

ნანა ელოშვილი

საგზაო ფენილების რეაბილიტაციის მეთოდების ოპტიმიზაცია
ცივი რეციკლირების გამოყენებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

აპრილი, 2012 წელი

საავტორო უფლება © 2012 ნანა ელოშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის
ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ რომ გავაცანით ნანა ელოშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: “საგზაო ფენილების რეაბილიტაციის მეთოდების ოპტიმიზაცია ცივი რეციკლირების გამოყენებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი: ალ. ბურდულაძე, სრ. პროფესორი

რეცენზენტი: თ. შილაკაძე, ტ.დ.მ.

რეცენზენტი: დ. დეკანოსიძე, ტ.მ.კ.

ხარისხის უზრუნველყოფის

სამსახურის უფროსი: მ. მოისწრაფიშვილი, ასოც. პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2012 წელი

ავტორი: **ნანა ელოშვილი**

დასახელება: **საგზაო ფენილების რეაბილიტაციის მეთოდების
ოპტიმიზაცია ცივი რეციკლირების გამოყენებით**

ხარისხი: **დოქტორი**

სხდომა ჩატარდა: -----

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

ავტორის ხელმოწერა

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

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

რეზიუმე

ნაშრომის აქტუალობა. საავტომობილო გზების ექსპლუატაციისას პირველ რიგში მცირდება საგზაო სამოსის სიმტკიცე, შედეგად ირღვევა მისი სისწორე და მთლიანობა. საგზაო სამოსების რეაბილიტაცია მიმდინარეობს სხვადასხვა მეთოდებით, კერძოდ: შესაძლებელია მცირედ დაზიანებულ ფენილზე მოეწყოს ზედაპირული დამუშავების ფენა, ან გასწორდეს ფენილზე წარმოქმნილი უსწორმასწორებები შემასწორებელი ფენის საშუალებით, უფრო ძლიერ დაზიანებულ ფენილზე შეიძლება მოეწყოს დამატებითი კონსტრუქციული ფენა და ა.შ.

ამ ბოლო პერიოდში დაზიანებული ფენილის რეაბილიტაციისათვის სულ უფრო ხშირად იყენებენ ცივი რეციკლირების მეთოდს, რომელიც მნიშვნელოვნად განსხვავდება რემონტის ტრადიციული მეთოდებისაგან და ხასიათდება მთელი რიგი უპირატესობით, რომელთაგან მნიშვნელოვანია ეკონომიკური ეფექტი. ეს ტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს ეფექტურად გამოვიყენოთ დაზიანებული ფენილის მასალა, მნიშვნელოვნად შევამციროთ ფენილზე ბზარების წარმოქმნის პროცესი და გავზარდოთ ფენილის სიმტკიცე. შესაბამისად იზრდება რეაბილიტირებული მონაკვეთის საექსპლუატაციო ვადა. გარდა ამისა, აღნიშნული ტექნოლოგია ხასიათდება მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ეფექტით, რამდენადაც რეაბილიტაციის პროცესი ტარდება მასალის გაცხელების გარეშე და შესაბამისად ნაკლებია ენერგოდანახარჯები და მავნე აირები გამოყოფა ატმოსფეროში, ასევე მნიშვნელოვნად კლებულობს კარიერებში ქვის მასალის მოპოვების აუცილებლობა.

მიუხედავად იმის, რომ აღნიშნული ტექნოლოგია ფართოდ გამოიყენება მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, იგი შედარებით ახალია და ჯერ კიდევ არ არსებობს ერთიანი ტექნიკური ნორმები მის განსახორციელებლად.

ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიური პროცესი ითვალისწინებს არსებული დაზიანებული საგზაო სამოსის ფრეზირებას. ორგანო-მინერალურ ნაერთს, რომელიც წარმოიქმნება გამოყენებაში მყოფი ასფალტბეტონის დაფრეზვისას, უწოდებენ ასფალტის გრანულატს (აგ). ასფალტის გრანულატში შემკვრელის დამატებისას წარმოიქმნება ასფალტგრანულაბეტონის (აგბ) ნაერთი. შემკვრელის გარდა აგ-ს უმატებენ მინერალურ შემკვრებს. აგ-იანი ნაერთი გამყარების შემდეგ გარდაიქმნება აგბ-ად. გამოყენებული შემკვრელის მიხედვით განასხვავებენ მის შემდეგ ტიპებს:

- აგბ-ნარევი შემკვრელის დამატების გარეშე;
- აგბ-ნარევი დაბალი სიბლანტის მქონე გახურებული ბიტუმის დამატებით;
- აგბ-ნარევი ქაფიანი ბიტუმის დამატებით;
- აგბ-ნარევი ბიტუმის ემულსიის დამატებით;
- აგბ-ნარევი მინერალური შემკვრელის დამატებით (ცემენტი, კირი);
- აგბ-ნარევი კომპლექსური შემკვრელის დამატებით

(ბიტუმის ემულსია ან აქაფებული ბიტუმი ცემენტით);

ამის გარდა, განასხვავებენ ხრეშის აგბ-ნარევს, რომელიც შეიცავს 35%-ზე მეტ ხრეშს, და ქვიშის აგბ-ნაერთს--რომელიც შეიცავს 35%-ზე ნაკლებ ხრეშს.

ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია ითვალისწინებს მონოლითური პაკეტის აბ-ის გზის საფარის აღდგენას მთელ სისქეზე (6 დან 50სმ), ასფალტბეტონის გახურების გარეშე. რეგენერაციული ფენის ზედაპირზე აწყობენ ერთ ან ორფენიან ასფალტბეტონიან საფარს ან აკეთებენ ზედაპირულ დამუშავებას.

ასფალტბეტონის საფარის დაფრეზვის პროცესი ღრმა ცივი რეცინკლირებისას ხშირად მოიცავს საფუძვლის დისკრეტული მასალის ფენას. თუ ასფალტის გრანულატი ამგვარ ნაერთში 40%-ია, მაშინ მიღებულ ნარევს უნდა ვუწოდოთ გამყარებული მასალა.

წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებული კვლევის შედეგად, თეორიულად დასაბუთებულია და პრაქტიკულად დამტკიცებულია ასფალტბეტონის საფარის ცივი რეცინკლირების მეთოდით რემონტის ტექნოლოგიის ეფექტურობა ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბლანტი ბიტუმის გამოყენებით. ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის ტიქსოტროპიული კუაგულაციური სტრუქტურის ხანგრძლივად შენახვა, საშუალებას გვაძლევს გავაუმჯობესოთ საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების მშენებლობის ტექნოლოგიური პარამეტრები. გათხიერებული ბიტუმის გამოყენება უზრუნველყოფს ნარევის არევის ამაღლებულ ხარისხს, რაც საბოლოოდ აუმჯობესებს მიღებული მასალის ფიზიკა-მექანიკურ თვისებებს. ასფალტბეტონის საფარების ზედა და ქვედა ფენების მშენებლობისათვის ნარევებს, რომლებშიც გამოყენებულია ნელა მყარებადი მინერალური შემკვრელი, გააჩნიათ უკეთესი დეფორმაციულობა, ე.ი. ბზარმედევობაც, ვიდრე ნარევებს, რომლის შემადგენლობაშიც შედის ცემენტი.

ჩატარებული კვლევები გვაძლევენ საშუალებას, დასაბუთებულად დავაპროექტოთ გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიური პროცესი, განვსაზღვროთ ტექნოლოგიური მოცულობა მოცემული მანქანების წარმადობისთვის, ოპტიმალური და დასაშვები დრო დატკეპნისთვის.

ცივი რეცინკლირების დადებითი თავისებურებაა დაშვებული შეცდომების გამოსწორების საშუალება ფენის შემკვრელების შემდეგ. რეცინკლირებულ ნარევს, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ტექნოლოგიის გამოყენებისას, გამყარების ადრეულ პერიოდში გააჩნია თვისება, რომელიც საშუალებას აძლევს გაფხვიერებისა და მასალის ხელმეორედ შემკვრივებისას აღიდგინოს სიმტკიცის მაჩვენებლები გარკვეული პერიოდის განმავლობაში.

დისერტაციის კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ასფალტბეტონების საფარების რეაბილიტაციის ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია.

გამოკვლევის საგანია: ასფალტბეტონის საფარების ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიური პარამეტრები, რომლის დროსაც შემკრავად გამოყენებულია გათხიერებული ბიტუმი და ნელადსქელებადი მინერალური შემკრავი.

დისერტაციის მიზანს წარმოადგენს: ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიის დახვეწა და შესაბამისად რეაბილიტირებული სამოსის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაზრდის მეთოდების დამუშავება. აღნიშნული მიზნის მისაღწევად დისერტაციაში დაცმული და გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

- ჩატარებულია ანალიზი და ჩამოყალიბებულია პრობლემები, რომელიც თან ახლავს საგზაო სამოსების რეაბილიტაციას ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიით;
- თეორიულად დასაბუთებულა; ასფალტბეტონის რეაბილიტაციის ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიის უპირატესობა ნელადსქელებადი მინერალური შემკრავებითა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით;
- შესწავლილია ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები ტექნოლოგიური პროცესის დადგენილი პარამეტრების შესაბამისად;
- ჩატარებულია მიღებული შედეგების საცდელ-საწარმოო გამოკვლევა;
- ჩატარებულია შემოთავაზებული ტექნოლოგიის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება.

სამეცნიერო სიახლე. წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდგომში:

- დასაბუთებლია ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიაში ნელადსქელებადი მინერალური შემკრავისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენების უპირატესობა;
- დამუშავებულია ნარევის რაციონალური შემადგენლობა;
- დადგენილია ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიის ოპტიმალური პარამეტრები, რომლებიც ითვალისწინებს კლიმატური ფაქტორების გავლენას მიღებული ფენის თვისებებზე.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს შემდგომში:

- გაზრდილია ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიის გამოყენების არეალი, და მიღებული რეაბილიტირებული სამოსის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლები.
- დამუშავებულია ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიით საავტომობილო გზები რეაბილიტაციის რეკომენდაციები.

Abstract

Topicality of the work. During roads' operation first of all, the road pavement strength reduces and as a result its smoothness and completeness disturbs. Road pavements' rehabilitation carries out by different methods, namely: is possible to arrange the layer of surface treatment at the slightly damaged road carpet, or to restore road irregularities originated at the road carpet by means of surface treatment, is also possible to arrange additional construction layer at the more severely damaged road carpet etc.

Over the last period of time for purposes of damaged road carpet's rehabilitation the method of cold recycling is used with increasing frequency, which is significantly differs from the traditional methods of repair and is distinguished by the variety of advantages, from which the economic effect is the most important. This technology allows us to use effectively the damaged road carpet material, to significantly inhibit the process of crack-formation at the road carpet and to increase road carpet strength. Respectively, operating life of restored section increases, too. Besides, the mentioned technology is distinguished by the significant ecological effect, since the rehabilitation process carries out without heating of the material and respectively the energy consuming is less and the emission of harmful airs in the atmosphere is reduced, also the necessity of stone materials (rocks) excavation is significantly reduced.

Despite of the fact that the mentioned technology is widely used in many countries worldwide, it is relatively new and there are still no united technical standards for its implementation.

The technological process of cold recycling foresees the cutting (milling operation) of current damaged road pavement. Organo-mineral compound, which originates during cutting of used asphalt concrete is called asphalt granulate (AG). With addition of binding materials in the asphalt granulate we receive so-called asphalt-granula-concrete (AGC). Except of binding materials they also add mineral filler to the AG. AG-containing mixture after strengthening transforms into AGC. According to used binding materials its following types are discerned:

- AGC-containing mixture without addition of binding material;
- AGC-containing mixture with addition of heated bitumen of low viscosity;
- AGC-containing mixture with addition of foamed bitumen;
- AGC-containing mixture with addition of bitumen emulsion;
- AGC-containing mixture with addition of mineral binding material (cement, lime);
- AGC-containing mixture with addition of complex binding material (bitumen emulsion or foamed bitumen with cement).

Besides, they discern gravel AGC-containing mixture that contains more than 35% of gravel, and sand AGC-containing mixture that contains less than 35% of gravel.

The cold recycling technology foresees the restoration of monolith package AB road carpet throughout the whole thickness (from 6 to 50 cm), without heating of asphalt concrete. They arrange one or two layer asphalt-concrete pavement at the surface of regeneration layer or carry out surface treatment.

The process of asphalt concrete pavement cutting, deep cold recycling often contains the layer of discrete material from the road base. If the content of asphalt granulate in this compound is equal to 40%, than received mixture should be called strengthened material.

As a result of research carried out in the represented thesis work is theoretically substantiated and practically proved the effectiveness of repair technology by the method of cold recycling of asphalt concrete pavement with the use of slowly hardened mineral binding material and liquefied heavy viscous bitumen. The long-term storage of toxico-tropic coagulation structure of slowly hardened mineral binding material allows us to improve technological parameters of construction of road carpet's constructional layers. The application of liquefied bitumen provides the high quality of mixture mixing that as the result improves the physical and mechanical properties of the received material. For purpose of construction of upper and lower layers of asphalt concrete pavements, those mixtures, in which slowly hardened mineral binding materials are used, have better deformability, i.e. better crack resistance, than those mixtures, composition of which includes cement.

Carried out researches allow us to substantially design the technological process of road carpet's repair, to determine the technological capacity for cars productivity, as well as optimal and allowed time for tamping.

The positive feature of cold recycling is the possibility to correct mistakes made after layer compression. In case of application of the technology offered by us, the recycled mixture has a feature in the initial period of hardening, that gives us an opportunity to restore hardness indices in the course of the certain period of time during material's disintegration and its repeated compression.

Research object of the thesis work is the technology of cold recycling of asphalt concrete pavements' rehabilitation.

Subject of research is: technological parameters of asphalt concrete pavements' cold recycling, in the course of which liquefied bitumen and slowly thickened mineral binding material are used as binding agents.

The objective of the thesis work is: improvement of cold recycling technology and, respectively, the elaboration of methods of improvement of restored road carpet's transport and operational characteristics. In order to

accomplish this objective the following tasks are assigned and solved in the thesis work:

- the analysis is carried out and those problems are formulated, that accompany the rehabilitation of road carpets by the technology of cold recycling;
- the advantages of cold recycling technology for asphalt concrete rehabilitation with the use of slowly thickened mineral binding materials and liquefied bitumen are theoretically substantiated;
- physical and mechanical properties of asphalt concrete mixture are studied according to the established parameters of the technological process;
- pilot-productive research of obtained results is carried out;
- technical and economical assessment of the offered technology is carried out.

Scientific novelty. The scientific novelty of the represented thesis work is as follows:

- the advantages of slowly hardened mineral binding materials and liquefied bitumen application in the cold recycling technology are substantiated;
- rational content of the mixtures is developed;
- optimal parameters of cold recycling technology are determined, which foresee the effect of climate factors on the properties of obtained layer.

The practical importance of the work is as follows:

- the area of cold recycling technology application is expanded, and transport and operational characteristics of obtained restored road carpet are improved;
- recommendations of road rehabilitation with the use of cold recycling technology are elaborated.

შინაარსი

შესავალი	15
თავი I. ასფალტ-ბეტონიანი საფარის აღდგენის ტექნოლოგიები	18
1.1 ასფალტბეტონიანი საფარის რეგენერაციის მეთოდები-ძირითადი ცნებები და კლასიფიკაცია	18
1.2. ცივი რეგენერაციის გამოყენების საზღვარგარეთის გამოცდილება .	21
1.3. საფარის ცივი რეცინკლირების გამოცდილება.	31
1.4. ასფალტგრანულობეტონის გამოკვლევა.	35
1.5. შედეგი, მიზანი და ამოცანა.	44
თავი II ასფალტბეტონიანი საფარის რემონტის ტექნოლოგიის ეფექტურობის თეორიული დასაბუთება.	49
2.1. კონგლომერატში სტრუქტურის წარმოქმნის თავისებურებანი, შექმნილი ასფალტ-ბეტონის ცივი რეგენერაციის საფუძველზე, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელებისა და ბლანტი ბიტუმის საშუალებით.. . . .	49
2.2. ელექტროფიზიკური ძიების შედეგები ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელებითა და მათი კომპონენტებით	64
2.3. ასფალტბეტონიანი საფარის რემონტის შემოთავაზებული ტექნოლოგიების ეფექტური რეჟიმების პროგნოზირება	69
თავი III ასფალტგრანულობეტონის ფიზიკურ- მექანიკური თვისებების ექსპერიმენტალური კვლევები.	77
3.1. საწყისი მასალების თვისებების კვლევის მეთოდიკა.	77
3.2. ასფალტოგრანულობეტონის ფიზიკურ- მექანიკური თვისებების კვლევა.	78
თავი IV ასფალტბეტონის საფარის რეგენერაციის რაციონალური ტექნოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა ცივი რეცინკლირების მეთოდით.	91
4.1. დროის შუალედის განსაზღვრა გზაზე ნარევის მომზადებასა და დაგებას შორის.	91
4.2 კლიმატური პირობების გავლენა ასფალტბეტონის საფარების რეგენერაციის ტექნოლოგიაზე.	94
4.3. სამუშაოების ჩატარების რაციონალური ტექნოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა.	102
4.4. რეცინკლირებული ასფალტ-ბეტონის ხელმეორედ გამოყენებადობის გამოკვლევა მასალის გამყარებისა დრეულ სტადიაზე.	107

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 2.1 მყარი დისპერსიული ფაზის ნაწილაკებს შორის ძირითადი კონტაქტები	51
ნახ. 2.2. კალციუმის ჰიდროსილიკატის მოდელი CSH ფელდმანისა და სერედეს მიხედვით	55
ნახ. 2.3. ასფალტის გრანულატის სტრუქტურის სქემა	63
ნახ. 2.4. აგბ-ს სტრუქტურა	64
ნახ. 2.5. ბოქსიტის ლექის რენტგენოგრამა	65
ნახ. 2.6. ბოქსიტის ლექის თერმოგრამა	65
ნახ. 2.7. წიდის რენტგენოგრამა	66
ნახ. 2.8. ახლად დამზადებული შემკვრელის შემცველი სინჯის რენტგენოგრამა .	66
ნახ. 2.9. შემკვრელთა რენტგენოგრამა 28 დღე-ღამის ასაკში	67
ნახ. 2.10. შემკვრელთა რენტგენოგრამა 90 დღე-ღამის ასაკში	69
ნახ. 3.1. წყლის შემცველობის გავლენა ტიპი (ბ) აგბ ნარევის ნიმუშის სიმკვრივეზე	80
ნახ. 3.2. გათხიერებული ბიტუმის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე	80
ნახ. 3.3. გათხიერებული ბიტუმის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე	81
ნახ. 3.4. წყალცემენტის ზემოქმედება აგბ-ს სიმკვრივეზე	81
ნახ. 3.5. წყალცემენტის ზემოქმედება აგბ-ს სიმტკიცეზე კუმშვას	82
ნახ. 3.6. გათხიერებული ბიტუმის ხარჯის ზემოქმედება № 1 აგბ-ს ნარევის სიმტკიცეზე და სიმკვრივეზე.	83
ნახ. 3.7. თხევადი მინის სიმკვრივის ზემოქმედება №2 აგბ-ს ნარევის სიმტკიცეზე	84
ნახ. 3.8 თხევადი მინის სიმკვრივის წიდური შემკვრელის შეჭიდულობის დროზე ზემოქმედება	84
ნახ. 3.9. გამყარების დროისა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების მასის დაკარგვაზე	86
ნახ. 3.10. გამყარების დროისა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე	86

ნახ. 3.11. გამყარების დროსა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების მასის დაკარგვაზე	87
ნახ. 3.12 გამყარების დროისა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე	87
ნახ. 4.1 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე, და ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე	92
ნახ. 4.2.. დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე	93
ნახ. 4.3 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე და ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე	93
ნახ. 4.4. ნარევის გაჩერების დროის ზემოქმედება 20 და 30 გრადუს ტემპერატურაზე ნიმუშის სიმტკიცეზე	103
ნახ. 4.5 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერებაზე 20° C და 30° C-ზე ნიმუშის სიმტკიცეზე	103
ნახ. 4.6 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერებაზე 20° C და 30° C-ზე ნიმუშის სიმტკიცეზე	104
ნახ. 4.7 ოპტიმალური და დასაშვები შემკვრივების დრო ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე	104
ნახ. 4.8. ოპტიმალური და დასაშვები შემკვრივების დრო ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე	105
ნახ. 4.9. ნიმუშის გამყარების ხანგრძლივობის ზეგავლენა მიღებული ნარევის სიმკვრივეზე.	107
ნახ. 4.10. ნიმუშის გამყარების ხანგრძლივობის ზეგავლენა მიღებული ნარევის სიმტკიცეზე 90 დღე-ღამის ასაკში	108
ნახ. 4.11. ნიმუშის გამყარების ხანგრძლივობის ზეგავლენა მიღებული ნარევის სიმტკიცეზე 28 დღე-ღამის ასაკში	108
ნახ. 4.12. ნიმუშების გამყარების ხანგრძლივობის ზეგავლენა მიღებული ნარევის სიმკვრივეზე	109

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1.1 აგბ-ს თვისებები სხვადასხვა სახის შემკვრელებზე	35
ცხრილი 1.2 აგბ-ს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები	36
ცხრილი 1.3 აგბ-ს სიმტკიცის მაჩვენებლები	38
ცხრილი 1.4. სხვადასხვა აგ-ს შემცველი აგბ-ს თვისებები	39
ცხრილი 1.5. მაჩვენებლები, რომლებიც ახასიათებენ აგბ-ს სტრუქტურას	40
ცხრილი 1.6. აგბ-ს თვისებები კომპლექსურ შემკვრელზე	42
ცხრილი I.7 ცივი რეცინკლირების დროს ძველ ასფალტბეტონზე დამატებების სტრუქტურული სქემა	46
ცხრილი 3.1. გრანულიანი წიდის ქიმიური შემადგენლობა	77
ცხრილი 3.2 გრანულიანი წიდის მარცვლოვანი შემადგენლობა	77
ცხრილი 3.3. მინერალური შემკვრელები M100	78
ცხრილი 3.4. აგბ ნარევის მარცვლოვანი შემადგენლობა	78
ცხრილი 3.5. აგბ ნარევის მარცვლოვანი შემადგენლობა	79
ცხრილი 3.6. აგბ-ს ნარევის შემადგენლობები	83
ცხრილი 3.7 აგბ-ს ნარევის შემადგენლობა	85
ცხრილი 3.8 აგბ-ს ნარევთა შემადგენლობა	88
ცხრილი 3.9 აგბ-ს დეფორაციულობის მაჩვენებელი	89
ცხრილი 4.1 აგბ-ს ნარევთა შემადგენლობები	91
ცხრილი 4.2 ექსპერიმენტის დაგეგმის პირობები	97
ცხრილი 4.3 დაგეგმარების მატრიცა, ცდებისა და გაანგარიშების შედეგები	99
ცხრილი 4.4. გარე ფაქტორების ზემოქმედების შეფასება	102
ცხრილი 5.1. გოსტ 9128-97-ის მოთხოვნები და საფარიდან ამონაჭერის კვლევის შედეგები	116
ცხრილი 5.2. მეთოდური რეკომენდაციების მოთხოვნები და საფარიდან ამონაჭერის კვლევის შედეგები	117
ცხრილი 5.3. გზის საფარის სიმტკიცის განმსაზღვრელი შედეგები რემონტამდე და რემონტის შემდეგ	118
ცხრილი 5.4. ასფალტ-ბეტონის საფარის აღდგენის ტექნოლოგიათა ვარიანტები	119

შესავალი

ნაშრომის აქტუალობა. საავტომობილო გზების ექსპლუატაციისას პირველ რიგში მცირდება საგზაო სამოსის სიმტკიცე, შედეგად ირღვევა მისი სისწორე და მთლიანობა. საგზაო სამოსების რეაბილიტაცია მიმდინარეობს სხვადასხვა მეთოდებით, კერძოდ: შესაძლებელია მცირედ დაზიანებულ ფენილზე მოეწყოს ზედაპირული დამუშავების ფენა, ან გასწორდეს ფენილზე წარმოქმნილი უსწორმასორებები შემასწორებელი ფენის საშუალებით, უფრო ძლიერ დაზიანებულ ფენილზე შეიძლება მოეწყოს დამატებითი კონსტრუქციული ფენა და ა.შ.

ამ ბოლო პერიოდში დაზიანებული ფენილის რეაბილიტაციისათვის სულ უფრო ხშირად იყენებენ ცივი რეცინკლირების მეთოდს, რომელიც მნიშვნელოვნად განსხვავდება რემონტის ტრადიციული მეთოდებისაგან და ხასიათდება მთელი რიგი უპირატესობებით, რომელთაგან მნიშვნელოვანია ეკონომიკური ეფექტი. ეს ტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს ეფექტურად გამოვიყენოთ დაზიანებული ფენილის მასალა, მნიშვნელოვნად შევამციროთ ფენილზე ბზარების წარმოქმნის პროცესი და გავზარდოთ ფენილის სიმტკიცე. შესაბამისად იზრდება რეაბილიტირებული მონაკვეთის საექსპლუატაციო ვადა. გარდა ამისა აღნიშნული ტექნოლოგია ხასიათდება მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ეფექტით, რამდენადაც რეაბილიტაციის პროცესი ტარდება მასალის გაცხელების გარეშე და შესაბამისად ნაკლებია ენერგოდანახარჯები და მავნე აირების გამოყოფა ატმოსფეროში, ასევე მნიშვნელოვნად კლებულობს კარიერებში ქვის მასალის მოპოვების აუცილებლობა.

ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის გამოყენებისას შესაძლებელია როგორც გამოყენებული იყოს ორგანული ასევე მინერალური შემკვრელები: ბიტუმი, ბიტუმის ემულსია, აქაფებული ბიტუმი, ცემენტი და ა.შ.

მიუხედავად იმის, რომ აღნიშნული ტექნოლოგია ფართოდ გამოიყენება მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, იგი შედარებით ახალია და ჯერ კიდევ არ არსებობს ერთიანი ტექნიკური ნორმები მის განსახორციელებლად.

დისერტაციის კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ასფალტბეტონების საფარების რეაბილიტაციის ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია.

გამოკვლევის საგანია: ასფალტბეტონის საფარების ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიური პარამეტრები, რომლის დროსაც შემკვრელად გამოყენებულია გათხიერებული ბიტუმი და ნელადსქელებადი მინერალური შემკვრელი.

დისერტაციის მიზანს წარმოადგენს: ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის დახვეწა და შესაბამისად რეაბილიტირებული სამოსის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაზრდის მეთოდების დამუშავება. აღნიშნული მიზნის მისაღწევად დისერტაციაში დაცული და გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

- ჩატარებულია ანალიზი და ჩამოყალიბებულია პრობლემები, რომელიც თან ახლავს საგზაო სამოსების რეაბილიტაციას ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიით;
- თეორიულად დასაბუთებულია ასფალტბეტონის რეაბილიტაციის ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის უპირატესობა ნელადსქელებადი მინერალური შემკვრავებითა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით;
- შესწავლილია ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები ტექნოლოგიური პროცესის დადგენილი პარამეტრების შესაბამისად;
- ჩატარებულია მიღებული შედეგების საცდელ-საწარმოო გამოკვლევა;
- ჩატარებულია შემოთავაზებული ტექნოლოგიის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება.

სამეცნიერო სიახლე. წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდგომში:

- დასაბუთებულია ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიაში ნელადსქელებადი მინერალური შემკვრელის და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენების უპირატესობა;
- დამუშავებულია ნატრევების რაციონალური შემადგენლობა;

- დადგენილია ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის ოპტიმალური პარამეტრები, რომლებიც ითვალისწინებს კლიმატური ფაქტორების გავლენას მიღებული ფენის თვისებებზე.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს შემდგომში:

- გაზრდილია ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის გამოყენების არეალი, და მიღებული რეაბილიტირებული სამოსის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლები.
- დამუშავებული ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიით საავტომობილო გზები რეაბილიტაციის რეკომენდაციები.

სამუშაოს რეალიზაცია:

- საგზაო სამოსის რეაბილიტაცია წარმოდგენილი ტექნოლოგიით განხორციელებული მცხეთა-სტეფანწმინდა-ლარსის საავტომობილო გზის კმ 103-კმ135 რეაბილიტაცია;
- სადისერტაციო კვლევის შედეგები გამოყენებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის საავტომობილო გზებისა და აეროდრომების მიმართულების ბაკალავრებისა და მაგისტრანტების სასწავლო პროცესში.

სამუშაოს აპრობაცია:

- დისერტაციაში წარმოდგენილი მასალები მოხსენებულია საქართველოს საავტომობილო საგზაო ინსტრუქტის #4 საერთაშორისო-სამეცნიერო კონფერენციაზე, თბილისი 2009 წელი;

პუბლიკაციები: დისერტაციის მასალების შესახებ გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო ნაშრომი

დისერტაციის სტრუქტურა: სადისერტაციო ნაშრომი შეიცავს შესავალს, ხუთ თავს, დასკვნას, ლიტერატურის სიას 33 დასახელებით, 24 ცხრილს და 34 ნახაზს. კვლევის შედეგები გადმოცემულია 138 ნაბეჭდ თაბახზე.

თავი I

1. ასფალტ-ბეტონიანი საფარის აღდგენის ტექნოლოგიები

1.1 ასფალტბეტონიანი საფარის რეგენერაციის მეთოდები-ძირითადი ცნებები და კლასიფიკაცია

რემონტის თანამედროვე მეთოდი - რეგენერაცია წარმოადგენს ექსპლუატაციაში მყოფი საფარის მასალის დამუშავებას და გადამუშავებას, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ მისი სატრანსპორტო, საექსპლუატაციო და ტექნიკური მაჩვენებლები მოთხოვნად დონემდე ძველი ასფალტბეტონის ეფექტური გამოყენებისას და ასევე ახალი მასალის მინიმალური დანახარჯისას.

ძველი ასფალტბეტონის რეგენერაციას ახორციელებენ ცხელი და ცივი მეთოდებით.

ცხელი რეგენერაციის ტექნოლოგია მდგომარეობს ასფალტბეტონის ინფრაწითელი გამოსხივების მქონე თერმული ენერგიით გათბობაში, ნარევის შერევით გზებზე ან სპეციალურ დანადგარებში (დანამატის დამატებით ან დანამატის გარეშე) მიღებული ნარევის გადანაწილებით გზებზე ფენის სახით და დატკეპნით.

ცივი რეგენერაციის ტექნოლოგია მდგომარეობს საფარის მასალის დაფრეზვაში ძირითადად ცივი დაფრეზვის საშუალებით, ნარევის არევით გზებზე ან სპეციალურ დანადგარებში (ახალი შემკვრელი მასალის დამატებით ან პირიქით დამატების გარეშე) მიღებული მასალის გადანაწილებით ფენის სახით გზაზე და დატკეპნით.

ცივი რეგენერაციის მეთოდი ადგილზე არევით, ითვალისწინებს ცივი რეგენერაციის ყველა ტექნოლოგიური ოპერაციების შესრულებას ჯაჯვურად სპეციალიზირებული მანქანების საშუალებით, ხოლო ცივი რეგენერაცია დანადგარში შერევით ითვალისწინებს

დაფრეზილი მასალის არევის ქარხანაში ან ტრასის პირას მდებარე დანადგარში.

ორგანულ-მინერალურ ნარევის, რომელიც წარმოიქმნება გამოყენებაში მყოფი ასფალტობეტონის დაფრეზვისას, უწოდებენ ასფალტის გრანულატს (აგ). ასფალტის გრანულატში შემკვრელის დამატებისას წარმოიქმნება ასფალტგრანულობეტონის (აგბ) ნარევი. შემკვრელის გარდა აგ-ს შეიძლება დაემატოს მინერალური შემკვრელები. აგბ-იანი ნარევი შემკვრელების შემდეგ გარდაიქმნება ასფალტგრანულობეტონად. განასხვავებენ მის შემდეგ ტიპებს:

- აგბ-ნარევი შემკვრელის დამატების გარეშე;
- აგბ-ნარევი დაბალი სიბლანტის მქონე გახურებული ბიტუმის დამატებით;
- აგბ-ნარევი ბიტუმის დამატებით;
- აგბ-ნარევი ბიტუმის ემულსიის დამატებით;
- აგბ-ნარევი მინერალური შემკვრელის დამატებით (ცემენტი, კირი);
- აგბ-ნარევი კომპლექსური შემკვრელის დამატებით (ბიტუმის ემულსია ან აქაფებული ბიტუმი ცემენტით);

ამის გარდა, განასხვავებენ ლორღოვან აგბ-ნარევის, რომელიც შეიცავს 35%-ზე მეტ ლორღს და ქვიშოვან-ნაერთს, რომელიც შეიცავს 35%-ზე ნაკლებ ლორღს.

ცივი რეგენერაციის გამოყენების სფერო: ცივი რეგენერაციის ტექნოლოგიას გამოიყენებენ სხვადასხვა კატეგორიის გზებზე:

- საგზაო სამოსის გასაძლიერებლად სავალი ნაწილის მთელ სიგანეზე;
- საგზაო სამოსის გასაძლიერებლად, მხოლოდ სატვირთო ავტომობილის მოძრაობის ზოლზე დამცავი ფენის მოწყობით;
- საგზაო საფარის გასაძლიერებლად ქალაქის გზებზე, სადაც არასასურველია საფარის ვერტიკალური ნიშნულის აწევა;

- საავტომობილო გზების რეკონსტრუქციისათვის, რომლებიც დაკავშირებულია სავალი ნაწილის გაფართოებასთან.

საფარის რემონტი ადგილზე ცივი რეგენერაციის მეთოდით საშუალებას იძლევა საფარის ისეთი დეფექტების ლიკვიდაციისა, როგორცაა ტალღები და კოლები. სტაბილიზატორების შერევისას შესაძლოა საგზაო სამოსი გარდამავალი საფარის ტიპით (4-5 კატეგორია) გადავიყვანოთ საგზაო სამოსში შემსუბუქებული საფარის ტიპით, (3-4 კატეგორია) ბოლო კი კაპიტალურსაგზაო სამოსში ასფალტობეტონის საფარით.

ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია ითვალისწინებს საგზაო სამოსის ასფალტობეტონის ფენების მონოლითურობის აღდგენას მთელ სისქეზე ან ნაწილზე (6 დან 50სმ), ასფალტ-ბეტონის გაცხელების გარეშე. რეგენერაციული ფენის ზედაპირზე აწყობენ ერთ ან ორფენიან ასფალტ-ბეტონიან საფარს ან აკეთებენ ზედაპირულ დამუშავებას.

ასფალტბეტონის საფარის დაფრეზვის პროცესი ღრმა ცივი რეცინკლირებით ხშირად მოიცავს საფუძვლის დისკრეტული მასალის ფენას. თუ ასფალტის გრანულატი ამგვარ ნარევეში 40%-ზე ნაკლებია, მაშინ მიღებულ ნარევს უწოდებენ გამყარებულ მასალას.

ასფალტბეტონის საფარის ცივი რეცინკლირება განსხვავდება რემონტის ტრადიციული მეთოდებისაგან, მეორე ფენების მოწყობით და ეკონომიურობით, ცივი რეგენერაციის ტექნოლოგიას არ ჰყავს ბადალი რეცურსების ეკონომიურად გამოყენებაში. ის საშუალებას გვაძლევს მეტად ეფექტურად გამოვიყენოთ გზის ძველი საფარის მასალა. ამის გარდა, შესაძლებელია სამუშაოების ჩატერება მასალის გაცხელების გარეშე, რაც მინიმალურ ზიანს აყენებს გარემოს.

1.2. ცივი რეგენერაციის გამოყენების საზღვარგარეთის გამოცდილება

გზის სამოსის ფენების ცივი რეცინკლირების მეთოდებმა მნიშვნელოვანი განვითარება ჰპოვეს საზღვარგარეთ. თუ 70-80-იან წლებში ამ ტექნოლოგიას იყენებენ მეორეხარისხოვანი გზების რემონტისათვის, ბოლო დროს ამ მეთოდებმა ჰპოვეს უფრო ფართო გამოყენება მაღალი კატეგორიის გზებზე. 1990 წლიდან ცივი რეცინკლირების საშუალებით გაარემონტეს 3მლნ.მ² მაღალი კატეგორიის გზის სავალი ნაწილი. დაგროვილი გამოცდილებისა და კვლევების შედეგად, შეიქმნა ცივი რეცინკლირების მეთოდის გამოყენების ნორმატიული და მეთოდოლოგიური ბაზები.

საზღვარგარეთ საავტომობილო გზების ცივი რეცინკლირების მეთოდების, განვითარება მიმდინარეობდა ორი მიმართულებით: აღჭურვილობის სრულყოფა და რეგენერაციული დანამატების სახეობების გაფართოება.

70-იანი წლების ბოლოს, საფარის ცივი დაფრეზვის მანქანების შექმნამდე შეერთებულ შტატებში ძველი გზის სამოსს ამტვრევდნენ ნატეხებად. ნატეხებს აქუცმაცებდნენ მოძრავი სამტვრევით, გრანულის მაქსიმალურ ზომამდე 50მმ. შემდეგ ასფალტის გრანულებს აგროვებდნენ, უმატებდნენ აღმდგენს, კათიონური ემულსიის სახით ურევდნენ, გრეიდერით ანაწილებდნენ და ტკეპნიდნენ.

ხშირად წინასწარ აღდგენით დამუშავებულ ზედა ბიტუმ-მინერალური ფენების დაფრეზილ მასალას, ურევდნენ ქვედა ფენებს, უმატებდნენ ნაკლებად ბლანტ ბიტუმს, ცემენტს ან წიდის შემკვრელს. ნარევის მასალის არევა ხორციელდებოდა ავტოგრეიდერით. ასეთი ტიპის მეთოდმა გამოყენება ჰპოვა ამერიკის შეერთებულ შტატებში და ნიდერლანდებში.

ცივი ფრეზის შექმნამ ბიძგი მისცა ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის განვითარებას. 80-იანი წლების დასაწყისში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში ფირმა BARBER-GREEN-მა შეიმუშავა მოწყობილობა, რომელიც ამტვრევდა და ფქვავდა ასფალტის საფარის გრანულებს და ურევდა შემკვრელს. ამ მანქანას შეეძლო საფარის ასფალტ-ბეტონის ფენების აღდგენა ერთდროულად საფუძველის ფენასთან ერთად სისქით 28სმ.

80-ანი წლების მეორე ნახევარში ამერიკის შეერთებულ შტატებში ფართო გამოყენება ჰპოვა მძიმე ფრეზმა ფირმა bomag AMCA Internatioanal. ის ასრულებდა იგივე ოპერაციებს, მაგრამ იყო უფრო მცირე ზომის, დაფრეზვა შეეძლო 25 სმ-სიღრმემდე. შეჰყავდათ ორგანული შემკვრელი ემულსიის სახით დოლ-ფრეზში, 2-3%-ის ოდენობით გამყარებადი მასალის მასისგან შლანგით, რომელიც მოდიოდა წინ მიმავალი ცისტერნიდან. ნარევის გადანაწილებისათვის იყენებდნენ ავტოგრიდერს.

