

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მაია ავალიანი

საგზაო ფენილების სატრანსპორტო - საექსპლუატაციო
თვისებების გაუმჯობესება საქართველოს კლიმატური
პირობების განთვალისწინებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა
ხელოვნური ნაგებობები

შიფრი:0406

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
თებერვალი, 2018 წელი

საავტორო უფლება © 2018 წ. "ავალიანი მაია "

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით მათ ავალიანის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: "საგზაო ფენილების სატრანსპორტო - საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება საქართველოს კლიმატური პირობების გათვალისწინებით" და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი:

ხელმძღვანელი:

პროფესორი ალექსი ბურდულაძე

რეცენზენტი:

თამაზ შილაკაძე, ტექნიკის მეცნიერებათა
დოქტორი

რეცენზენტი:

კონსტანტინე მჭედლიშვილი, პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2017 წელი

ავტორი: მაია ავალიანი

დასახელება: საგზაო ფენილების სატრანსპორტო -
საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება
საქართველოს კლიმატური პირობების
გათვალისწინებით

ფაკულტეტი : სამშენებლო

ხარისხი: დოქტორი

სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომა ჩატრდა: კორპუსი I,
აუდიტორია 505, მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

ავტორის ხელმოწერა

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 დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა
ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ
მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია
სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს
პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

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

როგორც ცნობილია, ასფალტბეტონის თვისებები მკვეთრად იცვლება ტემპერატურის ზეგავლენით. 0°C-ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე იგი ამჟღავნებს დრეკადი მასალის, ხოლო 15°C-ზე ზევით - ბლანტპლასტიკური მასალის თვისებებს. ამასთანავე, ტემპერატურის ცვლილება მკვეთრად ცვლის ასფალტბეტონის დეფორმაციულ თვისებებს. ეს გარემოება ძალიან ართულებს ასფალტბეტონის თვისებების შესწავლასა და მის რეგულირებას. მიუხედავად იმისა, რომ ასფალტბეტონი სამეცნიერო-ტექნიკურ დონეზეა შესწავლილი, მაინც რჩება მრავალი პრობლემა, რომელთა გადაჭრა საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ უფრო მაღალი ხარისხის საგზაო ფენილები.

ჩატარებული გამოკვლევებისა და დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე, შესაძლებელი გახდა სხვადასხვა სახის ექსპლუატაციის პირობების შესაბამისი შემადგენლობის ასფალტბეტონის ნარევის შემუშავება. ტერიტორიის სიმცირის მიუხედავად, საქართველო სუბტროპიკული და მაღალმთიანი რეგიონებისათვის დამახასიათებელი კლიმატის ქვეყანაა. ამდენად, ცალკეულ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა შეირჩეს რეგიონის კლიმატის შესაბამისი სხვადასხვა ბიტუმი. ქართლ-კახეთის დაბლობ რაიონებში გამოყენებული ბიტუმი უნდა იყოს თბომედეგი, ხოლო კოლხეთის დაბლობში, გარდა აღნიშნული თვისებებისა, ბიტუმი უნდა იყოს ატმოსფერულმედეგიც. საქართველოს დაბალმთიან რაიონებში გამოყენებული ბიტუმის სიმციფისა და დარბილების ტემპერატურა უნდა იყოს საკმაო, სიმაღლის მატებისა და შესაბამისად, კლიმატის გამკაცრების მიხედვით უნდა შემცირდეს ბიტუმის თბომედეგობა და გაიზარდოს პლასტიკურობა. სპეციალური ბიტუმია საჭირო დიდი ინტენსივობის საავტომობილო მაგისტრალისათვის. ცხადია, ყველა საგზაო ბიტუმი უნდა შეესაბამებოდეს ერთ ტექნიკურ

ნორმას, მაგრამ უფრო მნიშვნელოვანია კლიმატური ზონის შესაბამისი ცხელი და ცივი ნარევებისათვის გამოყენებული ბიტუმის რეოლოგიურ თვისებათა დიფერენცირებული ნორმების შემუშავება, რაც საქართველოს ტერიტორიის საგზაო კლიმატური დარაიონების გათვალისწინების გარეშე შეუძლებელია.

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

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

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

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

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

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

აქედან გამომდინარე, წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს:

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

- ასფალტბეტონის საფარების საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება;
- რეკომენდაციებისა და ნორმატიულ ტექნიკური დოკუმენტაციის დამუშავება მოდიფიცირებული ბიტუმების გამოყენებაზე.

აღნიშნული მიზნის განსახორციელებლად დაიგეგმა და ჩატარდა შემდეგი კვლევები:

- ასფალტბეტონის ნარევის საჭირო ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრა ვერტიკალური ზონალობის გათვალისწინებით;
- ბიტუმის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესების კვლევა სხვადასხვა დანამატების გამოყენებით;
- მოდიფიცირებული ბიტუმის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევა დაძველების პროცესის გათვალისწინებით;
- ასფალტბეტონის ნარევის რეცეპტების შედგენა ადგილობრივი ინერტული მასალის, მოდიფიცირებული ბიტუმის თვისებებისა და ვერტიკალური ზონალობის გათვალისწინებით;
- მოდიფიცირებული ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევით აგებული საგზაო საფარების მუშაობის ხანმედგობის პროგნოზირება სხვადასხვა რეგიონის ვერტიკალური ზონალობის გათვალისწინებით.

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

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

ნაშრომში შესწავლილია მოდიფიცირებული ბიტუმ-პოლიმერის შემკვრელზე დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკო-ქიმიური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებები; დასაბუთებულია ბიტუმ რეზინის კომპოზიციური მასალის - ბირკ ნარევის გამოყენების ეფექტურობა საქართველოს საგზაო მეურნეობაში;

დამუშავებულია ბიტუმის მოდიფიცირების სხვადასხვა ვარიანტები, რაც საშუალებას იძლევა მიზნობრივად მოვახდინოთ ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესება, საქართველოს ამა თუ იმ რეგიონის კლიმატური თავისებურებების გათვალისწინებით; შესწავლილია მოდიფიცირებულ ბიტუმებზე დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის თვისებები და დამუშავებულია მათი გამოყენების არეალი; დამუშავებულია ასფალტბეტონის ფენილის საექსპლუატაციო ნორმატიული მაჩვენებლების უზრუნველყოფის შესაძლებლობა მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით.

Abstract

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

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

On the basis of conducted experiments and accumulated experience, it was possible to develop asphalt concrete mixture of the composition of various types of exploitation. Despite the scarcity of the territory, Georgia is a climate of climate for subtropical and mountainous regions. Thus, in a particular case, the different bitumen corresponding to the climate of the region should be selected. The bitumen used in the Kartli-Kakheti lowlands should be heat-resistant and in the Kolkheti lowlands, except for these features, the bitumen should be atmospheric. The bitumen and condensation temperatures used in lowland regions of Georgia must be sufficient to increase the height of the bitumen and to increase the plasticity of the bitumen by climate tightening. Special bitumen required for high intensity motor motorways. Obviously, all road bitumen must match one technical norms, but it is more important to develop differential norms of the biomedical properties of the bitumen used for hot and cold mixtures, which are impossible without the consideration of the road climatic zoning of the territory of Georgia.

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

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

- The bid should provide the necessary safety of the road cover in different temperature intervals, in the conditions of variable loads;

- Bitumen should be well adapted to the surface of the mineral material;
- Bitum should be durable, ie. Its aging (the change in properties during the long exploitation period) is minimal.

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

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

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

The purpose of this dissertation is therefore:

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

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

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

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

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

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

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

შინაარსი

შესავალი.....	13
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	22
1.1 ბიტუმის თვისებების გაუარესების მიზეზები	22
1.2. ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესების გზები.....	24
1.3. დანამატების გამოყენება ბიტუმის თვისებების გასაუმჯობესებლად	26
1.4. ბიტუმების შერჩევა საგზაო კონსტრუქციის მუშაობის რეალური პირობების გათვალისწინებით	31
1.5. ბიტუმების მოდიფიკაცია პოლიმერების საშუალებით.....	32
2. შედეგები და მათი განსჯა	49
2.1. მოდიფიცირებული ბიტუმ-პოლიმერის შემკვრელის შემცველობის ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკო-ქიმიური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებების შესწავლა	49
2. 2. ბიტუმის მოდიფიკაცია კრატონის პოლიმერის საშუალებით.....	65
2.2.1.კრატონის პოლიმერის უპირატესობანი.....	66
2.3. ბიტუმის მოდიფიცირება ელვალის პოლიმერით.....	76
2.3.1. ელვალის პოლიმერის დახასიათება.....	76
2.3.2. ელვალის პოლიმერის ძირითადი უპირატესობანი.....	76
2.4. ბიტუმ რეზინის კომპოზიციური მასალა.....	85
2.4.1.ბირკ ნარევის ეფექტურობა.....	85
2.4.2. ბირკ ნარევის მომზადება.....	89
2.4.3. ღორღ-მასტიკიანი ასფალტბეტონი ბირკ-ის შემკვრელით.....	90
2.4.4. ბირკ შემკვრელზე დამზადებული ა/ზ ტრანსპორტირება-შენახვა.....	91
2.4.5. ასფალტბეტონის ნარევის დაგება.....	92
2.5. ბიტუმის პოლიმერ მოდიფიკატორების - კრატონის, ელვალის და ბიტუმ რეზინის კომპოზიციური მასალის შედარებითი დახასიათება.....	97
3. დასკვნა	111
გამოყენებული ლიტერატურა	114

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1.	ფაქტიური და მოდიფიცირებული ბიტუმის ფიზიკო-ქიმიური თვისებები.....	56
ცხრილი 2.	ასფალტბეტონური ნარევის ფიზიკო-მექანიკური თვისებები საწყისი და მოდიფიცირებული ბიტუმის საფუძველზე.....	58
ცხრილი 3.	პოლიმერული დანამატით "კრატონით" მოდიფიც. ბიტუმის გამოცდის შედეგები.....68.	
ცხრილი 4.	ბიტუმის მოდიფიცირება, ცდები.....	81
ცხრილი 5.	პოლიმერული დანამატით "ელვალოით" მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოცდის შედეგები.....	82
ცხრილი 6.	„ბ“ ტიპის ასფალტბეტონის გამოცდის შედეგები.....	82
ცხრილი 7.	ბიტუმის შემკვრელების მახასიათებლები.....	85
ცხრილი 8.	ბირკ შემკვრელითა და სტანდარტული საგზაო ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.....	88
ცხრილი 9.	ბირკ ნარევის დამზადების ტექნოლოგია.....	89
ცხრილი 10.	ბირკ-ის შემკვრელზე დამზადებული ღორღ-მასტიკოვანი ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები.....	91
ცხრილი 11.	სხვადასხვა ტიპის ნარევის შენახვის დასაშვები დრო.....	91
ცხრილი 12.	საფარის დაგების ტემპერატურული რეჟიმები.....	93
ცხრილი 13.	ბიტუმის შემკვრელთა თვისებები რეოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით-.....	107
ცხრილი 14	ბიტუმის მოდიფიკატორთა შედარება ფინანსური მაჩვენებლების მიხედვით.....	111

ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1	სოპოლიმერის მოლეკულის სტრუქტურა ვინილაცეტატით.....	55
ნახაზი 2	ზეთების მოლეკულების საშუალოსტატიკური სტრუქტურული ფრაგმენტები.....	60
ნახაზი 3	ტოლუოლური და სპირტო-ტოლუოლური ფისების მოლეკულების საშუალო სტატისტიკური სტრუქტურული ფრაგმენტები.....	62
ნახაზი 4	ასფალტენების საშუალო სტატისტიკური სტრუქტურული ფრაგმენტები და ასოციანტებად მათი გაერთიანების სქემა.....	63
ნახაზი 5	არამოდიფიცირებული და ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებულ ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევი.....	83
ნახაზი 6	არამოდიფიცირებული და ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებულ ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები.....	83
ნახაზი 7	1. მოდიფიცირებული ბიტუმი; 2. ელვალით მოდიფიცირებული ბიტუმი	84
ნახაზი 8	კრატონისა და ელვალის ძვრის სიმტკიცის მრუდები.....	100
ნახაზი 9	ბიტუმის პოლიმერული შემკვრელების ელვალისა და კრატონის ძვრის მრუდები.....	103
ნახაზი 10	ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელებისთვის კრატონი, ელვალი, ბიტუმი 60/90.....	104
ნახაზი 11	ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელებისთვის კრატონი, ელვალი, ბირკი	106
ნახაზი 12	ცვეთამდეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ბ/ფ თანაფარდობაზე (1. ღორღის რაოდენობა ნარევი 30%; 2. ღორღის რაოდენობა 56%).....	110

შესავალი

სადისერტაციო თემის აქტუალობა.

საქართველოს სამშენებლო ბაზარზე ინფრასტრუქტურის განვითარების და რეაბილიტაციის პროექტებით ხორციელდება მრავალი სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტის მშენებლობა. მათგან, აღსანიშნავია საავტომობილო გზები, სადაც, ისე როგორც მთელ მსოფლიოში, მშენებლობა ძირითადად ხორციელდება მონოლითური ბეტონისა და ასფალტბეტონის გამოყენებით.

მშენებლობის ტემპების და მოხმარებული ასფალტბეტონის მოცულობის ზრდასთან ერთად იზრდება მოთხოვნები მისი ხარისხისა და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობისადმი. ასფალტბეტონი წარმოადგენს მასალას, რომელიც მუშაობს ავტოტრანსპორტის განმეორებადი დატვირთვების ზემოქმედებით გამოწვეული, რთული დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობისა და ცვალებადი ტემპერატურისა და ტენიანობის პირობებში. გარდა ამისა, ასეთი კონგლომერატისათვის დამახასიათებელია შინაგანი ძაბვის არსებობა, რომელიც განპირობებულია მისი სტრუქტურის არაერთგვაროვნებითა და აგრეთვე მუდმივად მიმდინარე სტრუქტურაწარმოქმნისა და დესტრუქციის პროცესებით.

გზის საფარზე გარეგანი ფაქტორების ზემოქმედების ხასიათი და სიდიდე ბოლო პერიოდში შესამჩნევად შეიცვალა. სატრანსპორტო საშუალებების ტვირთამწეობის და მოძრაობის ინტენსივობის მომატების გამო გაიზარდა ასფალტების საფარზე ხვედრითი საანგარიშო, დინამიური და დარტყმითი დატვირთვების სიდიდეები. შესაბამისად, გაიზარდა მოთხოვნები მისი საწყისი სტრუქტურის და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესების თვალსაზრისით. მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში დაიწეს ახალი თაობის მაღალი საექსპლუატაციო თვისებების მქონე მოდიფიცირებული

ასფალტბეტონების ტექნოლოგიების გამოყენება. ვინაიდან, გზების საფარად გამოყენებული ასფალტბეტონების რღვევისა და დეფორმაციის ძირითად მიზეზს წარმოადგენს ექსპლუატაციის პერიოდში ბიტუმის თვისებების მკვეთრი დაძველება, ასფალტბეტონების ხანმედეგობისა და საექსპლუატაციო თვისებების გაზრდის მიზნით ეფექტურ შედეგს იძლევა ბიტუმების მოდიფიცირება სხვადასხვა დანამატებით.

ასფალტბეტონი არის მასალა, რომელიც მიიღება რაციონალური თანაფარდობით შერჩეული ღორღის, ქვიშის, მინერალური ფხვნილისა და ბიტუმის გარკვეულ ტექნოლოგიურ პირობებით შერჩევის და შემკვრივების შედეგად. იგი წარმოადგენს ერთ-ერთ რთულ სამშენებლო მასალას, რაც ძირითადად განპირობებულია მისი სტრუქტურის თავისებურებებით. ასფალტბეტონის თვისებები მკვეთრად იცვლება ტემპერატურის ზეგავლენით. 0°C -ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე იგი ამჟღავნებს დრეკადი მასალის, ხოლო 15°C -ზე ზევით - ბლანტპლასტიკური მასალის თვისებებს. მაგალითად, ასფალტბეტონის კუმშვაზე სიმტკიცის მაჩვენებელი 50°C -ზე $R_{50}=1-2$ მგპა, ხოლო მინუს 35°C -ზე $R_{-30}=20-30$ მგპა. ამგვარად, უარყოფით ტემპერატურაზე მისი სიმტკიცე უახლოვდება ცემენტბეტონისას. გარდა ამისა, ტემპერატურის ცვლილება მკვეთრად ცვლის ასფალტბეტონის დეფორმაციულ თვისებებს.

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

ასფალტბეტონის წარმოების საწყის სტადიაზე მისი თვისებების რეგულირება ხდებოდა მხოლოდ შემადგენელ კომპონენტთა გრანულომეტრიული შედგენილობის შერჩევის გზით. ბოლო დროს, ამ უკანასკნელის გარდა ყურადღება ექცევა მინერალურ მასალასა და

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

თანამედროვე ავტოტრანსპორტი მეგზვეთა წინაშე აყენებს ამოცანას არსებითად შეცვალოს ასფალტბეტონის ფენილის ხარისხი. ამ ამოცანის გადასაჭრელად აუცილებელია ძირეულად გაუმჯობესდეს გამოყენებულ მასალათა თვისებები და ტრადიციული მასალები ახლით შეიცვალოს. თანამედროვე მეცნიერთა გამოკვლევები მიმართულია არა მარტო ნავთობის ბიტუმი თვისებების გაუმჯობესებისაკენ, არამედ სხვადასხვა სახის ბიტუმპოლიმერული შემკვრელების შემუშავებისაკენ. მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში დამუშავდა და უკვე პრაქტიკულად დაინერგა წინასწარ გააქტიურებულ მინერალური მასალების საფუძველზე მიღებული მაღალხარისხოვანი ასფალტბეტონები.

ტერიტორიის სიმცირის მიუხედავად, საქართველო სუბტროპიკული და მაღალმთიანი რეგიონებისათვის დამახასიათებელი კლიმატის ქვეყანაა. ამდენად, ცალკეულ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა შეირჩეს რეგიონის კლიმატის შესაბამისი სხვადასხვა ბიტუმი. ქართლ-კახეთის დაბლობ რაიონებში გამოყენებული ბიტუმი უნდა იყოს თბომედეგი, ხოლო კოლხეთის დაბლობში, გარდა აღნიშნული თვისებებისა, ბიტუმი უნდა იყოს ატმოსფერულმედეგიც. საქართველოს დაბალმთიან რაიონებში გამოყენებული ბიტუმის სიმციფისა და დარბილების ტემპერატურა უნდა იყოს საკმაო, სიმაღლის მატებისა და შეაბამისად, კლიმატის გამკაცრების

მიხედვით უნდა შემცირდეს ბიტუმის თბომედეგობა და გაიზარდოს პლასტიკურობა. სპეციალური ბიტუმია საჭირო დიდი ინტენსივობის საავტომობილო მაგისტრალებისათვის. ცხადია, ყველა ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის გამოშვებული ბლანტი ბიტუმი უნდა შეესაბამებოდეს ერთ ტექნიკურ ნორმას, მაგრამ უფრო მნიშვნელოვანია კლიმატური ზონის შესაბამისი ცხელი და ცივი ნარეგებისათვის გამოყენებული ბიტუმის რეოლოგიურ თვისებათა დიფერენცირებული ნორმების შემუშავება, რაც საქართველოს ტერიტორიის საგზაო კლიმატური დარაიონების გარეშე შეუძლებელია.

ბიტუმის დამკველების მექანიზმის დეტალური გამოკვლევის საფუძველზე გამოვლინდა შეუქცევადი პროცესები, რომლებიც იწვევს ბიტუმის შედგენილობისა და თვისებების ცვლილებებს. ასეთებია:

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

მნიშვნელოვანია ატმოსფერული მედეგობის განსაზღვრა, რომელიც დიდ დროს მოითხოვს, პროცესის დაჩქარების მიზნით გამოიყენება სპეციალური დანადგარი, რომლის საშუალებით წარმოებს კონსტრუქციაში ექსპლუატაციის პირობებში ბიტუმზე გარემო ფაქტორთა ზემოქმედების აღწერა. სამწუხაროდ, ასეთი სახის დანადგარი ყველა სამეცნიერო ლაბორატორიისათვის არ არის ხელმისაწვდომი. ამის გამო, ან საერთოდ არ ხდება ბიტუმთა დამკველების პროცესის შესწავლა, ან წარმოებს პრიმიტიულად და ინდივიდუალურ ხასიათს ატარებს.

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

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

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

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

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

სადისერტაციო ნაშრომის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ საქართველოში საავტომობილო გზების ასფალტბეტონის საფარი საექსპლუატაციო თვისებების ამაღლებისათვის საჭიროა ახალი თაობის

მოდულიზირებული ბიტუმის გამოყენება, რომელიც უზრუნველყოფს ზემოთ აღნიშნული პრობლემების გადაჭრას.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანი

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

კვლევითი კომპონენტით გათვალისწინებული ჩატარებული დაგეგმილი ექსპერიმენტები:

1. საქართველოს კარიერებზე მოპოვებული ინერტული მასალების (ღორღი, ქვიშა) გრანულომეტრიული და ქიმიურ-მექანიკური თვისებების დადგენა;
2. ასფალტბეტონის საგზაო საფარების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესების მეთოდებისა და ხერხების ძებნა;
3. ასფალტბეტონის ნარევის საჭირო ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრა ვერტიკალური ზონალობის გათვალისწინებით;

4. ბიტუმის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესების კვლევა სხვადასხვა დანამატების გამოყენებით;
5. მოდიფიცირებული ბიტუმის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევა დაძველების პროცესის გათვალისწინებით;
6. ასფალტბეტონის ნარევების რეცეპტების შედგენა ადგილობრივი ინერტული მასალის, მოდიფიცირებული ბიტუმის თვისებების და ვერტიკალური ზონალობის გათვალისწინებით;
7. მოდიფიცირებული ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევით აგებული საგზაო საფარების მუშაობის ხანმედეგობის პროგნოზირება სხვადასხვა რეგიონის ვერტიკალური ზონალობის გათვალისწინებით.

ძირითადი ამოცანები:

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

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე:

სადისერტაციო ნაშრომი განეკუთვნება საავტომობილო გზების მშენებლობის სფეროს. საგზაო სამოსი წარმოადგენს საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის ძირითად განმსაზღვრელ ნაწილს. არა ხისტი საგზაო სამოსის სატრანსპორტო

საექსპლუატაციო თვისებები და სიცოცხლის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ბიტუმის თვისებებზე.

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

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

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

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

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- დამუშავებულია ბიტუმის მოდიფიცირების სხვადასხვა ვარიანტები, რაც საშუალებას იძლევა მიზნობრივად მოვახდინოთ ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესება, საქართველოს ამა თუ იმ რეგიონის კლიმატური თავისებურებების გათვალისწინებით;
- შესწავლილია მოდიფიცირებულ ბიტუმებზე დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის თვისებები და დამუშავებულია მათი გამოყენების არეალი;

- დამუშავებულია ასფალტბეტონის ფენილის საექსპლუატაციო ნორმატიული მაჩვენებლების უზრუნველყოფის შესაძლებლობა მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით;

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, სამი თავის, ძირითადი დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომი წარმოდგენილია 118 ნაბეჭდ გვერდზე, ლიტერატურის სია 73 დასახელებით.

ნაშრომის აპრობაცია:

დისერტაციის მასალა მოხსენიებულ იქნა:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, თბილისი 2017.

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულია ოთხი ნაშრომი:

1. დავით აღმაშენებლის სახელობის საქართველოს ეროვნული თავდაცვის აკადემია, შრომები №1 2015. თემა: „საგზაო სამოსის რეაბილიტაციის თანამედროვე ტექნოლოგიები“
2. სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №4(43), 2016. თემა: „ბიტუმების მოდიფიცირება რეზინის ნარჩენებით“
3. საერთაშორისო კვლევითი ორგანიზაცია „კოგნიტიო“ XVIII საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია, 21საუკუნის სამეცნიერო აქტუალური პრობლემები" მოსკოვი, 2017, 01.2017. თემა:საგზაო მშენებლობაში გამოყენებული ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესების გზები;
4. სამეცნიერო ჟურნალი "ქრონოსი" მოსკოვი, 2017, 02.2017. თემა: ბიტუმ-რეზინის კომპოზიციური მასალის გამოყენება საგზაო მშენებლობაში.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. ბიტუმის თვისებების გაუარესების მიზეზები.

ბიტუმის დაძველება.

