

ლევან ჩადუნელი

საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო თვისებების
გაუმჯობესება ნახევრად ხისტი ფენილების
გამოყენებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
თებერვალი, 2018 წელი

საავტორო უფლება © წელი, "ლევან ჩადუნელი 2018 წ."

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ლევან ჩადუნელის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: "ნახევრადხისტი კომპოზიციური საგზაო საფარები" და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი: ა.ბურდულაძე

რეცენზენტი: ზ.ლებანიძე

რეცენზენტი: კ.მჭედლიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
2018 წელი

ავტორი: ლევან ჩადუნელი

დასახელება: საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო თვისებების
გაუმჯობესება ნახევრად ხისტი ფენილების
გამოყენებით

ფაკულტეტი : სამშენებლო

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: 23.02.18 წ.

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 დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა
ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ
მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია
სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს
პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

ბოლო წლებში საავტომობილო გზების ქსელის გაფართოებამ ასფალტბეტონის მოხმარებული მასის მოცულობის მკვეთრი ზრდა გამოიწვია. ამავდროულად მცირდება წარმოებული ნავთობის ბიტუმის მოცულობა მოპოვებული ნავთობის საერთო მოცულობასთან მიმართებაში. რაც თავისთავად ამვირებს საგზაო ქსელის განვითარებას. მეორეს მხრივ, ჩვენს ქვეყანაში, სარემონტო სამუშაოების მრავალჯერადი ჩატარების შედეგად (რაც ძირითადად გამოიხატება არსებულ საფარზე ახალი ასფალტბეტონის ფენების გადაგებით) გამოიწვია ის, რომ ასფალტბეტონის საფარის სისქემ ბევრ გზებზე 40-50 სმ-ს გადააჭარბა რაც დამატებით პრობლემებს ქმნის და ასეთი პრაქტიკის გაგრძელებას უბრალოდ აზრი აღარ აქვს. ეს ყველაფერი იწვევს ასფალტბეტონის საფარების მშენებლობისა და რეაბილიტაციის პირობების არსებითი ცვლილებების აუცილებლობას.

მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ ასფალტბეტონის საფარები ხასიათდებიან არასაკმარისი სიმტკიცით (ძვრისადმი მდგრადობით), განსაკუთრებით ცხელი კლიმატის და მთიანი რელიეფის პირობებში. ხშირია შემთხვევები, როდესაც ასფალტბეტონის საფარები, რომლებიც ГОСТ-ის ყველა მოთხოვნას აკმაყოფილებს, მიდრეკილია ძვრის დეფორმაციებისადმი, რაც თავის მხრივ იწვევს სარემონტო სამუშაოების ხშირად ჩატარების აუცილებლობას, დამატებით ხარჯებს და საფარის სისქის გაუმართლებელ მატებას.

ბოლო წლებში ჩვენს ქვეყანაში სულ უფრო ხშირად იყენებენ ცემენტ-ბეტონის საფარებს, რომლებიც სისწორისა (ძვრისადმი მდგრადობის) და ხანგამძლეობის მიხედვით აღემატება ასფალტბეტონიანებს, მაგრამ სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებების მიხედვით (უნაკერობა, უხმაურობა, მადემფირებელი უნარი) არსებითად ჩამორჩებიან მათ. პარალელურად ფართო გავრცელება მოიპოვა ასფალტის ე.წ. "ცივმა" ნარევებმა, ანუ ნარევებმა, რომელიც მინერალური მასალის ორგანული ნივთიერებით დამუშავების გზით მიიღება. ამ შემთხვევაში შემკვრელი მასალის რაოდენობა ისეთი გათვლით ინიშნება, რომ მიღებული ნარევი ერთის მხრივ იყოს ფხვიერი, ხოლო მეორეს მხრივ კარგად იტკეპნებოდეს ჰაერის ნორმალური ტემპერატურის, მსუბუქი სატკეპნებისა და ავტომობილებისგან მიღებული დატვირთვის ზემოქმედების ქვეშ.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე ბუნებრივია დადგა საკითხი ახალი სახის საგზაო საფარების შექმნისა, რომლებიც გააერთიანებს ასფალტბეტონის და ცემენტბეტონის საფარების დადებით თვისებებს, იქნებიან ეკონომიურად ხელსაყრელი, ადვილად დაექვემდებარებიან რეაბილიტაციას.

ამ თვალსაზრისით ყველაზე პერსპექტიულ სამეცნიერო-პრაქტიკულ მიმართულებას წარმოადგენს არახისტი ასფალტბეტონის საფარის ტანში ცემენტის მასალებისგან შემდგარი ხისტი მაკროელემენტების შეყვანა, რაც განაპირობებს როგორც მასალის, ისე მთლიანად საფარის კონსტრუქციის სიხისტის გარკვეულ გაზრდას. ცემენტის მასალებისგან დამზადებული ხისტი ელემენტების შემცველი ნახევრადხისტი საფარები პრინციპულად

განსხვავდება ასფალტბეტონისგან დამზადებული არახისტი საფარებისაგან, რომლებიც ასფალტშემკვრელი ნივთიერების სახით ბიტუმისა და ცემენტის ნარევს შეიცავენ. სხვადასხვა კონფიგურაციის ხისტი და არახისტი ელემენტების შეხამება ქმნის გარკვეულ კომპოზიტს, ამიტომაც ასეთმა საფარებმა ასევე ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სახელწოდება მიიღო.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შექმნის ერთ–ერთი ძირითადი პრინციპი მდგომარეობს ხისტი და არახისტი ელემენტების ურთიერთჩაჭიდების უზრუნველყოფაში, რომელიც განაპირობებს მათ ერთობლივ მუშაობას დატვირთვის ქვეშ. ამ საკითხის დადებითმა გადაწყვეტამ სპეციალური კვლევების ჩატარება მოითხოვა.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილული საკითხი: ნახევრად ხისტი ფენილების დამზადება ცივი ასფალტბეტონის და შავი ღორღის გამოყენებით არის ახალი მიდგომა კომპოზიციური ფენილების დამზადების სკითხში.

ლაბორატორიულ და საწარმოო პირობებში ჩატარებული პრაქტიკული სამუშაოების შედეგად დადასტურებულ იქნა ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ტექნოლოგიურობა ცივი ასფალტბეტონებისა და შავი ღორღის ნარევიების გამოყენებით.

აღნიშნული მეთოდით ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების პერსპექტიულობა განპირობებულია არა მარტო ძვრისადმი მომატებული მდგრადობით, არამედ ბიტუმის მნიშვნელოვანი ეკონომიისა და ადგილობრივი ქვის მასალების ფართო გამოყენების შესაძლებლობით, რაც მეტად მნიშვნელოვანია. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების სფერო საკმაოდ ფართოა. ისინი წარმატებით გამოიყენება I-V კატეგორიის საავტომობილო გზების, საქალაქო გზების (ქუჩების), სამრეწველო და სასოფლო–სამეურნეო გზების, აეროდრომების ასაფრენ–დასაფრენი ზოლების მშენებლობაში, ასევე ქარხნების, პორტების სასაწყობო შენობების მოედნების მოსაწყობად და ა.შ.

წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია ნახევრად ხისტი (კომპოზიციური) ფენილების აგების სრულიად ახალი მიმართულება ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის გამოყენებით, რაც იძლევა მნიშვნელოვან ეკონომიურ და ეკოლოგიურ ეფექტს, რაც განპირობებულია შემდეგით:

- ტრადიციულ ფენილებთან შედარებით ნახევრად ხისტი - “კომპოზიციური” ფენილების საექსპლუატაციო ვადა დიდია, შესაბამისად გაზრდილია ფენილის რემონტშორის ვადები;
- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი ხასიათდება მცირე ენერგოტევადობით, ცხელი ასფალტბეტონის ნარევის დამზადებასთან შედარებით;
- ცივი ასფალტბეტონის ტრანსპორტირების შესაძლებლობით დიდ მანძილებზე;

- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის დამზადება მოითხოვს დაბალ ენერგოტევადობას, შესაბამისად ნახევრად ხისტი ფენილების მოწყობა ცივი ასფალტბეტონის ან შავი ლორღის გამოყენებით მოითხოვს დაბალ ენერგოტევადობას, შესაბამისად შემცირებულია მავნე აირების გამონაბოლქვი ატმოსფეროში;
- ზემოთ თქმული საკითხები განხილულია დისერტაციაში, რაც განსაზღვრავს მის აქტუალურობას.

დისერტაციის მიზანი:

- შევიმუშაოთ ნახევრად ხისტი ფენილების აგების ეკონომიურად და ეკოლოგიურად რაციონალური ტექნოლოგიები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის გამოყენებით;
- შევისწავლოთ და გავაუმჯობესოთ ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების ფიზიკურ მექანიკური თვისებები;
- ძვრისადმი მდგრადი და ცვეთამდედეგი ნახევრად ხისტი საგზაო კონსტრუქციების შექმნა ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით.

ძირითადი ამოცანები:

- ნახევრად ხისტი ფენილების, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების დამზადებისა და დაგების არსებული მეთოდების კრიტიკული ანალიზი;
- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენების ეფექტიანობის კვლევა ნახევრად ხისტი ფენილების მშენებლობის ღირებულების შემცირების მიზნით;
- ნახევრტად ხისტი ფენილების თვისებების შესწავლა და მათი გაუმჯობესების მეთოდების დამუშავება;
- გზის საფარის რეაბილიტაციის ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფა;
- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით ნახევრად ხისტი ძვრისადმი მდგრადი ფენილების კონსტრუირება;

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე:

სადისერტაციო ნაშრომი განეკუთვნება საავტომობილო გზების მშენებლობის სფეროს. საგზაო სამოსი წარმოადგენს საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის ძირითად განმსაზღვრელ ნაწილს. ნახევრად ხისტი - „კომპოზიციური“ ფენილების გამოყენება, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევებზე, მნიშვნელოვნად ამცირებს საგზაო სამოსების მშენებლობა-რეაბილიტაციის ღირებულებას, ამასთანავე მათი გამოყენება იძლევა გარკვეულ ეკოლოგიურ ეფექტს.

ჩემს მიერ წარმოდგენილი ნაშრომის მეცნიერული სიახლეა საგზაო სამოსის ძირითადი საექსპლუატაციო მაჩვენებლების (სიმტკიცე, სისწორე, ხორკლიანობა და ცვეთამდედეგობა) უზრუნველყოფა მინიმალური ღირებულების პირობებში, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს:

- შესწავლილია და კრიტიკულადაა შეფასებული ნახევრად ხისტი ფენიკლების, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების დაგენისა და დამზადების არსებული მეთოდები;
- შემუშავებულია ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების დამზადების ახალი ეკონომიურად და ეკოლოგიურად ხელსაყრელი მეთოდები;
- დამუშავებულია, ნახევრად ხისტი ფენილების კონსტრუქციები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების გამოყენებით;
- შექმნილია და გამოცდილია კომპოზიციური საგზაო ფენილების ახალი, ძვრისა და ცვეთისადმი მდგრადი კონსტრუქციები.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- დამუშავებულია ნახევრად ხისტი ფენილების კონსტრუქციები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების გამოყენებით, რაც საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ საგზაო სამოსის რაციონალური კონსტრუქციები ადგილობრივი მასალების გამოყენებით;
- დამუშავებულია მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით საგზაო სამოსის შეკეთების მეთოდები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების გამოყენებით;
- დამუშავებულია ასფალტბეტონის კომპოზიციური ფენილის საექსპლუატაციო ნორმატიული მაჩვენებლების შენარჩუნების მეთოდები მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით;
- შექმნილია ძვრისადმი მდგრადი ნახევრად ხისტი ფენილები, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების გამოყენებით, რომლებიც ხანგრძლივად ინარჩუნებენ ზედაპირის სისწორეს;
- დამუშავებულია საგზაო საფარისა და საფუძვლის აღდგენის მეთოდური რეკომენდაციები.

Abstract

Semi-rigid “composite” pavements

Extention of road network in last years became a reason of sharp increase of consumed asphalt-concrete masses. At the same time takes place reduction of produced oil bitumen quantity in relation to total volume of extracted oil that naturally makes expensive the development of road network. On the other hand, repeated repair works carried out in our country (that basically is expressed in the laying of new asphaltconcrete layers on already existing pavement) was resulted in exceedance of asphalt-concrete pavement thickness by 40-50 cm on many roads that creates additional problems and continuation of this practice this way is simply senseless. All this causes the necessity of substantial changes in the condition of construction and rehabilitation of asphalt-concrete pavements.

It is worth noticing that asphalt-concrete pavements are characterised by insufficient strength (shear resistance), especially under conditions of hot climate and mountain relief. It is not infrequent that asphalt-concrete coatings, which satisfy all requirements of GOST, are a subject of shear deformation that in its turn causes the necessity of frequent repair works, additional expenses and unreasonable increase of coating thickness.

Cement-concrete pavements, which excel asphalt-concrete ones according to evenness (shear resistance) and durability, at the same time significantly fall behind them according to transport-operating properties (seamlessness, noiselessness, damping abilities) are in increasing frequency used in our country last years. In parallel, so-called asphalt “cold” mixtures, which are obtained through processing of mineral material with organic substances, gained widespread. In this case the quantity of binding material is calculated in such a way that obtained mixture should be crumbly on one hand, and on the other hand, it has to be tamped well at normal air temperature, under the load of light-weight tampers and cars.

Based on the above mentioned, there was naturally raised the question of creation of brand new road pavements, which will unite positive properties of asphalt-concrete and cement-concrete, will be economically profitable and easily experience rehabilitation.

From this viewpoint, insertion of rigid macroelements consisting of cement materials into the body of non-rigid asphalt-concrete coating is the most prospective scientific-practical direction that causes definite increase of rigidity of both the material and road pavement structure as a whole. Semi-rigid coatings

containing rigid elements prepared from cement materials are fundamentally differed from non-rigid pavements made of asphalt-concrete, which contain the mixture of bitumen and cement as asphalt-binding agent. Combination of rigid and non-rigid elements of various configuration creates definite comfort that is why such pavements were also named semi-rigid composite coatings.

One of the basic principles of creation of semi-rigid composite coatings is the provision of mutual adherence of rigid and non-rigid elements that predetermines their combined action under the load. Positive solution of this issue required carrying out of special studies.

The issue considered in the thesis work, namely preparation of semi-rigid coatings using the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone is a new approach to the problem of composite coating preparation.

As a result of practical works conducted under laboratory and industrial conditions there was confirmed technological effectiveness of semi-rigid composite coatings using the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone.

The prospect of use of semi-rigid composite coatings via mentioned method is caused not only by increased shear-resistance, but also by significant economy of bitumen and by the opportunity of extensive use of local stone materials that is very important. Application area of semi-rigid composite coatings is very extensive. They are used in construction of I-V category roads, urban roads (streets), industrial and rural (farm-market) roads, flight-landing strips, as well as for development of warehouse areas of plants and ports etc.

In the presented thesis work the brand new direction of laying the semi-rigid (composite) road pavements with the use of the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone is considered that produces important economic and ecological effect predetermined with the following:

- operational lifetime of semi-rigid “composite” pavements is relatively longer compared with traditional pavements, therefore the periods between road pavement repairs are increased;
- engineering process of preparation of the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone is featured with low energy consumption compared with preparation of hot asphalt-concrete mixture;
- opportunities of cold asphalt-concrete transportation for long distances;
- preparation of the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone requires low energy consumption, therefore laying of semi-rigid

pavements using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone needs less energy expenditures and respectively the exhaust of harmful gases in the atmosphere is reduced;

- all above mentioned issues are considered in the thesis work that predetermines its topicality.

Goals of the thesis work:

- to elaborate economically and ecologically rational technologies of laying the semi-rigid road pavements using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone;
- to study and improve physical and mechanical properties of the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone;
- to create shear- and wear-resistant semi-rigid road structures using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone

Basic tasks:

- Critical analysis of available methods for preparation and laying the semi-rigid road pavements, and mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone;
- Study of the efficiency of use of mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone with the purpose of reduction of semi-rigid road pavement construction costs;
- Study of semi-rigid pavement coating and elaboration of methods for their improvement;
- Improvement of engineering processes of road coating rehabilitation;
- Designing the semi-rigid shear-resistant coatings using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone.

Scientific novelty of the work:

The thesis work belongs to the area of road construction. Road dressing (paving) is the basic determining part of transport-operating condition of roads. Use of semi-rigid “composite” road pavements on the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone significantly reduces the cost of construction and rehabilitation of road dressing, and in addition, its use produces certain ecological effect.

Scientific novelty of the presented work is the provision of basic performance indices (strength, evenness, roughness and wear resistance) of road dressing under the conditions of minimum cost that lies in the following:

- Available methods of laying and preparation of semi-rigid coating, mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone are studied and analysed in a critical manner;
- New economically and ecologically advantageous methods for preparation of the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone are elaborated;
- Semi-rigid road pavement constructions with the use of the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone are elaborated;
- New shear- and wear-resistant constructions of composite road pavement are created and tested.

Practical utility of the work:

- Constructions of semi-rigid road pavements with the use of mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone are elaborated that allows us to select rational constructions of road dressing with the use of local materials;
- Methods of road dressing repair with minimum financial expenditures and using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone are elaborated;
- Methods of maintenance of operation standard indices of asphalt-concrete composite pavements with minimum financial expenditures are elaborated;
- Shear-resistant semi-rigid coatings are created with the use of mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone, which keep surface evenness for a long time;
- Methodological recommendations on restoration of road coatings and road base are elaborated.

სარჩევი

შესავალი	17
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	24
1.1. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საგზაო საფარების, დანიშნულება და ტექნიკური მოთხოვნები.....	24
1.2. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შექმნის თეორიული საფუძვლები	26
2. შედეგები და მათი განსჯა	58
2.1. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კლასიფიკაცია და კონსტრუქციები.....	58
2.2. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის გამოყენებული მასალები და მათდამი წაყენებული მოთხოვნები	62
2.3. შავი ლორღის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შედგენილობის შერჩევისა და დამზადების თავისებურებები საგზაო პირობებში მათი მუშაობის თვალსაზრისით.....	67
2.4. ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის თვისებების შეფასება	74
2.4.1 კუმშვისას და გაჭიმვისას დროს სიმტკიცის განსაზღვრა.....	77
2.4.2 ცივი ასფალტბეტონის ცვეთამედეგობის განსაზღვრა.....	78
2.4.3 ასფალტბეტონის ცვეთაზე შემოწმების არსებული მეთოდები.....	81
2.5. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების მოწყობის ტექნოლოგია	88
2.5.1. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების მოწყობა	88
შავი ლორღისა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისაგან.....	88
2.5.2. ხისტი ელემენტებით არმირებული ნახევრადხისტი.....	93
კომპოზიციური საფარის მოწყობა	93
2.5.3. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობა გრანულირებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გამოყენებით	98
2.6. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების გამოცდილება, მათი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებები და ეკონომიკური მაჩვენებლები.....	99
2.6.1. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის გამოყენების გამოცდილება.....	99
2.6.2. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებები და ეკონომიკური მაჩვენებლები	104
3. დასკვნა	109
გამოყენებული ლიტერატურა	111

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. სიმტკიცის ზღვარზე გამოცდის შედეგები.....	52
ცხრილი 2. გადამყვანი კოეფიციენტები.....	85
ცხრილი 3. გრანიტის კურსების გამოცდის შედეგები.....	87

ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1. არახისტი და ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მასალათა სტრუქტურის ფრაგმენტი.....	27
ნახაზი 2. ქვიშოვანი ასფალტბეტონის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი კომპოზიციური მასალის სტრუქტურის ფრაგმენტი.....	29
ნახაზი 3. ხისტი ელემენტებით არმირებული ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სტრუქტურების ფრაგმენტი.....	31
ნახაზი 4. ცემენტის ზედაპირზე ბიტუმის ადსორბციის A დამოკიდებულება ბენზოლში ბიტუმის კონცენტრაციისაგან (c).....	34
ნახაზი 5. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ტემპერატურის T ცვლილებების გრაფიკი ხისტი შუაშრის სიღრმის მიხედვით ცხელ ($T = 150^{\circ}\text{C}$) ასფალტბეტონის ნარევთან დაკონტაქტების დროისგან დამოკიდებულებით.....	36
ნახაზი 6. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ძვრის დეფორმაციის სქემატური გამოსახულება.....	41
ნახაზი 7. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ძვრისადმი მდგრადობის საანგარიშო სქემა.....	43
ნახაზი 8. კუმშვის რეოლოგიური მრუდები (მუდმივი P დატვირთვებისას დატვირთვის ქმედების დროისგან t კუმშვის ფარდობითი დეფორმაციის $\Delta h/h$ დამოკიდებულება).....	49
ნახაზი 9. კომპოზიციური მასალის ძალოვანი დიაგრამენი (პრიზმატული ნიმუშების კუმშვის ფარდობითი დეფორმაციის γ_c დამოკიდებულება დატვირთვისაგან R).....	50
ნახაზი 10. კომპოზიციური მასალისგან შემდგარი პრიზმატული ნიმუშის კუმშვის ძალოვანი დიაგრამა (ფარდობითი დეფორმაციის ϵ დამოკიდებულება ძაბვისგან R).....	54
ნახაზი 11. სხვადასხვა შედგენილობის კომპოზიციური მასალებისგან შემდგარი ნიმუშების დარტყმითი დატვირთვისადმი ბლანტი წინაღობის ცვლილების გრაფიკი (კოჭების ნგრევისას დარტყმების რაოდენობის n დამოკიდებულება ქვიშა-ცემენტის ხსნარში ცემენტისა და ქვიშის თანაფარდობისგან და ასფალტბეტონის სახეობისგან).....	56
ნახაზი 12. ბიტუმ-ქვიანი მასალისგან და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კონსტრუქციები.....	60
ნახაზი 13. ბიტუმის მასტიკის სიბლანტის ηM დამოკიდებულება ბიტუმის სიბლანტისგან $\eta\sigma$	65
ნახაზი 14. ბიტუმის მასტიკის გამოყენებით შავი ღორღის დამზადების პრინციპული სქემა.....	68

ნახაზი 15. კუბური ნიმუშის კუმშვისას (7 დღე-ღამის ასაკში და კუბის 10 სმ ზომის წახნაგებით) სიმტკიცის R დამოკიდებულება ქვიშა-ცემენტის ხსნარში სუპერპლასტიფიკატორის რაოდენობისგან a.....	72
ნახაზი 16. კომპოზიციური მასალის კუმშვაზე სიმტკიცის R დამოკიდებულება მასში ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ოდენობისაგან n.....	73
ნახაზი 17. ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღის ნიმუშების კუმშვაზე სიმტკიცის R დამოკიდებულება ხსნარში ბიტუმ БНД 60/90γ-ის შემცველობისაგან.....	74
ნახაზი 18. ავტომობილის საბურავის ფენილის ზედაპირთან ურთიერთქმედება.....	78
ნახაზი 19. საფარის ზედაპირის მდგომარეობა.....	79
ნახაზი 20. ცვეთის დანადგარი.....	82
ნახაზი 21. ცვეთის დანადგარი მუშა მდგომარეობაში.....	83
ნახაზი 22. ნიმუში გამოცის შემდეგ.....	83
ნახაზი 23. დანადგარზე სხვადასხვა კუთხით ნიმუშის ცვეთა.....	86
ნახაზი 24. ქვიშა-ცემენტის ხსნარით შავი ღორღის გაჟღენთვის ხერხის გამოყენებით ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობის ტექნოლოგიური მიმდევრობის სქემა.....	93
ნახაზი 25. ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი გოფირებული ხისტი შუაშრის მოსაწყობად არსებული აგრეგატის სქემა.....	95
ნახაზი 26. ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან ხისტი ბადისებრი შუაშრის მოსაწყობად განკუთვნილი აგრეგატის (მოწყობილობის) სქემა.....	96
ნახაზი 27. ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა და ასფალტბეტონის ნარევისგან შემდგარი ხისტი გოფირებული (დაღარული) შუაშრის მქონე ნახევრადხისტი საფარის მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესის სქემა.....	96
ნახაზი 28. ხისტი ბადისებრი შუაშრის ჩართვით ნახევრადხისტი საფარის მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესის სქემა.....	97
ნახაზი 29. თხელფენიანი კომპოზიციური მოსანიშნი თეთრი საფარის სტრუქტურა.....	100
ნახაზი 30. ნახევრადხისტი კომპოზიციური თეთრი საფარის საერთო ხედი, რომელიც გამოიყენება ჭადრაკისებურად განლაგებული კვადრატებით საფეხმავლო გადასასვლელის მოსანიშნი საფარის სახით..	101
ნახაზი 31. ინტენსიური მოძრაობის პირობებში 7 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ სავალი ნაწილიდან ამოკვეთილი ასფალტის მოზაიკისგან შემდგარი საფარის ნიმუშის ზედაპირის საერთო ხედი.....	101

ნახაზი 32. ავტომობილის მოძრაობის პირობებში ფორმირებული ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის სტრუქტურის ფრაგმენტი.....	102
ნახაზი 33. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ბადის სახით ხისტი ელემენტებით არმირებული ასფალტბეტონისგან შემდგარი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ფრაგმენტის საერთო ხედი.....	103
ნახაზი 34. 3 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ საფარიდან ამოკვეთილი ნახევრადხისტი საფარის ნიმუშის საერთო ხედი, რომელიც მოიცავს ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ღეროებს.....	104

შესავალი

პრობლემის აქტუალობა: ბოლო წლებში საავტომობილო გზების ქსელისა და ქალაქებში ქუჩებ-საგზაო ქსელის გაფართოებამ ასფალტბეტონის მოხმარებული მასის მოცულობის მკვეთრი ზრდა გამოიწვია, მაგრამ ამავდროულად მცირდება წარმოებული ნავთობის ბიტუმის მოცულობა მოპოვებული ნავთობის საერთო მოცულობასთან მიმართებაში. ამსთანავე ჩვენს ქვეყანაში ასფალტბეტონის გამოყენების ბოლო წლების განმავლობაში გზების სავალი ნაწილის მრავალჯერადმა დაფარვამ გამოიწვია ის, რომ ასფალტბეტონის ფენის სისქემ ბევრ გზებზე 40-50 სმ-ს გადააჭარბა რაც დამატებით პრობლემებს ქმნის და ასეთი პრაქტიკის გაგრძელებას უბრალოდ აზრი აღარ აქვს. ეს ყველაფერის იწვევს ასფალტბეტონის საფარების მშენებლობის პირობების არსებითად ცვლებას.

მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ ასფალტბეტონის საფარები ხასიათდებიან არასაკმარისი სიმტკიცით (ძვრისადმი მდგრადობით), განსაკუთრებით ცხელი კლიმატის და მთიანი რელიეფის პირობებში. ხშირია შემთხვევები, როდესაც ასფალტბეტონის საფარები, რომლებიც ГОСТ-ის ყველა მოთხოვნას აკმაყოფილებს, მიდრეკილია ძვრის დეფორმაციებისადმი.

ბოლო წლებში ჩვენს ქვეყანაში სულ უფრო ხშირად იყენებენ ცემენტ-ბეტონის საფარებს, რომლებიც სისწორისა (ძვრისადმი მდგრადობის) და ხანგამძლეობის მიხედვით აღემატება ასფალტბეტონიანებს, მაგრამ სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებების მიხედვით (უნაკერობა, უხმაურობა, მადემფირებელი უნარი) არსებითად ჩამორჩებიან მათ.

ამიტომ ბუნებრივად მიზანშეწონილია ახალი სახის საგზაო საფარების შექმნა, რომლებიც ასფალტბეტონის და ცემენტბეტონის საფარების დადებით თვისებებს აერთიანებს. ამ თვალსაზრისით ყველაზე პერსპექტიულ სამეცნიერო-პრაქტიკულ მიმართულებას წარმოადგენს არახისტი ასფალტბეტონის საფარის ტანში ცემენტის მასალებისგან

შემდგარი ხისტი მაკროელემენტების (აგრეგატების) შეყვანა, რაც განაპირობებს როგორც მასალის, ისე მთლიანად საფარის კონსტრუქციის სიხისტის გარკვეულ გაზრდას. ცემენტის მასალებისგან დამზადებული ხისტი ელემენტების შემცველი ნახევრადხისტი საფარები პრინციპულად განსხვავდება ასფალტბეტონისგან დამზადებული არახისტი საფარებისაგან, რომლებიც ასფალტშემკვრელი ნივთიერების სახით ბიტუმისა და ცემენტის ნარევს შეიცავენ. სხვადასხვა კონფიგურაციის ხისტი და არახისტი ელემენტების შეხამება ქმნის გარკვეულ კომპოზიტს, ამიტომაც ასეთმა საფარებმა ასევე ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სახელწოდება მიიღო.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შექმნის ერთ-ერთი ძირითადი პრინციპი მდგომარეობს ხისტი და არახისტი ელემენტების ურთიერთჩაჭიდების უზრუნველყოფაში, რომელიც განაპირობებს მათ ერთობლივ მუშაობას დატვირთვის ქვეშ. ამ საკითხის დადებითმა გადაწყვეტამ სპეციალური კვლევების ჩატარება მოითხოვა.

ლაბორატორიულ და საწარმოო პირობებში ჩატარებული პრაქტიკული სამუშაოების შედეგად დადასტურებულ იქნა ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ტექნოლოგიურობა მათზე ჩვეულებრივი საგზაო მანქანების და არართული დამატებითი სამარჯვების გამოყენებით.

კონსტრუქციების ახალი სახეობების და შესაბამისი ტექნოლოგიის შექმნის საკითხების შემუშავება საქართველოში 1958 წელსაა დაწყებული. ნახევრადხისტი ძვრისადმი მდგრადი საფარი, რომელიც ასფალტბეტონის საფარის ზედა ფენაში ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ბადეს შეიცავს თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვის ინტენსიური ზეგავლენის პირობებში გამოიყენებოდა. ნახევრადხისტი საფარი სახელწოდებით ასფალტის მოზაიკა, რომელიც თეთრი ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღის გამკვრივებულ ფენას წარმოადგენს, გამოყენებული იქნა საფარების მონიშვნისათვის.

ნახევრადხისტმა საფარებმა პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვეს საქართველოში, რუსეთში უზბეკეთში; ისინი ასევე ფართოდ გამოიყენება უცხოეთში საგზაო და სააეროდრომო მშენებლობისას.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების პერსპექტიულობა განპირობებულია არა მარტო ძვრისადმი მომატებული მდგრადობით, არამედ ბიტუმის მნიშვნელოვანი ეკონომიისა და ადგილობრივი ქვის მასალების ფართო გამოყენების შესაძლებლობით, რაც დღესდღეობით ძალზედ მნიშვნელოვანია, განსაკუთრებით სასოფლო-სამეურნეო გზების მშენებლობისას. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების სფერო საკმაოდ ფართოა. ისინი წარმატებით გამოიყენება I-V კატეგორიის საავტომობილო გზების, საქალაქო გზების (ქუჩების), სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო გზების, აეროდრომების ასაფრენ-დასაფრენი ზოლების მშენებლობაში, ასევე ქარხნების, პორტების სასაწყობო შენობების მოედნების მოსაწყობად და ა.შ.

მიუხედავად იმისა, რომ ხისტი ელემენტები მეტ საფუძველს იძლევა ნახევრადხისტი საფარების სიმტკიცის შეფასებისას დრეკადობის თეორიის დებულებების გამოყენებისათვის, საწყის პოზიციას მაინც არახისტი საგზაო სამოსების გაანგარიშების არსებული თეორია წარმოადგენს. ამასთან, ნახევრადხისტი საფარების გაუმჯობესებული სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებები (სისწორე, ძვრისადმი მდგრადობა და სამსახურის გაზრდილი ვადები) ყველა შემთხვევაში ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობის თვალსაზრისით სარგებლიანად განასხვავებენ მათ სხვა ტიპის საფარებისგან.

წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია ნახევრად ხისტი (კომპოზიციური) ფენილების აგების სრულიად ახალი მიმართულება ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის გამოყენებით, რაც იძლევა მნიშვნელოვან ეკონომიურ და ეკოლოგიურ ეფექტს, რაც განპირობებულია შემდეგით:

ეკონომიური ეფექტი განპირობებულია:

- ტრადიციულ ფენილებთან შედარებით ნახევრად ხისტი - “კომპოზიციური” ფენილების საექსპლუატაციო ვადა დიდია, შესაბამისად გაზრდილია ფენილის რემონტშორის ვადები;
- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი ხასიათდება მცირე ენერგოტევადობით, ცხელი ასფალტბეტონის ნარევის დამზადებასთან შედარებით;
- ცივი ასფალტბეტონის ტრანსპორტირების შესაძლებლობით დიდ მანძილებზე;

ეკოლოგიური ეფექტი განპირობებულია:

- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის დამზადება მოითხოვს დაბალ ენერგოტევადობას, შესაბამისად ნახევრად ხისტი ფენილების მოწყობა ცივი ასფალტბეტონის ან შავი ლორღის გამოყენებით მოითხოვს დაბალ ენერგოტევადობას, შესაბამისად შემცირებულია მავნე აირების გამონაბოლქვი ატმოსფეროში;
- ზემოთ თქმული საკითხები განხილულია დისერტაციაში, რაც განსაზღვრავს მის აქტუალურობას.

