

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ზურაბ მელაძე

საგზაო ფენილების საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება
პოლიმერული მასალების გამოყენებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2013 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის საგზაო დეპარტამენტის საავტომობილო გზებისა და აეროდრომების მიმართულებაზე.

ხელმძღვანელი:

თენგიზ პაპუაშვილი

ასოცირებული პროფესორი

რეცენზენტები:

თამაზ შილაკაძე

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

ალექსი ბურდულაძე

სრული პროფესორი

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

დაცვა შედგება 2013 წლის "30" ივლისს, 14⁰⁰ საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის

სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 507

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს ტექნიკური

უნივერსიტეტის ცენტრალურ სამეცნიერო ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,

ტ.მ.დ. სრული პროფესორი

მ. კუბლაშვილი

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

ნაშრომის აქტუალობა: მთელ მსოფლიოში გზების მშენებლობის აუცილებლობამ გამოიწვია მოთხოვნის გაზრდა ბიტუმსა და ნავთობის სხვა კომპონენტებზე. უნდა აღინიშნოს რომ ნავთობის გამოხდის ტექნოლოგიები მუდმივად ვითარდება და უმჯობესდება, ნავთობიდან ხდება სასარგებლო კომპონენტების გამოხდა, ხოლო მისი ნარჩენების ანუ ბიტუმის ხარისხი კი უარესდება.

ჩვეულებრივი მასალები მრავალი წლის განმავლობაში უზრუნველყოფდნენ დამაკმაყოფილებელ ხარისხს საგზაო მშენებლობაში.

დღესდღეისობით მუდმივად მზარდმა დატვირთვებმა, საიმედო და გამძლე გზების საჭიროებამ გამოავლინა ჩვეულებრივი ბიტუმების ნაკლოვანებები. პრაქტიკაში ეს ნაკლოვანებები გამოიხატება შემდეგში:

- მაღალი თერმული მგრძობელობა(მაღალი ტემპერატურის დროს თავს იჩენს დარბილება, ხოლო დაბალ ტემპერატურაზე სიმყიფე);
- ცუდი მექანიკური მახასიათებლები და დაბალი დრეკადობა;
- დაძველებისადმი მიდრეკილება.

ბიტუმის ხარისხის გაუარესებასთან ერთად უარესდება მის საფუძველზე დამზადებული ასფალტბეტონის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლები. ამ მახასიათებლების გაუარესება კი იწვევს საგზაო საფარის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუარესებას.

ამ გარემოებებიდან გამომდინარე აქტიურად მიმდინარეობს კვლევები ბიტუმის თვისებების გასაუმჯობესებლად. კვლევებმა გამოავლინა, რომ პოლიმერული მასალები წარმოადგენენ საუკეთესო მოდიფიკატორებს, რომლებიც აუმჯობესებენ ბიტუმის ტექნოლოგიურ თვისებებს. კვლევებიდან ირკვევა, რომ პოლიმერები ამცირებს ბიტუმის მგრძობელობას ტემპერატურის ცვალებადობაზე, ამაღლებს შემკვრელების კოჰეზიურ სიმტკიცეს, თბომედეგობას და ელასტიურობას, აგრეთვე აუმჯობესებს მათ თვისებებს დაბალ ტემპერატურებზე. ყოველივე

ზემოაღნიშნული ხელს უწყობს ასფალტბეტონის თვისებების გაუმჯობესებას.

პოლიმერული მასალებით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების ნარეგების წარმოების განვითარება წარმოადგენს ასფალტბეტონის საფარის ხარისხისა და საექსპლუატაციო ვადების გაზრდის ერთ-ერთ პერსპექტიულ მიმართულებას. პოლიმერული მასალების გამოყენება საშუალებას მოგვცემს გავაუმჯობესოთ ასფალტბეტონის მთელი რიგი ფიზიკო-მექანიკური თვისებები: გავზარდოთ სიმტკიცე, დეფორმაციული მდგრადობა(ძვრისადმი მედეგობა), ცვეთამედეგობა, ყინვაგამძლეობა, წყალმედეგობა, ბზარმედეგობა და სხვა.

სადისერტაციოს ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს: საგზაო ფენილების საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესების მიზნით პოლიმერულ დანამატებზე დამზადებული ასფალტბეტონის გამოკვლევა და მიღება. კერძოდ, მეორადი პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევით და ტერპოლიმერებით ასფალტბეტონის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესება.

დასახული მიზნის მისაღწევად დისერტაციაში გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

- პოლიმერული დანამატების (მეორადი პოლიეთილენის და ლატექსის ნარევისა და ტერპოლიმერების) ბიტუმის ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე გავლენის გამოკვლევა;
- პოლიმერული მასალებით მოდიფიცირებულ ბიტუმით და ადგილობრივი ქვის მასალებით დამზადებული ასფალტბეტონის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა;
- მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის ძვრისადმი მედეგობის შესაფასებლად ექსპერიმენტული კვლევა მარშალის მეთოდით;

- ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის მნიშვნელობის კვლევა. პოლიმერბიტუმის გამოყენებით შეჭიდულობის ძალის გაზრდის შესაძლებლობის ექსპერიმენტული კვლევა;
- პოლიმერული დანამატების სხვადასხვა რაოდენობის შესაბამისად ასფალტბეტონის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების პროგნოზირებისათვის მათემატიკური მოდელის შექმნა.

ეკოლოგიური ეფექტურობა: პოლიმერებიდან ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული მასალაა პოლიეთილენი(ეგრეთწოდებული პლასტმასი). დღესდღეისობით მსოფლიოში აქტუალურია მისი უტილიზაციის საკითხი. პოლიეთილენის ნარჩენები დიდი ხნის განმავლობაში არ იშლება(მათი დაშლის პერიოდი შესაძლებელია 1000 წლამდეც გაგრძელდეს). საქართველოში პოლიეთილენის ნარჩენების გადამუშავება არ ხდება, ისინი დიდ ზიანს აყენებს გარემოს და აუარესებს ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია პოლიეთილენის მეორადი გადამუშავებით. მეორადი პოლიეთილენის საშუალებით მზადდება სხვადასხვა პროდუქცია და მისი გამოყენებით შესაძლებელია ასფალტბეტონის ნარჩენების მოდიფიცირება.

განვითარებულ ქვეყნებში აქტიურად მიმდინარეობს კვლევები პოლიმერული დანამატების გამოყენებით ასფალტბეტონის ხარისხის გასაუმჯობესებლად. ერთ-ერთ პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს პოლილეოფინებით ასფალტბეტონის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესების საკითხების შესწავლა. როგორც კვლევებიდან ირკვევა პოლილეოფინების(რომლებსაც განეკუთვნება პოლიეთილენი) გამოყენება იძლევა საგრძნობ ეფექტს. ეს პოლიმერული მასალები და ბიტუმი თავსებადია, მათი ბიტუმში შერევით შესაძლებელია ბიტუმის საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება.

ეკონომიკური ეფექტურობა: საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტურობის შესაფასებლად გამოიყენება დროის ხარჯი, რომელიც

საჭიროა მგზავრების გადასაყვანად ან ტვირთების გადასაზიდად. დროის ეს ხარჯი კი უშუალოდ დამოკიდებულია მოძრაობის სიჩქარეზე.

მოძრაობის სიჩქარე დამოკიდებულია: საგზაო სამოსის მდგომარეობაზე, სისწორესა და ჩაჭიდების ხარისხზე. მოძრაობის სიჩქარის შემცირების ერთ–ერთ მთავარ მიზეზს წარმოადგენს საგზაო საფარის სისწორის გაუარესება.

საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტურობა ხასიათდება გადაზიდვების თვითღირებულებით. საშუალო სიჩქარის შემცირებით მკვეთრად იზრდება გადაზიდვების თვითღირებულება, განსაკუთრებით 40 კმ/სთ ნაკლებ სიჩქარეებზე.

საავტომობილო გზის მდგომარეობა დიდ გავლენას ახდენს მასზე მოძრავი ავტომობილის საწვავის ხარჯზე. ამასთან სისწორის გაუარესებისას რაც უფრო მეტია სიჩქარე, მით მეტად იზრდება საწვავის ხარჯი.

ევროპის განვითარებისა და რეკონსტრუქციის ბანკის მონაცემების მიხედვით გზების მდგომარეობა გავლენას ახდენს ავტომობილების მუშაობის ეფექტურობაზე. ამრიგად, არსებული გზების საექსპლუატაციო მდგომარეობის ტექნიკური ხარისხის საგრძნობი ამაღლების გარეშე, შეუძლებელია საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტურობის გაზრდის ამოცანის გადაწყვეტა.

პოლიმერული დანამატების გამოყენებით შესაძლებელია ასფალტბეტონის საფარის საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება. პოლიმერასფალტბეტონის ნარევის აქვს ჩვეულებრივთან შედარებით ძვრისადმი მედეგობის უკეთესი მაჩვენებლები. ეს აფერხებს საფარზე ძვრის დეფორმაციების წარმოქმნას და სისწორის გაუარესებას. სისწორის გაუმჯობესებით კი შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტის მიღება მგზავრების გადაყვანისას და ტვირთების გადაზიდვის დროს.

