

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მამუკა სულამანიძე

ასფალტბეტონის საფარის საცვეთ ფენებში რეოლოგიური თვისებების
გაუმჯობესების მეთოდური ღონისძიებების დამუშავება

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა
ხელოვნური ნაგებობები

შიფრი: 0406

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

ივლისი, 2017 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით მამუკა სულამანიძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: **ასფალტბეტონის საფარის საცვეთ ფენებში რეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მეთოდური ღონისძიებების დამუშავება** და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

თარიღი: 5 ივლისი, 2017 წელი

ხელმძღვანელი: ასოც. პროფესორი თენგიზ პაპუაშვილი

რეცენზენტი: პროფესორი ალექსი ბურდულაძე

რეცენზენტი: ტ.მ.კ. ზურაბ ცომაია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მამუკა სულამანიძე

ასფალტბეტონის საფარის საცვეთ ფენებში რეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მეთოდური ღონისძიებების დამუშავება

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტი

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

5 ივლისი, 2017 წელი

„ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების სადისერტაციო ნაშრომის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტს“.

„ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე. ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე ვიღებ პასუხისმგებლობას“.

ავტორის ხელმოწერა -----

რეზიუმე

განვითარებული საგზაო ინფრასტრუქტურა ნებისმიერი ქვეყნის ეკონომიკური ძლიერების საწინდარია, მით უმეტეს მას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ისეთი მთავორიანი ქვეყნისათვის, როგორც საქართველოა. გასათვალისწინებელია საქართველოს გეოგრაფიული ადგილმდებარეობა და მისი მნიშვნელობა საერთაშორისო გადაზიდვების ტვირთბრუნვის საკითხებში. საქართველო ხომ იმ უძველეს სატრანსპორტო გზაჯვარედინზე მდებარეობს, რომელიც წარსულში აკავშირებდა და დღესაც აკავშირებს ჩრდილოეთისა და სამხრეთის, დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ქვეყნებს. სწორედ მასზე გადიოდა ევროპა-აზიის დამაკავშირებელი საქარავნო გზა, რომელიც ისტორიულად მოიხსენიება, როგორც „აბრემუმის გზა“.

ბოლო ხანებში, სატრანსპორტო დატვირთვების მნიშვნელოვნად მომატებასთან დაკავშირებით გაიზარდა ტექნოგენური ზემოქმედება საავტომობილო გზებზე. ეს ყველაფერი გამომდინარეობს იქიდან, რომ ხშირია მარილების და მჟავების ურთიერთქმედების შედეგად ატმოსფერული ნალექების და ამასთანავე დაბინძურებული ატმოსფეროს აგრესიული ზემოქმედება. შესამჩნევი გახდა ბუნებრივი და კლიმატური ცვლილებები. გახშირდა ტემპერატურული ვარდნები. ზოგადად 70% საავტომობილო გზებს ესაჭიროებათ გაუმჯობესება, იმიტომ, რომ ავტოტრანსპორტის რიცხვი და მათი ღერძული დატვირთვები საფარზე მნიშვნელოვნად გაზრდილია ძველ ნორმატივებთან შედარებით და აღწევს 10-13ტ. ამ ფაქტორების ზემოქმედების, აგრეთვე ზემოთხსენებული მიზეზების ერთობლიობის შედეგად ხდება საავტომობილო გზის საფარის გაძლიერებული ნგრევა.

ასფალტბეტონი საგზაო საფარებისათვის იწარმოება ნავთობის ბიტუმის საფუძველზე, რომელიც არის შემკვრელი. გამოშვებული ბიტუმების უმეტესი ნაწილი თავისი თვისებების გამო ვეღარ უძლებს შეცვლილ და რთულ საექსპლუატაციო პირობებს, მეორეს მხრივ ნავთობის ბიტუმები თავისი ბუნებიდან გამომდინარე ვერ უზრუნველყოფენ ასფალტბეტონის გზის საფარის საჭირო სიმტკიცეს და ითხოვენ პრინციპულად ახალ მიდგომებს, ანუ თვისებების გაუმჯობესებას.

ნორმატიულ დოკუმენტაციებში საგზაო ბიტუმებზე და სხვა ერთგვაროვან შემკვრელებზე ტემპერატურული დამოკიდებულება მის რეოლოგიურ თვისებებზე ნიშანდობლივია ორი ფაქტორით, მსხვრევაზე და წელვაზე ტემპერატურებით. გასაგებია, რაც უფრო ნაკლებია ტემპერატურა მსხვრევის და მაღალია წელვის, ე.ი. რაც უფრო ფართოა ტემპერატურის ინტერვალი ანუ შემკვრელის პლასტიკურობა მით უფრო უკეთესია შემკვრელი. ამის შემდეგ შემკვრელს დეფორმაციების მიმართ უნდა მივანიჭოთ სიმტკიცის თვისებები.

შემკვრელების ყველა დეფორმაციული მაჩვენებელი დამოკიდებულია მის ბლანტ-დრეკად თვისებებზე, სიმტკიცეზე და

ჩაჭიდების ძალაზე სხვაგვაროვან ზედაპირთან ე.ი. მის ადჰეზიასა და კოჰეზიაზე. ამ ქიმიურ-სტრუქტურული თვისებებიდან გამომდინარეობს ზუსტად ის თვისებები, როგორცაა გარემოს აგრესიული ზემოქმედებისადმი გამძლეობა, რომელიც ხანგრძლივია კონსტრუქციაში. ადჰეზია-შემკვრელის უმნიშვნელოვანესი თვისებაა, უნარი წინააღმდეგობა გაუწიოს გარე ფაქტორებს ისე, რომ არ დაირღვეს ერთიანობა და მთლიანობა სხვადასხვაგვაროვანი მასალების შეჭიდების საზღვარზე და ჩვენი აზრით ეს პარამეტრი განსაზღვრავს ფაქტიურად კონსტრუქციებში მასალების სამსახურის ხანგრძლივობას.

ასფალტბეტონში არსებობს სიდიდე, რომელიც უფლებას გვაძლევს ზუსტად დავახასიათოთ შემკვრელის ინტეგრალურ ადჰეზიური თვისებები, ესაა ასფალტბეტონის წყალგაუმტარობა. მაღალი ხარისხის ასფალტბეტონში წყალგაუმტარობის სიდიდე სტანდარტებში არის 0,95 რაც ახლანდელი ბიტუმების პრაქტიკაში იშვიათად და ძნელად თუ მიიღწევა. შესაბამისად, რაც უფრო მეტია ეს სიდიდე, ე.ი. წყალგაუმტარობა, მით უფრო მეტია შემკვრელის სამსახურის ხანგრძლივობა.

შემკვრელ მასალებზე სეზონური ტემპერატურების ცვლილებები უშუალოდ ზემოქმედებას ახდენენ -30° $+60^{\circ}$ C ფარგლებში და ასეთივე პირობებში ხდება მათი ექსპლუატაცია.

ბიტუმის თვისებების გასაუმჯობესებლად მასში უნდა შევიყვანოთ ტიპიური ელასტომერები.

პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთი პერსპექტიული მიმართულებაა - უფრო ხარისხიანი მასალების გამოყენება და ამ მიმართულებით ჩატარებული სამუშაოებისათვის ხელის შეწყობა. რა თქმა უნდა ასეთი მასალები უფრო ძვირია, მაგრამ რეალურად რემონტთაშორისო ვადების და ხანმედევობის გაზრდას მივყავართ იქითკენ, რომ ამას მოაქვს უმნიშვნელოვანესი ხარჯების ეკონომია.

ეკონომიურ ეფექტს განაპირობებს:

- საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტურობის შესაფასებლად გამოიყენება დროის ხარჯი, რომელიც საჭიროა მგზავრების გადასაყვანად, ან ტვირთების გადასაზიდად. დროის ეს ხარჯი კი უშუალოდ დამოკიდებულია მოძრაობის სიჩქარეზე. 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.
- მნიშვნელოვნად გაიზრდება საგზაო საფარების მომსახურების და რემონტთაშორისი ვადები, რაც იძლევა შემადგენელი მასალების

მნიშვნელოვან ეკონომიას, როგორც სამოსის მოწყობის საწყის ეტაპზე, ასევე მის საექსპლუატაციო პერიოდში.

ეკოლოგიურ ეფექტს განაპირობებს:

- სხვადასხვა სახის პოლიმერების დასამზადებლად ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული მასალაა პოლიეთილენი. 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 ნარევების მოდიფიცირება.
- გამომდინარე იქიდან, რომ არ ხდება ბიტუმინერალური ნარევების და სხვა ინერტული მასალების ხშირად გამოყენების აუცილებლობა (საფარების გაზრდილი საექსპლუატაციო ვადების საფუძველზე), მნიშვნელოვნად შემცირდება გარემოს დაბინძურების პროცესი, რადგანაც ნავთობპროდუქტები ეკოლოგიურად საკმაოდ მავნე პროდუქტს წარმოადგენს, ხოლო ინერტული მასალების მოპოვება თავის მხრივ აზიანებს ბუნებრივ ფაქტორებს.
- გარდა ამისა, ხდება წარმოების პროცესებისათვის განკუთვნილი ნავთობპროდუქტების და ენერგო რესურსების მნიშვნელოვანი დანაზოგი.

ყოველივე ზემოთქმული საკითხები დეტალურად განხილულია სადისერტაციო ნაშრომში, რაც განსაზღვრავს მის აქტუალობას.

დისერტაციის მიზანი:

- საქართველოს საგზაო დარგში გამოყენებული ბლანტი ბიტუმების მოდიფიცირება და მათი რეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესება.
- ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის მნიშვნელობის კვლევა. პოლიმერბიტუმის გამოყენებით შეჭიდულობის ძალის გაზრდის შესაძლებლობის ექსპერიმენტული კვლევა;
- საგზაო საფარების რღვევის გამომწვევი მიზეზების დადგენა და მათი გაანალიზება
- თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე ორგანული და მინერალური შემკვრელებით დამუშავებული საფარის კონსტრუქციული ფენების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების ამაღლება.

სამეცნიერო სიახლე:

- ექსპერიმენტულად იქნა დამტკიცებული პოლიმერული მასალით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის ნარევის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების ამაღლების შესაძლებლობა.
- ჩვენს მიერ დასაბუთებულ იქნა საგზაო საფარის საცვეთი ფენის თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- ექსპერიმენტების საფუძველზე სამშენებლო და საპროექტო ორგანიზაციებისათვის დამუშავებულია, ასფალტბეტონის საფარის საცვეთ ფენებში გამოყენებული შემკვრელი მასალების რეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების საკითხები.
- შემუშავებულია ნავთობის ბიტუმის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების ამაღლების მეთოდური ღონისძიებები, სხვადასხვა სახის მოდიფიკატორების გამოყენებით, რაც მთლიანობაში განაპირობებს საცვეთი კონსტრუქციული ფენის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესებას.

Abstract

Developed road infrastructure is a bases for economic strength of any state, and it is more crucial for the mountainous countries like Georgia. Geographic location of Georgia and its importance for international commodity trafficking is a factor of considerable interest. It is widely acknowledged that Georgia is situated on the oldest transport crossroad connecting countries from the north and south, as well from the west and east. One of the sections of the historical “Silk road” or the ancient network of trade routes passes through Georgian territory.

Current considerable increase in traffic loads causes augmented technogenic impact on motor roads. All this ensues from the continues interaction of salts and acids provoking aggressive impacts by polluted air and atmospheric precipitates. Nature and climatic changes have become vivid. Temperature fall is frequent. Generally speaking, about 70% of motor roads needs improving, since the number of vehicles and axle loads on pavement surface is considerably higher now than it was in older normatives, reaching 10-13t. The pertinent factors and abovementioned causes jointly aggravate the motor road pavement conditions resulting in intense disintegration.

Asphalt concrete for road pavement needs is manufactured on the bases of oil bitumen that represents a binder. The major part of the manufactured bitumen do not match altered and complex operational conditions, on the other hand, the oil bitumen by its nature cannot provide for required strength of asphalt concrete pavement and call for totally new approaches for improving their properties.

The temperature dependence on the rheological properties of road bitumen and other homogenous binders in normative documents must be taken into consideration because of two factors, that is the crush and tension temperatures. It is clear that the less is the temperature of crush, the higher is tension, i.e. temperature interval or binder plasticity determines the better quality of binder. After this the binder should be equipped with resistance to strain.

All strain properties of binders depend on its viscous-resilient properties, strength and cohesion force on different surfaces, i.e. adhesion and cohesion. These chemical and physical properties determine exactly such properties as resistance to aggressive impact from environment that takes place in any structure. Adhesion is the most important property of binder, or ability to resist the external factors without disintegrating on the various material cohesion edges. We think that actually it is this parameter that determines the durability and service life of material in structures.

Asphalt concrete bears the value that enables for precise characterization of integral adhesive properties of binders, it is the water-resistance of asphalt concrete. Standard value of water-resistance in high quality asphalt concrete is 0,95 that is rarely achieved in currently used bitumen. Correspondingly, the higher is the water-resistance the longer is the service life of the binder.

Seasonal temperature changes immediately impact binder materials, it concerns - 30° + 60°C under the same conditions they are under operation.

In order to improve the bitumen properties the typical elastomers must be mixed with bitumen.

One of the promising practices to solve the problem is using the material with higher quality and promote the work in this direction. No doubt the mentioned materials are relatively costly, but the prolongation of inter-repair time and workability result in considerable economy of funds

Economical effectiveness is determined by the following:

- For assessing the motor vehicle operation efficiency the time consumption values are used that is required for passenger or commodity trafficking. The latter or time duration directly depends on traffic speed. Efficiency of vehicle operations are characterized by cost price of trafficking. Diminishing of average speed results in sharp increase in traffic cost price, especially for speed less than 40km/h. The operational condition of the road pavement largely impacts the fuel consumption. In condition of worsened roughness the more speed - the higher the fuel consumption.
- Maintenance and inter-repair time duration of road pavement will be considerably increased resulting in serious economy in content material both at the stage of pavement construction and operational period.

Ecological effect is determined by the following:

- Polyethylene is the most used ingredient for manufacturing of various type polymer. The utilization of polyethylene is the topical subject around the world. Polyethylene residues are not biodegradable (decay period might reach 1000 years). Recycling of polyethylene is impossible in Georgia and it negatively impacts environment and aggravate ecological condition. The problem could be solved by polyethylene recycling, secondary polyethylene is possible to use for manufacturing of various products even modifying the asphalt concrete mixes.
- Since there is no necessity of frequent use of bitumen-mineral mixes and other inert material (because of increased operational life of road pavements), the environmental pollution will be considerably diminished, as the oil products are ecologically aggressive and obtain of inert materials damage nature.
- Besides, it is positive by considerable economy of oil products and power resources required for production processes.

All abovementioned subjects are elaborated in detail in dissertation work.

Purpose of dissertation:

- Modification of viscous bitumen used in road field in Georgia, by increasing their rheological properties.
- Research related to importance of force of cohesion between asphalt concrete layers. Experimental survey of possibility of increase in cohesion by using polymer bitumen;
- Establishing causes provoking road pavement disintegration, with further analyzing;
- Improving physical-mechanical properties of structural layers of road pavement processed with organic and mineral binders on the bases of theoretical and experimental research.

Scientific innovation:

- Experimentally confirmed possibility of improving operational properties of asphalt concrete mixes modified by polymer material.
- We substantiated the methods for improving the properties of road pavement wearing courses.

Practical value of the work:

- On the basis of experiments, the construction and design organizations have been developed, as well as the improvement of the relational properties of the spindle materials used in the layers of asphalt concrete.
- Methodological measures for enhancing the physical-mechanical characteristics of the oil bitumen have been developed, using different modifiers, which in turn contributes to the improvement of the productive layer of the constructive layer.

შინაარსი

შესავალი -----	16
1. ლიტერატურის მიმოხილვა-----	24
1.1. რეოლოგიის ძირითადი ცნებები და რეოლოგიური გამოცდის მეთოდები -----	24
1.2. ასფალტბეტონის ძვრისადმი მედეგობა -----	28
1.3. ასფალტბეტონის ფენებს შორის კავშირის გავლენა ფენილში დაზიანებების განვითარებაზე -----	33
1.4. ბიტუმების მოდიფიცირება კათიონური ტიპის ადჰეზიური დანამატით -----	41
1.5 ასფალტბეტონის ფენილებში ზოგიერთი თანამედროვე სტანდარტების გამოყენების შედეგები -----	46
2. კვლევის შედეგები და მათი განსჯა -----	55
2.1. ასფალტბეტონის საფარის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების ამალგა საგზაო ბიტუმის ხარისხის გაუმჯობესების გზით -----	55
2.2. პოლიმერბიტუმები და მათი მიღების მეთოდები -----	67
2.2.1. ტექნოლოგიური პროცესის არჩევა პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მომზადების დროს -----	74
2.3. მოდიფიცირებული ბიტუმის ქვის მასალასთან მიკვრა და პოლარობა -----	80
2.4. დანამატების გავლენა ბიტუმის თვისებებზე -----	87
2.5. ბლანტი საგზაო ბიტუმების რეოლოგიური თვისებები -----	92
2.6. მოდიფიცირებული ბიტუმების რეოლოგიური თვისებები ----	114
2.7. მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების ცვეთის კვლევა -----	127
2.8. ექსპლუატაციის რეალურ პირობებში ასფალტბეტონის საფარების დაღლილობითი ხანმედეგობის შეფასება -----	135
2.9. ასფალტბეტონის კომპოზიტური მასალების სტრუქტურების მათემატიკური მოდელირების საფუძვლები -----	140
3.დასკვნა -----	147
გამოყენებული ლიტერატურა -----	149

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1.	ასფალტის შემკვრელის გამოცდის შედეგები 25°C-ზე ----	63
ცხრილი 2.	ასფალტის შემკვრელის გამოცდის შედეგები 2°C-ზე -----	63
ცხრილი 3.	ასფალტის შემკვრელების ნიმუშთა სიმტკიცის მახასიათებლები -----	65
ცხრილი 4.	ასფალტის შემკვრელების ნიმუშთა გამოცდის შედეგები დალილობაზე -----	65
ცხრილი 5.	სხვადასხვა შემადგენლობის ასფალტის შემკვრელის ნიმუშთა დანგრევის ენერგია -----	66
ცხრილი 6.	პენეტრაციის ინდექსის ცვალებადობა ბიტუმის მარკის მიხედვით -----	113
ცხრილი 7.	შემკვრელთა თვისებები რეოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით -----	126
ცხრილი 8.	მოცურების წინალობის მაჩვენებლები მშრალ და სველ ზედაპირზე -----	131

ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1.	მრუდები რომელთა საფუძველზე მიიღება ბიტუმებისა და სხვა დრეკადბლანტპლასტიკური ნივთიერებების რეოლოგიური მახასიათებლები -----	26
ნახაზი 2.	ძვრაზე გამოცდის სქემები -----	30
ნახაზი 3.	დაძაბულობები მასალის ძვრის სიბრტყეში -----	31
ნახაზი 4.	შიგა ხახუნის კუთხის დამოკიდებულება ნარევეში ღორღის შემცველობაზე -----	36
ნახაზი 5.	შეჭიდულობის დამოკიდებულება ნარევეში ღორღის შემცველობაზე -----	36
ნახაზი 6.	ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის გასაზომი მოწყობილობა -----	40
ნახაზი 7.	შემკვრელის როლი საგზაო სამოსების ძირითადი დეფექტების ჩამოყალიბებაში -----	47
ნახაზი 8.	გაფართოებული LAS-ტესტი: დანგრევამდე ციკლების რაოდენობის დამოკიდებულება გამოცდის ტემპერატურაზე 2.5%-იანი დეფორმაციის დროს -----	53
ნახაზი 9.	გაფართოებული LAS-ტესტი: დანგრევამდე ციკლების რაოდენობის დამოკიდებულება გამოცდის ტემპერატურაზე 5%-იანი დეფორმაციის დროს -----	54
ნახაზი 10.	ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების მოლეკულების ორიენტაცია ზედაპირულ შრეზე -----	81
ნახაზი 11.	მყარი სხეულის დასველება სითხით -----	82
ნახაზი 12.	გაჭიმვისას სიმტკიცის დამოკიდებულება გარსის სისქეზე	91
ნახაზი 13.	ვაკუუმური ვისკოზიმეტრი -----	104
ნახაზი 14.	ვისკოზიმეტრი Zeitfuchs -----	105
ნახაზი 15.	კინემატიკური სიბლანტის ცვლილება სხვადასხვა მარკის საგზაო ნავთობბიტუმებისათვის -----	106
ნახაზი 16.	დინამიკური სიბლანტის ცვლილება სხვადასხვა მარკის საგზაო ნავთობბიტუმებისათვის -----	106
ნახაზი 17.	ბიტუმის წელვადობის ტემპერატურის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით -----	108
ნახაზი 18.	ბიტუმის დარბილების ტემპერატურის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით -----	108

ნახაზი 19.	ბიტუმის სიმყიფის ტემპერატურის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით -----	109
ნახაზი 20.	ბიტუმის დინამიკური სიბლანტის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით -----	110
ნახაზი 21.	ბიტუმის კინემატიკური სიბლანტის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით -----	110
ნახაზი 22.	პენეტრაციის ინდექსის ცვლილება ბიტუმის მარკის მიხედვით -----	111
ნახაზი 23.	БИТРЭЖ და SRMB ძვრის სიმტკიცის მრუდები -----	118
ნახაზი 24.	БИТРЭЖ და SRMB შემკვრელების ძვრის მრუდები -----	122
ნახაზი 25.	ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელებისათვის Альфабит-60, Альфабит-90 და БНД-60/90 -----	123
ნახაზი 26.	ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელებისათვის ПБВ-40, ПБВ-40 №4 და ПБВ-40 М7 -----	124
ნახაზი 27.	ძვრის მრუდები შემკვრელებისათვის ПБВ-40, ПБВ-40 №4 და ПБВ-40 М7 -----	125
ნახაზი 28.	ცვეთამედეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ბიტუმის რაოდენობაზე -----	132
ნახაზი 29.	ცვეთამედეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ბ/ფ-ს რაოდენობაზე -----	132
ნახაზი 30.	ცვეთამედეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ღორღის რაოდენობაზე -----	133
ნახაზი 31.	ცვეთამედეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ბ/ფ-ს თანაფარდობაზე -----	134
ნახაზი 32.	კომპოზიტური მასალის სტრუქტურის სქემატური გამოსახულება „შემავსებელი-შემაკავშირებელი მატრიცა“ შემავსებლის განსხვავებული მოცულობითი კონცენტრაციით.	143

მადლიერება

მადლიერება მინდა გამოვხატო შპს „საქგზამეცნიერება“-ს გენერალური დირექტორის ბატონ თამაზ შილაკაძის მიმართ, ბატონმა თამაზმა მთლიანად დააფინანსა ჩემი დოქტორანტურაში სწავლების ხარჯები, საჭიროების შემთხვევაში უყოყმანოდ მგზავნიდა მივლინებაში საჭირო მასალების მოსაძიებლად და დისერტაციაზე მუშაობის პერიოდში ექსპერიმენტალური კვლევები მიმდინარეობდა ამავე ორგანიზაციის ლაბორატორიაში. არასდროს არ ვყოფილვარ დროში შეზღუდული და აღმომიჩინა ყოველგვარი დახმარება რათა დროულად დამესრულებინა სადისერტაციო ნაშრომი.

მადლიერება მინდა გამოვხატო აგრეთვე შპს „საქგზამეცნიერება“-ს გენერალური დირექტორის მოადგილის, ინსტიტუტის სწავლური მდივნის ბატონ რამინ ძნელაძის მიმართ, იგი დოქტორანტურაში სწავლის პერიოდში უყოყმანოდ მიწევდა კონსულტაციას ჩემთვის საინტერესო საკითხებზე, მაწვდიდა კვლევისათვის საჭირო მასალებს და მისი დახმარებით ვეცნობოდი საგზაო დარგში დაგროვებულ ინოვაციებსა და ახალ მიდგომებს, დიდი დახმარება გამიწია სადისერტაციო ნაშრომის გაფორმებაში.

შესავალი

ნაშრომის აქტუალობა: თანამედროვე საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის ძირითად განმსაზღვრელ ნაწილს წარმოადგენს საგზაო საფარის ხარისხი. იგი არსებით ზეგავლენას ახდენს ისეთ მახასიათებლებზე, როგორცაა: მოძრაობის სიჩქარე, უსაფრთხოება, ეკოლოგიური მდგომარეობა და სხვა.

საქართველოს საავტომობილო გზების ქსელის ძირითადი ნაწილი დაფარულია ასფალტბეტონის საფარით. აღნიშნული საფარი ხასიათდება ისეთი მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლებით, როგორცაა: სიმტკიცე, მდგრადობა, სისწორე და სხვა მაღალი საექსპლუატაციო მაჩვენებლები.

ამავდროულად მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის ფაქტი, რომ ბოლო წლებში საავტომობილო ტრანსპორტის რაოდენობის ინტენსიურმა ზრდამ პარალელურად დააჩქარა საგზაო საფარების ცვეთის პროცესი, რის შედეგადაც დღის წესრიგში დადგა ასფალტბეტონის ფენილების გაუმჯობესების საკითხის შესწავლა, შემდგომში მისი საექსპლუატაციო თვისებების ამაღლების პერსპექტივით.

მრავალწლიანმა გამოცდილებამ ცხადყო, რომ ასფალტბეტონის ბუნება საკმაოდ რთულია და მისი საგზაო-სამშენებლო თვისებების შესწავლა მოითხოვს ცოდნას ტექნიკის დიდ დიაპაზონში, თუმცა თუ გავითვალისწინებთ, ისეთი მეცნიერებების მიღწევებს როგორცაა: სამშენებლო მექანიკა, ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკა, ორგანული ქიმია, ტექნიკის უახლესი დარგი-ავტომატიკა და სხვა, ჩვენს წინ დასმული პრობლემატიური საკითხი შეიძლება უმარტივესად გადაწყდეს უახლოეს მომავალში. ამასვე უნდა დავუმატოთ, რომ გამოცდილების ფართო ურთიერთ გაცვლა ევროპის განვითარებულ ქვეყნებთან ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ასფალტბეტონის საფარის ხარისხის ამაღლებასა და პრაქტიკულ სრულყოფაში.

ჩვენი ქვეყნის საავტომობილო გზების ქსელზე დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ ასფალტბეტონის საფარის დიდი ნაწილი სრულად აკმაყოფილებს მოქმედ სამშენებლო-ტექნიკურ მოთხოვნებს, ისინი სავსებით ნორმალურად განიცდიან ექსპლუატაციას და სრულად აკმაყოფილებენ სამსახურის ვადებს, თუმცა ამ საფარების მნიშვნელოვანი ნაწილი დროზე ადრე გამოდის მწყობრიდან. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ერთი და იგივე ასფალტბეტონს (შემადგენელი კომპონენტების მიხედვით) სხვადასხვა კლიმატური პირობების დროს შეუძლია აჩვენოს მუშაობის სხვადასხვა ვადა. აღნიშნული საფარის მუშაობის ხანგამძლეობაზე აგრეთვე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ადგილმდებარეობის ტიპი.

საქართველოს ნებისმიერი რეგიონი მდიდარია მაღალი ხარისხის საგზაო-სამშენებლო ქვის მასალებით, მათი ლაბორატორიული შესწავლისა და გამოცდის საფუძველზე ხდება გამოყენების სფეროს დადგენა, მაღალი ხარისხობრივი მაჩვენებლების წყალობით მათი გამოყენება შეიძლება, როგორც საგზაო სამოსის საფუძვლის ფენებში, ისე საფარის ფენებშიც, საქართველო მდიდარია კირქვებით, რომლის საფუძველზეც შეიძლება დამზადებული იქნას წვრილი შემავსებელი „ვილერი“.

სამწუხაროდ უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში არ იწარმოება ორგანული შემკვრელი საგზაო ბიტუმები, ისინი წარმოადგენს ჩვენი ქვეყნისათვის დეფიციტურ მასალას და შესაბამისად ბიტუმების დაზოგვის კუთხით გადადგმული ნებისმიერი სულ მცირე ნაბიჯიც კი მნიშვნელოვანია.

სადისერტაციო ნაშრომის აქტუალობა იმაში მდგომარეობს, რომ მოხდეს ორგანული შემკვრელის ბიტუმების მოდიფიცირებული ფორმების შესწავლა და კვლევა სხვადასხვა სახის დანამატების გამოყენებით, რომლის მეშვეობითაც მიიღწევა ასფალტბეტონის საცვეთ ფენებში გამოყენებული მასალის რეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესება, რომელიც დადებითად იმოქმედებს ხარისხობრივ მაჩვენებელზე და დამატებით მოგვცემს

საშუალებას დავზოგოთ საქართველოსათვის მეტად დეფიციტური მასალა ბიტუმი.

დღევანდელი პრაქტიკული რეალობიდან გამომდინარე საგზაო სამოსების დაზიანების გაბატონებულ ნაირსახეობას წარმოადგენს საფარის ზედაპირული რღვევა. ასეთი სიტუაცია ერთის მხრივ შეიძლება გამოწვეული იყოს საფარიდან ინერტული მასალების „ღორღის მარცვლების“ ამოგლეჯის შემთხვევაში, რასაც მივყავართ ორმოების ფორმირებამდე, ხოლო მეორეს მხრივ შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს ზედაპირულ დეფორმაციებს, რაც წარმოშობს ე.წ. „ზედაპირულ ტალღებს“. ეს უკანასკნელი კი უმეტესწილად თავს იჩენს მაღალქანობიან გზებზე, ცხელი კლიმატური პირობების დროს. იოლი მისახვედრია, რომ ორივე შემთხვევაში საქმე გვაქვს შემკვრელი ბიტუმინერალური მასალების არასრულფასოვან საექსპლუატაციო მაჩვენებლებთან, რომელიც ვერ უზრუნველყოფს მასზე დაკისრებულ მოვალეობის შესრულებას. შედეგად ირღვევა სამოსის შემადგენელი კონსტრუქციული ფენის რეოლოგიური თვისებები, რომელიც მთლიანობაში გადამწყვეტ როლს თამაშობს საფარის საიმედოობის ხარისხისა და საექსპლუატაციო ვადების უზრუნველყოფაში.

ასფალტბეტონისა და სხვა სახის საგზაო საფარების ზედაპირული რღვევა - ცვეთა რთული პროცესია, რომლის აღწერაც და განსაზღვრაც არ ექვემდებარება ზუსტ ანალიზურ ასახვას. მიზანშეწონილია მისი განხილვა, როგორც საგზაო ფენილის დამოუკიდებელ პარამეტრთა კომპლექსისა და მის კომპონენტთა ექსპერიმენტული განხილვა.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ჩემს მიერ წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი მიემდვნა არსებული ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაციის კრიტიკული გადასინჯვის საკითხის დაყენებას და ბიტუმინერალური ნარევებით მომზადებული საგზაო საფარების ექსპლუატაციის პირობების ანალიზის საფუძველზე სპეციალური ტექნიკური პირობების შემუშავებას.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე დასაბუთებული იქნას ნავთობბიტუმის ის ნაკლოვანებანი, რომელიც გამოიხატება მაღალი თერმული მგრძობიარობისადმი და დაძველებისადმი მიდრეკილებაში. აღნიშნული ფაქტორის კვალდაკვალ მოვახდინოთ მისი მოდიფიკაცია პოლიმერული დანამატების მეშვეობით, რაც თავის მხრივ შესაძლებელს გახდის ავამაღლოთ მისი საექსპლუატაციო მაჩვენებლები.

ხსენებული მეთოდით გაუმჯობესებული შემკვრელი მასალა საშუალებას მოგვცემს გავაუმჯობესოთ ასფალტბეტონის მთელი რიგი ფიზიკო-მექანიკური თვისებები: გავზარდოთ სიმტკიცე, დეფორმაციული მდგრადობა (ძვრისადმი მედეგობა), ცვეთამედეგობა, ყინვაგამძლეობა, წყალმედეგობა, ბზარმედეგობა და სხვა.

კვლევის მიზანია აგრეთვე ასფალტბეტონის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესების საკითხები, კლიმატური თვალსაზრისით განსხვავებულ რეგიონებში მათი გამოყენების მიზანშეწონილობის შეფასება, რათა მასალის მომზადება და დაგების ტემპერატურული რეჟიმების დადგენით გათვალისწინებული იქნას ადგილობრივი კლიმატური პირობები, რომლებიც გვკარნახობენ ამა თუ იმ ტიპის ასფალტბეტონებისა და მათი მოდიფიკაციების გამოყენებას.

კვლევის შედეგების პრაქტიკულ ასპექტში გადატანა მეტად საჭირო საკითხია, ასფალტბეტონის ნარევის მომზადების საკითხი ტემპერატურული რეჟიმების მკაცრი დაცვითა და საჭირო დანამატების მკაცრი დოზირების პირობებში მეტად ფაქიზი სამუშაოა და დანამატის ნაკლებობა და ზედმეტობაც არსებით გავლენას ახდენს ნარევის ხარისხზე, გარდა ამისა განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ტექნოლოგიური პროცესების მკაცრად დაცვის საკითხებს.

კარგად შერჩეული დანამატები, მკაცრად შერჩეული დოზები და მორგებული ტემპერატურული რეჟიმები უზრუნველყოფენ მაღალი

ხარისხის მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების ნარეგების მომზადებას და შესაბამისად ორგანული შემკვრელი მასალის მნიშვნელოვან ეკონომიას.

ხსენებული რეცეპტით მომზადებული ასფალტბეტონის ნარეგის პრაქტიკაში დანერგვა მოგვცემს, როგორც ეკონომიკურ ეფექტს, ასევე მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ეკოლოგიურ პირობებს

ეკონომიურ ეფექტს განაპირობებს:

- საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტურობის შესაფასებლად გამოიყენება დროის ხარჯი, რომელიც საჭიროა მგზავრების გადასაყვანად, ან ტვირთების გადასაზიდად. დროის ეს ხარჯი კი უშუალოდ დამოკიდებულია მოძრაობის სიჩქარეზე. 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.
- მნიშვნელოვნად გაიზრდება საგზაო საფარების მომსახურების და რემონტთაშორისი ვადები, რაც იძლევა შემადგენელი მასალების მნიშვნელოვან ეკონომიას, როგორც სამოსის მოწყობის საწყის ეტაპზე, ასევე მის საექსპლუატაციო პერიოდში.

ეკოლოგიურ ეფექტს განაპირობებს:

- სხვადასხვა სახის პოლიმერების დასამზადებლად ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული მასალაა პოლიეთილენი. 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 ნარევების მოდიფიცირება.

- გამომდინარე იქიდან, რომ არ ხდება ბიტუმინერალური ნარევების და სხვა ინერტული მასალების ხშირად გამოყენების აუცილებლობა (საფარების გაზრდილი საექსპლუატაციო ვადების საფუძველზე), მნიშვნელოვნად შემცირდება გარემოს დაბინძურების პროცესი, რადგანაც ნავთობპროდუქტები ეკოლოგიურად საკმაოდ მავნე პროდუქტს წარმოადგენს, ხოლო ინერტული მასალების მოპოვება თავის მხრივ აზიანებს ბუნებრივ ფაქტორებს.
- გარდა ამისა, ხდება წარმოების პროცესებისათვის განკუთვნილი ნავთობპროდუქტების და ენერგო რესურსების მნიშვნელოვანი დანაზოგი.

ყოველივე ზემოთქმული საკითხები დეტალურად განხილულია სადისერტაციო ნაშრომში, რაც განსაზღვრავს მის აქტუალობას.

კვლევის ობიექტი:

- ასფალტბეტონის საფარის საცვეთ ფენაში გამოყენებული მოდიფიცირებული ნარევები.

დისერტაციის მიზანი:

- საქართველოს საგზაო დარგში გამოყენებული ბლანტი ბიტუმების მოდიფიცირება და მათი რეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესება.
- ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის მნიშვნელობის კვლევა. პოლიმერბიტუმის გამოყენებით შეჭიდულობის ძალის გაზრდის შესაძლებლობის ექსპერიმენტული კვლევა;
- საგზაო საფარების რღვევის გამომწვევი მიზეზების დადგენა და მათი გაანალიზება.
- თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე ორგანული და მინერალური შემკვრელებით დამუშავებული საფარის კონსტრუქციული ფენების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების ამაღლება.

სამეცნიერო სიახლე:

- ექსპერიმენტულად იქნა დამტკიცებული პოლიმერული მასალით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის ნარევის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების ამაღლების შესაძლებლობა.
- ჩვენს მიერ დასაბუთებულ იქნა საგზაო საფარის საცვეთი ფენის თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- ექსპერიმენტების საფუძველზე სამშენებლო და საპროექტო ორგანიზაციებისათვის დამუშავებულია, ასფალტბეტონის საფარის საცვეთ ფენებში გამოყენებული შემკვრელი მასალების რეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების საკითხები.
- შემუშავებულია ნავთობის ბიტუმის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების ამაღლების მეთოდური ღონისძიებები,

სხვადასხვა სახის მოდიფიკატორების გამოყენებით, რაც მთლიანობაში განაპირობებს საცვეთი კონსტრუქციული ფენის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესებას.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავალის, ორი თავის, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომი წარმოდგენილია 150 ნაბეჭდ გვერდზე, იგი შეიცავს 32 ნახაზს და 8 ცხრილს.

ნაშრომის აპრობაცია:

დისერტაციის მასალები მოხსენებულ იქნა:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 83-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, თბილისი 2015.
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 84-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, თბილისი 2016.

პუბლიკაციები:

სადისერტაციო ნაშრომის თემატიკასთან დაკავშირებით გამოქვეყნებულია 5 სტატია, საქართველოში აკრედიტირებულ რეფერირებულ ჟურნალებში.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. რეოლოგიის ძირითადი ცნებები და რეოლოგიური გამოცდის მეთოდები

საქართველოში ასფალტბეტონის წარმოების საკითხების გამოკვლევა დაიწყო გასული საუკუნის პირველ ნახევარში და მოყოლებული ამ თარიღიდან დღემდე, ტიპური საზღვარგარეთული რეცეპტების ნაცვლად იყო შექმნილი სამამულო მეცნიერება ასფალტბეტონის შესახებ. თუმცა კიდევ ბევრია გასაკეთებელი იმისათვის, რომ ამაღლდეს ასფალტბეტონის წარმოების კულტურა და პრაქტიკული სრულყოფა ჰპოვოს ისეთი სამშენებლო მასალის მსგავსად, როგორცაა ცემენტბეტონი და სხვა სრულყოფილი სამშენებლო მასალები.

ბიტუმები საგზაო მშენებლობაში გამოიყენება: სხვადასხვა ტიპის ასფალტბეტონების და ბიტუმმინერალური ნარევების დასამზადებლად, ზედაპირული დამუშავებისათვის, გაჟღენთვის მეთოდით საფარის კონსტრუქციული ფენების მოსაწყობად და სხვა. ბიტუმის გამოყენებით დამზადებული კონსტრუქციებისა და მათი შემადგენელი ნაწილების თვისებების დასახასიათებლად არ არის საკმარისი კლასიკური დრეკადობის ჰუკის თეორიის გამოყენება. ზუსტად ასევე არ არის საკმარისი ბიტუმების ბლანტი თვისებების დასახასიათებლად ჰიდროდინამიკის გამოყენება რომლის საშუალებითაც ხდება იდეალური სითხეების დენადობის აღწერა. ბიტუმები ბლანტ-დრეკად მასალებს განეკუთვნება, რომლებიც სხვადასხვა კონსტრუქციებში მუშაობისას განიცდიან როგორც შექცევად (დრეკად), ასევე შეუქცევად (პლასტიურ) დეფორმაციებს. ბიტუმის დეფორმაციული თვისებების შესასწავლად საჭიროა რეოლოგიის მეცნიერების მეთოდების გამოყენება.

რეოლოგია არის მეცნიერება - დატვირთვების ზემოქმედებით სხეულების დეფორმაციისა და დენადობის შესახებ. ეს მეცნიერება ბოლო პერიოდში ფართოდ გავრცელდა, რადგან არსებობს მეცნიერების და მკვლევარების ინტერესი იმ მასალებისადმი, რომლებსაც

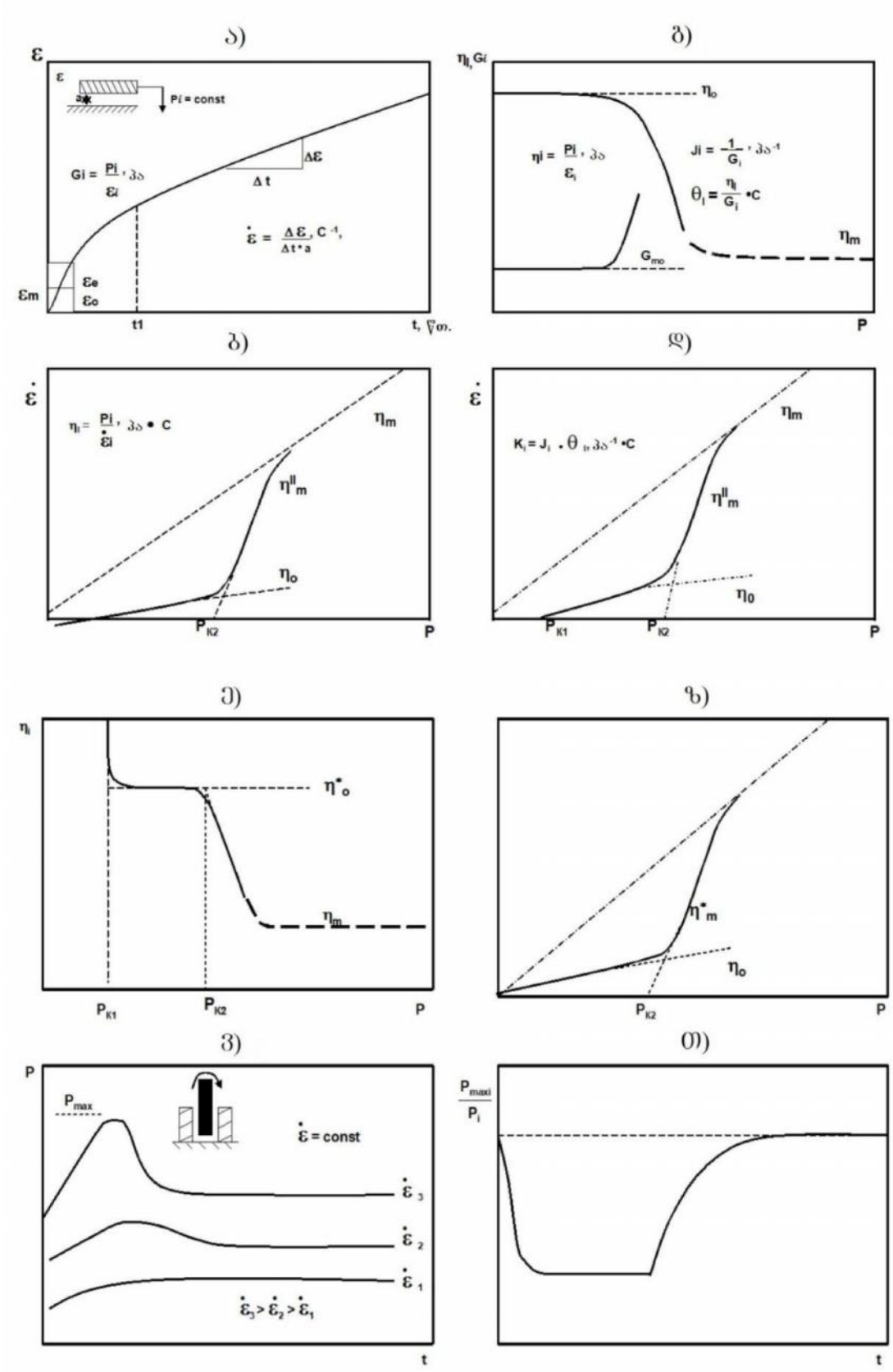
აქვთ ბლანტ-დრეკადი თვისებები. ეს მასალები არ არის სრულად დრეკადი(ეს თვისება ახასიათებს მყარ სხეულებს) და არც - ბლანტი (როგორც სითხეებია). ამის გარდა ეს დაკავშირებულია წინასწარ განსაზღვრული მექანიკური თვისებების მქონე ხელოვნური მასალების მიღებასთან.

დატვირთვის შედეგად მყარ (დრეკად) სხეულში წარმოქმნილი დეფორმაციები მთლიანად შექცევადია (დრეკადია) ანუ მყისიერად ქრება დატვირთვის მოხსნის შემდეგ[6].

ბიტუმები წარმოადგენს დისპერსიულ სისტემებს, რომელთა სტრუქტურა კოაგულაციურია. ბიტუმი შედგება ნავთობის მაღალმოლეკულური განსხვავებული ნაერთების ნარევებისაგან.

ბიტუმები შეიძლება იყოს როგორც ნარჩენი, აგრეთვე დაჟანგული. ბიტუმები განეკუთვნება კოლოიდურ დისპერსიებს. ტემპერატურის მიხედვით ისინი შესაძლებელია მიეკუთვნოს მყარ სხეულებს(დაბალი ტემპერატურების დროს) და სითხეებს(მაღალ ტემპერატურაზე). ეს განაპირობებს ბიტუმების თვისებებისა და სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესების შესწავლის სირთულეს. ბიტუმები გაუმჭვირვალეა, მათგან წარმოქმნილი თხელი აფსკებიც კი ინარჩუნებს ამ თვისებას.

ბიტუმების გამოკვლევა ხდება სტრუქტურული რეოლოგიის მეთოდით, რომელიც დამუშავებულია აკადემიკოს პ.ა. რეზინდერის მიერ, ამასთან საჭიროების შემთხვევაში გამოიყენება მოდელირების პრინციპი. რეოლოგია ეს არის მეცნიერება დენადობის შესახებ. ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია მრუდები, რომელთა საფუძველზე მიიღება ბიტუმებისა და სხვა დრეკადბლანტ-პლასტიკური ნივთიერებების რეოლოგიური მახასიათებლები.



ნახ. 1. მრუდები რომელთა საფუძველზე მიიღება ბიტუმებისა და სხვა დრეკადბლანტპლასტიკური ნივთიერებების რეოლოგიური მახასიათებლები.

ნახ. 1^ა-ზე მოცემული სქემიდან ჩანს რომ, უბრალო ძვრაზე გამოცდის დროს, P ძვრის მუდმივი დაძაბულობის პირობებში ვლებულობთ ცოცვადობის მრუდს. გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ, ამ მრუდზე ხდება ცოცვადობის მუდმივი სიჩქარის $V=\Delta\varepsilon/\Delta t$ მქონე უბნის ფორმირება. ცოცვადობის სიჩქარისა და ბიტუმის α ფენის სისქის განაყოფი, საშუალებას იძლევა გამოითვალოს ძვრის სიჩქარის გრადიენტი $\varepsilon=V/\alpha$. ამასთან იგულისხმება, რომ ძვრის სიჩქარე ფენის სისქის პირდაპირ პროპორციულად იცვლება.

მცირე და განსაკუთრებით მცირე ε -ის მნიშვნელობებისას (როგორც წესი 10^{-6} წმ⁻¹-ზე ნაკლები) ბიტუმებისათვის შეინიშნება P ძვრის დაძაბულობაზე რეოლოგიური მახასიათებლების მნიშვნელობების დამოუკიდებლობის არე (i და G_{mi}). ამგვარად ვლებულობთ ინვარიანტულ, ანუ დეფორმაციის პირობებზე დამოუკიდებელ მაჩვენებლებს, რომლებიც ახასიათებენ მასალის რეალურ სიბლანტესა და G_{m0} დრეკადობას.

ეს პარამეტრები და მათი წარმოებულები შესაძლებელია ფიზიკურად დაფუძნებულად ჩაითვალოს, რადგან ისინი არ არიან დამოკიდებული დეფორმაციის პირობებზე. ამავე დროს, როგორც i და G_{mi} - პირობითი მახასიათებლები და აგრეთვე მათი წარმოებულები შესაძლებელია გამოყენებული იქნას, დეფორმაციის ერთნაირი რეჟიმების დროს მასალების შედარებისას[7].