როგორც პოლიმერების უმრავლესობის, ასევე ორგანულ შემკვრელთა შედგენილობა, სტრუქტურა და რეოლოგიური თვისებები არ არის მუდმივი და სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით უარესდება, ე.ი. მიმდინარეობს დაძველების პროცესი. ბიტუმის თხელ აფკზე გავლენას ახდენს ჟანგბადი, მაღალი ტემპერატურა, წყალი და მინერალური მასალის ზედაპირი. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მაღალ ტემპერატურაზე ქვის მასალისა და ბიტუმის შერევის ხანმოკლე პროცესში, ამ უკანასკნელის სტრუქტურა და რეოლოგიური თვისებები იცვლება უფრო მეტად, ვიდრე 19-20 წლის ექსპლუატაციის პირობებში. ექსპლუატაციის პროცესში ბიტუმის დაძველებაზე დიდ გავლენას ახდენს ფენილის ფორიანობა. 3%-ზე მეტად ფორიანობის ზრდა მკვეთრად ამცირებს ბიტუმის სტაბილურობას. მექანიკური ცვეთის პირობებიდან გამომდინარე, ასფალტბეტონის ფენილის მომსახურების ვადა უნდა იყოს 30-35 წელი, მაგრამ ბიტუმის დაძველების და ბლანტკლასტიკურ თვისებათა შემცირების გამო, ეს ვადა 8-10 წლამდე მცირდება.

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

სითბოს (მაღალი ტემპერატურის) ზემოქმედება იწვევს ბიტუმიდან დაბალი მოლეკულური მასის მქონე ნახშირწყალბადების აორთქლებას. ამის გარდა, მიმდინარე რთული ქიმიური პროცესების – პოლიმერიზაციის შედეგად იცვლება ბიტუმის კომპონენტთა ქიმიური თვისებები. ბიტუმის კომპონენტთა ნახშირწყალბადებს სცილდება

გვერდითი ჯაჭვები და წარმოქმნის ე.წ. თავისუფალ რადიკალებს, ხოლო დეჰიდროპოლიკონდენსაციის შედეგად წარმოიქმნება ახალი, უფრო რთული მოლეკულები, რომლებიც აუარესებს ბიტუმის თვისებებს. დადგენილია, რომ სხვა კომპონენტებისგან განსხვავებით, ტემპერატურისა და ჟანგბადის ზემოქმედების მიმართ უფრო მგრძობიარეა ასფალტენი, რომელიც ჟანგბადის გაჯერების შედეგად ხდება უფრო მეტად უხსნადი და ნაკლებად ფხვიერი. ამ პროცესების შედეგად იზრდება ბიტუმის სიბლანტე და სიმყიფე.[1]

ასფალტენის ჟანგბადით გამდიდრების შედეგად მიმდინარეობს სინერეზისის პროცესი (ბიტუმის ლორწოსებრ და თხევად ფაზად დაყოფა), ხდება ასფალტენების სტრუქტურული ბადის თვითნებური შეკუმშვა – კონტრაქცია და ნაწილი თხევადი ფაზის გამოდევნა. სინერეზისის პროცესის შედეგად, ფენილის ზედაპირზე წარმოიქმნება უწვრილეს ბზართა ბადე, რომელიც დროთა განმავლობაში მატულობს, იწვევს ქვის მასალის გაშიშვლებას და ამოცვენას.

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

ბიტუმის დაძველების პროცესში წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან და ქმნიან მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ბადეს. გამოკვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ჟანგბადისა და ტემპერატურის ზემოქმედების შედეგად ბიტუმის შეუქცევადი სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესები მიმდინარეობს სამ სტადიად: [1]

1. ფისის მოლეკულური სტრუქტურიდან ასფალტენების კოაგულაციური სტრუქტურული ბადის წარმოქმნა;

2. ასფალტენის ხისტი სივრცული სტრუქტურული ბადის განვითარება;
3. ხისტი სივრცული სტრუქტურული ბადის რღვევა.

1.2. ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესების გზები

ტემპერატურისა და დამველების გავლენით გამოწვეული ბიტუმის რეოლოგიური და სტრუქტურული თვისებების შედარებით შეიმჩნევა, რომ დამველებისას ფისის თხევადი მოლეკულური სტრუქტურა გადადის ასფალტენის კოაგულაციურ სტრუქტურაში. ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, რომ ბიტუმის ატმოსფერული მედეგობის პრობლემა ძირითადად შეიძლება გადაიჭრას ჟანგვის პროცესების შეზღუდვით. შესაძლებელია განვიხილოთ ჟანგვაზე ზემოქმედების ორი შესაძლო მიმართულება: [1]

1. ჟანგვისას წარმოქმნილი რადიკალები უფრო იოლად რეაგირებს ინჰიბიტორის მოლეკულებთან, ვიდრე საწყისი ნივთიერების მოლეკულებთან. ამ რეაქციების შედეგად წარმოქმნილი დაბალაქტიური რადიკალი ჟანგბადთან წარმოქმნის ინჰიბიტორის რადიკალის ზეჟანგს, რომელიც დაბალაქტიურია, ამიტომ საწყისი ნივთიერების ჟანგვის რეაქციის ჯაჭვი წყდება;
2. მრავალი ინჰიბიტორი იოლად რეაგირებს ჰიდროზეჟანგებთან, ხელს უშლის მათ დაშლას და წარმოქმნის თავისუფალ რადიკალებს.

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

ტალკის, ფიქლის, დოლომიტის, ქარსის, კირისა და კირქვის მინერალური ფხვნილის ზედაპირზე ადსორბირებული ბიტუმის აქტიური ფუნქციური ჯგუფები ამცირებს ქიმიური ენერჯის მარაგს და შესაბამისად, ამცირებს დამველების პროცესს. ზოგიერთი ფხვნილი

კი, რომელიც შეიცავს Fe_2O_3 და Al_2O_3 –ს კატალიზატორის როლს ასრულებს და აჩქარებს დაძველებას.

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

ბიტუმოვან მასალათა დაძველების პროცესებისა და სტაბილურობის ზრდის მეთოდების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბიტუმთა ქიმიური შედგენილობის არაერთგვაროვნების გამო, არ არის შემუშავებული ბიტუმის სტაბილურობის გაუმჯობესების ერთიანი მეთოდიკა და ცალკეული სახის ბიტუმისათვის საჭიროა შეირჩეს ინდივიდუალური დანამატი და გადამუშავების შესაბამისი მეთოდი. აგრეთვე დადგინდა, რომ ატმოსფერული მედეგობა დამოკიდებულია ნავთობის წარმოქმნის, ქიმიური შედგენილობის, გადამუშავების ტექნოლოგიასა და ბიტუმის მიღების ხერხზე. დაძველების მიმართ მედეგობით გამოირჩევა ნარჩენი ბიტუმი, ნაკლებ მედეგია დაჟანგული ბიტუმი, ხოლო კრეკინგ-ნარჩენებისაგან მიღებული ბიტუმის მედეგობა უმნიშვნელოა. [1]

ატმოსფერული მედეგობის განსაზღვრა დიდ დროს მოითხოვს, პროცესის დაჩქარების მიზნით გამოიყენება სპეციალური დანადგარი, რომლის საშუალებით წარმოებს კონსტრუქციაში ექსპლუატაციის პირობებში ბიტუმზე გარემო ფაქტორთა ზემოქმედების აღწერა. ასეთი სახის დანადგარი ყველა სამეცნიერო ლაბორატორიისათვის არ არის ხელმისაწვდომი. ამის გამო, ან საერთოდ არ ხდება ბიტუმთა დაძველების პროცესის შესწავლა, ან წარმოებს პრიმიტიულად და ინდივიდუალურ ხასიათს ატარებს. [1]

1.3. დანამატების გამოყენება ბიტუმის თვისებების

გასაუმჯობესებლად.

აქტიური დანამატების საშუალებით მასალის ხარისხის გაუმჯობესება ფრიად პერსპექტიულია და იძლევა მრეწველობის სხვადასხვა დარგების ნარჩენ პროდუქტთა საგზაო მშენებლობაში გამოყენების საშუალებას. ორგანული შემკვრელი მასალების თვისებების გაუმჯობესების, მინერალური მასალის ზედაპირზე მიკვრის და შესაბამისად, საგზაო ფენილის ატმოსფერული მედეგობის ხანგამძლეობის გაზრდის მიზნით, შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა სახის ზედაპირულ აქტიური ნივთიერებანი (ზან). მცირე რაოდენობის ზან მკვეთრად ცვლის ინერტული მასალის ზედაპირის ბუნებას და „ბიტუმი-მინერალური მასალის“ გამყოფ ზედაპირზე ურთიერთქმედების პირობებს. ზან-ის ეს უნარი საშუალებას იძლევა შემუშავდეს ასფალტბეტონისა და სხვა ბიტუმმინერალური ნარევის მომზადების ახალი ტექნოლოგიური პროცესები. ამასთან, ზან-ის საშუალებით შესაძლებელია ბიტუმის სტრუქტურაწარმოქმნის პროცესების რეგულირება და წინასწარ განსაზღვრული თვისებების მქონე მასალის მიღება. [1]

ზან-ის მოქმედების მექანიზმი ვითარდება სამი მიმართულებით:

1. ბიტუმის დისპერსიულ სტრუქტურაზე;
2. ბიტუმმინერალური ნარევის სტრუქტურაწარმოქმნის პროცესზე;
3. ხანგრძლივი ექსპლუატაციისას დამველების პროცესზე.

ბიტუმისა და მინერალური მასალის ურთიერთქმედების პროცესში დანოტივება არის პირველი სტადია, ამიტომ საჭიროა ამ პროცესის ხელოვნურად მართვა. დანოტივების პროცესი ჩქარდება და იოლდება ზან-ის გამოყენებით. მოქმედების მექანიზმის მიხედვის ზან-ები, ოთხ ჯგუფად შეიძლება დაიყოს:

1. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ნივთიერებანი, რომლებიც ზედაპირულაქტიურია სითხე/აირის გამყოფ ზედაპირზე;

2. მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ნივთიერებანი, რომლებიც აქტიურია ურთიერთშერეული ორი სითხის ან მყარი სხეულის გამყოფ ზედაპირზე;
3. მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება ე.წ. სტაბილიზატორები. ამ ჯგუფის ზან-ის მცირე რაოდენობის დამატება იწვევს ზედაპირის პლასტიფიცირებას, მთელი სისტემის სტრუქტურული სიბლანტისა და სიმტკიცის შემცირებას;
4. მეოთხე ჯგუფს მიეკუთვნება მრეცხავი ნივთიერებანი, ისინი მკვეთრად ამცირებენ ჰაერის გამყოფ ზედაპირზე წყლის ზედაპირულ დაჭიმულობას, რის შედეგადაც მასალა ხდება ჰიდროფობური.

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

ქვემოთ განხილული გვაქვს მსოფლიოში ფართოდ გავრცელებული დანამატები, რომლებიც დავაჯგუფეთ თავიანთი დანიშნულებისა და შემკვრელზე ფიზიკურ-ქიმიური ზემოქმედების მიხედვით:[1]

გამთხვევადებელი დანამატები. ორგანული შემკვრელის სიბლანტის შემცირების მიზნით მას უმატებენ გამთხვევადებელს. თანამედროვე წარმოების ბიტუმში სჭარბობს ციკლური და არომატული ტიპის ნაერთები, ამიტომ არომატული რიგის გამთხვევადებლების დამატებით მიღებული ნარევები უფრო სტაბილურია.

გამთხვევადებელის თავისებურებად ითვლება მისი აორთქლება. იგი ხასიასდება აორთქლების ტემპერატურით და განსაზღვრავს შემკვრელის შესქელების დროს. გამთხვევადებლად გამოყენებულია ლიგროინი, ნავთი, მაზუთი, თხევადი კრეკინგ-ნარჩენი და სხვ. გამთხვევადებლის ოპტიმალური რაოდენობა განისაზღვრება

ლაბორატორიაში, დამოკიდებულია ნარევის საჭირო სიბლანტეზე და მერყეობს 2%-დან 50%-მდე.

გათხევადებლის სახეობის მიხედვის გამოირჩევა შემდეგი სტრუქტურულ-რეოლოგიური მოდიფიკაცია, მცირე რაოდენობის გათხევადებლის დამატებით ბიტუმის სიბლანტე უმნიშვნელოდ იცვლება, ე.ი. ბიტუმი ინარჩუნებს საწყის სტრუქტურას, გათხევადებლის რაოდენობის შემდგომი ზრდა იწვევს ბიტუმის სიბლანტის მკვეთრ შემცირებას, ე.ი. იცვლება ბიტუმის სტრუქტურული კავშირები და იგი ღებულობს ნიუტონისეული სითხის თვისებებს არომატული რიგის ნახშირწყალბადების შემცველი გათხევადებლები იწვევს ბიტუმის პლასტიფიცირებას.

მაპლასტიფიცირებელი დანამატები. სიმციფის შემცირებისა და პლასტიკურობის გაზრდის მიზნით, ბიტუმს უმატებენ მაპლასტიფიცირებელ დანამატებს. პლასტიფიცირება ფაქტიურად გათხევადების კერძო შემთხვევად უნდა ჩაითვალოს. პლასტიფიკატორი გავლენას ახდენს ბიტუმის სხვა თვისებებზეც, კერძოდ, ქიმიურ და ატმოსფერულ მედეგობაზე. პლასტიფიკატორად გამოყენებულია მაზუთი, გუდრონი, ანტრაცენის ზეთი და სხვ. დანამტის რაოდენობა ბიტუმის მასის 2%-40%-ს შეადგენს.

მამოდიფიცირებელი დანამატები. მამოდიფიცირებელ დანამატებს მიეკუთვნება ნივთიერებანი, რომლებიც ცვლის შემკვრელის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებსა და სტრუქტურას, ან მოქმედებს როგორც მექანიკური დანამატი. ორივე შემთხვევაში უმჯობესდება ნარევის თვისებები. ამგვარად, გათხევადება და პლასტიფიცირება მოდიფიცირების კერძო შემთხვევად შეიძლება ჩაითვალოს.

როგორც ჩვენთან, ასევე საზღვარგარეთ მამოდიფიცირებელ დანამატებად გამოიყენება პოლიმერები: პოლივინილაცეტატი, პოლისტიროლი, დივინილსტიროლის თერმოელასტოპლასტი, ეპოქსიდის ფისი, სინთეზური ლატექსი და კაუჩუკი. [1]

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. მეტად მნიშვნელოვანია დანამატად რეგენირებული რეზინის ნაფხვენის - ძველი ავტოსაბურავების ნაფხვენის გამოყენება. მას უმატებენ 150°C-დან 180°C-მდე გაცხელებულ ბიტუმს 3%-5%-ის რაოდენობით. რეზინი იჯირჯება 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.

ადჰეზიური დანამატები. მათ მიეკუთვნება ისეთი დანამატები, რომლებიც აუმჯობესებს შემკვრელის მინერალურ მასალასთან მიკვრას - ადჰეზიას. ადჰეზია განპირობებულია შემკვრელისა და ინერტული მასალის გამოყოფ ზედაპირზე მიმდინარე სორბციული პროცესით, რომელიც ძირითადად ელექტრულ ხასიათს ატარებს. შემხებ ზედაპირთან ურთიერთქმედებისას გამოყოფ ფაზაში წარმოიქმნება ორმაგმუხტიანი ელექტრული ფენა. ასფალტბეტონებში გამოყენებული მასალები იონურ კრისტალურ გისოსიანი აგებულებისაა. მექანიკური დამუშავების შედეგად, მათ ზედაპირზე წარმოიქმნება გარკვეული ელექტრული ველი, რომლის ნიშანი და პოტენციური ენერგია განისაზღვრება იონთა თვისებებისა და ზედაპირზე განლაგების ხასიათის მიხედვით. ადჰეზიის ელექტროსტატიკური თეორიის თანახმად, თუ შემკვრელისა და მინერალური მასალის მუხტები სხვადასხვა ნიშნისაა, მაშინ მიკვრა კარგია და თუ ერთნიშნაა, მაშინ - ცუდი.

ასფალტურ ნარევებში ანიონაქტიური დანამატი 3%-10%, ხოლო კანიონაქტიური 0,5%-3%-ს არ უნდა აღემატებოდეს. ზან-ის ეფექტურობა დამოკიდებულია ქვის მასალაზე. კათიონაქტიური დანამატი უზრუნველყოფს ბიტუმის ადჰეზიას ყველა სახის ქვის მასალასთან, განსაკუთრებით მჟავე ქანებთან. ანიონაქტიური დანამატი კი - კარბონატულ ფუძე ქანებთან.

ბიტუმის აქტივაცია. ადჰეზიის გაუმჯობესების მიზნის, მინერალური მასალისა და ბიტუმის აქტივიზაცია წარმოებს უშუალოდ ნარევის მომზადების წინ. ბიტუმის აქტივიზაცია დაფუძნებულია მექანოქიმიის დებულებაზე - მექანიკური ენერჯის ქიმიურ ენერჯიად გარდაქმნის შესაძლებლობაზე. ამ პრინციპიდან გამომდინარე, შესაძლებელია 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.

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

დანამატების სახით კირქვების, დოლომიტების და სხვა კარბონატული ქანების ფხვნილებს ფართო გამოყენება აქვს. ორგანული შემკვრელის მინერალური ფხვნილით დამუშავების შედეგად, მარცვლების ზედაპირზე წარმოიქმნება სხვადასხვა სისქისა

და მდგრადობის შეკავშირებული ბიტუმის ადსორბციულ-სოლვატური გარსები.

მინერალური მასალის ბიტუმთან შერევისას, სორბციული პროცესების პარალელურად ადგილი აქვს მარცვლებში ბიტუმის კომპონენტთა ფილტრაციას. პროცესის ინტენსივობა დამოკიდებულია მინერალური მასალის ფორიანობასა და დანოტივებაზე. კარბონატულ ქანებში ეს პროცესი უფრო მეტადაა გამოხატული და იზრდება ფორიანობის ზრდის შესაბამისად. მჟავე ქანებში კი ეს პროცესი ნაკლებადაა გამოხატული. კაპილარული ფილტრაციით შექმნილი მიკროფორები არსებით გავლენას ახდენს ბიტუმის სტრუქტურაზე და საბოლოოდ, ასფალტბეტონის მექანიკურ თვისებებზე. [1]

1.4. ბიტუმების შერჩევა საგზაო კონსტრუქციის მუშაობის რეალური პირობების გათვალისწინებით

საგზაო მშენებლობაში გამოყენებული ბიტუმი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

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

აღნიშნულ მოთხოვნათა შესრულება იძლევა მაღალი ხარისხის პროდუქციის მიღების გარანტიას. ამისათვის, საჭიროა წინასწარ ვიცოდეთ საწყისი მასალების ძირითადი მახასიათებლები. [1]

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

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

ცხადია, ყველა ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის გამოშვებული ბლანტი ბიტუმი უნდა შეესაბამებოდეს ერთ ტექნიკურ ნორმას. მაგრამ უფრო უპრიანია კლიმატური ზონის შესაბამისი ცხელი და ცივი ნარევისათვის გამოყენებული ბიტუმის რეოლოგიურ თვისებათა დიფერენცირებული ნორმების შემუშავება, რაც საქართველოს ტერიტორიის საგზაო დაიონების გარეშე შეუძლებელია.

[1]

1.5. ბიტუმების მოდიფიკაცია პოლიმერების საშუალებით

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

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

დღესდღეობით პოლიმერ-ბიტუმის კომპოზიციებში გამოცდილია ფაქტიურად ყველა ცნობილი პოლიმერი. თუმცა, პრაქტიკული მიზნებისათვის გამოიყენება მაღალმოლეკულური შენაერთების მხოლოდ ზოგიერთი ტიპი. ყველა არსებული მაღალმოლეკულური შენაერთები, რომელიც გამოიყენება დღევანდელ დღეს, ბიტუმების თვისებების გასაუმჯობესებლად, დაჯგუფებულია შემდეგ კლასებში:

1. დივინილისა და სტიროლის ბლოკსოპოლიმერები
(თერმოელასტოპლასტიური პოლიმერები) განასხვავებენ ბლოკსოპოლიმერის სამ ტიპს: [2;3]

- სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლი (სბს);
- სტიროლ-იზოპრენ-სტიროლი (სის);
- სტიროლ-ეთილენი / ბუტილენ-სტიროლი (სე / ბს).

1966 წლიდან რუსეთში წარმოებს თეორიული და ექსპერიმენტალური გამოკვლევები, პოლიმერასფალტბეტონის ტექნოლოგიის შემუშავების მიზნით, სადაც გამოყენებულია (სბს) საწყისზე დამზადებული პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელი.

უკვე 1967 წლიდან ყველა საავტომობილო-კლიმატურ ზონაში საგზაო საფარისათვის გამოიყენება პოლიმერასფალტბეტონი [4]. 1971 წელს მომზადებული იყო მეთოდური რეკომენდაციები გზების მშენებლობისა და სარემონტო სამუშაოებში, ხიდებისა და გვირაბების საფარის მომზადებაში პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის გამოყენებასთან დაკავშირებით.

გამოცდილი სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების გამოკვლევების შედეგად, მრავალწლიანი შედეგების საფუძველზე, 1995 წელს შემუშავებულ იქნა ნორმატიული დოკუმენტი, სადაც იყო მითითება, პირველი და მეორე კატეგორიის საგზაო საფარის ზემო ფენისათვის, მხოლოდ პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის საწყისზე დამზადებული სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლი - სბს ტიპის პოლიმერული მასალების გამოყენებასთან დაკავშირებით [5].

საგზაო მშენებლობისათვის 2002 წელს გამოსაცემად მომზადდა სახელმძღვანელო კომპლექსური ორგანული შემკვრელების გამოყენებასთან დაკავშირებით (კომ), მათ შორის პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის, რომელიც დამზადებულია ბლოკსოპოლიმერის ტიპის სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლი - სბს-ის საწყისზე. მასში ასახულია შემცველობის შერჩევის ტექნოლოგიური პროცესების თავისებურებანი.

2004 წელს ამოქმედდა გოსტ P 52056-2003 „ბლოკ-სოპოლიმერების ტიპის სტიროლ-ბუტადინ-სტიროლის საწყისზე დამზადებული პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელები“.

ამჟამად, რუსეთში ყველაზე მეტად გავრცელებული არის თერმოელესტოპლასტის განშტოებული სტრუქტურის ДСТ-30-Р01 ბუტადიენ- სტიროლი და მისი უცხოური ანალოგი Finaprene A411, Europrene Solt161B и Calprene 411, ასევე ДСТ-30-01, რომელსაც არ აქვს განშტოებული სტრუქტურა. ДСТ-30-01-ის უცხოური ანალოგი არის - Cariflex TR-101, Euruprene Solt6302 и Calprene 501.[6]

1971 წელს ა.ს.კოლბანოვსკაიამ და ლ.მ. გოხმანმა მიიღეს საავტორო უფლება საგზაო ბიტუმების მოდიფიცირების მიზნით ტაქტიკური პოლიპროპილენის გამოყენებასთან დაკავშირებით. შემდგომში ფ.გ.უნგერი, ა.კ. ევა, ლ.ვ.ციკო და სხვა გამომგონებლებმა შეიმუშავეს მოდიფიკატორი, რომელიც არის სტაბილიზატორი და აუმჯობესებს ბიტუმის თვისებებს. ეს გამოგონებები პარალელურად ვითარდება თერმოელასტოპლასტებით ბიტუმის მოდიფიცირებაში და მიმართულია მისი ადჰეზიური თვისებების ზრდისაკენ. [7;8]

ბოლო დროს აქტიურად ვითარდება წარმოება და მასალის გამოყენება, რომელიც მიიღება კაუჩუკის შერევით თერმოპლასტთან (თერმოელასტოპლასტის ნარევი). საგზაო ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესებას, დანამატს თერმოელასტოპლასტის ნარევის სახით მიეძღვნა შრომები ე.ვ.მურზინა, ე.რ.ხაფიზოვა.[9;10]

ყველაზე მიმზიდველად ითვლება არა სინთეტიური, არამედ თერმოელასტოპლასტების ნარევი, რომელიც წარმოადგენს თერმოპლასტების პოლიმერულ ნარევს ელასტომერებთან, რადგან თერმოელასტოპლასტების ნარევს აქვს ბიტუმის მოდიფიცირების დიდი პოტენციალი, აქვს თერმოპლასტების ელასტომერებთან ერთი და იგივე გზით შერევის ვარიანტის შესაძლებლობა, რაც მიღებული ბიტუმოპოლიმერული შემკვრელების თვისებების რეგულირების საშუალებას იძლევა. [2;10]

სხვადასხვა ასფალტბეტონებში ჩვეულებრივი ბიტუმის შეცვლა პოლიმერის დანამატიანი ბიტუმით ზრდის მის გამძლეობას. პოლიმერებით მოდიფიცირებული ბიტუმის სასურველი ხარისხის უზრუნველყოფის მიზნით ყველაზე ეფექტურ ხერხს ბიტუმში პოლიმერების უშუალო შეყვანა წარმოადგენს. პოლიმერებით მოდიფიცირებული ბიტუმის კომპონენტების შერჩევაში გათვალისწინებული უნდა იყოს პარამეტრების ხარისხისა და ფასის თანაფარდობა.