ასფალტბეტონის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესება გამოიწვევს რემონტთაშორისი პერიოდის გაზრდას. ამით შესაძლებელი

იქნება გზებზე გაწეული მოვლა-შენახვის ხარჯების შემცირება რაც ასევე მოგვცემს საგრძნობ ეკონომიკურ ეფექტს.

უნდა აღინიშნოს რომ დღესდღეისობით პოლიმერების მაღალი ფასი წარმოადგენს მთავარ მიზეზს რის გამოც არ ხდება პოლიმერებით გაუმჯობესებული ბიტუმის ფართო გამოყენება საგზაო მშენებლობაში. ფინანსური დანახარჯების შემცირება შესაძლებელია სხვადასხვა კლასის პოლიმერებით ბიტუმის კომპლექსური მოდიფიკაციით. ამ დროს შესაძლებელია ძვირადღირებული და შედარებით იაფი მოდიფიკატორების ერთობლივი გამოყენება. მეორადი პოლიეთილენის ფასი საგრძნობლად ნაკლებია პირველადზე, მისი საშუალებით შესაძლებელია ასფალტბეტონის ნარევების მოდიფიცირება.

მეორადი პოლიეთილენით მოდიფიკაცია ბევრად გააიაფებს მოდიფიცირებულ ბიტუმს და შესაბამისად მის საფუძველზე დამზადებულ პოლიმერასფალტბეტონს.

სამეცნიერო სიახლე

- ექსპერიმენტულად დამტკიცდა გაუმჯობესებული საექსპლუატაციო მაჩვენებლების მქონე პოლიმერული(მეორადი პოლიეთილენის და ლატექსის ნარევით და ტერპოლიმერებით) მასალებით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის მიღების შესაძლებლობა;
- მარშალის მეთოდით ჩატარებული კვლევებით დამტკიცდა ასფალტბეტონის ძვრისადმი მედეგობის გაზრდის შესაძლებლობა პოლიმერული დანამატების გამოყენებით.
- ექსპერიმენტულად დამტკიცდა ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის გაზრდის შესაძლებლობა პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმების გამოყენებით.
- დამუშავდა მათემატიკური მოდელი რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ბიტუმში პოლიმერული დანამატის

პროცენტული რაოდენობის შესაბამისად ასფალტბეტონის ნარევის ფოზიკო-მექანიკური მაჩვენებლების პროგნოზირება.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს შემდეგში:

- მეორადი პოლიეთილენის გამოყენება შეამცირებს პოლიმერებით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის ფასს;
- მეორადი პოლიეთილენის გამოყენება შეამცირებს პოლიეთილენის ნარჩენების გარემოში მოხვედრას, რაც შეუწყობს ხელს გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებას;
- დამუშავებული მათემატიკური მოდელი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ქსპერიმენტის შედეგების პროგნოზირებისათვის რაც საშუალებას მოგვცემს მნიშვნელოვნად შევამციროთ ფიზიკური ექსპერიმენტების რაოდენობა.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

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

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

პირველ თავში წარმოდგენილია საავტომობილო გზების სატრანსპორტო სექსპლუატაციო მაჩვენებლები და გზების დიაგნოსტიკის თანამედროვე სისტემები.

განხილულია საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტურობის საგზაო საფარის სისწორეზე დამოკიდებულება და სისწორის გაუარესების მიზეზები.

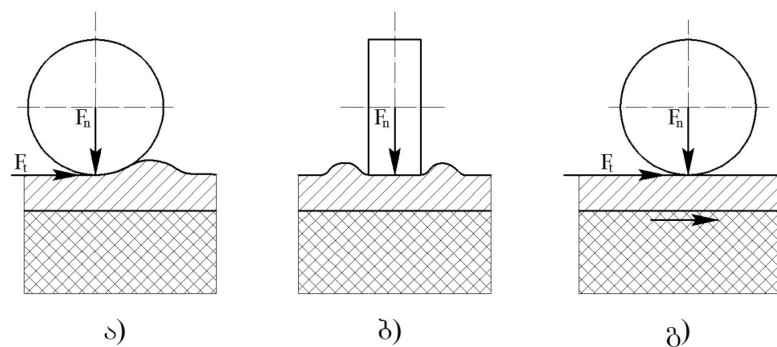
განხილულია ბიტუმის ნაკლოვანებები და მისი თვისებების პოლიმერული დანამატებით გაუმჯობესების საკითხები.

მეორე თავში (თეორიულ ექსპერიმენტული ნაწილი) განხილულია:

- რეოლოგიის ძირითადი ცნებები,
- ბიტუმების შემადგენლობა სტრუქტურა, კომპონენტები და გამოცდის მეთოდები
- პოლიმერების კლასიფიკაცია, მოცემულია ჩვენს მიერ გამოყენებული პოლიეთილენის სახეობები, თვისებები და სტრუქტურული აგებულება. განხილულია მეორადი პოლიეთილენით ასფალტბეტონის მოდიფიკაციის შესაძლებლობა.

ნაჩვენებია საგზაო სამოსის დეფორმირებული მდგომარეობა, საგზაო სამოსზე მოქმედი ვერტიკალური(ნორმალური) და ჰორიზონტალური(მხები) დატვირთვებისგან გამოწვეული ძაბვები.

მოცემულია საგზაო საფარის ზედაპირის დეფექტების კლასიფიკაცია ნარჩენი დეფორმაციების მიხედვით. განხილულია საფარის ძირითადი დეფექტების(ტალღებისა და ლიანდისმაგვარი) წარმოქმნის მექანიზმი, რომელიც გამოწვეულია საფარზე ავტომობილის თვლებიდან მოქმედი ვერტიკალური F_n და ჰორიზონტალური F_t ძალებით (ნახ. 1).



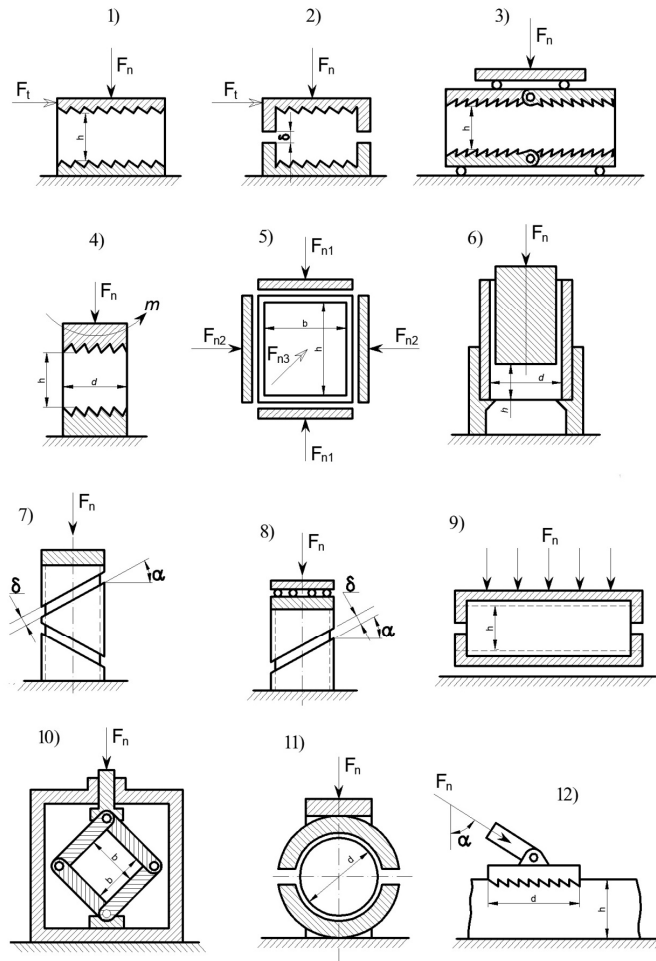
ნახ. 1. ნორმალური F_n და ჰორიზონტალური F_t ძალებისგან

გამოწვეული საგზაო საფარის ძვრის დეფორმაციები:

- ა – განივი ტალღა დამუხრუჭების მონაკვეთებზე; ბ – გადასარბენებზე კვალის გაჩენა; გ – საფუძველზე საფარის წაცურება.

განხილულია ასფალტბეტონის ძვრისადმი მედეგობის საკითხები, ასევე ასფალტბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციული მახასიათებლების ექსპერიმენტული კვლევის სხვადასხვა მიმართულება და პრობლემატიკა.

ნაჩვენებია ძვრაზე გამოცდის ძირითადი სქემები(ნახ. 2)



ნახ. 2. ძვრაზე გამოცდის სქემები

აღწერილია ასფალტბეტონის მარშალის მეთოდით ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდი. განხილულია ასფალტბეტონის ფენებს შორის კავშირის გავლენა ფენილში დაზიანებების განვითარებაზე. ნაჩვენებია ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის გამზომი თანამედროვე ხელსაწყო(ნახ. 3).