კანზასისა და აიოვას შტატებში (აშშ) ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია, ბიტუმის ემულსიის გამოყენებით, ფართოდ გამოიყენება საფარის დაბზარვის აღსაკვეცად. ერთ-ერთ ადგილობრივ გზაზე, სადაც მოძრაობის ინტენსივობა იყო 410 ავტ./დღე-ღამეში და საფარის სისქე იყო 14სმ, ცივი რეცინკლირება შესრულდა მანქანების კომპლექტით (მატარებელი სიგრძით 27,5მ) 10 სმ სიღრმეზე. მანქანების კომპლექტი შედგებოდა ცივი ფრეზისაგან, ავტომტვირთავისაგან, ასფალტის დამგებისაგან, გადამზიდისაგან, სატკეპნისგან. გზა სწრაფადვე გახსნეს სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობისათვის, შემდეგ კი დააფინეს ასფალტ-ბეტონის დამცავი ფენა სისქით 5სმ.

აიოვას შტატში საფარს ჩაუტარეც რეგენერაცია 10 სმ სისქით ემულსიის დამატებით 4,5%-ის ოდენობით ასფალტის გრანულის მასისაგან. სატრანსპორტო საშუალებებით მოძრაობა გახსნეს 7-12 დღის შემდეგ, რის შემდეგაც რეგენირებულ ფენა დაგრუნტეს და მასზე მოაწყვეს გამამკვრივებელი ფენა სისქით 7,5სმ.

მთავარ პრობლემას, ადგილზე ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიისა, წარმოადგენს ასფალტის გრანულის შერევა დაუმუშავებლად ქვის მასალებთან და აღმდგენთან. იმისათვის რომ გავაუმჯობესოთ შერევის ხარისხი, ნარევი უნდა დავამატოთ ცოტაოდენი წყალი, იმისთვის, რომ შევამსუბუქოთ დაფქველი ქვის ბიტუმით დამუშავება.

კალიფორნიის შტატში გზის საფარის რეგენერაციის დროს 9სმ სიღრმეზე საფარის დაფრევა მოხდა barcomil-800 ფრეზის საშუალებით. გრანულებს ფქვავდნენ 4სმ-ზე უფრო მსხვილად საფქვავ დანადგარში. ასფალტის გრანულს ურევდნენ ბიტუმის ემულსიას, მიდლენდის დანადგარში. ამ დანადგარს, რომელიც გამოიმუშავებს 350ტ/სთ-ში გააჩნია მიმღები ბუნკერი, მოცულობა ბიტუმის ემულსიისათვის და შემამკვრივებელი მოწყობილობა.

90-იან წლებში აშშ-ში გაჩნდა მანქანების ახალი თაობა, რომელთა გამოყენება შეიძლება ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიისათვის და გრუნტის სტაბილიზაციისთვის. მანქანები ასრულებენ საფარის დაფრევის ოპერაციებს და ასფალტის გრანულის არევას შემკვრელთან და დანამატებთან, რომლებიც შეჰყავთ დოლ-ფრეზში. მსგავსი მანქანის ტიპებს შეიძლება მივაკუთვნოთ CMI corporation ფირმის სტაბილიზორი RS-650. PR-250; SS-250; RM-350; და SM-350 Caterpillar-ის ფირმის.

აშშ-ში ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიას საკმარისად დიდი ყურადღება ექცევა. 70-იან წლებში შეიქმნა ასოციაცია, რომელიც განიხილავდა ასფალტ-ბეტონის საფარის რეგენერაციისა და აღდგენის საკითხებს, რომლის მონაწილეები ყოველწლიურ სემინარებზე უზიარებდნენ ერთმანეთს თავიანთ შთაბეჭდილებებს. 1993წ. დაფუძნდა გაერთიანებული კომიტეტი, რომელიც კურირებდა საპროექტო, სამშენებლო და სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებს.

საფრანგეთში ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია განვითარდა მას შემდეგ, რაც ფრანგი სპეციალისტები 1981 წელს ჩავიდნენ აშშ-ში. შემდეგ წელს აპრობირებული იქნა ადგილზე ცივი რეცინკლირების

მეთოდი ბიტუმის ემულსიის გამოყენებით გზაზე, სადაც მოძრაობის ინტენსივობა არის 10 ათასი ავტ./დღე-ღამეში. 2 წლის დაკვირვების შემდეგ დაადგინეს, რომ რეცინკლირებული ფენის შრომისუნარიანობა უტოლდება ჩვეულებრივი ასფალტ-ბეტონის ფენის შრომისუნარიანობას.

პირველად ევროპაში ცივი რეცინკლირების მეთოდი ამერიკული მიდლესის დანადგარის საშუალებით ერთად, გამოიყენა ფირმა SCREG routes-მა გზებზე მოძრაობის ინტენსივობით 11 ათასი ავტ./დღე-ღამეში. 10,5 სმ სისქის საფარს მოაშორეც ზედა ფენა, სისქით 5სმ და ასფალტის გრანულა (1,5-1,6% დატენიანებული) მოათავსეს გზიდან 500 მეტრში მდებარე ფართობზე. ზედა ფენა დაგრუნტეს გუდრონით 0,3 ლ/მ² - ზე გაანგარიშებით. ასფალტის გრანულა მოჰქონდათ დაგების ადგილზე და ურევდნენ მას მანქანაში წყალთან (4 % ტენიანობა) და ემულსიასთან ერთად (2 %). ასფალტის გრანულის ნარჩენმა ფორიანობამ შეადგინა 15%. სატრანსპორტო მოძრაობა სრაფად გიხსნა. რეცინკლირებულ ფენას 4 თვის ექსპლუატაციის შემდეგ ჰქონდა იგივე იერ-სახე რაც ფენას, რომელიც იყო ცხელი ასფალტ-ბეტონისაგან. მოგვიანებით ზედაპირზე მოათავსეს დამცავი ფენა. ამ მეთოდს ფირმამ უწოდა რეციკოლი. ამ მეთოდით 1987 წლისათვის იყო შესრულებული სამუშაოები მიახლოებით 2მლნ.მ². 5 წლის შემდეგ, მოძრაობის ინტენსივობის მიუხედავად, ახალი საცვეთი ფენის მოწყობა აღარ დასჭირდათ.

ქალაქგარეთა გზების გასაძლიერებლად, გასაფართოვებლად და შესაკეებლად ფირმა SCREG-მა შეიმუშავა მობილური მოწყობილობის კომპლექტი compomobile, რომელიც მუშაობდა ცივი რეცინკლირების მეთოდზე.

ფრანგულმა ფირმა COLAS-მა გზის სამოსის გასაძლიერებლად და შესარემონტებლად შეიმუშავა მოწყობილობა და ტექნოლოგია CHAUSEE-RENOVEE ადგილზე ცივი რეცინკლირების მეთოდით ბიტუმის ემულსიის გამოყენებით.

1989-94 წლებში SCREG და COLAS ფირმების მიერ ნაციონალურ RN20 T-1 კატეგორიის გზაზე ნოვაკოლის მეთოდით იქნა რეცინკლირებული 211 ათასი მ² ასფალტბეტონის საფარი. საფარი დაფრეხეს მთელ სიღრმეზე. არ გახდა საჭირო გრანულომეტრიული შემადგენლობის გაუმჯობესება. ემულსია დამატებულ იყო 1,7-3,4 %. საფარის სისქე არმოჩნდა 8-16 %-ით მეტი სისქის, ვიდრე ძველი საფარი. აგბ-ს სიმკვრივე მერყობდა 84-92%-ის ფარგლებში ლაბორატორიული ნიმუშების სიმკვრივისაგან. გზის სხვადასხვა მონაკვეთებზე, რეგენერაციული ფენის ზემოთ, იყო მოწყობილი ასფალტ-ბეტონის საცვეტი ფენა, ან იყო განხორციელებული ზედაპირული დამუშავება. 6 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ ბზარები საფარის ზედაპირზე არ შეინიშნებოდა.

1992 წელს ავტომაგისტრალის A71, RD-94 გზასთან მიერთების ადგილას ფირმა COLAS-ს მიერ ნოვაკოლის მეთოდის გამოყენებით რეგინირებულ იყო ფენა სისქით 12სმ, რომელიც შეიცავდა ასფალტბეტონის ფენას სისქით 6-7 სმ და ფუძის-ფენას სისქით 5სმ. ყველა ტექნოლოგიური ოპერაცია სრულდებოდა ერთი გავლით. წარმადობა იყო 5-6 ათასი მ² საფარის აღდგენა დღეში. ამ გზის მდგომარეობაზე მრავალწლიანმა დაკვირვებამ, კიდევ ერთხელ დაამტკიცა რემონტის ამ მეთოდის გამოყენების ეფექტურობა.

საფრანგეთში დაიხვეწა ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია, რომელიც დაკავშირებული იყო ფირმა BEUGNET-თან, რომელმაც 1986 წელს გამოიყენა ფაკირის მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებდა გზის საფარის რეგენერაციას ცემენტის გამოყენებით და ორი მანქანით. შეიქმნა კომპლექტი ორი მანქანისაგან: ARC-Dosage-მანქანა ცემენტის შესანახად, დოზირებისთვის, გადასანაწილებლად და ARC-600-მანქანა საფარის დასაფრეხად, ასფალტის გრანულის, ცემენტთან და წყალთან ერთად ასარევად და შემდგომში აგბ- ნარევის გადასანაწილებლად გზებზე. მანქანას ARC-600 შეეძლო საფარის დაფრეხვა 33სმ სიღრმეზე და 2მ სიგანეზე.

კომპლექტს შეეძლო 5მ/წთ სიჩქარით მოძრაობა. ფაკირის მეთოდი განკუთვნილი იყო გზის საფარის გასაძლიერებლად.

ცემენტის დამატებით ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიამ რემონტისთვის ნამდვილად გაამართლა. მას იყენებდნენ შედარებით მაღალი კატეგორიის გზებზე. ფაკირის მეთოდით 1990 წელს რეგენერირებულ იქნა 300 ათასი მ² გზის საფარი.

1987 წელს შეიქმნა უფრო სრულყოფილი მოდელი რეგენერაციული მანქანისა ARC-700. მანქანა აღჭურვილი იყო სამი მუხლუხით, ძელით საფარის დანაწევრებისათვის, კარბიდის ვოლფრამის წვერის მქონე 280 კბილიანი დოლი-ფრეზით, მცურავი დანით საფარის გასასწორებლად, და გამსწორი ძელით. ამ მანქანით გაარემონტეს გზის მონაკვეთი 3800 ავტ./დღე-ღამის ინტენსივობით. თანდაპირველად ავტოგრეიდერით ძველ საფარზე გადაანაწილეს მინერალური ნარევის 12სმ-იანი ფენა. ამ ფენის ზედაპირზე დოზატორული მანქანით გადაანაწილეს ცემენტი 5 %-ის ოდენობით. სხვა ოპერაციები შეასრულა მანქანამ ARC-700-მა. წყალს აწვდიდნენ შლანგით დოზატორული მანქანიდან. დაფრეზვის სიღრმემ შეადგინა 18 სმ, რეგენირებულ ფენის საერთო სისქემ შეადგინა 30სმ. დატკეპნა ხორცილდებოდა ვიბრო და პნევმოსატკეპნებით. ნარევის ტენიანობა შეადგენდა 2,1- 5,9 %, სიმკვრივე მშრალ მდომარეობაში 2,06- 2,24 გ/სმ³. დღის ბოლოს რეგენირებული ფენა ორჯერ დაამუშავეს ბიტუმის ემულსიით. გარკვეული დროის შემდეგ დააგეს ასფალტ-ბეტონის ნარევის საცვეთი ფენა. საპროექტო დრო მუშაობისა იყო 20 წელი.

1987წ. BEUGNET-ის ფირმის ARTDECOR განყოფილებამ შეიმუშავა ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია ორგანული შემკვრელის დამატებით. იყო შემუშავებული მანქანა ATRECOR-1 . მანქანა იყო მოწყობილი ორი დოლი-ფრეზით. ერთ მათგანს შეეძლო დამუშავების ზოლის სიგანის ცვლილება 2,5-3,3 მ-ის ფარგლებში, ასევე შეეძლო ერთ ციკლში საფარის დაფრეზვა 10სმ სიღრმეზე, ქვედა ფენის ზედაპირის გასუფთავება ნატეხებისგან შემსრუტავი დანადგარით, შემკვრელის

დოზირება და შერევა ა.გ-სთან, მოფრეზილი ზედაპირის დაგრუნტვა, ა.გ.ბ ნარევის განაწილება და პირველადი დატკეპნა. ამ მეთოდს ფირმა BEUGNET-მა უწოდა რეჟემაპი.

1986წ. ფირმა Colas-მა შემოგვთავაზა რეგენერირებული ფენის სიმტკიცის გასაზრდელად კომპლექსური შემკვრელის გამოყენება: ბიტუმის ემულსიისა ცემენტთან ერთად. ამ მეთოდმა მიიღო სახელწოდება ფლექსოსიმი. ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია ფლექსოსიმი-ს მეთოდით მდგომარეობს შემდეგში: დოზატორული მანქანა ანაწილებს ძველ საფარზე ცემენტს, ფრეზის საშუალებით ხორციელდება საფარის დაფრეზვა 15სმ სიღრმეზე.

გერმანიაში ტექნოლოგიის გამოყენება დაიწყო 1986 წლიდან სტაბილიზატორ 2000VC-C გამოჩენასთან ერთად, რომელიც შექმნილი იყო ფირმა Wirtgen-ის მიერ ცივი ფრეზის ბაზაზე. მისი გამოყენება შესაძლებელი იყო გრუნტის გამყარებისათვის ცემენტით, ბიტუმის ემულსიით, ფრეზირების სიღრმე აღწევდა 30 სმ, სიჩქარე 5მ/წთ.

ცივი რეცინკლირების მეთოდს ძირითადად იყენებდნენ თხელი ფენის საფარის გზების შესაკეთებლად. ცემენტს, 4%-ის ოდენობით ძირითადი დამუშავებადი მასალისგან ანაწილებდნენ სპეციალური ცემენტის გამანაწილებლით. ფრეზირებული სიღრმის დაყვანა შესაძლებელი იყო 30 სმ-მდე.

90-იანი წლების დასაწყისში შეიქმნა ცივი რეცინკლირების მანქანების ახალი თაობა. შედარებით ნაკლები მოძრაობის ინტენსივობის გზებისთვის, შეიქმნა სტაბილიზატორ 1000, დაფრეზვის სიღრმით 10 სმ-მდე და წარმადობით 1200 მ² დღეში. ის ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ სოფლის გზებზე, საფარზე შექმნილი ზხარების აღსაკვეცად.

სხვა ტიპის გზებისათვის შეიქმნა სტაბილიზატორი 2100 DCR. ის აღჭურვილია სპეციალური ძელით, რომელიც მოთავსებულია დოლი-ფრეზის წინ. ის ამტვრევს ასფალტ-ბეტონის ნატეხებს, რომელიც სუსტად არის დაკავშირებული ქვემოთ მდებარე ფენასთან ასევე გამანაწილებლით

ცივი რეგენერაციისას, კომპლექსური შემკვრელის გამოყენებით (ემულსიას დამატებული ცემენტი) ცემენტს ანაწილებენ ძველ საფარზე. ასევე ანაწილებენ მინერალური მასალის აუცილებელ რაოდენობას ცემენტამდე.

1993წ. ფირმა WIRTGEN-მა შექმნა CR4500, რომელიც ამუშავებდა ზოლს სიგანით 3-დან 4,5 მ-მდე. გააჩნდა შემრევი წყლისთვის, ცემენტისა და ემულსიისათვის, დოლი-ფრეზი, მიმღები ბუნკერი ახალი მინერალური მასალისათვის, ცემენტის შემრევი, რომელიც ცემენტს ურევდა წყალს ცემენტის ცომის მისაღებად. საწყის ეტაპზე გზის ფრეზი აფრეზირებს საფარს. ასფალტის გრანულს აწყობს ავტოგრეიდერი, შემრევი აფხვიერებს ასფალტის გრანულს, ურევს მას სხვა კომპონენტებს და მიღებულ ნარევს ანაწილებს რეგენირებულ ზოლზე და წინასწარ ამყარებს ფენას. მასალებით განუწყვეტილვ მარაგდება სპეციალური ავტომიბილიდან, რომელიც მიერთებულია მთავარ მანქანასთან. ეს მეთოდი გამორიცხავს ცემენტის გადანაწილებას დაფრეზვის წინ. მიღებული ნარევი არ ჩამოუვარდება ნარევს, რომლებიც მიღებულია სტაციონარში.

1994წ. ფირმა Wirtgen-მა შექმნა და გამოუშვა მანქანა WR2500, რომელსაც შეეძლო გრუნტის ცემენტით და კირით გამყარება, გზის ძველი საფარის დაქუცმაცება ნარევის დანოტივებით. აგრეთვე გზის საფარის რეგენერაცია ემულსიის, ქაფბიტუმის, ცემენტის და კომპლექსური შემკვრელის დამატებით. დამუშავების სიგანე 2,5 მ. დაფრეზვის სიღრმეზე დამოკიდებულებით, სამუშაო კამერის გეომეტრია შესაძლოა შეიცვალოს, რაც იმის საშუალებას გვაძლევს, რომ მივიღოთ მოთხოვნადი წარმადობა მანქანის გადატვირთვის გარეშე. WR2500, აგრეთვე აქვს მოწყობილობა ასფალტ-ბეტონის მსხვილი ნატეხების დასაქუცმაცებელი მოწყობილობა.

1994წ. შეიმუშავეს დამხმარე მოწყობილობა WM 400 ცემენტის ცომის დასამზადებლად (სუსპენზატორი). მან შეძლო რეგენირებული საფარის ზედაპირზე ცემენტის გადანაწილების ოპერაციის გამორიცხვა.

დღევანდელ დღეს რეცინკლერმა WR2500 სამომხმარებლო ბაზრიდან გააძევა 2100 DCR მაღალი ფასის გამო.

ფირმა Wirtgen-მა შეიმუშავა მობილური მოწყობილობა KMA 150 სხვადასხვა ტიპის ცივი ნაერთების დასამზადებლად.

სხვა ქვეყნებიდან, რომლებმაც აითვისეს ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგია, ბიტუმის ემულსიის ან ცემენტის გამოყენებით, უნდა აღინიშნოს ინგლისი, რომელიც იყენებს გრუნტის ფრეზებს MPH- 100 და MPH-60 Bormag-ის ფირმის. ინგლისში 1984წ. რეგენერაციის შედეგად მიიღეს 4 ათასი მ²-ის საფარი, 1988წელს კი 250 ათასი მ².

ავსტრალიაში შემუშავებულ იქნა მანქანა, მასით 35 ტონა Road Recyclers-ის ფირმის, რომელიც ასრულებდა ცივი რეცინკლირების ყველა პროცესს ბიტუმის ემულსიის გამოყენებით.

რეცინკლერი WR-2500 1996 წლიდან გამოიყენება სხვადასხვა ქვეყნებში (ბელგია, ბრაზილია, ესპანეთი და ა. შ.)

ბელგიაში ერთ-ერთ გზაზე ძველი ასფალტ-ბეტონის საფარი დაშალეს და გადააქციეს ის ფუძე ფენად ყოველგვარი შემკვრელის დამატების გარეშე (გრანულირების მეთოდი). აგრეთვე, გაამყარეს საფუძვლის ძველი ფენა CaCl₂-ის გამოყენებით.

ბრაზილიაში ერთ-ერთი სწრაფი მაგისტრალის FEMAO Dias რეკონსტრუქციისას, ერთ-ერთ მონაკვეთზე, გზის მთელ სიგანეზე დააგეს მინერალური ნარევის ფენა სისქით 5სმ. შემკვრივების გასაუმჯობესებლად, ნარევს წყალს უმატებდნენ. ფენას ასწორებდნენ ავტოგრიდერის საშუალებით და მძიმე სატკეპნებით ტკეპნიდნენ.

ესპანეთში გზის შეკეთებისას, რეცინკლირება განხორციელდა 15 სმ სიღრმეზე კომპლექსური შემკვრელის გამოყენებით, რომელიც შეიცავდა ცემენტს, ბიტუმის ემულსიას და წყალს შემდეგი პროპორციით: 2,3 და 1 %. გზა სწრაფადვე გაიხსნა, ასფალტ-ბეტონის დამცავი ფენა კი, 5 სმ სისქის, დააგეს ოცდამეერთე დღეს.

ცივი რეგენერაციის ტექნოლოგიის განვითარების პარალელურად, საზღვარგარეთ აგრეთვე მიმდინარეობს სახვადასხვა შემკვრელი კომპონენტებისა და დანამატების ძიება.

აშშ-ში ხშირად იყენებენ ნელ და საშუალოდ განშლად ბიტუმის ემულსიებს CSM-ის ტიპის, MC-800 ტიპის ან ცემენტს. ცემენტის გამოყენება 1-3% ბიტუმის ემულსიასთან ერთად გვაძლევს დადებით შედეგს.

შედეგად, იზრდება აგბ-ს გამძლეობა, რეცინკლირებული ფენის ფორმირების ადრეულ სტადიაზე.

საფრანგეთში, კომპობილ სკრეგი და რეჟემატ-ის ნაკლებად ბლანტ ემულსიებთან ერთად, ფირმა Deucol Emulsionstechnik GmbH აწარმოებს სპეციალურ ბიტუმისა და ზეთების შემცველ ემულსია რეჟესტაბს.

ფირმა Colas-მა 1986წ. შემოგვთავაზა კომბინირებული შემკვრელი- სტაბიკოლი. ის წარმოადგენს ჰიდრაულიკური შემკვრელისა და ბიტუმის ემულსიის ნარევს. ანსხვავებენ ამგვარი შემკვრელის 3 კლასს: 50, 90, 120, რომელიც შეიცავს შესაბამისად ბიტუმს:21,7, 33,4 და 40 %, ცემენტს: 43,5, 37 და 33,3%-ს. დანარჩენი წყალი (100%-ში). შემკვრელის კლასი დამოკიდებულია დასახულ მიზანზე: ძველი ბიტუმის თვისებების აღდგენა რეცინკლირებული ფენის ბიტუმით გამდიდრება; ა.გ-ს და ქვიშა-ლორღოვანი ნარევის შემცველი რეცინკლირებული ფენის ბიტუმით გამდიდრება, რომელიც დამუშავებულია ცემენტით; დაუმუშავებელი მასალის სიმტკიცის გაზრდა, ელასტიურობის დაკარგვის გარეშე.

ქაფ-ბიტუმები ცივი რეცინკლირებისთვის პირველად გამოიყენეს აშშ-ში. მათი გამოყენება ნაკლებად არის გავრცელებული, ვიდრე ემულსიისა. ქაფ-ბიტუმის მთავარი ღირსება არის გზის სწრაფი გახსნა სატრანსპორტო საშუალებებისათვის. ცივი რეცინკლირებისთვის ქაფბიტუმის გამოყენებას ხელს უწყობდა აქაფების სპეციალური კამერის გამოშვება, რომლებიც წარმოადგენდნენ სპეციალურ მოწყობილობას ბიტუმის ასაქაფებლად.

ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სიახლეა - რეაქტიული ემულსია. ფენის მოწყობის პერიოდში ბიტუმის ემულსიის სიბლანტე დაბალია. შემდეგ წარმოიქმნება ჟანგვის და პოლიმერიზაციის რეაქცია, რის საფუძველზე ბიტუმის სიბლანტე შესაბამისად იზრდება.

1.3. საფარის ცივი რეცინკირების გამოცდილება

ცივი რეცინკირების გამოცდილება არც თუ ისე დიდია. ყოფილ საბჭოთა კავშირში 1997 წლამდე, ის არ სცდილდებოდა საცდელი სამუშაოების ჩარჩოებს. პუბლიკაციების უმეტესობა ამ საკითხთან მიმართებით დაკავშირებულია გ.ს. ბახრახის ნამუშევრებთან.

ძიების საწყის ეტაპზე მთავარი იდეა მდგომარეობდა მცდელობაში, რომ დაებრუნებინათ ძველი ბიტუმის აპკებისთვის მიკვრადობა თვისებები 10-20°C ჰაერის ტემპერატურაზე. პლასტიფიკატორად იყენებდნენ ძრავის გადამუშავებულ ზეთს. საუკეთესო მაჩვენებლები იყო მიღებული დოზირებით: 0,3-0,6 % ასფალტის გრანულის მასისაგან.

1997წ. მოწყობილ იქნა პირველი საცდელი უბანი. ასფალტის გრანულა მიღებულ იქნა ზედა ფენის დაფრეზვის შედეგად. დაფრეზვის სიღრმე შეადგენდა 6-7სმ-ს. დაფრეზვას წინ უსწრებდა ზედაპირზე დამუშავებული ზეთის წასმა. პლასტიფიცირებულ ასფალტის გრანულას ტვირთავდნენ მანქანაზე, რომელიც შემდგომში აწვდიდა ნაერთს ასფალტის დამგებს. გაშლილ მასას ჯერ ამკვრივებდნენ მსუბუქი, შემდეგ კი მძიმე სატკეპნით. უბანზე მოძრაობა სწრაფადვე გახსნეს. თხუთმეტ თვიანი ექსპლუატაციის შემდეგ საფარი იმყოფებოდა კარგ მდგომარეობაში.

შეიმუშავეს სხვა მეთოდიც. დაფრეზვის პროცესში ძველი საფარის 8 სმ სიღრმეზე პლასტიფიკატორს აწვდიდნენ უშუალოდ დოლი-ფრეზი-ს ქვეშ. მასას ასწორებდნენ ავტოგრეიდერით. ტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად ერთი თვის თავზე გაჩნდნენ ღრუნტები. ექსპერიმენტმა აჩვენა, პლასტიფიკატორის დამატება მოითხოვს მნიშვნელოვან დროს მასალის სტრუქტურის ფორმირებისათვის ან აუცილებლობას დამცავი ფენის შექმნაში.

1991 წ. შეკეთებულ იქნა ასფალტ-ბეტონის საფარის მქონე 2 უბანი, ცემენტის გამოყენებით. პირველი უბნის სიგრძე იყო 260 მ. მის ასფალტ-ბეტონის საფარზე, რომელიც მდებარეობდა მყარ 25 სმ სისქის

ქვიშის ფენაზე, აღინიშნებოდა ბზარების ბადე. დაფრეზვის წინ საფარზე ხელით გადაანაწილეს ცემენტი M400, რეცინკლირებული მასიდან 2,5%-ის გათვლით. დაფრეზვა ხორციელდებოდა 15 სმ სიღრმეზე. ნაერთის ოპტიმალურმა ტენიენობამ შეადგინა 7%. მოძრაობა მონაკვეთზე ფენის შემკვრივების შემდეგ სწრაფადვე გახსნილი იყო. ცხელი ამინდის გათვალისწინებით, კვირის განმავლობაში ნაკვეთს რწყავდნენ. ერთი თვის შემდეგ დამუშავებას ზედაპირი თხელი ბიტუმით, მომდევნო დღეს კი დააგეს ასფალტ-ბეტონის საფარი.

1993 წელს ჩატარებულმა კვლევამ ცხადყო, რომ საფარზე გაჩნდა ძალიან წვრილი ბზარები ბიჯით 12მ.სავარაუდოა, რომ მათი წარმოქმნა განპირობებული იყო დაფრეზული ფენის ტემპერატურული ბზარებით.

მეორე უბნის სიგრძე იყო 76მ.ასფალტ-ბეტონის საფარზე სისქით 28სმ, აღინიშნებოდა განივი ბზარები ნაბიჯით 7მ.თავდაპირველად ფრეზის საშუალებით აღმოფხვრეც ასფალტ-ბეტონის ფენა სისქით 5-7 სმ და გამოიყენეს ასფალტის გრანულატი. ცემენტი გადაანაწილეს ხელით. ტრანსპორტის მოძრაობა სწრაფადვე გახსნეს შემკვრივების შემდეგ. 20 დღის შემდეგ დაამუშავეს ბიტუმით, ერთი თვის შემდეგ კი დააგეს ქვიშოვანი ასფალტ-ბეტონის ფენა.

ძველი ასფალტ-ბეტონის საფარი მოხსნეს ცივი დაფრეზვით მთელ სიგანეზე. ძველ ფენაზე გადაანაწილეს დამატებითი მასალა: ასფალტის გრანულა, ქვიშა და კირი. ცივი რეცინკლირება განხორციელდა მანქანების კომპლექტით: სტაბილიზატორი WR2500 და სუსპენზატორი WM400. ნარევი გაამყარეც კომბინირებული ვიბროსატკეპნით. ცემენტი შეჰყავდათ სუსპენზიის სახით. ავტოგრეიდერის შემდეგ, ნარევი დატკეპნეს ვიბროსატკეპნით. რეცინკლირებული ფენა იყო გადაფარული ასფალტ-ბეტონის 3 ფენით.

შედარებით მნიშვნელოვანი პროექტი ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის გამოყენებისა, იყო რეალიზებული 1996-97 წლებში ავტომაგისტრალის ნაკვეთზე M1 „ბელორუს“.

უბნის რეკონსტრუქცია გულისხმობდა, გზის საფარის მოწყობასთან ერთად, აგრეთვე მის გაფართოებას 18მ-დე. ასფალტ-ბეტონის სისქე მერყეობდა 9დან 35სმ-მდე. ზედა ფენებს შორის, რომლებიც იყვნენ რეგენერირებული ცხელი მეთოდით 7-12 სმ სიღრმეზე და ქვემოთ მდებარე ფენებს შორის გადაბმულობა, კავშირი არ არსებობდა.

16-31 სიგრძის მონაკვეთზე, ცივი რეცინკლირების დროს, გამოიყენეს შემრევი CR4500 და სუსპენზატორი WM400 Wirtgeni-ის ფირმის. ნაკადის სიჩქარე შეადგენდა 1,5 მ/წთ. რეცინკლირებას ასრულებდა შემრევი. ცემენტი შეჰყავდათ შემრევიში სუსპენზიის სახით. ნარევს ამკვრივებდნენ Bomag-ის ფირმის ორი კომბინირებული სატკეპნის საშუალებით. ასფალტ-ბეტონის მიწარევის აგებდნენ მესამე დღეს, ფენის ემულსიით დამუშავების შემდეგ. პირველი გავლა გააკეთეს ღერძულა ზოლზე, მეორე კი-სასაზღვრო ზოლზე ,სადაც ნაკადის სიჩქარე შეადგენდა 3,2მ/წთ; დანარჩენებზე კი- 4,7მ/წთ. დღიური წარმოების მოცულობა შეადგენდა 3,3±1 ათასი მ³ და 4,1±1,3 ათასი მ³. ასფალტ-ბეტონის ნარევი დააგეს მესამე დღეს, რეცინკლირებული ფენის ემულსიით დამუშავების შემდეგ. ამ დროისათვის დრეკადობის მოდული აღემატებოდა 80 მპა-ს.

32-48 კმ მონაკვეთზე ცივი რეცინკლირების, სასაზღვრო ხაზზე, 2,5მ საფარის დაფრევის შემდეგ, ასფალტის გრანულა მოხსნეს ქვედა ფენა დაამუშავეს ბიტუმის ემულსიით. დარჩენილ ზოლებზე საფარი დაფრევის 10სმ სიღრმეზე. დარჩენილ ძველ ფენას, სისქით 5-10სმ, ჰქონდა დაბზარული ბლოკის აგებულება. მასზე ათავსებდნენ ასფალტის გრანულის ნაერთს 10სმ სისქით. აგბ-ს ნაერთი მზადდებოდა ნახევრად სტაციონალურ დანადგარში 1500-2000 ტ. წარმოებით. ასფალტის გრანულას დანადგარში უმატებდნენ: ცემენტს M400-3,2-4,5%; წყალს-5-6%; კათიონის ემულსიას-2,5-

3%. ავტომაგისტრალ „ბელარუსის“ და აგბ-ს თვისებების გამოკვლევების საფუძველზე, გამოგვაქვს შემდეგი დასკვნა. ამგვარად:

1. გზის კონსტრუქციის დრეკადობის მოდული შეადგენს 343 ± 17 და 315 ± 21 მპა, დანარჩენებზე კი 450 ± 30 მპა. მოთხოვნადი მოდული შეადგენდა 315 მპა.

2. ორი მიმდებარე უბნის შედარებისას გამოვლინდა, რომ ასფალტის გრანულას აქვს დრეკადობის მოდული 400 ± 40 მპა, უფრო მაღალი მაჩვენებელი, ვიდრე ფოროვან ასფალტ-ბეტონს 383 ± 12 მპა. გამჭოლი ტემპერატურული ბზარები გაჩნდნენ ასფალტბეტონზე პირველი ზამთრის შემდეგ. თებერვალ-მარტში 1999წ. უბანზე (17-31კმ). საშუალო მანძილი ბზარებს შორის შეადგენდა 30-60მ, (32-38კმ) უბანზე - 50-90მ. მეორე უბანზე აღინიშნება ბზარების ნაკლები რაოდენობა, რაც აიხსნება იმით, რომ საფუძვლად იყო ცემენტ-ბეტონი, მანძილი ბზარებს შორის იყო 12მ.

3. ბზარების რაოდენობა უბანზე რომლებიც მოაწყვეს ცივი რეცინკლირებისმეთოდით, გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე იმ ნაკვეთებზე, რომლებიც გააძლიერეს ტრადიციონალური ტექნოლოგიით

4. აგბ-ს აქვს საკმარისად მაღალი სიმტკიცე.

5. აგბ-ფენაზე ცემენტისა და კომპლექსური შემკვრელის გამოყენებით, შემოდგომის წვიმიანი პერიოდის დადგომამდე, აუცილებელია დაცავი ფენის დაგება აგბ-სგან.

საბოლოოდ, ასფალტის გრანულით ბეტონის თვისებების გამოსავლენად საჭირო არის უფრო ხანგრძლივი დაკვირვებები. ამასთან, სამომავლო გამოცდილება მოწმობს ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის გამოყენების უპირატესობას ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტისათვის.

1.4. ასფალტგრანულობეტონის გამოკვლევა

დღევანდელ დღეს არსებობს ა.გ.ბ–ს თვისებებზე ჩატარებული მრავალი კვლევის შედეგი, მაგრამ მიუხედავად ამისა რთულია ამ ინფორმაციის გამოყენება ცდების განსხვავებული მეთოდების გამო. 1.1 ცხრილში მოცემულია ცივი მეთოდით სხვადასხვა ტიპის შემკვრელით გამყარებული, დაქუცმაცებული ქვის მასალისგან დამზადებული ნიმუშების ცდების შედეგები.

აგბ-ს თვისებები სხვადასხვა სახის შემკვრელებზე

ცხრილი 1.1

მაჩვენებელი	შემკვრელის სახეობა და შემადგენლობა				
	ცემენტი 3%	ბიტუმის ემულსია 3,5%	ბიტუმის ემულსია3,5%+ ცემენტი2%	ქაფ- ბიტუმი 3,5%	ქაფ- ბიტუმი 3,5%+ცემ ენტი1%
სიმტკიცე შეკუმშაზე მპა	3	-	-	-	-
სიმტკიცე რღვევაზე, მპა მშრალი ნიმუშის	0,25	0,20	0,50	0,25	0,50
წყლით გაჯერებული ნიმუშის	-	0,08	0,25	0,10	0,30
სტაბილურობა მარშალის მიხედვით, კნ მშრალი ნიმუშების	-	10	20	20	20
წყლით გაჯერებული ნიმუშების	-	4	18	10	15
დრეკადობის მოდული,მპა	5,0	1,5	3,5	2,5	3,5

ნიმუშები ცილინდრებში გამყარებული იყო 75 დარტყმით (მარშალის მიხედვით), გაჩერებული იყო ფორმებში ოთახის

ტემპერატურაზე დღე-ღამის განმავლობაში, 60C⁰ ტემპერატურაზე ფორმის გარეშე სამი დღე-ღამის განმავლობაში და გამოცდილ 25C⁰-ზე.

საუკეთესო შედეგი აქვს ნარევის, რომელიც მიღებულია კომპლექსური შემკვრელის დამატებით. ნარევი ქაფ-ბიტუმსა და ცემენტს გააჩნია უფრო მაღალი მაჩვენებლები, ვიდრე ემულსიასა და ცემენტს. უნდა აღვნიშნოთ, რომ ქაფ-ბიტუმის ნარევის ფასი უფრო ნაკლებია, ვიდრე ემულსიის ნარევის საწარმოო პირობებში ნარევის ხარისხი პირველ შემთხვევაში მნიშვნელოვნად უარესია. გარდა ამისა შედარებულია აქაფებული ბიტუმით და ემულსიით გამყარებული დაქუცმაცებული ქვის მასალის დრეკადობის მოდულები, რომლებმაც დაადასტურეს აქაფებული ბიტუმით ნარევის ბევრად მაღალი საანგარიშო პარამეტრები.

1.2 ცხრილში ნაჩვენებია აგბ- ს თვისებები და შემადგენლობა, რომელიც მიღებულია ა.გ.ბ-ს ბიტუმის ემულსიით დამუშავებით.

აგბ-ს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

ცხრილი1.2

შემადგენლობა და მაჩვენებელი	ბიტუმის შემცველობა აგბ-ში, %		მოთხოვნილი მნიშვნელობა
	4,8	6	
60%-იანი ემულსიის ოპტიმალური შემადგენლობა, %	2,0	2,7	
წყლის შემადგენლობა შერევისას, %	6,5	7,0	-
წყლის ოპტიმალური რაოდენობა შემკვრივებაზე, %	4,5	4,8	-
საშუალო სიმკვრივე, გ/სმ ³	2,13	2,14	-
დარჩენილი ფორიანობა, %	9,0	7,7	3-18
მშრალი ნიმუშების სტაბილურობა მარშალის მიხედვით, კნ	11,5	11,2	>2,2
ასევე წყლით გაჯერებული ნიმუშების, კნ	6,5	6,7	-
სტაბილურობის	43,5	41,7	<50

დანაკარგი,%			
მდგომარეობა მარშალის მიხედვით, სმ	0,44	0,38	0,20-0,46

ნარევის შემადგენლობა შერჩეულია მარშალის მეთოდის მიხედვით. მიუხედავად ბიტუმის სხვადასხვა შემადგენლობისა აგ-ში, აგბ-ს ცდების შედეგები აღმოჩნდა მსგავსი. ეს მოწმობს, რომ ა.გ.ბ-ს თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს ახალი ბიტუმის შემცველობა. ა.გ.ბ-ს წყალმდეგობა უფრო მაღალი აღმოჩნდა, ვიდრე ემულსიურ-მინერალური ნარევისა, რაც დაკავშირებულია გადაუმუშავებელი მინერალური მასალის მაგივრად ა.გ-ს გამოყენებასთან.

გზის საფარის რეცინკლირების შედეგად საფრანგეთში „ნოვაკოლ“-ის მეთოდით ნარევი ასფალტის გრანულატი შეადგენდა 55%. ასფალტის გრანულატში 2,9% იყო ძველი ბიტუმი $\rho_{25}=40 \cdot 10^{-1}$ მმ და $t_{\text{რ}}=53,5^{\circ}\text{C}$, ნარევს ამკვრივებდნენ 60%-იანი ბიტუმის ემულსიით. ნიმუშები, რომლებიც იყო დამზადებული დურიეს მეთოდით, ჰქონდათ შემდეგი თვისებები:

- ნარჩენი ფორიანობა 9%;
- სიმტკიცე კუმშვაზე 18°C და დეფორმაციის სიჩქარეები 60მმ/წთ. 6,6 მპა;
- წყალმდეგობის კოეფიციენტი 0,64
- საშუალო სიმკვრივე 2,15 გ/სმ³
- დრეკადობის მოდული (ნიმუშების 14 საათით გაჩერებისას 60°C).
- გზაზე სამუშაოების ჩატარებიდან სამი თვის შემდეგ (საცვეთი ფენის დაგებამდე) კერნთა საშუალო სიმტკიცემ დაშლაზე შეადგინა 18°C -ზე 0,56 მპა. აგბ-ს ერთგვაროვნებაც აღმოჩნდა საკმაოდ მაღალი. აგბ-ს ვარიაციის კოეფიციენტმა საშუალო სიმკვრივით და ნარევი ბიტუმის მოცულობით 248 კერნისათვის შეადგინა შესაბამისად 2 და 9-11 %.