ინვარიანტულ რეოლოგიურ მახასიათებლებს განეკუთვნება: ნიუტონის უდიდესი სიბლანტე , დრეკადობის ინვარიანტული მოდულები: მდგრადი G_m , ელასტიური G_m , პირობითად მყისიერი G_m , მოქნილობა J_m , დაძაბულობის რელაქსაციის პერიოდი m_0 , ელასტიურობის მაჩვენებელი , დენადობის სტატიკური ზღვარი 1 , დენადობის დინამიური ზღვარი 2 , უმცირესი პლასტიური სიბლანტე $*_m$ ან m ნიუტონის უმცირესი სიბლანტე, სტრუქტურის რღვევის ხარისხი $\Psi= / *_m$.

არაინვარიანტულ რეოლოგიურ მახასიათებლებს განეკუთვნება ეფექტური სიბლანტე i , მოდული Gm_i და ყველა მათი წარმოებული, აგრეთვე ბიტუმის თვისებების მაჩვენებლები: პენეტრაცია, დარბილების ტემპერატურა(ბურთისა და რგოლის მეთოდით), დუქტილუბა და სიმციფის ტემპერატურა (ფრაასის მეთოდის მიხედვით).

როგორც ჩანს რეოლოგიური მახასიათებლების მიხედვით შესაძლებელია ბიტუმების და მათ საფუძველზე დამზადებული კომპოზიციების თვისებების: სიბლანტე, სიმტკიცე, დრეკადობა, ელასტიურობა, პლასტიურობა და ბზარმედეგობის შეფასება, მაგრამ ამ მახასიათებლების მიხედვით აგრეთვე შესაძლებელია: სტრუქტურის ჩამოყალიბების პროცესების გამოკვლევა, სტრუქტურის ჩამოყალიბების კრიტიკული კონცენტრაციის დადგენა და დისპერსიული სტრუქტურის პარამეტრების გამოთვლა.

1.2. ასფალტბეტონის ძვრისადმი მედეგობა

დღესდღეისობით დამუშავებულია ასფალტბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციული მახასიათებლების ექსპერიმენტული კვლევის მრავალი მიმართულება, მიუხედავად ამისა ჯერჯერობით არ არსებობს ასფალტბეტონის ძვრისადმი მედეგობის შეფასების ერთიანი მეთოდი, აპარატურა და ნორმატიული მაჩვენებლები.

ძველი საბჭოთა ნორმებით ძვრისადმი მედეგობის მაჩვენებლად მიჩნეულია ნიმუშის კუმშვის სიმტკიცის ზღვარი 50°C -ზე, დეფორმირების სიჩქარით 3მმ/წთ .

გამოცდის მეთოდიკის მიხედვით ГОСТ 12801-98 ასფალტბეტონის ნიმუშს აჩერებენ წყლის აბაზანაში ერთი საათის განმავლობაში. შემდეგ მას ათავსებენ წნეხში და განსაზღვრავენ მაქსიმალურ მრღვევ ძალას. ამის შემდეგ ხდება სიმტკიცის ზღვრის გამოთვლა, რომელიც არ უნდა იყოს ასფალტბეტონის მარკის ნორმატიულ მნიშვნელობაზე ნაკლები[8].

როგორც უკვე ავლინებთ დაუშვებელია სიმტკიცის მაჩვენებლის გამოყენება მასალის დეფორმაციულ მახასიათებლად. ნიმუშის თავისუფალ კუმშვაზე გამოცდა რღვევამდე, სრულებით არ ასახავს ასფალტბეტონის რეალურ მუშაობას საგზაო საფარში(როგორც დამაბულ-დეფორმაციული მდგომარეობის ასევე დატვირთვების მოდების ხასიათის თვალსაზრისით).

ეგრეთწოდებული „ბრაზილიური“ მეთოდი გულისხმობს h -სიმაღლისა და d -დიამეტრის მქონე ცილინდრული ნიმუშის გამოცდას მსახველობის გასწვრივ კუმშვაზე. ნიმუშის რღვევას იწვევს გამჭიმავი დამაბულობები რომლებიც დიამეტრალურ ვერტიკალურ სიბრტყეში მოქმედებს. სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვის დროს პირობითად განისაზღვრება როგორც მრღვევი დატვირთვისა P და ნიმუშის გვერდითი ზედაპირის ფართობის ნახევრის შეფარდება:

$$R_o = 2P / f dh$$

ასფალტბეტონის ძვრისადმი მედეგობას მიახლოებით განსაზღვრავენ პლასტიკურობის მაჩვენებლით[9]:

$$R = \lg(R_1^{50} / R_2^{50}) / \lg(\epsilon_1 / \epsilon_2)$$

სადაც R_1^{50} და R_2^{50} - არის 50°C -ზე სიმტკიცის ზღვრები კუმშვაზე, ϵ_1 და ϵ_2 არის დეფორმაციის ძლიერ განსხვავებული სიჩქარეები.

როდესაც $R < 0.10$, $R < 0.15 \dots 0.24$ და $R > 0.25$ ასფალტბეტონი ითვლება შესაბამისად არაპლასტიკურად, ნორმალური პლასტიკურობის მქონედ და პლასტიკურად.

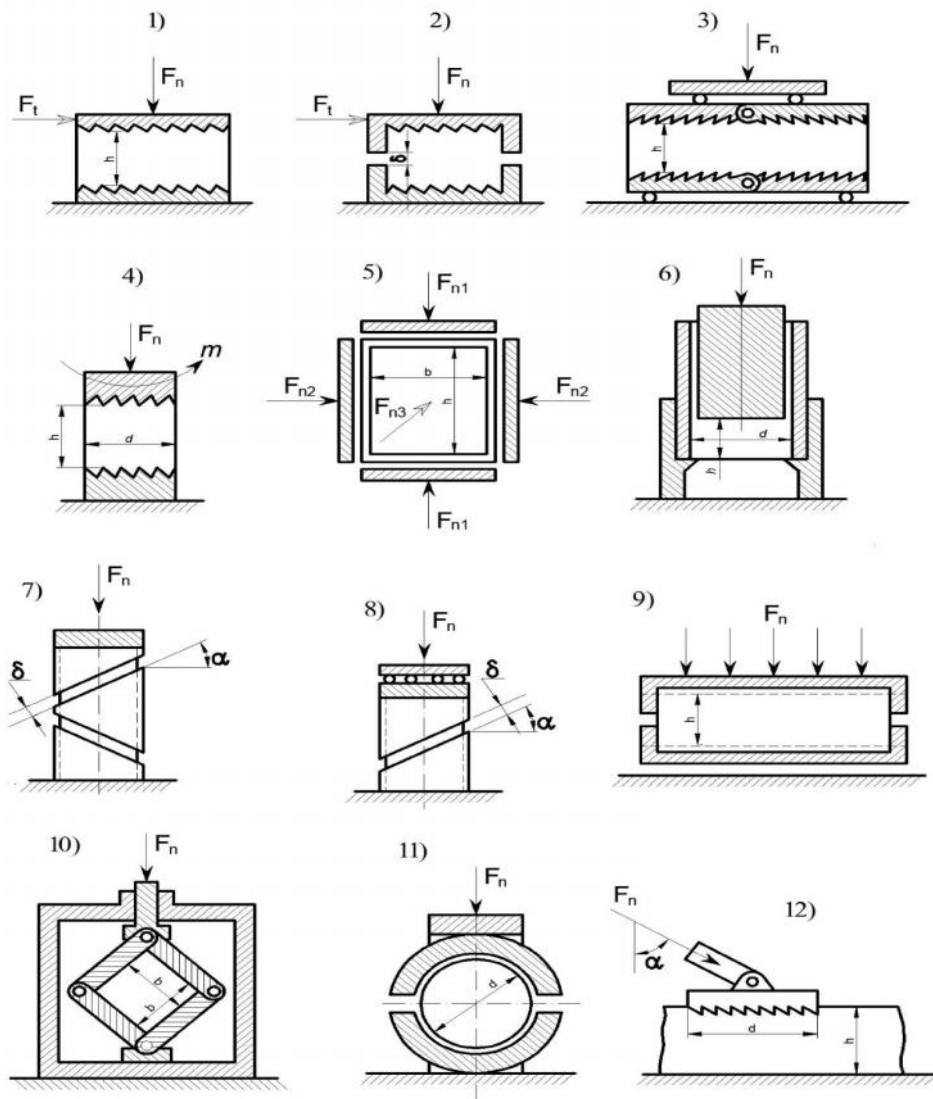
ცნობილია სხმული ასფალტბეტონის დეფორმაციული მდგრადობის შეფასების მეთოდიკა შტამპის ჩამირვის(შედწევის) სიღრმის მიხედვით განსაზღვრული დატვირთვის დროს[10]. ამ მეთოდის მიხედვით 100მმ დიამეტრის და 50მმ სიმაღლის მქონე ცილინდრულ ნიმუშზე 40°C -ზე ხდება შტამპის(დიამეტრი შეადგენს 25.2მმ-ს) მუდმივი 52.5 N დატვირთვით ზემოქმედება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ჩამოთვლილი მეთოდები არ ითვალისწინებს საფარის დეფორმირების რეალურ პირობებს და გამოსადეგია მხოლოდ

შედარებითი ანალიზისათვის, ამასთან არა მასალის ძვრისადმი მედეგობის არამედ სიმტკიცისათვის პლასტიკურობასთან შეთავსებით.

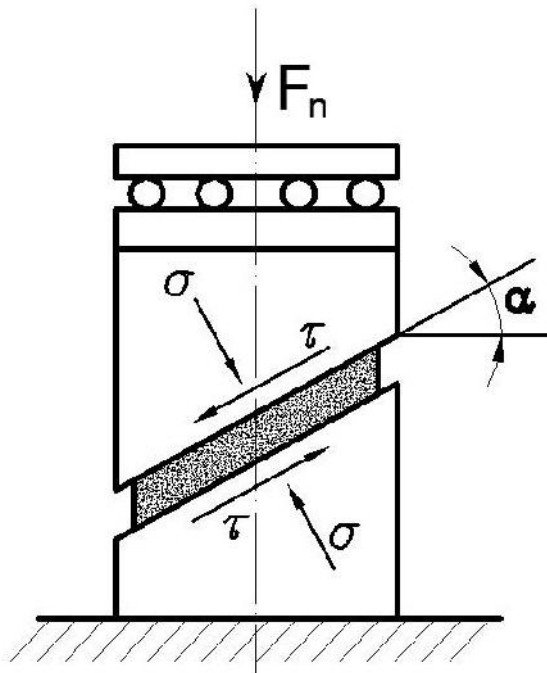
როგორც აღინიშნა ერთი ღერძის გასწვრივ ნიშნის კუმშვის მეთოდებთან შედარებით ბევრად უკეთესია ძვრაზე გამოცდა, რომლის ძირითადი სქემები მოცემულია ნახ.2-ზე.

ძვრისადმი მედეგობის შესაფასებლად რეკომენდირებულია გამოცდის შემდეგი მეთოდების გამოყენება: განსაზღვრული სისქის ფენის ძვრაზე გამოცდა წინასწარ დაფიქსირებული სიბრტყის გასწვრივ; გამოცდა ძვრაზე სამღერძიანი კუმშვის დროს; აგრეთვე ძვრაზე საფარში შტამპის ჩაპრესვისას და მარშალის მეთოდი.



ნახ. 2. ძვრაზე გამოცდის სქემები

ვერტიკალური დატვირთვის ზემოქმედების დროს ჩვეულებრივ ძვრა ხდება დახრილი სიბრტყის გასწვრივ, სადაც მოქმედებს ნორმალური და მხები დამაბულობები. ეს ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე სქემისათვის №8(ნახ. 2), მაგრამ სამღერძიანი კუმშვისა და შტამპის ჩაპრესვის დროს დრეკადპლასტიკური ამოცანებისათვის დამაბული მდგომარეობის შეფასება შესაძლებელია მხოლოდ ძალიან დაბალი სიზუსტით.



ნახ. 3. დამაბულობები მასალის ძვრის სიბრტყეში

გამოცდის სქემების შერჩევასა მთავარი მოთხოვნებია: გამოცდის ჩატარება საფარის მუშაობის რეალურ პირობებთან მაქსიმალურად მიახლოებით და ექსპერიმენტის ჩატარების სიმარტივე. აგრეთვე გასათვალისწინებელია ძვრის ფენის სისქის h შეფარდება მარცვლის მაქსიმალურ ზომასთან d_{max} . ექსპერიმენტი შეიძლება ჩაითვალოს სარწმუნოდ იმ პირობით თუ $h > 5d_{max}$.

ძვრისადმი მედეგობაზე ცალკეული ფაქტორების გავლენის შესაფასებლად რეკომენდირებულია გამოყენებულ იქნას გამარტივებული სქემები 3, 7-10, ამასთან მე-8 და მე-9 სქემები - წვრილმარცვლოვანი ნარეგებისთვის და მე-3 სქემა - მსხვილმარცვლოვანისთვის[11].

გასათვალისწინებელია, რომ საფარის ძვრის პროცესი შედგება სამი ფაზისგან: პირველი ფაზის დროს საფარში ხდება დრეკადი დეფორმაციები; მეორე ფაზის დროს გარკვეულ წერტილებში - პლასტიკური ძვრის დეფორმაციების გაჩენა და მესამე ფაზის დროს - დეფორმაციების პროგრესირებადი განვითარება. ზღვრული მდგომარეობა დაკავშირებულია მეორე ფაზის მესამეში გადასვლასთან.

დაწვრილებით განვიხილოთ ნახ. 3-ზე ნაჩვენები ეს სქემა.

ცდისთვის საჭირო ნიმუშების დამზადება(შემკვრივება) ხდება მარშალის ჩაქურჩე. ნიმუში თავსდება ლითონის ცილინდრულ ფორმაში, შემდეგ ფორმა თავსდება მოწყობილობაზე რომელიც ახდენს სიმალიდან ვარდნადი ტვირთის(ჩაქურჩის) დარტყმით ნიმუშის შემკვრივებას. 50 დარტყმის შემდეგ ვაბრუნებთ ლითონის ცილინდრს ნიმუშით და კვლავ ვახდენთ მის შემკვრივებას მეორე მხრიდან 50 დარტყმით.

ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდას ვატარებთ „tecnotest“-ის ფირმის უნივერსალურ წნეხზე მარშალის მოწყობილობით.

გამოცდის წინ ასფალტბეტონის ნიმუშს ვათავსებთ ერთი საათით წყლის აბაზანაში, მასში წყლის ტემპერატურა არის 60°C. აღნიშნული დროის გასვლის შემდეგ ნიმუში ამოგვაქვს წყლიდან, ვათავსებთ მას წნეხზე დამაგრებულ მარშალის მოწყობილობაში და ვრთავთ წნეხს. მოწყობილობა აწვება ასფალტბეტონის ნიმუშს და იწვევს მის დარღვევას. ნიმუშის დარღვევის მომენტში ხდება დენადობისა და სტაბილურობის მნიშვნელობების დაფიქსირება. უნივერსალური წნეხი იმართება კომპიუტერში ჩაწერილი სპეციალური პროგრამის საშუალებით, მასში წინასწან შეგვყავს თითოეული ნიმუშის სიმაღლე. ცდით ხდება დენადობის და სტაბილურობის განსაზღვრა სამ ნიმუშზე. პროგრამის საშუალებით ხდება მონაცემების გრაფიკულად გამოხაზვა და შემდეგ ამობეჭდება.

სტაბილურობის მაჩვენებლად P მიიღება მაქსიმალური მრღვევი ძალა, ხოლო პლასტიკურობის პირობით მაჩვენებლად Z მიიღება დეფორმაციის მაჩვენებელი, რომელიც ფიქსირდება ნიმუშის რღვევის

მომენტში. მარშალის ცდის მიხედვით გამოითვლება მესამე პარამეტრი - პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი A , რომელიც იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$A=10P/z$$

ძვრისადმი მედეგობა ნაწილობრივ ხასიათდება პირობითი პლასტიკურობით Z , ანუ ეგრეთწოდებული დენადობით მარშალის მიხედვით, მაგრამ დენადობა არის ძვრისადმი მედეგობის მიახლოებითი მაჩვენებელი, რადგან არ ითვალისწინებს საფარზე მოქმედი დატვირთვების ციკლურობას.

1.3. ასფალტბეტონის ფენებს შორის კავშირის გავლენა ფენილში დაზიანებების განვითარებაზე

საგზაო სამოსზე ტრანსპორტის მოძრაობისგან გამოწვეული დინამიური დატვირთვის აღქმის თვალსაზრისით განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია საფარის ზედა და ქვედა ფენები, ამასთან მათი შეხების ზონაში ძვრის დატვირთვები აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობებს.

ასფალტბეტონების 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 ციკლურობამ შესაძლებელია გამოიწვიოს ამ ფენების რხევები საწინააღმდეგო ფაზებში, რაც იწვევს ფენების ერთმანეთისაგან განცალკევებას და აჩქარებს საფარის დაშლას.

როდესაც ასფალტბეტონის ზედა და ქვედა ფენას შორის შეჭიდულობის ძალა მაღალია, მაშინ ზედა ფენაზე მოქმედი მხები ძალებისგან წარმოქმნილი ძაბვების გადანაწილება უკეთესად ხდება ასფალტბეტონის ქვედა ფენაზე, ხოლო ქვედა მსხვილმარცვლოვანი ფენა დეფორმაციებისადმი უფრო მედეგია ვიდრე ზედა. თუ ფენებს შორის

შეჭიდულობის ძალა დაბალია ან საერთოდ არ არსებობს მაშინ ასფალტბეტონის ზედა ფენა ფაქტიურად მარტო განიცდის მხეხი ძალებისგან გამოწვეულ დატვირთვებს და ხდება მისი წაცურება ქვედა ფენასთან შეხების ზედაპირზე რაც შემდგომში იწვევს ძვრის დეფორმაციების წარმოქმნას. ამის გამო საფარის ზედაპირი იტალღება და უარესდება სისწორე. ცუდი კავშირის დროს შესაძლებელია ზედა ფენამ იმდენად წაინაცვლოს ქვედა ფენასთან მიმართებით, რომ მოხდეს მისი მთლიანობის დარღვევა(ფაქტიურად მოხდეს ფენის გაწყვეტა) და მოხდეს ქვედა ფენის გამოჩენა.

ამ პრობლემების გადაწყვეტა შესაძლებელია ფენებს შორის საკმარისი შეჭიდულობის უზრუნველყოფით, რაც განაპირობებს ფენების წინააღმდეგობას ძვრისა და განცალკევებისადმი.

ძვრამდეგობის ზღვარი დამოკიდებულია ორ პარამეტრზე: შეჭიდულობის სიმტკიცესა და შიგა ხახუნის კუთხეზე. ამ პარამეტრების თანაბრობისას შეჭიდულობა განისაზღვრება შემკვრელის ტიპისა და რაოდენობის მიხედვით, ასევე ასფალტბეტონის სტრუქტურის თავისებურებებით, ძირითადად მისი დისპერსიულობით. ასფალტბეტონის ნარევი მცირე ფრაქციების გაზრდით იზრდება კოაგულაციური კონტაქტები და შესაბამისად შეჭიდულობა. შემკვრელის სიბლანტისა და რაოდენობის ზრდა გარკვეულ რაოდენობამდე ასევე ზრდის შეჭიდულობას.

ასფალტბეტონის სტრუქტურის გავლენა შეჭიდულობაზე, გარკვეულწილად შეესაბამება მის გავლენას კუმშვის წინააღმდეგობაზე. ეს განპირობებულია ასფალტბეტონის რღვევის პროცესების თანხვედრით კუმშვასა და ძვრაზე, რომლებიც დამოკიდებულია შეჭიდულობაზე.

სტრუქტურის გავლენა შიგა ხახუნის კუთხეზე უფრო რთული მოვლენაა. ერთი შეხედვით კოაგულაციური ტიპის სტრუქტურის განვითარება-შემკვრელის რაოდენობის გაზრდა და მისი სიბლანტის შემცირება ხელს უწყობს მინერალური ნაწილაკების ერთმანეთში შერევას,

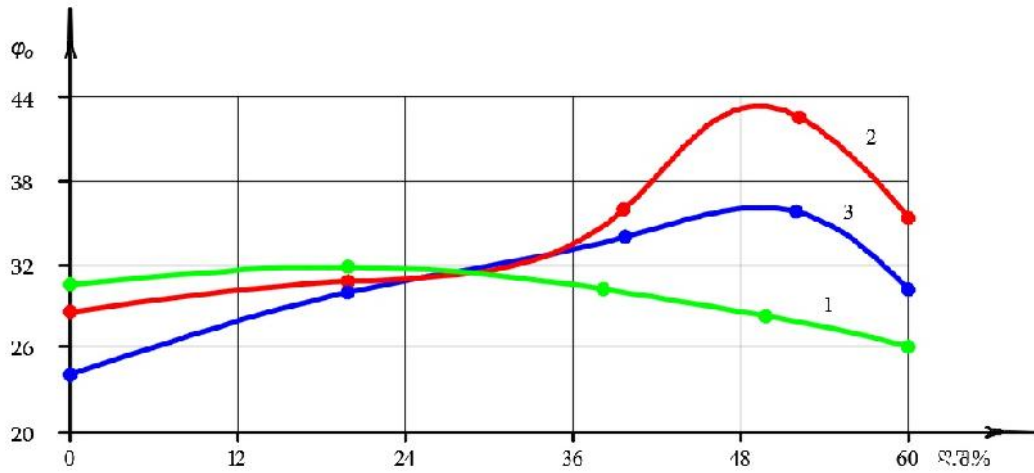
ამავე დროს ნარევში ფრაქციის გაზრდა ხელს უწყობს შიგა ხახუნის კუთხის ზრდას.

ამრიგად კოაგულაციური სტრუქტურის განვითარება ხელს უწყობს ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო პროცესის წარმოქმნას-შეჭიდულობის ძალის ზრდას და შიგა ხახუნის კუთხის შემცირებას. ასფალტბეტონებში ღორღის რაოდენობის ზრდა ხელს უწყობს შიგა ხახუნის კუთხის ზრდას მაგრამ ამავე დროს მცირდება შეჭიდულობის ძალა.

რადგანაც ძვრამედგობა დამოკიდებულია როგორც შეჭიდულობის ძალაზე ასევე შიგა ხახუნის კუთხეზე საჭიროა შეირჩეს ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობა. ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობა, რომელსაც შეესაბამება შიგა ხახუნის მაქსიმალური მნიშვნელობა, ხელს უწყობს აფსკის წარმოქმნას, რომელსაც გააჩნია მნიშვნელოვანი შიგა ხახუნი. ბიტუმის რაოდენობის გაზრდა ოპტიმალურზე მეტი რაოდენობით ხელს უწყობს ნარევში თავისუფალი ბიტუმის წარმოქმნას. ამავე დროს მცირდება შემკვრელის სიმტკიცე და ფენების დეფორმაციებისადმი მდგრადობა, რომლებზეც ძვრისას ხდება მსხვილი ფრაქციის დაცურება, იკლებს სიმტკიცე ჭიმვაზე, შესაბამისად იკლებს შიგა ხახუნის ძალა.

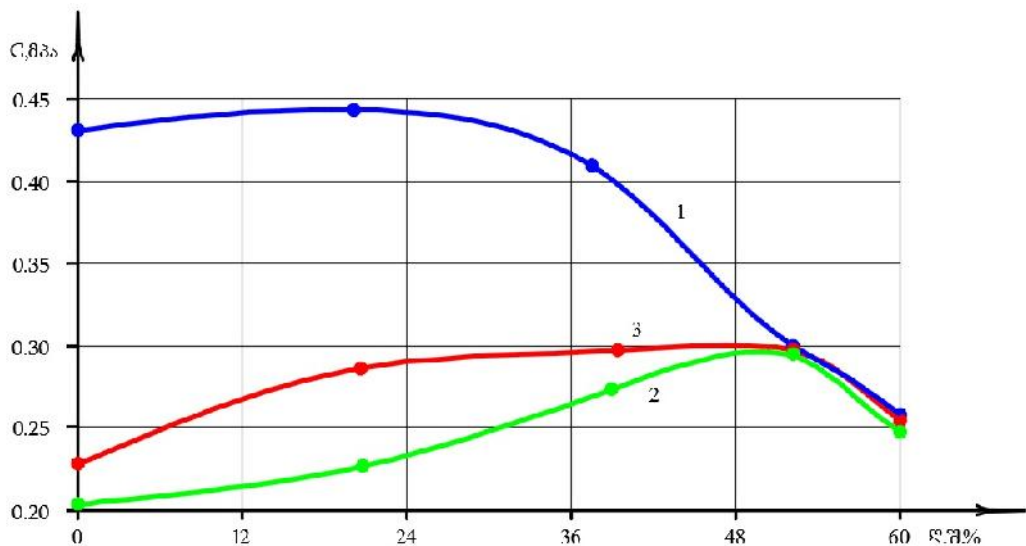
ღორღის რაოდენობის ზრდა ასფალტბეტონში იწვევს ორ ურთიერთსაპირისპირო მოვლენას: ყალიბდება მკვრივი ჩონჩხი რომელიც ზრდის შიგა ხახუნის ძალას და ძვრამედგობას და ამავე დროს ნარევში წარმოიქმნება თავისუფალი ბიტუმი, იზრდება აფსკის სისქე და მცირდება შეჭიდულობა. ამავე დროს შიგა ხახუნის ძალა მცირდება, რადგანაც აფსკის სისქის ზრდა ხელს უწყობს ნაწილაკების ერთმანეთში შერევას.

როგორც (ნახ.4)-დან ჩანს ღორღის რაოდენობის გაზრდით შიგა ხახუნის კუთხე აღწევს თავის მაქსიმუმს. ამასთან შიგა ხახუნის კუთხის მაქსიმუმი სხვადასხვაა გამოცდის მეთოდიდან გამომდინარე. თავისუფალ ძვრაზე ის მაქსიმალურია ღორღის 40%-ის შემცველობისას, გვერდითი დატვირთვისას-50-60% შემცველობისას, ხოლო ტრიაქსიალური კუმშვისას - 40% ღორღის შემცველობისას.



ნახ.4. შიგა ხახუნის კუთხის დამოკიდებულება ნარევი ღორღის შემცველობაზე:

*1-სამღერძა კუმშვისას; 2-გვერდითი დატვირთვისას;
3-ვერტიკალური დატვირთვისას.*



ნახ.5. შეჭიდულობის დამოკიდებულება ნარევი ღორღის შემცველობაზე:

*1-სამღერძა კუმშვისას; 2-გვერდითი დატვირთვისას;
3-ვერტიკალური დატვირთვისას.*

აქედან გამომდინარე ოპტიმალური ნარევის შერჩევისათვის ძვრის დეფორმაციის პირობების შესაქმნელად საუკეთესო ვარიანტია ნიმუშის გამოცდა გრეხვისას გვერდითი დატვირთვით.

ასფალტბეტონის ძვრის დეფორმაცია განისაზღვრება არა მარტო შიგა ხახუნის კუთხით, არამედ შეჭიდულობის ძალითაც. (ნახ.5)-ზე ჩანს, რომ

შეჭიდულობის კოეფიციენტი გრეხვაზე თავის მაქსიმუმს აღწევს ნარევიში 50% ღორღის შემცველობისას, რის შემდეგაც ის კლებულობს. ტრიაქსიალურ გამოცდაზე შეჭიდულობის კოეფიციენტი მაქსიმუმს აღწევს ნარევიში 20% ღორღის არსებობისას შემდეგ კი ის იკლებს. ასფალტბეტონებში ღორღის მცირე შემცველობით შეჭიდულობის კოეფიციენტი საკმაოდ მაღალია, რაც განპირობებულია მინერალური ფხვნილის სტრუქტურირებით, მაგრამ ძვრამედეგობა ამ შემთხვევაში მცირეა, მასში მინერალური ჩონჩხის არ არსებობის გამო, რის გამოც შიგა ხახუნის კუთხე მცირეა. ნარევიში ღორღის რაოდენობის ზრდა იწვევს შიგა ხახუნის კუთხის ზრდას, რაც თავისთავად იწვევს ძვრამედეგობის ამადლებას. მაგრამ ამავე დროს ღორღის რაოდენობის ზრდა იწვევს ბიტუმის აფსკის სისქისა და ნარევიში თავისუფალი ბიტუმის რაოდენობის ზრდას, რაც ასევე ძვრამედეგობის შემცირებას უწყობს ხელს. მიუხედავად მაღალი შიგა ხახუნის კუთხისა ღორღოვანი ასფალტბეტონები შეჭიდულობის სიმცირის გამო ძვრამედეგობაში ჩამორჩებიან ასფალტბეტონებს 20-40% ღორღის შემცველობით.

შეჭიდულობის ძალის გაზრდის მიზნით არსებობს ახალი ტექნოლოგიები რომელიც ითვალისწინებს სხვადასხვა ტიპის ასფალტბეტონის ნარევიებით ზედა და ქვედა ორი ფენის ერთდროულად მოწყობას. ამ დროს ორივე ნარევი ცხელ მდგომარეობაშია და საკმაოდ მოძრავია და ფენების ერთდროული დატკეპნის პროცესში ხდება მათი შემადგენელი მინერალური ნაწილაკების ურთიერთშედწევა ფენებში.

ამ დროს ხდება ფენების ნაწილობრივი გაერთიანება და წარმოიქმნება პრაქტიკულად მონოლითური ფენა, რომელსაც დამატებით გააჩნია შემკვრელის შეჭიდების თვისებები. შედეგად ზედა ფენაზე დატვირთვის შემოქმედების დროს ფაქტიურად აღარ წარმოიქმნება ძვრის დეფორმაციები ზედა და ქვედა ფენების შეხების ზედაპირის გასწვრივ. ხოლო ამის გამო ხდება ქვედა მსხვილმარცვლოვან ფენაზე დატვირთვების ოპტიმალური გადანაწილება.

აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენება იძლევა საუკეთესო შედეგს ფენებს შორის მაღალი ხარისხის შეჭიდულობის უზრუნველსაყოფად, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ტექნოლოგიის გამოყენება სირთულეთანაა დაკავშირებული, კერძოდ:

- ტექნოლოგიურ ხაზს აქვს დიდი გაბარიტები-დაგების დროს საჭიროა სპეციალური გადამტვირთავის გამოყენება რომლის საშუალებითაც ნარევი მიეწოდება ასფალტდამგებს. გადამტვირთავში ხდება თვითმცლელიდან ასფალტბეტონის ნარევის ჩატვირთვა და შემდეგ დამგების ბუნკერებში მისი გადატვირთვა ნარევის ტიპის მიხედვით. დიდი გაბარიტების გამო ამ ტექნოლოგიის გამოყენება თითქმის შეუძლებელია ქალაქის ვიწრო ქუჩებზე;
- ორივე ფენის ერთდროულად დაგების დროს გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ნარევი, რაც მოითხოვს მინიმუმ ორი ასფალტბეტონის ქარხნის (იგულისხმება ორი დანადგარი) მუშაობას;
- დაგების პროცესში საჭიროა ქარხნიდან ორივე ტიპის ნარევის მიწოდების ზუსტი ორგანიზება, რადგან არ მოხდეს რომელიმე ტიპის ნარევის მიწოდების შეფერხებისას მთლიანად დაგების პროცესის შეფერხება ან გაჩერება. ქალაქის ქუჩები გადატვირთულია მოძრაობის მაღალი ინტენსივობის გამო და ხშირია საცობები, რაც ფაქტიურად ორი ტიპის ნარევის დროულ და ორგანიზებულ მიწოდებას შეუძლებლს ხდის.

როგორც ვხედავთ აღნიშნული მიზეზების გამო ამ ტექნოლოგიის გამოყენება ყოველთვის ვერ მოხერხდება. ფენებს შორის შეჭიდულობის უზრუნველყოფა უნდა მოხდეს სხვა ღონისძიებების გატარებით და მოთხოვნების გათვალისწინებით.

თუ რამდენად დიდი მნიშვნელობა აქვს ფენებს შორის შეჭიდულობას ჩვენ უკვე განვიხილეთ, მაგრამ ძველი საბჭოთა ნორმები რომლებიც მოქმედებს საქართველოში არ ითვალისწინებს ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის განსაზღვრას, მხოლოდ СНиП 3.06.03-85-ის

მე-10 პარაგრაფის ქვეპუნქტი 10.40 ითვალისწინებს, რომ საფარის და საფუძვლის მშენებლობის პროცესში უნდა კონტროლდებოდეს:

- ცხელი და თბილი ასფალტბეტონის ნარევის ტემპერატურა ყველა ავტომობილ-თვითმცლელში;
- დაგების პროცესში მყოფი ზოლების გრძივი და განივი შეუღლებების ხარისხი-მუდმივად;
- ასფალტბეტონის ხარისხი უნდა განისაზღვროს ГОСТ 9128-84 და ГОСТ 12801-84 მიხედვით, კერნების(ამონაჭრების) მაჩვენებლების მიხედვით 7000 მ²-ზე სამ ადგილზე, ასევე საფარის ფენებს შორის შეჭიდების სიმტკიცე;

აღნიშნული ნორმის მიხედვით ასფალტბეტონის ზედა ფენის მოწყობა დასაშვებია მხოლოდ ახლად დაგებულ ქვედა ფენაზე მის გაცივებამდე(ქვედა ფენის ტემპერატურა უნდა იყოს არანაკლებ 20°C).

ნარევის დაგებამდე (1-6 სთ-ით ადრე) უნდა მოხდეს ქვედა ფენის დამუშავება ბიტუმის ემულსიით ან ბლანტი ბიტუმით, რომელიც უნდა იყოს გაცხელებული ნორმით გათვალისწინებულ ტემპერატურამდე. მოსასხმელი მასალის ხარჯი უნდა იყოს:

- საფუძვლის ბიტუმით დამუშავების დროს - 0.5-0.8 ლ/მ², ასფალტბეტონის ქვედა ფენის დამუშავების დროს - 0.2-0.3 ლ/მ²;
- საფუძვლის 60%-იანი ბიტუმის ემულსიით დამუშავების დროს-0.6-0.9 ლ/მ², ასფალტბეტონის ქვედა ფენის დამუშავების დროს - 0.3-0.4 ლ/მ²;

შემკვრელით ქვედა ფენა შესაძლებელია არ დამუშავდეს, თუ ქვედა და ზედა ფენების მოწყობის დროებს შორის ინტერვალი არ აღემატება 2 დღელამეს და არ ხდებოდა ტრანსპორტის მოძრაობა ქვედა ფენაზე[13].

ასევე არ ითვალისწინებს შეჭიდების ძალის განსაზღვრას ВСН 19-89(ПРАВИЛА ПРИЕМКИ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ) - სამუშაოების მიღების წესები საავტომობილო გზების მშენებლობისა და რემონტის დროს[12].

როგორც უკვე აღვნიშნეთ საფარის ფენებს შორის შეჭიდულობაზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული საფარის დაზიანებების განვითარების პროცესი. შეჭიდულობის ძალის დასადგენად გერმანელი პროფესორის ლოიტნერის მიერ შემუშავებული იქნა გამოცდის მეთოდი რომელიც მისივე სახელით არის ცნობილი.

ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის განსაზღვრის ამ მეთოდის ნორმატიულ ბაზაში(ZTV Asphalt 07) შეტანა მოხდა 2007 წელს გერმანიაში.

სტანდარტის „ ZTV Asphalt 07“-ის მიხედვით ასფალტბეტონის ორ ფენას შორის მაქსიმალური ძერის სიდიდე არ უნდა იყოს შემდეგ მნიშვნელობებზე ნაკლები:

- ასფალტბეტონის ზედა და ქვედა ფენებს შორის არა ნაკლებ 15.0 კნ;
- ასფალტბეტონის დანარჩენ ფენებს შორის არა ნაკლებ 12.0 კნ[14];

ლოიტნერის მეთოდით ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეკავშირების ძალის დასადგენად საჭიროა ასფალტბეტონის საფარიდან ამოიჭრას 150 მმ დიამეტრის კერნები, კერნების გამოცდა ტარდება უნივერსალურ წნეხზე.



ნახ. 6. ასფალტბეტონის ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალის გასაზომი მოწყობილობა

ამისთვის წნეხზე ვამაგრებთ ლოიტნერის ცდის სპეციალურ მოწყობილობას (ნახ.6). ისრებით ნაჩვენებია მოწყობილობის ნახევარ რგოლები რომლებიც წანაცვლებულია ერთმანეთის მიმართ ისე, რომ მოწყობილობაში მოთავსებულ კერნის ზედა ფენას ებჯინება ერთი, ხოლო ქვედას მეორე. წნეხის ჩართვის შემდეგ ნახევარ რგოლები აწვება კერნის შესაბამის ფენებს ისე, რომ მოხდეს ფენების ერთიმეორის მიმართ წანაცვლება. ამ დროს ზედა და ქვედა ფენებს შორის წარმოიქმნება ძვრის დეფორმაცია. როდესაც ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალა მიაღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას ხდება მათ შორის კავშირის დარღვევა და ისინი სცილდება ერთმანეთს. შესაბამისად კომპიუტერში პროგრამის საშუალებით ხდება მაქსიმალური მრღვევი ძალის დაფიქსირება. ფენებს შორის შეჭიდულობის ძალად ითვლება ის მაქსიმალური მრღვევი ძალა რომელიც საჭიროა კერნის ფენების განსაცალკავებლად.

1.4. ბიტუმების მოდიფიცირება კათიონური ტიპის ადჰეზიური დანამატით

ცნობილია, რომ ყველაზე კარგი ბიტუმის გამოყენებაც კი ყოველთვის არ იძლევა საგზაო სამოსის მაღალი ხარისხის გარანტიას. ასფალტის ხარისხი და დიდხნიანობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ორგანული შემკვრელის-ბიტუმის შემადგენლობასა და ხარისხზე; მინერალური შემავსებლის ხარისხზე და გრანულომეტრიულ შემადგენლობაზე; მაჩვენებელთა რეჟიმის დაცვაზე წარმოებისა და ასფალტბეტონის ნარევის დატკეპნის დროს; საგზაო საფარის ექსპლუატაციის პირობებსა და სხვა ფაქტორებზე.

ბიტუმი არსებითად ასფალტბეტონის შემადგენლობაში წარმოადგენს წებოს, რომელიც ამაგრებს მოცემული გრანულომეტრიული შემადგენლობის, მინერალური შემავსებლის მტკიცე ნაწილაკებს და ამით ქმნის ერთიან მტკიცე მონოლითს. ამ თვალსაზრისიდან გამომდინარე ბიტუმს უნდა ჰქონდეს შემდეგი თვისებები: მინერალურ მასალასთან კარგი მიკვრის უნარი, მაღალი ადჰეზია, მედეგობა ატმოსფეროს მიმართ,

უზრუნველყოს საანგარიშო სიმტკიცე და ხანმედეგობა ასფალტბეტონისა და შესაძლო ნაკლები დროებითი დამოკიდებულება საფარის ექსპლუატაციის გარე პირობებზე.

ბაშკორთოსტანის რესპუბლიკის, საგზაო სამოსის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პირობებში, საგზაო ბიტუმების ხარისხის ამაღლების ეფექტურ საშუალებად გვევლინება მწარმოებლის გადასვლა დაუქანგავ და ნაწილობრივ დაქანგული ბიტუმების გამოშვებაზე. დაუქანგავი ნარჩენი ბიტუმები, რომლებიც დამზადებულია მაღალფისიანი და მაღალგოგირდოვანი ნავთობისგან, უფრო სრულად უზრუნველყოფს საგზაო ბიტუმების ხარისხს, როგორც წებოვანი ნივთიერება, ვიდრე ტრადიციული დაქანგული ბიტუმები. დისპერსიული სტრუქტურით ეს ბიტუმები, მიეკუთვნება „ნაცარის“ ტიპს, განსხვავებით დაქანგული ბიტუმებისა, რომელთაც აქვთ სტრუქტურა-„ნაცარ-გელის“ ტიპის.

„ნაცარის“ ტიპის ბიტუმის სისტემები უფრო პლასტიურია და ამასთან კარგი ადჰეზიური მახასიათებლები აქვს. ეს თვისება უზრუნველყოფს ასფალტბეტონების წყალმედეგობას. თავის მხრივ წყალმედეგობა ზრდის საგზაო საფარის გამძლეობას.

დასავლეთ ევროპაში საგზაო ბიტუმების მოცულობაში 80% უკავია დაუქანგავი ბიტუმების დამზადებას. რუსეთში, საგზაო მშენებლობაში დაუქანგავი ბიტუმების წილი ძალიან ცოტაა, რადგანაც ორგანიზაციულ-ტექნიკური მიზეზების გამო ამჟამად თანამედროვე წარმოებაში დაუქანგავი ბიტუმების გამოშვება შეჩერებულია.

გზების ხარისხის მიმართ მოთხოვნათა შემდგომი ამაღლებით, განსაკუთრებით მაღალსიჩქარიან და დიდი დატვირთვის მქონე მონაკვეთებზე, მაღალხარისხოვანი ბიტუმის გამოყენებაც კი, (დანამატის გარეშე) სრულად ვეღარ უზრუნველყოფს ასფალტბეტონის გაზრდილ მოთხოვნათა მიღწევას. როგორც წესი, მაღალი სიმტკიცის მქონე ინერტულ მასალებს გააჩნიათ მჟავიანობა და ამ მიზეზით ცუდად ეკვრიან ბიტუმს, რომელსაც გააჩნია ან ნეიტრალური ან დაბალი სიმჟავიანობის ბუნება. ამის

გამო მინერალური მასალების და ორგანული შემკვრელების ადჰეზიის არასაკმაო სიდიდის შედეგად ხდება საგზაო საფარის ნაადრევი რღვევა.

სიტუაცია შესამჩნევად იცვლება უკეთესობისკენ, როცა ხდება საგზაო ბიტუმების მოდიფიკაცია ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებებით (ზან). ე.წ. სპეციალური ადჰეზიური დანამატებით.

ეს ნაერთები, წყალბადის კავშირების წარმოქმნის წყალობით ფუნქციონალური ჯგუფებით უკავშირდება ქვის მასალის ზედაპირს. ნახშირწყალბადის რადიკალები, ვან-დერ-ვაალსის ძალებით უკავშირდებიან ბიტუმს. დანამატებს უნდა ჰქონდეს ისეთი ბალანსი, რომ მათი გადაბმა ქვის მასალასთან უნდა იყოს წყლის ადჰეზიაზე უკეთესი და აჭარბებდეს ბიტუმის ერთიანობის მნიშვნელობას.

საგზაო ბიტუმების მოდიფიკაციის დროს როცა ვიყენებთ კათიონური ტიპის ადჰეზიურ დანამატს, ბიტუმი იძენს უნარს, რომ საიმედოდ შეეწებოს დატენიანებულ მინერალურ მასალებსაც კი, რაც საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ საგზაო მშენებლობის სეზონის ხანგრძლივობა. ასფალტბეტონის სიმტკიცის მახასიათებელი, დამზადებული მოდიფიცირებული დანამატის მქონე ბიტუმის გამოყენებით იზრდება, შესაბამისად იზრდება საგზაო სამოსის ურემონტო ექსპლუატაციის ვადა. ამრიგად მოცემული მასალის გამოყენება საგზაო მშენებლობაში კარგად ჩაეწერა საგზაო მშენებლობის განვითარების კონცეფციაში.

კათიონური ტიპის, ადჰეზიური დანამატი ბიტუმის შემადგენლობაში უშუალოდ უნდა იქნეს შეყვანილი ასფალტბეტონის ქარხანაში, ასფალტის ნარევის მომზადების პროცესში. ეს გამოწვეულია ბიტუმისა და მისი დანამატის დაბალი თერმოსტაბილურობით და აიხსნება შემდეგნაირად: დანამატის მაღალი ქიმიური აქტიურობა, ერთის მხრივ უზრუნველყოფს, მოდიფიცირებული ბიტუმების მაღალ ადჰეზიურ მაჩვენებლებს, მეორე მხრივ, დანამატის აქტიური პოლარული ამინო-ჯგუფი მიჰყავს ქიმიური ურთიერთმოქმედების დინებისკენ. ეს მოქმედებს

უფრო მეტად რეაქციის უნარის მქონე ნახშირწყალბადების ჯგუფებზე, რომლებიც შედიან ბიტუმის შემადგენლობაში. ნაწილობრივ ოქსიგენურ მჟავებთან ერთად. ქიმიური რეაქციების შედეგად დანამატი კარგავს თავის აქტიურობას, ანუ უბრალოდ იხარჯება და ხდება მისი ნეიტრალიზება. ადჰეზიური დანამატის შემცველობა ბიტუმში არ აღემატება მასის 1%-ს.

არსებით ზეგავლენას ასფალტბეტონების ხარისხზე და გამძლეობაზე ახდენს პოლიმერული მასალები, რომლებიც გამოიყენებიან ბიტუმების მოდიფიკაციისთვის. პოლიმერებით ბიტუმების მოდიფიკაცია ტარდება იმ მიზნით, რათა გააუმჯობესონ ესა თუ ის მახასიათებლები, როგორც თვით ბიტუმების ისე ასფალტბეტონის ნარევისა მათ საფუძველზე.

არსებობს საკმაოდ დიდი რაოდენობა პუბლიკაციებისა, რომლებიც ეძღვნება ბიტუმების მოდიფიკაციას სხვადასხვა პოლიმერული მასალებით და დანამატებით. ცნობილია და აპრობირებულია მოდიფიცირებული ბიტუმების წარმოების ტექნოლოგია. მეტნაკლებად გავრცელებული პოლიმერული ბიტუმების მოდიფიკატორებად მიღებულია: რეზინის მარცვლები, თერმოელასტოპლასტები და სხვა.

განვიხილოთ ბიტუმის მოდიფიკაციის თერმოელასტოპლასტის ზოგიერთი საკითხები, რომელიც დღეს ყველაზე მეტად გამოიყენება ბიტუმების მოდიფიკატორად. ზოგიერთი მკვლევარი, ბიტუმის საგზაო მარკების მოდიფიცირებას ახდენენ პოლიმერით, რომელსაც ღებულობენ პირდაპირი დაჟანგვის ტექნოლოგიით.

პოლიმერებით დაუჟანგავი ბიტუმების მოდიფიკაცია ხდება უფრო ადვილად და ეფექტურად შემდეგი ფაქტორების გამო:

-თხელდისპერსიული კოლოიდური სტრუქტურის გამო „ნაცარი“-კოლოიდური წარმონაქმნის დიფუზიის სისწრაფე მით მეტია, რაც უფრო ნაკლებია ნაწილაკების ზომა:

-არომატული შენაერთების მაღალი შემცველობის გამო, რომელსაც აქვს დიდი მსგავსება მოცემულ პოლიმერთან.

-ბიტუმის შემადგენლობაში ასფალტენების მცირე შემადგენლობის ხარჯზე, რომლებიც განზავებაში არ მონაწილეობენ, მაგრამ იწვევენ სტერილურ გართულებას პოლიმერის განაწილების დროს გამხსნელ მასაში-ბიტუმში.

საგზაო ბიტუმების მოდიფიკაციისათვის, კლასიფიკატორის სახით, უფრო ფართოდ გამოიყენება ინდუსტრიული ზეთი II-20, II-40. ეს მეთოდი საკამათოა. დასახელებული ზეთები, როგორც წესი, შედგება ნაფტენის აგებულების მქონე ნახშირწყალბადებისაგან. ამ გამხსნელის და მოცემული პოლიმერის ტიპის მსგავსება დაბალია. პოლიმერების პლასტიფიკაციისათვის თერმოდინამიკის თვალსაზრისით უფრო მიზანშეწონილია ნავთობის ნარჩენების გამოყენება, რომლებიც შეიცავენ არომატულ შენაერთებს. ასეთი მიდგომით ბიტუმის ხარისხის გაუმჯობესების პრობლემა, მოდიფიკაციის ხარჯზე უფრო სრულყოფილად გადაწყდება ვიდრე (ნაფტენის) სტრუქტურის კომპონენტების გამოყენების შემთხვევაში. ამიტომ მოდიფიკაციის წარმომქმნელი პოლიმერის დანამატის არჩევისას საჭიროა გავითვალისწინოთ პოლიმერის თვისებები და ბუნება, ასევე ბიტუმის და პლასტიფიკატორის თვისებები.