ასფალტბეტონის საფარებში ბზარების გაჩენის და მისი შემდგომი დაზიანების ერთ-ერთი მიზეზი არის საფარის მოსაზღვრე ფენების(ასფალტბეტონის სხვადასხვა ფენები) ინერციულ და დრეკად

თვისებებს შორის განსხვავება. როდესაც მოსაზღვრე ფენებს შორის კავშირი



სუსტია, სატრანსპორტო საშუალებების ზემოქმედების ციკლოზობამ შესაძლებელია გამოიწვიოს ამ ფენების რხევები საწინააღმდეგო ფაზებში, რაც იწვევს ფენების ერთმანეთისაგან განცალკევებას და აჩქარებს საფარის დაშლას.

ამ პრობლემების გადაწყვეტა შესაძლებელია ფენებს შორის საკმარისი შეჭიდულობის უზრუნველყოფით, რაც განაპირობებს

ფენების წინააღმდეგობას ძვრისა და განცალკევებისადმი.

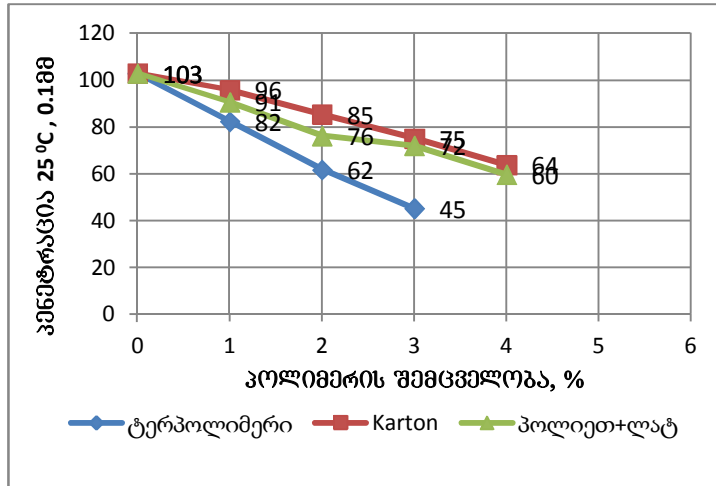
2.9 ქვეთავში მოცემულია პოლიმერებით მოდიფიცირებული ბიტუმების თვისებების ექსპერიმენტული კვლევა. ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა პოლიმერებით მოდიფიცირებული ბიტუმების მარკით 90/130 და 60/90-ის გამოცდები სახელმწიფო სტანდარტების შესაბამისად.

შერჩეული პოლიმერები შევადარეთ ერთ–ერთ ყველაზე მეტად გავრცელებულ SBS პოლიმერს Karton D1101-ს.

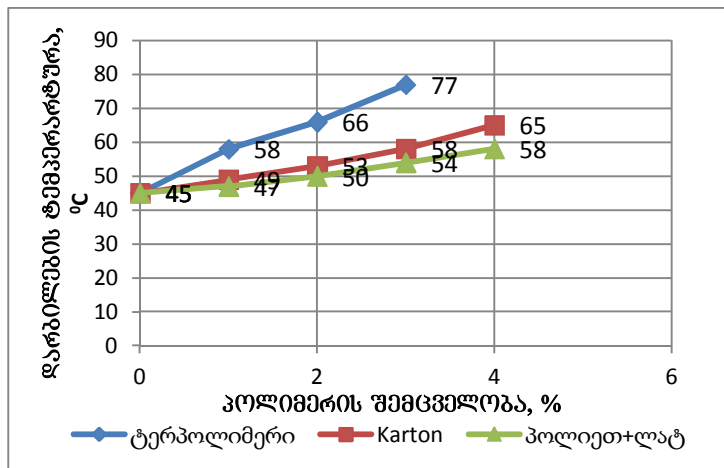
კვლევის საწყის ეტაპზე მოხდა ნავთობის ბიტუმების 90/130 და 60/90-ის თვისებების გამოკვლევა, ხოლო შემდეგ პოლიმერებით მოდიფიცირებული იგივე ბიტუმების თვისებების შესწავლა. კვლევისათვის ტერპოლიმერი შერეული იქნა ბიტუმში 90/130 1-3%-ის რაოდენობით, თერმოელასტოპლასტი “Karton” და მეორადი პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევი – 2–4%-ის რაოდენობით.

ცდებით განვსაზღვრეთ პოლიმერბიტუმების: ნემსის შეღწევის სიღრმე, დარბილების ტემპერატურა, სიმყიფის ტემპერატურა და ელასტიურობა

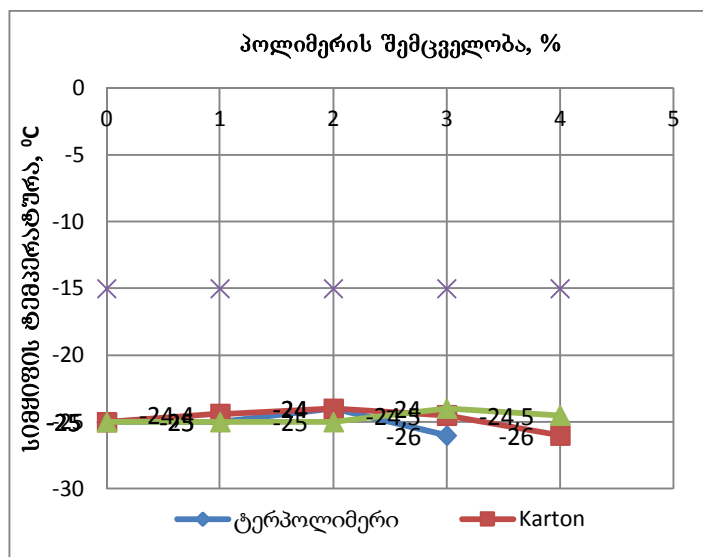
გამოცდის შედეგები მიხედვით აგებულია გრაფიკები(ნახ.4-7).



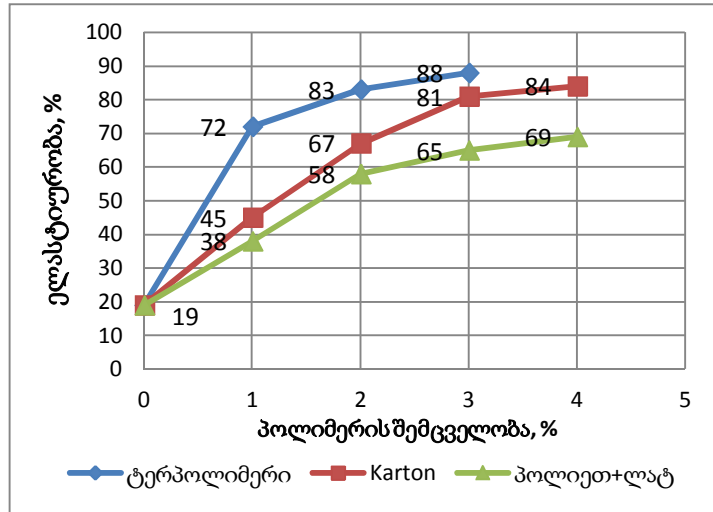
ნახ.4. ბიტუმში პენეტრაციის ცვლილება 25°C-ზე სხვადასხვა პოლიმერების შემცველობისას.



ნახ. 5. ნავთობის ბიტუმის დარბილების ტემპერატურის დამოკიდებულება პოლიმერების პროცენტული შემცველობაზე.



ნახ. 6. ნავთობის ბიტუმის 90/130 სიმყიფის ტემპერატურის დამოკიდებულება პოლიმერების პროცენტული შემცველობაზე.

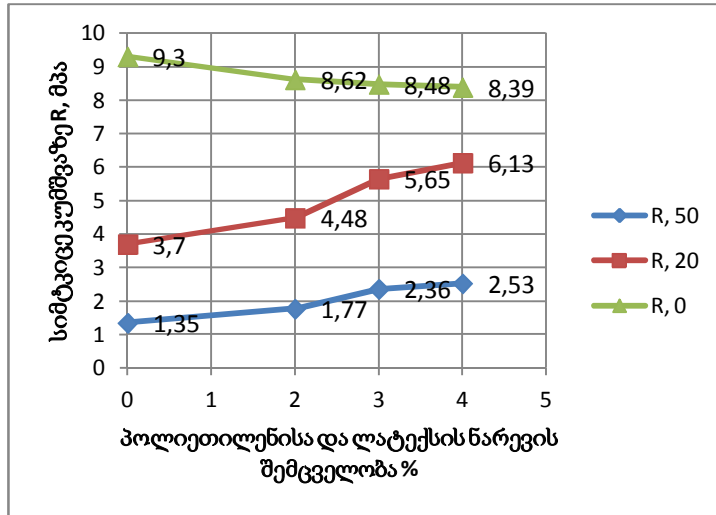


ნახ. 7. 25°C-ზე ნავთობის ბიტუმის 90/130 ელასტიურობის დამოკიდებულება პოლიმერების პროცენტულ შემცველობაზე.

