.}}^{\text{დას.}} = 3.5 - 3.4 = 0.1 \text{ სმ}$$

ნაკვალევის სიღრმე არ აჭარბებს ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობას.

ვარიანტი #3.



1. საფარის საცვეთი ფენა "სლარი სილით", სისქით 1,5 სმ
2. საფარის ზედა ფენა - წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 5 სმ
3. საფარის ქვედა ფენა - მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 8 სმ
4. საფუძვლის ზედა ფენა - მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონი, სისქით 8 სმ
5. საფუძვლის ფენა - ქვიშა-ლორღი, ფრაქციით 0-40 მმ, სისქით 20 სმ
6. ქვესაგები ფენა - ქვიშა-ხრემოვანი ნარევი, 0-120 მმ, სისქით 20 სმ

ნახ. 55. N3 ვარიანტში გამოყენებული სამოსის კონსტრუქცია

გაანგარიშება დრეკად ჩალუნვაზე

დასაშვებ დრეკად ჩალუნვაზე ანგარიშს ვაწარმოებთ ფენებად, ვიწყებთ ვაკისიდან.

$$\frac{E_{ქვ}}{E_5} = \frac{E_{გრ}}{E_5} = \frac{59.74}{240} = 0,2489; \quad \frac{h_5}{D} = \frac{h_5}{D} = \frac{20}{37.1} = 0.5391; \quad \frac{E_{ზედ}}{E_5} = \frac{E_{ზედ}^4}{E_5} \approx 0.43361$$

$$E_{ზედ}^4 = 0,43361 * 240 = 104.07 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{ქვ}}{E_4} = \frac{E_5}{E_4} = \frac{104.07}{260} = 0,4003; \quad \frac{h_4}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{20}{37.1} = 0.5391; \quad \frac{E_{ზედ}}{E_4} = \frac{E_{ზედ}^3}{E_4} \approx 0.58721$$

$$E_{ზედ}^3 = 0.58721 * 2600 = 152.67 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{ქვ}}{E_3} = \frac{E_4}{E_3} = \frac{152.67}{3700} = 0,0413; \quad \frac{h_3}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{8}{37.1} = 0.2156; \quad \frac{E_{ზედ}}{E_3} = \frac{E_{ზედ}^2}{E_3} \approx 0.06668$$

$$E_{ზედ}^2 = 0,06668 * 3700 = 246,72 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{კვ}}{E_{\phi}} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{246,72}{4800} = 0,0514; \quad \frac{h_{\phi}}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{8}{37,1} = 0,2156; \quad \frac{E_{\phi_{ედ}}}{E_{\phi}} = \frac{E_{\phi_{ედ}}^1}{E_2} \approx 0,07976$$

$$E_{\phi_{ედ}}^1 = 0,07976 * 4800 = 382,85 \text{ მპა}$$

$$\frac{E_{კვ}}{E_{\phi}} = \frac{E_2}{1} = \frac{382,85}{4800} = 0,0798; \quad \frac{h_{\phi}}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{3,5}{37,1} = 0,0943; \quad \frac{E_{\phi_{ედ}}}{E_{\phi}} = \frac{E_{\phi_{ედ}}^0}{E_1} \approx 0,08961$$

$$E_{\phi_{ედ}}^0 = 0,08961 * 4800 = 430,13 \text{ მპა}$$

$$K_{საანგ} = \frac{E_{\phi_{ედ}}}{E_{საჭ}} = \frac{430,13}{350,51} = 1,23; \quad \frac{K_{საანგ} - K_{საჭ}}{K_{საჭ}} * 100\% = \frac{1,23 - 1,2}{1,2} * 100\% = 2,5 \%$$

დასაშვები დრეკადი ჩალუნვის კრიტერიუმი მიღწეულია.

განგარიშება ძვრამდეგობაზე

ზედა ფენების გასაშუალებული დრეკადობის მოდული

$$E_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^5 E_i * h_i}{\sum_{i=1}^5 h_i} = \frac{900 * 3,5 + 900 * 8 + 750 * 8 + 260 * 20 + 240 * 20}{3,5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 442,9 \text{ მპა}$$

ერთეული ხვედრითი აქტიური ძაბვა ერთეული დატვირთვებისგან

$$\frac{E_{\phi}}{E_{საერთ.}} = \frac{442,9}{59,7} = 7,41; \quad \frac{h_{\phi}}{D} = \frac{59,5}{37,1} = 1,6; \quad \tau_{\phi} \approx 0,01966 \text{ მპა}$$

ძვრის აქტიური ძაბვა

$$T = \tau_{\phi} * p = 0,01966 * 0,8 = 0,01573 \text{ მპა}$$

კოეფიციენტი $k_d = 1$

შესამოწმებელი ზედაპირის ჩალრმავება კონსტრუქციის თავიდან

$$Z_{\phi} = 3,5 + 8 + 8 + 20 + 20 = 59,5 \text{ სმ}$$

ფენების გასაშუალებული მოცულობითი წონა, რომლებიც განლაგებულია

შესამოწმებელი ფენის ზემოთ

$$\begin{aligned} \gamma_{საშ} &= \frac{2400 * 3,5 + 2400 * 8 + 2400 * 8 + 2000 * 20 + 2000 * 20}{3,5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 2131,1 \frac{\text{კგ}}{\text{სმ}^3} \\ &= 0,002131 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3} \end{aligned}$$

ძვრის ზღვრული აქტიური ძაბვა

$$\begin{aligned} T_{სიმტ.} &= k_d * (c_n + 0,1 * \gamma_{საშ} * z_{\phi} * \tan \phi_{სტატ}) = 1 * (0,04 + 0,1 * 0,002131 * 59,5 * \tan 26^{\circ}) \\ &\approx 0,048618 \text{ მპა} \end{aligned}$$

$$K_{საანგ} = \frac{T_{სიმტ.}}{T} = \frac{0,04618}{0,01573} = 2,92; \quad \frac{K_{საანგ} - K_{საჭ}}{K_{საჭ}} * 100\% = \frac{2,92 - 1,1}{1} * 100\% = 194 \%$$

მიწის ვაკისის გრუნტის ძვრისადმი მედეგობა დაკმაყოფილებულია.

ანგარიში ჩალუნვაზე

ქვედა ფენის მონოლითური ბლოკის მასალას წარმოადგენს ასფალტ-ბეტონი.

