

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ირაკლი ურუშაძე

სადისერტაციო ნაშრომის დასახელება: „საგაზაო სამოსის ოპტიმალური
კონსტრუქციების შერჩევა გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებით”

სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა ხელვნიური
ნაგებობები

შიფრი 0406

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში

სამსენებლო ფაკულტეტი

საავტომობილო გზების დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფ. პეტრე ნადირაშვილი

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის -----

----- საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს

სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

Abstract

In the field of road construction worldwide, a streamlined approach to road pavement construction and raw material quality improvement is the use of innovative materials, such as geosynthetic materials. Based on the experience and material characteristics of different foreign countries, it can be clearly stated that the use of geosynthetic materials in road structures increases its durability and attractiveness. When arranging land vacancy allows efficient use of local soil and construction materials. In the field of highway construction, the technological simplicity of geosynthetic materials production, low cost, easy delivery and, most importantly, resilience to various types of aggressive impacts - makes it reliable.

Geosynthetic materials play an important role in modern road infrastructure. In highly developed countries, demand for them is increasing, due to the fact that geosynthetic materials can deliver significant savings over short and long periods of time. Given Georgia's different terrain, geosynthetic materials can more effectively and quickly address the problems encountered by road engineers during construction. With increased movement intensity and axial load conditions, with respect to plastic deformations, the asphalt concrete mixture is insufficiently resilient, which can be seen as footprints and waves on the surface of the coating.

One of the most effective ways to increase the durability of asphalt concrete coating is to reinforce it using geosynthetic materials. The paper deals with the reinforcement of the coating by mixing basalt filler and fiber. This method is a novelty in the construction of highways in Georgia and therefore the technology of mixing and its positive features has not been well studied.

The main research topic of this work is to determine the effectiveness of the combination of local materials and geosynthetic materials, to confirm these with laboratory studies. The purpose except to confirm the effectiveness of the materials, are less developed recommendations, which will be useful to engineers working in Georgia arakhisti phenyl road construction both in the design solutions, which will enable to increase the life span and the discussion paper remontshorisoperiodi.sadisertatsio Lia in Georgia local basalt stone extracted from the manufactured fibers and fillers of positive qualities, which is used in the top layer of asphalt shemkvreleb together. The paper deals with some of the problems encountered by highway engineers and provides one of the ways to solve them that is substantiated by relevant research. The main problems are ways to improve the stability of the upper layer, increase the strength and water resistance.

In this paper, laboratory studies have shown the feasibility of mixing basalt filler with 0,0071 mm asphalt and the technological features of the mixture preparation. Based on the theoretical research presented in the paper, the relevant experimental studies were carried out in the concrete laboratory of Tbilisi Municipal Laboratory. Two types of asphalt mixture were prepared for the studies: 1) Traditional filler was replaced with basalt filler and two test specimens were prepared. The basalt filler was added 6-8-10-12% by mass. 2) Newly obtained mixture was added in the amount of 0,1-0,2-0,3% by weight of basalt fiber.

Experimental research task: Experimental thesis research report, the relevant research data to develop a methodology to ensure that you will be able to compete with traditional constructive solutions cover of inert materials that are currently used in the automotive, construction and will be the winner Anti, high quality and therefore the safety, road saespluatatsio period.

Scientific news: The paper discusses the positive properties of local raw stone - diabase and its potential as a basalt filler and fiber. Their mixing in the top layer of the coating allows to increase the strength of the coating structure and the waterproofing performance, which is confirmed by relevant experimental studies. The novelty of this work is that a new type of basalt fiber asphalt is obtained. Based on laboratory studies, the optimum amount of basalt filler was determined - 8% by mass. The asphalt mixture is mixed with basalt filler and fiber with inert material and does not require any special additional resources from the plant manufacturer. Aspirometric studies have shown that the asphalt pattern meets the requirements of the norms and regulations in Georgia, in particular: GOST 9128-97, СНиП 3.06.03-85 and СНиП 3.06.03-88. The newly obtained asphalt mixture has been submitted to the National Intellectual Property Center of Georgia for approval of a utility model at Sakpatenti.

The essence of the invention: One of the major problems in the construction of highways is the maintenance of the asphalt topsoil on the basis of technical and economic justification, as well as the increase of its strength and waterproofing performance. By adding basalt filler and fiber to the asphalt mixture, the physical-mechanical properties of the mixture can be improved. As it is known in Georgia the basalt-diabase bases have been extracted and extracted, so it is quite possible to use local raw materials.

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

ნაშრომის აქტუალობა: გეოსინთეტიკური მასალები ასრულებენ მნიშვნელოვან როლს თანამედროვე საგზაო ინფრასტრუქტურაში. მაღალგანვითარებულ ქვეყნებში დღითიდღე იზრდება მათზე მოთხოვნა, რაც განპირობებულია იმით, რომ გეოსინთეტიკურ მასალას შეუძლია მნიშვნელოვანი ეკონომიის მოტანა, დროის მოკლე და ხანგრძლივ პერიოდებში. საქართველოს მრავალფეროვანი გრუნტების გათვალისწინებით, გეოსინთეტიკურ მასალებს შეუძლიათ გაცილებით ეფექტურად და სწრაფად გაუმკლავდნენ იმ პრობლემებს, რომლებსაც საგზაო ინჟინრები ხვდებიან მშენებლობის დროს. გაზრდილი მოძრაობის ინტენსიობა და ღერძული დატვირთვის პირობებში, პლასტიკური დეფორმაციების მიმართ, ასფალტბეტონის ნარევი არასაკმარისად მდგრადია, რაც ვლინდება საფარის ზედაპირზე ნაკვალების და ტალღების სახით.

ასფალტბეტონის საფარის ხანმედეგობის მაჩვენებლის გაზრდის ერთ-ერთი ეფექტური გზა გახლავთ მისი არმირება, გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებით. ნაშრომში განხილულია საფარის არმირება ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს შერევის გზით. ეს მეთოდი წარმოადგენს სიახლეს საქართველოს საავტომობილო გზების მშენებლობაში.