გერმანიაში გამოიკვლიეს ა.გ.ბ-ს თვისებები, რომელიც შედგება ა.გ-გან შემავსებლის გარეშე. ა.გ-ს კომპლექსური შემკვრელით (ც+ბ=4%-ს) გამყარებით სხვადასხვა დამოკიდებულებით ა.გ.ბ-ს სიმტკიცე იზრდება.

აგბ-ს სიმტკიცის მაჩვენებლები

ცხრილი 1.3.

შემადგენლობა და მაჩვენებელი	მაჩვენებლის სიდიდე ც/ბ-ს დროს				
	80/20	70/30	60/40	50/50	40/60
ცემენტის შემადგენლობა,%	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6
ბიტუმის შემადგენლობა,%	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
ემულსიის შემადგენლობა,%	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8
წყლის საერთო შემადგენლობა.%	6,1	5,5	5,0	4,9	5,2
სიმტკიცე 7დღე-ღამის ასაკში,გ/სმ ³	2,27	2,27	2,22	2,18	2,17
სტაბილურობა (7 დღე-ღამე)	16,0	12,0	7,4	5,0	3,3
სტაბილურობა (28 დღე-ღამე)	22,0	17,0	12,0	7,2	5,0
თხევადი მდგომარეობა(7 დღე-ღამე), სმ	0,22	0,20	0,17	0,18	0,24
თხევადი მდგომარეობა(28 დღე-ღამე), სმ	0,26	0,24	0,19	0,20	0,16
სიმტკიცე კუმშვაზე	2,2	1,5	1,2	1,1	0,8

უმეტესად მისაღებია ის ნარევები, რომლებსაც აქვთ თანაფარდობა ც/ბ 60/40-დან 50/50 მდე, რამდენადაც არსებობს საშიშროება მეტად წვრილი ბზარების გაჩენისა. 28 დღის ასაკში სტაბილურობის დამოკიდებულება 7დღის ასაკისადმი შეადგინა $1,5 \pm 0,1 (v=7\%)$, რაც საშუალებას გვაძლევს ადრეულ ასაკში აგბ-ს სიმტკიცეზე გამოცდისა. სიმტკიცის მაჩვენებლები შეგვიძლია ვარაუდობით როგორც შემკვრელის საერთო შემადგენლობით, ასევე ც/ბ-ს თანაფარდობით.

ა.გ.ბ.-ს ექსპერიმენტული შემოწმებისას, რომელიც დამზადებული იყო ფლექსოსიმ-ის მეთოდის გამოყენებით, შეიცავდა 4,4 -

5,2% ბიტუმს და 8-10% 0,08მმ-იან \leq გრანულს. ის შემკვრივებული იყო 3%-60% ბიტუმის ემულსიით, მოდიფიცირებული პოლიმერით და 2% ცემენტით. ნარევი წყლის შემცველობა შეადგენდა 6%-ს. ნიმუშებს 7 დღე-ღამის შემდეგ ჰქონდათ სიმტკიცე 0,203 მპა, შეკუმშვისას-3,9 მპა. 28 დღე-ღამის შემდეგ ეს მაჩვენებლები გაიზარდა 0,236 მდე და 4,7 მპა. 60 დღის შემდეგ გაიზარდა 0,25მპა და 6მპა-მდე. დრეკადობის მოდულმა შეადგინა 33, 60 და 90 დღე-ღამის მერე 18°C-ზე შეადგინა 2200, 3100 და 3380 მპა.

დატვირთვის ქვეშ დეფორმაციის ხასიათის მიხედვით ა.გ.ბ. და მინერალური მარილი განსხვავდება. მინერალური მარილი, რომელიც გამყარებულია კომპლექსური შემკვრელით ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით გაჭიმვისას და მცირე დეფორმაციით გახლეჩვისას.

ცემენტის ან კომპლექსური შემკვრელების გამოყენებით დამზადებულ ა.გ.ბ-ს დაშლას აქვს მკაფიოდ გამოხატული ბლანტი თავისებურება.

ჩატარდა კვლევები აგბ-ს თვისებებზე ბახრახის ხოლმძღვანელობით. აგბ-ს ნიმუშების კვლევებისას, შესწავლილი იყო ასფალტის გრანულის ზემოქმედება აგბ-ს ფიზიკა-მექანიკურ თვისებებზე, რომლებიც არ შეიცავენ დანამატებს. ცხრილში 1.4. მოყვანილია აგბ-ს თვისებები, რომლებიც შეიცავენ სხვადასხვა წარმოშობის ასფალტის გრანულას. ცდა ჩატარეს ნიმუშებზე $d=h=71,4$ მმ, 7მპა წნევის პრესის დროს.

სხვადასხვა აგ-ს შემცველი აგბ-ს თვისებები

ცხრილი 1.4.

ასფალტ-ბეტონის სახეობა აგ-ში	მაჩვენებლის მნიშვნელობა						
	ρ გრ/სმ ³	II, %	W, %	H, %	R, მპა	R, მპა	K
№1 ქვიშის	2,02	10,3	16,0	0	1,62	0,97	0,64
№2 წვრილმარცვლიანი	2,09	11,5	13,3	0	1,05	0,45	0,78
№3 წვრილმარცვლიანი, 5წელი იყო	2,04	15,2	16,3	1	2,20	0,55	0,68

შენიშვნა							
№4 წვრილმარცვლიანი, ახალი	2,08	10,5	-	-	1,10	-	-

აგბ, რომელიც შეიცავს №3 ა.გ-ს, ხასიათდება უფრო მაღალი სიმტკიცით 20°C, რაც აიხსნება ბიტუმის აფსკების დაძველებით, რომლებიც მდებარეობენ გრანულის ზედაპირზე. აგბ, თავიანთი მაჩვენებლებით პასუხობს გოსტ9128-97-ის მოთხოვნებს, რომლებიც წარდგენილია მეორე მარკის ასფალტ-ბეტონისათვის (წყლით გაჯარების გარდა).

1995-96 წლებში გამოიკვლიეს აგბ სხვადასხვა შემკვრელით. შემკვრელად გამოიყენეს M400 ცემენტი და კათიონური ემულსია. შემკვრელის შერევამდე, ასფალტის გრანულაში დასასველებლად დაამატეს წლის 1%.გამოკვლევამდე, ცემენტის შემცველი ნიმუშები ინახებოდა 10 დღე-ღამე ნოტიო შენახვის კამერაში და 4 დღე-ღამე ოთახის პირობებში. ცდის შედეგები მოცემულია ცხრილი 1.5.

მაჩვენებლები, რომლებიც ახასიათებენ აგბ-ს სტრუქტურას

ცხრილი 1.5.

ნარევი#	დანამატის შემადგენლობა, % აგ-ს მასისაგან			მაჩვენებელი			
	ცემენტი	ემულსია	წყალი	V _m , %	K _g , %	პ ₀ ,%	R ₂₀ ,მპა
აბ	-	-	-	9,3	-	10,5	1,1
აბ-1	3	-	0,9	9,4	-1	7,5	1,4
აბ-2	3	-	1,5	9,3	0	7,0	1,7
აბ-3	3	3	1,0	9,1	+2	4,6	1,5
აბ-4	5	3	1,0	12,0	-29	5,7	1,4
აბ-5	3	2	1,0	8,3	+11	3,6	1,6
აკ	-	-	-	9,8	-	13,7	1,0
აკ-1	5	2	1,0	10,9	-11	7,4	2,4

V_m-გრანულებს შორის სივრცე; K_g-გრანულის კოეფიციენტი; პ₀,%-ნარჩენი ფორიანობა.

ეს შედეგი მოწმობს:

- ასფალტის გრანულაში, არც თუ ისე დიდი რაოდენობის ცემენტის და წყლის დამატება, არ იწვევს გრანულების დაშორიშორებას. ცემენტის შემცველობის გაზრდა 5%-მდე 2-3% ემულსიასთან ერთად იწვევს გრანულის დაშორიშორებას.

-აბ-5 ნარევის აქვს უფრო მაღალი სიმტკიცე, ვიდრე დიდი რაოდენობით ცემენტის შემცველ აბ-4 ნარევის.

ყველაზე მაღალი სიმტკიცე აჩვენა ა.გ. პირველმა ნარევმა მიუხედავად გრანულების დაშორიშორებისა. ცემენტის შემცველი ასფალტოგრანულობეტონის სიმტკიცეზე მოქმედებს დამატებული წყლის რაოდენობა, სიმტკიცის გასაზრდელად წყლის ფარდობა ცემენტთან უნდა იყოს არანაკლებ 0,5–ს.

- V_m -ს გრანულებს შორის მანძილის გაზრდისას აგბ-ს კუმშვისას სიმტკიცე ეცემა. კ ტიპის აგბ-ს სიმტკიცე ნაკლებად დამოკიდებულია V_m -ს მაჩვენებელზე, შესაბამისად სიმკვრივის ხარისხზეა.

ჰიპოთეზის შესამოწმებლად, რომ ნარევის შემადგენლობაში ცემენტის ზომიერად შემცველობის დროს, ცემენტის ქვა აგბ-ში წარმოქმნის არა კრისტალიზირებულა მატრიცას, არამედ ხელოვნურ შემავსებელს, რომელიც შეიცავს აგ-ს წვრილ მარცვლებს, ერთი და იგივე ნიმუშები გამოსცადეს შეკუმშვაზე რამოდენიმეჯერ. დეფორმირების შემდეგ ახალი კოაგულაციური კავშირების წარმოქმნის შესაძლებლობას აფასებდნენ სიმტკიცის აღმდგენი კოეფიციენტებით, %; $K^+ = 100 R_{20}'/R_{20}$, $K^- = 100 R_{20}''/R_{20}$, სადაც ინდექსები „შტრიხი“ და „ორი შტრიხი“ ნიშნავს მეორეს (14 დღე-ღამის შემდეგ) და მესამე (კიდევ 35 დღე-ღამის შემდეგ) გამოკვლევა შესაფერისია.

შემკვრელის გარეშე, აგბ-ს ტიპის ნარევი აღადგენს პირველად სიმყარეს 65-76%. პირველი ცდის შემდეგ მაღალი აღდგენის უნარი აქვს ცემენტის შემცველ აგბ-ნარევის. პირველი ცდის დროს ხდება კოაგულაციური კავშირის დაშლა გრანულებს შორის, ხელოვნური შემვსები არ განიცდის დაშლას. მეორე ცდამდე ის აგრძელებს სიმტკიცის ზრდას,

დანაკრგის კომპენსირებას ახდენს კოაგულაციური კავშირის დაშლის ხარჯზე.

შედარებით მაღალი ალდგენის უნარი აქვს კ-ს ტიპის აგზ ნარევს (კომპლექსურ შემკვრელზე). მესამე ცდის შემდეგ $K_{\text{წ}}=82-95\%$. პირველი ცდის შემდეგ არცერთ ნიმუშზე არ შეინიშნებოდა ბზარი, ქმნიდნენ სუსტ ბოჭკოსებრ ფორმას. ნიმუშებზე განმეორებით ცდის ჩატარებისას, რომლებიც 5 % ცემენტს შეიცავდნენ, გაჩნდა ვერტიკალური ბზარები, რაც ადასტურებს აგზ ნარევში ცემენტის მატრიცის წარმოქმნას.

მიზანშეწონილია ორი შემკვრელი მასალის ერთობლივი გამოყენება - ცემენტისა და ბიტუმის ემულსიის. ბიტუმ-მინერალურ ნარევში ცემენტის შერევის ზემოქმედება მასალის სიმტკიცეზე, შეიძლება განვიხილოთ ორი ერთდროულად მიმდინარე პროცესების შედეგი: მინერალური მარცვლების ზედაპირის აქტივაცია და უხეში კავშირების წარმოქმნის პროცესი, ცემენტის ჰიდრატაციის შედეგად. გამოიკვლიეს ცემენტის ასფალტ-ბეტონიანი ნარევები, რომლებშიც იცვლებოდა ბიტუმისა და ემულსიის შემცველობა. მინერალური ნაწილი შედგებოდა ქვიშისა და მინერალური ფხვნილისაგან. ნარევების შერჩევა ხდებოდა მეთოდის მემშვეობით, რომელიც შემუშავებული იყო ასფალტ-ბეტონისათვის. ცდის შედეგები ზოგიერთი ნარევისთვის მოცემულია ცხრილში 1.6.

აგზ- ს თვისებები კომპლექსურ შემკვრელზე

ცხრილი 1.6.

მაჩვენებელი	ნარევთა შემადგენლობა, %		
	პ-80 მპ-12 ც-8 ბე-6	პ-80 მპ-14 ც-6 ბე-6	პ-80 მპ-20 ბე-6
საშუალო სიმკვრივე, ტ/მ ³	2,25	2,27	2,24
წყლით გაჯერებული, %	7,5	7,4	7,9
გაბერვა, %	0,4	0,4	0,2
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, მპა			
T=20°C	5,38	3,89	3,70
T=20°C წყლით გაჯერების შემდეგ	5,22	4,40	2,11
	2,44	1,92	0,87

T=50°C			
წყალმედევობის კოეფიციენტი	0,97	0,88	0,57
ხანგრძლივი წყალმედევობის კოეფიციენტი (30დღე-ღამე)	0,88	0,98	0,26
ყინვამედევობის კოეფიციენტი 50 გაყინვის ციკლის შემდეგ -გაღვობა	0,70	0,52	ნაწილობრივი დაშლის ნიმუშები
დრეკადობის მოდული, მპა 38 დღე-ღამის ასაკში	2000	1600	900

ცემენტოასფალტ-ბეტონს აქვს ბევრად უფრო მაღალი მაჩვენებლები: სიმტკიცის დრეკადობის მოდულის წყალმედევობის და ყინვამედევობის ვიდრე ემულსიის შემცველ ბიტუმინურ მასალას.

მშენებლობის პროცესში შეარჩიეს 68კერნი 28 დღე-ღამის ასაკში ზოლის გაფართოებით (h=20სმ) და შეგნითა ზოლების მოძრაობის (h=10სმ). აგბ-ს სიმკვრივე შეადგენდა $\rho_m=2,16$ გ/სმ³ ვარიაციის კოეფიციენტით V= 3%, სიმტკიცე განხეთქისას 5°C $R_p=0,91$ მპა(V=29%).

9 თვის შემდეგ ზედა ფენა დაგებულ მონაკვეთზე კერნთა სიმტკიცე გაიზარდა 70%-ით, ხოლო უბანზე ზედა ფენის გარეშე- მხოლოდ 25%. შესაბამისად, დესტრუქციული პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია გაყინვისა და გაღვობის ბუნებრივ ციკლებთან, შეამცირეს აგბ-ს სიმტკიცის ზრდის ინტენსივობა.

ნიველტის ლაბორატორიაში ჩაატარეს ყინვამედევობის შეფასება მეთოდით ZTVTstb (გერმანია). ნიმუშის სიმაღლის ნამატმა 12 გაყინვა-გაღვობამ 17,5°C-ზე შეადგინა 0,01-0,07 %, რაც პასუხობდა გერმანული სტანდარტის მოთხოვნებს.

შესადარებლად გამოიყენეს ფოროვანი ასფალტ-ბეტონის კერნები 5°C. აღმოჩნდა, რომ R=1,5 მპა, და აღემატება R აგბ-სთვის 1,67-ჯერ. სიმტკიცის ვარიაციების კოეფიციენტთა შედარებისას დაშლისას დროს აგბ-სა და ფორიანი ასფალტ-ბეტონისთვის აჩვენა, რომ აგბ ერთგვაროვნებით არ

ჩამოუვარდება ფოროვან ასფალტ-ბეტონს. დრეკადობის მოდულები, რომლებიც განსაზღვრულია გახლეჩვაზე ცდებისას, აღმოაჩნდათ შესადარებელი მასალების მსგავსი მნიშვნელობები.

1.5. შედეგი, მიზანი და ამოცანა

საზღვარგარეთის კვლევის შედეგად აგბ-ს თვისებების შესწავლისას შეგვიძლია გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნა:

1. საუკეთესო შედეგებს, კომპლექსური თვისებების მიხედვით აჩვენებენ სხვადასხვა ტიპის აგბ-ს შემკვრივებულ კომპლექსური შემკვრელით. (კათიონური ბიტუმური ემულსია ცემენტით ან ქაფბიტუმი ცემენტთან ერთად).

აგბ-ში განასხვავებენ ორი ტიპის მიკროსტრუქტურულ კავშირს: კოაგულაციურს, რომელიც იქმნება ბიტუმის აფსკით და კრისტალიზირებული, წარმოქმნილი ცემენტის ქვისაგან. ელასტიური და ხისტი კავშირის არსებობა აგბ-ის ტიპს სძენს სპეციფიკურ თვისებებს. მსგავსი მასალისთვის დამახასიათებელია მცირედი დამოკიდებულება ტემპერატურის მიმართ, მომატებული სიმტკიცე და დეფორმაციისადმი მდგრადობა მაღალი ტემპერატურის დროს.

2. რაც უფრო მაღალია ასფალტის გრანულის შემცველობა ასფალტოგრანულობეტონში, მით მაღალია წყალმდეგობა და დრეკადობის მოდული.

3. შედარებით მისაღებია მასის თანაფარდობა ა.გ.ბ-ში ბიტუმსა და ცემენტის შემადგენლობას შორის. ა.გ.ბ-ში წ/ც თანაფარდობა არ უნდა იყოს 0,5-ზე ნაკლები.

4. აგბ-ს მექანიკურ თვისებებზე ეფექტურ გავლენას ახდენს ცემენტი, იმ შემთხვევაში თუ შემკვრელის (ცემენტის ქვა) ან შემკვრელების (ცემენტის ქვა და ბიტუმი) მოცულობითი წილი არ აღემატება ა.გ.ბ-ში

გრანულებს შორის სიცარიელის მაჩვენებელზე და მათი შემცირებისას იზრდება.

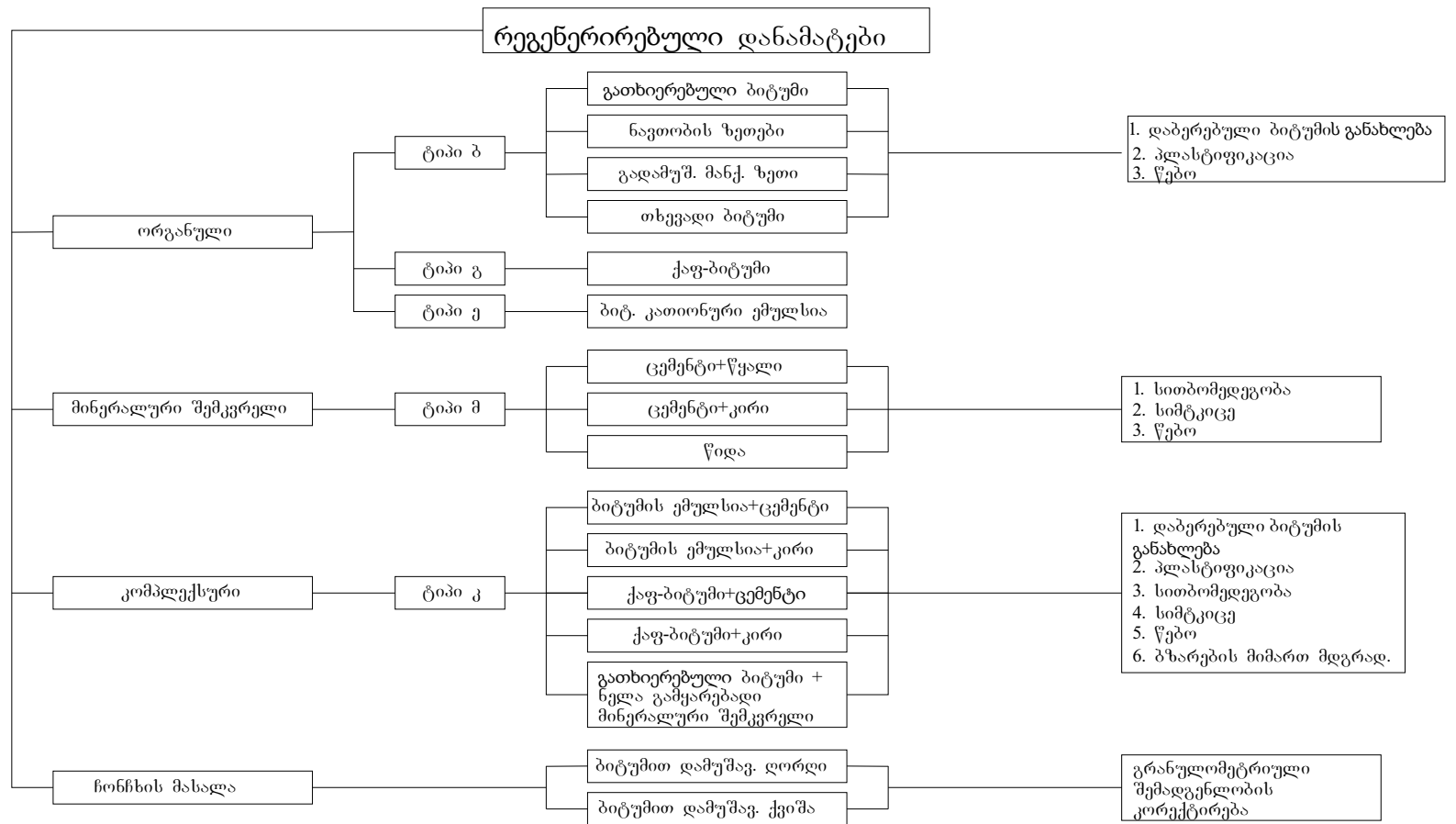
5. აგბ-ს სიმტკიცე ოცდარვა დღე-ღამის შემდეგ 1,5-ჯერ მაღალია, ვიდრე 7დღის ასაკში; რაც საშუალებას გვაძლევს, ადრეულ ასაკში ვიმსჯელოთ საპროექტო სიმტკიცეზე.

6. ლაბორატორიული ნიმუშების კუმშვაზე ხელმეორედ გამოცდამ საშვალეა მოგვცა ვიმსჯელოთ მარილის მექანიკური თვისებების აღდგენაზე. აგბ, რომელიც შეიცავს 4% ცემენტს, მესამე ცდის შედეგადაც 80%-მდე აღდგება. მხოლოდ 20-25% აღდგენილი სიმტკიცის, შეიძლება მივაკუთვნოთ ხელოვნური შემცვლების შემკვრივებას, ცემენტის ქვის სახით.

7. აგბ-ს სიმტკიცის ზრდა საფარში გრძელდება დიდი ხანის განმავლობაში.

8. აგბ-ღირსებად(რომელიც დამზადებულია ორგანულ შემკვრელებზე) მიჩნეულია შესაძლო „მორჩენა“ დაღლილი მიკრობზარებისა ზაფხულის პერიოდში. ახალი ბიტუმის ნაკლები სიბლანტის ხარჯზე ბიტუმი ავსებს გრანულებს შორის არსებულ სიცარიელეს. აგრეთვე უპირატესობას წარმოადგენს, სატრანსპორტო მოძრაობის გახსნის შესაძლებლობა, რეცინკლირებულ ფენაზე, მისი დატკეპნისთანავე. ნაკლს წარმოადგენს-არასაკმარისი სიმტკიცე.

საავტომობილო გზების ასფალტობეტონის საფარების აღდგენის მინერალური და ორგანული დანამატების შერევის გამოცდილების გამოყენებით შევქმენით სტრუქტურული სქემა სადაც ზემოთ აღნიშნული დანამატები გამოყენებულია ასფალტობეტონის გზების ცივი რეცინკლირების მეთოდით აღდგენისას. ცხრილი 1.7.



ცხრილი. 1.7 ცივი რეცინკლირების დროს ძველ ასფალტბეტონზე დანამატების სტრუქტურული სქემა

ასფალტ-ბეტონის საფარის რეცინკლირების მეთოდის კვლევის ანალიზი გვაძლევს საშვალელებს ჩამოვყალიბოთ მოქმედი ჰიპოთეზა:

იმის გათვალისწინებით, რომ აგბ-ს ფიზიკა-მექანიკური თვისებები, ბლანტი ბიტუმის გამოყენებით მაღალია, ასეთი ნარევის ხარისხიანი არევა გზებზე არის პრობლემატური. დადებითი ეფექტი მიღებული იქნება ამ ბიტუმების ორგანული გამხსნელებით გათხიერებით.

ნელა გამკვრივებადი მინერალური შემკვრელები აგბ-ში, ცემენტის ნაცვალად, გამოიწვევს მათი სიმტკიცისა და თბოგამძლეობის ამაღლებას ისე, რომ არ მოიმატებს მსხვრევადობის და ბზარწარმოქმნის მაჩვენებელი.

ზემოთ თქმულის საფუძველზე სადისერტაციო ნაშრომის ძირითად მიზნებს წარმოადგენს:

- ამ კუთხით სამეცნიერო განვითარება;
- საავტომობილო გზების ასფალტბეტონის საფარის რემონტის ცივი რეცინკლირების მეთოდის პრაქტიკული შედეგი, ნელა შემკვრივებადი მინერალური შემკვრელების და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენების პირობებში.

მიზნის მისაღწევად სადისერტაციო ნაშრომში დღის წესრიგში დგას და გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

- განაალიზებულია პრობლემა, რომელიც დაკავშირებულია ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტის ტექნოლოგიასთან ცივი რეცინკლირების მეთოდით;
- თეორიულად დასაბუთებულია რემონტის ეფექტურობა. ასფალტ-ბეტონის საფარის ცივი რეცინკლირების მეთოდი ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელებისა და ბიტუმის გამოყენებით.
- გამოვიკვლიეთ აგბ-ს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ტექნოლოგიური პროცესის პარამეტრების დაყენებით;

- მიღებული შედეგები გამოვცადეთ რეალურ პირობებში მცხეთა-სტეფანწმინდა-ლარსის საავტომობილო გზის კმ-103-კმ-135 გზის რეაბილიტაციისას;
- შევასრულეთ შეთავაზებული გადაწყვეტილებების ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება;

თავი II

2. ასფალტბეტონიანი საფარის რემონტის ტექნოლოგიის ეფექტურობის თეორიული დასაბუთება

2.1. კონგლომერატში სტრუქტურის წარმოქმნის თავისებურებანი, შექმნილი ასფალტ-ბეტონის ცივი რეგენერაციის საფუძველზე, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელებისა და ბლანტი ბიტუმის საშუალებით

ასფალტ-ბეტონის საფარის აღდგენის ცივი რეცინკირების მეთოდით ტექნოლოგიების ეფექტურობის თეორიულად დასაბუთებისათვის, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის საფუძველზე კომპლექსური შემკვრელისა და თხევადი ბიტუმის გამოყენებით. გამოყენებულია სამეცნიერო დებულებები, რომლებიც ჩამოყალიბებულია მეცნიერების ფუნდამენტალურ ნაშრომებში, რომლებიც იკვლევდნენ სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესებს ხელოვნურ კონგლომერატებში.

გამოყენებული შემკვრელის კომპლექსური ხასიათის გათვალისწინებით, შევისწავლეთ სხვადასხვა ნაშრომები რო მლებშიც შესწავლილია მინერალური შემკვრელით გამყარებულ მასალები. ასევე თანამედროვე შეხედულებები ორგანული და კომპლექსური შემკვრელების მქონე სტრუქტურის წარმოქმნის მექანიზმებზე.

ბიტუმინერალურ ფენების ფრეზირებისას ასფალტის გრანულატში ხვდება სხვადასხვა შემადგენლობის ნივთიერებები, რომლებთანაც გააჩნიათ ბიტუმის დაბერების სხვადასხვა ხარისხი. ასფალტ-გრანულატი შეიცავს 40 მმ ზომის მარცვალებს. ასფალტის გრანულატი აგრეთვე შეიძლება შეიცავდეს კირს.

გრანულომეტრიის შესწავლამ აჩვენა, რომ სხვადასხვა წარმოშობის აგ ძირითადად შეესაბამება გოსტ-9128-97-ის მოთხოვნებს. საფარის ქვედა

ფენებსა და საფუძველში გამოყენებად ფოროვანი და მაღალფოროვანი მარცვლოვანი ნარევის გოსტ-9128-97-ის მოთხოვნებს.

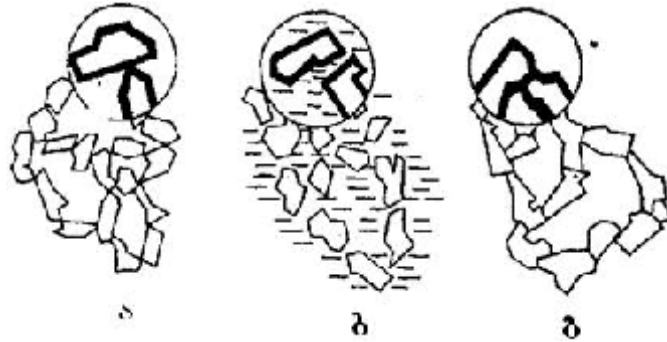
აგბ შეიძლება განვიხილოთ, როგორც კომპოზიციური მასალა, რომელშიც შევსებად წარმოდგენილია ასფალტის გრანულის ნაწილაკებით, დისპერსიული მატრიცა შემკვრელი ნივთიერებებით მინერალური, ორგანული ან კომბინირებული. მაგავსი მასალების მნიშვნელოვან თავისებურებას წარმოადგენს მათი თვისებების დამოკიდებულება სტრუქტურაზე, რომელსაც განსაზღვრავს ასფალტის გრანულის ხარისხი და რაოდენობა.

კომპოზიციური, დისპერსიული მასალისთვის დამახასიათებელია ძლიერ განვითარებული ფაზათაშორისი ზედაპირი და მაღალი კონცენტრაცია დისპერსიული ფაზის თხევად დისპერსიულ გარემოში. ამ ბოლოს მიყვავართ სივრცობრივი სტრუქტურის ფორმირებისკენ, რომლის თვისებები მნიშვნელოვნად ვითარდება ფაზათაშორისი საზღვრების ზედაპირულ მოვლენების დროს.

კონტაქტების პირველი ტიპი წერტილოვანი (ატომური) წარმოიქმნება უშუალოდ მშრალი კონტაქტებით ნაწილაკებს შორის.

აღნიშნული შესაძლოა მოხდეს, როდესაც ხდება არასრული შემოკვრა მინერალური შემკვრელისა ან ასფალტბეტონის გრანულების ნარევი დამატებით შერევისას.

მეორე ტიპი--კოაგულაციური. წარმოიქმნება მყარი ფაზის ნაწილაკებს შორის. მსგავსი კონტაქტის სიმტკიცე არც თუ ისე დიდია. მისი განსაზღვრა ხდება მოლეკულური შეჭიდულობით. ამგვარი სტრუქტურა დამახასიათებელია ცემენტის ცომისათვის, ბიტუმისათვის, ასევე ბიტუმის შემცველი კომპოზიციური მასალებისათვის(აგბ, ასფალტ-ბეტონი)



ნახაზი. 2.1 მყარი დისპერსიული ფაზის ნაწილაკებს შორის ძირითადი კონტაქტები. ა) - ატომური; ბ) - კოაგულიაციური; გ) - ფაზური

მესამე ტიპი-გამძლე ფაზიანი. დამახასიათებელია კონდენსაციური და კონდენსაციურ-კრისტალიზაციური სტრუქტურებისათვის. აღნიშნული ტიპი წარმოიქმნება ქიმიური გარდაქმნისას მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციული გამკვრივების და თხევადი შემკვრელის პოლიმერიზაციის დასრულებისას შევსებულ პოლიმერებში. დაშლის შედეგად აღდგენა შეუძლებელია. აგბ-ში ფაზათა კონტაქტები შესაძლებელია ცემენტის გამოყენებისას შემკვრელი მასალის სახით. მსგავსი სტრუქტურა დამახასიათებელია ცემენტ-ბეტონისათვის და ცემენტოგრუნტისთვის.

კვლევის შედეგად, შეიქმნა მასალები, რომელთა მთავარ თავისებურებას წარმოადგენს ორი ან მეტი სივრცობრივი სტრუქტურის შერწყმა და ურთიერთშედწევა.

გამოვიკვლიეთ აგბ-ს სტრუქტურის ზემოქმედება ამ მასალის ტექნოლოგიურ, ფიზიკურ-მექანიკურ და საექსპლუატაციო თვისებებზე. დადგინდა სხვადასხვა ტიპის სტრუქტურის უპირატესობანი და ნაკლოვანებები.

1. აგბ-ს (შემკვრელის გარეშე) ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები განისაზღვრება ასფალტის გრანულის სტრუქტურა-მექანიკური თვისებებით. აგბ-ს მსგავსი ტიპის უპირატესობას წარმოადგენს, სატრანსპორტო საშუალებათა მოძრაობის გახსნა რეცინკლირებული ფენის

დატკეპნისთანავე იგი ხასიათდება მაღალი ფორიანობით (8-14%) და დაბალი სიმტკიცით.

2. აგბ-ს ტიპისთვის (შემკვრელი ბიტუმი) დამახასიათებელია არც თუ ისე მაღალი სიმტკიცე და მისი დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. როგორც პირველ შემთხვევაში, ტრანსპორტის მოძრაობის გახსნა შესაძლებელია აგბ-ს ფენის დატკეპნისთანავე.

3. აგბ-ში, სადაც შემკვრელს წარმოადგენს ცემენტი. მნიშვნელოვანი წვლილი ამ ტიპის აგბ-ში შეაქვთ ხისტ კრისტალიზირებულ კავშირებს, რომლებიც წარმოიქმნება ცემენტის ქვით. თუ ასფალტის გრანულაში, ბიტუმი არ არის ძლიერ დაბერებული, მაშინ აგბ-ს ელასტიურობას შესძენს ასფალტის გრანულის შიგნით მდებარე კოაგულიციური კავშირები. აგბ-ს სიმტკიცის ხარისხი (მატრიცით ცემენტის ნარევისაგან) მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე ორგანული შემკვრელის მქონე აგბ-ს. ამასთან სიმტკიცე იზრდება დროთა განმავლობაში ცემენტის შემცველობის ზრდასთან ერთად. ამ მასალის ნაკლს წარმოადგენს დაბალი ყინვამედეგობა, მიკრობზარების მორჩენის მექანიზმის არარსებობა. მოძრაობა რეგენირებულ ფენაზე ორი დღე-ღამის განმავლობაში, ფენის შემკვრივებამდე აკრძალული იყო. საჭირო სიმტკიცის მიღების შემდეგ სასურველია საფარის ფენის დაგება.

4. აგბ-ს სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესი (შემკვრელი ცემენტი და ემულსია) ჰგავს ასფალტ-ბეტონის და მსხვილმონატეხიანი სტრუქტურის წარმოქმნას, რომელიც შემკვრივებულია კომპლექსური შემკვრელით. აგბ-ში გრანულებს შორის კონტაქტი ხორციელდება ცემენტის ჰიდრატაციის პროდუქტების მეშვეობით ან ემულგირებული ბიტუმით. აგბ-ს თვისებები დამოკიდებულია კოაგულაციური და კრისტალიზირებული კავშირების ბალანსზე და უჭირავთ შუალედური მდგომარეობა აგბ-ს სხვა ტიპებს შორის. მასალის ნაკლია ის რომ, რეცინკირებულ ფენაზე მოძრაობა უნდა გაიხსნას, მას მერე რაც ფენა მიიღებს მინიმალურ ამტან თვისებებს, მინერალური შემკვრელის

ტიქსოტროპული კოაგულაციური სტრუქტურის არსებობის მოკლე პერიოდი (1,5-2 სთ) ამცირებს ტექნოლოგიურ რღვევას აგბ ნარევის შერევისა და შემკვრივებას შორის.

ამგვარად, აგბ-ს სტრუქტურის ტიპი და თვისებები დამოკიდებულია ძირითადად შემკვრელი მასალის სტრუქტურასა და თვისებებზე. ფიზიკო-ქიმიური მექანიკის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესის მართვისა და კომპოზიციური მასალის ხარისხის გაუმჯობესებისა, რაც უზრუნველყოფს მის საექსპლუატაციო მაღალ ხანგამძლეობას. მთავარი ყურადღება უნდა იყოს მიმართული ეფექტური მატრიცის შესაქმნელად (შემკვრელი მასალა). ეს განპირობებულია როგორც მინერალური, ასევე ორგანული შემკვრელის მასალის არჩევით, სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესის მართვით, შემკვრელ მასალაში ოპტიმალური გამყარების პირობების გზით. მნიშვნელოვანია მაკროსტრუქტურის ფორმირება აგბ-ს ნარევისათვის შერევისა და დატკეპნის განსაზღვრული პარამეტრების შერჩევის გზით.

კომპოზიციურ მასალას, კერძოდ აგბ, რომელიც გამოიყენება გზის საფარის კონსტრუქციული ფენების მოწყობისათვის, უნდა გააჩნდეს მაღალი სიმტკიცე, წყალმდედგობა და ყინულმდედგობა, პლასტიური დეფორმაციის და ბზარების წარმოქმნის საწინააღმდეგო თვისებები. ასეთი მასალა შეგვიძლია მივიღოთ კომპლექსური შემკვრელის საფუძველზე, რომელიც შედგება ნელა გამყარებადი მინერალური და ორგანული შემკვრელებისგან.

აღნიშნული მასალის მაღალი სიმტკიცე და დეფორმაციული თვისებები აიხსნება ნელი გამკვრივების დროს წარმოქმნილი გელისებური კალციუმის ჰიდროსილიკატებით. ორგანული შემკვრელი ზრდის წყალ და ყინულმდედგობას, ავსებს მიკრო ბზარებს, რომლებიც წარმოიქმნება მინერალურ ქვაში.

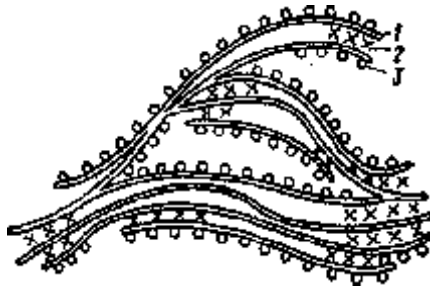
ასფალტის გრანულატისა და კომპლექსური შემკვრელის კომპონენტებთან გაერთიანებისას, მიმდინარეობს ფიზიკურ-ქიმიური

პროცესები, რომლის შედეგს წარმოადგენს აგბ-ს შერეული ტიპის დისპერსიული სტრუქტურა. ამ ტიპის სტრუქტურის თავისებურებანი, განპირობებულია კინეტიკური ჰიდრატაციით. ასევე ორგანული შემკვრელის ურთიერთქმედებით ასფალტგრანულატთან და ჰიდროტაციის პროდუქტი.