ნორმატიული წინაღობა გაზაფხულზე $R_0=9.3$ მპა

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მეორადი დატვირთვებისას გაჭიმვის რეალურ რეჟიმს $\alpha=5,6$

კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია საანგარიშო მონოლითური ფენის მასალაზე $m=5.1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სიმტკიცეზე დადლილობის პროცესებს

$$K_1 = \frac{\alpha}{m \sqrt{(\sum N_p)}} = \frac{5.6}{5.1 \sqrt{(4237065)}} = 0.281$$

სიმტკიცის შემცირების კოეფიციენტი $k_2=0.8$

მონოლითური ფენის მასალის სიმტკიცე მრავალჯერადად გაჭიმვაზე ღუნვისას

$$R_n = R_0 * K_1 * k_2 * (1 - v_3 * t) = 9.3 * 0.281 * 0.8 * (1 - 0.1 * 1.71) = 1.733 \text{ მპა}$$

$$E_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i * h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{7200 * 3.5 + 7200 * 8 + 6100 * 8}{3.5 + 8 + 8} = 6748.7 \text{ მპა}$$

საფუძვლის საერთო დრეკადობის მოდული $E_{საერთ.}=152.7$ მპა

ერთეული დატვირთვებისგან გამოწვეული გამჭიმავი ძაბვა საანგარიშო დიამეტრის ფართობზე, რომელზეც გადაეცემა დატვირთვა

$$\frac{E_{\phi}}{E_{საერთ.}} = \frac{6748.7}{152.7} = 44.2; \quad \frac{h}{D} = \frac{19.5}{37.1} = 0.53; \quad \bar{\tau}_{\phi} = 2.31 \text{ მპა}$$

ძვრის აქტიური ძაბვა [1, ფორმულა 20]

$$\sigma_r = \bar{\tau}_{\phi} * p * k_{\phi} = 2.31 * 0.8 * 0.85 = 1,569 \text{ მპა}$$

$$K_{საანგ} = \frac{R_n}{\sigma_r} = \frac{1.733}{1.569} = 1,1; \quad \frac{K_{საანგ} - K_{საჭ}}{K_{საჭ}} * 100\% = \frac{1.1 - 1}{1} * 100\% = 10.45 \%$$

მონოლითური ფენების სიმტკიცე გაჭიმვაზე ღუნვისას დაკმაყოფილებულია.

ანგარიში ნაკვალევის წარმოქმნაზე

შეჯამების კოეფიციენტი $K_{\Sigma}=12,01$

საანგარიშო დასაშვები დატვირთვების ჯამური რიცხვი

$$N_{\Sigma} = 0,6 * f_{ს.ზოლ.} * N_1 * K_{\Sigma} * T_{ს.დ.წ.} = 0.6 * 0.55 * 3000 * 12.01 * 205 = 2437429.5$$

გრუნტში ნარჩენი დეფორმაციების ანგარიში

ნარჩენი ჯდენის მნიშვნელობა $h_{3. შეგ} = 0,0155$ მ

საგზაო სამოსის გასაშუალებული მოდული

$$E_s = \frac{4800 * 3.5 + 4800 * 8 + 3700 * 8 + 260 * 20 + 240 * 20}{3.5 + 8 + 8 + 20 + 20} = 1593.3 \text{ მპა}$$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფაქტიური დრეკადობის მოდულის შესწორებას $K_e = 1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს საგზაო სამოსის სისქის შესწორებას $K_{ha} = 1.09$

გრუნტის ნარჩენი ჯდენა

$$h_{საჟ} = h_{3. შეგ} * K_e * K_{ha} = 0.0155 * 1 * 1.0926 = 0.0169 \text{ მ}$$

მონოლითურ ფენებში ნარჩენი დეფორმაციების ანგარიში

ძვრა საშიში დღეების საანგარიშო მნიშვნელობა წელიწადში $T_{სფ} = 19$

დასაშვები საანგარიშო დატვირთვის ჯამური რიცხვი

$$N_{ჯ} = 0,6 * f_{ს.ზოლ.} * N_1 * K_{ჯ} * T_{ს.დ.წ} = 0.6 * 0.55 * 3000 * 12.01 * 19 = 225908.1$$

სატრანსპორტო დატვირთვის ზემოქმედების ხანგრძლივობა $t_c = 0.016$ წმ

დაყვანილი დასაშვები საანგარიშო დატვირთვის ჯამური რიცხვი $k_{tc} = 0,01$ წმ

$$N_{სფ} = \frac{N_{საერთ.} * t_c}{0,01} = \frac{225908,1 * 0,016}{0,01} = 361452,96$$

საწყისი ნარჩენი დეფორმაცია $h_{საწყ.} = 0$ მ

ბლანტი წინაღობის ფაქტიური შესწორების კოეფიციენტი $K_h = 1$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ასფალტბეტონის ამობურცვას ნაკვალევის კიდეებზე $K_{ამობ.} = 1,3$

ნარჩენი დეფორმაციები

$$h_{გგ} = E_{საწყ.} * K_h * K_{ამობ.} = 0,00403 * 1 * 1,3 = 0,0052 \text{ მ}$$

მე-4 ფენისთვის ფარდობითი ნარჩენი დეფორმაციის ანგარიში

მასალა: ქვიშა-ლორღი, ფრაქციით 0-40 მმ, სისქით 20 სმ

ნარჩენი დეფორმაციები

$$\frac{E_4}{E_{გრ}} = \frac{260}{60} = 4,35 ; h_{შეგ.} = 0,63 ; h_m = h_{შეგ.} * h_c = 0.63 * 0.0169 = 0.0106 \text{ მ}$$

მე-5 ფენისთვის ფარდობითი ნარჩენი დეფორმაციის ანგარიში

მასალა: ქვიშა-ხრემოვანი ნარევი უწყვეტი გრანულომეტრიით C3-120 მმ (საფუძვლებისთვის)

ნარჩენი დეფორმაციები

$$\frac{E_5}{E_{გრ}} = \frac{240}{60} = 4,02 ; h_{შფ.} = 0,65; h_m = h_{შფ.} * h_t = 0,65 * 0,0169 = 0,0109 \text{ მ}$$