ნაშრომის სიახლე: ნაშრომში განხილულია ადგილობრივი ნედლეულის ბაზალტის ქვის – დადებითი თვისებები და მისი წარმოების შესაძლებლობა, როგორც ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს სახით. საფარის ზედა ფენაში მათი შერევა, საშუალებას იძლევა საფარის კონსტრუქციის სიმტკიცის და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდის, რაც დამტკიცებულია შესაბამისი ექსპერიმენტული კვლევებით. ნაშრომის სიახლე გახლავთ ის, რომ მიღებულია ახალი ტიპის ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევი. ლაბორატორიული კვლევებზე დაყრდნობით განისაზღვრა ბაზალტის ფილერის ოპტიმალური რაოდენობა – მასის 8%. ასფალტის ნარევი ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს შერევა ხორციელდება ინერტულ მასალასთან ერთად და არ საჭიროებს ქარხნის მწარმოებლისგან რაიმე სპეციალურ დამატებით რესურსებს. ექსპერიმენტული კვლევებით დადგინდა, რომ ასფალტის ნიშში აკმაყოფილებს საქართველოში გაგრძელებული ნორმების და წესების მოთხოვნებს კერძოდ: ГОСТ 9128-97, СНиП

3.06.03-85 და СНП 3.06.03-88. ახალი მიღებული ასფალტის ნარევი წარდგენილია საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნულ ცენტრში „საქპატენტ“-ში სასარგებლო მოდელის დასამტკიცებლად.

გამოგონების არსი: საავტომობილო გზების მშენებლობაში ერთ-ერთ ძირითად პრობლემურ საკითხად მიჩნეულია ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე ასფალტის ზედა ფენის საექსპლუატაციო თვისებების უზრუნველყოფა, ასევე მისი სიმტკიცის და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდა. ასფალტის ნარევი ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს დამატების გზით, შესაძლებელია ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება. როგორც ცნობილია საქართველოში მოიპოვება და არსებობს ბაზალტის-დიაბაზის ქვების მომპოვებელი საბადოები, აქედან გამომდინარე სრულიად შესაძლებელია ადგილობრივი წედლეულის გამოყენება.

ნაშრომის ძირითადი საკვლევი საკითხი მდგომარეობს იმაში, რომ განხორციელდეს ადგილობრივი მასალების და გეოსინთეტიკური მასალების ერთობლიობის ეფექტურობის დადგენა, მოხდეს აღნიშნულის ლაბორატორიული კვლევებით დადასტურება. ნაშრომის მიზანია გარდა იმისა, რომ დამტკიცდეს მასალების ეფექტურობა, ამავედროულად შემუშავდეს რეკომენდაციები, რომელიც სამომავლოდ საქართველოში მომუშავე ინჟინრებს გამოადგებათ არახისტი საგზაო ფენილების მოწყობისას. სწორი საპროექტო გადაწყვეტილებებით შესაძლებელი გახდება გაიზარდოს საექსპლუატაციო ვადა და რემონტმორისო პერიოდი. სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია საქართველოში მოპოვებული ადგილობრივი ბაზალტის ქვისგან წარმოებული ბოჭკოს და ფილერის დადებითი თვისებები, რომელიც გამოიყენება ასფალტის ზედა ფენის შემკვრელებთან ერთდ. ნაშრომში წამოჭრილია გარკვეული სახის პრობლემები, რომლებსაც აწყდებიან საავტომობილო გზების ინჟინრები და მოცემულია მათი გადაწყვეტის ერთ-ერთი ხერხი, რომელიც დასაბუთებულია შესაბამისი კვლევების საფუძველზე. ძირითად პრობლემად მიჩნეულია ზედა ფენის მდგრადობის გაუმჯობესების გზები, სიმტკიცის და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდა.

ნაშრომში ლაბორატორიული კვლევებით დასაბუთებულია ასფალტში ბაზალტის ფილერის ფრაქციის 0,0071 მმ შერევის მიზანშეწონილობა და მოცემულია ნარევის მომზადების ტექნოლოგიური თავისებურება. ნაშრომში მოცემული თეორიული კვლევებზე დაყრდნობით ა(ა)იპ „თბილისის მუნიციპალური ლაბორატორია“-ს ა/ბეტონის კვლევით ლაბორატორიაში ჩატარდა შესაბამისი ექსპერიმენტული კვლევები. კვლევებისთვის დამზადდა ორი სახის ასფალტის ნარევი: 1) ნარევი ტრადიციული ფილერი შეიცვალა ბაზალტის ფილერით და დამზადდა ოთხი საცდელი ნიმუში. ბაზალტის ფილერის დამატება მოხდა მასის 6-8-10-12% ოდენობით. 2) ახალ მიღებულ ნარევს დაემატა ბაზალტის ბოჭკო მასის 0,1-0,2-0,3% ოდენობით.

სამუშაოს აპრობაცია: დისერტაციაში წარმოდგენილი მასალები მოხსენებულია 1)სტუ-ს სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, 2017 წელი;2) სტუ-ს სტუდენტთა 86-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, 2018 წელი.

პუბლიკაციები: დისერტაციის მასალების შესახებ გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო ნაშრომი.

დისერტაციის სტრუქტურა: სადისერტაციო ნაშრომი შეიცავს შესავალს, სამ თავს, დასკვნას, ორ დანართს. ნაშრომის მთლიანი მოცულობა 122 გვერდია, ლიტერატურის სიას 39 დასახელებით, 28 ცხრილს, 14 გრაფიკს, 11 სურათს და 16 ნახაზს.

ნაშრომის შინაარსი

შესავალში მოცემულია ნაშრომის ზოგადი დახასიათება, თემის აქტუალობა. აღწერილია კვლევის ობიექტი, კვლევის მეთოდები და სამუშაოს სტრუქტურა.

ანალიტიკური მიმოხილვა. საავტომობილო გზების მშენებლობის ტემპების და მასზე მკვეთრად დინამიური დატვირთვების ზრდამ, საჭირო გახადა ახალი მასალების და ტექნოლოგიების შექმნა, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება გზის საფარის ხარისხის და საექსპლუატაციო პერიოდის გაუმჯობესება.

საგზაო სამშენებლო სამუშაოები მოიცავს რამოდენიმე ეტაპს, მაგალითად: პროექტირება, ტექნოლოგიური მომსახურება, სარემონტო სამუშაოების წარმოება

და სხვა. ხაზგასმით უნდა ითქვას, რომ საგზაო კონსტრუქციის პროექტირების და მშენებლობის დროს დიდი ყურადღება ექცევა მეთოდების და მასალების სწორად შერჩევას. ასე მაგალითად, თუ ჩვენ საუბარი გვაქვს მაღალი კატეგორიის გზების მშენებლობაზე, მაშინ უნდა გამოყენებულ იქნას მტკიცე და ნაკლებად ცვეთადი თანამედროვე სამშენებლო მასალები, რომლებიც თავის მხვრივ დამოკიდებული იქნება სხვადასხვა მახასიათებლებზე და მოთხოვნებზე.