თანამედროვე შეხედულებებით, ცემენტის ქვის გამყარების პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად. თავდაპირველად წყალში იხსნება არამყარი კლინკერული მინერალები და ხდება მათი ჰიდრატაცია წყლის სფეროში მომდევნო კრისტალიზაციით გადაჭარბებით გაჯერებული ხსნარის თერმოდინამიურად მყარი ჰიდრატული ახლადწარმონაქმნებისაგან. მსგავსი ახლადწარმონაქმნებისა და ჰიდრატირებული შემკვრელი ნივთიერების პირველადი ნაწილაკებისაგან წარმოიქმნება კოაგულაციური სტრუქტურა. მის საფუძველზე კი ვითარდება კრისტალიზირებული სტრუქტურა. ეს ხდება კვლავ წარმოქმნილი ჰიდრატების ხსნარის გამოკრისტალიზაციის გზით, რომლებიც ერთიანდებიან ერთ მონოლითში და მაგრდებიან გამყარების დროის გარდზით. ჰიდრატაციის რეაქციისა და ცემენტის ჰიდროლიზის შედეგად წარმოიქმნება სხვადასხვა შემადგენლობის ახალი წარმონაქმნები, რომელთა შორის ძირითადს წარმოადგენენ: ჰიდროსილიკატები, ფიდროალუმინატები, ჰიდროალუმოფერიტები, ჰიდროსულფალუმინატები და კალციუმის ჰიდროქსიდი. მოცემული კრისტალჰიდრატები, ჰიდროსილიკატის გამოკლებით, თანდათანობით ერწყმიან ერთანეთს ცემენტის ქვის კრისტალიზირებულ ნაზარდში.მათგან განსხვავებით, კალციუმის ჰიდროსილიკატები განიცდიან კრისტალიზაციას ცალკეული ბრტყელი მეტად წვრილი კრისტალების სახით.ცემენტის ქვის შემქმნელ სტრუქტურას უწოდებენ ცემენტის გელს ან კალციუმის ჰიდროსილიკატის გელს. ცემენტის ქვაში გელი ავსებს კრისტალიზირებული წარმონაქმნის კარკასის შეგნით მდებარე თავისუფალ სივრცეს. ამგვარდ, გამყარებადი ცემენტის ქვა წარმოადგენს მეტად რთულ კრისტალიზირებულ და

კოლოიდურ ჰიდრატულ ახალ წარმონაქმნს, ასევე წყალთან რეაქციის არმქონე კლინკერულ მინერალებს, წყალსა და ჰაერს.

სხვადასხვა ნაშრომებიდან ცნობილია, რომ ნორმალური ტემპერატურის დროს კალციუმის ჰიდროსილიკატები ფორმირდება ფირისებრი სუბმიკროკრისტალების სახით, რომელთა საშუალო სიგრძე ახლოს არის 1 მკმ-სთან, სიფართო და სისქე კი შეადგენს შესაბამისად ($3,6...5,6$) $\cdot 10^{-2}$ და ($2...3$) $\cdot 10^{-3}$. ჰიდროსილიკატის ნაწილაკების მცირე ზომები, ასევე მათი ადსორბციის უნარი თავიანთ ზედაპირზე, სძენენ ჰიდროსილიკატებს კოლოიდის თვისებებს. ჰიდროსილიკატის ნაწილაკებს აქვთ ბოჭკოსებრი იერსახე, რომლებიც ქმნიან ბადეს და შეიცავენ წყლის მნიშვნელოვან რაოდენობას, რომელთანაც ისინი ადსორბცირდებიან დაბალი ტენიანობის დროსაც კი.



ნახაზი 2.2. კალციუმის ჰიდროსილიკატის მოდელი CSH ფელდმანისა და სერედეს მიხედვით; 1-ჰიდროსილიკატის ფენები; 2- ფენათშორისი წყალი; 3- ადსორბციული წყალი.

ამ დროს ხდება ცემენტის ქვის გამყარება. ჰიდროსილიკატები უზრუნველყოფენ მაღალი გამძლეობის მასალას მიღებას. კალციუმის ჰიდროსილიკატები, მათი მყარი გამყარების შემდეგ, არ უთმობენ ადგილს კრისტალოჰიდრატულ ახლად შექმნილ წარმონაქმნებს. კალციუმის ჰიდროსილიკატების თვისებები აღემატება მათ. კალციუმის ჰიდროსილიკატისთვის დამახასიათებელია კავშირები, რომლებიც განსხვავდება უხეში კრისტალიზირებული კავშირებისაგან.

სტრუქტურის გამყარების ფორმირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ადსორბციული წყალი. წყლის მონომოლეკულური ფენები

ჰიდროსილიკატების ზედაპირზე მჭიდროდ არიან დაკავშირებულნი ადსორბციული კავშირებით. ამით ის განსხვავდება თავისუფალი წყლისგან.

ამგვარი კალციუმის ჰიდროსილიკატებისათვის დამახასიათებელია კავშირები, რომლებიც განსხვავდება ხისტი კრისტალიზირებული კავშირებისაგან.. ნაშრომში აღნიშნულია, რომ გამყარების სტრუქტურის ფორმირებაში მთავარი როლი ეკუთვნის ადსორბტირებულ წყაკს: წყალს რომელიც ადსორბტირებულია ან „სტრუქტურიზებულია“ ჰიდროსილიკატური ბოჭკოების ზედაპირთან შეუძლია ითამაშოს მათ შორის შემკვრელის როლი. ამასთან ერთად კავშირის ძალა საკმარისია სტრუქტურის გამყარების სიმტკიცის უზრუნველსაყოფად. მონომოლეკულური წყლის ფენა ჰიდროსილიკატების ზედაპირზე შედარებით მყარად არის დაკავშირებული ადსორბციული ძალებით და თვისებებით განსხვავდება თავისუფალი წყლის თვისებებისგან. ამ თვისებათა რიცხვს მიეკუთვნება გაზრდილი სიმკვრივე, გამხსნელის თვისებების ელექტროგამტარობის არ არსებობა.

ამგვარ სტრუქტურაში, რომელიც შექმნილია ამორფული პროდუქტებით, კრისტალური შემდგენელი პრაქტიკულად არ არსებობს, ამიტომ კრისტალჰიდრატების ხისტი შეზრდა არ ხდება. ჩონჩხის როლს, რომელიც კუმშვის დროს აღიქვამს დატვირთვებს, თამაშობენ კალციუმ-გელისმაგვარი ჰიდროსილიკატები, რომლის შეერთებაც ხდება წყლის თხელი აფსკებით. უდაუაო, რომ წყლის აფსკებით შექმნილი სიხისტე ნაკლები იქნება ვიდრე შეზრდის შედეგად კრისტალიზირებულ-კონტაქტების სიხისტე.

კონდენსაციის დისპერსიული სისტემების გამყარება ხდება მოვლენის შედეგად, რომელიც მიმდინარეობს აგრეგატულ დონეზე. კონდენსაციის მოვლენისათვის ზემოლეკულურ დონეზე აუცილებელია მიღწეულ იქნას „შევიწროვება“ შემკვრელი სისტემის ფორმირების პროცესში. „შევიწროვების პირობები“ - ეს არის ნაწილაკების იმ მანძილზე მიახლოება, რომელზეც უკვე შესაძლებელია ელექტროსტატიკური და

ელექტრომაგნიტური ბუნების ძალების გამოვლენა, რომლებიც უფრო შორსმოქმედები არიან, ვიდრე ვალენტურები, რასაც მთლიანობაში მივყარათ გამყარების სტრუქტურის წარმოქმნათან.

ადსორბციულად დაკავშირებული წყალი განლაგდება ჰიდრატული ახლად წარმონაქმნის ზედაპირზე მოლუკულური ფენების სახით, რომლების ერთმანეთის მიმართ არიან ორიენტირებულნი საწინააღმდეგოდ დატენილი პოლუსებით. რის შედეგად ხდება მათი მიზიდვა და ფიდროსილიკატის ფენათა დაახლოვება, ანუ დგება „ვიწრო“ პირობები, როდესაც ვალენტური ძალების ზემოქმედებით ხდება წყლის ქიმიური დაკავშირება.

წყლის ქიმიური და ადსორბციული შეკავშირებას მივყავართ პოლარიზებული წყლის სფეროების შერწყმასთან. შემჭიდროვებისა და წყლის აფსკების გადაკეტვის შედეგად, ნაწილაკთა კონტაქტების ადგილებში იქმნება პირობები მათი ურთიერთქმედების აგრეგატულ დონეზე. ამ მომენტისათვის შეინიშნება დიელექტრიკული გამტარიანობის დაცემა და იწყება ორიენტაციულ ძალათა გამოვლენა, რომელიც წარმოიქმნა სითხის ფენათა პოლარიზაციის და ახალი წარმონაქმნების შედეგად, ასევე იონების დიპოლური ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების. როდესაც წყალში ხსნადი იონები კარგავენ მოძრაობის უნარს, ხდება თავისუფალი წყლის იმობილიზაცია. შედეგად იზრდება გელისებრი წარმონაქმნების კოჰეზია და ადჰეზია შემკვრელის ზედაპირის ნაწილაკებთან და შემავსებელთან ერთად, ასევე ცომის გამყარება. წყლის ქიმიური და ადსორბციული დაკავშირება გრძელდება, რაც იწვევს კალციუმის გელისებური ჰიდროსილიკატების თანდათანობით გამყარებას და მათ ეპიტაქსიურ შეზრდას. ამასთან ერთად ხდება ცემენტის ქვის სიმტკიცის გაზრდა.

ამგვარად, კონტაქტები აგრეგატულ დონეზე დისპერსულ შემკვრელების სისტემაში შესაძლებელია, თუ დისპარეციული სფეროს შეუძლია ჩაეხსოვოს წარმოქმნილ ფაზას ისე, რომ თხევადი სითხის ფენები

ნაწილაკებს შორის, მისი გამყარებისა და დაწვრილებისას წყლის შიგნით შესრუტვის დროს ახლად წარმონაქმნები გარდაიქმნან სტრუქტურის კომპონენტად. წყლის არასრული შეჭიდვისას კაციუმის ჰიდროსილიკატებით, ის შესაძლოა აორთქლდეს ფენათშორისო სივრცეში, რაც იწვევს ფორათა წარმოქმნას, ცემენტის ქვისა და მისი სიმტკიცის შემცირებას.

ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელების, მათ მიერ სტრუქტურის წარმოქმნისა და გამყარების გათვალისწინებით, ჭარბი წყალი, გარდა კაპილარის ფორებით მინერალური ქვის სტრუქტურის შესუსტებით, შეანელებს შემკვრელის ჰიდრატაციასა და გამყარებას, რადგან საჭირო იქნება დამატებითი დრო ჰიდროსილიკატებს შორის არსებულ ფენათა თავისუფალი წყლის პოლარიზაციისათვის და ასევე მის გადასაყვანად სტრუქტურაში. შესაბამისად, ამგვარი შემკვრელის ჰიდრაულიკური თვისებების უფრო სრული რეალიზაციისათვის, აუცილებელია მათი გამოყენება წყლის დაბალი შემცველობის მქონე ნარევეებში.

სხვადასხვა მკლევართა ნამუშევრებიდან ცნობილია, რომ ჰიდროსილიკატები უზრუნველყოფენ მაღალი სიმტკიცის მქონე მასალის მიღებას. გამყარებისას, უმეტესად წარმოიქმნება ჰიდროსილიკატები მეტად განვითარებული ზედაპირით, რომლებიც ფლობენ ძლიერ შემკვრელ თვისებებს. სუსტად კრისტალიზირებული მასა მინერალურ ქვაში ასრულებს შემკვრელი მასალის ფუნქციებს, კლინკერის ცემენტის არაჰიდრირებულ ბირთვებს მსხვილ კრისტალოჰიდრატებს. მოცემული ჰიდროსილიკატები უზრუნველყოფენ საბოლოო საკმარისი სიმტკიცის მქონე მასალის მიღებას. კალციუმის გელისებური ჰიდროსილიკატები, სრულად გამყარების შემდეგ, სიმტკიცის მაჩვენებლებით არ უთმობენ ახლად წარმონაქმნთა კრისტალოჰიდრატებს, დეფორმაციული თვისებებით კიდევაც აღემატებიან მათ. მსგავსი ახლად წარმონაქმნების მაღალი დისპესიას მივყავართ დეფექტების შემცირებისა და მათ შორის არსებული

კონტაქტების გაზრდისაკენ (ქიმიურად და ადსორბციულად დაკავშირებული წყლის გარსის გავლით). ეს კი თავის მხრივ უზრუნველყოფს ამ ახლად წარმონაქმნების მაღალი სიმტკიცის მაღალი დეფორამტიულობას.

შემკვრელის სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესები, აჩვენებენ, რომ გამყარების საწყის სტადიაზე შემკვრელში წარმოიქმნება კოაგულაციური სტრუქტურა. მექანიკური ძალების ზემოქმედებით, მასალის გამყარებისას, შემკვრელის ჰიდრაციული ნაწილაკები უახლოვდებიან ერთმანეთს და ქმნიან გამყარების პირველად კონდენსაციურ სტრუქტურას. შემკვრელში რეზერვის β -C₂H₄ არსებობას დროთა განმავლობაში მივყავართ სტრუქტურის სიმტკიცის ზრდისკენ ჰიდრატული ახლად წარმონაქმნების მოცულობის ხარჯზე, კონდენსაციური კონტაქტების რიცხვის ზრდისაკენ, კავშირების გარკვეული ნაწილის გადასვლით კრისტალიზირებულში.

განვიხილოთ სტრუქტურის ფორმირების თავისებურებანი კომპლექსური შემკვრელის გამოყენების შემთხვევაში. აგბ-ში კომპლექსურ იშემკვრელზე, კოაგულაციური კავშირი ნაწილაკებს შორის(აგ, მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციის პროექტები) ხორციელდება ბიტუმის თხელი აფსკების მეშვეობით. კვლევებით ნაჩვენებია: რომ მასალაში კოაგულაციური კავშირების სიმტკიცე დამოკიდებულია ბიტუმის თვისებებზე, მისი ფენების სისქეზე, რომლებითაც დაკავშირებულია მინერალური ნაწილაკები, და ბიტუმთან მინერალური მასალის ზემოქმედების თავისებურების შედეგად. მინერალური მასალების ბიტუმთან ზემოქმედების ქვეშ.

ბიტუმის ფიზიკური ზემოქმედება მინერალურ მასალასთან განპირობებულია შემკვრელის შესაძლებლობით განიცადოს ადსორბცია მინერალური მარცვლების ზედაპირზე მიზიდულობის ფიზიკური ძალების ზემოქმედებისას და შექმნას ამ ზედაპირზე რამოდენიმე მოლეკულის სისქით. მინერალური მარცვლიდან დაცილების შემთხვევაში კავშირის

სიმტკიცე ეცემა, ბიტუმი კი იძენს მოცულობით (თავისუფალი) შემკვრელის თვისებებს. შედარებით დიდი სიმტკიცე სისტემისა მიიღება თავისუფალი ბიტუმის ორიენტირებულ მდგომარეობაში გადაყვანის შედეგად.

ქიმიური ზემოქმედება შეიმჩნევა განსაზღვრული მინერალური მასალების ბიტუმთან გაერთიანებისას. კონტაქტის ზონაში წარმოიქმნება ახალი ქიმიური ნივთიერებები, რომლებიც არ იხსნება წყალში. მინერალური მასალების ბიტუმთან გაერთიანებისას, ხდება ბიტუმის კომპონენტების ფილტრაცია მინერალური მარცვლის შიგნით. მინერალური მასალების ბიტუმთან გაერთიანებისას, ადსორბციულ მოვლენათა პარალელურად მიმდინარეობს ბიტუმის კომპონენტების ფილტრაცია მინერალური მარცვლის შიგთავსისაკენ. მარცვლების ზედაპირზე მიკროფორების არსებობას მივყავართ ბიტუმის კომპონენტების დიფუზიასთან.

დაბალი სიბლანტის წყალობით სამუშაო ტემპერატურაზე (90-110°C), დათხელებული ბიტუმი გრანულებსა და მარცვლებს გარშემოახვევს აფსკს, ასევე ნაწილობრივ ახდენს ძველი ბიტუმის პლასტიფიცირებას აგ-ში ძველი ბიტუმის გარსში ნახშირწყალბადების მსუბუქი დიფუზიის ხარჯზე. შედეგად რბილდება ძველი ბიტუმის აფსკის გარსი, მცირდება მისი სიბლანტე და მარცვალთა თვითშეწებების შესაძლებლობა, რომლებიც დაფარულია გათხიერებული ბიტუმით. მსაგვს აგბ-ნაერთს შეუძლია დიდ ხანს იარსებოს ფხვიერ მდგომარეობაში. ნარევის ეს თვისება აიხსნება ასფალტგრანულატის მარცვლებზე თხელი ბიტუმის აფსკის არსებობით. რის შედეგად კოაგულაციური, მიკროსტრუქტურული კავშირი ნერევიში მცირდება და იწვევს მის დაშლას. ნელა გამყარებადი შემკვრელის კოაგულაციური სტრუქტურის შენარჩუნების ხანგრძლივობა, ასევე საწყისი სიმყარე კოაგულაციური ბიტუმური კავშირებისა, შესაძლებლობას მოგვცემს რომ გავზარდოთ ნარევის დაგებისა და გამყარების დრო, გავაუმჯობესოთ ნარევის გამყარების ხარისხი.

ასფალტის გრანულების ბლანტი ბიტუმთან გაერთიანებით, შეიმჩნევა ბლანტი ბიტუმის ზედაპირზე კაპილარული ფილტრაცია ბლანტი ბიტუმის ზეთოვანი კომპონენტებისა. რის შედეგადაც, ბიტუმის სიბლანტე ცოტათი იზრდება, კოაგულაციური კავშირის სიმყარე კი საგრძნობლად იზრდება.

ნარევის გამყარებისას, პირველ რიგში წარმოიქმნება ფიზიკური პროცესები ბიტუმის აფსკში. თავისუფალი ბიტუმი ავსებს მარცვლებს შორის არსებულ სივრცეს, მარცვლებზე კი რჩება სტრუქტურირებული ბიტუმის აფსკი ამასთანავე კოაგულაციური კავშირები მყარდება, ხოლო მთელი სისტემის სიმტკიცე ლი მატულობს. ბლანტი ბიტუმი, რომელიც გამოიყენება კომპლექსურ შემკვრელად, ასფალტის გრანულის მარცვლებზე წარმოქმნის სტრუქტურირებული ბიტუმის თხელ აფსკებს, რომლებიც ფლობენ მაღალ სიმტკიცეს.

ცივი რეცინკლირების შესრულებისას, შესაძლებელია ნარევი კომპლექსური შემკვრელის კომპონენტების შერევა სხვადასხვა თანმიმდევრობით. განვიხილოთ პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობს გადამუშავებულ აგბ-ში შემკვრელების ერთდროულად მიწოდების დროს: მინერალური შემკვრელის დოზირება ხდება სუსპენზიის სახით.

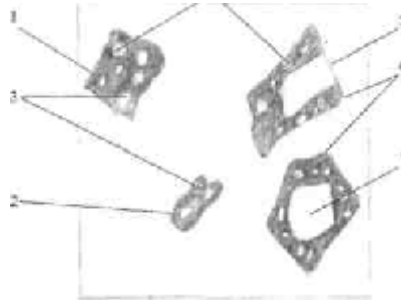
ასფალტის გრანულების, მინერალური შემკვრელის სუსპენზიასთან და გათხიერებულ ბიტუმთან შერევის შედეგად, სუსპენზია, თანაბრად ნაწილდება ასფალტის გრანულების მარცვლებს შორის, ბიტუმი კი წვეთების სახით მდებარეობს შემკვრელის სუსპენზიაში. შემდგომი ინტენსიური შერევისას, ბიტუმის წვეთების ნაწილი ილექება პირველ რიგში ძველი ბიტუმის აფსკზე, რომელიც გარს ეკვრის წყალს, გამოდევნის წყლის გარსს, რის შედეგადაც ეკვრის მას. თავიდან ბიტუმი ეკვრის წვრილ მარცვლებს, რომლებსაც ახასიათებთ დიდ ადსორციული უნარი, შემდეგ კი აგბ-ს მსხვილ მარცვლებს ბიტუმის მეორე ნაწილი ნაწილდება მინერალურ შემკვრელში აფსკის სახით და რჩება წვეთების სახით. ასეთ ზედაპირებზე

წარმოიქმნებიან ჰიდრატული ახალწარმონაქმნები, რომლებიც ქმნიან მტკიცე კავშირს მინერალურ ქვასა და აგზ მარცვლებს შორის.

აგზ-ს მაკროსტრუქტურა ფორმირდება ნარევის დატკეპნის შემდეგ. მინერალური შემკვრელის მცირე რაოდენობით შემცველობისას (5%-ზე ნაკლები) აგზ-ს გრანულის გაწევა შეიძლება იყოს უმნიშვნელო. ამ შემთხვევაში ხდება გათხიერებული ბიტუმით დამუშავებული აგზ-ს მარცვლების დაახლოვება და შეწყობა, თან ზრდიან კოაგულაციური კავშირების წილს. აგზ-ს მარცვალთა დაახლოვებისას შესაძლოა ბიტუმის აფსკის შეკუმშვა მომატებული დამაბულობის ზონიდან. მოცულობითი ბიტუმი ავსებს მარცვლებს შორის თავისუფალ სივრცეს. კოაგულაციური კავშირი ძლიერდება, მთელი სისტემის სიმტკიცე კი იზრდება. შემკვრელში კოაგულაციური სტრუქტურა შენარჩუნებულია დიდ ხანს. მართალია, ბიტუმის დამატება ანელებს ჰიდროლიზაციის პირველად პროცესს და მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციას, მაგრამ ის არ ეწინააღმდეგება ნარევის შემდგომ გამყარებას. გათხევადებული ბიტუმის რაოდენობის საშუალებით იზრდება ა.გ.ზ-ს ნარევის ტკეპნადობა. გამხსნელს ასევე შეუძლია ბიტუმის აფსკში მსუბუქი ნახშირწყალბადების ფრაქციის დიფუზიის ხარჯზე ძველი ბიტუმის ნაწილობრივ პლასტიფიცირება. ეს პროცესი დამოკიდებულია გათხიერებული ბიტუმის თვისებაზე და დაჩქარდება ნარევის დატკეპნისას, სატრანსპორტო შემადგენლობის მოძრაობისას და ზაფხულის პერიოდში ტემპერატურის მატებისას.

ასფალტის გრანულის მარცვლის ზედაპირზე, რომელიც არ არის დაფარული ბიტუმის აფსკით, მდებარეობს მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციის პროდუქტები ცალკეული კრისტალების სახით, რომლებიც თავის მხრივ წარმოადგენენ კალციუმის ჰიდროსილიკატებს. დროთა განმავლობაში მათი რაოდენობა იზრდება. მარცვლებს შორის სივრცეში, ჰიდრატაციის მინერალური შემკვრელის პროდუქტები, წარმოადგენილნი არიან კალციუმის ჰიდროსილიკატებით.

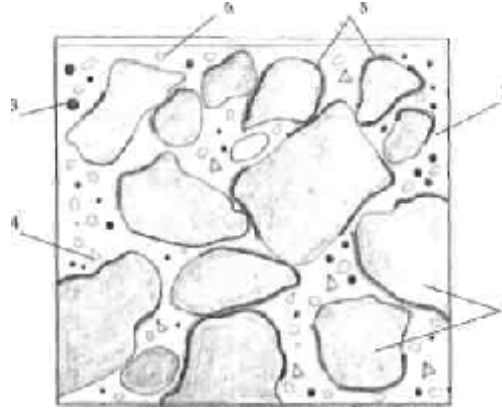
ბიტუმი აგბ-ს სტრუქტურაში შეიძლება იყოს აფსკის სახით გრანულის (მარცვლის) ზედაპირზე, ფორებსა და ჩაღრმავებულ ადგილებზე ჰიდრატაციის პროდუქტებს შორის, ნაწილობრივ ავსებენ ფორებს ან აგ-ს მრცვლებს შორის არსებულ სიცარიელეს და მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციის პროდუქტებით. ცდებით დადასტურებულია, ნაწილობრივი ზემოქმედება ბიტუმის აქტიურ კომპონენტებსა და ჰიდროლიზის პროდუქტებით და მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციით. კონტაქტის ზონაში წარმოიქმნება განსაკუთრებული, ორგანომინერალური შემკვრელი, რომელიც თავისი სტრუქტურით განსხვავდება ბიტუმის აფსკისაგან. ბიტუმის აფსკი მდებარეობს სიღრმეზე 2-დან 7 მკმ ნათელი ძაფისებრი წარმონაქმნებით.



ნახაზი. 2.3. ასფალტის გრანულატის სტრუქტურის სქემა: 1-ხსნადი გრანულა; 2-ასფალტ შემკვრელი; 3-ჰაეროვანი ფორა; 4-ქვიშის მარცვალი; 5-ნამსხვრევი ღორღი; 6-ღორღის გრანული; 7-ღორღის მარცვალი

ბიტუმის აფსკის გაძლიერებული კავშირი არსებობა შემკვრელის ჰიდრატაციის პროდუქტებთან დადებითად აისახება აგბ-ს წყალ- და ყინულმედევობაზე. აგ-ს მარცვალთა ზედაპირი, რომელიც დაფარულია ბიტუმით, იზოლირებულია მინერალური შემკვრელის ზემოქმედებისაგან. შეიძლება დავუშვათ, რომ ახლად წარმოქმნილი ძაფისებრი კრისტალები აღწევენ ძველი ბიტუმის აფსკში, რომელიც გარშემორტყმული აქვს აგ-ს მარცველს. ასფალტის გრანულატის და აგბ-ს სქემატური გამოსახულება მოცემულია ნახაზებზე 2.3 და 2.4.

ბიტუმის დადებითი როლი აგბ-ს სტრუქტურაში მდგომარეობს აგრეთვე ფოროვანი სტრუქტურის მოდიფიკაციაში არხებისა და კაპილარების ჰიდროფობიზაციის ხარჯზე.

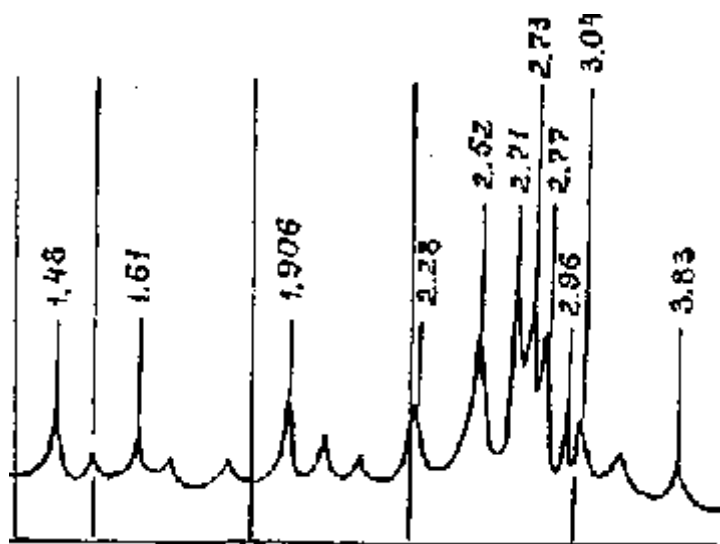


ნახაზი. 2.4. აგბ-ს სტრუქტურა: 1-გრანულა;2-მინერალური ქვა ბიტუმის წვეთებისა და წვრილი მარცვლებთან ერთად; 3-ბიტუმის წვეთი; 4-ჰაეროვანი ფორები; 5-ბიტუმის აფსკი; 6- აგ-ს მარცვალი 2მმ-ზე ნაკლები ზომით.

2.2. ელექტროფიზიკური ძიების შედეგები ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელებითა და მათი კომპონენტებით

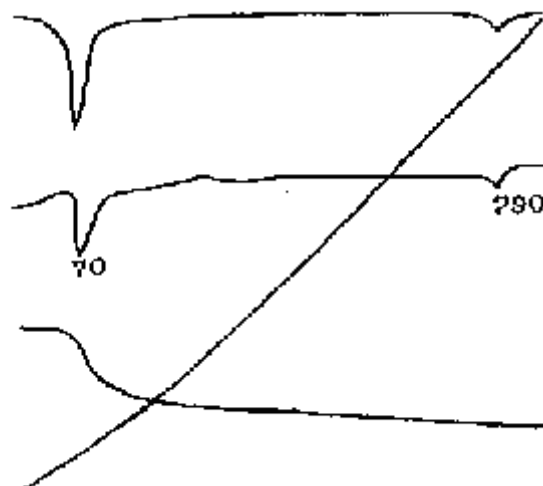
კონგლომერატის თავისებურებების ექსპერიმენტული დამტკიცებისათვის, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელებით, ასევე, გზის კონსტრუქციის მუდმივობის პროგნოზირებისათვის, რომლებიც აგებულია ამ შემკვრელების გამოყენებით, წარმოებულია ანალიზი, მინერალოგიური შემკვრელების შემადგენლობის თანამედროვე ელექტროფიზიკური მეთოდების დახმარებით: რენტგენოგრაფიული და თერმოგრაფიმეტრიული. გამოიკვლიეს შემდეგი მასალები: ბოქსიტის ლექი, გრანულირებული წიდა, ასევე მათგან შემდგარი მინარევები ქვიშითა და კირით, მათი გამყარების სხვადასხვა პერიოდში.

რენტგენოგრაფიულ ანალიზს აჩვენებს (ნახაზი 2.5.) ორკალციანი სილიკატის და სამკალციანი სილიკატის არსებობას მანძილებზე: 2,28; 2,6; 2,73; 2,96; 3,04E, Fe_2O_3 (1,61; 1,906; 3,04; 3,83;E).



ნახაზი. 2.5. ბოქსიტის ლექის რენტგენოგრამა

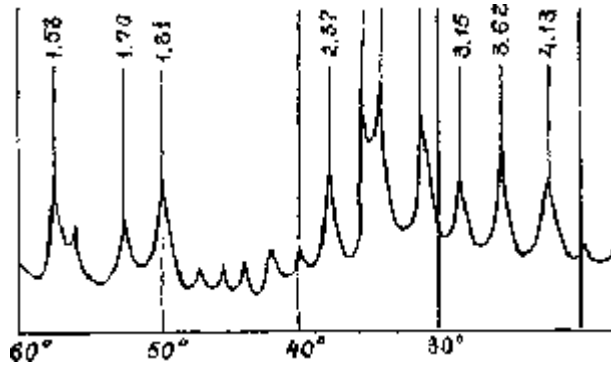
ორკალციანი და სამკალციანი სილიკატი ჰიდრატაციის შედეგად შეიძლება გარდაიქმნას კალციუმის ჰიდროსილიკატამდე.



ნახაზი 2.6. ბოქსიტის ლექის თერმოგრამა

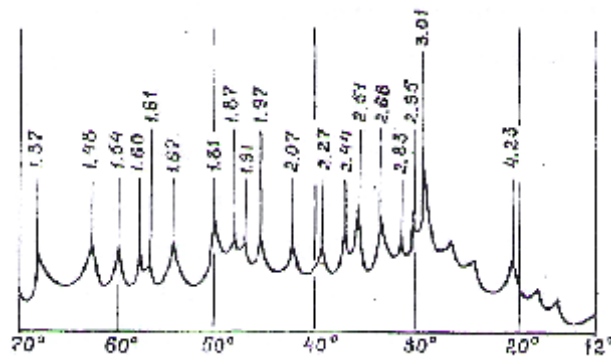
ეს მტკიცდება ენდოთერმიული ეფექტით 790°C, (ნახაზი 2.6.) ასევე ჰიდროსკლიული წყლის შემადგენლობა, რომელიც ქრება 70°C ტემპურატურაზე,

გრანულირებული წიდა, ქიმიური შემადგენლობით შეიცავს CaO; MgO; Al₂O₃; SiO₂; MnO და სხვა ოქსიდებს. წიდის შემადგენლობაში შედის როგორც კრისტალური, ასევე მინისებრი ფაზები. კრისტალური სტრუქტურა წარმოდგენილია უმეტესად მყარი ხსნარის სახით, გამდიდრებულია რკინის ოქსიდებით. მინისებრი მოიცავს კალციუმს, რკინის ოქსიდებს, SiO₂ და CaO. წიდის რენტგენოგრამა მოცემულია 2.7. ნახაზზე



ნახაზი 2.7. წიდის რენტგენოგრამა

ახლად დამზადებული შემკვრელის ნარევი, რომლის საფუძველია ბოქსიტის წიდა, ქვიშა და კირი, დიფრაქტოგრამის ხასიათით ჰგვანან ერთმანეთს (ნახაზი 2.8.).



ნახაზი 2.8. ახლად დამზადებული შემკვრელის შემცველი სინჯის რენტგენოგრამა 1- ბოქსიტის შლამი+წიდა+კირი

შემკვრელის სინჯი №1 რომელიც დამზადებულია ბოქსიტის წიდაზე, კირზე, წარმოდგენილია კალციუმის ოქსიდით, რომელიც დიფრაქციული ხასიათისაა (2,76; 2,39; 1,69E). აგრეთვე მასში შედის

კალციუმის სილიკატი C_2S C_3S , აგრეთვე C_3S დიფრაქციული დახასიათებებით (3,04; 2,77; 2,73; 2,27; 2,18; 2,05; 1,9; 1,84; 1,61; 1,57 E)

სინჯი №2, რომელიც დამზადებულია ბოქსიტის შლამზე, ქვიშასა და კირზე, დიფრაქტოგრამაზე ასევე იდენტიფიცირდება სილიკატები, რომელიც იდენტურია ზემოთმდებარე სინჯისა.

სინჯი №3, რომელიც აგრეთვე დამზადებულია ბოქსიტის შლამზე ,ქვიშასა და კირზე, თავისი შემადგენლობით იდენტურია წინამდებარე სინჯებისა, მხოლოდ ფაზათა ხაზების ინტენსივობა შედარებით ნაკლებია. მოცემულ სინჯში ამორფული ფაზების დიდი რაოდენობაა. შეინიშნება მაღალფუძიანი კალციუმის სილიკატები.

ფაზათა ხაზების ინტენსივობა შედარებით ნაკლებია. მოცემულ სინჯში ამორფული ფაზების დიდი რაოდენობაა. შეინიშნება მაღალფუძიანი კალციუმის სილიკატები.

28 დღე-ღამის ასაკის ნორმალური გამყარებისას შემკვრელების მინერალოგიური შემადგენლობა წარმოდგენილია 2.9. ნახაზზე.

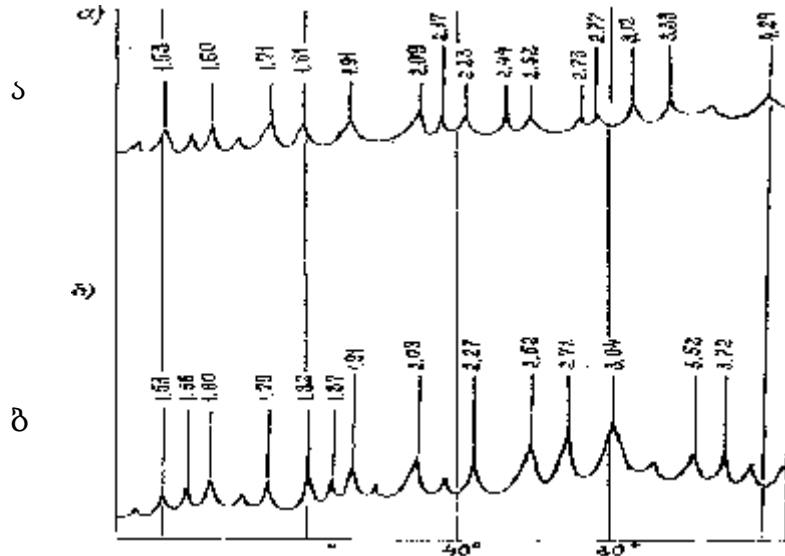


ნახაზი 2.9. შემკვრელთა რენტგენოგრამა 28 დღე-ღამის ასაკში;
 ა) სინჯი2 (ბოქსიტის შლამი+წიდა+კირი); ბ) სინჯი3
 (ბოქსიტის შლამი+ქვიშა+კირი) გ) სინჯი4 (ბოქსიტის
 შლამი+წიდა+ქვიშა+კირი)

სინჯი №4 (ბოქსიტის შლამი, წიდა, ქვიშა,კირი). მოცემული რენტგენოგრაფიული ანალიზის მიხედვით წარმოდგენილია β -კვარცი, კალციტი, კალციუმის ჰიდროსილიკატებით, კალციუმის ფერიტი.

შემკვრელების მინერალოგიური შემადგენლობა სამთვიანი ნორმალური გამყარების შემდეგ მოცემულა 2.10 ნახაზზე.

შემკვრელი ბოქსიტის შლამზე, ქვიშასა და კირზე (სინჯი №5), წარმოდგენილია კალციტით CaCO_3 , გემატიტი Fe_2O_3 .



ნახაზი 2.10. შემკვრელთა რენტგენოგრამა 90 დღე-ღამის ასაკში; ა) სინჯი 5 (ბოქსიტის შლამი+ქვიშა+კირი); ბ) სინჯი 6 (ბოქსიტის შლამი+წიდა+ქვიშა+კირი)

ჩატარებული ცდებით დამტკიცდა, რომ შემკვრელი სინჯის ფაზათა შემადგენლობა, შენახვის ვადებთან ერთად იცვლება არაერთგვაროვნად. ის ნარევები, რომლებიც შექმნილია ბოქსიტის წიღზე, ქვიშისა და კირის დამატებით, თავიდან შეიცავენ უმეტესად თავისუფალ CaO , კალციუმის სილიკატს, კალციუმის ფერიტს და გემატიტს. სინჯის შენახვის შედეგად, იცვლება. სინჯთა შენახვისას 28, 90 დღე-ღამის განმავლობაში, ნორმალურ პირობებში ფაზათა შემადგენლობა იცვლება. შემკვრელის ფაზათა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მთავარი ადგილი უჭირავს კალციუმის ჰიდროსილიკატს, რომელიც დროთა განმავლობაში მყარდება. აღნიშნულ ჰიდროსილიკატებს გააჩნიათ მეტად განვითარებული ზედაპირი. გამოგვაქვს შემდეგი სახის დასკვნა:

1. მინერალური შემკვრელები, რომელთა მინეროლოგიურ ნაწილში ჭარბობს ბელიტის რაოდენობა, ხასიათდებიან ნელა მიმდინარე გამყარების პროცესებით (2-3 წელი და მეტი). სტრუქტურის წარმოქმნის ნელი პროცესები, შემკვრელის გამყარების ადრეულ სტადიებზე გვაძლევენ საშუალებას გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიურ პარამეტრების გაუმჯობესებისა: დავაგრძელოთ სამშენებლო მონაკვეთი, გავაუმჯობესოთ ნარევის დატკეპნის გამყარების ხარისხი. ეს ადასტურებს მიღებულ სამუშაო ჰიპოთეზას გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიის შესახებ.

2. ახლადწარმონაქმნების მთავარი მასა წარმოდგენილია თობერმორიტის მსგავსი კალციუმის ჰიდროსილიკატებით და კაჟმიწებით ნარევი წვრილდისპერსიულ კალციტთან ერთად. გამყარებად სისტემაში წვრილდისპერსიული გელისმაგვარი ახლად წარმონაქმნები განაპირობებს მაღალი სიმტკიცისა და დეფორმაციული თვისებების მქონე შემკვრელის მიღებას.

2.3. ასფალტბეტონიანი საფარის რემონტის შემოთავაზებული ტექნოლოგიების ეფექტური რეჟიმების პროგნოზირება

ა.გ.ბ.-ს ნარევისაგან გზის სამოსის მშენებლობის და ექსპლოატაციის ტექნოლოგიურმა პარამეტრებმა, უნდა უზრუნველყონ მასალის მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რომლებიც მიღებულია ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისაგან და ბლანტი ბიტუმისაგან. ამასთანავე ვაწყდებით წინააღმდეგობას, რომელიც თავისი მხრიდან მოითხოვს გადაწყვეტას.