საფუძვლის ფენებში ნარჩენი აბსოლუტური დეფორმაციის ანგარიში

$$h_{საფ.} = 0,0106 + 0,0109 = 0,0215 \text{ მ}$$

საფარის ცვეთა

კოეფიციენტი $K_q = 1,17$

საერთო ფაქტიური ინტენსივობა

$$N_{საერთ.} = f_{ს.ზოლ.} * N_1 * K_q = 0,55 * 3000 * 1,17 = 1930,5$$

საფარის საშუალო წლიური ცვეთა $D_{ც.საშ.} = 0,00062 \text{ მ}$

საფარის ცვეთა 10 წლის განმავლობაში

$$D_{ც.} = D_{ც.საშ.} * T = 0,00062 * 10 = 0,0062 \text{ მ}$$

ნაკვალევის საერთო სიღრმე

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს არათანაბარ ნარჩენი დეფორმაციის წილს საერთო ჯდენიდან $K_{ა.ნ} = 0,15$

კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ნარჩენი დეფორმაციების საშუალო მნიშვნელობის გადასვლას გრძივი მიმართულებით ნაკვალევის საშუალო სიღრმეზე $K_{გრძ.} = 2,56$

ნაკვალევის საერთო სიღრმე ითვლება მიწის ვაკისის და საგზაო სამოსის ფენების ნარჩენი დეფორმაციების დაჯამების საფუძველზე

$$h_{საერთ.}^{საშ.} = ((h_{საჟ.} + h_{საფ.}) * K_{ა.ნ} + h_{გვ}) * K_n + D_{ც.} \\ = ((0,0215 + 0,0169) * 0,15 + 0,005) * 2,56 + 0,0062 = 0,034 \text{ მ} = 3,4 \text{ სმ}$$

ნაკვალევის ზღვრული დასაშვები სიღრმე $h_{საერთ.}^{საშ.} = 3,5 \text{ სმ}$

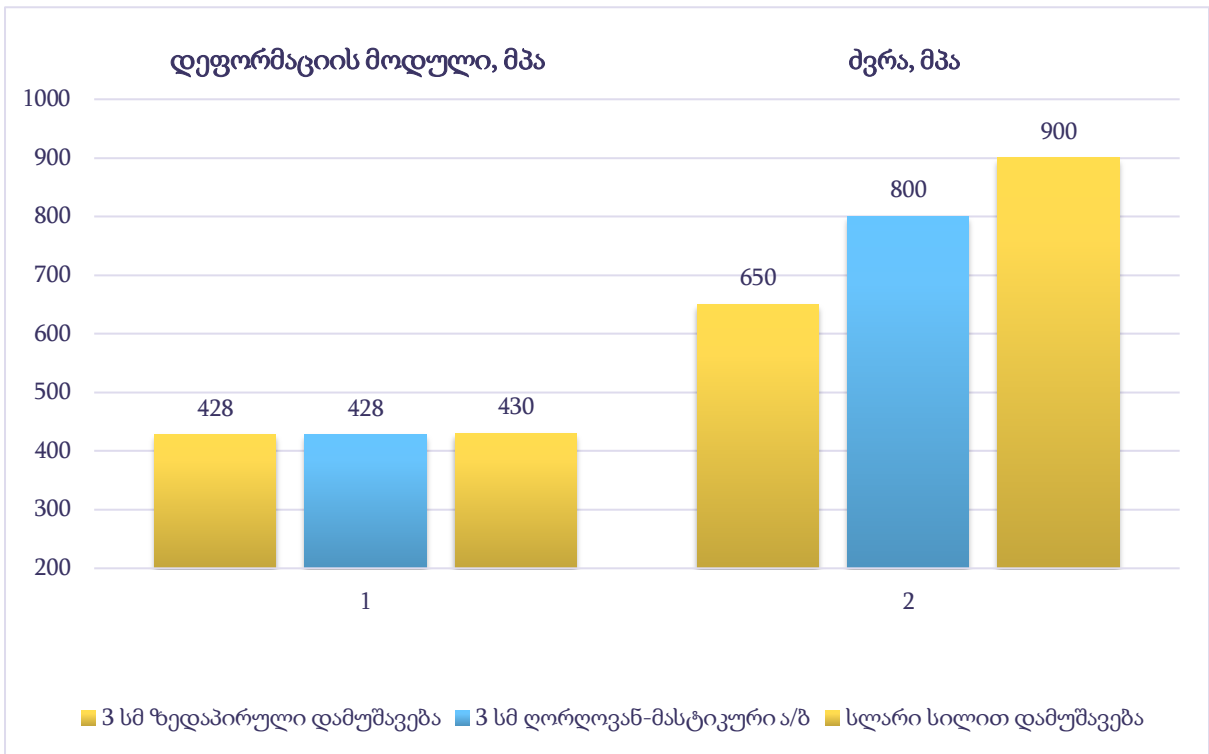
ნაკვალევის დასაშვები სიღრმე $h_{საერთ.}^{დას.} = 3,0 \text{ სმ}$

$$h_{საერთ.}^{პრ.} - h_{საერთ.}^{დას.} = 3,5 - 3,4 = 0,1 \text{ სმ}$$

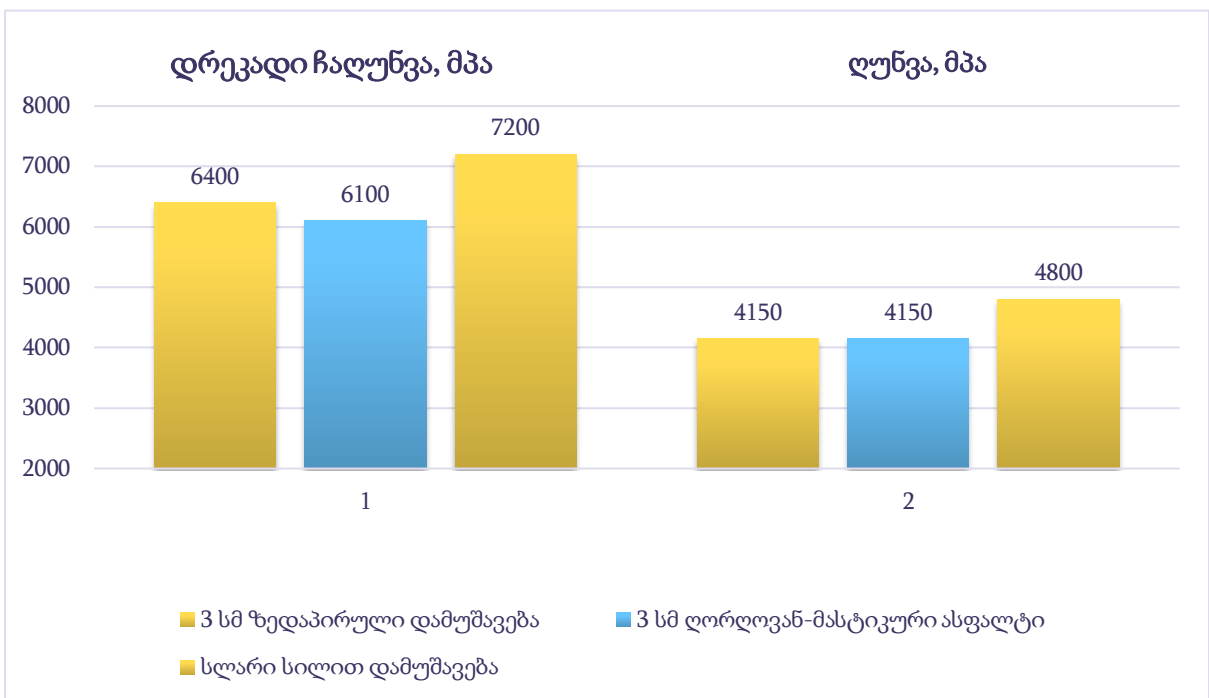
ნაკვალევის სიღრმე არ აჭარბებს ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობას.