საგზაო სექტორის განვითარების, ამ შემკვრელების გამოყენების მიზნით ევროკავშირის ქვეყნებში (2005წელი), რუსეთში (2003წელი) და უკრაინაში (2007წელი) შემუშავებულ იქნა სახელმწიფო სტანდარტები. ბიტუმების 10% მეტი, რომელიც განვითარებული ქვეყნების წარმოებაში გამოიყენება, შეიცავს პოლიმერულ დანამატებს.

გავრცელების მოცულობის მიხედვით გამოყენებადი პოლიმერები წარმოდგენილია შემდეგი რიგითობით: თერმოელასტოპლასტები სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის ტიპი (სბს); თერმოპლასტები ეთილენ-ვინილ-აცეტატის ტიპი; პოლიიზობუტილენი; პოლიპროპილენი; სხვადასხვა ბლოკსოპოლიმერები; პოლიმერული ლატექსები; თერმოპოლიმერები ეთილენგლიციდილაკრილატის ტიპი;

თერმოელასტოპლასტები თავის სტრუქტურითა და შემადგენლობით, სხვა თანაბარი პირობების შემთხვევაში განსხვავდებიან მაღალი ელასტიურობით (დეფორმაციის მაღალი შექცევადი თვისებები დეფორმაციის შეწყვეტის შემდეგ ან დატვირთვის მოხსნის შემდეგ). პოლიმერებით მოდიფიცირებულ ბიტუმში ასეთი პოლიმერების შემადგენლობამ შეიძლება შეადგინოს 3%-დან 10%-მდე. თერმოპლასტები ატარებენ ასეთ თვისებებს, მაგრამ მათთვის დამახასიათებელია დაბალი ელასტიურობა, აგრეთვე დეფორმატიულობა დაბალი ტემპერატურის დროს (მათი მოხმარება პოლიმერებით მოდიფიცირებულ ბიტუმში არის 5%-12%; კაუჩუკის წყლის დისპერსიას წარმოადგენს ლატექსი (შეიცავს დაახლოებით 30% წყალს), ტექნოლოგიურად მათი გამოყენება უფრო მიზანშეწონილია ბიტუმპოლიმერული ემულსიების დასამზადებლად (მათი შემადგენლობა ემულსიებში 3%); ტერპოლიმერები განსხვავდებიან იმით, რომ ისინი შედიან რეაქციაში ბიტუმების კომპონენტებთან (ასფალტოფისოვან ნივთიერებებთან), რაც პოლიმერებით მოდიფიცირებული ბიტუმის თვისებებიდან გამომდინარე მინიმალური დანაკარგის გაწევის საშუალებას იძლევა (დაახლოებით 1,5%-2,2%). ბიტუმის თვისებების სხვადასხვა პოლიმერებით რეგულირების

პრინციპული მექანიზმი ერთნაირია, ის შედგება ბიტუმში მეტწილად პოლიმერთი განვითარებული ბადისგან. მოდიფიცირების შედეგები დამოკიდებულია ყოველ ცალკეულ შემთხვევაზე, მათ რაოდენობრივ თანაფარდობასა და დამზადების ტემპერატურულ რეჟიმზე. [70;72]

საგზაო ბიტუმების მომზადებაში გამოიყენება სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის (სბს) ტიპის ბლოკსოპოლიმერები. მაგალითად გვევლინება პოლიმერების ჯგუფი: ფირმა შელის კრატონ დ1101, კრატონ დ1184, კრატონ დ1186 პოლიმერები; პეტროფინის ფირმის ფინოპრენ 411; ენიკემის ფირმის ევროპრენ სოლ ტ161; რეპსოლის ფირმის კალპრენ 411; რუსეთის, ვორონეჟის წარმოების თერმოელასტოპლასტები ДСТ 30-01, ДСТ 30P-01. თერმოელასტოპლასტები ინარჩუნებენ მაღალელასტიურობას დეფორმაციებისადმი ტემპერატურული რეჟიმის დიდ დიაპაზონზე +80°C-დან -80°C-მდე. თერმოელასტოპლასტების განადგურება ხდება 190°C -210°C. ეს არის პოლიმერების ჯგუფი, რომელიც ერთიანდება მაღალი მდგრადობით - რაც ახასიათებს პლასტმასს, და რაც ელასტიურობით ახასიათებს ელასტომერებს.

სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის ტიპის ბუტადიენის თერმოელასტოპლასტები თავისი სივრცული ბადის სტრუქტურიდან გამომდინარე, ბუტადიენისა და სტიროლის მაკრომოლეკულების ბლოკების ფიზიკური კავშირით, დეფორმაციისადმი მაღალელასტიურობით გამოირჩევა.

სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის ტიპის პოლისტიროლის ბლოკები, რომლებიც წარმოადგენენ თერმოელასტოპლასტების სამბლოკიან მოლეკულებს, განლაგებულნი არიან კიდეებში და აქვთ საკმაოდ მჭიდრო კავშირი მაკრომოლეკულებს შორის - 80°C ტემპერატურის დროს. სივრცითი ბადე, რომელიც წარმოიშვება ბიტუმში ბლოკსოპოლიმერის გახსნით, მაღალი სიმყარის საშუალებას იძლევა, ამიტომ მიღებული შემკვრელი საწყის ბიტუმთან შედარებით, სითბოს მიმართ მეტად რეზისტენტულია.

პოლისტიროლის მინისებრი ბლოკები სამბლოკიან მაკრომოლეკულებში მონაცვლეობენ პოლიბუტადიენის ელასტომერის ბლოკებთან, აქედან, სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის ტიპის ბლოკსოპოლიმერებს აქვთ პლასტმასისათვის დამახასიათებელი მაღალი გამძლეობა და მინისებრ მასაში გადასვლის ძალიან დაბალი ტემპერატურა, რაც ახასიათებს კაუჩუკს. ბოლო მახასიათებელი, როგორც ელასტომერების გამოყენებისას, უზრუნველყოფს შემკვრელის მოთხოვნის შესაბამის ტემპერატურას.

სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის ტიპის ბუტადიენის ბლოკსოპოლიმერები ბიტუმთან კარგად თავსდება, პოლისტიროლი და პოლიბუტადიენი პარაფინო-ნაფტენურ და ნაფტენურ-არომატულ ბიტუმის ნახშირწყალბადებში კარგად იბერება და ნაწილობრივ იხსნება 150°C . ბიტუმში პოლიმერების გახსნის გასაუმჯობესებლად იყენებენ პლასტიფიკატორებს: ინდუსტრიულ ზეთებს მარკით II-20A, II30-A, II-40A, II-50A და ნავთობის გუდრონებს. პლასტიფიკატორების გამოყენება შესაძლებლობას იძლევა საგრძნობლად გააუმჯობესოს პოლიმერის გახსნა ბიტუმში, მხოლოდ უმნიშვნელოდ აქვეითებს მიღებული შემკვრელის ადჰესიურ თვისებებს საწყის ბიტუმთან შედარებით.

ბიტუმისათვის სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის ტიპის პოლიმერების დამატება ავითარებს ახალ თვისებას - ელასტიურობას, შემკვრელის თვისებას იყოს შექცევადი ელასტიური დეფორმაციების პროცესების მიმართ.

ოპტიმალური სტრუქტურის მქონე შემკვრელის მისაღებად და მისი ხარისხობრივი მახასიათებლების უზრუნველსაყოფად გამოიყენება ელასტიურობის მაჩვენებელი, რომელსაც 25°C და 0°C ტემპერატურის დროს დუქტილომეტრის საშუალებით ადგენენ. შემკვრელის 25°C ელასტიურობა მეტყველებს მასში პოლიმერის სტრუქტურული ბადის არსებობაზე, შესაბამისად, ბიტუმ-პოლიმერის შემკვრელის დეფორმაციულობისადმი მდგრადობის გაზრდის მიზნით აუცილებელია

ამ ბადის შრომისუნარიანობის გაზრდა დაბალი ტემპერატურული რეჟიმის დროს. [11;12;13]

ასფალტბეტონის საფარის მაღალი ხარისხის მისაღწევად ბიტუმი უნდა იყოს მაღალი ელასტიურობის, შეკრული ენერგიის მაღალი მაჩვენებლისა და მინერალურ კომპონენტებთან კარგი გადაბმის უნარის მქონე.

ლიტერატურული წყაროებიდან ცნობილია, რომ ელასტიურობის გამოყენება აუმჯობესებს პოლიმერბიტუმის შემკვრელის თვისებებს: აფართოებს პლასტიურობის ინტერვალს, ამცირებს სიმყიფის ტემპერატურას და ზრდის დარბილების ტემპერატურას, ანვითარებს ასფალტბეტონის სიმტკიცის მახასიათებლებს და იცავს მას ბზარების გაჩენისაგან. გარდა ამისა, ნაშრომებიდან ჩანს, რომ საწყის ბიტუმთან შედარებით იზრდება პოლიმერბიტუმის შემკვრელის წებოვნების თვისება. [14;15;16;17;18]

შედეგად, მეცნიერული და საწარმოო გამოცდილება ცხადყოფს ბიტუმით მოდიფიცირებული ასფალტბეტონის საფარის უპირატესობას ჩვეულებრივი ასფალტბეტონის საფართან, როგორცაა: მდგრადობა (ტემპერატურული რეჟიმის ცვალებადობისას, ბზარების გაჩენის წინააღმდეგ, წყლიან და ნესტიან გარემოში და ხანგრძლივი სიცოცხლისუნარიანობა.

ამავდროულად, ამ უპირატესობის მისაღწევად მივდივართ ტექნოლოგიური პროცესების გართულებისაკენ და პოლიმერების ღირებულებიდან გამომდინარე შემკვრელის გამძვირებისაკენ. ასევე, ტრადიციული ბიტუმებისა და ასფალტბეტონის წარმოებასთან მიმართებაში, 15°C - 25°C-ზე ზევით ტექნოლოგიური პროცესების კვლევები იწვევს დამატებითი ენერგო რესურსების ხარჯვას. ეს დანახარჯი შეიძლება კომპენსირდეს ასფალტპოლიმერბეტონის საფარის კაპიტალური რემონტისა და სარემონტო სამუშაოების მაშტაბების შემცირების ხარჯზე. [19;20;21]

ფართოდ გამოიყენება მუქი ფერის ბუტადიენის კაუჩუკის, გრანულების ფორმის რეზინის თერმოელასტოპლასტი, რომელიც კალციუმის კარბონატით (6% – 10%) და გოგირდით (3% – 6%) არის გაჯერებული. [22]

ასფალტის შემკვრელში ბუტადიენ კაუჩუკის დამატება ზრდის მის მდგრადობას სითბოსა და კუმშვადობის მიმართ 0°C და ხელს უშლის ბზარების გაჩენას დაბალი ტემპერატურული რეჟიმის დროს. [23]

2. ელასტომერები. დამტკიცებულია, რომ ელასტიურობა და ადჰეზიურ-კოჰეზიურ ურთიერთქმედება დადებით ზეგავლენას ახდენს ბიტუმის დივინილსტიროლური და ბუტადიენ-აკრილონიტრილურ ელასტომერებზე, მათი სხვადასხვა მეთოდით შემკვრელში შეყვანისას. [4]

ელასტომერებს მიეკუთვნება კაუჩუკი და კაუჩუკომაგვარი პოლიმერები. ბიტუმში კაუჩუკის შეყვანა შეიძლება რამდენიმე მეთოდით: უშუალო ლღვობით ან პლასტიფიკატორის შერჩევით. კაუჩუკი, ტემპერატურის ფართო დიაპაზონის რეჟიმში, კომპოზიციაში ბიტუმს მისთვის დამახასიათებელ ელასტიურობას მატებს. ახალი რეოლოგიური მდგომარეობის გამოჩენა უზრუნველყოფს კომპოზიციის დეფორმაციულ შესაძლებლობას დაბალი ტემპერატურისას, მიუხედავად ბიტუმის პლასტიური თვისებების ნაკლებობისა. სინთეტური კაუჩუკის სხვადასხვა ნახშირწყალბადოვანი მონომერების პოლიმერიზაციის ჯაჭვურ პროდუქტს წარმოადგენს: იზოპრენი, დივინილი (ბუტადიენი) და სხვა. ელასტომერები გაჭიმვისას, სხვა პოლიმერებისგან განსხვავებით, საწყის სიგრძესთან შედარებით, 10-ჯერ მეტად გრძელდებიან. ელასტიური დეფორმაციის უნარი აიხსნება მათი მაკრომოლეკულების სპირალისებრი წყობით, ერთმანეთში სუსტი ურთიერთქმედებით და ძლიერ მოლეკულათაშორისი კავშირებით. [24;25]

ელასტომერებიდან ბიტუმების მოდიფიკაციისთვის, ყველაზე შესაფერისი ზოგადი დანიშნულების სინთეტური კაუჩიკებია. წარმოება ვორონეჟში, ნიუნეკამსკში, სტერლიტიმანსკში და სხვა. კაუჩუკებს უშვებენ

ბრიკეტირებული მაგარი ელასტიური პროდუქტის სახით, რაც წარმოადგენს კაუჩუკის ვულკანიზაციის შედეგად რეზინის მიღების საფუძველს (მაკრომოლეკულების ჯვარედინი კავშირი). აქვთ დიდი მოლეკულური მასა 150ათას მილიონამდე, საშუალო სიმკვრივით 0.9-0.95გ/სმ³, მსხვრევადობის ტემპერატურა არა უმეტეს 50°C.

ზოგადი დანიშნულების სინთეტიკური კაუჩუკები თავისი სპეციფიური აგებულებით მოიცავენ ელასტიურობის ფართო ინტერვალს +190°C -დან +210°C-მდე (თერმოდესტრუქციის დაწყების ტემპერატურა), -70°C-დან - -150°C -მდე მსხვრევადობის ტემპერატურა, რაც იწვევს ბიტუმის პლასტიურობის გაზრდის ინტერვალს კაუჩუკის შეყვანისას 50°C-65°C-დან 80°C-90°C-მდე. კაუჩუკების მაღალი ელასტიურობა უარყოფითი ტემპერატურებისას დიდ დიაპაზონში წარმოადგენს განსაკუთრებულ ინტერესს, დაბალი ტემპერატურის დროს დეფორმაციულობის გაზრდის კუთხით. [25;26]

სინთეტიკური კაუჩუკების ზოგადი დანიშნულების დადებითი გავლენა ბიტუმების თვისებებზე აიხსნება იმით, რომ კაუჩუკებს აქვთ დიდი უნარი ელასტიური დეფორმაციების მიმართ. გარე ძალების ზემოქმედების დროს კაუჩუკების უდიდესი მაკრომოლეკულები ფართოვდებიან, ხოლო ძალის მოხსნის შემდეგ უბრუნდებიან საწყის კონფიგურაციას. ნავთობის ბიტუმში სინთეტიკური კაუჩუკის შეყვანა ხელს უწყობს მისი სითბოს მიმართ მგრძობელობის დაქვეითებას, სიბლანტის გაზრდას, მაღალი ტემპერატურის დროს პრაქტიკულად სტრუქტურის რღვევის გარეშე და შემცირებით დაბალ ტემპერატურაზე. ასფალტბეტონის შემადგენლობაში კაუჩუკის არსებობა ზრდის მის დეფორმაციულ შესაძლებლობებს დაბალი ტემპერატურის დროს და დეფორმაციულ მდგრადობას მაღალი ტემპერატურის დროს. ეს ყველაფერი ხელს უწყობს ასფალტბეტონის საფარის აღდგენას.

კაუჩუკის ტიპის შერჩევა მოდიფიცირებული ბიტუმის მოსამზადებლად განისაზღვრება ტექნოლოგიური მოთხოვნებით

შემკვრელის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მიმართ, რადგან კაუჩუკის ზემოთ ჩამოთვლილ ტიპებს აქვს თავისი სპეციფიკა, მთელ ბიტუმურპოლიმერულ სისტემას მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელ ხარისხს გადასცემს. სინთეტიკური კაუჩუკები მაკრომოლეკულების დიდი ზომის გამო წყალში ცუდად იხსნებიან, მაგრამ კარგად იჟდინთებიან ორგანულ გამხსნელებში. ელასტომერების საფუძველზე დამზადებული, ფართოდ გამოყენებადი მოდიფიკატორების მაგალითად გვევლინება კაუჩუკის ნარევი ნავთსა და ფიქალის ზეთში. აღნიშნულ მოდიფიკატორში, გაჟღენთვის და მოლეკულათაშორის კავშირის წყვეტით, ნავთი წარმოადგენს გამხსნელს. ფიქალის ზეთი კი გამოიყენება, ელასტომერების შემდგომი თერმომექანიკური დესტრუქციის შედეგად კაუჩუკის ნარევის საჭირო კონცენტრაციის მისაღებად. ბიტუმის ცალკეული თვისებების გაუმჯობესების მიზნით, ასევე გამოიყენება კაუჩუკის მაგვარი პოლიმერები, მაგალითად პოლიიზობუტილენი. [25;27;28]

3. თერმოელასტოპლასტები. თერმოპლასტიურ პოლიმერებს მიეკუთვნება ისეთი პოლიმერები, რომელიც გათბობისას მრავალჯერადად რბილდებიან და იტოვებენ სიმტკიცეს გაცივებისას, რაც ძირითადად გამოიხატება მათი მოლეკულების სწორხაზოვანი განლაგებით. თერმოპლასტები არა მარტო იჟდინთებიან, არამედ ისინი კარგად ორთქლდებიან და შემდგომ გამხსნელის აორთქლებისას, კვლავ უბრუნდებიან მკვრივ მდგომარეობას. თერმოპლასტები ფართოდ გამოიყენება ლაქის, წებოსა და მასტიკის წარმოებაში.

თერმოპლასტებს წარმოადგენენ პოლიპროპილენი, პოლიეთილენი, პოლისტიროლი, პოლივინილქლორიდი, პოლივინილაცეტატი. აღნიშნული პოლიმერები, ნავთობის ბიტუმის თვისებებზე კომპლექსურ ზემოქმედებას არ ახდენენ. თერმოპლასტების ხარვეზს წარმოადგენს დაბალი თერმოგამძლეობა. ამ ჯგუფის ზოგიერთი პოლიმერი, მაგალითად პოლისტიროლი გამოირჩევა მდგრადობით

(პოლისტიროლის მდგრადობა გაჭიმვისას აღემატება 20მპა-ს), რაც უზრუნველყოფს შემკვრელის მაღალ თბომდგრადობას, მაგრამ ამავედროულად არ აუმჯობესებს მის დეფორმაციულ თვისებებს. ეს კი არ გამორიცხავს მის გამოყენებას პოლიმერების კომპლექსურ კომპოზიციებში, ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესებისათვის. ამ ჯგუფის ზოგიერთი პოლიმერი, მაგალითად პოლიეთილენი, მზის სინათლის ზემოქმედების შედეგად მიდრეკილია დაბერებისკენ. ამდენად, პოლიმერთერმოპლასტების ფართო გამოყენების შესაძლებლობების უარყოფა არ შეიძლება სხვადასხვა დანიშნულების ბიტუმური კომპოზიციების მისაღებად.[10;27;29]

4. რეაქტოპლასტები. რეაქტოპლასტების მაგალითს მიეკუთვნება ეპოქსიდური, კარბოიდური, პოლიეთერული და სხვა სინთეტიური ფისები, მითიებული პოლიმერები სივრცითი სტრუქტურების წარმოშობაში საჭიროებენ გამამყარებელს და რეაქციის შემდეგ ხდებიან საკმაოდ მდგრადები (100-150მპა), მაგრამ არა საკმარისი დეფორმაციული მასალებით, რაც ზღუდავს მათ მოხმარებას საგზაო საფარის კონსტრუქციებში. ბიტუმის უფრო ეფექტური გამოყენება, მოდიფიცირებული დანამატების სახით, ეპოქსიდისა და თერმორეაქტიული ფისების შემცველი, დეფორმაციული მახასიათებლების პოლიმერ კომპოზიციები წარმოადგენს. [27;30]

მოდიფიცირებული სინთეტიური ფისების საფუძველზე მიღებულ კომპოზიციურ მასალებს აქვთ უფრო მაღალი ფიზიკო-მექანიკური თვისებები და კოროზიული მდგრადობა, ვიდრე ბიტუმომინერალურ მასალებს. თუმცა, მაღალი ღირებულების გამო, ჯერჯერობით მათ იყენებენ მხოლოდ მაღალი დატვირთვისა და ქიმიური მდგრადობის მქონე იატაკების მოწყობილობების, სამშენებლო წებოების, სამშენებლო კონსტრუქციების ანტიკოროზიის საშუალებების დასამზადებლად. ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესებასა და მისი ექსპლუატაციის ტემპერატურული დიაპაზონის გაფართოებასთან ერთად, ასევე დიდი

ყურადღება ეთმობა ბიტუმის შემკვრელისა და მინერალური მასალების შეკავშირების მდგრადობის პრობლემას. ქვიან ზედაპირზე, ბიტუმის დაღბობისა და მიკვრის (ადჰეზიის) უნარის გაზრდის მიზნით სხვადასხვა ქვეყნებში, შეთავაზებული და გამოყენებული იყო ანიონ და კატიონ ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები.

ბიტუმის მოდიფიკაციისას, საერთო გამოყენების პოლიმერისა და ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევის დროს, შეიძლება მისაღები ბიტუმპოლიმერული შემკვრელის წყლის თვისებების რეგულირება. ყოველი პოლიმერის დასაშვები მინიმალური რაოდენობის, წყლის შეღწევადობის მინიმუმამდე დაყვანით, თერმომდგრადობით და შემკვრელის ბზარმედეგობით, ბიტუმში 0.7%-იანი ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების შეყვანისას 99%-100% გადაბმა უზრუნველყოფილია. [31;32;33;34]

მე-20 საუკუნის შუაში, საფრანგეთში, თხიერი დაღვობადი ბიტუმების მოდიფიკაციაში ფართოდ გამოიყენებოდა დიამინები და პოლიამინები. ინგლისსა და შვედეთში იყენებენ პალმიცინის, ზეთოვანი და სტეარინის მჟავის კატიონაქტიურ ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს. აშშ-სა და კანადაში იყენებენ ამინისა და ამონიუმის მარილის ტიპის დანამატებს. საბჭოთა კავშირში 1959-1970 წ.წ.პერიოდში დაგებულია 15000 კმ. გზა როგორც ანიონური, ისე კატიონური ტიპის დანამატების გამოყენებით.

