

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნანა ელოშვილი

სპეციალობა TUG.DC-05-8 - სატრანსპორტო მშენებლობა

საგზაო ფენილების რეაბილიტაციის მეთოდების ოპტიმიზაცია ცივი
რეციკლირების გამოყენებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის
საგზაო დეპარტამენტის
საავტომობილო გზებისა და აეროდრომების მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
სრული პროფესორი - ალექსი ბურდულაძე

რეცენზენტები: 1. ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, თამაზ შილაკაძე
2. ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, დომენტი დეკანოსიძე

დაცვა შედგება 2012 წლის 17 მაისს 15⁰⁰ საათზე,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს
კოლეგიის TUG.DC-05-8 სხდომაზე. კორპუსი I, აუდიტორია 630,
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტის ცენტრალურ სამეცნიერო ბიბლიოტეკაში.

ავტორეფერატი დაიგზავნა 2012 წლის 25 აპრილს

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი
ასოც. პროფესორი

რევაზ ველიჯანაშვილი

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

ნაშრომის აქტუალურობა. 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 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 აირების გამოყოფა ატმოსფეროში, ასევე მნიშვნელოვნად კლებულობს კარიერებში ქვის მასალის მოპოვების აუცილებლობა.

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

მიუხედავად იმის, რომ აღნიშნული ტექნოლოგია ფართოდ გამოიყენება მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, იგი შეარებით 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 შემკრავად გამოყენებულია გათხიერებული ბიტუმი და ნელადსქელებადი მინერალური შემკრავი.

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

- ჩატარებულია ანალიზი და ჩამოყალიბებულია პრობლემები, რომელიც თან ახლავს საგზაო სამოსების რეაბილიტაციას ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიით;
- თეორიულად დასაბუთებულა ასფალტბეტონის რეაბილიტაციის ცივი რეცინკლირების 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:

- დასაბუთებულია ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიაში ნელადსქელებადი მინერალური შემკრავისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენების უპირატესობა;

- დამუშავებულია ნამტვრევების რაციონალური შემადგენლობა;
- დადგენილია ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის ოპტიმალური პარამეტრები, რომლებიც ითვალისწინებენ 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 გზების რეაბილიტაციის რეკომენდაციები.

სამუშაოს რეალიზაცია:

- საგზაო სამოსის რეაბილიტაცია წარმოდგენილი ტექნოლოგიით განხორციელებულია მცხეთა-სტეფანწმინდა-ლარსის საავტომობილო გზის კმ 125-კმ 135 კმ-ზე;
- სადისერტაციო კვლევის შედეგები გამოყენებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტს საავტომობილო გზებისა და აეროდრომები მიმართულების ბაკალავრებისა და მაგისტრანტების სასწავლო პროცესში.

სამუშაოს აპრობაცია:

- დისერტაციაში წარმოდგენილი მასალები მოხსენებულია საქართველოს საავტომობილო საგზაო ინსტუტუტის #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 ნაბეჭდო თაბახზე.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

რეზიუმეში მოცემულია ნაშრომის შესახებ მოკლე ინფორმაცია და შესრულებული კვლევების საფუძველზე მიღებული ძირითადი შედეგები და მათი პრაქტიკული მნიშვნელობა

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალობა, მოცემულია კვლევის ობიექტი და მოკლედაა გადმოცემული დისერტაციის არსი და მიზნები.

პირველ თავში მოცემულია ასფალტბეტონიანი საფარის აღდგენის ტრადიციული ტექნოლოგიები. ყურადღება გამახვილებულია ძველი ასფალტბეტონის რეგენერაციის მეთოდებზე და მათ კლასიფიკაციაზე. მოცემულია საზღვარგარეთის ქვეყნების გამოცდილება ცივი რეგენერაციის გამოყენებასთან დაკავშირებით.

განხილულია ცივი რეცინკლირების გამოცდილება ყოფილ საბჭოთა კავშირში და განვითარებულ ქვეყნებში.

მოცემულია რეცინკლირების შედეგად მიღებული ასფალტგრანულატის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გამოკვლევის შედეგები.

მეორე თავში მოცემულია ასფალტ-ბეტონიანი საფარის რემონტის ტექნოლოგიის ეფექტურობის თეორიული დასაბუთება. ნაჩვენებია ცივი რეგენერაციის საფუძველზე მიღებულ კონგლომერატში სტრუქტურის წარმოქმნის თავისებურებანი, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელებისა და ბლანტი ბიტუმის გამოყენების დროს.

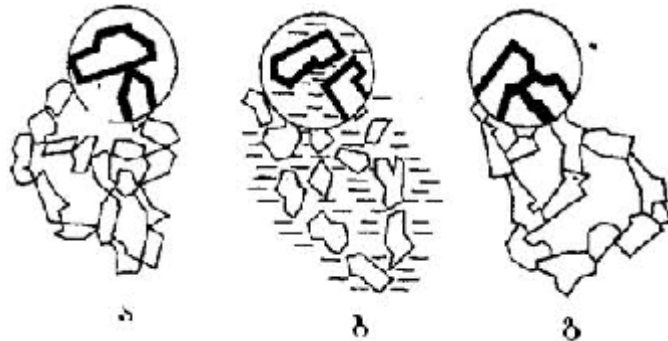
ბიტუმინერალურ ფენების ფრეზირებისას ასფალტის გრანულატში ხვდება სხვადასხვა შემადგენლობის ნივთიერებები, რომლებთაც გააჩნიათ ბიტუმის დაბერების სხვადასხვა ხარისხი. ასფალტ-გრანულატი შეიცავს 40 მმ ზომის მარცვალებს.

გრანულომეტრიის შესწავლამ აჩვენა, რომ სხვადასხვა წარმოშობის აგ ძირითადად შეესაბამება გოსტ-9128-97-ის მოთხოვნებს. იგი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც კომპიზიციური მასალა, რომელშიც გარემო

წარმოდგენილია ასფალტის გრანულის ნაწილაკებით, დისპერსიული სფერო (მატრიცა) - შემკვრელი ნივთიერებებით. მსგავსი მასალების მნიშვნელოვან თავისებურებას წარმოადგენს მათი თვისებების დამოკიდებულება სტრუქტურაზე, რომელსაც განსაზღვრავს ასფალტის გრანულის მარცვლის ხარისხი და რაოდენობა.

კომპოზიციური, დისპერსიული მასალისთვის დამახასიათებელია ძლიერ განვითარებული ფაზათაშორისი ზედაპირი და მაღალი კონცენტრაცია დისპერსიული ფაზის თხევად დისპერსიულ სფეროში.

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



ნახ. 1. მყარი დისპერსიული ფაზის ნაწილაკებს შორის ძირითადი კონტაქტები. ა) - ატომური; ბ) - კოაგულიაციური; გ) - ფაზური

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

მესამე ტიპი - გამძლე ფაზიანი. დამახასიათებელია კონდენსაციური სტრუქტურებისათვის. მისი დაშლის შედეგად აღდგენა შეუძლებელია. მსგავსი სტრუქტურა დამახასიათებელია ცემენტ-ბეტონისათვის.

კვლევის შედეგად, შეიქმნა მასალები, რომელთა მთავარ თავისებურებას წარმოადგენს სტრუქტურების ორი ან მეტი სივრცის ოპტიმალური შეხამება.

