

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მაია ავალიანი

საგზაო ფენილების სატრანსპორტო - საექსპლუატაციო თვისებების
გაუმჯობესება საქართველოს კლიმატური პირობების განთვალისწინებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი
დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა
ხელოვნური ნაგებობები

შიფრი: 0406

თბილისი

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
სამშენებლო ფაკულტეტი
საგზაო დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი ალექსი ბურდულაძე

რეცენზენტები: თამაზ შილაკაძე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
კონსტანტინე მჭედლიშვილი, პროფესორი

დაცვა შედგება 2018 წლის 22 თებერვალს, 14⁰⁰ საათზე,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე კორპუსი I, აუდიტორია 505,
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო
ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი დ.ტაბატაძე

შესავალი

პრობლემის აქტუალობა: მშენებლობის ტემპების და მოხმარებული ასფალტბეტონის მოცულობის ზრდასთან ერთად იზრდება მოთხოვნები მისი ხარისხისა და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობისადმი. ასფალტბეტონი წარმოადგენს მასალას, რომელიც მუშაობს ავტოტრანსპორტის განმეორებადი დატვირთვების ზემოქმედებით გამოწვეული, რთული დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობისა და ცვალებადი ტემპერატურისა და ტენიანობის პირობებში.

გზის საფარზე გარეგანი ფაქტორების ზემოქმედების ხასიათი და სიდიდე ბოლო პერიოდში შესამჩნევად შეიცვალა. სატრანსპორტო საშუალებების ტვირთამწეობის და მოძრაობის ინტენსივობის მომატების გამო გაიზარდა ასფალტბეტონების საფარზე ხვედრითი საანგარიშო, დინამიური და დარტყმითი დატვირთვების სიდიდეები. შესაბამისად, გაიზარდა მოთხოვნები მისი საწყისი სტრუქტურის და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესების თვალსაზრისით. მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში დაიწყეს ახალი თაობის მაღალი საექსპლუატაციო თვისებების მქონე მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების ტექნოლოგიების გამოყენება. ვინაიდან, გზების საფარად გამოყენებული ასფალტბეტონების რღვევისა და დეფორმაციის ძირითად მიზეზს წარმოადგენს ექსპლუატაციის პერიოდში ბიტუმის თვისებების მკვეთრი დამველება, ასფალტბეტონების ხანმედეგობისა და საექსპლუატაციო თვისებების გაზრდის მიზნით, ეფექტურ შედეგს იძლევა ბიტუმების მოდიფიცირება სხვადასხვა დანამატებით.

ეს გარემოება ძალიან ართულებს ასფალტბეტონის თვისებების შესწავლასა და მის რეგულირებას. მიუხედავად იმისა, რომ ასფალტბეტონი სამეცნიერო-ტექნიკურ დონეზეა შესწავლილი, მაინც რჩება მრავალი პრობლემა, რომელთა გადაჭრა საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ უფრო მაღალი ხარისხის საგზაო ფენილები.

ჩატარებული გამოკვლევებისა და დაგროვილი გამოცდილების

საფუძველზე, შესაძლებელი გახდა სხვადასხვა სახის ექსპლუატაციის პირობების შესაბამისი შემადგენლობის ასფალტბეტონის შერჩევა. ავტოტრანსპორტის ინტენსივობისა და ღერძზე დატვირთვის ზრდის პირობებში, უფრო თვალსაჩინო გახდა ასფალტბეტონის ისეთი უარყოფითი მხარეები, როგორცაა მცირე დეფორმაციული და კოროზიული მედეგობა, დაბალი ტემპერატურის, წყლისა და ყინვამედეგობა, განსაკუთრებით გაზაფხულზე, რაც ფენილის ინტენსიურ დაშლას იწვევს.

თანამედროვე ავტოტრანსპორტი მეგზვევთა წინაშე აყენებს ამოცანას არსებითად შეცვალოს ასფალტბეტონის ფენილის ხარისხი.

ტერიტორიის სიმცირის მიუხედავად, საქართველო სუბტროპიკული და მაღალმთიანი რეგიონებისათვის დამახასიათებელი კლიმატის ქვეყანაა. ამდენად, ცალკეულ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა შეირჩეს რეგიონის კლიმატის შესაბამისი სხვადასხვა ბიტუმი. ქართლ-კახეთის დაბლობ რაიონებში გამოყენებული ბიტუმი უნდა იყოს თბომედეგი, ხოლო კოლხეთის დაბლობში, გარდა აღნიშნული თვისებებისა, ბიტუმი უნდა იყოს ატმოსფერულმედეგიც. საქართველოს დაბალმთიან რაიონებში გამოყენებული ბიტუმის სიმციფისა და დარბილების ტემპერატურა უნდა იყოს საკმაო, სიმაღლის მატებისა და შეაბამისად, კლიმატის გამკაცრების მიხედვით უნდა შემცირდეს ბიტუმის თბომედეგობა და გაიზარდოს პლასტიკურობა. სპეციალური ბიტუმია საჭირო დიდი ინტენსივობის საავტომობილო მაგისტრალებისათვის. ცხადია, ყველა ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის გამოშვებული ბლანტი ბიტუმი უნდა შეესაბამებოდეს ერთ ტექნიკურ ნორმას, მაგრამ უფრო მნიშვნელოვანია კლიმატური ზონის შესაბამისი ცხელი და ცივი ნარეგებისათვის გამოყენებული ბიტუმის რეოლოგიურ თვისებათა დიფერენცირებული ნორმების შემუშავება, რაც საქართველოს ტერიტორიის საგზაო კლიმატური დარაიონების გარეშე შეუძლებელია.

ბიტუმის დაძველების მექანიზმის დეტალური გამოკვლევის საფუძველზე გამოვლინდა შეუქცევადი პროცესები, რომლებიც იწვევს

ბიტუმის შედგენილობისა და თვისებების ცვლილებებს. ასეთებია:

- ბიტუმის თხელი ფენის ზედაპირიდან მსუბუქი კომპონენტების აორთქლება;
- უჟანგბადო გარემოში სითბოს მოქმედებით გამოწვეული პოლიმერიზაცია;
- შემკვრელის ზედაპირზე ულტრაისფერი სხივების ზემოქმედებით გამოწვეული ბიტუმის კომპონენტთა ოქსიპოლიმერიზაცია;
- ჟანგბადის ზემოქმედებით გამოწვეული პოლიოქსიკონდენსაცია.

ასფალტბეტონის საგზაო საფარის ატმოსფერული მედეგობის ხანგამძლეობის გაზრდის, საჭიროების შემთხვევაში სიბლანტისა და სიმყიფის შემცირების, ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა და სტრუქტურის შეცვლის მიზნით, შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა სახის დანამატები, კერძოდ: ზედაპირულ აქტიური ნივთიერებანი (ზან), გამთხევადებლები, პლასტიფიკატორები, პოლიმერები, ბოჭკოვანი დანამატები და ა.შ.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, დღეისათვის მსოფლიოს და საქართველოს საგზაო სამშენებლო ბაზარზე გამოკვეთილია შემდეგი პრობლემები:

- ბიტუმმა საგზაო საფარის საჭირო სიმტკიცე უნდა უზრუნველყოს სხვადასხვა ტემპერატურულ ინტერვალში, ცვლადი დატვირთვების მოქმედების პირობებში;
- ბიტუმი კარგად უნდა ასველებდეს და ეკვროდეს მინერალური მასალის ზედაპირს;
- ბიტუმი უნდა იყოს ხანგამძლე, ე.ი. მისი დაძველება (თვისებების ცვლილება ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პერიოდში) იყოს მინიმალური.

აღნიშნულ მოთხოვნათა შესრულება იძლევა მაღალხარისხოვანი პროდუქციის მიღების გარანტიას, მაგრამ ამისათვის საჭიროა წინასწარ ვიცოდეთ საწყისი მასალების ძირითადი მახასიათებლები.

მსოფლიოს მეცნიერთა და პრაქტიკოს ინჟინერთა მიერ

შემუშავებული პროგრესულ მეთოდთა დანერგვა და საქართველოს რეგიონებისათვის დამახასიათებელი თავისებურების გათვალისწინება, მნიშვნელოვნად გაზრდის ქვეყნის საგზაო ქსელს, საექსპლუატაციო მახასიათებლებს და მომსახურების ვადას.