ნაშრომში განხილულია თანამედროვე გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება და მათი როლი საავტომობილო გზების მშენებლობაში. მოგეხსენებათ, რომ აღნიშნული მასალა უკვე ორმოც წელზე მეტია, რაც გამოიყენება სახვადასხვა სამშენებლო კონსტრუქციების და გრუნტის საფუძვლის არმირების მოწყობისას. არმირებული მასალების ძირითადი მომხმარებელი გახლავთ საავტომობილო და სარკინიგზო, სამოქალაქო და ჰიდრომშენებლობის მიმართულებები. გეოსინთეტიკური მასალები ფართოდ გამოიყენება: მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიების დროს – საყრდენი კედლის ნაცვლად, ფერდის გამაგრების დროს და გრუნტის ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიების განხორციელებისას.

საავტომობილო გზების მშენებლობაში გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება განსაკუთრებით აქტუალურია რთულ კლიმატურ პირობებში, რადგან საშუალებას იძლევა გაუმჯობესდეს გრუნტის და საგზაო-სამშენებლო მასალების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, რიგ შემთხვევებში შესაძლებელია სრულიად ახალი ტიპის მასალის მიღებაც კი. გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება აგრეთვე დიდ როლს თამაშობს იმ ადგილებში, სადაც გზა გადის წყლის მაღალ ნიშნულებში. როგორც ცნობილია საავტომობილო გზების მშენებლობაში გზის პროექტირების და მშენებლობის ძირითადი ღონისძიებაა წყლის არიდება. ძირითადი პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ წყლის დონის მატებისას, იგი აღწევს საფუძვლის ქვედა ფენაში, ახდენს წვრილი ფრაქციის (შემავსებლის) გამორეცხვას, რის შედეგადაც კონსტრუქციაზე დინამიური დატვირთვების ზემოქმედება სხვადასხვანაირად ნაწილდება და სუსტ წერტილებში (ჩვენ შემთხვევაში გამორეცხილ ადგილებში) ფორმირდება ჯდენა, რაც თავისთავად იწვევს არახისტი საგზაო ფენილის დეფორმაციას. საფუძველი, რომელიც გაჯერებულია წყლით სულ რაღაც 10%-ით, ამცირებს მონაკვეთის

საექსპლუატაციო ვადას 50%-ით. გაჯერების თავიდან აცილება საავტომობილო გზების მშენებლობის თანამედროვე ინჟინერიის მთავარი გამოწვევაა.

საჭიროა შესაბამისი ნორმატიული ბაზის შექმნა, სადაც განხილული იქნება გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენების ინსტრუქცია. რადგან მშენებლობაში უკვე ფართოდ გამოიყენება აღნიშნული მასალა, გამოყენებულია უცხოური შესაბამისი სტანდარტები. საჭიროა საპროექტო და სამშენებლო ორგანიზაციებს ჰქონდეთ უტყუარი ინფორმაცია გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენების ეფექტურობაზე, რათა შემდგომ მოხდეს პრაქტიკაში მისი სწორად გამოყენება. საავტომობილო გზების მშენებლობაში ერთ-ერთ ძირითად პრობლემურ საკითხად მიჩნეულია ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე ასფალტის ზედა ფენის საექსპლუატაციო თვისებების უზრუნველყოფა და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდა. ასფალტის ნარევი ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს დამატების გზით, შესაძლებელია ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება. როგორც ცნობილია საქართველოში მოიპოვება და არსებობს ბაზალტის-დიაბაზის ქვების მომპოვებელი საბადოები, აქედან გამომდინარე სრულიად შესაძლებელია ადგილობრივი წიფლის გამოყენება. საავტომობილო გზების მშენებლობის ინდუსტრია, მოიცავს ხაზობრივ და არახაზობრივ საგზაო ნაგებობების ფართო კომპლექსურ საკითხებს, რომლებიც დაკავშირებულია პროექტირებასთან, მშენებლობასთან, სარემონტო სამუშაოებთან, რეკონსტრუქციასთან და ექსპლუატაციასთან. პირველად გეოსინთეტიკური მასალა გამოიყენეს სამოქალაქო მშენებლობაში, მაგრამ დღესდღეობით გამოყენების სიდიდით, მას არ ჩამოუვარდება საავტომობილო გზების მშენებლობის სფერო. ამ პროდუქტის როლი გზების მშენებლობაში დღითიდღე იზრდება.

ექსპერიმენტული ნაწილი - სამუშაოს მომდევნო თავში გადმოცემულია ექსპერიმენტების ჩატარების თანმიმდევრობა, დახასიათებულია გამოყენებული მასალები, მოწყობილობები, ინერტული მასალების და ასფალტის ნარევის მიღების ტექნოლოგია, მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.

ჩატარდა და ნაშრომში განხილულია შემდეგი ლაბორატორიული კვლევები:

ლაბორატორიული კვლევა №1: ა(ა)იპ „თბილისის მუნიციპალური ლაბორატორია“-ს კუთვნილ საცდელ-საკვლევ ლაბორატორიაში მომზადდა სხვადასხვა ტიპის ასფალტის ნარევის ლაბორატორიული ნიმუშები. მათი სტრუქტური შემადგენლობა და დანამატების პროცენტული მაჩვენებლები განსხვავდება ერთმანეთისგან. ეს ლაბორატორიული კვლევა ითვალისწინებს დადგინდეს ბაზალტის ბოჭკოს დადებითი თვისებები და მისი პროცენტული რაოდენობა ნარევიში. ასფალტის ნარევიში ბაზალტის ბოჭკოს შერევა ხორციელდება სხვადასხვა ხერხით, მაგალითად: პირველი მეთოდი – ბოჭკოს შერევა შესაძლებელია ღორღის და ქვიშის ნარევიში და ბოლოს – ბიტუმის დამატება. მეორე მეთოდი – ღორღის და ქვიშის ერთმანეთთან შერევის შემდეგ, ცხელ ნარევიში ხდება ბიტუმის და ბოლოს ბაზალტის ბოჭკოს დამატება.