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

- შემკვრელის გარეშე აგბ-ს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები განისაზღვრება ასფალტის გრანულის სტრუქტურულ-მექანიკური თვისებებით. მის უპირატესობას წარმოადგენს, სატრანსპორტო საშუალებათა მოძრაობის გახსნა რეცინკირებული ფენის დატკეპნისთანავე. იგი ხასიათდება მაღალი ფორიანობით და დაბალი სიმტკიცით.
- ბიტუმით დამუშავებული აგბ-ს ტიპისთვის დამახასიათებელია არც თუ ისე მაღალი სიმტკიცე. როგორც პირველ შემთხვევაში, ტრანსპორტის მოძრაობის გახსნა შესაძლებელია აგბ-ს ფენის დატკეპნისთანავე.
- აგბ-ში, სადაც შემკვრელს წარმოადგენს ცემენტი სიმტკიცე მნიშვნელოვნად მაღალია. ამ მასალის ნაკლს წარმოადგენს დაბალი ყინვამდეგობა, მიკრობზარების წარმოქმნის დიდი ალბათობა. გზაზე მოძრაობა არ შეიძლება ორი დღე-ღამის განმავლობაში. საჭირო სიმტკიცის მიღების შემდეგ სასურველია საფარის ფენების დაგება.

ამგვარად, აგბ-ს სტრუქტურის ტიპი და თვისებები დამოკიდებულია ძირითადად შემკვრელი მასალის სტრუქტურასა და თვისებებზე. 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 პროდუქტთან.

შემკვრელის სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესები, აჩვენებენ, რომ გამყარების საწყის სტადიაზე შემკვრელში წარმოიქმნება კოაგულაციური

სტრუქტურა. მექანიკური ძალების ზემოქმედებით, მასალის გამყარებისას, შემკვრელის ჰიდრატაციული ნაწილაკები უახლოვდებიან ერთმანეთს და ქმნიან გამყარების პირველად კონდენსაციურ სტრუქტურას. შემკვრელში რეზერვის β -C₂S არსებობას დროთა განმავლობაში მივყავართ სტრუქტურის სიმტკიცის ამაღლებისაკენ ჰიდრატული ახლად წარმონაქმნების მოცულობის ხარჯზე, კონდენსაციური კონტაქტების რიცხვის ზრდისაკენ, კავშირების გარკვეული ნაწილის გადასვლით კრისტალიზირებულში.

აგბ-ში კომპლექსურ შემკვრელზე, კოაგულაციური კავშირი ნაწილაკებს შორის ხორციელდება ბიტუმის თხელი აფსკების მეშვეობით. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ მასალაში კოაგულაციური კავშირების სიმტკიცე დამოკიდებულია ბიტუმის თვისებებზე, მისი ფენების სისქეზე, რომლებითაც დაკავშირებულია მინერალური ნაწილაკები, და ბიტუმთან მინერალური მასალის ზემოქმედების თავისებურებებზე.

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 თავისუფალი შემკვრელის თვისებებს.

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

ნარევის გამყარებისას, პირველ რიგში წარმოიქმნება ფიზიკური პროცესები ბიტუმის აფსკში. ბლანტი ბიტუმი, რომელიც გამოიყენება კომპლექსურ შემკვრელად, ასფალტის გრანულის მარცვლებზე წარმოქმნის სტრუქტურირებული ბიტუმის თხელ აფსკებს, რომლებიც ფლობენ მაღალ სიმტკიცეს.

ცივი რეცინკირების შესრულებისას, შესაძლებელია ნარევი კომპლექსური შემკვრელის კომპონენტების შერევა სხვადასხვა თანმიმდევრობით. აგ-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 თავდაპირველად ეკვრის წვრილ მარცვლებს, რომლებსაც ახასიათებთ დიდი ადსორბციული უნარი, შემდეგ კი 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 აგ მარცვლებს შორის.

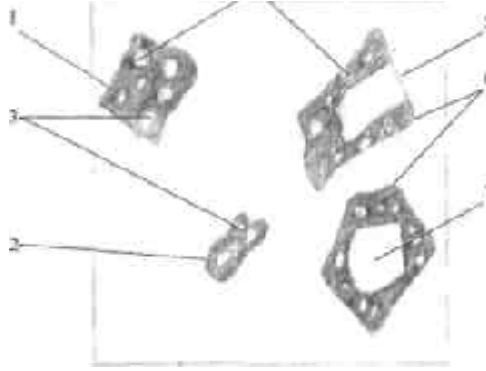
აგ-ს მაკროსტრუქტურა ფორმირდება ნარევის დატკეპნის შემდეგ. ამ დროს ხდება გათხიერებული ბიტუმით დამუშავებული აგ-ს მარცვლების დაახლოვება და შეწყება. აგ-ს მარცვალთა დაახლოებისას შესაძლოა ბიტუმის აფსკის შეკუმშვა მომატებული დამაბულობის ზონიდან. მოცულობითი ბიტუმი ავსებს მარცვლებს შორის თავისუფალ სივრცეს. კოაგულაციური 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.ბ-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.

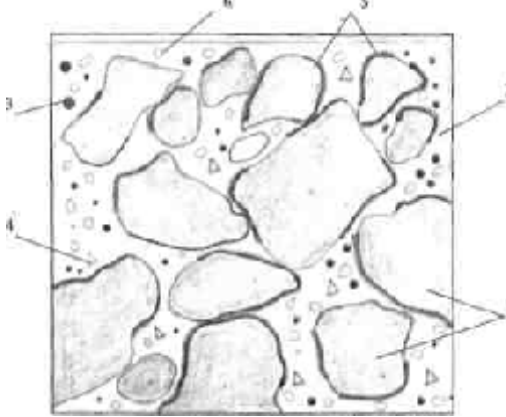
ასფალტის გრანულის მარცვლის ზედაპირზე, რომელიც არ არის დაფარული ბიტუმის აფსკით, მდებარეობს მინერალური შემკვრელის ჰიდრატაციის პროდუქტები ცალკეული კრისტალების სახით, რომლებიც თავის მხრივ წარმოადგენენ კალციუმის ჰიდროსილიკატებს. დროთა განმავლობაში მათი რაოდენობა იზრდება. მარცვლებს შორის სივრცეში, ჰიდრატაციის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

ბიტუმის აფსკის გამდიერებული კავშირის არსებობა შემკვრელის ჰიდრატაციის პროდუქტებთან დადებითად აისახება აგბ-ს წყალ- და ყინვამედეგობაზე. აგ-ს მარცვალთა ზედაპირი, რომელიც დაფარულია ბიტუმით, იზოლირებულია მინერალური შემკვრელის ზემოქმედებისაგან. აგბ-ს სქემატური გამოსახულება მოცემულია ნახაზებზე 2 და 3.



ნახ. 2. 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



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

ჩვენს მიერ კონგლომერატის თავისებურებების ექსპერიმენტული დამტკიცებისათვის, ჩატარებულია გამოკვლევები მინერალოგიური შემკვრელების შემადგენლობის თანამედროვე ელექტროფიზიკური მეთოდების დახმარებით.

ჩატარებული ცდებით დამტკიცდა, რომ:

- მინერალური შემკვრელები, რომელთა მინეროლოგიურ ნაწილში ჭარბობს ბელიტის რაოდენობა, ხასიათდებიან ნელა მიმდინარე გამყარების პროცესებით. სტრუქტურის წარმოქმნის ნელი პროცესი, შემკვრელის გამყარების ადრეულ სტადიაზე გვამლევს გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიურ პარამეტრების გაუმჯობესების საშუალებას.

ორგანული შემკვრელის მქონე მასალები ხასიათდება იმით, რომ მათი კოაგულიაციური სტრუქტურა ფორმირდება ნარევის გამყარების პროცესში. განმსაზღვრელ ფაქტორად აქ გამოდის ნარევის ტემპერატურა. ბლანტი ბიტუმის გამოყენება გამორიცხავს მაღალი ტემპერატურის ფაქტორს, რომელიც აუცილებელია ნარევის გასამყარებლად, მაგრამ უარყოფითად მოქმედებს მინერალური შემკვრელის სტრუქტურაზე.

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

შედარებით სუსტ რგოლს, წარმოადგენს წყლის აფსკი, რომელიც აუარეცებს ნარევის დატკეპნის პროცესს. ბლანტი ბიტუმის არსებობა მნიშვნელოვნად ამცირებს ამ გავლენის ნეგატიურ შედეგებს.