დისერტაციის მიზანი:

- შევიმუშაოთ ნახევრად ხისტი ფენილების აგების ეკონომიურად და ეკოლოგიურად რაციონალური ტექნოლოგიები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის გამოყენებით;
- შევისწავლოთ და გავაუმჯობესოთ ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის ფიზიკურ მექანიკური თვისებები;
- ძვრისადმი მდგრადი და ცვეთამედეგი ნახევრად ხისტი საგზაო კონსტრუქციების შექმნა ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის გამოყენებით.

ძირითადი ამოცანები:

- ნახევრად ხისტი ფენილების, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების დამზადებისა და დაგების არსებული მეთოდების კრიტიკული ანალიზი;
- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების გამოყენების ეფექტიანობის კვლევა ნახევრად ხისტი ფენილების მშენებლობის ღირებულების შემცირების მიზნით;
- ნახევრატად ხისტი ფენილების თვისებების შესწავლა და მათი გაუმჯობესების მეთოდების დამუშავება;
- გზის საფარის რეაბილიტაციის ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფა;
- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების გამოყენებით ნახევრად ხისტი ძვრისადმი მდგრადი ფენილების კონსტრუირება;

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე:

სადისერტაციო ნაშრომი განეკუთვნება საავტომობილო გზების მშენებლობის სფეროს. საგზაო სამოსი წარმოადგენს საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის ძირითად განმსაზღვრელ ნაწილს. ნახევრად ხისტი - „კომპოზიციური“ ფენილების გამოყენება, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევებზე, მნიშვნელოვნად ამცირებს საგზაო სამოსების მშენებლობა-რეაბილიტაციის ღირებულებას, ამასთანავე მათი გამოყენება იძლევა გარკვეულ ეკოლოგიურ ეფექტს.

ჩემს მიერ წარმოდგენილი ნაშრომის მეცნიერული სიახლეა საგზაო სამოსის ძირითადი საექსპლუატაციო მაჩვენებლების (სიმტკიცე, სისწორე, ხორკლიანობა და ცვეთამედეგობა) უზრუნველყოფილია მინიმალური ღირებულების პირობებში, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს:

- შესწავლილია და კრიტიკულადაა შეფასებული ნახევრად ხისტი ფენილების, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების დაგებისა და დამზადების არსებული მეთოდები;

- შემუშავებულია ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების დამზადების ახალი ეკონომიურად და ეკოლოგიურად ხელსაყრელი მეთოდები;
- დამუშავებულია, ნახევრად ხისტი ფენილების კონსტრუქციები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით;
- შექმნილია და გამოცდილია კომპოზიციური საგზაო ფენილების ახალი, ძვრისა და ცვეთისადმი მდგრადი კონსტრუქციები.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- დამუშავებულია ნახევრად ხისტი ფენილების კონსტრუქციები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით, რაც საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ საგზაო სამოსის რაციონალური კონსტრუქციები ადგილობრივი მასალების გამოყენებით;
- დამუშავებულია მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით საგზაო სამოსის შეკეთების მეთოდები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით;
- დამუშავებულია ასფალტბეტონის კომპოზიციური ფენილის საექსპლუატაციო ნორმატიული მაჩვენებლების შენარჩუნების მეთოდები მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით;
- შექმნილია ძვრისადმი მდგრადი ნახევრად ხისტი ფენილები, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით, რომლებიც ხანგრძლივად ინარჩუნებენ ზედაპირის სისწორეს;
- დამუშავებულია საგზაო საფარისა და საფუძვლის აღდგენის მეთოდური რეკომენდაციები.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, სამი თავის, ძირითადი დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომი წმოდგენილია 114 ნაბეჭდ გვერდზე, ლიტერატურის სია 29 დასახელებით.

ნაშრომის აპრობაცია. დისერტაციის მასალები მოხსენებულ იქნა:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორ მასწავლებელთა სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე, თბილისი, 1993 წ.
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორ-მასწავლებელთა ღია სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე, თბილისი, 1997 წ;
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ”საავტომობილო გზებისა და აეროდრომების ” კათედრის სემინარებზე;

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 3 ნაშრომი;

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საგზაო საფარების, დანიშნულება და ტექნიკური მოთხოვნები

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საგზაო საფარები წარმოადგენენ საგზაო სამოსის დაგებულ და გზაზე გამკვრივებულ კონსტრუქციულ ფენებს, რომლებიც შექმნილია არახისტი და ხისტი კომპონენტების კომბინირების გზით, რომლებიც დამზადებულია ორგანული (ბიტუმის) და მინერალური (ცემენტის) შემკვრელი მასალების გამოყენებით მათ შორის გაყრის (გაყოფის) მკაფიო საზღვრით.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სტრუქტურა ზოგადად წარმოადგენს არახისტ (პლასტიკურ) გარემოს და ხისტი მარმირებელი ელემენტების ჩონჩხს (ფაზას). არახისტი გარემო (საფუძველი) შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ასფალტბეტონით, შავი ღორღით და ბიტუმით დამუშავებული სხვა სახის მსხვრეული ქვის მასალით. ხისტი ელემენტები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს მატრიცების, გრანულების, მარმირებელი ბადეების, ძელაკების ან ღეროების, პერფორირებული შუაშრეების, სივრცული გისოსების სახით, ასევე სხვა სახის დისკრეტული ფაზით, ძირითადად, ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან.

ნახევრადხისტი საფარები ბადეების და ცალკეული ღეროების გამოყენებით, წარმოადგენს თითქოსდა ასფალტბეტონის საფარებს, რომლებიც არმირებულია ქვიშა-ცემენტის ხსნარით.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები წარმოადგენს არახისტი (ასფალტბეტონის) და ხისტი (ცემენტ-ბეტონის) საფარების შეხამებას, რომლებსაც როგორც ერთის, ისე მეორის დადებითი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებები გააჩნიათ, რომელთაგან გადამწყვეტი ძვრისადმი გაზრდილი მდგრადობაა.

ასეთი საფარების ქცევა თვლების ვერტიკალური დატვირთვის ქვეშ არახისტი საფარის მსგავსია, ხოლო თვლების ჰორიზონტალური

დატვირთვის ქვეშ – ხისტი საფარის მსგავსად გვამლევს მათი ნახევრადხისტი საფარების კატეგორიისადმი მიკუთვნების საფუძველს.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები ძირითადად განკუთვნილია საავტომობილო გზების, საქალაქო ქუჩების (გზების) სავალი ნაწილის, აეროდრომების ასაფრენი–დასაფრენი ზოლების, სამრეწველო ობიექტების მოედნების და სხვ. მოსაწყობად.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების ეფექტიანობა მაქსიმალურად მყდვანდება მთიანი რელიეფის და ცხელი კლიმატის პირობებში მათი გამოყენებისას, განსაკუთრებით თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვის ინტენსიური ზემოქმედების მქონე გზების მონაკვეთებზე.

ნახევრადხისტი საფარები საკმაოდ ვარგისი გამოდგა მაშინაც კი, როდესაც ძვრისადმი მდგრადობის გაზრდის ყველა სხვა საშუალება (კარკასული მრავალღორღიანი ნარევების, სხვადასხვა მაღალმოლეკულური აქტიური დანამატების მქონე უფრო ბლანტი ბიტუმების, აქტივირებული ხელოვნური ქვიშებისა და მინერალური ფხვნილების გამოყენება) ეკონომიკურად არახელსაყრელია ან ტექნიკურად ნაკლებად ეფექტიანია.

ხისტი ფაზის, მარმირებელი ხისტი ელემენტების (რომლებიც თავის თავზე იღებენ გარე დატვირთვას) გაზრდილი მზიდუნარიანობა იძლევა საშუალებას ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის ერთობ შემცირდეს მოთხოვნები ღორღის სიმტკიცისადმი, ბიტუმის რაოდენობის და ქვის მასალის გრანულომეტრული შემადგენლობის რეგლამენტაციისადმი. შესაბამისად, იხსნება ახალი შესაძლებლობები ადგილობრივი ქვის მასალების, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში – არაკონდიციური მასალების ფართო გამოყენებისა.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისადმი წარდგენილი ძირითადი ტექნიკური მოთხოვნები მდგომარეობს სამსახურის ვადის მთელ პერიოდში საფარის ზედაპირის სისწორის უზრუნველყოფაში, რაც

ძვრისადმი მდგრადობის მიხედვით გაზრდილი სიმტკიცის ხარჯზე მიიღწევა.

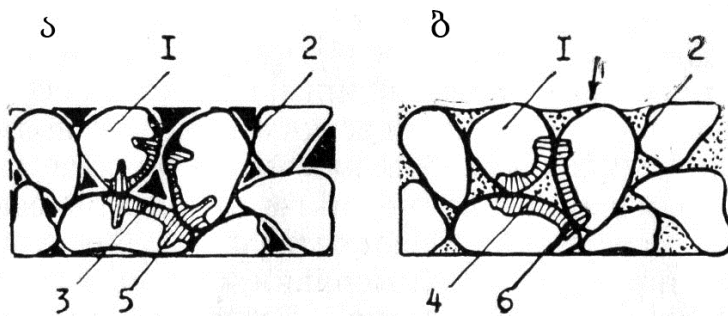
1.2. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შექმნის თეორიული საფუძვლები

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ძვრისადმი მდგრადობის ზრდის ძირითადი ფაქტორია (ჰორიზონტალური მიმართულებით თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვის მოქმედების მიმართულება) მათი სიხისტის გაზრდა.

საფარის სიხისტე შეიძლება გაზრდილ იქნეს სხვადასხვა ხერხით: ბიტუმ-მინერალურ სისტემაში ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი დამატებითი ხისტი (მყარი) დისკრეტული ფაზის წარმოქმნით და არახისტი (ძირითადად ასფალტბეტონის) საფარის არმირებით თხელი წაგრძელებული ელემენტებით, რომლებიც ასევე ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგანაა დამზადებული.

დამატებითი მყარი ფაზა შეიძლება წარმოიქმნას შავი ღორღის ფენის ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთვის გზით. ამასთან კომპოზიციური მასალის სტრუქტურა წარმოადგენს ორ ერთმანეთზე მჭიდროდ მოდებულ (მომიჯნავე), ბუნებრივი ქვისგან (ღორღისგან) და ხელოვნური ქვისგან (გაქვავებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან) შემდგარ მყარ ფაზებს, რომლებიც ერთმანეთთან ბიტუმითაა დაკავშირებული.

გაქვავებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხისტი მაკრო-ელემენტები თითქოსდა ხისტ კარკასს (მატრიცას) ქმნიან არახისტი საფარის ტანში და მკვეთრად ზღუდავენ ღორღის ფარდობით გადანაცვლებას, რომელიც ძვრის დეფორმაციებისთვისაა დამახასიათებელი. გარდა ამისა, ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხელოვნური ქვა, რომელსაც შავი ღორღის ფენის სიცარიელეთა ფორმა აქვს, ათანაბრებს საკონტაქტო ძაბვებს და ამით ძაბვების უფრო თანაბარ ველს ქმნის (იხ. ნახ. 1 საკონტაქტო ძაბვების ეპიურები).



ნახ. 1. არახისტი და ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მასალათა სტრუქტურის ფრაგმენტი:

- A – არახისტი საფარის; B – ნახევრადხისტი საფარის; 1 – შავი ლორღი;
 2 – ბიტუმური (ბიტუმ–მასტიკის) აფსკი; 3 – ბიტუმ–ქვიშოვანი ნარევი;
 4 – ქვიშა–ცემენტის ხსნარი; 5, 6 – საკონტაქტო ძაბვების ეპიურები

ნახევრადხისტ საფარებში თავიდან აიცილება საკონტაქტო ძაბვების კონცენტრაციის შესაძლებლობა და ამიტომ არსებითად მცირდება ქვის მსხვრევა კონტაქტის ადგილებში. ეს იძლევა შედარებით ნაკლები სიმტკიცის მქონე ქვის მასალის გამოყენების საშუალებას.

ასეთი სტრუქტურისთვის ბიტუმის აფსკები დამაკავშირებელ რგოლს წარმოადგენს და დისკრეტულ მყარ კომპონენტებს შორის დრეკად–ბლანტ–პლასტიკური სახსრების სახით წარმოგვიდგება. ბიტუმის აფსკებს შეუძლიათ დეფორმაციის დროს, მათ შორის ტემპერატურული შეკვეცებისგან წარმოქმნილი საკონტაქტო ძაბვების რელაქსირება, და დრეკადი ტალღების გავრცელების შეზღუდვა ავტომობილის თვლების დინამიკური დარტყმებისას. ტემპერატურის შემცირებისა და თვლების დატვირთვისგან წარმოქმნილი ჩაზნექისგან (ჩალუნვისგან) გამჭიმვი ძაბვების წარმოშობისას ბიტუმის აფსკების დრეკად–ბლანტ–პლასტიკურ სტადიაში რელაქსაციისა და დეფორმაციის უნარი, ასეთი საფარების ტემპერატურული ნაკერების გარეშე მოწყობისა და არახისტი საგზაო სამოსების თეორიის დებულებების ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის გამოყენების საშუალებას იძლევა. დამახასიათებელია, რომ საგზაო საფარებში კომპოზიციური მასალა შეკუმშვისა და ძვრისას ავლენს თითქოსდა მყიფე სხეულის თვისებებს.

კომპოზიციური მასალა თავისი სტრუქტურის მიხედვით განეკუთვნება ისეთი მჭიდრო ხელოვნური სამშენებლო კონგლომერატების რიცხვს, რომლებშიც მკაფიო საზღვრები არსებობს ორი მყარი ფაზის გაყრის უმცირესი ზედაპირით.

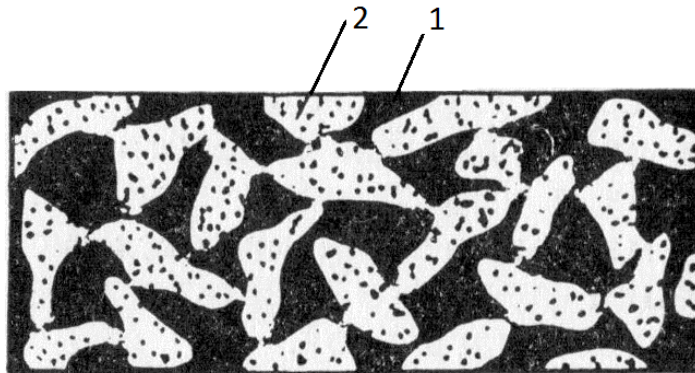
ასეთი სტრუქტურის სიცარიელე მინიმალურია და რეგლამენტირებულია მხოლოდ თავად ღორღისა და გაქვავებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის სიცარიელით.

მინიმალური სიცარიელე და ორი მყარი ფაზის ურთიერთდაკონტაქტების ფართობი ბიტუმზე მინიმალურ მოთხოვნილებას განაპირობებს. ამიტომ ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები ნაკლებადაა დამოკიდებული ტემპერატურისა და დეფორმირების სიჩქარეზე. ამასთან ერთად, დეფიციტურ ბიტუმზე შემცირებული მოთხოვნილება არსებითად აუმჯობესებს ასეთი საფარების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.

საგზაო სამოსის მუშაობის საიმედოობა იზრდება ზედა ფენებში ხისტი შუაშრის განლაგებისას, ვინაიდან სწორედ ზედა ზონა განიცდის შეკუმშვას ვერტიკალური დატვირთვისგან საგზაო სამოსის ჩაზნექისას. მაგრამ, ამასთან ერთად, მოწყვლად ადგილად რჩება ასევე ქვიშა-ცემენტის წაწვეტებები (რაც ნახ. 1-ზე ისრებითაა ნაჩვენები), რომლებიც შეიძლება მოტყდეს (გამოეყოს) ძირითად მასას. ამას შეიძლება დავაღწიოთ თავი, თუ ქვიშა-ცემენტის ხსნარში შევიყვანთ პოლიმერებს, რომლებიც პოლიმერ-ქვიშა-ცემენტის ხსნარებს დრეკად ელასტიურობას და გაზრდილ დეფორმაციულ უნარიანობას ანიჭებენ.

კომპოზიციურ მასალებს ასევე უნდა მივაკუთვნოთ ასფალტბეტონი (უპირატესად ქვიშოვანი), რომელიც შეიცავს გრანულირებულ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს, რომელსაც შეუძლია ხელოვნური ღორღის წარმოქმნა ასფალტბეტონის ტანში. ხსნარის რაოდენობაზე დამოკიდებულებით ხელოვნურ ღორღს შეუძლია წარმოქმნას უკონტაქტო ან კონტაქტური

სტრუქტურა, რომელიც უფრო მდგრადია ძვრის დეფორმაციის წინააღმდეგ (ნახ. 2).



ნახ. 2 ქვიშოვანი ასფალტბეტონის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი კომპოზიციური მასალის სტრუქტურის ფრაგმენტი:

1 – ქვიშოვანი ასფალტბეტონი;

2 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხელოვნური ღორღი

ასეთი ტიპის ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები შეიძლება მოწყობილ იქნას ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დაწვრილმანების (15–25 მმ მარცვლების ზომის გრანულების სახით), მათი ასფალტბეტონის ნარევთან შერევის და გზაზე ერთობლივი დაგებისა და გამკვრივების გზით.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შექმნის მეორე ხერხი მდგომარეობს იმაში, რომ ასფალტბეტონის საფარის ტანში ირთვება მარმირებელი თხელი წაგრძელებული ელემენტები, რომლებიც წარმოქმნიან ხისტ შუალედურ დისკრეტულ შუაშრეებს ბადეების, პერფორირებული ან გოფირებული შუაშრეების, ცალკეული ძელაკების, ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ღეროების სახით (იხ. ნახ. 3). ასეთი შუაშრეები ადვილად იზნიქება ასფალტბეტონთან ერთად თვლების ვერტიკალური დატვირთვისას და კარგად ეწინააღმდეგება თვლების ჰორიზონტალურ მძვრელ დატვირთვებს.

ასეთი ტიპის ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა, რომელიც არსებითად განსხვავდება დრეკად საფუძველზე მყოფი ცემენტ-ბეტონის ფილებისგან, გვაძლევს საბაზს მასშტაბის ფაქტორის გათვალისწინებით ისინი არახისტი საფარების

კატეგორიას მივაკუთვნოთ და გამოვიყენოთ გაანგარიშების შესაბამისი თეორია [15] გარკვეული დამატებით.

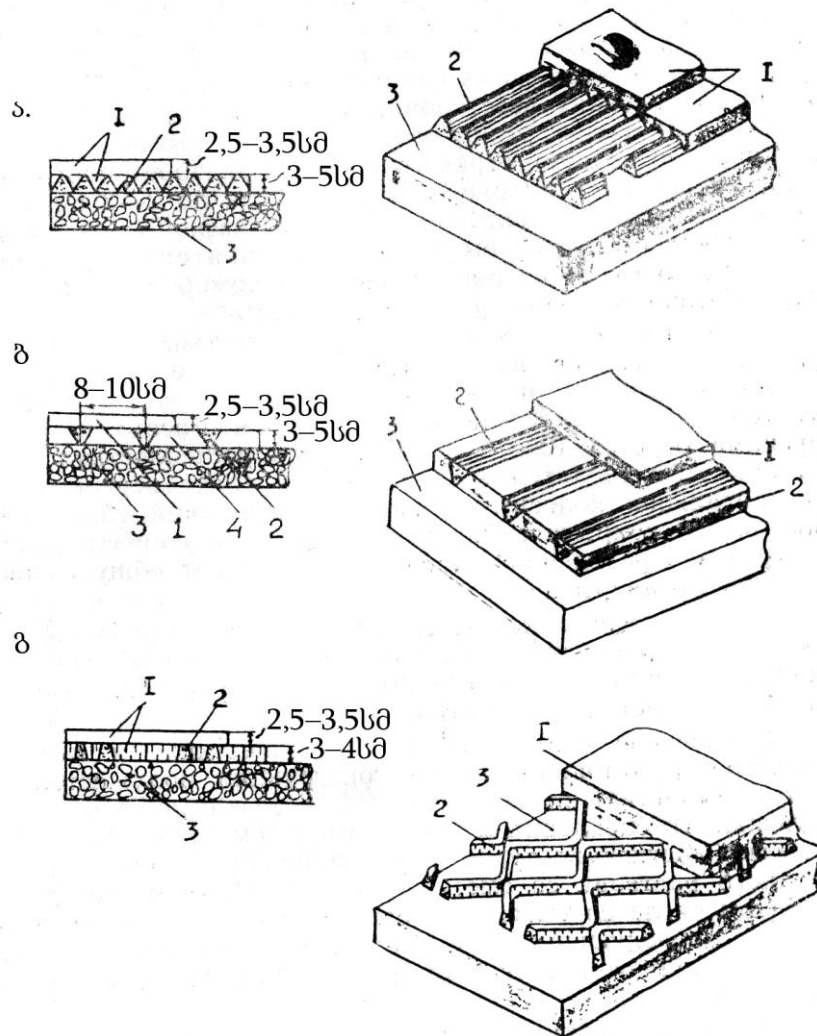
სავსებით საფუძვლიანად შეიძლება იმის მტკიცება, რომ ასფალტბეტონის შრეებს შორის ხისტი შუაშრის არსებობისას ხისტი შუაშრის თხელ წაგრძელებულ ელემენტებში განივი ბზარების გამოჩენა არანაირ საშიშროებას არ წარმოადგენს. უნდა აღინიშნოს, რომ დროთა განმავლობაში ისინი შეიძლება დაიცოს ბიტუმით, რომელიც ასფალტბეტონიდან გახურებულ (მზის სხივებისგან) მდგომარეობაში გამოიწვევა.

თხელი წაგრძელებული ელემენტების საფარის ზედა შრეში, ასფალტბეტონით დაფარვის გარეშე განლაგებისას მიზანშეწონილია პოლიმერ—ქვიშა—ცემენტის ხსნარების გამოყენება, თუმცა სამხრეთის კლიმატურ პირობებში შეიძლება პოლიმერის გარეშეც იოლად წასვლა.

კომპოზიციურ საფარში ქვიშა—ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი დისკრეტული ელემენტების მინიმალური ზომები იზღუდება მის მიერ საკმარისი ტენის შენარჩუნებისა და ცხელ ასფალტბეტონის ნარევთან კონტაქტისას ნორმალური ტემპერატურული რეჟიმის უზრუნველყოფის პირობებით, ასევე დამოუკიდებელი ელემენტის მთლიანობისა და ფორმის შენარჩუნების პირობებით ახალი ქვიშა—ცემენტის ხსნარისა და ასფალტბეტონის ნარევის ერთობლივი გამკვრივებისას. ამ ელემენტების მაქსიმალური ზომები კი ვერტიკალური დატვირთვის ქვეშ ხისტი და არახისტი ელემენტების ჩაზნექის დეფორმაციის შეთავსებადობის პირობებით იზღუდება.

საფარის ძვრისადმი უდიდესი მდგრადობის უზრუნველყოფა მიიღწევა ისეთი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენებისას, რომლებიც შეიცავენ თხელ წაგრძელებულ ელემენტებს – ქვიშა—ცემენტის ხსნარისგან შემდგარ სამკუთხა კვების ღეროებს (იხ. ნახ. 3, ა, ბ). ასეთი ელემენტები ერთმანეთთან ახლოს (იხ. ნახ. 3ა) ან ერთმანეთისგან გარკვეულ მანძილზე (იხ. ნახ. 3ბ) ლაგდება. უკანასკნელი კონსტრუქცია, გარდა იმისა,

რომ უზრუნველყოფს ძვრისადმი მაქსიმალურ მდგრადობას, შედარებით მარტივიცაა თავისი ტექნოლოგიის მიხედვით.



ნახ. 3. ხისტი ელემენტებით არმირებული ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სტრუქტურების ფრაგმენტი:

ა – გოფირებული შუაშრით; ბ – განივი წაგრძელებული ელემენტებით; გ – შუაშრით ბადის სახით. 1 – ზედა ფენა მკვრივი ასფალტბეტონისაგან; 2 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარი; 3 – საფუძველი; 4 – ქვედა ფენა ფოროვანი ასფალტბეტონისაგან

წაგრძელებულ ელემენტთა შორის განლაგებული ასფალტბეტონი იმყოფება ყოველმხრივი შეკუმშვის პირობებში და ამიტომ დეფორმაციები ძვრებისას მკვეთრად შეზღუდულია.

ბადისებრი ხისტი შუაშრის ხვრელების კონფიგურაცია შეიძლება სხვადასხვანაირი იყოს – ოთხკუთხა, რომბული, ექვსკუთხა, მრგვალი და სხვ. (იხ. ნახ. 3, გ). ყველაზე რაციონალურ ფორმას წარმოადგენს მრგვალი და

ექსკუთხა. ყველა შემთხვევაში ბადის ხვრელებში ჩაკეტილი ასფალტბეტონი იმყოფება თითქოსდა ყოველმხრივი კუმშვის პირობებში და ამიტომ პრაქტიკულად არადეფორმირებადია. შესაბამისად, ასფალტწეტონის საფარის ზედა შრის საანგარიშო სისქე (ძვრის მიხედვით) (როგორც ნახ. 3-ზეა ნაჩვენები) 2–3 სმ-მდეა შემცირებული. ამასთან, ასფალტბეტონის ასეთ გათხელებულ ფენასა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარს შორის მტკიცე კავშირი არსებობს (იხ. ქვემოთ), ამიტომ ძვრის დეფორმაციები ასფალტბეტონის ზედა არმირებულ ფენაში მთლიანობაში მკვეთრად შეზღუდულია.

ზოგიერთ შემთხვევაში ხისტი ელემენტების სახით შეიძლება გამოყენებულ იქნას ჭადრაკისებურად განლაგებული კონუსისმაგვარი ელემენტები ან ძელაკები, გეგმაში 4x8 სმ ზომით და 4 სმ სიმაღლით, რომლებიც „ნაძვისებურადაა“ განლაგებული. ძელაკებს შორის მანძილი აიღება 10–12 სმ-ის ტოლად. ხისტი ელემენტების ძირითადი როლი ამ დროს ასფალტბეტონის საფარის ქვედა ფენაზე თვლების ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დატვირთვების ნაწილობრივ გადაცემაზე დაიყვანება. ზედა ფენის დატვირთვა და ქვედა ფენის დატვირთვა გარკვეულწილად ზრდიან საფარის ძვრისადმი საერთო მდგრადობას.

ნახევრადხისტი კომპოზიციურ საფარებში წარმოდგენილი კონსტრუქციული თავისებურებები გვადლევს საფუძველს იმისა, რომ სიმტკიცის შესაფასებლად არახისტი საფარების დრეკადპლასტიკური ჩაზნექის სტატიკური სქემა გამოვიყენოთ.

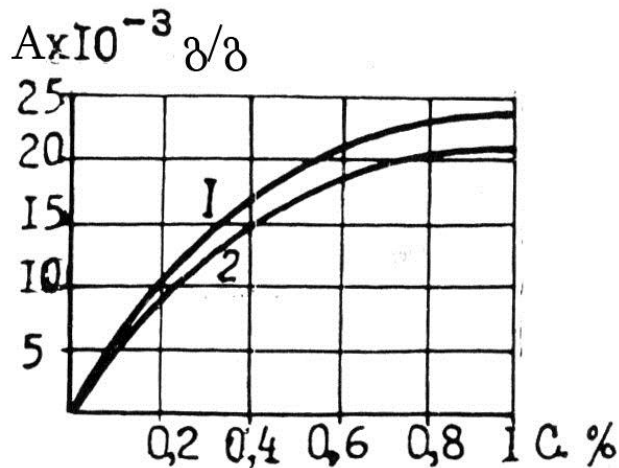
ნახევრადხისტი საფარის კომბინირებულ კონსტრუქციაში ხისტი და არახისტი ელემენტების ერთობლივი მუშაობის უზრუნველყოფა მეორე პირობას წევს წინ – ამ ელემენტებს შორის სათანადო ჩაჭიდების (შეჭიდების) არსებობის დადასტურებას, რაც შეიძლება მიღწეულ იქნას ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ბიტუმის ნარევებთან და ქვის მასალასთან, მათ შორის ცხელი ან ცივი ასფალტბეტონის ნარევებთან დაკონტაქტების გზით, მათი

მომდევნო გამკვრივებით. ამასთან, წყლის არსებობა არ წარმოადგენს წინააღმდეგობას ურთიერთჩაჭიდებისათვის.

ასფალტბეტონსა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარს შორის ჩაჭიდება მათ შორის ფიზიკურ-მექანიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ ურთიერთქმედებაზეა დამოკიდებული. ურთიერთჩაჭიდების ძალა ძირითადად ჰიდრატაციის პროცესებით, მექანიკური ურთიერთშეღწევით (დიფუზიით) და კონტრაქციის ეფექტითაა განპირობებული. გარდა ამისა, მათი გაყრის (გაყოფის) საზღვარზე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ზედაპირზე ბიტუმის ადსორბციის შედეგად წარმოიქმნება ადჰეზიური ძალები. ბიტუმის ადსორბცია იწყება ცემენტის ჰიდრატაციის დაწყების მომენტიდან და გრძელდება მისი გამყარების შემდეგ.

ამ მოვლენის შესასწავლად განსაზღვრულ იქნა ბიტუმის ადსორბცია მშრალი და ტენიანი ცემენტისგან, ცემენტის ქვისგან და გამყარებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარიდან შემდგარი ფხვნილების (მარცვლების 0,07 მმ-ზე ნაკლები ზომით) ზედაპირზე. ადსორბცია A გ/გ განსაზღვრულ იქნა კალორიმეტრ JIMΦ-64 M-ზე, რომელიც მუშაობს ბიტუმ-ბენზოლის ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივის ცვლილების პრინციპის მიხედვით ბიტუმის სხვადასხვა კონცენტრაციებზე ($C = 0,01-1,2\%$). ადსორბციის იზოთერმები $A = f(c)$, რომლებიც ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვითაა აგებული და მოყვანილია ნახ. 4-ზე, ადასტურებენ ადსორბციული პროცესების ფიზიკურ-ქიმიურ ბუნებას.

რაც მეტია ცემენტის ზედაპირზე ბიტუმის ქიმიურად ადსორბირებული მოლეკულების რაოდენობა, მით მეტია 1 და 2 მრუდების დაცილება ნახ. 4-ის გრაფიკზე და მით მეტია ჩაჭიდების ძალები



ნახ. 4. ცემენტის ზედაპირზე ბიტუმის ადსორბციის A დამოკიდებულება ბენზოლში ბიტუმის კონცენტრაციისაგან (c):
 1 – პირველადი ადსორბციის მრუდი;
 2 – ცემენტის ზედაპირზე მეორადი ადსორბციის მრუდი პირველადი ადსორბციის ბიტუმის მოცილების შემდეგ

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ადსორბციული უნარის მიხედვით ყველაზე აქტიური ცემენტის ქვა აღმოჩნდა ($A_{\infty} = 21,9 \times 10^{-3}$ გ/გ), შემდეგ მოდიან ქვიშა-ცემენტის ხსნარი ($A_{\infty} = 18,6 \times 10^{-3}$ გ/გ), ტენიანი ცემენტი ($A_{\infty} = 9,2 \times 10^{-3}$ გ/გ) და მშრალი ცემენტი ($A_{\infty} = 8 \times 10^{-3}$ გ/გ). დამახასიათებელია, რომ ჰიდრატაციის პროცესში მყოფ ტენიან ცემენტზე ადსორბცია უფრო მეტია, ვიდრე მშრალ ცემენტზე და ამასთან აფსკის წყლის არსებობა, რომელიც ირთვება ჰიდროლიზის და ჰიდრატაციის პროცესში, გარკვეულწილად ხელს უწყობს ბიტუმის ადსორბციას ცემენტის ზედაპირზე.

უნდა ვივარაუდოთ, რომ ბიტუმის ადჰეზია ჰიდრატირებული ცემენტის ზედაპირზე კოაგულაციური სტრუქტურის წარმოქმნის სტადიაზე იწყება და კრისტალური სტრუქტურის ფორმირების სტადიაზე სრულდება.

მ.შ. ძიძიგურის მონაცემებით, ტენიან ცემენტზე ადსორბცია ყველაზე ინტენსიურად ცემენტის შეკვრის პერიოდში მიმდინარეობს, შემდეგ სტაბილიზდება, 3-დან 7 დღე-ღამემდე პერიოდში კვლავ ძლიერდება და 7 დღე-ღამის შემდეგ ნელდება, ხოლო 28 დღე-ღამის შემდეგ პრაქტიკულად წყდება. ეს იძლევა საფუძველს ვივარაუდოთ, რომ ცემენტის კლინკერის მინერალები (C_3S , C_2S , C_3A , C_4F , $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ და სხვ.) და მათი ჰიდრატული

ახალწარმონაქმნები, ქმნიან რა დროის სხვადასხვა შუალედებში კოაგულაციურ და კრისტალიზაციურ სტრუქტურებს, სხვადასხვაგვარად ურთიერთქმედებენ ბიტუმთან. ამ ახალწარმონაქმნთა შორის ბიტუმთან მიმართებაში ყველაზე აქტიურია კალციუმის ჰიდროჟენი $\text{Ca}(\text{OH})_2$. მეორე მხრივ, ბიტუმში დაცულია აქტიური ფუნქციური ჯგუფები $-\text{OH}$, $-\text{COH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{COO}$, $\text{C} = \text{C}$ და სხვ., რომლებიც შედიან ქიმიურ ურთიერთქმედებაში ცემენტის ახალწარმონაქმნებთან და გარკვეულ როლს თამაშობენ სორბციულ პროცესებში.