ბაშკორთოსტანის საგზაო ინსტიტუტის და „ბაშკირავტოგზა“-ორგანიზაციის ერთობლივი კვლევისა და პრაქტიკული საქმიანობის შედეგად მოხდა ახალი სამშენებლო მასალის დამუშავება: პოლიმერბიტუმის შემკვრელისა და შესაბამისად პოლიმერასფალტბეტონის. საგზაო საფარის ზედა და ქვედა ფენები, რომლებიც დამზადებული იყო პოლიმერასფალტბეტონისაგან, პირველად საგზაო მშენებლობის ისტორიაში დაიგო 2008 წელს მდინარე უფაზე აგებულ ხიდზე.

პოლიმერბიტუმის შემკვრელის შემადგენლობაში, რომელიც გამოიყენებოდა ხიდზე დაგებული პოლიმერასფალტბეტონის დასამზადებლად გამოყენებული იქნა შემდეგი კომპონენტები: თერმოელასტოპლასტი მარკით - DCT – 30P- 01, პლასტიფიკატორი - ზეთის

სელექტიური გაწმენდის ნარჩენი ექსტრატი და კათიონური ტიპის ადჰეზიური დანამატი.

საფარის ზედა ფენა დაგებულია გრძივი და განივი ნაკერების გარეშე ორი ასფალტდამგებით, ერთ სამუშაო სმენაში გადამტვირთავის გამოყენებით. პოლიმერასფალტბეტონის დატკეპნის ხარისხის კონტროლი წარმოებდა ინსტრუმენტით 2701-B Pave Tracker TM Plus- მოდელით. დატკეპნის პროცესი კონტროლდებოდა მუდმივად.

მათი კვლევის შედეგად აღინიშნა პოლიმერასფალტბეტონის საფარს მდ. უფაზე აგებულ ხიდზე გააჩნია მაღალი ბზარმდეგობა და სიმტკიცე ასფალტბეტონის სტანდარტთან შედარებით.

1.5. ასფალტბეტონის ფენილებში ზოგიერთი თანამედროვე სტანდარტების გამოყენების შედეგები

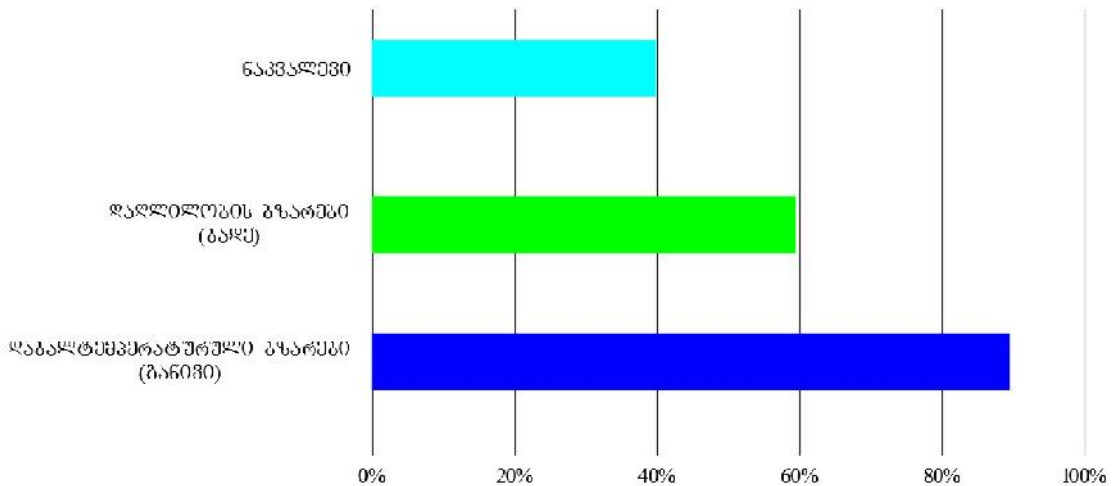
ახალი მასალის შექმნის ან უკვე გამოშვებული მასალის თვისებების გაუმჯობესების პროცესი მოიცავს მომავალი პროდუქტის მიმართ წაყენებული მოთხოვნების განსაზღვრასა და დასაბუთებას. დარგობრივი ნორმატიული ბაზის შესწავლის გარდა ეს ეტაპი უნდა მოიცავდეს მსოფლიო დონის სამეცნიერო კვლევების ანალიზს კონკრეტულ სფეროში. საგზაო დარგისათვის მასალების დამუშავებისას განსაკუთრებით საინტერესოა აშშ-ს „Superpave“ მეთოდოლოგიის შესწავლა და გამოყენება და შემკვრელების სტრუქტურული კვლევების მონაცემები, რომლებიც შესრულებულია აშშ-ს, კანადასა და ევროპის სამეცნიერო კოლექტივების მიერ.

მეთოდოლოგია „Superpave“ არის პერსპექტიული ინსტრუმენტი ტრადიციული შემკვრელების მწარმოებლებისთვის და აგრეთვე ახალი მასალების მწარმოებლებისათვის, ამასთან კრიტიკულად უნდა მივუდგეთ ამერიკული სპეციფიკაციების პირდაპირ გადმოღების გამოცდის ობიექტების სირთულის გამო.

„Superpave“-ის ადაპტაციის მიზნით უნდა იქნას გათვალისწინებული საქართველოში გამოყენებული ბიტუმები.

ქვემოთ მოკლედ იქნება განხილული მეთოდოლოგიის ცალკეული ასპექტები და შემკვრელების PG Specification ზოგიერთი პრობლემები.

თანამედროვე შეფასების საგზაო საფარების ძირითადი დეფექტების წარმოქმნის მიზეზი შემკვრელებზე მოდის 40-90%. (ნახ.7).



ნახ.7. შემკვრელის როლი საგზაო სამოსების ძირითადი დეფექტების ჩამოყალიბებაში

„Superpave“-ს მიხედვით პროექტირების პროცესში შემკვრელი სავალდებულო მახასიათებლების განსაზღვრა ხდება საფარის ექსტრემალური ტემპერატურიდან გამომდინარე (გამოყენების ზონაში) და საავტომობილო ტრანსპორტის მოსალოდნელი ინტენსივობის გათვალისწინებით. „Superpave“ (საუკეთესო საფარი)-ს მეცნიერული საფუძვლები და PG სპეციფიკაცია შემკვრელზე დამუშავებულია აშშ-ში 20 წლის წინ, რის შემდეგაც მრავალმა შტატმა დაიწყო ამ სპეციფიკაციის აპრობაცია და დანერგვა. 2000 წლის დასაწყისისათვის აღმოჩნდა, რომ დამუშავებული გამოცდის მეთოდებით, რომლის საფუძველზეც გამოცემული იქნა შესაბამისი ASTM და AASHTO სტანდარტები[15], რიგ შემთხვევაში მიღებული იყო მოდიფიცირებული შემკვრელებისათვის. ეს იმასთან იყო დაკავშირებული, რომ საცდელი მეთოდიკის დამუშავებისას დაშვებული იქნა გარკვეული გამარტივებები. მაგალითად, გამოცდა

ნაკვალევის წარმოქმნისადმი მდგრადობაზე ტარდებოდა წრფივი ბლანტრღვევადი დამოკიდებულების ფარგლებში მცირე დატვირთვების დროს, მიღებული მონაცემების შემდგომი ექსტრაპოლიაციით. ანალოგიური მეთოდი გამოიყენებოდა დაღლილობისა და დაბალტემპერატურული ბზარების წარმოქმნისადმი მდგრადობის შეფასების დროსაც. ნიმუშების PAV-დაძველების დროის შესამცირებლად, ტემპერატურული დროითი სუპერ პოზიციის პრინციპიდან გამომდინარე გამოყენებული იყო 110°C ტემპერატურა. ჩვეულებრივი ბიტუმებისათვის ეს დაშვებები მისაღები იყო, სიტუაცია მკვეთრად შეიცვალა როცა ბაზარზე შემოვიდა მოდიფიცირებული შემკვრელები, მათ შორის სხვადასხვა ბუნების პოლიმერებით მოდიფიცირებისას. აღმოჩნდა, რომ ეს შემკვრელები, მათ შორის მათში წარმოშობილი პოლიმერული ბადე განსხვავებულად მგრძნობიარეა დატვირთვის სხვადასხვა დონისადმი. აღმოჩნდა აგრეთვე, რომ ხანგრძლივი დაძველების (PAV) განხორციელებამ თუნდაც 90°C ტემპერატურაზე შეიძლება გამოიწვიოს პოლიმერის (CBC) დესტრუქცია ან კრისტალების გადნობა (ΞBA) და ა.შ. გამოვლინდა საბაზისო წარმოდგენების შეზღუდულობა, რომელიც იყო ჩადებული გამოცდების მეთოდების საფუძველში.

ამის შედეგად 2000 წლისათვის აშშ-ი ინიცირებული იყო უნივერსალური მეთოდიკის შექმნის ახალი ეტაპი, რომელიც მისაღები იქნებოდა როგორც ბიტუმებისათვის ისე მოდიფიცირებული შემკვრელებისათვის. პარალელურად სხვადასხვა შტატის საგზაო სეგმენტები იყენებდნენ ე.წ. PG Plus Specification, რომლებიც ორიენტირებულია მოდიფიცირებული შემკვრელების კონკრეტული სამრეწველო ნიმუშების გამოყენებაზე. ამ დოკუმენტებში კვლავ გამოჩნდა, რგოლი და ბურთულა, პენეტრაცია, აგრეთვე რიგი ახალი მეთოდები: Phase angle (ფაზური კუთხე), Elastic recovery (დრეკადი აღდგენა), Force ductility (ძალოვანი დუქტილუბა) და ა.შ. მეთოდიკების რაოდენობა და

შემაღგენლობა განსხვავდებოდა არა მარტო შტატების მიხედვით არამედ სხვადასხვა პროდუქტებისთვისაც ერთი შტატის ფარგლებში.

უნივერსალური სტანდარტების დამუშავებისას, რომელიც ვარგისი იქნებოდა როგორც სუფთა ბიტუმების ისე მოდიფიცირებული შემკვრელების გამოცდისათვის, ბოლო 15 წლის განმავლობაში მიღებული იქნა შემკვრელების შეფასებისას ნაკვალევის წარმოქმნისადმი მდგრადობის კუთხით-როგორცაა MSCR-ცდა, მას ატარებენ რეგიონის მაქსიმალური ზაფხულის ტემპერატურის პირობებში შემკვრელის ექსპლუატაციის პირობებიდან გამომდინარე. ტემპერატურა იზომება 2 სმ სიღრმეზე საფარის ზედაპირიდან „Superpave“ ფორმულის მიხედვით 20 წლიანი მეტეოდაკვირვებიდან გამომდინარე (მიმდევრობით 5 ყველაზე ცხელი დღე). აღუდგენელი ცოცვადობის დეფორმაციის სიდიდეზე $J_{nr3.2}$ დამოკიდებულებით განსაზღვრავენ მოძრაობის რა ინტენსივობისათვის არის ვარგისი შემკვრელი მოცემულ კლიმატურ რეგიონში. თუ $J_{nr3.2} > 4,0$ კპა⁻¹ შემკვრელი საერთოდ არ უნდა იქნას გამოყენებული, ვინაიდან იგი ძლიერ პლასტიურია და ნაკვალევი წარმოიშობა ძალიან სწრაფად. ამ შემთხვევაში ამცირებენ გამოცდის ტემპერატურას და იმეორებენ ტესტირებას და აფასებენ მისი გამოყენების შესაძლებლობას უკვე სხვა რეგიონში.

ინტენსიური მოძრაობისას (30 მილიონზე მეტი) ESAL საცობებით $J_{nr3.2}$ უნდა იყოს 0,5 კპა⁻¹.

სტანდარტი MSCR-ტესტი აშშ-ი შემოღებული იქნა 2008 წელს და თავდაპირველად აღუდგენელი ცოცვადობის დეფორმაციის რიცხოვრივი კრიტერიუმი რაზედაც შეიძლებოდა ორიენტირება შემკვრელის შერჩევისას რეგიონის ტემპერატურისა და მოძრაობის ინტენსივობის გათვალისწინებით, ამიტომ შემოწმება გამოყენებული იყო სხვადასხვა შემკვრელის შედარებითი შეფასებისათვის. ეს კრიტერიუმები გამოქვეყნებული იყო 2010 წელს და 2011 წელს უკვე ჯორჯიას შტატმა შემოიტანა თავის PG Specification- მოთხოვნა აღუდგენელ ცოცვადობის

დეფორმაციაზე $J_{nr3.2} < 1$ კპა⁻¹. დღეს ცდილობენ ეს ნორმა გაავრცელონ მრავალ ჩრდილოეთის შტატში.

უნდა აღინიშნოს, რომ MSCR-ტესტი წინ უსწრებს ნარევის შემოწმებას ნაკვალევის წარმოქმნის მდრადობაზე, რომელიც საშუალებას იძლევა შეფასებული იქნას პოლიმერული მოდიფიკაციის ეფექტურობა და პოლიმერული ბადის მდგრადობა დატვირთვისადმი კონკრეტული ტემპერატურის დროს და ამგვარად დაასაბუთოს და მოახდინოს ოპტიმიზაცია შემკვრელის შერჩევა, მათ შორის ეკონომიკური კრიტერიუმის მიხედვით. არსებობს MSCR-ის არა სტანდარტიზირებული ვარიაცია, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ გაცილებით ფართო ინფორმაცია შემკვრელების ქცევაზე განსხვავებულ პირობებში. ამ შემთხვევაში გაზომვა ხდება დატვირთვის არა ორი მნიშვნელობისათვის (0,1 კპა და 3,2 კპა), არამედ 8-10 მნიშვნელობისათვის, რომელიც მოიცავს 0~10-12 დიაპაზონს, ზოგჯერ 100 კპა-მდეც. სხვადასხვა ტემპერატურაზე ასეთი გაზომვების განხორციელებისა და $J_{nr3.2}$ მნიშვნელობაზე ორიენტირებისას ღებულობენ ინფორმაციას შეიძლება თუ არა გამოვიყენოთ შემკვრელი მძიმეწონიანი ავტომანქანების მოძრაობის პირობებში.

MSCR-ტესტის ეფექტურობა და საიმედოობა, ყველაზე მეტად განპირობებულია იმით, რომ შემკვრელის გამოცდა ხორციელდება მაღალ ტემპერატურაზე (50-60°C-ზე მეტი), როცა შემკვრელის სტრუქტურის გავლენა გამოცდის შედეგებზე მინიმალურია ან საერთოდ არ არსებობს.

გაცილებით დიდი პრობლემა წარმოიშვება დაბალ ტემპერატურაზე გამოცდის დროს. საწყისი PG სპეციფიკაცია მოითხოვდა დაბალტემპერატურულ გამოცდას BBR-ტესტის მიხედვით რეომეტრზე ჩაღუნვადი კოჭით. მაგრამ ამ პროცედურის ჭეშმარიტებაში ხშირად შეიტანეს ეჭვი, მაგალითად 2006 წელში კანადაში დაფიქსირებულია გზის დანგრევა პირველივე ზამთარში დაგებიდან ერთი წლის შემდეგ, მიუხედავად იმისა, რომ შემკვრელი შერჩეული იქნა PG სპეციფიკაციის მიხედვით, მათ შორის BBR-ტესტის საფუძველზე-აღმოჩნდა, რომ

შემკვრელის წარმომავლობა(ბუნება) და ნიმუშების თერმოსტატირების დრო მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ მიღებულ შედეგებზე. თერმოსტატირების დროის გაზრდამ 1-დან 72 სთ-მდე გამოიწვია BBR-ტესტის შედეგების მიხედვით ექსპლუატაციის ქვედა ტემპერატურის 0,5-დან 14°C-მდე გაზრდა შემკვრელის ტიპების მიხედვით. მიღებული შედეგი ახსნილი იქნა შემკვრელების დაბალ ტემპერატურული უკუდაძველებით მათი სტრუქტურული ცვლილებისადმი მიდრეკილების გამო. აღსანიშნავია, რომ ეს სტრუქტურული ცვლილებები ძირითადად განაპირობებენ შედეგების თავსებადობას, რომლების მიიღება შემკვრელის დალილობაზე გამოცდისას საშუალო ტემპერატურაზე (0-25°C). უკანასკნელ 10-12 წლის მანძილზე შემკვრელების მიკროსტრუქტურა და მათი ცვლილება სხვადასხვა ზემოქმედებების შედეგად მრავალი კვლევის საგანია გამოცდის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით, როგორცაა, მაგალითად ატომურ ძალოვანი მიკროსკოპია, მცირე კუთხური ნეიტრალური გაბნევა, მოდულირებული DCK და სხვა.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული მიმდინარე PG სპეციფიკაცია უფრო მეტად ორიენტირებულია არამოდიფიცირებული ბიტუმების გამოცდაზე. გამოცდის უნივერსალური მეთოდების დამუშავებაში უკანასკნელ პერიოდში ჩვენი შეხედულებით ყველაზე მეტ წარმატებას მიაღწიეს დალილობის LAS-ტესტის ავტორებმა. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ SENB-ტესტი საშუალებას გვაძლევს შევავასოთ ნიმუშის დარღვევაზე დახარჯული ენერგია დაბალტემპერატურული გამოცდის დროს. ნაჩვენებია, რომ ნიმუშები რომელთაც გააჩნიათ ერთნაირი ქვედა PG ტემპერატურა, რომელიც განსაზღვრულია BBR-ტესტით, არსებითად განსხვავდება რღვევის ენერგიით, მათ შორის SENB-ტესტირების ჩატარებისას სხვადასხვა ტემპერატურაზე.

მეთოდოლოგია და სტანდარტები „Superpave“ გამოყენებული იყო მოდიფიკატორების „Полиэпоп“ ეფექტურობის შესაფასებლად რომელიც გათვალისწინებულია უშუალოდ ასფალტბეტონის ნარევიში შესატანად,

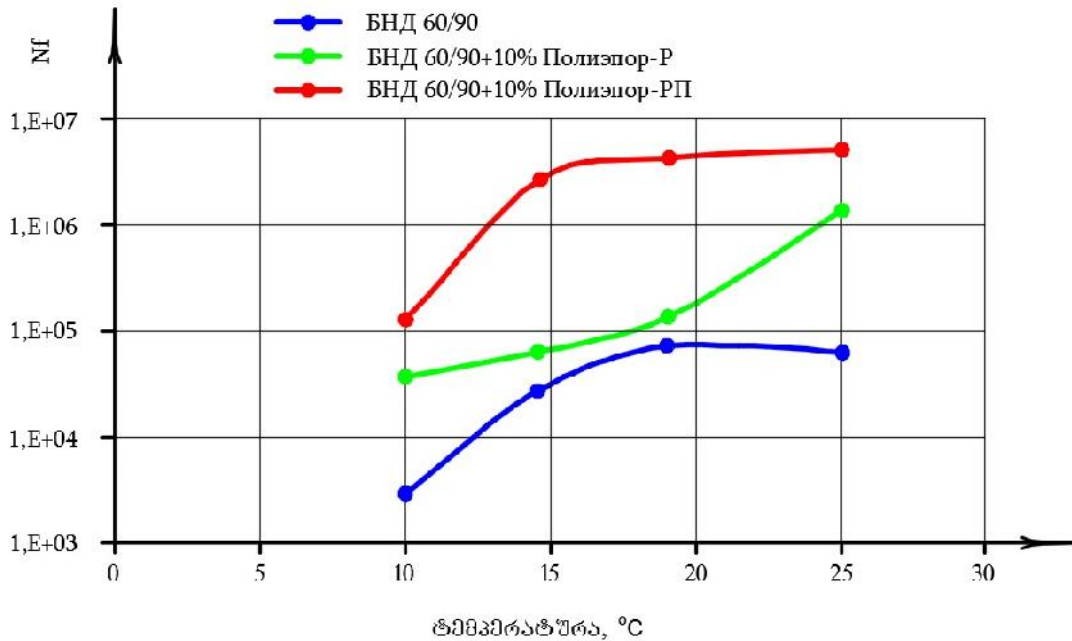
მოდულიზირებული შემკვრელის მომზადების სტადიის გვერდის ავლით. კომპოზიტური მასალების სერია-ასფალტბეტონების მოდიფიკატორები „Полиэпор“ აქტიური რეზინის „Полиэпор-P“ და აქტიური რეზინო-პოლიმერული ფხვნილის „Полиэпор-ПП“ საფუძველზე დამუშავებულია 2014-2015 წლებში АО „Энерготекс“ (სს ენერგოტექსი) მიერ ნ.ნ. სემენოვის სახელობის ქიმიურ-ფიზიკის ინსტიტუტის სამეცნიერო მხარდაჭერით.

„Superpave“ სტანდარტის მიხედვით „Полиэпор“-ის გამოცდის განსახორციელებლად დამუშავებული იქნა მეთოდიკა „მოდელური შემკვრელის“ დასამზადებლად. მოდელურ შემკვრელს ღებულობდნენ БНД 60/90 (90%)-ის და „Полиэпор“(10%)-ის არევით 3 წუთის განმავლობაში $160\pm 5^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე ზედა ამძრავი ამრევის გამოყენებით ბრუნვის სიჩქარით 600 ბრ/წთ.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნარევი „Полиэпор-P“-ით მზადდებოდა იმავე ტემპერატურულ-დროებრივ პირობებში როგორც ასფალტბეტონის საკონტროლო ნიმუშები დანამატის გარეშე. ამასთან „Полиэпор-P“ შეყავდათ ასფალტბეტონის ნარევი ბიტუმის დამატებისთანავე.

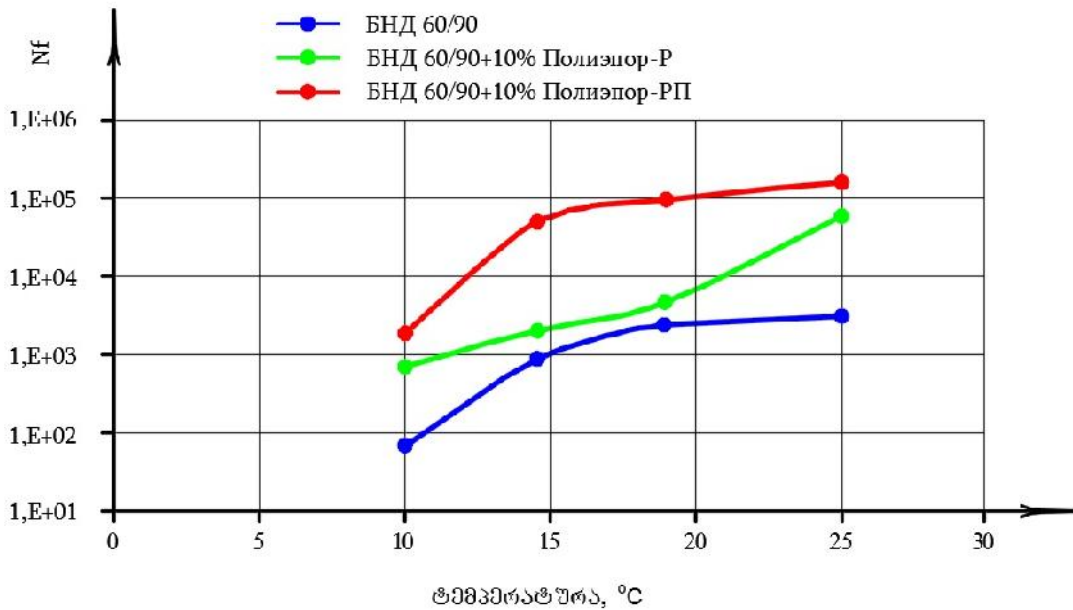
საწყისი ბიტუმის და „მოდელური შემკვრელის“ დაღლილობის თვისებების დამატებით შეფასების მიზნით გამოყენებული იყო LAS-ტესტი. მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნული მეთოდის დამუშავება უკვე დიდი ხანია მიმდინარეობს, დღემდე არ არსებობს ოფიციალური რიცხობრივი კრიტერიუმები და გამოცდის რეკომენდებული ტემპერატურები, შესაძლებელია ეს დაკავშირებულია ბიტუმის ბუნების და ნიმუშის თერმოსტორიის გავლენასთან გამოცდის შედეგებზე, ვინაიდან შედეგების აღწარმოება ნიმუშებისათვის რომელთაც გააჩნია ერთნაირი თერმოსტორია, მათი მონაცემების მიხედვით საკმაოდ მაღალია. უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ გამოცდის პროცედურიდან გადახვევას დაძველების შემდეგ დაღლილობისადმი მდგრადობის განსაზღვრისას PAV($G^*\sin\delta$) მეთოდით მიყავართ შედეგების გაზნევამდე.

გაფართოებული დალილობის გამოცდების ჩატარებისას LAS-ტესტის შესაბამისად მოდელური შემკვრელების დაძველებული ნიმუშები გამოცდილი იქნა სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში, ნახ.8-9-ზე წარმოდგენილია LAS-ტესტის შედეგები გრაფიკის სახით რომელიც ასახავს ტემპერატურისაგან გამოწვეულ რღვევამდე ციკლების რაოდენობას 2,5% და 5% დეფორმაციების შემთხვევაში.



ნახ.8. გაფართოებული LAS-ტესტი: დანგრევამდე ციკლების რაოდენობის დამოკიდებულება გამოცდის ტემპერატურაზე 2.5%-იანი დეფორმაციის დროს

უნდა აღინიშნოს, რომ შემკვრელების დალილობა და დაბალტემპერატურულ გამოცდებს გააჩნია უპირატესობა ასფალტბეტონის გამოცდებთან შედარებით, არა მარტო იმიტომ, რომ საჭიროებს ნაკლებ დროს და ნაკლებად შრომატევადია, იმიტომაც, რომ სრულდება ნიმუშებზე რომლებიც მიმდევრობით დაქვემდებარებული იყო RTFO და PAV-დაძველებას.



ნახ.9. გაფართოებული LAS-ტესტი: დანგრევამდე ციკლების რაოდენობის დამოკიდებულება გამოცდის ტემპერატურაზე 5%-იანი დეფორმაციის დროს

იმის გათვალისწინებით, რომ საფარის დეფექტების წარმოქმნაში შემკვრელის წილად მოდის 60% დაღლილობის ბზარების წარმოქმნის შემთხვევაში და 80-90% დაბალტემპერატურული ბზარების წარმოქმნის დროს, PAV-ის გამოცდის შედეგები აცხადებენ პრეტენზიას იმაზე, რომ აღნიშნული გამოცდები იყოს გადამწყვეტი ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდასთან შედარებით. თუმცა პროცესების სირთულე რასაც ადგილი აქვს შემკვრელებში საშუალო და დაბალი ტემპერატურის პირობებში, გამოყენებული ბიტუმების სპეციფიურობის და რეგიონის კლიმატური პირობების გათვალისწინებით მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას მეთოდები რომლებიც ითვალისწინებენ ზემოქმედების სხვადასხვა ტიპს მიღებული მონაცემების შემდგომი აკურატული ინტერპოლაციით.

2. კვლევის შედეგები და მათი განსჯა

2.1. ასფალტბეტონის საფარის საექსპლუატაციო მაჩვენებლების ამაღლება საგზაო ბიტუმის ხარისხის გაუმჯობესების გზით

საავტომობილო გზები ასფალტბეტონის საფარით გვევლინება ჩვენი ქვეყნის ძირითად საგზაო ქსელად. მათზე მოდის ავტოსატრანსპორტო გადაზიდვების ძირითადი მოცულობა. ასფალტბეტონიანი საფარის გზების სიგრძე შეადგენს 90%-ს გაუმჯობესებული ტიპის საფარის მქონე გზების საერთო რაოდენობასთან. ასე, რომ საგზაო მშენებლობის ამაღლების მთავარ ეფექტურ მიმართულებად მიჩნეულია საგზაო ასფალტბეტონის საფარის მუშაობის გახანგრძლივება.

საფარის მდგომარეობა არსებით გავლენას ახდენს საავტომობილო ტრანსპორტის ეფექტურ მუშაობაზე. საგზაო საფარის ზედაპირზე სხვადასხვა სახის დაზიანება და ჩაღრმავებები იწვევს საწვავის გადახარჯვას ავტოსატრანსპორტის მოძრაობის დროს, ასევე იწვევს ვიბრაციის დონის ამაღლებას. დაჩქარებულ ცვეთას როგორც საგზაო საფარის, ასევე მოძრავი ავტომობილის. ამის შედეგად ქვეყანაში საავტომობილო ტრანსპორტით გადაზიდვის ღირებულება იზრდება 1,5-ჯერ, საწვავის ღირებულება კი 30%-ით, განვითარებული საზღვარგარეთის ქვეყნების ანალოგიურ მაჩვენებლებთან შედარებით. გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ საფარის საერთო ფართობის დაზიანების გაზრდა 1%-ით საშუალოდ იწვევს საწვავის ხარჯის ზრდას 1%-ით გზებზე მოძრაობის დროს.

ასფალტბეტონის საფარის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლების მოთხოვნათა ზრდა დაკავშირებულია მძიმე სატვირთო მანქანების რაოდენობის ზრდასთან მაგისტრალებზე და ამასთან ნათლად აჩვენებს საგზაო ბიტუმების ხარისხის არასაკმარის დონეს. ეს თავის მხრივ იწვევს საგზაო ასფალტბეტონების მუშაობის ვადის შემცირებას, ასფალტბეტონის ნაადრევ გამოსვლას მწყობრიდან, დაზიანებების

ინტენსიურ განვითარებას, როგორცაა პლასტიკური დეფორმაციები, ბზარები, ჩაღრმავებები და სხვა.

ადგილი აქვს ასფალტბეტონის საფარის მუშაობის რეალური ვადის მკვეთრად შემცირებას. საფარის ასეთი მცირევადიანი მუშაობის გამო საგზაო ორგანიზაციებს უხდებათ მრავალჯერადი სარემონტო სამუშაოების ჩატარება ექსპლუატაციის პირობებში. იხარჯება მნიშვნელოვანი მატერიალური, სამუშაო და ფინანსური რესურსები, არა საგზაო ქსელის და ახალი გზების მშენებლობაზე, არამედ უკვე არსებული სატრანსპორტო-ექსპლუატაციური მაჩვენებლების შენარჩუნებისათვის სტანდარტების დონეზე. ასფალტბეტონის მუშაობის ვადის გახანგრძლივება ბიტუმის ხარისხის გაუმჯობესების ხარჯზე, საშუალებას მოგვცემს, შევამციროთ სარემონტო სამუშაოები და გამოვანთავისუფლოთ მილიონობით ლარი მთლიანობაში საგზაო ქსელის გასაუმჯობესებლად.

ბიტუმის ხარისხი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს საგზაო ასფალტბეტონის საფარის მუშაობის ვადას, რამდენადაც ასფალტბეტონის ხარისხის დამახასიათებელი თავისებურებები, როგორც თერმოპლასტიკური მასალისა, განისაზღვრება ბიტუმის თვისებებით.

მაღალხარისხიანი ბიტუმების გამოყენების ეფექტურობა, რაც უზრუნველყოფს საგზაო ასფალტბეტონის საფარის მუშაობის გახანგრძლივებას, წარმოების ორგანიზაციას უყენებს ახალ ამოცანას, სადაც ბიტუმი წარმოადგენს მთავარ ბაზისურ კომპონენტს და ხარისხის აუცილებელი დონე მიიღწევა სხვადასხვა სახის მოდიფიცირებული კომპონენტების შეყვანის ხარჯზე. თუ ორგანული შემკვრელების გამოყენების ისტორია, საგზაო მშენებლობაში დაიწყო ნავთობის ბლანტი ნარჩენების გამოყენებით - გუდრონებით, რომლებიც შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც პირველი თაობის ნარჩენი ბიტუმები, მაშინ შემდგომში განხორციელებული იქნა გადასვლა ისეთ ბიტუმებზე, რომლებიც მიიღება გუდრონის საფუძველზე, სპეციალური გადამუშავებით,

მათი დამჟავებით ან ღრმად ვაკუუმური დისტილაციის გზით. ეს არის მეორე თაობის ბიტუმები, რომლებიც ამჟამად გამოიყენება. საგზაო საფარის მუშაობის გახანგრძლივების აუცილებლობა, ეფექტურობის ამაღლება, აყენებს აქტუალურ ამოცანას, მაღალხარისხიანი ბიტუმის შემკვრელის მე-3 თაობის მისაღებად და გამოსაყენებლად. ამ ტიპის შემკვრელის მისაღებად უშუალოდ ნავთობის ბიტუმი წარმოადგენს ბაზისურ კომპონენტს, რომლის საფუძველზეც ფორმირდება კომპლექსური ან კომპოზიციური ბიტუმის შემკვრელები, ეს შემკვრელები პასუხობენ მაღალ მოთხოვნებს, რაც გამოწვეულია ექსპლუატაციის კონკრეტული პირობებით. მოდიფიცირებული კომპონენტების სახით ბიტუმში შეიძლება შევიყვანოთ სხვადასხვა სახის პოლიმერული ან ელასტომერული დანამატები, რეზინის მარცვალი, ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერება, თხელდისპერსიული მინერალური შემავსებელი, მინერალური ან ორგანული ბოჭკოვანი ნივთიერება.

მოდიფიცირებულ ბიტუმის შემკვრელს ღებულობენ ბიტუმში სპეციალური დანამატის შეყვანით (მოდიფიკატორებით) რაც აუმჯობესებს ბიტუმის თვისებებს. მოდიფიცირებული ბიტუმის შემკვრელს მიეკუთვნება ბიტუმები, რომლებიც შეიცავენ დანამატს, რაც შეადგენს საერთო მასის 10%-ს. მოდიფიცირებულ ბიტუმებში ცნობილია სხვადასხვა სახის პოლიმერბიტუმის შემკვრელები, რეზინობიტუმის შემკვრელები, ბიტუმები მოდიფიცირებულნი ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებებით, ბუნებრივი ბიტუმებით და ასევე ნავთობქიმიური პროდუქტებით, რომლებიც მიიღება კოქსოქიმიის და სხვა ქიმიური პროცესების შედეგად.

კომპლექსური ორგანული შემკვრელები - ის შემკვრელებია, რომლებიც შედგებიან ორი ან მეტი კომპონენტებისაგან, რომელთა შემადგენლობაში ძირითადი კომპონენტი საერთო მასის 90%-ზე ნაკლებია. ასეთ შემკვრელებში კომპონენტების სახით შეიძლება გამოვიყენოთ ნავთობის და ბუნებრივი ბიტუმები, მძიმე ნავთობი, ქვანახშირის და ფიქალის ბიტუმები, ნავთობქიმიური, კოქსოქიმიური და ხე-ტყის ქიმიური

წარმოების დროს მიღებული პროდუქტები. ასეთ შემკვრელებს მიეკუთვნება კუპრობიტუმის და ბიტუმოკუპრის შემკვრელები, გოგირდბიტუმის შემკვრელები, შემკვრელები, რომლებიც მიღებულია მძიმე ნავთობის და ბუნებრივი ბიტუმების გამოყენებით. გადამუშავებული საპოხი მასალების რეგენერაციის ნარჩენებით და ასევე კომპოზიციური შემკვრელებით.

კომპოზიციურ შემკვრელებს მიეკუთვნება ნივთიერება, რომელიც შეიცავს სამზე მეტ კომპონენტს, სხვადასხვა მოდიფიცირებული დანამატის ჩათვლით, პლასტიფიკატორები, სტრუქტურული და მასტაბილიზირებელი დანამატები (მაგალითად, თხელდისპერსიული ფხვნილები და ბოჭკოვანი შემავსებლები).

კომპლექსური ორგანული შემკვრელის ყველაზე ცნობილი კომპონენტი ბუნებრივი ბიტუმის მასალებიდან გვევლინება ტრინიდატის ტბის ასფალტი და ასევე შემადგენლობა მომზადებული ბუნებრივ, ცეცხლგამძლე ბიტუმების საფუძველზე, ასფალტიტების ან გილსონიტების ტიპის. ბიტუმის შემკვრელებს მიეკუთვნება ასევე ასფალტის შემკვრელები, რომლებიც შედგებიან ბიტუმისა და მინერალური ფხვნილის ნარევისგან.

ბუნებრივია, რომ მოდიფიცირებული კომპონენტის ტიპი უნდა შეესაბამებოდეს გზის ექსპლუატაციის პირობების მოთხოვნებს. მაგალითად, რაიონებში სადაც ნესტიანი კლიმატია, უპირველესი ამოცანაა ბიტუმის ადგეზიური თვისებების ამაღლება, ხოლო სადაც მშრალი, კონტინენტური კლიმატია საჭიროა ბიტუმის პლასტიურობის ინტერვალის გაფართოება.

ძირითადი მოთხოვნები ბიტუმის შემკვრელების მიმართ ასეთია:

ბიტუმის შემკვრელებს უნდა ჰქონდეთ მაღალი ადჰეზიური თვისებები, მათი ძირითადი ფუნქციაა - ერთ მონოლითად შეკრას მინერალური მასალები (ღორღი, ქვიშა, მინერალური ფხვნილი) რომლებიც გამოიყენება ასფალტბეტონის მომზადებისას. არასაკმარისი ადჰეზიური უნარი იწვევს, ასფალტბეტონის დეზინტეგრაციის დაჩქარებას, საგზაო

საფარის ექსპლუატაციის პროცესში, ორმოების ფორმირებას. ზედაპირის აქერცვლას და ცვეთას, საფარის დაბალ წყალმდეგობას. სამწუხაროდ მოქმედი სტანდარტი GOCT 22245-90 ბლანტ საგზაო ბიტუმებზე, არ ითვალისწინებს ბიტუმის ადგეზიური თვისებების კონტროლს, თუმცა ბუტუმის ამ თვისებების კონტროლი გათვალისწინებულია მოქმედი GOCT 11508-74-ით.

ბიტუმის შემკვრელებს უნდა ჰქონდეთ მოთხოვნის შესაბამისი სიმტკიცე და დეფორმაციულობის მახასიათებელი საექსპლუატაციო ტემპერატურის მთელ დიაპაზონზე. უნდა აღინიშნოს, რომ ტემპერატურის წლიური დიაპაზონი, საფარის ზედა ფენაში ექსპლუატაციის დროს აღწევს 100°C და მეტს, რამდენადაც საფარის ზედაპირი ზაფხულის ცხელ დღეებში შეიძლება გახურდეს 60-65°C-მდე და მეტიც, ხოლო ზამთრის ტემპერატურა ღამის განმავლობაში მიაღწევს -30-40°C ყინვას, ზოგ რაიონში კი უფრო ქვემოთ. თუკი მოქმედი GOCT 22245-90 დაუშვებს ბიტუმის გამოყენებას სიმციფის ტემპერატურით -6°C (მარკა БНД60/90) მაშინ ცხადია [18], რომ ასეთ ბიტუმს არ შეუძლია უზრუნველყოს ასფალტბეტონის საფარის ბზარმდეგობა. შესაბამისად, თუ სტანდარტით ნორმირებული, ბლანტი ბიტუმის დარბილების ტემპერატურა დასაშვებია 35-51°C-მდე (მარკაზეა დამოკიდებული), მაშინ ასფალტბეტონის გაცხელებისას საგზაო საფარის ზედაპირზე 60°C-მდე და მეტი, სტაბილურობა ასეთი საფარისა პლასტიკური დეფორმაციების მიმართ არის არასაკმარისი. ეს იწვევს ტალღების, ორმოების და ჯდენების გაჩენას. პლასტიურობის ინტერვალი გამოსაყენებელი ბიტუმებისა, ევროპული ნაწილის ცენტრალური რეგიონებისათვის უნდა შეადგენდეს არა ნაკლებ 72-75°C, ხოლო კონტინენტური კლიმატის რაიონებისათვის არა ნაკლებ 80°C.

ბიტუმს უნდა გააჩნდეს დროის მიმართ აუცილებელი სტაბილურობის თვისება, ე.ი. მდგრადობა ტექნოლოგიური და ექსპლუატაციის ფაქტორების მიმართ.

ბიტუმის შემკვრელის თვისების მეორე მთავარ პირობას წარმოადგენს მისი ერთგვაროვნება, რამდენადაც არაერთგვაროვანი (ჰეტეროგენური) შემკვრელების გამოყენება არ იძლევა საშუალებას უზრუნველყოთ ГОСТ 9128-97-ით მოთხოვნილი ასფალტის ერთგვაროვნება და შესაბამისად საგზაო ასფალტბეტონის საფარის ხარისხის ერთგვაროვნება.

საგზაო ასფალტბეტონის საფარის ხანგრძლივი ვადის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია ვაკონტროლოთ ბიტუმის ის მაჩვენებლები, რომლებიც მას ექნება საგზაო საფარში, ე.ი. ტექნოლოგიური და ექსპლუატაციის ფაქტორების ზემოქმედების შემდეგ.

ბიტუმის შემკვრელის ხარისხის კონტროლის მთავარ ობიექტურ პირობად ითვლება ის, რომ მათი თვისების მაჩვენებლები განისაზღვროს გამოცდის მეთოდების შესაბამისად, რაც მაქსიმალურად ნათლად ასახავს მასალის მუშაობის რეალურ პირობებს საგზაო საფარში. ბიტუმის შემკვრელის ხარისხის კონტროლი, უნდა ეყრდნობოდეს არა გამოცდის პირობით მეთოდებს, არამედ ობიექტურ კრიტერიუმებს და მეთოდიკას.

ეს მეთოდიკა ითვალისწინებს ბიტუმის შემკვრელის მუშაობას საექსპლუატაციო პირობებში.

ტრადიციულად შემკვრელის სახით ასფალტბეტონის შემადგენლობაში განიხილავენ ბიტუმს. ის „მუშაობს“ ნარევეში მინერალურ ფხვნილთან ერთად და ახდენს ასფალტბეტონის შემკვრელის სტრუქტურის ფორმირებას. მინერალური ფხვნილი ასფალტბეტონის შემადგენლობაში არ წარმოადგენს ჩონჩხის წარმომქნელ კომპონენტს (რასაც მიეკუთვნება ღორღი და ქვიშა), ეს კომპონენტი არის ბიტუმის აქტიური სტრუქტურული შემავსებელი. ბიტუმის და მინერალური ფხვნილის თანაფარდობაზე ასფალტბეტონში და ამ კომპონენტების თვისებებზე არის დამოკიდებული ასფალტბეტონის თვისება.

ასფალტბეტონის დეფორმაციის თვისებები მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ასფალტის შემკვრელის თვისებებზე, რაც გამოიყენება

ასფალტბეტონის ნარევის მომზადების დროს. ეს გახდა პროფესორ სახაროვის მიერ შემუშავებული მეთოდის საფუძველი, რომელიც ჩატარდა წინა საუკუნეში ასფალტბეტონის შემადგენლობის დაპროექტებისას, ასფალტის შემკვრელის თვისების გათვალისწინებით.

ეს იმას ნიშნავს, რომ ასფალტბეტონის ნარევის შემადგენლობის სწორი პროექტირებისათვის, მთავარია ვიცოდეთ არა მარტო საწყისი ბიტუმის თვისება, არამედ ისიც თუ რა გავლენას მოახდენს ეს თვისება ასფალტის შემკვრელის თვისებაზე.

ბოლო კვლევები ამჟამად არასაკმარისია, თუმცა ბიტუმებზე და ასფალტბეტონებზე არაერთი მნიშვნელოვანი სამუშაოებია ჩატარებული.

ასფალტბეტონის შემკვრელის დეფორმაციულობის და სიმტკიცის თვისებათა შესწავლის მიზნით ჩატარებული იქნა ცდები, რომელიც მიმართულია გამოცდის მეთოდების არჩევაზე, რაც დამახასიათებელია ასფალტის შემკვრელებისთვის. ასევე მოხდა მოდიფიცირებული დანამატის გავლენის შეფასება ასფალტის შემკვრელებზე.

აღსანიშნავია, რომ ბიტუმის დეფორმაციულობის თვისება, რომლებიც განსაზღვრულია ГОСТ 22245-90-ის შესაბამისად, არის პირობითი. ეს მონაცემები არ წარმოადგენს საგზაო კონსტრუქციის რეალურ საექსპლუატაციო მონაცემებს. ამიტომაც ეს მეთოდები არაა რეკომენდირებული ასფალტის შემკვრელის თვისებათა შესასწავლად. თუ გავითვალისწინებთ ბიტუმის რეოლოგიური მოქცევის რთულ ხასიათს, მათი დეფორმაციული თვისებების შეფასება უნდა მოხდეს შესაბამის რეალურ ვითარებაში, მასალის მუშაობის და ექსპლუატაციის პროცესის დროს[16].

ასფალტბეტონის საფარის კონსტრუქციის გაანგარიშება ხორციელდება ჩალუნვის კრიტერიუმით ანდა გაჭიმვით ღუნვის დროს. ამის გათვალისწინებით ასფალტის შემკვრელის დეფორმაციული თვისებების გამოსაკვლევად მიღებული იქნა ასეთი მეთოდი: ცოცვადობა ჩალუნვის დროს. გამოცდისათვის ნიმუშები მზადდებოდა ბიტუმის და

მინერალური ფხვნილის ნარევით თანაფარდობით 1:4, რომელიც ხურდებოდა 160°C ტემპერატურაზე. ამ ნარევს ემატებოდა მოდიფიცირებული დანამატი. ცხელი ნარევი ისხმება ფორმაში ზომით 4x16სმ, საჭირო რაოდენობის ნიმუშების მისაღებად სისქით 2,5 სმ.

მომზადებული იქნა ასფალტის შემკვრელი ხუთი სხვადასხვა ნარევი: №1 შემადგენლობა შეიცავდა მხოლოდ ბიტუმსა და მინერალურ ფხვნილს (მოდიფიკატორის გარეშე). №2 შემადგენლობაში მოდიფიცირებულ კომპონენტებად გამოიყენებოდა - რეზინის მარცვალი (PK); №3 შემადგენლობაში - თხელდისპერსიული აქტიური ნახშირბადის შემცველი ფხვნილი (AII); №4 შემადგენლობაში - ბოჭკოვანი შემავსებელი (PIB); №5 შემადგენლობაში - ერთდროულად ორი შემავსებელი PK და PIB.

ასფალტის შემკვრელის ნიმუშები იცდებოდა ცოცვადობაზე ჩალუნვის დროს მუდმივი დატვირთვის ზემოქმედებით 25°C-ზე და 2°C-ზე კონუსური პლასტომეტრის ხელსაწყოთი.

ცოცვადობაზე გამოცდის შედეგებით განისაზღვრა სიბლანტის მაჩვენებელი და ასფალტის შემკვრელის ნიმუშის დრეკადობის მოდული. სიბლანტე გვევლინება ასფალტბეტონის დეფორმაციულობის თვისებების მთავარ მახასიათებლად. ამით შეიძლება შევაფასოთ პლასტიური დეფორმაციის დაგროვების ინტენსიობა საგზაო საფარის ექსპლუატაციის პროცესში. აქედან გამომდინარე შევაფასებთ საფარის მედეგობას იმასთან მიმართებით თუ როგორ განვითარდება სხვადასხვა სახის პლასტიური დეფორმაციები.

გამოცდის ჩასატარებლად დატვირთვა F (კგ) შეირჩეოდა გამოცდილი საშუალებით. ისე რომ ჩალუნვის საერთო დეფორმაცია გამოცდის დროს არ აღემატება 1-2 მმ. სიბლანტე გამოითვლებოდა ფორმულით $\eta = K(F \cdot t) / f$, სადაც K -მუდმივი გამოცდაა, F -მოქმედი დატვირთვის სიდიდე კგ-ში, f -ნიმუშის ჩალუნვის სიდიდის ცვლილება (სმ-ში) t -(წამებში)-დროის მონაკვეთი.

პლასტიურობის ხარისხი P (უგანზომილებო სიდიდე) გამოითვლება, როგორც დამოკიდებულების გრაფიკი $\lg f$ ($\lg t$) დახრის კუთხის ტანგენსი. დრეკადობის დინამიური მოდული E (მპა) გამოითვლება (დატვირთვის ხანგრძლივობით $t=0,02$ წმ) ფორმულით: $\lg E=A(1-P)+B$.

მიღებული შედეგების საფუძველზე აიგო დამოკიდებულების გრაფიკები $f(t)$ და $\lg f$ ($\lg t$) და გამოითვალა სიბლანტე, პლასტიურობის ხარისხი და დინამიურობის მოდული ყოველი ნიმუშისა. შედეგები მოყვანილია 1 და 2 ცხრილებში.