გამოკვლევებით დამტკიცებულია, რომ ახალ დაგებულ წიდურ და მტვროვან მინერალურ საფუძველზე ტრანსპორტის მოძრაობისას წარმოქმნილი დინამიური დატვირთვები არ ახდენენ ისეთ დამანგრეველ მოქმედებას, როგორსაც ცემენტით გამყარებულ ფენებს შორის.

ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ:

- აგბ არის კომპოზიციური მასალა, რომელშიც შემავსებელს (ფაზას) წარმოადგენს ასფალტის გრანულის მარცვლოვანი ნაწილაკები, მატრიცას კი - კომპლექსური შემკვრელი ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის საფუძველზე.
- სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში აგბ-ში ფორმირდება მკროსტრუქტურის ორი ტიპი: კოაგულიაციური და კონდენსირებული. კოაგულიაციური კავშირი ასფალტის გრანულის ნაწილაკებს შორის, ხორციელდება ბიტუმის სტრუქტურირებადი აფსკების მეშვეობით. კონდენსირებული კავშირები წარმოადგენილია სუსტი კრისტალიზირებული მასით.
- მინერალური შემკვრელის გამყარების პროცესი, საწყის ეტაპზე ხასიათდება ტიქსოტროპიული კოაგულიაციური სტრუქტურის

წარმოქმნით, რომლის საფუძველზე იქმნება სუსტად კრისტალიზირებული სტრუქტურა.

- ნელა გამყარებადი კოაგულაციური სტრუქტურა, იძლევა გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიური პარამეტრების გაზრდის საშუალებას.
- გზაზე დინამიური დატვირთვები, არ იწვევენ კომპლექსური შემკვრელის სტრუქტურის დაზიანებას. ამიტომ შესაძლებელი ხდება გზის სარეაბილიტაციო მონაკვეთზე სატრანსპორტო მოძრაობის სწრაფად გახსნა.

დადგინდა ასფალტბეტონიანი საფარის რეაბილიტაციის ძირითადი ოპერაციების ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა:

- გზის საფარის სიმტკიცის ასამაღლებლად მიზანშეწონილია დატკეპნამდე აგბ-ს ნარევის გაჩერება გზაზე დროის გარკვეული პერიოდით. ეს გამოიწვევს წყლის დაკარგვას, ამიტომ აუცილებელია მისი დამატება ამინდის პირობების გათვალისწინებით.
- დატკეპნილ ფენაში დეფექტების აღმოჩენისას, გზის სამოსის მასალის გამკვრივებისას, დასაშვებია ზედაპირის გაფხვიერება პროფილირება და განმეორებით დატკეპნა.
- ზედა ფენის მოწყობა რეკომენდირებულია ძველი საფარის აღდგენის შემდეგ, არა უმეტეს 2 კვირისა, რომ შეიქმნას აგბ-ს ფორმირების უკეთესი პირობები, ამასთანავე ამ პერიოდისთვის მოხდება გათხიერებული ბიტუმის აორთქლება.

მესამე თავში მოცემულია ასფალტგრანულობეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ექსპერიმენტალური კვლევები და მათი შედეგები. ცხრილში 1 და 2 მოცემულია ექსპერიმენტისთვის გამოყენებული გრანულირებული წიდის ქიმიური და მარცვლოვანი შემადგენლობა.

გრანულიანი წილის ქიმიური შემადგენლობა

ცხრილი 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 წილის მარცვლოვანი შემადგენლობა

ცხრილი 2

მარცვალთა შემადგენლობა							
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

რეგენერირებადი დანამატის სახით ასფალტის გრანულატში შესაყვანად გამოიყენეს მინერალური შემკვრელები მარკით 100, რომელთა შემადგენლობა მოცემულია ცხრილში 5.

მინერალური შემკვრელები M100

ცხრილი 3

შემკვრელის შემადგენლის ნომერი	შემკვრელი კომპონენტების დანახარჯი, %			
	დაფქული წიდა	ცემენტი	კირი	თხევადი უშუა სიმკვრივით ρ=1,15 გ/სმ ³
1	90	10	-	-
2	100	-	-	40
3	-	-	20	-
4	-	15	-	-
5	85	-	15	-

კვლევისათვის გამოვიყენეთ ასფალტის გრანულატი, რომელიც მიიღეს ასფალტბეტონის ზედაპირის დაფრეზვის გზით. გრანულატის მარცვლოვანი შემადგენლობა №1 და №2 ნარეგებისთვის მოცემულია ცხრილებში 4 და 5.

აგბ ნარევის მარცვლოვანი შემადგენლობა

ცხრილი 4.

ნარჩენის დასახელება	ნარჩენები საცრებზე, % მასაზე, (ნარევი №1)										ნარჩენი
	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	1,8
მთლიანი, %	3,3	7,1	17,9	35,1	51,1	61,6	65,3	77	93,1	98,2	100

აგბ ნარევის მარცვლოვანი შემადგენლობა

ცხრილი 5

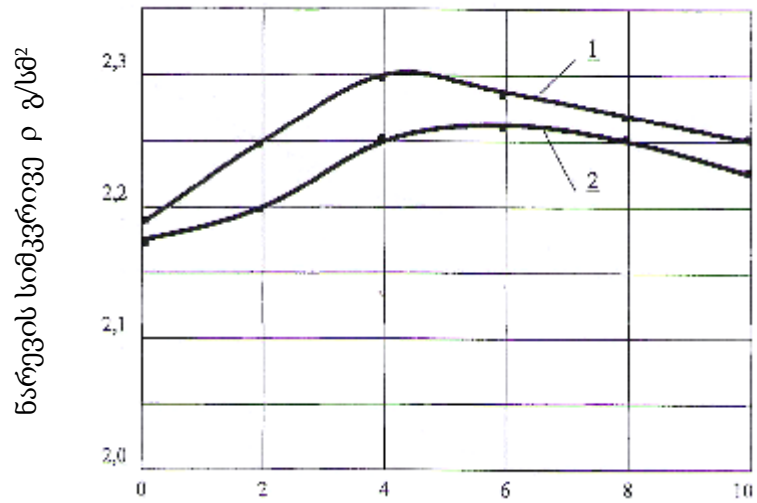
ნარჩენის დასახელება	ნარჩენები საცრებზე, % მასაზე, (ნარევი №2)										ნარჩენი
	20	15	10	5	2.5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	
ცალკეული, %	6,9	5	13,6	19,8	16,1	11,5	6	10	7	3	1,2
მთლიანი, %	6,9	11,9	25,4	45,2	61,3	72,8	78,8	88,8	95,8	98,8	100

გრანულატების გამოკვლევამ გვაჩვენა, რომ ნარევი №1 შეიცავს 3,8% ბიტუმს, ნარევი №2-5,1 %.

ექსპერიმენტული კვლევისათვის, ძველი ასფალტ-ბეტონის თვისებების აღსადგენად შევიყვანეთ ბიტუმი, რომელიც გათხიერებული იყო ნავთით 0,5 %-დან 2%-მდე. ასფალტის გრანულის მასის მიხედვით, ასევე შეგვყავს წყალი 2%-დან 10%-მდე. ნავთის დანახარჯი შეადგენს ბიტუმის მასის 12%.