ლაბორატორიულ კვლევების ჩასატარებლად დამზადდა წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ნარევი I მარკა ტიპი Б ГОСТ 9128-97 –ის მიხედვით. ნარევის მოსამზადებლად გამოყენებულია ბიტუმის მარკა – БНД 60/90. ცხრილი №1-ში მოცემული ასფალტბეტონის ნარევის გრანულომეტრია, რომელიც აკმაყოფილებს საქართველოში მოქმედი ვადაგაგრძელებულ მოთხოვნებს და გაანგარიშებულია 1000 კგ. მასაზე.

ცხრილი №1

Б ტიპის ა/ზ ნარევის გრანულომეტრია

მასალის ფრაქცია	გამოყენებული რაოდენობა, კგ
ქვიშა 0-5 მმ	390
ღორღი 5-10	390
ღორღი 10-16	83
ბიტუმი БНД 60/90	57
ფილერი 0,071	80

ასფალტბეტონს ნარევის მოსამზადებლად ასფალტის ამრევი მასალა გაცხელდა 160–170 °C, ხოლო ბიტუმი მოთავსდა სპეციალურ ღუმელში და გაცხელდა 130-140 °C.



სურ. 1 ლაბორატორიული ამრევი

ლაბორატორიულ ამრევიში მასალა მიეწოდებოდა ეტაპობრივად და მას შემდეგ, რაც მომზადდა ერთგაროვანი მასა – მოთავსდა სპეციალურ შემკვრივებელ დანადგარში და მოხდა მისი დატკეპნა Heated asphalt roller compactor დანადგარში „EN 12697-33 Bituminous mixtures. Test method. Specimen prepared by roller compactor” სტანდარტის მიხედვით.

ნიმუშების მომზადებიდან 48 საათის გასვლის შემდეგ ასფალტის ნარევი გამოიცადა ფიქიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებზე.

ლაბორატორიაში დამზადდა სამი განსხვავებული ტიპის საცდელი ნიმუში, სადაც დანამატის სახით გამოყენებულია ბაზალტის ბოჭკო. ნიმუში №1-ში ბოჭკოს რაოდენობა ნარევის მასის 0,1 %-ია, ნიმუში №2-ში - 0,2 %, ხოლო №3-ში - 0,3 %. კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის მისაღებად გამოყენებულია შემდეგი სახის ინერტული მასალა (ნარევის რეცეპტი გათვლილია 1000 კგ-ზე):

ცხრილი №2

კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის გრანულომეტრია

№	ინერტული მასალა	რაოდენობა (კგ)	ГОСТ 9128-97 – ის მიხედვით %
1.	ქვიშა 0-5	390	85-100
2.	ღორღო 5-10	390-387	
3.	ღორღი 10-16	83	
4.	ბიტუმი БНД 60/90	57	5,5-7,0

5.	ფილერი 0,071	80	6-12
6.	ბაზალტის ბოჭკო	1-3	---

ლაბორატორიაში დამზადდა ახალი ტიპის ბაზალტ-ბოჭკოვანი ნარევი. ნიმუში №1 დანამატის სახით გამოყენებულია ბაზალტის ბოჭკო მასის 0,1 %, ნიმუში №2 - 0,2%, ხოლო ნიმუში №3 შესაბამისად 0,3%. ინერტული მასალა მოთავსდა ლაბორატორიულ ამრევში და მასალა გაცხელდა 160–170 °C. გაცხელებულ მასაში დაემატა 130-140°C გაცხელებული ბიტუმი. მას შემდეგ რაც ნარევმა მიაღწია ერთგაროვან მასას, ასფალტის ამრევში მოხდა ბაზალტის ბოჭკოს დამატება. მომზადდა ორი საცდელი ნიმუში. მომზადებიდან 48 საათის გასვლის შემდეგ ნიმუშები გამოიცადა მარშალის მოწყობილობაზე. შედეგები მოცემულია ცხრილის სახით:

ცხრილი №3

კვლევების შეჯამება

№	ნიმუში	მოცულობითი სიმკვრივე გ/მ ³	ფორიანობა (დასაშვები 2.0-7.0 %)	ნარევის სიმკვრივე გ/მ ³
1	Б ტიპის ა/ბ	2,181	6,6	---
2	ნიმუში №1 (0,1 %)	2,366	2,4	2,434
3	ნიმუში №2 (0,2 %)	2,395	2,2	2,435
4	ნიმუში №3 (0,3%)	2,410	1,8	2,436

ლაბორატორიული კვლევა №2: ბაზალტის მასალის დადებითი თვისებებიდან გამომდინარე შემუშავდა ასფალტის ნარევის ახალი ტიპი, რომელშიც 0,0071 ფრაქციის სახით გამოყენებულია ბაზალტის ფილერი. აღნიშნული მასალა დამზადებულია მარნეულის მუნიციპალიტეტში მოპოვებული ბაზალტის ნედლეულისგან. ქარხანაში არსებული დანადგარები ვარგისია შესაბამისი ბაზალტის ფრაქციის მისაღებად. შესაბამისად, არ არსებობს ახალი ტექნიკის შექმნის ან არსებულის გადაწყობის საჭიროება. ГОСТ 9128-84-ის მიხედვით დამზადდა Б ტიპის წვრილმარცვლოვანი ახალი კომპოზიტური ბაზალტ-

ბოჭკოვანი ნარევი. ნარევი ფრაქციის დასაშვები ზღვარი შეადგენს მასის 6-12 %-ს. აქედან გამომდინარე ნარევი ფრაქციის ოპტიმალური ოდენობის დასადგენად ნიმუში №1-ში მასალის რაოდენობა განისაზღვრა მასის 6%, ნიმუში №2-ში – 8%, ნიმუში №3-ში – 10% და შესაბამისად ნიმუში №4-ში – 12%.

ლაბორატორიული კვლევის ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა მსაგავსია პირველი ეტაპისა. ამიტომ ცხრილის სახით შევაჯამოთ ნიმუშების ლაბორატორიული კვლევის შედეგები .