ასფალტის შემკვრელის გამოცდის შედეგები 25°C-ზე

ცხრილი 1

ასფალტის შემკვრელის შემადგენლობა	მაჩვენებლები 25°C		
	სიბლანტე, მპა.წმ	პლასტიურობის ხარისხი	დრეკადობის დინამიური მოდული, მპა
№ 1	12700	0,39	219,0
№ 2	26200	0,38	224,3
№ 3	24800	0,38	225,6
№ 4	81000	0,29	364,4
№ 5	66000	0,31	332,7

ასფალტის შემკვრელის გამოცდის შედეგები 2°C-ზე

ცხრილი 2

ასფალტის შემკვრელის შემადგენლობა	მაჩვენებლები 2°C		
	სიბლანტე, მპა.წმ	პლასტიურობის ხარისხი	დრეკადობის დინამიური მოდული, მპა
№ 1	12500000	0,20	575,2
№ 2	3000000	0,25	447,2
№ 3	9730000	0,22	524,1
№ 4	9250000	0,22	525,8
№ 5	4780000	0,24	468,5

ასფალტის შემკვრელის სიმტკიცის მახასიათებლების გამოსაკვლევად ასევე გამოყენებული იყო ნიმუშები - ზომით $4 \times 2,5 \times 16$ სმ, რომლებიც გამოიცადა სიმტკიცეზე დინამიკური ჩალუნვის დროს, ასევე მისი მუშაობის უნარი ციკლურ დინამიკურ ჩალუნვაზე.

სიმტკიცეზე გამოცდა ჩატარდა 20°C და 25°C-ზე ტემპერატურებზე ერთჯერადი დატვირთვით, რითაც განისაზღვრა ზღვრული დამანგრეველი დატვირთვის სიდიდე. იმავდროულად განისაზღვრებოდა ნიმუშების ზღვრული დეფორმაციის სიდიდე, დანგრევის მომენტში და ასფალტის შემკვრელის დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობა. მასალის დეფორმაციის სიჩქარე გამოცდის დროს იყო $V=250$ მმ/წთ. დაფიქსირებული იყო ზღვრული დატვირთვის მნიშვნელობა ნიმუშის დანგრევის მომენტში F , ასევე დატვირთვის მოქმედების დრო t . ამ დროის სიდიდით და V -ს მნიშვნელობით, განისაზღვრა ნიმუშის ჩალუნვის სიდიდე f_{kp} დანგრევის მომენტში ფორმულით $\epsilon_{kp}=6f_{kp}h/L^2$ განისაზღვრა ზღვრული ფარდობითი დეფორმაცია, ასფალტის შემკვრელისა გაჭიმვაზე ჩალუნვის დროს. სიმტკიცის მაჩვენებელი გამოითვლება ფორმულით: $R=3FL/2bh^2$, სადაც F - არის დამანგრეველი დატვირთვის სიდიდე, L -დაშორება საყრდენებს შორის, b -დირეს სიგანე, h -ნიმუშის სისქე. გამოცდის შედეგებით, დამატებით შეიძლება განისაზღვროს მოდული სიმტკიცის მაჩვენებელი დინამიკური ჩალუნვის დროს ფორმულით $E=FL^3/48f_{kp}M$, სადაც M - არის დირეს კვეთის ინერციის მომენტი. მიღებული მნიშვნელობა E შეესაბამება დატვირთვის მოქმედების ხანგრძლიობას t .

გარდა ამისა განსაზღვრულია ნიმუშების დაღლილობის ვადის მაჩვენებლები ციკლური დინამიკური ჩალუნვის პირობებში, დეფორმაციის მუდმივი ამპლიტუდის რეჟიმში. გამოცდა ტარდება 25°C ტემპერატურაზე, 0,7მმ დეფორმაციის ამპლიტუდით. ცდების შედეგებით განსაზღვრულია ციკლების რიცხვი. ნიმუშების დანგრევამდე და დაღლილობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა. დაღლილობის კოეფიციენტი m განისაზღვრა გამოთვლის გზით, ნიმუშების პლასტიურობის მონაცემების საფუძველზე და დატვირთვის ციკლის ხანგრძლივობით, t_0 გამოცდის პროცესში ფორმულით: $m=kPl_{ge}/(l_{ge}-Pl_{gto})$, სადაც k -არის კოეფიციენტი, რაც ითვალისწინებს ციკლური დატვირთვის რეჟიმის თავისებურებას, e -ნატურალური ლოგარითმის საფუძველი.

სიმტკიცეზე გამოცდის შედეგები, ერთჯერადი დატვირთვის დროს მოყვანილია მე-3 ცხრილში, დადლილობაზე გამოცდის შედეგები კი მე-4 ცხრილში.

ასფალტის შემკვრელების ნიმუშთა სიმტკიცის მახასიათებლები ცხრილი 3

ასფალტის შემკვრელის შემადგენლობა	სიმტკიცე, მპა. 25°C-ზე	ზღვრული დეფორმაცია 25°C-ზე	სიმტკიცე, მპა. 2°C-ზე	ზღვრული დეფორმაცია 2°C-ზე
№ 1	15,1	0,120	58,8	0,112
№ 2	25,2	0,133	65,5	0,125
№ 3	27,2	0,124	61,7	0,114
№ 4	55,4	0,129	74,7	0,118
№ 5	46,2	0,138	70,6	0,128

ცხრილი 4

ასფალტის შემკვრელების ნიმუშთა გამოცდის შედეგები დადლილობაზე

ასფალტის შემკვრელის შემადგენლობა	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
ციკლების რიცხვი დანგრევამდე	121520	206800	169200	182250	261360
დადლილობის კოეფიციენტი	0,22	0,21	0,21	0,18	0,19

როგორც მეოთხე ცხრილიდან ჩანს ასფალტის მოდიფიცირებული შემკვრელის დადლილობის ვადა, ორჯერ უფრო მეტად აღემატება იმ ასფალტის შემკვრელს, რომელიც არ შეიცავს მოდიფიკატორს.

ნიმუშების დანგრევის ენერგია გამოითვლება დატვირთვის ხაზოვანი ზრდის პირობიდან გამოცდის პროცესში ამ ფორმულით:

$A=0.5R_{f_{kp}}$. კილოგრამებში მიღებული შედეგი გადაყვანილია ჯოულში, როგორც მე-5 ცხრილში ჩანს მოდიფიცირებული დანამატი საშუალებას გვაძლევს ავამალოთ ენერგიის მაჩვენებელი, რისი დახარჯვაც საჭიროა მასალის დასანგრევად.

ცხრილი 5

სხვადასხვა შემადგენლობის ასფალტის შემკვრელის ნიმუშთა დანგრევის ენერგია

ასფალტის შემკვრელის შემადგენლობა	დანგრევის ენერგია, ჯ. 25°C-ზე	დანგრევის ენერგია, ჯ. 2°C-ზე
№ 1	114,7	500,8
№ 2	253,8	619,4
№ 3	260,7	533,1
№ 4	542,9	667,4
№ 5	483,1	685,0

მასალის დანგრევის ენერგია გვევლინება, როგორც კომპლექსური მაჩვენებელი, რაც გამოხატავს ერთდროულად მასალის სიმტკიცეს და მის ზღვრულ დეფორმაციულობას. ეს მაჩვენებელი მჭიდროდ არის დაკავშირებული მასალის დაღლილობის ხანგრძლიობასთან.

მე-5 სერიის შემადგენლობის ასფალტის შემკვრელზე ჩატარებულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა სხვადასხვა მოდიფიცირებული დანამატების ზეგავლენა ასფალტის შემკვრელის სიმტკიცის მახასიათებელზე. რეზინობიტუმის შემკვრელის გამოყენება, რომელიც შეიცავს 7%-იან რეზინის მარცვალს, ასფალტის შემკვრელის სიმტკიცეს ამაღლებს 60%-ით 25°C -ტემპერატურაზე - ჩვეულებრივ ბიტუმთან შედარებით, ხოლო 2°C-ზე 12%-ით.

სიმტკიცის მატებასთან ერთად იზრდება ასფალტის შემკვრელის ზღვრული დეფორმაციულობის სიდიდე.

ასფალტის შემკვრელის ნიმუშთა ზღვრული დეფორმაცია რეზინობიტუმის გამოყენების დროს მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე ჩვეულებრივი ბიტუმის გამოყენებისას.

აქტიური თხელდისპერსიული ფხვნილის დამატება უმნიშვნელოდ ზრდის სიმტკიცეს (7%-მდე), როგორც 2°C, ისე 25°C ტემპერატურაზე, ჩვეულებრივი ბიტუმით დამზადებულ ნიმუშებთან შედარებით.

ჩატარებული კვლევების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ მოდიფიცირებული დანამატის შეყვანა საშუალებას იძლევა შევცვალოთ

ასფალტის შემკვრელის დეფორმაციული მახასიათებელი, ფართო დიაპაზონში. ამით შეგვიძლია დავაპროექტოთ ასფალტის შემკვრელის და ასფალტბეტონის შემადგენლობა ისე, როგორც ეს შეესაბამება კონკრეტულ კლიმატურ და საექსპლუატაციო პირობებს, რათა უზრუნველყოფილი იქნას საგზაო ასფალტბეტონის საფარის ნორმალური და დიდხნიანი მუშაობა.

2.2. პოლიმერბიტუმები და მათი მიღების მეთოდები

პოლიმერბიტუმის შემკვრელის სტრუქტურაზე წარმოდგენის ანალიზს იმ დასკვნამდე მივყავართ, რომ მაკრომოლეკულური პოლიმერიდან წარმოქმნილი სივრცითი სტრუქტურის ბაღე წარმოადგენს გადამწყვეტ ფაქტორს, შემკვრელის ოპტიმალური თვისებების მისაღებად.

პოლიმერის კლასის არჩევა.

ხ.ესსერის მიერ მიღებული შედეგები და გამოქვეყნებული მასალები სიმპოზიუმზე „კაუჩუკის გამოყენება ბიტუმში“ აშშ-ში 1971 წელს, მოწმობენ იმაზე, რომ პოლიმერის ბადის სიმტკიცე პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელში იზრდება, დაწყებული პოლიმერის განსაზღვრული შემცველობიდან. ეს, როგორც ჩანს, აიხსნება კვანძების რაოდენობის გაზრდით ბაღეში ისე, რომ პოლიმერის ბუნება არ შეცვლილა ოღონდ ცხადია, რომ ბადის სიმტკიცე ასევე განისაზღვრება ბადის კვანძებში კავშირის სიმტკიცით, რომელიც დამოკიდებულია ურთიერთზემოქმედების ბუნებაზე (ქიმიური ან ფიზიკური). ცნობილია, რომ პოლიმერის კონცენტრაცია, რასაც ის წარმოქმნის ზემოლეკულიარულ სტრუქტურაზე, ხსნარში განისაზღვრება პოლიმერის ბუნებით, მისი მოლეკულური მასით, მაკრომოლეკულების ასოციაციის უნარით.

არსებობენ პოლიმერები, რომლებსაც გამოვლენილი აქვთ ძლიერი მიდრეკილება ასოციაციების მიმართ. მათ მიეკუთვნება პოლივინილქლორიდი და პოლიაკრინიტრილი. ასოციაციების წარმოქმნა პოლიმერების მაკრომოლეკულებისა, რომლებიც შეიცავენ ფუნქციონალურ

ჯგუფებს, ხდება ქიმიური კავშირების წარმოქმნით, მაგალითად წყალბადის. ვ.ა.კარგინის, ნ.ფ.ბოკევეის და სხვა ნაშრომებმა გვიჩვენეს კაუჩუკის ხსნარებში ზემოლეკულური სტრუქტურების წარმოქმნის გარდაუვალობა და რაც მეტია პოლიმერის მოლეკულური მასა, მით უფრო ნაკლები კონცენტრაციის დროს იქნება ასოციაციების წარმოქმნა.

ა.ს. კოლბანოვსკაიას მიერ აკდემიკოს პ.ა. რებინდერის ლაბორატორიაში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ ნატურალური კაუჩუკის „სმოკედ-ფარი“ (მოლეკულური წონა 174000) სივრცითი სტრუქტურული ბადე ბენზოლში წარმოიქმნება 7%-იანი შემცველობით, უფროეზო ნატრიუმბუტადიონის სინთეტიკურ კაუჩუკში კი მცირე მოლეკულური წონით (59000)- დაახლოებით 13%. სხვაგვარად, სავარაუდოდ ასოციაციები წარმოიქმნება სტერეორეგულარული პოლიმერების ხსნარებში. ცხადია, რომ თუ პოლიმერების მაკრომოლეკულებს მიდრეკილება აქვთ ასოციაციებისკენ, მაშინ ეს წარმოქმნის სივრცით ბადეს ბიტუმში უფრო მცირე კონცენტრაციის დროს, ვიდრე იმავე მოლეკულური მასის მქონე პოლიმერი, რომლის მაკრომოლეკულებს არა აქვთ მიდრეკილება ასოციაციებთან. უკანასკნელ შემთხვევაში - რაც მეტია პოლიმერის მოლეკულური მასა, მით უფრო ნაკლები შემცველობის პოლიმერების დროს წარმოიქმნება სტრუქტურული ბადე.

ზემოთ ნახსენები მონაცემები და გამოთქმული ვარაუდები გახდა საფუძველი ადრე გამოთქმული ჰიპოთეზისა, რომ პოლიმერის შემადგენლობა, რომელიც წარმოქმნის სივრცით სტრუქტურულ ბადეს ბიტუმში, განსაზღვრული იქნება პოლიმერის მაკრომოლეკულების უნარით ასოციაციებთან. სტრუქტურული ბადის სიმტკიცე - ბადის კვანძში კავშირების სიმტკიცით და კვანძების რაოდენობით, ელასტიურობა კი - ბადის კვანძებს შორის არსებული ჯაჭვების მოქნილობით.

ამასთან დაკავშირებით, პოლიმერების სივრცითი სტრუქტურული ბადის მისაღებად, გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მაკრომოლეკულების

უნარს ასოციაციისკენ. ამ ნიშნის მიხედვით ყველა პოლიმერი შეიძლება დავეყოთ ორ ჯგუფად.

1. პოლიმერები, რომელთა მაკრომოლეკულები ხასიათდებიან ასოციაციისკენ მიდრეკილებით. მათ მიეკუთვნებათ პოლიმერები, რომელთა მაკრომოლეკულები შეიცავენ ფუნქციონალურ ჯგუფებს და შეუძლიათ წარმოქმნან მტკიცე სივრცითი სტრუქტურული ბადე, ამ უკანასკნელთა ურთიერთზემოქმედების ხარჯზე, ან ასფალტენების ფუნქციონალურ ჯგუფებთან სტრუქტურის „შეწყვილებით“ ამ „შეწყვილების“ დროს წარმოიქმნება ქიმიური კავშირები; ან ბლოკსოპოლიმერები, რომელთა მაკრომოლეკულები შეიცავენ ბლოკებს. მათ აქვთ ასევე უნარი წარმოქმნან ბადე ურთიერთზემოქმედების შედეგად და შეწყვილდნენ ასფალტენებთან, მაგრამ ამასთან ქმნიან ფიზიკურ კავშირებს.

2. პოლიმერები, რომელთა მაკრომოლეკულები არ არიან მიდრეკილნი ასოციაციებისკენ. მათ მიეკუთვნებათ პოლიმერები, რომელთა მაკრომოლეკულებს აქვთ უნარი წარმოქმნან სივრცითი ბადე. მხოლოდ შემთხვევით ჩაჭიდებული და გადახლართული ჯაჭვების მეშვეობით (ნატურალური და სინთეტიკური კაუჩუკები, პოლიეთილენი, პოლიპროპილენი და ასე შემდეგ)[4].

ბიტუმში სტრუქტურული ბადის მისაღებად, საჭიროა პირველი ჯგუფის პოლიმერებზე ორიენტირება. ოღონდ პოლიმერის სივრცითი ბადის წარმოქმნა ასოციაციებისკენ მიდრეკილი მაკრომოლეკულებისგან, მაგალითად ქიმიური კავშირების ხარჯზე, პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მომზადების, ტექნოლოგიური პროცესების სტადიაში, მისი გაერთიანება მინერალურ მასალებთან და ბიტუმომინერალური ნარევის დაგება საფარში, გააუარესებდა ასეთი ნარევის ტექნოლოგიურ თვისებებს. ამოტომაც უნდა ავირჩიოთ ის პოლიმერები, რომელთა მაკრომოლეკულებს აქვთ მიდრეკილება ასოციაციებისადმი, მაგრამ წარმოქმნიან ან მთლიანად ტიქსოტროპულად აღდგენის უნარის მქონე ბადეს, ან წარმოქმნიან ბადეს.

ყველა ტექნოლოგიური პროცესის დამთავრების შემდეგ ამასთან აუცილებელია კარგად გავავრცელოთ პოლიმერი ბიტუმში, სასურველია მოლეკულურ დონეზე, ერთგვაროვანი სისტემის მისაღებად და მთელი შეყვანილი პოლიმერის მეტნაკლებად ეფექტური გამოყენებისთვის. ამასთან, ამავე მოსაზრებით, უნდა გამოვრიცხოთ ბიტუმში პოლიმერის დესტრუქცია. გარდა ამისა საგზაო საფარის მუშაობის პირობებიდან გამომდინარე აუცილებელია, რათა პოლიმერმა შეინარჩუნოს გამართულობა, საექსპლუატაციო ტემპერატურათა ყველა დიაპაზონში. ამასთან დაკავშირებით უმთავრეს მნიშვნელობას იძენს პლასტიფიკატორის არსებობა პოლიმერულ-ბიტუმის შემკვრელში, რომელიც უზრუნველყოფს პოლიმერის მაქსიმალურ ეფექტურობას და საფარის ბზარმედეგობას.

ამრიგად მუშაობის თეორიული ფონი, ბიტუმის სტრუქტურაზე და პოლიმერებზე წარმოდგენა და საგზაო საფარში ბიტუმის მუშაობის პირობები საშუალებას გვაძლევს ჩამოვყალიბოთ პოლიმერების კლასთან შემდეგი მოთხოვნები. მათი შეყვანის დროს ბიტუმში შეიძლება მივიღოთ პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელი საჭირო თვისებებით. მინიმალური შემადგენლობის დროს:

- 1) პოლიმერის მაკრომოლეკულებს უნდა გააჩნდეთ ასოციაციისკენ მიდრეკილება.
- 2) პოლიმერი სწრაფად და კარგად უნდა გავრცელდეს, ბიტუმის დისპერსიულ არეში, დესტრუქციის გარეშე.
- 3) პოლიმერმა ბიტუმში უნდა წარმოქმნას ისეთი სტრუქტურული ბადე, რომელიც შეინარჩუნებს სიმტკიცეს არა ნაკლებ 70°C ტემპერატურაზე და ელასტიურობას -60°C - ტემპერატურაზე.
- 4) პოლიმერის სტრუქტურული ბადე უნდა წარმოქმნას ბიტუმში, ბიტუმომინერალური ნარევის დატკეპნის დამთავრების შემდეგ, ან შექცევადად დაინგრეს დატკეპნის პროცესში წარმოქმნილი რეალური დაძაბულობის ზემოქმედებით.

ყველა არსებული პოლიმერები (ათასზე მეტი სახელწოდებით), დაჯგუფდნენ ოთხ კლასად დაწვრილებითი ანალიზისთვის.

1. კაუჩუკისმაგვარი (ელასტომერები)
2. პლასტმასები (თერმოპლასტები)
3. ფისები (რეაქტოპლასტები)
4. თერმოპლასტიური რეზინები (თერმოელასტოპლასტები)

კაუჩუკისმაგვარი პოლიმერების - ელასტომერების მაგალითებია დივინილსტიროლური სოპოლიმერები მარკით CKC, CKC-III, ნატურალური კაუჩუკები და ა.შ.

ამ პოლიმერებს არავულკანიზირებულ მდგომარეობაში გააჩნიათ დაბალი სიმტკიცე, რომელთაც აქვთ უნარი ცივ ნაკადად იქცნენ. ბიტუმის სტრუქტურული ბადის საკმაო სიმტკიცის მისაღებად და მის შესანარჩუნებლად მათი შემადგენლობა უნდა იყოს 8%. ამ დროს არსებითად მატულობს შემკვრელის სიბლანტე.

პლასტმას-თერმოპლასტების მაგალითად შეიძლება გამოვადგეს პოლიპროპილენი, პოლიეთილენი, პოლისტიროლი ნავთობპოლიმერული ფისები. ამ პოლიმერებს გააჩნიათ მაღალი სიმტკიცე, ოღონდ აქვთ არასაკმარისი ბზარმედეგობა და ელასტიურობა.

რეაქტოპლასტ-ფისების მაგალითად შეიძლება გამოვიყენოთ ეპოქსიდური, კარბომიდული და სხვა ფისები.

ამ პოლიმერებს, სივრცითი სტრუქტურის შესაქმნელად, სჭირდებათ გამამყარებელი და რეაქციის შემდეგ ხდებიან ძალიან მყარი და მყიფე. მათი გამოყენების დროს პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მოსამზადებლად, პირველ რიგში წარმოიქმნება საშიშროება პოლიმერასფალტბეტონის ნარევის ტექნოლოგიურ თვისებათა მკვეთრი გაუარესებისა, პრაქტიკულად გამამყარებლის შეყვანისთანავე, მეორე რიგში, უარყოფით ტემპერატურაზე სავსებით შესაძლებელია საფარის სიხისტის გაზრდა. გამყარების სპეციალური შემაფერხებლის გამოყენება ართულებს და აძვირებს სისტემას. გარდა ამისა, რეაქტოპლასტების ეფექტურობა გამოვლინდება,

როგორც წესი, ბიტუმში მათი დიდი შემცველობის დროს - 10%-ზე მეტი მასაში.

თერმოპლასტიური რეზინების მაგალითად-თერმოელასტოპლასტიკისა გვევლინება ბუტადიენის ბლოკსოპოლიმერები და სტიროლი CBC ტიპი, მარკით CBCЛ30-01A, CBC P30-00A, ДСТ-30-01B, ДСТ-30-01, ДСТ-30P-01; Kraton-ის მარკა - D1184, D1186, D1101, DS1102, D1192, D0243 - ფირმა კრატონი (ქარხნები ევროპაში, ჩინეთში სამხრეთ და ჩრდილოეთ ამერიკაში); ლუპრენეს (Luprene) მარკა 411, 501, 512 - ფირმა LG (კორეა); მარკა KTR 103, 201 - ფირმა (Kumho) კუმო (კორეა), Calprene-ს მარკა 411, 501- ფირმა დინანსოლი (Dinansol) – (ესპანეთი).

როგორც ჩანს, არსებული ზემოთჩამოთვლილი პოლიმერების კლასებიდან, წარმოდგენილ მოთხოვნებს აკმაყოფილებენ თერმოელასტოპლასტიკები. ეს შედარებით ახალი კლასია პოლიმერებისა, რომლებიც აერთიანებენ თავიანთ თავში ერთდროულად პლასტმასებისათვის დამახასიათებელ მაღალ სიმტკიცეს და ელასტომერებისთვის დამახასიათებელ ელასტიურობას.

თერმოელასტოპლასტიკები ინარჩუნებენ უნარს მაღალელასტიურ დეფორმაციების მიმართ ტემპერატურის დიაპაზონში + 80-დან - 80°C- მდე. სივრცითი სტრუქტურული ბადის მუშაობის ხარჯზე. ეს ხდება ფიზიკური კავშირების მეშვეობით, პოლისტიროლის სამბლოკოვანი მაკრომოლეკულების გარე ბლოკებს შორის. ამ დროს წარმოიქმნება სტრუქტურული ბადის კვანძები - დომენები.

მოცემული დავალების გადასაჭრელად შეირჩა თერმოელასტოპლასტიკები - ბუტადიენის ბლოკსოპოლიმერები (B) და სტიროლი (C) ტიპი CBC ამჟამად ეს პოლიმერი მზადდება საწარმოო მასშტაბით მთელ მსოფლიოში და ნაწილობრივ რუსეთში მარკით ДСТ.

არსებულ პოლიმერთა ჯგუფების ანალიზი ბიტუმში დამატების მიზნით, გვიჩვენებს, რომ კაუჩუკისმაგვარ პოლიმერებს, როგორც წესი, არ გააჩნიათ სპეციფიკური ურთიერთზემოქმედების უნარი, ამიტომ ბადის

წარმოსაქმნელად საჭიროა მათი დიდი რაოდენობა. გარდა ამისა, არავულკანიზირებულ მდგომარეობაში ისინი ხასიათდებიან მცირე სიმტკიცით. შესაძლებელია, რომ ბიტუმში სწრაფად მივიღოთ სტრუქტურული ბადე კაუჩუკების მაკრომოლეკულებისაგან ვულკანიზატორების შეყვანის გზით, მაგრამ მისი რაოდენობა უნდა იყოს ძალიან მნიშვნელოვანი და გარდა ამისა აუცილებელია ვულკანიზაციის შენელება, რათა ვულკანიზაციის პროცესი მოხდეს უკვე გამკვრივებულ საფარში. ასეთი პროცესი ამჟამად არარეალურია.

თერმოპლასტიკური პოლიმერები, არიან ეფექტურები, მხოლოდ მაშინ როცა მათი რაოდენობაა წონის 10-20%, ხოლო სიბლანტე ასეთი პოლიმერ ბიტუმის შემკვრელების ტემპერატურათა დიაპაზონში, მათი გაერთიანების დროს მინერალურ მასალებთან ისე მაღალია, რომ ეს პროცესი ხდება არატექნოლოგიური.

თერმორეაქციული პლასტმასები ბიტუმში ეფექტურია მხოლოდ გამამყარებლის ყოფნის დროს, ხოლო ქიმიურად შეუქცევად კავშირებს, რომლებიც წარმოიქმნება ამ დროს, შეუძლიათ დაარღვიონ ასფალტბეტონის ნარევის ტექნოლოგიური რეჟიმები და მათგან საგზაო სამოსის მოწყობა.

თერმოელასტოპლასტები-ახალი კლასის პოლიმერებია, რომლებიც შექმნილია სინთეტიკური კაუჩუკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიერ (ВНИИСК). ამ პოლიმერს გააჩნია ერთდროულად მაღალი სიმტკიცე და ელასტიურობაც. თერმოელასტოპლასტების გამოშვება 1965 წელს დაიწყო ვორონეჟის სინთეტიკური კაუჩუკის ქარხანაში[17].

თერმოელასტოპლასტები ინარჩუნებენ მაღალ სიმტკიცეს და უნარს მაღალელასტიური დეფორმაციების მიმართ ტემპერატურათა დიაპაზონში + 80-დან - 80°C- მდე, სივრცითი სტრუქტურული ბადის მუშაობის ხარჯზე. ეს ბადე წარმოიქმნება მტკიცე ფიზიკური კავშირების წყალობით, (ვან-დერ-ვაალსის ძალებით) პოლისტიროლის მაკრომოლეკულების ბლოკებს შორის. კერძოდ СБС ტიპის ბლოკსოპოლიმერი შედგება სამი ბლოკისგან: ბლოკის ცენტრში პოლიდივინილი, ბლოკის გვერდებზე კი პოლისტიროლი.

პოლისტიროლის ბლოკები ფიზიკური კავშირების წყალობით წარმოქმნიან სივრცითი, სტრუქტურული ბადის კვანძებს, რომლებმაც მიიღეს სახელწოდება-დომენები. სწორედ ისინი განაპირობებენ თერმოელასტოპლასტების მაღალ სიმტკიცეს (30 მპა-მდე) ყოველგვარი ვულკანიზატორების დაუხმარებლად. 90°C-ზე მაღალი ტემპერატურის დროს დომენები იშლებიან პოლისტიროლის ცალკეულ ბლოკებად და ბლოკსოპოლიმერი გადაიქცევა ხაზოვან პოლიმერად, რომელიც შედგება სამბლოკოვან მაკრომოლეკულებისგან, მცირე მოლეკულური მასით, რაც საკმაოდ სწრაფად ვრცელდება ბიტუმში. 90°C-ზე, ნაკლები ტემპერატურის დროს პოლისტიროლის ბლოკები შექცევადად ერთიანდებიან დომენებში და წარმოქმნიან ბიტუმში სივრცით სტრუქტურულ ბადეს, რომელიც წარმოადგენს პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელი სტრუქტურის პრინციპულად განსხვავებულ თავისებურებას. თერმოელასტოპლასტების დესტრუქციის ტემპერატურაა 190-210°C.

ბიტუმში სივრცითი-სტრუქტურული ბადე ალბათ უნდა ჩამოყალიბდეს პოლიმერების მცირე შემცველობის დროს, მაკრომოლეკულების ასოციაციისკენ მიდრეკილების ხარჯზე-პოლისტიროლის ბლოკების ურთიერთზემოქმედება ერთმანეთს შორის. ამ შემთხვევაში პოლიმერი შეიძლება იყოს შედარებით მცირე მოლეკულური მასის მქონე, რაც საშუალებას მოგვცემს, რომ ის სწრაფად გავავრცელოთ ბიტუმში.

2.2.1. ტექნოლოგიური პროცესის არჩევა პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მომზადების დროს

პროცესის არჩევის კრიტერიუმებად, პირველ რიგში აუცილებელია კარგად და სწრაფად გავავრცელოთ პოლიმერები დისპერსიულ გარემოში. დესტრუქციის გარეშე. მეორე პირობა მოითხოვს მათი მომზადების და გამოყენების რაციონალური ტექნოლოგიური სქემა, შემუშავებული იყოს, მისი განხორციელების შესაძლებლობის გათვალისწინებით,

ნავთობგადამამუშავებელ საწარმოებში და სპეციალიზებული ბიტუმის ქარხნებში, ასევე მარტივად აღჭურვილი ასფალტბეტონის ქარხნების პირობებში, ტექნოლოგიური სქემის შეუცვლელად. ეს პროცესი უნდა ჩატარდეს ისე, რომ არ გაუარესდეს ტექნოლოგიური რეჟიმი ბიტუმომინერალური ნარევის მომზადების დროს.

საზღვარგარეთ პოლიმერები, როგორც წესი, ბიტუმში შეჰყავთ მყარი სახით (კროშკა, ფირფიტა, გრანულები) და ასევე როგორც ლატექსები. ბიტუმისა და პოლიმერების გაერთიანების ტექნოლოგია და ერთმანეთში შერევის რეჟიმები დამოკიდებულია პოლიმერების სახეობაზე და ჯგუფებზე ასევე ბიტუმის მდგომარეობაზე (დნობა, ემულსია). ეს ყველაფერი განსაზღვრავს პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის სტრუქტურას, მის ერთგვაროვნებას.

არსებული მონაცემების თანახმად პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელს-ღებულობენ ქვემოთ ჩამოთვლილი მეთოდებიდან ერთ-ერთი მეთოდის საშუალებით.

1. პოლიმერის შეყვანა მყარი სახით გამდნარ ბიტუმში;
2. პოლიმერის შეყვანა ლატექსის სახით გამდნარ ბიტუმში;
3. პოლიმერის შეყვანა ლატექსის სახით ბიტუმის ემულსიაში;
4. პოლიმერის ხსნარის შეყვანა გამდნარ ბიტუმში;
5. ბიტუმში პოლიმერის გარდა გამამყარებელი დანამატის შეყვანა
6. ბიტუმების და პოლიმერების კომბინაცია, რომლებიც შეიცავენ ფუნქციონალურ ჯგუფებს.

აშშ-ში, გერმანიაში, ჰოლანდიაში უფრო მეტად გავრცელებულია პირველი მეთოდი. პოლიმერი ბიტუმში შეჰყავთ ფხვნილის სახით, რომელსაც შეწებების თავიდან ასაცილებლად დააყრიან მინერალურ შემავსებელზე. შერევა, როგორც წესი ხდება ძლიერი მექანიკური ზემოქმედებით და მაღალ ტემპერატურაზე 160-180°C (ზოგჯერ 200°C-ზე მეტი) ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. შესაძლებელია კაუჩუკის პირდაპირი შეყვანა ასფალტბეტონის ნარევაში. ამისათვის კაუჩუკის

ფხვნილს ანდა დაფქვილ რეზინას რამდენიმე წამის განმავლობაში ურევინებენ მშრალ მინერალურ მასალასთან, შემდეგ მოასხამენ ბიტუმს და ამას ურევინებენ 1-2 წუთს. ეს ძალიან უბრალო პროცესია, მაგრამ რეკომენდირებულია იმ შემთხვევაში თუ ვიყენებთ ავტოსაბურავის გადამუშავებულ რეზინას, რადგან რაიმე ეფექტის მისაღებად საჭიროა შევიყვანოთ რეზინის მარცვალი (კროშკა) რომელიც შეადგენს ბიტუმის წონის 25-50%-ს.

უაღრესად საინტერესო და პერსპექტიულია პოლიმერების შეყვანის მეთოდი ასფალტბეტონის ნარევიში, ახლადწარმოქმნილი მინერალური ფხვნილის ზედაპირის წინასწარი აქტივიზაციით პოლიმერის მიერ. ეს მეთოდი დამუშავებულია „სოიუზდორნიის“ მიერ.

პოლიმერის თანაბარზომიერი განაწილება ბიტუმში შესაძლებელია როცა იგი შეგვყავს ლატექსის სახით. ამ შემთხვევაში შესაძლოა ბიტუმში ლატექსი შევიყვანოთ 100°C-მდე გახურებულ მდგომარეობაში, შემდგომი შერევით ერთგვაროვან მდგომარეობამდე. ამავე დროს თანდათანობით უნდა ხდებოდეს ტემპერატურის მატება წყლის მოსაცილებლად და ასევე უნდა მივაღწიოთ შემკვრელის სამუშაო ტემპერატურას, ანდა ლატექსის შეყვანა ბიტუმში, რომელიც გახურებულია სამუშაო ტემპერატურამდე უნდა მოვახდინოთ პატარა პორციებით მუდმივი არევით, რათა მოხდეს წყლის მყისიერი აორთქლება.

ლატექსი შეიძლება შევიყვანოთ უშუალოდ მინერალურ ნარევიში ასფალტბეტონის მიქსერში, სველი შერევის დასაწყისში. ბიტუმის ემულსიაში ლატექსის შეყვანის დროს, პოლიმერი სწრაფად ვრცელდება ბიტუმში, ისე რომ არაა საჭირო საწყისი კომპონენტების შეთბობა. გარდა ამისა შესაძლებელია სამუშაოთა წარმოების ცივი პროცესები. ეს მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იქნას წარმოებაში, სადაც ხელმისაწვდომია შესაბამისი ემულგატორები. ამ შემთხვევებში კაუჩუკისმაგვარი მასალების თვისების გამოვლინება კონსტრუქციაში ექსპლუატაციის საწყის პერიოდში არაა აუცილებელი.

მეოთხე მეთოდი პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მოსამზადებლად მდგომარეობს შემდეგში: პოლიმერი ბიტუმში შეყავთ ნახშირწყალბადოვანი ფრაქციების ხსნარებიდან. ამ მეთოდის უდავო უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ ხდება პოლიმერის ეფექტური და სწრაფი გავრცელება ბიტუმში, მოლეკულურ დონეზე. ეს მეთოდი განსხვავდება წინა მეთოდებისგან იმით, რომ პოლიმერის გავრცელება უკეთეს შემთხვევაში ხდება კოლოიდური ზომების დონეზე.

ამ მეთოდით პოლიმერი იხსნება მძიმე გამხსნელში და ამ ხსნარს იყენებენ ბიტუმების გათხევადებისათვის, რომელთაც აქვთ ბლანტი მარკები, ანდა პოლიმერის ხსნარს ამზადებენ მსუბუქ გამხსნელში და ბიტუმში შეყავთ 160-170°C -ზე, შემდეგ კი აცილებენ გამხსნელს და იყენებენ ხელმეორედ. ყველა ზემოთჩამოთვლილი ოთხი მეთოდი, პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მომზადებისას, გვთავაზობს ფიზიკურ ურთიერთზემოქმედებას პოლიმერსა და ბიტუმს შორის. შემდეგი ორი პროცესის დროს ხდება ქიმიური ურთიერთზემოქმედება.

მეხუთე მეთოდით ბიტუმში პოლიმერის გარდა შეყავთ ვულკანიზატორი ანდა გამამყარებელი. ამ მეთოდის პერსპექტიულობა უდავოა, რადგან ამით ვიღებთ საგზაო საფარს, რომელსაც გააჩნია პრაქტიკულად ნებისმიერი თვისებების კომპლექსი.

მექვსე მეთოდით ხდება ბიტუმში შეყვანა პოლიმერებისა, რომლებიც შეიცავენ ფუნქციონალურ ჯგუფებს. ეს მეთოდი საკმაოდ ეფექტურია ისეთი ბიტუმებისთვის, რომლებიც შეიცავენ ასფალტენების მნიშვნელოვან რაოდენობას. ქიმიური საშუალებებით მომზადებული პოლიმერ-ბიტუმების შემკვრელის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ ამ მეთოდით ვიღებთ ისეთ საფარს, რომლებიც არიან მდგრადი აგრესიულ გარემოში და გამოირჩევიან მაღალი სიმტკიცით.

პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მისაღებად ჩამოთვლილი საშუალებების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მათ ახასიათებს შემდეგი ნაკლოვანებები:

- პირველი მეთოდი - ძნელია პოლიმერის ბიტუმში მექანიკური გავრცელება და ხდება ბიტუმის და პოლიმერის დესტრუქცია მაღალი ტემპერატურის ხანგრძლივი ზემოქმედებით, ასევე ჟანგბადით და ძვრის დაძაბულობით.

- მეორე მეთოდი - აუცილებელია წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობის მოცილება, შეყვანა ეფექტური დანამატების, რაც გამორიცხავს აქაფებას; ლატექსების შემადგენლობის მრავალკომპონენტურობა, რაც საშუალებას არ იძლევა მიღებული პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის თვისებების ზუსტი პროგნოზირებისა; პოლიმერის კოლოიდური ნაწილაკების ზომები ლატექსში, რაც ხელს უშლის პოლიმერის ეფექტურ განაწილებას ბიტუმში; პოლიმერის შესაძლო დესტრუქცია ბიტუმში.

- მესამე მეთოდი - წარმოებაში აუცილებელი ემულგატორების არქონა და შეუძლებლობა პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის ელასტიური თვისებების გამოვლენისა, საფარის ექსპლუატაციის საწყის ეტაპზე.

- მეოთხე მეთოდი - ტოქსიკური ადვილალეზადი გამხსნელების არსებობა; მძიმე გამხსნელების გამოყენების შემთხვევაში ასფალტბეტონის სიმტკიცის დაკლება; ბიტუმის და პოლიმერის დესტრუქციის შესაძლებლობა, ასევე მოწყობილობის სირთულით თუ დაგჭირდება გამხსნელის გამოყვანა. ამ შემთხვევაში გამორიცხული იქნება ის უპირატესობა, რაც გააჩნიათ გათხევადებულ გამხსნელებს.

- მეხუთე და მეექვსე მეთოდების ნაკლოვანებაა - ახლანდელ დროში ვულკანიზატორების, გამამყარებლების არ ქონა. ასევე არქონა პოლიმერებისა ფუნქციონალური ჯგუფებით, რომლისთვისაც საჭირო იქნება ჩატარდეს ყველა ტექნოლოგიური ოპერაცია პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მოსამზადებლად და საგზაო საფარის მოსაწყობად ამ შემკვრელის გამოყენებით.

ამ მეთოდებიდან ყველაზე რეალური და მიზანშეწონილია მეოთხე მეთოდი - პოლიმერის ხსნარის შეყვანა ბიტუმში, რაც საშუალებას გვაძლევს პოლიმერი გავავრცელოთ მოლეკულურ დონეზე. ოღონდ იმისთვის რათა

გამოვრიცხოთ ან შევამციროთ ნაკლოვანებები, რაც ახასიათებს არსებული მეთოდის ორ ვარიანტს აუცილებელია მივიღოთ შემდეგი პირობები:

1. ძვრის მიმართ მდგომარეობა, ბზარმდეგობა, წყალ და ყინვამდეგობა, მდგრადობა პოლიმერასფალტბეტონის დაძველების მიმართ, პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის გამოყენებით მომზადებულ შემკვრელს, უნდა ჰქონდეს არანაკლები მოთხოვნა, რაც გააჩნია ასფალტბეტონის მოქმედი სტანდარტით.

ასევე უნდა გავითვალისწინოთ კლიმატური პირობები და ავტომობილების მოძრაობის პირობები, რასაც უზრუნველყოფს საგზაო საფარის ხარისხი - დეფექტების ნაკლებობა ექსპლუატაციის მთელი ვადის განმავლობაში, საგზაო სამოსის კაპიტალურ რემონტამდე.

2. პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის მომზადების და გამოყენების ტექნოლოგიური პროცესი უნდა აკმაყოფილებდეს სახანძრო უსაფრთხოების და ასევე უსაფრთხოების ტექნიკის წესებს, საწვავ ნივთიერებებთან მუშაობის დროს. გაზის გამონაბოლქვი არ უნდა აჭარბებდეს დასაშვებ ნორმებს.

ამრიგად, შემკვრელის მოსამზადებლად მიღებულია მეთოდი, რომლის მიხედვითაც ბიტუმში უნდა შევიყვანოთ პოლიმერის ხსნარი. პოლიმერის ხსნარი შეყავთ ბიტუმში სამუშაო ტემპერატურაზე და მისი არევა მიმდინარეობს სანამ არ მივიღებთ ერთგვაროვან მდგომარეობას. ტექნოლოგიური მოწყობილობის თავისებურებების გათვალისწინებით, შეიძლება თავიდან დავამატოთ გამხსნელის გარკვეული რაოდენობა, რაც დამოკიდებულია პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის დამუშავებულ შემადგენლობაზე, ან პოლიმერის ხსნარი ბიტუმის ნარევი და პლასტიფიკატორი ბიტუმში. ნებისმიერ შემთხვევაში თავდაპირველად ირჩევენ შემკვრელის სტრუქტურას - თერმოელასტოპლასტის შემადგენლობას, პლასტიფიკატორს, ზედაპირულ-აქტიურ ნივთიერებას (ზან). ეს კეთდება ექსპლუატაციის პირობებზე დამოკიდებული საფარის მისაღებად. (კლიმატური პირობები და მოძრაობის პირობები). ასევე

გათვალისწინებულია დარბილების ტემპერატურა და სიმყიფე. განსაზღვრული უნდა იყოს, მოცემულ ობიექტზე მინერალურ მასალებთან შემკვრელის ადგეზიის უნარი, მოქმედი სტანდარტების მიერ რეგლამენტირებულ მოთხოვნათა შესაბამისად.

2.3. მოდიფიცირებული ბიტუმის ქვის მასალასთან მიკვრა და პოლარობა

ცნობილია, რომ ყველაზე კარგი ბიტუმის გამოყენებაც კი ყოველთვის არ იძლევა საგზაო სამოსის მაღალი ხარისხის გარანტიას. ასფალტის ხარისხი და დიდხნიანობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ორგანული შემკვრელის-ბიტუმის შემადგენლობასა და ხარისხზე; მინერალური შემავსებლის ხარისხზე და გრანულომეტრიულ შემადგენლობაზე; მაჩვენებელთა რეჟიმის დაცვაზე წარმოებისა და ასფალტბეტონის ნარევის დატკეპნის დროს: საგზაო საფარის ექსპლუატაციის პირობები და სხვა ფაქტორები.

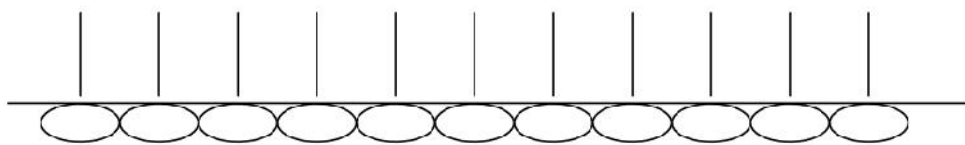
ამ პრობლემების გადაწყვეტის ძიების მიზანი მდგომარეობს, საავტომობილო გზების ხარისხის ამაღლება და მათი ურემონტო ვადის გაზრდა ექსპლუატაციისათვის.

ბიტუმი, არსებითად ასფალტბეტონის შემადგენლობაში წარმოადგენს წებოს, რომელიც ამაგრებს, მოცემული გრანულომეტრიული შემადგენლობის, მინერალური შემავსებლის მტკიცე ნაწილაკებს და ამით ქმნის ერთიან მტკიცე მონოლითს. ამ თვალსაზრისიდან გამომდინარე ბიტუმს უნდა ქონდეს შემდეგი თვისებები: მინერალურ მასალასთან კარგი მიკვრის უნარი, მაღალი ადჰეზია, მედეგობა ატმოსფეროს მიმართ, უზრუნველყოს საანგარიშო სიმტკიცე და დიდხნიანობა ასფალტბეტონისა და შესაძლო ნაკლები დროებითი დამოკიდებულება საფარის ექსპლუატაციის გარე პირობებზე.

მოდიფიცირებული ბიტუმის პოლარობა განისაზღვრება პოლარულ და არაპოლარულ გამხსნელებში ხსნადობათა ფარდობით $a=(A/B) \cdot 100\%$,

სადაც a-ხსნადობის კოეფიციენტი; A-ორგანული შემკვრელის ხსნადობა მეთილის სპირტში; B-ხსნადობა ბენზოლში. მოდიფიცირებული ბიტუმის ხსნადობის კოეფიციენტი შეადგენს 5-35,

მოდიფიცირებული ბიტუმის ზედაპირული დაჭიმულობის განსაზღვრა რთულია, ამიტომ შესაძლებელია ვისარგებლოთ აკად. პ. რებინდერის მიერ შემუშავებული მეთოდით. კერძოდ, ასეთი მასალებისათვის ზედაპირული დაჭიმულობის ნაცვლად განისაზღვრება მათი ზედაპირული აქტიურობა, ანუ მოდიფიცირებული ბიტუმის ზედაპირული დაჭიმულობა წყალთან შეხების საზღვარზე, რაც უფრო მაღალია მოდიფიცირებული ბიტუმის ზედაპირული აქტიურობა, მით მეტია პოლარობა და შესაბამისად, - ადსორბცია მინერალურ მასალასთან შეხების საზღვარზე ზედაპირულ აქტიური ნივთიერების (ზან) მოლეკულების ორიენტაციაზე. ზან-ის მოლეკულები შედგება ნახშირწყალბადების ჯაჭვის არაპოლარული ნაწილისაგან-CH₃-CH₂-CH₂- და აქტიური პოლარული ჯგუფისაგან-COOH, -OH, -NH₂, -SH და სხვა. პოლარულ და არაპოლარულსაკენ სითხეთა გამყოფ ზედაპირზე ზან მოლეკულების პოლარული ჯგუფები განლაგდება პოლარული სითხისკენ, ხოლო არაპოლარული ნაწილი-არაპოლარულსაკენ (ნახ. 10).

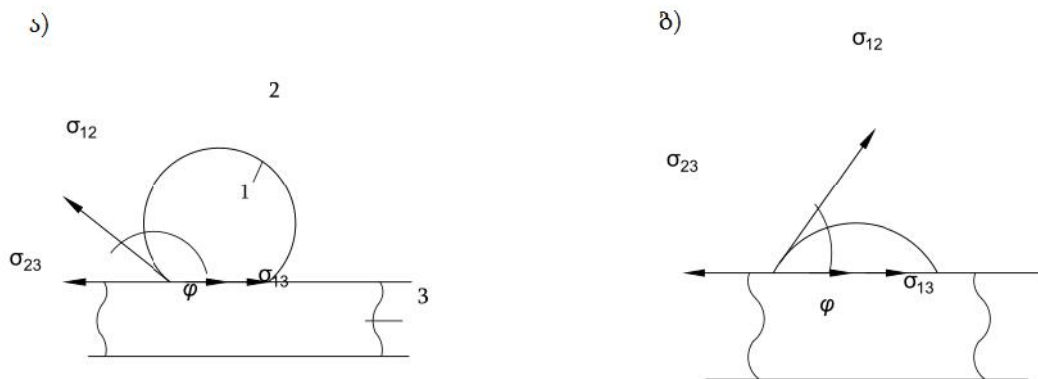


ნახ. 10. ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების მოლეკულების ორიენტაცია ზედაპირულ შრეზე

მოლეკულათა ასეთი განლაგება ზრდის მოდიფიცირებული ბიტუმის დასველებადობის უნარს და ქმნის შემკვრელის ინერტულ მასალასთან მიკვრის ხელსაყრელ პირობას.