განგარიშებით მიღებული მაჩვენებლების შედარება მოცემულია გრაფიკების

სახით.



ნახ.56. დეფორმაციის მოდულისა და ძვრის თანაფარდობა



ნახ.57. დრეკადი ჩალუნვებისა და ლუნვის თანაფარდობა

ყველა ზემოთ მოცემული ძირითადი პარამეტრის შედარებების შეჯერების ხარჯზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ “სლარი სილით” საცვეთი ფენის მოწყობა

ოპტიმალური გადაწყვეტაა საფარის საექსპლუატაციო თვისებების გასაუმჯობესებლად.

2.7. “სლარი სილის” ნარეგების გამოყენება აეროდრომების საფარებისათვის

აეროდრომების მოწყობისას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა საფარის ექსპლუატაციის პირობებს, რათა თვითმფრინავებმა უსაფრთხოდ შეძლონ აფრენა-დაშვება. ეს პროცესი მოითხოვს საფარის ისეთი მაღალი მაჩვენებლების ქონას, როგორცაა: სიმტკიცე და მისი შემადგენელი მასალების ხანმედეგობა. რადგანაც თვითმფრინავისაგან გადაცემული დატვირთვები საკმაოდ აღემატება - საავტომობილო ტრანსპორტისაგან გადაცემულს, შესაბამისად აეროდრომების საფარებში იყენებენ რამოდენიმე ფენიან კონსტრუქციებს.

ძირითადი მრღვევი ძალა აეროდრომების საფარებში მოდის საფარის ზედა ფენებში, რომლების უშუალოდ იღებენ საკუთარ თავზე ბორბლისაგან გადაცემულ დატვირთვებს, ასევე განიცდიან კლიმატური ფაქტორების ზემოქმედებას და ქიმიური ფაქტორების უარყოფით გავლენას - განსაკუთრებით ზამთრის პერიოდში, როდესაც აეროდრომებზე გამოიყენება ლიპყინულის წარმოქმნის საწინააღმდეგო ნივთიერება, რომლის ქიმიური შემადგენლობა განსაკუთრებულად ცუდად მოქმედებს საფარის ხანმედეგობაზე. რეაგენტები შედის რეაქციაში და იწყება საფარის ზედაპირის ე.წ. „აჩეჩვა“.

აქედან გამომდინარე ჩვენს წინაშე დგას ამოცანა, გავაუმჯობესოთ და ავამაღლოთ საფარების ხანმედეგობა.

აეროდრომებზე საფარის მოწყობისას ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს ფენებს შორის მაღალი შეჭიდულობა. შეჭიდულობა განისაზღვრება ლოიტნერის ხელსაწყოთა გამოყენებით, შემდეგი პრონციპით - ერთი ფენა უძრავად მაგრდება დანადგარში, ხოლო მეორე ფენაზე ხდება ზემოქმედება წნეხის საშუალებით, მაქსიმალურ დატვირთვამდე, სანამ არ მოხდება ფენების განშრევა. ცდის შედეგია ის მაქსიმალური მნიშვნელობა, როდესაც შეჭიდულობის კარგვა იწყება [39; 40].

ჩვენს მიერ ჩატარდა ცდა 4 სხვადასხვა ტიპის ნიმუშზე -

1) ორფენიანი კონსტრუქცია, სისქეებით მსხვილმარცვლოვანი ასფალტი 8 სმ (2 ფენად) და წვრილმარცვლოვანი ასფალტი 5 სმ (კერნი აღებული იქნა ქ. ქუთაისის დავით აღმაშენებლის სახელობის აეროპორტის ასაფრენ-დასაფრენ ზოლის ფარგლებში);

2) ლაბორატორიულად ბეტონის ნიმუშზე დატკეპნილი ასფალტის საფარი;

3) ლაბორატორიულად ასფალტის ნიმუშზე დატკეპნილი “სლარი სილი”;

4) ლაბორატორიულად ბეტონის ნიმუშზე დატკეპნილი “სლარი სილი”;

ექსპერიმენტი #1.

შექიდულობის განსაზღვრის მიზნით არსებული საფარიდან ამოვჭერთ 150 მმ დიამეტრის კერნი და მოვათავსეთ ლოიტნერის ყალიბში და მაქსიმალურ ძალაზე დავაწეეთ წნეხით. როდესაც ფენებმა დაიწყო განშრევა, ცდა შევწყვიტეთ. მაჩვენებელმა შეადგინა 0,72 მპა.

ექსპერიმენტი #2.

ლაბორატორიულ პირობებში არსებული საფარიდან ამოჭრილ ბეტონის კერნზე დავტკეპნეთ ასფალტი, რითაც მივიღეთ დამცავი ფენა. ნიმუში გამოიცადა იგივე პრინციპით და შედეგი 0,70 მპა-ია.