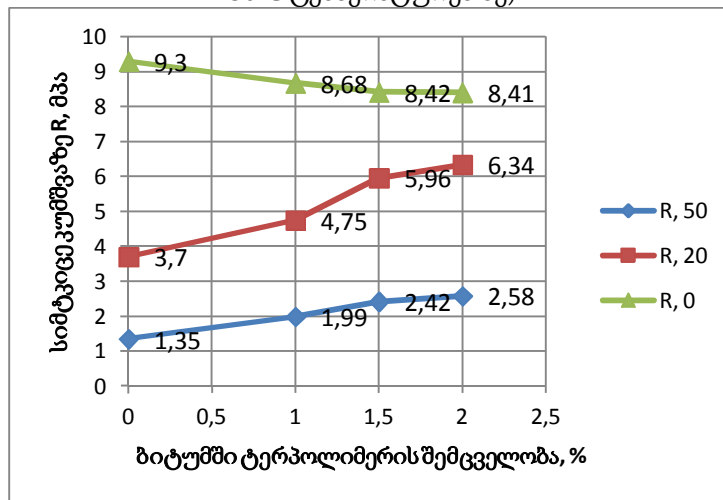
ასევე განვსაზღვრეთ პოლიმერბიტუმების ერთგვაროვნება ათჰეზია(ქვის მასალასთან მიკვრა). ჩატარებული ცდებით გამოვლინდა, რომ ჩვენს მიერ მომზადებული პოლიმერბიტუმები ერთგვაროვანია და გააჩნიათ ადგილობრივ ქვის მასალასთან(მარმარილოსთან) მდგრადი მიკვრის ხარისხი.

2.10 თავში მოცემულია პოლიმერით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების კვლევა ГОСТ 12801-98 მიხედვით. ცდებისთვის დავამზადეთ „ვ“ ტიპის წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ნარევი 90/130 მარკის ბიტუმით და და ტერპოლიმერით მოდიფიცირებული(1%, 1.5% და 2.0% ტერპოლიმერის შემცველობით) იგივე ბიტუმით. ნარევი ასევე დავამზადეთ მეორადი პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევით მოდიფიცირებული(2.0%, 3.0% და 4.0% დანამატის შემცველობით) ბიტუმით.პირველ ეტაპზე გამოვცადეთ ასფალტბეტონი პოლიმერული დანამატების გარეშე, ხოლო შემდეგ პოლიმერით მოდიფიცირებული.

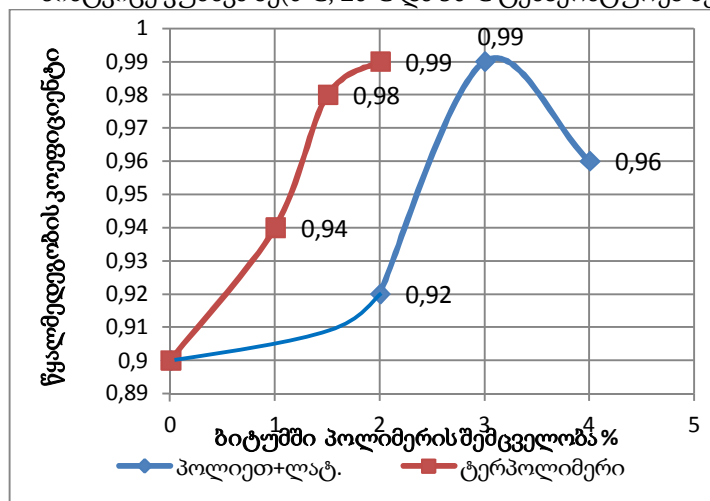
მიღებული შედეგების მიხედვით აგებულია ასფალტბეტონის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლების პოლიმერების შემცველობაზე დამოკიდებულების გრაფიკები(ნახ. 8-14).



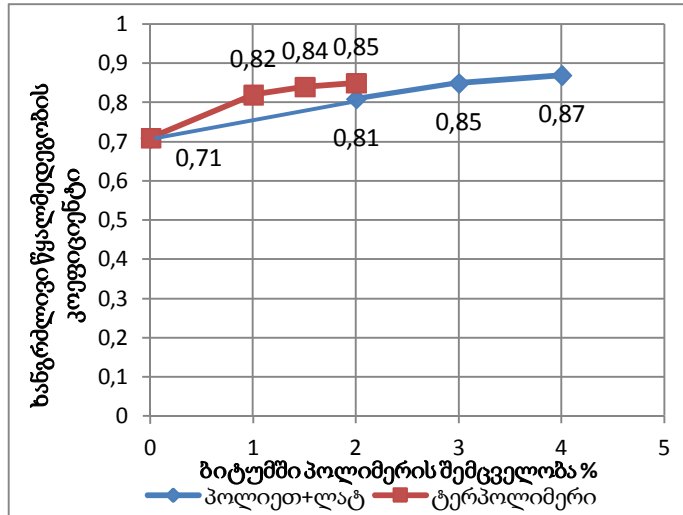
ნახ. 8. პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევიტ მოდიფიცირებული ას-ვალტბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე (0°C, 20°C და 50°C ტემპერატურებზე)



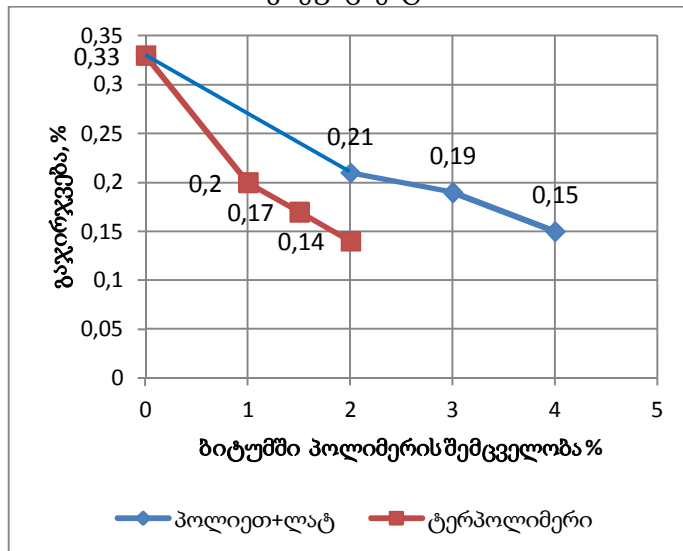
ნახ. 9. ტერპოლიმერით მოდიფიცირებული ასვალტბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე (0°C, 20°C და 50°C ტემპერატურებზე)



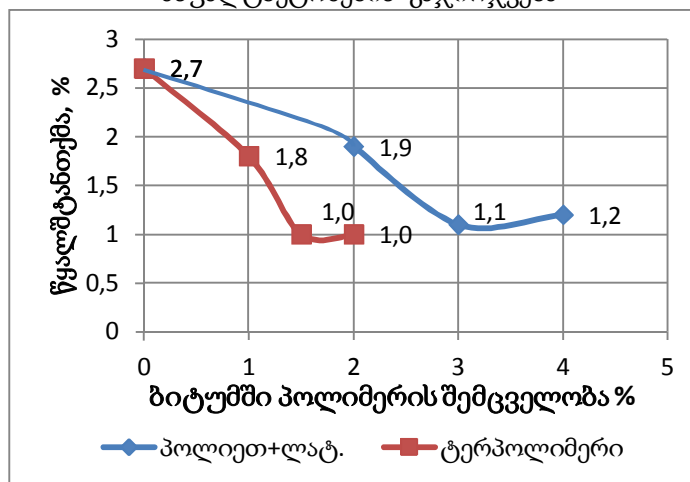
ნახ. 10. პოლიმერებით მოდიფიცირებული ასვალტბეტონების წყალმედვობის კოეფიციენტი



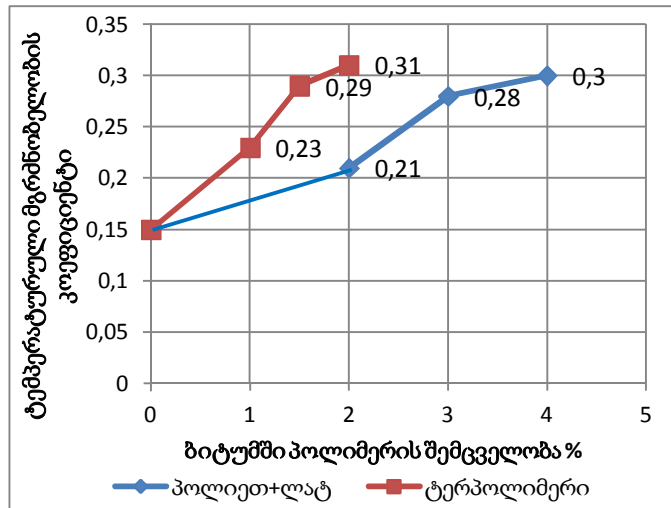
ნახ. 11. პოლიმერებით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების ხანგრძლივი წყალმდეგობის კოეფიციენტი



ნახ. 12. პოლიმერებით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების გაჯირჯევა



ნახ. 13. პოლიმერებით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების წყალშთანთქმა



ნახ.14. პოლიმერებით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების ტემპერატურული მგრუნობელობის კოეფიციენტი

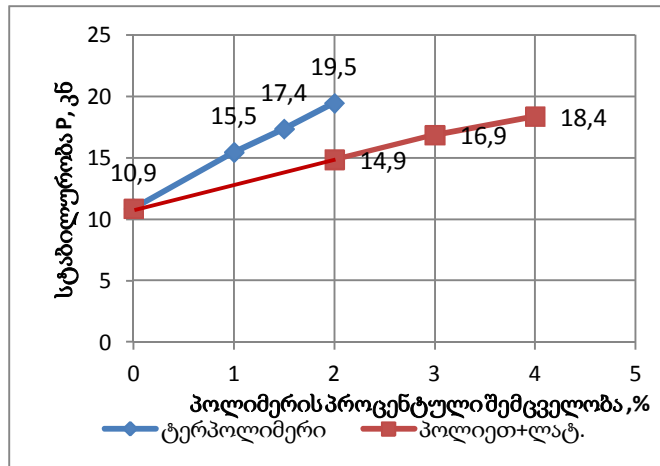
2.11 ქვეთავში მოცემულია მარშალის მეთოდით ასფალტბეტონის ნიმუშების თვისებების ექსპერიმენტული კვლევა

კვლევებისათვის დავამზადეთ „ბ“ ტიპის წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ნარევი.