ბოლო ოცი წლის მანძილზე ფართოდ იყო გავრცელებული არაიონოგენური ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების გამოყენება, რომელიც მეტად მგრძნობიარე არიან ტუტე და მჟავე მინერალური ნივთიერებების მიმართ. დღევანდელ დღეს რუსეთში ბიტუმის ადჰეზიური (გადაბმის) თვისებების გასაუმჯობესებლად იყენებენ ანიონაქტიურ ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებს; დაჟანგულ პეტროლატიუმს, სინთეტიურ ცხიმოვან მჟავეებს, სინთეტიური ცხიმოვანი მჟავეების კუბურნარჩენებს, უმაღლესი კარბონული მჟავეების

რკინაშემცველ მარილებს და სხვა. აგრეთვე, გამოიყენება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების კათიონები (ოქტადეცილამინები, ამინები, დიამინები). არაიონოგენური ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებიდან მეტად ეფექტურია კამიდი, პოლიოქსიეთილენური ალკიფენოლები. ფართო გამოყენება ჰპოვა მრავალფუნქციური ასფალტის ცემენტის (Multigrade Asphalt Cement) MAC-ბიტუმმა - ახალი მასალა რუსეთის გზებმშენებლებისთვის. ის მიიღება ბიტუმში პოლიმერების შემცველი რთული კომპოზიციის MAC ფხვნილის მეშვეობით. MAC ფხვნილი ქვიშის ფრაქციის, ყავისფერი ფერისაა, ნაღდი სიმკვრივით 1.11 და ნაყარის სიმჭიდროვით $\sim 0,6$ გ/სმ³, აქვს შესამჩნევი ჰიგროსკოპიულობა და ფიქსაციის უნარი. ბიტუმი, რომელიც მოდიფიცირებულია MAC ფხვნილით, აქვს მაღალი სიბლანტე და ლღვობის ტემპერატურა 90°C-მდე. ასეთი თვისებების მქონე შემკვრელი საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას ღორღ-მასტიკა ნარევი, ცელულოზური დანამატების შერევის გარეშე. MAC-ბიტუმი გაჟღენთილი დიზელის საწვავით, ცივ ასფალტბეტონის ნარევს ხდის უფრო სტაბილურს და ადვილად დასაწყობს. ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესების პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთი ვერსიას, ბიტუმში პარაფინის, FT-პარაფინების (სტრუქტურირებული დანამატები), შეყვანა. მათი დანიშნულებაა, ზომიერი ესქლუატაციის ფარგლებში, ბიტუმების მექანიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება და შემკვრელის სიბლანტის დაწევა მაღალტექნოლოგიური ტემპერატურის დროს. ასეთი დანამატები მოწოდებულია სპეციალიზირებული სინთეზირებული პარაფინის ნახშირწყალბადების სახით, რომელთა ლღვობის ტემპერატურა არის 100 °C – 140°C ფარგლებში. ამ ტემპერატურის ზემოთ ისინი გადიან ნაკლებადბლანტ სითხეებში (სიბლანტე დაახლოებით 10მპა 150°C პირობებში), რომლებიც ათხელებენ მიღებულ ბიტუმს მაღალი ტექნოლოგიური ტემპერატურის დროს. ტემპერატურის დაწევისას მათი სიბლანტე იზრდება, ისინი კრისტალდებიან და ასრულებენ ბიტუმის წვრილდისპერსიული ამვსების როლს, ან ქმნიან საკუთარ სტრუქტურულ

ბადეს. ერთიც და მეორეც ზრდის ბიტუმის სიბლანტეს.
[35;36;37;38;39;40;41;42]

საგზაო საფარის ნავთობიანი ბიტუმების ექსპლუატაციის პირობები, მრავალი გამოკვლევა, საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბდეს შემდეგი მოთხოვნები მაღალმოლეკულური ნაერთების მიმართ, რომელიც მიზანშეწონილია ბიტუმის მოდიფიკაციისთვის:[27]

- პოლიმერი, ნავთობიანი ბიტუმის დისპერსიულ გარემოში, უნდა გაიხსნას ჩქარა და მთლიანად, მოლეკულის დონემდე;
- პოლიმერის მაკრომოლეკულები მიდრეკილი უნდა იყვნენ გაერთიანებისკენ და განსაზღვრული შემადგენლობის ბიტუმში შექმნან სივრცითი სტრუქტურირებული ბადე;
- პოლიმერმა ბიტუმში უნდა შექმნას ისეთი სტრუქტურირებული ბადე, რომელიც დესტრუქციისადმი მდგრადი იქნება ტექნოლოგიური ზემოქმედების პროცესში, ასფალტბეტონური ნარევის მომზადებისას და ასფალტბეტონის საფარის შემდგომი ექსპლუატაციისას;
- ბიტუმის მოდიფიკაციის ხერხი, რომელიც განსაზღვრავს პოლიმერის კონკრეტული კლასის ინდივიდუალურ თავისებურებებს, უნდა პასუხობდეს ტექნიკო-ეკონომიური ეფექტიანობის ყველა კრიტერიუმს.

მოცემული საკითხის გადაწყვეტის მიზნით, კონკრეტული მოდიფიკატორის ფართო გამოყენებისათვის, მიზანშეწონილად მიიჩნევა მოდიფიცირებული ბიტუმის ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტიანობის შემდეგი კრიტერიუმების შეფასება:

1. ტექნიკური ეფექტიანობის განსაზღვრა ხდება კონკრეტული მოდიფიკატორის მიერ ბიტუმის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესების ხარისხის დონის შესაბამისად;
2. ტექნოლოგიური ეფექტიანობა განისაზღვრება მოდიფიცირებული ბიტუმის მიღების ხერხისა და საწარმოს

რეალური ტექნიკური შესაძლებლობების თავსებადობით. აუცილებელია გამოყენებულ იქნას მაღალტექნოლოგიური აღჭურვილობა;

3. ეკონომიკური ეფექტიანობა განისაზღვრება მოდიფიცირებული ბიტუმის ღირებულებით, თუ რამდენად ამართლებს ის მისი ფიზიკო-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესებას და ასფალტბეტონის საფარის ხანგრძლივ მედეგობას. ბიტუმის და ასფალტბეტონის ნარევის ხარისხის გაუმჯობესება, რომელიც კავშირშია მიღებული შემკვრელის უმნიშვნელოდ გაძვირებასთან, შეიძლება მნიშვნელოვნად შეზღუდოს მოდიფიცირებული ბიტუმის ესა თუ ის მიღების ხერხი;
4. ეკოლოგიურად უსაფრთხო მოდიფიკაციის მეთოდი განისაზღვრება გამოყენებული მასალის ტექნოლოგიური პროცესის საფრთხის დონისა და გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე შესაძლო უარყოფითი შედეგის აღმოფხვრის შესაბამისად.

მოდიფიცირებული ბიტუმისა და ასფალტბეტონის ნარევის საფუძველზე წარმოებაში, ატმოსფეროში სხვადასხვა აირისებრი დამაბინძურებლების გადმოსროლა ხდება, რომელიც საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას. საწყისი ბლანტი ნავთობიანი ბიტუმები წარმოადგენენ საწვავ ნივთიერებებს აალების მინიმალური ტემპერატურით არანაკლებ 220°C . ნახშირწყალბადების ორთქლის სასაზღვრო დასაშვები კონცენტრაცია, რომელიც შედის ბიტუმის შემადგენლობაში ჰაერის სამუშაო ზონაში, შეადგენს 300მგ/მ^3 -ს. ბიტუმები ზემოქმედების ხარისხის მიხედვით ადამიანის ორგანიზმზე წარმოადგენენ ნაკლებად საშიშ ნივთიერებებს, მიეკუთვნებიან საშიშროების მე-4 კლასს. საწარმოს ტექნოლოგიური პროცესის ეკოლოგიურად უარყოფითი ზეგავლენის ხარისხი განისაზღვრება

მოდულიზირებული შემკვრელის გამოყენებული კომპონენტების, გამხსნელებისა და პლასტიფიკატორების შესაბამისად.

მოდულიზირებული დანამატების კლასიფიკაცია ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით მოწოდებულია ა.ბ. სოლომონცევის მიერ. ბიტუმში ბენზინის გამათხელებელი დანამატების, ლიგროინის, ნავთის, დიზელური საწვავის შეყვანა 2%-50% რაოდენობით იწვევს სიბლანტის დაწევას. ბიტუმში პლასტიფიცირებული დანამატების ანტრაცენის ზეთის, ინდუსტრიული ზეთის, გუდრონის 2%-40% რაოდენობით შეყვანა იწვევს მსხვრევადობის დაწევას. ასევე, უზრუნველყოფს ბიტუმისა და მისი ნივთიერებების პლასტიურობის გაუმჯობესებას. სტრუქტურირებული პლასტიფიცირებული დანამატების ДСТ-30, ფინაპრენი, კრატონის შეყვანა ხარჯვით 1,5% – 3% ინდუსტრიულ ზეთთან ერთად 0,5% – 1,5%, ასევე, დანაწევრებული რეზინის დანამატები 5% - 6% რაოდენობით ზრდის სიბლანტეს, ამცირებს მსხვრევადობას, აუმჯობესებს პლასტიურობას. [30]

ადჰეზიური კატიონაქტიური და სტრუქტურულ-ადჰეზიური მამოდიფიცირებელი დანამატების Техпрогресс-Т, МорЛайф 3300, ПэйвБондЛайт, АСД-БР/П, ПМД-П/БР შეყვანა ბიტუმში 0,3% - 2% რაოდენობით აუმჯობესებს მის შეკავშირებას ლორღთან. არმირებული ეფექტის შესაბამისად სტრუქტურიზებული აზბესტის, პოლიმერის, ცელულოზის ბოჭკოების ბიტუმში შეყვანა 5%-10% რაოდენობით ზრდის სიბლანტეს, მდგრადს ხდის სტრუქტურას. ბიტუმის შემადგენლობაში ყინულსაწინააღმდეგო ეფექტის სტრუქტურირებული დანამატები, მასალის ექსპლუატაციის პროცესში, საფუძველს იძლევა თავიდან ავიცილოთ ყინულის წარმოშობა მათ ზედაპირზე. ბიტუმში კირისა და ცემენტის გამოყენება, როგორც აქტივატორ- დამჟანგველის, 5%-10% რაოდენობით, აუმჯობესებს ბიტუმის ლორღთან შეკვრის ფუნქციას, ბიტუმის სტრუქტურაში კრისტალური უბნების წარმოშობას. ემულგატორები Амдор-ЭМ, Белэм-Б ფირმა СЕКА-ს დანამატი აზოტშემცვლელი კატიონაქტიური ზედაპირულად აქტიური

ნივთიერებები უზრუნველყოფენ ბიტუმის ემულგირების პროცესს. მაშასადამე, მიმდინარე პერიოდში, ბიტუმებისთვის, არსებობს მოდიფიცირებული დანამატების საკმაოდ დიდი რაოდენობა, რომელიც იძლევა საშუალებას გაზარდოს მისი ტექნოლოგიური და ექსპლუატაციური თვისებები.

2. შედეგები და მათი განსჯა

2.1. მოდიფიცირებული ბიტუმ-პოლიმერის შემკვრელის

შემცველობის ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკო-ქიმიური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებების შესწავლა

მიმდინარე პერიოდში, დეფორმაციისადმი მდგრადი ბიტუმის მასალების მიმართ მოთხოვნა საკმაოდ იზრდება, რაც უკავშირდება სატრანსპორტო საშუალებების მატებასა და ტვირთამწეობის ზრდას. ბიტუმის ფანტვადი შემცველობის შეცვლით, ზედაპირულად აქტიური დანამატებითა და ტექნოლოგიური პროცესის ვარირებით და ნავთობის გუდრონის დაჟანგვით, შესაძლებელია მივიღოთ შემკვრელი მასალა, რომელიც მდგრადი იქნება დეფორმაციებისა და დატვირთვისადმი. გამოსავალის პოვნის ერთ-ერთი გზა არის პოლიმერების საშუალებით ბიტუმის მეორე ფაზაში გადაყვანა. პოლიმერული ნივთიერებები, რომელიც მკვრივია და ელასტიური, ბიტუმის მატრიცაში შეუქცევადი დეფორმაციის განვითარებას უშლის ხელს და ზრდის მის მექანიკურ სიმტკიცეს. [46;47]

ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციას მრავალწლოვანი ისტორია აქვს, რაც ნატურალური/ზუნებრივი კაუჩუკის გამოყენებით დაიწყო. ქიმიის განვითარებამ საგრძნობლად გააფართოვა პოლიმერების მოდიფიცირების სპექტრი, რაც პირველ რიგში დაკავშირებულია პოლიმერების უტილიზაციისა და შუალედური პროდუქტების სინტეზით. მიუხედავად ამისა, ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის გამოყენება დიდხანს არ ხდებოდა, მისი მაღალი ფასიდან გამომდინარე. მხოლოდ ბოლო ათწლეულის განმავლობაში, როდესაც საგრძნობლად შემცირდა ვადა

ასფალტბეტონის საფარის სარემონტო სამუშაოებს შორის, საგზაო მშენებლობაში დაიწყეს ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის გამოყენება. ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის მიღებისას აუცილებელია გვახსოვდეს თუ როგორ იცვლება ბიტუმში შემავალი კომპოზიციის თვისებები მათი რაოდენობისა და პოლიმერული ნივთიერების ტიპების მიხედვით. ნავთობპროდუქტებთან შედარებით პოლიმერებს საკმაოდ დიდი მოლეკულური მასა აქვთ, ზუსტად ამიტომ წარმოადგენენ უფრო ეფექტურ შემასქელებლებს. ბიტუმში მცირეოდენი პოლიმერების დამატებისასაც კი იცვლება მისი ხარისხობრივი მაჩვენებლები - იზრდება დარბილების ტემპერატურა და მცირდება შეღწევადობა. ლიტერატურული მონაცემების ანალიზი გვაჩვენებს, რომ ერთ პროცენტ პოლიმერის დანამატზე ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის დარბილების ტემპერატურა იზრდება საშუალოდ 2°C გრადუსით. ამასთან, კონცენტრაციიდან გამომდინარე, ერთი გვარეობის პოლიმერები ყოველთვის ახდენდნენ ზეგავლენას ბიტუმის კონსისტენციაზე. [47;48;49]

ბიტუმში ძნელად ხსნადი და ფანტვადი პოლიმერების, როგორცაა პოლიეთილენი, ტემპერატურის ცვალებადობისას, დარბილებას იწვევს შერევადობის ხარისხი. ძნელად ხსნად თერმოპლასტის ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის დარბილების ტემპერატურის ზედა ზღვარი ფასდება თავად პოლიმერის დნობის ინტერვალით. პრაქტიკული გამოყენებისათვის ჩავატარეთ ცდები კონსისტენციის შერევადობის თითოეული რეცეპტისათვის.

გამოვლინდა, რომ შეღწევადობის მრუდს პოლიმერის შემცველობიდან გამომდინარე, კომპოზიციაში ყოველთვის მეტად გლუვი მიმდინარეობა აქვს, ვიდრე დარბილების ტემპერატურის მრუდს, ესე იგი, კომპოზიციის ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის სიბლანტის ზრდა აღემატება დარბილების ტემპერატურის ზრდას. ბიტუმში კომპოზიციის შეღწევადობა დამოკიდებულია პოლიმერის სახეობაზე. პოლიმერებს,

რომელსაც შემადგენლობაში „დატოტვილი ჯაჭვი“ აქვს, ახდენს შუალედურ გავლენას.

არაკრისტალურ მრავალკომპონენტთან ნარევის, როგორცაა ბიტუმი, შესწევს უნარი გაუძლოს ტემპერატურის ფართო გარდამავალ რეჟიმებს ამორფული გადაციებული დნობის მდგომარეობიდან თხევად მდგომარეობამდე. პრაქტიკული გამოყენებისათვის შუალედური ზღვრები დგინდება დარბილებისა და გამყარების /გაჯირჯვების ტემპერატურით. საგზაო მშენებლობაში გამოსაყენებელი ბიტუმი უნდა უძლებდეს ზაფხულისა და ზამთრის ტემპერატურული რეჟიმის ცვალებადობას, იყოს მაქსიმალურად ელასტიური. ანალიზი გვაჩვენებს, რომ ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციას პოლიმერული დანამატებით მეტად გაზრდილი ელასტიურობის ინტერვალი აქვს. ბუნებრივი და სინთეტიკური კაუჩუკით ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციას აღენიშნება ელასტიურობის ინტერვალის ზრდა მსხვრევადობის ტემპერატურის კლებასთან ერთად. [19;50;51;52;53]

სინთეტიკური პოლიმერებიდან, რომლებიც ატარებენ ანალოგიურ მოქმედებებს, მათ შორის მეტად გამოირჩევიან ნახშირბადის ატომთან ორმაგი კავშირების მქონე პოლიმერები, ასევე ბუტადიენ-სტიროლის სოპოლიმერები. ბიტუმში ზოგიერთი პოლიეთილენისა და პოლივინილქლორიდს შეყვანა ამცირებს პლასტიურობის ინტერვალს, კომპოზიციის მსხვრევადობის ტემპერატურის მომატების ხარჯზე. [53;54]

პლასტიურობის ინტერვალის საზღვრებში ბიტუმები იჩენენ თავისებურებას გაიწელონ ძაფებევით, საწყის ბიტუმთან შედარებით ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის დუქტილობა 4°C -ს აღემატება. ბიტუმის წელვადობა ძლიერ მატულობს პოლიქლოროპრენის, ბუტადიენ-სტიროლის სოპოლიმერისდამატებით. ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის წელვადობა საგრძნობ ზემოქმედებას ახდენს პოლიმერის კომპოზიციაში დისპერგირების (დაშლა-დაფანტვის) ხარისხზე. [55]

პოლიმერულ მასალებს აქვთ მაღალი მექანიკური თვისებები, ამიტომ მათი შეყვანა ბიტუმში იწვევს ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის დარტყმითი სიბლანტის ზრდას. გამოკვლევა, რომელიც დამოკიდებული არის გაწელვა-შეკუმშვაზე, უჩვენებს ბიტუმის გადინების მრუდის ცვლილებებს პოლიმერის შემადგენლობის მომატებით. სუფთა ბიტუმის გამოსაკვლევი სხეული ხანმოკლე დეფორმაციის შემდეგ იგლიჯება. პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმი იწელება და უკვე გაწელილ მდგომარეობაში წარმოიქმნება გლუვი უბნები. აგრეთვე, დამაბვის მეორადი მაქსიმუმი, რაც მეტყველებს ბიტუმის მატრიცაში პოლიმერის სივრცითი სტრუქტურის ჩანერგვას, რომელიც იცავს ბიტუმს გაგლეჯისაგან. როგორც სხვადასხვა პოლიმერებს აქვთ განსხვავებული მექანიკური მახასიათებლები, ასევე კომპოზიციის სიმტკიცეც დამოკიდებულია პოლიმერის ტიპზე. [55;56]

თანამედროვე შეხედულებების თანახმად, ბიტუმი წარმოადგენს რთულ კოლოიდო-დისპერსიულ სისტემას. ამასთან დაკავშირებით თვლიან, რომ პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმი წარმოადგენს კოლოიდს კოლოიდში. [57;58]

ბიტუმ-პოლიმერის ნაერთებში ორივე დისპერსიული ფაზა, ანუ ასფალტფისოვანი ნივთიერებები და დამატებული მაღალმოლეკულური პოლიმერები უწევენ ერთმანეთს კონკურენციას დისპერსიული გარემოს კუთხით. დისპერსიული ფაზისა და დისპერსიული გარემოს ქიმიური კომპონენტების სტრუქტურის თანაფარდობით, რაც ქმნის პოლიმერის კრიტიკულ კონცენტრაციას, წარმოიქმნება სივრცითი სტრუქტურა, რომელიც წარმოადგენს ასფალტენებისა და გაჯერებული პოლიმერის ბადეს. ეს სტრუქტურა წარმოადგენს პოლიმერის სივრცით ბადეს ასფალტენების კოაგულაციური კარკასის შიგნით ან სივრცით ბადეს ასფალტენებისა და პოლიმერებისაგან. ამ პოლიმერულ სტრუქტურებს გადააქვთ თავისი მექანიკო-რეოლოგიური თვისებები საწყის ბიტუმზე.

თუმცა, თუ ბიტუმში არსებობს ასფალტენების კოაგულაციური კარკასი, პოლიმერული მოდიფიკატორის შეყვანა არაეფექტურია.

ასფალტენების კარკასი მოქმედებს პოლიმერის ბადეზე, როგორც დამატებითი შემკვრელი და ხელს უშლის ელასტიური დეფორმაციების განვითარებას. კომპოზიციური მასალის თვისებები დამოკიდებულია დისპერსიული ფაზის ნაწილაკების ზომასა და რაოდენობაზე. ვინაიდან, სხვადასხვა პოლიმერებს აქვთ განსხვავებული ხსნადობა ნავთობის ნახშირწყალბადებში, ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციაზე არსებით ზეგავლენას ახდენს ბიტუმის ქიმიური შემადგენლობა. ნაჩვენებია, რომ ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის ლღვობისა და სიხისტის ტემპერატურა, არომატიულობიდან გამომდინარე (ა) და ბიტუმის საშუალო მოლური მასა (მ) გადის მაქსიმუმზე.[58]

ორივე მხრიდან შეიმჩნევა სუსტი განსხვავება, არამოდიფიცირებულ ბიტუმთან. ნარევის დისპერსიულობის ანალიზის შედეგად, ნაჩვენები იყო, რომ ა/მ მცირე ჩვენებისას ადგილი აქვს პოლიმერის მსხვილ დისპერსიულ განაწილებას, რომელიც მიდრეკილია განშრევებისკენ და შედეგად ბიტუმის მატრიცაში პოლიმერი არ წარმოქმნის სივრცით სტრუქტურას. ა/მ დიდი მაჩვენებლებისას აღმოჩენილია პოლიმერის მოლეკულურდისპერსიული ხსნადობა, რომელიც ასევე თითქმის არ ახდენს ზეგავლენას ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის მახასიათებლებზე. ბიტუმში პოლიმერის შეყვანისას მოდიფიკაციის მაქსიმალური ეფექტი შეიმჩნევა მხოლოდ კომპოზიციების არომატიულობისა და მოლური მასის თანაფარდობის ბალანსირების დროს.

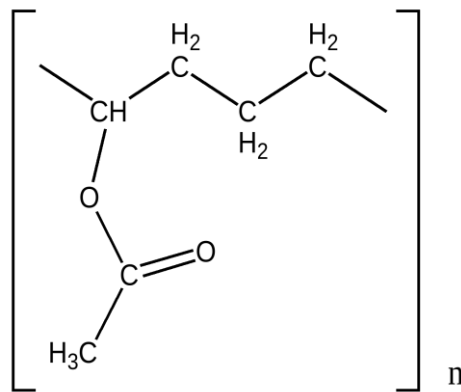
ბიტუმური ნედლეულის პოლიმერთან თავსებადობის და ზეგავლენის გატარების გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ნედლეული ახდენს განსაკუთრებულ ზეგავლენას ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის თვისებებზე, როცა მის შემადგენლობაში პოლიმერის წილი შეადგენს 5%. გაჯერებული პოლიმერის ბიტუმში შეყვანა იწვევს ზეთოვანი

კომპონენტის მასური წილის შემცირებას და ასფალტენებთან ასოცირებული ზეთების გადანაწილებას. გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს, თავსებადობის ზღვარისა და ბიტუმში ასფალტენების შემადგენლობის ურთიერთკავშირის შესახებ. [19;50;56;59]

ბიტუმ-პოლიმერის კომპოზიციის კომპონენტების ფიზიკური თვისებების ურთირთქმედების საფუძველზე, ნაშრომში მოწოდებული იყო პოლიმერისა და ბიტუმის შეთავსების, მათი ხსნადობის პარამეტრების შეფასება. აქედან გამომდინარე, ნავთობიანი ბიტუმის ყველაზე ეფექტიანი მოდიფიკატორები არიან მასში გაჟღენთილი პოლიმერული მასალები. თუმცა, ჰილდებრანდტის პარამეტრის გამოყენება ასეთი რთული სისტემისთვის, როგორცაა ბიტუმი, არც თუ ისე კორექტულია, მაინც ეს თეორია იძლევა საშუალებას მისცეს შეფასება პოლიმერისა და ბიტუმის შეთავსებას.[60]

მოდიფიცირებული ბიტუმებისა და ასფალტენების საფუძველზე ახალი ტექნოლოგიის შემუშავებისას გამოვიყენეთ ГП РосдорНИИ-ში დაგროვილი ინფორმაცია, რომელიც მოწმობს, რომ უცხოური ტექნოლოგიების გამოყენებით მრავალრიცხოვანი მცდელობის მიუხედავად, ადგილობრივი ბიტუმების მოდიფიკაცია არ იძლევა მყარ შედეგებს, როგორც ხარისხის, ასევე ეკონომიურობის თვალსაზრისით. ეს საკითხი აიხსნება ისეთი ნავთობის არასაკმარისი მარაგით, რომელსაც საგზაო ბიტუმების წარმოებისათვის აქვს პარამეტრებს შორის თანაფარდობა. БашНИИ НП-ის კლასიფიკაციით ასფალტენების, ფისებისა და პარაფინის შემადგენლობა უნდა აკმაყოფილებდეს პირობებს $A+C-2,5П>8$. აქედან გამომდინარე, საგზაო ბიტუმების წარმოებისთვის გამოიყენება გადამუშავებული ნავთობის პრაქტიკულად ნებისმიერი ნარჩენი, რომელსაც მივყავართ არა მარტო დაბალი ხარისხის წარმოებული ბიტუმისკენ, არამედ მათი მოდიფიცირების სირთულისკენ. [60]

ბიტუმის მოდიფიკატორის პატენტი შემუშავებულია. საგზაო დანიშნულების ბიტუმების ფიზიკო-ქიმიური თვისებების გაუმჯობესება ისეთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებლების გაუმჯობესების მიზნით, როგორც არის მსხვრევადობის ტემპერატურა, პლასტიურობის ინტერვალი, ღვობის ტემპერატურისა და მასის ცვლილება გათბობის შემდეგ, ბიტუმური მატრიცის შეკავშირება მინერალური შემადგენლობის ასფალტენური ნაერთის ნარევეში. ნაშრომში წარმოდგენილია ბიტუმ-პოლიმერული შემკვრელის მოდიფიცირების საფუძველზე ასფალტენური ნაერთის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების შესწავლის შედეგები. მოდიფიკატორის საფუძვლად გამოყენებულია ეთილენის სოპოლიმერი ვილილაცეტატით.