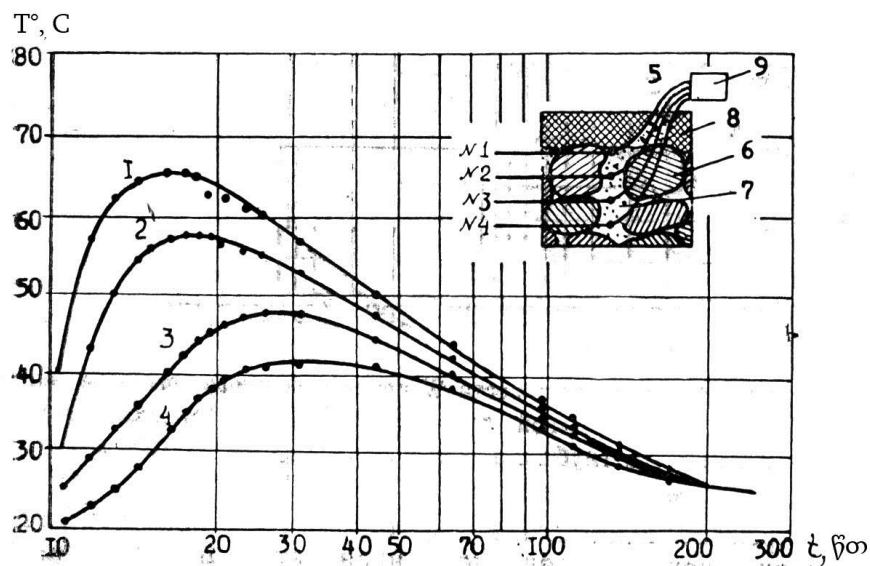
უნდა ვივარაუდოთ, რომ ბიტუმის ჩაჭიდება ქვიშა-ცემენტის ხსნართან მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია მისი ურთიერთქმედებით ჰიდრატული ახალწარმონაქმნების კრისტალიზაციურ სტრუქტურასთან, რომლებიც შეიძლება სხვადასხვა მოდიფიკაციით იყოს წარმოდგენილი. ბიტუმის ჩაჭიდების თვალსაზრისით ყველაზე ეფექტურია წაგრძელებული (ნემსისებური) კრისტალოჰიდრატებისგან შემდგარი კრისტალური კარკასი. ბიტუმის მოლეკულები ადვილად აღწევენ კრისტალთაშორის სივრცეში, მიკროხვრელებში და მიკროფორებში და ეს პროცესი დაკონტაქტების დასაწყისიდან იწყება და თვეობით გრძელდება.

ამ პროცესზე არსებით გავლენას ახდენს ბიტუმის კონცენტრაცია, რის შედეგად ბიტუმის მოლეკულები შეიტაცება მიკროფორებში ვაკუუმის ხარჯზე, რომელიც წარმოიქმნა გამყარების პროცესში ცემენტის ცომის მოცულობის შემცირებისას. ცხადია, რომ კონტრაქცია უფრო ეფექტურად ვლინდება ბიტუმის უფრო მაღალი ტემპერატურის დროს. ამას ხელს ასევე უწყობს სითბო, რომელიც გამოიყოფა ცემენტის გამყარების ეგზოთერმული პროცესების დროს.

ასფალტბეტონის ნარევთან ახალ ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დაკონტაქტებისას ძალიან საპასუხისმგებლო მომენტია შესაფერისი თბოტენიანი გარემოს შექმნა ხსნარის ნორმალური გამყარებისთვის. უდავოა, რომ ასფალტბეტონის ნარევთან ან ტენიან რეგენერირებულ ასფალტბეტონის ნარევთან ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის

დაკონტაქტებისას არანაირი გართულება არ წარმოიშობა. ამ მიმართებით უმთავრეს სირთულეს ცხელი ასფალტბეტონი წარმოადგენს.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გამყარების თერმოტენიან რეჟიმზე და ასფალტ-ბეტონთან მის ჩაჭიდებაზე ასფალტბეტონის ცხელი ნარევის ტემპერატურის გავლენის დასადგენად ჩატარებულ იქნა სპეციალური კვლევები. ძირითადი ყურადღება ცხელი (120-150°C) ასფალტბეტონის ნარევის ზეგავლენის ქვეშ ხსნარიდან ტენის აორთქლებას ეთმობოდა. ნახ. 5-ზე მოყვანილი ექსპერიმენტული მონაცემები ადასტურებენ, რომ შავი ღორღის ფენის სიცარიელებში ჩაკეტილი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გახურების მაქსიმალური ტემპერატურა, მასთან ასფალტბეტონის ცხელი ნარევის ($T=150^{\circ}\text{C}$) დაკონტაქტების დროს შეადგენს 65°C -ს. ექსპერიმენტების ჩატარებისას ხისტი შუაშრის სისქე შეადგენდა 6 სმ-ს, ხოლო ზემოდან დაგებული და დატვირთვის ქვეშ გამკვრივებული ასფალტბეტონის სისქეა 4 სმ. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის საწყისი ტემპერატურა იყო 19°C , მისი წყ/ც შეფარდება – 0,5, გარემოს ტემპერატურის ტემპერატურა $+26+32^{\circ}\text{C}$.



ნახ. 5. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ტემპერატურის T ცვლილებების გრაფიკი ხისტი შუაშრის სიღრმის მიხედვით ცხელ ($T = 150^{\circ}\text{C}$) ასფალტბეტონის ნარევთან დაკონტაქტების დროისგან დამოკიდებულებით:

- 1 – თერმოწყვილ №1-ის მიხედვით, 1-2 მმ სიღრმეზე;
- 2 – თერმოწყვილ №2-ის მიხედვით, 10 მმ სიღრმეზე; 3 – თერმოწყვილ №3-ის მიხედვით, 20 მმ სიღრმეზე; 4 – თერმოწყვილ №4-ის მიხედვით, 30 მმ სიღრმეზე;
- 5 – თერმოწყვილები; 6 – შავი ღორღი; 7 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარი;
- 8 – ასფალტბეტონი; 9 – პოტენციომეტრი

ცხელ ($T=150^{\circ}\text{C}$) ასფალტბეტონის ნარევთან დაკონტაქტებისას დროთა განმავლობაში ქვიშა-ცემენტის ტენიანობა იცვლება (იხ. ნახ. 5). მაგრამ შემოთავაზებული კონსტრუქციების სპეციფიკისა და საფარების მოწყობის ტექნოლოგიის მიხედვით ტენის შემცირება ნაკლებად ზემოქმედებს ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ნორმალურ რეჟიმზე. ეს ექსპერიმენტების მონაცემებითაც დასტურდება.

ნიშანდობლივია, რომ ტენის შემცირება შეინიშნება მხოლოდ შედარებით მოკლე პერიოდის (30-35 წთ) განმავლობაში და ემთხვევა მექანიკური ბმული წყლის მაქსიმალური შემცველობის პერიოდს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ზემოდან დაგებული ცხელი ასფალტბეტონის ფენა თავად წარმოადგენს ერთგვარ დაცვას ტენის აორთქლების წინააღმდეგ, შეიძლება იმის მტკიცება, რომ ხსნარის გამყარებისათვის ტენის საკმარისი რაოდენობა შეინახება.

როგორც გრაფიკებიდან (ნახ. 5) ჩანს, ტემპერატურის მომატებისას ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ტენიანობა პირველ 10-25 წთ-ში მინიმუმამდე მცირდება, შემდეგ იზრდება და დაახლოებით 60 წთ-ის შემდეგ ისევ მცირდება. ცხადია, რომ ტენიანობის პირვანდელი ვარდნა დაკავშირებულია ტენის აორთქლებასთან ასფალტბეტონის ფხვიერი ფენის გავლით და ტენის უკანდახევასთან მაღალი წნევის ცხელი ზონიდან შედარებით დაბალი წნევის ცივ - ქვედა ზონაში. ტენის მეორადი ვარდნა ცემენტის ჰიდრატაციასთან და ტენის მომდევნო აორთქლებასთანაა დაკავშირებული.

გრაფიკზე არსებული აღმავალი მონაკვეთი (ნახ. 5), რომელიც ტენიანობის მომატებას შეესაბამება, როგორც ჩანს, ასფალტბეტონის გაცივებისას ორთქლის კონდენსაციით და ქვემოთ მდებარე ფენებიდან წყლის კაპილარული გაწოვითაა განპირობებული. ასეთი მოვლენების ინტენსიურობა ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული და მათ შორის, ქვიშა-ცემენტის ხსნარის თბოტექნიკურ მახასიათებლებზე, ცემენტის წყალსაკავ უნარზე, ცემენტის ფორებისა და კაპილარების სტრუქტურაზე,

ორთქლჰაერიანი და თხევადი ფაზების ფაზურ თანაფარდობაზე, და ასევე მინერალოგიურ შედგენილობაზე და ცემენტის ჰიდროლიზისა და ჰიდრატაციის პროცესების მიმდინარეობის ინტენსიურობაზე.

ხსნარიდან აორთქლებული წყლის რაოდენობა აუცილებლობის შემთხვევაში შეიძლება კომპენსირებულ იქნას სხვადასხვა გზებით, მაგალითად: შავი ღორღის ფოროვანი ფენის წინასწარი მორწყვით ქვიშა-ცემენტის ხსნარით მის გაჟღენთვამდე, ხსნარში ქლოროვანი კალციუმის შეყვანით და ასევე ცხელი ასფალტბეტონის დაგებამდე ახალდაგებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ზედაპირზე თხელი აფსკის დატანით. მაგრამ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ტენიანობის შენარჩუნებაზე გამიზნული ყველა ეს დამატებითი ზომები მხოლოდ ცხელ ამინდშია აუცილებელი.

ასფალტბეტონის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გაყრის (გაყოფის) ზღვარზე ურთიერთჩაჭიდების განმაპირობებელი პროცესების მიმდინარეობის ინტენსიურობა, ყველა სხვა თანაბარი პირობისას, დამოკიდებულია ურთიერთმიჭერის ძალაზე, რაც პრაქტიკულად უზრუნველყოფილია მათი ერთდორული გამკვრივებისას. გამკვრივების დატვირთვის 40 მპა-მდე შეცვლისას, როგორც ეს ასფალტბეტონის საფარების გამკვრივების ტექნოლოგიაშია მიღებული, ქვიშა-ცემენტის ხსნარის თბოტენიანი რეჟიმი შეიძლება არსებითად შეიცვალოს. მაგრამ მნიშვნელოვანი ცვლილებები მხოლოდ 5 მპა-მდე ინტერვალში აღინიშნება. შესაბამისად, გამკვრივების დატვირთვის ცვლილების გზით შესაძლებელია ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გამყარების თბოტენიანი რეჟიმის რეგულირება და ოპტიმიზირება. ამასთან გათვალისწინებული უნდა იყოს, რომ გამკვრივების დატვირთვის ზრდა ერთობ აუარესებს ხსნარის ზედაპირული შუაშრეების თბოტენიან რეჟიმს, მაგრამ ამავდროულად, მნიშვნელოვნად ზრდის ასფალტბეტონის ნარევისა (ასფალტშემკვრელი ნივთიერების) და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის (ცემენტის ცომის) მექანიკურ ურთიერთშეღწევას. ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ სიმტკიცის საჭირო ზღვარი გამყარებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან ასფალტბეტონის მოწყვეტისას, რომელიც

მთელი რიგი ფაქტორებითაა განპირობებული, დაახლოებით 3 დღე-ღამის განმავლობაში მიიღწევა და საფარების ექსპლუატაციის დროსაც კი აგრძელებს ზრდას. აღსანიშნავია, რომ 3-დან 28 დღე-ღამემდე პერიოდში ბიტუმის ადსორბცია ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ზედაპირზე 2-ზე უფრო მეტჯერ იზრდება, შესაბამისად, სიმტკიცე მოწყვეტისას თითქმის 2,5-ჯერ იზრდება. ნიშანდობლივია, რომ მათი ზრდის ერთნაირი კანონზომიერება ვლინდება.

ცხელი კლიმატის პირობებში თვლების განმეორებითი დატვირთვის ზემოქმედების ქვეშ სიმტკიცის ზრდა ასევე იმითაა განპირობებული, რომ ბიტუმი აგრძელებს დიფუნდირებას მიკროფორებში, მიკრობზარებში და გამყარებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის სხვა დეფექტურ ადგილებში, რასაც შეიძლება ხელი შეუწყოს ბიტუმის გარკვეული სიჭარბე ნარევებში. ასევე სხვა მოვლენაც შეინიშნება: ცემენტის დარჩენილი არაჰიდრატირებული მარცვლები, მაგალითად, ცხელი ასფალტბეტონის ნარევის მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებისგან „გამხმარი“ (გაუწყლოვანებული) მარცვლები, დაკონტაქტებისას დროთა განმავლობაში შემოიკვრება ბიტუმით და ირთვება ასფალტშემკვრელი ნივთიერების შემადგენლობაში. შედეგად სასაზღვრო ფენა კიდევ უფრო მკვრივდება, თანაც ეს პროცესი წლობით გრძელდება.

კომპოზიციური მასალის და საფარის სტრუქტურული თავისებურება სამუშაო სქემასა და მისი სიმკვრივის (მგრისადმი მდგრადობის) შეფასების მეთოდუკას განაპირობებს. ყველა შემთხვევაში კომპოზიციური საფარები შეიცავს ორ ან მეტ კონსტრუქციულ ფენას, რომლებსაც სიმტკიცის სხვადასხვა მახასიათებლები აქვთ.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღის ხისტი შუაშრების შემცველი კომპოზიციური საფარებისთვის (იხ. ნახ. 1) გამოსადეგია ისეთი საანგარიშო სქემა, რომელსაც საფუძვლად გრძივი ღუნვისადმი თხელი ფილის წინააღობის განსაზღვრის პრინციპი უდევს.

გოფრირებული ან ბადისებური შუალედური ხისტი შუაშრის მქონე კომპოზიციური საფარისთვის (იხ. ნახ. 3 ა, გ) მიზანშეწონილია გრძივი მდგრადობის იმავე სქემის გამოყენება, ოღონდ პერფორაციის კოეფიციენტის გათვალისწინებით, რომელიც მხედველობაში იღებს ხისტი შუაშრის საანგარიშო კვეთის შესუსტებას.

გზის ღერძის გასწვრივ დაგებული წაგრძელებული ელემენტებისგან შემდგარი გოფრირებული ხისტი შუაშრის მქონე კომპოზიციური საფარისთვის მისაღებია თხელი ფილის (ფირფიტის) გრძივი ღუნვის საანგარიშო სქემა (იხ. ნახ. 6), შუაშრის ანიზოტროპულობის გათვალისწინებით. ზოგიერთ შემთხვევაში გეომეტრიული ანიზოტროპიის გამო გრძივი და განივი მიმართულებით თხელი ფილის სიხისტეებში განსხვავება გვამღვს საშუალებას გამოვიყენოთ ღეროების გრძივი ღუნვის სქემა, განსაკუთრებით თუ ისინი ცალ-ცალკეა განლაგებული.

შუალედური ხისტი შუაშრის ან ცალკეული ღეროების გრძივი ღუნვისადმი მდგრადობის განსაზღვრისას და შესაბამისად, მთლიანად კომპოზიციური საფარის ძვრისადმი მდგრადობის შეფასებისას სიმტკიცის ძირითად კრიტერიუმს წარმოადგენს თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვის ზემოქმედების ქვეშ კონტაქტილმა ზონის ძვრის გრძივი წონასწორობის დარღვევა. ამიტომ, როგორც წესი, საანგარიშოს სახით უნდა გამოვიყენოთ კონტაქტილმა ზონა, როგორც ეს ნახ. 6-ზეა ნაჩვენები.

წინამდებარე ჰიპოთეზის რეალობა განპირობებულია კონტაქტილმა ზონაში ნორმალური და მხები ძაბვების უფრო საშიში შეხამებით, რაც დაკავშირებულია ამავე ზონაში მორ-კულონის მიხედვით ზღვრული მდგომარეობის დადგომასთან. ეს ასევე ექსპერიმენტულადაც დგინდება.

საანგარიშო დატვირთვის სახით, ამასთან, უნდა ავიღოთ თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვა T_p , რომელიც ძირითადად სატვირთო ავტომობილებისგან წარმოიქმნება. მაგალითად, T_p -ს მაქსიმალური მნიშვნელობა ავტომობილის დამუხრუჭებისას შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ფორმულით:

$$T_p = P \left(\frac{V_2}{2gS} + i \right), \quad (1)$$

სადაც:

P – თვლების ვერტიკალური დატვირთვა;

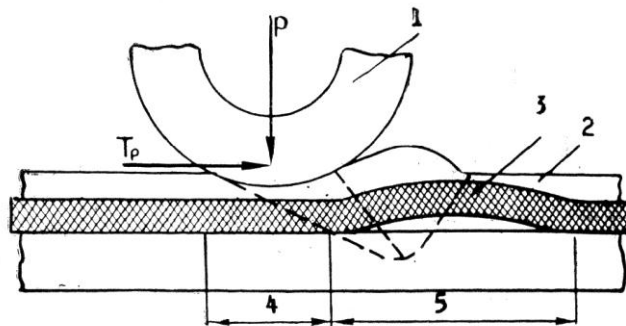
V – ავტომობილის სიჩქარე, მ/წმ;

g – სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ²;

S – დამუხრუჭების მანძილი, მ;

i – დახრილობა ერთეულების წილებში.

ექსტრემალური შემთხვევებისთვის დამუხრუჭების მინიმალური მანძილი აიღება საფართან ავტომობილის თვლების ჩაჭიდების კოეფიციენტის მაქსიმალური მნიშვნელობის პირობით.



ნახ. 6. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ძვრის დეფორმაციის სქემატური გამოსახულება:

1 – თვალი; 2 – ასფალტბეტონის საფარი; 3 – ხისტი შუაშრე;

4 – კონტაქტქვეშა ზონა; 5 – კონტაქტმიღმა ზონა; T_p – თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვა; P – თვლების ვერტიკალური დატვირთვა; პუნქტირის ხაზით აღნიშნულია სრიალის სიბრტყეები და მთლიანად ძვრის ზონების კონტურები ხისტი შუაშრის არარსებობისას.

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ თვლების ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დატვირთვების ზემოქმედებისას და ზღვრული მდგომარეობის დადგომისას არახისტ საფარებში სამკუთხა კვეთის მქონე ძვრის ორი პრიზმა წარმოიქმნება, როგორც ეს ნახ. 7-ზე პუნქტირის ხაზითაა ნაჩვენები. შტამპქვეშა სამკუთხა პრიზმა ძვრისას ქვეშ იწევა, ხოლო შტამპმიღმა სამკუთხა პრიზმა ზევით ამოდის. ხისტი შუაშრის არსებობა სრულიად ცვლის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის სურათს; პრიზმების გადანაცვლება იზღუდება, სრიალის სიბრტყეები ხისტი

ელემენტებით წყდება, ჰორიზონტალური მძვრელი დატვირთვა ძირითადად გადაეცემა ხისტ შუაშრეს, რომელიც, ზღვრული მდგომარეობის დადგომისას, ზევით იზნიქება, როგორც ეს ნახ. 6-ზეა ნაჩვენები.

ამასთან, ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ძვრისადმი მდგრადობის პირობა შეიძლება შემდეგინაირად გამოვსახოთ:

$$T_p \leq \frac{K_p \cdot S}{K_3 \cdot K_n}, \quad (2)$$

სადაც:

T_p – თვლების საანგარიშო ჰორიზონტალური დატვირთვა – აქტიური წნევა საფარზე, პა;

R – საფარის ძვრის კონტაქტმიღმა ზონის რეაქტიული წინაღობა, რომელიც ძირითადად ხისტი შუაშრის გრძივ მდგრადობაზეა დამოკიდებული, პა;

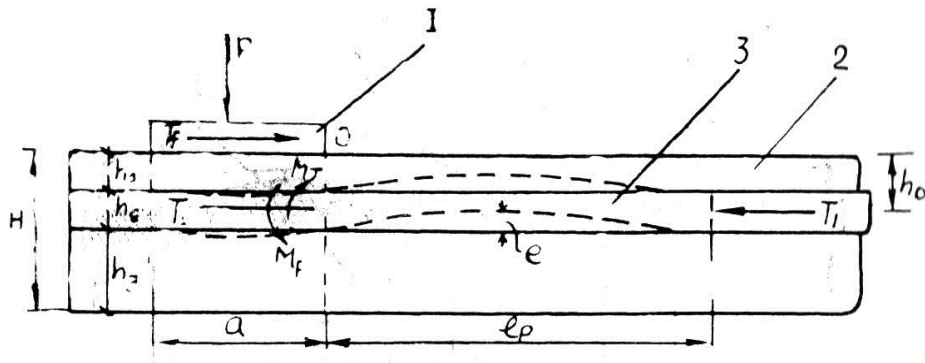
K_p – მუშაობის პირობის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს დეფორმირების კონტაქტქვეშა და კონტაქტმიღმა ზონების ურთიერთქმედებას (დგინდება ექსპერიმენტულად);

K_3 – მარაგის საერთო კოეფიციენტი;

K_n – განმეორებადობის გათვალისწინების კოეფიციენტი.

ხისტი შუაშრის გარკვეულ სიღრმეზე განლაგება არ გამოორიცხავს ქვედა ფენების ძვრას, მაგრამ შედარებით ნაკლებად ზემოქმედებს ზედა ფენების ძვრაზე. ამასთან, საფარის ზედა ფენის ძვრა მინიმალურია, ვინაიდან ძვრის დეფორმაციები მხოლოდ ზედა ფენას მოიცავს, რომელსაც პატარა (მცირე) სისქე აქვს. ზედა ფენის ძვრა ასევე შეზღუდულია სასაზღვრო ფენის გამკვრივებით და მისი შესქელებით ასფალტბეტონის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ურთიერთშედგენის ხარჯზე.

შესაძლო საანგარიშო სქემის ერთ-ერთი ვარიანტი, რომელიც მისაღებია საკითხის გადაჭრისადმი საინჟინრო მიდგომისათვის, წარმოდგენილია ნახ. 7-ზე.



ნახ. 7. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ძვრისადმი მდგრადობის საანგარიშო სქემა:

1 – შტამპი; 2 – საფარი; 3 – შუალედური შუაშრე

საანგარიშო სქემა შედგენილია შემდეგი დაშვებების გათვალისწინებით:

1. ხისტი შუაშრის გრძივი მდგრადობა განიხილება მხოლოდ საანგარიშო სიგრძის l_p მქონე კონტაქტმილმა ზონის საზღვრებში, რომელიც რეალური პრაქტიკული მონაცემების მიხედვით განისაზღვრება. მდგრადობის დაკარგვის კრიტერიუმის სახით მიღებულია ხისტი შუაშრის ღუნვის დაწყების მომენტი.

2. მზის სხივებით გახურებული ასფალტბეტონის საფარის ზედა ფენა (საცვეთი ფენა) ძლიერ შერბილებულია და ამიტომაც გამორიცხულია ხისტ შუაშრესთან ერთობლივი მუშაობიდან.

3. ხისტი შუაშრის ღუნვა უმნიშვნელოა და ამიტომ არ შეუძლია T_p ძალისგან დამატებითი მომენტის გამოწვევა.

4. ხისტი შუაშრის კავშირი ქვედა ფენასთან, კონტაქტქვეშა და კონტაქტმილმა ზონების ფარგლებში არ არსებობს ტექნიკური მიზეზების გამო. ამასთან T_p ძალა მოდებულია O_I წერტილში (ნახ. 8) და მთლიანად გადაეცემა ხისტ შუაშრეს $T_p = T_i$.

5. O_I წერტილში, გარდა T_i ძალისა, მოქმედებენ მომენტები $M_T = T_p \cdot h_0$ და $M_p = P \cdot \frac{a}{2}$, რომლებიც იწვევენ ხისტი შუაშრის ღუნვას კონტაქტმილმა ზონის l_p ფარგლებში. მითითებული საანგარიშო სქემისა და ნახევრადხისტი

კომპოზიციური საფარის კონსტრუქციული ელემენტების მიღებული ზომებისთვის შეიძლება ჩაითვალოს, რომ O_I წერტილში მღუნავი მომენტები M_T და M_p ერთმანეთს აწონასწორებენ. მაგრამ საფარის ზედაპირთან ხისტი ფენის ახლო განლაგებისა და დაშვებული 5-10 მმ-ის ფარგლებში ჩაზნექების (ექსპლუატაციისას წარმოქმნილი საფარის უსწორობების) შემთხვევაში, ექსცენტრიტეტი e (ნახ. 8) მნიშვნელოვანი ხდება. ამასთან საჭიროა ხისტი ფენის მდგრადობის დამატებითი შემოწმება გაანგარიშების გზით.

O_I წერტილში ასევე შეიძლება მოქმედებდეს ძალთა მომენტი საფარის სისქის მიხედვით ტემპერატურათა სხვაობის გამო. მაგრამ ხისტი შუაშრის სისქის შეზღუდულობა (6 სმ-მდე) და ხისტი და არახისტი ელემენტების გაყოფის ზღვარზე ბიტუმის აფსკების არსებობა, ასევე ხისტი შუაშრების კონსტრუქციებისა და ცალკეული ღეროების (მასშტაბური ფაქტორი) დამყოლობა იძლევა საშუალებას პრაქტიკულად უგულებელვყოთ ტემპერატურის გავლენა როგორც დააფრაკების, ისე ტემპერატურული დაბზარვის თვალსაზრისით. ამას უნდა დავუმატოთ ის, რომ ბადისებრი ბზარების გამოჩენისას ისინი სწრაფად „ხორცდება“ ასფალტბეტონიდან მზის სხივებით გახურებული ბიტუმის შეღწევის შედეგად.

6. ხისტი შუაშრის საანგარიშო სიგრძე l_p გამოცდილებისა და პრაქტიკული მოსაზრებების მიხედვით $l_p \approx 30-70$ სმ ტოლად უნდა მივიღოთ. ასევე საფარების ექსპლუატაციის პრაქტიკამ დაადასტურა, რომ ტალღისებური ძვრის დეფორმაციებით დატაცებული ზოლების სიგანე რეალურ პირობებში $2 \div 4a$ -ს შეადგენს, სადაც a – თვლის კვალის სიგანეა საკონტაქტო ფართობზე, მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში ის l_p -ს ტოლია. არაიშვიათია შემთხვევები, როდესაც ტალღისებური ძვრის დეფორმაციები მთელ სასიარულო ზოლს მოიცავს. თუ პირველ შემთხვევაში შეიძლება l_p სიგრძის ხისტი შუაშრე კონტურის გასწვრივ დამაგრებული ღუნვადი თხელი ფილის სახით წარმოვიდგინოთ, მეორე შემთხვევაში ის მხოლოდ

ბოლოებში ნახევრადსახსრულად–ნახევრადხისტად მოჭერილად შეიძლება ჩავთვალოთ. ეს საფარის ყველაზე სახიფათო მდგომარეობას შეესაბამება.

დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის სახის, მდგრადობის უზრუნველყოფის პირობებისა და ტექნიკური მოსაზრებების მიხედვით ხისტი შუაშრე ყველაზე დიდი მხები ძაბვების ქმედების დონეზე უნდა განლაგდეს.

შტამპქვედა ზონის a ფარგლებში (ნახ. 8) წარმოიქმნება რთული დაძაბული ველი, რომელიც ძნელად ემორჩილება ანალიზს მაგრამ,

სენ-ვენანის პრინციპთან ანალოგიის მიხედვით ის ნაკლებად მოქმედებს კონტაქტილმა ზონის I_p სიმტკიცესა და მდგრადობაზე.

ასეთი სასაზღვრო პირობებისას ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ძვრისადმი მდგრადობა შეიძლება შეფასდეს კრიტიკული ძალის სიდიდით T_{kr} , რომელიც იწვევს ხისტი შუაშრის გრძივი მდგრადობის დანაკარგს.

რეალური სურათის გამოსახატავად კრიტიკული ძალა T_{kr} უნდა განვსაზღვროთ თხელი (პატარა ზომების) ფილის სტატიკური სამუშაოს სქემის მიხედვით, რომელიც ხისტად მოჭერილია გვერდებში გრძივი მიმართულებით (გზის ღერძის გასწვრივ) და სახსრულად მოჭერილია კიდეებში [19] (გზის ღერძის გარდიგარდმო).

T_{kr} შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ფორმულით:

$$T_{kr} = K_n \frac{\pi^2 \cdot D \cdot B}{I_p^2} \left(1 - \frac{e_o}{e_n} \right), \quad (3)$$

სადაც:

D – ხისტი შუაშრის ცილინდრული სიხისტე;

I_p – ღუნვადი ზონის საანგარიშო სიგრძე;

K_n – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფილის კონტურის გასწვრივ დამაგრების ხასიათს, $K_n = 3-7$ (ზუსტდება ექსპერიმენტული გზით);

B – საფარის ღუნვადი ზოლის სიგანე;

ϵ_0 – საწყისი ექსცენტრისიტეტის ფაქტიური მნიშვნელობა (ნახ. 8);

ϵ_n – ექსცენტრისიტეტის დაშვებული (ზღვრული) მნიშვნელობა

$$\text{ამასთან: } 1 - \frac{\epsilon_0}{\epsilon_n} \geq 0.$$

კომპოზიციური მასალისგან შემდგარი ხისტი შუაშრეების გაანგარიშების მიზნით (ნახ. 1) შეიძლება ასევე გათვალისწინებული იყოს მათი მუშაობა დრეკადობის ზღვარს მიღმა [19].

პრაქტიკულმა გაანგარიშებებმა აჩვენა, რომ გზაზე ნორმატიული დატვირთვისთვის [20] ყველა შემთხვევაში ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღისგან შემდგარი ხისტი შუაშრის გრძივი მდგრადობა ($E = 2000-6000$ მპა) უზრუნველყოფილია მისი არანაკლებ 3 სმ სისქისას. მაგრამ ტექნიკური მოსაზრებების მიხედვით შუაშრეს უნდა ჰქონდეს არანაკლებ 5-6 სმ სისქე. შესაბამისად, ასეთი ხისტი შუაშრეები შესამოწმებელი გაანგარიშების გარეშე რეკომენდებული, ვინაიდან ყოველთვის გარანტირებენ ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ძვრისადმი აუცილებელ მდგრადობას.

ბადისებრი და პერფორირებული ხისტი შუაშრეების გაანგარიშებისას (იხ. ნახ. 3) უნდა გავითვალისწინოთ კვეთის შესუსტება და ძაბვების ველის ცვლილება პერფორირებული ადგილების არსებობის გამო. ამასთან შეიძლება დაყვანის ამოცანის გამოყენება, რომლის მიხედვით პერფორირებული შუაშრეების სიხისტის მახასიათებლის განსაზღვრის შედეგად არამთლიანი (გეგმაში) ხისტი შუაშრე შეიძლება გამოვიანგარიშოთ როგორც მისთვის სიხისტით ექვივალენტური მთლიანი შუაშრე [20]. ამისათვის ყველაზე გამოსადეგია ჰიპოთეზა მთლიანი და პერფორირებული თხელი ფილების (ფირფიტების) ზედაპირთა ღუნვის მსგავსობის შესახებ, სხვა პარამეტრების თანაბარი პირობების შემთხვევაში. ეს პირობა მთლიანი და პერფორირებული ფილების კვეთის წინააღმდეგობის მომენტისთვის შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$W_{cn} = \gamma_n \cdot W_{np}, \quad (4)$$

სადაც:

γ_n – მსგავსობის ან სიხისტის მიხედვით პერფორაციის გათვალისწინების კოეფიციენტი.

ანალოგიურად, პერფორირებული შუაშრის დაყვანილი სიხისტე იქნება ტოლი:

$$D_{np} = \gamma_n \cdot D_{cn}, \quad (5)$$

მსგავსობის კოეფიციენტი γ_n წარმოადგენს ფილების გასწვრივ და გარდიგარდმო მიმართულებით პერფორირებული ადგილების ზომების და ცენტრებს შორის მანძილის ფუნქციას.

გარკვეული მიახლოებით γ_n შეიძლება განისაზღვროს ფორმულის მიხედვით [20]

$$\gamma_n = \left(1 - \frac{F_o}{F}\right)^{7/3}, \quad (6)$$

სადაც:

F – გეომეტრიული ფართობია პერფორაციის გათვალისწინების გარეშე;

F_o – ფაქტიური ფართობი პერფორაციის გათვალისწინებით.