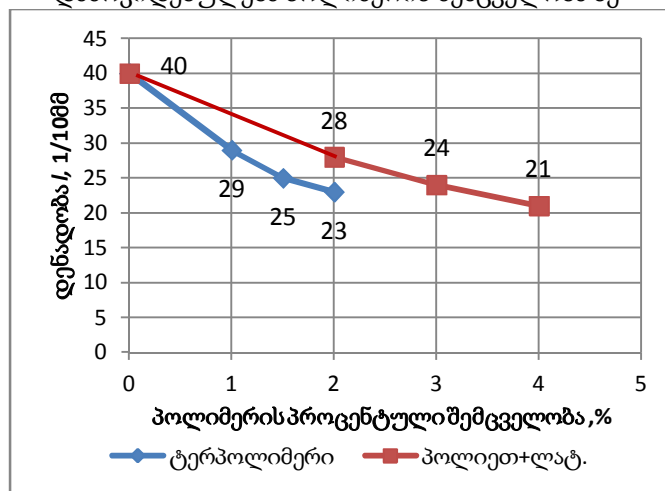
ნარევი დავამზადეთ 60/90 მარკის ბიტუმით და ტერპოლიმერით მოდიფიცირებული (1%, 1.5% და 2.0% ტერპოლიმერის შემცველობით) იგივე ბიტუმით. ნარევი ასევე დავამზადეთ მეორადი პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევით მოდიფიცირებული (2.0%, 3.0% და 4.0% დანამატის შემცველობით) ბიტუმით.

მარშალის წნეხზე გამოიკადა ასფალტბეტონის ნიმუშები და თითოეულისათვის განისაზღვრა მაქსიმალური მრღვევი ძალა (სტაბილურობა) P ნ და პლასტიკურობის პირობითი მაჩვენებელი (დენდობა) l 1/10მმ. პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი A ნ/მმ გამოვითვალეთ $A = 10P/l$ ფორმულით.

მიღებული შედეგების მიხედვით იზრდება ასფალტბეტონის სტაბილურობა ხოლო პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი მცირდება. (იხ ნახ. 15 და 16).



ნახ. 15. ასფალტბეტონების სტაბილურობის დამოკიდებულება პოლიმერის შემცველობაზე



ნახ. 16. ასფალტბეტონების დენადობის დამოკიდებულება პოლიმერის შემცველობაზე

2.12 ქვეთავში მოცემულია ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის ექსპერიმენტული კვლევა. პოლიმერული დანამატები აუმჯობესებს საწყისი ბიტუმის ათჰეზიურ და კოჰეზიურ თვისებებს იმის გასარკვევად თუ როგორ იმოქმედებდა პოლიმერული დანამატებით მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოყენება ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალაზე ჩავატარეთ კვლევები ლოიტნერის მეთოდით.

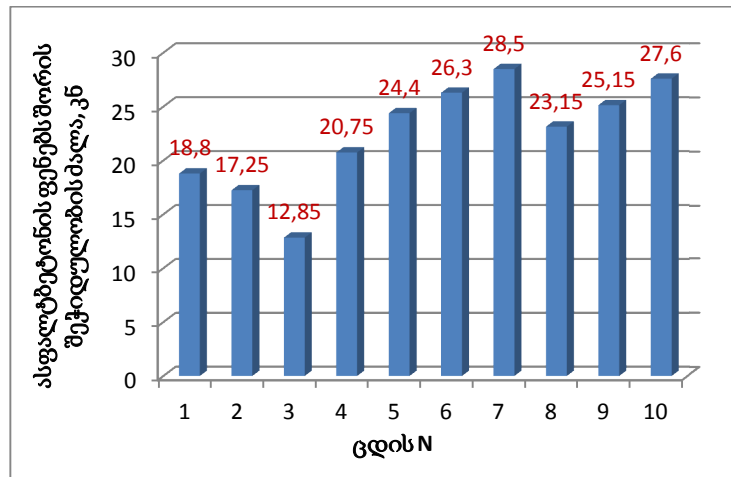
სხვადასხვა პირობებში შეჭიდულობის ძალის დასადგენად ასფალტბეტონის ქვედა ფენაზე ვაწყობთ წვრილმარცვლოვან მკვრივ ასფალტბეტონის ფენას შემდეგი პირობების იმიტირებით:

1. ქვედა ფენის დატკეპნის მერე მისი ბიტუმით დამუშავების გარეშე პირდაპირ ვახდენთ მასზე ზედა ფენის დატკეპნას - (ცდა N1).

2. ქვედა ფენაზე 1 დღელამის გასვლის შემდეგ მისი ბიტუმით დამუშავების გარეშე ვახდენთ ზედა ფენის მოწყობას - (ცდა N2);
 3. ქვედა ფენაზე 3 დღე ღამის გასვლის შემდეგ მისი ბიტუმით დამუშავების გარეშე ვახდენთ ზედა ფენის მოწყობას - (ცდა N3);
 4. 2 დღელამის გასვლის შემდეგ ქვედა ფენას ვამუშავებთ ცხელი ბიტუმით(ბიტუმის წასმა ხდება ნორმით გათვალისწინებული რაოდენობით ფუნჯის მეშვეობით) და შემდეგ ვაწყობთ ზედა ფენას - (ცდა N4);
 5. 2 დღელამის გასვლის შემდეგ ნიმუშების ქვედა ფენას ვამუშავებთ ტერპოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმით(1%, 1,5% და 2% პოლიმერის შემცველობით) - (ცდა N5-N7);
 6. 2 დღელამის გასვლის შემდეგ ქვედა ფენას ვამუშავებთ მეორადი პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევით მოდიფიცირებული ბიტუმით(2%, 3% და 4% პოლიმერის შემცველობით) - (ცდა N8-N10);
- ჩვენს მიერ ჩატარებული გამოცდის შედეგები მოცემულია ცხრილში N1, მიღებული შედეგების მიხედვით აგებულია გრაფიკები(ნახ. 17).

ცდის N	ნიმუშის N	მაქსიმალური შეჭიდულობის ძალა N კნ	საშუალო მნიშვნელობა
I	1	18,7	18,8
	2	18,9	
II	3	17,4	17,25
	4	17,1	
III	5	12,9	12,85
	6	12,8	
IV	7	20,8	20,75
	8	20,7	
V	9	24,5	24,4
	10	24,3	
VI	11	26,2	26,3
	12	26,4	
VII	13	28,6	28,5
	14	28,4	
VII	15	23,3	23,15
	16	23,0	
IX	17	25,0	25,15
	18	25,3	
X	19	26,9	27,6
	20	26,8	

ცხრილი N1. ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალა სხვა და სხვა ცდისათვის.



ნახ. 17. ასფალტბეტონების ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის გაფიკი.

2.13 ქვეთავში მოცემულია ექსპერიმენტების შედეგების მათემატიკური მოდელირება: თითოეული ექსპერიმენტი, ჩვეულებრივ ძალზე შრომატევადია და დაკავშირებულია გარკვეულ დანახარჯებთან, ამიტომ მიზანშეწონილია აგებულ იქნას ისეთი მათემატიკური მოდელები რომლებიც საშუალებას მოგვცემენ მოვახდინოთ ექსპერიმენტის შედეგების პროგნოზირება და მხოლოდ ამის შემდეგ ჩავატაროთ ფიზიკური ექსპერიმენტი. ეს იძლევა საშუალებას მნიშვნელოვნად შევამციროთ ფიზიკური ექსპერიმენტების რაოდენობა.

ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა ექსპერიმენტების სერია რომლის შედეგადაც იქნა მიღებული შემდეგი მონაცემები ცხრ. N2

ექსპერიმენტის შედეგების პროგნოზის ამოცანის ამოსახსნელად გამოვიყენეთ მარტივი მათემატიკური აპარატი კერძოდ:

- I. მრავალწევრებით ინტერპოლაცია,
- II. უმცირეს კვადრატთა მეთოდი.