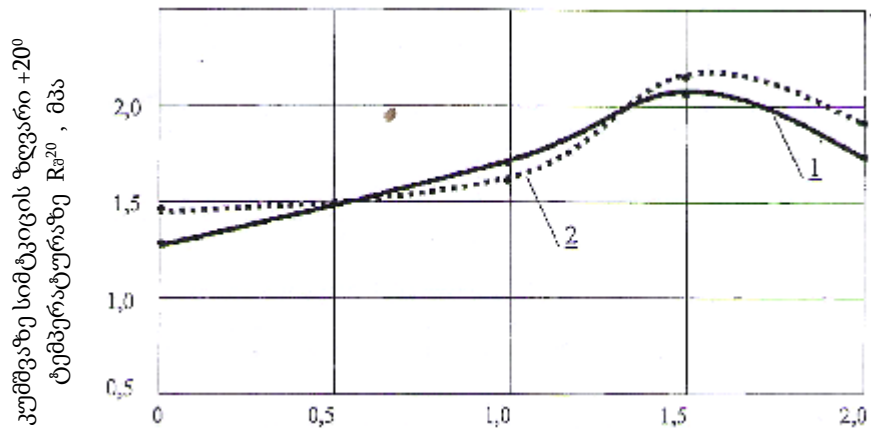
დავადგინეთ, რომ ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობა შეადგენს 1,5%-ს, წყალი კი ასფალტის გრანულის მასის 4%-ს. ამ მაჩვენებლებით, აგბ-ს სიმტკიცის ზღვარი შეკუმშვაზე მაქსიმალურია და შეადგენს 20°C ტემპერატურაზე -2,2 მპა, 50°C ტემპერატურაზე - 1,5მპა.

კვლევის შედეგები მოცემულია 4–8 ნახაზებზე:



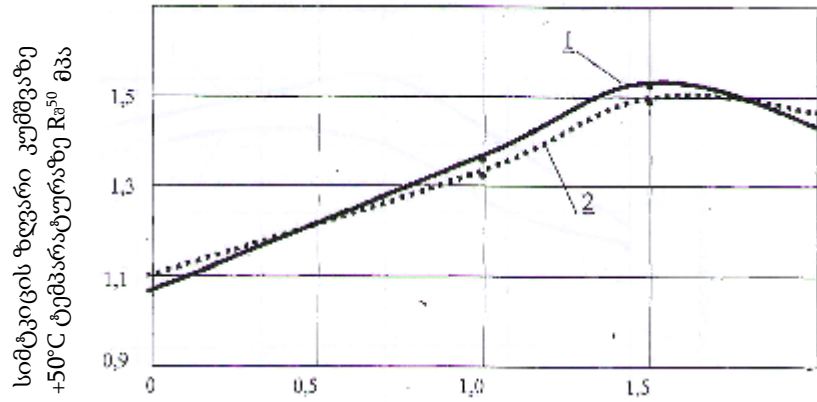
ნარევი „ბ“-ს ტენიანობა, % მასით

ნახ. 4. წყლის შემადგენლობის ზემოქმედება (ბ) აგზ ნარევისა ნიმუშების სიმტკიცეზე გათხიერებული ბიტუმის დანახარჯისას 1,5%; 1) ნარევი №1-ს მარცვლოვანი შემადგენლობა; 2) ნარევი №2 მარცვლოვანი შემადგენლობა.



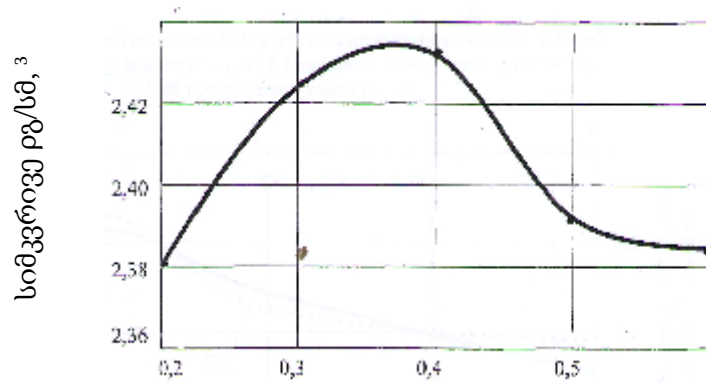
სიმტკიცე ზღვარი კუმშვაზე +20°C ტემპარატურაზე R_a^{20} , მპა ბიტუმის შემცველობა „ბ“ ტიპი, % მასიდან

ნახ. 5. გათხიერებული ბიტუმის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე R_a^{20} 4,0% წყლის შემადგენლობის დროს; 1) ნარევი №1-ს მარცვლოვანი შემადგენლობა; 2) ნარევი №2 მარცვლოვანი შემადგენლობა.



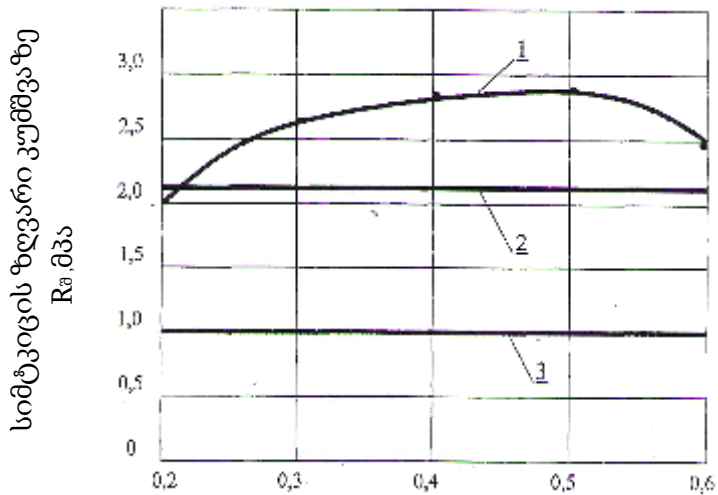
ბიტუმის შემცველობა „ბ“ ტიპი, % მასიდან

ნახ. 6. გათხიერებული ბიტუმის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე R_d²⁰ 4,0% წყლის შემადგენლობის დროს; 1) ნარევი №1-ს მარცვლოვანი შემადგენლობა; 2) ნარევი №2 მარცვლოვანი შემადგენლობა.



წყალცემენტის დამოკიდებულება

ნახ. 7. წყალცემენტის ზემოქმედება აგბ-ს სიმკვრივეზე, ცემენტის დანახარჯი 5,0%



წყალცემენტის დამოკიდებულება

ნახ. 8. წყალცემენტის ზემოქმედება აგბ-ს სიმტკიცეზე კუმშვისას, ცემენტის დანახარჯი 5,0%; 1) ნიშუშების სიმკვრივე, 2) გოსტ-ის მოთხოვნა ცხელი მყარი ასფალტ-ბეტონისთვის მეორე მარკის, 3) გოსტ-ის მოთხოვნა ცივი მყარი ასფალტ-ბეტონისთვის მეორე მარკის

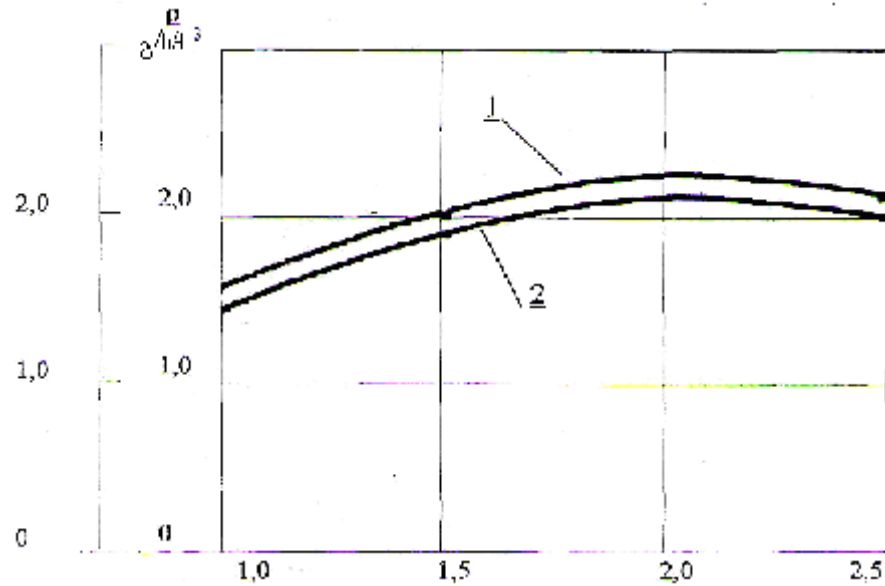
ნარევის დასამზადებლად, მომზადებულ ასფალტის გრანულატში ურევდნენ პორტლანდცემენტი M400, რაოდენობით 5,0% გრანულატის მასისაგან და აგრეთვე შეჰყავდათ წყალი. ნარევის ოპტიმალური ტენიანობის ძიების დროს წყალცემენტის ფარდობას ვიღებთ 0,2 დან - 0,6-მდე.