კუმშვისას ძაბვების შესუსტების კოეფიციენტი შეიძლება გამოითვალოს შემდეგი ფორმულით:

$$D_{np} = \frac{\Psi \cdot E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}, \quad (8)$$

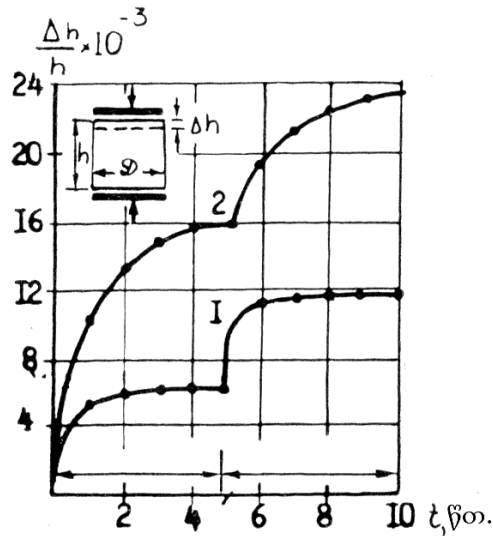
გაანგარიშებებმა აჩვენა, რომ არანაკლებ 3 სმ-ის სისქის მქონე ხისტი შუაშრისთვის 20 სმ-ზე ნაკლები ზომის და პერფორირებულ ადგილებს შორის არაუმეტეს 23 სმ-ის მანძილის მქონე პერფორირებული ადგილების (ბადის უჯრედების) არსებობისას (იხ. ნახ. 3) პერფორირებული ხისტი შუაშრის გრძივი მდგრადობა თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვის შემოქმედებისას ყოველთვის უზრუნველყოფილია. ასფალტბეტონით შევსებული (ამოვსებული) პერფორირებული ადგილები უზრუნველყოფენ ხისტი შუაშრის მუშაობის საკმარის საიმედოობას.

კრიტიკული ძალა ხისტი შუაშრისთვის, მის კონფიგურაციაზე დამოკიდებულებით, შეიძლება განისაზღვროს სხვადასხვა ხერხებით, მაგალითად: გოფირებული ფორმისთვის და ცალკეული ღეროებისთვის ის შეიძლება განისაზღვროს ასევე ეილერის მიხედვით, გვერდებზე და კიდეებში გამაგრებული ფორფიტების (ღეროების) გრძივი ღუნვის სქემის თანახმად [19]. მაგრამ ასეთი სქემა ნაკლებად მისაღებია.

თავისი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღისგან შემდგარი კომპოზიციური მასალა ყველაზე მეტად უახლოვდება ასფალტბეტონს. უნდა აღინიშნოს, რომ ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები საკმაოდ ვრცელადაა შესწავლილი და გაშუქებული ტექნიკურ ლიტერატურაში, მაგრამ ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღისგან შემდგარი კომპოზიციური მასალის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა რთულ ამოცანას წარმოადგენს. დამახასიათებელ თვისებურებას წარმოადგენს მისი გაზრდილი ხანგრძლივი სიმტკიცე, მაშინ როდესაც სიმტკიცის ზღვარი ნაკლებად განსხვავდება ასფალტბეტონის სიმტკიცის ზღვარისაგან, განსაკუთრებით გაჭიმვისას. მისთვის ასევე ჩვეულია ტემპერატურათა (40–65°C) დიაპაზონში ნაკლები მგრძობელობა ტემპერატურისა და დეფორმირების სიჩქარის ცვლილებებისადმი, გაზრდილი დარტყმითი სიბლანტე და ძვრისას დრეკად სტადიაში მუშაობის ფართო დიაპაზონი.

ასეთი კომპოზიციური მასალის კუბების (ცილინდრების) კუმშვისას სიმტკიცე დიდ დიაპაზონში იცვლება (15 მპა–მდე), სხვა თანაბარი პირობებისას ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მარკისგან, ბიტუმის რაოდენობისა და სიბლანტისგან, ბიტუმში მინერალური ფხვნილის დამატებისგან დამოკიდებულებით.

ასფალტბეტონთან შედარებით, კომპოზიციური მასალის დეფორმაციის აშკარად გამოხატული დრეკადბლანტი ხასიათი თვალნათლივ ჩანს ნახ. 8-ზე წარმოდგენილ კუმშვის რეოლოგიურ მრუდზე.



ნახ. 8. კუმშვის რეოლოგიური მრუდები (მუდმივი P დატვირთვებისას დატვირთვის ქმედების დროისგან t კუმშვის ფარდობითი დეფორმაციის $\Delta h/h$ დამოკიდებულება):

1 – კომპოზიციური მასალისთვის; 2 – ასფალტისთვის, ბეტონისთვის

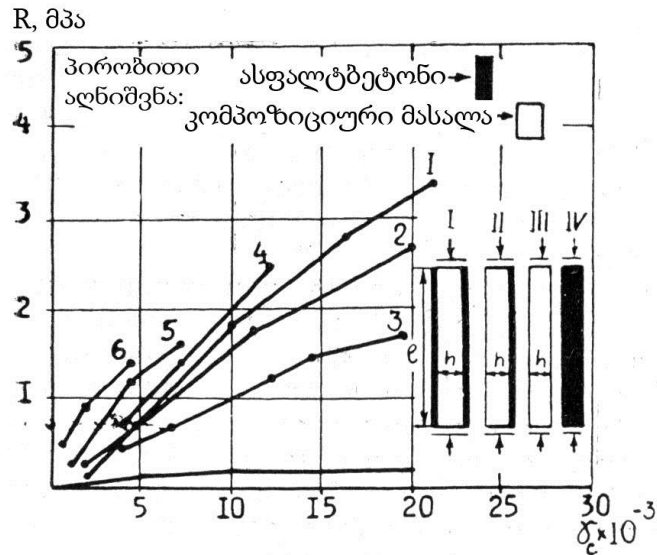
იმის გამო, რომ ცილინდრული ნიმუშების კუმშვა ვერ იძლევა სრულ წარმოდგენას საფარში შუალედური ხისტი შუაშრის სახით კომპოზიციური მასალის მუშაობაზე, ჩატარებულ იქნა ცდები ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღისგან შემდგარი ხისტი შუაშრის ნიმუშების კუმშვის რეალური სქემის მიხედვით.

კვლევები ჩატარებულ იქნა ხისტ შუაშრეზე, მასთან მოსაზღვრე ასფალტბეტონის ფენების სხვადასხვა ტემპერატურაზე გავლენის დადგენის მიზნით.

ფარდობითი შეფასებისთვის გრძივ კუმშვაზე გამოცდილ იქნა სამოდელო ნიმუშები – ორივე მხრიდან, ერთი მხრიდან ასფალტბეტონის ფენების მქონე ფილები და ფილები ამ ფენების გარეშე, და ასევე მთლიანად ასფალტბეტონისგან შემდგარი ფილები (იხ. ნახ. 9. I, II, III, IV).

წინამდებარე გრაფიკების ანალიზი გვიჩვენებს შემდეგს: 25-70°C ტემპერატურის ცვლილების დიაპაზონში ასფალტბეტონის ფენებს შორის მოქცეულ ხისტ შუაშრეს აქვს უმეტესი წინააღობადობის გაწევისა და დეფორმაციული უნარი.

ნაკლები სიმტკიცე და დეფორმაციული უნარი აქვს ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარ პრიზმატულ ნიმუშებს. ყველაზე ნაკლები სიმტკიცე, მაგრამ შედარებით გაზრდილი დეფორმაციული უნარი, აქვთ სუფთა ასფალტბეტონის ნიმუშებს.



ნახ. 9. კომპოზიციური მასალის ძალოვანი დიაგრამენი (პრიზმატული ნიმუშების კუმშვის ფარდობითი დეფორმაციის ϵ დამოკიდებულება დატვირთვისაგან R):
 1 – ნიმუში I, $1/h=4,2$, გამოცდის ტემპერატურა $T = 25^{\circ}\text{C}$; 2 – ნიმუში I, $1/h=4,2$, $T = 50^{\circ}\text{C}$; 3 – ნიმუში II, $1/h=4,2$, $T = 70^{\circ}\text{C}$; 4 – ნიმუში II, $1/h=9,2$, $T = 25^{\circ}\text{C}$; 5 – ნიმუში III, $1/h=5,8$, $T = 60^{\circ}\text{C}$; 6 – ნიმუში III, $1/h=8,3$, $T = 60^{\circ}\text{C}$; 7 – ნიმუში IV, $1/h=4,2$, $T = 40^{\circ}\text{C}$

$60-70^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე ნიმუშებმა წინააღობის ყველაზე ნაკლები უნარი გამოაჩინეს.

სიმტკიცის ზღვარი კომპოზიციური მასალის გაჭიმვისას გაცილებით დაბალია, ვიდრე მისი კუმშვისას, განსაკუთრებით მაღალ ტემპერატურებზე, როდესაც ბიტუმის სიბლანტე მცირდება. კომპოზიციური მასალისგან შემდგარი ნიმუშების გაგლეჯის დროს სიმტკიცის ზღვარი, შედგენილობაზე დამოკიდებულებით, შეიძლება $0,6$ მპა-ს აღწევდეს 50°C ტემპერატურისას და მკვეთრად იზრდება ბიტუმის მასტიკის (ბიტუმის და მინერალური ფხვნილის ნარევის) ბიტუმის ნაცვლად გამოყენებისას.

კომპოზიციური საფარის სტრუქტურა, რომელიც მოიცავს გრანულირებულ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს (იხ. ნახ. 2), ერთობ განსხვავდება ზემოთ განხილული სტრუქტურებისგან. ის შეიძლება წარმოდგენილი იქნას

ორი ნაირსახეობით: 1 – გრანულები (ხელოვნური ღორღის მარცვლები) არ კონტაქტირებენ ერთმანეთთან (უკონტაქტო სტრუქტურა); 2 – გრანულები ეხებიან ერთმანეთს და ქმნიან მთლიან სივრცულ სტრუქტურას (კონტაქტური სტრუქტურა). ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გრანულირებისათვის აგრეგატის შექმნისა და ასფალტბეტონის ნარევის გასწორების პროცესში მისი უშუალოდ ობიექტზე მიწოდების შესაძლებლობაზე დამოკიდებულებით გრანულებს შეიძლება სხვადასხვა ფორმა ჰქონდეთ. ყველა შემთხვევაში გრანულების (ხელოვნური ღორღის) ზომები ტექნიკური მოსაზრებებით 15–20 მმ–ზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

გოფირებული შუაშრის მქონე კომპოზიციური საფარის გრძივი ღუნვისადმი სიმტკიცე და მდგრადობა დამოკიდებულია ასფალტბეტონის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის განივკვეთის ფართობების თანაფარდობაზე (მოცულობით თანაფარდობაზე). ამასთან, რაც უფრო მეტია ხსნარის ფარდობითი წილი, მით უფრო მდგრადია სისტემა, მაგრამ ის იზღუდება კონსტრუქციის ოპტიმალური სიხისტით, რომლის გადაჭარბების შემდეგ საფარი აღარ არის ნახევრადხისტი და უტოლდება დრეკად საფუძველზე მყოფ (მდგარ) დრეკადხისტ ბეტონის ფილას.

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ მდგრადობის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა F_1 და F_2 ასფალტბეტონის განივკვეთის ფართობების თანაფარდობა იმყოფება $\frac{F_1}{F_2} \approx 0,25 - 0,5$ ფარგლებში, მაგრამ ტექნოლოგიური მოსაზრებებიდან გამომდინარე მიზანშეწონილია მისი ერთთან ახლოს მყოფ სიდიდედ აღება.

პრიზმატული ნიმუშების (იხ. ნახ. 9) კუმშვისას ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მიერ აღქმული თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვის წილი P_1 წაგრძელებული ხისტი ელემენტების გასწვრივ დამოკიდებულია როგორც საფარის სიგანის ერთეულზე ან ლიანდის სიგანეზე გადათვლილ ფართობების თანაფარდობაზე $K_1 = \frac{F_1}{F_2}$, ისე ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა E_1 და ასფალტბეტონის E_2 დრეკადობის მოდულების თანაფარდობაზე, $K_2 = \frac{E_1}{E_2}$

$$P_1 = P_o \frac{K_1 K_2}{1 + K_1 K_2},$$

სადაც:

P_o – საერთო ჰორიზონტალური დატვირთვა, რომელიც მოდებულია ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის კომბინირებული ნიმუშის ტორსზე.

კომპოზიციურ საფარებში ხისტი ელემენტების წინაღობადობის ფარდობითი შეფასებისათვის დამზადებული იქნა პრიზმატული ნიმუშები გაყოფის გოფირებული ზედაპირით და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა და ასფალტბეტონის განივკვეთის ფართობების სხვადასხვა თანაფარდობით $K_1 = 0,2 \div 1$.

პრიზმატულ ნიმუშებს 10 x 4 სმ განივკვეთი და 10 სმ სიმაღლე აქვთ. გამოცდა ტარდებოდა 20°C ტემპერატურაზე ჰიდრავლიკურ წნეხზე (წნეხის დგუშის გადაადგილების 5 მმ/წთ სიჩქარით). გამოცდის შედეგები მოყვანილია ცხრ. 1–ში.

ცხრილი 1

სიმტკიცის ზღვარზე გამოცდის შედეგები

კომპოზიციური მასალის შედგენილობა	სიმტკიცის ზღვარი პრიზმატული ნიმუშის ხისტი და არახისტი ელემენტების კუმშვისას, მპა	
	ქვიშა-ცემენტის ხსნარისთვის	ასფალტ-ბეტონისთვის
ქვიშა-ცემენტის ხსნარი 1:1		
ქვიშოვან ასფალტბეტონთან	11,9	0,69
წვრილმარცვლოვან ასფალტბეტონთან	10,6	0,52
ქვიშა-ცემენტის ხსნარი 1:2		
ქვიშოვან ასფალტბეტონთან	7,7	0,49
წვრილმარცვლოვან ასფალტბეტონთან	4,45	0,35

როგორც ცხრ. 1 მონაცემებიდან ჩანს, ძირითადი დამანგრეველი ძალა საერთო დატვირთვისგან ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარ ხისტ ელემენტებს გადაეცემა და მხოლოდ 6–10% საერთო დატვირთვისა გადაეცემა ასფალტბეტონს.

ცხრილში მოყვანილი, ხისტ და არახისტ ელემენტებზე გადაცემული დატვირთვები (1.9 ფორმულის მიხედვით გაანგარიშებული) გარკვეულწილად პირობითია, ვინაიდან არ ითვალისწინებენ ჩაჭიდებას ქვიშა-ცემენტის ხსნარსა და ასფალტბეტონს შორის. ამ ფაქტორის რაოდენობრივი შეფასებისათვის პარალელურად განსაზღვრულ იქნა სიმტკიცის ზღვრები მხოლოდ ასფალტბეტონის მდგენელის კუმშვისას.

მხოლოდ ასფალტბეტონს დატვირთვა სპეციალური პროფილური (გოფირებული) ლითონის პუასონის მეშვეობით გადაეცემოდა. შედეგად დადგენილი იყო, რომ ასფალტბეტონის ნაწილის წინაღობა 2-ჯერ და მეტჯერ აღმოჩნდა, ვიდრე ეს ფორმულის მიხედვით გამოდიოდა. ეს, უდავოდ, ასფალტბეტონის ქვიშა-ცემენტის ხსნართან ჩაჭიდებისა და ხისტ ელემენტებს შორის მოქცეულ ასფალტბეტონში ძვრის დეფორმაციების შედეგია.

კუმშვის ზღვრული ფარდობითი დეფორმაცია $\varepsilon = 0,002-0,012$ ფართო საზღვრებში მერყეობდა. შესაბამისად, აღინიშნებოდა დრეკადობის მოდულის ფართო მერყეობა, რომლის საშუალო მნიშვნელობა 6300 მპა-ის ტოლი იყო. როგორც ჩანს, დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობის შემცირება კომპოზიციური მასალის მომატებულ დამყოლობასთანაა დაკავშირებული, რაც ერთობლივად გამკვრივებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა და ასფალტბეტონის ურთიერთქმედებითაა განპირობებული. მახასიათებელი ძალოვანი დიაგრამა კომპოზიციური მასალისთვის მოყვანილია ნახ. 10-ზე.

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ კომპოზიციური მასალის დამყოლობა უფრო თვალნათლივ ქვიშოვანი ასფალტბეტონის შემცველ ნიმუშებში შეიმჩნევა.

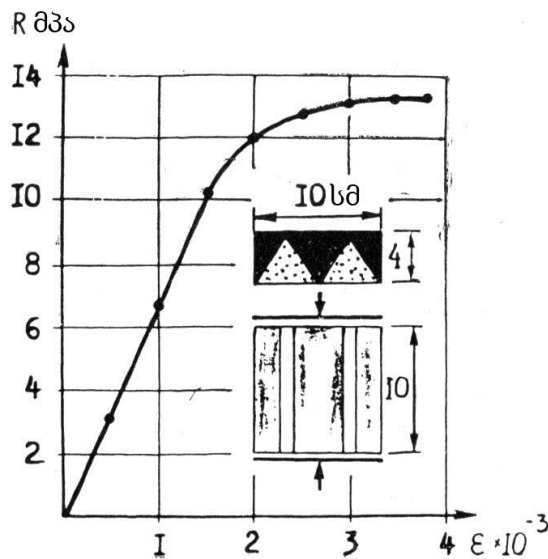
ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შემადგენლობის შეცვლისას 1:2-დან 1:1-მდე ნიმუშების სიმტკიცე 1,5-ზე მეტჯერ იზრდება.

ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ქვიშა-ცემენტის ხსნარში პრიზმატული ნიმუშების სიმტკიცე ნაკლებია, ვიდრე

კუბურისა. ნიშანდობლივია, რომ რეალური ჰორიზონტალური დატვირთვები გზის საფარებზე რამდენჯერმე ნაკლებია, ვიდრე სიმტკიცის ზღვარი ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი პრიზმატული ნიმუშების კუმშვისას.

ფორმულა 1.9 იძლევა საშუალებას თვლების საერთო ჰორიზონტალური დატვირთვის P_0 , ხისტ ელემენტებზე დაშვებული მკუმშავი ძაბვების $\sigma_{დამ}$ და დრეკადობის მოდულების ცნობილი მნიშვნელობებისას ოპტიმიზირებულ იქნას $K_1 = \frac{F_c}{F_a}$ სიდიდე არა მარტო სიმტკიცის, არამედ კონსტრუქციის ეკონომიურობის მიხედვით.

ცილინდრული სიხისტის განსაზღვრისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს ასევე გოფირებული ხისტი შუაშრის ან ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ცალკეული გრძივი ღერძების მქონე ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ანიზოტროპულობა.



ნახ. 10. კომპოზიციური მასალისგან შემდგარი პრიზმატული ნიმუშის კუმშვის ძალოვანი დიაგრამა (ფარდობითი დეფორმაციის ϵ დამოკიდებულება ძაბვისგან R)

ასევე უნდა გავითვალისწინოთ, რომ გზის ღერძის გასწვრივ ღუნვისას დრეკადობის საერთო მოდული $E_{0,np}$ კომბინირებული განივკვეთისთვის განსხვავდება განივი მიმართულებით ღუნვისას დრეკადობის მოდულისგან $E_{0,no}$. $E_{0,np}$ შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$E_{\text{ორპ}} = \frac{F_1 E_1 + F_2 E_2}{F_1 + F_2}, \quad (10)$$

სადაც:

F_1 და E_1 – ხისტი ელემენტების განივკვეთის ფართობი და დრეკადობის მოდულია სიგანის ერთეულზე; E_2, F_2 – იგივე არახისტი ელემენტებისთვის.

განივი მიმართულებით ასეთი კომპოზიციური საფარის ღუნვისას მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ასფალტბეტონის დრეკადობის მოდული. იმის გამო, რომ რეალურ პირობებში ღვრისას ტალღები ძირითადად გზის ღერძის გასწვრივ წარმოიქმნება, ეს მიმართულება საანგარიშოა, და ამიტომ ანგარიშში უნდა შევიყვანოთ ხისტი შუაშრის დრეკადობის მოდული.

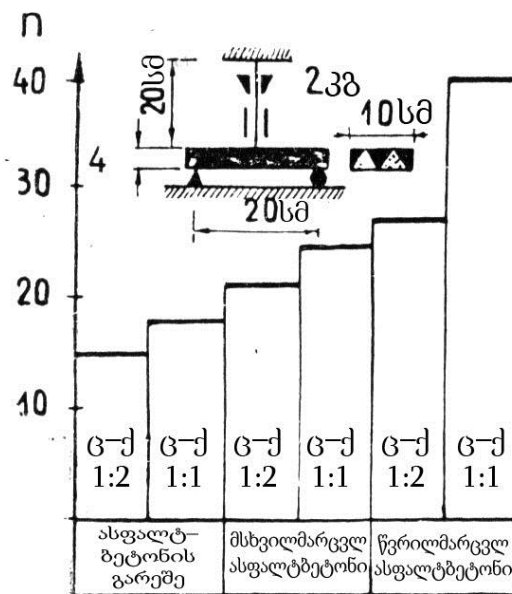
შტამპის ჩაზნევისას გოფირებული ხისტი შუაშრის მქონე კომპოზიციური საფარის სიმტკიცის ფარდობითი შეფასებისას ნიმუშები გამოცდილი იქნა 7 სმ დიამეტრის მქონე შტამპით. კომპოზიციური მასალისგან შემდგარი, 20x20 სმ ზომისა და 3 სმ სისქის მქონე ფილები ეყრდნობოდა 6 სმ სისქის ასფალტბეტონის ფენას. გამოცდების შედეგად დადგენილი იქნა, რომ შტამპის ჩაზნევისადმი კომპოზიციური საფარის წინაღობა ყველა შემთხვევაში 1,5-ჯერ აღემატება ჩვეულებრივი ასფალტბეტონის წინაღობას.

დრეკადობის სტატიკური მოდულის განსაზღვრისათვის დამზადებული და გამოცდილი იქნა ნიმუშები კოჭების სახით (სიგრძით 20 სმ და განივკვეთით 10x4 სმ), როდესაც ქვიშა-ცემენტის ხსნარის F_1 და ასფალტბეტონის F_2 განივკვეთების თანაფარდობა დაახლოებით უდრის

$$K_1 = \frac{F_1}{F_2} = 1.$$

გამოცდების შედეგად დრეკადობის მოდულის სიდიდის დიდი რხევა $E \approx 800 \div 2400$ მპა იქნა მიღებული. დრეკადობის მოდულის დაქვეითებული მნიშვნელობები ადასტურებენ ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის დაქვეითებულ წინააღობადობას თვლების ვერტიკალური დატვირთვისგან ღუნვისას.

დამახასიათებელია, რომ კომპოზიციური საფარების ნიმუშებმა დარტყმითი დატვირთვისადმი გაზრდილი ბლანტი წინაღობა გამოავლინეს. ამის დადასტურებაა მონაცემები, რომლებიც მოყვანილია გრაფიკზე (ნახ.11). ნიმუშები 20 სმ სიგრძის და 4x10სმ განივკვეთის მქონე კოჭების სახით მიყვანილ იქნა ნგრევამდე ღუნვისას. ამისათვის 2 კგ წონის მქონე ტვირთს აგდებდნენ 20 სმ სიმალიდან. ამასთან, პირობითად, ბლანტი წინაღობის საზომად იღებდნენ დარტყმების იმ რაოდენობას, რომელსაც ნიმუშის ნგრევამდე მივყავდით.



ნახ.11. სხვადასხვა შედგენილობის კომპოზიციური მასალებისგან შემდგარი ნიმუშების დარტყმითი დატვირთვისადმი ბლანტი წინაღობის ცვლილების გრაფიკი (კოჭების ნგრევისას დარტყმების რაოდენობის n დამოკიდებულება ქვიშა-ცემენტის ხსნარში ცემენტისა და ქვიშის თანაფარდობისგან და ასფალტბეტონის სახეობისგან)

როგორც გრაფიკიდან ჩანს, დარტყმითი დატვირთვისადმი ნიმუშის ბლანტი წინაღობა ცემენტისა და ქვიშის 1:1 თანაფარდობისას და მასში წვრილ-მარცვლოვანი ასფალტბეტონის შემცველობისას თითქმის 2,5-ჯერ აღემატება მხოლოდ ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან დამზადებული ნიმუშის წინაღობას.

დასასრულს უნდა აღინიშნოს, რომ ხისტი ელემენტების შემცველი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები ყველა შემთხვევაში გარანტირებენ საგზაო საფარების ძვრისადმი საკმარის მდგრადობას.

არსებობს ხისტი და არახისტი ელემენტების ფორმისა და ურთიერთშეხამების ცვლილების საკმაოდ ფართო დიაპაზონი, მაგრამ კონსტრუქციული გადაწყვეტის სხვადასხვა ვარიანტების შექმნის შესაძლებლობები ჯერჯერობით შეზღუდულია შესაბამისი საგზაო მანქანების (მექანიზმების) და ასეთი საფარების მოწყობის ტექნოლოგიური ხერხების არარსებობის გამო.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების მოწყობის არსებული ტექნოლოგიური ხერხების გაუმჯობესება და პრინციპულად ახლების შექმნა, ასევე რეგიონული საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით მათი ახალი კონსტრუქციული გადაწყვეტების შემუშავება მომდევნო კვლევების საგანს წარმოადგენს.

2. შედეგები და მათი განსჯა

2.1. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კლასიფიკაცია და კონსტრუქციები

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კონსტრუირებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს შემდეგი დებულებები.

ხისტი შუაშრე, რომელიც არახისტი საფარების კონსტრუქციაში ირთვება, შეიძლება იყოს წარმოდგენილი როგორც დამოუკიდებელი კონსტრუქციული ფენა ან შეთავსებული იყოს რაიმე ფენასთან: ასფალტბეტონის ზედა ან ქვედა ფენასთან, ასევე საფუძვლის ფენასთან. მომატებული სიხისტის ფენებს, გარდა იმისა, რომ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს დამოუკიდებელი კონსტრუქციული ფენის სახით, ასევე ძალუძთ ორფენიანი ასფალტბეტონის საფარის შეცვლა. ამასთან, ხისტი შუაშრის კონსტრუქციული დანიშნულება გზის კატეგორიითა და ექსპლუატაციის პირობებით განისაზღვრება.

საფარის ზედა ფენის სახით გაზრდილი სიხისტის ფენების გამოყენების შემთხვევაში მათ, ძვრადობისადმი მდგრადობის გარდა, ასევე წვეთამედეგობის, წყალგაუმტარობის, ყინვაგამძლეობის, ბზარმედეგობისა და ავტომობილის თვლებისგან დინამიკური დარტყმისადმი წინააღმდეგობის მოთხოვნები წაეყენება.

რაც უფრო ღრმადაა განლაგებული ხისტი შუაშრე საგზაო სამოსში, მით მეტია მასში ნაკლებად ხარისხიანი ქვის მასალების გამოყენების შესაძლებლობა და მით უფრო დიდი შეიძლება იყოს მისი სიხისტე. მაგალითად, საფუძვლის ზედა ფენაში ხისტი შუაშრის განლაგებისას ის შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი ღორღის გამკვრივებული ფენა (შავი ღორღის ნაცვლად).

პრაქტიკამ დაამტკიცა, რომ ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღის გამკვრივებული ფენით წარმოდგენილი ხისტი შუაშრე, გარდა იმისა, რომ წარმატებით გამოიყენება ორფენიანი (ორშრიანი) საფარის ქვედა ფენისათვის, ასევე სავსებით გაამართლა მისი ზედა ფენის სახითაც. უნდა

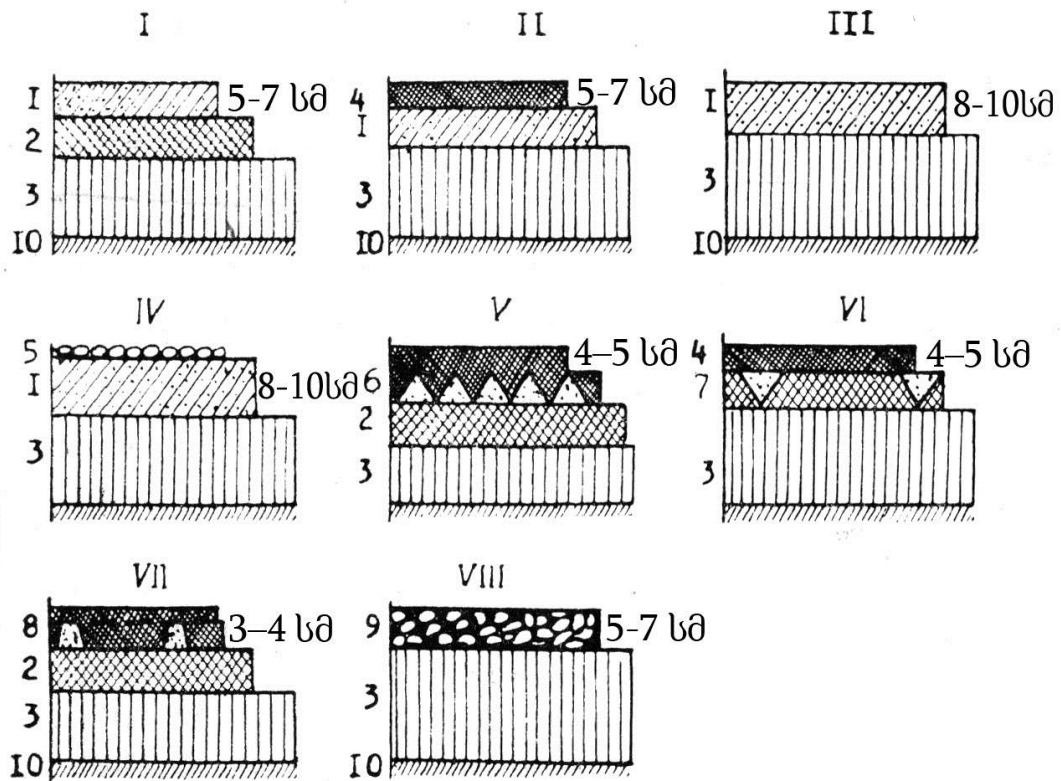
აღინიშნოს, რომ საგზაო სამოსების კონსტრუქციაში შეიძლება რამდენიმე ხისტი შუაშრის ჩართვა, რომლებიც შეიძლება განლაგებული იქნეს ფენოვანი ფანერის პრინციპის მიხედვით, ერთმანეთის მონაცვლე ხისტი და არახისტი შუაშრებისაგან.

ამავე მიზნით შეიძლება ასევე ხელოვნური ღორღის სახით გრანულირებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შემცველი ასფალტბეტონის ფენების გამოყენება. ხისტი შუაშრები, რომლებიც ბადისებურ, პერფორირებულ და გოფირირებულ შუაშრებს, ასევე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ცალკეულ ღეროებს შეიცავენ, შეიძლება განლაგებული იქნეს ძირითადად ასფალტბეტონის საფარის ქვედა ფენაში, ხოლო ზოგჯერ კი – ზედა ფენაში.

გამოყენებული მასალების სახეობის, კონსტრუქციებისა და ტექნოლოგიური ნიშნების მიხედვით ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები შეიძლება კლასიფიცირებულ იქნეს შემდეგ ნაირსახეობებად:

- გამოყენებული ბიტუმ-ქვიანი მასალის სახეობის მიხედვით – შავი ღორღის ან ასფალტბეტონის საფარებად;
- ასფალტბეტონის სახეობის მიხედვით – ქვიშოვანი (5 მმ-მდე) და წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის საფარებად;
- ბიტუმ-ქვიანი მასალის დაგების ტემპერატურის მიხედვით – ცხელი ან ცივი ბიტუმ-ქვიანი მასალების საფარებად;
- ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შუაშრის სახეობის მიხედვით – მთლიანი, ბადისებური, პერფორირებული, გოფირირებული ან ცალკეული ღეროებისგან შემდგარი შუაშრების საფარებად;
- ხელოვნური ღორღისგან წარმოქმნილი სივრცული სტრუქტურის სახეობის მიხედვით – უკონტაქტო და კონტაქტური სტრუქტურის მქონე საფარებად.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კონსტრუქციების ნაირსახეობები წარმოდგენილია ნახ. 12-ზე.



ნახ.12. ბიტუმ-ქვიანი მასალისგან და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კონსტრუქციები:

1 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარით სრულ ან არასრულ სიღრმემდე გაჟღენთილი შავი ლორღისგან შემდგარი ხისტი შუაშრე; 2 – მსხვილმარცვლოვანი ფოროვანი ასფალტბეტონისგან შემდგარი ფენა; 3 – ცემენტით (ბიტუმით) სტაბილიზებული ლორღისგან ან მსხვრეული ხრეშისგან შემდგარი საფუძველი; 4 – ქვიშოვანი ან წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ფენა; 5 – ზედაპირული დამუშავება ბიტუმის მასტიკის გამოყენებით; 6 – ქვიშოვანი (წვრილმარცვლოვანი) ასფალტბეტონის ფენა, რომელიც მოიცავს ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარ გოფირებულ ხისტ შუაშრეს; 7 – ფოროვანი მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ფენა, რომელიც მოიცავს ქვიშა-ცემენტის ხსნარის წაგრძელებულ ღეროებს; 8 – ქვიშოვანი (წვრილმარცვლოვანი) ასფალტბეტონის ფენა, რომელიც მოიცავს ქვიშა-ცემენტის ბადეს ან პერფორირებულ შუაშრეს; 9 – გრანულირებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შემცველი ქვიშოვანი ასფალტბეტონის ფენა; 10 – გრუნტ-საფუძველი (გრუნტ-საფუძველი მარცვლოვანი მასალისგან შემდგარი მადრენირებელი ფენით)

ნახ.12-ზე წარმოდგენილი ნახევრადხისტი საფარების კონსტრუქციებით ყველა შესაძლო ვარიანტი არ ამოიწურება, ვინაიდან ხისტ ელემენტებს შესაძლოა სხვა კონფიგურაციებიც ჰქონდეთ. ასეთები შეიძლება იყოს, მაგალითად, ასფალტბეტონის ტანში ჭადრაკისებური წესით განლაგებული და საფარის ქვედა ფენაზე დაყრდნობილი

კონუსისებრი ან პირამიდისებრი ხისტი ელემენტები (ქვიშა-ცემენტის ხსნარისაგან შემდგარი, საფუძვლის ზომით და 3,5-4,5 სმ სიმაღლით).