ნახ. 1. სოპოლიმერის მოლეკულის სტრუქტურა ვინილაცეტატით

ეთილენის ვინილაცეტატის სოპოლიმერის ზოგად ფორმულას აქვს შემდეგი სახე: $[-CH_2-CH_2-C(CH_3COO)H-CH_2-]_n$, სადაც $n = 7000-10000$. პოლიმერის მოლეკულის შენებაში არაპოლიმერულ ნაწილზე პასუხისმგებელი არის ეთილენური ჯაჭვი, პოლარულზე კი - ვინილაცეტატის აცეტატური ნაწილი, რაც საშუალებას იძლევა პოლიმერი მიკუთვნებულ იქნას მაღალმოლეკულურ ნივთიერებას, რომელსაც აქვს ადჰეზიური თვისებები.

შემკვრელის ფიზიკო-ქიმიური, ექსპლუატაციური თვისებების გაზრდის მიზნით, კვლევის ობიექტად გამორჩეულ იქნა БНД 90/130 მარკის საგზაო ბიტუმი. ფიზიკო-ქიმიური თვისებები ГОСТ 22245-90-ით „ბიტუმები, ნავთობიანი, საგზაო შემკვრელი“ წარმოდგენილია ცხრილი 1-ში, ასფალტენური ნაერთის ფიზიკო-მექანიკური თვისებები მათ საფუძველზე, ГОСТ 9128-97 „ასფალტბეტონური ნარევი, აეროდრომული ასფალტბეტონი“ ცხრილი 2-ში.

კომპოზიციური მასალების მექანიკის ტერმინებში ასფალტბეტონი წარმოადგენს დისპერსულ-მდგრად კომპოზიციურ მასალას, სადაც ორგანული მატრიცა იღებს მთელ დატვირთვას, ხოლო დისპერსიული ფაზა წარმოდგენილი არის სტრუქტურის შექმნისთვის, რომელიც ეფექტურად უწყევს წინააღმდეგობას მატრიცის მდგომარეობის ცვლილებას, როგორც მსხვრევადობის დაშლის გზით, ისე პლატიური დეფორმაციისა და სიბლანტის მიმდინარეობით.

მიღებული შედეგების მიხედვით, გამოვლინდა, რომ БНД 90/130 მარკის ბიტუმი, მოდიფიცირებული ამავე მოდიფიკატორით ПФМ სერიის 2% მასითი რაოდენობით ხდება სხვა მარკის БНД 60/90, იმდროს როცა 1,5%მასის მარკის ბიტუმი არ იცვლება. [60]

ცხრილი 1

ფაქტიური და მოდიფიცირებული ბიტუმის ფიზიკო-ქიმიური თვისებები

№	დასახელება	ბიტუმი მასით 1 %	ბიტუმი მასით 1,5 %	ბიტუმი მასით 2 %	ბიტუმი მასით 3 %	ГОСТ 22245-90
1	ნემსის ჩასოლვის სიღრმე, 0,1 მმ, 25°C - ზე	73	104,67	83	109	91-130
2	დარბილების ტემპ. ბურთულა და რგოლებით, °C	47	44	47,35	42,4	არა ნაკლებ 43
3	გაწელვა 25°C, სმ	93,0	98	92,0	97	არა ნაკლებ 65
4	მინერალურ შემავსებელთა მიკვრის უნარი	შეესაბამება	შეესაბამება	შეესაბამება	შეესაბამება	-

ამავდროულად უმჯობესდება ძირითადი თვისებები, განსაკუთრებით მიკვრა ქვის მასალასთან (მოდიფიცირებული ბიტუმის თერმოტესტირების შემდეგ 163°C ტემპერატურაზე 5სთ-ს განმავლობაში, შეკავშირება ქვის მასალასთან იცვლება). ასევე, კვლევის შედეგებით გამოვლინდა, რომ მოდიფიკატორის რაოდენობის გაზრდით ლღვობის ტემპერატურა იკლებს, იზრდება პენეტრაცია, არ იცვლება მიკვრა ღორღთან, ამიტომ მოდიფიკატორის შეყვანა 2% რაოდენობაზე მეტი არ არის რეკომენდირებული.

ასფალტბეტონური ნარევი მომზადებული მოდიფიცირებული შემკვრელის საფუძველზე ГОСТ 9128-97 „ასფალტბეტონური, საგზაო, აეროდრომული ნარევები და ასფალტბეტონი“ დამოკიდებული მინერალურ შემადგენლობაზე, არის ღორღისებური. ბიტუმის თვისებებიდან და დაგების ტემპერატურიდან გამომდინარე, სადაც გამოიყენება ბლანტი ნავთობიანი საგზაო შემკვრელი დაგების არანაკლებ 120°C-ით, მინერალების მცირე ზომიდან გამომდინარე არის წვრილმარცვლოვანი 20მმ-მდე, სიმკვრივე დამოკიდებულია ნარჩენი ფორების სიდიდეზე 2,5%-დან 5%-მდე, ღორღის შემცველობის მიხედვით 40%-დან 50%-მდე ასფალტბეტონები განეკუთვნებიან Б ტიპს, მათი ფიზიკო-მექანიკური თვისებებიდან და გამოყენებული მასალებიდან გამომდინარე მიეკუთვნებიან I, II, III მარკებს.

ასფალტბეტონების მინერალური ნაწილი 1-5 ნიმუშების მიხედვით შეიცავს:

- ღორღი ГОСТ 8267-93 41%-ით;
- ქვიშა მინიარსკის ГОСТ 8736-93 23%-ით;
- ქვიშა ვოლგის ГОСТ 8736-93 27%-ით;
- აქტივირებული მინერალური ფხვნილი ГОСТ 16557-78 9%-ით.

მიღებული შედეგებიდან გამოვლინდა, რომ 1.5% და 2% მასის გამოყებით, ასფალტბეტონის ძირითადი თვისებები უმჯობესდება (სიმტკიცის ზღვარი 50°C), უფრო ეფექტურია 1,5% მასს შეყვანა. დიდი რაოდენობით

დამატებისას ასფალტბეტონის ნარევის თვისებები უარსდება. აუცილებლად უნდა ავლნიშნოთ, რომ მინერალებისა და შემკვრელის რაოდენობების სწორი შერჩევისას ასფალტბეტონი მომზადებული მოდიფიცირებული ბიტუმების საფუძველზე შეესაბამება მოთხოვნებს ГОСТ 9128-97 „ასფალტბეტონური, საგზაო, აეროდრომული ნარევი და ასფალტბეტონი“ შეიძლება გამოყენებული იყოს საგზაო მშენებლობისთვის შედარებით მკაცრ კლიმატურ ზონაში.

ცხრილი 2

ასფალტბეტონური ნარევის ფიზიკო-მექანიკური თვისებები საწყისი და მოდიფიცირებული ბიტუმის საფუძველზე

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

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

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

კვლევის შედეგების დამუშავებისათვის აუცილებელია ემპირიული ფორმულების შერჩევა, პროცესის მათემატიკური მოდელირებისათვის, რათა მახასიათებლები ექსპერიმენტული წერტილებისკენ შემდგომადგვარად ახლოს გადიოდეს. მათემატიკური მოდელირების გატარებისას მიიღება ფუნქციის ალგებრული გამოსახულება, რომელიც ჩატარებული კვლევის შედეგებს აღწერს, ძირითადი გადაცდომების გამორიცხვით.

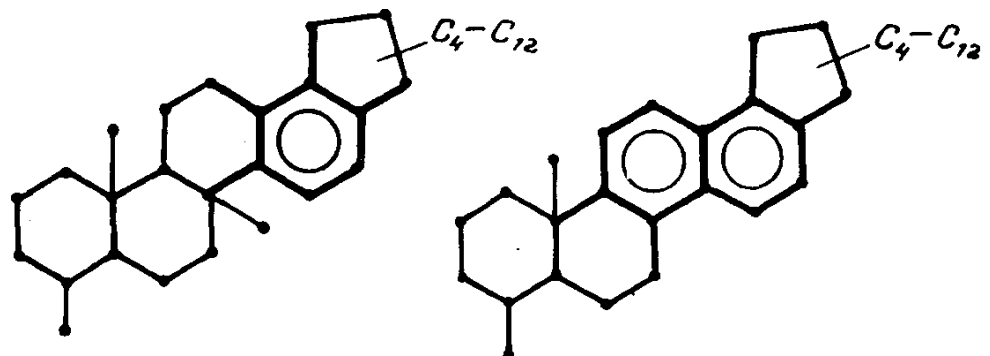
ძირითადი ექსპლუატაციური მაჩვენებლების საფუძველზე გამორჩეული იყო წყალ-ბიტუმური ემულსიების და აორთქლებული ბიტუმების ზოგიერთი ფიზიკო-მექანიკური თვისებები: ადჰეზია, ლღობის ტემპერატურა. ამ მაჩვენებელთა ერთობლიობა განვსაზღვროთ, როგორც თვისებათა ოპტიმუმი. ზემოთ აღწერილი ექსპერიმენტალური მონაცემებიდან გამომდინარე ჩანს, რომ პოლიმერის შემცველობა მასის 1,5% ოდენობით ყველა მონაცემით ოპტიმალურია. ლაბორატორიული კვლევების მონაცემები, ადასტურებს ჩვენს შედეგს.

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

აქტუალური არის ამოცანის, ნავთობის მძიმე ნარჩენების ჯგუფური ქიმიური შემადგენლობის ზეგავლენის შესწავლა, ჟანგის დინამიკაში მიღებული ბიტუმის ფიზიკო-ქიმიურ თვისებებზე. ნავთობის ნარჩენების ბიტუმების ქიმიური ჯგუფური რაოდენობრივი განსაზღვრის ანალიზის ერთ-ერთ სტანდარტულ მეთოდს წარმოადგენს ВНИИ НП მეთოდიკა, დაფუძნებული თხევადი აბსორბციის ქრომატოგრაფიის პრინციპებზე, რომლის შესაბამისად გამოკვლევის საგნის მალტენები იყოფა

პარაფინონაფტენურ, მონოციკლოარომატულ, ბიციკლოარომატულ, პოლიციკლოარომატულ ნახშირწყალბადებზე, რომლებიც წარმოქმნიან ზეთების ჯამურ ჯგუფს, ბენზოლურ და სპირტობენზოლურ ფისებს. მეთოდის უპირატესობა ზუსტი ზღვარის დადგენაშია ბიტუმის ნახშირწყალბადის წილსა და ფისებს შორის, მათი განცალკევებისათვის საჭირო დროის საგრძნობლად შემცირებაში და ბენზინის მისაწვდომი ფრაქციების გამოყენებაში გამხსნელის სახით.[61]

ინსტრუმენტული მეთოდების ფიზიკო-ქიმიური ანალიზის განვითარების მეშვეობით და მათი გამოყენების შესაძლებლობით განვიხილეთ ბუნებრივი ნაერთების ისეთი რთული ნარევები როგორცაა ბიტუმი. შემუშავებულ იყო ინტეგრალური სტრუქტურული ანალიზი, რომლის ძირითად მიღწევას წარმოადგენს იმის დადასტურება, რომ ბიტუმის მოლეკულის ყველა კომპონენტი შედგება ფრაგმენტებისაგან. გუდრონების მონოციკლოარომატული ნაერთები (ნახ. 2) წარმოადგენილია ძირითადად ხუთრგოლიანი ციკლური სისტემებით 2-4 მეთილური და ერთი გრძელი ალკილური შემცვლელით. ამ ნაერთების ციკლურ ნაწილში არის ერთი არომატული რგოლი. ეს კომპონენტი შეიძლება შედგენილ იყოს ერთი ან ორი ფრაგმენტისაგან. ამ შემთხვევაში მოლეკულის ერთ ფრაგმენტს აქვს არომატული რგოლი, მეორე კი სრულად გაჯერებულია, ანუ არ გააჩნია არომატული რგოლი.[59]



ა) მონოციკლოარომატული ნაერთი მოლეკულების ფრაგმენტები

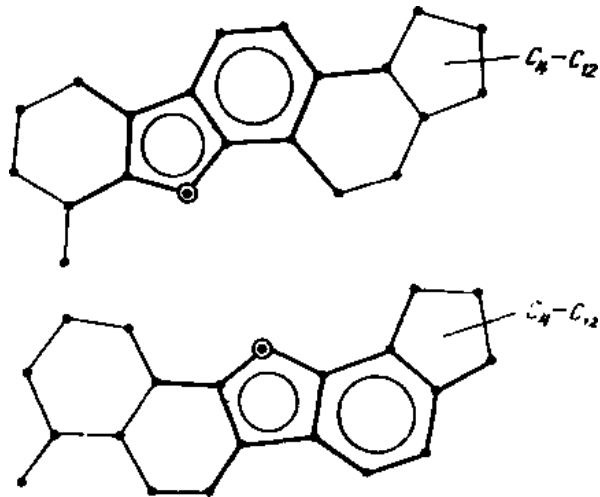
ბ) ბიციკლოარომატული ნაერთი ფრაგმენტი;*- ნახშირბადის ატომები.

ნახ. 2. ზეთების მოლეკულების საშუალოსტატიკური

სტრუქტურული ფრაგმენტები

ბიციკლურ არომატულ ნახშირწყალბადებს აქვთ მოლეკულები მსგავსი მონოციკლოარომატულისა, ოღონდ ორი არომატული კონდენსირებული რგოლით. მათი მოლეკულები აგრეთვე შეიძლება შედგებოდნენ ერთი ან ორი ფრაგმენტისაგან, ამასთან ერთს აქვს არომატული რგოლები მეორეს კი, არა. ნაკლებად შესაძლებელია, რომ თითოეული ფრაგმენტი შეიცავდეს თითო არომატულ რგოლს ფისების შემცველობა შესასწავლ ბიტუმებში მერყეობს მასის 23,5-25,7%-მდე, მათგან ბენზოლური ფისები შეადგენენ მასის 7,7-8,2%-ს, ფისების დომინანტურ კომპონენტს წარმოადგენენ სპირტო-ტოპოლური ფისები 15,8-17,5%. ტოპოლური ფისებს აქვთ მოლეკულის ანალოგიური შემადგენლობა, მაგრამ მოლეკულების უმეტესი ნაწილი ამ კომპონენტში ბიფრაგმენტურია, ამასთან ყოველი ფრაგმენტი შეიცავს ორ ორ არომატულ ციკლს ხუთრგოლიან კონდენსირებულ სტრუქტურებში (ნახ. 3).

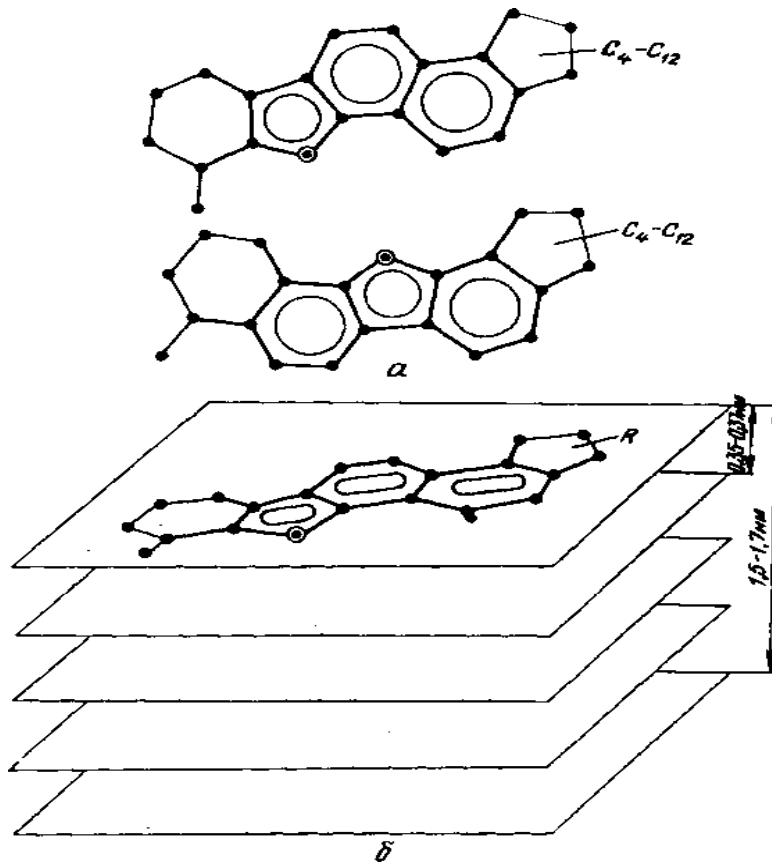
გარდა ამისა, ზოგიერთი არომატული ციკლები შეიცავენ გოგირდის და აზოტის ატომებს, რომლებიც შედიან ამ კომპონენტის ყოველ მოლეკულაში. სპირტო-ტოპოლური ფისები განსხვავდებიან ჰეტეროატომების მაღალი შემადგენლობით. მონოფრაგმენტარული მოლეკულები, რომლებიც შეიცავენ კონდენსირებულ, ციკლურ სისტემაში ერთ არომატულ და ერთ ჰეტეროარომატულ ციკლებს მჟღავნდებიან ქრომოტოგრაფიულად, როგორც სპირტო-ტოპოლური ფისები, საკუთრივ, თუ ეს მოლეკულა შეიცავს მჟავაშემცველ ფუნქციონალურ ჯგუფებსაც (ნახ.3). [59]



* - ნახშირბადის ატომები; გოგირდის ან აზოტის ატომები

ნახ. 3. ტოლოლოური და სპირტო-ტოლოლოური ფისების მოლეკულების საშუალო სტატისტიკური სტრუქტურული ფრაგმენტები

თანამედროვე წარმოსახვის შესაბამისად, ასფალტენები - ეს უფრო რთული კომპონენტია, ასფალტენების ძირითად ნაწილს აქვს ნაწილაკების ფენოვან-ბლოკური აგებულება (ნახ. 4). ასეთი ნაწილაკი შედგება 4-6 ფრაგმენტისაგან, რომელთაც ბევრი საერთო აქვთ ფისების და ზეთების მოლეკულების შემადგენელ ფრაგმენტებთან. განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ ხუთი კონდენსირებული რგოლისგან შემდგარი ფრაგმენტი შეიცავს სამ არომატულ ჰეტეროარომატულ ციკლს, ალკილური შემცვლელების მცირე რიცხვს და ჰეტეროარომატების მეტ რიცხვს, ვიდრე გუდრონის დანარჩენი კომპონენტები. ფენოვან-ბლოკური(ბრიკეტული) აგებულება მდგომარეობს იმაში, რომ ფრაგმენტები, რომელთაც აქვთ სამი არომატული რგოლი და შესაბამისად მოლეკულის დიდი ბრტყელი ზედაპირი (~1,5ნმ), ორიენტირდებიან/განლაგდებიან ერთმანეთის პარალელურად 0,35-0,37ნმ მანძილზე. ხუთი ფენისგან შემდგარ ნაწილაკს აქვს ფსევდოსფერული ფორმა დიამეტრით 1,5-1,8ნმ. ალბათ ფრაგმენტები მაგრდებიან ერთმანეთთან შეფარდებით TT-TT არომატული სისტემების ურთიერთქმედების ხარჯზე.



ნახ. 4. ასფალტენების საშუალოსტატისტიკური სტრუქტურული ფრაგმენტები და ასოციანტებად მათი გაერთიანების სქემა

- ა) ასფალტენების საშუალოსტატისტიკური ფრაგმენტების შესაძლო ვარიანტები;
 ბ) ბლოკსქემის ფორმირების ფრაგმენტები; *- ნახშირბადის ატომები; - გოგირდის და აზოტის ატომები. მუქი კონტურით მონიშნულია ფრაგმენტის ბრტყელი ნაწილი.

ასფალტენების ფსევდოსფერულ ნაწილაკებს უნარი აქვთ წარმოიქმნან გარემოში, სადაც არის არომატული ტიპის ზეთების და ფისების პოლიციკლური არომატული ნაერთები, რომლებიც ამ ნაწილაკებს სოლვატირებენ. ზეთებისა და ფისების მოლეკულები იკავებენ თავისუფალ არომატულ სიბრტყეებს ასფალტენების ნაწილაკების „ტორცებზე“ და ხელს უშლიან მათ მიწეკებას ერთმანეთთან. თუ სისტემაში არომატული ნაერთები არასაკმარისია, იწყება ასფალტენების კოაგულაცია მყარი ფაზის სახით, რაც კოლოიდური ზომების გადიდებას უწყობს ხელს.

შემკვრელების საექსპლუატაციო თვისებები განისაზღვრება ასფალტენების დისპერსიული ფაზის კონცენტრაციით, დისპერსიული გარემოს (მალტენების) კომპონენტური შემადგენლობით და მათი არომატულობის ხარისხით. უფრო მარტივი დამოკიდებულება მჟღავნდება დარბილების ტემპერატურასა და ბიტუმების შემადგენლობას შორის, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ დარბილების ტემპერატურა იწევს ბიტუმში ასფალტენების კონცენტრაციასთან ერთად.

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

ამრიგად, ბიტუმების ჯგუფური ქიმიური შემადგენლობის და მათი საექსპლუატაციო თვისებების შესწავლა გვაწვდის ცნობებს მათი ხარისხის შესახებ. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით გამომუშავებულია მოდიფიკატორი ნაკლოვანებათა აღმოფხვრის და ბიტუმების შემკვრელების კომპლექსური თვისებების გაუმჯობესება ასფალტბეტონის ნარევებისთვის. შემკვრელის რაოდენობის და მინერალური ნაწილის სწორი შერჩევისას, მოდიფიცირებული ბიტუმების საფუძვლის მქონე ასფალტბეტონი შეესაბამება გოსტ 9128-97 „ასფალტბეტონური, საგზაო, აეროდრომული ნარევები და ასფალტბეტონი“ მოთხოვნებს და შეიძლება გამოყენებულ იქნას საგზაო მშენებლობისთვის მკაცრ კლიმატურ ზონაში. აგრეთვე, შესწავლილ იქნა საწყისი შემკვრელის ჯგუფური ქიმიური შემადგენლობა, თვისებების გამოვლენის მიზნით, რომლებიც არ აკმაყოფილებს ნორმატიული დოკუმენტაციის მოთხოვნებს და აგრეთვე, მოდიფიცირების მეთოდების,

მოდულიკატორის კომპონენტების და შერევის პირობებს. შედეგიდან გამომდინარე, შემუშავებულ იქნა პოლიფუნქციური მოდიფიკატორი გზის საფარის შემკვრელებისთვის, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას გზებისა და აეროდრომების მშენებლობისათვის.

2.2. ბიტუმის მოდიფიკაცია კრატონის პოლიმერის საშუალებით

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

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

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

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

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

ექსპლუატაციის ინტერვალს. ჩვეულებრივი ბიტუმის ნაკლოვანებების აღმოფხვრა შესაძლებელია კრატონის მეშვეობით.

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

მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებას მივყავართ ტემპერატურული ბზარებისაკენ. შემკვრელი კრატონის პოლიმერების საშუალებით კი საგრძნობლად უმჯობესდება შემკვრელის დაბალტემპერატურული თვისებები.

➤ გზა, მოძრაობის მაღალი ინტენსივობით, დაუცველია დაბზარვისა და ტემპერატურული ნახეთქისაგან. ასეთ გზებზე აუცილებელია ბიტუმის შემკვრელი პოლიმერების - კრატონის გამოყენება. [45]

2.2.1. კრატონის პოლიმერების უპირატესობანი:

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

- ბზარების შემცირებას;
- ნახეთქის შემცირებას;
- მაღალი ტემპერატურისას ტემპერატურული ნახეთქის შემცირებას;

- მდგრადობის გაზრდას, რაც საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ საფარის სისქე;
- დაშლა, დანაწევრებისა და ატკეჩვის შემცირებას.