როგორც ვიცით X_2 (პენეტრაცია), X_3 (ბიტუმის დარბილების ტემპერატურა) და f (ასფალტბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე 50°C-ზე) დამოკიდებული არიან X_1 -ზე(ბიტუმში პოლიმერის პროცენტული შემცველობა) ეს დაშვება პირობითია რადგან f დამოკიდებულია სამივე

ცვლადზე. მაგრამ ჩვენ ჯერ განვიხილავთ უმარტივეს შემთხვევას როდესაც: $x_2 = f_2(x_1)$; $x_3 = f_3(x_1)$; $f = f(x_1)$.

N	ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული მონაცემები			
	X_1	X_2	X_3	f
1	0	103	45	1.35
2	2	76	50	1.77
3	3	72	54	2.36
4	4	60	58	2.53

ცხრ. N2. ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული მონაცემები.

სადაც X_1 არის ბიტუმში პოლიმერის პროცენტული შემცველობა; X_2 – პენეტრაცია; X_3 – ბიტუმის დარბილების ტემპერატურა და f ასფალტბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე 50°C-ზე

ე.ი. ჩვენ ვიკვლევთ x_2 , x_3 და f -ის დამოკიდებულებას x_1 -ზე. ცხადია, რომ ჩვენთვის არა არის ცნობილი f_2 , f_3 და f -ის გამოსახულებები. ჩვენს მიერ სადისერტაციო ნაშრომში განხილული მეთოდები საშუალებას იძლევა ავაგოთ ისეთი ფუნქციები რომლებიც „ახლოს“ იქნება ჩვენთვის საინტერესო ფუნქციებთან.

I. საინტერპოლაციო მრავალწევრების საშუალებით ავაგებთ ისეთ ფუნქციას რომლის მნიშვნელობებიც დაემთხვევა საძიებელი ფუნქციის მნიშვნელობებს, კერძოდ x_1 -ის იმ მნიშვნელობებს რომელიც ექსპერიმენტის დროს იქნა აღებული. ჩვენ გამოვიყენებთ პირველი და მეორე რიგის საინტერპოლაციო მრავალწევრებს. გამოთვლილ იქნა საძიებელი სიდიდეების ისეთი მნიშვნელობები რომლისთვისაც არ გვქონდა ჩატარებული ფიზიკური ექსპერიმენტი. გამოთვლების შედეგები მოყვანილია ცხრილებში N3 და N4.

გამოთვლილი (მეორე რიგის საინტერპოლაციო პოლინომით)				
N	X_1	X_2	X_3	f
1	1	86.3333	47.0	1.43333
2	1.2	83.76	47.52	1.4804
3	2.5	75.0	52.0	2.1175
4	3.5	67.0	56.0	2.4975

ცხრილი N3. მეორე რიგის საინტერპოლაციო პოლინომის გამოყენებით მიღებული შედეგები.

გამოთვლილი (პირველი რიგის საინტერპოლაციო პოლინომით)				
N	X ₁	X ₂	X ₃	f
1	1	89.5	47.5	1.56
2	1.2	86.8	48.	1.602
3	2.5	74.	52.	2.065
4	3.5	66.	56.	2.445

ცხრილი N4. პირველი რიგის საინტერპოლაციო პოლინომის გამოყენებით მიღებული შედეგები.

შემდეგ მათემატიკური მოდელის საშუალებით მიღებული შედეგების სიზუსტის შესაფასებლად ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა ფიზიკური ექსპერიმენტი იმ შემთხვევისათვის როდესაც X_1 (ბიტუმში პოლიმერის პროცენტული შემცველობა)=2.5. ფიზიკური ექსპერიმენტის შედეგად მივიღეთ შემდეგი შედეგები $x_2 = 73.7$; $x_3 = 51,8$ და $f = 2.10$ რაც როგორც ვხედავთ კარგად ეთანხმება მათემატიკური მოდელების საშუალებით მიღებულ შედეგებს.

ეს ადასტურებს ჩვენს მიერ გამოთქმულ მოსაზრებას იმის შესახებ რომ მათემატიკური მოდელი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ექსპერიმენტის შედეგების პროგნოზირებისათვის. ცხადია მათემატიკური მოდელის სიზუსტე კიდევ უფრო გაიზრდება თუ გვექნება ექსპერიმენტის მეტი რაოდენობის მონაცემი. აგრეთვე თუ გამოვიყენებთ მრავალგანზომილებიან ინტერპოლაციას ჩვენთვის ერთ–ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პარამეტრის f (ასფალტბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე 50°C-ზე) პროგნოზირებისათვის. რადგან როგორც ვიცით f არსებითად არის დამოკიდებული x_1 , x_2 და x_3 -ზე. შესაძლებელია აგრეთვე შებრუნებული ინტერპოლაციის გამოყენება როდესაც f -ის ჩვენთვის საინტერესო მნიშვნელობის მისაღებად დავადგენთ x_1 , x_2 და x_3 ცვლადების მნიშვნელობებს. ეს კი საშუალებას მოგვცემს წინასწარ დავგეგმოთ ექსპერიმენტი.

II. იგივე ამოცანა ამოხსნილ იქნა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით. გამოთვლების შედეგები მოყვანილია ცხრილში N5.

N	ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული მონაცემები			
	X_1	X_2	X_3	f
1	0	103	45	1.35
2	2	76	50	1.77
3	3	72	54	2.36
4	4	60	58	2.53
გამოთვლილი საშუალო კვადრატთა მეთოდით (პირველი რიგის პოლინომით)				
5	1	90.86	47.71	1.614
6	1.2	88.76	48.36	1.676
7	2.5	75.13	52.56	2.08
8	3.5	64.64	55.79	2.39

ცხრილი N5. საშუალო კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით მიღებული შედეგები

როგორც ვხედავთ $x_2(2.5)$, $x_3(2.5)$ და $f(2.5)$ –ის ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული შედეგები კარგად ეთანხმება გამოთვლების საშუალებით მიღებულ შედეგებს.

უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში როდესაც საქმე გვაქვს ფიზიკური ექსპერიმენტის დიდი რაოდენობის მონაცემებთან.

III თავი მოცემულია ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები და მათი განსჯა

პოლიმერებით მოდიფიცირებული ბიტუმების კვლევის შედეგები:

- როგორც გრაფიკებიდან ჩანს ტერპოლიმერიტა და თერმოელასტოპლასტით მოდიფიცირებული ბიტუმების პენეტრაციის მაჩვენებელი თითქმის წრფივად მცირდება(37-56%-ით). გამოყენებული პოლიმერებიდან ყველაზე მკვეთრად პენეტრაციის შემცირებას იწვევს ტერპოლიმერი. 2% პოლიეთილენისა და ლატექსის ნაერთის ბიტუმში შერევა იწვევს მისი პენეტრაციის მკვეთრ შემცირებას, 2-დან 3%-მდე ხდება მისი სტაბილიზაცია, ხოლო 4%-მდე დანამატის შემცველობის ზრდისას ხდება სიბლანტის შემდგომი მატება.
- დარბილების ტემპერატურა განსაზღვრავს ბიტუმის დრეკადბლანტი მდგომარეობიდან ბლანტ რეოლოგიურ მდგომარეობაში გადასვლას ან მუშა ტემპერატურული ინტერვალის ზედა ზღვარს. ის ასევე ახასიათებს საფარის ძვრისადმი მედეგობას. როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს,

ჩვენს მიერ გამოყენებული პოლიმერები საგრძნობლად(39-71%-ით) ზრდის საწყისი ბიტუმის დარბილების ტემპერატურას, მათგან ყველაზე მეტად კი ტერპოლიმერი. დარბილების ტემპერატურის გაზრდით ამაღლდება საფარის ძვრისადმი მედეგობა.

- სიმყიფის ტემპერატურა არის ბიტუმის მუშა ტემპერატურული ინტერვალის ქვედა ზღვარი რომელიც განსაზღვრავს საფარის ბზარმედეგობას. როგორც გრაფიკებიდან ჩანს ჩვენს მიერ გამოყენებული პოლიმერული დანამატების შერევა მოცემული რაოდენობებით პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას ბიტუმის სიმყიფის ტემპერატურაზე და ის მხოლოდ უმნიშვნელოდ იცვლება. ეს მნიშვნელოვანია საფარის დაბალი ტემპერატურების პირობებში ექსპლუატაციის დროს;
- ელასტიურობა 25^o C-ზე. როგორც გრაფიკებიდან ჩანს პოლიმერების ბიტუმში შერევა იწვევს საწყისი ბიტუმის ელასტიურობის მაჩვენებლის მნიშვნელოვან(3-4ჯერ) ზრდას, ხოლო რაც უფრო დიდია ბიტუმის ეს მაჩვენებელი მით უფრო მაღალია საფარის მარვალჯერადი დინამიური ზემოქმედებისადმი მდგრადობა და ხანგამძლეობა დადებით ტემპერატურებზე. ასევე იზრდება შეუქცევადი ძვრის დეფორმაციებისა და დაღლილობის ბზარების წარმოქმნისადმი მედეგობა;
- ცდებით გამოვლინდა, რომ ჩვენს მიერ გამოყენებული პოლიმერებით იზრდება(14-33^oC-ით) ბიტუმის მუშა ინტერვალი(სხვაობა ბიტუმის სიმყიფის ტემპერატურასა და დარბილების ტემპერატურას შორის) ეს კი გამოიწვევს ასფალტბეტონის ნარევის დრეკადპლასტიკური ინტერვალის(გამოყენების ეფექტური ინტერვალი) გაფართოებას;
- გამოვლინდა რომ ჩვენს მიერ გამოყენებულ პოლიმერებზე მოდიფიცირებულ ბიტუმს გააჩნია ადგილობრივ ქვის მასალებთან მდგრადი მიკვრის ხარისხი(ათჰეზია).