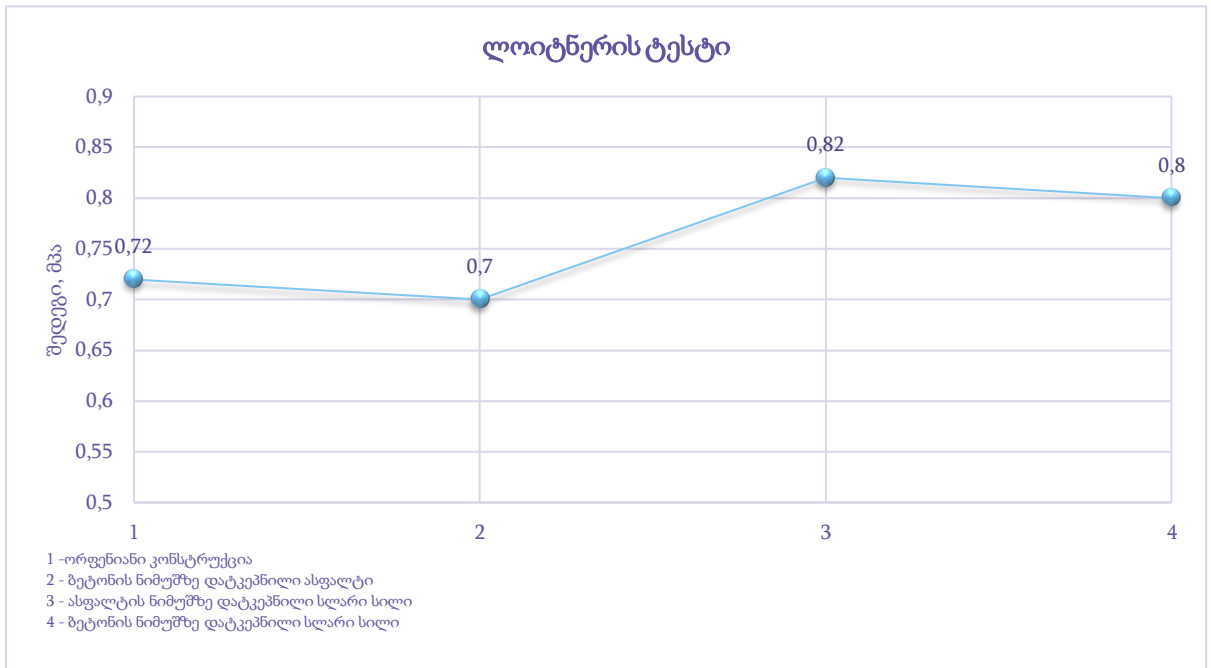
ექსპერიმენტი #3.

ლაბორატორიულ პირობებში არსებული საფარიდან ამოჭრილ ასფალტბეტონის კერნზე დავტკეპნეთ “სლარი სილის” ნარევი, მიღებული ცემენტის დანამატით. ცდა ანალოგიურია წინა ცდებისა და მიღებული შედეგი 0,82 მპა-ია.

ექსპერიმენტი #4.

ლაბორატორიულ პირობებში არსებული საფარიდან ამოჭრილ ბეტონის კერნზე დავტკეპნეთ “სლარი სილის” ნარევი, მიღებული ცემენტის დანამატით. ცდა ანალოგიურია წინა ცდებისა და მიღებული შედეგი 0,80 მპა-ია.

გრაფიკის სახით მოცემულია მიღებული კოეფიციენტების თანაფარდობა გამოცდილი ნარევებისათვის.



ნახ. 58. ლოიტნერის ტესტის შედეგები

ა)



ბ)



ნახ.59. ლოიტნერის ტესტის მიმდინარეობა

ა) ტრადიციულ ფენილიანი ნიმუშის გამოცდა დანადგარში

ბ) ცემენტის ნარევიანი „სლარი სილის“ ნიმუშის გამოცდა დანადგარში

მიღებული მაჩვენებლების შედარების შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ “სლარი სილი” მნიშვნელოვნად კარგ შედეგს აჩვენებს არსებული ასფალტისა და ბეტონის ფენილების დამუშავების დროს და მნიშვნელოვნად ზრდის იმ ძირითად მახასიათებელს, რასაც შეჭიდულობა წარმოადგენს.

2.8. “სლარი სილის” ნარევის ეკონომიკური შედარება

ჩვეულებრივი ტიპის ზედაპირულ დამუშავებასთან

საქართველოს მასშტაბით აპრობირებული საგზაო სამუშაოების მიხედვით, იმ სახეობების მიხედვით რაც ყველაზე ხშირად გამოიყენება, ჩვენ ერთმანეთს შევადარეთ რამოდენიმე ტიპის ტრადიციული დამუშავების სახეობა ჩვენს მიერ ლაბორატორიაში დამზადებული ნიმუშებიდან ორი საუკეთესო შედეგის მქონეს, რომელთა ფასები მოცემულია ქვემოთ ცხრილებში, სახეობების მიხედვით. ყველა სამუშაოში ერთეულ განფასებად მიღებულია 1000 მ². ცხრილებში ასევე მოყვანილია 1 მ²-ზე დაყვანილი ღირებულება.

1) პირველ საცვეთ ფენად გაანგარიშებულია უკვე არსებულ საფარზე საცვეთ ფენად ერთფენიანი ღორღოვან-მასტიკური ასფალტის მოწყობა, სისქით 3 სმ.

ტრადიციული ერთფენიანი საფარის ღირებულება.

ცხრილი 7.

ტრადიციული ერთფენიანი საცვეთი ფენის მოწყობა სისქით 3 სმ					
1	თხევადი ბიტუმის მოსხმა 0,3 ლ/მ ²	ტ	0,300	1453,73	436,12
2	საფარის მოწყობა წვრილმარცვლოვანი, ღორღოვან-მასტიკური ასფალტობეტონის ცხელი ფენით, სისქით 3 სმ	მ ²	1000,00	21,67	21670,0
	სულ ჯამი 1000 მ²-ზე				22106,11
	1 მ²-ის ღირებულება				22,11

2) არსებული საფარების შეკეთების გავრცელებული ტიპი, ზედაპირული ერთმაგი დამუშავება 3 სმ სისქით, წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონით. ამ

მეთოდის უარყოფითი მხარე ისაა, რომ მისი გამოყენება მიუღებელია ქალაქის პირობებში.

ტრადიციული ერთფენიანი ზედაპირული დამუშავების ღირებულება. ცხრილი 8.

ტრადიციული ერთფენიანი ზედაპირული დამუშავება სისქით 3 სმ					
1	თხევადი ბიტუმის მოსხმა 0,3 ლ/მ ²	ტ	0,300	1453,73	436,12
2	ზედაპირული დამუშავება საშუალო სისქით 3 სმ	ტ	72,9	204,71	14923,36
	სულ ჯამი 1000 მ²-ზე				15359,48
	1 მ²-ის ღირებულება				15,35

3) ჩვენს მიერ ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე შემუშავებული “სლარი სილის” ნარევის ტიპი #1, რომელიც მივიღეთ ცემენტის დანამატით. ნარევის საორიენტაციო სისქედ აღებულია 15 მმ.