სადისერტაციო ნაშრომის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ საქართველოში საავტომობილო გზების ასფალტბეტონის საფარი საექსპლუატაციო თვისებების ამაღლებისათვის საჭიროა ახალი თაობის მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოყენება, რომელიც უზრუნველყობს ზემოთ აღნიშნული პრობლემების გადაჭრას.

დისერტაციის მიზანი:

- ახალი თაობის მოდიფიცირებული ბიტუმების შექმნა ასფალტბეტონის ნარევის დასამზადებლად, ინერტული მასალის თვისებების გათვალისწინებით;
- ბიტუმის მოდიფიცირების განხორციელება წინასწარ განსაზღვრული მიზნობრივი კუთხით, კლიმატური ფაქტორების გათვალისწინებით, მათ შორის საქართველოს ტერიტორიის ვერტიკალური ზონალობის გათვალისწინებით;
- ასფალტბეტონის საფარების საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება.

ძირითადი ამოცანები:

- მოდიფიცირებული ბიტუმის თვისებების კვლევა სხვადასხვა მოდიფიკატორის გათვალისწინებით, საქართველოს კლიმატური თავისებურებების გათვალისწინებით;
- მოდიფიცირებული ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონების თვისებების კვლევა;
- მოდიფიცირებული ბიტუმების გამოყენებით ასფალტბეტონის ფენილების კონსტრუირება, მათი სატრანსპორტო საექსპლუატაციო თვისებების განსაზღვრა ვერტიკალური კლიმატური ზონალობის გათვალისწინებით;

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე:

სადისერტაციო ნაშრომი განეკუთვნება საავტომობილო გზების მშენებლობის სფეროს. საგზაო სამოსი წარმოადგენს საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის ძირითად განმსაზღვრელ ნაწილს. არა ხისტი საგზაო სამოსის სატრანსპორტო საექსპლუატაციო თვისებები და სიცოცხლის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ბიტუმის თვისებებზე.

დღეისათვის მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ტარდება კვლევები ბიტუმების მოდიფიცირებაზე, თუმცა არ არსებობს ერთიანი სისტემური მიდგომა აღნიშნული საკითხისადმი.

საქართველოში მოდიფიცირებული ბიტუმები ჯერ ჯიდევ არ არის დანერგილი ასფალტბეტონების წარმოებაში. წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში განხილული ბიტუმების მოდიფიცირების სხვადასხვა ვარიანტები, რაც უზრუნველყოფს მაღალი ხარისხის ასფალტბეტონის ნარევის დამზადებას საქართველოს ვერტიკალური კლიმატური ზონალობის გათვალისწინებით.

შესწავლილია მოდიფიცირებული ბიტუმ-პოლიმერის შემკვრელზე დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკო-ქიმიური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებები;

დასაბუთებულია პოლიმერებით მოდიფიცირებული ბიტუმის და ბიტუმ რეზინის კომპოზიციური მასალის - ბირკ ნარევების გამოყენების ეფექტურობა საქართველოს საგზაო მეურნეობაში.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- დამუშავებულია ბიტუმის მოდიფიცირების სხვადასხვა ვარიანტები, რაც საშუალებას იძლევა მიზნობრივად მოვახდინოთ ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესება, საქართველოს ამა თუ იმ რეგიონის კლიმატური თავისებურებების გათვალისწინებით;

- შესწავლილია მოდიფიცირებულ ბიტუმებზე დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის თვისებები და დამუშავებულია მათი გამოყენების არეალი;
- დამუშავებულია ასფალტბეტონის ფენილის საექსპლუატაციო ნორმატიული მაჩვენებლების უზრუნველყოფის შესაძლებლობა მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით;

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, სამი თავის, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომი წარმოდგენილია 118 ნაბეჭდ გვერდზე, შეიცავს 12 ნახაზს, 14 ცხრილს და გამოყენებული ლიტერატურის სიას 73 დასახელებით.

ნაშრომის აპრობაცია:

დისერტაციის მასალები მოხსენებულ იქნა:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია 07.2017.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები და ზოგადი დასკვნები:

პირველ თავში განხილულია ბიტუმის თვისებების გაუარესების მიზეზები, ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესება დანამატების საშუალებით, ბიტუმის მოდიფიკაცია პოლიმერ დანამატების საშუალებით.

როგორც პოლიმერების უმრავლესობის, ასევე ორგანულ შემკვრელთა შედგენილობა, სტრუქტურა და რეოლოგიური თვისებები არ არის მუდმივი და სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით უარესდება, ე.ი. მიმდინარეობს დამველების პროცესი. ბიტუმის თხელ აფკზე გავლენას ახდენს ჟანგბადი, მაღალი ტემპერატურა, წყალი და მინერალური მასალის ზედაპირი. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მაღალ ტემპერატურაზე ქვის მასალისა და ბიტუმის შერევის ხანმოკლე პროცესში, ამ უკანასკნელის სტრუქტურა და რეოლოგიური თვისებები იცვლება უფრო მეტად, ვიდრე 19-20 წლის

ექსპლუატაციის პირობებში. ექსპლუატაციის პროცესში ბიტუმის დაძველებაზე დიდ გავლენას ახდენს ფენილის ფორიანობა. 3%-ზე მეტად ფორიანობის ზრდა მკვეთრად ამცირებს ბიტუმის სტაბილურობას. მექანიკური ცვეთის პირობებიდან გამომდინარე, ასფალტბეტონის ფენილის მომსახურების ვადა უნდა იყოს 30-35 წელი, მაგრამ ბიტუმის დაძველების და ბლანტპლასტიკურ თვისებათა შემცირების გამო, ეს ვადა 8-10 წლამდე მცირდება.

ბიტუმის დაძველება არის ბიტუმის ნახშირწყალბადებსა და გარემოს ჟანგბადს შორის მიმდინარე სხვადასხვაგვარი ქიმიური რეაქციების შედეგი. დაძველების აქტივატორად გვევლინება მზის სხივები, სითბო, წყალი და მინერალური მასალა.

დაძველებისას ბიტუმის ჯგუფური შედგენილობა იცვლება. ზეთის აორთქლების შედეგად იზრდება ფისისა და ასფალტენის რაოდენობა, ხოლო ფისის ასფალტენებად გარდაქმნა იწვევს ბიტუმის თვისებათა ცვლილებას: მატულობს სიბლანტე, თბომედეგობა და დრეკადობა, მცირდება პლასტიკურობა და ბიტუმი ხდება მყიფე.

ბიტუმის დაძველების პროცესში წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან და ქმნიან მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ბადეს. გამოკვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ჟანგბადისა და ტემპერატურის ზემოქმედების შედეგად ბიტუმის შეუქცევადი სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესები მიმდინარეობს სამ სტადიად:

1. ფისის მოლეკულური სტრუქტურიდან ასფალტენების კოაგულაციური სტრუქტურული ბადის წარმოქმნა;
2. ასფალტენის ხისტი სივრცული სტრუქტურული ბადის განვითარება;
3. ხისტი სივრცული სტრუქტურული ბადის რღვევა.

ტემპერატურისა და დაძველების გავლენით გამოწვეული ბიტუმის რეოლოგიური და სტრუქტურული თვისებების შედარებით შეიმჩნევა,

რომ დაძველებისას ფისის თხევადი მოლეკულური სტრუქტურა გადადის ასფალტენის კოაგულაციურ სტრუქტურაში. ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, რომ ბიტუმის ატმოსფერული მედეგობის პრობლემა ძირითადად შეიძლება გადაიჭრას ჟანგვის პროცესების შეზღუდვით.

როგორც გამოკვლევებით დადასტურდა, დანამატის ოპტიმალური რაოდენობა და ზემოქმედების ეფექტურობა დამოკიდებულია ბიტუმის ბუნებაზე.

ბიტუმის სტრუქტურული სტაბილურობის გაზრდის მიზნით, შეიძლება გამოვიყენოთ საბურავების მრეწველობის ბუტილკაუჩუკის ნარჩენები. იგი კომპლექსური დანამატია, რადგან დაძველების შენელების გარდა, ზრდის ბიტუმის პლასტიკურობის ინტერვალს როგორც მაღალ, ასევე დაბალ ტემპერატურულ ინტერვალში, ე.ი. პლასტიფიკატორის როლს ასრულებს.