მოდიფიცირებული ბიტუმის დასველებადობა და აფსკის სისქე ზან-ის გარდა დამოკიდებულია ქვის მასალის თვისებებსა და ზომაზე. სითხე მყარი სხეულის ზედაპირზე (ნახ.11) წარმოქმნის საზღვრო (კიდური)

კუთხეს, რომლის მიხედვით განისაზღვრება სითხის მიერ მყარი სხეულის დასველების ხარისხი



ნახ. 11. მყარი სხეულის დასველება სითხით

1. სითხე; 2. ჰაერი; 3. მყარი სხეული; σ_{12} -ზედაპირული დაჭიმულობა სითხესა და ჰაერს შორის; σ_{23} -ზედაპირული დაჭიმულობა ჰაერსა და მყარ სხეულს შორის, σ_{13} -ზედაპირული დაჭიმულობა მყარ სხეულსა და სითხეს შორის; „ θ “-სასაზღვრო (კიდური) კუთხე; ϕ -ხახუნი, რომელიც ხელს უშლის წვეთის გაშლას.

სასაზღვრო ანუ დასველების კუთხესა და ზედაპირულ დაჭიმულობას შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$\cos\theta = (\sigma_{23} - \sigma_{13}) / \sigma_{12}$$

წვეთი გაიშლება f ტოლქმედის მოქმედებით, როდესაც

$$f = \sigma_{23} - \sigma_{13} - \sigma_{12} \cdot \cos\theta - \phi > 0$$

პირველ პერიოდში კუთხე ბლავგია, ე.ი. $\theta > 90^\circ$, $\cos\theta < 0$, $f > 0$ და წვეთი იშლება ამ ტოლქმედის მოქმედებით. წვეთის გაშლასთან ერთად, განსაკუთრებით სრული დასველებადობის შემთხვევაში, ხდება მახვილი, ე.ი. $\theta < 90^\circ$, ამიტომ f მცირდება და ხდება ნულის ტოლი.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მყარი სხეულის ზედაპირის სითხის მოლეკულების მიზიდვა (ადჰეზია) მიუახლოვდება თვით სითხის მოლეკულათა შორის მიხიდულობას (კოჰეზიას), მაშინ სასაზღვრო კუთხე არის მახვილი და ზედაპირი კარგად სველდება, თუ პირიქით, მაშინ კუთხე არის ბლავგი და შესაბამისად, დასველებაც არის ცუდი-მყარი სხეულის ზედაპირი სუსტად იზიდავს სითხის მოლეკულებს.

ზოგადად ორგანული შემკვრელების მიკვრა (ადჰეზია) მინერალური მასალის ზედაპირზე დამოკიდებულია დასველებადობაზე. სუფთა, გლუვ ზედაპირზე მოდიფიცირებული ბიტუმის დასველების კუთხე, 100°C -ზე ნაკლები ტემპერატურისას, შეადგენს $\theta=20-30^{\circ}$, დაჭუჭყიანებულ და სველ ზედაპირზე კი $\theta>90^{\circ}$. უნდა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ მოდიფიცირებული ბიტუმი კარგად განიღვრება გრუნტის სველ ზედაპირზე. მშრალ ზედაპირს კი ცუდად ასველებს. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ მინერალურ მასალას და მოდიფიცირებული ბიტუმს შორის ადჰეზია დამოკიდებულია გამყოფ ზედაპირზე მოდიფიცირებული ბიტუმის ზედაპირულ დაჭიმულობასა და დასველების კუთხეზე. მეტი წყალმდეგობით გამორჩევა ისეთი ბიტუმის აფსკი, რომლის ზედაპირული დაჭიმულობა მინერალურ მასალასთან გამყოფ ზედაპირზე არის მცირე, წყალთან კი-დიდი. მოდიფიცირებული ბიტუმის ზედაპირულ დაჭიმულობაზე მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს სტრუქტურა და სიბლანტე. იგი 25-40 ერგი/სმ² ფარგლებში მერყეობს.

ადსორბციულ-მოლეკულური თეორია ადჰეზიას განიხილავს, როგორც ადჰეზივსა(ბიტუმი) და სუბსტრატს(მინერალური მასალა) შორის მოლეკულური ძალების ურთიერთქმედების გამოვლინებას. ადჰეზიური კავშირების წარმოქმნა ორ სტადიად მიმდინარეობს. პირველი სტადია-ადჰეზივის მოლეკულების „ტრანსპორტირება“ გამხსნელებისა და პლასტიფიკატორების დამატებით. მეორე სტადიაზე ადჰეზივისა და სუბსტრატს შორის იწყებს მოქმედებას მოლეკულათაშორისი ძალები და მყარდება ადსორბირებული წონასწორობა. ადსორბცია არის ნივთიერების კონცენტრაციის გადიდება ზედაპირულ შრეში.

თერმოდინამიკის კანონის შესაბამისად, სითხის ადჰეზია მყარ სხეულზე უნდა ემორჩილებოდეს დიუპრე-იუნგის შემდეგ განტოლებას:

$$W_a = \sigma_{\text{ж}} \cdot (1 + \cos\theta)$$

სადაც W_a ადჰეზიის შექცევადი მუშაობაა; $\sigma_{\text{ж}}$ -სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა.

მინერალურ ზედაპირზე დასველებადობის კვალდაკვალ მიმდინარეობს ბიტუმის კომპონენტების შერჩევითი ადსორბცია და ქვემოსორბცია. ამ დროს ადგილი აქვს მხოლოდ ფიზიკურ ადსორბციას და პროცესი შექცევადია.

თერმოდინამიკის ძირითადი კანონებიდან გამომდინარე, ჯიბსმა დაამყარა კავშირი ხსნარის ზედაპირულ დაჭიმულობასა და ადსორბციას შორის:

$$\Gamma = -(C/RT) \cdot d\sigma/dc$$

სადაც ნივთიერების კონცენტრაციის ზრდაა ზედაპირულ ფენებში:

σ -ხსნარის ზედაპირული დაჭიმულობა;

C-მისი კონცენტრაცია;

R-გაზის მუდმივა;

T-აბსოლუტური ტემპერატურა.

ამ ფორმულიდან გამომდინარეობს, რომ ხსნარს კონცენტრაციის გაზრდით მცირდება ზედაპირული დაჭიმულობა $-d\sigma/dc < 0$ და ადსორბცია დადებითია, $\Gamma > 0$. თუ კონცენტრაციის ზრდით ზედაპირული დაჭიმულობა იზრდება $-d\sigma/dc > 0$, მაშინ ადსორბცია უარყოფითია $\Gamma < 0$, როცა $-d\sigma/dc = 0$, მაშინ $\Gamma = 0$, ე.ი. ადსორბცია არ ხდება.

გამოკვლევებით დადგინდა, რომ პირველ რიგში ადსორბირდება მოდიფიცირებული ბიტუმის ზან-ის შემცველი კომპონენტები-ასფალტური მჟავები და მათი ანჰიდრიდები. მყარი სხეული-სითხის გამყოფ ზედაპირზე, რაც მეტია ფაზებს შორის პოლარულობის სხვაობა, მით მეტია ზან-ის ადსორბცია. თუ ადსორბენტი ჰიდროფილურია, მაშინ ზან-ის მოლეკულები პოლარული ნაწილით მიმართულია ადსორბენტისაკენ, ხოლო ნახშირწყალბადებით-ბიტუმისაკენ. ასეთ პირობებში, ტრაუბეს წესის თანახმად, მაღალმოლეკულური ასფალტენების ადსორბცია მეტი უნდა იყოს ბიტუმის სხვა კომპონენტებთან შედარებით და უნდა იზრდებოდეს მოლეკულური წონის ზრდასთან ერთად. ფოროვანი ადსორბენტების შემთხვევაში ტრაუბეს წესი არ მოქმედებს, რადგან ადსორბენტის ფორებსა

და მიკრობზარებში შეღწეული მოლეკულები იწვევს ადსორბციისათვის ხელსაყრელი ფართობის თანდათანობით შემცირებას.

მინერალური მასალის ადსორბციულ აქტივობას განსაზღვრავს მისი ხვედრითი ზედაპირი. ქიმიურ-მინერალური შემადგენლობა და ზედაპირზე არსებული აქტიური ადსორბციული ცენტრები, რადგან ქიმიური პროცესი მოდიფიცირებული ბიტუმსა და მინერალურ მასალას შორის მიმდინარეობს არა მთელ ზედაპირზე, არამედ ცალკეულ „აქტიურ“ წერტილთა მეშვეობით. მოდიფიცირებული ბიტუმსა და მინერალურ მასალას შორის ფაქტიურად საკონტაქტო ფართობის ზრდა იწვევს ადჰეზიის მატებას. შესაბამისად, კონტაქტის სისრულესა და ადჰეზიაზე გავლენას ახდენს ზედაპირის მორფოლოგია, ტოპოგრაფია, მიკრორელიეფი და სისუფთავე.

მოდიფიცირებული ბიტუმისა და მინერალური მასალის ურთიერთქმედების საკითხების განხილვა საგზაო ფენილების მუშაობის რეალური პირობების, კერძოდ, წყლის ზემოქმედების გათვალისწინების გარეშე არ შეიძლება. იმის გამო, რომ მინერალური მასალა არის ჰიდროფილური, დასველებისა და მიკვრის პროცესებს აქვს შერჩევითი ხასიათი, ამიტომ, განხილული იქნეს სამი ფაზის მინერალური მასალის, მოდიფიცირებული ბიტუმისა და წყლის თანაარსებობის პირობები. მასალის ზედაპირზე კარგად შომოვლებული მოდიფიცირებული ბიტუმი ჯერ კიდევ არ იძლევა მათი ერთმანეთთან მტკიცედ მიკვრის გარანტიას. წყალი ბიტუმით დაუფარავი ადგილებიდან შეღწევის მინერალური მასალის ზედაპირამდე აშრევებს ბიტუმის აფსკს მისგან. ეს პროცესი გარდაუვალია, თუ ბიტუმი მასალის ზედაპირთან ქემოსორბციულად არის დაკავშირებული.

წყალი მინერალური მასალის ზედაპირამდე აღწევს ბიტუმით დაუფარავი ადგილებიდან. ამიტომ, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება საწყის პერიოდში მასალის მოდიფიცირებული ბიტუმში ამოვლების ხარისხს. ეს უკანასკნელი კი დამოკიდებულია ზედაპირის

ბიტუმით დასველებადობაზე. ნარევის მომზადების პროცესში ბიტუმის სიბლანტეზე, გაცივებისა და შემკვრივების პირობებზე და სხვა.

საგზაო ფენილის სიმტკიცე და წყალმდეგობა დამოკიდებულია მოდიფიცირებული ბიტუმის ადჰეზიაზე. სხვადასხვა ქვეყნებში შემუშავებულია და იყენებენ ადჰეზიის (მიკვრის) განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდებს, რომლების სამ ძირითად ჯგუფად შეიძლება დაიყოს:

I. მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია მინერალური მასალის ზედაპირზე ბიტუმის დასველებადობასა და ადსორბციაზე;

II. მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია ერთმანეთთან ბიტუმით შეწყებულ ნიმუშის დაცილებისათვის საჭირო მექანიკური ძალვის განსაზღვრაზე;

III. მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია წყლის ზემოქმედებით მასალის ზედაპირიდან ბიტუმის აფსკის მოცილებისა და ბიტუმით დაფარული ზედაპირის რაოდენობის ფიქსირებაზე ან ბიტუმმინერალური ნარევის სიმტკიცის განსაზღვრაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოაღნიშნული მეთოდი პირობით ხასიათს ატარებს და არ ასახავს ბიტუმმინერალური მასალის მუშაობის რეალურ პირობებს. ადჰეზიის შეფასების უფრო სრულყოფილ მეთოდად უნდა ჩაითვალოს ბიტუმმინერალური მასალის სიმტკიცის მაჩვენებლები მშრალ და წყალნაჯერ მდგომარეობაში. ამ მეთოდით შეიძლება განისაზღვროს ბიტუმმინერალური ნარევის წყალმდეგობა მოდიფიცირებული ბიტუმის სიბლანტისა და აფსკის სისქის, მასალის ფორიანობის, მარცვლების სიმსხოს და ტენიანობის, ნარევის შედგენილობის და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით.

2.4. დანამატების გავლენა ბიტუმის თვისებებზე

ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესების, მინერალური მასალის ზედაპირზე მიკვრის და შესაბამისად, საგზაო ფენილის ატმოსფერული მედეგობის ხანგრძლივობის გაზრდის მიზნით, გამოიყენება სხვადასხვა სახის ზედაპირულ აქტიური ნივთიერებანი (ზან). მცირე რაოდენობის ზან მკვეთრად ცვლის ინერტული მასალის ზედაპირის ბუნებას და „ბიტუმმინერალური მასალის“ გამყოფ ზედაპირზე ურთიერთმოქმედების პირობებს. ბიტუმსა და სხვადასხვა მინერალური მასალის ზედაპირს შორის შეკავშირების (ადჰეზიის) ხასიათი იცვლება ზან-ის თხელი ადსორბირებული ფენის (აფსკის) წარმოქმნის გამო. ზან-ის ეს უნარი საშუალებას იძლევა შემუშავდეს ასფალტბეტონის და სხვა ბიტუმმინერალური ნარევების მომზადების ახალი ტექნოლოგიური პროცესები; ამასთან ერთად, ზან-ის საშუალებით შესაძლებელია ბიტუმის სტრუქტურ-წარმოქმნის პროცესების რეგულირება და წინასწარ განსაზღვრული თვისებების მქონე მასალის მიღება.

ზან-ის მოქმედების მექანიზმი ვითარდება სამი მიმართულებით- ბიტუმის დისპერსიულ სტრუქტურაზე, ბიტუმმინერალური ნარევის სტრუქტურ-წარმოქმნის პროცესზე და ხანგრძლივი ექსპლუატაციისას დაძველების პროცესზე.

ზან წარმოადგენს ასიმეტრულ-პოლარული აგებულების ქიმიურ ნივთიერებას, რომელიც შედგება ორგანული გრძელჯაჭვიანი რადიკალის და პოლარული ჯგუფისაგან. პოლარული ჯგუფი ჰიდროფილურია და წარმოადგენს ჰიდროქსილს, კარბოქსილს, ამინოჯგუფს, სულფოჯგუფს და სხვა.

ბიტუმისა და მინერალური მასალის ურთიერთქმედების პროცესში დასველებადობა არის პირველი სტადია, ამიტომ, საჭიროა ამ პროცესის ხელოვნურად მართვა. რაც უფრო სრულფასოვანი და ხარისხოვანია ზედაპირის დასველებადობა, მით უფრო მაღალი იქნება ადჰეზია. დასველებადობის პროცესი ჩქარდება და იოლდება ზან-ის გამოყენებით.

ამასთან, წარმოქმნილ ადსორბციულ შრეში ზან-ის პოლარული ჯგუფები მიმართულია მინერალური მასალის ზედაპირისაკენ, ხოლო ნახშირწყალბადის ჯგუფი-ბიტუმისაკენ.

ბიტუმინერალურ ნარევეებში გამოყენებული ზან მიეკუთვნება ჰიდროფობიზატორთა ჯგუფს. ქიმიური ადსორბციის შედეგად წარმოქმნილი ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერების ორიენტირებული ფენა აუმჯობესებს ბიტუმის მინერალურ მასალასთან მიკვრის მაჩვენებელს.

გრანიტი, სიენიტი, დიორიტი, გაბრო, ბაზალტი, ანდეზიტი და სხვა მჟავე მინერალური მასალების ზედაპირთა ჰიდროფობიზაციისათვის ჩვეულებრივად გამოიყენება კათიონაქტიური ნივთიერებანი. მაგრამ, ტუტემიწათა კათიონებით წინასწარი გააქტიურების შემდეგ, მათი ჰიდროფობირება შესაძლებელია ანიონაქტიური ნივთიერებებითაც.

ბიტუმით მინერალური მასალის დასველებადობის და მიკვრის გაუმჯობესებაში გამოიხატება ზან-ის ზემოქმედების ძირითადი მექანიზმი. აქედან გამომდინარე, როგორც ჩვენში, ასევე საზღვარგარეთ შემუშავდა ანიონ და კათიონაქტიურ ნივთიერებათა კლასები.

საფრანგეთში ფართო გავრცელება პოვა მონოამინის ტიპის კათიონაქტიურმა დანამატებმა. ეფექტური გამოდგა დიამინები, პოლიამინები, იმიდაზოლინები, დოპები და სხვა.

ინგლისსა და შვეციაში გამოიყენება მონო და დიამინის ტიპის კათიონაქტიური დანამატები. აშშ და კანადა იყენებს ამინებისა და ოთხჩანაცვლებული ამონიუმის ტიპის კათიონურ დანამატებს.

გერმანიაში დანამატად გამოიყენება ალკილამინები, ჰეტეროციკლური ამინები, ამონიუმის ალიფატურ ნაერთთა მარილები, მაგალითად: N-ოქტადეცილამინი; N-β-ოლეინის მჟავის ამინოეთილი და სხვა.

როგორც ჩვენში, ასევე საზღვარგარეთ მამოდიფიცირებელ დანამატად გამოიყენება ისეთი პოლიმერები, როგორცაა: პოლივინილაცეტატი, პოლისტიროლი, დივინისტიროლის

თერმოელასტოპლასტი, ეპოქსიდის ფისი, სინთეზური ლატექსი და კაუჩუკი.

ბიტუმის მასის 1-6%-მდე სინთეზური ან ნატურალური კაუჩუკი ცხელ ბიტუმში შეაქვთ ფხვნილის სახით. დანამატი ზრდის შემკვრელის დარბილების ტემპერატურას და წელვადობას. მცირდება მისი სიბლანტე და უმჯობესდება ადჰეზია. დანამატის კონდენსაციურ-კრისტალიზაციური სტრუქტურა იწვევს ბიტუმის ამოფული მასის არმირებას. ამიტომ, ბიტუმის სტრუქტურაზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით ასეთი სახის დანამატები, გარდა პლასტიფიცირებისა და გათხევადებისა, მასტრუქტურებელ როლსაც ასრულებს. სტრუქტურის მოდიფიკაციისათვის გამოიყენება ბუტილკაუჩუკი, დივინისტი როლის თერმოპლასტი, კარბოქსიდის ლატექსი. ეფექტურია რეგენირებული რეზინის ნაფხვენის (ძველი ავტოსაბურავების ნაფხვენი) გამოყენება. რეზინის დაქუცმაცებულ ნაფხვენს უმატებენ 150-180°C-მდე გაცხელებულ ბიტუმს 3-5%-ის რაოდენობით, გულდასმით ურევენ. ასეთ პირობებში რეზინი იჯირჯვება და წარმოქმნის რეზინ-ბიტუმის დისპერსიულ სისტემას, რომელიც ზრდის ასფალტბეტონის დრეკადობას, ბზარმდეგობას და ამცირებს დაძველებას.

მიუხედავად დანამატების დიდი რაოდენობისა, საჭიროა მათი ასორტიმენტის კვლავ გაფართოება სამრეწველო ნარჩენების, იაფფასიანი ნავთობპროდუქტთა შესწავლისა და დანერგვის გზით.

ინფრაწითელი სპექტროსკოპით ქრომატოგრაფიული ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ ფიზიკურ ადსორბციასთან ერთად ადგილი აქვს ქემადსორბციულ პროცესებსაც. ბიტუმის აქტიური ფუნქციონალური ჯგუფები ურთიერთქმედებს კალციუმისა ან მაგნიუმის კარბონატთან კარბონატული ტიპის საპონების წარმოქმნით, რაც, თავის მხრივ, ზრდის ადჰეზიას და საერთო მედეგობას. ამგვარად, შემკვრელის ქიმიური შემადგენლობა და აქტიურობა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ადჰეზიას. ასეთ პირობებში ორგანული პოლიმერები ზრდის მაკრომოლეკულების რგოლების მოქნილობას და პოლარობას. მიკრომოლეკულათა ჯაჭვებს

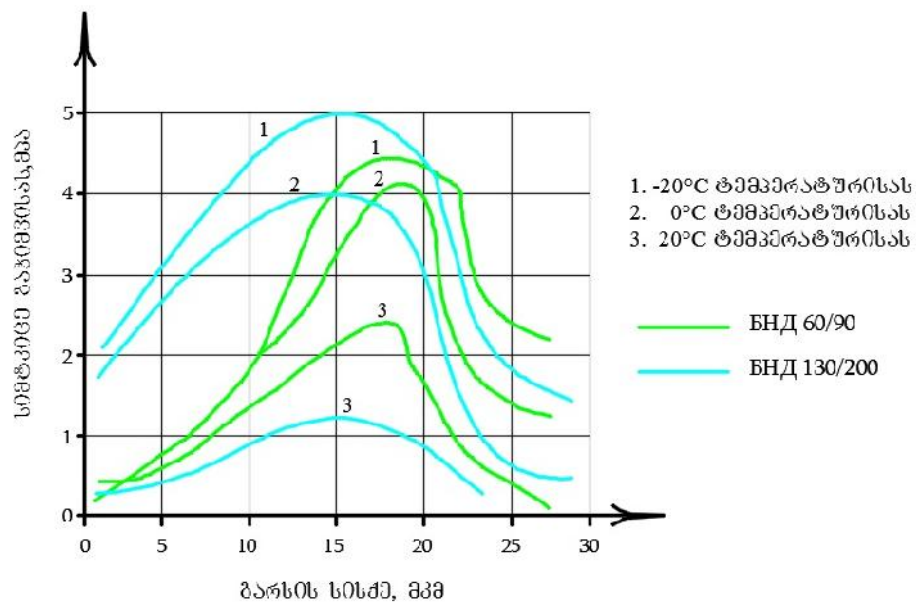
შორის განივი კავშირების წარმოქმნა ამცირებს ადჰეზიას, პოლარული გჯუფების მქონე მოლეკულათა ფართო განშტოება კი პირიქით. პოლარულჯგუფებიანი დანამატები ზრდის მაღალმოლეკულურ ნაერთთა რგოლების ძვრადობას და შესაბამისად, ადჰეზიას.

ბიტუმის აქტივაცია. ადჰეზიის გაუმჯობესების მიქნით, მინერალური მასალისა და ბიტუმის აქტივაცია წარმოებს უშუალოდ ნარევის მომზადების წინ. ბიტუმის აქტივაცია დაფუძნებულია მექანოქიმიის დებულებაზე - მექანიკური ენერჯის ქიმიურ ენერჯიად გარდაქმნის შესაძლებლობაზე. ამ პრონციპიდან გამომდინარე, შესაძლებელი გახდა ბიტუმის აქტივიზაცია ულტრაბგერის ზემოქმედებით. დადგენილია, რომ 5 წუთის განმავლობაში 15-35 კილოჰერცი სიხშირის და 50-60 ვტ/სმ² სიმძლავრის ულტრაბგერის ზემოქმედებით იზრდება ბიტუმის ადჰეზია როგორც მჟავე, ასევე ფუძე ქანებთან. ასეთივე შედეგები იქნება მიღებული ბიტუმის ელექტროგანმუხტვით დამუშავებისას. ელექტროიმიპულსის მეთოდით დამუშავებისას იცვლება ბიტუმის პენეტრაცია და დუქტილუბა.

მექანიკური თვისებების გაზრდის მიზნით, ბიტუმს უმატებენ მასტრუქტურებელ ბოჭკოვან და ფხვნილესებრ დანამატებს. ბოჭკოვანი დანამატებია მინერალური ბამბის, აზბესტის, პოლიმერული ფისის ბოჭკო ან საფეიქრო მრეწველობის ნარჩენები. ბოჭკოვანი დანამატი თანაბრად განაწილდება ბიტუმის მასაში და არმატურის როლს ასრულებს. 5-10% ასეთი დანამატი მკვეთრად ზრდის ნარევის სიმტკიცეს, მაგრამ ტექნიკური სიმწელების გამო პრაქტიკაში ჯერ ვერ პოვა გავრცელება.

კირქვების, დოლომიტების და სხვა კარბონატული ქანების ფხვნილებს ფართო გამოყენება აქვს. ორგანული შემკვრელით მინერალური ფხვნილის დამუშავების შედეგად, მარცვლების ზედაპირზე წარმოიქმნება სხვადასხვა სისქისა და მდგრადობის შეკავშირებული ბიტუმის ადსორბციული-სოლვატური გარსები.

ადსორბციულ-სოლვატურ გარსში არსებული შეკავშირებული ბიტუმის კოჰეზიომეტრზე (შეწებებულ ორ ფირფიტას შორის) განსაზღვრული მექანიკური თვისებები ნაჩვენებია ნახ.12-ზე. ადსორბციულ-სოლვატური ფენა მჟღავნდება მაშინ, როდესაც მინერალური ფხვნილის კონცენტრაცია 75%-ზე მეტია, ე.ი. დისპერსიული ფაზის მოცულობა მაქსიმალურია. აღნიშნულ კონცენტრაციამდე გარსის ფენის თვისებებს განსაზღვრავს შემკვრელი. კონცენტრაციის 0-დან 70%-მდე ზრდა იწვევს სიბლანტის ზრდას ფხვნილის რაოდენობის მატების პროპორციულად და ემორჩილება აინშტაინის კანონს: $\eta = \eta_0 \cdot (1 + 2.5 \dots)$, სადაც η და η_0 - დისპერსიული ფაზის საწყისი და საბოლოო სიბლანტეა; - დისპერსირებული ნივთიერების (ფხვნილის) ხვედრითი წილი.



ნახ.12. გაჭიმვისას სიმტკიცის დამოკიდებულება გარსის სისქეზე

მინერალური ფხვნილის 70-75% კონცენტრაციისას წარმოიქმნება ახალი სტრუქტურული სისტემა, რომელშიც კონტაქტები ხორციელდება ადსორბციულ-სოლვატური გარსების მეოხებით. რადგან გარსის ბიტუმის სიბლანტე მაღალია, მკვეთრად მატულობს სისტემის მექანიკური სიმტკიცე. ეს კანონზომიერება გათვალისწინებულია ასფალტბეტონის ნარევების დაპროექტებისას მოდიფიცირებული ბიტუმების გამოყენებით.

2.5. ბლანტი საგზაო ბიტუმების რეოლოგიური თვისებები

ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკის ძირითადი კანონების თანახმად, დეფორმაციულობა და სიმტკიცე, ისეთი სტრუქტურული სისტემებისათვის, როგორცაა ბიტუმი და კუპრი, ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლებით:

1. სიმტკიცით P_m , რომელიც განისაზღვრება ძაბვის იმ მნიშვნელობით, როდესაც მოლეკულური ძალები ვერ უზრუნველყოფს ბიტუმის ერთიანობას და იშლება ან გადადის დენად მდგომარეობაში. $P_m(\tau)$ სიმტკიცე ძაბვის მოქმედების ხანგრძლივობის ფუნქციაა;
2. ზღვრული დეფორმაციით ϵ_m , რომელიც წარმოადგენს სხეულის დეფორმაციულობის საზომს, ანუ სხეულის უნარს დარღვევის წინ შეუქცევადად შეიცვალოს ფორმა და ზომა;
3. დენადობის ზღვრით P_k ;
4. ეფექტური სიბლანტით $\eta = \eta(P)$. ძვრით გამოწვეული მცირე ძაბვის დროს, როცა მასალის სტრუქტურა არ არის დაშლილი, იგი ინარჩუნებს მუდმივ მნიშვნელობას $\eta = \eta_0$; ძვრის ძაბვის დიდი მნიშვნელობის დროს კი, როცა მასალის სტრუქტურა მთლიანად დარღვეულია, $\eta = \eta_m$;
5. პირობითი მყისი დრეკადობის მოდულით G_1 , რომელშიც გათვალისწინებულია დრეკად და სწრაფრელაქსირებული ელასტიკური დეფორმაციები და წონასწორული დრეკადობის მოდული G_m .

ტემპერატურული არე, რომელშიც ბიტუმს უხდება მუშაობა, პირობითად შეიძლება სამ ინტერვალად დაიყოს. 160°C-დან 60°C-მდე არის ბიტუმის ტექნოლოგიური დამუშავების არე; 60°C-დან 20°C-მდე – ბიტუმის საგზაო ფენილში მუშაობის არე. ამ ინტერვალში ყურადღებას იპყრობს ბიტუმის დრეკად-ბლანტ-პლასტიკური თვისებები და სიმტკიცის სხვა მახასიათებლები. 20°C-დან -35°C-მდე არე დაკავშირებულია ბიტუმის საგზაო კონსტრუქციაში მუშაობასთან. ამ ინტერვალში მთავარ როლს ასრულებს ბიტუმის დრეკად-პლასტიკური და დრეკად მყიფე თვისებები.

ბიტუმის მექანიკური თვისებების შეფასებისათვის განსაკუთრებით საინტერესოა 20-60°C ინტერვალი, სადაც სხვადასხვა სტრუქტურული ტიპის ბიტუმის რეოლოგიური თვისებები მჟღავნდება სუფთა სახით. ამ ინტერვალში ბიტუმი ხასიათდება დაურღვეველი და დარღვეული სტრუქტურის მექანიკური თვისებებით.

მყარ (დრეკად) სხეულში დატვირთვით გამოწვეული არის შექცევადი (დრეკადი), ე.ი. დატვირთვის მოხსნის შემდეგ იგი მყისიერად ქრება. იდეალური დრეკადი სხეულის დეფორმირების კანონი ჰუკმა მოგვცა შემდეგი სახით:

$$\varepsilon = \tau / G_m$$

სადაც ε -ფარდობითი დეფორმაციაა; τ -ძაბვა.

განტოლებიდან ჩანს, რომ დრეკადი დეფორმაცია არ არის დამოკიდებული ძალის მოქმედების დონეზე.

სითხეებში კი ძალის მოქმედების შედეგად გამოწვეული დეფორმაცია შეუქცევადია, ე.ი. დატვირთვის მოხსნის შემდეგ დეფორმაციები არ ქრება.

იდეალური სითხის დეფორმირების კანონი გამოისახება შემდეგი განტოლებით:

$$d\varepsilon = \tau / \eta dt$$

სადაც $d\varepsilon$ არის ფარდობითი დეფორმაცია dt დროში; τ - მხები ძაბვა, ხოლო η - დინამიკური სიბლანტე[6].

იდეალურად დრეკადი სხეული და იდეალური სითხე არის დეფორმირების ორი უკიდურესი შემთხვევა. ფაქტიურად, ნებისმიერ მასალაში დატვირთვის მიყენების შედეგად წარმოიქმნება როგორც დრეკადი, ასევე ნარჩენი (პლასტიკური) დეფორმაციები, რომლებსაც დრეკად-ბლანტ მასალებს უწოდებენ.

როგორც განტოლებებიდან ჩანს, დრეკადი დეფორმაციები არ არის დამოკიდებული ძალის მოქმედების დროზე. შეუქცევადი (პლასტიკური) დეფორმაცია კი ძალის მოქმედების დროის პირდაპირ პროპორციულია.

აქედან, რეოლოგიის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა მასალის დამაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე დროის ფაქტორის გავლენის შესწავლა. ამ საკითხის გადაწყვეტა შესაძლებელია ჰუკისა და ნიუტონის განტოლებათა საფუძველზე. მაქსველმა დროის მიხედვით ჰუკის განტოლების დიფერენცირებით

$$d\varepsilon/dt = d\tau / G_m dt$$

და მიღებულის τ/η -თან შეკრებით მიიღო შემდეგი დამოკიდებულება:

$$d\varepsilon/dt = \bullet d\tau / G_m dt + \tau/\eta$$

ამ დამოკიდებულებით ხასიათდება დრეკადი თვისებების მქონე მასალა. იგი ფაქტიურად სითხეა, რომელსაც მაქსველის სითხესაც უწოდებენ. ასეთი მასალა საინტერესო თვისებებს ამჟღავნებს, როცა მასში ვითარდება მუდმივი დეფორმაცია, ე. ი. როდესაც სიჩქარის გრადიენტი $d\varepsilon/dt=0$.

ამგვარად, ძალის მოქმედების მთელ პერიოდში მუდმივი დეფორმაციისას მასალაში წარმოქმნილი ძაბვა თანდათან კლებულობს ანუ ხდება ძაბვის რელაქსაცია. ყველა სახის რეალური მასალის რელაქსაციის პერიოდი ნულზე მეტია. ბლანტ-დრეკადი მასალების რეოლოგიური თვისებების გამოსარკვევად სარგებლობენ ჰუკისა და ნიუტონის განტოლებებით. კერძოდ, მათი შეკრებით მიიღება შემდეგი დამოკიდებულება:

$$\tau = E\varepsilon + \eta d\varepsilon/dt$$

ამ დამოკიდებულებით ხასიათდება დრეკადი (კელვინ-ფოგტის მყარი სხეული) თვისებების მქონე არარელაქსირებული მასალა. მისი თავისებურება გამოიხატება იმაში, რომ განტვირთვის შემდეგ დეფორმაციები მესყეულად არ ქრება. როცა $\tau = 0$, მაშინ მივიღებთ:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 * e^{-Et/\eta}$$

ხოლო დატვირთვისას:

$$\varepsilon = \tau/E * (1 - e^{-Et/\eta})$$

როგორც ტოლობიდან ჩანს, მოცემული დატვირთვისათვის დეფორმაციები მყარდება არა მყისიერდ, არამედ გარკვეული დაყოვნების შემდეგ. ამ შემთხვევაში E/η (E კელვინის სხეულის დრეკადობის მოდულია) ფარდობას, კელვინის სხეულის დაყოვნების პერიოდს უწოდებენ. რეალური მასალებისათვის ეს ეფექტი (დაყოვნების დრეკადობა) ისევე დამახასიათებელი, როგორც რელაქსაცია. ამგვარად, ყოველ რეალურ მასალაში შეხამებულია მაქსველის სითხისა და კელვინ-ფოგტის დრეკადი სხეულის თვისებები. რეალურ მასალაში დრეკად-პლასტიკურ დეფორმაციებს შორის ფარდობა, უმეტეს შემთხვევაში, მეტად რთულია. მასალების რეოლოგიის თვალსაჩინოების მიზნით, გამოიყენება მექანიკური მოდელები. რეოლოგიური მოდელი წარმოადგენს მექანიკურ სისტემას, რომელიც დატვირთვის ქვეშ ამჟღავნებს გამოსაკვლევ მასალის დამახასიათებელ თვისებებს. მაგალითად, ჰუკის სხეული გამოსახულია, როგორც ზამზარა E დრეკადობის მოდულით; ნიუტონისეული სითხე η სიბლანტით როგორც ცილინდრი დეგუმით (ამორტიზატორით), მაქსველის სითხე გამოისახება ზამზარისა და ამორტიზატორის მიმდევრობით შეერთებით, ხოლო K -კელვინ-ფოგტის სხეული ამ ელემენტთა პარალელური შეერთებით.

რეოლოგიური მოდელი საკმაოდ ხელსაყრელია მასალის თვისებების თვალსაჩინოდ წარმოსაჩენად, მაგრამ მათემატიკური გაანგარიშებანი რთულია და შრომატევადი. გარდა ამისა, მექანიკური მოდელი სრულყოფილად ვერ ასახავს ბლანტ-დრეკადი თვისებების მქონე სხეულის სტრუქტურისა და მოლეკულური ბუნების თავისებურებებს. ამავე დროს, ფიზიკური პროცესების ცოდნა, დეფორმირებისას სტრუქტურისა და სტრუქტურული თვისებების სწორი გაგება აუცილებელია თანამედროვე ინჟინრისათვის, რადგან ამის გარეშე იგი ვერ შეძლებს სწორად შეარჩიოს წინასწარ განსაზღვრული თვისებების მქონე მასალა.

პრაქტიკაში უფრო ხშირად გვხვდება ბლანტ-დრეკადი და დრეკად-ბლანტი სხეულები. ბლანტ-დრეკად სხეულში დრეკადი ნაწილი

წარმოქმნის უწყვეტ, შექცევად, დეფორმად ფაზას, რომლითაც შემოფარგლულია ბლანტი ელემენტები. დეფორმირების პროცესში ბლანტი ელემენტი მოძრაობს, შთანთქმავს ენერგიას და ანელებს დრეკადი ფაზის ცვლილებას. ბლანტ-დრეკადი სხეულის აღწერა ხდება კელვინ-ფოგტის მოდელით. დრეკად-ბლანტი სხეული ფაქტიურად სითხეა, რომელშიც დისპერსირებულია დრეკადი ელემენტები. მოძრაობისას დრეკადი ელემენტები დეფორმირდება და დეფორმირებული რჩება დინების მთელ პერიოდში. ამასთან, მათი დეფორმაცია ემატება სითხის დეფორმაციას. გარე ძალის მოცილების შემდეგ, მიმდინარეობს დეფორმაციების ნაწილობრივი რელაქსაცია: დრეკადი ელემენტები უბრუნდება პირველ მდგომარეობას, ათავისუფლებს დაგროვილ ენერგას, რომლის ნაწილი გამოიყოფა, ხოლო ნაწილი იხარჯება ბლანტი წიაღების გადასალახად.

თუ სისტემა მუდმივადაა დეფორმირებული, მაშინ ბლანტი ელემენტები ცურავს ბლანტ ნაკადში და თანდათან ღებულობს პიროვნულ ზომებს (მაბვების რელაქსაციას). ასეთი სახის სხეულების აღწერა ხდება მაქსველისა და ბიურგერის მოდელის მიხედვით. დადგინდა, რომ დრეკად სითხეებში არ ხდება ძაბვის სრული რელაქსაცია, არამედ ძაბვა ღებულობს გარკვეულ მუდმივ მნიშვნელობას, რომელსაც დენადობის ზღვარს უწოდებენ. ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს პლასტიკურ მასალასთან. მაქსველის მიხედვით, პლასტიკურია მასალა, თუ მას აქვს ნულისაგან განსხვავებული დენადობის ზღვარი და დინების უნარი დენადობის ზღვრის ზევით. რაც მეტია დენადობის ზღვარი, სხეული მით მეტად პლასტიკურია და ნაკლებ პლასტიკურია, რაც უფრო მეტია დენადობის ზღვრის ზევით პლასტიკური სიბლანტე. ე.ი. რაც უფრო მცირეა დაურღვეველი სტრუქტურის სიბლანტესა η_0 და დარღვეული სტრუქტურის სიბლანტეს η_m შორის სხვაობა. თუ η_0 ერთი რიგით აღემატება η_m -ს, მაშინ მასალას სითხისებრი სხეულის თვისებები აქვს და თუ სხვაობა რამდენიმე რიგს აღემატება, მაშინ მყარი სხეულის თვისებებით ხასიათდება.

მყარ სხეულში პლასტიკურ დინებას იწვევს კრიტიკულზე მეტი მნიშვნელობის მხები ძაბვები, რაც პლასტიკური დინების ძირითად თავისებურებას წარმოადგენს. დინება წყდება, როცა ძაბვა კრიტიკულზე ნაკლები გახდება.

პლასტიკური სხეულის კერძო შემთხვევაა პლასტიკურ-ბლანტი სხეული, რომლის სტრუქტურა კრიტიკული ძაბვის მოქმედების შედეგად და მთლიანად ირღვევა. ამგვარად, ასეთი სხეული კრიტიკულზე მეტი ძაბვის მოქმედებით ხდება თხევადი და ძაბვის შემცირების შემდეგ უბრუნდება ახალ, მყარ მდგომარეობას.

პლასტიკური დინება ხასიათდება ორი კონტრასტით: დენადობის ზღვარი P_k და პლასტიკური სიბლანტით η^* , ეს მაჩვენებლები, დენადობის ზღვრის ზევით, პრაქტიკულად მუდმივი სიდიდეებია.

სტაციონალური ცოცვადობისათვის $P=P_k+\eta^*\epsilon$ და η^* შვედოვ-ბინგამის კანონის მიხედვით განისაზღვრება

$$\eta^*=(P-P_k)/\epsilon; \epsilon=(P-P_k)/\eta^*+P/G, \text{ როცა } P=const$$

კრისტალური აგებულების სხეულისაგან განსხვავებით, ამორფულის თვისებები ტემპერატურის გავლენით თანდათანობით იცვლება. ამასთან ერთად, ტემპერატურის გარკვეულ ინტერვალში თვისებათა ცვალებადობა არაწრფივი კანონით ვრცელდება. ბიტუმი და კუპრი მიეკუთვნება დრეკად-პლასტიკურ-ბლანტი თვისებების მქონე მასალებს, რომელთა თვისებები იცვლება ტემპერატურის ცვალებადობასთან ერთად. ამიტომ, მათი თვისებებისა და დეფორმაციულობის შესწავლა ხდება ლიტერდისისა და ჯეფრისის, K-კელვინ ფოიგტის, მაქსველისა და ბინგამის იდეალიზებულ-რეოლოგიური მექანიკური მოდელების საშუალებით.

ერთგვაროვანი ძვრის პირობებში სტრუქტურული ნაკადის სივრცული სტრუქტურის რღვევა იწვევს ეფექტური სიბლანტის (η_e) შემცირებას. უმნიშვნელო ძვრის ძაბვის დროს ბიტუმის სივრცული ბადის სტრუქტურა დარღვევის შემდეგ. თანდათან უბრუნდება პირვანდელს, ე.ი. სიჩქარის გრადიენტის ნულთან მიახლოებისას სტრუქტურას აქვს

ტიქსოტროპული თვისება. ამგვარად, მუდმივი სიჩქარის გრადიენტით დეფორმირებისას სტრუქტურული კავშირების რღვევისა და აღდგენის საბოლოო მახასიათებლად ითვლება ეფექტური სიბლანტე.

სხვადასხვა, ნებისმიერი სიჩქარის გრადიენტისას სიბლანტის საშუალო მნიშვნელობების განსაზღვრა არაა მიზანშეწონილი. ისეთი სტრუქტურული სისტემები, როგორცაა ბიტუმი და კუპრი, ხასიათდება სრული რეოლოგიური მრუდებით, ანუ სიბლანტის ორი ზღვრული მნიშვნელობით. თუ ისინი მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, მაშინ მახასიათებლად ითვლება დენადობის ზღვარი. ზღვრული სიბლანტის (η_0) უდიდესი მნიშვნელობა გვიჩვენებს სისტემის მდგომარეობას ცოცვადობის მიმართ. ზღვრული სიბლანტის (η_m) უმცირესი მნიშვნელობა კი (დარღვეული სივრცული სტრუქტურის პრობებში) სისტემის ძვრადობას, დენადობის ზღვარი (PK) გვიჩვენებს სხვადასხვა მექანიკურ რეჟიმებს შორის ზღვარს.

პრაქტიკულად, ხშირ შემთხვევაში, მყარი სტრუქტურული სისტემების სრული რეოლოგიური მრუდის აგება და ზღვრული ეფექტური სიბლანტის ანუ უდიდესი და უმცირესი ნიუტონის სიბლანტის განსაზღვრა არ არის აუცილებელი. თანამედროვე გამოკვლევებით შემუშავდა მეთოდები, რომელთა საშუალებით, საკმაო სიზუსტით, შესაძლებელი გახდა მცირე სიჩქარის გრადიენტის პირობებში განისაზღვროს დაუშლელი სტრუქტურის თვისებები.

დეფორმაციული თვისების გარდა, მასალის დახასიათება ხდება მისი სიმტკიცით. სიმტკიცე განისაზღვრება ძვრის ძაბვის იმ კრიტიკული მნიშვნელობით, როდესაც სხეულის ერთიანობა მკვეთრად ირღვევა. სიმტკიცე დამოკიდებულია დეფორმირების სხეულის სტრუქტურაში არსებულ დეფექტებსა და დატვირთვის სიჩქარეზე. როგორც წესი, დეფორმაციის სიჩქარის ზრდა იწვევს სხეულის სიმტკიცის ზრდას და ემორჩილება გარკვეულ კანონზომიერებას. სხეული იშლება არა მარტო მექანიკური ზემოქმედების შედეგად, არამედ სტრუქტურის ელემენტების

თბური მოძრაობითაც. თბური მოძრაობა იწვევს სტრუქტურული ელემენტების განცალკევებას. მექანიკური ძალა კი ხელს უწყობს ამ პროცესს და აფიქსირებს მას. თანამედროვე შეხედულებათა შესაბამისად, სხეულის სიმტკიცე განპირობებულია მოლეკულათაშორისო და ქიმიური კავშირებით. სიმტკიცეზე თითოეული ამ ფაქტორის გავლენა დამოკიდებულია ტემპერატურისა და დეფორმაციის სიჩქარეზე. ამდენად, სიმტკიცე ერთი მუდმივი ზღვრული მნიშვნელობით არ განისაზღვრება. გარდა აღნიშნულისა, სიმტკიცე დამოკიდებულია სხეულის ზომაზე. რაც უფრო მცირე ზომისაა სხეული, მით მეტია მისი სიმტკიცე და პირიქით. სიმტკიცის სტატისტიკური თეორიის თანახმად, დატვირთვისას სხეულის რღვევა ხდება თანდათანობით. როდესაც ძაბვის მნიშვნელობა თეორიული სიმტკიცის ტოლი გახდება. მაშინ სხეულში არსებული ყველაზე სუსტი ადგილი იწყებს რღვევას. რაც უფრო დიდია სხეულის მოცულობა ან ზედაპირის ფართობი, მით მეტია მასში დეფექტებისა და სუსტი ადგილების რაოდენობა და შესაბამისად, ნაკლები იქნება მისი სიმტკიცე.

გარდა ტემპერატურისა და დეფორმაციის სიჩქარისა, სხეულის პროცესზე გავლენას ახდენს დამაბული მდგომარეობის ხასიათი, აგრესიული გარემო და ზედაპირულ აქტიური ნივთიერებანი.

სხვადასხვა რეგიონში ბიტუმის გამოყენება შესაძლოა, თუ იგი:

- ა) მინიმალურ ტემპერატურისას მყიფედ არ იშლება; ბ) მაქსიმალური ტემპერატურის მიმართ მდგრადია და წარმოიქმნება მხოლოდ უმნიშვნელო სიდიდის მუდმივი დეფორმაციები (ცოცვადობა და დენადობა). ამ მოთხოვნათა გათვალისწინებით შემუშავებულია ნომოგრამა, რომელიც ამყარებს ფუნქციურ დამოკიდებულებას დრეკადობის მოდულსა, ბიტუმის დარბილების ტემპერატურას, პენეტრაციის ინდექსს, დროსა და ტემპერატურას შორის.

საგზაო კონსტრუქციებში ბიტუმის თხელი აფსკი აერთიანებს ინერტულ მასალას. ამდენად, ფენილის სიმტკიცე და დეფორმაციულობა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ბიტუმის თხელი აფსკის

თვისებებზე. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ მაღალმოლეკულურ ნაერთთა თხელი აფსკის სტრუქტურულ-მექანიკური თვისებები მკვეთრად განსხვავდება სქელი აფსკის თვისებებისაგან. ამიტომ, წარმოებს ბიტუმის აფსკის კოჰეზიური სიმტკიცის გამოკვლევა, რომ ბიტუმის კოჰეზია ტემპერატურის კლებისას მატულობს და დამოკიდებულია დატვირთვის სიჩქარეზე. ჩვენში და საზღვარგარეთ ორგანულ შემკვრელ მასალათა რეოლოგიური თვისებების შეფასება მეტწილად, პირობითი მეთოდებით წარმოებს. იგი რეგლამენტირებულია სახელმწიფო სტანდარტებით და მათ სტანდარტულ მეთოდებსაც უწოდებენ. ბიტუმის რეოლოგიური თვისებების განმსაზღვრელ სტანდარტულ მეთოდებს მიეკუთვნება პენეტრაცია, პლასტიკურობა (დექტილება), დარბილებისა და სიმყიფის ტემპერატურები.

პენეტრაციის განსაზღვრა მყარი და ბლანტი ბიტუმის სიბლანტის განსაზღვრა ხდება პირობითი მაჩვენებლის სტანდარტული ნემსის შეღწევის სიღრმის მიხედვით. განსაზღვრა წარმოებს ხელსაწყო პენეტრომეტრის საშუალებით. სიბლანტის მაჩვენებლად მიღებულია 100 გ მასის სტანდარტული ნემსის 5 წმ განმავლობაში შეღწევა (პენეტრაცია) ბიტუმში, რომლის ტემპერატურაა 25°C იგი გამოისახება პენეტრაციის გრადუსებით (10=1მმ) და აღინიშნება П25(25 გვიჩვენებს გამოცდის ტემპერატურას). სიბლანტის მაჩვენებლის მიხედვით ხდება ბლანტი ბიტუმის დაყოფა მარკებად: БНД 40\60, БНД 60\90, БНД 90\130, БНД 130\200, БНД 200\300.