ერთი მხრივ, აგბ-ს სტრუქტურის წარმოქმნის ანალიზმა გვაჩვენა, რომ მიღებული მასალის თვისებები მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული კალციუმის ჰიდროსილიკატზე CSH, რომელიც აგბ-ს მთავარ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს. კალციუმის ჰიდროსილიკატს ახასიათებს შემდეგი

მოვლენა: კალციუმის ჰიდროსილიკატი გაცხელებისას კარგავს წყალს, რასაც მივყავართ ფენათა შორის მანძილის შეკუმშვამდე. წყლის გარკვეული რაოდენობის დაკარგვა იწვევს მასალის სიმტკიცის შემცირებას. შესაბამისად, გზის საფარის შემადგენელი ფენები, რომლებიც იყენებენ ნელა გამყარებად მინერალურ შემკვრელებს, აუცილებელია დაიფაროს საფარით, რომელიც გამორიცხავს მასალის შიგთავსის აორთქლებას, განსაკუთრებით მისი გამყარების ადრეულ სტადიებზე. მეორე მხრივ, აგზ-ს სტრუქტურის ეფექტურად წარმოქმნისათვის ბლანტი ბიტუმის გამოყენებით, მიზანშეწონილია მომატებული ტემპერატურა და ჰაერის დაბალი ტენიანობა. ცივ და ნოტიო პირობებში, ბლანტი ბიტუმის მქონე მასალა ძალიან ნელა ფორმირდება.

ორგანული შემკვრელის მქონე მასალები ხასიათდება იმით, რომ მათი კოაგულაციური სტრუქტურა ფორმირდება ნარევის გამყარების პროცესში. განმსაზღვრელი ფაქტორია ნარევის ტემპერატურა, რომელიც მოქმედებს ბიტუმის ტენიანობაზე. ბლანტი ბიტუმის გამოყენება გამორიცხავს მაღალი ტემპერატურის ფაქტორს, რომელიც აუცილებელია ნარევის გასამყარებლად, მაგრამ უარყოფითად მოქმედებს მინერალური შემკვრელის სტრუქტურაზე.

ნარევის დამზადებისას, რომელიც მზადდება კომპლექსური შემკვრელისაგან (ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და ბლანტი ბიტუმისაგან), შეგვიძლია გავზარდოთ ნარევის ტრანსპორტირების სიმძორე.

შედარებით სუსტ რგოლს, გამყარებად მინერალურ მასალებში, წარმოადგენს წყლის აფსკი, რომლის შესაძლო გახლეჩვა აუარესებს ნარევის დატკეპნის პროცესს. ბლანტი ბიტუმის არსებობა მნიშვნელოვნად ამცირებს ამ გავლენის ნეგატიურ შედეგებს. ამას გარდა, წყლის დამატებით რაოდენობის გამოყენება, ხელმეორედ არევა და ნარევის დატკეპნა, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელით სავსებით შესაძლებელია.

გამყარების კინეტიკაზე, წიდას სტრუქტურაზე და მტვროვან მინერალზე მნიშვნელოვნად მოქმედებს დინამიური დატვირთვები,

რომლებიც გამოწვეულია გზის საფარის მშენებლობის დასრულების შემდეგ ავტოტრანსპორტის მოძრაობით.

გამოკვლევებით დამტკიცებულია, რომ ახალ დაგებულ წიღურ და მტვროვან მინერალურ საფუძველზე ტრანსპორტის მოძრაობისას წარმოქმნილი დინამიური დატვირთვები არ ახდენენ ისეთ დამანგრეველ მოქმედებას, როგორსაც ისინი ახდენენ ცემენტით გამყარებულ ფენებს შორის. სიმტკიცე სუბმიკროკრისტალების საკმარისია დინამიური დატვირთვების მისაღებად.

ხელს უწყობს ელექტრომაგნიტური ერთიერთქმედების გაძლიერებას, რომელიც თავის მხრივ კიდევ უფრო ამყარებს შემკვრელს. კონტაქტების წარმოქმნა ელექტრომაგნიტური და ელექტროსტატიკური ზემოქმედების შედეგად, უზრუნველყოფს გზის საფარის მინერალური ფენების მტკიცე და გამძლე სტრუქტურის შექმნას.

მასალის სიმტკიცეზე, ქიმიურ-მინერალოგიური ფაქტორების გარდა, მოქმედებს ტექნოლოგიური ფაქტორები. ტექნოლოგიური მეთოდების ეფექტური გამოყენება ნებას გვრთავს, რომ ვმართოთ სტრუქტურის წარმომქმნელი პროცესები, საჭირო სიმტკიცის მასალის მისაღებად. მართვადი სტრუქტურის წარმოქმნის პრინციპები ხორციელდება ოპტიმალურ დროში მექანიკური, ტემპერატურის და სხვა ფაქტორების ურთიერთქმედებისას. ამასთან ერთად ხორციელდება სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესის ერთ-ერთი მთავარი პირობა-- ენერგეტიკული ბარიერის გადალახვა, რომელიც იწვევს ელექტროსტატიკური ძალებით შემკვრელის განზიდვას. საგზაო მშენებლობაში შედარებით ხელმისაწვდომია მექნიკური ენერგიის გამოყენება მინერალური შემკვრლის აქტივიზაციისათვის. ეფექტი მდგომარეობს იმაში, რომ მექანიკური მერყეობა ზრდის ატომების მოძრაობას კინეტიკური ენერგიის გაზრდის ხარჯზე. მექანიკურ ენერგიას (რომელიც შედარებით აფერხებს სტრუქტურის წარმოქმნის საწყის ეტაპს) მივყავართ შეჭიდულობის გაზრდისაკენ.

ცემენტის ნარევის დამუშევებისას, შესაძლოა დაიშალოს პირველადი ფხვიერი სტრუქტურა იმისათვის, რომ გაიზარდოს მეორე, შედარებით გამძლე სილიკატური სტრუქტურა. ვიბრაციული ზემოქმედება ხისტი ბეტონის ნარევეზე, გამოიწვევს ცემენტის ნარევის დეზაგრეგაციას. ვიბრაციის ზემოქმედების შედეგად იზრდება ბეტონის ნარევი შემცვლების სიმკვრივე. ბეტონების გამყარებისას, რომლებიც შეიცავენ ორგანიულ შემკვრელს, საერთო წინააღმდეგობის მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენს ბიტუმის აფსკის წინააღმდეგობა. ამას მომწმობს ვიბრირებადი მოწყობილობების ეფექტური გამოყენება, რომლებიც მცირე ვერტიკალურ წნევაზე ნებას გვრთავენ რომ მივიღოთ ასფალტ-ბეტონის სიმკვრივე.

რეკომენდირებულია დასახული მიზნის მისაღწევად გამოვიყენოთ ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის აქტივაციის მექანიკური მეთოდი. ამგვარი მექანიკური ზემოქმედების შედეგად უნდა გაუმჯობესდეს წყლის დიფუზია (ატომების მოძრაობის გაზრდის ხარჯზე) მინერალური შემკვრელის მარცვლისკენ. ვიბრაციის ზემოქმედების შედეგად, ბიტუმის შემცირებულმა სიბლანტემ უნდა უზრუნველყოს მისი გადანაწილება გრანულის ზედაპირზე. თხელი ბიტუმის აფსკი უზრუნველყოფს მინერალური მარცვლების კარგ კავშირს მათი დაახლოებისას ნარევის გამკვრივების პროცესში. ისინი წარმოადგენენ ერთ-ერთ ფაქტორს, რომელიც განსაზღვრავს აგბ-ს თვისებებს. ბიტუმის სიბლანტის გაზრდის შემთხვევაში კოაგულიციური კავშირის სიმტკიცე გაიზრდება. აგბ-ს მისაღებად, აუცილებელია ტექნოლოგიური პროცესი წავრმართოთ ისე, რომ აგბ-ს ნარევეზე მექანიკური ზემოქმედება, მისი დამზადების მომენტიდან გამკვრივებამდე, კრისტალოვანი სტრუქტურის წარმოქმნამდე დასრულებული იყოს.

ა.გ.ბ. ნარევის მომზადების, დაგების და შემკვრივების დრო დამოკიდებული იქნება ტექნოლოგიური პროცესების წარმოების ფართობზე და მანქანა-მექანიზმების წარმადობაზე. აგბ-ს სიმკვრივე, (კომპლექსურ შემკვრელზე) უზრუნველყოფილია იმ შემთხვევაში, თუ

ტექნოლოგიური პროცესი, ნარევის დამზადების მომენტიდან მის გამყარების დრომდე, დამთავრდება ინდუქციურ პერიოდში. ამისათვის აუცილებელია, შევისწავლოთ ნელა გამყარებადი შემკვრელის სტრუქტურის წარმოქმნის განვითარების პროცესი, მისი გამყარების ადრეულ სტადიაზე. განვსაზრვროთ აგბ-ის ნარევზე ფიზიკური ზემოქმედების ოპტიმალური პერიოდები. აგბ-ნარევი, რომელიც შემკვრელად ნელა გამყარებად სუსპენზიას შეიცავს, გამყარების საწყის ეტაპზე ფლობს არც თუ ისე მაღალ სიმტკიცეს. აქედან გამომდინარეობს, რომ უნდა გამოვიყენოთ შედარებით არც თუ ისე დიდი გამამკვრივებელი დატვირთვები.

მეორე თავის შედეგი

1. ა.გ.ბ არის კომპოზიციური მასალა, რომელშიც შემვსებს წარმოადგენს ასფალტის გრანულის წვრილმარცვლოვანი ნაწილაკები, მატრიცას კი- კომპლექსური შემკვრელი ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის და გათხიერებული ბიტუმის საფუძველზე. სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში აგბ-ში ფორმირდება მიკროსტრუქტურის ორი ტიპი: კოაგულიციური და კონდენსირებულ-კრისტალიზირებული კავშირები. კოაგულაციური კავშირი ა.გ.-ს გრანულებს შორის მყარდება ბიტუმის აფსკის აბსორბციული სტრუქტურით. კონდენსირებულ-კრისტალიზირებული კავშირები წარმოდგენილია კალციუმის ჰიდროსილიკატის მცირედ კრისტალიზირებული მასით.

2. ა.გ.ბ-ს სიმტკიცის, დეფორმაციის, წყალ და ყინულმდეგობის თისებები აიხსნება ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის გელისებური კალციუმის ჰიდროსილიკატის ბოჭკოვანი სტრუქტურით, ასევე მინერალურ ქვიშაში ა.გ.-ს მარცვლებს და ბიტუმის აფსკებს შორის

მოქნილი ბიტუმური კავშირით, ასევე მასალაში მოდიფიცირებული სტრუქტურით.

3. მინერალური შემკვრელი გამყარების პროცესში, საწყის ეტაპზე ხასიათდება ტიქსოტროპიული კოაგულიციური სტრუქტურის წარმოქმნით, რომლის საფუძველზე იქმნება მცირედ კრისტალიზირებული სტრუქტურა. ბლანტი ბიტუმის კოაგულაციური სტრუქტურა რჩება უცვლელი საგრძნობლად დიდი ხნის განმავლობაში.

4. ხანგრძლივი შენახვა ტიქსოტროპიული კოაგულაციური სტრუქტურის ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრლისა, იძლევა ტექნოლოგიური პარამეტრების პროცესების გაზრდის საშუალებას გზის საფარის რემონტისათვის. ასეთი მასალების გამოყენებით შესაძლებელია წინასწარ განისაზღვროს სავარაუდო დრო დატკეპნამდე, გავზარდოთ მშენებლობის არეალი, გავაუმჯობესოთ ნარევის დატკეპნის ხარისხი. გათხიერებული ბიტუმის მცირედ გამოხატული შემკვრივების უნარი გვამძლევს საშუალებას ხარისხიანად დავტკეპნოთ ასეთი ნარევები ცივ მდგომარეობაში.

5. მართვადი სტრუქტურის წარმოქმნის პრინციპებზე დაყრდნობით იმისათვის, რომ მივიღოთ საჭირო ფაზური შემადგენლობა და ნელა გამყარებადი შემკვრელის სტრუქტურები, საჭიროა მშენებლობის პროცესში ვიხელმძღვანელოთ მკაცრად განსაზღვრული ტექნოლოგიური პარამეტრებით. ა.გ.ბ-ს სიმტკიცის და ექსპლუატაციის ვადის გასაზრდელად საჭიროა ოპტიმალური დროის განმავლობაში მოვახდინოთ მექანიკური ზეგავლენა ნარევეზე, რაც უზრუნველყოფს ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციის პროცესის სრულყოფას. ა.გ.ბ-ს ნელა გამყარებადი და მინერალური შემკვრელი აღჭურვილი იქნება ტიქსოტროპული თვისებებით, უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ ექნება უნარი აღიდგინოს სიმტკიცე დაქუცმაცებისა და ხელმეორედ დატკეპნს შემდეგ. ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის სტრუქტურის აღდგენის დრო დამოკიდებულია მათი შენახვის ტემპერატურულ რეჟიმზე.

6. ა.გ.ბ-ს დაქუცმაცებისა და შემდგომი დატკეპნის პროცესში ხდება ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის ზედაპირული ჰიდრატირებული ფენის მარცვლების დაშლა, რაც ხელს უწყობს სიღრმეში არსებული განხლებული მარცვლების ჰიდრატაციას. აღნიშნული პროცესი ხელს უწყობს შემდგომში გამყარების დროს მანამდე დაკრისტალიზირებული წარმონაქმნების დაშლისგან მიყენებული ზიანის კომპენსირებას. იმის გამო, რომ გათხიერებული ბიტუმის ნარევი მცირეა სიბლანტე ა.გ.ბ-ს ხელმეორედ დაშლისას იგი უარყოფითად არ იმოქმედებს. ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის გამყარების ადრეულ სტადიაზე დატკეპნილი ფენის დაშლა გამათხიერებლის აორთქლებას ბიტუმიდან და ასევე ააჩქარებს ა.გ.-ს გრანულებზე ძველი ბიტუმის პლასტიფიკაციის პროცესს.

7. დინამიურ დატვირთვებს, რომლებიც წარმოიქმნება საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად, არ ექნებათ დამანგრეველი ძალაკომპექსური შემკვრელის სტრუქტურაზე. ამიტომ შესაძლებელი ხდება ტექნიკური ტრანსპორტის მოძრაობა ახლად დაგებულ ა.გ.ბ-ს საფარზე და გზის ზედა ფენის მშენებლობა. აღნიშნული პროცესები დააჩქარებს ექსპლუატაციაში შეყვანას.

8. გთავაზობთ ასფალტბეტონის რეგენერაციის პროცესის ტექნოლოგიურ თანმიმდევრობას

- ✓ გზის სამოსის სიმტკიცის გასაზრდელად რეკომენდირებულია ა.გ.ბ-ს ნარევი გავაჩეროთ გზაზე გარკვეული დროით დატკეპნამდე
- ✓ ნარევის გაჩერება დატკეპნამდე გამოიწვევს ტენიანობის შემცირებას, ამიტომ ამინდის შესაბამისად ნარევის მომზადებისას ვურევთ ქვლის დამატებით დოზას
- ✓ გზის სამოსის მასალის გამყარების ადრეულ სტადიაზე დატკეპნილ ფენაში დეფექტების აღმოჩენის შემთხვევაში დასაშვებია დაქუცმაცება, პროფილირება და ხელმეორედ დატკეპნა

- ✓ ძველი საფარის აღდგენის შემდეგ ზედა ფენის დაგება რეკომენდირებულია 2 კვირის შემდეგ, რათა მოხდეს ბიტუმის გამათხიერებლის აორთქლება და ავტომობილების მოძრაობის ზემოქმედების შედეგად.

თავი III

3.ასფალტგრანულობეტონის ფიზიკურ- მექანიკური თვისებების ექსპერიმენტალური კვლევები

3.1.საწყისი მასალების თვისებების კვლევის მეთოდика

აგბ-ს ფიზიკა-მექანიკური თვისებებს საზღვრავდნენ ცილინდრის ნიმუშებზე 71,4 მმ (ფართობით 40 სმ²). დამზადებულს 7მპა წნევით დაპრესვის ქვეშ. დაყოვნების დრო-3წთ. გოსტ 12801-ით განსაზღვრავდნენ საშუალო სიმკვრივე, სიმტკიცის ზღვარის კუმშვაზე 20C⁰ (R²⁰კუმ), 50C0(R⁵⁰კუმ), წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში (Rწ), წყალალმედგობის კოეფიციენტის (Kწმ) და ა.გ.ბ-ს წყალგაჯერებას. ბზარმრდეგობა განვსაზღვრეთ გოსტ 9128-97-ით

მინერალურ შემკვრელად გამოვიყენეთ გრანულირებული წიდა.

რუსთავის მეტალურგიული კომბინატის, რომელიც წარმოადგენს ფხვიერ მარცვლოვან მასალას, მარცვლის ზომით 20მმ-მდე. ნაყარის სიმკვრივე შეადგენს 1220კმ/მ³ წიდის საფუძვლის მოდული 0,86, აქტივობის მოდული-M_a=0,34. საფუძვლის მოდულის მიხედვით წიდა მიეკუთვნება მჟავეებს.

გრანულიანი წიდის ქიმიური შემადგენლობა

ცხრილი 3.1.

ქიმიური კომპონენტების შემადგენლობა,%						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	FeO	MgO
22	4.2	2.8	45	0.5	23	25

გრანულიანი წიდის მარცვლოვანი შემადგენლობა

ცხრილი 3.2

მოცემულ ზომაზე წვრილი მარცვლების % შემცველობა							
20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
99	95,7	90.7	69,6	47,7	17,1	5,5	2,6

გრანულიანი წიდის აქტოვობა შეადგენს 2 მპა-ს.

მინერალური შემკვრელები M100

ცხრილი 3.3.

შემკვრელის შემადგენლის ნომერი	შემკვრელი კომპონენტების დანახარჯი, %			
	დაქვული წიდა	ცემენტი	კირი	თხევადი შუშა სიმკვრივით $\rho=1,15$ გ/სმ ³
1	90	10	-	-
2	100	-	-	40
3	-	-	20	-
4	-	15	-	-
5	85	-	15	-

**3.2. ასფალტოგრანულობეტონის ფიზიკურ- მექნიკური
თვისებების კვლევა**

კვლევისათვის გამოიყენეს რეცინკლერით ფრეზირებული ასფალტობეტონის საფარისგან მიღებული ასფალტის გრანულატი. გამოიყენეს ორნაირი მარცვლოვანი შემადგენლობის გრანულატი (ცხრილი 3.4. და 3.5). №1 შემადგენლობა მიიღეს გზაზე ასფალ-ბეტონის საფარის დაფრეზვით, №2 მიიღეს სავტომობილო გზის რემონტის დროს.

აგზ ნარევის მარცვლოვანი შემადგენლობა

ცხრილი 3.4.

ნარჩენის დასახელება	ნარჩენები საცრებზე, % მასის (ნარევი №1)									
	20	15	10	5	2.5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
ცალკეული,%	3,3	3,8	10,8	17,2	16	10,5	3,7	11,7	16,1	5,1
მთლიანი,%	3,3	7,1	17,9	35,1	51,1	61,6	65,3	77	93,1	98,2

აგბ ნარევის მარცვლოვანი შემადგენლობა

ცხრილი 3.5.

ნარჩენის დასახელება	ნარჩენები საცრებზე % მასის (ნარევი №2)									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
ცალკეული,%	6,9	5	13,6	19,8	16,1	11,5	6	10	7	3
მთლიანი,%	6,9	11,9	25,4	45,2	61,3	72,8	78,8	88,8	95,8	98,8

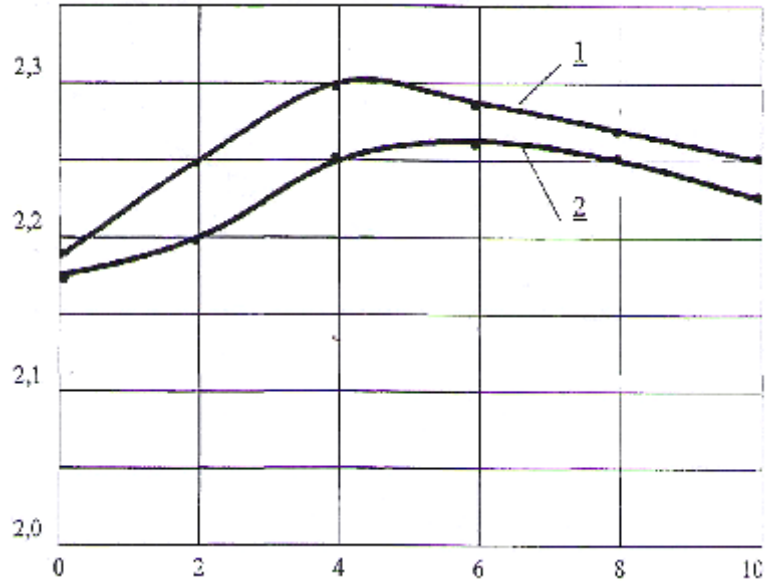
გრანულატების გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ნარევი №1 შეიცავს 3,8% ბიტუმს, ნარევი № 2 – 5,1 %.

ექსპერიმენტული კვლევისათვის, ძველი ასფალტ-ბეტონის თვისებების აღსადგენად შევიყვანე ბიტუმი, ბ.ნ.დ 60/90 რომელიც გათხიერებული იყო ნავთით 0,5 %-დან 2%-მდე. ასფალტის გრანულის მასის მიხედვით, ასევე შეჰყავდათ წყალი 2-დან 10%-მდე. ნავთის დანახარჯი შეადგენდა ბიტუმის მასის 12%-ს. წყალი შევიყვანეთ შემკვრივების ხარისხის ასამაღლებლად,

დავადგინეთ, რომ ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობა შეადგენს 1,5%-ს, წყალი კი ასფალტის გრანულის მასის 4%-ს. ამ მაჩვენებლებით, აგბ-ს სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე მაქსიმალურია და შეადგენს 20°C ტემპერატურაზე -2,2 მპა, 50°C ტემპერატურაზე - 1,5 მპა. კვლევის შედეგები მოცემულია 3.1-3.3 ნახაზებზე.

ნახაზებიდან სჩანს, რომ ბიტუმის პირველადი შემადგენლობა ძველ ასფალტ-ბეტონში პრაქტიკულად არ ახდენს ზემოქმედებას აგბ-ს სიმტკიცის მაჩვენებლებზე.

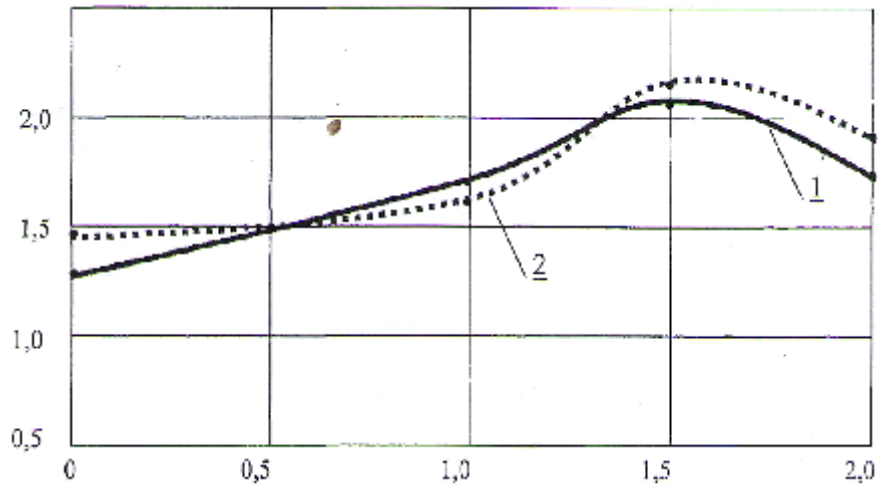
ნარევის სიმკვრივე ρ ზღმ³



ნარევი „ბ“-ს ტენიანობა, % მასით

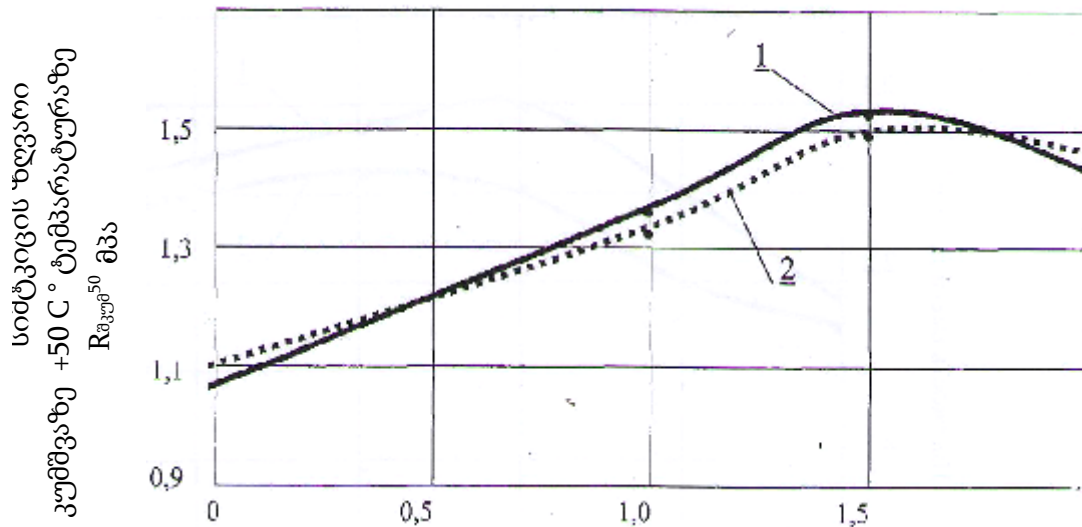
ნახაზი 3.1. წყლის შემცველობის გავლენა (ბ) აგბ ნარევიში ნიმუშების სიმკვრივეზე ბიტუმის დანახარჯისას 1,5%; 1) ნარევი №1-ს მარცვლოვანი შემადგენლობა; 2) ნარევი №2 მარცვლოვანი შემადგენლობა.

კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი +20C⁰ ტემპერატურაზე, $R_{კუმშ}^{20}$ მპა



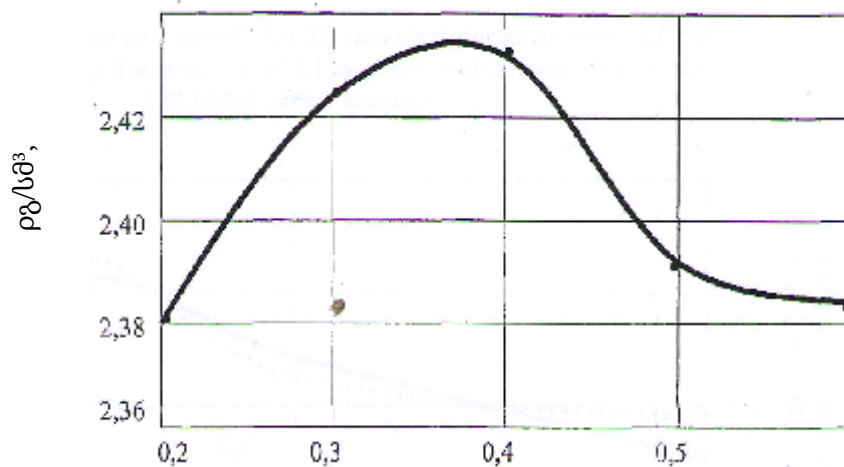
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე +20C⁰ ტემპერატურაზე $R_{კუმშ}^{20}$,მპა ბიტუმის შემცველობა „ბ“ ტიპი, % მასიდან

ნახაზი 3.2. გათხიერებული გაჯერებული ბიტუმის ზქმოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე $R_{კუმშ}^{20}$ 4,0% წყლის შემადგენლობის დროს; 1) ნარევი №1-ს მარცვლოვანი შემადგენლობა; 2) ნარევი №2 მარცვლოვანი შემადგენლობა.



ბიტუმის შემცველობა „ბ“ ტიპი, % მასიდან

ნახაზი 3.3. გათხიერებული ბიტუმის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე $R_{კუმშ}^{20}$ 4,0% წყლის შემადგენლობის დროს; 1) ნარევი №1-ს მარცვლოვანი შემადგენლობა; 2) ნარევი №2 მარცვლოვანი შემადგენლობა.



წყალცემენტის დამოკიდებულება

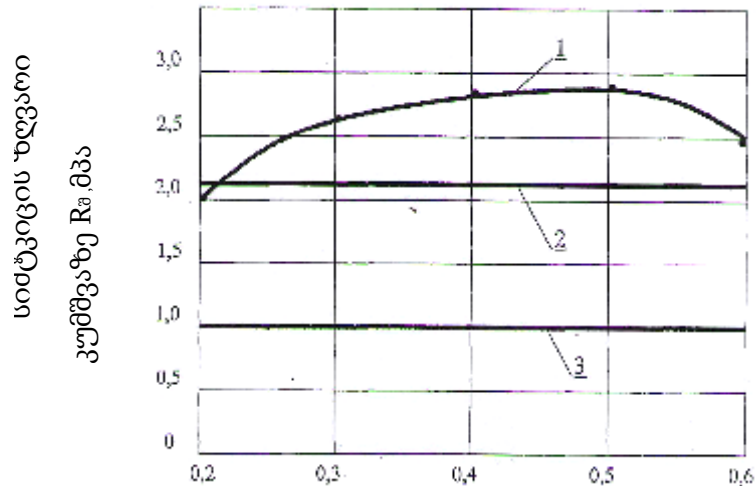
ნახაზი 3.4. წყალცემენტის ზემოქმედება აგბ-ს სიმკვრივეზე, ცემენტის დანახარჯი 5,0%

სტაბილიზატორად გამოიყენეს პორტლანდცემენტი.

ექსპერიმენტალური სამუშაოსათვის გამოიყენეს #1 აგბ-ს ნარევი.

ბიტუმის პირველადი შემადგენლობა ძველ ასფალტ-ბეტონში პრაქტიკულად არ ახდენს ზემოქმედებას აგ-ს სიმტკიცის მაჩვენებლებზე.

კვლევებმა გვაჩვენა, რომ ნარევის ხარისხის გასაუმჯობესებლად, ასფალტ-ბეტონში შეჰყავთ ცემენტი 3-6% ასფალტის გრანულატის მასისაგან. კომბინირებული შემკვრელი (ბიტუმი და ცემენტი) გვაძლევს ასფალტ-ბეტონის სიმტკიცის გაზრდის საშუალებას.



წყალცემენტის დამოკიდებულება

ნახაზი 3.5. წყალცემენტის ზემოქმედება აგ-ს სიმტკიცეზე კუმშვისას, ცემენტის დანახარჯი 5,0%; 1) ნიმუშების სიმკვრივე, 2) გოსტ-ის მოთხოვნა ცხელი მყარი ასფალტ-ბეტონისთვის მეორე მარკის, 3) გოსტ-ის მოთხოვნა ცივი მყარი ასფალტ-ბეტონისთვის მეორე მარკის

ნარევის დასამზადებლად, მომზადებულ ასფალტის გრანულატში შეგვყავს პორტლანდცემენტი M400, რაოდენობით 5,0% გრანულატის მასისაგან და აგრეთვე შეგვყავს წყალი. ნარევის ოპტიმალური ტენიანობის ძიების დროს წყალცემენტის ფარდობას ვიღებთ 0,2-დან - 0,6-მდე.

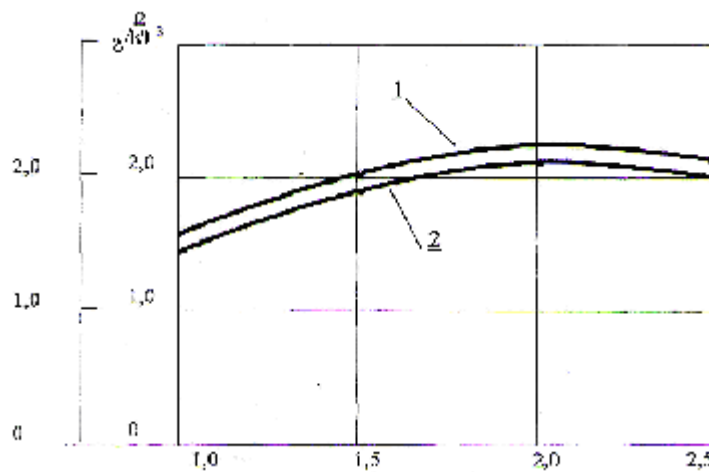
ნახაზებზე 3.4 და 3.5. ნაჩვენებია წყალცემენტის ფაქტორის ზემოქმედება აგ ნარევის სიმკვრივეზე, ასევე სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე 20°C ტემპერატურის დროს. ცდის შედეგმა აჩვენა, რომ რაციონალური წყალცემენტი შეადგენს 0,4 0,5-ს 5% ცემენტის დანამატით ასფალტის გრანულატის მასიდან.

ასფალტ-ბეტონის თვისებების აღსადგენად დანამატის სახით შეგვყავს დაფქვილი წიდა, თხევადი მინა და გათხიერებული ბიტუმი.

ვიკვლევდით ნიმუშებს N 1 აგბ-ს ნარევის დაფქული წიდის უცვლელი რაოდენობა 6% (გრანულატის მასისაგან) და თხევადი მინა 40% (წიდის მასისაგან) დროს. ასევე ვცვლიდით გათხიერებული ბიტუმის ხარჯს: 1-დან 2,5%-მდე. შედეგად: დადგენილია ბიტუმის ოპტიმალური შემცველობა 2%, რომლის დროსაც მიიღწევა აგბ-ს მაქსიმალური სიმკვრივე და სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე 20C⁰ დროს. კვლევის შედეგები მოცემულია ნახაზი 3.6.

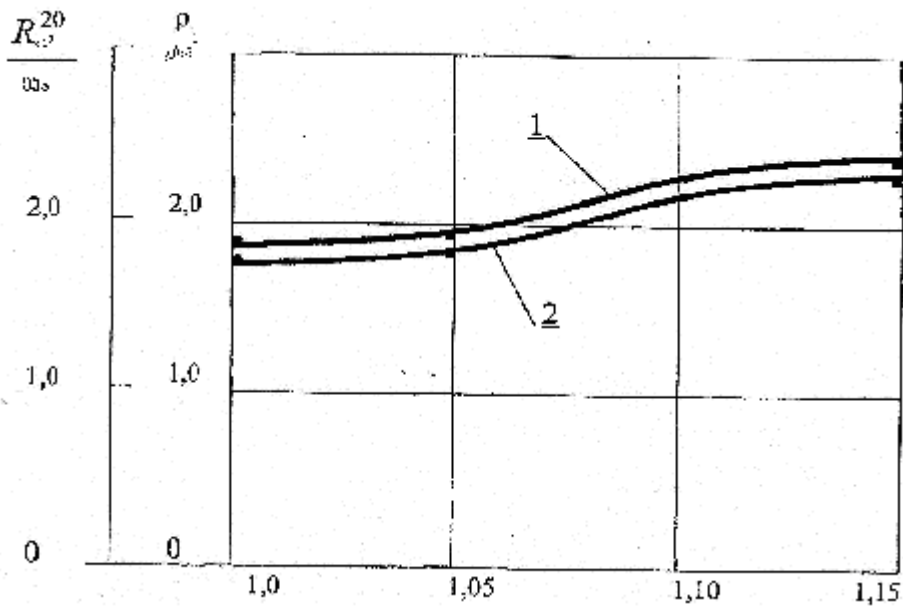
აგბ-ს ნარევის შემადგენლობა ცხრილი 3.6

ნარევის კომპონენტები	ნარევის ნომრები, კომპონენტების შემცველობით, %	
	№1	№2
ასფალტის გრანულატი(აგ)	100	100
დაფქული გრანულირებული წიდა, % გრანულატის მასიდან	6	6
გათხიერებული, % აგ-ს მასიდან	1.5....2,5	2,0
თხევადი მინა,სიმკვრივით, % აგბ-ს მასიდან, ρ, გ/სმ ³	ρ=1,1/40	ρ=1,05.....1,15/40



ბიტუმის შემცველობა, % მასით

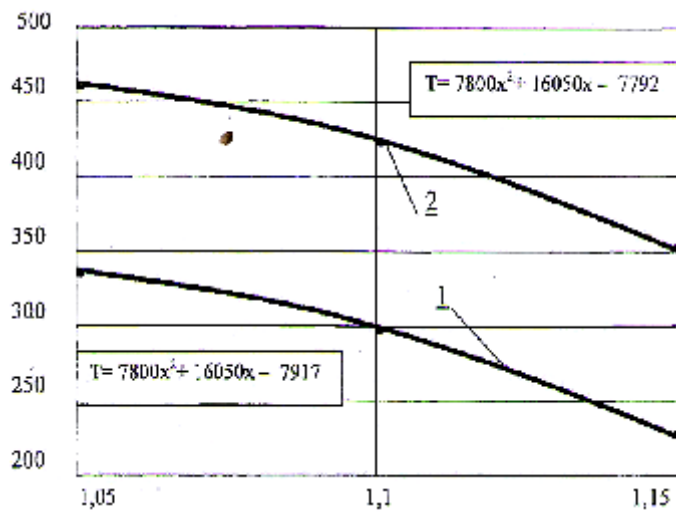
ნახაზი 3.6. გათხიერებული ბიტუმის ხარჯის ზემოქმედება №1 აგბ-ს ნარევის სიმტკიცეზე და სიმკვრივეზე. 1-სიმტკიცე, 2- სიმკვრივე



თხევადი მინის სიმკვრივე ρ , გ/სმ³

ნახაზი 3.7. თხევადი მინის სიმკვრივის ზემოქმედება №2 ნარევაში აგბ-ს სიმტკიცეზე: 1- სიმტკიცე 2სიმკვრივე

წილის შემკვრივების დრო. წთ
წილის შემკვრელის დრო



თხევადი მინის სიმკვრივე ρ , გ/სმ³

ნახაზი 3.8 თხევადი მინის სიმკვრივის ზემოქმედება წილის შემკვრელის შეჭიდულობის დროზე, წილის შემკვრელის შემადგენლობა; დაფქული წიდა-100%, თხევადი მინა (ზემოდან 100%)-40% 1.- შემკვრივების დასაწყისი; 2.-შემკვრივების დასასრული

ნახაზი 3.7. ნაჩვენებია რომ, თხევადი მინის სიმკვრივის გაზრდით იზრდება აგბ-ს სიმტკიცე და სიმკვრივე. თხევადი მინის სიმკვრივე მოქმედებს წიდის შემკვრელის შემკვრივების დასაწყის და დასასრულის ვადებზე (ნახაზი 3.8).

გზაზე მასალის ფორმირების პირობები ხშირად შორს არის სტანდარტულიაგან. ამ პირობების გათვალისწინებისათვის, ჩავატარეთ ექსპერიმენტების მთელი სერია. კვლევისთვის გამოიყენეს ნიმუშები №1 და №2 ტიპის ნარევი. კომპონენტების შემადგენლობა ამ ნარევიში მოცემულია 3.7 ცხრილში.