ცხრილი №4

ლაბორატორიული კვლევების №2 შეჯამება

№	ნიმუში	მოცულობითი სიმკვრივე გ/მ ³	ფორიანობა (დასაშვები 2.0-7.0 %)	ნარევის სიმკვრივე გ/მ ³
1	ნ ტიპის ა/ზ	2,181	6,6	2,181
2	ნიმუში №1 (6% ფილერი)	2,291	5,2	2,291
3	ნიმუში №2 (8% ბაზალტის ფილერი)	2,366	2,8	2,434
4	ნიმუში №3 (10% ბაზალტის ფილერი)	2,368	2,5	2,443
5	ნიმუში №4 (12% ბაზალტის ფილერი)	2,373	2,3	2,444

ლაბორატორიული კვლევა №3 კვალის გაჩენაზე. საავტომობილო გზის საფარის მთლიანობა და სწორხაზოვნება - უსაფრთხო მოძრაობის ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია. როგორც მოგეხსენებათ გზის საექსპლიატაციო პერიოდის განმავლობაში გარდაუვალია საფარის დეფორმაცია და მისი დაზიანება, როგორც კვალი, ბზარები და ხვრელები, რაც ვერ უზრუნველყოფს ტანსპორტის უსაფრთხო მოძრაობას. სწორედ Hamburg wheel track მოწყობილობის საშუალებით შესაძლებელია ასფალტის ნარევის ლაბორატორიული გამოცდა კვალის გაჩენაზე. სურათზე 8 ნაჩვენებია Hamburg wheel track მოწყობილობა.



სურ. 2 Hamburg wheel track მოწყობილობა.

ა(ა)იპ თბილისის მუნიციპალური „ლაბორატორია“-ს კვლევით ლაბორატორიაში დამზადდა რვა სხვადასხვა ტიპის ასფალტის ნარევი. AASHTO T324 -ს სპეციფიკაციის მიხედვით შესამღებელია გამოცადოს ნიმუში, როგორც ცილინდრის, ასევე ფილის ფორმის. ლაბორატორიაში დამზადდა ფილის ფორმის ნიმუშები ზომებით: 700x500x70 (მმ). სურათზე 3 ნაჩვენებია ნიმუში.



სურ.3 გამოსაცდელი ნარევის ნიმუში

ლაბორატორიული ნიმუშების ჩამონათვალი:

№	ლაბორატორიული ნიმუში	ნარევის ტიპი/ გამოყენებული მასალა
1	ნიმუში №1	ტრადიციული B ტიპის ა/ბეტონის ნარევი
ახალი კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევი		
2	ნიმუში №2	ბაზალტის ფილერი 6%
3	ნიმუში №3	ბაზალტის ფილერი 8%
4	ნიმუში №4	ბაზალტის ფილერი 10 %
5	ნიმუში №5	ბაზალტის ფილერი 12 %
6	ნიმუში №6	ბაზალტის ბოჭკო 0,1 %
7	ნიმუში №7	ბაზალტის ბოჭკო 0,2 %
8	ნიმუში №8	ბაზალტის ბოჭკო 0,3 %

ნარევის მომზადების წესი და მეთოდიკა მსგავსია წინა ცდებისა და აღწერილია წინა პარაგრაფებში. დამზადების შემდეგ მოხდა ნიმუშების დატკეპნა სპეციალური Heated asphalt roller compactor დანადგარში „EN 12697-33 Bituminous mixtures. Test method. Specimen prepared by roller compactor” სტანდარტის მიხედვით. აღნიშნული კვლევა ტარდება „EN 12697-22 Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Wheel tracking” სტანდარტის მიხედვით.

მოცემული სტანდარტის მიხედვით ასფალტის ნიმუში თავსდება მოწყობილობაში, სადაც მასზე უნდა გაიაროს პნევმატური საბურავი პროტექტორის გარეშე, რომლის სიგანე 80 ± 5 მმ-ია, ხოლო საბურავის წნევა სრული ცდის განმავლობაში შეადგენს 600 ± 30 კპა. ბორბლის სვლა მიმდინარეობს ნიმუშის ცენტრში 410 ± 5 მმ სიგრძეზე. აღნიშნული სტანდარტის მიხედვით შედეგების შეჯამება შესაძლებელია სულ მცირე 5000 გავლის შემდეგ.

ნიმუშების მოზადებიდან 48 საათის შემდეგ შესაძლებელია მათი გამოცდა. მოცემული ლაბორატორიული კვლევა ყველა ნიმუშისთვის მსგავსია და არ

განხვავდება ერთმანეთისგან. ბორბლის სვლამ ყველა ნიმუშისთვის შეადგინა 10000 გავლა (წუთში საშუალოდ 30 სვლა). ნიმუშები გამოიცადა მშრალ მდგომარეობაში და შენარჩუნებული იყო ჰაერის ტემპერატურა 25-30°C.