კვლევის შედეგად დადგენილია ბიტუმის ოპტიმალური შემცველობა 2%, რომლის დროსაც მიიღწევა აგბ-ს მაქსიმალური სიმკვრივე და სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე. კვლევის შედეგები მოცემულია ნახ 9-ზე.

აგბ-ს ნარევის შემადგენლობა

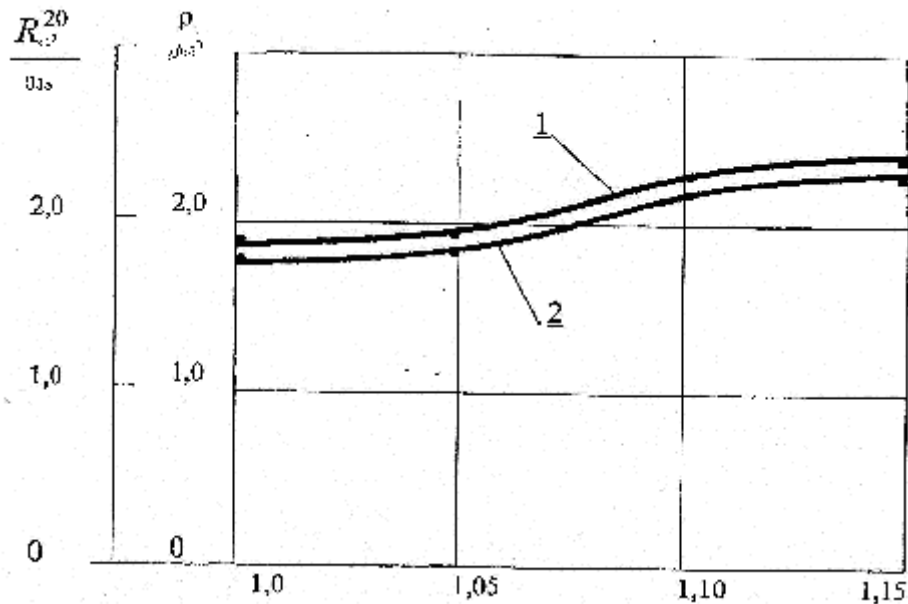
ნარევის კომპონენტები	ნარევის ნომერი, კომპონენტების შემცველობით, %	
	№1	№2
ასფალტის გრანულატი(აგ)	100	100
დაფქული გრანულირებული წიდა, % გრანულატის მასიდან	6	6
გათხიერებული, % აგბ-ს მასიდან	1.5.....2,5	2,0

თხევადი მინა, სიმკვრივით, % აგბ-ს მასიდან, ρ , გ/სმ ³	$\rho=1,1/40$	$\rho=1,05.....1,1$ 5/40
---	---------------	-----------------------------



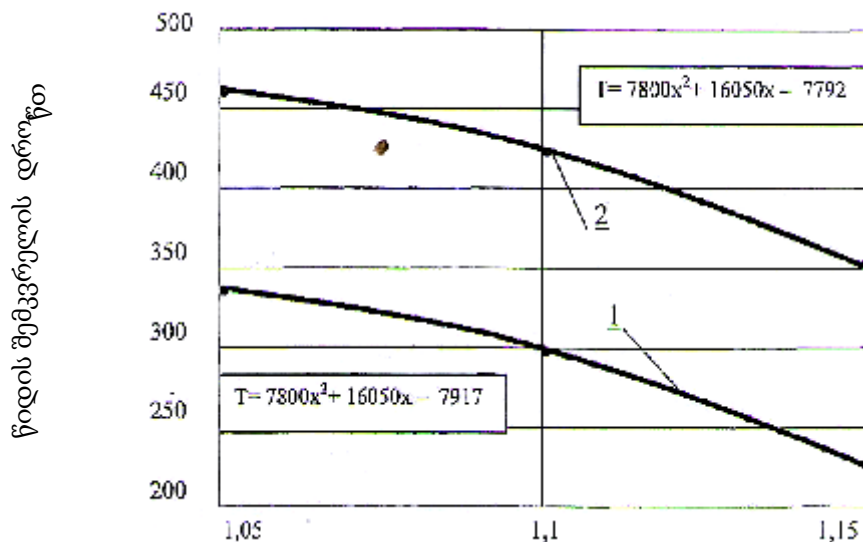
ბიტუმის შემცველობა, % მასიდან

ნახ.9 გათხიერებული ბიტუმის ხარჯის ზემოქმედება #1 აგბ-ს ნარევის სიმტკიცეზე და სიმკვრივეზე.
1-სიმტკიცე, 2- სიმკვრივე



თხევადი მინის სიმკვრივე ρ , გ/სმ³

ნახ. 10. თხევადი მინის სიმკვრივის ზემოქმედება №2 აგბ-ს ნარევის სიმტკიცეზე: 1- სიმტკიცე 2-სიმკვრივე



თხევადი მინის სიმკვრივე ρ , გ/სმ³

ნახ. 11. თხევადი მინის სიმკვრივის წილური შემკვრელის შეჭიდულობის დროზე ზემოქმედება წილის შემკვრელის შემადგენლობისა; დაფუძული წიდა-100%, თხევადი მინა(ზემოდან 100%)-40% 1.- შემკვრივების დასაწყისი; 2.-შემკვრივების დასასრული

ნახ.10. ნაჩვენებია რომ, თხევადი მინის სიმკვრივის გაზრდით იზრდება აგბ-ს სიმტკიცე და სიმკვრივე. თხევადი მინის სიმკვრივე მოქმედებს წილური შემკვრელის შეჭიდულობის საწყის და საბოლოო ვადებზე.

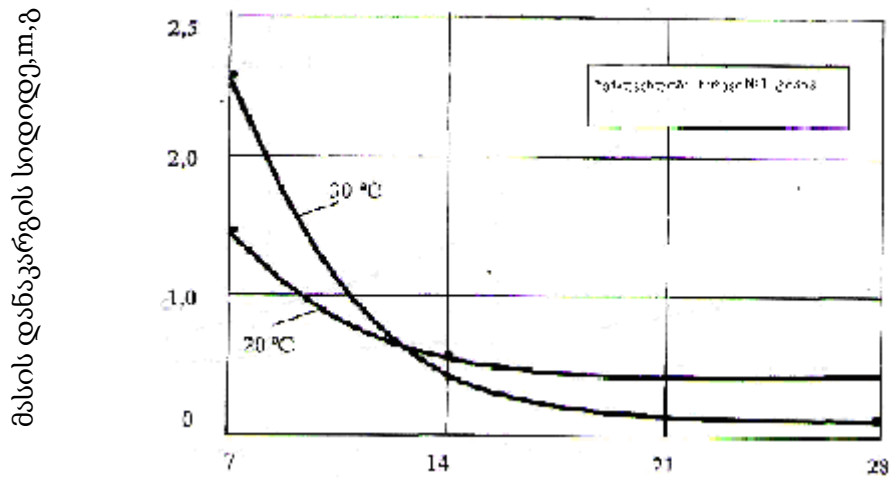
გზაზე მასალის ფორმირების პირობები ხშირად შორს არის სტანდარტულისაგან. ამ პირობების გათვალისწინებისათვის, ჩავატარეთ ექსპერიმენტების მთელი სერია. კვლევისთვის გამოვიყენეთ ნიმუშები №1 და №2 ტიპის ნარევები. კომპონენტების შემადგენლობა ამ ნარევებში მოცემულია ცხრილში 5