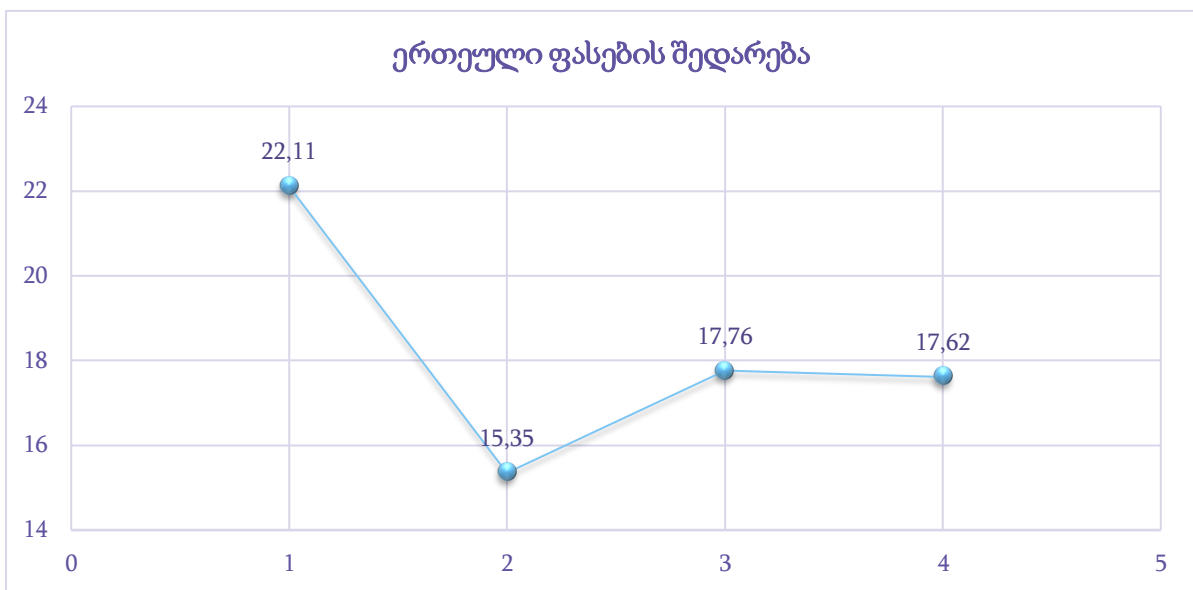
ცემენტის დანამატიანი “სლარი სილით” დამუშავების ღირებულება. ცხრილი 9.

“სლარი სილით” დამუშავება, სისქით 15 მმ, ცემენტის დანამატით					
1	“სლარი სილის” ფენის მოწყობა სისქით 15 მმ, ყველა სამუშაოს ჩათვლით	მ ²	1000,00	17,76	17768,81
	სულ ჯამი 1000 მ²-ზე				17768,81
	1 მ²-ის ღირებულება				17,76

4) ჩვენს მიერ ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე შემუშავებული “სლარი სილის” ნარევის ტიპი #2, რომელიც მივიღეთ კირის დანამატით. ნარევის საორიენტაციო სისქედ აღებულია 15 მმ.

“სლარი სილით” დამუშავება, სისქით 15 მმ, კირის დანამატით					
1	“სლარი სილის” ფენის მოწყობა სისქით 15 მმ, ყველა სამუშაოს ჩათვლით	მ ²	1000,00	17,62	17623,23
	სულ ჯამი 1000 მ²-ზე				17623,23
	1 მ²-ის ღირებულება				17,62

მეტი თვალსაჩინოებისათვის შედეგები მოცემულია გრაფიკის სახით.



ნახ.60. ერთეული ფასების თანაფარდობა 1 მ²-ზე ერთჯერადი დამუშავებისათვის

1. ლორლოვან-მასტიკური ასფალტის საფარის მოწყობა სისქით 3 სმ
2. ტრადიციული ერთფენიანი ზედაპირული დამუშავება სისქით 3 სმ
3. “სლარი სილით” დამუშავება, სისქით 15 მმ, ცემენტის დანამატით
4. “სლარი სილით” დამუშავება, სისქით 15 მმ, კირის დანამატით



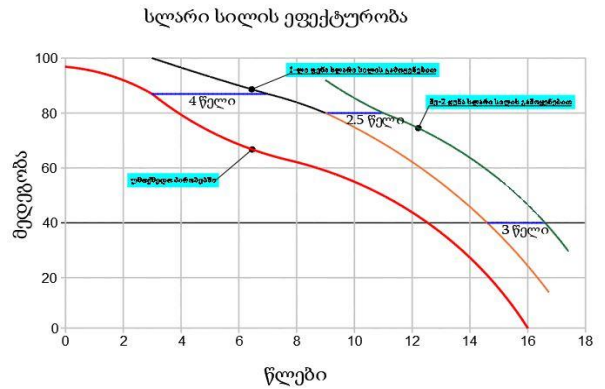
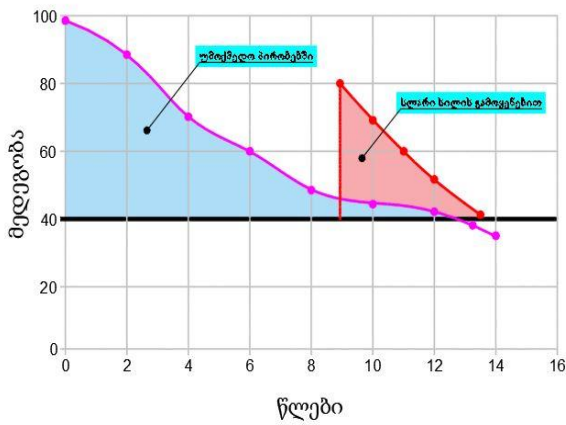
ნახ. 61. ერთეული ფასების თანაფარდობა 1 მ²-ზე 10 წლიანი ვადის პერიოდში

1. ღორღოვან-მასტიკური ასფალტის საფარის მოწყობა სისქით 3 სმ
2. ტრადიციული ერთფენიანი ზედაპირული დამუშავება სისქით 3 სმ
3. “სლარი სილით” დამუშავება, სისქით 15 მმ, ცემენტის დანამატით
4. “სლარი სილით” დამუშავება, სისქით 15 მმ, კირის დანამატით

ცხრილებში მოცემულია ფასთა თანაფარდობა ერთჯერადი დამუშავებისას და 10 წლიანი სამსახურის ვადაში.