სურ. 4 Heated asphalt smartracker

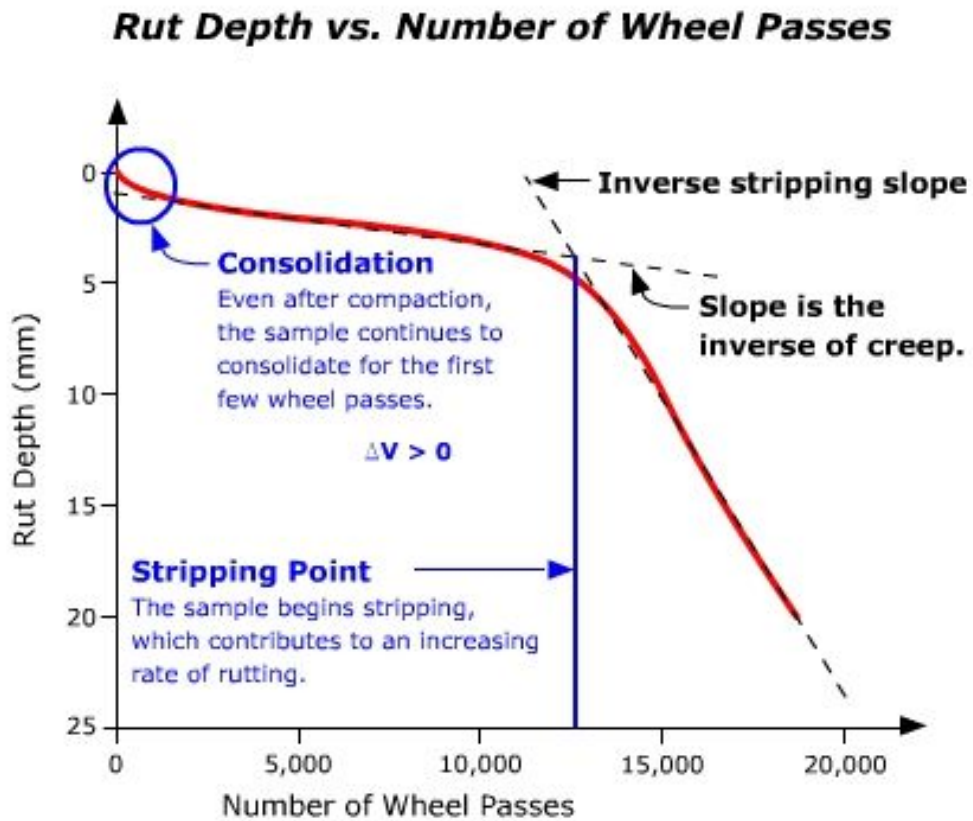
ცხრილი №6

ლაბორატორიული კვლევების შედეგები

№	ნიმუში	კვალის სიღრმე მმ 5000 გავლის შემდეგ	კვალის სიღრმე მმ 10000 გავლის შემდეგ
1	ნიმუში №1 B ტიპის ა/ზ	1.76	2.2
2	ნიმუში №2 - 6% ბაზალტის ფილერი	1.63	2.05
3	ნიმუში №3 - 8% ბაზალტის ფილერი	1.14	1.60
4	ნიმუში №4 - 10% ბაზალტის	1.13	1.58

	ფილერი		
5	ნიმუში №5 -12% ბაზალტის ფილერი	1.13	1.57
6	ნიმუში №6 - ბაზალტის ბოჭკო 0,1 %	1.12	1.50
7	ნიმუში №7 - ბაზალტის ბოჭკო 0,2 %	1.10	1.48
8	ნიმუში №8 - ბაზალტის ბოჭკო 0,3 %	1.11	1.45

EN 12697-22 - სტანდარტის მიხედვით მოცემულია გრაფიკი, რომლის მრული გადმოგვეცემს დამოკიდებულებას კვალის სიღრმესა და სვლის რაოდენობას შორის. გრაფიკზე 1 მოცემულია გრაფიკი: Hamburg Curve with Test Parameters.



გრაფიკი №1 Hamburg Curve with Test Parametrs

ლაბორატორიული კვლევა №4: ლაბორატორიული კვლევის ძირითადი მიზანია დადგინდეს ახალი ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის სიმტკიცისა და დეფორმაციული მახასიათებლების მაჩვენებლები.

ГОСТ 12801-98 გამოცდის მეთოდიკის მიხედვით ერთი საათის განმავლობაში ასფალტის ნიმუშს აჩერებენ წყლის აბაზანაში. შემდეგ მას ათავსებენ პრესზე და განსაზღვრავენ მაქსიმალურ მრღვევ ძალას. ამის შემდეგ ხდება სიმტკიცის ზღვრის გამოთვლა, რომელიც არ უნდა იყოს ასფალტბეტონის მარკის ნორმატიულ მნიშვნელობაზე ნაკლები.

ნიმუშის გამოცდა თავისუფალ კუმშვაზე რღვევამდე, სრულებით არ ასახავს ასფალტბეტონის რეალურ მუშაობას საგზაო საფარში (როგორც დაძაბულ-დეფორმაციული მდგომარეობის ასევე დატვირტვების მოდების ხასიათის თვალსაზრისით).

ეგრეთწოდებული „ბრაზილიური“ მეთოდი გულისხმობს h-სიმაღლისა და d-დიამეტრის მქონე ცილინდრული ნიმუშის გამოცდას მსახველების გასწვრივ კუმშვაზე. ნიმუშის რღვევას იწვევს გამჭიმავი დაძაბულობები, რომლებიც მოქმედებს დიამეტრალურ ვერტიკალურ სიბრტყეში. სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვის დროს პირობითად განისაზღვრება, როგორც მრღვევი დატვირთვისა P და ნიმუშის გვერდითი ზედაპირის ფართობის ნახევრის შეფარდება:

$$R_0 = 2P / \pi dh$$

ცნობილია სხმული ასფალტბეტონის დეფორმაციული მდგრადობის შეფასების მეთოდიკა შტამპის ჩაძირვის (შელწევის) სიღრმის მიხედვით განსაზღვრული დატვირთვის დროს. ამ მეთოდის მიხედვით 100 მმ. დიამეტრის და 50 მმ. სიმაღლის მქონე ცილინდრულ ნიმუშზე 40°C-ზე ხდება შტამპის (დიამეტრი შეადგენს 25.2 მმ-ს) მუდმივი 52.5 N დატვირთვით ზემოქმედება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ჩამოთვლილი მეთოდები არ ითვალისწინებს საფარის დეფორმირების რეალურ პირობებს და გამოსადეგია მხოლოდ შედარებითი ანალიზისათვის, ამასთან არა მასალის ძვრისადმი მედეგობის არამედ სიმტკიცისათვის პლასტიკურობასთან შეთავსებით.

მარშალის მეთოდი ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ქვეყნებში. ცდისთვის საჭირო ნიმუშების დამზადება (შემკვრივება) ხდება მარშალის ჩაქუჩზე. ნიმუში

თავსება ლითონის ცილინდრულ ფორმაში, შემდეგ ფორმა თავსდება მოწყობილობაზე რომელიც ახდენს სიმაღლიდან ვარდნილი ტვირთის (ჩაქუჩის) დარტყმით ნიმუშის შემკვრივებას. დარტყმები ხორციელდება დაახლოებით 1 წმ. სიხშირით, 50 დარტყმის შედეგ ვაბრუნებთ ლითონის ცილინდრს ნიმუშით და კვლავ ვახდენთ მის შემკვრივებას მეორე მხრიდან 50 დარტყმით.

ასფალტბეტონის ნიმუშის გამოცდას ვატარებთ „INFRATEST“-ის ფირმის უნივერსალურ წნეხზე მარშალის მოწყობილობით.



სურ. 5 მარშალის წნეხი

ლაბორატორიული კვლევისთვის საჭიროა 3 ნიმუში. საორიენტაციოდ ერთ ნიმუშს ჭირდება 1100-1200 გრ. ნარევი. ნიმუშის გეომეტრიული ზომებია: დიამეტრი – 101,6 მმ, სიმაღლე $63,5 \pm 1,0$ მმ. მისი გამოცდა შესაძლებელია ნარევის მომზადებიდან 12–48 სთ–ის გავლის შემდეგ.