აგბ-ს ნარევეთა შემადგენლობა

ცხრილი 6

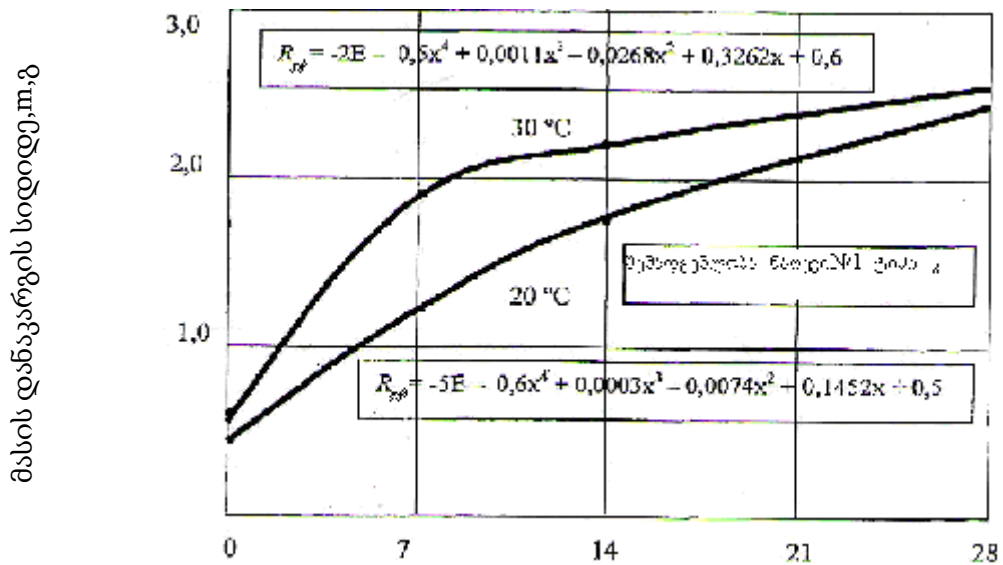
ნარევის კომპონენტები	კომპონენტის შემცველი ნარევების ნომრები,%	
	№1	№2
ასფალტის გრანულატი(აგ) წილური შემკვრელი,% აგ-ს მასისგან	100/5	100/-
გათხიერებული ბიტუმი, % აგ-ს მასისგან	1,5	1,5
წყალი,აგ-ს მასიდან %	4,0	-

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 ნახ. 12-13



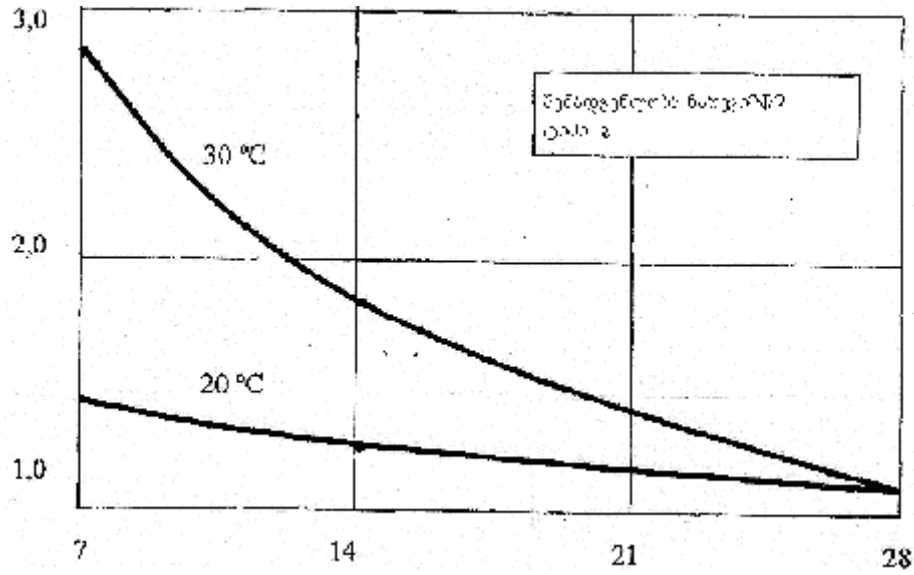
გამყარების ვადა, დღე-ღამე, ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე C°

ნახ. 12. გამყარების დროსა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების მასის დაკარგვაზე



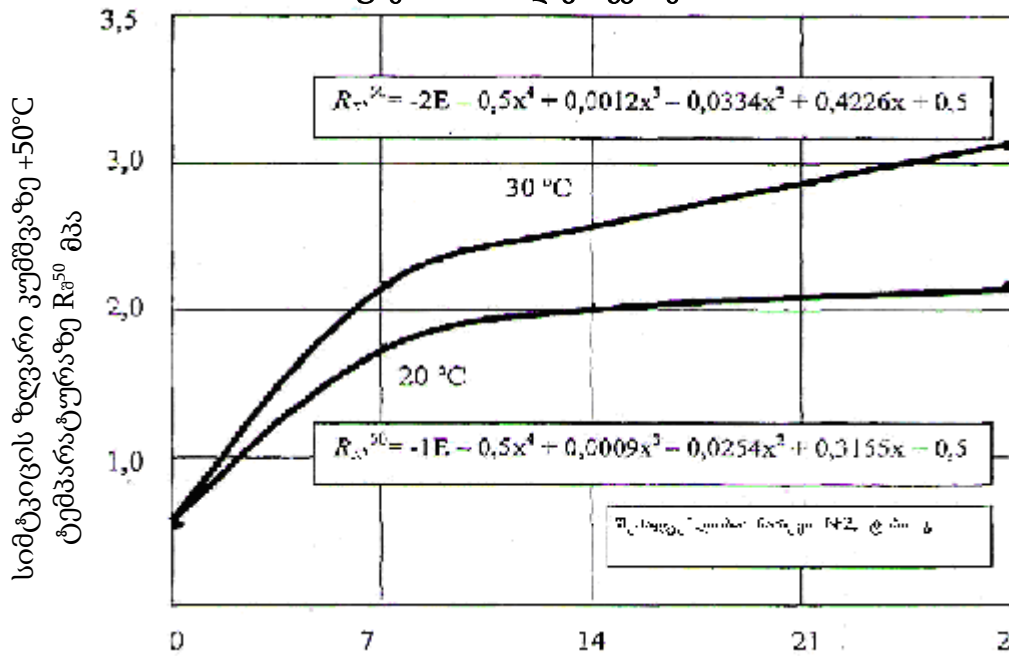
გამყარების ვადა ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე

ნახ.13. გამყარების დროსა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე



გამყარების ვადა ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე

ნახ. 14. გამყარების დროისა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების მასის დაკარგვაზე



გამყარების ვადა ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურაზე

ნახ. 15. გამყარების დროისა და ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება ნიმუშების სიმტკიცეზე

№2 ნარევი შეიცავს მხოლოდ გათხიერებული ბიტუმს. ნიმუშების მასის დაკარგვა და მათი სიმტკიცე აქტიურად იცვლება პირველი 14 დღე-

დამის განმავლობაში, რაც დაკავშირებულია ნავთიდან მსუბუქი ფრაქციის აორთქლებით. სიმტკიცის მომატება გრძელდება შედარებით მაღალ ტემპერატურზე ნიმუშების გამყარების დროს.(ნახ. 14 – 15)

ცდები ჩატარებულ იქნა აგრეთვე აგბ-ს ტიპის ნარევეზე, სადაც მინერალურ შემკვრელად გამოყენებულია ცემენტი და წიდა, ორგანულ შემკვრელად კი - გათხიერებული ბიტუმი და ქაფბიტუმი. ამ ნარევების შემადგენლობა და ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია ცხრილში 6

აგბ-ს ნარევების შემადგენლობა

ცხრილი 7

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	1,5	-	-	-
ქაფბიტუმი, % აგ-ს მასისგან	-	3	-	-
წყალი, % წიდის შემკვრელის და ცემენტის მასისაგან	40	40	40	40

აგბ-ს დეფორამციულობის მაჩვენებელი

ცხრილი 8.