ასფალტბეტონის ნარევი დაცული ღორღის (ქვიშის) მარცვლების მაქსიმალურ ზომებსა და ფენის მინიმალურ სისქეს შორის ოპტიმალური თანაფარდობის მოსაძებნად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქვის მასალის ზომის შერჩევის საკითხს. ხისტი გოფირებული შუა შრეებისათვის უპირატესობა ენიჭება ქვიშის ასფალტბეტონს, მაგრამ ასევე შეიძლება წვრილმარცვლოვანის გამოყენება, ოღონდ ასფალტბეტონის ნარევის დაგებისა და გამკვრივებისას ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ელემენტების მიერ ფორმის შენარჩუნების პირობით. წინააღმდეგ შემთხვევაში აუცილებელია ღორღის ნაკლები ზომის (მაგალითად 10–15 მმ) მქონე ასფალტბეტონის ნარევის გამოყენება.

ყველა შემთხვევაში ღორღის მარცვლების მაქსიმალური ზომა ასფალტურ ბეტონში არ უნდა იყოს $0,75h$ -ზე მეტი (სადაც h – ასფალტბეტონის ზედა შუაშრის სისქეა, რომელიც დარჩა ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ელემენტების დონესა და საფარის ზედაპირს შორის).

შავი ღორღი გამკვრივების შემდეგ იძენს გარკვეულ სივრცულ მაღალფოროვან სტრუქტურას (იხ. ნახ. 1), რომლის სიცარიელები შემდგომში ქვიშა-ცემენტის ხსნარით ივსება. გაჟღენთვის გასაადვილებლად სიცარიელების ზომები არ უნდა იყოს 5α -ზე ნაკლები (სადაც α – ქვიშის მაქსიმალური ზომაა, ზოგადად 2მმ-მდე აიღება). შავი ღორღის ფენის ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთვის განხორციელება შეიძლება ზედა მხრიდან (6 სმ სიღრმემდე), ქვედა მხრიდან 6 სმ სიმაღლემდე ან ორივე მხრიდან 10–12 სმ საერთო სისქით. ზედა მხრიდან იჟღინთება უკვე გაცივებული შავი ღორღის ფენა, ხოლო ქვედა მხრიდან – ცხელი შავი ღორღის ფენა.

ხისტი შუაშრის ფენის თავზე არსებული თხელი ფენა (2,5–3,5 სმ) (იხ. ნახ. 12, V და VII), გარდა იმისა, რომ იცავს სამოსს ექსპლუატაციის პირველ პერიოდში ცემენტის ჰიდრატაციის დროს, ასევე წარმოადგენს შემდგომში ცვეთის ფენას.

ბადისებრი ან პერფორირებული ხისტი შუაშრის უჯრედების ზომები აიღება არანაკლებ 15 სმ-ისა მათი ასფალტბეტონის ნარევის მიერ თავისუფლად შევსების მიზნით. ამ შუაშრეების ცალკეული ელემენტების განივკვეთის მინიმალური ზომები არანაკლებ 3 მმ-ისაა, რაც მომდინარეობს ხსნარის გამყარებისათვის ტენის შენარჩუნების მოსაზრებებიდან, ხოლო მაქსიმალური ზომები არაუმეტეს 5 სმ-ისაა ხისტი შუაშრის (ელემენტების) საკმარისი დამყოლობის შენარჩუნების პირობებიდან გამომდინარე.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შეტანისთანავე ასფალტბეტონის ნარევის დაგება და გამკვრივება მათ შორის მჭიდრო ჩაჭიდების შექმნის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

გრანულირებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხელოვნური ღორღის ზომები შეიძლება იყოს 20-40 მმ-ის ფარგლებში, მაგრამ ისინი უნდა დაზუსტდეს დაგების პროცესში ასფალტბეტონის ტანში თანაბარი განაწილებისა და ხსნარის ნორმალური გამყარებისათვის მინიმალური მოცულობის შენარჩუნების მიზნით.

შემადგენელი კომპონენტების განაწილებისათვის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გამყარებისათვის უფრო შესაფერისი პირობები არსებობს ცივი ასფალტბეტონის გამოყენებისას.

2.2. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის გამოყენებული მასალები და მათდამი წაყენებული მოთხოვნები

კომპოზიციური მასალების დასამზადებლად და საფარების მოსაწყობად იყენებენ ღორღს, ხრემს, ქვიშას, მინერალურ ფხვნილს, ბიტუმს, ცემენტს და სხვადასხვა პოლიმერულ მასალას.

შავი ღორღის დასამზადებლად გამოიყენება ღორღი, მინერალური ფხვნილი და ბიტუმი. ქვის მასალების შერჩევას მათ იგივე ტექნიკური მოთხოვნები წაყენდება, როგორც СНиП 2.05.02-85, ГОСТ 9128-84, ГОСТ 8267-82 და ГОСТ 10260-82-ს მიხედვით გზის მოცემული კატეგორიისთვის

ასფალტბეტონის შემადგენლობის შერჩევას. საფარის ზედა ფენებში შავი ღორღის განლაგებისას უპირატესად გამოიყენება მაგმატური (ამოფრქვეული) ქანები (გრანიტები, ანდეზიტები, ბაზალტები და სხვ.) არაუდაბლეს 100 მკა მარკის ღორღით, ხოლო ქვედა ფენებში განლაგებისას დაშვებულია ქვის ყველა ქანის (მათ შორის კირქვის), ხრემის (ГОСТ 9268-82) და მეტალურგიული მრეწველობის ნარჩენების (ГОСТ 3344-83) გამოყენება, ღორღის არაუდაბლეს 60 მკა მარკით (ხრემისთვის არაუდაბლეს დრ16-ისა).

შავი ღორღის (შავი ხრემის) მარცვლოვანი შედგენილობა (იხ. ნახ. 13, 2) შემოფარგლულია 20-40, 20-30, 30-40 მმ საზღვრებით ხისტი შუაშრის 6 სმ-იანი სისქისას. მეტი სისქის შემთხვევაში შავი ღორღის მაქსიმალური ზომა შესაბამისად შეიძლება გაიზარდოს. სპეციალური დანიშნულების საფარებისთვის, მაგალითად, მოსანიშნი და დეკორატიული საფარებისთვის შეიძლება შავი ღორღის უფრო წვრილი ფრაქციების გამოყენება 5-10, 10-15, 15-20 მმ, ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მოსამზადებლად ღია ფერის ქვის ქანებისა და დეკორატიული ფერადი ცემენტის შერჩევით. ასეთი ფენის მოცულობითი ცარიელობა გამკვრივებულ მდგომარეობაში დაახლოებით 35-45%-ის ფარგლებში იცვლება. ის თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა დაზუსტდეს ГОСТ 8269-76 მიხედვით შავი ღორღის ფენის სრული გაჟღენთვისთვის ქვიშა-ცემენტის ხსნარის საჭირო მოცულობის განსაზღვრის მიზნით.

შავი ღორღის დასამზადებლად გამოიყენება БНД 40/60 მარკის ნავთობის ბლანტი საგზაო ბიტუმები (ГОСТ 22245-76).

ექსპლუატაციის მძიმე პირობების მქონე გზის მონაკვეთებისათვის და საფარის ზედა ფენის სახით შავი ღორღის გამოყენებისას (მისი ქვიშა-ცემენტის ხსნარით მომდევნო გაჟღენთვით) მის დასამზადებლად ბიტუმის ნაცვლად უპირატესობას ბიტუმის მასტიკას ანიჭებენ. ბიტუმის მასტიკა წარმოადგენს БНД40/60 ბიტუმისა და კირქვისა (ГОСТ 16557-78) ან დაბალი მარკის ცემენტის, <0,071მმ-იანი მინერალური ფხვნილის ნარევს.

საწყისი მასალების დაბალი ხარისხისას ბიტუმთან უკეთესი ურთიერთ-ქმედებისათვის იყენებენ აქტივირებულ მინერალურ ფხვნილს. ბიტუმის მასტიკა შავ ღორღს მომატებულ სიმტკიცეს და ძვრისადმი მდგრადობას ანიჭებს.

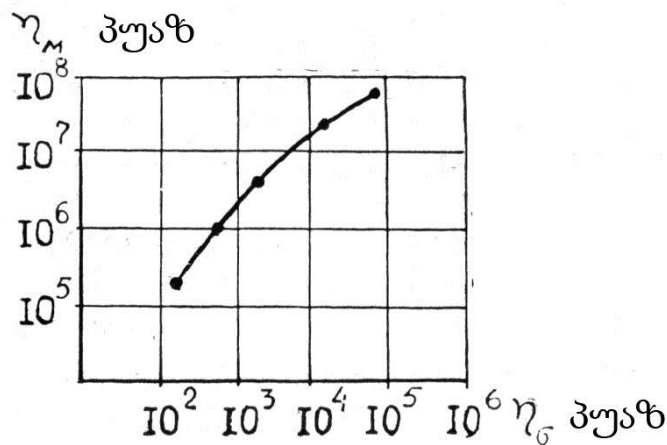
ბიტუმის მასტიკის მომატებული ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები განპირობებულია რამდენიმე ფაქტორებით, რომელთაგან ძირითადია: აფსკიანი ბიტუმის მომატებული სიბლანტე, რომელიც კირქვის მინერალური ფხვნილის ზედაპირზეა ადსორბირებული, მყარი დისპერსული ფაზის არსებობა, რომელიც სისტემის შიდა ხახუნს ზრდის და სისტემის გაზრდილი თბომედეგობა. როგორც მიკროსკოპიულმა კვლევებმა აჩვენა, მზის სხივებისა და გამავალი ავტომობილებისგან ძაბვების პულსირებული ველის ზეგავლენის ქვეშ საფარების ექსპლუატაციის პროცესში მინერალური ფხვნილი კომპოზიციურ მასალაში შემდგომ მასთან კონტაქტში მყოფი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ზედაპირზე კონცენტრირდება. ამავდროულად ბიტუმი დიფუნდირებს ხსნარის ფორებში, ჰიდრატირებული ცემენტის კრისტალთშორის სივრცეში უპირატესად ბიტუმის მსუბუქი კომპონენტების ხარჯზე (სინერეზისის მოვლენა). შედეგად კომპოზიციური მასალის სტრუქტურაში წარმოიქმნება გარკვეული სისქის, შესანიშნავი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებისა და თანდათანობით მომატებული სიხისტის (აფსკიანი ბიტუმისგან მოშორებასთან და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ზედაპირთან მიახლოსებასთან ერთად) მქონე სასაზღვრო (გარდამავალი) ფენა.

ბიტუმის სიბლანტესა და კოჰეზიას შორის ექსპერიმენტულად დადასტურებული კორელაციური დამოკიდებულება გვამღევს საფუძველს ვამტკიცოთ, რომ ბიტუმის მასტიკის მომატებული სიბლანტე, როგორც ეს ნახ. 2-ზე ჩანს, შავი ღორღის მომატებულ სიმტკიცეს განაპირობებს. ამასთან, საფარი თითქოსდა კაპიტალური ტიპის გამოდის და მას უფრო მეტად „ეწყობა (ეგუება)“ ქვიშა-ცემენტის ხსნარი.

ბიტუმის მასტიკის გაუმჯობესებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები გვაძლევს საფუძველს მისი გამოყენებისა ასევე ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ზედაპირული დამუშავებისთვის.

წვრილმარცვლოვანი და ქვიშოვანი ცხელი და ცივი ასფალტბეტონების დასამზადებლად გამოყენებული საწყისი მასალებისადმი მოთხოვნები სრულიად იდენტურია GOCT 9128-84, GOCT 8267-82, GOCT 19260-82, GOCT 8736-77 მოთხოვნებისა. გარკვეული განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ აუცილებელია წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის მარცვლების მაქსიმალური ზომის 10-15 მმ-მდე შეზღუდვა.

ტექნოლოგიური თვალსაზრისით, ხისტი შუაშრისთვის უპირატესობა ენიჭება ღორღის ნაკლები (50%-მდე) შემცველობის მქონე ასფალტბეტონის ნარევეს და ზან-ების შემცველ ნარევეს, რომლებიც იძლევა მათი დაგების საშუალებას დაქვეითებულ (10-20°C-ით) ტემპერატურებზე.



ნახ. 13. ბიტუმის მასტიკის სიბლანტის E^* დამოკიდებულება ბიტუმის სიბლანტისგან η

ადგილობრივი და სასოფლო-სამეურნეო გზებისთვის ზედაპირული დამუშავების მქონე ნახევრადხისტი კომპოზიციურ საფარებში რეკომენდებულია ასევე ბიტუმ-ქვიშოვანი ნარევის გამოყენება მარცვლების მაქსიმალური ზომით 2,5 მმ, მინერალური ფხვნილის 4-10% და ბლანტი ბიტუმის 4-6% შემცველობით მასისაგან (იხ. „ნარევეები ბიტუმ-ქვიშოვანი“, ტექნიკური პირობები TY 218 PCΦCP 395-79, 1981).

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები იძლევა შესაძლებლობას ხისტი შუაშრის მოწყობისას გამოყენებულ იქნეს წვრილმარცვლოვანი და ქვიშოვანი სხმული ასფალტბეტონის ნარევები, რომლებიც ადვილად მჭიდროვდება (მკვრივდება) საგორავის ნაკლები წნევის ქვეშ.

ნახევრადხისტ კომპოზიციურ საფარებში ტენიანი რეგენერირებული ნარევის (მასისაგან 7%-მდე ტენიანობით) გამოყენების ფართო შესაძლებლობები იხსნება, რომელიც ფრაქციონირებულია ან არაა ფრაქციონირებული საგზაო საფარებში ხისტი შუაშრის განლაგების კონსტრუქციულ თავისებურებზე ან მისი ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარ ხისტ ელემენტებთან შეხამებაზე დამოკიდებულებით.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სავსებით შესაძლებელია ქვიშა-ცემენტის ხსნართან ტენიანი რეგენერირებული ნარევის (რომელიც ფხვიერია 30-50°C ტემპერატურაზე წყლის მაპლასტიფიცირებელი მოქმედების გამო) შერევა.

როგორც ცდებმა აჩვენა, ტენიანი რეგენერირებული ასფალტბეტონის ნარევისა და უფრო ხისტი კონსისტენციის მქონე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მბრუნავ დოლში (რომელიც თავისუფალი შერევის პრინციპით მუშაობს) შერევისას შეიძლება კომბინირებული ნარევის მიღება, რომელიც სტრუქტურით ნახ. 2-ზე ნაჩვენების ანალოგიურია.

ტენიან რეგენერირებულ ასფალტბეტონის ნარევის ღებულობენ ძველი ასფალტბეტონის ნატეხების დაწვრილმანებით ცხელი წყლის გარემოში მბრუნავ ცილინდრულ ცხავში, რომელშიც ძველ ასფალტბეტონთან ერთად მეტალის კუბები – მახვილწახნაგებია ჩატვირთული [18] (იხ. „ნარევები ასფალტბეტონიანი, რომლებიც ძველი ასფალტბეტონის თბოტენიანი რეგენერაციის ხერხით მიიღება“, ტექნიკური პირობები TV-408-18-1-81, თბილისის ქალაქადმასკომი, 1985წ.).

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დასამზადებლად გამოიყენება ბუნებრივი (კვარცის, მინდვრის შპატის) და ანაცერისგან მსხვრეული (ГОСТ 8736-77, ГОСТ 19268-80) ქვიშა.

ქვიშის სისხო ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის შეიძლება ფართო საზღვრებში $M_k = 1-2$ იცვლებოდეს. უპირატესობა ენიჭება $M_k = 1,5$ -ს ფრაქციის შემდეგი შემცველობით: $<0,14$ მმ – 20%-მდე და $1,25 - 75-100\%$ -მდე. განლექვით განსაზღვრული მტვერისებრი, თიხოვანი და ლამიანი ნაწილაკების შემცველობა არ უნდა იყოს 3%-ზე მეტი ბუნებრივი ქვიშისთვის და 4%-ზე მეტი ხელოვნურისთვის. ქვიშის წყალმოთხოვნილება შეადგენს 12-13%-ს. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დასამზადებლად იყენებენ არანაკლებ 400-იანი მარკის პორტლანდცემენტს, რომლის სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას 28 დღე-ღამის ასაკში არანაკლებ 5,5 მპა-ია (ГОСТ 10178-76).

პოლიმერცემენტის მასალების მისაღებად იყენებენ პოლიმერულ დანამატებს: სინთეზურ ლატექსს (ГОСТ 15080-80), პოლივინილაცეტატის ემულსიას (18992-80), ბიტუმის ემულსიას (ГОСТ 18659-81) და სხვ.

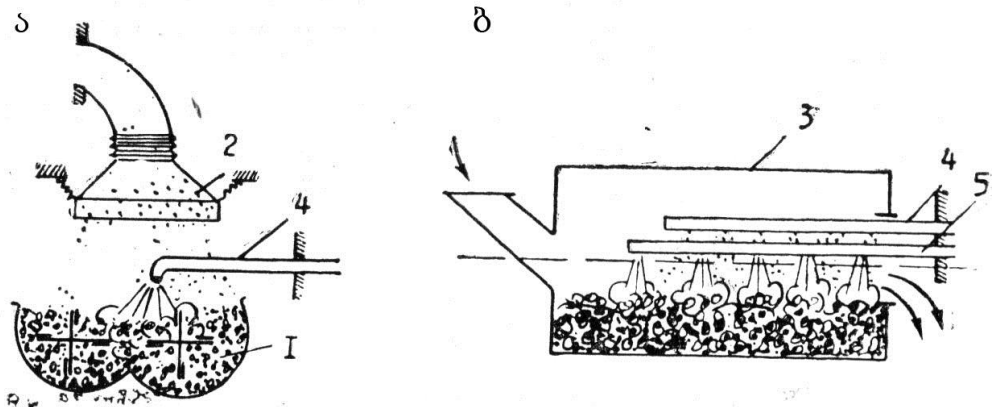
ხსნარების ტექნოლოგიური თვისებების გასაუმჯობესებლად იყენებენ მაპლასტიფიცირებელ და მაჰიდროფობიზირებელ დანამატებს – სულფიტურ-საფუვრიან брасска-ს СДБ (ГОСТ 81-79-74), სუპერპლასტიფიკატორს СП «KM-30».

2.3. შავი ღორღის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შედგენილობის შერჩევისა და დამზადების თავისებურებები საგზაო პირობებში მათი მუშაობის თვალსაზრისით

შავი ღორღის შედგენილობას ირჩევენ საფარის კონსტრუქციასა (იხ. ნახ. 12) და საექსპლუატაციო პირობებზე დამოკიდებულებით. შავი ღორღისათვის განკუთვნილი ბიტუმის რაოდენობა შეადგენს 1,5-2,5%-ს ღორღის მასისაგან.

შავი ღორღის გამოყენებისას უნდა ვიხელმძღვანელოთ СНиП 3.06.03-85 მითითებებით. შავ ღორღს ამზადებენ იძულებითი შერევის ასფალტბეტონის დანადგარებში ან დოლური ტიპის დანადგარებში თავისუფალი შერევით.

ბიტუმის მასტიკის გამოყენებით შავი ლორღის დამზადებისას ტექნოლოგიაში დამატებითი ოპერაცია შემოაქვთ: შავი ლორღის დამზადების შემდეგ მის გადმოტვირთვამდე უშუალოდ სარევის ან შემრევი დოლს აწვდიან მინერალურ ფხვნილს ნარევის მომდევნო დამატებითი შერევით. განაწილების თანაბრობის უზრუნველსაყოფად მინერალურ ფხვნილს აწვდიან 3 მმ-მდე ხვრელების მქონე ვიბრაციული ბრტყელი საცერის მეშვეობით, რომელიც სარევის თავზეა დაყენებული, და ასევე პნევმოსაფრქვევლების მეშვეობით, რომლებიც სარევის თავზე ან შემრევი დოლის შიგნითაა დაყენებული (იხ. ნახ. 14).



ნახ.14. ბიტუმის მასტიკის გამოყენებით შავი ლორღის დამზადების პრინციპული სქემა:

ა – იძულებითი შერევის ნიჩბიანი სარევის გამოყენებისას; ბ – შემრევი დოლის გამოყენებისას; 1 – სარევი; 2 – ვიბრაციული ბრტყელი საცერი; 3 – შემრევი დოლი; 4 – გაფრქვევის მეთოდით ბიტუმის მიწოდებისათვის განკუთვნილი მილი; 5 – გაფრქვევის მეთოდით მინერალური ფხვნილის მიწოდებისათვის განკუთვნილი მილი

შემრევი აგრეგატების მუშაობა გარკვეული ციკლებით ხორციელდება: პნევმოგაფრქვევის და ლორღთან თანაბარი შერევის გზით ცხელი ბიტუმის მიწოდების შემდეგ ხდება მინერალური ფხვნილის მიწოდება ვიბრაციული საცერის ან პნევმოსაფრქვევის მეშვეობით და მისი შავ ლორღთან ერთდორული შერევით. როგორც წესი, მიწოდებული მინერალური ფხვნილის რაოდენობა რეგულირდება. თანაბარი ნარევის მიღების შემდეგ 130-150°C ტემპერატურის მქონე შავი ლორღი გადმოიტვირთება სატრანსპორტო საშუალებებში. გრილ ამინდში ბიტუმის მასტიკაზე

დამზადებული შავი ღორღის ტემპერატურა ნორმატიულზე 20°C-ით მაღალი უნდა იყოს.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შედგენილობას ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის სტრუქტურაზე და ასფალტბეტონის ნარევთან შეხამების ტექნოლოგიურ ხერხებზე დამოკიდებულებით შეარჩევენ. მაგალითად, შავი ღორღის ფოროვანი ფენის გასაჟღენტად ხსნარს უფრო მოძრავი კონსისტენცია უნდა ჰქონდეს (ნახ. 1) ხოლო ასფალტბეტონის ხისტი ელემენტებით არმირებისას (ნახ. 2 და 3) – უფრო ხისტი კონსისტენცია.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მარკა შეიძლება შეიცვალოს ფართო საზღვრებში – 50, 75, 100, 150 და 200, საფარის ტანში ხისტი შუაშრის განლაგებაზე დამოკიდებულებით. უფრო მაღალი მარკები საჭიროა ზედა ფენის სახით ხისტი შუაშრის განლაგებისას და ავტომობილების ინტენსიური მოძრაობისას, ხოლო უფრო დაბალი – ხისტი შუაშრის საფარის ქვედა ფენაში ან დაბალი კატეგორიების გზების საფუძვლის ზედა ფენაში განლაგებისას. აუცილებელ მარკაზე დამოკიდებულებით ცემენტისა და ქვიშის თანაფარდობა (მასის მიხედვით) ფართო საზღვრებში იცვლება 1:1-დან 1:4-მდე.

პლასტიკური ქვიშა-ცემენტის ხსნარების სიმტკიცე R_p 28 დღის ასაკში წყალ-ცემენტის თანაფარდობისგან დამოკიდებულებით შეიძლება მიახლოებით განისაზღვროს ცნობილი ემპირიული ფორმულის მიხედვით:

$$R_p = 0,25 \cdot R_n \left(\frac{H}{B} - 0,4 \right) \quad (11)$$

წყალ-ცემენტის თანაფარდობის H/B საორიენტაციო მნიშვნელობა 0,25-0,5-ის ფარგლებში იცვლება.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შედგენილობის შერჩევას განსაზღვრავენ სიმტკიცეს კუმშვაზე (70,7 მმ წიბოს სიგრძის მქონე კუბები), სიმტკიცეს გაჭიმვაზე ღუნვისას (40x40x160მმ ზომის კვადრატული კვეთის მქონე კოჭურები), ჩაჯდომას (ისეთივე კოჭურებზე), სიმტკიცეს, ტენიანობას, წყალშთანთქმას და ყინვამედეგობას კუბებზე (ГОСТ 5802-86).

ტექნოლოგიური თვისებებისაგან განსაზღვრავენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ძვრადობას ეტალონური კონუსის (ГОСТ 5802-86) ან სტანდარტული კონუსის (ГОСТ 10181-76) მეშვეობით.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ძვრადობას ახასიათებს ხსნარის ადვილ-ჩაწყობადობა, ე.ი. ხსნარის მიერ ზედა (პირდაპირი გაჟღენთვა) და ქვედა (უკუ გაჟღენთვა) მხრიდან შავი ღორღის ფენის სრული გაჟღენთვის შესაძლებლობა. ხსნარის აუცილებელ ძვრადობას ადგენენ ლაბორატორიულ პირობებში საფარის რეალურ ნიმუშებზე სასინჯი გაჟღენთვით და შემდგომ კორექტირებენ ნატურულ პირობებში უშუალოდ გზაზე. ამასთან ჩნდება შავი ღორღის ფენის ცარიელობისა და 1 კვ.მ საფარზე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ხარჯის ნორმის დადგენის შესაძლებლობა.

ადვილჩაწყობადობის მნიშვნელობისგან შავი ღორღის ფენაში ხსნარის შეღწევის სიღრმის დამოკიდებულების დასადგენად ლაბორატორიულ პირობებში ატარებენ შემდეგ განსაზღვრებებს (ქმედებებს):

1. ამზადებენ ნიმუშებს – 20x20სმ ზომისა და დაახლოებით 10 სმ სისქის მქონე შავი ღორღის ფილებს სპეციალურ გასართ (დასაშლელ) ლითონის ფორმაში, 5 მპა-ს წნევის ქვეშ ჰიდრავლიკურ წნეხზე მათი დაპრესვის გზით.

2. ასხამენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს 3 სმ სისქის ფენით, დგამენ ვიბრომაგიდაზე და ავიბრირებენ 30 წმ-ის განმავლობაში ხსნარით ფენის სრულ გაჟღენთვანდე. ადგენენ გაჟღენთვის სიღრმეს 30 წმ-ის შემდეგ და ხსნარის სრული გახარჯვის შემდეგ შავი ღორღის ფენის თავზე ხსნარის დარჩენილი ფენის სისქის გაზომვისა და გასართი (დასაშლელი) ფორმის მოხსნის შემდეგ სატორსო ნაწილის ვიზუალური დათვალიერების გზით.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შეღწევის სიღრმის დადგენას ახორციელებენ შავი ღორღის ფენის ნიმუშებზე, რომლებიც დამზადებულია ხსნარით მათი გაჟღენთვის გზით 5-10 მპა-ის წნევის ქვეშ, რომელიც გადაეცემა ჰიდრავლიკურ წნეხზე 5-10 მმ სისქის რეზინის შუასადების მეშვეობით.

უკუ გაჟღენთვისთვის ლითონის ფორმაში თავდაპირველად ასხამენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს, ხოლო შემდეგ ყრიან შავ ღორღს ჰიდრავლიკურ პრესზე მომდევნო დაპრესვით და წნევის გადაცემით რეზინის შუასადების მეშვეობით.

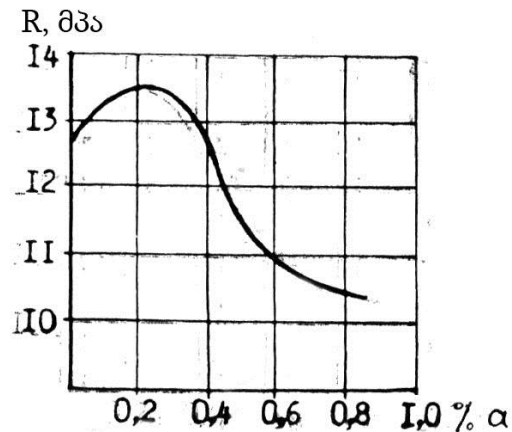
ქვიშა-ცემენტის ხსნარის კონსისტენციას აკორექტირებენ წყალ-ცემენტის თანაფარდობის ცვლილების გზით. ადგენენ ცემენტის შეკვრის ვადებს, მათი მიხედვით ადგენენ ხსნარით შავი ღორღის ფოროვანი ფენის გაჟღენთვის დასრულების ვადებს. ყველა შემთხვევაში ცემენტის შეკვრა არ უნდა დგებოდეს 1,5 სთ-ზე ადრე.

ცემენტის შეკვრის ვადების რეგულირების, წყლის ხარჯის შემცირებისა და პლასტიკურობის გაზრდის მიზნით ქვიშა-ცემენტის ხსნარში შეჰყავთ სუპერპლას-ტიფიკატორი ცემენტის მასისგან 0,2-0,4%-ის ოდენობით. სუპერპლასტიფიკატორის, მაგალითად, CII «KM-30» დამატება მკვეთრად ზრდის ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ძვრადობას და პრაქტიკულად გამორიცხავს ვიბრირების აუცილებლობას. ქვიშა-ცემენტის ხსნარი ამ დროს პნევმოსაგორავის წნევის ქვეშ ადვილად აღწევს შავი ღორღის ფენის ფორებში და ჟღენთავს მას 6-7 სმ-ის სიღრმემდე.

გარდა ამისა, სუპერპლასტიფიკატორი ზრდის სიმტკიცესა და სიმკვრივეს. მაგრამ, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ სუპერპლასტიფიკატორის ნამეტანი (ჭარბი) დამატება უკუქმედებას ახდენს – მცირდება, მაგალითად, 1:2 ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შემადგენლობის მქონე კომპოზიციური მასალის სიმტკიცე. ეს თვალნათლივ ჩანს ნახ. 3-ის გრაფიკზე.

ხარისხობრივად ანალოგიური სურათი აღინიშნება ლუნვისას გაჭიმვაზე მასალის სიმტკიცის განსაზღვრის დროს. ქვიშა-ცემენტის ხსნარით შავი ღორღის ფენის გაჟღენთვის ყველაზე ოპტიმალური რეჟიმის დასადგენად ლაბორატორიულ პირობებში ექსპერიმენტული გზით დადგენილი იქნა ქვიშის მარცვლების მაქსიმალური ზომის d ემპირიული

დამოკიდებულება შავი ღორღის მაქსიმალური ზომისაგან D , გაჟღენთვის პროცესზე მინიმალური ხარჯების შემთხვევაში, $d=(0,025\div 0,035)D$.

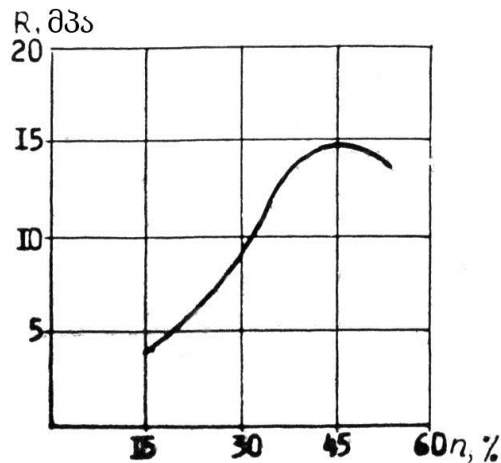


ნახ. 15. კუბური ნიბუმის კუმშვისას (7 დღე-ღამის ასაკში და კუბის 10 სმ ზომის წახნაგებით) სიმტკიცის R დამოკიდებულება ქვიშა-ცემენტის ხსნარში სუპერპლასტიფიკატორის რაოდენობისგან a

სუპერპლასტიფიკატორის დამატებისგან შედარებით უფრო არსებითი ეფექტი მიიღება უფრო მსხვილი ქვიშების გამოყენებისას. დამახასიათებელია, რომ შავი ღორღის ფენის ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთვის სიღრმე h დამოკიდებულია ღორღის მაქსიმალურ ზომაზე D , გაჟღენთვაზე ენერჯის მინიმალური ხარჯის შემთხვევაში, და განისაზღვრება დამოკიდებულებით $h=(2,2\div 4,0)D$. ეს შავი ღორღისათვის მართებულია თანაბარზომიერ ფრაქციასთან მიმართებაში.

სუპერპლასტიფიკატორის გავლენა ასევე თავს იჩენს კომპოზიციურ მასალაში ქვიშა-ცემენტის ხსნარის რაოდენობის ცვლილების სახით ოპტიმალური სტრუქტურის წარმოქმნის თვალსაზრისით. ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით ოპტიმალური სტრუქტურა მაქსიმალური სიმტკიცისას მიღებულ იქნა ცემენტის მასისგან 0,3% ოდენობით სუპერპლასტიფიკატორის დამატებისას. ამასთან, ბიტუმის მასტიკაზე დამზადებული შავი ღორღის გამოყენებით ნამზადი კომპოზიციური მასალის სიმტკიცის R დამოკიდებულებას მასში ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ოდენობისგან $n\%$ (1:1 შემადგენლობის) აქვს შემდეგი სახე (იხ. ნახ. 16).