ცხრილი №7

კომპიუტერი ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის ნიმუშების ნუსხა

№	ნიმუში	ნარევის შემადგენლობა
---	--------	----------------------

1	ნიმუში №1	Б ტიპის ა/ზ
2	ნიმუში №2	6% ბაზალტის ფილერი
3	ნიმუში №3	8% ბაზალტის ფილერი
4	ნიმუში №4	10% ბაზალტის ფილერი
5	ნიმუში №5	12% ბაზალტის ფილერი
6	ნიმუში №6	ბაზალტის ბოჭკო 0,1 %
7	ნიმუში №7	ბაზალტის ბოჭკო 0,2 %
8	ნიმუში №8	ბაზალტის ბოჭკო 0,3 %

უშუალოდ გამოცდის წინ საცდელ ნიმუშებს ერთი საათის განმავლობაში ათავსებენ წლის აბაზანაში, $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე. აღნიშნული დროის გასვლის შემდეგ ნიმუში ამოგვაქვს წყლიდან, ვათავსებთ მას წნეხზე დამაგრებულ მარშალის მოწყობილობაში და ვრთავთ წნეხს. მოწყობილობა აწვება ასფალტბეტონის ნიმუშს და იწვევს მის რღვევას. ნიმუშის დარღვევის მომენტში ხდება დენადობისა და სტაბილურობის მნიშველობების დაფიქსირება. უნივერსალური წნეხი იმართება კომპიუტერში ჩაწერილი სპეციალური პროგრამის საშუალებით, მასში წინასწარ შეგვყავს თითოეული ნიმუშის სიმაღლე. ცდით ხდება დენადობის და სტაბილურობის განსაზღვრა სამ ნიმუშზე. პროგრამის საშუალებით ხდება მონაცემების გრაფიკულად გამოხაზვა და შემდეგ ამობეჭდება.

სტაბილობის მაჩვენებლად P მიიღება მაქსიმალური მრღვევი ძალა, ხოლო პლასტიკურობის პირობით მაჩვენებლად l მიიღება დეფორმაციის მაჩვენებელი, რომელიც ფიქსირდება ნიმუშის რღვევის მომენტში. მარშალის ცდის მიხედვით გამოითვლება მესამე პარამეტრი – პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი A, რომელიც გამოიანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$A=10P/l$$

ძვრისადმი მედეგობა ნაწილობრივ ხასიათდება პირობითი პლასტიკურობის l, ანუ ეგრეთწოდებული დენადობით მარშალის მიხედვით, მაგარამ დენადობა არის ძვრისადმი მედეგობის მიახლოებითი მაჩვენებელი, რადგან არ ითვალისწინებს საფარზე მოქმედი დატვირთვების ციკლურობას. მარშალის მიხედვით ასფალტის ნარევის ნიმუშების დამზადება და შემდგომ გამოცდა ხდება ზემოთ აღწერილი მეთოდისა და თანმიმდევრობის მიხედვით.

მარშალის წნეხზე გამოიყენება ნიმუშები და თითოეულისათვის განისაზღვრა მაქსიმალური მრღვევი ძალა (სტაბილურობა) P (ნ) და პლასტიურობის პირობითი მაჩვენებელი (დენადობა) $l \ 1/10$ მმ. პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი A ნ/მმ გამოითვლება ფორმულით: $A=10P/l$.

ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №28. დანართში მოცემულია მარშალის მეთოდით გამოცდის გრაფიკული თითოეული ცდისათვის.

მიღებული შედეგების მიხედვით იზრდება ახალი ბაზალტ-ბიჭკოვანი ასფალტის ნარევის სტაბილურობა, ხოლო მცირდება პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი.

ცხრილში №8

ლაბორატორიული კვლევების №4 შედეგები

ბაზალტ-ბიჭკოვანი ასფალტის ნარევის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლები მარშალის ცდის მიხედვით								
მაჩვენებლის დასახელება	ბაზალტ-ბიჭკოვანი ასფალტის ნარევის შემცვლელი							
ცდის №	ბ ტიპი ს ა/ბ	6%	8%	10%	12%	0,1%	0,2%	0,3%
მაქსიმალური მრღვევი ძალა (სტაბილურობა) P კნ	11,0	13,4	13,5	13,5	15,9	15,7	17,8	19
პლასტიურობის პირობითი მაჩვენებელი (დენადობა) $l \ 1/10$	37	30	30	26	22	28	24	21
პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი A ნ/მმ	2972	4467	4500	5192	7227	5607	7416	9047

დასკვნა

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების ჩამოყალიბება:

1. ჩვენს მიერ ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე შემუშავდა ახალი ტიპის კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევი. აღნიშნული ნარევი შინაგანი ბმის ძალებისა და ადგეზიური თვისებების გაზრდის ხარჯზე უზრუნველყოფს გაუმჯობესებულ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს და პლასტიკური (ძვრის) დეფორმაციებისადმი მდგრადობას. (კვლევების შედეგები და მონაცემები წარდგენილია საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნულ ცენტრში „საქპატენტი“-ში სასარგებლო მოდელის დასამტკიცებლად.
2. ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ასფალტის ნარევეში ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს შერევის შედეგად წარმოიქმნება ერთგავოვანი მკვრივი ნარევი, რომელიც საფარის დიდ ფართობზე ითვისებს და ანაწილებს სატრანსპორტო საშუალებების მიერ გადაცემული დინამიკური დატვირთვისგან აღძრულ ძაბვებს. ნარევეში ბაზალტის ფილერის შერევისას მცირდება ფორიანობა, რაც უზრუნველყოფს ავტომობილის საბურავის მიერ ნაკვალევის წარმოქმნისადმი მდგრადობას და ზედაპირული წყლების აცილებას.
3. ჩვენს მიერ ჩატარებული ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის შედეგად დადგინდა ასფალტის ნარევეში ბაზალტის ფილერის ოპტიმალური რაოდენობა. ნარევეში ბაზალტის ფილერის 8,0%-ის და ბოჭკოს 0,1%-ის დამატება აუმჯობესებს ერთის მხრივ ნარევის ტექნიკურ და ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებს და მეორეს მხრივ უზრუნველყოფა მინიმალურ ფინანსურ დანახარჯებს.
4. ტრადიციულ ასფალტბეტონთან შედარებით ჩვენს მიერ წარმოდგენილ ახალი ტიპის ბაზალტ-ბოჭკოვან ნარევეში ფორიანობის მაჩვენებლის 40%-ით გაუმჯობესების შედეგად წარმოიქმნება მდგრადი ზედაპირული ფენა, რომელიც საექსპლუატაციო პერიოდის განმავლობაში უზრუნველყოფს

- საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ავტომობილის საბურავის ნაკვალევისადმი 1,5-ჯერ მეტ მდგრადობას და წყლის შეღწევისგან დაცვას.
5. ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე დასტურდება, რომ ნარევის სტაბილურობის მაჩვენებელი იზრდება 23%-ით, ხოლო დენადობის მაჩვენებელი მცირდება 30%-ით.
 6. ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ფილერისა და ბოჩკოს რაოდენობის ზრდის პირობში იზრდება ნარევის პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ბზარმედევობის კრიტერიუმის (ასევე სტანდარტებით განსაზღვრული მინიმალური ფორიანობის) მიხედვითარ არის რეკომენდირებული ნარევი ფილერისა და ბოჩკოს რაოდენობის 12%-ზე მეტი რაოდენობის დამატება.
 7. ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ჩვენს მიერ შემუშავებული ახალი კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის გამოყენებისას იზრდება საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო მომსახურების ვადები. ნარევის კვალის გაჩენაზე ლაბორატორიულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ აღნიშნული მაჩვენებელი 20-25 %-ით გაუმჯობესებულია.

გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა

1. Бурмистрова О.Н. Воронина М.А. „Применение Геосинтетических и геопластиковых материалов в дорожном строительстве”. г. Ухта, изд. УГТУ, 2012 г. стр.7-39;
2. Бикчантаев Р.Ф. Реферат „Новые технологии в дорожном строительстве” г. Тюмен, изд. ТТС, 2011г. стр. 9-18;
3. Матвеев С.А. Сиротюк В.В. „Использование Геосинтетических материалов для армирования дорожных конструкций”. г. Ханты-мансийск, изд. Департамент образования и науки Ханты-мансийского автономного округа-Югры, 2010 г. стр. 8-47, стр. 345-353;
4. Кашина Н.И., Баранов А.Ю. „Методика испытаний геосинтетических материалов”. г. Санкт-Петербург, изд. Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна, 2011 г. стр. 45-48;
5. ОДМ 218.5.006-2010 „Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожном отрасли”. г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2010 г. стр. 1-65;
6. ОДМ 218.046-01,„Проектирование нежестких дорожных одежд”. г. Москва, изд. Государственная служба дорожного хозяйства Министерства Транспорта РФ, 2001 г. стр. 1-148;
7. ОДМ 218.1.052-2002,„Оценка прочности нежестких дорожных одежд”. г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2002 г. стр. 1-40;
8. ОДМ 218.5.003-2010 „Рекомендации по применения геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2010 г. стр. 1-141;
9. ОДМ 218.5.001-2009 „Методические рекомендации по применению геосеток плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий капитальном ремонте и ремонте

- автомобильных дорог”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2010 г. стр. 1-82;
10. ОДМ 218.5.006-2010,„Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожном отрасли”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2010 г. стр. 1-71;
 11. „Методические рекомендации по применению технологии армирования асфальтобетонных покрытий рулонными базальтоволнистыми материалами при строительстве и ремонте автомобильных дорог”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2001 г. стр. 1-18;
 12. „Рекомендации по выявлению и устранению колея на нежестких дорожных одеждах”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2002 г. стр. 1-181;
 13. ГОСТ 9128-97 - „Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия” г. Москва, Межгосударственный стандарт, 2001 г. стр. 1-34;
 14. ГОСТ 12801-84,„Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные,Асфальтобетон и Дегтебетон методы испытаний” г. Москва, Государственный стандарт союза ССР, 1985 г. стр. 1-38;
 15. ГОСТ 32825-2014 - „Дороги автомобильные общего пользования, ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ, Методы измерения геометрических размеров повреждений”г. Москва,Межгосударственный стандарт, 2015 г. стр. 1-14;
 16. EN 12697-22,„Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Wheel tracking”
 17. EN 12697-33 „Bituminous mixtures. Test method. Specimen prepared by roller compactor”
 18. საქართველოს ინდუსტრიული გაბვითარების ჯგუფი, „პანკისის დიაბაზის მოპოვება” საქართველოს ეკონომიკის და მდგრადი განვითარების სამინისტრო, 2015 წელი, გვ. 30–33;

19. Сиротюк В.В., Крашенинин Е.Ю. „Армирование асфальтобетонного покрытия геосинтетическими материалами”, „Инновации в строительстве Дороги” 2010 г. №7, стр. 36-40;
20. Сумчук Е.Н. „Нормативная база геосинтетических материалов: перспективы развития”, „Инновации в строительстве Дороги” 2014 г. №34, стр. 18-19;
21. Марков В.О. Егоров А.В. „Современные подходы к конструированию и расчету дорожных одежд”, „Инновации в строительстве Дороги” 2014 г. №34, стр. 21-24;
22. Краюшкина Е.В. Химерик Т.Ю. „Армирующие и композитные материалы на основе БНВ в дорожном строительстве”, „Композитный мир” 2017 г. №5(74);
23. Андронов С.Ю., Трофименко Ю.А. „Влияние температурного режима приготовления композитных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей на показатели качества”, „Фундаментальные исследования” 2016 г. №3;
24. <https://www.geosynthetica.net> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 12.11.2019 წელი;
25. Армирование асфальтобетонных покрытий - <http://miakom.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019;
26. პ. ნადირაშვილი, თ. მენაქარიშვილი, ზ. მელაძე ი. ურუშაძე „ არმირებული ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესება”, „მშენებლობა”, 2019 წ. №2(51);
27. პ. ნადირაშვილი, თ. მენაქარიშვილი, ზ. მელაძე ი. ურუშაძე „ არმირებული ასფალტბეტონის ნარევის გამოყენება საავტომობილო გზების მშენებლობაში”, „მშენებლობა”, 2018 წ. №2(49);
28. ი. ურუშაძე „გეოსინთეტიკური მასალები – ინოვაციები თანამედროვე საავტომობილო გზების მშენებლობაში” „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა”, 2017 წ. №2(39);
29. <https://www.azproektstroy.ru> - უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 13.11.2019 წ.
30. <http://www.polyline.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 13.11.2019 წ.
31. <https://studbooks.net> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 13.11.2019 წ.

32. <https://geo-sm.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 14.11.2019 წ.
33. <http://www.gosthelp.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.11.2019 წ.
34. <http://www.road-stroy.com>–უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.11.2019 წ.
35. <http://www.areangeo.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.11.2019 წ;
36. <https://www.geosynthetica.com> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019 წ;
37. <http://www.trans-mix.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019 წ;
38. <https://www.geonovation.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019 წ;
39. <https://www.geoplenka.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019 წ;