პოლიმერთი მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის ფიზიკო- მექანიკური თვისებების ГОСТ 12801-98 მიხედვით კვლევის შედეგები: ჩვენს მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინა, რომ პოლიმერებით(მეორადი პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევით და ტერპოლიმერთ) მოდიფიცირებული ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნიმუშების სიმტკიცე 50°C-ზე იზრდება თითქმის ორჯერ(87-91%-ით), ასევე იზრდება მისი თბომედეგობა. ყოველივე ეს უზრუნველყოფს ცხელი კლიმატის პირობებში ასფალტბეტონის საფარის უკეთეს სიმტკიცეს და ძვრისადმიმდეგობას.

მიღებული შედეგების მიხედვით პოლიმერასფალტბეტონს ჩვეულებრივთან შედარებით გააჩნია უფრო მაღალი საშუალო სიმკვრივე. საშუალო სიმკვრივე იზრდება პოლიმერის შემცველობის ზრდასთან ერთად, ხოლო წყალშთანთქმა მცირდება. ასევე უნდა აღინიშნოს რომ იზრდება ასფალტბეტონის წყალმედეგობის კოეფიციენტები და მცირდება მისი გაჯირჯვების პროცენტული მაჩვენებელი.

კვლევებით ასევე დადგინდა, რომ ჩვენს მიერ გამოყენებული პოლიმერებზე დამზადებულ ასფალტბეტონს ახასიათებს დაბალი ტემპერატურული მგრძობელობა, რომელიც ასევე ახასიათებს სხვა პოლიმერ-ასფალტბეტონებს.

კვლევებით ასევე დადგინდა, რომ ჩვენს მიერ გამოყენებული პოლიმერებზე დამზადებული ასფალტბეტონი ავლენს სხვა პოლიმერ-ასფალტბეტონებისათვის დამახასიათებელ თავისებურებას - დაბალ ტემპერატურულ მგრძობელობას.

ტემპერატურული მგრძობელობის კოეფიციენტი განისაზღვრება როგორც ასფალტბეტონის 50°C-ზე სიმტკიცის ზღვრის შეფარდება ამავე მაჩვენებელთან 0°C-ზე ($K = \frac{R_{50}}{R_0}$). ეს მაჩვენებელი ჩვენს შემთხვევაში იზრდება 2-ჯერ. აღნიშნული უზრუნველყოფს ასფალტბეტონის გაზრდილ თბომედეგობასა და ბზარმედეგობას.

მარშალის მეთოდით ასფალტბეტონის ნიმუშების თვისებების კვლევის შედეგები: ჩვენს მიერ ჩატარებული ცდებიდან გამოვლინდა რომ გამოყენებული პოლიმერების პროცენტული რაოდენობის ზრდასთან ერთად იზრდება ასფალტბეტონის სტაბილურობა(69-79%-ით) და პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი, ხოლო პლასტიკურობის პირობითი მაჩვენებელი - დენადობა მცირდება 43%-ით. როგორც უკვე ავღნიშნეთ ძვრისადმი მედეგობა ხასიათდება პირობითი პლასტიკურობით ანუ ეგრეთწოდებული დენადობით მარშალის მიხედვით, ამიტომ დენადობის შემცირებით ვღებულობთ ჩვეულებრივთან შედარებით უფრო მეტად ძვრისადმი მედეგ ასფალტბეტონს.

ამასთან უნდა აღინიშნოს რომ ამერიკის შეერთებულ შტატებში მარშალის მეთოდი გამოიყენება ასფალტბეტონის ნარეგების პროექტირებისას და ამ მეთოდით რეკომენდირებულია ისეთი ნარეგის შერჩევა, რომელსაც ყველაზე მაღალი სტაბილურობა აქვს. მაგრამ ამასთან უნდა გავითვალისწინოთ, რომ არასასურველია ისეთი ნარეგების დამზადება რომლებსაც აქვს ზედმეტად მაღალი სტაბილურობის მაჩვენებელი დაბალ პლასტიკურობასთან ერთად, იმიტომ რომ ასეთ ნარეგებზე დამზადებული საფარები ზედმეტად ხისტია და შესაძლებელია დაიზაროს დაბალ ტემპერატურებზე და მძიმეწონიანი ტრანსპორტის მოძრაობის დროს. ამის გამო აუცილებელია ასფალტბეტონის ნარეგის პროექტირებისას საუკეთესო შუალედის პოვნა მოცემული კლიმატური პირობებისა და დატვირთვების გათვალისწინებით.

ნარეგების პროექტირებისას ამერიკის შეერთებულ შტატებში ითვალისწინებენ მოთხოვნას, რომლის მიხედვითაც დენადობა მარშალის ცდის მიხედვით უნდა იყოს 2 მმ-ზე ნაკლები. ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები აკმაყოფილებს ამ პირობას.

მარშალის მეთოდით ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდა ტარდება 60°C ზე და ჩატარებული ცდებიდან გამოვლინდა, რომ პოლიმერები ზრდის მაქსიმალურ მრღვევ ძალას(სტაბილურობას) ანუ იზრდება მაღალ

ტემპერატურაზე ასფალტბეტონის სიმტკიცე, რაც მნიშვნელოვანია ჩვენი კლიმატური პირობებისათვის. მიღებული შედეგებიდან შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ გამოყენებული პოლიმერებით შესაძლებელია ძვრის დეფორმაციებისადმი უფრო მედეგი ასფალტბეტონის დამზადება, ასევე უნდა აღინიშნოს ის, რომ ჩვენს მიერ გამოყენებული პოლიმერები მნიშვნელოვნად ზრდის საწყისი ბიტუმის ელასტიურობას(იხ. პოლიმერბიტუმის გამოცდის შედეგები) რაც ამადლებს ასფალტბეტონის ბზარმედეგობას.

ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის კვლევის შედეგები:

- შემკვრელით დამუშავების გარეშე ა/ბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალა გერმანული (**ZTV Asphalt-StB 07**) ნორმით გათვალისწინებულ მინიმალურ მნიშვნელობასთან ახლოსაა ან ხშირად მასზე საგრძნობლად ნაკლებია;
- ასფალტბეტონის ქვედა ფენის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმით დამუშავების შემთხვევაში მატულობს ფენებს შორის ჩაჭიდების ძალა და ის ნორმით გათვალისწინებულ მინიმალურ მაჩვენებელს მნიშვნელოვნად აღემატება(33%-ით მეორადი პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევით და 37%-ით ტერპოლიმერით);
- ბიტუმში პოლიმერის პროცენტული შემცველობის ზრდასთან ერთად მატულობს ფენებს შორის ჩაჭიდების ძალა;
- საგზაო საფარის ზედა და ქვედა ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის გაზრდით გამოირიცხება ამ ფენების რხევები საწინააღმდეგო ფაზებში;
- ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის გაზრდის შედეგად ხდება ზედა ფენაზე ჰორიზონტალური დატვირთვებით გამოწვეული ძვრის დეფორმაციების შემცირება

ფენების შეხების ზედაპირის გასწვრივ და ქვედა მსხვილმარცვლოვან ფენაზე დატვირთვების უკეთესი გადანაწილება;

- ა/ზ ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის გაზრდა გამოიწვევს ფენილის მზიდუნარიანობის ძვრისადმი მედეგობის და ბზარმედეგობის ამალლებას.

დასკვნა

ჩვენს მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინა, რომ პოლიმერებით(მეორადი პოლიეთილენისა და ლატექსის ნარევით და ტერპოლიმერით) მოდიფიცირებული ბიტუმები აუმჯობესებს ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებს. 50°C-ზე ასფალტბეტონის ნიმუშების სიმტკიცე იზრდება თითქმის ორჯერ(87-91%-ით) ხოლო 20°C-ზე 66-71%-ით, ასევე იზრდება მისი თბომდეგობა. ყოველივე ეს კი მნიშვნელოვნად გაზრდის საფარის მზიდუნარიანობას.