კრატონ-პოლიმერული ბიტუმის შემკვრელის გამოყენება

ბიტუმ-პოლიმერული შემკვრელი ფართოდ გამოიყენება არა მხოლოდ ტრადიციულ ცხელ ასფალტბეტონის ნარევეში, არამედ ზედაპირულ დამუშავებასა და დაგრუნტვაში. ზოგადად მოდიფიცირებული შემკვრელი გამოიყენება საგზაო საფარის გაცვეთილი და შუალედური ფენების დამუშავებისათვის და ასევე, ხიდების ნაგებობა-კონსტრუქციებში. შედარებით თანამედროვე ტექნოლოგიებით პოლიმერების გამოყენება შესაძლებელია საგზაო საფარის ქვედა ფენებისათვის, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მის მდგრადობას (მედეგობას), ხელს უწყობს ფენების სისქის შემცირებას და მეტყველებს მის ეკონომიურობაზე. [45]

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

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

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

პოლიმერული დანამატით "კრატონი" მოდიფიცირებული ბიტუმის
გამოცდის შედეგები

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

ბზარების გაჩენის პრევენცია

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

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

გზაზე ყოველი ავტომობილი იწვევს ასფალტბეტონის საფარის მოკლევადიან დეფორმაციას. ზოგადად ეს დეფორმაცია აღდგენას ექვემდებარება 100%, მაგრამ გამავალი ასი და ათასი ავტომობილის საბურავის მიერ გამოწვეულ კუმულაციურ ეფექტს მიყვართ ნარჩენი დეფორმაციისკენ და საბოლოოდ ბზარების გაჩენისკენ. დროთა განმავლობაში ხდება ბზარების გაღრმავება.

ტემპერატურა და გზის გაზრდილი დატვირვთა ამწვავებს პრობლემის არსს. ბიტუმში კრატონის D მარკის პოლიმერის დამატებისას, მაღალი ტემპერატურული რეჟიმის დროს იზრდება მისი სიმტკიცე და აუმჯობესებს შემკვრელის ელასტიურობას. სიმტკიცე ზგუდავს ზედაპირის დეფორმირებას და ელასტიურობა აფერხებს ნარჩენი დეფორმაციის წარმოშობას. ეს კომბინაცია გვამღევს შესაძლებლობას თავიდან ავიცილოთ ბზარების გაჩენა. [43;44]

ბზარების გაჩენის თავიდან აცილების მიზნით ასევე მნიშვნლოვანია ნარევის გრანულომეტრიული (ნაწილაკების ზომა, განაწილება) შემადგენლობა, მაგრამ შემკვრელს მაინც ძირითადი ფუნქცია აქვს. ასფალტბეტონის ნარევი, რომელიც შემკვრელის გაზრდილ ოდენობას შეიცავს უნდა მზადდებოდეს პოლიმერების გამოყენებით.

დახეთქვის პრევენცია

დახეთქვა იწვევს ზედაპირის დაზიანებას და გზის საფარის რღვევას. მუდმივი სატრანსპორტო დატვირთვა ნახეთქის გაჩენას უწყობს ხელს, რასაც საბოლოოდ მივყავართ ორმოს (ღრმულების) გაჩენისკენ და გვიხდება მისი შეკეთება.

მყარი შემკვრელის გამოყენება საუკეთესო საშუალებაა თავიდან ავიცილოთ სატრანსპორტო დატვირთვით გამოწვეული ნახეთქის წარმოშობა. სიმტკიცე, რომელიც გამოწვეულია შემკვრელში კრატონის პოლიმერების დამატებით, უზრუნველყოფს გზის საფარის მთლიანობის შენარჩუნებას ბევრი წლის მანძილზე.

დაბერებული ნახეთქის წარმოქმნა იწყება საგზაო საფარის საფუძველში, სადაც მასალა არის დამაბულობის რეჟიმში. გაჩენილი ნახეთქი, ასფალტბეტონის ფენების ჰიდროიზოლაციის მოცულობის რღვევით მიიწევს ზედაპირისკენ. წყლის ჟონვა აძლიერებს ნახეთქის ზრდას და შეიძლება გამოიწვიოს გზის საფუძვლის რღვევა, განსაკუთრებით უარყოფითი ტემპერატურული რეჟიმის დროს. ნახეთქი იზრდება გზის საფარის ზედაპირზე და შესაძლებელია გამოიწვიოს

ღრმულების წარმოშობა. დიდი ღრმულების არსებობისას გზის საფუძველი უკვე დაშლილია. მაგრამ, ნახეთქის წარმოშობა ყოველთვის განპირობებული არ არის საფარის უხარისხობით, ასევე შეიძლება გამოწვეული იყოს დაჭიმულობის რელაქსირებით. ყოველ შემთხვევაში, თუ შემკვრელი არ შედგება სიმკვრივისა და ელასტიურობის სათანადო კომბინაციისაგან, გაჩენილი ნახეთქი დროთა განმავლობაში აუცილებლად დაიწყებს ზრდას და გამოიწვევს გზის საფარის რღვევას.

[45]

ბიტუმში კრატონის პოლიმერების დამატება ზრდის ასფალტბეტონის მდგრადობას, რაც ხელს უშლის ბზარებისა და ნახეთქების წარმოშობასა და გავრცელებას.

შემკვრელის შერევა ქვის მასალასთან იწვევს ჭიმვადობასა და მიკროფილტრაციას. შემკვრელის სიმყარე შეაჩერებს დეფორმაციის ზრდას და მიკრონახეთქის წარმოქმნას. საგზაო საფარის მყარი და ელასტიური ზედა ფენები, ასფალტბეტონის ჰიდროიზოლაციის თვისების შენარჩუნებითა და გზის საფუძვლის (ფუნდამენტის) დაცვით, უზრუნველყოფენ ნახეთქების შეჩერებას, რომლებიც წარმოიშვენ საფარის ქვედა ფენებში.

ტემპერატურული დახეთქვის პრევენცია

ტემპერატურული ნახეთქი შეიძლება წარმოიქმნას ყველა გეოგრაფიულ ზონაში, თბილი და ცივი კლიმატის დროს. ეს განსაკუთრებით შესამჩნევი ხდება, როდესაც დიდი ტემპერატურული სხვაობაა დღისა და ღამის, ზამთარსა და ზაფხულს შორის. შემკვრელის დაბერება ზრდის ტემპერატურული ნახეთქის წარმოშობის რისკს, რაც უფრო შესამჩნეველი ცხელი კლიმატის პირობებში.

ნახეთქი შლის გზის ჰიდროიზოლაციის თვისებას და წყლის შეღწევით იწვევს ფუნდამენტურ რღვევას. უდაბნოს ზონებში, ეს

შეიძლება გამოწვეულ იქნას ქვიშის ზემოქმედებით და დღისა და ღამის დიდი ტემპერატურული ცვალებადობით.

გზის სატრანსპორტო დატვირთვა ხელს უწყობს ნახეთქის გავრცელებას, რასაც მივყავართ ღრმულების წარმოშობისკენ.

შემკვრელში კრატონის D მარკის პოლიმერების დამატებით და ფენებისთვის შესაბამისი ტიპის ბიტუმის გამოყენებით შესაძლებელი იქნება:

- გაიზარდოს საფარის მდგრადობა ნახეთქის წარმოშობის წინააღმდეგ;
- გაიზარდოს საფარის სიმტკიცე;
- გაიზარდოს საფარის ელასტიურობა

ნახეთქის წარმოშობის წინააღმდეგ საფარის მდგრადობა აჩერებს ნაპრალების ზრდას ასფალტბეტონის მიმდებარე ფენებამდე.

ნახეთქის წარმოშობის წინააღმდეგ მდგრადობა, ტემპერატურული რეჟიმის დატვირთვისას, ხელს უშლის მცირე ბზარების ზრდას და ნახეთქების წარმოქმნას.

საფარის ელასტიურობა გამორიცხავს მსუბუქ დაზიანებებს და უზრუნველყოფს საფარის აღდგენას ნარჩენი დეფორმაციის გარეშე.

შემკვრელის დაბერების საწინააღმდეგოდ

ბიტუმი წარმოადგენს მრავალკომპონენტურ სისტემას, შედგება სხვადასხვა ზომის მოლეკულებისაგან, ბევრი ამათგან ძალიან დიდი ზომისაა. დროთა განმავლობაში ამ მასის შემადგენლობა იცვლება. მაგალითად, ზოგიერთი კომპონენტი იწვევს ბიტუმის ჟანგვას, რაც ზრდის შემკვრელის სიმკვრივეს, შედეგს კი მივყავართ საგზაო საფარის ელასტიურობისა და რეგენარაციის დაკარგვასთან.

ეს მოვლენები, რომელსაც „დაბერებას“ ვუწოდებთ ვითარდება როგორც ასფალტბეტონის ნარევის საწარმოო პროცესის დროს

(მოკლევადიანი დაბერება), ასევე საფარის ექსპლუატაციის მთელ პერიოდში (გრძელვადიანი დაბერება).

გზის საფარის მარადიულ ფუნქციონირებაზე ნეგატიურად მოქმედებს „დაბერება“, რაც ნიშნავს სიმკვრივის მატებას, მდგრადობის კლებას და ასფალტბეტონის საფარის შლას.

ბიტუმი შენახვისას, ქვალორღთან შერევისას, ასფალტბეტონის ნარევის ტრანსპორტირებისას და დაგებისას ექცევა მაღალი ტემპერატურული რეჟიმის ზემოქმედების ქვეშ. ამასთან, შემკვრელს შეხება აქვს ჰაერთან. მაღალი ტემპერატურისა და ჟანგბადის კომბინაცია იწვევს მფრინავი კომპონენტების აორთქლებას და ბიტუმის კომპონენტების ჟანგვას. ამას მივყავართ შემკვრელის გამკვრივებისკენ (ნემსის ჩასვლის სიღრმე კლებულობს), აუცილებელია ასფალტბეტონის ნარევის საწარმოო პროცესის კონტროლი ყველა საფეხურზე, ყურადღება უნდა გავამახვილოთ გაცხელებული ქვალორღის მასასთან ბიტუმის შერევისას, რომ თავიდან ავიცილოთ მისი გამკვრივება.

გზა და შესაბამისად ბიტუმის შემკვრელი ექსპლუატაციის ბევრი წლის მანძილზე ექცევა ტემპერატურული რეჟიმისა და ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედების ქვეშ. რაც ცვლის ბიტუმის სტრუქტურას, იკარგება მფრინავი ელემენტები, იწყება ჟანგვის პროცესი. ტემპერატურისა და ულტრაიისფერი სხივების ინტენსიური ზემოქმედება დამოკიდებულია გეოგრაფიულ მდგომარეობაზე, ხოლო ჟანგვის პროცესის დაწყება, ასევე დამოკიდებულია ასფალტბეტონის ნარევის ტიპზე. მაგალითად, ფოროვან ნარევს აქვს საკმაოდ დიდი ზედაპირი, რომელიც ჟანგბადის ზემოქმედების ქვეშ ექცევა და შემკვრელის მცირე რაოდენობის შემცველობის შემთხვევაში იწვევს ბიტუმის დატვირთვის ზრდას. ბიტუმის სიმკვრივის შედეგად იწყება დაბერების პროცესი, რაც იწვევს მისი თვისებების გაუარესებას.

- დაბალტემპერატურული მახასიათებლების კლება;
- ნახეთქის წარმოშობის წინააღმდეგ საფარის მდგრადობის კლება;

- საფარის ცვეთის წინააღმდეგ მდგრადობის კლება.

დახეთქვა, რომელიც გამოწვეულია დაბერებით, შეინიშნება მაღალი გამავლობის გზებზე, მაღალი ტემპერატურის მქონე კლიმატურ ზონებში, რაც იწვევს ბიტუმის გამყარებას. შემკვრელი მკვრივდება საგზაო საფარი იფარება ბზარებით და ნახეთქებით, როდესაც ტემპერატურა შესაბამისი ნიშნულის ქვევით საგრძნობ კლებას განიცდის.

ბიტუმის მოდიფიკაცია კრატონის პოლიმერით უზრუნველყოფს მის გამკვრივებისას ელასტიურობის შენარჩუნებით, რაც ხელს უშლის ბზარებისა და ნახეთქების გაჩენას.

ბიტუმში კრატონის D მარკის პოლიმერის დამატებისას იზრდება მისი მდგრადობა და ელასტიურობა, რაც ხელს უშლის ბზარების წარმოქმნას. მაღალი ელასტიურობა საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ უფრო რბილი ბიტუმი დახეთქვის წინააღმდეგ მდგრადობის კლების გარეშე. უფრო მეტად ელასტიური და რბილი შემკვრელის დაბერებაც არის შესაძლებელი, მაგრამ მოდიფიცირებული შემკვრელის სტრუქტურის კარდინალური შეცვლით, დაბალი ტემპერატურისას არ ხდება მისი დასუსტება. გაუჯერებელი პოლიბუტადინის კრატონის D მარკის პოლიმერის ბლოკებიც ექვემდებარება დაბერებას, რაც შეიძლება გამოიწვიოს „სამბლოკიანი სბს“ შემცველობის კლება და „ორბლოკიანი სბ“ შემცველობის მატება. მიუხედავად ამისა, „სამბლოკიანი სბს“-სა და „ორბლოკიანი სბ“-ს კომბინაცია უზრუნველყოფს საფარის მაღალ ხარისხს. ბიტუმის დაბერებისას ეს კომბინაცია უშლის ხელს გამკვრივებას.

კომპანია „კრატონ პოლიმერები“ ასევე აწარმოებს კრატონ G მარკის ჰიდროგენურ ბლოკ-თანაპოლიმერებს, რომელსაც აქვს გაუმჯობესებული მდგრადობა დაბერების წინააღმდეგ. ასეთი პოლიმერების გამოყენება გზების მშენებლობაში უზრუნველყოფს საუკეთესო მდგრადობის ხარისხს დაბერების წინააღმდეგ. [45]

დაზიანება / ნგრევის პრევენცია

ბოლო წლებში საგზაო საფარის სერიოზულ პრობლემად მინერალური მასალის მარცვლების კარგვა გვევლინება. ეს გამოწვეულია ასფალტბეტონის ფოროვანი ნარევის გამოყენებით, რომელშიც შემკვრელი დატვირთვისას ექვემდებარება დაბერებას. დატვირთვა იზრდება მოძრაობის ინტენსივობასთან ერთად.

ღორღის კარგვა შეიძლება გამოწვეულ იქნას რამდენიმე მიზეზით. ის ნარევი, რომლებიც შეიცავენ ნაკლებ შემკვრელს და მეტ ფორებს, მეტწილად ექვემდებარებიან მინერალების მარცვლების კარგვას. ექსპლუატაციისას, დროთა განმავლობაში ეს პროცესი იწყებს მატებას, საფარის გამკვრივების მატებასთან ერთად, დაბერების პროცესიდან გამომდინარე.

ნგრევა შეიძლება გამოწვეულ იქნას შემკვრელის თვისებების კარგვით (მიკვრა, წებოვნება).

1. შემკვრელის მაკავშირებელი ფუნქციის კარგვა შეიძლება გამოიწვიოს:

- ✓ მაღალმა ტემპერატურამ;
- ✓ როდესაც შემკვრელი მკვრივდება. ტემპერატურის ზემოქმედება, როდესაც შემკვრელი მკვრივდება, დამოკიდებულია ბიტუმის სიმკვრივის საწყის მდგომარეობაზე და დაბერების ინტენსივობაზე. ჟანგვა ზრდის გამკვრივების ხარისხს. ცხელ კლიმატურ პირობებში, სადაც გამოიყენება მკვრივი ბიტუმი, სუსტი შემკვრელის ტემპერატურამ, დაბერების შემდეგ შეიძლება მიაღწიოს 0°C .

2. ზედაპირზე ქვის მასალასთან შემკვრელის წებოვნების ფუნქციის კარგვა შეიძლება გამოიწვიოს:

- ✓ უხარისხო, ცუდად დამუშავებულმა ან არასაკმარისად გაცხელებულმა ქვის მასალამ;

- ✓ შემკვრელის ფენიდან ქვის მასალის ზედაპირზე წყლის გამოჟონვამ;
- ✓ შემკვრელის სისუსტის მატებამ, რაც ადგილობრივი წყაროებიდან არის გამოწვეული.

რღვევის / შლის პრევენციისთვის შემკვრელს უნდა გააჩნდეს შემდეგი თვისებები:

1. იყოს მდგრადი მაღალი ტემპერატურული რეჟიმისადმი;
2. დარჩეს მდგრადი დაბერების შემდეგ;
3. შეინარჩუნოს მაქსიმალური წებოვნება, მაღალი ტემპერატურის დროსაც;
4. იყოს ელასტიური ყოველი დეფორმაციის აღდგენისას და მის შემდეგ;
5. შექმნას ქვის მასალისა და შემკვრელის საკმაოდ მჭიდრო და მყარი ნაერთი

ბიტუმის კრატონის პოლიმერებით გაჯერება ხელს უწყობს მისი ზემოთ ხსენებული ყველა თვისების გაუმჯობესებას. მიუხედავად იმისა, რომ კრატონის პოლიმერები არ ამყარებს შემკვრელის უკუკავშირს მინერალებთან, უზრუნველყოფს წყლის ზემოქმედებისადმი მდგრადობის ზრდას, დიფუზიის პროცესების შემცირებას და შემკვრელის მაქსიმალურ ელასტიურობასა და მდგრადობას რღვევის / შლის მიმართ. [43;44;45]

ტრანსპორტირება და შენახვა

კრატონის პოლიმერებით გაჯერებული ასფალტბეტონის შემკვრელის ტრანსპორტირება და შენახვა არ მოითხოვს განსაკუთრებულ პირობებს, რაც განასხვავებს მას ჩვეულებრივი ნარევის ტრანსპორტირებისაგან. ტემპერატურა უნდა მერყეობდეს 171°C-დან 174°C-მდე, მისი ტრანსპორტირება შესაძლებელია მოხდეს ჩვეულებრივი სატრავთო მანქანით და შემდგომ შეივსოს ფენილის მანქანა. [43;44;45]

2.3. ბიტუმის მოდიფიცირება ელვალის პოლიმერით

2.3.1. ელვალის პოლიმერის დახასიათება.

საბაზისო ბიტუმში ელვალის პოლიმერის მცირე რაოდენობით შეყვანისას მატებს მას მეტ ელასტიურობასა და ზრდის ბიტუმის შემკვრელის დარბილების ტემპერატურას, ასევე მნიშვნელოვნად იზრდება კოჰეზია და ღორღთან მიკვრის უნარი. განსხვავებით სხვა პოლიმერებისგან, ელვალის პოლიმერის დამატებით წარმოიქმნება ქიმიური რეაქცია. ელვალის პოლიმერით ბიტუმის მოდიფიცირების შემდეგ არ ხდება ფენებად შლა, რაც ხელს უწყობს ბიტუმის მარტივ ტრანსპორტირებასა და საგზაო საფარის ხანმედეგობას. საგზაო საფარი, სადაც გამოყენებულია ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმი წარმატებით გამოიყენება 1991 წლიდან. ელვალი სპეციალურად შემუშავდა ბიტუმების სხვადასხვა მარკის მოდიფიკაციისათვის. [63]

2.3.2. ელვალის პოლიმერის ძირითადი უპირატესობანი.

დახეთქვის პრევენცია. როგორც ცნობილია მაღალი ტემპერატურული რეჟიმების ცვალებადობა გვევლინება დახეთქვის ძირითად აქტივატორად. ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოყენების ერთ-ერთი მიზანს წარმოადგენს მისი უნარი იყოს ყინვაგამლე და ბზარმედეგი დაბალი ტემპერატურული რეჟიმის დროს და ამავდროულად შეინარჩუნოს სიმტკიცე მაღალი ტემპერატურული რეჟიმის დროსაც. ელვალის პოლიმერი უზრუნველყოფს მდგრადობას მაღალი დატვირთვისა და ცხელი კლიმატის დროს, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სატვირთო სატრანსპორტო გადაადგილებისას. ელვალის პოლიმერი ზრდის ბიტუმის შემკვრელის პლასტიურობის ინტერვალს 15°C - 30°C. ელვალის პოლიმერს, სხვა პოლიმერებისაგან განსხვავებით რამდენჯერმე მეტად აქვს ადჰეზიის უნარი მინერალურ შემავსებელთან, რაც საგრძნობლად უწყობს ხელს საგზაო საფარის სიმყარეს და მაქსიმალურად იცავს მას დაზიანებისაგან.

მდგრადობა დაბერების წინააღმდეგ. აკრილატური ფუნქციური ჯგუფები ელვალის პოლიმერში ბიტუმის შემკვრელს მატებს მოქნილობასა და ელასტიურობას. ვინაიდან მთავარი ეთილენის ჯაჭვი არის გაჯერებული, მას აქვს უნარი იყოს მეტად მდგრადი დაბერების წინააღმდეგ, ბუტადიენის საწყისზე არსებულ მასალებთან მიმართებაში.

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

ელვალი განსხვავდება ბიტუმის სხვა მოდიფიკატორებისაგან. მისი უნიკალური თვისებების სრულად გამოყენების მიზნით, პოლიმერსა და ბიტუმს შორის უნდა მოხდეს რეაქცია. სანამ გადავალთ ელვალის პოლიმერის შეფასებაზე, კარგად უნდა შევისწავლოთ მისი თვისებები. არსებობს ელვალისა და ბიტუმის შეკავშირების ორი გზა. პირველი მეთოდის მიხედვით ნარევი ცხელდება მთელი დღის განმავლობაში, ხოლო მეორეს შემთხვევაში რეაქციის დაჩქარება ხდება კატალიზატორის პოლიფოსფორული მჟავის გამოყენებით, სადაც შედეგი ცნობილია ერთი საათის განმავლობაში. [63]

საწყისი(საბაზისო) ბიტუმის შერჩევა. ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმის დაბალტემპერატურული თვისებების (5°C ქვევით) გამოვლენა დამოკიდებულია საწყის ბიტუმზე. მნიშვნელოვანია საბაზისო ბიტუმის სათანადო მარკის შერჩევა, რომელიც შეესაბამება დაბალტემპერატურულ მახასიათებლებს. ელვალის პოლიმერით ხდება ბიტუმის მაღალტემპერატურული თვისებების მიდიფიცირება, ისე რომ თითქმის არ იცვლება მისი დაბალტემპერატურული თვისებები.

ბიტუმი პოლიმერის შემცველობა. ზოგადად ელვალის პოლიმერის შემცველობა ბიტუმში საერთო მასის 0.5%-დან 2.5% წარმოადგენს. მისი რაოდენობა დამოკიდებულია საბაზისო ბიტუმის ძირითად მახასიათებლებსა და სპეციფიკაციაზე. აუცილებელია განხორციელდეს ნარევი პოლიმერის დანამატის არსებობის შეფასება

სხვადასხვა პროცენტული მაჩვენებლებით: 1%; 1,5% და 2%. ეს საშუალებას მოგვცემს სწორად შევიმუშაოთ ჩვენთვის სასურველი რეცეპტურა, შესაბამისი თვისებებისა და ხარისხის მქონე ბიტუმის მისაღებად. მოდიფიცირებული ბიტუმი 2.5%-3% რაოდენობის პოლიმერის დამატებისას შეიძლება გარდაიქმნას ჟელატინისებრ მასად.

ლაბორატორიული აღჭურვილობა. ბიტუმის მოდიფიცირებისთვის აუცილებელია ლაბორატორია მოწყობილი იყოს შესაბამისი აღჭურვილობით, შემრევი გამაცხელებლით.