თხევადი ბიტუმების და კუპრების სიბლანტის განსაზღვრა წარმოებს სტანდარტული საგზაო ვისკოზიმეტრის საშუალებით. სიბლანტის მაჩვენებლად მიღებულია ვისკოზიმეტრიდან 60°C-ზე 50მლ თხევადი ბიტუმის (კუპრის) გამოდინების დრო წამებში.

ბიტუმის წელვადობა განისაზღვრება „რვიანის“ ფორმის ნიმუშის დექტილომეტრით გაჭიმვის გზით. წელვადობის (დექტლობის) მაჩვენებლად მიღებულია „რვიანის“ ფორმის ნიმუშის ყელის სიგრძე

გაწყვეტის მომენტში. ცდა მიმდინარეობს 25°C ან 0°C (D25; D0) ტემპერატურისას, როცა დეფორმირების სიჩქარე $V=8.3 \cdot 10^{-5}$ მ/წმ-ს ($V=5$ სმ/წთ) შეადგენს. საგზაო ბლანტი ბიტუმის D25>45 სმ და D0>3,5 სმ.

კოჰეზია დამოკიდებულია მოლეკულათაშორის კავშირზე და განისაზღვრება კოჰეზიომეტრის საშუალებით. იგი წარმოადგენს 10 მმკ სისქის ბიტუმის აფსკით ერთმანეთთან შეწებებულ ლითონის ორ ფირფიტას, რომელთა შორის სიმტკვე განისაზღვრება 0,033 მ/წმ (200 მმ/წთ) სიჩქარით დეფორმირებისას. БНД90/130 და БНД60/90 ბიტუმთა კოჰეზია 0,07-0,3 მგპა-ს შეადგენს.

ზემოაღნიშნული თვისებები დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ჯგუფურ შედგენილობასა და სტრუქტურულ ტიპზე. მაღალპლასტიკური თვისებებით გამოირჩევა ისეთი ბლანტი ბიტუმი, რომელიც მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს ფისს, ასფალტენსა და ზეთს ოპტიმალური რაოდენობით, ხოლო კარბენებსა და კარბოიდებს მცირე რაოდენობით.

ამჟამად ბლანტი საგზაო ბიტუმების ხარისხზე მოთხოვნა რეგლამენტირებულია, საქართველოში მოქმედი სტანდარტით ГОСТ 22245-90[18]. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ მასში არ არის ასახული ბიტუმების რეოლოგიური თვისებურებანი ტექნოლოგიურ და საექსპლოატაციო ტემპერატურებზე. საზღვარგარეთის მოწინავე გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ რეოლოგიური შეფასება თვისებისა გვამლევს უფრო ობიექტურ წარმოდგენას ბიტუმის ქცევაზე ასფალტბეტონის შემადგენლობაში. თანამედროვე ეტაპზე დამუშავებულია გაუმჯობესებული სტანდარტის პროექტი რომელშიც შეტანილია დამატებითი მოთხოვნები და მოსულია შესაბამისობაში ევროპულ ნორმებთან. მსურს შევებო ძირითად პარამეტრებს რომელიც მოყვანილი არის ბლანტი ბიტუმების გაუმჯობესებულ სტანდარტში-კერძოდ:

დინამიკური სიბლანტე 60°C-ზე - ეს პარამეტრი ახასიათებს ბიტუმის რეოლოგიურ თვისებას საფარში ზაფხულის ექსპლუატაციის პირობებში. დინამიკური სიბლანტე საშუალებას გვამლევს ვიმსჯელოთ

ასფალტბეტონის საფარის მდგრადობაზე ნაკვალევის წარმოქმნისა და სხვადასხვა პლასტიკური დეფორმაციების მიმართ[2].

კინემატიკური სიბლანტე 135°C-ზე - ეს პარამეტრი ახასიათებს ბიტუმის ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებს ასფალტბეტონის ნარევის მომზადების პროცესში. მოცემული ტემპერატურული რეჟიმი მაქსიმალურად მიახლოებულია ასფალტბეტონის ნარევის მომზადების ტემპერატურასთან და ადგილზე მისი დაგების ტემპერატურასთან საგზაო საფარის მშენებლობისას.

დაძველების განსაზღვრა თხელ აცსკში RTFOT-ის მეთოდით 163°C-ზე - ვინაიდან ბიტუმის შემკვრელის რეოლოგიური თვისებები იცვლება ასფალტბეტონის მომზადების პროცესში და განიცდიან ცვლილებას შემდგომი ექსპლუატაციისას, აქედან გამომდინარე დაძველების მოვლენა ითვლება მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილად შემკვრელის თვისებების ნორმირების დროს. როგორც ცნობილია ასფალტბეტონის ნარევის მომზადების სტადიაზე, აგრეთვე მისი დაგების პროცესში ხდება მისი ინტენსიური ტექნოლოგიური დაძველება. ეს მეთოდი საშუალებას გვაძლევს უფრო ობიექტურად მოვახდინოთ დაძველების პირობების იმიტაცია, ვიდრე დღეს მოქმედი სახელმწიფო სტანდარტი GOCT 18180-ით. დაძველების მიმართ ბიტუმის მდგრადობის ამაღლების მოთხოვნების გაზრდა საშუალებას მოგვცემს გავზარდოთ ასფალტბეტონის საფარის სამსახურის ვადა. აგრეთვე ახალი სტანდარტის პროექტში დამატებით გათვალისწინებულია მოთხოვნები ბიტუმების თვისებათა რიგი მაჩვენებლების ცვლილებების მიმართ RTFOT-ის მეთოდით დაძველების შემდეგ - დინამიკური სიბლანტე - 60°C-ზე, წელვადობა 25°C-ზე, პენეტრაცია 25°C-ზე, სიმყიფის ტემპერატურა და მასის დაკარგვა.

სტანდარტის პროექტში გათვალისწინებულია მოთხოვნათა დაყოფა თვისებათა მაჩვენებლების და კონკრეტული კლიმატური პირობების მიხედვით, რაც გვაძლევს საშუალებას მოვახდინოთ ბიტუმების

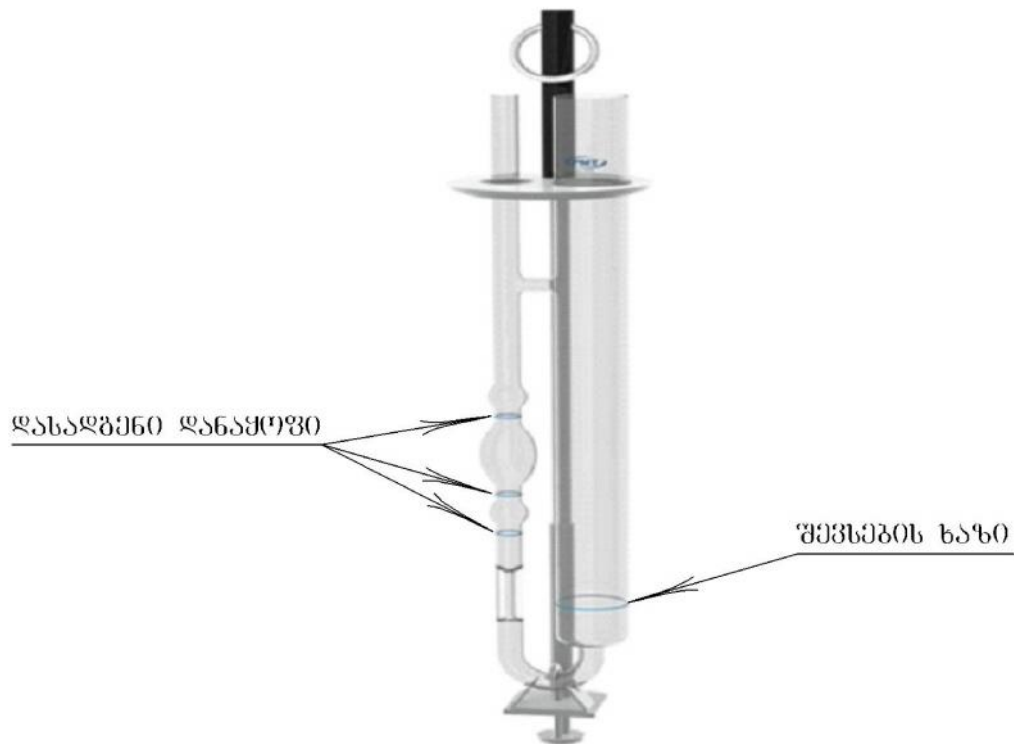
ხარისხისადმი წაყენებული მოთხოვნების დიფერენცირება კონკრეტული ექსპლუატაციის პირობებისათვის.

შევიწროვდა პირობითი სიბლანტის მაჩვენებლები 25°C-ზე ნემსის შეღწევის სიღრმის მიხედვით, პრაქტიკაში უფრო გამოყენებადი ბიტუმის მარკისათვის, პენეტრაციით 35-დან 100-მდე.

დინამიკური და კინემატიკური სიბლანტის განსაზღვრის მეთოდები რეგლამენტირებულია დარგობრივ საგზაო მეთოდოლოგიურ დოკუმენტებში (ОДМ 218. 7.001-2008)[19].

დინამიკური სიბლანტე 60°C-ზე - ОДМ-ის თანახმად ბიტუმის შემკვრელების დინამიკური სიბლანტე განისაზღვრება ვაკუუმური ვისკოზიმეტრით 60°C-ზე ტემპერატურაზე, როცა ბიტუმი წარმოადგენს სითხეს მიახლოებულს ნიუტონურ სითხესთან (ძვრის ძაბვა პროპორციულია დეფორმაციის სიჩქარესთან). შემოთავაზებული მეთოდიკის თანახმად ვისკოზიმეტრის მილაკი ივსება ბიტუმის შემკვრელით დიდი მუხლიდან შევსების ხაზის დონემდე. შემდეგ ხელსაწყოს დგამენ თერმოსტატში ტემპერატურით 135°C. შემდგომი ეტაპი - მას მოათავსებენ თერმოსტატირებულ წყლის ან ზეთის აბაზანაში, რომელშიც დაცულია მუდმივი ტემპერატურა 60°C. ამ ოპერაციის შემდეგ ვისკოზიმეტრის ვიწრო მუხლში მიეწოდება პარციალური ვაკუუმი, ბიტუმის შემკვრელის გადადინების სტიმულირებისათვის.

ვაკუუმი აუცილებელია იმისთვის, რომ 60°C ტემპერატურაზე ბიტუმის შემკვრელს ჰქონდეს ბლანტ-პლასტიური თვისებები და რომ არ ჰქონდეს გადადინების საშუალება.

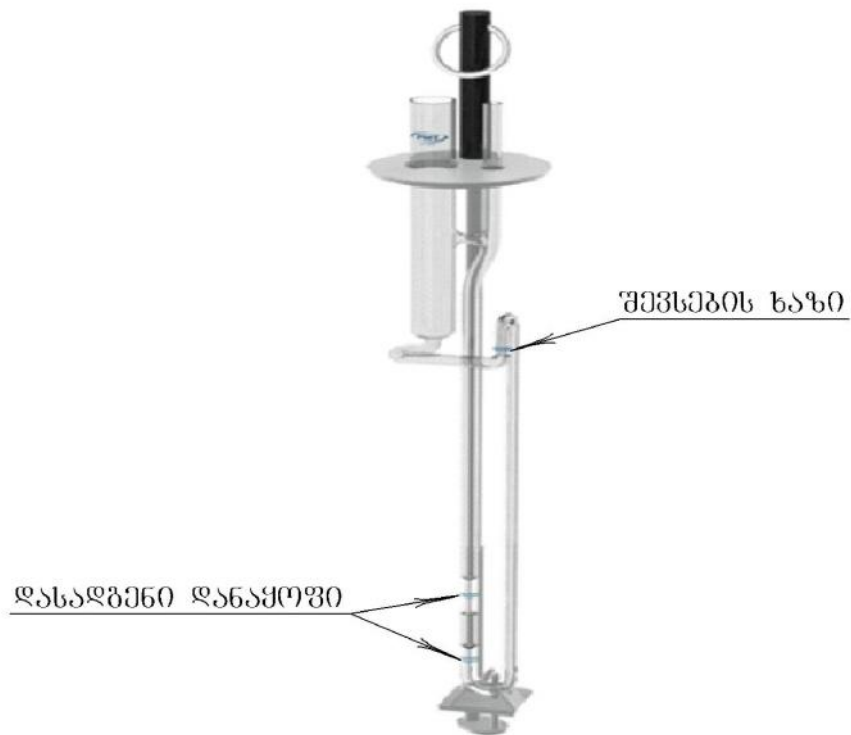


ნახ. 13. ვაკუუმური ვისკოზიმეტრი

ცდის პროცესში ფიქსირდება დრო (წამებში), რომელიც აუცილებელია ნივთიერების გადადინებისთვის ორ დადგენილ ნიშნულს შორის. დინამიკური სიბლანტე გამოითვლება: დროის გადამრავლებით ვისკოზიმეტრის კალიბრაციის კოეფიციენტზე.

კინმატიკური სიბლანტე 135°C-ზე - ამ ტემპერატურაზე ბიტუმის შემკვრელი ხდება საკმაოდ დენადი და შეიძლება გადადინება მოხდეს კაპილარული მილაკიდან მხოლოდ საკუთარი სიმძიმის ძალით, ამიტომაც ამ შემთხვევაში არაა აუცილებელი გამოვიყენოთ პარციალური ვაკუუმი.

ბიტუმის შემკვრელ ნივთიერებას ჩაასხამენ ვისკოზიმეტრის დიდ ნახვრეტში შევსების ხაზამდე. შემდეგ მას ათავსებენ ზეთის აბაზანაში თერმოსტატირებისათვის.



ნახ. 14. ვისკოზიმეტრი Zeifuchs

დაბალი ვაკუუმი მიეწოდება პატარა ნახვრეტიდან ან მცირე წნევით დიდი ნახვრეტიდან ბიტუმის გადადინების სტიმულირებისთვის სიფონის სეგმენტზე უშუალოდ შევისების ხაზის ზემოთ. შემდეგ სიმძიმის ძალის ზემოქმედებით ბიტუმის შემკვრელი ჩაედინება ქვემოთ კაპილარული მილაკის ვერტიკალურ სეგმენტზე.

ცდის პროცესში იზომება დრო(წამებში), რომელიც აუცილებელია ბიტუმის გადადინებისათვის ორ დადგენილ დანაყოფს შორის.

სტანდარტის პროექტში შემოთავაზებული მაჩვენებლების ცვლილების რეგრესიული ანალიზი იძლევა საშუალებას გამოავლინოთ ზოგიერთი კანონზომიერება და კორელაციური კავშირები.

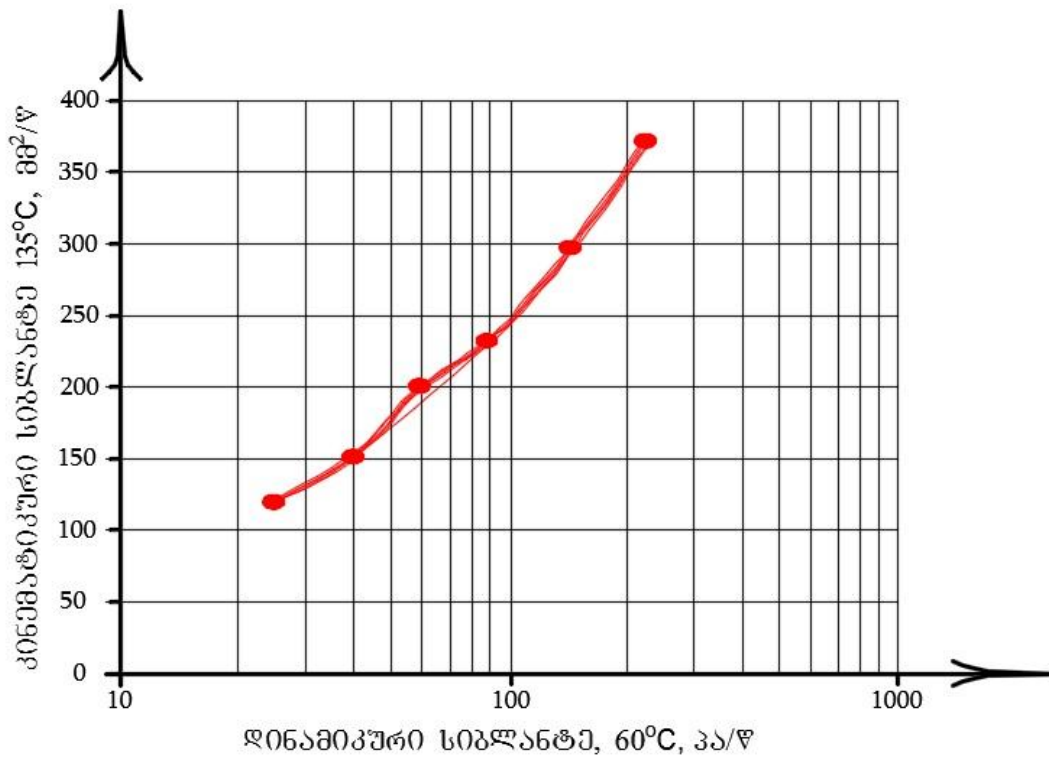
კინემატიკური სიბლანტის განსაზღვრისათვის

$$C_{კინ} = 23,339 \cdot \eta_{დინ}^{0,5111},$$

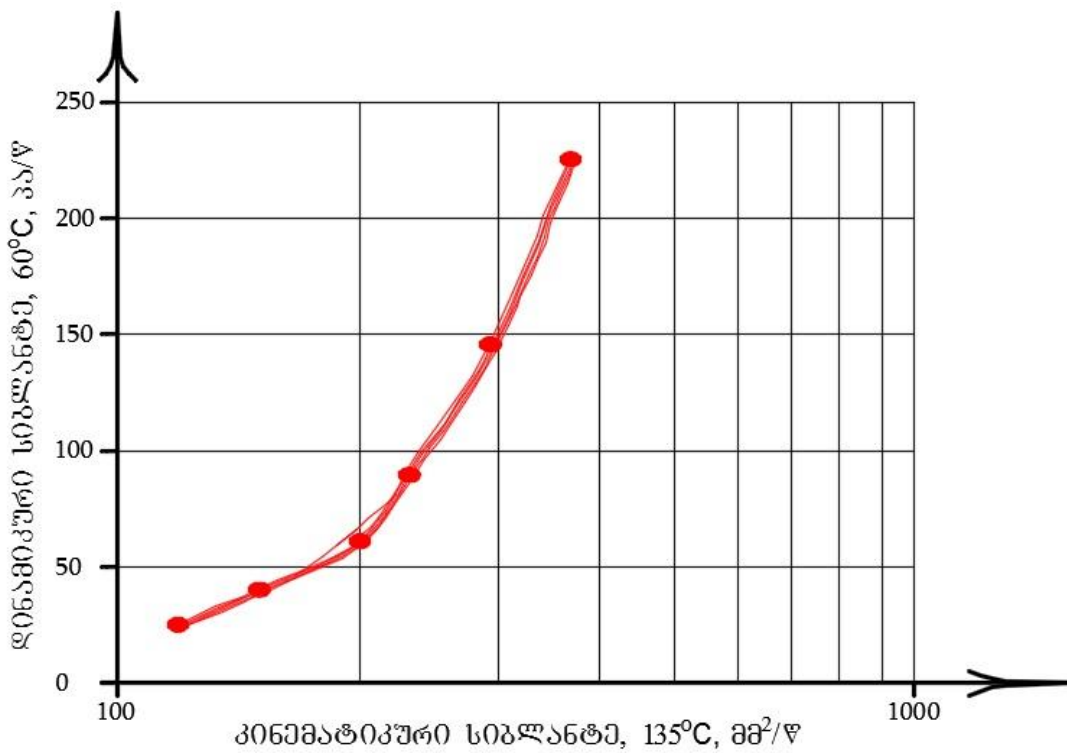
დინამიკური სიბლანტის განსაზღვრისათვის

$$\eta_{დინ} = C_{კინ}^{1,9477},$$

სადაც $C_{კინ}$ -კინემატიკური სიბლანტეა, მმ²/წმ; $\eta_{დინ}$ - დინამიკური სიბლანტე - პა*წმ.



ნახ. 15. კინემატიკური სიბლანტის ცვლილება სხვადასხვა მარკის საგზაო ნავთობბიტუმებისათვის

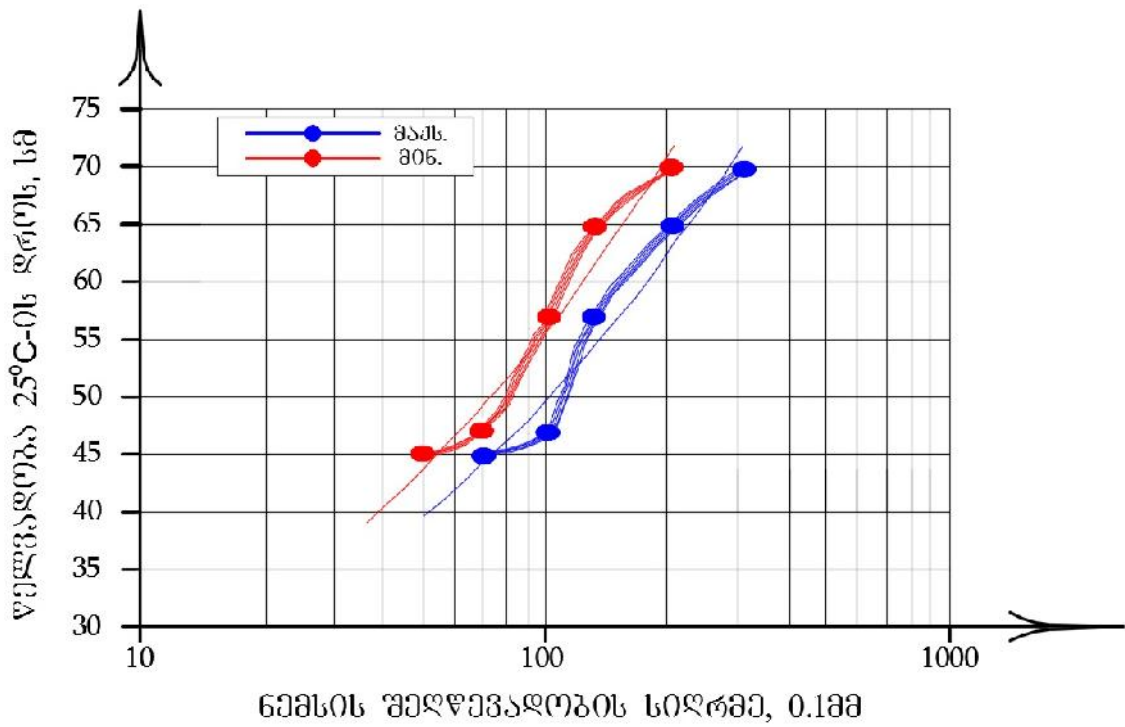


ნახ. 16. დინამიკური სიბლანტის ცვლილება სხვადასხვა მარკის საგზაო ნავთობბიტუმებისათვის

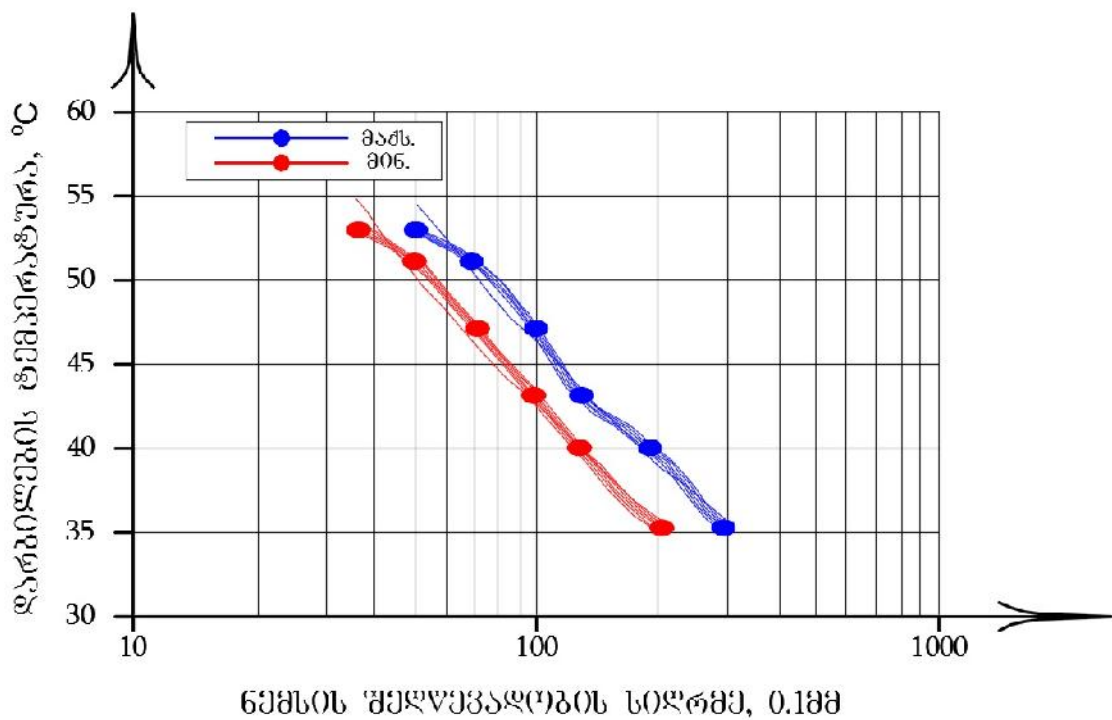
დადგენილია, რომ დინამიკური და კინემატიკური სიბლანტის მნიშვნელობების კორელაცია ურთიერთს შორის ხდება 99%-იანი საიმედოობით. მიღებული ხარისხობრივი დამოკიდებულება შეიძლება გამოყენებული იქნას შესაფასებელი მაჩვენებლების პროგნოზისათვის. სტანდარტის დანერგვის პირველ ეტაპზე საგზაო მშენებლობის პრაქტიკაში სტატისტიკური მონაცემების შეგროვებისათვის მიზანშეწონილია განვახორციელოთ აუცილებელი შემდეგი ექსპერიმენტალური შემოწმება სერტიფიცირებულ აკრედიტირებულ ლაბორატორიებში. ეს დაკავშირებულია იმასთან რომ სამწუხაროდ დღევანდელ დღეს ყველა ლაბორატორია არ არის აღჭურვილი პარციალური და ვაკუუმური ვისკოზიმეტრით.

კინემატიკური და დინამიკური სიბლანტეების ცვლილება სხვადასხვა მარკის საგზაო ბიტუმებისათვის სახელმწიფო სტანდარტის პროექტის მიხედვით ნაჩვენებია ნახ.15-16-ზე.

ერთდროულად მიღებულია მდგრადი ხარისხობრივი მათემატიკური გამოსახულებები ბლანტი საგზაო ბიტუმების თვისებების ყველა ნორმირებული მაჩვენებლების ცვლილებისათვის 25°C-ზე ნემსის შეღწევადობის სიღრმის მაჩვენებლის მიხედვით.(ნახ.17-18).

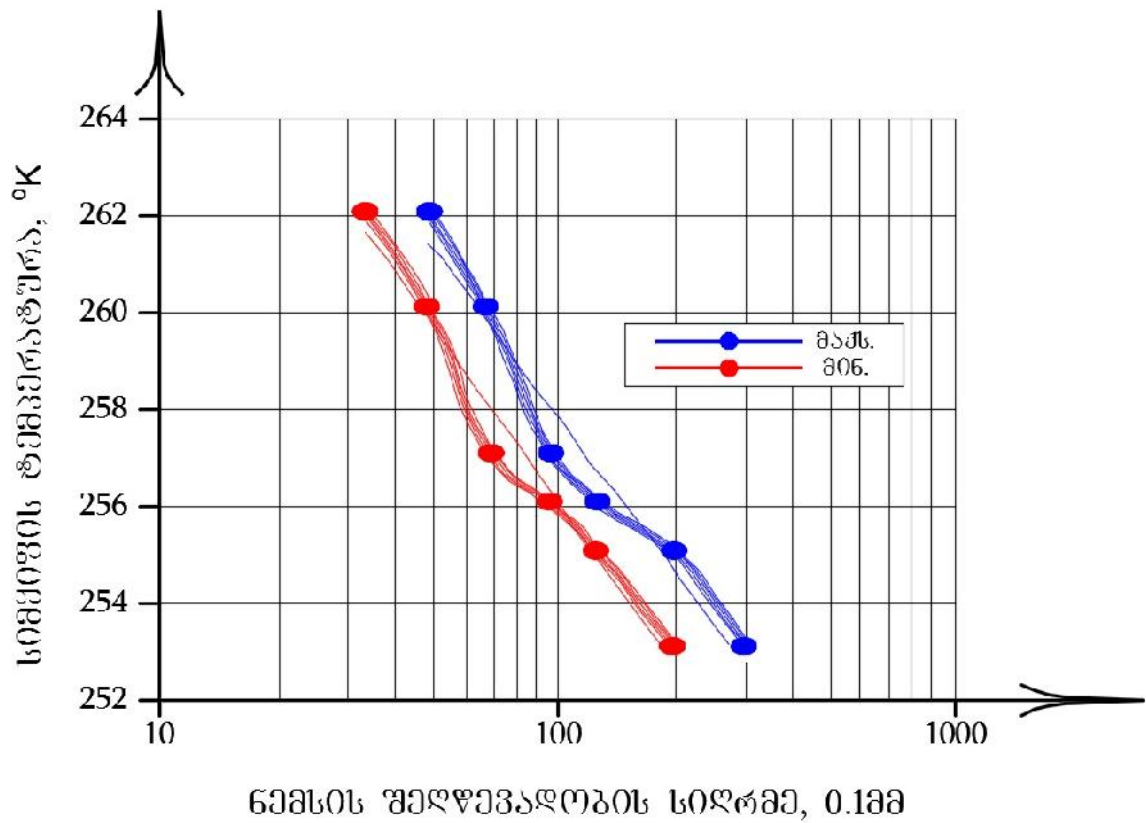


ნახ. 17. ბიტუმის წელვადობის ტემპერატურის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით

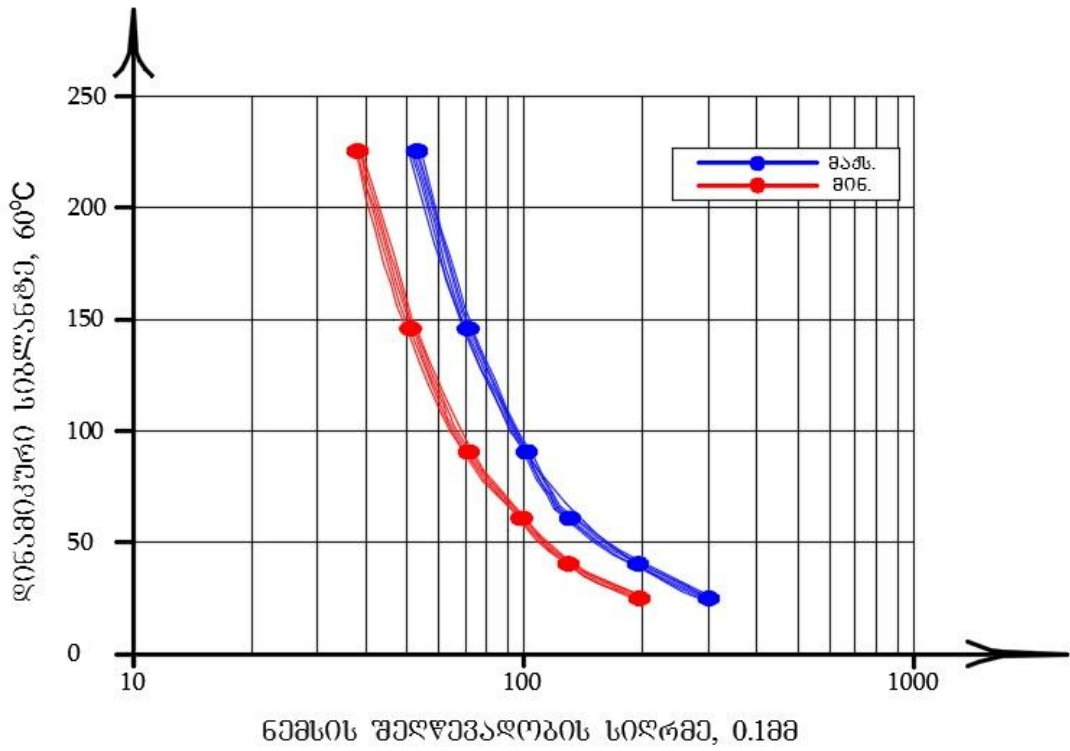


ნახ. 18. ბიტუმის დარბილების ტემპერატურის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით

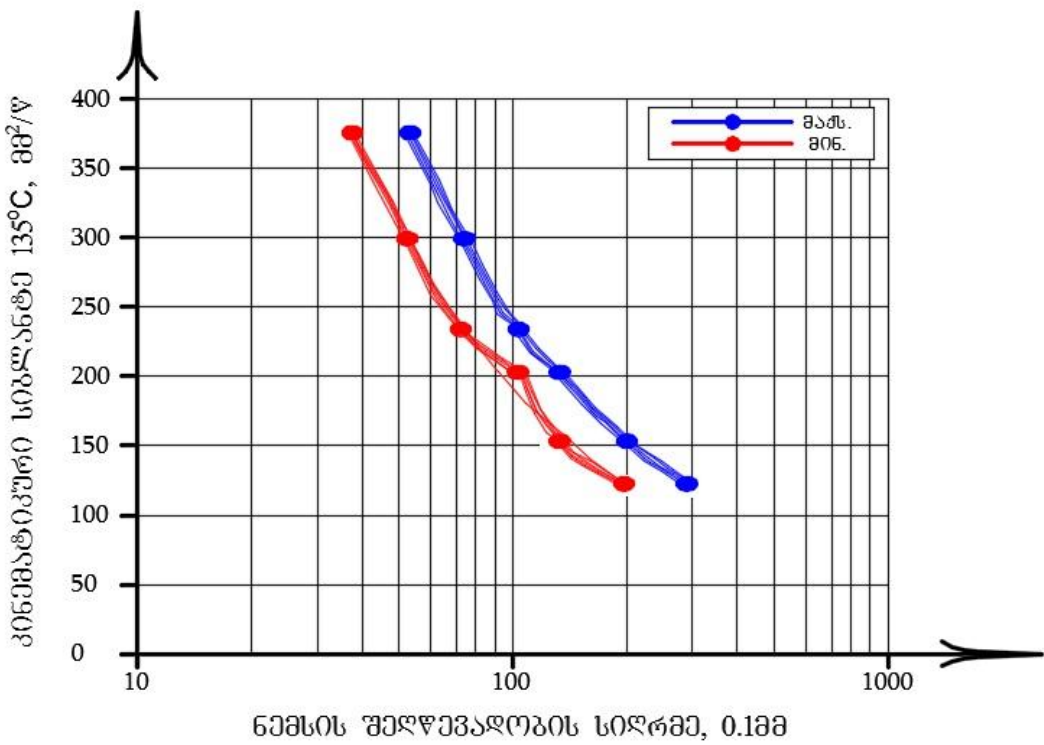
წელვადობის მაჩვენებლებისათვის (ნახ.19) დადგენილია, რომ მიღებული რეგრესიული მოდელს გააჩნია კორელაციურის კავშირი 0,949-დან 0,954-მდე. ანალოგიურად დარბილების ტემპერატურისათვის მრავალჯერადი კორელაციის კოეფიციენტი შეადგინა 0,981-დან 0,984-მდე.



ნახ. 19. ბიტუმის სიმყიფის ტემპერატურის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით



ნახ. 20. ბიტუმის დინამიკური სიბლანტის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით



ნახ. 21. ბიტუმის კინემატიკური სიბლანტის ცვლილება ნემსის შეღწევის სიღრმეზე დამოკიდებულებით

ნახ.20-21-ზე. ნაჩვენებია სიმყიფის ტემპერატურის ცვლილება სიბლანტეზე დამოკიდებულებით, რომელსაც გააჩნია აგრეთვე საკმაოდ მაღალი კორელიაცია (0,961-0,974-ის ფარგლებში).

კიდევ უფრო დიდი სიზუსტით კორელირდება ურთიერთ შორის ნემსის შეღწევადობის სიღრმე დინამიკურ(0,995-0,999) და კინემატიკურ (0,991-0,999) სიბლანტეს შორის.

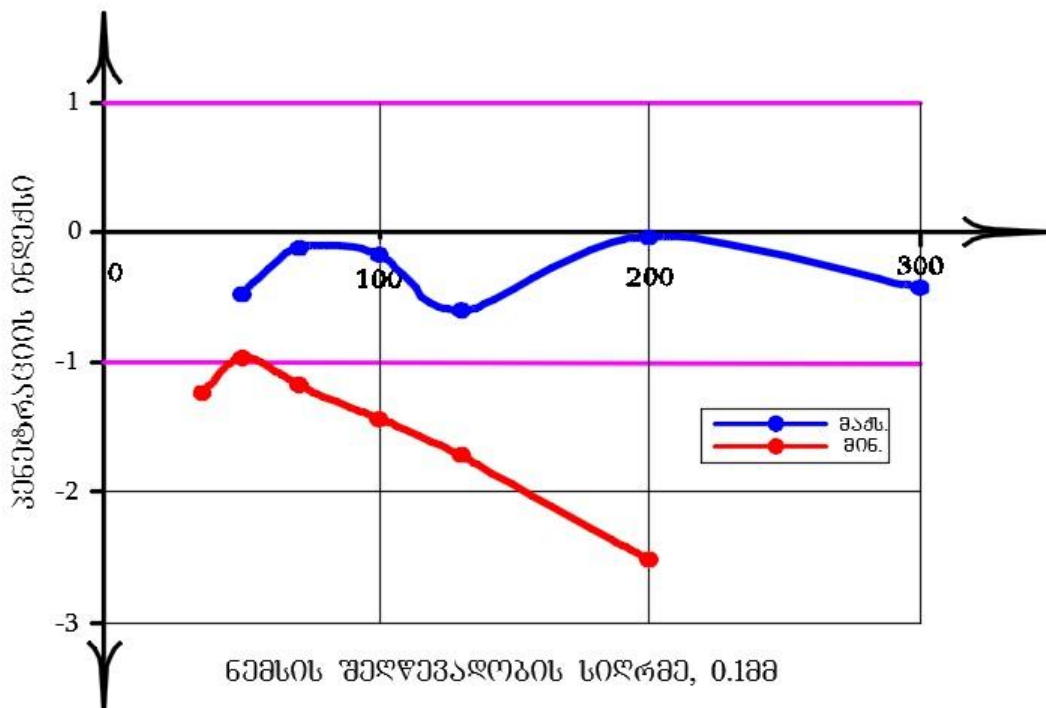
ა.ს. კოლბანოვსკაიას შრომების მიხედვით პენეტრაციის ინდექსი ახასიათებს ბიტუმის შემკვრელის სტრუქტურულ-რეოლოგიურ ტიპს. მოსკოვის ავტოსაგზაო ინსტიტუტში ჩატარებული იქნა პენეტრაციის ინდექსის შემოთავაზებული ნორმირებული მნიშვნელობის ანალიზი, რომელიც გაანგარიშებულია ფორმულებით.

$$ИП=30/1+50A-10$$

სადაც

$$A=2.9031+\log\Pi/T-25$$

სადაც Π - ნემსის შეღწევადობის სიღრმე 25 °C, 0,1 მმ; T-დარბილების ტემპერატურა, °C.



ნახ. 22. პენეტრაციის ინდექსის ცვლილება ბიტუმის მარკის მიხედვით

დადგენილია (ცხრილი.6, ნახ.22.), რომ ეს მაჩვენებელი ყოველთვის არ ჯდება მოთხოვნების ფარგლებში, როგორც მოქმედი ისე შემოთავაზებული სტანდარტისათვის.

შედეგები მოწმობენ, რომ ქვედა ზღვრული მნიშვნელობის მიხედვით სხვადასხვა მარკის ბიტუმებისათვის პენეტრაციის ინდექსი მოთავსებულია 0-2,5 ფარგლებში და ყოველთვის არ ჯდება ГОСТ 22245(-1-1) ქვედა ზღვარზე. მიზანშეწონილად მიაჩნიათ დავაკორექტიროთ ამ მაჩვენებლის მოთხოვნები ქვედა ზღვარის მიხედვით (1,4-მდე და მეტი ბიტუმებისათვის პენეტრაციისათვის 130 და მეტი) ან გადავხედოთ მოთხოვნები რომელიც წაყენება დარბილების ტემპერატურას.

ბლანტი საგზაო ბიტუმების და პოლიმერბიტუმოვანი შემკვრელების რეოლოგიური თვისებების გათვალისწინება ტექნოლოგიური და საექსპლუატაციო ტემპერატურების ფართო დიაპაზონში მოგვცემს საშუალებას გაცილებით საფუძვლიანად დავნიშნოთ ორგანული შემკვრელების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესები ნავთობგადამამუშავებელ საწარმოებში, ასფალტბეტონის ნარევის მომზადების რეჟიმი საგზაო სამშენებლო ინდუსტრიის ორგანიზაციებში, დაგების ტექნოლოგია და ასფალტბეტონის ნარევის დატკეპნის პროცესები.

ეს საშუალებას მოგვცემს ჩავატაროთ პროგნოზი ბიტუმმინერალური ნარევის საიმედოობაზე სამუშაო ტემპერატურათა ფართო ინტერვალში და შევაფასოთ ხანგრძლიობა საგზაო და აეროდრომების ასფალტბეტონების საფარზე.

ამისათვის საჭიროა ნავთობგადამამუშავებელი და საგზაო სპეციალისტების კოორდინაცია და ერთობლივი ძალისხმევა. ახალი სტანდარტის პროექტზე - „ბლანტი საგზაო ბიტუმები“ - მომუშავე სპეციალისტების მიერ გათვალისწინებულია ბიტუმის რეოლოგიური მახასიათებლები, ტექნოლოგიურ და საექსპლუატაციო ტემპერატურებზე, ასევე დაძველება სითბოს ზემოქმედების შედეგად.

პენეტრაციის ინდექსის ცვალებადობა ბიტუმის მარკის მიხედვით

ბიტუმი მარკების მიხედვით							
პენეტრაცია	ზედა ზღვარი	300	200	130	100	70	50
	ქვედა ზღვარი	200	130	100	70	50	35
პენეტრაციის ინდექსი	ზედა ზღვარი	-0,415	-0,02295	-0,6018	-0,17199	-0,114	-0,47689
	ქვედა ზღვარი	-2,5194	-1,73673	-1,44961	-1,18826	-0,952	-1,24559

დადგენილია, რომ საგზაო ბლანტი ბიტუმების თვისებათა მაჩვენებლების სტანდარტებს შორის არსებობს სტაბილური კორელაციური კავშირი ($K_{კორ}=0,949-0,999$). ბიტუმების მიღებული თვისებები ნათლად არის აღწერილი რეგრესიული მოდელით ამ სახით $y=b_0 \cdot x^{b_1}$, რაც საშუალებას გვაძლევს განსაზღვრული საიმედოობით განვახორციელოთ მათი სტანდარტული მაჩვენებლების ოპერატიული პროგნოზი.

ასევე დადგენილ იქნა, რომ დინამიკური და კინემატიკური სიბლანტის მნიშვნელობების კორელაცია ურთიერთ შორის ხდება 99%-იანი საიმედოობით.

მიღებულია მდგრადი ხარისხობრივი მათემატიკური გამოსახულებები ბლანტი საგზაო ბიტუმების თვისებების ყველა ნორმირებული მაჩვენებლების ცვლილებისათვის, 25°C-ზე ნემსის შეღწევადობის სიღრმის მიხედვით.

წელვადობის მაჩვენებლებისათვის დადგენილია, რომ მიღებულ რეგრესიულ მოდულს გააჩნია კორელაციური კავშირი 0,949 დან 0,954 მდე.

დარბილების ტემპერატურისათვის მრავალჯერადი კორელაციის კოეფიციენტი გამოისახა 0,981-0,984 ის ფარგლებში.

ბლანტი საგზაო ბიტუმების რეოლოგიური თვისებების გათვალისწინებით ტექნოლოგიური და საექსპლუატაციო ტემპერატურების ფართო დიაპაზონი მოგვცემს საშუალებას მიზანმიმართულად დავნიშნოთ ორგანული შემკვრელების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესები, ზუსტად

შევარჩიოთ ასფალტბეტონების ნარეგების მომზადების რეჟიმი, დაგების ტექნოლოგია და დატკეპნის სათანადო პროცედურები.

2.6. მოდიფიცირებული ბიტუმების რეოლოგიური თვისებები

ასფალტბეტონების ისეთი თვისებები როგორცაა მისი ძვრამდეგობა, ხანმდეგობა და დეფორმაციებისადმი წინააღმდეგობის გაწევის უნარი დამოკიდებულია ნარეგში გამოყენებულ მასალებზე, მათ შორის პირველ რიგში ბიტუმზე. ბიტუმი ყველაზე მეტად განიცდის ტემპერატურულ ცვალებადობას, მიუხედავად იმისა, რომ ნარეგში მისი შემცველობა მხოლოდ 5-7%-ია. მისი ქცევა როგორც ნარეგში ყველაზე სუსტი რგოლისა პირდაპირ დამოკიდებულია ფენილის მდგომარეობაზე.

გარდა კლიმატური პირობებისა ფენილზე აგრეთვე მოქმედებს ავტომობილისაგან გადაცემული დატვირთვები. ავტომობილის თვალსა და საგზაო სამოსის ზედაპირს შორის ჰორიზონტალური დატვირთვა წარმოიქმნება ავტომობილის წევისა და დამუხრუჭების ძალებისაგან სწორ უბნებზე და ცენტრიდანული ძალებისაგან მრუდე უბნებზე.

წევის ძალის დიდ მნიშვნელობას ავტომობილი დაძვრისას აწვევს, რომელიც მოძრაობის ზრდასთან ერთად სწრაფად კლებულობს. წევის ძალისაგან გამოწვეულ ჰორიზონტალურ დატვირთვას სისტემატიური ხასიათი აქვს გზაჯვარედინებზე, საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაჩერების ადგილებში და მაღალი გრძივი ქანობის აღმართებზე.

დამუხრუჭების ძალისაგან გამოწვეული ჰორიზონტალური დატვირთვა მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს მკვეთრი დამუხრუჭებისას მშრალ ფენილზე, განსაკუთრებით დაღმართებზე.

ჰორიზონტალური ძალებისაგან გამოწვეული დატვირთვები ვლინდება საგზაო სამოსის ზედა ფენებში, განსაკუთრებულად ისინი საფარის მიერ აღიქმება რთული რელიეფის პირობებში მაღალი დადებითი ტემპერატურების პირობებში. ცხელ პერიოდში საგზაო ფენილში არსებული

ორგანული შემკვრელის სიბლანტე საგრძნობლად იკლებს, რასაც ფენილის მდგრადობის კლება მოჰყვება.

ბიტუმის თვისებების შეცვლა შესაძლებელია მასში პოლიმერების დამატებით. პოლიმერები აქვეითებენ ბიტუმის ტემპერატურულ მგრძობელობას, ზრდიან მის კოჰეზიურ თვისებებს და თერმომდგრადობას, ზრდიან მის ელასტიურობას. ეს თავისთავად აუმჯობესებს საფარის ძვრამდეგობას და ეწინააღმდეგება მისგან გამოწვეულ დეფორმაციებს.

პოლიმერული დანამატი საშუალებას იძლევა გავზარდოთ ბიტუმის სიბლანტე და მისი დარბილების ტემპერატურა, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ბიტუმის პლასტიურობის ინტერვალს. ხოლო ბიტუმის სიმყიფის ტემპერატურა უმნიშვნელოდ იცვლება, რაც გავლენას ვერ ახდენს ასეთი ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის მუშაობის თვისებებზე დაბალი ტემპერატურის პირობებში. მოდიფიცირებული ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონების ნიმუშები ხასიათდებიან მაღალი სიმტკიცით 50°C-ზე.

აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ პოლიმერული დანამატით შეიძლება შეიქმნას მაღალი ხარისხის ძვრამდეგი ასფალტბეტონი, რაც უზრუნველყოფს ფენილის მაღალ სიმტკიცეს და მდგრადობას მაღალი ტემპერატურისა და რთული რელიეფის პირობებში ექსპლუატაციისას.

შემუშავებულია ახალი სწრაფი მეთოდი, რომელიც განსაზღვრავს ბიტუმის შემკვრელთა კომპლექსის რეოლოგიურ თვისებებს, ისეთების როგორიცაა: ძვრის სიმტკიცე და მისი დამოკიდებულება ტემპერატურაზე -36-(+180)°C ინტერვალში, კროზადობის უნარი (ადჰეზია ქვის მასალასთან), დარბილების დაწყების დენადობის და გამყიფების ტემპერატურა, შემკვრელის მუშაობის უნარიანობის (პლასტიურობის) ინტერვალი. მეთოდი გამოყენებულია ხარისხის შედარებითი შეფასებისთვის შემდეგი პოლიმერბიტუმოვანი შემკვრელების შემთხვევაში - ПБВ-40, Альфабит-60,

Альфабит-90 და რეზინობიტუმების შემკვრელთათვის-БИТРЭЖ და SRMB. დადგენილია შესწავლილი მასალების განსხვავებულობა ცინვამედეგობისა და თბომედეგობის მიხედვით და ჩატარებულია მათი რაოდენობრივი შეფასება[3].

ძვრის სიმტკიცე და შეჭიდულობა ქვის მასალებთან (კრობადობა) წარმოადგენს ერთ-ერთ მთავარ თვისებას შემკვრელი მასალებისა, რადგან ამაზეა დამოკიდებული ასფალბეტონების ხანმედეგობა, ბზარმედეგობა, ცინვა და თბომედეგობა. ამ თვისებების შეფასების მეთოდთა უმეტესობა (რგოლი და ბურთულა, პენეტრაცია, დუქტილება) წარმოადგენს ირიბ, მცირე ინფორმაციის მატარებელ, მასალათა სიმტკიცის თვისებების მიმართ, ამასთან ეს მეთოდები შრომატევადია და ხანგრძლივი. ამიტომ აქტუალურია ამოცანა, რათა დავამუშაოთ ექსპრესული ობიექტური მეთოდები შემკვრელ მასალათა სიმტკიცის თვისებების დასადგენად. ქვემოთ მოცემულია ამ ამოცანის გადწყვეტის მცდელობა.

განისაზღვრება ნიმუშების ძვრის სიმტკიცის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე ინტერვალში -36°C -დან დარბილების (დენადობის) ტემპერატურამდე ხელსაწყოზე „Термоскан-М1“[23]. მიღებული ძვრის მრუდებიდან დადგინდა მასალის ხარისხის რეოლოგიური მაჩვენებლები, მაგალითად, სტრუქტურული გადასვლების მახასიათებელი ტემპერატურები და ძვრის სიმტკიცის მაჩვენებლები ამ ტემპერატურაზე.

ძვრის სიმტკიცე - ეს არის ძვრის დამაბულობის მაქსიმალური მნიშვნელობა, ძვრის დროს ან ნიმუშის მოწყვეტის დამაბულობის მნიშვნელობა გაცხელებულ ან გაციებულ ზედაპირიდან, რომელიც გამოსახულია (მპა)-ში. მოცემულ ნაშრომში ქვესადებად გამოიყენება პელტიეს ელემენტის კერამიკული ზედაპირი, რაც იმიტირებას უკეთებს მყავე ბუნების ქვის მასალას.

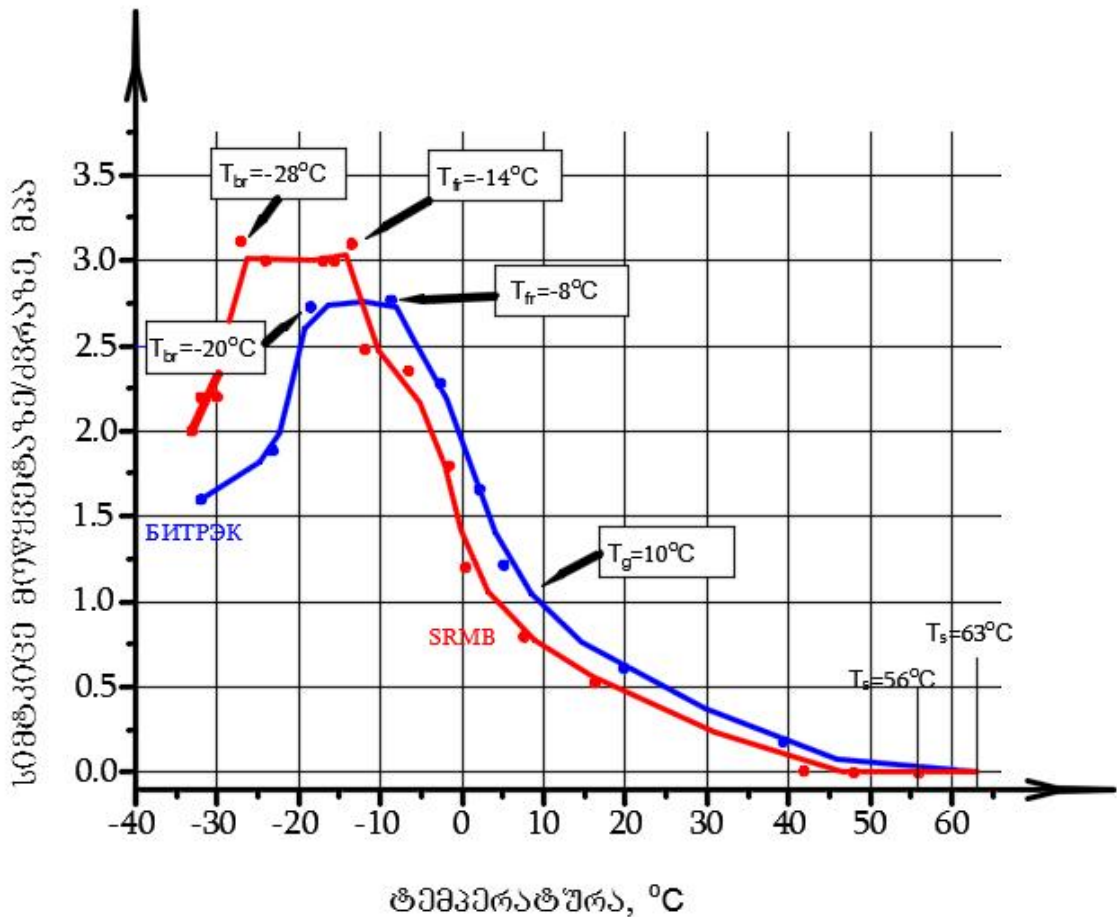
ივსება სტიკერი დიამეტრით 8მმ და სიღრმით 2მმ ნიმუშით მასით 7-8მგ. ქვესადების ტემპერატურა იზრდება ნიმუშის დენადობის ტემპერატურამდე და მჭიდროდ ეკრობა სტიკერი ზედაპირთან ნიმუშის

ზედმეტი ნარჩენის გამოდევნით. ხელსაწყო გრილდება საჭირო ტემპერატურამდე.

მოცემულ ტემპერატურაზე ნიმუშებზე გამოიყენება წანაცვლებითი დატვირთვა და დინამომეტრის სკალაზე აღინიშნება მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა კილოგრამებში. იანგარიშება ძვრის დაძაბულობა (ძვრის სიმტკიცე). დინამომეტრის ჩვენება მრავლდება კოეფიციენტზე $K=0,2$ მპა/კგ. კოეფიციენტი $K=0,2$ შეესაბამება 8 მმ-იანი ნიმუშის ზედაპირთან კონტაქტის ანაბეჭდის (ლაქა) დიამეტრს.

გაზომვის ცდომილება ფასდებოდა სტანდარტული გადახრით საშუალო მონაცემებიდან 5-6 რაოდენობით გამეორების შემთხვევაში. მეთოდის ფარდობითი ცდომილება არ აღემატება 6%.

ძვრის სიმტკიცე ოთახის ტემპერატურაზე დაბალ არეალში ისაზღვრებოდა დინამომეტრის დახმარებით, როცა ნიმუშზე ხდებოდა ძვრის მზარდი ძალისხმევა ფიქსირებულ ტემპერატურაზე. მაღალი ტემპერატურის არეალში დარბილების ტემპერატურის განსაზღვრის დროს გამოიყენებოდა მდორე გათბობის მეთოდი (10°C /წუთში). მოცემული მცირე დატვირთვის დროს ნიმუშზე-10, 40 და 90გ. რაც დიამეტრის ლაქის კონტაქტს 8მმ-ით შეესაბამება ძვრის დაძაბულობა, 0,002, 0,008 და 0,018 მპა.



ნახ.23. BITPDK და SRMB ძვრის სიმტკიცის მრუდები

23-ე ნახაზზე მოყვანილია მრუდები რომლებიც ასახავენ ნიმუშის ძვრის სიმტკიცის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე ინტერვალში ძვრის დაწყებიდან T_s -32°C-მდე. როგორც ნახაზიდან ჩანს ძვრის სიმტკიცე მდორედ იზრდება ტემპერატურის კლების მიხედვით, 0,002მპა მნიშვნელობიდან ძვრის დაწყების ტემპერატურაზე $T_s=56$ და 63°C და 2,8-3მპა -15°C.

შეიძლება ავლნიშნოთ შემდეგი დამახასიათებელი წერტილები (ტემპერატურის) რეოლოგიური მრუდის: (1) T_s - ძვრის (დარბილების) დაწყება მოცემულ მცირე დატვირთვაზე; (2) T_g - გამინების დაწყება როგორც მრუდის მკვეთრი აღმასვლა თავდაპირველი დამრეცი მონაკვეთის შემდეგ; (3) T_{fr} - გამინების პროცესის დამთავრება მრუდის მაღალ წერტილზე; (4) T_{br} - მინის გადასვლა მყიფე მდგომარეობაში, როგორც დაწყება მრუდის მკვეთრი ვარდნისა ქვემოთ (კროზადობის დაქვეითება)

-20-(-30)°C ინტერვალში. შესაბამისად მრუდი მოიცავს შემდეგ დამახასიათებელ მონაკვეთებს: T_s-T_g , რაც პასუხობს ნიმუშის სიბლანტის მატებას, (იმყოფება გელის მდგომარეობაში) T_g-T_{fr} შეესაბამება ნიმუშის გამინების პროცესს. $T_{fr}-T_{br}$ - შეესაბამება ნიმუშის გამყიფებას ადჰეზიის (კროზადობის) მკვეთრი ვარდნით იმ დროს როცა გვაქვს სიმყიფის ტემპერატურა $T_{br}=T_{xp}$.

მრუდის მაქსიმალურ წერტილზე T_{fr} -ს დროს შეიმჩნევა კოჰეზიიდან ადჰეზიაზე გადასვლა. T_{fr} -მდე ძვრა ხდება მასალის შიდა ფენებში, T_{fr} -ის შემდეგ - „ადჰეზია-ქვესადების“ ზღვარზე. T_{fr} ტემპერატურაზე და უფრო დაბლა ნიმუში წყდება ზედაპირიდან ისე, რომ კვალს არ ტოვებს. T_{fr} -მდე ნიმუში მხოლოდ დაიძვრება (ცოცავს) ზედაპირზე და ტოვებს კვალს.

T_{fr} ტემპერატურაზე გამინების ინტერვალის ბოლოს ნიმუში ხდება მსხვრევადი - გალუნვისას ტყდება და არ ილუნება, ტოვებს ნიჟარისეულ ამოტეხილობას. ამიტომ მოცემულ ტემპერატურას ჩვენ ავლნიშნავთ, როგორც მსხვრევადობის ტემპერატურას (ინგლისურად fracture, აქედან T_{fr}). ძვრის ძალა მრუდის ამ წერტილზე აღწევს მაქსიმუმს და შემდგომში არ იცვლება ტემპერატურის მკვეთრ დაცემამდე (სიმყიფის ტემპერატურა) T_{br} (brittle-მყიფე). რამდენადაც T_{fr} წერტილში იწყება ნიმუშის ადჰეზიური მოწყვეტა ზედაპირიდან, მოწყვეტის მაქსიმალური ძალვა ამ წერტილზე შეიძლება მივიღოთ შემკვრელის ქვის მასალასთან ადჰეზიის რაოდენობრივ ზომად.

ტემპერატურის დაწევის მიხედვით, მოლეკულური ჯაჭვის მობილობის დაქვეითებით იზრდება ჯაჭვებს შორის კონტაქტების რიცხვი, ე.ი. სიბლანტე (კოჰეზია). ამასთან გამორიცხული არაა ქვესადგამიდან კავშირის ნაწილის გადასვლა მასალის შიგნით. კოჰეზიის და ადჰეზიის გათანაბრების მომენტში ხდება ადჰეზივის ამოვარდნა ქვესადგამიდან T_{fr} და ძვრის დამაბულობაზე P_{fr} ($P_{fr} = P_{xp}$ = წებვადობა) გადასვლის შესაბამის ტემპერატურაზე.

ნახ.23-დან ჩანს, რომ ნიმუშის დაძვრა 10გ. დატვირთვაზე დაიწყება 63 °C-ზე (БИТРЭК) და 56 °C-ზე (SRMB), შემდეგ ძვრის სიმტკიცე(СИ)-ნელა იზრდება $T_g=10^{\circ}\text{C}$ -მდე და სწრაფად მატულობს ამ მონაკვეთზე $T_g-T_{fr}=10-(-8)=18^{\circ}\text{C}$ (БИТРЭК) და $10-(-14)=24^{\circ}\text{C}$ (SRMB).

გამინების არეალი SRMB 6°C-ზე უფრო ხანგრძლივია გამინების მეორე მონაკვეთის ხარჯზე. $-8-(-14)^{\circ}\text{C}$ რამაც შეიძლება მიგვანიშნოს ელასტიფიცირებად დანამატზე SRMB-ში. БИТРЭК-ში ასევე შეიმჩნევა ორი მონაკვეთი, სადაც მეორე $2-(-8)^{\circ}\text{C}$ უფრო სუსტადაა გამოხატული ვიდრე SRMB-ში რადგან მასში ნაკლებად არის ელასტიკური კომპონენტები.

სიმციფის ტემპერატურა БИТРЭК-ში აღწევს -20 და SRMB-ში -28°C . რაც უკანასკნელში გამოწვეულია ელასტიკური კომპონენტების დიდი შემცველობით. ამასთან კრობადობა БИТРЭК-ში რამდენადმე მცირეა SRMB-სთან შედარებით $-2,8$ და 3 მპა. შესაბამისად.

ამრიგად SRMB უფრო ელასტიურია და კრობადი დაბალ ტემპერატურაზე ვიდრე БИТРЭК (უფრო ყინვამედეგი).

თუ ვიმსჯელებთ მიღებული მონაცემებით T_{br} , სიმციფის ტემპერატურის განსაზღვრის რეოლოგიური მეთოდი კარგად უნდა იყოს კორელირებული ფრასის მეთოდთან. ამასთან უნდა ავლნიშნოთ, რომ T_{xp} -ს მნიშვნელობა ძლიერ არის დამოკიდებული ბიტუმის გამოსაცდელი აფსკის სისქესთან, აფსკის სისქის ზრდასთან ერთად იზრდება T_{xp} -ს მნიშვნელობაც, ოღონდ იზრდება მსხვრევადობის რეოლოგიურ ტემპერატურამდე.

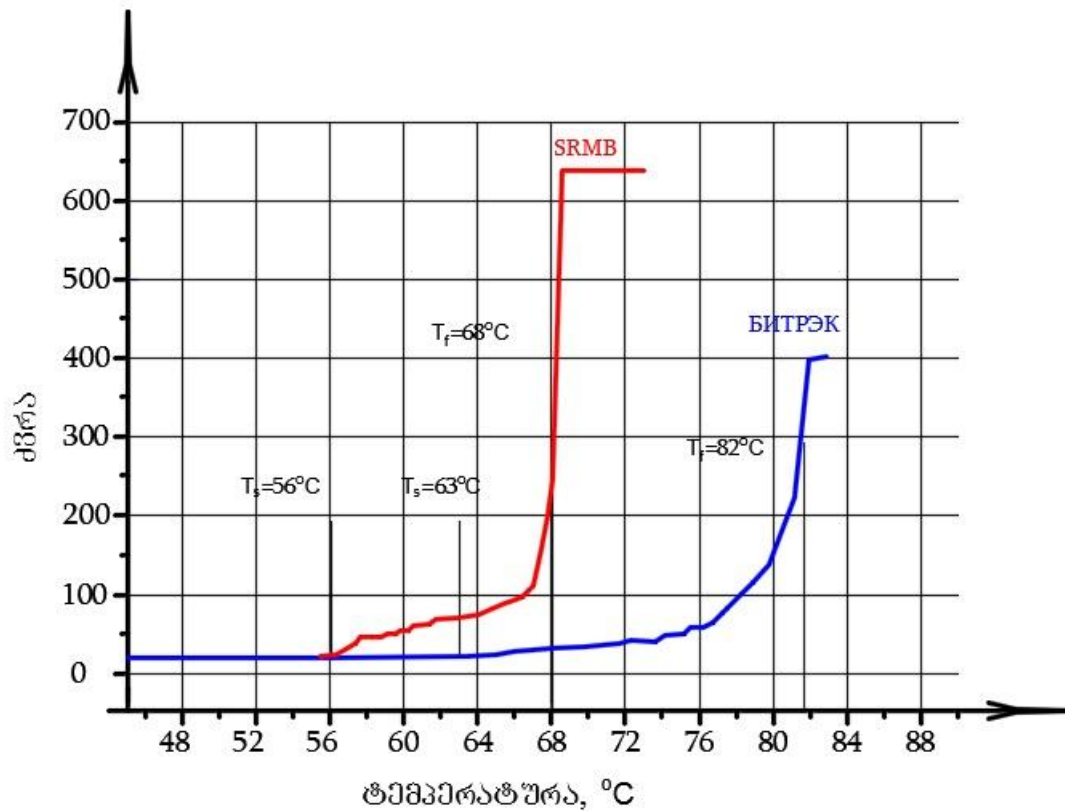
აღსანიშნავია ბიტუმის ფიზიკური მდგომარეობის არსებითი განსხვავება მსხვრევადობის და სიმციფის ტემპერატურებზე. პირველ შემთხვევაში ნიმუში ინარჩუნებს მნიშვნელოვან კრობადობას და სიმტკიცეს, დაბალი ტემპერატურების ინტერვალში. მეორე შემთხვევაში ნიმუში კარგავს ადჰეზიას ქვის მასალასთან, იფშვნება და შორდება ღორღს უკვე მცირე დატვირთვის დროს ასფატბეტონზე. ეს პროცესი მკვეთრად აჩქარდება, დაწყებული კრიტიკულ დაბალ ტემპერატურიდან

ექსპლუატაციის ზღვრულად დასაშვებ ტემპერატურამდე-სიმყიფის ტემპერატურა T_{br} .

ზემოთ განხილული იყო შემკვრელის ქცევა დაბალ (ზამთრის) ტემპერატურაზე. არანაკლებ მნიშვნელოვანია შემკვრელის თვისების შესაფასებლად ნიმუშის გამოცდა მაღალ (ზაფხულის) ტემპერატურებზე. მასალის მაღალტემპერატურული თვისებების შედარებითი შეფასებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას შეთავსებული (ურთიერთ დადებული) ძვრის მრუდების მეთოდი მცირე ძვრის დატვირთვების ზონაში, ნახ.24.

ნახ.24-დან ჩანს, რომ დამვრა БИТРЭК-ში იწყება $T_s=63^{\circ}\text{C}$, SRMB-ში კი $T_s=56^{\circ}\text{C}$. ნიმუშთა მთლიანი გათხევადება ხდება დენადობის ტემპერატურაზე $T_f=82$ და 68°C . შესაბამისად, თბომედეგობა БИТРЭК-ში არსებითად მაღალია SRMB-თან შედარებით.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ დენადობის ტემპერატურა T_f , განსაზღვრული მცირე წანაცვლებითი დატვირთვებით 2 კპა, $1-2^{\circ}\text{C}$ -მდე სიზუსტით ემთხვევა დარბილების ტემპერატურას, რომელიც განისაზღვრება დარბილების მეთოდით „რგოლი და ბურთულა“-ს მეთოდით.



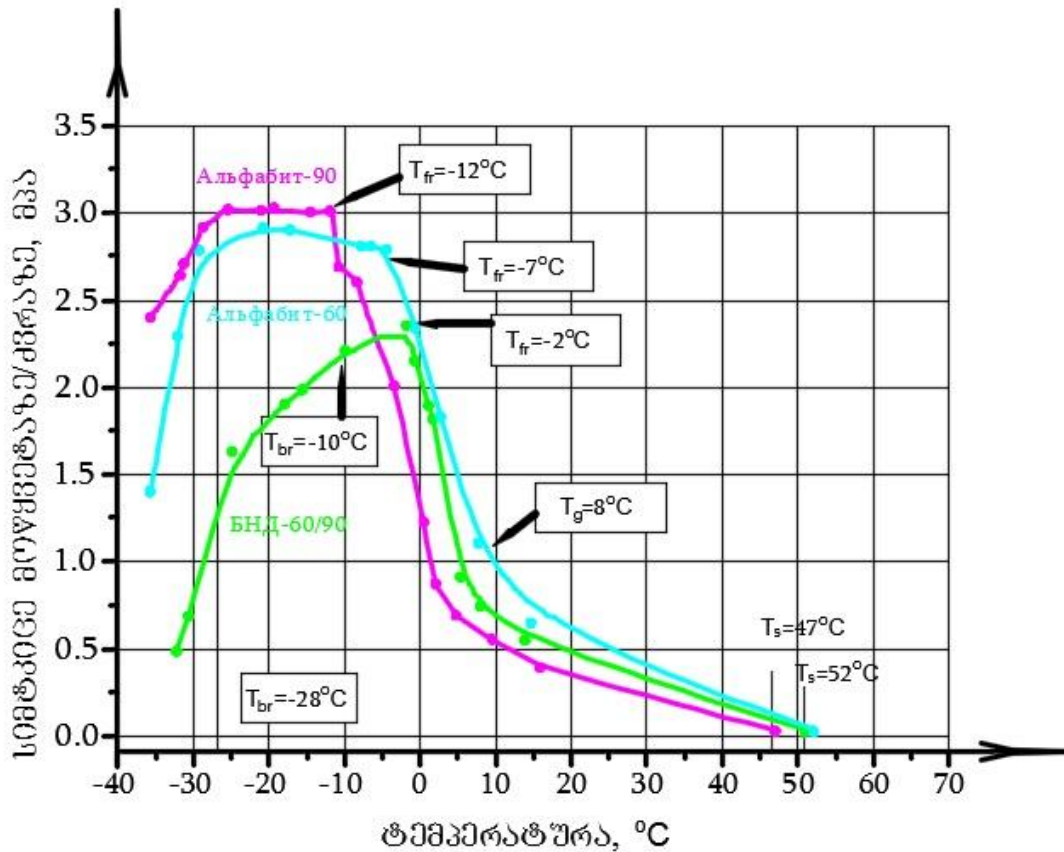
ნახ.24. BITPAC და SRMB შემკვრელების ძვრის მრუდები

როგორც 24-ე ნახაზიდან ჩანს ძვრის დაწყების და დენადობის ტემპერატურა BITPAC-ში შესამჩნევად მაღალია SRMB-თან შედარებით ე.ი. BITPAC უფრო თბომედეგია, ის უფრო გამოსადეგია გზების მშენებლობისთვის ცხელი კლიმატის პირობებში და ნაკლებად ცივ რეგიონებში. ყინვამედეგი SRMB უკეთესია გამოვიყენოთ რეგიონებში სადაც ცივი კლიმატია, მაგრამ მხოლოდ -28°C -მდე. (დასაშვები დაბალი ტემპერატურა ექსპლუატაციისათვის). BITPAC-თვის ეს მაჩვენებელი ტოლია -20°C .

სრულყოფის მიზნით, ასევე გამოკვლეული იქნა პოლიმერბიტუმების შემკვრელები მარკით Альфабит-60, Альфабит-90 და ПБВ-40, რომლებიც დამზადებული იყო სხვადასხვა რეცეპტით (ნახ.25 და ნახ. 26).

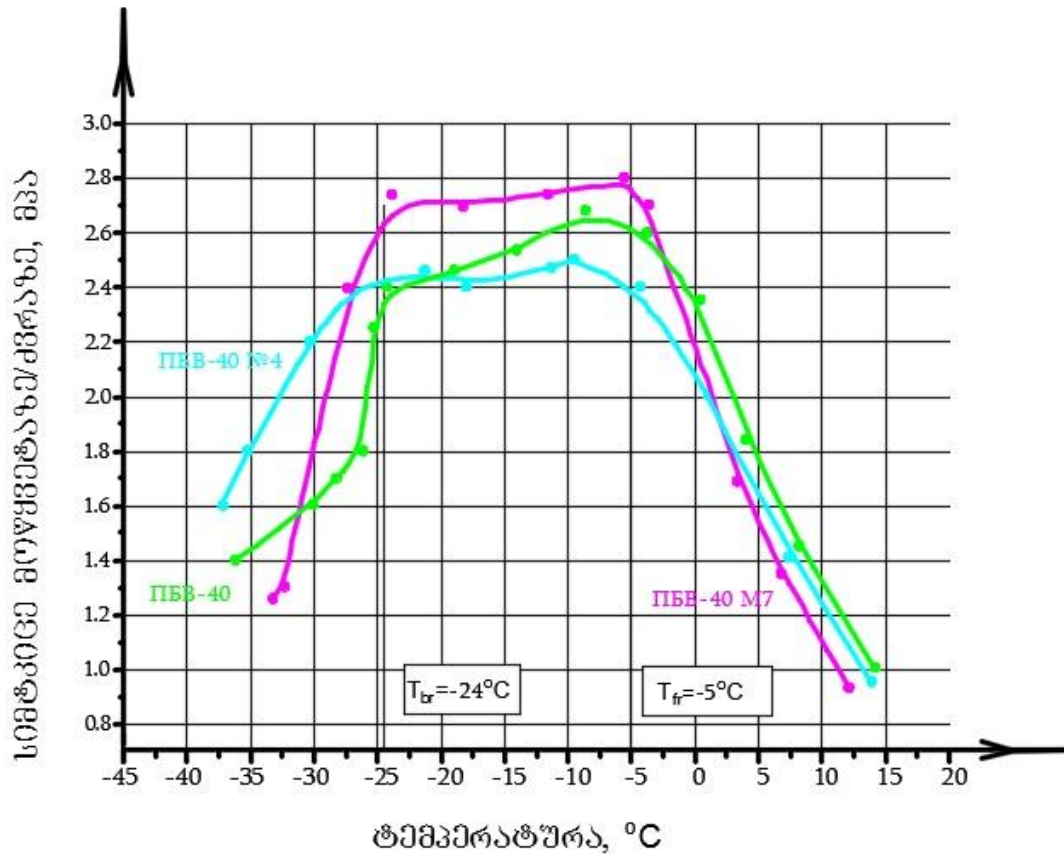
რეოლოგიური მრუდები 25-ე ნახაზზე შეიძლება გამოდგეს პოლიმერბიტუმის დანამატების შემკვრელის ხარისხზე გავლენის რაოდენობრივი შეფასებისთვის. ასეთი დანამატების შეყვანის მიზანს

წარმოადგენს გამინების და სიმციფის ტემპერატურის დაწვეა (ყინვამედევობის გაზრდა) და დარბილების ტემპერატურის გაზრდა-მაღალ ტემპერატურაზე ექსპლუატაციის დროს ძვრის სიმტკიცის მატება. ანუ შემკვრელის მუშაობის უნარის ინტერვალის გაფართოება.



ნახ.25. ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელისათვის Альфабит-60, Альфабит-90 და БНД-60/90

25-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ საწყისი არამოდულიცირებული ნიმუში-ბიტუმი БНД-60/90-ს გააჩნია მტვრევადობის მაღალი ტემპერატურა $T_{fr}=-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ და სიმციფის $T_{br}=-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. ბიტუმის СБС პოლიმერთ მოდიფიკაციამ მოგვცა მასალის მტვრევადობის და სიმციფის ტემპერატურათა მნიშვნელოვანი შემცირების საშუალება. ადჰეზიური სიმტკიცის გაზრდა-2,3მპა. БНД-60/90-თვის ხოლო 2,8-3მპა-მდე მოდიფიცირებული ნიმუშებისათვის. ამასთან Альфабит-60-ის თბომედევობა რამდენადმე გაიზარდა-მისთვის $T_s=52\text{ }^{\circ}\text{C}$ და $T_f=64\text{ }^{\circ}\text{C}$, БНД-60/90-თვის $T_s=51\text{ }^{\circ}\text{C}$ და $T_f=60\text{ }^{\circ}\text{C}$.



ნახ.26. ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელებისათვის PVC-40, PVC-40 №4 და PVC-40 M7

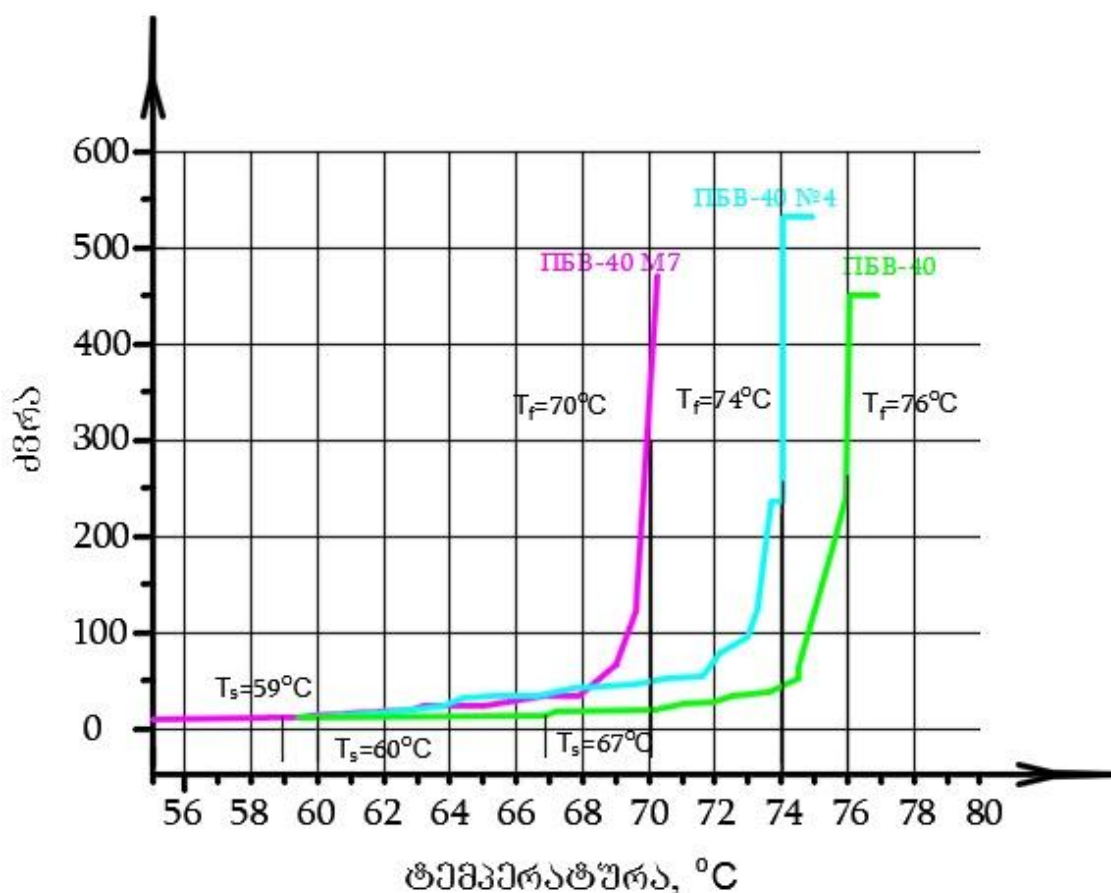
ამრიგად რეოლოგიური მონაცემები გვიჩვენებენ პოლიმერული დანამატების მაღალ ეფექტურობას შემკვრელის ძვრისადმი მდგრადობის და კრობადობის (ადჰეზია ქვის მასალებთან) ამაღლების კუთხით, ძვრისადმი მედეგობა იზრდება 1,5ჯერ, რაც განაპირობებს მუშაობის უნარიანობის ინტერვალის გაფართოებას.

როცა ვადარებთ ალფაბიტ-ების 60 და 90 ძვრის სიმტკიცის მრუდებს, შეიძლება ითქვას, რომ ალფაბიტ-60 ძვრამედეგობით მთლიანად აღემატება ალფაბიტ-90-ს. ანუ მისი ხარისხი თბომედეგობის მხრივ მაღალია. ყინვამედეგობის კუთხით ალფაბიტ-90 რამდენადმე აღემატება ალფაბიტ-60 მტვრევადობის ტემპერატურის მაჩვენებლით (-12°C) და კრობადობით (ჰმპა). სიმყიფის ტემპერატურა ორივე შემკვრელს პრაქტიკულად ერთნაირი აქვთ (-28 °C).

გამოკვლეული იქნა ასევე სხვადასხვა პოლიმერბიტუმები: ПБВ-40, ПБВ-40 №4 და ПБВ-40 М7. შედეგები ნაჩვენებია 26-ე და 27-ე ნახაზებზე.

27-ე ნახაზზე ჩანს, რომ მტვრევადობის და სიმციფის ტემპერატურებით ნიმუშები პრაქტიკულად არ განსხვავდებიან. ძვრის სიმტკიცეზე ПБВ-40 უფრო მაღალია სხვებზე 76-0°C ინტერვალში. ნაკლებად თბომედეგი ПБВ-40 М7 კრობადობით აღემატება სხვებს.

მონაცემების შესწავლისას, რაც წარმოდგენილია 23, 25 და 26 ნახაზებზე შეიძლება ავღნიშნოთ შემდეგი საინტერესო კანონზომიერება. ნიმუშები დაბალი ძვრის სიმტკიცით დადებითი ტემპერატურის არეალში გვიჩვენებს მაღალი ძვრის სიმტკიცეს (კრობადობას) უარყოფითი ტემპერატურის არეალში. სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ, რაც უფრო ნაკლებია მასალის თბომედეგობა, მით უფრო მაღალია მისი ყინვამედეგობა (დაბლა T_{fr} და T_{br} , P_{fr} ზემოთ) და პირიქით.



ნახ.27. ძვრის მრუდები შემკვრელებისათვის ПБВ-40, ПБВ-40 №4 და ПБВ-40 М7

ცხრილი.7.

შემკვრელთა თვისებები რეოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით

ნიმუში	დარბილების ტემპერატურის დასაწყისი T_s $P=2$ კპა	დენადობის ტემპერატურა T_f $P=2$ კპა	მტვრევადობის და სიმციფის ტემპერატურა		კრობადობა P_{fr} , მპა	მუშაობის უნარიანობის (პლასტიურობის) ინტერვალი $T_s - T_{fr}$
			T_{fr}	T_{br}		
БИТРЭК	63	82	-8	-20	2.8	71
SRMB	56	68	-14	-28	3.0	70
Альфабит -60	52	64	-7	-28	2.8	59
Альфабит -90	47	60	-12	-28	3.0	59
ПБВ-40	67	76	-5	-24	2.6	72
БНД- 60/90	51	60	-2	-10	2.3	53

მე-7 ცხრილში შეჯამებულია გამოკვლეული შემკვრელების ხარისხის რეოლოგიური მაჩვენებლები. მოცემული ცხრილიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ადჰეზიური სიმტკიცით (კრობადობის) და პლასტიურობის ინტერვალით БНД-60/90 ჩამორჩება დანარჩენ შემკვრელებს. თბომედეგობით იგი Альфабит-90-ის მსგავსია. თბომედეგია БИТРЭК და ПБВ-40, ყველაზე ყინვამედეგია SRMB და Альфабит-90, შემდეგ მოყვება Альфабит-60, ПБВ-40 და БНД-60/90.

მუშაობის უნარიანობის ინტერვალი (პლასტიურობა) ყველაზე მაღალია БИТРЭК, ПБВ-40 და SRMB, შემდეგ მოდის Альфабит-60, Альфабит-90, БНД-60/90.

БИТРЭК-ისა და SRMB-ის ძვრის სიმტკიცის მრუდები ასახავენ ნიმუშის ძვრის სიმტკიცის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე ძვრის

დაწყებიდან $T_s=32^{\circ}\text{C}$ -მდე. ძვრის სიმტკიცე მდორედ იზრდება ტემპერატურის კლების მიხედვით 0,002 მპა-დან 2,8-3,0 მპა-მდე.

გრაფიკული მრუდი მოიცავს T_s-T_g მონაკვეთს, რომელიც პასუხობს სიბლანტის მატებას, T_g-T_{fr} მონაკვეთი შეესაბამება ნიმუშის გამინების პროცესს და $T_{fr}-T_{br}$ მონაკვეთი შეესაბამება ნიმუშის გამყიფებას ადჰეზიის მკვეთრი ვარდნით.

გრაფიკული მრუდის მაქსიმალურ წერტილზე T_{fr} შეიმჩნევა კოჰეზიიდან ადჰეზიაზე გადასვლა, ხოლო მასზე დაბალი ტემპერატურის დროს ნიმუში წყდება ზედაპირიდან ისე, რომ კვალს არ ტოვებს. T_{fr} ტემპერატურაზე გამინების ინტერვალის მრუდის ნიმუში ხდება მსხვრევადი და ამ ტემპერატურას ვუწოდებთ მსხვრევადობის ტემპერატურას. ძვრის ძალა ამ წერტილზე აღწევს მაქსიმალურს და შემდგომში არ იცვლება ტემპერატურის მკვეთრად დაცემამდე. ნიმუშის ადჰეზიური მოწყვეტის მაქსიმალური ძალვა ამ წერტილზე შეიძლება მივიღოთ ადჰეზიის რაოდენობრივ ზომად. ექსპერიმენტების მონაცემების გაანალიზებისას ირკვევა, რომ მოდიფიცირებული ნარევების საექსპლუატაციო მაჩვენებლები იზრდება 15-20%-ით.

2.7. მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების ცვეთის კვლევა

უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენი ქვეყნის საავტომობილო გზების ქსელის მრავალ უბანზე საგზაო საფარის მდგომარეობა მაღალი სიჩქარისა და ინტენსიური მოძრაობის პირობებში, ვერ უზრუნველყოფს ტრანსპორტის ნაკადის ნორმალურად გატარებას, საფარის არასათანადო სისწორის გამო.

მრავალწლიანი გამოცდილება ადასტურებს, რომ საქართველოს ცხელი კლიმატისა და მთაგორიანი რელიეფის პირობებში, დიდ ქანობიან უბნებზე, მოსახვევებში, გაჩერების ადგილებზე ავტომობილის დამუხრუჭებისა და წევის ძალების ინტენსიური მოქმედება მეტად უარყოფითად მოქმედებს საგზაო საფარების მდგომარეობაზე. ამიტომაც,

რომ ასფალტბეტონის ფენილებზე, სადაც ბიტუმებია გამოყენებული, მასობრივად წარმოიქმნება გრძივი, განივი და ბადისებური ბზარები, რის გამოც აღნიშნული საგზაო საფარები ინტენსიურად ცვდება და იშლება, იზრდება გზის საექსპლუატაციო ხარჯები, ორჯერ და უფრო მეტად მცირდება ხანგამძლეობა, უარესდება მოძრაობის უსაფრთხოება და სატრანსპორტო საშუალებათა გადაადგილების პირობები, რაც იწვევს ავტომანქანების რემონტთაშორისი გარბენის ნორმატიული ვადების შემცირებას. ფენილების ხანგამძლეობის შემცირების გამო, აუცილებელი ხდება გზის სავალი ნაწილის სისტემატური შეკეთება; დაზიანებულ უბნებზე დამატებითი საცვეთი ფენების მოწყობა, რასაც შედეგად მოსდევს ფენილების სისქის მეტისმეტი ზრდა. ასეთ შემთხვევებში კი პარალელურად უარესდება სავალი ნაწილიდან წყლის არიდების საშუალება, განსაკუთრებით დასახლებული პუნქტების მიდამოებში.

ყოველივე ეს მოითხოვს რიგი პრობლემური ხასიათის ამოცანების გადაწყვეტას. ერთის მხრივ, საგზაო მშენებლობაში უნდა დაინერგოს საგზაო სამოსის ისეთი კონსტრუქციები, რომლებიც უახლოესი კარიერებიდან მიღებული ინერტული მასალის მაქსიმალურად გამოყენების პირობებში უზრუნველყოფს საგზაო სამოსის სათანადო სიმტკიცეს, ცვეთამედეგობასა და ხორკლიანი ზედაპირების შექმნას. ამ მიზნით საგზაო სამოსის საცვეთ ფენებში ყველა შემთხვევაში ხრემისაგან მიღებული ღორღი უნდა შეიცვალოს მაღალი სიმტკიცის ქანებისაგან დამზადებული ღორღით.

მაგარი ჯიშის ქანებისაგან მიღებული მასალის გამოყენებისას ასფალტბეტონის ნარევის მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით შემკვრელი მასალის საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესების ერთ-ერთი პერსპექტიული მეთოდია ამ უკანასკნელში პოლიმერული დანამატების შეტანა. ასეთი მეთოდით გაუმჯობესებული საგზაო სამოსები გარკვეული ტექნიკურ-ეკონომიკური უპირატესობით გამოირჩევიან ჩვეულებრივი ბიტუმით მომზადებული ასფალტბეტონის ნარევისაგან.

პრაქტიკამ დაადასტურა მათი ტექნიკური უპირატესობა, ხოლო დრეკადობის თეორიის პოზიციებიდან, ჰორიზონტალური ძალების მოქმედებისას თხელი ფენილების მდგრადობის სათანადო გაანგარიშებამ ცხადჰყო მოსაზრების სისწორე. ეკონომიკური უპირატესობის აშკარა მაჩვენებელია ის, რომ ნარევის სტაბილურობიდან გამომდინარე მნიშვნელოვნად გაიზრდება რემონტაშორისი ვადები, გაიზრდება აგრეთვე საფარსა და ავტომანქანის საბურავს შორის შეჭიდულობის კოეფიციენტი, რაც იძლევა ავტოტრანსპორტის სწრაფად და უსაფრთხოდ გადაადგილების საშუალებას. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე ხდება ფინანსების მნიშვნელოვანი დაზოგვა, ამავდროულად ნაკლებია გარემოს დაბინძურების საშიშროება.

ადგილმდებარეობის ტიპის მიხედვით საფარების ცვეთამედეგობის დამატებით გაზრდის მიზნით საგზაო სამოსებში მიზანშეწონილია გაიზარდოს ბიტუმის რაოდენობა ტექნიკური პირობებით გათვალისწინებულ ოპტიმალურ რაოდენობასთან შედარებით. ბიტუმის რაოდენობის გაზრდა, მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ცხელი კლიმატის პირობებში ნარევის ცვეთამედეგობაზე, ამავდროულად მინიმუმამდე დაჰყავს ნარჩენი ფორიანობა, რაც გამორიცხავს ნარევი ატმოსფერული ნალექების (ცვეთის გამომწვევი აქტიური კატალიზატორის) მექანიკურად მოხვედრის საშუალებას.

ასფალტბეტონის ფენილი იცვითება ავტომობილის თვალსა და ფენილს შორის წარმოქმნილი ხახუნის ძალების შედეგად. ხახუნის ძალებს მნიშვნელოვნად ზრდის მოძრავი თვლის მიერ ფენილის ზედაპირზე წარმოქმნილი ვაკუუმი ან გაცურება. ცვეთა ორი სახისაა: ასფალტბეტონის სტრუქტურული ელემენტების ცვეთა და მექანიკური ცვეთა - ზედაპირიდან ქვიშისა და სხვა წვრილი ნაწილების ამოვარდნა, ამოფშვნა.

ასფალტბეტონის ცვეთამედეგობა მით მეტია, რაც უფრო მკვრივია მისი სტრუქტურა, მაგარია ინერტული მასალა და მაღალია მინერალურ

მასალასთან ბიტუმის მიკვრის ხარისხი. მაგალითად, გრანიტის ღორღისაგან დამზადებული ასფალტბეტონი უფრო ცვეთამედეგია, ვიდრე კირქვის ღორღისაგან დამზადებული, რადგან გრანიტის სიმაგრე მოოსის სკალის მიხედვით, 6-7 შეადგენს, კირქვისა კი-4-ს. ასევე უარყოფით გავლენას ახდენს თიხის შემცველობა. როდესაც თიხოვანი მინარევის შემცველობა დასაშვებ ზღვარს აღემატება, მოსალოდნელია მინერალური ნაწილების ფენილის ზედაპირიდან ამოგლეჯა-ამოყრა. ამ პროცესის შედეგად, ზედაპირი ხდება ჩოფურა. დადგენილია, რომ ამოფრქვეული ქანების ანაცერით (ხელოვნური ქვიშა) დამზადებული ასფალტბეტონების ცვეთის მაჩვენებელი ყოველთვის ნაკლებია ბუნებრივი კვარცის ქვიშით მომზადებულზე. ჩვეულებრივ, ფენილის ცვეთა შეადგენს 0,3-1,0 მმ-ს წელიწადში.

ცვეთის გარდა, ასფალტბეტონი უნდა აკმაყოფილებდეს მანქანის თვალთან ჩაჭიდების მაჩვენებელსაც. სწორი, სუფთა და მშრალი ფენილი ყოველთვის უზრუნველყოფს მანქანის საბურავთან კარგ ჩაჭიდებას. ამასთან, ფენილის ზედაპირის ხორკლიანობას არა აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა მანქანის საბურავის გაცურების წინააღმდეგ. გაცურების წინააღმდეგ გადამწყვეტ მნიშვნელობას იძენს სველი ზედაპირი, რადგან საბურავსა და ფენილს შორის წარმოქმნილი წყლის აფსკი ამცირებს გაცურების წინააღმდეგ.

საბურავის გაცურება ფასდება მოცურების წინააღმდეგ კოეფიციენტით. იგი განისაზღვრება გზის ფენილისა და საბურავის საკონტაქტო ზონაში მოქმედი მოცურების წინააღმდეგ ძალების ფარდობით ფენილზე მოქმედ ნორმალურ დარვირთვასთან. -ის მაჩვენებლები მშრალ და სველ ზედაპირზე, ნაჩვენებია მე-8 ცხრილში.