მოდიფიცირებულ ბიტუმს გააჩნია გაუმჯობესებული ათჰეზიური(ქვის მასალასთან უკეთესი მიკვრის ხარისხი) და კოჰეზიური თვისებები. ამიტომ პოლიმერული მასალების გამოყენებით დამზადებული ასფალტბეტონის საფარიდან შემცირდება ღორღის მარცვლების ამოცვენა ჩვეულებრივ საფართან შედარებით, მათი გამოყენებით მოწყობილი ზედაპირული დამუშავების ფენა იქნება ბევრად მდგრადი. ყოველივე ეს მნიშვნელოვნად აამაღლებს საფარის ცვეთამდეგობასა და ხორკლიანობას.

მოდიფიცირებულ ბიტუმით დამზადებულ ასფალტბეტონს მაღალ ტემპერატურაზე ჩვეულებრივთან შედარებით აქვს მაღალი სიმტკიცე(ეს გამოწვეულია მოდიფიცირებული ბიტუმის დარბილების ტემპერატურისა და სიბლანტის მატებით). საქართველოს კლიმატის გათვალისწინებით ეს მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რადგან მაღალი ტემპერატურების დროს ჩვენთან საფარი განიცდის ძვრის დეფორმაციებს რაც საბოლოო ჯამში იწვევს სისწორის მნიშვნელოვან გაუარესებას. მარშალის მეთოდით კვლევებმა გვაჩვენა, რომ პოლიმერების გამოყენება 43%-ით ამცირებს ასფალტბეტონის ნარევის დენადობას და 69-79%-ით ზრდის სტაბილურობას, რაც უზრუნველყოფს ძვრისადმი მედეგობის ამაღლებას.

ამრიგად დასტურდება რომ პოლიმერიული დანამატების გამოყენებით გაუმჯობესებდება საგზაო ფენილის საექსპლუატაციო თვისებები(მაჩვენებლები) როგორებიცაა სიმტკიცე, სისწორე, ხორკლიანობა და ცვეთამდეგობა.

სამუშაოს აპრობაცია: დისერტაციაში წარმოდგენილი მასალები მოხსენებულია სტუ-ს სტუდენტთა 79-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე,, მაისი, 2011 წელი.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში:

- „საავტომობილო გზების დიაგნოსტიკის თანამედროვე სისტემები“ - თ.პაპუაშვილი, ზ.მელაძე, დ.დემეტრაშვილი, პ.ნადირაშვილი, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ N2(24), თბილისი 2012 წ;
- „ასფალტბეტონის პოლიეთილენით მოდიფიცირება“ თ.პაპუაშვილი, ზ.მელაძე, პ.ნადირაშვილი, თ.მექანარიშვილი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ N1(26), თბილისი 2013 წ;
- „საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტურობის დამოკიდებულება საგზაო საფარის სისწორეზე“ ზ.მელაძე, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N1(28), თბილისი 2013 წ;
- „საგზაო ბიტუმების მოდიფიცირება პოლიმერული დანამატების გამოყენებით“ თ.პაპუაშვილი, ზ.მელაძე, პ.ნადირაშვილი, თ.მექანარიშვილი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N1(28), თბილისი 2013 წ;

Abstract

Actuality of the work: The necessity of road construction around the world caused the growth of demand on bitumen and on other components of oil. It should be pointed out, that the technologies of distilling oil are being developed and improved, useful components are distilled from oil and the quality of the waste material or the bitumen is growing worse.

Ordinary material of the road construction has been ensuring a satisfactory quality for years.

Nowadays permanently increasing loads and the need of reliable and strong roads revealed the flaws of the ordinary bitumen. In practice these flaws are reflected in the following:

- High thermal sensitivity (during the high temperature it is becoming softer and during the low temperature it is becoming stiffer);
- Bad mechanical properties and low elasticity;
- Inclination towards aging.

As the quality of bitumen becomes worse, physical-mechanical properties of asphalt-concrete made on its basis becomes worse as well. Worsening of these properties causes aggravation of exploitation data of the road surface.

Proceeding from these circumstances, the investigations for improving the quality of and properties of bitumen is already underway. These investigations revealed that the polymers are decreasing sensitivity of bitumen towards the temperature fluctuation, increases cohesive strength of cohesive material, thermal resistance and elasticity, improves their properties on low temperatures. All of the abovementioned contributes to the improvement of asphalt-concrete properties.

Development of the production of asphalt-concrete modified by polymer material represents one of the prospective directions for increasing asphalt-concrete surface quality and terms and validity of exploitation

Using polymer material will ensure a possibility for us to improve physical-mechanical properties of asphalt-concrete: to increase the strength, stability on deformation (shear strength) tearing strength, freezing resistance, waterproof properties, cracking strength and etc.

Target of the scientific work is the following: investigation and approval of the asphalt-concrete based on the polymer additives for the purposes of improving the exploitation properties of road pavements, namely, on the basis of the secondary polyethylene as well as improving physical-mechanical properties of asphalt-concrete on the basis of terpolymers.

For the purposes of achieving the mentioned target the following tasks are given for the solution:

- Investigation of the impact on physical-mechanical properties of bitumen of the additives (secondary polyethylene and terpolymer);
- Theoretical-experimental investigation of the physical-mechanical properties of asphalt-concrete based on the bitumen modified by polymer material and based on the local stone material;

- Experimental research for the assessment of shear strength of the modifies asphalt-concrete using the Marshal Method;
- Investigation of the value of cohesion between the asphalt-concrete layers. Experimental investigation of the possibility of increasing cohesion force using polymer bitumen;
- Creation of the mathematical model for the prognostication of the physical-mechanical properties of asphalt-concrete considering different quantities of polymer.

Ecological effectiveness: polyethylene is one of the most widely spread material from the polymers (so called plastic material). Nowadays the subject of its utilization is very active. Polyethylene waste material is not dissolved for a long time (the period of their dissolving may last to 1000 years). There is no polyethylene recycling in Georgia and so the waste material causes a big harm to the environment and aggravated the ecological conditions.

This problem could be solved by secondary recycling of the polymer. Different production is prepared using polymer and using polymer it is possible to modify asphalt-concrete mixture.

In the developed countries there is an active process underway for improving the quality of asphalt-concrete using polymer. Investigation of the improvement of physical-mechanical properties of asphalt-concrete using polyolefines represents one of the prospective directions. As results of the investigations show using of polyolephine (to which polyethylene belongs) ensures an evident effect. These polymer material and bitumen are compatible and exploitation properties of bitumen can be improved by mixing them with bitumen.

Economic effectiveness: for the assessment of the effectiveness of the vehicles the time discharge is used, which is necessary for the transportation of the passengers or for the transportation of cargos. The time discharge directly depends on the traffic speed.

The traffic speed from its side depends on the following factors: condition of the road cover, straightness and the quality of cohesion. One of the main reasons of slowing down the traffic speed is worsening of the smoothness of road surface.

Effectiveness of the vehicles depends on the self-value of the transportation. By reducing average speed self-value of transportation is increased, especially on the speeds less than 40 km/h.

Condition of the traffic road greatly influences the cost of the vehicle fuel moving on the road. Besides, along with the worsening of the smoothness of road the more speed the more fuel cost.

According to the data of the European Development and Reconstruction Bank, the condition of roads influences effectiveness of the operation of vehicles. So, without a significant improvement of the technical quality of the exploitation conditions of the existed roads, it is impossible to solve the task of increasing operational effectiveness of vehicles.

Using polymer additives it is possible to improve the properties of asphalt-concrete surface. The mixture of polymer-asphalt-concrete has better values of

shear strength if compared with ordinary mixture. This condition obstructs development of shear deformation and worsening of smoothness on the road surface. Improving the quality of smoothness will ensure significant economic effect while transporting the passengers and cargo.

Improvement of the exploitation data of asphalt-concrete will prolong the period in-between repairing works and this will ensure road maintenance expenses, which from its side will give us a significant economical relief.

It should be pointed out, that nowadays very high price of polymer represents a main cause why the use of bitumen improved with polymer additives is not widely spread in the road construction.

Reduction of financial expenses will be possible with complex modification of different class polymer, when expensive and cheaper modification agents can be used. The price of the secondary polyethylene is lower than the price of the initial polymer and using it is possible to modify asphalt-concrete mixtures.

Modification with the secondary polyethylene will significantly cheapen the modified bitumen and accordingly polymer-asphalt-concrete made on its basis.

Scientific innovation

- The possibility of obtaining asphalt-concrete modified with polymer material (secondary polyethylene and terpolymers) having better exploitation data have been experimentally approved;
- The possibility of increasing shear strength of asphalt-concrete containing polymer additives has been proved using the Marshal test method;
- The possibility of increasing cohesion strength between the layers of asphalt-concrete has been experimentally proved;
- A mathematical model has been elaborated, according to which it is possible to prognosticate physical-mechanical values of asphalt-concrete mixture according to the percentage composition of polymer additives in the bitumen.

The practical value of the works is the following:

- Usage of the secondary polymer will decrease the price of the asphalt-concrete with polymer additives;
- Usage of the secondary polymer will decrease the possibility of spreading the secondary polymer in the environment that will improve ecological conditions of the environment;
- The elaborated mathematical model can be used for the prognostication of the experimental results, which will enable us to reduce the number of physical experiments significantly.