ნარევის მომზადება ხანგრძლივი გაცხელების მეთოდით

შენიშვნა: ელვალისა და ბიტუმის ქიმიური რეაქციის დრო დამოკიდებულია ბიტუმის ტემპერატურასა და ქიმიურ შემადგენლობაზე. პოლიმერსა და ბიტუმს შორის შეღწევადობის რეაქციისათვის ლაბორატორიის პირობებში გამოიყენება 195°C დან 205°C ტემპერატურული რეჟიმი. საწარმოო პირობებში შესაძლებელია შედარებით დაბალი ტემპერატურული რეჟიმის გამოყენებაც, მაგრამ ამ შემთხვევაში იზრდება ბიტუმისა და პოლიმერის რეაქციის (შეკავშირების) დრო. ზოგიერთი ბიტუმი მაღალ ტემპერატურაზე იწყებს ჟანგვას და კარგავს თვისებებს, ამას მივყავართ მისი სიბლანტისკენ რაც საბოლოოდ იწვევს პოლიმერის თვისებების კარგვას და ართულებს რეცეპტურის შემუშავების პროცესს. ბიტუმის მოდიფიცირების მეთოდიკას ძალიან დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, თითოეული ქმედება უნდა განხორციელდეს თანმიმდევრობით, შემდეგი სქემის შესაბამისად:

ბიტუმის ნიმუშის გაცხელება ჭურჭლში, მანამ სანამ არ მიაღწევს თხევად მდგომარეობას. ღუმელის საკმარისი ტემპერატურაა 175°C;

მზადდება ერთგვაროვანი მასა და გადაგვაქვს შემრევ ჭურჭელში; შემრევი აღჭურვილობა უნდა გაცხელდეს 195°C და შერევა უნდა მიმდინარეობს საკმაოდ მაღალ სიჩქარეზე (200ბრუნნი წუთში);

ათი წუთის შემდეგ შეიძლება დავიწყოთ პოლიმერის დამატება; ბიტუმში სასურველი რაოდენობის ელვალის პოლიმერს ვამატებთ ნელ-ნელა, დაახლოებით 10გრამს წუთში;

შერევის პროცესი მიმდინარეობს ორი საათის განმავლობაში. ნარევის გამოწმებთ პერიოდულად, სიბლანტის ცვლილებისას შესაძლებელია დასარეგულირებელი იყოს შერევის სიჩქარე;

ორი საათის შემდეგ ბიტუმი გადმოგვაქვს ორ ჭურჭელში და მჭიდროდ ვახურავთ თავსახურს. პირველადი ანალიზის ჩატარებისას ორივე ჭურჭელი მოთავსებულია ღუმელში 190°C ტემპერატურაზე 12საათიდან 24 საათამდე. თუ ზუსტად რამდენი დრო გვესაჭიროება შედეგის მიღებისათვის შეგვიძლია დავადგონოთ დარბილებასა და აღდგენას რამდენი დრო დაჭირდება 25°C.

რეაქციის დასრულებისათვის ღუმელიდან გამოტანილი ჭურჭლები უნდა გავაციოთ 5-10 წუთის განმავლობაში, ფრთხილად მოვხადოთ სახურავი (შესაძლებელია წნევით მოხდეს მასის ამოხეთქვა, ამიტომ სიფრთხილე აუცილებელია) და გავაგრძელოთ ცდების ჩატარება;

ამის შემდეგ შესაძლებელია შესაბამისი სტანდარტების მოთხოვნის შესაბამისად ჩატარდეს ცდები და ვნახოთ თუ საბაზისო ბიტუმი ელვალის პოლიმერის რამდენპროცენტთან მატებას ითხოვს.

ექსპერიმენტული ნარეგების მომზადება კატალიზატორის გამოყენებით

(ორტოფოსფორის მჟავა 105%, 110% ან 115%)

ფრთხილად გავაცხელოთ ბიტუმის ნიმუში ღუმელში 175°C ტემპერატურაზე, საკმარისად გათხევადებამდე; ერთგვაროვანი მასის მიღებისა და გადავიტანოთ შემრევ ჭურჭელში;

ლაბორატორიული შემრევის საშუალებით ვურიოთ 185°C ტემპერატურაზე, სიჩქარით 200 ბრუნის წუთში, ისე რომ არ მოხდეს ჰაერის შეღწევა;

ათი წუთის შემდეგ დავამატოთ პოლიმერი, ნელ-ნელა 10გრამი წუთში; გავაგრძელებთ შერევას ორი საათის განმავლობაში, პერიოდულად შევამოწმებთ ნარევს;

ნარევში ვამატებთ 0,2% (ბიტუმის მასის) ორტოფოსფორულ მჟავას და ვურივთ კიდევ 15-30წუთის განმავლობაში. იკრძალება 105%ზე ნაკლები კონცენტრაციის მჟავის გამოყენება;

მიღებულ ნარევს ვანაწილებთ ორ ჭურჭელში და მყარად ვახურავთ თავსახურს, მოვათავსებთ ღუმელში 190°C. დაველოდებით ელვალის პოლიმერის ბიტუმში შეღწევადობის რეაქციას, შეგვიძლია შევამოწმოთ ლღობა და სიმყიფე 25°Cზე, როგორც კი მონაცემი შეწყვიტავს მატებას, რეაქცია დასრულებული იქნება. პირველადი ცდებისთვის ერთიდან სამ საათამდე იქნება საჭირო, შეღწევადობის საერთო პერიოდი ზოგადად მოიცავს სამოციდან ოთხმოცდაათ წუთს;

რეაქციის დასრულებისათვის ღუმელიდან გამოტანილი ჭურჭლები უნდა გავაციოთ 5-10 წუთის განმავლობაში, ფრთხილად მოვხადოთ სახურავი (შესაძლებელია წნევით მოხდეს მასის ამოხეთქვა, ამიტომ სიფრთხილე აუცილებელია) და გავაგრძელოთ ცდების ჩატარება;

ამის შემდეგ შესაძლებელია შესაბამისი სტანდარტების მოთხოვნის შესაბამისად ჩატარდეს ცდები და ვნახოთ თუ საბაზისო ბიტუმი ელვალის პოლიმერის რამდენ პროცენტთან მატებას ითხოვს;

0.2% მჟავის დამატებით ბიტუმის მოდიფიკაციის მეთოდის შემუშავების შემდგომ შესაძლებელია მჟავის დამატება ოპტიმალურად 0.3-0.4%ის გამოყენებით. ცხრილი 4-ში მოცემულია ცდების შედეგები არამოდიფიცირებულ, ელვალით მოდიფიცირებულ და ელვალითა და მჟავით მოდიფიცირებულ ბიტუმზე. [63]

ცხრილი 4

ბიტუმის მოდიფიცირება, ცდები

№	ორგანული შემკვრელის სახეობა და შემადგენ.	პენეტრაცია 0.1მმ ტემპ.		დარბილების ტემპ. °C	მსხვრევად. °C	დუქტილობა (სმ) ტემპ.		ელასტიურობა % ტემპ.		ადჰეზია %	კოჰეზია მპა	პლასტიურ. ინტერ. °C
		0°C	25°C			0°C	25°C	0°C	25°C			
1.	ბიტუმი ბ6130/200	53	151	37	-20	13	78	0	0	18	0,022	57
2.	ბიტუმი ბ6130/200 მოდიფიც. 2% ელვალით (შერევა 200°C + თერმოსტატირება 200°C 7საათის განმავლობაში)	29	87	44	-20	38	>100	38	45	76	0,038	64
3.	ბიტუმი ბ6130/200 მოდიფიც. 2% ელვალით (შერევა 170°C + 105 კონცენტრ მჟავით, ბიტუმის მასის 0.2%; შერევა 30წუთი 170°C)	11	67	61	-17	12	43	62	77	84	0,059	78

ცხრილი 5 ასახავს სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის ელვალით მოდიფიცირებულ ბიტუმზე ჩატარებულ ცდებს (ნემსის

ჩასოლვის სიღრმე, დარბილების ტემპერატურა, წელვადობა, პენეტრაციის ინდექსი, ელასტიურობა, ქვის მასალასთან მიკვრის უნარი, ერთგვარობნება).

ცხრილი 5

პოლიმერული დანამატით "ელვალლით" მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოცდის შედეგები

მაჩვენებლების დასახელება	ბაქოს ნავთობის ბიტუმის ბნ50/70-ის თვისებები		
	დანამატის გარეშე	1% ელვალლით	2.0% ელვალლით
ნემსის ჩასოლვის სიღრმე 25 ⁰ C	55	50	40
დარბილების ტემპერატურა ⁰ C	50	70	74
წელვადობა, სმ	84	15	12
დარბილების ტემპერატურის ცვლილება გახურების შემდეგ, ⁰ C	3	4,2	4,0
სიმყიფის ტემპერატურა, ⁰ C		-20	-19
პენეტრაციის ინდექსი	-1,0	-	-
ელასტიურობა, % 25 ⁰ C		31	15,1
ქვის მასალასთან მიკვრის უნარი	მდგრადი		
ერთგვაროვნება	ერთგვაროვანი		

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

ცხრილი 6-ში ნაჩვენებია ასფალტბეტონის ცდები, სადაც ბიტუმში დამატებულია ელვალის მოდიფიკატორი სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობით.

ცხრილი 6

„ბ“ ტიპის ასფალტბეტონის გამოცდის შედეგები

მაჩვენებლების დასახელება	ასფალტბეტონის თვისებები - ბიტუმის მარკა ბნ50/70			
	ნორმა გოსტ 9128-97	დანამატის გარეშე	1% ელვალლი თ	1.5% ელვალლი თ
სიმტკიცე კუმშვაზე, მპა +50 ⁰ C	1,3	1,4	1,75	2,2

ტემპერატურაზე +20°C	2,5	4,4	4,5	4,8
ტემპერატურაზე				
წყალმედვობის კოეფიციენტი	0,85	0,87	0,93	0,98
წყალგაჟღენთვა %	1,5-4,0	3,4	3,37	3,18
ნარჩენი ფორიანობა %	2,5-5,0	4,8	4,8	4,5
გაჯირჯვება %		0,1	0	0,1

ნახ. 5-ზე მოცემულია არამოდიფიცირებული და ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებულ ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის ვიზუალური მხარე, ხოლო ნახ. 6-ზე ამავე ნარევებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები.[62]

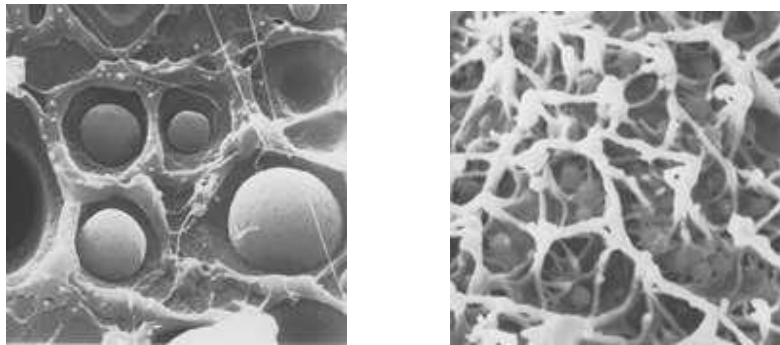


ნახ. 5. არამოდიფიცირებული და ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევი
1. არამოდიფიცირებული ბიტუმით; 2. ელვალით მოდიფიცირებული ბიტუმი



ნახ.6 არამოდიფიცირებული და ელვალის პოლიმერით მოდიფიცირებულ ბიტუმებით დამზადებული ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები

1. არამოდიფიცირებული ბიტუმი; 2. 1.5% ელვალლით მოდიფიცირებული ბიტუმი 3. 2% ელვალლით მოდიფიცირებული ბიტუმი



ნახ.7 1. მოდიფიცირებული ბიტუმი; 2. ელვალლით მოდიფიცირებული ბიტუმი.

ტრანსპორტირება და შენახვა

როგორც ავღნიშნეთ, ელვალლის პოლიმერის გამოყენებისას არ არის საჭირო კოლოიდური წისქვილის გამოყენება. მისი შერევისა და ტრანსპორტირებისათვის არ არის აუცილებელი სპეციალური მანქანების გამოყენება, მოდიფიცირებული ბიტუმი შენახვისას არ იშლება შრეებად (ელვალლისა და ბიტუმის რეაქციის შედეგად) და შემკვრელში შერეულიც კი შეგვიძლია შევინახოთ რამდენიმე თვე. საბაზისო ბიტუმისაგან განსხვავებით, ელვალლის პოლიმერით მოდიფიცირებული ბიტუმი ტრანსპორტირებისას და ასფალტბეტონის ნარევის მომზადებისას არ ეკვრის აღჭურვილობას და ფაქტიურად უდანაკარგოდ ვიყენებთ წარმოებაში.

2.4. ბიტუმ რეზინის კომპოზიციური მასალა

2.4.1. ბირკ ნარევის ეფექტურობა

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

ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგინდა, რომ შემკვრელების თვისებების გასაუმჯობესებლად აუცილებელია

მივაღწიოთ დისპერსიული სისტემის მაღალ სტაბილურობას, რაც შესაძლებელია რეზინის ფხვნილის გამოყენებით. ამ შემთხვევაში იზრდება ბიტუმის დუქტილობა და ეცემა მსხვრევის ტემპერატურა, შესაბამისად იზრდება პლასტიკურობის ინტერვალი. რეზინის ხარჯზე ბიტუმს უჩნდება საკმარისი ელასტიურობა ექსპლუატაციის დროს. შემკვრელის მაღალი ადჰეზიური თვისებები უზრუნველყოფილია მის შემადგენლობაში დამზადების პროცესში დამატებით აქტიური ქიმიური ჯგუფების შეყვანით, რომლებიც ერთის მხრივ ზრდის ასფალტბეტონის პოლარობას, მეორე მხრივ - სიმკვრივეს მოლეკულათაშორის წყალბადის კვანძებს შორის. ცხრილი 7-ში მოცემულია ჩვენს მიერ ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევის შედეგები.

ცხრილი 7

ბიტუმის შემკვრელების მახასიათებლები

თვისებების მაჩვენებლები	ბიტუმის შემკვრელის ნიმუშების მახასიათებლების შედარება. შემკვრელის რეალური ნიმუშების მაჩვენებლები			
	БНД 90/130	ბირკ 90/130	БНД 60/90	ბირკ 60/90
ნემსის ჩასოღვის სიღრმე, 0.1მმ				
250C ზე	100	78	69	40
0C ზე	24	34	20	17
დარბილების ტემპერატურა, °C	46	65	50	72
მსხვრევის ტემპერატურა, °C	-23	-26	-20	-24
პლასტიკურობის ინტერვალი, °C	69	91	70	96
დუქტილობა 0°C-ზე	3.5	8	2.4	6
ელასტიურობა, °C	-	50	-	45
შეჭიდულობა დაჟანგულ ქვიშასთან	<ნომ.№3	>ნომ.№2	<ნომ.№3	>ნომ.№2

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

ჩვენს მიერ, ჩატარებულ იქნა ლაბორატორიული კვლევები იმის დასადგენად თუ რამდენად უმჯობესდება ასფალტბეტონის ნარევის ხარისხი ბირკ ნარევის გამოყენებით. იმ მიზნით ბირკ ნარევი 60/90 მომზადდა დაბალი ხარისხის ბიტუმით (გაჭიმვაზე მაჩვენებელი და ქვიშასთან ჩაჭიდულობის კოეფიციენტი არ შეესაბამებოდა სტანდარტებს).

მოდულიზატორის სახით გამოყენებული იქნა წვრილდისპერსიული რეზინის ნამცეცები ავტომობილების საბურავებიდან ბიტუმის მასიდან 8-10%. შესადარებლად ავიღეთ ბიტუმი, რომელიც ყველა პარამეტრებით აკმაყოფილებდა GOCT22245-90-ის მოთხოვნებს. ამ შემკვრელებით დამზადებული და გამოცდილი იქნა ა/ზ-ის ნარევის სხვადასხვა მარკის, რამოდენიმე ნიმუში. დადგინდა, რომ ა/ზ-ის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები უფრო მაღალია ბირკ ნარევის გამოყენებისას.

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე შეიძლება მკვეთრად განვასხვავოთ ბირკ ნარევის მასალები სხვა შემკვრელებისაგან ფართო პლასტიკურობის ინტერვალით. ცნობილია, რომ ჩვეულებრივი საგზაო ბიტუმების პლასტიკურობის ინტერვალი როგორც წესი 60°C-65°C-ია, რომელიც არასაკმარისია საფარის ზედა ფენების მოსაწყობად საქართველოს უმეტეს რეგიონებში კლიმატური პირობების გამო.[73]

მაღალი მაჩვენებლების შემკვრელი მასალების ხარისხის კომპლექსი, უზრუნველყოფს ასფალტბეტონის მაღალ ბზარგამძლეობას და სიცოცხლისუნარიანობას. ბიტუმების მაღალი ადჰეზიური თვისებები უზრუნველყოფს ასფალტბეტონის მაღალ წყალგაუმტარობას და ექსპლუატაციის დროს საფარის ისეთ დაზიანებას, როგორცაა გამოფხვანა.

შედარებულია მახასიათებლების მაჩვენებლები ორი ტიპის ბირკ ნარევის პირველად საგზაო ბიტუმთან, რომელიც აკმაყოფილებდა GOCT 2245-90 მოთხოვნებს. ჩატარებულმა გამოკვლევამ ა/ზ-ის ბირკ-ზე გვიჩვენა, რომ: შემკვრელის ხარჯი ნარევაში არ გაიზარდა; საშუალო სიმკვრივე დაეცა 0.01გ/სმ³; ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლები ასფალტბეტონის აკმაყოფილებს მოთხოვნებს GOCT 9128-97; საკმაოდ დაეცა სიმტკიცის ზღვარის მაჩვენებელი კუმშვაზე. 0°C- 12.4 მპა-ს პირველადი ბიტუმის, 8.69-9.23 მპა-ს ბირკ ნარევის; გაიზარდა წყალმედვეობის კოეფიციენტი 0°C- 0.62 პირველადი ბიტუმის, 0.85 ბირკ ნარევის; გაიზარდა სიმტკიცის მაჩვენებელი 50°C-ზე 1,9მპა-დან 2.16მპა-მდე და მაჩვენებელი ძვრისადმი სიმტკიცის- 2.17მპა-დან 2.51მპა-მდე.

ნებისმიერი შემთხვევაში ყველა მთავარი მაჩვენებლებით, რომელიც ახასიათებს საფარს საგრძნობლად გაუმჯობესებულია ყველაზე კარგი ხარისხის ბიტუმით დამზადებულ ა/ზ-სთან შედარებით. ძირითადად ეს ეხება ბზარმედეგობას დაბალ ტემპერატურებზე და წყალგაუმტარობას. ამასთან, როდესაც შემკვრელი ბირკ დამზადებულია ბაქოს ერთ-ერთი ყველაზე დაბალი ხარისხის ბიტუმის საფუძველზე. აგრეთვე, აუცილებელია გავითვალისწინოთ, რომ ბირკ ნარევის აქვს ძალიან მაღალი ელასტიურობა დაბალ ტემპერატურაზე, ჩვეულებრივ ბიტუმებში ის საერთოდ არ არსებობს. ეს მაჩვენებელი გავლენას ახდენს კომპოზიციური მასალების დანგრევის მედეგობაზე, როგორც არის ასფალტბეტონზე ციკლური დატვირთვების მოქმედება ექსპლუატაციის დროს. ასფალტბეტონის ბირკ ნარევი ციკლომედეგობით ჩვეულებრივ ბიტუმთან შედარებით 2-3-ჯერ მეტია. ცხრილში 8 მოცემულია ასფალტბეტონის მახასიათებლების შედარება სტანდარტული და ბიკ შემკვრელებისათვის, რაც წარმოადგენს ცდებით ჩატარებულ მონაცემებს. ა/ზ-ი ბ ტიპის, წვრილმარცვლოვანი მკვრივი, საშუალო სიმკვრივით 2.43-2.41 გ/სმ³. შემადგენლობა: გრანიტის ლორღი 5-15მმ 46%, ქვიშა 44%, მინერალური ფხვნილი 10%, მოდიფიკატორი - რეზინის ნაწილაკები რბილი რეზინებისაგან HK (2%) და ავტომანქანის საბურავების ნამცეცების ზომით 0.8მმ (8% შემკვრელის მასის შემადგენლობაში).

ბირკ ნარევი, უფრო მედეგია ჟანგბადისა და წყლის მიმართ. რეზინში არსებული ნივთიერებები უზრუნველყოფენ ასფალტბეტონის ნარევის მაღალ სიმტკიცის, ანელებს საფარის დაბერების პროცესს მაღალი ტემპერატურის დროს. წვრილდისპერსიული ნამცეცების შეყვანა ამაღლებს შემკვრელის წყალგამძლეობას. ასფალტბეტონის საფარების ექსპლუატაციისას შეიმჩნევა დაზიანებული მონაკვეთების "თვითგანკურნების" ეფექტი. ამასთანავე, ისინი მდგრადია თანამედროვე ყინულსაწინააღმდეგო დანამატებისადმი.[71]

ცხრილში 8-ში მოცემულია ბირკ შემკვრელითა და სტანდარტული საგზაო ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შედარება.

ცხრილი 8

ბირკ შემკვრელითა და სტანდარტული საგზაო ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

მაჩვენებელი	ა/ზ- ბნ 60/90	ა/ზ – ბირკ 60/90	გოსტ 9128-97 მოთხოვნებით
სიმტკიცე კუმშვაზე, მპა			
50 °C	1.4	2.7	≥1.2
20 °C	4.5	5.8	≥2.5
0 °C	11.7	8.0	≥11.0
სიმკვრივის მოდული კუმშვაზე, მპა			
50 °C	120	200	-
0 °C	2 000	640	-
სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვაზე, მპა 0°C-ზე			
	3.6	5.4	3.0-6.5
წყალგამძლეობა	0.9	1.00	≥0.90
წყალგამძლეობა წყალგაჟღენთვის დროს	0.75	0.98	≥0.85
წყალგაჟღენთვა%	1.8	1.3	1.5-4.0

მოყვანილი მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ ბირკ ნარევის გამოყენების დროს საგრძნობლად იზრდება სიმტკიცის ზღვარი და ძვრის წინააღმდეგობა მაღალ ტემპერატურებზე, რაც თავის მხრივ ზრდის მდგრადობას ასფალტბეტონის საფარში. ეს თვისება ძალიან საჭიროა ცხელი კლიმატის რეგიონებისათვის, მეორეს მხრივ ბზარმედეგობა ამავე ასფალტბეტონის შეესაბამება I კლასის ფინურ ნორმატივებს (PANK4302) ე. ი. ის შეიძლება გამოვიყენოთ ცივ კლიმატურ ზონებშიც კრიტიკული ტემპერატურების დროს -35°C. დიდი ადჰეზიური თვისებების გამო ასფალტბეტონი გამოირჩევა დიდი მედეგობით წყლისა და ატმოსფერული ზემოქმედების მიმართ. ზედა საფარს ასეთი ასფალტბეტონის ქიმიურად დამუშავებული რეზინის ხარჯზე, აქვს გაზრდილი ჩაჭიდულობის კოეფიციენტი ავტომობილის თვლებისადმი

და დაბალი ხმაური. ასეთი ასფალტბეტონი გამოირჩევა კარგი თვისებებით დატკეპნისას და ადვილია დაგებისას იმ ასფალტბეტონის ნარევთან შედარებით, რომელშიც გამოყენებულია მოდიფიცირებული პოლიმერული ბიტუმის შემკვრელები.

2.4.2. ბირკნარევის მომზადება

ბიტუმ-რეზინის კომპოზიციური ნარევი მზადდება ასფალტის ამრევეებში იძულებითი არევის წესით, პერიოდული ან უწყვეტი მოქმედებით. ამრევი დანადგარები უნდა აკმაყოფილებდნენ კომპონენტების დოზირების სიზუსტეს. შესაძლებელი ცდომილება კომპონენტების ნარევის დოზირების არ უნდა აღემატებოდეს $\pm 3\%$ -ს თითოეული კომპონენტების წონის მინერალურ ნაწილში და 1.5% -ს შემკვრელის წონის ნაწილში. მინერალური მასალების გახურების ტემპერატურაა $200^{\circ}\text{C}-230^{\circ}\text{C}$ ასეთივეა მომზადების პერიოდში. რეზინის ნაწილაკები ნარევი გახურების შემდეგ ფუვდება 2მმ-მდე, პოლიმერულ მოლეკულური ჯგუფი დიდი ხნის განმავლობაში ქიმიურად ადჰეზიას უზრუნველყოფს. ასფალტო-ამრევის ნარევის არევის დრო დამოკიდებულია ამრევი დანადგარის ტექნიკურ მონაცემებზე და აზუსტებებენ საცდელი არევის დროს. დამზადებული ნარევის გამოშვების ტემპერატურა მოცემულია ცხრილში 9.