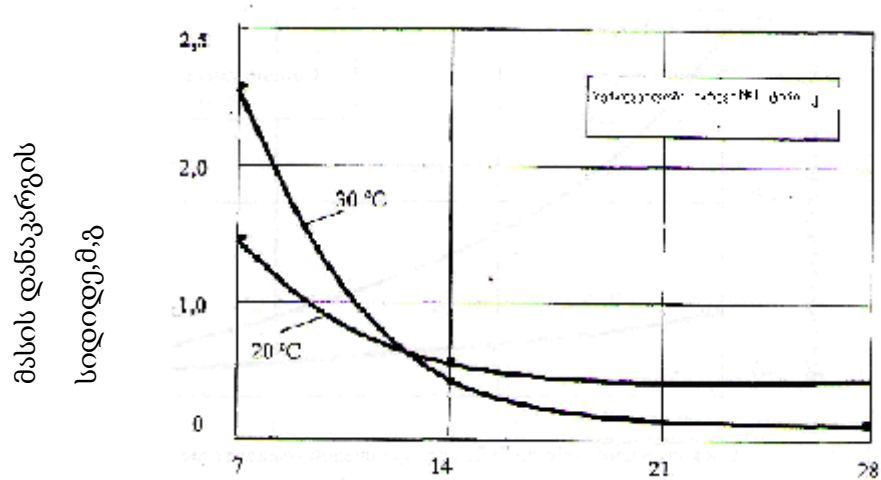
ნიმუშები მყარდებოდნენ სხვადასხვა ტემპერატურაზე. კვლევის დროს, ნიმუშების (ცილინდრების) გვერდითი ზედაპირი დახურეს წყალგაუმტარი აფსკით. ნიმუშები ინახებოდა 28 დღე-ღამის განმავლობაში 20-30 გრადუს ტემპერატურაზე.

აგბ-ს ნარევი შემადგენლობა

ცხრილი 3.7

ნარევის კომპონენტები	კომპონენტის შემცველი ნარევის ნომრები, %	
	№1	№2
ასფალტის გრანულატი(აგ) წიდის შემკვრელი, % აგ-ს მასისგან	100/5	100/-
გათხიერებული ბიტუმი, % აგ-ს მასისგან	1,5	1,5
წყალი, აგბ-ს მასიდან %	4,0	-

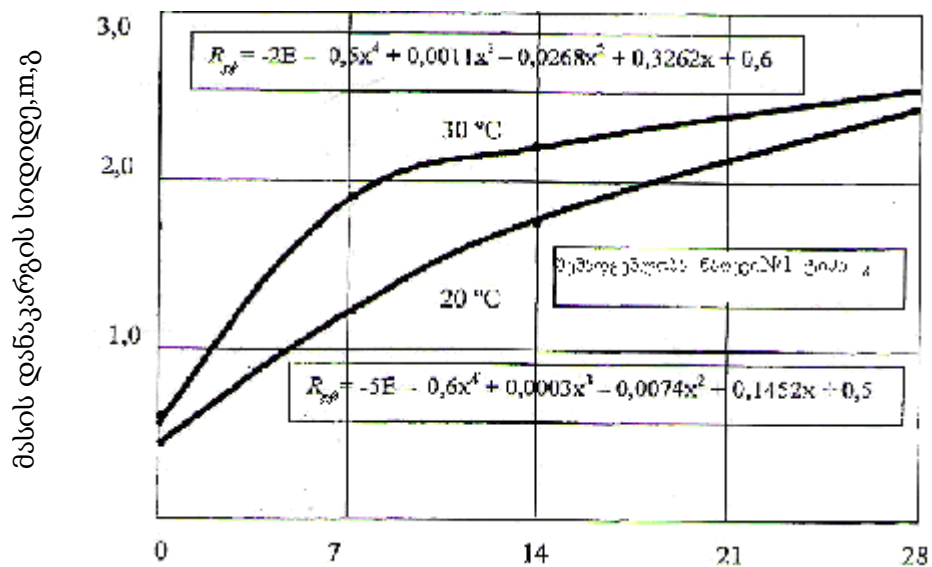
კვლევის შედეგად დაადგინეს, რომ ნარევი №1, რომელიც შეიცავს გათხიერებულ ბიტუმს და წიდის შემკვრელს, ინტენსიურად კარგავს ნიმუშების მასას პირველი 7დღე-ღამის განმავლობაში ნავთის აორთქლების ხარჯზე. ამავე დროს იზრდება ნიმუშის სიმტკიცე ბიტუმის სიბლანტის ხარჯზე ნახაზი #3.9 და # 3.10



გამყარების ვადა, დღე-ღამე, ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე C^0

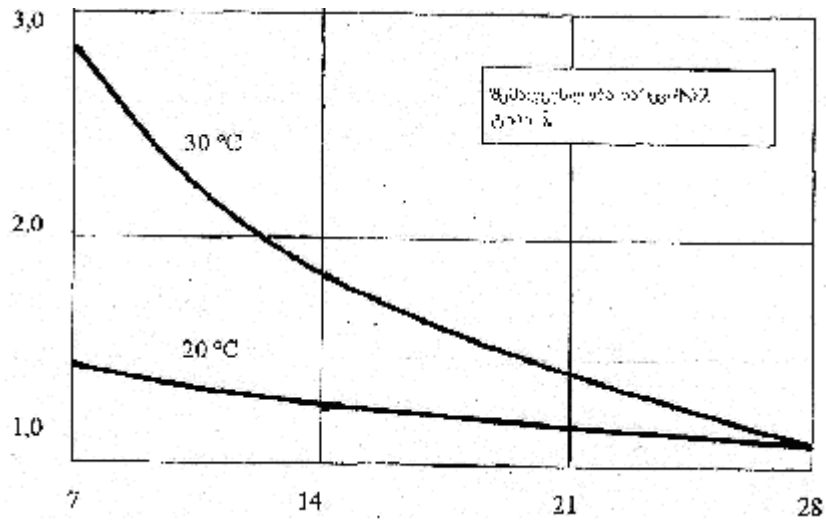
ნახაზი 3.9. გამყარების დროის და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების მასის დაკარგვაზე

შემდგომში, ნიმუშების სიმტკიცე მნიშვნელოვნად იზრდება წილის შემკვრელის გამყარების შედეგად 28 დღე-ღამის განმავლობაში. ამასთან, ჰაერის შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე სიმტკიცე იზრდება უფრო ინტენსიურად.



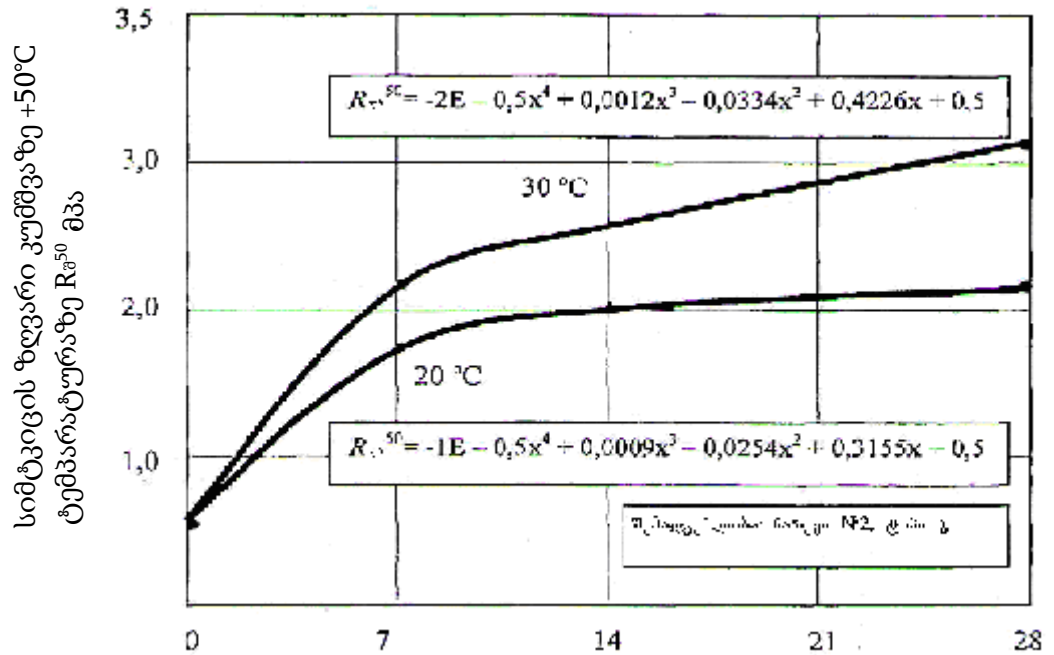
გამყარების ვადა ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე

ნახაზი 3.10. გამყარების დროის და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე



გამყარების ვადა ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე

ნახაზი 3.11. გამყარების დროსა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების მასის დაკარგვაზე



გამყარების ვადა ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე

ნახაზი 3.12 გამყარების დროსა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე

№2 ნარევი შეიცავს მხოლოდ გათხიერებული ბიტუმს. ნიმუშების მასის დაკარგვა და მათი სიმტკიცე აქტიურად იცვლება პირველი 14 დღე- ლამის განმავლობაში, რაც დაკავშირებულია ნავთიდან მსუბუქი ფრაქციის აორთქლებით. სიმტკიცის მომატება გრძელდება შედარებით მაღალ ტემპერატურზე ნიმუშების გამყარების დროს. (ნახაზი 3.11 და 3.12)

აგბ-ს ტიპის ნარევი, სადაც მინერალურ შემკვრელად გამოყენებულია ცემენტი და წიდა, ორგანულ შემკვრელად კი - გათხიერებული ბიტუმი და ქაფ-ბიტუმი. ა.გ.ბ-ს სიმტკიცის მაჩვენებლებს შორის 0 C⁰ ტემპერატურაზე კუმშვისას და ხლეჩვაზე გაჭიმვისას არსებობს თანაფარდობა R⁰კუმშვაზე/ R⁰გაჭიმვაზე, რომელიც შეიძლება განვიხილოთ მისი დრეკადული თვისებების ირიბი მახასიათებელი. რაც უფრო დაბალია R⁰კუმშვაზე/ R⁰გაჭიმვაზე – მასალა მით უფრო დეფორმირებადია და მაღალია მისი ბზარმედეგობა დინამიური და ტემპერატურული ზემოქმედებისას. ამ მაჩვენებლის გამოვლენისთვის გამოვიყენეთ ა.გ.ბ.-ს ნარევი, სადაც მინერალური შემკვრელია ცემენტისა და წიდის შემკვრელი, ხოლო ორგანული შემკვრელია გათხიერებული ბიტუმი და ქაფ-ბიტუმი.

გამოსაცდელი ნარევების შემადგენლობა მოცემულია 3.8 ცხრილში

აგბ-ს ნარევების შემადგენლობა

ცხრილი 3.8

კომპონენტების დასახელება	ნარევების ნორმები და კომპონენტების შემადგენლობა			
	№1		№2	
	1	2	3	4
ასფალტის გრანულატი	100	100	100	100
წიდის შემკვრელი, % აგბ-ს მასიდან	5	-	5	-
ცემენტი, % აგ-ს მასისგან	-	5	-	5
გათხიერებული ბიტუმი	15	-	-	-
ქაფბიტუმი, % აგ-ს მასისგან	-	3	-	-
წყალი, % წიდის შემკვრელის და ცემენტის მასისგან	40	40	40	40

აგბ-ს დეფორმაციულობის მაჩვენებელი

ცხრილი 3.9.

მაჩვენებელი	აგბ-ს ნარევის ტიპი			
	ტიპი კ		ტიპი მ	
	შემადგენლის ნომერი, სახეობა და შემკვრელის შემცველობა			
	1 წიდის შემკვრელი 5 %+ზპ 1.5%	2 ცემენტი 5%+ ზ 3,0 %	3 წიდის შემკვრელი 5%	4 ცემენტი 5%
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას 0°C ტემპერატურაზე R _{ა0} ,მპა	13,2	16,8	10,8	16,1
სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვაზე გახლეჩის 0°C ტემპერატურაზე R _{ა50} ,მპა	5,0	5,5	4,8	5,55
მასალის სიხისტის პირობითი მაჩვენებელი R _{ა0} / R _{კ0}	2,64	3,05	2,25	2,9

ამგვარად, შესაძლოა ვივარაუდოთ, რომ აგბ-ს ფენა მ და კ ტიპის ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის საფუძველზე ხასიათდება უკეთესი დეფორმაციულობით, ე.ი. უფრო ბზარმდეგიცაა ცემენტის შემცველ აგბ-სთან შედარებით.

მესამე თავის შედეგები

1. სხვადასხვა შემადგენლობის აგბ-ს ფიზიკურ-მექნიკური თვისებების ექსპერიმენტულმა კვლევებმა დაამტკიცეს, რომ ჩვენი თეორიული მოსაზრებანი, რომლებიც წარმოდგენილია დისერტაციის მეორე თავში, უმეტესად ეხება გათხიერებული ბლანტი ბიტუმისა და ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელების გამოყენებას აგბ-ში.

2. აგბ-ს სიმტკიცის საუკეთესო მაჩვენებლები მიიღება ნარევიში ოპტიმალური რაოდენობის გათხიერებული ბიტუმისა და წყლის შერევით.

3. წყლის რაოდენობა ნარევიში დამოკიდებულია მინერალური შემკვრელის ტიპზე და დოზირებაზე ასევე დამზადების და გზაზე მასალის გამყარების პირობებზე.

4. ნავთის მსუბუქი ფრაქციის აორთქლება ძირითადად ხდება ნარევის გამყარებისას პირველი ორი კვირის განმავლობაში. ამასთან აგბ-ს სიმტკიცე იზრდება.

5. აგბ-ს სიმტკიცის ფორმირებაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ნელაგამყარებად მინერალურ შემკვრელს. რაც დასტურდება ამ შემკვრელი შემცველი ნიმუშის მიერ სიმტკიცის მატების ხანგრძლივობით.

6. აგბ, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის საფუძველზე ფლობს უკეთეს დეფორმაციულობას, და ბზარმედეგია აგბ-სთან შედარებით, რომელთა შემადგენლობაში შედის ცემენტი, ბზარმედეგია.

თავი 4

4. ასფალტბეტონის საფარის რეგენერაციის რაციონალური ტექნოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა ცივი რეცინკირების მეთოდით

4.1. დროის შუალედის განსაზღვრა გზაზე ნარევის მომზადებასა და დაგებას შორის

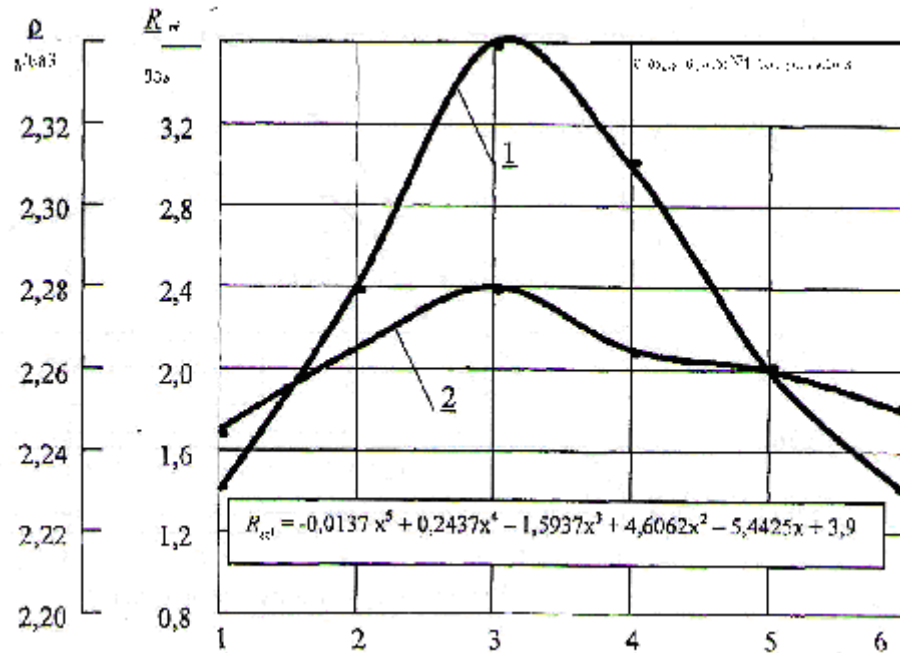
საწარმო წარმოებით პირობებში ტექნოლოგიური პროცესის ხანგრძლივობა ნარევის დამზადებიდან დაგებას და შემკვრივებამდე , დამოკიდებულია სამუშაოს ორგანიზებასა და გამოყენებულ მანქანებზე. დროის ამ მონაკვეთში აგბ-იანი ნარევი განიცდის ცვლილებებს, რომლებიც დაკავშირებულია მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციაზე, ასევე ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესებზე, რომლებიც მიმდინარეობს ძველი ბიტუმისა და პლასტიფიკატორიან ქვის მასალის შორის.

აგბ-ს ნარევთა შემადგენლობები

ცხრილი 4.1

ნარევის კომპონენტების დასახელებანი	ნარევთა ნომრები და კომპონენტთა შემადგ.		
	№1 ტიპი კ	№2 ტიპი ბ	№3 ტიპი გ
ასფალტის გრანულატი, (აგ) %	100	100	100
წიდის შემკვრელი, % აგ-ს მასიდან	5	-	5
გათხევებული ბიტუმი, % აგ-ს მასიდან	1,5	1,5	-
წყალი %წ.შ-ს მასიდან.	40	-	40

დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე, მისი მომზადების მომენტიდან გამყარებამდე, ნიმუშების სიმტკიცის ზღვარი შეკუმშვაზე და ნიმუშების სიმკვრივე ნაჩვენებია ნახაზზე 4.1-4.3

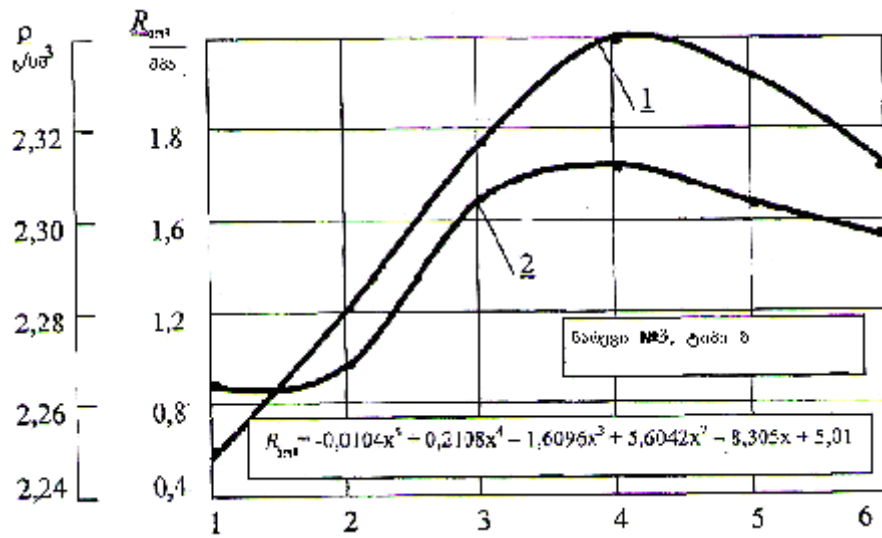


ნარევის გაჩერების დრო T,სთ

ნაზახი 4.1 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე, და ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე
 1. ნიმუშების სიკმვრივე; 2. სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე

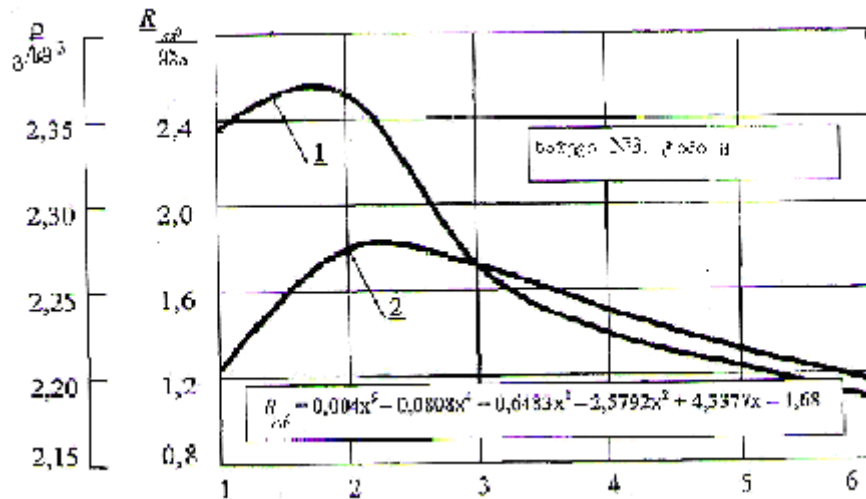
ნარევის გაჩერების ოპტიმალური დრო შეადგენს 3 საათს(№1 ნარევი კ ტიპი) ამასთან სიმტკიცე აღწევს 148 %-ს (საკონტროლო სიმტკიცედ სიმტკიცედ მიღებულია იმ ნიმუშების სიმტკიცეები, რომლებიც დამზადებულია დატკეპნამდე 1 საათით გაჩერებული ნარევისაგანმათზე ცდა ჩაატარეს 90 დღე-ღამის ასაკში--№1,№3 და 28 დღე-ღმის ასაკში #2)

№2 ბ ტიპის ნარევისთვის ოპტიმალური გაჩერების გამძლეობის დრო აღწევს 4 საათს .სიმტკიცე გამძლეობა აღწევს 140% კონტროლირებადისგან. №3 მ ტიპის ნარევისთვის გაჩერება ოპტიმალური დრო შეადგენს 2 საათს, ამასთან სიმტკიცე იზრდება 138%-მდე.



ნარევის გაჩერების დრო T, სთ

ნახაზი 4.2.. დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე ρ და ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე R



ნარევის გაჩერების დრო T, სთ

ნახაზი 4.3 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე და ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე

საწყის ეტაპზე, ნარევი, ტიპი მ რომელიც შეიცავს მინერალურ შემკვრელს, მასში ჭარბობს კოაგულაციური სტრუქტურა ცალკეული კრისტალების სახით. შემკვრელის ჰიდრატაციის პროცესი მიმდინარეობს მინერალურ მარცლებზე, ჰიდროსილიკატური გარსის წარმოქმნით.

მექნიკური ზემოქმედება ნარევეზე, ამ პერიოდში იწვევს აფსკის გახლეჩას და წყლის შეღწევას მინერალურ მარცვალთან, რაც იწვევს მინერალური მარცვლის ჰიდრატაციის უფრო ღრმა პროცესს.

ნარევის ხანგძლივად გაჩერების დროს ხდება ნიმუშების სიმტკიცის შემცირება. ნიმუშების სიმტკიცის, გაზრდის ეფექტი, განპირობებულია ოპტიმალურ დროში გამყარებამდე, რაც დამოკიდებულია მასალის სტრუქტურის ფორმირების თავისებურებებზე. მის შემადგენლობაში შედის ორგანული და ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელი.

ნარევის დამზადების საწყის ეტაპზე მ ტიპის,, რომელიც შეიცავს მინერალურ შემკვრელს, სჭარბობს კოაგულაციური სტრუქტურა კრისტალიზირებული სტრუქტურის წარმოქმნით.

ბ ტიპის ნარევეებში, რომლებიც შეიცავენ გათხიერებული ბიტუმს, მიმდინარეობს ახალი ბიტუმის ურთიერთქმედება როგორც პლასტიფიკატორის ძველ ბიტუმთან. შედეგად წარმოიქმნება აფსკის გრანულეებზე, რომელიც ამცირებს ხახუნის ძალას ნარევის გამყარებისას. ამ აფსკის ხარისხი დამოკიდებულია ძველ ბიტუმზე პლასტიფიკატორის ზემოქმედების დროზე. ოპტიმალური დრო შეადგენს 4 საათს. ამის შემდეგ მიმდინარეობს ბიტუმის სიბლანტის გაზრდა დამათხელებლის აორთქლებისა და მიმდინარე ფიზიკა ქიმიური პროცესების ხარჯზე, რომელიც თავის მხრივ იწვევს ნიმუშის სიმკვრივის და შეჭიდულობის დაკარგვას დატკეპნის სტანდარტული რეჟიმის დროს.

4.2. კლიმატური პირობების გავლენა ასფალტბეტონის საფარების რეგენერაციის ტექნოლოგიაზე

წინა პარაგრაფში ჩვენს მიერ წარმოდგენილმა კვლევებმა აჩვენა, რომ მომატებული სიმტკიცის მქონე საგზაო სამოსის ფენები შეიძლება მიღებულ იქნას

ა.გ.ბ-ს ნარევების წინასწარი დაყოვნების გზით მათი დამზადების მომენტიდან შემკვრივების დაწყებამდე. შეიძლება არა უბრალოდ ნარევის დაყოვნება, არამედ უფრო გულდასმით შრის პროფილირება და შემკვრივება(ამ პროცესების აუცილებელი დასრულებით ინდუქციური პერიოდის ფარგლებში), მაგრამ თხელი ფენით გზაზე დაფენილი ნარევის დაყოვნებამ შეიძლება გამოიწვიოს მის მიერ ძვრადობის დაკარგვა შემკვრელის ჰიდრატაციის, ტენისა და გამათხიერებლის გაწოვისა და ოართქლების, ასევე ბიტუმისა და გრანულატის ფიზიკურ-ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად. ამის შედეგად სტანდარტული გამკვირება აღარ მოგვცემს ფენაში მასალის აუცილებელი(მოთხოვნილი) სიმკვრივის მიღწევის საშუალებას ამ მოვლენის ყველა ნეგატიურ შედეგთან ერთად. ჰაერის ტემპერატურის ქარის სიჩქარის ზრდა მნიშვნელოვნად აჩქარებენ ზემოთ აღნიშნულ პროცესებს. ნარევის კარგი შემკვრივებადობის შენარჩუნების ერთ-ერთი გზა წყლის დოზირების გარკვეული გაზრდა ოპტიმალურზე მეტად რეცინკლერის მიერ გზაზე ნარევის დამზადების დროს.

კლიმატური პირობებისა და მშენებლობის ტექნოლოგიის გათვალისწინებით ნარევის მომზადებისას წყლის ხარჯის ნორმების დასადგენად ჩავატარეთ კვლევები საველე პირობებში. აორთქლებისა და ტენის შიდა გადანაწილების პირობების შესაქმნელად ნარევი თავსდებოდა სპეციალურ ფორმებში, რომლებიც დამზადებული იყო წვრილი კაპრონის ბადისგან ზომით 20X20 სმ და სიმაღლით 10 სმ. ნარევის შემცველ ფორმებს ვათავსებდით გაუმკვრივებელი ნარევის ფენაში და პერიოდულად ვწონიდით. ქარის სიჩქარეს ვადგენდით მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების მიხედვით. ქარის სიჩქარის გამოთვლა ხდებოდა შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$V = \frac{V_{\text{ш}}}{\sqrt[4]{h_{\text{საშ}}/h}} \quad (4.1)$$

სადაც $V_{ფ}$ – ქარის სიჩქარეა მეტეოსადგურის ფლუგერის სიმაღლეზე. V – ქარის სიჩქარე გზის საფარიდან $h = 2\text{მ}$ სიმაღლეზე.

ნარევიდან ტენის აორთქლებაზე დაკვირვების პერიოდში ჰაერის ტემპერატურა t 10- დან 30°C-მდე იცვლებოდა, ქარის საანგარიშო სიჩქარე V 0-დან 5 კმ/სთ–მდე, ნარევის საწყისი ტენიანობა W_H^C 7-დან 11%-მდე. ნარევის ვაჩერებდით 2-დან 8 სთ–მდე. კლიმატური ფაქტორებისა და გზაზე ნარევის დაყოვნების დროის მისგან ტენის აორთქლების მოცულობაზე გავლენის მათემატიკური მოდელის (რეგრესიის განტოლების) დამუშავება განვახორციელეთ ექსპერიმენტის ფაქტორული დაგეგმვის მეთოდის მეშვეობით. შემავალი ფაქტორების სახით მონაწილეობს 4 ფაქტორი:

- ✓ ჰაერის ტემპერატურა (t , °C);
- ✓ ქარის სიჩქარე (v , მ/წმ);
- ✓ ნარევის დაყოვნების დრო (სთ);
- ✓ ნარევის საწყისი საშუალო ტენიანობა (M , %).

ადექვატური მათემატიკური მოდელის აგების ალგორითმი შემდეგი ეტაპებისაგან შედგება:

- ✓ სიდიდეთა ნატურალური მნიშვნელობებიდან კოორდინატა უგანზომილებო (კოდირებულ) სისტემაზე გადასვლა;
- ✓ ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცის შედგენა
- ✓ რეგრესიის განტოლების შედგენა ტენის აორთქლების მოცულობის W განსაზღვრისათვის ზემოთ მითითებულ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით კოორდინატა უგანზომილებო სისტემაში;
- ✓ ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცაში გამოძახილთა y სვეტის შევსება, შემუშავებული გეგმის მიხედვით ექსპერიმენტის რეალიზაციის იმიტირებით;

- ✓ რეგრესიის კოეფიციენტთა განსაზღვრა და მათი ნიშნადობის (მნიშვნელობის) ხარისხის შემოწმება;
- ✓ მიღებული მათემატიკური მოდელის ადექვატურობის შემოქმედა;
- ✓ უგანზომილებო სისტემაში რეგრესიის განტოლებიდან გაზომვის ნატურალურ ერთეულებში შედგენილ განტოლებაზე გადასვლის განხორციელება;

რეგრესიის განტოლება ზოგადად შეიძლება შემდეგი სახით იქნას წარმოდგენილი:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4$$

ან

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i x_i + \sum_{i,j=1}^4 b_{ij} x_i x_j ,$$

სადაც b_0 – განტოლების თავისუფალი წევრია, b_i განტოლების წრფივი წევრების კოეფიციენტია, b_{ij} – განტოლების წყვილი ურთიერთობების წევრთა კოეფიციენტები, x_i -, x_j – შემავალი ფაქტორების კოდირებული სახე. ექსპერიმენტის დაგეგმვის პირობები წარმოდგენილია ცხრილ 4,2-ში

ექსპერიმენტის დაგეგმვის პირობები

ცხრილი 4.2

ფაქტორები		ვარიანების დონეები			ვარიანების ინტერვალი
ნატურალური სახე	კოდირებული სახე	-1	0	+1	
ჰაერის ტემპერატურა ($t, ^\circ\text{C}$);	x_1	10	20	30	10
ქარის სიჩქარე $v, \text{მ/წმ}$	x_2	0	2,5	5	2,5
ნარევის დაყოვნების დრო $T(\text{სთ})$;	x_3	2	5	8	3
ნარევის საწყისი საშუალო ტენიანობა $W_H^C, \%$	x_4	7	9	И	2

b_0, b_1 , და b_i კოეფიციენტების დასადგენად აუცილებელია შევადგინოთ და ამოვხსნათ 12 განტოლება, რომლებშიც უცნობებს განსახილველი ფუნქციის პარამეტრები წარმოადგენს, ამიტომ აუცილებელია როგორც მინიმუმ 16 ექსპერიმენტის ჩატარება სრული ფაქტორული ექსპერიმენტის მიხედვით (ცხრილი 4.3) ექსპერიმენტების (ცდების) შემოწმება ვახდენდით კოხრენის კრიტერიუმის G-ს მიხედვით:

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_1^N S_u^2} \leq G_2^T(f_1; f_2),$$

კოხრენის კრიტერიუმის მოთხოვნილი (ცხრილის) მნიშვნელობაა

$$G_2^T(f_1; f_2) \text{ ოუ } f_1 = n-1 = 4-1 = 3; f_2 = N = 16; [G_{0,35}^T] = 0.2419$$

აღწარმოების დისპერსია S_u^2 , რომელიც ახასიათებს ექსპერიმენტების (ცდების) შედეგების შეცდომას ფაქტორთა i -ურ შეხამებაში, მიიღება შემდეგი ფორმულის მიხედვით

$$S_u^2 = \frac{\sum (y_{ij} - \bar{y}_{.j})^2}{n-1} \quad (4.3)$$

აღწარმოების გაანგარიშების შედეგად მიიღება:

$$S_1^2\{y\} = \frac{(4,63 - 4,51)^2 + (4,40 - 4,51)^2 + (4,50 - 4,51)^2}{3-1} = 0,0133.$$

$$\begin{aligned} S_2^2\{y\} &= 0,0079; S_3^2\{y\} = 0,0004; S_4^2\{y\} = 0,0019; S_5^2\{y\} = 0,0201; S_6^2\{y\} = 0,0093; \\ S_7^2\{y\} &= 0,0001; S_8^2\{y\} = 0,0066; S_9^2\{y\} = 0,0067; S_{10}^2\{y\} = 0,0028; S_{11}^2\{y\} = 0,0007; \\ S_{12}^2\{y\} &= 0,0012; S_{13}^2\{y\} = 0,0067; S_{14}^2\{y\} = 0,0013; S_{15}^2\{y\} = 0,0103; S_{16}^2\{y\} = 0,0007. \end{aligned}$$

დაგეგმვის მატრიცა, ცდებისა და გაანგარიშების შედეგები

ცხრილი 4.3

№	ნატურალური სახე				კოდირებული სახე				W			Y _j	Y*
	t, °C	v, მ/წმ	T, სთ	W _H ^C %	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃		
1	30.	5	8	11	+1	+1	+1	+1	4,63	4,40	4,50	4,51	4,342
2	30	5	8	7	+1	+1	+1	-1	3,75	1,62	3,58	3,65	3,678
3	30	5	2	11	+1	+1	-1	+1	1,54	1,50	1,52	1,52	1,678
4	30	5	2	7	+1	+1	-1	-1	1,46	1,38	1,45	1,43	1,410
5	30	0	8	11	+1	-1	+1	+1	3,04	3,25	3,31	3,20	3,268
6	30	0	8	7	+1	-1	+1	-1	2,57	2,75	2,60	2,64	2,708
7	30	0	2	11	+1	-1	-1	+1	1,16	1,14	1,15	1,15	1,088
8	30	0	2	7	+1	-1	-1	-1	1,11	0,90	0,99	1,00	0,924
9	10	5	8	И	-1	+1	+1	+1	1,70	1,75	1,59	1,68	1,794
10	10	5	8	7	-1	+1	+1	-1	1,30	1,40	1,32	1,34	1,36C
11	10	5	2	11	-1	+1	-1	+1	0,52	0,48	0,53	0,51	0,406
12	10	5	2	7	-1	+1	-1	-1	0,39	0,39	0,45	0,41	0,374
13	10	0	8	11	-1	-1	+1	+1	1,4	1,25	1,30	1,23	1,212
14	10	0	8	7	-1	-1	+1	-1	1,05	0,98	1,00	1,01	0,888
15	10	0	2	11	-1	-1	-1	+1	0,21	0,28	0,41	0,30	0,308
16	10	0	2	7	-1	-1	-1	-1	0,26	0,27	0,22	0,25	0,380

ექსპერიმენტები (ცდები) აღწარმოებადია, ვინაიდან კობრენის კრიტერიუმის მოთხოვნილი (აუცილებელი) მნიშვნელობა ფაქტიურს არემატება:

$$G = \frac{0,0201}{0,09} = 0,2233 \leq 0,2419.$$

b_0, b_1 და b_{ij} ადგენდნენ შემდეგი ფორმულების მიხედვით

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}_i}{N}, \quad b_1 = \frac{\sum_{i=1}^N x_{i1} \bar{y}_i}{N}, \quad b_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{i1} x_{ij} \bar{y}_i}{N}, \quad (4.4)$$

სადაც, N-გვერდის წერტილთა რაოდენობაა, N = 16, \bar{y}_i – გამოსავალი პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობა u წერტილში; z-ური ფაქტორის მნიშვნელობა მატრიცის სტრიქონში, w-იურ ცდაში, x_{ju} j-ური ფაქტორის მნიშვნელობა მატრიცის სტრიქონში w-იურ ცდაში.

განგარიშების შედეგად მიიღება: $b_0 = 1,614$; $b_1 = 0,773$; $b_2 = 0,267$; $b_3 = 0,793$; $b_4 = 0,148$; $b_{12} = 0,123$; $b_{13} = 0,319$; $b_{14} = 0,059$; $b_{23} = 0,121$; $b_{24} = 0,026$; $b_{34} = 0,099$

მაშინ რეგრესიის განტოლებას პირველ მიახლოებაში შემდეგი სახე ექნება:

$$y = 1,614 + 0,773x_1 + 0,267x_2 + 0,793x_3 + 0,118x_4 + 0,123x_1x_2 + 0,319x_1x_3 + 0,059x_1x_4 + 0,121x_2x_3 + 0,026x_2x_4 + 0,099x_3x_4 \quad (4.5)$$

რეგრესიის კოეფიციენტების ნიშნადა მიიჩნევა, თუ სტიუდენტის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობამ, t -აღმოჩნდება ცხრილის t_T მნიშვნელობაზე მეტი, რომელიც დგინდება თავისუფლების დონეების რიცხვის ნიშნადობის მოცემულ დონეზე დამოკიდებულებით (მოცემულ შემთხვევაში $t_T = 2,12$ ნიშნადობის დონისათვის და სარწმუნო ალბათობისათვის 0,95)

$$t_{p(b_1)} = \frac{|b_1|}{0,378S_F} \geq t_T; \quad t_{p(b_2)} = \frac{|b_2|}{0,2041S_F} \geq t_T; \quad t_{p(b_3)} = \frac{|b_3|}{0,25S_F} \geq t_T \quad (4.6)$$

სადაც S_F – გამოსავალი პარამეტრის საშუალო კვადრატული ცდომა (გადახრა)=0,970313

განგარიშების შედეგად გამოვიდა, რომ ნიშნადი შემდეგი კოეფიციენტებია $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_{12}, b_{13}$ და b_{23} . რეგრესიის განტოლების არანიშნადი კოეფიციენტების უკუგდებათ (უგულებელყოფით) დავწერთ:

$$y = 1,614 + 0,773x_1 + 0,267x_2 + 0,793x_3 + 0,118x_4 + 0,123x_1x_2 + 0,319x_1x_3 + 0,121x_2x_3. \quad (4.7)$$

რეგრესიის მიღებული განტოლების ადექვატურობის შესაფასებლად გამოვიყენეთ ფიშერის F კრიტერიუმი. განტოლება ადექვატურად მიიჩნევა, ტუ საანგარიშო მნიშვნელობა F_p ნაკლების ცხრილის მნიშვნელობაზე F_T , რომელიც სარწმუნო ალბათობასა და ხარისხთა რაოდენობაზეა დამოკიდებული. ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობას ადგენენ შემდეგი ფორმულების მიხედვით:

$$F_p = \frac{S_{\text{აღ}}^2}{S_F^2} \quad \text{თუ} \quad S_{\text{აღ}}^2 > S_F^2 \quad F_p = \frac{S_F^2}{S_{\text{აღ}}^2} \quad \text{თუ} \quad S_F^2 > S_{\text{აღ}}^2 \quad (4.8)$$

სადაც S_F^2 – გამოსავალი პარამეტრის აღწარმოების დისპერსიაა, $S_F^2 = 0,016$

ადექვატურობის დისპერსია $S_{\text{კლ}}^2$ განისაზღვრებოდა შემდეგი ფორმულით

$$S_{\text{კლ}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_u - \bar{y})^2}{N - m}, \quad (4.9)$$

სადაც \bar{y} – გამოსავალი პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობაა, N-ცდების რაოდენობა, N=16, M – რეგრესიის განტოლების ნიშნადი კოეფიციენტების რიცხვი, m=8.

განგარიშებათა შედეგად მიიღება $S_{\text{კლ}}^2 = 0,052$. განსახილველი ამოცანისათვის მიღებულია სარწმუნო ალბათობა $p = 0,95$, ($F_p = 3,25$) < ($F_T = 3,44$) – მათემატიკური მოდელი ადექვატურია.