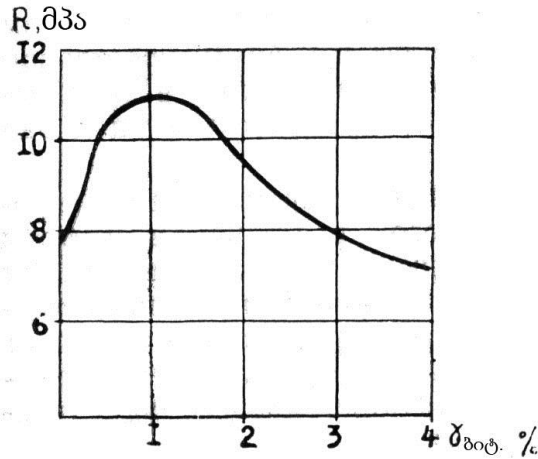
კომპოზიციური ხსნარის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე პოლიმერული დანამატების გავლენის კვლევისას დადგენილია, რომ ტექნიკურ-ეკონომიკური და პრაქტიკული თვალსაზრისით შედარებით უფრო მისაღებია (მისაწვდომია) ბიტუმის ემულსიის დამატება ქვიშა-ცემენტის ხსნარში.



ნახ.16. კომპოზიციური მასალის კუმშვაზე სიმტკიცის R დამოკიდებულება მასში ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ოდენობისაგან n

ქვიშა-ცემენტის ხსნარით (1:2 შედგენილობის) გაჟღენთილი შავი ღორღის სიმტკიცის დამოკიდებულება ხსნარში ბიტუმის (ემულსიის სახით შეყვანილი) შემცველობისგან მოცემულია ნახ. 17-ზე.

შავი ღორღისა და ბიტუმის ემულსიის დამატებით ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი კომპოზიციური მასალა სხვადასხვაგვარად ეწინააღმდეგება კუმშვასა და გაჭიმვას. გამოცდის შედეგებმა აჩვენა, რომ, მაგალითად, კუმშვისას სიმტკიცის ზღვარის $R = 11,7$ მპა მქონე მასალა გაჭიმვისას (ლუნვისას) იძლევა $r = 1,2$ მპა, ძვრისას (ღრუტანიანი ნიმუშების გრეხისას) – $\tau = 1,75$ მპა. ამასთან, იმავე მასალის დრეკადობის სტატიკური მოდული იქნებოდა $E = 220$ მპა-ს ტოლი.



ნახ. 17. ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღის ნიმუშების კუმშვაზე სიმტკიცის R დამოკიდებულება ხსნარში ბიტუმ БНД 60/90-ის შემცველობისაგან

ნიშანდობლივია, რომ პოლიმერული დანამატები, მათ შორის ბიტუმი, მნიშვნელოვნად (15-30%-ით) ამცირებენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ჩაჯდომას. ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა და მთლიანად კომპოზიციური მასალის შედგენილობის სწორი შერჩევა, და ასევე საფარის მოწყობის ოპტიმალური ტექნოლოგიის შერჩევა გარანტირებს $E=1500-1600$ მპა საზღვრებში დრეკადობის მოდულის მქონე ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მიღებას. ერთობ სხვაგვარად გამოიყურება საქმე ხისტი ელემენტებით არმირებული ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შემთხვევაში. მათი სიმტკიცის მახასიათებლები ჯერჯერობით აუცილებელია ექსპერიმენტულად დადგინდეს, თუმცა საერთო კანონზომიერებები ნაკლებად იცვლება ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილ შავ ღორღთან შედარებით.

2.4. ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის თვისებების შეფასება

ცივი ასფალტბეტონის სტრუქტურა ცხელ ასფალტბეტონთან შედარებით გამოირჩევა დიდი ფორიანობით, ნარევი ბიტუმის ნაკლები შემცველობით (შესაბამისად ბიტუმის აფსკის მცირე სისქით) და ბიტუმის ნაკლები სიბლანტით. ეს თავისებურებები განაპირობებს ცივი

ასფალტბეტონში ნაკლებად მკვრივი სტრუქტურული კავშირების შექმნას, რაც აისახება მის ნაკლებ სიმტკიცეში და წყალმედევობაში.

როგორც ცივი, ასევე ცხელი ასფალტბეტონის სიმტკიცე დამოკიდებულია შიდა ხახუნისა და შეჭიდულობის ძალების სიდიდეზე. შიდა ხახუნის სიდიდე ძირითადად განპირობებულია მინერალური მასალის ნაწილაკების ზედაპირის ხარისხით, ზომით და ფორმით, ასევე ბიტუმის რაოდენობით და სიბლანტით. ამასთან, ბიტუმი ამცირებს ასფალტბეტონის შიდა ხახუნს, ასრულებს რა მინერალურ მარცვლებს შორის საპოხის როლს. ცივ ასფალტბეტონის ნარევი ბიტუმის რაოდენობა მცირეა ცხელ ასფალტბეტონთან შედარებით, შესაბამისად მცირეა ბიტუმის აფსკის სისქე. ამის გამო ბიტუმის, როგორც შემზეთის როლი მცირდება და მთელი სისტემის შიდა ხახუნი იზრდება. ამ შემთხვევაში ასფალტბეტონის მინერალურ ნაწილაკებს შორის შიდა ხახუნის როლი მნიშვნელოვნად იზრდება. შედარებით მაღალი შიდა ხახუნის გამო ცივი ასფალტბეტონები გამოირჩევიან ძვრისადმი მდგრადობით. საგზაო ფენილების მუშაობაზე დაკვირვებებმა გვიჩვენებს, რომ ცივი ასფალტბეტონის ფენილებზე პრაქტიკულად არ წარმოიქმნება ტალღები და ძვრები.

ასფალტბეტონში შეჭიდულობის სიდიდის განხილვისას, გასათვალისწინებელია, რომ ამ კონგლომერატულ მასალაში შეჭიდულობა უზრუნველყოფილია ძირითადად შემკვრელი მასალით - ბიტუმით. ცნობილია, რომ შეჭიდულობის სიდიდე, თანაბარ პრობებში, დამოკიდებულია ბიტუმის სიბლანტეზე და მინერალური ნაწილაკების ზედაპირზე ბიტუმის აფსკის სისქეზე. რაც უფრო დიდია ბიტუმის სიბლანტე, მით დიდია შეჭიდულობა. ნარევი ბიტუმის რაოდენობის გაზრდა გარკვეულ დონემდე, ზრდის ასფალტბეტონის შეჭიდულობის სიდიდეს, მაგრამ ამ რაოდენობაზე მეტი რაოდენობის ბიტუმის გამოყენება იწვევს შეჭიდულობის შემცირებას. ცივ ასფალტბეტონში ბიტუმის სიბლანტე და მისი რაოდენობა იზღუდება ცივი ასფალტბეტონის ფხვიერ მდგომარეობაში ხანგრძლივად შენახვის და ცივ მდგომარეობაში დაგების

პირობით. დიდი სიბლანტის ბიტუმის გამოყენებისას და მისი ნარევი ისეთი რაოდენობით შეყვანა, რომელიც უზრუნველყოფს ცივი ასფალტის მაქსიმალურ სიმტკიცეს, გამოიწვევს ასფალტბეტონის ნარევის ცალკეული ნაწილაკების ერთმანეთთან შეწებებას მისი შენახვის პერიოდში, ან მოხდება ე.წ. თვითდატკეპნა, რის გამოც მისი საფარში დაგება პრაქტიკულად შეუძლებელი ხდება. მაშასადამე, ბიტუმის სიბლანტის ხარჯზე ცივი ასფალტბეტონის შეჭიდულობის გაზრდა შეზღუდულია ამ მასალის შენახვისა და გამოყენების თავისებურებებიდან გამომდინარე. ცივ ასფალტბეტონში შემკვრელის მინიმალური რაოდენობისა და მისი სიბლანტის დადგენა ნაკარნახევია ასფალტბეტონის ნარევი საკმაოდ მაღალი შეჭიდულობის მქონე სისტემის შექმნის პირობით, რომელიც საფარში მასალის მდგრადობასა და სიმტკიცეს უზრუნველყოფს.

ასფალტბეტონში შიდა ხახუნის და შეჭიდულობის სიდიდის განსაზღვრა საკმაოდ რთულია, რადგანაც ასფალტბეტონი შედგება მკვეთრად განსხვავებული ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მქონე მასალებისგან.

ასფალტბეტონის შიდა ხახუნის სიდიდეზე ყველაზე სწორი წარმოდგენა შეიქმნება მისი ძვრაზე გამოცდით. ამასთან, გარკვეული მიახლოებით ძვრაზე გამოცდა შეიძლება შეიცვალოს კუმშვაზე გამოცდით. როგორც ცნობილია, შეკუმშვა იწვევს საცდელი ცილინდრიული ობიექტის რთულ დამაბულ მდგომარეობას, რამდენადაც ერთდროულად წარმოიქმნებიან მკუმშავი, გამჭიმავი და ძვრის ძაბვები. დახრილი სიბრტყეზე ნიმუშის შიგნით, მოქმედებს მაქსიმალური ძხები ძაბვები, რომლებიც ძვრის დეფორმაციას იწვევს. ცხადია, რომ ძვრისადმი მდგრადობა ამ შემთხვევაში განპირობებულია შიდა შეჭიდების სიდიდით, თუმცა პრაქტიკულად რაოდენობრივი თანაფარდობის დადგენა სხვადასხვა სახის დამაბულობას შორის შეუძლებელია. დამაბული მდგომარეობის ანალიზი გართულებულია ნიმუშის ზედაპირსა და საცდელი პრესის დეფუშის ზედაპირს შორის არსებული ხახუნით.

ასფალტბეტონში შეჭიდულობის სიდიდე მაღალი სიზუსტით შეიძლება იყოს განსაზღვრული, ასფალტბეტონის გაჭიმვაზე შემოწმების დროს.

შეჭიდულობის განსაზღვრისათვის საჭიროა გაწყვეტა მოხდეს ცილინდრიული ნიმუშის ღერძის პერპენდიკულარულ სიბრტყეზე. სადაც მოქმედებენ მთავარი ნორმალური გამჭიმვი ძაბვები.

იმ შემთხვევაში, თუ ცივი ასფალტბეტონის შეჭიდულობა საკმარისი არ არის, მისი მონოლითურობის არ არსებობის გამო და მის ცალკეულ ნაწილაკებს შორის კავშირები სუსტია. შედეგად ასეთ ცივ ასფალტბეტონს აქვს დაბალი ცვეთამდეგობა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ცივი ასფალტბეტონი არის ნაკლებად წყალმედეგი მასალა, ვიდრე ცხელი ასფალტბეტონი, მისი მექანიკური თვისებების განსაზღვრა (სიმტკიცე კუმშვაზე და გაჭიმვაზე) უნდა მოხდეს მშრალ და წყლით გაჯერებულ ნიმუშებზე.

ცივი ასფალტბეტონის ხარისხის საერთო შეფასება უნდა მოხდეს მისი მექანიკური თვისებების შეფასებით, ანუ სიმტკიცით კუმშვაზე და გაჭიმვაზე, ცვეთამდეგობის მაჩვენებლით, ასევე ნარევის ფიზიკური თვისებების (ფორიანობა, წყალგაჯერება) შეფასების საფუძველზე.

2.4.1 კუმშვისას და გაჭიმვისას დროს სიმტკიცის განსაზღვრა

სიმტკიცის განსაზღვრა კუმშვის დროს განხორციელდა 5 სმ დიამეტრისა და 5 სმ სიმაღლის მქონე ცილინდრიულ ნიმუშებზე. ნიმუშების შეკუმშვა 400 კგ/სმ² დატვირთვის ქვეშ ხდებოდა, 3 მმ/წთ სიჩქარით, მშრალ და წყლით გაჯერებულ მდგომარეობაში.

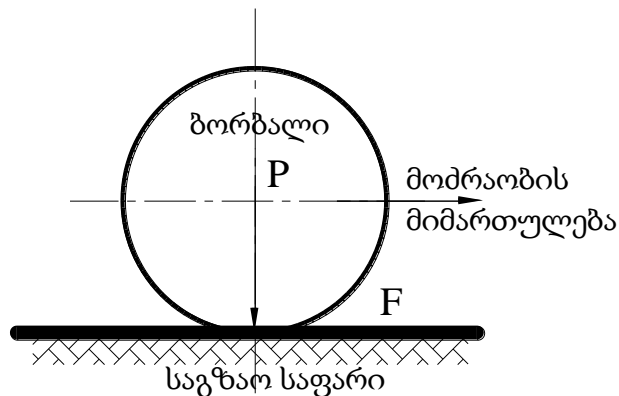
ნიმუშების გაჭიმვა ხდებოდა ორი ლითონის მანჟეტის გამოყენებით, რომლებიც ნიმუშზე ორივე მხრიდან იყო ჩამოცმული ისეთნაირად, რომ მათ შორის 2 მმ ღრეჩო რჩებოდა. მანჟეტების შიდა დიამეტრი 5,2 სმ იყო. მანჟეტსა და ნიმუშის ზედაპირს შორის ღრეჩო თაბაშირის ხსნარით იყო შევსებული და ამით უზრუნველყოფილი იყო

ნიმუშის მანქებთან საკმარისი სიმაგრე. ნიმუშის ტვირთთან ერთად გადაწევის თავიდან ასაცილებლად ის სახსრულად იყო დამაგრებული. ნიმუშის დატვირთვა ხდებოდა წყლით თანდათანობითი შევსებით, შევსების სიჩქარე - 3,5 კგ/წთ.

შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ასეთი მეთოდის დროს დიდ როლს თამაშობს ხახუნის ფაქტორი. შედეგად, მცირდება ძირითადი ქვის მასალის მნიშვნელობა. მარცვლების დიდი ზომა მოქმედებს ძირითადად კონტაქტის ფართობის შეცვლაზე, ანუ შეჭიდულობის ხარისხობრივ მახასიათებელზე.

2.4.2 ცივი ასფალტბეტონის ცვეთამდეგობის განსაზღვრა

ავტომობილის საბურავის გზასთან ურთიერთქმედების დროს ძალთა გადანაწილების სქემის განხილვა გვიჩვენებს, რომ კონტაქტის ადგილებში მოქმედებს როგორც ვერტიკალური P ძალა, ასევე ჰორიზონტალური - F, რომელიც უდრის ავტომობილის წევის ძალას (ნახ. 18).



ნახ. 18. ავტომობილის საბურავის ფენილის ზედაპირთან ურთიერთქმედება

ფენილის მხრიდან რეაქციის შესაძლო სიდიდე არის:

$$R = \phi P \tag{12}$$

სადაც:

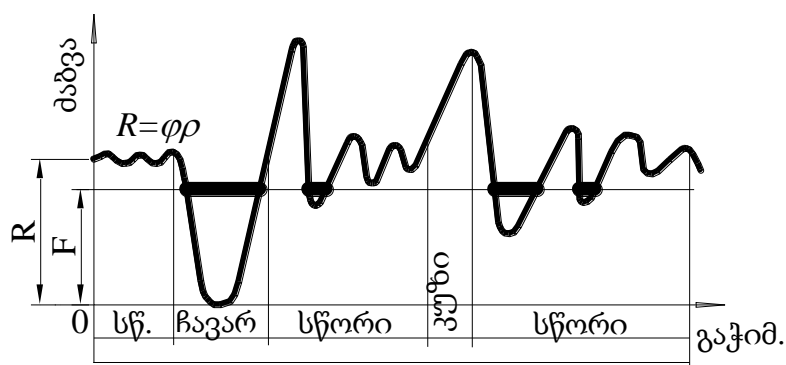
P - ავტომობილის წონა,

φ – შეჭიდულობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია კონტაქტის ზედაპირის სტრუქტურულ ფორმასა და მდგომარეობაზე (მშრალ მდგომარეობაში $\varphi = 0,7$).

გზაზე ავტომობილის მსვლელობის დროს R სიდიდე იცვლება ვერტიკალური დატვირთვის ვიბრაციების შესაბამისად, განსაკუთრებით არასწორი (ტალღისებრი) ზედაპირის შემთხვევაში.

F სიდიდე დამოკიდებულია ბრუნვის მომენტზე, რომელიც საბურავების ღერძზე მოქმედებს.

ყველა შემთხვევისათვის საბურავის მოძრაობის პირობის შენარჩუნებისთვის $F < R$, ან $F < \varphi P$, წინააღმდეგ შემთხვევაში საბურავი ბუქსაობს. სქემატურად F და R შორის ფაქტიური შეფარდება შემდეგნაირად შეიძლება იყოს ნაჩვენები (ნახ. 19).



ნახ.19. საფარის ზედაპირის მდგომარეობა

ვიბრირების მრუდი გვიჩვენებს გზის რეაქციის R სიდიდის ცვლილებას P სიდიდის ცვლილების დროს, ჰორიზონტალური ხაზი ნიშნავს წვეის ძალის სიდიდეს ამ მონაკვეთზე (პირობითად ეს მუდმივი სიდიდეა).

როგორც მე-8 ნახაზიდან სჩანს, ზოგ მონაკვეთზე ვიბრირების მაგივრად საბურავებს შორის არის სრიალი (გრაფიკზე სქელი ხაზებითაა ნაჩვენები), რადგან აქ $F > P$ ან $F = P$. საბურავის მოძრაობის დროს ნაწილობრივი სრიალი შეიქმნება ასევე შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირების დროსაც. ზოგიერთი მკვლევარის მონაცემით, საბურავის სრიალი 2-4% შეადგენს. საბურავის ზედაპირთან კონტაქტი დიდ

ფართობზე ხორციელდება, ამიტომ ვიბრირების ფაქტიური რადიუსი τ სიდიდემდე მცირდება. შედეგად, ჰორიზონტალური გზა, რომელიც საბურავის ცალკეული წერტილების მიერ არის გავლილი, უფრო დიდია, ვიდრე საბურავის ცენტრის მიერ გავლილი მანძილი.

ცვეთის შესწავლის მიზნით გარკვეულ ინტერესს იწვევს გარე ძალების ზემოქმედების ქვეშ დაბვების გადანაწილების სურათის განხილვა. ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს, რომ საბურავის გზის ზედაპირთან კონტაქტის ფართობს ელიფსის ფორმა აქვს.

სიბრტყეზე ვერტიკალური ძალით გამოწვეული დაბვების გადანაწილების ეპიურის მაქსიმალური დაბვა კონტაქტის ფართობის ცენტრშია:

$$\delta_{\max} = 1,5-2,0 \delta_{\text{საშ.}} \quad (13)$$

აღსანიშნავია, რომ დაბვათა კონცენტრაციის სიდიდეზე მოქმედებს ასევე პროტექტორის ფორმა. მაგ.: კბილა საბურავი ზრდის ფენილის ზედაპირზე დაბვების კონცენტრაციას, რადგანაც კონტაქტის ფაქტიური ფართობი მისი გეომეტრიული ფორმის 65-75% შეადგენს.

ზოგადად შეიძლება განვიხილოთ ასფალტბეტონის ფენილების ცვეთის რამდენიმე სახეობა:: მექანიკური - დროებითო დატვირთვის მოქმედებისგან, ფიზიკურ-მექანიკური - ატმოსფერული და დროებითი დატვირთვების ერთდროული მოქმედებისგან, ასევე ფიზიკურ-ქიმიური - მზის სხივებისა და ტემპერატურის მოქმედებისგან მიღებული ცვეთა.

ასფალტბეტონის ფენილის ცვეთა, რომელსაც ზედაპირის საკმაოდ რთული სტრუქტურა აქვს, არის რთული და სპეციფიური. როგორც პროფ. ა.ზაიცევი თვლის, "მისი გამოთვლა შეუძლებელია, ის უნდა განვიხილოთ, როგორც დამოუკიდებელი დინამიური მაჩვენებელი, რომელიც ცდების გზით უნდა იყოს შესწავლილი".

ცვეთის საწყის მომენტში ხდება ყველაზე წვრილი შემადგენელი ნაწილაკების ამოვარდნა, ამას ხელს უწყობს ცალკეული აგრეგატების

გაჭყლეთა, და მათი საბურავებზე მიწებება მასალის შიგნით საკმარისი შემკვრელობის შემთხვევაში.

წვრილი შემადგენელი ნაწილის დაკარგვა იწვევს ფენილის ზედაპირზე შედარებით მსხვილ მარცვლებს შორის სიცარიელების გამოჩენას, ეს ძალიან ზრდის მის ხორკლიანობას. ამით მცირდება საბურავების ზედაპირთან კონტაქტის ფაქტიური ფართობი, რაც იწვევს ფენილის ცალკეულ წერტილებში ძაბვების კონცენტრაციას. ამასთან, ხდება ქვის ნაწილაკების უფრო ინტენსიური გაჭყლეთა და გაცვეთა. მოძრავი საბურავის უკან ვაკუუმის შექმნით უფრო დიდი ნაწილაკების ამოვარდნა იწვევს უფრო ინტენსიურ აბრაზივის ცვეთას, რაც უფრო მეტად ზრდის ფენილის ხორკლიანობას.

აღსანიშნავია გაცვეთის პროცესში შემკვრელი მასალის სპეციფიური როლი. ფენილის ექსპლუატაციის საწყის პერიოდში ბიტუმი შეიძლება გამოყენებული იყოს შუალედური ფენის სახით, ბიტუმის აფსკის ფენის არსებობა იწვევს ზედაპირის დახურვას ავტომობილური მოძრაობის დაწყების შედეგად.

აღსანიშნავია, რომ ზედაპირის დახურვა ყველაზე ინტენსიურად ხდება ბიტუმის გადაჭარბებით გამოყენების დროს, შეჭიდულობის შემცირების, ტემპერატურის შეცვლის, სხვა ქვის ქანების გამოყენების დროს, რომლებსაც შეუძლიათ ბიტუმის მიკვრა. დამახასიათებელია, რომ ზედაპირის დახურვის დროს ცვეთა შესამჩნევად მცირდება.

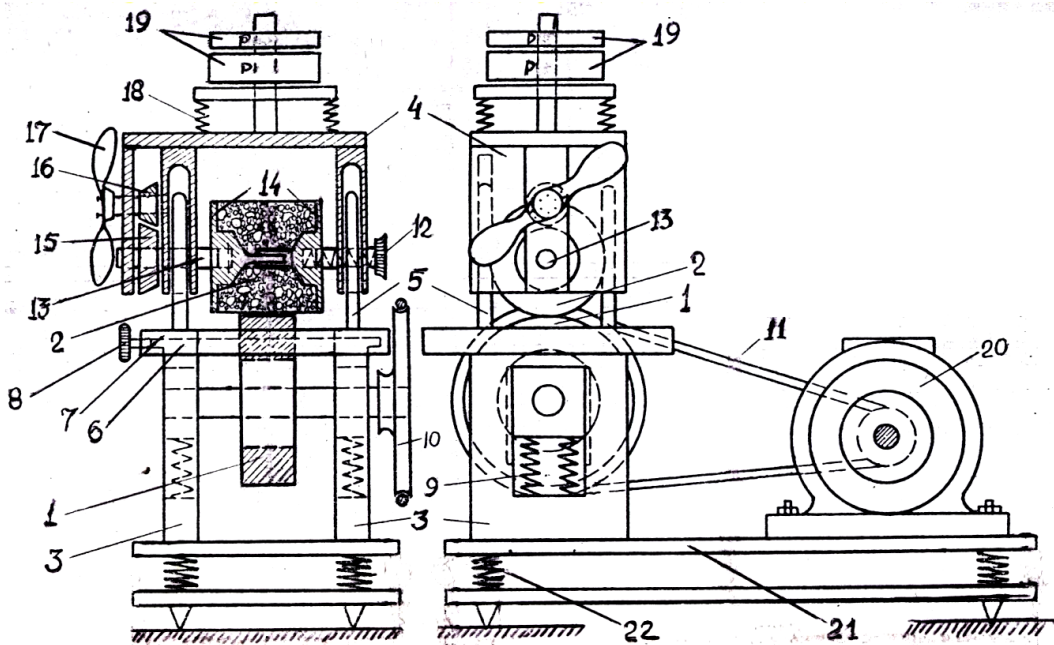
ერთ-ერთი ძლიერი რეაგენტი, რომელიც ზრდის ასფალტბეტონის ცვეთას, არის წყალი. წყალი, რომელიც ბიტუმის აფსკის და ქვის მასალის ფენაში შედის, მათ შორის კავშირს არღვევს, ამის გამო ცვეთის პროცესი უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს.

2.4.3 ასფალტბეტონის ცვეთაზე შემოწმების არსებული მეთოდები

არსებობს ასფალტბეტონის ნიმუშების ლაბორატორიული შემოწმების რამოდენიმე მეთოდები, მაგრამ ყველა ეს მეთოდი

არასრულფასოვანია, რადგანაც არ ასახავს ფენილის ავტომობილის საბურავით გაცვეთის პირობებს. ამ მეთოდების პირობითობა გვაძლევს საშუალებას მხოლოდ შედარებით დონეზე შევადაროთ სხვადასხვა ასფალტბეტონის ნარევი.

არსებული დანადგარებისა და მეთოდების საერთო ნაკლია საბურავის მოძრაობის მოდელირების არარსებობა, ჰორიზონტალური მხების განუსაზღვრელობა, ზოგ შემთხვევაში - ვერტიკალური ძაბვების, რომლებიც ნიმუშის ცვეთას განაპირობებს. შესაბამისად მიღებული შედეგები პირობითია.

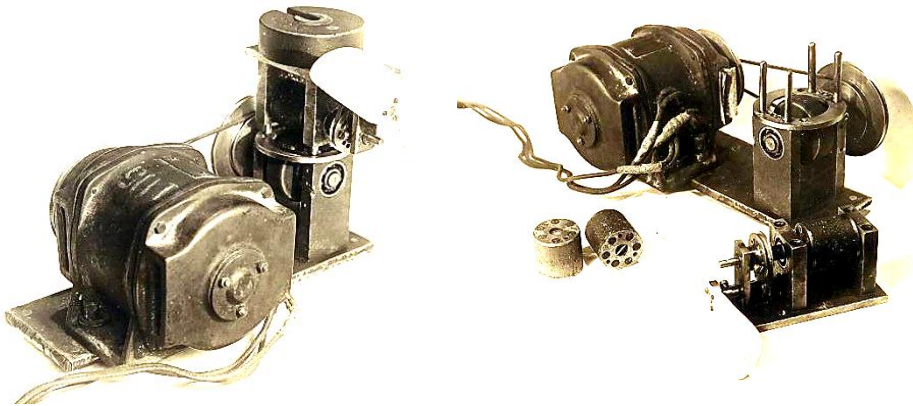


ნახ. 20. ცვეთის დანადგარი

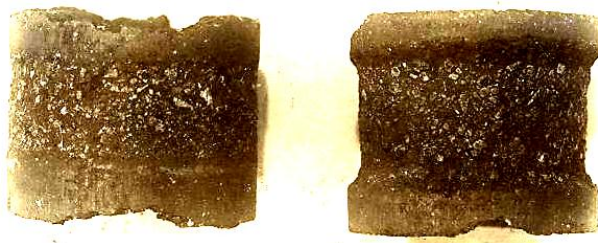
1-რეზინის თვალი ლითონის ღერძით; 2-ასფალტბეტონის ცილინდრული ფორმის ნიმუში; 3-ქვედა (უძრავი ჩარჩო); 4-ზედა (მოძრავი) ჩარჩო; 5-მიმმართველი ვერტიკალური თითები; 6-ჰორიზონტალური უძრავი წრიული ფილა; 7-ჰორიზონტალური მოძრავი წრიული ფილა; 8-ჰორიზონტალური დასამაგრებელი ხრახნი; 9-რეზინის თვალის ღერძის ზამბარა; 10-შკივი; 11-ღვედური გადაცემა; 12-ნიმუშუს სამაგრი მარჯვენა ლითონის ნახევარღერძი საბჯენი ზამბარით; 13-მარცხენა ამყობი ნახევარღერძი სოგმანით; 14-ნიმუშის მასრები; 15-რეზინის წამყვანი ფრიქციული შკივი; 16-რეზინის ამყობი ფრიქციული შკივი ლითონის ღერძით; 17-პროპელერი; 18-ზამბარა; დასატვირთად 19-ტვირთი; 20-ელექტროძრავი; 21-სადგარი ფილა; 22-სადგარი ფილის საყრდენი ზამბარა.

ჩვენს მიერ ნიმუშების ცვეთაზე გამოცდა ჩატარდა ორიგინალურ დანადგარზე, რომელიც დამუშავებულია საავტომობილო გზების

კათედრაზე. კონსტრუქცია ორი შეხებადი ცილინდრების ფრიქციული ბრუნვის პრინციპზეა აგებული, მოწყობილობის კონსტრუქცია და მუშაობის სქემა მოცემულია მე-20 ნახაზზე. მე-21 ნახაზი გვიჩვენებს მოწყობილობას მუშა მდგომარეობაში, ხოლო მე-22 ნახაზი - ნიმუშის მდგომარეობას გამოცის შემდეგ.



ნახ. 21. ცვეთის დანადგარი მუშა მდგომარეობაში



ნახ. 22. ნიმუში გამოცის შემდეგ

ნიმუში არის ცილინდრიული ფორმის, 5 სმ სიმაღლისა და 7 სმ დიამეტრის 200-400 გრ. რაოდენობის ასფალტბეტონის ნარევი სპეციალურ ჩანარებთან ერთად, რომელიც 400 კგ/სმ² წნევით პრესირებას განიცდის, სტანდარტულ ფორმაში, რომელიც ასფალტბეტონის სტანდარტული ნიმუშების დამზადებისათვის გამოიყენება.

ასფალტბეტონის ნარევი ჩანარებთან ერთად ექცევა პრესის ქვეშ: 400 კგ/სმ² დატვირთვის ქვეშ ცივი ნარევისათვის და 300 კგ/სმ² - ცხელი ნარევისათვის.

მინერალური მასალის მარცვლების მაქსიმალური ზომა არის 15 მმ. ნიმუშების მომზადება ხდება ცივი და ცხელი ასფალტბეტონისგან დამზადებული ფენილების დაგების ტექნიკური წესების თანახმად. ორი პარალელური ნიმუში მშრალ მდგომარეობაში, ორი კი - ვაკუუმში წყლით გაჯერების შემდეგ შეისწავლება.

ვერტიკალური დატვირთვა ავტომობილის მოცემული წონის შესაბამისად შეირჩევა, იმის გათვლით, რომ კონტაქტის ფართობზე ძაბვები ფენილის ძაბვებს უნდა უტოლდებოდეს.

ტანგენსიალურ-მხები ძალები დაგეგმილი მონაკვეთის ექსპლუატაციის პირობების შესაბამისად შეირჩევა, ამისათვის დგინდება მოძრაობის წინაღობის კოეფიციენტის სიდიდე. გასათვალისწინებელია შემდეგი ფაქტორები: დახრა, დამუხრუჭება, დაჩქარება, შეჩერება, სრიალი და სხვა, რომელიც ჰორიზონტალური შეხებითი ძალის სიდიდეზე მოქმედებს. დაგეგმილ მონაკვეთზე სრილის მოსალოდნელი სიდიდის შესაბამისად, ცხრილის მიხედვით ინიშნება ღერძებს შორის გადახრის კუთხის სიდიდე. ნიმუშის გამოცდის ხანგრძლივობა, ანუ ნიმუშის ბრუნვების რიცხვი ინიშნება მოძრაობის ინტენსივობის შესაბამისად. მაშასადამე, თუ საჭიროა ნიმუშის ცვეთის მოწყობილობაში ჩვენება, რომელიც ერთი წლის ექსპლუატაციის ტოლია, ნიმუშს ისეთი რიცხვი ენიჭება, რომელიც ავტომობილების რიცხვს შეესაბამება. მაგრამ, რიგ შემთხვევებში გზის ერთი წლის ექსპლუატაციის დრო საკმაოდ დიდია (საათებში) და პრაქტიკულად რთულად გამოსათვლელია, ამიტომაც უფრო ნაკლებ დროში გვიწევს კვლევების ჩატარება. ამისათვის მოძრაობის დროს სრილის სიდიდეს ვზრდით, რაც ღერძების სხვადასხვა კუთხით შებრუნებით მიიღწევა.

ექსპერიმენტალურად მიღებული იყო ერთი კუთხიდან მეორეზე გადასვლის კოეფიციენტები. მათი მნიშვნელობები მე-2 ცხრილშია მოცემული. მაგრამ ეს კოეფიციენტები სავარაუდოა ასფალტბეტონის ერთი შემადგენლობისათვის. დაზუსტებისათვის საჭიროა

ასფალტბეტონის სხვადასხვა შემადგენლობებისათვის ბევრი კვლევის ჩატარება.

ასეთი მეთოდის გამოყენება განპირობებულია ასფალტბეტონის ნარეგების დიდი დიაპაზონით. მაგ., თუ გრანიტის მასალის ცივი ასფალტბეტონი 5°30' კუთხით გამოიკვლევა, ცხელი ასფალტბეტონი უფრო დიდი კუთხით შეისწავლება, წინააღმდეგ შემთხვევაში ძალიან უმნიშვნელო ცვეთა გვაქვს და ერთი და იგივე ეფექტის მიღებისათვის დიდი დროა საჭირო.