ზემოთ მოყვანილი შედეგების შეჯერებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ერთჯერადად შესასრულებლად ყველაზე იაფი სამუშაო ზედაპირული დამუშავებაა ტრადიციული მეთოდით. თუმცა იმის გათვალისწინებით, რომ ამ სახის დამუშავება საჭიროა ყოველ 1-2 წელიწადში, რაც 10 წლის ვადაში მინიმუმ 4 დამუშავებას შეადგენს, ხოლო იგივე სამუშაოსათვის 2-ჯერ გვჭირდება საცვეთი ფენის მოწყობა 3 სმ სისქით, ამავე სამუშაოს საჭიროება “სლარი სილის” ნარევების გამოყენებისას დგება ყოველ 5-7 წელში, რაც საგრძნობლად აიაფებს სამუშაოებს. ამასთან ერთად, მიუხედავად იმისა რომ კირის დანამატით მიღებული ნარევი ყველასთან შედარებით იაფია, პერსპექტივაში უმჯობესია ცემენტის დანამატით მიღებული “სლარი სილის” ნარევის გამოყენება, რადგან იგი ავლენს ყველაზე კარგ საექსპლუატაციო თვისებებს.

სლარი სილის ეფექტურობა



ნახ. 62. საფარის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესება “სლარი სილით”

ქალაქის ფარგლებში მიუღებელია ზედაპირული დამუშავების გამოყენება, აუცილებელი ხდება ასფალტის ფრეზირება და კაპიტალური ფენის მოწყობა, რაც სხვადასხვა სამუშაოებთან ერთად საკმაოდ დანახარჯებთან ასოცირდება. ამ პრობლემის მოხსნა შესაძლებელია “სლარი სილის” გამოყენებით;

ეს ტექნოლოგია გამოიყენება როგორც მაღალი, ისე დაბალი ინტენსივობის გზებზე, მათ შორის ქალაქის ტიპის დასახლებებში. ამ ტექნოლოგიის ეკონომიკური მიზანშეწონილობა მდგომარეობს იმაშიც, რომ გზის ზედაპირის რეგულარული (ყოველ 5-7 წელიწადში) დამუშავებით, გრძელვადიან პერსპექტივაში, გზის მოვლა გაცილებით იაფია, ვიდრე კაპიტალური რემონტი ყოველ 7-10 წელიწადში [41; 42].

დასკვნა

1. ლაბორატორიული კვლევებით დადგენილია ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობა მასში სხვადასხვა სახის მასალების გამოყენებით.

2. ნაშრომში შემოთავაზებული საფარის მოწყობისას, ტრადიციული წესით მოწყობილი ზედაპირული დამუშავებისაგან განსხვავებით მიიღება ერთგვაროვანი საფარი, რომელიც შესაძლებელია დაიგოს 10°C ტემპერატურაზე და ფაქტობრივად სრულად გამორიცხავს ზედაპირიდან მარცვლების ამოცვენას, ასევე გზის ხორკლიანობა უზრუნველყოფს ავტომობილის ფარიდან წამოსული სინათლის თანაბრად გაბნევას ზედაპირზე, რაც გამორიცხავს მძღოლის „დაბრმავებას“.

3. ბიტუმ БНД 60/90 ლაბორატორიული კვლევის შედეგების შეჯერების შემდეგ დადგინდა, რომ SBS დანამატით მოდიფიცირებული ბიტუმის ყველაზე მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი - დარბილების ტემპერატურა 1,4-ჯერ აღემატება ჩვეულებრივ მდგომარეობაში მყოფ ბიტუმ БНД 60/90-ის, ხოლო 1,25-ჯერ ბუნებრივი ბიტუმებით მოდიფიცირებული ბიტუმ БНД 60/90-ის ანალოგიურ მაჩვენებლებს.

4. ჰამბურგის დანადგარზე ცვეთის ლაბორატორიული ექსპერიმენტების შეჯერების შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ცემენტის დანამატით მიღებული „სლარი სილის“ ტიპის ნარევი 1,26-ჯერ უკეთეს ცვეთამედეგობის მაჩვენებელს აფიქსირებს სხვა გამოცდილ ნარევებთან შედარებით.

5. შეჭიდულობაზე ლაბორატორიული ექსპერიმენტების შეჯერების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ „სლარი სილის“ მოწყობით უკვე გაცვეთილ საფარზე 1,1÷1,2-ჯერ ამაღლება ჩაჭიდების კოეფიციენტის მაჩვენებელი, რაც თავისთავად იწვევს სამუხრუჭე მანძილის შემცირებას და შესაბამისად, უსაფრთხოდ გადაადგილების გარანტიაა;

6. ლოიტნერის ტესტის შედეგებზე დაყრდნობით სლარი სილი 1,2-ჯერ უკეთეს შედეგს გვაძლევს ფენებს შორის შეჭიდულობაზე.

7. სამოსის ანგარიშის მიხედვით, სლარი სილის ნარევით აღდგენილი ფენილები 1,4-ჯერ უფრო მედეგია ძვრაზე, 1,2-ჯერ დრეკად ჩაღუნვაზე და 1,15-ჯერ მედეგია ღუნვაზე. ტრადიციულ ფენილებთან თითქმის ანალოგიურ შედეგებს გვაჩვენებს დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრის და კვალწარმოქმნის მხრივ.

8. ეკონომიკური შედეგების შეჯერების საფუძველზე ვასკვნით, რომ კაპიტალურ რემონტებს შორის ვადის პერიოდში ათწლიანი გაანგარიშებით „სლარი სილით“ ფენილების აღდგენისას სამუშოთა ღირებულება 1,9-ჯერ იაფია 3 სმ სისქის ღორღოვან-მასტიკური ასფალტბეტონით და 1,7-ჯერ იაფი ტრადიციულ ზედაპირულ დამუშავებასთან შედარებით.