განტოლების წევრთა გადაყვანა გაზომვის ნატურალურ ერთეულებზე წარმოებს შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$x_j = (x_{\text{ტ}} - x_0) / x_{30}$$

სადაც x_j – კოდირებული ცვლადის მიმდინარე მნიშვნელობაა, $x_{\text{ტ}}$ კოდირებული ფაქტორის მნიშვნელობა საყოველთაოდ მიღებულ ნატურალურ მაშტაბში, x_0 – ვარირების შერჩეული ცენტრი (ექსპერიმენტის ცენტრი) ან ძირითადი (ნულოვანი) დონე; x_{30} – მოცემული ცვლადის ვარირების ინტერვალი.

ვაწარმოებთ რა გარდაქმნებს, საბოლოოდ მივიღებთ რეგრესიის განტოლებას ნატურალური სახით.

$$W = 0,356 + 0,005v(3 + v) - v(0,046 - 0,011T) + T(0,027 + 0,01t) + 0,025 W_H^C. \quad (4.11)$$

თითოეული შემავალი ფაქტორის ტენის აორთქლების მოცულობაზე W-გავლენის შესაფასებლად ჩატარებულ იქნა განგარიშება, რომელშიც საწყისი მონაცემების სახით შემავალი ფაქტორების ნულოვანი (ცენტრალური) დონეები გამოიყენებოდა. ერთ–ერთი მათგანის შეცვლისას დანარჩენი ფაქტორები საწყის მდგომარეობაში იმყოფებოდა. განგარიშებების შედეგები ცხრილ 4.4–შია მოყვანილი.

ტენის აორთქლების მოცულობაზე გარე ფაქტორების გავლენის შეფასება

ცხრილი 4.4

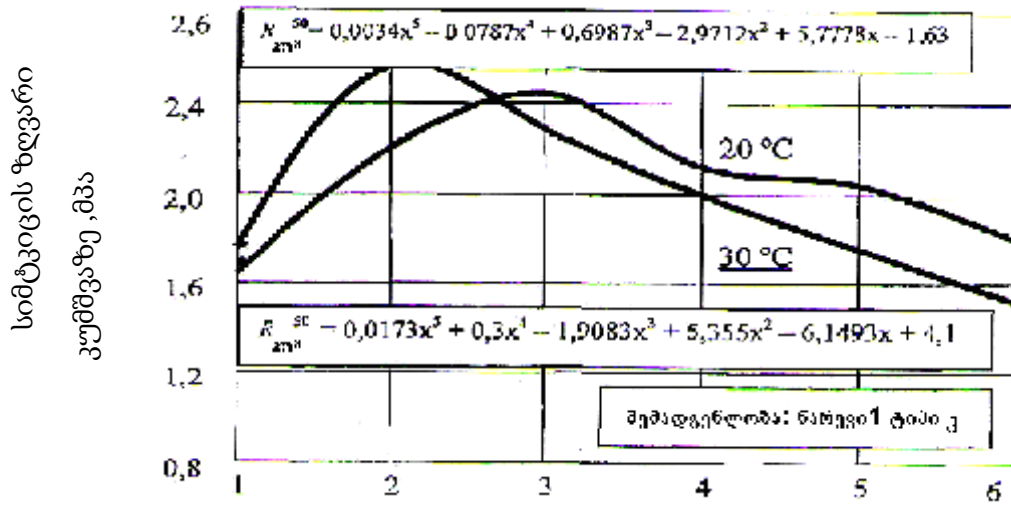
ფაქტორები		შემავალი პარამეტრების ცვლილება, %
ნატურალური სახე	კოდირებული სახე	
ჰაერის ტემპერატურა t , °C	x_1	32 ÷ 149
ქარის სიჩქარე v , მ/წმ	x_2	17
ნარევის დაყოვნების დრო T , სთ	x_3	48
ნარევის საწყისი საშუალო ტენიანობა W_H^C , %	x_4	5

ნარევის დაყოვნების დროსა და სამუშაოთა წარმოების კლიმატურ პირობებზე (ამინდზე) ტენის დაკარგვის დადგენილი დამოკიდებულება იძლევა საშუალებას მოვახდინოთ რეცეპტურის კორექტირება ნარევი წყლის დამატებითი რაოდენობის (ოპტიმალურ შემცველობაზე მეტად) შერევის გზით. წყლის დამატებითი რაოდენობა ორთქლდება ნარევის ა.გ.ბ ფენიდან და საანგარიშო დროისათვის უზრუნველყოფთ მასალის აუცილებელ მოხერხებულ დაგებასა და შემკვრივებას და ასევე ა.გ.ბ-დან მაღალი ხარისხის საგზაო სამოსის ფენის მიღების შესაძლებლობას.

4.3. სამუშაოების ჩატარების რაციონალური ტექნოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა

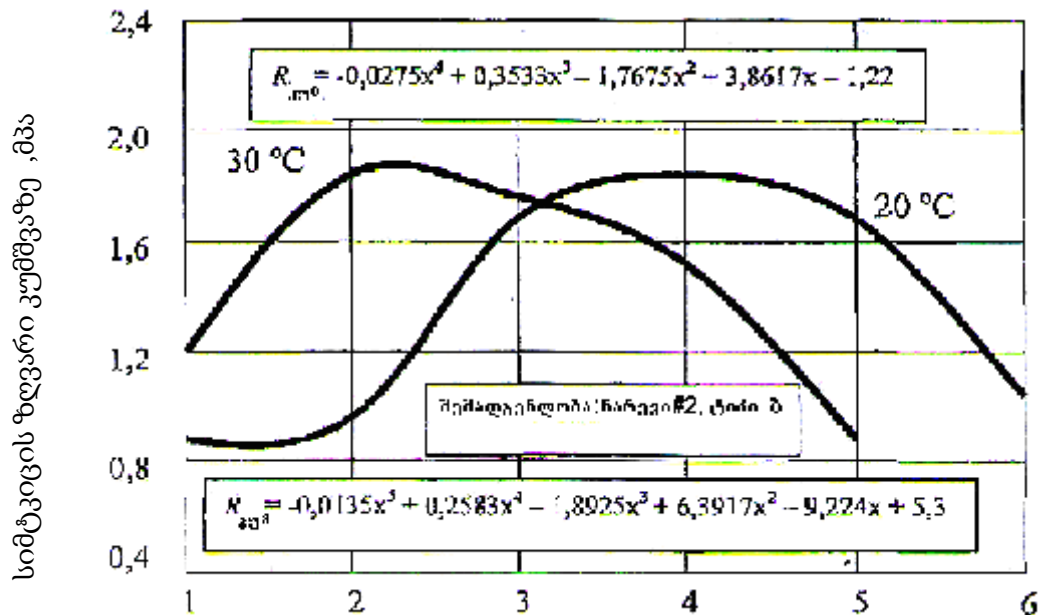
ნარევის შემადგენელი კომპონენტების დოზირების ზემოქმედების ხარისხის განსაზღვრამ, ცალკეული ტექნოლოგიური ფაქტორებისა და ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელით და გათხიერებული ბიტუმით აგბ-ს ფორმირების პირობებმა საშუალება მოგვცა რომ შეგვეჩია რაციონალური, ტექნოლოგიური სამუშაოების პარამეტრები. ასევე ვმართოთ მიღებული გზის საფარის ფენის ხარისხი.

ნარევის დაყოვნებისას 20 გრადუს ტემპერატურაზე 3-4 საათის განმავლობაში იზრდება აგზ-ს სიმკვრივე და კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი. ჰაერის ტემპერატურის გაზრდა 30 გრადუსამდე, ამცირებს ამ პერიოდს 1-2 საათით. მოცემული კანონზომიერებანი გამოსახულია ნახაზზე (4.4.-4.6)



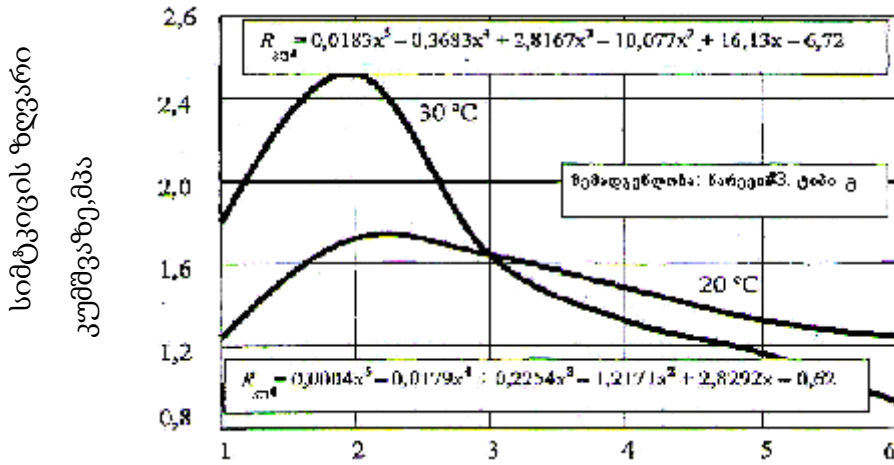
ნარევის გაჩერების ხანგრძლივობა დატკეპნამდე, სთ

ნახაზი 4.4. ნარევის გაჩერების დროის ზემოქმედება 20 და 30 გრადუს ტემპერატურაზე ნიმუშის სიმტკიცეზე.



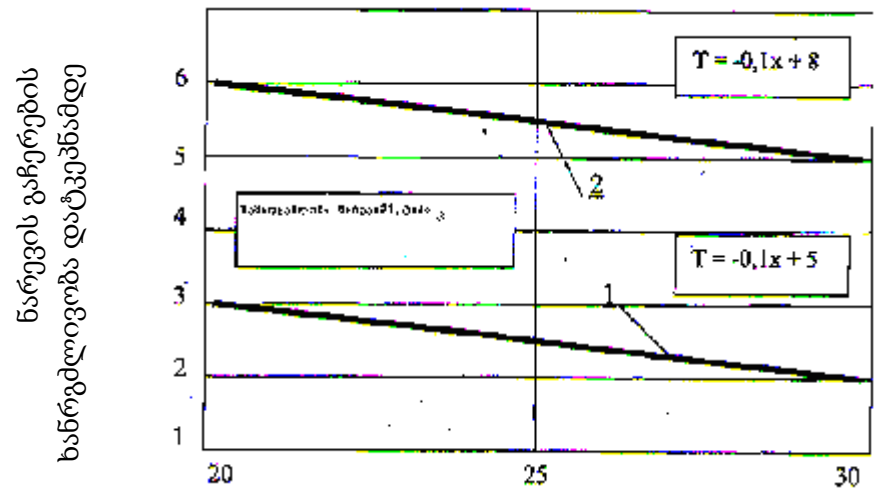
ნარევის გაჩერების დრო გამყარებამდე

ნახაზი 4.5 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერებაზე 20° C და 30° C-ზე ნიმუშის სიმტკიცეზე.

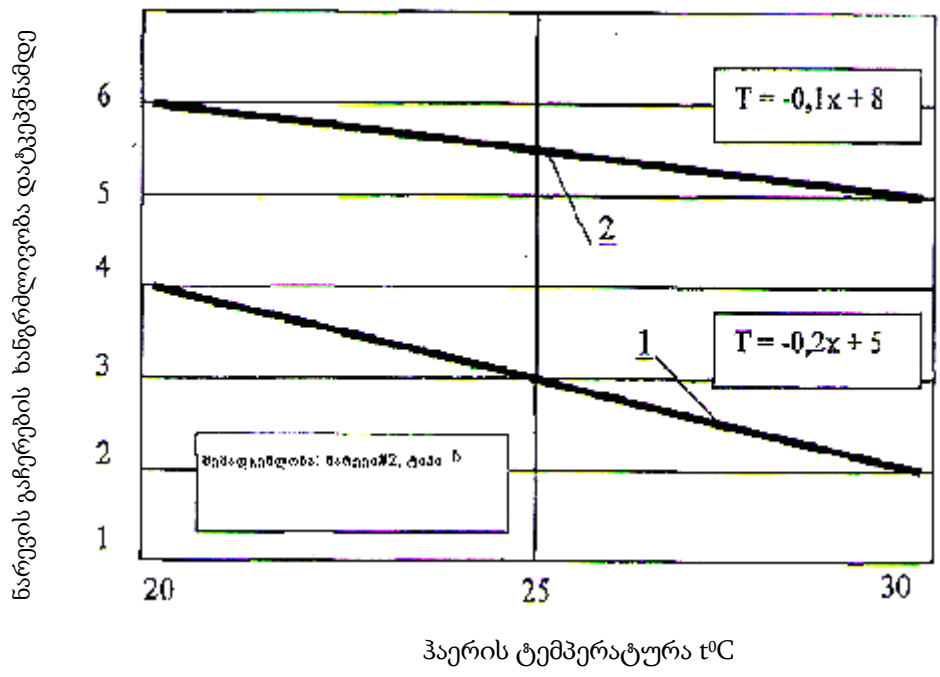


ნარევის გაჩერების დრო გამყარებამდე
ნახაზი 4.6 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერებაზე 20° C და 30° C-ზე ნიმუშის სიმტკიცეზე.

ამ მონაცემების საფუძველზე, დადგენილია ნარევის გაჩერების დრო შემკვრივებამდე, რომლის დროსაც შეგვიძლია მივიღოთ მასალის მაქსიმალური სიმტკიცის ზრდა, დამოკიდებული ჰაერის ტემპერატურაზე დატკეპნამდე ოპტიმალური შუალედი ასევე განსაზღვრულია დასაშვები დროის შუალედი, რომლის დროსაც მიღებული მასალის სიმტკიცე არ დაიწევს მომზადებისთანავე მის დატკეპნასთან შედარებით. (ნახაზი 4.7. და 4.8)



ჰაერის ტემპერატურა
ნახაზი 4.7 ოპტიმალური (1) და დასაშვები (2) შემკვრივების დრო ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე.



ნახაზი 4.8. ოპტიმალური (1) და დასაშვები (2) შემკვრივების დრო ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე.

ნარევის დამზადების ხანგრძლივობა T_1 , ნარევის დაგების დრო T_2 , ნარევის დაგებიდან მის დატკეპნამდე პერიოდი T_3 , ნარევის დატკეპნის პერიოდი T_4 . ზემოთ ჩამოთვლილი დროების ჯამი არ უნდა აღემატებოდეს წინასწარ განსაზღვრულ T დროს, რომელიც დამოკიდებულია იმ მომენტისათვის არსებული ჰაერის ტემპერატურაზე.

ძირითადი ტექნოლოგიური ოპერაციების შესრულების დროის ბალანსი გამოიხატება ტოლობით:

$$T \geq T_1 + T_2 + T_3 + T_4. \tag{4.12}$$

დადგენილ დროში ტექნოლოგიური ოპერაციებისას მიღებული იქნება მასალა, რომლის სიმტკიცე არ იქნება ნორმატიულზე დაბალი. კონსტრუქციული ფენის მოსაწყობად დროის ხანგრძლივობა დაგებისათვის T_2 და დატკეპნისთვის T_4 განისაზღვრება ფორმულებით: (4.13) (4.14)

$$T_2 = \frac{S}{\Pi_{\text{დაბ}}}$$

$$T_4 = \frac{S}{\Pi_{\text{დაბტბ}}}$$

სადაც S - გზის საფარის ფართობია მ^2 , $\Pi_{\text{დაბ}}$ და $\Pi_{\text{დაბტბ}}$

შესაბამისად დამგები და დამტკეპნი მანქანების წარმადობაა, $\text{მ}^2/\text{სთ}$.

ტექნოლოგიური ოპერაციების შესრულების დროს ბალანსის ტოლობას აქვს შემდეგი სახე:

$$T = T_1 + \frac{S}{\Pi_{\text{დაბ}}} + T_3 + \frac{S}{\Pi_{\text{დაბტბ}}} \quad (4.15)$$

ამ ტოლობის გამოყენებით შეგვიძლია განვსაზღვროთ L - ტექნოლოგიური არეალის სიგრძე საგზაო საფარის რემონტისას.

$$L = \frac{\Pi_{\text{დაბ}} \Pi_{\text{დაბტბ}} (T - T_1 - T_3)}{(\Pi_{\text{დაბ}} + \Pi_{\text{დაბტბ}}) \cdot B} \quad (4.16)$$

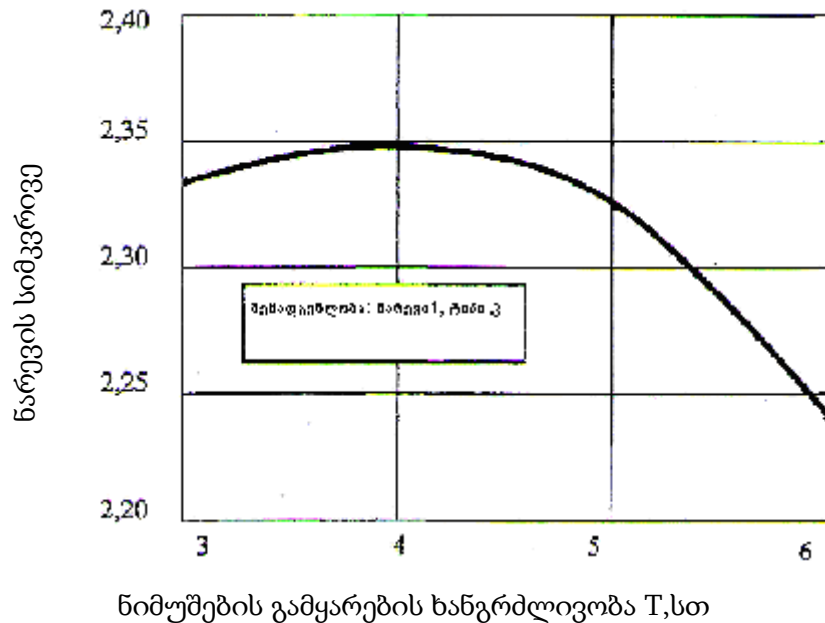
სადაც B - სარემონტო საფარის სიგანეა, მ ; ტექნოლოგიური მაქსიმალურად შესაძლებელი სიგრძე L_{max} (მასალის ნორმაზე არანაკლები სიმტკიცის შენარჩუნების პირობიდან გამომდინარე) თუ ნარევის გაჩერების დრო $T_3 = 0$ გამოითვლება ფორმულით:

$$L_{\text{max}} = \frac{\Pi_{\text{დაბ}} \Pi_{\text{დაბტბ}} (T - T_1)}{(\Pi_{\text{დაბ}} + \Pi_{\text{დაბტბ}}) \cdot B} \quad (4.17)$$

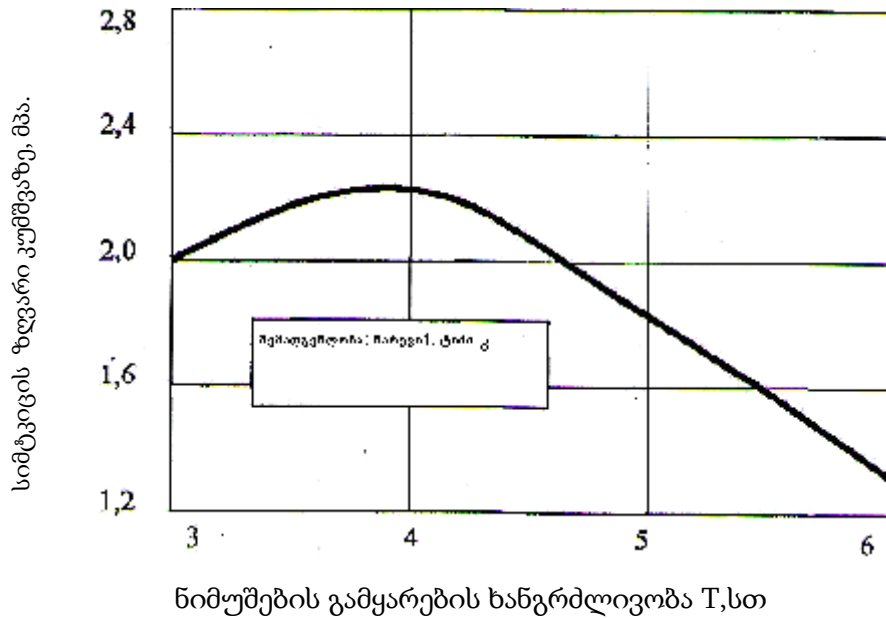
მიღებული შედეგები შეიძლება გამოვიყენოთ საგზაო საფარის რემონტის ტექნოლოგიური რუქების შესაქმნელად.

**4.4 რეცინკირებული ასფალტ-ბეტონის ხელმეორედ გამოყენებადობის
გამოკვლევა მასალის გამყარებისა
დრეულ სტადიაზე**

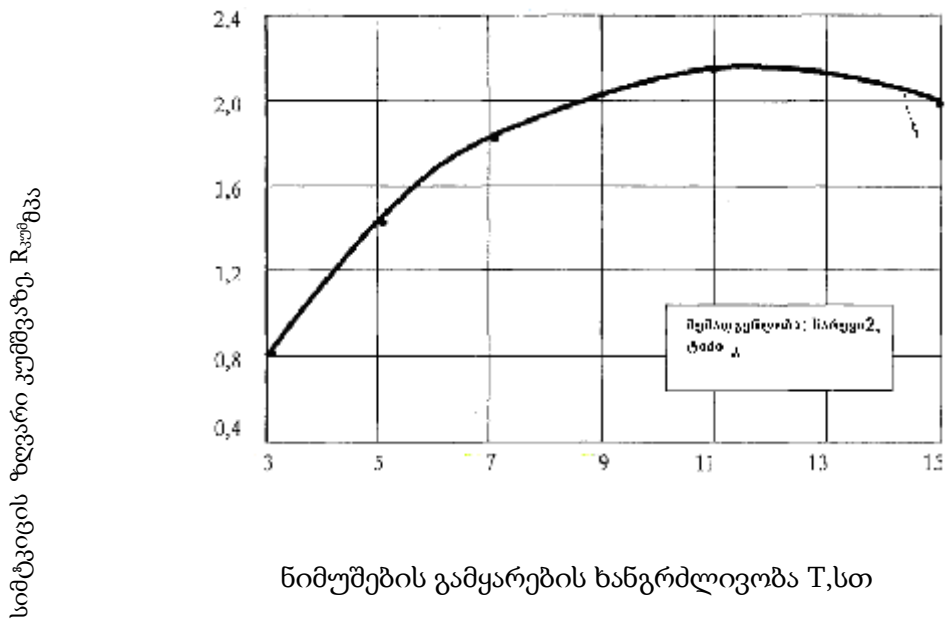
გზებზე მუშაობის პროცესში, გარკვეული გარემოებების გათვალისწინებით, (ამინდის შეცვლა, ცალკეული ტექნოლოგიური რეჟიმების დარღვევა), შეიძლება აუცილებელი გახდეს მასალის ხელმეორედ გადამუშავება. ხელმეორედ გადამუშავების შესაძლებლობის გამოსავლენად, გამოვიყენეთ ბ და კ ტიპის ცილინდრის ნიმუშები. გვერდითი ზედაპირი დალუქეს წყალგაუმტარი აფსკით. ნიმუში ინახებოდა 3-დან 15 საათამდე 20 გრადუს ტემპერატურაზე. მიაღწიეს ნარევის მდგომარეობას. შემდეგ ნიმუშები გავაფხვიერეთ და ისევ მივეციტ ცილინდრის ფორმა. ბ ტიპის ნიმუში ხელმეორედ ფორმირების შემდეგ შენახულ იქნა 28 დღე-ღამე გამოცდამდე, ხოლო კ ტიპის – 90 დღე-ღამე, ამ გამოკვლევის შედეგები ნაჩვენებია ნახაზზე. 4.9–4.12.



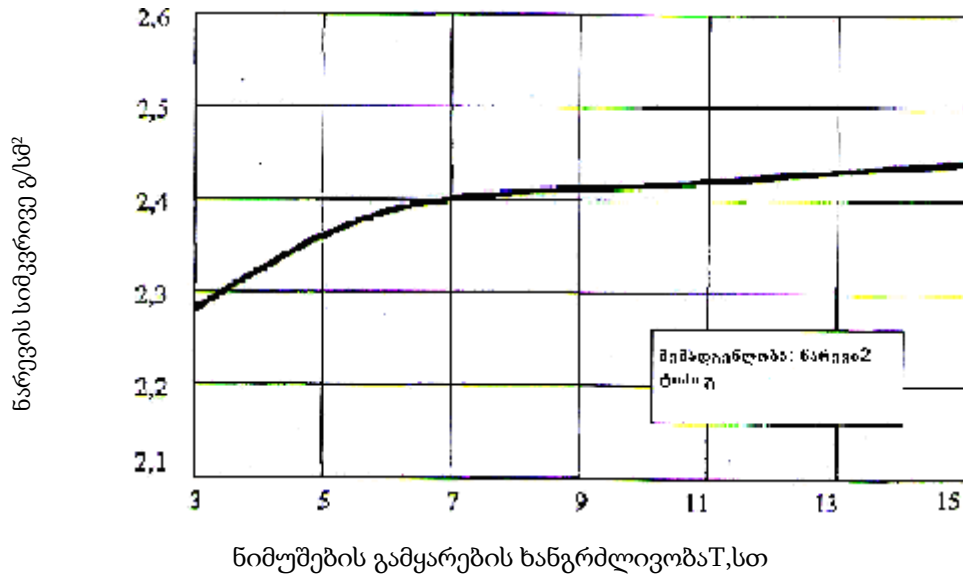
ნახაზი 4.9. ნიმუშის გამყარების ხანგრძლივობის ზეგავლენა მიღებული ნარევის სიმკვრივეზე.



ნახაზი 4.10 ნიმუშის გამყარების ხანგრძლივობის ზეგავლენა მიღებული ნარევის სიმტვიცეზე 90დღე-ღამის ასაკში



ნახაზი 4.11 ნიმუშის გამყარების ხანგრძლივობის ზეგავლენა მიღებული ნარევის სიმტვიცეზე 28დღე-ღამის ასაკში



ნახაზი 4.12. ნიმუშის გამყარების ხანგრძლივობის ზეგავლენა მიღებული ნარევის სიმკვრივეზე

აგბ-ს გამყარების შემდეგ, შესაძლებელია ხელმეორედ ნარევის დამუშავება (№1 კ ტიპის 4 საათის განმავლობაში, №2 ბ ტიპის კი 11 საათამდე)

სიმკვრივე და სიმტკიცე აგბ-ს ბ ტიპის ნიმუშების , 7საათის გამყარების შემდეგ იზრდება.

ლაბორატორიაში მიღებული შედეგები დამტკიცდა საავტომობილო გზის საცდელი მონაკვეთის რემონტის დროს. მუშაობის პროცესში ბ ტიპის ნარევის სატკეპნით გამყარებისას შეინიშნა გარკვეული ნაკვალევები. სამუშაო შეწყვიტეს. გადაწყდა ნარევის ხელმეორედ დამუშავება, რის შემდეგაც გაგრძელდა სამუშაოები და 4 საათში დამთავრდა.

ამ მონაკვეთის გამოკვლევამ აჩვენა, რომ ზედაპირის სიმტკიცე შეესაბამება საპროექტო მნიშვნელობებს.

მეოთხე თავის შედეგი

ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგები იძლევიან საშუალებას საფუძვლიანად დაპროექტდეს საგზაო საფარების რემონტების ტექნოლოგიური პროცესები: განისაზღვროს მოცემული წარმადობის მანქანების მოქმედების ტექნოლოგიური სიგრძეები, ნარევის შემკვრივების ოპტიმალური და დასაშვები ვადები. თანაც ეს პარამეტრები განისაზღვრებიან სამუშაოს წარმოების დროს ამინდთან დამოკიდებულებაში.

1. დასაწყისში, მზა ნარევის შეკვრივებამდე დაყოვნებისას 2–4 საათის განმავლობაში ნიმუშების სიმტკიცე იზრდება. აგზ ნარევის ხელმეორედ არევის ან შემკვრივების ხარჯზე დროის გარკვეულ პერიოდში, შეიძლება მივაღწიოთ მასალის სიმტკიცის მომატებას 40%-მდე შემკვრელის დოზირების გაზრდის გარეშე.

2. მოცემული თვისებების საგზაო საფარის მისაღებად აუცილებელია ტექნოლოგიური პროცესის ისეთი ორგანიზირება, რომ ნარევის შემკვრივება დასრულდეს საინდუქციო პერიოდში, რომლის ხანგრძლივობაც დამოკიდებულია ნარევის რეცეპტურაზე და ჰაერის ტემპერატურაზე. სხვადასხვა შემადგენლობის ნარევის დაყოვნების ზღვრული დასაშვები დრო იცვლება 3-8 საათის ფარგლებში.

3. ცივი რეცინკირების ტექნოლოგიის დადებით თავისებურებას წარმოადგენს დაშვებული შეცდომების გამოსწორების შესაძლებლობა ნარევის შემკვრივების შემდეგაც კი. კ ტიპის აგზ-ს გამყარების ადრეულ ვადებში გააჩნია თვისებები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან აღდგეს სიმტკიცის მაჩვენებლები მასალის გაფხვიერებისა და ხელმეორედ დატკეპვნის შემდეგ, არაუგვიანეს 4 საათისა. ბ ტიპის აგზ-ს შეუძლია დროის დიდი პერიოდის განმავლობაში განიცადოს ხელმეორედ გადამუშავება სიმტკიცის დაკარგვის გარეშე (როგორც ცივი

ასფალტბეტონი), მაგრამ გამათხიერებლის აორთქლება ამცირებს ამ ვადას
11-15 საათამდე.

თავი 5

5. კვლევის შედეგების საცდელ-საწარმოო შემოწმება და ასფალტბეტონის საფარების რემონტის შემოთავაზებული ტექნოლოგიის ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება

5.1 კვლევის შედეგების საცდელ-საწარმოო შემოწმება

ექსპერიმენტულ-თეორიული ძიების შედეგების შესამოწმებლად, პრაქტიკული დამუშავებისა და სამუშაოს წარმოების ტექნოლოგიის დასაზუსტებლად, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტის, ცივი რეცინკირების მეთოდით. 2009-2011 წლებში განხორციელდა რემონტი საქართველოს სამხედრო გზაზე ყაზბეგი-ლარსის მონაკვეთზე 125 კმ-დან 135 კმ-მდე.

ასფალტ-ბეტონის საფარის რეგენერაციისას გამოიყენეს შემდეგი მანქანები: რეცინკირებისას WR 2500 Wirtgeni-ის ფირმის, სატკეპნი HAMM ვიბრაციული მასით 12ტ, სატკეპნი - BOMAG კომბინირებული მასით 16ტ, ავტოგრიდერო O&K, ბიტუმშიდი დც-138.

საზღვარგარეთის გამოცდილების გამოყენებით, რეცინკირების სიჩქარე იყო 6,5 მ/წთ. ყოველ გავლაზე აფრეზირებდა საფარს სიგანით 2,5მ. ყოველ მომდევნო გავლაზე რეცინკლერის მუშა ორგანო მოიცავდა 25სმ-ს სიგანეს წინა გავლიდან. სიგრძე შეადგენდა 100-130 მეტრს. შემდეგ რეცინკლერი უკან ბრუნდებოდა საწყის პოზიციაზე და ახდენდა საფარის შემდგომ ფრეზირებას. ფრეზირების სიღრმე შეადგენდა 8 სმ-ს. ფრეზირების ფაქტიური სიღრმე იცვლებოდა 6-10 სმ-ის ფარგლებში.

რეცინკლერიდან 10-15 მეტრის დაშორებაზე მოძრაობდა ვიბრაციული სატკეპნი, რომელიც ახდენდა აგბ-ს ნარევის დატკეპნას. ეს კი

იძლეოდა ტრანსპორტის საშუალებების მოძრაობის შესაძლებლობას სიჩქარით 20კმ/სთ.-მდე. აზგ-ს საფარის, მთელ სიგანეზე ფრეზირების შემდეგ, პროფილირებას ახორციელებდა ავტოგრიდერი. შემდეგ გრძელდებოდა ნარევის საბოლოო დატკეპნა კომბინირებული მტკეპნით მრავალჯერადი გავლით.

ზემოთხსენებული გზის პირველი მონაკვეთზე სამუშაოები სრულდებოდა შემდეგი შემადგენლობის ნარევისაგან, % მასიდან:

-ასფალტის გრანულატი -100

-გათხიერებული ბიტუმი ბნდ 60/90 – 2,0

რეცინკლერს ბიტუმი მიეწოდებოდა 160-170°C-მდე გაცხელებული. ბიტუმის აქაფება, ხორციელდებოდა წყლის დახმარებით, რომელიც შეჰყავდათ 2%-ის ოდენობით ბიტუმის მასიდან.

სამუშაოს წარმოებისას ჰაერის ტემპერატურა შეადგენდა 10-15°C. აზგ-ს ნარევის ვიზუალურმა შემოწმებამ აჩვენა, რომ ასფალტის გრანულატი მთლიანად არ არის ბიტუმის აფსკით გარშემორტყმული. ამგვარი ნარევისგან დამზადებული ნიმუშების თვისებები არ შეესაბამება გოსტ 9128-97-ის მოთხოვნებს.

ზემოთხსენებული გზის მეორე მონაკვეთზე სამუშაოები სრულდებოდა შემდეგი შემადგენლობის ნარევისაგან, % მასიდან:

-ასფალტის გრანულატი -100

-გათხიერებული ბიტუმი ბნდ 60/90 – 2,24

ბნდ 60/90 ბიტუმის გათხიერება ხდებოდა 0,722 გ/სმ³ სიმკვრივის მქონე ნავთით, მას ურევდნენ 12% ოდენობით ბიტუმის მასიდან. გათხიერებულ ბიტუმს აცხელებდნენ 90-110°C-მდე.

ნიმუშების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მაჩვენებლები შეესაბამება გოსტ 9128-97-ის მოთხოვნებს.

გზის საფარის მდგომარეობის ვიზუალურმა შეფასებამ გვაჩვენა, რომ ბზარები არ არსებობენ. საფარის სისწორე აკმაყოფილებდა ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნებს. საცდელი საფარი

დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაშია. საფარი დაფრეხეს ორი გავლით. პირველი გავლა რეციკლერმა განახორციელა ბიტუმის დამატების გარეშე. შემდეგ ნარევს ამკვრივებდნენ $K_g=0,8$. მომდევნო დღეს აწარმოეს საფარის მეორედ დაფრეხვე 1% გათხიერებული ბიტუმის შეყვანით.

სურათებზე 5.1-5.3 მოცემულია სურათები ასფალტბეტონის საფარის რემონტის ცალკეული ეტაპების ტექნოლოგიური პროცესები ცივი რესინკლირების მეთოდით.



სურათი 5.1. ასფალტ-ბეტონის საფარის მდგომარეობა რემონტამდე



სურათი 5.2 ასფალტბეტონის საფარის მდგომარეობა რემონტის შემდეგ



სურათი 5.3. აგზ-ს ნარევის სინჯის შერჩევა

გოსტ 9128-97-ის მოთხოვნები და საფარიდან ამონაჭერის კვლევის შედეგები

ცხრილი 5.1.

მაჩვენებლის დასახელება	მნიშვნელობა ასფალტ- ბეტონისათვის გოსტ 9128-97		კვლევის ფაქტიური შედეგები საავტომობილო გზის თბილისი-სტეფანწმინდა ლარსისს მონაკვეთებზე		
	1	2	კმ. 125+30	კმ. 130+55	კმ. 134+59
	1,2 საგზაო- კლიმატური ზონისათვის				
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას +50°C ,მპა, არანაკლებ ასფალტ- ბეტონისათვის მტკიცე ტიპის					
ა	0,9	-	2,0	2,0	2,0
ბ	1,0	0,9			
ვ	1,2	1,1			
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას +20°C ,მპა, არანაკლებ	2,2	2,0	3,2	2,4	2,1
წყალმედევობა მტკიცე ასფალტ- ბეტონებისათვის, არა ნაკლებ	0,85	0,75	0,98	0,94	0,93
ბზარმედევობა სიმტკიცის ზღვარზე გახლეჩისას 0°C არა ნაკლებ	3,0	2,5	4,6	5,6	3,9
არა უმეტეს	6,5	7,0			

**მეთოდური რეკომენდაციების მოთხოვნები და საფარიდან
ამონაჭერის კვლევის შედეგები**

ცხრილი 5.2.

მაჩვენებლის დასახელება	ნორმები საავტომობილო გზების კატეგორიებისათვის						მცხეთა სტეფანწმინდა ლარსის ს/გ-ს ფაქტიური მონცემები		
	I,II		III	IV		125+30	130+55	134+59	
	ნარევთა ტიპისათვის								
	მ,კ	მ,კ	ბ	მ,კ	ბ				ა
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას +20°C ,მპა, არანაკლებ,ასაკით:									
ა) ერთი დღე-ღამე	-	-	1,2	-	1,2	0,7	-	-	-
ბ) 7დღე-ღამე	2,0	2,0	-	2,0	-	-	3,2	2,4	2,1
50°C ტემპერატურაზე,ა საკით:									
ა) ერთი დღე-ღამე	-	-	0,5	-	0,5	0,4	-	-	-
ბ) 7დღე-ღამე	0,8	0,7	-	0,7	-	-	2,0	2,0	1,6
წყალმდგრადობის კოეფიციენტი, არა ნაკლებ	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,98	0,94	0,93
წყლით გაჯერებულობა მოცულობით,%, არა უმეტეს	10	12	12	14	14	16	3,5	4,0	0,3

**გზის საფარის სიმტკიცის განმსაზღვრელი შედეგები რემონტამდე და
რემონტის შემდეგ**

ცხრილი 5.3.

სადგილმდებარეობა, კმ+მ	დრეკადობის მოდულის სიდიდე, მპა		სიმტკიცის კოეფიციენტი	მონაკვეთის ნომერი
	რემონტამდე	რემონტის შემდეგ		
127+000	123	240	1.95	მონაკვეთი №1
127+100	120	242	2.02	
127+300	98	245	2.50	
127+500	97	239	2.46	
128+000	100	241	2.41	
კოეფიციენტის საშუალო მაჩვენებელი			2.27	
129+500	121	242	2.00	მონაკვეთი №2
130+600	115	245	2.13	
130+800	118	240	2.03	
131+000	121	241	1.99	
კოეფიციენტის საშუალო მაჩვენებელი			2,04	
131+500	122	242	1.98	მონაკვეთი №3
132+000	143	245	1.71	
კოეფიციენტის საშუალო მაჩვენებელი			1,85	

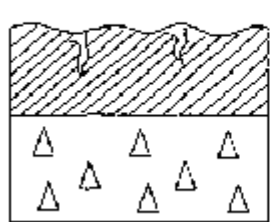
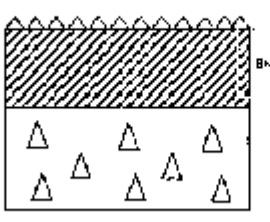
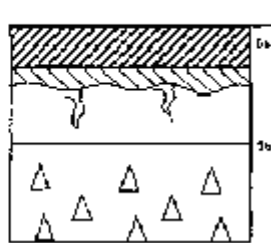
გზის საფარის მდგომარეობის ვიზუალურმა შეფასებამ ერთი წლის ექსპლუატაციის შემდეგ აჩვენა, რომ განივი ბზარები არ არსებობს. საფარის სისწორე აკმაყოფილებს ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნებს. ამ დროისთვის რეცინკლირებული მონაკვეთების გზის საფარის მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაშია.