ცხრილი 2

გადამყვანი კოეფიციენტები

№	ღერძის გადახრის კუთხე, °	ცხელი ასფალტბეტონისათვის გადამყვანი კოეფიციენტი	
		მშრალი ნიმუშები	წყლით გაჯერებული ნიმუშები
1	0	1	1
2	5° 30*	2	1,25
3	11°	100	6
4	16° 30*	500	20
5	22°	1500	35

შეგვიძლია ასევე სხვა გზით წასვლა, როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს, სავარაუდოდ, ცვეთის დროზე დამოკიდებულება წრფივია, იმის გამო, რომ ჯამური ცვეთის მისაღებად ცვეთის სიდიდე, მაგ., 10 წთ. განმავლობაში, საჭიროა ამ სიდიდის იმდენჯერ გაზრდა, რამდენჯერაც იზრდება ნიმუშის მოწყობილობაზე ბრუნვების რიცხვი.

ზედაპირის 1 სმ² ცვეთა ნიმუშის წონის დაკლებით იზომება.

უფრო ზუსტად, მოცულობითი წონის გათვალისწინებით:

$$U = \frac{P}{d} \times 10 \text{ მმ}, \quad (14)$$

სადაც:

U - ცვეთის სიდიდეა, მმ;

P - წონის დაკლება, გრამებში;

d - ნიმუშის მოცულობითი წონა, გრ/სმ³ ;

10 - მუდმივი სიდიდე, მმ.



ა)

ბ)

გ)

ნახ.23. დანადგარზე სხვადასხვა კუთხით ნიმუშის ცვეთა

ძირულას კრისტალური მასივის (კურსების) გრანიტის ნარჩენებისგან დამზადებული ცივი ასფალტბეტონის გამოკვლევისათვის მიღებული იყო შემდეგი პირობები:

- გამოკვლევის დრო - 10 წთ;
- ნიმუშის ბრუნვების საერთო რიცხვი - 7200 ბრ/წთ;
- ვერტიკალური დატვირთვა - 6 კგ/სმ²;
- ჰორიზონტალური დატვირთვა - 2,12 კგ/სმ² ;
- ნიმუშის ღერძებსა და რეზინის საბურავის შორის კუთხე - 5°;
- საბურავის სრიალი მოძრაობის დროს - მოძრაობის 9,6%.

ცვეთა ხდება მრგვალი ნიმუშის ცილინდრიულ პერიმეტრზე, რეზინის საბურავის სიგანის ტოლი სიგანით.

ნახაზი 21 გვიჩვენებს ნიმუშის კვლევისათვის მომზადებას.

ნახაზი 22 - გრანიტის ნარჩენებისგან დამზადებული ცივი ასფალტბეტონის ნიმუშის 11° კუთხით დახრისას შემოწმების შედეგებს ("ა" ნიმუში მშრალ მდგომარეობაში, "ბ" - წყლით გაჯერებულ მდგომარეობაში).

ნახაზი 23 ა გვიჩვენებს ცხელი ასფალტბეტონის 11° კუთხით მშრალ მდგომარეობაში გამოკვლევას, ნახ. 23.ბ - 16° 30' კუთხით - დედოფლისწყაროს კირქვის მასალისგან დამზადებული ცივი ასფალტბეტონის შესწავლას. ნახაზი 23.გ გვიჩვენებს გრანიტის

ნარჩენებისგან დამზადებული ცივი ასფალტბეტონის ნიმუშს და ლიოსისა და ბიტუმის 15% ნარევის 0⁰ კუთხით დახრილი ნიმუშის მშრალ მდგომარეობაში გამოკვლევას, რომელიც 10-20 წთ გრძელდებოდა.

კვლების შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში

ცხრილი 3

გრანიტის კურსების გამოცდის შედეგები

№	ნარევის სახეობა	ნიმუშის 7200 ბრუნვის შემდეგ ცვეთის სიდიდე, მმ	
		მშრალი	წყლით გაჯერებული
1	კურსების გრანიტი (წმინდა), 5-0 მმ, 5,5%-ანი ირანის თხევადი ბიტუმის დანამატით	0,047	0,725
2	დედოფლისწყაროს კირქვის ცივი ასფალტბეტონი 10-0 მმ, (დედოფლისწყაროს ქარხნიდან ჩამოტანილი ნარევი)	0,018	0,27
3	ცხელი ასფალტბეტონი გრანიტი 5-0 - 70% კვარც. ქვიშა - 10% კირქვ. ფხვნილი - 20%; 7,5% ბაქოს II მარკის ბიტუმის დამატებით	0,0013	0,0217

ავტომობილების 1 წელში გასვლების საერთო რიცხვი სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში 1000 ავტ/დღე იქნება:

წვიმიანი დღეები $52 \times 1000 = 53000$ ავტ.

ნულზე დაბალი ტემპერატურით $130 \times 1000 = 13000$ ავტ.

ნულზე მაღალი, მშრალი $130 \times 1000 = 13000$ ავტ.

შესაბამისად, ცვეთა იქნება

ზაფხულის პერიოდში, წყლით გაჯერებულ მდგომარეობაში:

I ნარევისთვის $U = 52000/7200 \times 0,725 = 5,22$ მმ;

II ნარევისთვის $U = 52000/7200 \times 0,27 = 1,94$ მმ;

III ნარევისთვის $U = 52000/7200 \times 0,217 = 0,16$ მმ;

ზაფხულის პერიოდში მშრალ მდგომარეობაში, ნულზე მაღალი ტემპერატურის დროს:

$$\text{I ნარევისთვის } U = 13000/7200 \times 0,047 = 0,85 \text{ მმ};$$

$$\text{II ნარევისთვის } U = 13000/7200 \times 0,018 = 0,32 \text{ მმ};$$

$$\text{III ნარევისთვის } U = 13000/7200 \times 0,0013 = 0,024 \text{ მმ}.$$

სპეციალურად ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ დაბალი ტემპერატურის დროს ცვეთა საშუალოდ სამჯერ ნაკლებია, ვიდრე მაღალი ტემპერატურის დროს. აქედან გამომდინარე, მივიღებთ: ცვეთა I ნარევისათვის იქნება 0,28 მმ, II - 0,1 მმ და III - 0,008 მმ.

შერჩეული ნარევისათვის ჯამური ცვეთა იქნება:

$$\text{I ნარევისთვის } U = 5,22 + 0,85 + 0,28 = 6,35 \text{ მმ};$$

$$\text{II ნარევისთვის } U = 1,94 + 0,32 + 0,01 = 2,27 \text{ მმ};$$

$$\text{III ნარევისთვის } U = 0,16 + 0,024 + 0,008 = 0,2 \text{ მმ}.$$

მიღებული მონაცემების ბირულის, ტელეგინის, კუნგურცევის, ბიცინაშვილის, კალერტის მრავალწლიანი დაკვირვებების მონაცემებთან შედარების დროს ირკვევა, რომ რიცხვების რიგი დაახლოებით ერთნაირი გამოდის (მაგ, ასეთივე ინტენსივობის დროს ცვეთა ცხელი ასფალტბეტონისა წელიწადში არის 0,2 0,5 და 1 მმ, ცივი ასფალტბეტონებისათვის - 2,5 მმ).

2.5. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების მოწყობის ტექნოლოგია

2.5.1. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების მოწყობა

შავი ლორღისა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისაგან

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შავი ლორღისა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისაგან მოწყობის ტექნოლოგია ხისტი შუაშრის და მთლიანად საფარის კონსტრუქციული თავისებურებით განისაზღვრება.

ასეთი საფარებისათვის ძირითადად ტრადიციული საგზაო მანქანები და აგრეგატები გამოიყენება. მაგრამ კონკრეტულ პირობებზე და საფარების კონსტრუქციულ თავისებურებებზე დამოკიდებულებით არაა გამორიცხული ქვიშა-ცემენტის ხსნარით შავი ღორღის ფენის გაჟღენთვის ტექნოლოგიური პროცესებისადმი არსებული საგზაო მანქანებისა და აგრეგატების მოსამარჯვებლად მექანიზმების სპეციალური კვანძების კონსტრუირების აუცილებლობა ან არახისტი საფარის ტანში სტრუქტურული მარმირებელი ელემენტების შეყვანა. ეს ყველაფერი საკითხის გადაჭრისადმი მშენებლის შემოქმედებით მიდგომაზეა დამოკიდებული.

ზემოდან შავი ღორღის ფენის გაჟღენთვისას (პირდაპირი გაჟღენთვა) ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ჩაწნევა შავი ღორღის ფენის სიცარიელებში (ფორებში) პნევმოსაგორავებით ან ვიბროსაგორავებით ხორციელდება. ამ მიზნებისათვის შეიძლება ასევე სამოედნო ვიბრატორების გამოყენება. საგორავების შერჩევასა და გათვალისწინებული უნდა იქნას, რომ ქვიშა-ცემენტის ხსნარი ადვილად ეკრობა გლუვვალციანი საგორავების დოლებს (ბარაბნებს), რაც ართულებს შავი ღორღის ფენაში ხსნარის ჩაწნევის პროცესს.

გაჟღენთვის ნორმალური პროცესის უზრუნველსაყოფად ხსნარში უნდა შევიყვანოთ სუპერპლასტიფიკატორი ანუ სსბ (სდბ). ადგილზე გაჟღენთვის სიღრმის საკონტროლო განსაზღვრა იძლევა საშუალებას უშუალოდ გზაზე მოხდეს ხარჯის ნორმის და ხსნარის კონსისტენციის (ძვრადობის) კორექტირება შავი ღორღის ფენის გამკვრივებისას წარმოქმნილი სიცარიელების(ფორების) ზომებზე, პლასტიფიკატორის სახეობაზე და შავი ღორღის ფენაში ხსნარის ჩაწნევის საშუალებებზე დამოკიდებულებით.

საგორავის გასვლების რაოდენობა შეადგენს დაახლოებით 3-4-ს თითოეულ კვალზე.

შავი ლორღის ფენაში ხსნარის ჩაწნევის პროცესი დამთავრებულად ითვლება, როდესაც შავი ლორღი 3-4 მმ-ით წინ არის გამოსული (გამოწეული) ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ფენის ზედაპირის ქვეშ. ლორღის გამოწეული წახნაგები უზრუნველყოფენ ხისტი ფენის გარკვეულ ხორკლიანობას მისი ზედა ფენის სახით გამოყენებისას ან, შედიან რაკონტაქტში ცხელ ასფალტბეტონის ნარევთან, ზრდიან ზედა ფენასთან ჩაჭიდებას ქვედა ფენის სახით ხისტი შუაშრის გამოყენებისას.

დასხმული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ნორმატული ოდენობის უზრუნველყოფა წარმოადგენს აუცილებელ პირობას, ვინაიდან ჭარბობისას შავი ლორღის ფენის თავზე შეიძლება წარმოიქმნას მთლიანი (უწყვეტი) ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ფენა, რაც წარმოადგენს დეფექტს და ნახევრადხისტი საფარის მოწყობის პრინციპისგან გადახვევას (უკანდახვევას).

ხსნარით ქვემოდან (უკუ გაჟღენთვა) შავი ლორღის ფენის გაჟღენთვის დროს ტექნოლოგია ერთობ მარტივდება, ვინაიდან ქვიშა-ცემენტის ხსნარს წნევა გადაეცემა უშუალოდ გასაჟღენთი შავი ლორღის ფენის მეშვეობით. ამასთან, შავი ლორღის ფენის დატკეპნისათვის შეიძლება ყველა სახის საგორავების მოხმარება, რომლებიც საგზაო საფარების დატკეპნისათვის გამოიყენება. უნდა აღინიშნოს, რომ უკუ გაჟღენთვისას ხისტი შუაშრის ხარისხი ერთობ ქვეითდება, და ასეთი ხერხი უპირატესად გამოსადეგია ამასობაში მკვრივ საფუძველზე მდებარე ქვედა ფენის სახით ხისტი შუაშრის გამოყენებისას.

ზაფხულის პერიოდში ცემენტის გამყარების ნორმალური თბოტენიანი რეჟიმის უზრუნველსაყოფად ცხელი შავი ლორღის ფენას ხსნარით გაჟღენთვამდე (პირდაპირი გაჟღენთვისას) ან მის შემდეგ (უკუგაჟღენთვისას) რწყავენწყლით, 1 კვ.მ.-ზე 5-10 ლ ოდენობით და ტრადიციული სარწყავი მანქანების გამოყენებით.

პირდაპირი გაჟღენთვისას ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების მოწყობის სრული ტექნოლოგიური ციკლი შემდეგი ოპერაციებისგან შედგება:

1. შავი ღორღის დამზადება ცენტრალურ ბაზებზე და მისი მიწოდება გზაზე ცხელ მდგომარეობაში (130-150°C) ავტოთვითმცლელების მიერ;

2. შავი ღორღის ფენის მოწყობა არსებული ტექნოლოგიის მიხედვით (იხ. СНиП 3.06.03-85, ორგანული შემკვრელებით დამუშავებული შავი ღორღისგან დამზადებული საფარებისა და საფუძვლების მოწყობის ინსტრუქცია, და სამუშაოთა კომპლექსური მექანიზაციის ტიპური ტექნოლოგიური სქემები). წინამდებარე ტექნოლოგიის სპეციფიკა მდგომარეობს მხოლოდ იმაში, რომ ერთ კვალზე საგორავის გასვლის რაოდენობა შეზღუდულია ქვიშა-ცემენტის ხსნარით ადვილად გასაჟღენთი შავი ღორღის მსხვილფოროვანი ფენის წარმოქმნის პირობებით;

3. ადგილზე, გადასაადგილებელ ხსნარსარევეებში ან ცენტრალურ ბაზებზე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დამზადება (აუცილებლობის შემთხვევაში პლასტიფიკა-ტორისა და პოლიმერის დამატებით) და გზაზე მისი მიწოდება ავტობეტონ-მზიდებით, ავტოთვითმცლელებით ან სპეციალურად აღჭურვილი სატრანსპორტო საშუალებებით;

4. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გადმოტვირთვა უშუალოდ შავი ღორღის ფენაზე და მისი მოსწორება საგზაო-სამშენებლო მასალების (ნარევეების) თვითმავალი დამგებით, მაგალითად, Д-724 მარკის ასფალტდამგებით, ავტოგრეიდერით ან გრეიდერზე დამონტაჟებული სპეციალური ვიბროლარტყით (ფარით). ხსნარის ოდენობა 1 კვ.მ-ზე და საფარის გაჟღენთვის სიღრმის 1 სმ-ზე შეადგენს 3,5-4,5 ლ-ს;

5. ცემენტის შეკვრის დაწყებამდე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ჩაწნევა შავი ღორღის მსხვილფოროვან ფენაში პნევმოსაგორავებით ან ვიბროსაგორავებით (მაგალითად, ДУ-47А ტიპის);

6. ბიტუმის ემულსიის დასხმა საფარის 1 კვ.მ-ზე 0,4 ლ ოდენობით ავტოგუდრონატორის მიერ ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი

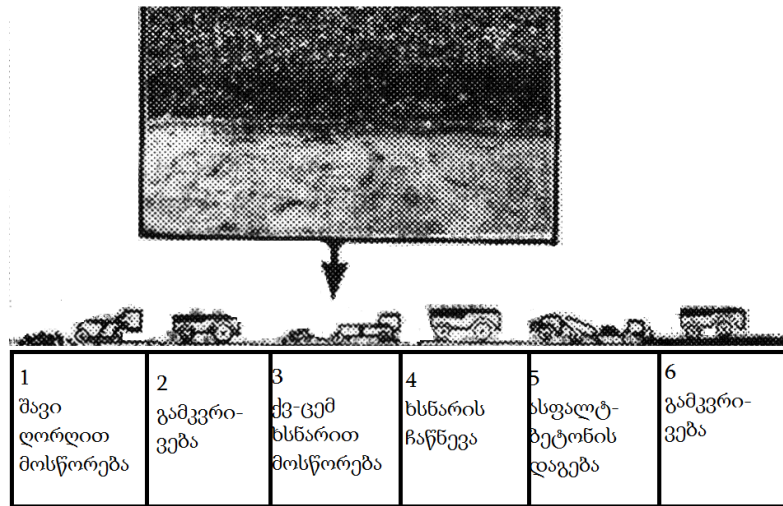
ლორდის მზა ფენაზე, მისი ზედა ფენის სახით გამოყენებისას და წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ნარევისგან შემდგარი ზედა ფენის დაგება ასფალტდამგებით შესვენების გარეშე, მისი ქვედა ფენის სახით გამოყენებისას, საგორავებით მისი მომდევნო გამკვრივებით.

თუ ხისტი შუაშრე საფუძვლის ზედა ფენის სახით გვემსახურება, ქვიშა-ცემენტის ხსნარით შავი ლორდის ფენის გაჟღენთვისთანავე ასფალტბეტონის ქვედა ფენას აგებენ. ამასთან ასფალტბეტონის ზედა ფენა შეიძლება დაგებულ იქნას რამდენიმე დღის შესვენებით, მაგრამ უკეთესია არ დავაყოვნოთ ერთ დღე-ღამეზე მეტი.

24-საათიანი დაყოვნების შემდეგ მზა საფარი შეიძლება ექსპლუატაციაში გადაეცეს.

უკუგაჟღენთვის ხერხით საფარის მოწყობისას ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა ერთობ იცვლება: თავიდან მზა საფუძვლის მიხედვით ასწორებენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს, და შემდეგ აგებენ შავი ლორდის ფენას. მას ანაწილებენ ხსნარის ახლადდაგებულ ფენაზე ლორდის ჩვეულებრივი გამანაწილებლებით Д-724, Д-337-Б, Т-224 ან ასფალტდამგებით. დატკეპნას აწარმოებენ პნევმოსაგორავებით, ვიბროსაგორავებით, ან, მათი არარსებობის შემთხვევაში, ჩვეულებრივი ხისტვალციანი საგორავებით, ლორდის სრულ ჩაფლვამდე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ფენაში და ზედაპირზე ხსნარის გამოჩენამდე. გაჟღენთვის დასრულებისთანავე აწყობენ ასფალტბეტონის საფარის ზედა ფენას.

შავი ლორდის უფრო სქელი ფენების ორმხრივი, უკუ- და შემდეგ პირდაპირი გაჟღენთვისას ორივე ოპერაცია შეიძლება ერთდროულად შესრულდეს ან მათ შორის გარკვეული შესვენებით. ქვიშა-ცემენტის ხსნარით შავი ლორდის ფენის პირდაპირი გაჟღენთვის ხერხის გამოყენებით ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობის ტექნოლოგიური მიმდევრობის მიახლოებითი სქემა მოცემულია ნახ. 24-ზე.



ნახ. 24. ქვიშა-ცემენტის ხსნარით შავი ლორდის გაჟღენთვის ხერხის გამოყენებით ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობის ტექნოლოგიური მიმდევრობის სქემა

2.5.2. ხისტი ელემენტებით არმირებული ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობა

ხისტი ელემენტებით არმირებული ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობის ტექნოლოგია არსებითად განსხვავდება შავი ლორდისა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხისტი შუაშრის ტექნოლოგიისაგან.

ასეთი საფარების მოწყობის ტექნოლოგიურ პროცესში ძირითადია მოცემული კონფიგურაციის (მაგალითად, ბადეების და გოფრირებული (დაღარული) შუაშრეების და ცალკეული ღეროების სახით) ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ფენის ან ცალკეული ელემენტების დატანა (იხ. ნახ. 3). ასეთი კონსტრუქციების შესაქმნელად შეიძლება ორი ტექნოლოგიური ხერხის გამოყენება:

1. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მთლიანი ფენის დატანა მისი მომდევნო ჩაწნევით ვალცის (საგორავის) მეშვეობით, რომელსაც ზედაპირზე შესაბამისი პროფილის ტრაფარეტი აქვს ბადისებრი (პერფორირებული) ან გოფრირებული (დაღარული) ფორმის მიცემის მიზნით

2. ბადისებრი (პერფორირებული) ან გოფირებული ფენის დატანა ვალცის (დოლის) გორვისას, რომელსაც ზედაპირზე შესაბამისი პროფილის ტრაფარეტი აქვს, ბუნკერიდან ქვიშა-ცემენტის ხსნარის უწყვეტი გამოწნევის გზით.

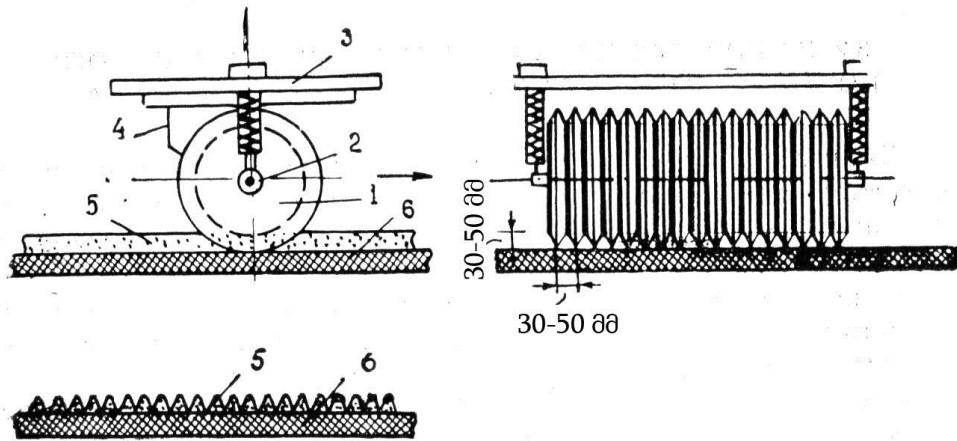
ასეთი ტექნოლოგია მოითხოვს შესაბამისი კონსისტენციის (ძვრადობის) ხსნარის შერჩევას, ვინაიდან დატანის პროცესში ხსნარი ადვილად უნდა ეწყობოდეს (ნაწილდებოდეს) შუაშრის მოცემულ ფორმაში და შემდგომ ინარჩუნებდეს მისთვის მიცემულ ფორმას ცემენტის შეკვრის დაწყებამდე. ამასთან, ასფალტბეტონის ნარევის დაგებისა და მათი ერთობლივი გამკვრივების პროცესში (ე.ი. ცემენტის შეკვრის დაწყების შემდეგ) ხსნარისთვის მიცემული ფორმის შესანარჩუნებლად ასფალტბეტონის ნარევის დაგება მხოლოდ ხსნარის მიერ შესაბამისი უძრავობის (სიხისტის) შეძენის შემდეგაა შესაძლებელი.

მარმირებელი ელემენტების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით იყენებენ პოლიმერულ დანამატებს და ზოგჯერ მარმირებელ მოკლე მინაბოჭკოს. ამასთან ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მარკა შეიძლება იყოს 50, 75 და 100-ზე ერთობ ნაკლები, გზის კატეგორიაზე დამოკიდებულებით.

მარმირებელი ხისტი შუაშრეების დატანა ხორციელდება ცალკეული, პარალელური, გზის ღერძის გასწვრივ გაკეთებული ზოლებით, რომელთა სიგანე უდრის ახლადდაგებულ ქვიშა-ცემენტის ხსნარზე ასფალტბეტონის ნარევის დამგები გზის მანქანების თვლებს შორის არსებულ მანძილს. ამასთან ხისტი შუაშრეების ცალკეულ ზოლებს შორის რჩება ვიწრო ზოლები, რომლებიც არ არის დაფარული ხსნარით საგზაო მანქანების თვლების (მუხლუხების) მთელ სიგანეზე.

ნახ. 25-ზე ნაჩვენებია მისაბმელი აგრეგატის ერთ-ერთი, გრეიდერზე დამონტაჟებული, ვარიანტი, ქვიშა-ცემენტის ხსნარის წინასწარ დატანილ ფენაზე გოფირებული ზედაპირის მოსაწყობად.

ნახ. 25-ზე ნაჩვენებია აგრეგატის ერთ-ერთი, გრეიდერზე დამონტაჟებული ვარიანტი, ბადისებრი ხისტი შუაშრის დასატანად.



ნახ. 25. ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი გოფრირებული ხისტი შუაშრის მოსაწყობად არსებული აგრეგატის სქემა:

1 – დაახლოებით $D = 55$ სმ დიამეტრის, 120–250 სმ სიგრძის გოფრირებული ლითონის ვალცი; 2 – მოვიბრირე მექანიზმი; 3 – გრეიდერის ჩარჩო; 4 – გამჭმენდი; 5 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარი; 6 – საფარი

ბადისებრი ხისტი შუაშრის დატანა შეიძლება ასევე სპეციალური სამარჯვის – ისეთი ხვრელების (საქმენების) მქონე გამანაწილებელი მილის დახმარებით, რომლებიც გზის ღერძის გასწვრივ ზიგზაგისებური მოძრაობისას წნევის ქვეშ გასცემენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს [3].

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გოფრირებული ხისტი შუაშრის ჩანართის მქონე ნახევრადხისტი საფარის მოწყობის ტექნოლოგია (იხ. ნახ. 26) მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს:

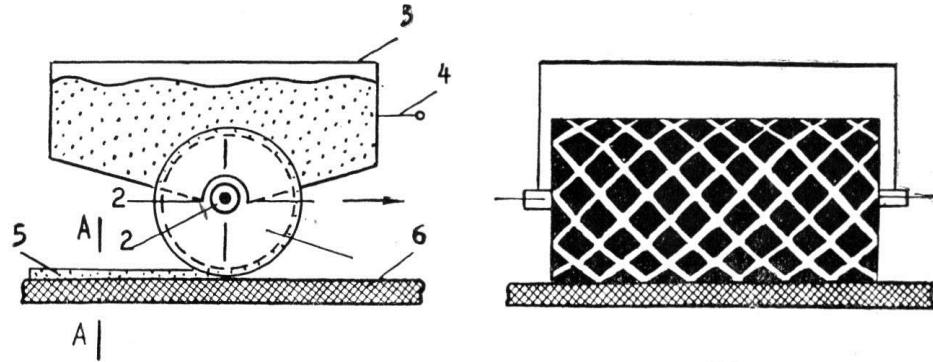
1. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დამზადება ცენტრალურ ბაზებზე და გზაზე მათი მიწოდება;

2. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მოსწორება, მაგალითად, ავტოგრეიდერით, 1 კვ.მ-ზე 18–20 ლ-ის ოდენობით;

3. ქვიშა-ცემენტის ფენის პროფილირება ნახ. 26-ზე ნაჩვენები აგრეგატის მეშვეობით;

4. ცხელი ან ცივი ქვიშოვანი (წვრილმარცვლოვანი) ასფალტბეტონის ნარევის დაგება ასფალტდამგებებით ახლადდაგებულ ქვიშა-ცემენტის ხსნარზე;

5. ქვიშა-ცემენტის ხსნართან ერთად ასფალტბეტონის ნარევის გამკვრივება საგორავებით.

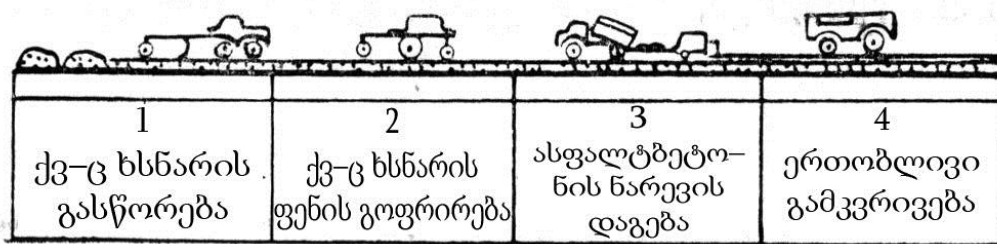


კვეთი A-A



ნახ. 26. ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან ხისტი ბადისებრი შუაშრის მოსაწყობად განკუთვნილი აგრეგატის (მოწყობილობის) სქემა:

- 1 – ლითონის ვალცი ზედაპირზე არსებული ბადისებრი პროფილის ტრაფარეტით (დაახლოებით 50-60 სმ დიამეტრის, 120-250 სმ სიგრძის); 2 – მოვიბრირე მექანიზმი; 3 – ბუნკერი; 4 – რვილი; 5 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარი; 6 – ასფალტბეტონის საფარის ქვედა ფენა



ნახ. 27. ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა და ასფალტბეტონის ნარევისგან შემდგარი ხისტი გოფრირებული (დაღარული) შუაშრის მქონე ნახევრადხისტი საფარის მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესის სქემა



ნახ. 28. ხისტი ბადისებრი შუაშრის ჩართვით ნახევრადხისტი საფარის მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესის სქემა

ხისტი ბადისებრი შუაშრის მქონე ნახევრადხისტი საფარის მოწყობის ტექნოლოგია (იხ. ნახ. 28) შემდეგ ოპერაციებს მოიცავს:

1. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მომზადება;
2. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დაგება ბადისებრი ფორმის მიხედვით;
3. ცხელი ან ცივი, ქვიშოვანი ან წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ნარევის დაგება ასფალტდამგებით ახლადდაგებულ ქვიშა-ცემენტის ხსნარზე;
4. ქვიშა-ცემენტის ხსნართან ერთად ასფალტბეტონის ნარევის გამკვრივება საგორავებით.

ცალკეული წაგრძელებული ღეროების მქონე ნახევრადხისტი საფარის მოწყობის ტექნოლოგია (იხ. ნახ. 28) შემდეგ ოპერაციებს მოიცავს:

1. ასფალტბეტონის საფარის ქვედა ფენის დაგება ასფალტდამგების გამოყენებით;
2. სამკუთხა კვეთის მქონე ცალკეული ღარაკების (თხრილაკების) ჩაწყობა აგრეგატის მოვიბრირე ლითონიანი საპროფილე ვალცის ან ასფალტდამგებზე დამონტაჟებული საგორავის საპროფილე (ხერხისებრი) ვიბროლარტყის (ვიბროძელის) დახმარებით;
3. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გადმოტვირთვა საფარზე და მისი მოსწორება გრეიდერის დანაზე დამაგრებული რეზინის საფხეკის (ხვეტიას) მეშვეობით. რეზინის საფხეკი უზრუნველყოფს მხოლოდ ღარაკების

(თხრილაკების) შევსებას ქვიშა-ცემენტის ხსნარით და მის სრულ მოცილებას საფარის ზედაპირიდან;

4. ქვედა ფენის გამკვრივება პნევმოსაგორავებით, ვიბროსაგორავებით ან მძიმე გლუვ ვალციანი საგორავებით;

5. ასფალტბეტონის ზედა ფენის დაგება ასფალტდამგებით;

6. ასფალტბეტონის საფარის ზედა ფენის გამკვრივება საგორავებით.

სამშენებლო ობიექტზე საპროფილე საგორავის გადაადგილებისათვის (უქმი სვლისათვის) იყენებენ სპეციალურ მისაბმელ ბაქნებს (ურიკებს). ასფალტბეტონის ნარევისა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დაგების პროცესები შეიძლება შეთავსდეს ასფალტდამგებზე მიბმული სპეციალური აგრეგატის მეშვეობით.

2.5.3. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობა გრანულირებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გამოყენებით

ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა და წვრილმარცვლოვანი (ქვიშოვანი) ასფალტ-ბეტონის ნარევის გამოყენებით ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობის ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესია ახალი ხსნარის გრანულირება და მისი შერევა ასფალტბეტონის ნარევთან. ამ პროცესის სრულყოფაზეა დამოკიდებული სტრუქტურული ელემენტების განლაგების თანაბრობა არახისტი საფარის ტანში და, შესაბამისად, საგზაო საფარის სიმტკიცე და ძვრისადმი მდგრადობა.

ასფალტბეტონის ნარევთან ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შერევის ხერხები შეიძლება სხვადასხვა იყოს. ასეთი ხერხების შემუშავებას საფუძვლად უდევს ასფალტბეტონის ტანში ცალკეული გრანულების – დაახლოებით 10-15 მმ-დან 25-35-მმ-მდე ზომის სტრუქტურული აგრეგატების წარმოქმნის პრინციპი. ეს შეიძლება განხორციელდეს ასფალტბეტონის ნარევის დაგებისას უშუალოდ ასფალტდამგების შნეკიანი გამანაწილებლის კვანძში რამდენიმე მოქნილი მილტუჩის მეშვეობით ქვიშა-ცემენტის ხსნარის წნევის

ქვეშ მიწოდების გზით. ამასთან ხსნარის გრანულების წარმოქმნის მიზნით ის ცალკეული პორციებით უნდა მიეწოდებოდეს. ხსნარის მიწოდების შეწყვეტა შეიძლება განხორციელდეს, მაგალითად, მოქნილი მილტუჩების პერიოდული მიჭყლეტით სპეციალური ბერკეტების (მუხშტების) მეშვეობით.

კომბინირებული ნარევი შეიძლება მიღებული იქნას ასფალტბეტონის ნარევი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის უშუალოდ დოლური ტიპის სარევი შეყვანის გზით, რომელიც თავისუფალი შერევის პრინციპით მუშაობს. ამასთან ქვიშა-ცემენტის ხსნარს უნდა ჰქონდეს ხისტი კონსისტენცია და ფხვიერ მდგომარეობაში უნდა იმყოფებოდეს, რაც მისი დაწვრილმანებით მიიღწევა ცემენტის შეკვრის შემდეგ.

ასეთი ტექნოლოგიური ილეთების ყველაზე მარტივად განხორციელება შეიძლება ცივი (ტენიანი რეგენერირებული) ასფალტბეტონის ნარევისგან, ასევე მასიდან 4-5%-ის ოდენობის ცხელი წყლით წინასწარ დატენიანებული ცხელი ასფალტბეტონის ნარევისგან ნახევრადხისტი საფარის მოწყობისას.