ბიტუმოვან მასალათა დაძველების პროცესებისა და სტაბილურობის ზრდის მეთოდების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბიტუმთა ქიმიური შედგენილობის არაერთგვაროვნების გამო, არ არის შემუშავებული ბიტუმის სტაბილურობის გაუმჯობესების ერთიანი მეთოდიკა და ცალკეული სახის ბიტუმისათვის საჭიროა შეირჩეს ინდივიდუალური დანამატი და გადამუშავების შესაბამისი მეთოდი. აგრეთვე დადგინდა, რომ ატმოსფერული მედეგობა დამოკიდებულია ნავთობის წარმოქმნის, ქიმიური შედგენილობის, გადამუშავების ტექნოლოგიასა და ბიტუმის მიღების ხერხზე. დაძველების მიმართ მედეგობით გამოირჩევა ნარჩენი ბიტუმი, ნაკლებ მედეგია დაჟანგული ბიტუმი, ხოლო კრეკინგ-ნარჩენებისაგან მიღებული ბიტუმის მედეგობა უმნიშვნელოა.

აქტიური დანამატების საშუალებით მასალის ხარისხის გაუმჯობესება ფრიად პერსპექტიულია და იძლევა მრეწველობის სხვადასხვა დარგების ნარჩენ პროდუქტთა საგზაო მშენებლობაში

გამოყენების საშუალებას. ორგანული შემკვრელი მასალების თვისებების გაუმჯობესების, მინერალური მასალის ზედაპირზე მიკვრის და შესაბამისად, საგზაო ფენილის ატმოსფერული მედეგობის ხანგამძლეობის გაზრდის მიზნით, შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა სახის ზედაპირულ აქტიური ნივთიერებანი (ზან). ზან-ის მოქმედების მექანიზმი ვითარდება სამი მიმართულებით:

1. ბიტუმის დისპერსიულ სტრუქტურაზე;
2. ბიტუმინერალური ნარევის სტრუქტურაწარმოქმნის პროცესზე;
3. ხანგრძლივი ექსპლუატაციისას დაძველების პროცესზე.

საგზაო მშენებლობაში გამოყენებული ბიტუმი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

1. ბიტუმმა საგზაო ფენილის საჭირო სიმტკიცე უნდა უზრუნველყოს სხვადასხვა ტემპერატურულ ინტერვალში, ცვლადი დატვირთვების მოქმედების პირობებში;
2. ბიტუმი კარგად უნდა ასველებდეს და ეკვროდეს მინერალური მასალის ზედაპირს წინასწარ განსაზღვრული თვისებების მქონე ასფალტბეტონის მისაღებად;
3. ბიტუმი უნდა იყოს ხანგამძლე, ე.ი. მისი დაძველება (თვისებების ცვლილება ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პერიოდში) უნდა იყოს მინიმალური.

აღნიშნულ მოთხოვნათა შესრულება იძლევა მაღალი ხარისხის პროდუქციის მიღების გარანტიას. ამისათვის, საჭიროა წინასწარ ვიცოდეთ საწყისი მასალების ძირითადი მახასიათებლები.

ტერიტორიის სიმცირის მიუხედავად, საქართველო სუბტროპიკული და მაღალმთიანი რეგიონებისათვის დამახასიათებელი კლიმატის ქვეყანაა. ამდენად ცალკეულ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა შეირჩეს რეგიონის კლიმატის შესაბამისი სხვადასხვა ბიტუმი, რომელსაც გარკვეული თვისებები ექნება განსაკუთრებით გამოკვეთილი:

- ქართლ-კახეთის დაბლობ რაიონებში გამოყენებული ბიტუმი უნდა იყოს თბომედეგი;
- კოლხეთის დაბლობში, გარდა აღნიშნული თვისებებისა, ბიტუმი უნდა იყოს ატმოსფერულმედეგიც;
- საქართველოს დაბალმთიან რაიონებში გამოყენებული ბიტუმის სიმყიფისა და დარბილების ტემპერატურა უნდა იყოს საკმაო;
- სიმაღლის მატებისა და შესაბამისად, კლიმატის გამკაცრების მიხედვით უნდა შემცირდეს ბიტუმის თბომედეგობა და გაიზარდოს პლასტიკურობა;
- სპეციალური ბიტუმია საჭირო დიდი ინტენსივობის საავტომობილო მაგისტრალებისათვის.

მოდიფიცირებული ბიტუმ-დანამატების გამოყენება ასფალტბეტონის ნარევის წარმოებაში ყოველთვის არ იძლევა საშუალებას შეიქმნას ისეთი მასალა, რომელიც დააკმაყოფილებს მომხმარებელს თავისი ექსპლუატაციური თვისებებით.

ხშირ შემთხვევაში დადებითი ეფექტის მიღება შეიძლება ასფალტბეტონის ნარევი რამდენიმე ნივთიერების შეყვანით, სადაც თითოეული აუმჯობესებს განსაზღვრულ მაჩვენებელს. მეორადი მატერიალური რესურსების „ურთიერთგამდიდრების“ პრინციპი საშუალებას იძლევა მოიძებნოს დანამატების ისეთი კომბინაცია, რომელიც ერთად მოქმედების ეფექტით (სინერგიის ეფექტი) გააძლიერებს პოზიტიურ ამოცანას მრავალკომპონენტურ სისტემაში. კომპოზიციური შემკვრელის მიღების შემთხვევაში ასეთი კომპონენტი შეიძლება იყოს: პოლიმერი, გამხსნელი ან პლასტიფიკატორი, ზედაპირულად აქტიური დანამატები.

მეორე თავში განხილულია შედეგები და მათი განსჯა.

მიმდინარე პერიოდში, დეფორმაციისადმი მდგრადი ბიტუმის მასალების მიმართ მოთხოვნა საკმაოდ იზრდება, რაც უკავშირდება სატრანსპორტო საშუალებების მატებასა და ტვირთამწეობის ზრდას.

პოლიმერული ნივთიერებები, რომელიც მკვრივია და ელასტიური, ბიტუმის მატრიცაში შეუქცევადი დეფორმაციის განვითარებას უშლის ხელს და ზრდის მის მექანიკურ სიმტკიცეს.

ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის მიღებისას აუცილებელია გვახსოვდეს თუ როგორ იცვლება ბიტუმში შემავალი კომპოზიციის თვისებები მათი რაოდენობისა და პოლიმერული ნივთიერების ტიპების მიხედვით. ნავთობპროდუქტებთან შედარებით პოლიმერებს საკმაოდ დიდი მოლეკულური მასა აქვთ, ზუსტად ამიტომ წარმოადგენენ უფრო ეფექტურ შემასქელებლებს. ბიტუმში მცირეოდენი პოლიმერების დამატებისასაც კი იცვლება მისი ხარისხობრივი მაჩვენებლები - იზრდება დარბილების ტემპერატურა და მცირდება შეღწევადობა.

ლაბორატორიული კვლევებით მიღებული შედეგების მიხედვით, გამოვლინდა, რომ БНД 90/130 მარკის ბიტუმი, მოდიფიცირებული ПФМ სერიის მოდიფიკატორით მასის 2%, იცვლის მარკას და ხდება БНД 60/90.

ცხრილი 1

მოდიფიცირებული ბიტუმის ფიზიკო-ქიმიური თვისებები

№	დასახელება	ბიტუმი მასის 1 %	ბიტუმი მასის 1,5 %	ბიტუმი მასის 2 %	ბიტუმი მასის 3 %	ГОСТ 22245-90
1	ნემსის ჩასოღვის სიღრმე, 0,1 მმ, 25°C - ზე	73	75	83	109	91-130
2	დარბილების ტემპ. ბურთულა და რგოლით, °C	47	46,1	45,4	42,4	არა ნაკლებ 43
3	გაწევა 25°C, სმ	93,0	92,8	92,0	97	არა ნაკლებ 65
4	მინერალურ შემავსებელთა მიკვრის უნარი	შეესაბა- მება	შეესაბა- მება	შეესაბა- მება	შეესაბა- მება	-

ამავდროულად უმჯობესდება ძირითადი თვისებები, განსაკუთრებით მიკვრა ქვის მასალასთან (მოდიფიცირებული ბიტუმის

თერმოტესტირების შემდეგ 163⁰C ტემპერატურაზე 5სთ-ს განმავლობაში, შეკავშირება ქვის მასალასთან იცვლება). ასევე, კვლევის შედეგებით გამოვლინდა, რომ მოდიფიკატორის რაოდენობის გაზრდით ლღვობის ტემპერატურა იკლებს, იზრდება პენეტრაცია, არ იცვლება მიკვრა ღორღთან, ამიტომ მოდიფიკატორის შეყვანა 2% რაოდენობაზე მეტი არ არის რეკომენდირებული.