მაჩვენებელი	აგბ-ს ნარევის ტიპი			
	ტიპი კ		ტიპი მ	
	შემადგენლის ნომერი, სახეობა და შემკვრელის შემცველობა			
	1 წიდის შემკვრელი 5%+ბ 1.5%	2 ცემენტი 5%+ ბ 3,0 %	3 წიდის შემკვრელი 5%	4 ცემენტი 5%
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას 0°C ტემპარატურაზე R _{ა0} , მპა	13,2	16,8	10,8	16,1

სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვაზე გახლეჩის 0°C ტემპარატურაზე R_{σ}^{50} , მპა	5,0	5,5	4,8	5,55
მასალის სიხისტის პირობითი მაჩვენებელი $R_{\sigma}^0 / R_{\sigma}^0$	2,64	3,05	2,25	2,9

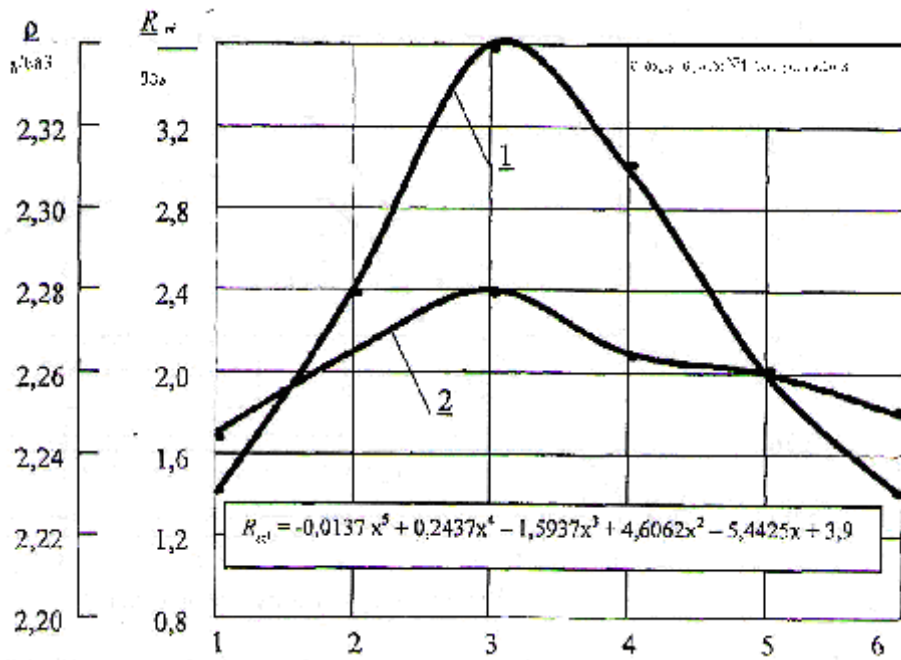
ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად გავაკეთეთ შემდეგი დასკვნები:

- სხვადასხვა შემადგენლობის აგბ-ს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ექსპერიმენტულმა კვლევებმა დაამტკიცეს, რომ ჩვენი თეორიული მოსაზრებანი, უმმეტესად ეხება გათხიერებული ბლანტი ბიტუმისა და ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელების გამოყენებას აგბ-ში.
- აგბ-ს სიმტკიცის საუკეთესო მაჩვენებლები მიიღება ნარევეში ოპტიმალური რაოდენობის გათხიერებული ბიტუმისა და წყლის შერევით.
- წყლის რაოდენობა ნარევეში დამოკიდებულია მინერალური შემკვრელის ტიპზე და დოზირებაზე ასევე დამზადების და გზაზე მასალის გამყარების პირობებზე.
- ნავთის მსუბუქი ფრაქციის აორთქლება ძირითადად ხდება ნარევის გამყარების პირველი ორი კვირის განმავლობაში. ამასთან აგბ-ს სიმტკიცე იზრდება.
- აგბ-ს სიმტკიცის ფორმირებაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ნელაგამყარებად მინერალურ შემკვრელს. რაც დასტურდება ამ შემკვრელი შემცველი ნიმუშის მიერ სიმტკიცის მატების ხანგრძლივობით.

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

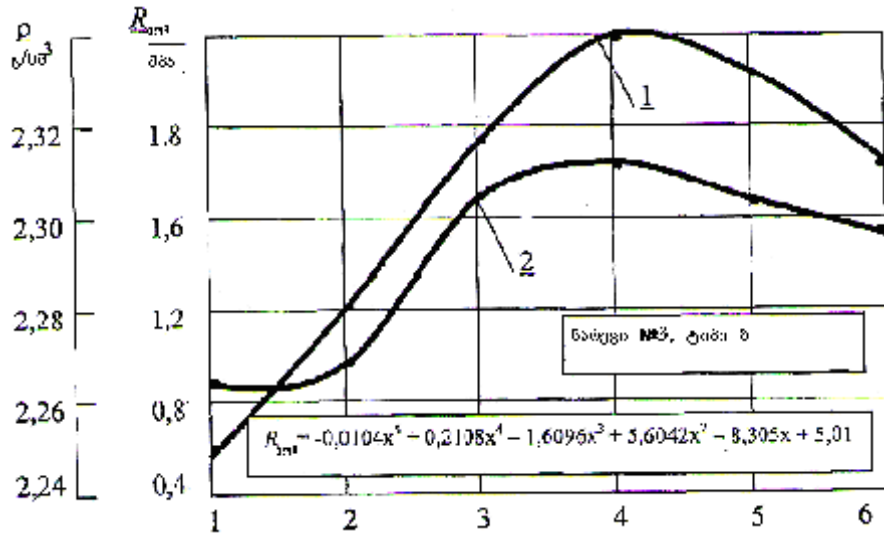
მეთხე თავში განსაზღვრულია ცივი რეცინკლირების მეთოდით ასფალტბეტონის საფარის რეგენერაციის ტექნოლოგიური პარამეტრების

ექსპერიმენტებით დადგენილია დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე, მისი მომზადების მომენტიდან გამყარებამდე, ნიმუშების სიმტკიცის ზღვარი შეკუმშვაზე და ნიმუშების სიმკვრივის ცვლილება სხვადასხვა ნატევეებისთვის ნაჩვენებია ნახ. 16–18–ზე.



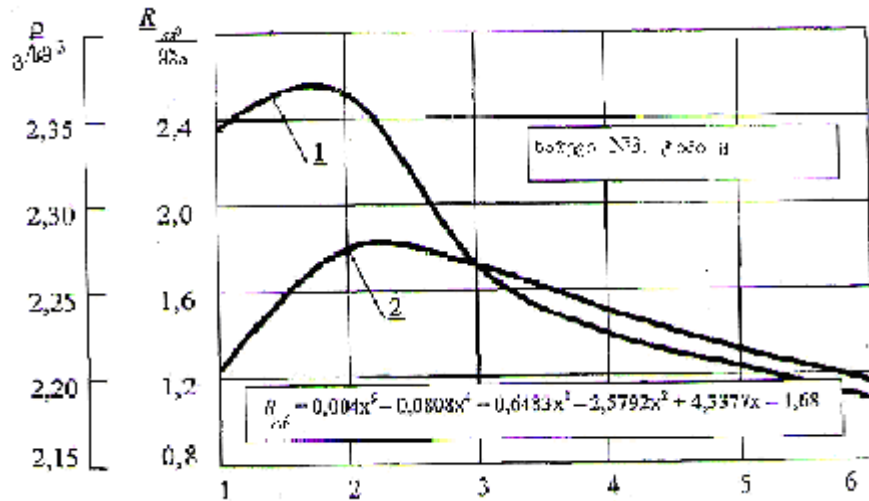
ნარევის გაჩერების დრო T,სთ

ნახ. 16 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე, და ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე
 1. ნიმუშების სიმკვრივე 2. სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე



ნარევის გაჩერების დრო T,სთ

ნახ. 17 დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე ρ და ნიბუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე R



ნარევის გაჩერების დრო T,სთ

ნახ. 18. დროის ზემოქმედება ნარევის გაჩერების პერიოდზე მისი დამზადებიდან შემკვრივებამდე და ნიბუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე

ჩატარებულია აგრეთვე ექსპერიმენტები, რათა დაგვედგინა ამინდის პირობების ზემოქმედება ასფალტ-ბეტონის საფარის რეგენერაციის ტექნოლოგიაზე. შედეგნილ იქნა მათემატიკური მოდელი.