9. ეკოლოგიურობის განვითარების მხრივ არის სტრატეგიული პერსპექტივები, რის გამოც ტექნოლოგია “სლარი სილი” საცვეთი ფენის მოსაწყობად ოპტიმალურად მიიჩნევა. მისი ხანმედეგობის გამო ზედაპირის დამუშავება იშვიათადაა აუცილებელი, რაც ბიტუმინერალური ნარეგების ნაკლებად გამოყენებას საჭიროებს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. თ. პაპუაშვილი, ო. აბაშიძე, ბ. ხეცურიანი, - სლარი სილის გამოყენების უპირატესობები საავტომობილო გზის საფარის საცვეთი ფენის გასაუმჯობესებლად, სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, 2022 წ, №4(64), გვ. 28-32;
2. ვ. ჯღამაია, - ცვეთამდეგი საგზაო ფენილების კონსტრუირება, თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2011 წ, გვ. 22-50;
3. Scientific Innovations in Microsurfacing and Slurry Seal Mixture Design, Final Report, 2019 წ, გვ. 10-36;
4. Ладигин Б. И., Яцевич И. К., Деркаченко И. Л. Долговечность асфальтобетонных покрытий по условиям сдвигоустойчивости, трещиностойкости и износостойкости. Материалы у Всесоюзного научно-технического совещания по основным проблемам технического прогресса в дорожном строительстве, Москва, 1971 წ. გვ. 150-286 ;
5. Grätz B. Beurteilung dünner Asphaltdeckschichten im Heiß-und Kalteinbau, insbesondere in Bezug auf die Oberflächeneigenschaften, Griffiakteit und Dichtigkeit // Forschung StraBenbau und Straßenverkenrstechnik. – 2018 წ. - № 649, გვ. 13-42;
6. Сларри Сил и Микросюрфейсинг (Slurry Seal & Microsurfacing) Руководство к действию, 2011 წ, გვ. 11-39;
7. Johnson, E. N., T. J. Wood, and R. C. Olson. 2007. Flexible Slurry–Microsurfacing System for Overlay Preparation. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, გვ. 321–326 - გადამოწმებული იქნა 20.03.2023;
8. Использование_технологии_СларриСил_при_содержании_автомобильных_дорог, 2017 წ, გვ. 10-58;
9. <http://elitdorstroi.ru/tekhnologii/49-tekhnologiya-slarri-sil> (2018 წ) - გადამოწმებული იქნა 20.03.2023;
10. Комплексные услуги по устройству защитных слоев износа Сларри Сил и Микросюрфейсинг. 2015 წ, გვ. 97-100;
11. <https://unidorstroy.kiev.ua/wiki-asphalting/microsurfacing.html> (2017 წ) - გადამოწმებული იქნა 09.03.2023;

12. ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. ВЫБОР ВИДА И ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА, НОВОСИБИРСК – 2012 წ, გვ 5-38;
13. <http://kamdorstroy.ru/tehnologii/ustroistvo-tonkosloinyh-sloev-iznosa-po-tehnologii-Tonfriz/> (2019 წ) - გადამოწმებული იქნა 11.02.2023;
14. Slurry seal and microsurfing, 2019 წ. გვ. 3-23;
15. https://www.vptechnologiesllc.com/files/MAC_seal.pdf (2019 წ) - გადამოწმებული იქნა 11.02.2023;
16. СТО ТУАД 14. Поверхностная обработка автомобильных дорог. Выбор вида и технологии устройства. Новосибирск, 2012 წ. 42 გვ.
17. ბ. ხეცურიანი, საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება ზედაპირული დამუშავების მეთოდების გამოყენებით, თბილისი, 2020 წ, ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, 2022 წ, №4(64), გვ. 98-101;
18. თ. პაპუაშვილი, თ. აბაშიძე, - სლარი სილის ნარევის სამუშაო სისტის განსაზღვრა საექსპლუატაციო ვადების მიხედვით, სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, 2023 წ, № 1(65) გვ. 89-92;
19. Гост 8269.0-97 щебень и гравий из плотных горных пород
20. EN 1097-6 - Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: Determination of particle density and water absorption
21. ОДМ 218.3.013-2011 - Рекомендации по применению битумных эмульсий при устройстве защитных слоёв износа из литых эмульсионно- минеральных смесей.
22. гост 11501-78 битумы нефтяные метод определения глубины проникания иглы
23. Гост 11506-73 битумы нефтяные метод определения температуры размягчения по кольцу и шару
24. Гост 11505-75 битумы нефтяные метод определения растяжимости
25. Гост 11507-78 битумы нефтяные метод определения температуры хрупкости по ффрасу
26. <http://elitdorstoi.ru/tekhnologii/49-tekhnologiya-slarri-sil> (2018 წ) - გადამოწმებული იქნა 20.03.2023;
27. თ. აბაშიძე, - სლარი სილის ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობის განსაზღვრა ლაბორატორიულ პირობებში, სამეცნიერო - ტექნიკური

- ჟურნალი „მშენებლობა“, 2023 წ, № 1(65) გვ. 53-57;
28. ISSA A105: Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal, International Slurry Surfacing Association, 2005 წ, Rev. 2010, გვ. 16;
 29. Scientific Innovations in Microsurfacing and Slurry Seal Mixture Design, Final Report, 2019 წ, გვ. 10-36;
 30. EN 12697-22.
 31. EN 12697-21.
 32. EN 13036-4 EN13036-4 Method for measurement of slip/skid resistance of a surface: The pendulum test
 33. ISSA TB 107—A Method for Unit Field Control of Slurry Seal Quantities, International Slurry Surfacing Association, 2015 წ, გვ. 4;
 34. ВСН 41-88 - РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ОТРАСЛЕВЫЕ НОРМЫ МЕЖРЕМОНТНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ПОКРЫТИЙ
 35. ВСН 46-83 – ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА
 36. Айс К.Е., Сивков Е.Н., Слабиков В.С. Устройство и эксплуатация автомобильных дорог, 2018 წ, გვ. 15-95;
 37. Пнст 542-2021 дороги автомобильные общего пользования. проектирование нежестких дорожных одежд.
 38. СНиП 2.05.02-85- АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ
 39. ОДМ 2001 - Методические рекомендации по устройству защитного слоя износа из литых эмульсионно- минеральных смесей типа «Сларри Сил».
 40. ТЕХНИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ISSA TB 149.
 41. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРОЙСТВУ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ ИЗНОСА ИЗ ЛИТЫХ ЭМУЛЬСИОННО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ТИПА "СЛАРРИ СИЛ", 2001 წ, გვ. 3-8;
 42. СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги, Москва, 1986.