ცხრილი 2

ასფალტბეტონური ნარევის ფიზიკო-მექანიკური თვისებები საწყისი და მოდიფიცირებული ბიტუმის საფუძველზე

№	დასახელება	ბიტუმი მასის 1 %	ბიტუმი მასის 1,5 %	ბიტუმი მასის 2 %	ბიტუმი მასის 3 %	ГОСТ 22245-90
1	სიმტკიცის ზღვარი 50 ⁰ C, მპა	1,4	1,36	1,32	1,15	არანაკლებ 1
2	ნარევის საშუალო სიმკვრივე	2,51	2,49	2,48	2,5	არ ნორმირდება
3	წყლით გაჯერება	1,75	2,35	2,61	3,22	1,5-4,0
4	ძვრის მედეგობა შეჭიდებისას t=50 ⁰ C მპა	0,27	0,26	0,25	0,24	არანაკლებ 0,35
5	ზზარმედეგობა სიმტკიცის ზღვარზე t=50 ⁰ C	4,7	3,66	2,6	2,4	არანაკლებ 0,35 არაუმეტეს 6,5

შემკვრელის მახასიათებლების, განსაკუთრებით ადჰეზიის გაუმჯობესების საფუძველზე ასფალტბეტონური საფარის მომსახურების ვადები, რომელიც მომზადებულია სამკომპონენტური მოდიფიკატორით მოდიფიცირებული ბიტუმის შემკვრელით, სამჯერ აღემატება, ვიდრე არამოდიფიცირებული ბიტუმით დაგებული საფარის, ექსპლუატაციის ერთი და იგივე პირობებით, ნახეთქამძლეობის, წყალმედეგობის და

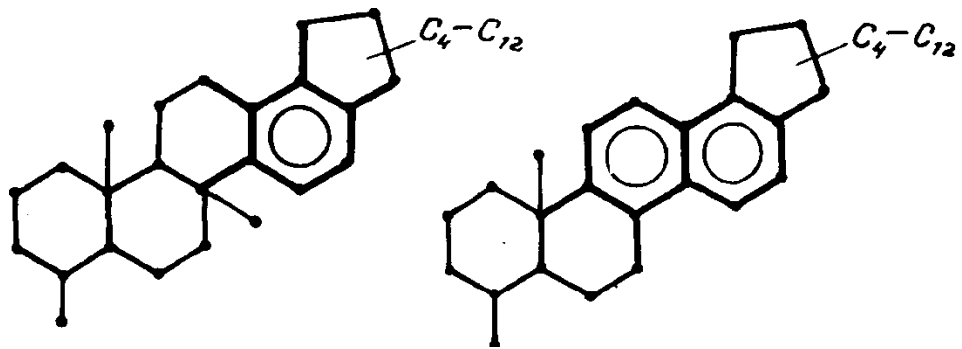
გადაადგილების ხარჯზე მიღებული ზიანის მიხედვით. მოდიფიცირებული ბიტუმის მაღალი ადჰეზიური თვისება ექსპლუატაციის პროცესში უზრუნველყოფს საფარის დაზიანების შემცირებას.

ძირითადი ექსპლუატაციური მაჩვენებლების საფუძველზე გამორჩეული იყო წყალ-ბიტუმური ემულსიების და აორთქლებული ბიტუმების ზოგიერთი ფიზიკო-მექანიკური თვისებები: ადჰეზია, ლღვობის ტემპერატურა. ამ მაჩვენებელთა ერთობლიობა განვსაზღვროთ, როგორც თვისებათა ოპტიმუმი. ზემოთ აღწერილი ექსპერიმენტალური მონაცემებიდან გამომდინარე ჩანს, რომ პოლიმერის შემცველობა მასის 2% ოდენობით ყველა მონაცემით ოპტიმალურია. ლაბორატორიული კვლევების მონაცემები, ადასტურებს ჩვენს შედეგს.

ამგვარად, ნემსის შეღწევის სიღრმის გადიდებასთან ერთად დარბილების ტემპერატურა იკლებს, რაც მეტყველებს სისტემის გათხიერებაზე.

ინსტრუმენტული მეთოდების ფიზიკო-ქიმიური ანალიზის განვითარების მეშვეობით და მათი გამოყენების შესაძლებლობით განვიხილეთ ბუნებრივი ნაერთების ისეთი რთული ნარევები როგორცაა ბიტუმი. შემუშავებულ იყო ინტეგრალური სტრუქტურული ანალიზი, რომლის ძირითად მიღწევას წარმოადგენს იმის დადასტურება, რომ ბიტუმის მოლეკულის ყველა კომპონენტი შედგება ფრაგმენტებისაგან. გუდრონების მონოციკლოარომატული ნაერთები იხ. ნახ. 1.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ძირითადად ხუთრგოლიანი ციკლური სისტემებით 2-4 მეთილური და ერთი გრძელი ალკილური შემცველით. ამ ნაერთების ციკლურ ნაწილში არის ერთი არომატული რგოლი. ეს კომპონენტი შეიძლება შედგენილ იყოს ერთი ან ორი ფრაგმენტისაგან. ამ შემთხვევაში მოლეკულის ერთ ფრაგმენტს აქვს არომატული რგოლი, მეორე კი სრულად გაჯერებულია, ანუ არ გააჩნია არომატული რგოლი.



მონოციკლოარომატული
ნაერთი - მოლეკულების
ფრაგმენტები

ბიციკლოარომატული
ნაერთი, ფრაგმენტი -
ნახშირბადის ატომები.

**ნახ. 1. ზეთების მოლეკულების საშუალოსტატიკური
სტრუქტურული ფრაგმენტები**

ჩატარებული კვლევების მიხედვით შეგვიძლია ვილაპარაკოთ ბიტუმების ჯგუფური ქიმიური შემადგენლობის მჭიდრო კავშირზე. მათ ექსპლუატაციური მახასიათებლების გამოსაკვლევსას, ბიტუმების ფიზიკო-ქიმიური თვისებების შესაბამისი ნორმატიული დოკუმენტაციის მოთხოვნებთან შედარების დროს, ვლინდება დაბალტემპერატურული და ადჰეზიურ-მედეგი თვისებების გაუმჯობესება, რაც დაკავშირებულია პარაფინული ნახშირწყალბადების დიდ რაოდენობასთან, რომელთა არსებობა მკვეთრად ისახება მის შემადგენლობაში.

ბიტუმების ჯგუფური ქიმიური შემადგენლობის და მათი საექსპლუატაციო თვისებების შესწავლა გვაწვდის ცნობებს მათი ხარისხის შესახებ. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით დამუშავებულია მოდიფიკატორი ნაკლოვანებათა აღმოფხვრის და ბიტუმების შემკვრელების კომპლექსური თვისებების გაუმჯობესებისთვის ასფალტბეტონის ნარეგებისთვის. შემკვრელის რაოდენობის და მინერალური ნაწილის სწორი შერჩევისას, მოდიფიცირებული ბიტუმების საფუძვლის მქონე ასფალტბეტონი შეესაბამება გოსტ 9128-97 „საგზაო, სააეროდრომოო ასფალტბეტონის ნარეგები და ასფალტბეტონი“ მოთხოვნებს და შეიძლება გამოყენებულ იქნას საგზაო მშენებლობისთვის მკაცრ კლიმატურ ზონაში. აგრეთვე, შესწავლილ იქნა საწყისი შემკვრელის ჯგუფური ქიმიური შემადგენლობა,

თვისებების გამოვლენის მიზნით, რომლებიც არ აკმაყოფილებს ნორმატიული დოკუმენტაციის მოთხოვნებს და აგრეთვე, მოდიფიცირების მეთოდების, მოდიფიკატორის კომპონენტების და შერევის პირობებს. შედეგიდან გამომდინარე, შემუშავებულ იქნა პოლიფუნქციური მოდიფიკატორი გზის საფარის შემკვრელებისთვის, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას გზებისა და აეროდრომების მშენებლობისათვის.

ბიტუმის მოდიფიკაცია კრატონის პოლიმერის საშუალებით

დაზიანებული საგზაო საფარი მძლოლებისთვის წარმოადგენს საშიშროებას, აფერხებს ავტომობილების მოძრაობასა და ქმნის საავარიო სიტუაციებს. საგზაო მოძრაობის მაღალი ინტენსიობა გზის საფარის სწრაფ ცვეთას იწვევს, ამავდროულად მოსახლეობის მოთხოვნა უსაფრთხოებისა და კომფორტის მიმართ ყოველდღიურად იზრდება, რაც თანამედროვე საგზაო ინდუსტრიის ძირითადი პრობლემაა.