2.6. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების გამოცდილება, მათი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებები და ეკონომიკური მაჩვენებლები

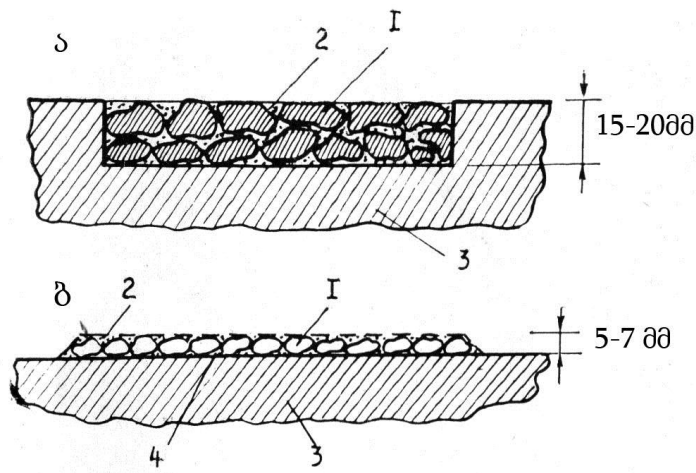
2.6.1. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის გამოყენების გამოცდილება

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შექმნისა და გამოყენების პრაქტიკული სამუშაოები 1958-1959წწ. დაიწყო ვ.ი. ლენინის სახ. საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის საავტომობილო გზების კათედრაზე თბილისის ქალაქ აღმასკომის საგზაო მშენებლობის სამმართველოსთან თანამეგობრობაში. 1960 წელს ქ. თბილისის ქუჩებზე პირველი საცდელი უბნები აშენდა, რომლებიც განკუთვნილი იყო

მოედნებისა და ქალაქის ქუჩების სავალი ნაწილის დეკორატიული გაფორმებისა და მონიშვნისათვის. სავალი ნაწილის მონიშვნისათვის განკუთვნილი, „ასფალტის მოზაიკის“ სახელწოდების მქონე თხელფენოვანი კომპოზიციური საგზაო საფარის სტრუქტურა ნაჩვენებია ნახ. 29-ზე, ხოლო ფრაგმენტის ზოგადი სახე – ნახ. 30-ზე.

ასფალტის მოზაიკისთვის იყენებდნენ შავ ღორღს და თეთრ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს. შავი ღორღის დასამზადებლად იყენებდნენ ღია ფერის ქვის ქანს – თეთრ კირქვას და თერმოლიტს (1000°C-ზე გამომწვარ ქალცედონს), ღორღის მარცვლების 5-7, 7-10, 10-15 და 5-15 მმ ზომით, ბლანტ ბიტუმს BH40/60 და ბიტუმის მასტიკას (ბიტუმ BH40/60-ის და <0,071 მმ ზომის მქონე ღორღის მარცვლებისგან შემდგარი მინერალური ფხვნილის ნარევი, მასის თანაფარდობით 1:1).

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დასამზადებლად იყენებდნენ 400 მარკის თეთრ პორტლანდცემენტს, კირქვის ქვიშას მარცვლების ზომით <0,5 მმ, მასის თანაფარდობით 1:2 და პოლივინილაცეტატურ ემულსიას (ცემენტის მასის 2-3%).

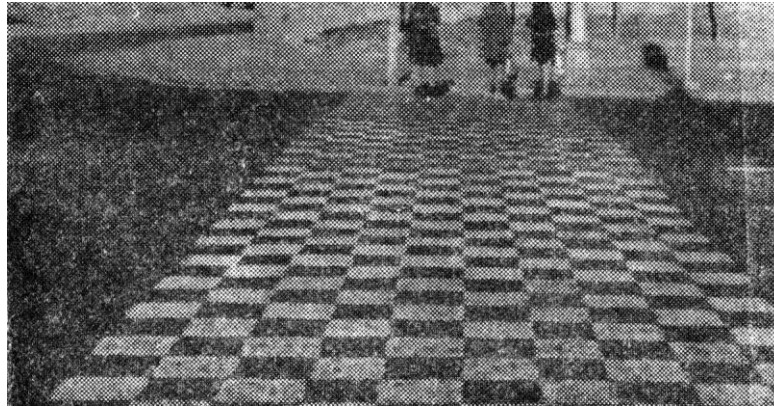


ნახ. 29. თხელფენიანი კომპოზიციური მოსანიშნი თეთრი საფარის სტრუქტურა:

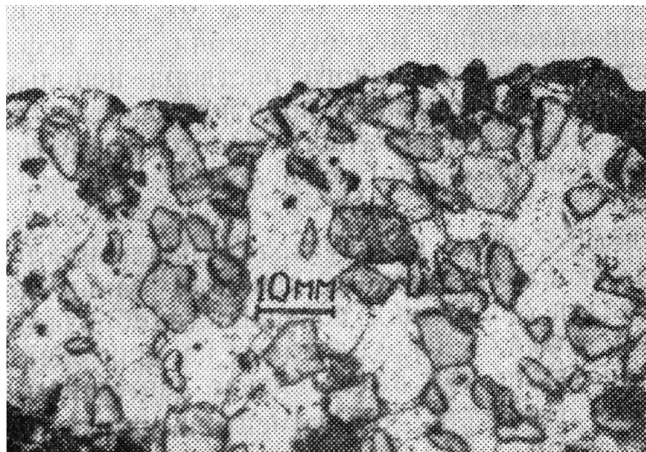
A – ასფალტის მოზაიკა; B – „ზედაპირული დამუშავება“; 1 – შავი ღორღი; 2 – თეთრი ფერის ქვიშა-ცემენტის ხსნარი; 3 – ასფალტბეტონის საფარის ზედა ფენა; 4 – ბიტუმის მასტიკა

ასფალტის მოზაიკისთვის წვრილი ღორღის გამოყენებისას ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ნაცვლად იყენებდნენ თეთრ ცემენტის ცომს

პოლივინილაცეტატის ემულსიის დამატებით. საფეხმავლო გადასასვლელზე ასეთი მოსანიშნი თეთრი საფარის საერთო ხედი ჭადრაკისებურად განლაგებული კვადრატების სახით მოცემულია ნახ. 30, 31-ზე.



ნახ. 30. ნახევრადხისტი კომპოზიციური თეთრი საფარის საერთო ხედი, რომელიც გამოიყენება ჭადრაკისებურად განლაგებული კვადრატებით საფეხმავლო გადასასვლელის მოსანიშნი საფარის სახით

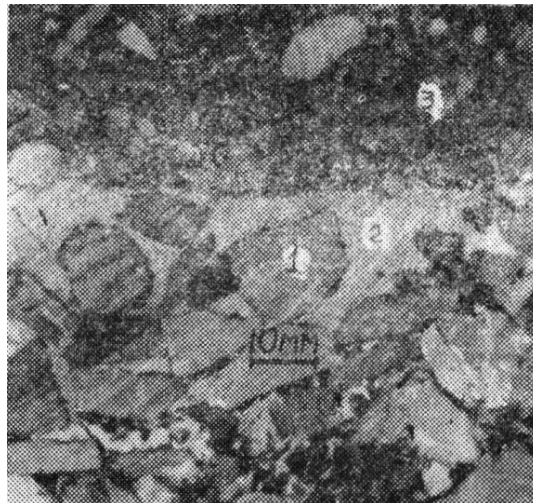


ნახ. 31. ინტენსიური მოძრაობის პირობებში 7 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ სავალი ნაწილიდან ამოკვეთილი ასფალტის მოზაიკისგან შემდგარი საფარის ნიმუშის ზედაპირის საერთო ხედი

შემდგომში ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები, რომლებიც ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ლორღის ხისტ შუალედურ შუაშრებს მოიცავს, გამოიყენებოდა ორფენოვანი ასფალტბეტონის საფარის ქვედა ფენის სახით. ასეთი საზაო საფარები ეწყობოდა საქალაქო ტრანსპორტის (ქ. თბილისი) გაჩერების ადგილებში და ქალაქგარეთა საავტომობილო გზების უბნებზე. ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი

შავი ღორღის ხისტი შუალედური შუაშრის მქონე ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ფრაგმენტი ნაჩვენებია ნახ. 32-ზე. ხისტი შუალედური შუაშრის ნამდვილი სტრუქტურა ფორმირდებოდა ორფენოვანი ასფალტბეტონის საფარის ტანში ავტომობილთა მოძრაობის გამო.

1967 წლიდან დიდი მასშტაბით ჩატარებულ იქნა ნახევრადხისტი საფარების მოწყობის სამუშაოები ენგურის ჰიდროელექტროსადგურის (ზუგდიდის რაიონი, საქ. სსრ) მაღლივი კაშხლის მშენებლობის გზებზე, ხოლო შემდგომ ჟინვალის ჰიდროკვანძის (დუშეთის რაიონი, საქ. სსრ) მშენებლობის გზებზე.



ნახ. 32. ავტომობილის მოძრაობის პირობებში ფორმირებული ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის სტრუქტურის ფრაგმენტი:

1 – შავი ღორღი; 2 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარი; 3 – წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონისგან შემდგარი ზედა ფენა

ნახევრადხისტი საფარები გამოყენებული იქნა ცემენტბეტონის საფარების ნაცვლად და წარმატებით გამოიყენებოდა ენგურის ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის დროს: მძიმე სატვირთო მოძრაობის პირობებში, რომელიც ძირითადად „ბელაჯის“ მარკის სატვირთო ავტომობილებს მოიცავდა.

1985 წლიდან ქ. თბილისის ქუჩებზე მოწყობილი იქნა ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის უბნები, რომლებიც დამზადებულია ქვიშა-

ცემენტის ხსნარით შავი ღორღის ფენის უკუგაჟღენთვის ხერხის გამოყენებით. დიდი განივი ქანობის (60% და მეტი) მქონე უბნებზე, სადაც ადრე მუდმივად შეინიშნებოდა ძვრის დეფორმაციები ტალღების სახით, ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობის შემდეგ ძვრის დეფორმაციები შეწყდა.

1960 წლიდან ქ. თბილისის ქუჩებში საცდელი წესით დაიწყო ხისტი ელემენტებით (ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ბადის ფორმის) არმირებული ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის პრაქტიკული გამოყენება. ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ბადე საფარის ქვედა ფენაზე დაიტანებოდა ბრტყელი ტრაფარეტის მეშვეობით, ზედა ფენის სახით წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ცხელი ნარევის მომდევნო დაგებით (შესვენების გარეშე).

ამ ხერხით მოწყობილი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ფრაგმენტი ნაჩვენებია ნახ. 33-ზე.



ნახ. 33. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ბადის სახით ხისტი ელემენტებით არმირებული ასფალტბეტონისგან შემდგარი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის ფრაგმენტის საერთო ხედი

რეალურ პირობებში ქ. თბილისში და გუდაუთას რაიონში (საქ. სსრ) აპრობირებული იქნა ნახევრადხისტი საფარები, რომლებიც ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ღეროებს მოიცავს. 3 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ გამოკვეთილი ნიმუშის საერთო ხედი მოცემულია ნახ. 34-ზე.

ბოლო ათწლეულებში ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღისგან შემდგარი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მოწყობის სამუშაოთა ფართო მასშტაბი საფრანგეთში, გერ-ში, ბელგიაში, გერ-ში, იუგოსლავიაში და სხვ. ქვეყნებში [12, 13, 14] ადასტურებს მათი პრაქტიკული გამოყენების პერსპექტიულობას.

საზღვარგარეთ ასეთი საფარები ფართოდ გამოიყენება ინტენსიური მოძრაობის მქონე საავტომობილო გზებისა და ქუჩების უბნებზე ქანობებზე, გზაჯვარედინებზე, მოედნებზე და როგორც მხურვალმედეგი საფარები სამოქალაქო სა სამხედრო აეროდრომების ასაფრენ-დასაფრენ ზოლებზე ძვრისადმი მდგრადი საგზაო საფარების ზედა ფენების მოსაწყობად.



ნახ. 34. წლის ექსპლუატაციის შემდეგ საფარიდან ამოკვეთილი ნახევრადხისტი საფარის ნიმუშის საერთო ხედი, რომელიც მოიცავს ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ღეროებს

2.6.2. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებები და ეკონომიკური მაჩვენებლები

ხისტი კონსტრუქციული ფენები, საგზაო სამოსის ტანში მათ განლაგებაზე დამოკიდებულებით, სხვადასხვაგვარად მოქმედებენ საგზაო საფარების სიმტკიცისა და ძვრისადმი მდგრადობის ზრდაზე. ზედა ფენებში მათი გამოყენების დროს, გარდა ძვრისადმი მდგრადობის გაზრდისა, სხვა თანაბარ პირობებში, საგზაო სამოსის დრეკადობის მოდული 15–20%-ით მაღალია, ვიდრე ჩვეულებრივ პირობებში, მზის სხივებისგან

ასფალტბეტონის მაქსიმალური გახურების პერიოდში. ეს, უდავოდ, განპირობებულია იმით, რომ, იმყოფება რა ვერტიკალური დატვირთვისგან საფარის ჩალუნვისას კუმშვის ზონაში, კომპოზიციური მასალა ნაკლებად რბილდება მზის სხივებით გახურებისაგან.

ხისტი შუაშრის ქვედა ფენის სახით განლაგებისას უფრო მეტად იზრდება მთლიანად საფარის ძვრისადმი მდგრადობა და ნაკლებად – საფარის ზედა ფენის მდგრადობა.

მაგრამ ზედა ფენის ძვრის დეფორმაციების აბსოლუტური სიდიდეები შედარებით უმნიშვნელოა და პრაქტიკულად ცოტათი აისახება ავტომობილთა მოძრაობის სიჩქარეზე. ПКР-4 ტიპის მრავალსაყრდენიანი ლარტყის მეშვეობით განხორციელებული ასფალტბეტონის საფარის ზედაპირის მიკროპროფილის ჩანაწერი ერთსა და იმავე უბანზე – სავალი ნაწილის ერთ მხარეს შუალედური ხისტი შუაშრით და მეორე მხარეს შუაშრის გარეშე – აჩვენა, რომ ხისტი შუაშრის მქონე ზოლზე უსწორობების ზომები 3-4-ჯერ ნაკლები იყო, ვიდრე შუაშრის არმქონე ზოლზე.

მთლიანობაში, ნახევრადხისტ კომპოზიციურ საფარებზე საგზაო საფარების უსწორობა ძვრის დეფორმაციების ხარჯზე, როგორც წესი, არ გადის ნორმატიული სიდიდეების ფარგლებს გარეთ. საფარის ზედა ფენებში ხისტი კომპოზიციური ფენის გამოყენებისას სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებების შეფასების თვალსაზრისით, ძვრისადმი მდგრადობის გარდა ყველაზე მნიშვნელოვანია ცვეთამედეგობის გაზრდილი მაჩვენებელი.

ცვეთის სიდიდეები დადგენილი იქნა ასფალტბეტონისა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღისათვის. ცვეთამედეგობა UN განისაზღვრა ლაბორატორიულ ხელსაწყოზე, რომელიც მუშაობს ორი ცილინდრის – რეზინის ცილინდრული თვლისა და გამოსაცდელი მასალისგან დამზადებული ცილინდრული ნიმუშის – ფრიქციული ბრუნვისგან გაცვეთის პრინციპით. ცვეთამედეგობა გამოთვლილ იქნა შემდეგი ფორმულით

$$U_N = \frac{2N}{\Delta D} \text{ გასვლა/მმ,}$$

სადაც N – რეზინის თვლის გასვლების რაოდენობა (გამოსაცდელი ნიმუშის ბრუნვების რაოდენობა დროის ერთეულში);

ΔD – გამოსაცდელი ნიმუშის დიამეტრის შემცირება დროის ერთეულში ნიმუშის კმაგამკვრივების ხარჯზე დიამეტრის შემცირების გათვალისწინების გარეშე.

გამოცდების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ ერთსა და იმავე ქვის მასალების შემთხვევაში ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღის ცვეთამდეგობა ($U_N = 108$ გასვლა/მმ) მკვეთრად აღემატება ასფალტბეტონის ცვეთამდეგობას ($U_N = 106$ გასვლა/მმ). ეს დადასტურდა ასევე რეალურ პირობებში ასფალტის მოზაიკის ცვეთამდეგობაზე განხორციელებული დაკვირვებებისას.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ექსპლუატაციაზე მრავალწლიანი დაკვირვებებისა და წინასწარი გათვლების საფუძველზე შეიძლება იმის მტკიცება, რომ სისწორისა (ძვრისადმი მედეგობისა) და ცვეთამდეგობის მიხედვით მათი სამსახურის ვადა არსებითად (1,5-2-ჯერ და უფრო მეტად) აღემატება ასფალტბეტონის საფარების სამსახურის ნორმატიულ ვადებს და შეიძლება 20-25 წელსაც კი აღწევდეს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ასფალტბეტონის საფარების სამსახურის ფაქტიური ვადები მთიანი რელიეფისა და ცხელი კლიმატის პირობებში ნორმატიულ სიდიდეებზე გაცილებით დაბალია, მაშინ ფაქტიური სხვაობა მათ შორის კიდევ უფრო დიდი ხდება.

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ბზარმდეგობა. იმის გამო, რომ შავი ღორღისა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ძირითად სტრუქტურაწარმომქმნელ ელემენტს შავი ღორღის გამკვრივებული ფენა წარმოადგენს, კომპოზიციური საფარები ბზარმდეგობის მიხედვით თითქმის არ განსხვავდებიან შავი ღორღის საფარებს.

წვრილი წაგრძელებული ხისტი ელემენტების არსებობა, რომლებიც ასფალტბეტონის საფარის ტანში ქმნიან ჩონჩხის ბრტყელ დამყოლ (მოქნილ) კონსტრუქციას, რომელსაც შეუძლია მთლიანობის დარღვევის გარეშე ჩაღუნვის (გრეხის) დიდი დრეკადი დეფორმაციების აღქმა, განაპირობებს საფარის გაზრდილ ბზარმდეგობას ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებისას. ამიტომ ნახევრადხისტი კომპოზიციურ საფარებს როგორც ცხელი, ისე ცივი კლიმატების პირობებში ტემპერატურული ნაკერების გარეშე აწყობენ.

რაც უფრო ღრმადაა განლაგებული ელემენტები ასფალტბეტონის საფარების ტანში, მით ნაკლებია ბზარების გავლენა საფარების სიმტკიცეზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზომიერ კლიმატურ პირობებში ტემპერატურული რხევებისგან საფარების დამაბუღ-დეფორმირებული მდგომარეობის ცვლილების (როგორც ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის სიგრძის, ისე სისქის მიხედვით) საკითხი პრაქტიკულ პრობლემას არ წარმოადგენს.

ნახევრადხისტი საფარები, ისევე როგორც არახისტი საფარები, რემონტუნარიანები არიან. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის შეიძლება ყველა იმ ხერხისა და მასალების გამოყენება, რომლებიც გამოიყენება ასფალტბეტონის საფარების რემონტისას.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები იძლევა ბიტუმის 50-60%-მდე ეკონომიის მიღების საშუალებას, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში თითქოსდა იცვლება ცემენტით.

ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრისა და ნახევრადხისტი და არახისტი საფარების შედარების მიზნით განსაზღვრულ იქნა დაყვანილი ხარჯები საგზაო საფარების სხვადასხვა, მაგრამ თანაბარმტკიცე (BCH46-83-ს მიხედვით) კონსტრუქციებისათვის. შერჩეული ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებისთვის, მოქმედი საკავშირო ინსტრუქციული მითითებების თანახმად, გამოთვლილ იქნა ერთდროული და სხვადასხვადროული დანახარჯები გზის 1 კმ-ზე საგზაო სამოსის ყველა სახის რემონტის ჩასატარებლად, მიმდინარე მომენტისთვის

სხვადასხვადროული დანახარჯების დაყვანის ნორმატივის გათვალისწინებით. ამ მაჩვენებლების მიხედვით განისაზღვრა ნახევრადხისტი საფარების ეკონომიკური ეფექტიანობა. გათვლებმა აჩვენა, რომ საექსპლუატაციო პირობების (მთიანი რელიეფი და ცხელი კლიმატი, გზის დატვირთვა) სირთულისგან, თავდაპირველი ღირებულებისგან, კაპიტალურ, საშუალო და მიმდინარე რემონტებზე დანახარჯების სხვადასხვადროულობისგან გამომდინარე ნახევრადხისტი საფარების სამსახურის ვადების ფარდობითი გახანგრძლივების გათვალისწინებით, პერსპექტივაში 15 წლის შემდეგ ეკონომიამ შეიძლება 2500 ლარს მიაღწიოს გზის 1 კმ-ზე.

3. დასკვნა

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევების ანალიზის შედეგად, ნახევრად ხისტი ფენილების აგების ეკონომიურად და ეკოლოგიურად რაციონალური ტექნოლოგიების შესახებ ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის გამოყენებით, შეიძლება დავასკვნათ შემდეგი:

1. ტრადიციულ ფენილებთან შედარებით ნახევრად ხისტი - “კომპოზიციური” ფენილების საექსპლუატაციო ვადა გაზრდილია 4-5 წლით, შესაბამისად გაზრდილია ფენილის რემონტმორის ვადები;

2. ნახევრად ხისტი ფენილების მოწყობა ცივი ასფალტბეტონის ან შავი ლორღის გამოყენებით მოითხოვს დაბალ ენერგოტევადობას (ჩვეულებრივ ტექნოლოგიასთან შედარებით ენერგოდანახარჯები მცირდება 30%-ით), შესაბამისად შემცირებულია მავნე აირების გამონაბოლქვი ატმოსფეროში;

3. დამუშავებულია ნახევრად ხისტი ფენილების კონსტრუქციებში ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენება, საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ საგზაო სამოსის რაციონალური კონსტრუქციები ადგილობრივი მასალების გამოყენებით;

4. ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით შესაძლებელია საგზაო სამოსების შეკეთება მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით;

5. შავი ლორღისა და ცივი ასფალტბეტონის დასამზადებლად შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ძირულას კრისტალური მასივის (კურსების) გრანიტი. არასაკმარისი სიმტკიცის გამო ასეთი მეთოდით დამზადებული ასფალტბეტონი შეიძლება გამოყენებული იყოს მხოლოდ დაბალი ინტენსივობის გზებზე და მცირე სარემონტო სამუშაოების ჩასატარებლად).

6. ნახევრად ხისტი ფენილების მოწყობა ცივი ასფალტბეტონის ან შავი ლორღის გზაზე იძლევა ადგილობრივი მასალის გამოყენების შესაძლებლობას, ამით მიიღება მნიშვნელოვანი ეკონომიური ეფექტი. ამას

ემატება უდიდესი ეკოლოგიური ფაქტორი, რამდენადაც დაახლოებით 2-ჯერ შემცირდება მდინარეთა კალაპოტებიდან ინერტული მასალის ამოღება;

7. ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ ასფალტბეტონის ფენილების ძვრისადმი მდგრადობის გაუმჯობესების თვალსაზრისით კარგ შედეგს იძლევა ჩვენს მიერ შავი ღორღისა და ცივი ასფალტბეტონით დამზადებული ნახევრად ხისტი ფენილი, რომელიც ეკონომიური თვალსაზრისით იძლევა 30% ეფექტს, რაც განპირობებულია შემდეგით:

- დაახლოებით 1,5-ჯერ იზრდება ფენილის ცვეთამედეგობა;
- მცირდება საფარის ფორმირების საექსპლუატაციო ვადა;
- იზრდება ცივი ასფალტბეტონის გამოყენების შესაძლებლობა, განსაკუთრებით ქალაქის ქუჩების სარემონტო სამუშაოებისათვის;
- მშენებლობის პერიოდში მოიხსნება ადგილზე ცხელი პროცესების საჭიროება და შესაბამისად მცირდება ჰაერში მავნე აირების გამოყოფა;
- დაახლოებით 1,3-ჯერ იზრდება ძვრის დეფორმაციებისადმი წინააღმდეგობა;
- მარტივდება და დაახლოებით 1,5-ჯერ იაფდება მშენებლობის პროცესები;
- შესაძლებელია სარემონტო სამუშაოები ჩატარდეს ჰაერის შედარებით დაბალ (5°C -ით) დადებითი ტემპერატურის პირობებში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გოგლიძე ვ.მ. საქართველოს სსრ-ში ახალი სახის ასფალტბეტონების კვლევა და საგზაო საფარების მშენებლობაში დანერგვა. ამიერკავკასიის უსდ-ების X სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მოხსენებათა ანოტაციები – თბილისი, 1960 (რუსულ ენაზე).
2. გოგლიძე ვ.მ., მიქაშავიძე გ.ნ. ასფალტის ფერადი მოზაიკა – საავტომობილო გზები, 1961, №8.
3. გოგლიძე ვ.მ. ასფალტბეტონის საგზაო საფარების მდგრადობის ამალღების გზები – თბილისი, ვ.ი. ლენინის სახ. სპი-ს შრომები, 1963, №7(92).
4. გოგლიძე ვ.მ. ცემენტის ხსნარით სუსტი ქანებისგან შემდგარი ღორღიანი საფუძვლის გამყარების გამოცდილება. საკავშირო უსდ-ებს შორის კონფერენციის მოხსენებები – როსტოვი-დონი, რისი, 1966 (რუსულ ენაზე).
5. გოგლიძე ვ.მ. ნახევრადხისტი საგზაო სამოსების მოწყობა ცხელი კლიმატის პირობებში. ჟ. საავტომობილო გზები – 1969, №11.
6. გოგლიძე ვ.მ. საგზაო საფარების რაციონალური კონსტრუქციები საქართველოს პირობებისათვის – თბილისი, ვ.ი. ლენინის სახ. სპი-ს შრომები, 1972, №8(156).
7. მეთოდური რეკომენდაციები შუალედური ხისტი შუაშრის მქონე, ძვრისადმი მდგრადი საგზაო სამოსების მოსაწყობად, რომელიც მოწონებულია საქ. სსრ საავტ. გზების სამინისტროს მიერ, ვ.ი. ლენინის სახ. სპი – თბილისი, მეცნიერება, 1978.
8. მეთოდური რეკომენდაციები ბიტუმინერალური მასალებისგან შემდგარი, ექსპლუატაციაში მყოფი ძვრისადმი არამდგრადი საგზაო საფარების ზედაპირის უსწორობის აღმოფხვრასთან დაკავშირებით, რომლებიც დამტკიცებულია საქ. სსრ სახმშენის მიერ, ვ.ი. ლენინის სახ. სპი – თბილისი, მეცნიერება, 1978.

9. ბახრაზი გ.ს., ლეშიცკაია ტ.პ. ნახევრადხისტი საფარები და მათი გამოყენების პერსპექტივები. ჟ. საავტომობილო გზები – 1975, №6 (რუსულ ენაზე).

10. ბელოუსოვი ვ.მ., მარუშკო გ.პ., რომანევი ვ.ნ. ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღისგან შემდგარი საფარების საექსპლუატაციო თვისებების ამალგება – მ., გიპროდორნიი-ს შრომები, 1983, გამოშვ. 40 (რუსულ ენაზე).

11. უზბეკეთის სსრ ქალაქებში ასფალტბეტონის საფარის მქონე საგზაო სამოსების მოწყობის მეთოდური რეკომენდაციები. უზბ. სსრ კომ. მეურნ. სამინ. – ტაშკენტი, ფან, 1978 (რუსულ ენაზე).

12. Cloosen C. Halbstarre Beläre nach dem Salviachim-Verfahren – Straßen und Tiefbau, 1965, №2, 19 (გერმ. ენაზე).

13. Tonner Gottfried. Das Salviachim-Verfahren in der Schweiz – Straßen und Tiefbau, 1969, №2, 23 (გერმ. ენაზე).

14. Georciev Slobodan. Betophalt-specijalni polukruti Kolnicki z astor – ceste i mostovi, 1979, Broj, 5.

15. არახისტი ტიპის საგზაო სამოსების BCH 46-83 დაპროექტების ინსტრუქცია. სატრ. მშენ. სამინ. – მ., ტრანსპორტი, 1985 (რუსულ ენაზე).

16. ძიძიგური მ.შ. ნახევრადხისტი საფარებში ასფალტბეტონთან ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ჩაჭიდების კვლევის საკითხისათვის. XVIII რესპუბლიკური სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მასალები – თბილისი, 1974.

17. შესტოპეროვი ს.ვ. სატრანსპორტო ნაგებობათა ბეტონის ხანგამძლეობა – ვ.ი. ლენინის სახ. სპი, მ., ტრანსპორტი, 1966 (რუსულ ენაზე).

18. გოგლიძე ვ.მ. ძველი ასფალტბეტონის საფარებისგან დამზადებული მასალების გამოყენება. ჟ. საავტომობილო გზები – 1982, №12 (რუსულ ენაზე).

19. ვოლმირი ა.ს. დრეკადი სისტემების მდგრადობა – მ., ნაუკა, 1963 (რუსულ ენაზე).
20. ასფალტბეტონის საფარებიანი საქალაქო ქუჩების (გზების) მშენებლობისა და რემონტის ტექნიკური წესები, დამტკიცებული თბილისის ქალაქადმასკომით – თბილისი, 1985.
21. გრიგოლიუკი ე.ი., ფილშტეინი ლ.ი. პერფორირებული ფირები და გარსები – მ., ნაუკა, 1970 (რუსულ ენაზე).
22. ბურდულაძე ა.რ. მაღრაძე მ. დ. ყაჭიური ბ.ი. გაბუნია დ. ცივი ასფალტბეტონების გამოყენების პერსპექტივები საგზაო მშენებლობაში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები. № 4(470) 2008 წ.
23. ბურდულაძე ა.რ. მაღრაძე მ.დ. გაბუნია დ. ყაჭიური ბ.ი. ბაკურაძე ტ.პ. საგზაო საფარის ცვეთამედება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები. № 3(469) 2008 წ.
24. ნადირაშვილი პ.ნ. გოგლიძე ვ.მ. ყაჭიური ბ.ი. საგზაო საფარის ზედაპირული დამუშავების მცირე მექანიზაცია; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები. №1(440) 2002 წ.
25. ძიძიგური მერაბი. საგზაო საშენი მასალები. გამომცემლობა "ტექნიკური უნივერსიტეტი". თბილისი 2005 წ. გვ 201 – 321.
26. Маградзе М.Д. Качиური Б.И. Бакурадзе Т.П. КОНСТРУКЦИЯ ПОЛУЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ ДОРОГ С ИНТЕВСИВНЫМ ДВИЖЕНИЕМ Georgian Engineering News 3.08
27. Бабков В.Ф., О.В Андеев. Проектирование автомобильных дорог. ч-1. Москва „транспорт,, 1979 г „Расчет нежестких дорожных одежд, стр. 17-121 стр. 342-351
28. Баринов Е.Н. Основы теории и технологии применения асфальтобетонов на вспененных битумах. Л.: ЛГУ, 1990. 175с.
29. Гоглидзе В.М.. ПОЛУЖЕСТКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ Тбилиси. „Мецნიერება,, стр. 60

30. Костельов М. П. и др. Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов.– Автомобильные дороги, 1991, № 6, с. 13–15
31. Расчет толщины пленки в уплотненной асфальтобетонной смеси. В кн.: Б. С. Радовский. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд (Избранные труды). Киев, ООО «Полиграф Консалтинг», 2003, с. 240–252.
32. ВСН 6-90 ПРАВИЛА ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
33. ВСН 7-89 УКАЗАНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, РЕМОНТУ И СОДЕРЖАНИЮ ГРАВИЙНЫХ ПОКРЫТИЙ
34. СНиП 2.05.02-85 СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ
35. ВСН 38-90 ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО УСТРОЙСТВУ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ С ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ
36. СНиП 3.06.03-85 ПОСОБИЕ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ БИТУМНЫХ ДОРОЖНЫХ ЭМУЛЬСИЙ
37. ВСН 52-89 УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ И РАСЧЕТУ УСИЛЕНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
38. ВСН 139-80 ИНСТРУКЦИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
39. ВСН 197-91 ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
40. ГОСТ 22245-90 БИТУМЫ НЕФТЯНЫЕ ДОРОЖНЫЕ ВЯЗКИЕ
41. ГОСТ 9128—97 СМЕСИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ ДОРОЖНЫЕ, АЭРОДРОМНЫЕ И АСФАЛЬТОБЕТОН
42. ГОСТ 31015-2002 СМЕСИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ И АСФАЛЬТОБЕТОН ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

43. Cold in-place recycling pavement rutting prediction model using grey modeling method Du, J.C. / Cross, S.A, *Construction and Building Materials*, 21 (5), p.921-927, May 2017
44. Kanhal, P.S., R.B. Mallick. Development of Rational and Practical Mix Design System for Full Depth Reclaimed (FDR) Mixes. University of New Hampshire. Final Report, 2012, pp.1-103.
45. Development of a rational and practical mix design system for full depth reclaimed (FDR) mixes. November 22, 2012.
46. Foamed Asphalt Gains New Attention in Cold In-Place Recycling. *Better Roads*, July 2014.
47. Rebuilding by Reclaiming– the FDR Process. *Better Roads*, July 2014.
48. King, G., A. Kadrmas, T. Thomas, D. Welborn, and Zeng Yun. Applying Performance-Related Tests and Specifications to Cold Recycling , 2014
49. Symposium Recycling of Asphalt Pavement. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Vol. 49, 2015, pp. 685-802.
50. Clifford Richardson, *The Modern Asphalt Pavement* (New York, 2015).