5.2. ასფალტბეტონების საფარის ცივი რეცინკლირების მეთოდით რემონტის ტექნოლოგიის ტექნიკურ-ეკონომიური დასაბუთება ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით

ცივი რეცინკლირების მეთოდით ასფალტ-ბეტონის საფარის ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება აწარმოეს ასფალტ-ბეტონის საფარის მქონე გზებზე. გათვლისათვის მიღებულია ორი ალტერნატიული ვარიანტი ასფალტ-ბეტონის საფარის აღდგენის ტექნოლოგიისა, რომელიც მოცემულია ცხრილში 5.4.

ასფალტ-ბეტონის საფარის აღდგენის ტექნოლოგიათა ვარიანტები

ცხრილი 5.4.

საფარის მდგომარეობა რემონტამდე	სარემონტო მეთოდები	
	ცივი რეგენერაცია ზედაპირული დამუშავებით	ტრადიციული, ფენის დამსწორებელი დანადგარი (3სმ) და ახალი საფარის (6სმ)
<p>B=130ააა</p> 	<p>B=180ააა</p> 	<p>B=180 ააა</p> 

შესადარებელ ვარიანტად მიღებულია შემდეგი კონსტრუქტიულ-ტექნოლოგიური სქემა:

- ასფალტ-ბეტონის საფარის(7მ სიღრმა და 8სმ ფენა) ცივი რეცინკლირება, ბლანტი ბიტუმის გამოყენებით,რომელიც გაჯერებულია ნავთით 12%, მოთხოვნა ბიტუმზე 4,48ტ 1000მ²-ზე.

- დრეკადობის მოდული რემონტამდე საფარის ზედაპირზე შეადგენს 130მპა, რემონტის შემდეგ -180 მპა;

- სამუშაოს დაწყებამდე ახორციელებენ შემასწორებელი ფენის მოწყობას.

- რეცინკლირება ხორციელდება 3 გავლით სავალი ნაწილის სიგანეზე, გასასვლელის გადახურვა 250 მმ, რეცინკლერი მუშაობს ავტობიტუმშიდთან ერთად ტევადობით 10000 ლ.

-რეცინკლირებული ფენის დატკეპვნა ხორციელდება გლუვსალტიანი თვითმავალი სატკეპნებით 10-13ტ. კვალზე გავლის რაოდენობა შეადგენს 10–ს.

- სატკენის პირველი ორი გავლის შემდეგ, ხორციელდება პირველი პროფილირება ავტოგრეიდერით, შემდეგ, გამყარების და პროფილირების პროცესში მეორდება ორჯერ.

- სამუშაოს აწარმოებენ 130 მ უბნებად ეს დაყოფა გამოწვეულია პერიდულად მჭრელებისა და მჭრელების დამჭერთა მდგომარეობის შემოწმებისათვის. როგორც წესი მჭრელებს ცვლიან 15 ცალს რეცინკლერ WR-2500-ის ერთსაათიანი მუშაობის შემდეგ.

- ცივი რეცინკლირებისას, სამუშაოთა სრული კომპლექსის შესრულების შემდეგ, გათვალისწინებულია შავი ღორღით შესრულდეს ზედაპირული დამუშავება. ზედაპირს ამუშავებენ ცალკეული სპეციალიზირებული ჯგუფები რეცურსების მოთხოვნების ნორმირებისათვის.

ციკლური ან უწყვეტი მოქმედების მანქანების გამოყენების დროის ნორმის გაანგარიშება ხდება ფორმულით:

$$H_{\text{BP}}=1/\Pi_p * 100/(100-(\Pi_{p \cdot n} + \Pi_{p \cdot x})),$$

სადაც Π_p -მანქანის საანგარიშო წარმადობა ერთი საათი მუშაობისას ნორმატიულ დაკვირვებათა საფუძველზე; $\Pi_{p \cdot n}$ -დროის საპროექტო სიდიდე რეგლამენტირებული შესვენებებისა მანქანის მუშაობისას; $\Pi_{p \cdot x}$ -დროის საპროექტო სიდიდე მანქანის არაციკლური მუშაობისა ან დასაშვები ფუჭი სამუშაოს დრო, პროცენტები დროის ნორმიდან.

ციკლური მოქმედების მანქანების საანგარიშო წარმადობა 1 საათი მუშაობისას შეადგენს:

$$np_{\text{II}} = NVK_1 R_2 \dots K_n,$$

სადაც N- ციკლების საშუალო რიცხვი 60 წუთის მუშაობისას; V-ერთი ციკლის პროდუქციის რაოდენობა; $K_1 K_2 K_n$ -კოეფიციენტები, რომლებიც ითვალისწინებენ

სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებას მანქანის საათობრივ წარმადობაზე.

დროის ნორმათა პროექტირება არა მექანიზირებულ პროცესებზე ახორციელებენ ფორმულით:

$$H_{\text{პ.პ.}} = 1_{\text{0.პ.პ.}} * 100 / (100 - (H_{\text{ნ.პ.პ.}} + H_{\text{0}} + H_{\text{r}})) * 60$$

სადაც $t_{\text{0.პ.პ.}}$ - პროცესის საზომზე ოპერატიული სამუშაოს დანახარჯები; $H_{\text{ნ.პ.პ.}}$ - ნირმატივი მოსამზადებელი და დასამზადებელ სამუშაოზე, პროცენტი დროის ნორმიდან; $H_{\text{ტ.ტ.}}$ - ტექნოლოგიური შესვენებების საპროექტო სიდიდე, პროცენტები დროის ნორმიდან.

საპროექტო დანახარჯის გათვლა ოპერატიულ სამუშაოზე:

$$t_{\text{0.პ.პ.}} = St_{\text{იკი}} = t_{\text{იკი}} + t_{\text{კ2}} \dots t_{\text{კn}},$$

სადაც $t_1 t_2 \dots t_n$ -პროცესის ცალკეულ ელემენტებზე დროის დანახარჯის საშუალო მნიშვნელობა, წთ; $k_1, k_2 \dots k_n$ -ელემენტების საზომი პროდუქციიდან პროცესის საზომ პროდუქციაზე გადამყვანი კოეფიციენტები.

უპირველეს ყოვლისა, წარმოო ნორმის პროექტირებისათვის გზის სამშენებლო მექანიზირებულ პროცესებზე იყენებენ მანქანების მუშაობის საპასპორტო მაჩვენებლებს.

ტექნიკური წარმადობა ნიშნავს პროდუქციის რაოდენობას, რომელსაც ასრულებს მანქანა ერთი საათის განმავლობაში უწყვეტი მუშაობისას მანქანის ექსპლუატაციის პროცესის სწორი ორგანიზების პირობებში

საათობრივი საექსპლუატაციო წარმადობა ნიშნავს პროდუქციის რაოდენობას, რომლის შესრულება მანქანას ძალუმს ერთ საათში, მანქანების ექსპლუატაციის პროცესის სწორი ორგანიზებისას.

ნორმირებული პროცესი მიეკუთვნება ჯგუფს, რომელშიც მანქანები უშუალოდ წარმოქმნიან სამშენებლო პროდუქციას მემანქანეების მართვით.

მუშები იღებენ მონაწილეობას მხოლოდ დამხმარე ოპერაციების შესრულებისას.

წარმოებითი ნორმის ნორმალური შეიცავს კონკრეტული მნიშვნელობების ერთობლიობას მთავარი ფაქტორების გავლენისა:

-სამუშაოს ან პროდუქციის სახეობა და მათი ხარისხის მიმართ დადგენილი მოთხოვნა;

-გამოყენებული მასალები;

-გამოყენებული მანქანები, ინსტრუმენტები;

-სამუშაოს შემადგენლობა;

-პროცესის ტექნოლოგია;

-სამუშაო ადგილის ორგანიზება;

-პროცესის ელემენტების შესრულების მეთოდები;

-მუშათა შემადგენლობა (რიცხვი, პროფესია, კვალიფიკაცია)

-სამუშაოს განაწილება, მუშების განლაგება;

-სამუშაო რეჟიმი (სამუშაოს და რეგლამენტირებული შესვენებების ჩანაცვლება)

-შრომის უსაფრთხოება (დამცავი ტანსაცმლისა და მოწყობილობების გამოყენებით);

-სამუშაო იარაღების დახასიათება, რომლებიც აუცილებელია ნორმირებული პროცესის შესასრულებლად მიღებულია ტექნიკური პასპორტებიდან, მანქანების ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებიდან, სპეციალური ინსტრუქციებიდან ექსპლუატაციისა და მოვლის შესახებ, ტექნოლოგიური რუქისა და შრომის ორგანიზაციის გრაფიკიდან. მანქანის გამოყენების პირობები სხვადასხვა ტექნოლოგიებისას, მნიშვნელოვნად განსხვავდება.

ცივი რეცინკლირების წარმოების ნორმების დამუშავება სრული ციკლის ჩატარების დეოს არ ჩატარებულა.

სამუშაოს დაწყებამდე სრულდება მთლიანი კომპლექსი ოპერაციებისა ბიტუმის დასამზადებლად. ბიტუმში შეჰყავთ ნავთი და ათავსებენ მას ობიექტზე, რომელიც მდებარეობს 20კმ მანძილის დაშორებაზე. შემცვლელი სამუშაოს მოცულობა (8,2 სთ) შეადგენს 520მ, 3640 მ². ბიტუმის მომარაგება ხორციელდებოდა ორი ბიტუმის მზიდავით ყოველ 4 საათში 8-10 ტ.

საბაზო ვარიანტად განხილულია ასფალტ-ბეტონის საფარის მშენებლობის ტექნოლოგია(ცხელი ასფალტ-ბეტონი, ტიპი ბ, მარკა 2) ფენის სისქით 6 სმ.

მეხუთე თავის შედეგი

1. საცდელ-საწარმოო სამუშაოებმა საშუალება მოგვცა პრაქტიკულად დაგვემუშავებინა და დაგვეზუსტებინა ცივი რეცინკლირების მეთოდით, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტის ტექნოლოგიური პარამეტრები.

2. ტექნიკურ-ეკონომიკურმა შეფასებამ გვიჩვენა, რომ ცივი რეცინკლირების მეთოდით, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტი, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით, სამჯერ უფრო იაფია, ასფალტ-ბეტონის საფარის ტრადიციული მეთოდით რემონტისა და 10%-ით იაფია რემონტზე რეცინკლირების მეთოდით ბიტუმის ემულსიისა და ცემენტის გამოყენებით.

დასკვნა და საერთო შედეგები

1. ჩატარებული კვლევის შედეგად, თეორიულად დასაბუთებულია და პრაქტიკულად დამტკიცებულია ასფალტბეტონის საფარის ცივი რეცინკლირების მეთოდით რემონტის ტექნოლოგიის ეფექტურობა ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით.
2. ასფალტგრანულაბეტონი (აგბ) - ეს არის კომპოზიციური მასალა, რომელშიც შემავსებელს წარმოადგენს ასფალტის გრანულის მარცვლოვანი ნაწილაკები. მატრიცას კი - კომპლექსური შემკვრელი, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბიტუმის საფუძველზე. აგბ-ს, სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში, ყალიბდება მიკროსტრუქტურის 2 ტიპი: კოაგულაციური და კონდენსირებად-კრისტალიზირებული, რაც განაპირობებს აგბ-ს მაღალ სიმტკიცეს, წყალ და ყინვამედეგობას.
3. აგბ-ში კოაგულაციური კავშირები ხორციელდება ბიტუმის აფსკის აბსორფციულ-სოლვტიური სტრუქტურების საშუალებით. კონდენსირებად-კრისტალიზირებადი კავშირები წარმოდგენილია სუსტად კრისტალიზირებადი კალცის გელისებრი ჰიდროსილიკატებით.
4. ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის ტიქსოტროპიული კოაგულაციური სტრუქტურის ხანგრძლივად შენახვა, საშუალებას გვაძლევს გავაუმჯობესოთ საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების მშენებლობის ტექნოლოგიური პარამეტრები. გათხიერებული ბიტუმის გამოყენება უზრუნველყოფს ნარევის არევის მაღალ ხარისხს, რაც საბოლოოდ აუმჯობესებს მიღებული მასალის ფიზიკა-მექანიკურ თვისებებს.
5. დადგენილია აგბ-ს, რომელშიც დამატებულია ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელი და ნავთით გათხიერებული ბლანტი

ბიტუმი, ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მაჩვენებლები. შემუშავებული ნარევების შემადგენლობამ საშუალება მოგვცა მიგველო აგბ-ს „ბ“ ტიპი (ბიტუმის შემცველი) და „კ“ ტიპი (კომპლექსური), რომლებიც პასუხობენ ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნებს და ვარგისია ასფალტბეტონის საფარების ზედა და ქვედა ფენების მშენებლობისათვის. აგბ-ს „ბ“ და „კ“ ტიპებს, რომლებშიც გამოყენებულია ნელა მყარებადი მინერალური შემკვრელი, გააჩნიათ უკეთესი დეფორმაციულობა, ე.ი. ბზარმედეგობაც, ვიდრე აგბ-ს, რომლის შემადგენლობაშიც შედის ცემენტი.

6. ასფალტგრანულაბეტონის ნარევის სიმტკიცის საუკეთესო მაჩვენებლები მიიღება ნარევში გათხიერებული ბიტუმისა და წყლის ოპტიმალური რაოდენობის შეყვანით. ამასთან, წყლის შემადგენლობა ნარევში, უნდა ექვემდებარებოდეს კორექტირებას, რომელიც დამოკიდებულია მინერალური შემკვრელის სახეობასა და დოზირებაზე, ასევე გზებზე ნარევის მომზადებასა და გამყარების პირობებზე.
7. დამუშავებულია მათემატიკური მოდელი ჰაერის ტემპერატურის, ქარის სიჩქარის და გზაზე ნარევის დაყოვნების გათვალისწინებით ტენიანობის შემცირებაზე. ეს საშუალებას გვაძლევს ნარევის მომზადების კონკრეტულ პირობებში დავადგინოთ წყლის შემადგენლობა შემდგომი აორთქლების გათვალისწინებით.
8. ნავთის მსუბუქი ფრაქციების აორთქლება ძირითადად ხდება ნარევის გამყარების პირველი ორი კვირის განმავლობაში, ამასთან ერთად აგბ-ს სიმტკიცე იზრდება. აგბ-ს სიმტკიცის ფორმირებაში მნიშვნელოვანი როლი მიუძღვის მინერალურ შემკვრელს, რასაც ადასტურებს ამ მასალისგან დამზადებული ნიმუშების სიმტკიცის მატების ხანგრძლივობა.

9. ჩატარებული კვლევები გვამღევენ საშუალებას, დასაბუთებულად დავაპროექტოთ გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიური პროცესი, განვსაზღვროთ ტექნოლოგიური მოცულობა მოცემული მანქანების წარმადობისთვის, ოპტიმალური და დასაშვები დრო დატკეპნისთვის. ეს პარამეტრები განისაზღვრება ამინდის პირობებზე დამოკიდებულებით. აგზ-ს ნარევის გარკვეული დროის პერიოდში ხელმეორედ არევისა და დაგებისას შეიძლება მივიღოთ უფრო მაღალი სიმტკიცე, შემკვრელის დამატების გარეშე. ამ თვისებებით საგზაო საფარის მისაღებად აუცილებელია ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზება ისე, რომ ნარევის შემკვრივება დამთავრდეს ინდუქციურ პერიოდში, რომლის ხანგრძლივობაც დამოკიდებულია ნარევის რეცეპტზე და ჰაერის ტემპერატურაზე. სხვადასხვა შემადგენლობის ნარევის დაყოვნების დრო იცვლება სამი საათიდან რვა საათამდე.
10. ცივი რეცინკირების დადებითი თავისებურებაა დაშვებული შეცდომების გამოსწორების საშუალება ფენის შემკვრივების შემდეგაც. აგზ-ს „კ“ ტიპს გამყარების ადრეულ პერიოდში გააჩნია თვისება, რომელიც საშუალებას გვამღევენ გაფხვიერებისა და მასალის ხელმეორედ შემკვრივებისას აღვადგინოთ სიმტკიცის მაჩვენებლები, არაუგვიანეს ოთხი საათისა. „ბ“ ტიპის ასფალტბეტონის ხელმეორედ გადამუშავება სიმტკიცის დაკარგვის გარეშე (როგორც ცივი ა/ბეტონი) დიდი ხნის განმავლობაში შეიძლება, მაგრამ გამათხიერებლის აორთქლება განსაზღვრავს ამ პერიოდს 11 სთ-დან 15 სთ-მდე.
11. საცდელ-საწარმო სამუშაოებით, პრაქტიკულად დამუშავებული და დადასტურებულია ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტის რაციონალური ტექნოლოგიური პარამეტრები ცივი მეთოდით რეცინკირებისას, ასევე დამტკიცებულია თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების პრაქტიკული მნიშვნელობა.

12. შემუშავებულია რეკომენდაციები ცივი რეცენკლირებით, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტისათვის ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით.
13. მოცემული ტექნოლოგიის, ტექნიკურ-ეკონომიურმა შეფასებამ გვაჩვენა მისი ეფექტურობა. ცივი რეცინკლირების მეთოდით, ასფალტბეტონის საფარის რემონტის ტექნოლოგია, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით სამჯერ იაფია, ვიდრე ა/ბეტონის რემონტისა ტრადიციული ტექნოლოგიით.

რეკომენდაცია

ასფალტბეტონის საფარის რემონტი ცივი რეცინკლირების მეთოდის დროს ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით

წარმოდგენილი რეკომენდაციები დამუშავებულია ჩვენს მიერ ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე.

ასფალტბეტონის გრანულატის (აგბ) ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მაჩვენებლები უნდა შეესაბამებოდეს გოსტ 9128-97 მოთხოვნებს და წარმოდგენილ „მეთოდურ რეკომენდაციებს“.

ასფალტბეტონის საფარის რემონტისათვის, მოცემული ტექნოლოგიით რეკომენდირებულია ნავთით გათხიერებული ბიტუმის გამოყენება მარკით БНД 90/130, БНД 130/200. გათხიერებული ბიტუმი მზადდება მასში ბიტუმის მასიდა 11-13% ნავთის შეყვანით. ნავთის სიმკვრივე შეადგენს 0,722 ტ/მ³. ერთ კილოგრამ ბიტუმზე საჭიროა დაახლოებით 0,18 ლ. ნავთი.

გათხიერებული ბიტუმის საორიენტაციო დანახარჯი 1მ²საფარზე სისქით 8სმ შეადგენს 4,0ლ. ასფალტის გრანულატში 50მმ-ზე მსხვილი გრანულები არ უნდა აღემატებოდეს მასის 5%-ს. ასფალტის გრანულატის ტენიანობა დატკეპნისას, არ უნდა აღემატებოდეს 4%-ს.

დანამატის სახით რეკომენდირებულია ცხრილში 1 მოცემული ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის დამატება მარკით არა უმცირეს 100-სა

მინერალური შემკვრელის გამოკვლევა სრულდება გოსტ 3344-83-ის შესაბამისად. დაფქვის ხარისხი უნდა შეესაბამებოდეს გოსტ 310.3-76-ის მოთხოვნებს. რეკომენდირებულია აგბ ნარევის შემდეგი შემადგენლობები (ცხრილი 2.).

მინერალური შემკვრელი

შემკვრელის შემადგენლობის ნომერი	შემკვრელის კომპონენტა დანახარჯი					თხევადი მინა $\rho=1,15\text{გ/სმ}^3$, ზედაპირის 100%
	ბოქსიტის წილა	ნეფელინის წილა	დაფქული წილა	ცემენტი	კირი	
1	-	-	90	10	-	-
2	-	-	100	-	-	40
3	-	-	-	-	20	-
4	-	-	-	15	-	-
5	75	-	20	-	5	-
6	-	87	10	-	3	-

ცხრილი 2

აგზ ნარევთა რეკომენდირებული შემადგენლობები

კომპონენტები	ნარევის ტიპი და კომპონენტა შემადგენლობა, %		
	ტიპი კ	ტიპი ბ	ტიპი მ
ასფალტის გრანულატი (აგ)	100	100	100
მინერალური შემკვრელი (მშ) აგ-ს მასიდან	2-5	-	2-5
გაჯერებული ბიტუმი აგ-ს მასიდან	1-2	1-2	
წყალი მასიდან	40(მშ)	4(აგ)	40(მშ)

ასფალტბეტონის საფარის რემონტი, ცივი რეცინკლირების მეთოდით, უნდა წარიმართოს ჰაერის ტემპერატურისას არა ნაკლებ 15 °C და დამრთავდეს წვიმების დაწყების პერიოდამდე 15-20 დღე-ღამის განმავლობაში.

ასფალტის დაფრეზვა უნდა მოხდეს ძველი საფარის მთელ სიგანეზე 100-150მ სიგრძის მონაკვეთებად. არ არის რეკომენდირებული ასფალტ-ბეტონის ხელმეორედ, დაფრეზვა, რასდგან იგი იწვევს ნარევის ხარისხის გაუარესება.

რეკომენდირებული მექანიზირებული ბრიგადის შემადგენლობა ასფალტ-ბეტონის საფარის რეგენერაციისას მოცემულია ცხრილში 3.

ცხრილში 3.

სპეციალიზირებული ბრიგადების შემადგენლობა ასფალტბეტონის საფარის რეგენერაციისას

მანქანის დასახელებანი	მანქანათა რაოდენობა და ნარევის ტიპი		
	ტიპი კ	ტიპი ბ	ტიპი მ
რეცინკლერი WR 2500	1	1	1
ავტოგრიდერი	1	1	1
მძიმე სატკეპნი	2	2	2
დანადგარი WM 400	1	-	1
ავტობიტუმის მზიდავი	1	1	-
ავტომობილი - წყლიანი ავზით	1	1	1

ბ და კ ტიპის ნარევის დამზადებისას რეცინკლერ WR 2500-ის სამუშაო კამერაში შეჰყავთ მინერალური შემკვრელი წყლის სუსპენზიის სახით. სუსპენზია მზადდება WM 400-ის დანადგარში და მოქნილი მილების მეშვეობით მიეწოდება სამუშაო კამერას. სუსპენზია მზადდება ზუსტი დოზირებით. წყალმინერალური დამოკიდებულება უნდა შეადგენდეს 0,4-0,5 (უფრო დიდი მნიშვნელობა მიიღება, ჰაერის ტემპერატურისას 25°C -ზე მაღალი).

ბ და კ ტიპის ნარევების მომზადებისას, გათხიერებული ბიტუმი შეჰყავთ 90-100°C ტემპერატურაზე.

აგზ ნარევების მომზადება და ტექნოლოგიური მონაკვეთის სიგრძე მოცემულია ნახაზზე 1.

სამუშაოები უნდა განხორციელდეს ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით, რომელიც მოცემულია ნახაზზე 1 შემდეგი პირობების დაცვით:

ტექნოლოგიური მონაკვეთის სიგრძე ინიშნება სპეციალიზირებულ ბრიგადების შემადგენლობის, აგზ ნარევის გამყარებისა და დაგების, ჰაერის ტემპერატურის გათვალისწინებით. ყველა ტექნოლოგიური ოპერაცია უნდა დამთავრდეს დაწესებული დროის რეჟიმის განმავლობაში.

რეგენირებული აგზ-ს ასფალტბეტონის ფენის სიმტკიცის ასამაღლებლად რეკომენდირებულია ნარევის დატკეპნა გარკვეული დროით დყოვნების შემდეგ.

გაუმყარებელი ნარევიდა ტენიანობის დანაკარგების კომპენსისათვის, აუცილებელია საანგარიშო სიდიდის ზევით წყლის დამატება ნარევიში.

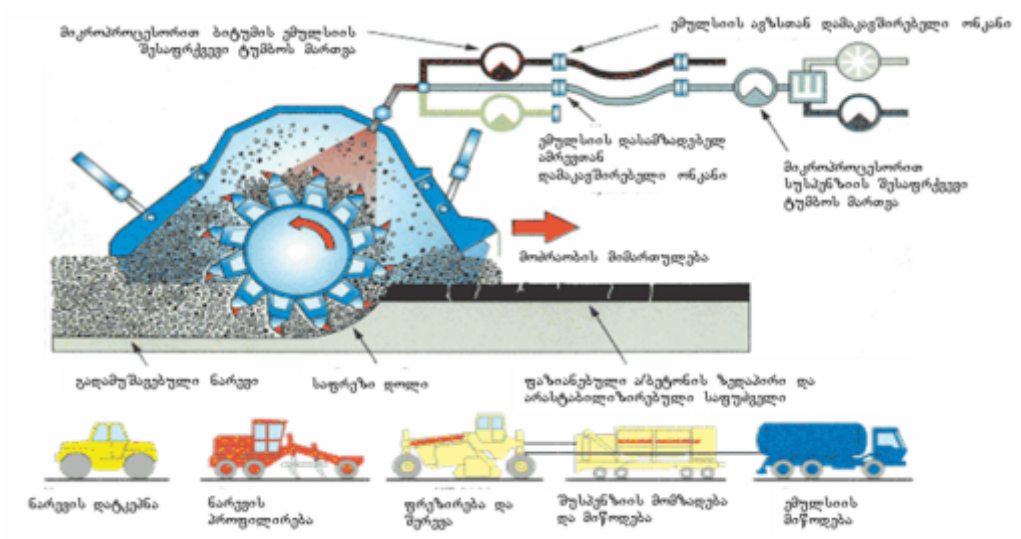
აგზ-ს ნარევის დატკეპნა რეკომენდირებული ტრადიციული ტექნოლოგიებით. დასაშვებია დასატკეპნი ფენის სისწორის გაუმჯობესება პროფილირებისა და ნარევის განმეორებით დატკეპნით. განსაზღვრული დროის განმავლობაში ყველა ოპერაცია უნდა დასრულდეს. ეს დრო შეადგენს 3-4სთ-ს კ ტიპის ნატრევებისთვის და 11-15 სთ-ს ბ ტიპის ნარევებისთვის.

ადრეულ სტადიაზე, აგზ-ს საფარის ხელმეორედ დატკეპნის შესაძლებლობა, საშუალებას გვაძლევს, რომ დაკეპნა დვიწყით მძიმე სატკეპნებით, და შემდგომ საჭიროების შემთხვევაში განვახორციელოთ შემდგომი პრიფილირება და გაფხვიერებული ფენის დატკეპნა;

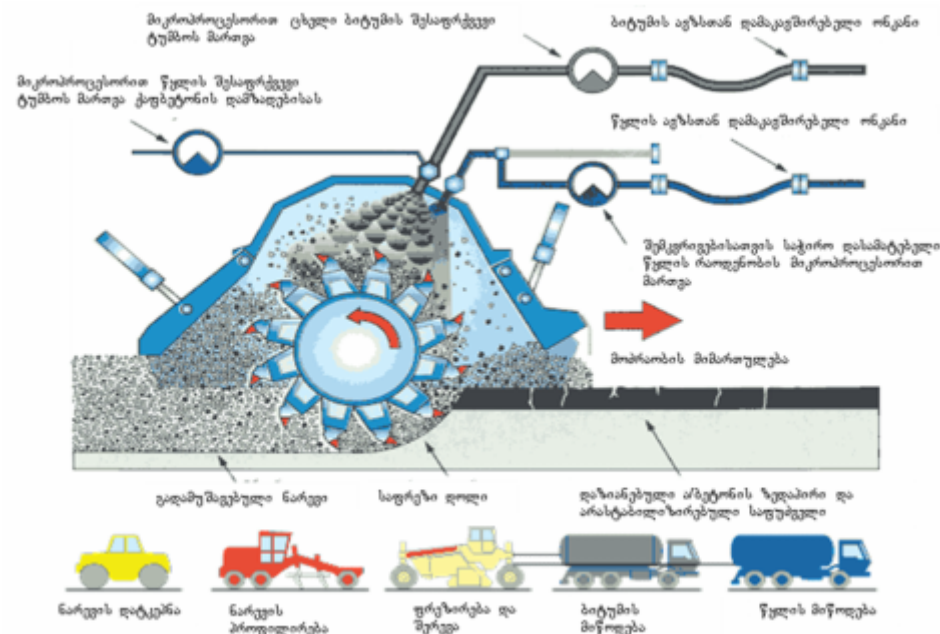
აგზ-ს საფარზე მოძრაობის გახსნა შესაძლებელია დატკეპნის დასრულებიდანვე.

საფარისათვის განკუთვნილი აგზ-ზე ,რეკომენდირებულია მოვაწყოთ ზედაპირული დამუშავება 2 კვირის შემდეგ.

ტიპი 3



ტიპი 8



სურათი 5.1. აგზ ნარევის მომადების სქემა და ტექნოლოგიური

ტექნოლოგიური მონაკვეთის სიგმის გათვლა.

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4; \quad T = t_1 + \frac{S}{\Pi y} + t_3 + \frac{S}{\Pi k}; \quad L = \frac{\Pi y \Pi k (T - t_1 - t_3)}{(\Pi k + \Pi y) B}$$

T_1 -დრო ნარევის მოსამზადებლად, სთ; t_2 -ნარევის პროფილირების დრო, სთ; t_3 -ნარევის დაყოვნების დრო, სთ; t_4 -ნარევის დატკეპნის დრო, სთ; T -სამუშაოების საერთო ხანგრძლივადობა, სთ; S - საფარის ფართობი ტექნოლოგიური მონაკვეთის სიგრძეზე, მ²; Π_V და Π_K - მანქანათა მწარმოებლონა ნარევის დაგებისა და დატკეპნისას, მ²/სთ; B - საფარის სიგანე, მ; t_3^{max} - ნარევის დაყოვნების მაქსიმალური დრო, სთ; S_{min} - ტექნოლოგიური მონაკვეთის ფართობი ($L_{min} \cdot B$), მ²; t_p - დრო სატკეპნის მობრუნებებისათვის, წმ; V -სატკეპნის მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ.

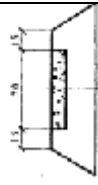
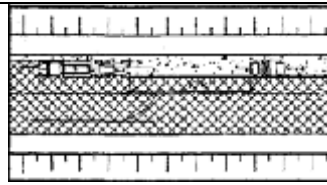
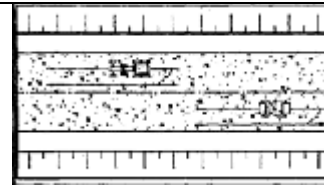
საგზაო სამოსის რეკომენდირებული კონსტრუქციები აგბ-ს გამოყენებისას საფუძველში და საფარებში მოცემულია ნახაზზე-3.

ნახ.3.

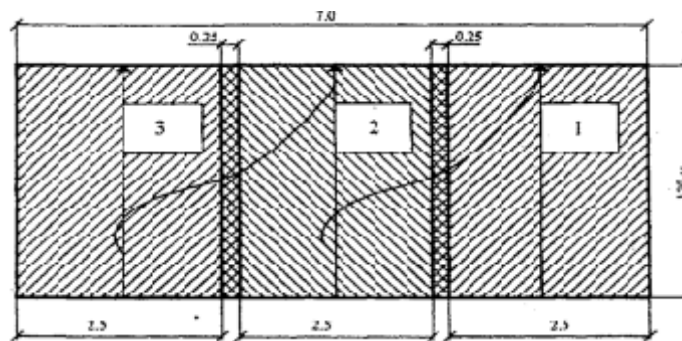
ასფალტ-ბეტონის საფარის მდგომარეობა რემონტამდე	კონსტრუქტირებული გადაწყვეტილება			
	სისწორის აღდგენა	სიმტკიცე ს აღდგენა	გამლიერება	ფუძის გამლიერებით
180 მპა 	180 მპა 		200 მპა 	
150 მპა 		180 მპა 	200 მპა 	
150 მპა 		180 მპა 	200 მპა 	200 მპა
120 მპა 		180 მპა 	200 მპა 	220 მპა

- აგბ - ლორღი - აგბ-ს და ლორღის ნარევი

ცივი რეგენერაციის ტექნოლოგიური სქემა 7მ საფარის სიგანეზე

ტექნოლოგიური მონაკვეთის სიგრძე,მ	130	130
ტექნოლოგიური მონაკვეთის ნომერი	1	1
ჩაჭიდვის სიგრძე,მ	520	
ჩაჭიდვის ფართობი,მ2	3640	
ტექნოლოგიურ ოპერაციათა დასახელება	1.არსებული გზის საფარის დაფრეზა სისქით 8სმ 2.წინასწარი დატკეპნა 2 გავლით ერთ კვალზე	1.საფარის პროფილირება 2-3 გავლით ერთ კვალზე 2. საბოლოო დატკეპნა 6 გავლით ერთ კვალზე
		
საჭირო მანქანები, რაოდენობა და გამოყენების კოეფიციენტი	1. რეცინკლერი WR 2500 №1 2. მიიმე სატკეპნი	3. ავტოგრეიდერი ღბ-98N№1(0.95) 4. მიიმე გუვვალციანი სატკეპნი №2 (1.0)

ფრეზის გავლათა სქემა



 - კვალის გადაფარვა

ბრიგადის შემადგენლობა

მანქანის დასახელება	რაოდენობა
რეცინკლერი WR 2500 №1	1
გლუვვალციანი სატკეპნი	1
ავტოგრეიდერი დზ-98	1
ავტობიტუმომზიდი დც-138	1

ტექნოლოგიური თავისებურებანი

1. რეცინკლერის სამუშაო სიჩქარე-6,5/წთ.
2. სატკეპნის მოძრაობის სიჩქარე -1,5-2კმ/სთ
3. მუშაობის დაგეგმვას ახორციელებენ 2-3 გავლით ერთ კვალზე
4. რეგენირებული ასფალტ-ბეტონის წინასწარი გამყარება 2 გავლით ერთ კვალზე
5. შემდგომი დატკეპნა ხორციელდება 6-8 გავლით ერთ კვალზე
6. კვალის სატკეპნით გადაფარვა დოლის სიგანის 1/3ზე

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გოგლიძე ვ. საავტომობილო გზების მშენებლობის ტექნოლოგია. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი., 1991, 90 გვ.
2. გოგლიძე ვ., ბურდუღაძე დ., დუნდუა მ. საავტომობილო გზების ექსპლუატაცია. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი., 1997, 87 გვ.
3. გოგლიძე ვ. საავტომობილო გზების მშენებლობა. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი., 1989, 92 გვ
4. гоґлидзе в. м., полужесткие композиционные дорожные покрытия. Тбилиси: мецниереба, 1988, 61 ст.
5. Яковлев Ю.М., Коганзон М.С., Горячев М.Г. Организация и технология строительства дорожных одежд. Москва: МАДИ, 2001, 65 ст.
6. Соловьев Б. Н., Силкин В. В. Елисеев В. Е. Асфальтобетонные заводы. Москва: Транспорт, 1993, 208 ст.
7. Баринов Е.Н. Основы теории и технологии применения асфальтобетонов на вспененных битумах. Ленинград: ЛГУ, 1990, 175 ст.
8. http://www.akzonobel.com/surface/system/images/AkzoNobel_Aspphalt_TB_Bitu_men_Emulsion_tcm45-36500.pdf, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 25.11.2011.
9. Методические указания к курсовому проекту по строительству дорожных одежд автомобильных дорог для студентов специальности "Автомобильные дороги и аэродромы". Москва: МАДИ, 1995, 40 ст.
10. платонов г. а., сметы в дорожном строительстве. Москва: транспорт, 1978, ст 14-61.
11. ძიძიგური მ., მიქაშავიძე გ. ლაბორატორიული სამუშაოები და პრაქტიკული მეცადინეობა საგზაო-სამშენებლო მასალების კურსში. თბილისი: საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი., 1988, ნაწილი II, 52 გვ.
12. Каменев С. Н. Строительство автомобильных дорог и аэродромов. Москва: ИнФолио, 2010, 384 ст.
13. Силкин В.В., Лупанов А.П. Асфальтобетонные заводы: учебное пособие. Москва: Экон, 2008, 266 ст.
14. <http://stroy-technics.ru/article/regeneratsiya-starogo-asfaltobetona>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 25.08.2011.
15. <http://www.gosthelp.ru/text/Regeneraciyaasfaltobetonn.html>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 25.11.2010.
16. ძიძიგური მ. საგზაო-სამშენებლო მასალები. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი., 2005, 491 გვ.
17. <http://sg-24.ru/stabilizaciyairegeraciya>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 25.01.2012.

18. <http://www.techtransfer.berkeley.edu/pavementpres06downloads/metcalfe.pdf>
უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 25.11.2011.
19. Васильев А. П., Ремонт и содержание автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1989, 287 ст.
20. მიქაშავიძე გ., საავტომობილო გზების ზოგადი კურსი. თბილისი: თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1985, 149 გვ.
21. მჭედლიშვილი კ., ბურდუღაძე ა., გელაშვილი ო., არჩვაძე გ. საავტომობილო გზები. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009, 164 გვ.
22. Бабков В. Ф. Автомобильные дороги. Москва: Транспорт, 1993, 302 ст.
23. Каменецкий Б. И., Кошкин И. Г. Автомобильные дороги. Москва: Транспорт, 1999, 175 ст.
24. Першин М.Н., Баринов Е.Н., Кореневский Г.В. Вспененные битумы. Москва: Транспорт, 1989, 80 ст.
25. Kim Y. Modeling of Asphalt Concrete. New-York: McGraw-Hill Professional, 2008, 460 p.
26. Croney P., Croney D. Design and Performance of Road Pavements. New-York: McGraw-Hill Professional, 2008, 528 p.
27. ВСН 46-83 Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Москва: Транспорт, 1985.
28. Корочкин А. В. Проектирование усиления дорожных одежд. Москва: МАДИ, 2007, 86 ст.
29. Р. Б. Гун. Нефтяные битумы, Москва: Химия, 1973. 432 ст.
30. Федотова Г. А., Проектирование автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1989, 437 ст.
31. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. Москва: Академия, 2008, 352 ст.
32. Попов В. Г., Строительство автомобильных дорог. Москва: МАДИ, 2001, 185 ст.
33. ГОСТ 9128-97 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Москва: МНТКС, 1999.
34. Пособие по строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами к СНиП 3.06.03.85 и СНиП 3.06.-88 / Союздорнии. - М., 1990. - 204 с.
35. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации: метод, рекомендации / Росавтодор. - Офиц. изд. - Введ. с 27.06.2002. - М.: Информавтодор, 2002.-56 с: ил.
36. Дорожный асфальтобетон /Под ред. Л.Б. Гезенцева. - М.: Транспорт, 1985. -350 с.
37. Соколов Ю.В. Проектирование состава дорожных асфальтобетонов (Обзор методов). - Омск: СибАДИ, 1994. - 64 с

38. Соколов Ю.В. Расчет и оптимизация состава дорожного асфальтобетона (Метод СибАДИ). - Омск: СибАДИ, 1989. - 36 с
39. Wirtgen предлагает: холодный ресайклинг. Новая технология: восстановление дорожного покрытия. Принципы и машины для применения: [Проспект фирмы Wirtgen]. - 1994. - № 49-10. RU 07/94. - 18 с
40. Холодный ресайклинг. Руководство по применению. - Wirtgen Gm ВН и А.А. London & Partners, 1998. -158 с
41. La «Chaussec Renovee» de Colas, Un precede de retraitement de chaussee a froid //Revue generate des routes et des aerodromes. - 1987. - № 637. - P. 70
42. Соколов Ю.В. Расчет и оптимизация состава дорожного асфальтобетона (Метод СибАДИ). - Омск: СибАДИ, 1989. - 36 с