ბიტუმის მოდიფიკაცია კრატონის პოლიმერის საშუალებით ეფექტიანი და ფართოდ გამოყენებადი მეთოდია, რომელიც ზრდის საგზაო საფარის ხარისხსა და მდგრადობას.

კრატონის პოლიმერი ამცირებს კლიმატური პირობებისა და ინტენსიური მოძრაობის ზემოქმედებას გზების საერთო მდგომარეობაზე. ბიტუმის მოდიფიკაციისთვის კრატონ პოლიმერის გამოყენებით იზრდება საგზაო საფარის ხარისხი, მდგრადობა და უსაფრთხოება.

კლიმატური პირობების ზემოქმედებისა და სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის ზრდა იწვევს საგზაო საფარის თვისებების კარგვას. საგზაო საფარის დაზიანების ძირითად სახეს დაზარვა და დახეთქვა წარმოადგენს.

ბიტუმის შემკვრელის, პოლიმერების დამატება ამცირებს საგზაო საფარის დაზიანებას, რაც ვლინდება მისი ზედაპირის მდგრადობასა და თვისებებზე. კრატონის D მარკის პოლიმერის დამატებისას ბიტუმი ხდება მეტად ელასტიური და აფართოებს მისი ტემპერატურული ექსპლუატაციის

ინტერვალს. ჩვეულებრივი ბიტუმის ნაკლოვანებების აღმოფხვრა შესაძლებელია კრატონის მეშვეობით.

არახელსაყრელი კლიმატი ხშირად ერთდროულად იწვევს საფარის პლასტიკურ დეფორმაციას, დაბზარვასა და დახეთქვას. მაღალი ტემპერატურისას მოითხოვება მყარი ბიტუმის გამოყენება. დღისა და ღამის ტემპერატურული სხვაობა ხშირად იწვევს საფარის კუმშვადობას, ამას ემატება დატვირვა და წარმოიქმნება ტემპერატული ბზარები. ასფალტბეტონი, რომელიც შეიცავს მოდიფიცირებულ ბიტუმს მნიშვნელოვნად დაცულია მსგავსი ტიპის დაზიანებებისგან.

დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედებას მივყავართ ტემპერატურული ბზარებისაკენ. შემკვრელი კრატონის პოლიმერების საშუალებით კი საგრძნობლად უმჯობესდება შემკვრელის დაბალტემპერატურული თვისებები. გზა, მოძრაობის მაღალი ინტენსივობით, დაუცველია დაბზარვისა და სხვა დაზიანებისგან. ასეთ გზებზე აუცილებელია ბიტუმის შემკვრელი პოლიმერების - კრატონის გამოყენება.

ბიტუმში კრატონის პოლიმერების დამატება ცვლის მის მდგომარეობას ბლანტი სითხიდან ელასტიურობამდე. ბიტუმ-პოლიმერული შემკვრელი ფართო ტემპერატურულ ინტერვალში (-30°C-დან 80°C-მდე) უზრუნველყოფს მოქნილობას, ელასტიურობასა და სიმტკიცეს, ამით ხელს უწყობს:

- ბზარების შემცირებას;
- ნახეთქის შემცირებას;
- დაბალი ტემპერატურისას ტემპერატურული ნახეთქის შემცირებას;
- მდგრადობის გაზრდას, რაც საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ საფარის სისქე;
- დაშლა, დანაწევრებისა და ატკეჩვის შემცირებას.

ბიტუმ-პოლიმერული შემკვრელი ფართოდ გამოიყენება არა მხოლოდ ტრადიციულ ცხელ ასფალტბეტონის ნარევეში, არამედ ზედაპირულ

დამუშავებასა და დაგრუნტვაში. ზოგადად მოდიფიცირებული შემკრელი გამოიყენება საგზაო საფარის გაცვეთილი და შუალედური ფენების დამუშავებისათვის და ასევე, ხიდების ნაგებობა-კონსტრუქციებში. შედარებით თანამედროვე ტექნოლოგიებით პოლიმერების გამოყენება შესაძლებელია საგზაო საფარის ქვედა ფენებისათვის, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მის მდგრადობას (მედეგობას), ხელს უწყობს ფენების სისქის შემცირებას და მეტყველებს მის ეკონომიურობაზე.

ასფალტბეტონის ნარევის მომზადებისას მოდიფიცირებული კრატონის D პოლიმერების ბიტუმის შემკვრელის გამოყენება უზრუნველყოფს:

1. ნარჩენი დეფორმაციის შემცირებას;
2. ბზარმედეგობის ზრდას;
3. შემკვრელის დაბერების ეფექტის შემცირებას;
4. მინერალების კარგვის შემცირებას.

წვრილი ბზარების გაჩენა უარყოფით ზეგავლენას ახდენს საგზაო საფარზე, მოძრაობის უსაფრთხოებასა და ავტომობილის მართვის კონტროლზე. ბზარებმა შეიძლება გამოიწვიონ ავტომობილის მოცურება. ბზარებში შესაძლებელია დაგროვდეს წყალი, რაც ქმნის მოცურებისა (შხეფებით) და ხილვადობის (შხეფების თვალისმომჭრელი ელვარება) დაქვეითების საშიშროებას.

ცხრილი 3 მოცემულია კრატონის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოცდი შედეგები (ნემსის ჩასოლვის სიღრმე, დარბილების ტემპერატურა, წელვადობა, პენეტრაციის ინდექსი, ელასტიურობა, ქვის მასალასთან მიკვრის უნარი, ერთგვაროვნება).

კრატონის პოლიმერი დატვირთვის შემდეგ ზრდის ბიტუმის ელასტიურობასა და ელასტიურობის აღდგენას და ამცირებს ბზარების გაჩენის შესაძლებლობას.

პოლიმერული დანამატით "კრატონი" მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოცდის შედეგები

მაჩვენებლების დასახელება	ბაქოს ნავთობის ბიტუმის BH50/70-ის თვისებები		
	დანამატის გარეშე	2% კრატონით	3% კრატონით
ნემსის ჩასოღვის სიღრმე 25°C	55	45	35
დარბილების ტემპერატურა °C	50	62	67
წელვადობა, სმ	84	13	9
დარბილების ტემპერატურის ცვლილება გახურების შემდეგ, °C	3	3,6	3,4
სიმციფის ტემპერატურა, °C		-25	-35
პენეტრაციის ინდექსი	-1,0	-	-
ელასტიურობა, % 25°C		22	10
ქვის მასალასთან მიკვრის უნარი	მდგრადი		
ერთგვაროვნება	ერთგვაროვანი		

ბიტუმის მოდიფიკაცია ელვალის პოლიმერის საშუალებით.

საბაზისო ბიტუმში ელვალის პოლიმერის მცირე რაოდენობით შეყვანისას მატებს მას მეტ ელასტიურობასა და ზრდის ბიტუმის შემკვრელის დარბილების ტემპერატურას, ასევე მნიშვნელოვნად იზრდება კოჰეზია და ღორღთან მიკვრის უნარი. განსხვავებით სხვა პოლიმერებისგან, ელვალის პოლიმერის დამატებით წარმოიქმნება ქიმიური რეაქცია. ელვალის პოლიმერით ბიტუმის მოდიფიცირების შემდეგ არ ხდება მისი ფენებად შლა, რაც ხელს უწყობს ბიტუმის მარტივ ტრანსპორტირებასა და საგზაო საფარის ხანმედეგობას. როგორც ცნობილია მაღალი ტემპერატურული რეჟიმების ცვალებადობა გვევლინება დაბზარვა-დახეთქვის ძირითად აქტივატორად. ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოყენების ერთ-ერთი მიზანს წარმოადგენს მისი უნარი იყოს ყინვაგამლე და ბზარმედეგი დაბალი ტემპერატურული რეჟიმის დროს და ამავდროულად შეინარჩუნოს სიმტკიცე მაღალი ტემპერატურული რეჟიმის დროსაც. ელვალის პოლიმერი

უზრუნველყოფს მდგრადობას მაღალი დატვირთვისა და ცხელი კლიმატის დროს, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სატვირთო სატრანსპორტო გადაადგილებისას. ელვალის პოლიმერი ზრდის ბიტუმის შემკვრელის პლასტიურობის ინტერვალს $15^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$. ელვალის პოლიმერს, სხვა პოლიმერებისაგან განსხვავებით რამდენჯერმე მეტად აქვს ადჰეზიის უნარი მინერალურ შემავსებელთან, რაც მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს საგზაო საფარის სიმყარეს და მაქსიმალურად იცავს მას დაზიანებისაგან.