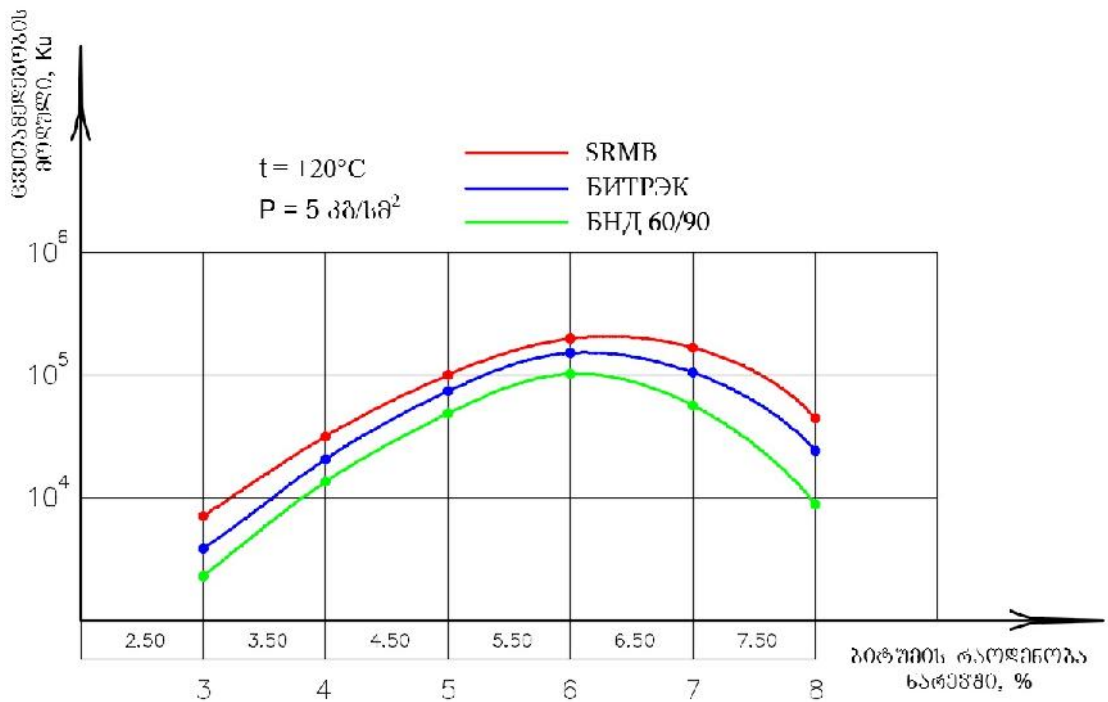
მოცურების წინააღობის მაჩვენებლები მშრალ და სველ ზედაპირზე

ზედაპირის მდგომარეობა	ხორკლიანი ზედაპირი	გლუვი ზედაპირი
მშრალი	0,7-0,9	0,4-0,6
სველი	0,5-0,7	0,3-0,4

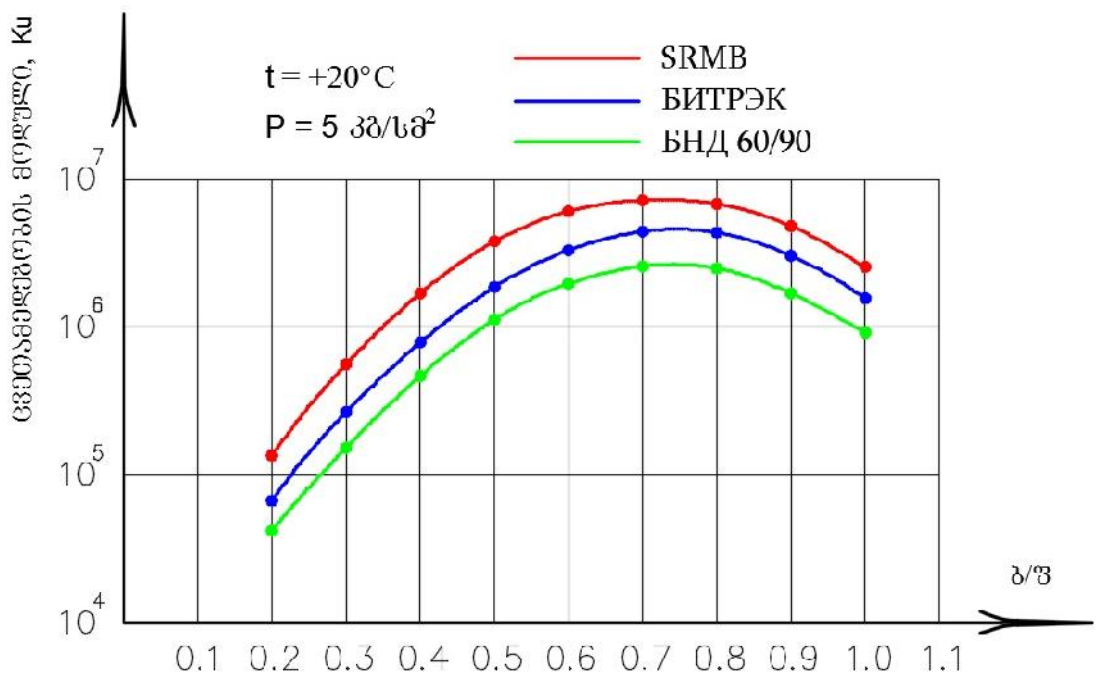
თუ <0.4 , მაშინ მოძრაობა დაუშვებელია. უმეტეს შემთხვევაში, როცა $=0.4-0.5$, დაკმაყოფილებულია გზებზე მოძრაობის უსაფრთხოება.

ჩაჭიდების კოეფიციენტზე გავლენას ახდენს ასფალტბეტონის ტიპი. ფოროვანი და ფოროვან-კონტაქტური სტრუქტურის ნარევისათვის -ს მაჩვენებლები ყოველთვის მაღალია. სველ ზედაპირზე -ს მაჩვენებელი აკმაყოფილებს მოთხოვნებს, თუ ზედაპირი ხორკლიანია. ხორკლიანობა დამოკიდებულია ნარევი გამოყენებულ მასალებზე. თუ ინერტული მასალა ცვეთისას ძნელად პრიალდება, მაშინ ხორკლიანობა დიდხანს იქნება შენარჩუნებული. ამიტომ ასეთი მასალა ნარევი უნდა იყოს 50-60%. წვრილმარცვლოვან და ქვიშის ნარევებში კი 1,25 მმ-ზე მეტი ზომის მარცვლების რაოდენობა უნდა იყოს 35-55 %. ამასთან მინერალური ფხვნილის რაოდენობა 2-4 %-ით უნდა შემცირდეს.

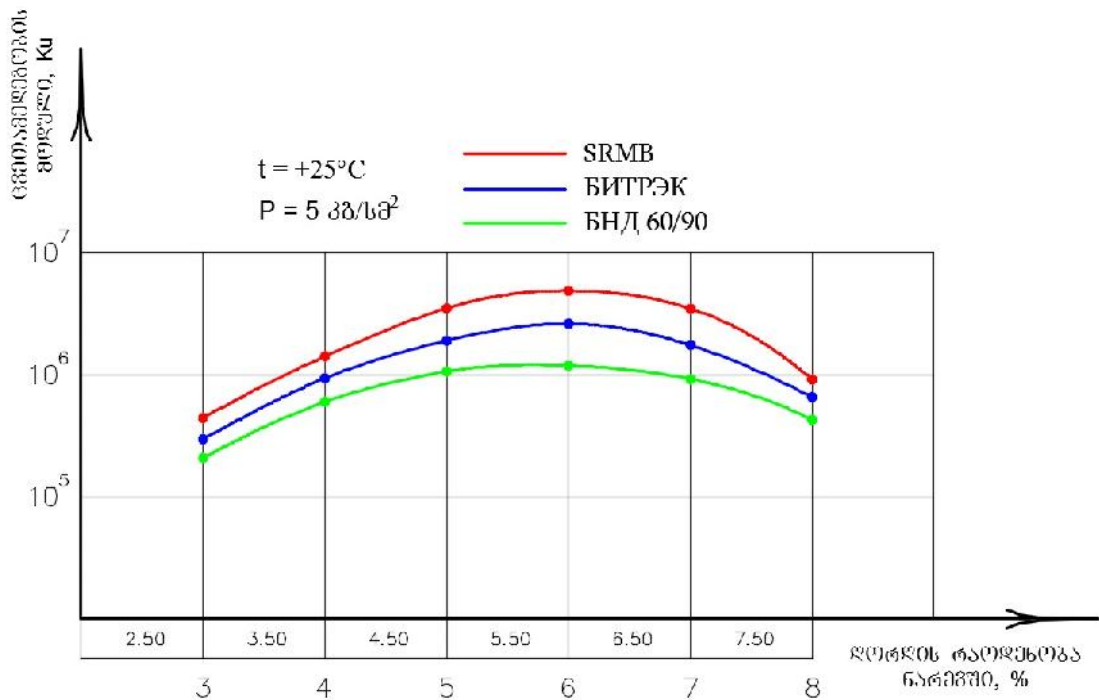
ასფალტბეტონების ფენილების ცვეთა ძირითადად დამოკიდებულია ასფალტშემკვრელი ნივთიერებების შემადგენლობაზე და მის რაოდენობაზე ნარევი. ცვეთამედეგობაზე ასევე არსებით გავლენას ახდენს ასფალტბეტონის ნარევი ღორღის შემცველობა. ამ მიზნით ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები. ცდების დროს ძირითადად გამოყენებული იქნა მოდიფიცირებული ბიტუმი, რომელთა მოდიფიცირება ხდებოდა პოლიმერებით: SRMB და BITPEK-ით. ექსპერიმენტის შედეგები ნაჩვენებია ნახაზებზე. (ნახ.28, ნახ.29, ნახ.30).



ნახ. 28. ცვეთამდეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ბიტუმის რაოდენობაზე



ნახ. 29. ცვეთამდეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ბ/ფ-ს რაოდენობაზე



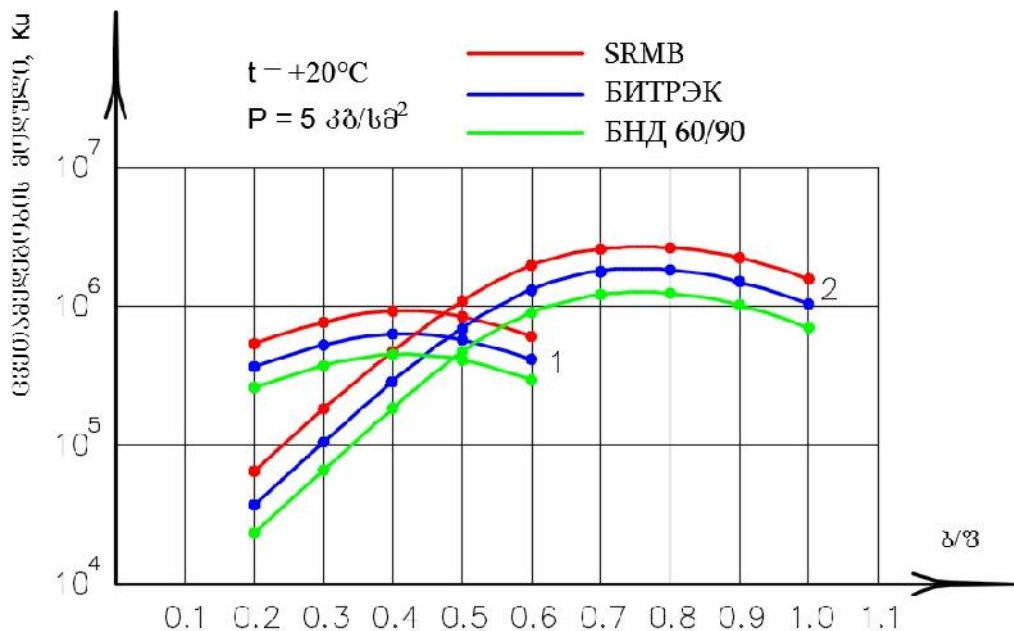
ნახ. 30. ცვეთამდეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევიში ლორღის რაოდენობაზე

როგორც ნახაზიდან ჩანს ბიტუმის, როგორც შემცირების ასევე მოჭარბების შემთხვევაში ცვეთამდეგობა შედარებით მცირდება და კუმშვაზე ზღვრული სიმტკიცის განსაზღვრის ანალოგიურად, მაგრამ უფრო მკვეთრად გამოხატული, მაქსიმალური ცვეთამდეგობა შეიმჩნევა მხოლოდ ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობის შემთხვევაში (6-6,5%). მოჭარბების შემთხვევაში ცვეთის მექანიზმს პლასტიკური დეფორმაცია ცვლის. საგულისხმოა ის ფაქტიც, რომ ბიტუმის ოპტიმუმი ცვეთის მიხედვით თითქმის თანხვედება ბიტუმის ოპტიმუმის კუმშვაზე გამოცდის მონაცემების მიხედვით. ეს დებულება სამართლიანია ოპტიმალური შემადგენლობის მქონე ასფალტბეტონის ნარევისათვის. საგულისხმოა ის ფაქტიც, რომ ცვეთის პროცესი გავლათა რიცხვზე დამოკიდებულებით სტაბილურია და შედარებით თანაბარი, თუმცა პირველ პერიოდში ოდნავ ინტენსიურია, შემდგომში მისი შემცირების ტენდენციით. საფიქრებელია, რომ ცვეთის ასეთი შედარებით სტაბილიზაცია გამოწვეულია ასფალტშემკვრელი ნივთიერებების

სიმკვრივისა და სტრუქტურული სიმტკიცის გაზრდით რეზინის თვლის ზემოქმედებისაგან.

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ცვეთამედეგობა მაქსიმალურია როდესაც ბიტუმისა და მინერალური ფხვნილის თანაფარდობა ბ/ფ=1:1,5, მინიმალურია როცა ეს თანაფარდობა ბ/ფ=1:6.

ჩატარებული კვლევების გაანალიზება გვაძლევს საშუალებას ვთქვათ, რომ ცვეთამედეგობის გაზრდისათვის საკმარისია ღორღის მასის ზრდა 50-55%-მდე ზედაპირულ ფენაში. ეს განპირობებულია იმით, რომ ღორღის რაოდენობის გაზრდით ფაქტიურად ხდება ღორღის ფიზიკურად ნაკლები გაცვეთა და შესაბამისად ამ დროს 30-35%-ით მატულობს ავტომობილის საბურავის შეჭიდულობა საგზაო საფარის ზედაპირთან. ღორღის რაოდენობის შემდგომი ზრდა ნაკლებ გავლენას ახდენს ცვეთამედეგობის გაზრდაზე. თავის მხრივ, ღორღის რაოდენობის გაზრდა იწვევს შიდა სტრუქტურული ბმების სიმტკიცის ცვალებადობას და ითხოვს მინერალური ფხვნილისა და ბიტუმის თანაფარდობის კორექტირებას. (იხ. ნახ.31).



ნახ. 31. ცვეთამედეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ბ/ფ-ს თანაფარდობაზე:
 (1. ღორღის რაოდენობა ნარევი 30%; 2. ღორღის რაოდენობა ნარევი 56 %)

მტვროვანი და თიხოვანი ნაწილაკებით დაჭუჭყიანებული ზედაპირის ცვეთის პროცესი სულ სხვანაირად მიმდინარეობს: ცვეთა ხდება უფრო ინტენსიურად, თვალის მექანიკური მოქმედებისა და თიხოვან ნაწილაკთა ფიზიკურ-ქიმიური ურთიერთქმედების ხარჯზე. ზოგჯერ, სველი თიხა მოქმედებს როგორც საგლესი საშუალება, ვინაიდან იგი ამცირებს ნიმუშის ხახუნსა და ცვეთას. მეორეს მხრივ, კი თუნდაც თხელი ფენა გამომშრალი თიხისა იწვევს ზედაპირული ფენის სტრუქტურის ინტენსიურ რღვევას. თიხა იზიდავს მინერალური ფხვნილის ნაწილებს, გამოყავს ასფალტშემკვრელი ნივთიერებიდან, რის შედეგადაც ბზარებში ჩნდება სუფთა ბიტუმი.

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე ირკვევა, რომ დანამატის შეყვანა ასფალტბეტონში დადებითად მოქმედებს მის ფიზიკო-მექანიკურ მაჩვენებლებზე: მნიშვნელოვნად მცირდება წყალჟღენტვა და ნარჩენი ფორიანობა, იზრდება წყალმედევობის კოეფიციენტი, რაც ახასიათებს ასფალტბეტონის კოროზიულ მდგომარეობას. ეს აიხსნება მოდიფიცირებული შემკვრელის მაღალი ადჰეზიით, ვინაიდან იქმნება მტკიცე აფსკი და წყალს უძნელდება მისი ქვის მასალისგან განცალკევება. შედეგების ანალიზიდან გამომდინარე მოდიფიკატორის „БИТРЕК“-ის გამოყენების შემთხვევაში ცვეთამედევობა ჩვეულებრივ ბიტუმზე დამზადებულ ნარევებთან შედარებით იზრდება 10%-ით, ხოლო „SRMB“-ს გამოყენების შემთხვევაში კი 20%-ით.

2.8. ექსპლუატაციის რეალურ პირობებში ასფალტბეტონის საფარების დალილობითი ხანმედევობის შეფასება

თანამედროვე ჩქაროსნული ინტენსიური მოძრაობის პირობებში ასფალტბეტონის საფარი განიცდის სატრანსპორტო საშუალებების მრავალციკლურ ზემოქმედებას, რომელსაც დინამიკური ხასიათი აქვს და ითვლება საგზაო სამოსების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის შემცირების და მისი დანგრევის ერთ-ერთ ძირითად

ფაქტორად. ცნობილია, რომ ასფალტბეტონის ნგრევა მრავალჯერადი დატვირთვების ზემოქმედების ქვეშ განპირობებულია დაღლილობის პროცესებით, ე.ი. მიკროდეფექტების წარმოქმნით და დაგროვებით, სიმტკიცის თანდათანობით შემცირებით დროში.

საგზაო საფარის დაღლილობითი რღვევის საკითხისადმი გაზრდილი ინტერესი აიხსნება ყოველწლიურად სატრანსპორტო ნაკადების ზრდისა ერთის მხრივ და ასფალტბეტონის საფარების რეალური სამსახურის ვადის შემცირებით მეორეს მხრივ. სწორედ ამის გამო საგზაო სამოსების პროექტირების რიგ საზღვარგარეთულ მეთოდებში ღუნვადი ფენის მასალის დაღლილობაზე ანგარიში არის ძირითადი მოთხოვნა კონსტრუქციის ფენების საჭირო სისქეების განსასაზღვრავად.

ვითვალისწინებთ რა, რომ III და IV კატეგორიის გზებზე ორფენიანი ასფალტბეტონის საფარის სისქე 10 სმ-ის ფარგლებშია, ყურადღება უნდა მიექცეს დაღლილობით რღვევისადმი საწინააღმდეგო ღონისძიებების დამუშავებას[1].

არახისტო საგზაო სამოსების გაანგარიშების მეთოდები უნდა ითვალისწინებდეს საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების სისქეების დანიშვნას ძირითადად დასაშვები დრეკადი ჩალუნვების მიხედვით და მონოლითური ფენების დაღლილობითი ნგრევისადმი წინააღმდეგობის გადამოწმებით გაჭიმვისგან ღუნვის დროს და არაბმული კონსტრუქციული ფენების ძვრისადმი მდგრადობის გადამოწმებით.

გამჭიმავი ძაბვის მნიშვნელობები, რომლებიც წარმოიშვება ასფალტბეტონის ფენაში სატრანსპორტო საშუალების გავლისას, იცვლება წლის განმავლობაში საფარის ტემპერატურული რეჟიმისა და მიწის ვაკისის გრუნტის ტენიანობის მიხედვით. ეს ნიშნავს, რომ ასფალტბეტონის ფენების ანგარიშისას, დაღლილობითი რღვევის წინააღმდეგობაზე, აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას რეგიონის კლიმატური ფაქტორები, მაშინ როცა მოქმედ ნორმატიულ დოკუმენტში ასფალტბეტონის დრეკადობის მოდული მიღებულია ერთნაირი ყველა საგზაო კლიმატური ზონისათვის.

კონსტრუირების ტრადიციული მეთოდი ითვალისწინებს ფენების განლაგების სიმტკიცის მახასიათებლების კლებით სიღრმეში, საფარის ქვედა ფენას აწყობენ ფოროვანი ასფალტბეტონისაგან რომელიც ნაკლებ წინააღმდეგობას უწევს დაღლილობით რღვევას. ამასთან ქვედა ფენის მოწყობა უფრო დიდი დრეკადობის მოდულის მქონე მასალით შეუძლებელია ვინაიდან ამ შემთხვევაში შეუძლებელი იქნება მისი გაანგარიშება დასაშვები დრეკადი ჩაღუნვების მეთოდით.

საფარის ფენა უნდა შეირჩეს ისე, რომ წლის ცხელ პერიოდში ადგილი ქონდეს მინიმალურ ნაკვალევს, ხოლო მკვრივმა ქვედა ფენამ ბიტუმის გაზრდილი შემცველობით უნდა უზრუნველყოს ღუნვისას დაღლილობის მაღალი წინაღობა. განხორციელებული კვლევები და საავტომობილო გზების ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების სისქის ზრდა (განსაკუთრებით არაბმული საფუძვლის ფენები) ინტენსიური ჩქაროსნული მოძრაობის პირობებში ვერ უზრუნველყოფს საგზაო კონსტრუქციის სამსახურის მოთხოვნილ ვადას, თუმცა ამაღლებს მის საერთო დრეკადობის მოდულს. საგზაო კონსტრუქციის ხანგამძლეობის გაზრდის მიზნით საჭიროა ახალი ეფექტური კონსტრუქციული გადაწყვეტის მოძიება და მათი აპრობაცია.

კვლევების შედეგად დაგროვილია საკმაო გამოცდილება მასალათა გამოყენების გადაწყვეტილების ასფალტბეტონის დაღლილობით ხანმდეგობის ამაღლების მიზნით; ასფალტბეტონის ფორიანობის შემცირების კუთხით; ბიტუმის სიბლანტის ამაღლების კუთხით; მოდიფიცირებადი და გამაძლიერებელი დანამატების შეყვანით და არმირებადი ქვესაგებების გამოყენებით. ამასთან ქვეყნის სტანდარტებში ასფალტბეტონის ნარეგების მრავალჯერადი დატვირთვის პირობებში დაღლილობის სიმტკიცისადმი წაყენებული მეთოდებისა და მოთხოვნების არ არსებობის გამო გამორიცხავს ასფალტბეტონის ნარეგების შემადგენლობის მიზან მიმართული შერჩევის შესაძლებლობას, რასაც მიყვავართ ნარეგების ტიპების შერჩევის არასწორ გადაწყვეტილებამდე, რაც

მიუთითებს პოლიმერული და არმირებადი დანამატების გამოყენების მიზანშეწონილობაზე.

თანამედროვე პირობებში სატრანსპორტო საშუალებები მაღალჩქაროსნული ინტენსიური მოძრაობის პირობებში საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების მასალების ხანგამძლეობის ობიექტურად შეფასების მიზნით, აუცილებელია გადავიდეთ მათი გამოცდის ახალ მეთოდებზე, რომლებიც შეესაბამება სატრანსპორტო ნაკადის რეალურ დატვირთვის ზემოქმედებას.

გამოცდის ასეთი მეთოდები ხორციელდება მრავალ ქვეყანაში. ევროპული სტანდარტების პროექტის მიხედვით (EN 12697-24), მაგალითისათვის, დაღლილობითი სიმტკიცის განსაზღვრა ხორციელდება დატვირთვის სიხშირის 10ჰც, 25ჰც, აგრეთვე სიხშირის დიაპაზონში 1ჰც-დან 60 ჰც-მდე.

ამგვარად ასფალტბეტონის საფარების დაღლილობითი ხანმედეგობის ამალღების პრობლემების გადაწყვეტა უნდა იყოს ყოველმხრივი და კომპლექსური, რომელიც მოიცავს:

არახისტი საგზაო სამოსების პროექტირების სტადიაზე-ასფალტბეტონის საფარების ანგარიშს დაღლილობით ხანმედეგობაზე დატვირთვის განსაკუთრებულობის გათვალისწინებით, მოცემულ კლიმატურ პირობებში წლის განსხვავებულ პერიოდში;

ასფალტბეტონის საფარის დაღლილობითი ხანგამძლეობის გაზრდის კონსტრუქციული გადაწყვეტის ეფექტურობის ანალიზი;

ასფალტბეტონის ნარევის დაღლილობითი სიმტკიცის გამოცდის განხორციელება მრავალჯერადი დატვირთვისას შემადგენლობის შერჩევის მიზნით, რომელიც უზრუნველყოფს ასფალტბეტონის მოცემულ საექსპლუატაციო თვისებებს;

საავტომობილო გზების ექსპლუატაციის სტადიაზე სატრანსპორტო საშუალებების დინამიკური ზემოქმედების მახასიათებლების ანგარიში საგზაო სამოსის ფაქტიური სისწორის გათვალისწინებით;

ექსპლუატაციაში მყოფი ასფალტბეტონის საფარების დადლილობითი ხანმედეგობის ანგარიში და საგზაო საფარის ნარჩენი რესურსის პროგნოზირება რეალური დატვირთვის გათვალისწინებით.

საფარიდან ამოღებული ასფალტბეტონის დადლილობის სიმტკიცის გამოცდის განხორციელება;

პირველ ეტაპზე ხორციელდება ასფალტბეტონის საფარის დინამიკური დატვირთვის მახასიათებლების ანგარიში მოცემულ საავტომობილო გზაზე წლის განმავლობაში.

საგზაო საფარის სისწორის საექსპლუატაციო მახასიათებელი და მოძრაობის ჩქაროსნული რეჟიმი განსაზღვრავს სატრანსპორტო საშუალებების დინამიკური ზემოქმედების სიხშირულ მახასიათებლებს. საგზაო დატვირთვის დინამიკური მახასიათებლების ანგარიში ხორციელდება დამუშავებული მათემატიკური მოდელის „საგზაო კონსტრუქცია-გრუნტი“ გამოყენებით სატრანსპორტო ნაკადის მოცემული შემადგენლობისათვის. ამასთან ითვალისწინებენ კლიმატური ფაქტორების სეზონურ ცვლილებას, რომელიც დამახასიათებელია მოცემული რეგიონისათვის. ეს მეთოდი (საანგარიშო-თეორიული) შეიძლება გათვალისწინებული იქნას როგორც ახალი საგზაო კონსტრუქციის პროექტირებისას გაცილებით ეფექტური და ხანგამძლე ასფალტბეტონის საფარის დასაბუთებისათვის, აგრეთვე საავტომობილო გზების ექსპლუატაციისათვის საგზაო სამოსის ნარჩენი რესურსის გაანგარიშებისათვის სატრანსპორტო ნაკადის რეალური დინამიკური ზემოქმედებისას. ექსპლუატაციაში მყოფი საგზაო სამოსებისათვის მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას ექსპერიმენტალური მეთოდი, რომლის დროსაც ასფალტბეტონის საფარის დატვირთვის დინამიკური მახასიათებლები განისაზღვრება ნატურალური გაზომვების პროცესში ვიბროგამზომი კომპლექსის გამოყენებით. მეორე ეტაპზე ხორციელდება ასფალტბეტონის ხანმედეგობის ანგარიში დატვირთვისას საექსპლუატაციო რეჟიმის პირობებში.

ექსპლუატაციაში მყოფი საავტომობილო გზის საფარიდან ამოღებული ასფალტბეტონის დაღლილობით რღვევაზე გამოცდა დატვირთვის რეალური რეჟიმის პირობებში, საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ პროგნოზი ასფალტბეტონის საფარის ნარჩენ რესურსზე და დასაბუთებულად დავნიშნოთ სარემონტო სამუშაოების სახეები და ვადები.

2.9. ასფალტბეტონის კომპოზიტური მასალების სტრუქტურების მათემატიკური მოდელირების საფუძვლები

ასფალტბეტონის ნარეგების ძვრისადმი მდგრადობისა და ცვეთამედეგობის ამაღლების მიზნით უკანასკნელ დროს ფართოდ გამოიყენება კომპოზიტური მასალები. განსაკუთრებით აღსანიშნავია პოლიმერბიტუმის შემკვრელები, რომელთა ბაზაზე მომზადებული ასფალტბეტონის ნარეგები გამოირჩევა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებული მახასიათებლებით.

კომპოზიტური მასალების სტრუქტურის შერჩევაში მათემატიკური მოდელირების გამოყენებამ ფართო გაქანება მოიპოვა საგზაო მშენებლობაში. მათემატიკური მოდელირების გამოყენება საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ მასალების ოპტიმალური ფრაქციული შემადგენლობა, რაც უზრუნველყოფს ექსპლუატაციის პირობებში მათი ხარისხისა და საიმედობის ამაღლებას და საჭირო თვისებების მქონე ახალი მასალების შექმნას[24].

კომპოზიტური მასალების სტრუქტურის მათემატიკური მოდელის შექმნისას უნდა ვიხელმძღვანელოთ მათემატიკური მოდელირების საერთო პრინციპებით.

პირველ რიგში, მათემატიკური მოდელი ითვალისწინებს კონკრეტულ ფიზიკურ შინაარსს და იხილავს მოცემული ფიზიკური მოვლენის მხოლოდ მათემატიკურ მხარეს, განიხილავს მხოლოდ მათემატიკურ განტოლებებს, რომელთა მეშვეობით შეიძლება აღწერილი იქნას მოცემული ფიზიკური მოვლენა.

მეორეს მხრივ, ფიზიკური მოვლენის ყველა მათემატიკური აღწერილობიდან არჩევენ იმ განტოლებებსა და პარამეტრებს, რომლებიც არსებით გავლენას ახდენენ ამ მოვლენის მიმდინარეობაზე. შეუძლებელია საერთო უნივერსალური მოდელის შექმნა, რომელსაც შეეძლება აღწეროს მოცემული ფიზიკური მოვლენის ყველა პროცესი. ნებისმიერი მათემატიკური მოდელი შეფარდებითია ამოცანის გადაწყვეტის სისტემის მიმართ. მათემატიკურ მოდელში ძირითადია ასპექტების გამოყოფა-გამოკვლეული იქნას მთელი რიგი ერთგვაროვანი მოვლენები და მეორეს მხრივ, გაანალიზებული იქნას ამა თუ იმ გვერდითი მოვლენის გავლენა, რომლებიც არ აისახება ძირითად მოდელში მათემატიკურ მოდელში შესაბამისი შესწორებებისა და დაზუსტებების შეტანის გზით.

კომპოზიტური სამშენებლო მასალების თვისებების მათემატიკური მოდელის აგების თეორიული და ორგანიზაციული საფუძვლები ეფუძნება ეგრეთწოდებულ „კვეთი“-ს კანონს. იგივე პრინციპები მისაღებია არაერთგვაროვანი მასალების სტრუქტურის მათემატიკური მოდელირების შექმნისათვისაც.

მათემატიკური მოდელის აგება დამოკიდებულია სტრუქტურის ტიპზე და კომპოზიტის გამოსაკვლევი ფიზიკო-სტრუქტურული თვისებების ნაკრებზე[5].

მასალის ფიზიკო-სტრუქტურული თვისებების გარკვეული სპექტრის გამოკვლევის მიზნით, შეუძლებელია თავიდანვე საკმარისი სიზუსტით შევარჩიოთ საჭირო მათემატიკური მოდელი.

თეორიული კვლევის განხორციელების პროცესში და მათი შედეგების შედარებით ექსპერიმენტალურ კვლევებთან შესაძლებელია მათემატიკური მოდელის დაზუსტება, რომელთაც შეიძლება ქონდეთ არაერთგვაროვანი ხასიათი ფიზიკო-სტრუქტურული თვისებების განსხვავებული ტიპებისათვის.

მიღებული თეორიული მონაცემების დადასტურება შედარებითი კვლევებით იძლევა საშუალებას, რათა მოცემული მათემატიკური მოდელი

ჩაითვალოს საკმარისად, რომ გავხადოთ ის უფრო ეკონომიური, შეიძლება ვეცადოთ აღმოვფხრათ ზოგიერთი ადრე შეტანილი დაზუსტებები, რომლებიც არ ახდენენ ან ძალიან სუსტ გავლენას ახდენენ საკვლევ თვისებებზე.

ჩვეულებრივ ერთი ტიპის ფიზიკო-სტრუქტურული პარამეტრების რიცხვი გარკვეულად უმნიშვნელოა, ამიტომ კომპოზიციური მასალების ტიპების რაოდენობაც შეზღუდულია. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია მასალების ცალკეული ნაკრებისათვის და მათი ფიზიკო-სტრუქტურული მახასიათებლებისათვის შევუთავსოთ სტრუქტურის ესა თუ ის მათემატიკური მოდელი, რომელიც ყველაზე სრულად და ოპტიმალურად მოერგება ამ ნაკრებს. ასეთი შესაბამისობის განსაზღვრის შემდეგ შედარებითი ექსპერიმენტალური კვლევების რაოდენობა შეიძლება შევამციროთ ან მთლიანად გამოვრიცხოთ.

ძირითადი სირთულე სტრუქტურის მათემატიკურ აღწერაში განპირობებულია უმრავლესი პრაქტიკული თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი კომპოზიციური მასალების სტატისტიკური ხასიათით. შესაბამისად ასეთი სისტემა არ შეიძლება აღწერილი იყოს სტაციონალური განტოლებების სასრული რიცხვით.

კომპოზიციის სტრუქტურის ბოლო მათემატიკური მოდელისათვის დამახასიათებელია ორგვაროვნება, რაც იმაში გამოიხატება, რომ ერთის მხრივ სტრუქტურის კომპონენტების განაწილებას აქვს შემთხვევითი ხასიათი, მეორეს მხრივ, სტრუქტურა აღიწერება სასრული რაოდენობის განტოლებით.

ეს ორგვაროვნება შედის საბოლოო განტოლებათა სისტემაში სპეციალური პარამეტრებით, რომელთაც აქვთ შემთხვევითი ხასიათი.

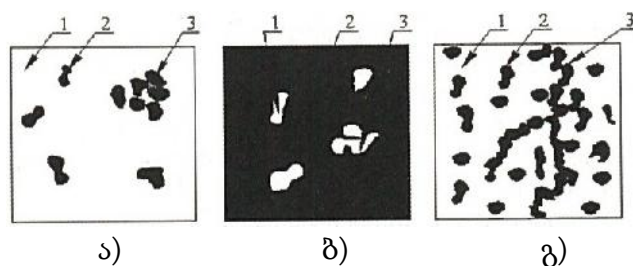
ამავე დროს განტოლებათა სისტემის სასრულობა საშუალებას იძლევა პრინციპულად განვახორციელოთ ყველა გამოსაკვლევ ფიზიკო-სტრუქტურული პარამეტრების რაოდენობრივი ანგარიში. ამგვარად სტრუქტურის სასრული მათემატიკური მოდელის ორგვაროვნება არ

ეწინააღმდეგება სტატისტიკური გამოცდის მეთოდით არაერთგვაროვანი კომპოზიციის თეორიული კვლევის არჩეულ პრინციპებს.

სტრუქტურის საბოლოო მათემატიკურ მოდელში წარმოდგენილი სტატისტიკური კომპოზიციის მოცულობა უნდა იქნას შეზღუდული ყველა განზომილებაში. თუმცა სტრუქტურის ელემენტები განაწილებულია ამ მოცულობაში შემთხვევითი სახით, თითოეული კონკრეტული ელემენტის მდებარეობა მოცემულ კონკრეტულ მოცულობაში სრულად განსაზღვრულია, რაც მთლიანად გამოსახება ამ ელემენტის კოორდინატების შერჩეულ სისტემაში, ამასთან კოორდინატების რაოდენობა შეესაბამება სტრუქტურის ელემენტების ფორმას. მაგალითად, სფეროს ფორმის ელემენტების კომპოზიციისათვის თითოეული ელემენტის მდებარეობა განისაზღვრება სამი კოორდინატით.

განვიხილოთ სქემატურად კომპოზიტური მასალის სტრუქტურა შემავსებლის განსხვავებული მოცულობითი კონცენტრაციით (ნახ.32).

დავუშვათ, რომ შემავსებლის მოცულობითი კონცენტრაციის გაზრდას მოსდევს კომპოზიტური მასალის რომელიმე თვისების გაუმჯობესება. მაგალითად, იმ შემავსებლის რაოდენობის ზრდასთან ერთად, რომლის სიმტკიცე უფრო მაღალია ვიდრე სხვა შემავსებლისა, იზრდება კომპოზიტის სიმტკიცე.



ნახ.32. კომპოზიტური მასალის სტრუქტურის სქემატური გამოსახულება „შემავსებელი-შემაკავშირებელი მატრიცა“ შემავსებლის განსხვავებული მოცულობითი კონცენტრაციით. 1-მატრიცა; 2-შემავსებელი; 3-კლასტერი

კომპოზიტის თვისების ხარისხობრივი დამოკიდებულება შემავსებლის მოცულობით კონცენტრაციაზე გამოსახულია (ნახ.32)-ზე.

აქედან კომპოზიციის ნებისმიერი სტრუქტურა, რომელიც შეზღუდულია შერჩეული მოცულობით, განისაზღვრება მთლიანად სტრუქტურის ცალკეული ელემენტის განზოგადებული კოორდინატების ნაკრებით, რომლის სისტემაც შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ამ კოორდინატების მატრიცით, რომლის შენახვა ხდება კომპიუტერის მეხსიერებაში. ნებისმიერი სტრუქტურული დახასიათება, რომელიც დამოკიდებულია მხოლოდ გამოსაკვლევი სტრუქტურის კომპონენტების გეომეტრიულ განაწილებაზე, შეიძლება გაანგარიშებული იქნას ამავე კომპიუტერზე სპეციალური ალგორითმების მიხედვით.

მათი რაოდენობრივი დახასიათება მთლიანად განისაზღვრება კოორდინატების მატრიცის ელემენტებით, რომელიც ინახება კომპიუტერის მეხსიერებაში. მოცემული სასრული მათემატიკური მოდელით წარმოდგენილი მოცულობა შეზღუდულია კომპიუტერის მეხსიერების ტევადობით, რომელსაც შესწევს უნარი შეინახოს მატრიცის ელემენტების განზოგადებული კოორდინატების რიცხვითი მნიშვნელობები. ასეთი მატრიცის ანგარიში აგრეთვე უნდა ვაწარმოთ სპეციალური პროგრამებისა და ალგორითმების მიხედვით.

კომპოზიციური მასალების ფიზიკური თვისებების გამოკვლევისათვის სტრუქტურის კომპონენტების გეომეტრიული განლაგების გარდა აუცილებელია ვიცოდეთ თითოეული ელემენტის ფიზიკური თვისებები. სტრუქტურის ელემენტების ყველა ფიზიკური პარამეტრები, რომლებიც სავალდებულოა მოცემული კვლევისათვის, უნდა იყოს მოცემული რიცხობრივი პარამეტრების სახით, რომლებიც ქმნიან მატრიცას და რომელიც შეიძლება შევუსაბამოთ განზოგადებულ კოორდინატების მატრიცას.

განზოგადებული კოორდინატების მატრიცის სისტემაში კომპოზიციის თითოეულ ელემენტს უკავია მატრიცის ერთი სტრიქონი, მათ შორის კომპონენტს, რომელიც წარმოადგენს გარემოს შემავსებელს. მატრიცის სტრიქონი წარმოადგენს სტრუქტურის მოცემული ელემენტის

ყველა აუცილებელი ფიზიკური პარამეტრების გეომეტრიულ კოორდინატებს და რიცხობრივ მახასიათებლებს.

ამ მატრიცის ანგარიში და განაწილება ხდება მოდელირებადი ალგორითმის სპეციალური პროგრამით, ხოლო მატრიცის ელემენტების ამოკრეფის წესი კომპოზიციის ფიზიკო-სტრუქტურული მახასიათებლების ანგარიშის დროს განისაზღვრება სხვა ალგორითმით, რომელიც დამუშავებულია მოცემული მათემატიკური მოდელისათვის. განზოგადებული კოორდინატების მატრიცისა და რიცხობრივი ფიზიკო-სტრუქტურული მახასიათებლების ანგარიში ხდება ერთი და იმავე კომპიუტერზე.

ამგვარად კომპოზიციური მასალების სტრუქტურის საბოლოო მათემატიკური მოდელი წარმოადგენს სტრუქტურის ყველა ელემენტის განზოგადებული კოორდინატების მატრიცას, რომლის განთავსება და გაანგარიშება ხდება სპეციალური მოდელირებადი ალგორითმების მეშვეობით კომპიუტერებზე.

ყველაზე მარტივი, ეკონომიური და ეფექტურია სტრუქტურების მოდელი, სადაც ელემენტები წარმოდგენილია სფეროს ფორმით. განზოგადებულ კოორდინატთა მატრიცას ამ შემთხვევაში გააჩნია სვეტების მინიმალური რაოდენობა, რაც თავის მხრივ ზრდის სტრიქონების რაოდენობას, რომლებიც შეესაბამება მოცემული საბოლოო მათემატიკური მოდელის შეფუთვაში არსებული ელემენტების რაოდენობას, ამგვარად იზრდება წარმოდგენითი მოცულობა.

აღნიშნული მატრიცის ანგარიში, აგრეთვე ფიზიკო-სტრუქტურული პარამეტრების კვლევა ამ შემთხვევისათვის იქნება ყველაზე მარტივი და ეკონომიური.

მითუმეტეს ახალი მარტივი მათემატიკური მოდელების მეშვეობით შეიძლება გაანგარიშებული იქნას ფიზიკო-სტრუქტურული პარამეტრები, თუნდაც სტრუქტურები, რომელთა ელემენტების ფორმა განსხვავებულია იზომეტრიულისაგან.

მოცემული მათემატიკური მოდელის შემთხვევაში ცდომილება ანგარიშში დევს სტატისტიკური შეცდომის ფარგლებში, ამიტომ მოცემული პარამეტრებისათვის არ უნდა იქნას გათვალისწინებული სტრუქტურის ნაწილაკების რეალური ფორმის სფერული ფორმისაგან გადახრა.

ნაწილაკების ფორმაზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული კომპოზიტური მასალების მექანიკური სიმტკიცის პარამეტრები, აგრეთვე მათი სტრუქტურული მახასიათებლების რიგი.

ამიტომ სფერული ელემენტების შევსების მქონე მათემატიკური მოდელებით შეიძლება გამოკვლეული იქნას მასალები იზომეტრიული ფორმის ელემენტებით, იშვიათად-მასალები სტრუქტურის შევსების მცირე სიმჭიდროვით არაიზომეტრიული ფორმის სხეულებით. აქედან გამომდინარე არასფერული ფორმის ელემენტების მქონე კომპოზიტების ფიზიკო-სტრუქტურული თვისებების გამოკვლევის მიზნით უნდა იქნას აგებული გაცილებით რთული მათემატიკური მოდელები ელემენტების რეალური ფორმის გათვალისწინებით. ე.ი. დამუშავდეს განზოგადოებულ კოორდინატთა მატრიცა სვეტების დიდი რიცხვით.

ეს პროგრამები გაცილებით დიდი მოცულობისაა და მოითხოვს დამატებით თეორიულ და ექსპერიმენტალურ გამოკვლევებს.

დასკვნა

1. ჩვენს მიერ ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე დადგენილი იქნა საგზაო საფარების რღვევის გამომწვევი მიზეზები და მოხდა მათი გაანალიზება.
2. შემოთავაზებულია ორგანული შემკვრელის-ბიტუმის რეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მეთოდი პოლიმერების დამატებით და შესაბამისად მოდიფიცირებული ბიტუმის საფუძველზე დამზადებული ასფალტბეტონის ნარეგების თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები.
3. დამტკიცებულია პოლიმერბიტუმების მაღალი ეფექტურობა მოდიფიცირებული შემკვრელის ძვრისადმი მდგრადობისა და კრობადობის ამაღლების კუთხით, რაც თავის მხრივ განაპირობებს აღნიშნულ შემკვრელებზე მომზადებული ნარეგების საექსპლუატაციო მაჩვენებლების ამაღლების შესაძლებლობას 15-20%-ით.
4. თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე დადგენილი იქნა ასფალტბეტონში შემავალი აგენტების ოპტიმალური შემადგენლობა, რომელმაც მოგვცა საშუალება გაგვეზარდა საბურავის საფარის ზედაპირთან შეჭიდულობა 30-35%-ით და ძვრისადმი მედეგობა 1,5-ჯერ.
5. პოლიმერული დანამატებით მოდიფიცირებული ბიტუმები „პოლიმერბიტუმები“ საშუალებას იძლევა შევამციროთ სეზონურობის გავლენა ტექნოლოგიურ პროცესებზე და შესაბამისად გავზარდოთ საგზაო საფარების მშენებლობის ვადები 8-დან 10 თვემდე.
6. მოდიფიკატორების საფუძველზე მომზადებული ნარეგების ცვეთამედეგობაზე გამოცდის შედეგების შეფასებამ გვიჩვენა, რომ „БИТРЕК“-ის გამოყენების შემთხვევაში ცვეთამედეგობა ჩვეულებრივ

ბიტუმებზე დამზადებულ ნარევებთან შედარებით გაიზარდა 10%-ით, ხოლო „SRMB“-ს გამოყენების შემთხვევაში კი 20%-ით.

7. დადლილობით გამოწვეული რღვევისადმი მონოლითური ფენების წინაღობაზე საგზაო სამოსების გაანგარიშება ჩვენთან ფაქტიურად არ ხდება ან იგი არასრულყოფილია, ამიტომ საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების ხანმდეგობის გაზრდის მიზნით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია შემდგომში გაგრძელდეს კვლევა ახალი ეფექტური კონსტრუქციული გადაწყვეტების დასამუშავებლად, ამასთან სასურველია გადავიდეთ მათი გამოცდის ახალ მეთოდებზე რომლებიც სრულყოფილად გაითვალისწინებს სატრანსპორტო ნაკადის რეალურ დინამიკურ ზემოქმედებას საგზაო სამოსზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. პაპუაშვილი თ., სულამანიძე მ. ექსპლუატაციის რეალურ პირობებში ასფალტბეტონის საფარების დადლილობითი ხანმდეგობის შეფასება. *სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“*. 2015, №3(38) გვ.70-73.
2. პაპუაშვილი თ., ჯღამაია ვ., სულამანიძე მ. ბლანტი საგზაო ბიტუმების რეოლოგიური თვისებები. *სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“*. 2016, №1(40) გვ.63-67.
3. პაპუაშვილი თ., ჯღამაია ვ., სულამანიძე მ. რეზინობიტუმებისა და პოლიმერბიტუმების რეოლოგიური თვისებები. *სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“*. 2016, №3(42) გვ.95-101.
4. ჩილოჩავა ლ., კეჭაყმაძე მ., სულამანიძე მ. ბიტუმის მოდიფიცირება პოლიეთილენის გარსით და მის საფუძველზე ასფალტბეტონის დამზადების ტექნოლოგია. *სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“*. 2015, №2(37) გვ.77-79.
5. სულამანიძე მ. ასფალტბეტონის კომპოზიტური მასალების სტრუქტურების მათემატიკური მოდელირების საფუძველები. *სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“*. 2017, №1(44) გვ.64-68.
6. ძიძიგური მ. საგზაო სამშენებლო მასალები, თბილისი 2005.
7. Руденская И.М. Руденский А.В. Органические вяжущие для дорожного строительства Издательство: «Транспорт» - М. 1984.
8. ГОСТ 12801-84 Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний. М. 1986.
9. Иванов Н.Н. Устойчивость асфальтобетонных покрытий при высоких температурах. В кн.: Повышение качества асфальтобетона М.: 1975, С.21-2
10. Гезенцвей Л.Б. Горельшев Н.В. Богуславский А.М. и др./ Дорожный асфальтный бетон/ М. Транспорт. 1985.
11. Гоглидзе В.М. Разработка основных положений сдвигоустойчивых и износостойких полужестких дорожных покрытий: Дис д-ра тех. наук МАДИ. М. 1980 .Машинопись.
12. ВСН 19-89. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1990.
13. СНиП 3.06.03-85. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ. ГОССТРОЙ СССР. МОСКВА 1989.

14. ZTV Asphalt-StB 07. Zusätzliche Technische Verkehrsflächenbefestigungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt. 2007.
15. Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MDCR); Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR) (ASTM D 7405-15; AASHTO TP 70-13).
16. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. М.:Транспорт, 1992. с.254.
17. Научно-технический отчет № 2553/Толстопятов Г.М., Петров Г.Н., ВНИИСК.-1967.
18. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.
19. ОДМ 218.7.001-2008 Рекомендации по методам определения физико-химических свойств вязких нефтяных дорожных битумов.
20. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. М.: Транспорт. 1973.
21. ГОСТ 18180-72. Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева.
22. Золотарев В.А. Реологические свойства асфальтовязущего при динамическом деформировании. Москва 2010. с.31-39
23. Шишкин Ю.Л. Экспресс-оценка сдвиговой прочности битумных вяжущих с помощью прибора „Термоскан-М1“/Автомобильные дороги. 2012. №8. С. 79-82.
24. Кербер М.Л. Композиционные материалы/Соросов. Образоват. журнал. 1999. №5.
25. Баженов Ю.М. Задачи компьютерного материаловедения строительных композитов. 2010
26. Р. Б. Гун. Нефтяные битумы, Москва: Химия, 1973.
27. Kim Y. Modeling of Asphalt Concrete. New-York: McGraw-Hill Professional, 2008.
28. Проект ГОСТ 22245. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.
29. AASHTO TP 101-12. Standard Method of Test for Estimating Fatigue Resistance of Asphalt Binders Using the Linear Amplitude Sweep. 2015.
30. Bahia H.U. et al. Characterization of Modified Asphalt Binders in Superpave Mix Design. 2001.
31. Руденская И. М. Руденский А. В. Реологические свойства битумов Издательство: Высшая школа;