ნარევის შემადგენელი კომპონენტების დოზირების ზემოქმედების ხარისხის განსაზღვრამ, ცალკეული ტექნოლოგიური ფაქტორებისა და ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელით და გათხიერებული ბიტუმით აგბ-ს

ფორმირების პირობებმა საშუალება მოგვცა შეგვეჩინა რაციონალური, ტექნოლოგიური სამუშაოების პარამეტრები.

ექსპერიმენტალური გამოკვლევების შედეგებმა, რომელთაც შეუძლიათ გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიის პროცესის დასაბუთება, აჩვენა, თუ როგორ უნდა წარიმართოს გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიური პროცესი.

მეხუთე თავში მოცემული საწარმო-კვლევითი შემოწმების შედეგებ. ექსპერიმენტულ-თეორიული მიების შედეგების შესამოწმებლად, პრაქტიკული დამუშავებისა და სამუშაოს წარმოების ტექნოლოგიის დასაზუსტებლად, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტის, ცივი რეცინკლირების მეთოდით, 2010–2011 წლებში განხორციელდა საცდელი მონაკვეთის რემონტი, სიგრძით 10კმ საავტომობილო გზაზე მცხედა სტეფანწმინდა–ლაერსი.

საცდელ-საწარმო სამუშაოებმა საშუალება მოგვცა პრაქტიკულად დაგვეშუქებინა და დაგვეზუსტებინა ცივი რეცინკლირების მეთოდით, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტის ტექნოლოგიური პარამეტრები.

ტექნიკა-ეკონომიურმა შეფასებამ გვჩვენა, რომ ცივი რეცინკლირების მეთოდი, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტი ტექნოლოგია, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის და გათხიერებული ბლანტი ბიტუმის გამოყენებით, სამჯერ უფრო იაფია ტრადიციულ მეთოდით რემონტზე და 10%-ით იაფია რეცინკლირების მეთოდით რემონტზე ბიტუმის ემულსიისა და ცემენტის გამოყენებით.

დასკვნები და საერთო შედეგები

1. ჩატარებული კვლევის შედეგად, თეორიულად დასაბუთებულია და პრაქტიკულად დამტკიცებულია ასფალტბეტონის საფარის ცივი რეცინკლირების მეთოდით ტექნოლოგიის ეფექტურობა ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბლანტი ბიტუმის გამოყენებით.

2. ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელის სტრუქტურის ხანგრძლივად შენარჩუნება, საშუალებას გვაძლევს გავაუმჯობესოთ საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების მშენებლობის ტექნოლოგიური პარამეტრები. გათხიერებული ბიტუმის გამოყენება უზრუნველყოფს ნარევის არევის ხარისხს, რაც საბოლოოდ აუმჯობესებს მიღებული მასალის ფიზიკა-მექანიკურ თვისებებს.
3. დადგენილია აგბ-ს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებისა, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელი და ბლანტი ბიტუმის დამატებით, რომელიც გათხიერებულია ნავთით. მივიღეთ აგს-ს „ბ“ ტიპი (ბიტუმის შემცველი) და „კ“ ტიპი (კომპლექსური), რომლებიც პასუხობენ ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნებს და ვარგისია ა/ბეტონის საფარების ზედა და ქვედა ფენების მშენებლობისათვის. აგბ „ბ“ და „კ“ ტიპებს, გააჩნიათ უკეთესი დეფორმაციულობა და ბზარმდეგობაც, ვიდრე აგბ-ს, რომლის შემადგენლობაშიც შედის ცემენტი.
4. ასფალტგრანულაბეტონის ნარევის სიმტკიცის საუკეთესო მაჩვენებლები მიიღება ნარევი გათხიერებული ბიტუმისა და წყლის ოპტიმალური რაოდენობის შეყვანით. ამასთან, წყლის შემადგენლობა ნარევიში, უნდა ექვემდებარებოდეს კორექტირებას, რომელიც დამოკიდებულია მინერალური შემკვრელის სახეობასა და დოზირებაზე, ასევე გზებზე ნარევის მომზადებისას და გამყარების პირობებზე.
5. მიღებულია მათემატიკური მოდელი ჰაერის ტემპერატურის, ქარის სიჩქარის და გზაზე ნარევის დაყოვნების ზემოქმედების განსაზღვრისათვის ტენიანობის შემცირებაზე. ეს საშუალებას გვაძლევს ნარევის მომზადების კონკრეტულ პირობებში დავადგინოთ წყლის შემადგენლობა შემდგომი აორთქლების გათვალისწინებით.
6. ჩატარებული კვლევები გვაძლევს საშუალებას, დასაბუთებულად დავაპროექტოთ გზის საფარის რემონტის ტექნოლოგიური პროცესი,

განსაზღვროთ ტექნოლოგიური მოცულობა მოცემული მანქანების წარმადობისთვის, ოპტიმალური და დასაშვები დრო დატკეპნისთვის, ამინდის პირობებზე დამოკიდებულებით.

7. ცივი რეცინკლირების დადებითი თავისებურებაა დაშვებული შეცდომების გამოსწორების საშუალება ფენის შემკვრივების შემდეგაც კი. აგბ-ს „კ“ ტიპს გამყარების ადრეულ პერიოდში გააჩნია თვისება, რომელიც საშუალებას აძლევს გაფხვიერებისა და მასალის ხელმეორედ შემკვრივებისას აღიდგინოს სიმტკიცის მაჩვენებლები, არაუგვიანეს ოთხი საათისა. „ბ“ ტიპის ასფალტობეტონის 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.
8. კვლევათა ბაზაზე და საცდელ-წარმოებითი სამუშაოებით შემუშავებულია რეკომენდაციები ცივი რეცინკლირებისას, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტისათვის ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით.
9. მოცემული ტექნოლოგიის, ტექნიკურ-ეკონომიურმა შეფასებამ გვაჩვენა მისი ეფექტურობა. ცივი რეცინკლირების მეთოდით, ასფალტ-ბეტონის საფარის რემონტის ტექნოლოგია, ნელა გამყარებადი მინერალური შემკვრელისა და გათხიერებული ბიტუმის გამოყენებით სამჯერ იაფია, ვიდრე ა/ბეტონის რემონტისა ტრადიციული ტექნოლოგიით.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში:

1. პაპუაშვილი თ., შიშინაშვილი მ., ჯღამაია ვ., ელოშვილი ნ. ასფალტბეტონის ნარევის შემადგენლობის განსაზღვრა მარშალის ხელსაწყოს გამოყენებით. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, ISSN1512-3936, #1(24), თბილისი, 2012

2. ელოშვილი ნ., ბურდულაძე ალ., აეროდრომების ასფალტბეტონის საფარის აღდგენის თანამედროვე ტექნოლოგიები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, ISSN 1512-3537, # 1(23), თბილისი, 2012
3. ელოშვილი ნ., ასფალტბეტონების საფარების რეაბილიტაცია ცივი რეცინკლირების ტექნოლოგიის გამოყენებით. სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტუალი“ ISSN 1512-2530, # 19, თბილისი 2012

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 toxicotropic 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.