ელვალის პოლიმერის გამოყენებისას არ არის საჭირო კოლოიდური წისქვილის გამოყენება. მოდიფიცირებული ბიტუმი შენახვისას არ იშლება შრეებად (ელვალისა და ბიტუმის რეაქციის შედეგად). საბაზისო ბიტუმისაგან განსხვავებით, ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმი ტრანსპორტირებისას და ასფალტბეტონის ნარევის მომზადებისას არ ეკვრის აღჭურვილობას, შესაბამისად მისი გამოყენება გაცილებით მარტივია და აქვს ნაკლები დანაკარგი.

ელვალის განსხვავდება ბიტუმის სხვა მოდიფიკატორებისაგან. მისი უნიკალური თვისებების სრულად გამოყენების მიზნით, პოლიმერსა და ბიტუმს შორის უნდა მოხდეს რეაქცია. სანამ გადავალთ ელვალის პოლიმერის შეფასებაზე, კარგად უნდა შევისწავლოთ მისი თვისებები. არსებობს ელვალისა და ბიტუმის შეკავშირების ორი გზა. პირველი მეთოდის მიხედვით ნარევი ცხელდება მთელი დღის განმავლობაში, ხოლო მეორეს შემთხვევაში რეაქციის დაჩქარება ხდება კატალიზატორის პოლიფოსფორული მჟავის გამოყენებით, სადაც შედეგი მიიღწევა ერთი საათის განმავლობაში.

ზოგადად ელვალის პოლიმერის შემცველობა ბიტუმში საერთო მასის 0.5%-დან 2.5% წარმოადგენს. მისი რაოდენობა დამოკიდებულია საბაზისო ბიტუმის ძირითად მახასიათებლებსა და სპეციფიკაციაზე. აუცილებელია განხორციელდეს ნარევი პოლიმერის დანამატის არსებობის შეფასება სხვადასხვა პროცენტული მაჩვენებლებით: 1%; 1,5% და 2%. ეს საშუალებას მოგვცემს სწორად შევიმუშაოთ ჩვენთვის სასურველი რეცეპტურა,

შესაბამისი თვისებებისა და ხარისხის მქონე ბიტუმის მისაღებად. მოდიფიცირებული ბიტუმი 2.5%-3% რაოდენობის პოლიმერის დამატებისას შეიძლება გარდაიქმნას ჟელატინისებრ მასად.

ცხრილი 4 ასახავს სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის ელვალლით მოდიფიცირებულ ბიტუმზე ჩატარებულ ცდებს (ნემსის ჩასოლვის სიღრმე, დარბილების ტემპერატურა, წელვადობა, პენეტრაციის ინდექსი, ელასტიურობა, ქვის მასალასთან მიკვრის უნარი, ერთგვაროვნება).

ცხრილი 4

პოლიმერული დანამატით "ელვალლით" მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოცდის შედეგები

მაჩვენებლების დასახელება	ბაქოს ნავთობის ბიტუმის ზნ 50/70-ის თვისებები		
	დანამატის გარეშე	1% ელვალლით	2.0% ელვალლით
ნემსის ჩასოლვის სიღრმე 25°C	55	50	40
დარბილების ტემპერატურა °C	50	70	74
წელვადობა, სმ	84	15	12
დარბილების ტემპერატურის ცვლილება გახურების შემდეგ, °C	3	4,2	4,0
სიმციფის ტემპერატურა, °C		-20	-19
პენეტრაციის ინდექსი	-1,0	-	-
ელასტიურობა, % 25°C		31	15,1
ქვის მასალასთან მიკვრის უნარი	მდგრადი		
ერთგვაროვნება	ერთგვაროვანი		

როგორც ვნახეთ ელვალლის პოლიმერის გამოყენებას ბიტუმის მოდიფიკაციისთვის საკმაოდ კარგი შედეგი აქვს. აქვე უნდა ავღნიშნო, რომ ელვალლის პოლიმერს ფართო გამოყენება აქვს ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა: ა.შ.შ., ევროპის ბევრი ქვეყანა, რუსეთი, უკრაინა, ინდოეთი, მალაიზია, ბრაზილია, არგენტინა, ჩილი, ავსტრალია.

ცხრილი 5-ში ნაჩვენებია ასფალტბეტონის ლაბორატორიული გამოცდის შედეგები, სადაც ბიტუმში დამატებულია ელვალლის

მოდულიკატორი სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობით.

ცხრილი 5

„ბ“ ტიპის ასფალტბეტონის გამოცდის შედეგები

მაჩვენებლების დასახელება	ასფალტბეტონის თვისებები - ბიტუმის მარკა 85/70			
	ნორმა გოსტ 9128-97	დანამატის გარეშე	1% ელვალოი თ	1.5% ლვალოით
სიმტკიცე კუმშვაზე, მპა +50°C ტემპერატურაზე	1,3	1,4	1,75	2,2
+20°C ტემპერატურაზე	2,5	4,4	4,5	4,8
წყალმედგობის კოეფიციენტი	0,85	0,87	0,93	0,98
წყალგაჟღენთვა %	1,5-4,0	3,4	3,37	3,18
ნარჩენი ფორიანობა %	2,5-5,0	4,8	4,8	4,5
გაჯირჯევა %		0,1	0	0,1

ნახ. 2-ზე მოცემულია არამოდულიკირებული და ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებულ ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის ვიზუალური მხარე, ხოლო ნახ. 3-ზე ამავე ნარევებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები.



ნახ. 2. არამოდულიკირებული და ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევი

1. არამოდულიკირებული ბიტუმით; 2. ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმით

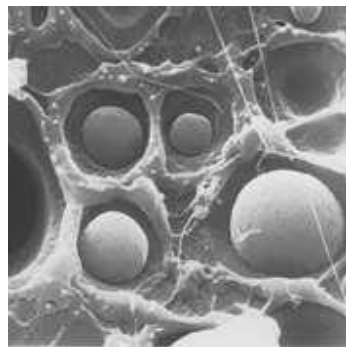


ნახ.3 არამოდიფიცირებული და ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებულ ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები

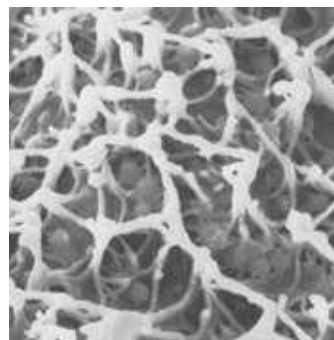
1. არამოდიფიცირებული ბიტუმით; 2. 1.5% ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმი 3. 2% ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმი

ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული და არამოდიფიცირებული ასფალტბეტონების სტრუქტურა მოცემულია ნახაზზე 4.

1.



2.



ნახ.4. 1. მოდიფიცირებული ბიტუმი; 2. ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმი.

ბიტუმ-რეზინის კომპოზიციური მასალა

მოდიფიცირებული ბიტუმების სახით, ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ბიტუმ-რეზინის კომპოზიციური მასალა (ბირკ), რომელიც პრინციპულად განსხვავდება პოლიმერების გადნობის გზით მიღებული სხვა შემკვრელებისაგან.

ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგინდა, რომ შემკვრელების თვისებების გასაუმჯობესებლად აუცილებელია მივაღწიოთ დისპერსიული სისტემის მაღალ სტაბილურობას, რაც შესაძლებელია რეზინის ფხვნილის გამოყენებით. ამ შემთხვევაში იზრდება ბიტუმის

დექტილობა და ეცემა მსხვრევის ტემპერატურა, შესაბამისად იზრდება პლასტიკურობის ინტერვალი. რეზინის ხარჯზე ბიტუმს უზრუნველყოფილია მის შემადგენლობაში ადჰეზიური თვისებები უზრუნველყოფილია მის შემადგენლობაში დამზადების პროცესში დამატებით აქტიური ქიმიური ჯგუფების შეყვანით, რომლებიც ერთის მხრივ ზრდის ასფალტბეტონის პოლარობას, მეორე მხრივ - სიმკვრივეს მოლეკულათაშორის წყალბადის კვანძებს შორის. ცხრილი 6-ში მოცემულია ჩვენს მიერ ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევის შედეგები.

ცხრილი 6

ბიტუმის შემკვრელების მახასიათებლები

მაჩვენებლების დასახელება	ბიტუმის შემკვრელის ნიმუშების მახასიათებლების შედარება. შემკვრელის რეალური ნიმუშების მაჩვენებლები			
	БНД 90/130	ბირკ 90/130	БНД 60/90	ბირკ 60/90
ნემსის ჩასოღვის სიღრმე, 0.1მმ				
250C ზე	100	78	69	40
0°C ზე	24	34	20	17
დარბილების ტემპერატურა, °C	46	65	50	72
მსხვრევის ტემპერატურა, °C	-23	-26	-20	-24
პლასტიკურობის ინტერვალი, °C	69	91	70	96
გაწელვა, 0°C-ზე	3.5	8	2.4	6
ელასტიურობა, °C	-	50	-	45

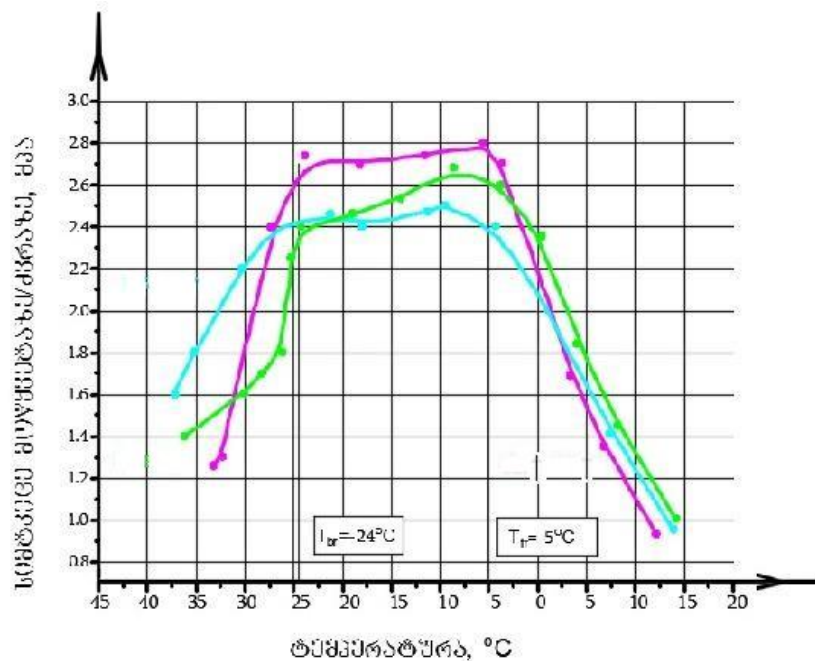
როგორც ექსპერიმენტმა დაადასტურა ბირკ ნარევის დუქტილობა და ადჰეზიური თვისებები მკვეთრად აღემატება ჩვეულებრივი ბიტუმის მონაცემებს.

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე შეიძლება მკვეთრად განვასხვავოთ ბირკ ნარევის მასალები სხვა შემკვრელებისაგან ფართო პლასტიკურობის ინტერვალით. ცნობილია, რომ ჩვეულებრივი საგზაო ბიტუმების პლასტიკურობის ინტერვალი როგორც წესი 60°C-65°C-ია, რომელიც არასაკმარისია საფარის ზედა ფენების მოსაწყობად საქართველოს

უმეტეს რეგიონებში კლიმატური პირობების გამო.

რეოლოგიური მონაცემები გვიჩვენებენ პოლიმერული დანამატების მაღალ ეფექტურობას შემკვრელის ძვრისადმი მდგრადობის და კროზადობის (ადჰეზია ქვის მასალებთან) ამაღლების კუთხით, ძვრისადმი მედეგობა იზრდება 1,5-ჯერ, რაც განაპირობებს მუშაობის უნარიანობის ინტერვალის გაფართოებას.

როცა ვადარებთ კრატონისა და ელვალის ძვრის სიმტკიცის მრუდებს, შეიძლება ითქვას, რომ ელვალის ძვრამედეგობით მთლიანად აღემატება კრატონს, ანუ მისი ხარისხი თბომედეგობის მხრივ მაღალია. ყინვამედეგობის კუთხით კრატონი რამდენადმე აღემატება ელვალის მტვრევადობის ტემპერატურის მაჩვენებლით (-12°C) და კროზადობით (3მპა). სიმყიფის ტემპერატურა ორივე შემკვრელს პრაქტიკულად ერთნაირი აქვთ (-28°C).



ნახ.5. ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელებისათვის ელვალის, კრატონის, ბიტუმრეზინის დანამატებით

შეიძლება ავლნიშნოთ შემდეგი საინტერესო კანონზომიერება: ნიმუშები დაბალი ძვრის სიმტკიცით დადებითი ტემპერატურის არეალში, გვიჩვენებს მაღალი ძვრის სიმტკიცეს (კროზადობას) უარყოფითი

ტემპერატურის არეალში. სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ, რაც უფრო ნაკლებია მასალის თბომედეგობა, მით უფრო მაღალია მისი ყინვამედეგობა (დაბლა Tfr და Tbr, Pfr ზემოთ) და პირიქით.

დასკვნა. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ საგზაო ფენილების სატრანსპორტო - საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება, რემონტშორისი პერიოდის გაზრდა, მოვლა-შენახვის ხარჯების შემცირება შესაძლებელია საქართველოს კლიმატური პირობებისთვის შესაბამისი ასფალტბეტონის ნარევის შემკვრელის გამოყენებით. დადგინდა, რომ ბიტუმების ფიზიკო - მექანიკური და ფიზიკო - ქიმიური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით, ეფექტურია გამოყენებული იყოს სხვადასხვა მოდიფიკატორები, განსაკუთრებით კარგ შედეგებს იძლევა პოლიმერ „კრატონის“, „ელვალის“ და „ბირკ“ ნარევების გამოყენება.

1. დადგინდა, რომ ბიტუმში კრატონის პოლიმერების დამატება ფართო ტემპერატურულ ინტერვალში (-30°C-დან 80°C-მდე) უზრუნველყოფს მის მოქნილობას, ელასტიურობასა და სიმტკიცეს, რითაც მნიშვნელოვნად უმჯობესდება აღნიშნული მოდიფიკატორზე დამზადებული ასფალტბეტონის საფარის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებებს, კერძოდ:

- 1,5-2-ჯერ მცირდება საფარზე წარმოქმნილი ტემპერატურული ბზარები, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი შედეგი მიიღწევა დაბალი ტემპერატურებისას;
- 15-20%-ით იზრდება ფენილის სიმტკიცე რაც საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ ასფალტბეტონის საფარის სისქე;
- მნიშვნელოვნად მცირდება ნარჩენი დეფორმაციების სიდიდე, რაც საგზაო სამოსის ნორმალური მოვლა-შენახვის პირობებში, უზრუნველყოფს მის საექსპლუატაციო (რემონტშორისი) ვადის ზრდას 1,5-ჯერ;

- პოლიმერ კრატონის დამატებით 2% მასიდან БНД 90/130 მარკის ბიტუმი გადადის БНД 60/90 მარკაში;
2. გამოვლენილ იქნა, რომ ელვალის პოლიმერს, სხვა პოლიმერებისაგან განსხვავებით გაუმჯობესებული აქვს ადჰეზიის უნარი მინერალურ შემავსებელთან, ამის გამო:
- მნიშვნელოვნად იზრდება საგზაო საფარის სიმტკიცე (თითქმის 2-ჯერ 20°C ტემპერატურისას და 1,7-ჯერ +50°C-ზე) და საექსპლუატაციო ვადა, განსაკუთრებით მაღალი დატვირთვებისა და ცხელი კლიმატის პირობებში.
 - ელვალის პოლიმერით ხდება ბიტუმის მაღალტემპერატურული თვისებების მოდიფიცირება, ისე რომ თითქმის არ იცვლება მისი დაბალტემპერატურული თვისებები.
 - ელვალის პოლიმერი შემკვრელთან შედის ქიმიურ რეაქციაში და ერთგვაროვნად ნაწილდება მოლეკულურ დონეზე, არ ეკვრის ჭურჭელს და წარმოება ხდება უდანაკარგოდ, რაც ამარტივებს მისი შენახვისა და ტრანსპორტირების პროცესს.
 - შემკვრელთან შერეულ მდგომარეობაში ინახება შვიდი თვის განმავლობაში.
 - ელვალის თუნდაც 1%-ის დამატებით ბიტუმის შემკვრელის ხანმედეგობა იზრდება $\geq 30\%$ -ით, რაც ზრდის საფარის რემონტშორის პერიოდს და საგრძნობლად ამცირებს მისი მოვლა-შენახვის ხარჯს.
3. დადგინდა, რომ ბირკ ნარევის გამოყენების დროს საგრძნობლად იზრდება ასფალტბეტონის საფარის საექსპლუატაციო თვისებები:
- სიმტკიცის ზღვარი და ძვრის წინააღმდეგობა მაღალ ტემპერატურებზე;
 - ასეთი ასფალტბეტონის ბზარმედეგობა შეესაბამება I კლასის ფინურ ნორმატივებს (PANK4302) და იგი შეიძლება გამოვიყენოთ

ცივ კლიმატურ ზონებშიც კრიტიკული ტემპერატურების დროს - 35°C.

- გაზრდილი ადჰეზიური თვისებების გამო ასფალტბეტონი გამოირჩევა დიდი მედეგობით წყლისა და ატმოსფერული ზემოქმედების მიმართ.
- გაზრდილია ავტომობილის თვალთან ჩაჭიდება და შემცირებულია ხმაური.
- ასფალტბეტონის გამოირჩევა ადვილი დატკეპნადობით იმ ნარევთან შედარებით, რომელშიც გამოყენებულია მოდიფიცირებული პოლიმერული ბიტუმები.
- ლორღ-მასტიკიანი ასფალტბეტონი ბირკ შემკვრელებზე ხასიათდება მთელი რიგი უპირატესობით:
 - ✓ აქვს დიდი მომსახურების ვადა საგზაო ბიტუმებზე დამზადებულ ასფალტბეტონთან შედარებით (ერთნახევარჯერ იზრდება საფარის მედეგობა დაღლილობისადმი და შესაბამისად მისი სიცოცხლისუნარიანობა);
 - ✓ მისი გამოყენებით შესაძლებელია ასფალტბეტონის თხელი ფენის დაგება (1.5-3სმ);
 - ✓ იზრდება რემონტაშორის ვადები მინიმუმ ორჯერ.
- მნიშვნელოვანია ეკოლოგიური ეფექტი - გარემო განთავისუფლება გაცვეთილი საბურავების მირ წარმოშობილ მავნე ნივთიერებებისაგან, რომლებიც საშიშროებას წარმოადგენს ნიადაგისა და ატმოსფეროსთვის.

დისერტაციის თემასთან დაკავშირებული პუბლიკაციები

1. ავალიანი მ., საგზაო სამოსის რეაბილიტაციის თანამედროვე ტექნოლოგიები. დავით აღმაშენებლის სახელობის საქართველოს ეროვნული თავდაცვის აკადემია, შრომები №1 2015. გვ.74-80. ISSN 1512-0708;

2. ავალიანი მ., ბიტუმების მოდიფიცირება რეზინის ნარჩენებით სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №4(43), 2016. გვ. 113-116. ISSN 1512-3936. www.sheneba.ge
3. ბურდულაძე ა., ავალიანი მ., საგზაო მშენებლობაში გამოყენებული ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესების გზები. საერთაშორისო კვლევითი ორგანიზაცია „კოგნიტო“ XVIII საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია, 21საუკუნის სამეცნიერო აქტუალური პრობლემები" მოსკოვი, 2017, 01.2017. გვ. 99-104. ISSN 5647 - 2412
4. ბურდულაძე ა., ავალიანი მ., ბიტუმ-რეზინის კომპოზიციური მასალის გამოყენება საგზაო მშენებლობაში. სამეცნიერო ჟურნალი "ქრონოსი" მოსკოვი, 2017, 02.2017. გვ.41-45. УДК 620; ББК 03

Abstract

The impact and exposure of external factors on the road surface has changed significantly lately. Due to load capacity and traffic intensity, the amount of calculation, dynamic and shock loads on the surface of asphalt has been increased. Consequently, the requirements for improving its initial structure and physical-mechanical properties have increased. In developed countries, the use of modified new asphalt concrete technologies with new generation high-performance properties began. As the main reason for the disruption and deformation of asphalt concrete is the sharp aging of bitumen properties during the exploitation, the effectiveness of asphalt concrete and the efficiency of the asphalt concrete has the effect of modifying the binders with various additives.

As it is known, the properties of asphalt concrete have been significantly altered by the temperature. At less than 0°C, it displays elastic material, and above 15°C - the properties of the platplastic material. In addition, the change in temperature dramatically changes the asphalt concrete properties. This circumstance complicates the study and regulation of asphalt concrete properties. Although asphaltbatton has been studied at the scientific and technical level, there are still many problems that can be solved to get higher quality road layers.

On the basis of conducted experiments and accumulated experience, it was possible to develop asphalt concrete mixture of the composition of various types of exploitation. Despite the scarcity of the territory, Georgia is a climate of climate for subtropical and mountainous regions. Thus, in a particular case, the different bitumen corresponding to the climate of the region should be selected. The bitumen used in the Kartli-Kakheti lowlands should be heat-resistant and in the Kolkheti lowlands, except for these features, the bitumen should be atmospheric.

The bitumen and condensation temperatures used in lowland regions of Georgia must be sufficient to increase the height of the bitumen and to increase the plasticity of the bitumen by climate tightening. Special bitumen required for high intensity motor motorways. Obviously, all road bitumen must match one technical norms, but it is more important to develop differential norms of the biomedical properties of the bitumen used for hot and cold mixtures, which are impossible without the consideration of the road climatic zoning of the territory of Georgia.

For the purpose of increasing the durability of atmospheric resistance of the asphalt concrete road cover, the need to reduce the viscosity and bitumen, physical and chemical properties and structures, may be used in various types of additives, namely: surface active substances (radiators), plasters, plastifiers, polymers, fiber supplements, etc. Sh.

Based on the above mentioned, the following problems are revealed on the road construction market of the world and Georgia:

- The bid should provide the necessary safety of the road cover in different temperature intervals, in the conditions of variable loads;
- Bitumen should be well adapted to the surface of the mineral material;
- Bitum should be durable, ie. Its aging (the change in properties during the long exploitation period) is minimal.

Performance of these requirements guarantees the acceptance of high quality products, but for this we need to know the basic characteristics of the original materials.

The introduction of progressive methods developed by scientists and practitioners of the world and taking into consideration the peculiarities of the regions of Georgia will significantly increase the road network, operational characteristics and service terms.

The essence of the dissertation work is that in case of the roadway asphalt concrete in Georgia, the new generation modified bitumen is needed to improve the operational characteristics that will solve the above problems.

The purpose of this dissertation is therefore:

- Creating new generation modified binders for making asphalt concrete mixture, taking into account the properties of inert material;
- Implementation of bitumen in preliminarily targeted terms, taking into account the climatic factors, including the vertical zones of the territory of Georgia;
- Improvement of operational properties of asphalt concrete;
- Development of recommendations and normative technical documentation on the use of modified binders.

To carry out this purpose, the following surveys were planned and implemented:

- Determining the physical and mechanical properties of asphalt concrete mixture with respect to vertical zones;
- Research of improvement of physical-mechanical properties of bitumen using various additives;
- Research of physical-mechanical properties of modified bitumen with regard to aging process;
- Composing recipes of asphalt concrete mixtures based on local inert materials, modified bitumen properties and vertical zones;
- Prognosis of the work of road covers constructed with modified asphalt concrete mixture made from modified bitumen to taking into account the vertical zones of different regions.

Today, many countries around the world are conducting research on modification of binders, but there is no single system approach to this issue.

Modified beds in Georgia are not yet implemented in the manufacture of asphalt stripes. Various options for modification of the binders discussed in the presented dissertation work, which will ensure the production of high quality asphalt stripes in accordance with Georgia's vertical climatic zones.

The work has been studied by physico-chemical and physic-mechanical properties of asphalt concrete mixer based on the modified bitumer polymer membrane; The effectiveness of the use of rubber composite materials - the use of this mixtures in the road of Georgia;

Different versions of bitumen modification have been worked out, which makes it possible to improve the bitumen properties, taking into account the climatic peculiarities of some region of Georgia; The properties of asphalt concrete made of modified binds have been studied and the area of their use has been developed; The possibility of providing offsetting normative indicators of asphalt concrete layer has been developed with minimal financial expenses.