ცხრილი 9

ბირკ ნარევის დამზადების ტექნოლოგია

ნარევის სახე	ტემპერატურა ნარევის $^{\circ}\text{C}$		
	ტემპერატურა ჰაერის $^{\circ}\text{C}$		
	+10 $^{\circ}\text{C}$ მაღლა	+10 $^{\circ}\text{C}$ -დან +5 $^{\circ}\text{C}$ -მდე	+5 $^{\circ}\text{C}$ -დან 0 $^{\circ}\text{C}$ -მდე
დასატკეპნი ნარევი	180-190	190-200	-
ლორღ.მასტ. ა/ზ	190-200	200-210	-
სხმული ტიპის ა/ზ ნარევი	200-210	210-220	220-230

2.4.3. ღორღ-მასტიკიანი ასფალტბეტონი ბირკ-ის შემკვრელით

ღორღ-მასტიკიანი ასფალტბეტონი ბირკ შემკვრელებზე ხასიათდება მთელი რიგი უპირატესობით:

- აქვს დიდი მომსახურების ვადა საგზაო ბიტუმებზე დამზადებულ ასფალტბეტონთან შედარებით (5-7-ჯერ იზრდება საფარის მედეგობა დაღლილობისადმი);
- ГОСТ 31015-2002 მოთხოვნები გაუმჯობესებულია;
- მისი გამოყენებით შესაძლებელია ასფალტბეტონის თხელი ფენის დაგება (1.5-3სმ);
- ნარევი მზადდება სტანდარტულ ასფალტბეტონის ქარხნებში სტრუქტურული დამატებითი დანამატების გარეშე, როგორც არის ცელულოზის ქსოვილი, ბოჭკო და ა.შ.;
- ნარევის ტემპერატურა დატკეპნის დასაწყისში უნდა იყოს არა ნაკლები 180°C

ცხრილი 10-ში მოცემულია ბირკ-ის შემკვრელზე დამზადებული ღორღ-მასტიკოვანი ა/ბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები.

ცხრილი 10

ბირკ-ის შემკვრელზე დამზადებული ღორღ-მასტიკოვანი ასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები

მაჩვენებლის დასახელება	მაჩვენებლის სიდიდე
წყალგაუღენტოვა, %	0.1-0.4
სიმტკიცისზღვარიშეკუმშვაზე,მპა.	
50°C	1.3-1.5
20°C	3.0-3.5
0°C	6.0-8.0
წყალგამძლეობა	0.95-0.98
საშუალო სიმკვრივე, გ/სმ ³	4.5-5.0
სიმტკიცისზღვარიგახლეჩვაზე 0°C, მპა	4.5-5.0

2.4.4. ბირკ-ის შემკვრელზე დამზადებული ასფალტბეტონის

ტრანსპორტირება და შენახვა

რეზინა-ასფალტის ნარევის ტრანსპორტირება რეკომენდირებულია ტენტებით აღჭურვილი ავტოთვიომცლელებით. ტრანსპორტირებისას როცა ტემპერატურა 10°C-ზე ნაკლებია თვითმცლელი აღჭურვილი უნდა იყოს გამაცხელებლით. ნარევის ტრანსპორტირების ხანგრძლივობა დამოკიდებულია დაგების ტემპერატურაზე. ჩასხმული ასფალტბეტონის ხელით დაგების დროს ტრანსპორტირდება უნდა მოხდეს თერმოს-ბუნკერებში იძულებითი არევის წესით. დაგროვების ბუნკერში შენახვის რეჟიმი და ნარევის ტრანსპორტირება დაკავშირებულია ნარევის დაბერებასთან. მაქსიმალურად დასაშვები დრო შენახვისა და ტრანსპორტირების დამოკიდებული მომზადებული ნარევის ტემპერატურაზე, რომელიც არ უნდა იყოს 180°C-ზე ნაკლები. სხვადასხვა ტიპის ნარევის შენახვის დასაშვები დრო მოცემულია ცხრილში 11:

ცხრილი 11

სხვადასხვა ტიპის ნარევის შენახვის დასაშვები დრო

ნარჩენი ფორიანობა ა/ბ-ის %	შენახვისა და ტრანსპორტირების მაქსიმალური დასაშვები დრო, საათი			
	ლორდ.მასტ. ა/ბ	მკვრივი		
		ტიპიI	ტიპიII	ტიპიIII
1-დან 2.5-მდე	5.0	-	-	-
2.5-დან 3.5-მდე	-	4.0	3.5	2.0
3.5-დან 5.0-მდე	-	3.0	2.0	1.5

აუცილებლობისას, როდესაც საჭიროა რეზინა-ასფალტბეტონის ნარევის ხანგრძლივი შენახვა დამგროვებელ ბუნკერში ან დიდ მანძილზე ტრანსპორტირება, ნარევის დაბერების სიჩქარის შემცირების მიზნით რეკომენდირებულია გამოვიყენოთ ნარევის ის სახეები,

რომლებიც უზრუნველყოფენ ა/ბეტონის მინიმალურ ნარჩენ ფორიანობას. შენახვის მაქსიმალური დრო დგინდება ცდების საფუძველზე. ნარევის ტრანსპორტირებისას თვითმცლელის ძარა უნდა იყოს განთავისუფლებული უცხო მასალებისაგან და ნარევის ნარჩენებისაგან, მისი შიდა ზედაპირი აუცილებელია დამუშავდეს სპეციალური მინარევებით. თვითმცლელი მიზანშეწონილია დაიტვირთოს ასფალტამრევ მოწყობილობიდან ან დამგროვებელი ბუნკერიდან რამოდენიმე ოპერაციით. პირველი პორცია აუცილებელია დაიტვირთოს ძარის წინა ნაწილში, თვითმცლელის წინ გადაადგილების შემდეგ მეორე პორციას ტვირთავენ ძარის ბოლოს უკანა ბორტის გვერდზე. დანარჩენი პორციები ნარევის იტვირთება ძარის შუაში. ეს ხერხი აძლევს ნარევს საშუალებას დიდი მარცვლების ნაკლებ მანძილზე გადაადგილების და ამასთანავე უწყობს ხელს სეგრეგაციის შემცირებას. ამინდის მდგომარეობიდან გამომდინარე ნარევი საჭიროა დაიფაროს სითბოიზოლირებული მასალით და ძარაზე უნდა ჰქონდეს დამონტაჟებული გამონაბოლქვი გაზებისაგან გახურების სისტემა.

2.4.5. ასფალტბეტონის ნარევის დაგება

ბირკის ნარევისგან დამზადებული საფარი უნდა მოეწყოს СНИП 3.06.03-85 მოთხოვნილებების მიხედვით. ნარევის სპეციფიკიდან გამომდინარე საფარის ზედა ფენა ეწყობა მშრალ ამინდში. რეკომენდირებულია საფარის მოწყობა გაზაფხულზე და ზაფხულში არა ნაკლებ 0°C -ზე, შემოდგომაზე არა ნაკლებ 5°C -ზე. საფარები, რომლებიც შედგება თხელი ფენისაგან უნდა დაიგოს არა ნაკლებ 10°C -ზე. 0°C ტემპერატურაზე დაბლა შესაძლებელია დასხმული ასფალტბეტონის დაგება მხოლოდ ხელით დაგების წესით ორმოული რემონტებისას. მოდიფიცირებული ა/ბ-ის საფარები იგება ასფალტოდამგებებით და იტკეპნება სატკეპნების ჯგუფით, რომლებიც უზრუნველყოფენ მშენებლობის საჭირო ტემპს. დასატკეპნი ნარევის

ტემპერატურა დატკეპნის წინ უნდა იყოს არა ნაკლები 140⁰C, თხელი ფენებისთვის 160⁰C. დაგებისას ნარევის ტემპერატურული რეჟიმის დაცვა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია.

12-ე ცხრილში მოცემულია საფარის დაგების ტემპერატურული რეჟიმები

ცხრილი 12

საფარის დაგების ტემპერატურული რეჟიმები

შემკვრელის მარკა	БИТРЭК 60/90	БИТРЭК 90/130	БИТРЭК 130/200;200/300
ნარევის დაგების ტემპერატურა °C	150-160	145-155	140-150

ბირკ ტექნოლოგიით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის გაშლისას საფარის სისქე საპროექტო სისქესთან შედარებით უნდა იყოს 10-15%-ით მეტი. პირველად გლუვზედაპირიანი სატკეპნებით (2-3 გავლა) ერთ კვალზე, შემდეგ თვითმავალი პნევმატური სატკეპნებით, მასით 16ტ (4-5 გავლა), შესაძლებელია ჩართული ვიბრატორებით. საფარის ნარევის დასატკეპნად სატკეპნების ამორჩევის ბოლო ვარიანტი უნდა იყოს განხილული ამინდის და ნარევის ტემპერატურის მიხედვით. ბირკ ნარევის საფარების დატკეპნა პლასტიკურობის გამო უფრო ადვილი და იოლია ვიდრე ჩვეულებრივი ბიტუმებისაგან მომზადებული საფარების, ძვრები, ტალღები, ბზარები, გახლეჩები, ნარევის დაგების დროს არ წარმოიშობა, იმის და მიუხედავად სატკეპნების ვიბრატორი ჩართულია თუ არა. ნორმატიულთან შედარებით მცირდება სატკეპნების გავლის რაოდენობა ერთ კვალზე ნარევის დიდი ადჰეზიის ხარჯზე. საფარს უმეტეს შემთხვევებში არ სჭირდება არსებული საფუძვლის და ნაწიბურების წინასწარი დაგრუნტვა.

ასფალტობეტონის ოპტიმალური ნარევის ამორჩევისას

მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ:

- ნარევი უნდა აკმაყოფილებდეს გოსტის 9128-97 მოთხოვნებს;
- რეზინის ფხვნილის 5% რაოდენობით შეყვანისას მინერალური ფხვნილის შემადგენლობა ნარევიში მნიშვნელოვნად მცირდება სტანდარტულთან შედარებით;
- კომპონენტების საბოლოო შემადგენლობა დგინდება ლაბორატორიული გამოკვლევების საფუძველზე;
- ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები უნდა აკმაყოფილებდეს **გოსტის** 9128-97 მოთხოვნილებებს.

ასფალტბეტონის საფარის მომსახურების ვადა პირველი რემონტის ჩატარებამდე, საქართველოში არის 5-7 წელი, ხშირად მხოლოდ 3-5 წელი. საფარის შეკეთებისას ვხვდებით პრობლემების მთელ კომპლექსს: ასფალტების და ბიტუმების დაბალი ხარისხი, მორალურად და ფიზიკურად დაბერებული ასფალტის წარმოება და ტექნოლოგიები. იმ შემთხვევაში თუ ასფალტში სწორედ შევიყვანთ რეზინის ფხვნილს, რამდენჯერმე გაიზრდება საფარის ხანმედეგობა, საფართან საბურავის ჩაჭიდების ძალა იზრდება 2-ჯერ, მცირდება ავტომობილის დამუხრუჭების მანძილი რაც მნიშვნელოვანია მოძრაობის უსაფრთხოებისათვის, მცირდება ხმაური, იზრდება საფარის წყალგაუმტარობა, დიდია პლასტიკურობა ე.ი. საფარი უპრობლემოდ მუშაობს დაბალ და მაღალ ტემპერატურებზე გარემოს ზემოქმედების დროს ციკლური დატვირთვების პირობებში, ვიბრაცია მცირდება, იზრდება დარტყმების მიმართ მედეგობა, ძვრისადმი მიმართ წინააღმდეგობა, გზის დაზარავის მიმართ წინააღმდეგობა. ამის გარდა, მოდიფიცირებულ საგზაო საფარს ტიპიურ საფარებთან შედარებით შეიძლება ჰქონდეს 1.5-2-ჯერ ნაკლები სისქე. ვინაიდან, ჩაჭიდულობის ძალა დიდია, ამიტომ არაა რეკომენდირებული დამატებითი ხარჯები საფარის ზედაპირული დამუშავების ჩატარებისთვის, რაც იძლევა დამატებით ეკონომიას. ამ ტექნოლოგიით დაგებული გზის სიცოცხლის უნარიანობა, სწორი

ექსპლუატაციის პირობებში შეადგენს 15-20 წელს. საფარის დაგება შეიძლება ნებისმიერ საფუძველზე, ასფალტბეტონის ნარევის აქვს მაღალი ჩაჭიდების უნარი ნებისმიერი სახის ზედაპირთან. ნარევის 1მ² საგზაო საფარში შედის არა უმეტეს 1-1.5 კგ. რეზინის ფხვნილი. ეს მეტყველებს იმაზე, რომ ერთი საშუალო სიმძლავრის რეზინის გადამუშავების ქარხანა თბილისს და რუსთავს შორის, მეორე იგივე სიმძლავრის დასავლეთ საქართველოში ქ. ქუთაისთან, არსებულ საბურავებთან დაკავშირებულ ეკოლოგიურ პრობლემებს მთლიანად მოგვიხსნის, ხოლო რეზინის გადამუშავებით და შემდეგ ამ ნედლეულის გამოყენებით, ანუ მთელი პროცესის ციკლის შეკვრით ჩვენ მივიღებთ დიდ მოგებას. რუსეთის ფედერაციაში ბირკ ნარევის ტექნოლოგიის გამოყენებისას 1მ² გზის საფარის ღირებულება იზრდება 8-12%-ის ფარგლებში იმის და მიხედვით თუ რა ტიპის ასფალტის ნარევი დასამზადებელი. ეს აიხსნება იმით, რომ რეზინის ფხვნილის 0.3-0.5მმ ფრაქცია რუსულ ბაზარზე ღირს ძვირი, ხოლო ბიტუმი მსოფლიო ბაზართან შედარებით იაფია (რუსეთში გზების შესაკეთებლად იყენებენ ადგილობრივი საბადოებიდან მოპოვებულ ბუნებრივ ბიტუმს). საქართველოში, რადგან ბიტუმის იმპორტს ვეწევით, შესაბამისად ძვირი გვიჯდება, ხოლო რეზინის ფხვნილი რუსეთთან შედარებით იაფი დაგვიჯდება. ვინაიდან, რეზინის ფხვნილი ბიტუმის შემადგენელი ნაწილია და ბიტუმის ფასი რეზინის ფხვნილის ფასთან შედარებით ძვირია, ამიტომ ლოგიკური მსჯელობით 1მ² გზის საფარის ღირებულება უფრო იაფდება ვიდრე დღეს ტიპიური ასფალტბეტონის საფარის 1მ²-ის თვითღირებულებაა. ამასთანავე, ყველაფერი დამოკიდებულია მსოფლიო ბაზარზე ბიტუმის მომწოდებლის ფასზე, რომელიც ხასიათდება მზარდი ტენდენციით.

საგზაო კომპანიები თუ გამოიყენებენ ამ ტექნოლოგიას საგზაო საფარების მოწყობისას გაიზრდება რემონტთაშორის ვადები მინიმუმ 2-3-ჯერ, რაც გარკვეულწილად მათ არ აწყობთ, რადგან ამ შემთხვევაში

შემცირდება სახელმწიფოს მიერ გამოსაყოფი თანხები. მაგრამ სახელმწიფო ინტერესებიდან გამომდინარე, ამ ტექნოლოგიას აქვს ძალიან დიდი მომავალი.

ბირკ ნარევის გამოყენებით საგზაო საფარის ზედა ფენის მოსაწყობად დახარჯული 1,5 მილიონი ლარი 10 წლის მანძილზე (ექსპლუატაციის ვადა) მოგვცემს 2,250 მილიონ ლარის ეკონომიას, რადგან დროის ამავე მონაკვეთში საფარის მოვლა-შენახვისათვის გასაწევი ხარჯები მინიმალურია.

მთელ მსოფლიოში ყოველწლიურად იზრდება გაცვეთილი საბურავების რაოდენობა. შესაბამისად აქტუალურია მათი უტილილიზაციის პრობლემა. ბირკ შემკვრელების ფართოდ გამოყენების შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ეკოლოგიური ეფექტი. გარემო განთავისუფლება გაცვეთილი საბურავების მირ წარმოშობილ მავნე ნივთიერებებისაგან, რომლებიც საშიშროებას წარმოადგენს ნიადაგისა და ატმოსფეროსთვის. საბურავის დაწვით წარმოიქმნება ნივთიერებები: ბიოფენილი და ბენზოპერენი, რომლებიც გამოირჩევა მაღალი ტოქსიკურობით. 1 ტონა საბურავების დაწვისას გამოიყოფა 270კგ ჭვარტლი (მური) და 450კგ ტოქსიკური ნავთი. საბურავი ნაგავსაყრელზე ბიოლოგიურად თითქმის არ იხრწნება. წვიმის დროს გამოყოფს შხამიან ნივთიერებებს (დიფელინილი, ფენანტრენი და სხვ) რომლებიც ჩადის ნიადაგში და წამლავს გრუნტს და კაპილარულ წყლებს. ამგვარად, ბირკ შემკვრელების გამოყენებას აქვს უდიდესი სიცოცხლის უნარიანობის პერსპექტივა.

2.5 ბიტუმის პოლიმერ მოდიფიკატორების - კრატონის, ელვალოისა და ბიტუმ რეზინის კომპოზიციური მასალის შედარებითი დახასიათება

მოდიფიცირებული ბიტუმების რეოლოგიური თვისებები: საგზაო ფენილის ზედა ფენებში, ჰორიზონტალური ძალებისაგან გამოწვეული დატვირთვები ვლინდება რთული რელიეფის პირობებში, განსაკუთრებულად მაღალი დადებითი ტემპერატურების დროს. ამ ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში საგზაო საფარის არსებული შემკვრელის სიბლანტე საგრძნობლად მცირდება, რასაც მოჰყვება ასფალტბეტონის საფარის მდგრადობის კლება.

ცნობილია, ავტომობილი დამკრისას ავითარებს წვეის ძალის დიდ მნიშვნელობას, რაც იწვევს ჰორიზონტალური დატვირთვის გაზრდას. ამას სისტემატიური ხასიათი აქვს გზაჯვარედინებზე, საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაჩერების ადგილებში და მაღალი გრძივი ქანობის აღმართებზე.

მკვეთრი დამუხრუჭებისას მშრალ ფენებზე, განსაკუთრებით დაღმართზე, ჰორიზონტალური დატვირთვა მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს.

როგორც უკვე არაერთხელ ავღნიშნეთ, ბიტუმის თვისებებზე ზემოქმედება შესაძლებელია პოლიმერული დანამატების მეშვეობით. დანამატები აქვეითებენ ბიტუმის ტემპერატურულ მგრძობელობას, ზრდიან კოჰეზიურ თვისებებს, თერმომდგრადობასა და მის ელასტიურობას. ეს თავისთავად აუმჯობესებს საფარის ძვრამდეგობას და ხელს უწყობს დეფორმაციის სწრაფ აღდგენას.

პოლიმერული დანამატებით შესაძლებელია ბიტუმის სიბლანტისა და დარბილების ტემპერატურის რეგულირება, რაც თავისთავად მნიშვნელოვნად ზრდის ბიტუმის პლასტიურობის ინტერვალს. რაც შეეხება, ბიტუმის სიმციფის ტემპერატურას, მისი ცვლილება უმნიშვნელოა და გავლენას ვერ ახდენს ასეთი ბიტუმებით

დამზადებული ასფალტბეტონის მუშაობის თვისებებზე დაბალი ტემპერატურის პირობებში. მოდიფიცირებული ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონების ნიმუშები ხასიათდებიან მაღალი სიმტკიცით 50°C-ზე.

პოლიმერული დანამატებით შესაძლებელია მაღალი ხარისხის ძვრამდეგი ასფალტბეტონის დაგება, რაც უზრუნველყოფს საფარის რთული რელიეფის პირობებში ექსპლუატაციას, მაღალ სიმტკიცეს და მდგრადობას მაღალი ტემპერატურისა და მისი ცვალებადობის დროს.

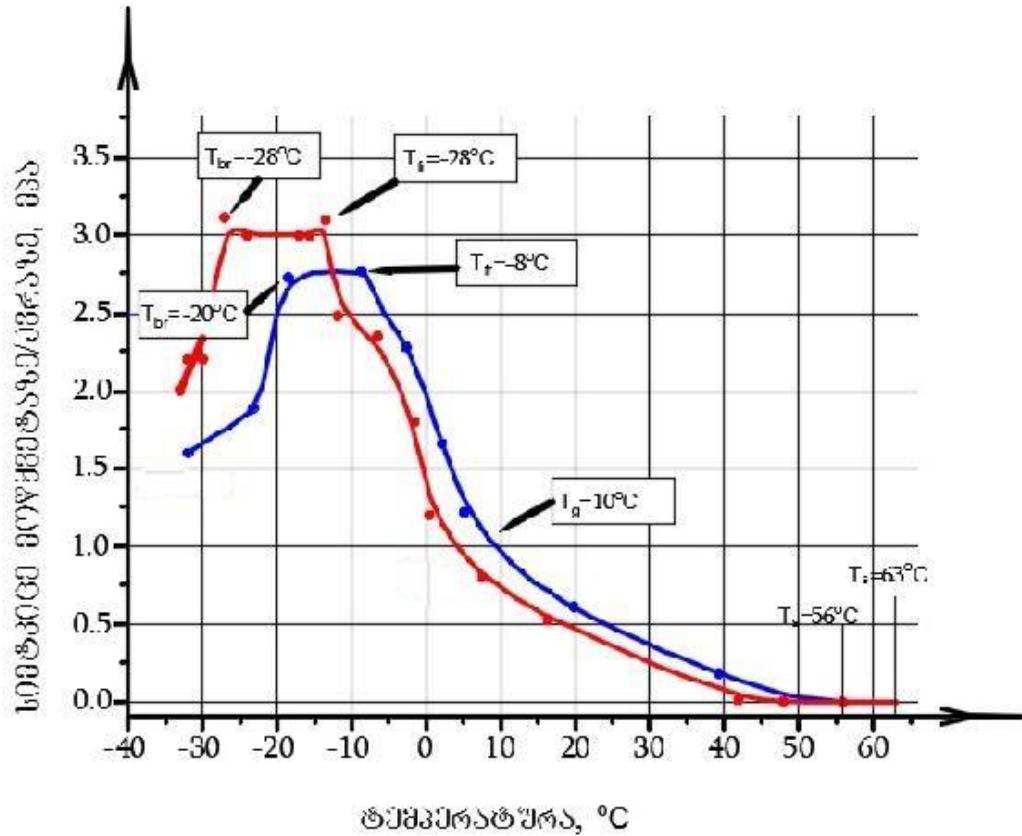
შემუშავებულია ახალი სწრაფი მეთოდი, რომელიც განსაზღვრავს ბიტუმის შემკვრელთა კომპლექსის რეოლოგიურ თვისებებს, ისეთების როგორცაა: ძვრის სიმტკიცე და მისი დამოკიდებულება ტემპერატურაზე -36°C (+180)°C ინტერვალში, კრობადობის უნარი (ადჰეზია ქვის მასალასთან), დარბილების დაწყების დენადობის და გამყიფების ტემპერატურა, შემკვრელის მუშაობის უნარიანობის (პლასტიურობის) ინტერვალი. მეთოდი გამოყენებულია კრატონისა და ელვალის ბიტუმპოლიმერის ხარისხის შედარებითი შეფასებისთვის ბიტუმრეზინის კომპოზიციური დანამატისათვის. ბიტუმრეზინის კომპოზიციურ დანამატთან დაკავშირებით ყინვამდეგობისა და თბომდეგობის მიხედვით შესწავლილია შემადგენლობა, ჩატარებულია ცდები და დადგენილია რაოდენობრივი შეფასება. შემკვრელი დანამატების ერთ-ერთ ძირითად თვისებას ძვრის სიმტკიცე და შეჭიდულობა ქვის მასალებთან (კრობადობა) წარმოადგენს, აქედან გამომდინარეობს ასფალტბეტონის ხანმდეგობა, ბზარმდეგობა, ყინვა და თბომდეგობა. ამ თვისებების შეფასების მეთოდთა უმეტესობა (რგოლი და ბურთულა, პენეტრაცია, დუქტილობა) წარმოადგენს შედარებით მცირე ინფორმაციას მასალათა სიმტკიცის თვისებების მიმართ, ამასთან ეს მეთოდები საკმაოდ შრომატევადია და ხანგრძლივი. ბიტუმის დანამატების მასალათა სიმტკიცის თვისებების დასადგენად განვიხილოთ ამოცანა.

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 მჟავე ბუნების ქვის მასალას. ივსება სტიკერი დიამეტრით 8მმ და სიღრმით 2მმ ნიმუშით მასით 7-8 მგ. ქვესადების ტემპერატურა იზრდება ნიმუშის დენადობის ტემპერატურამდე და მჭიდროდ ეკრობა სტიკერი ზედაპირთან ნიმუშის ზედმეტი ნარჩენის გამოდევნით. ხელსაწყო გრილდება საჭირო ტემპერატურამდე.

აღნიშნულ ტემპერატურაზე ნიმუშებზე გამოიყენება ჩანაცვლებითი დატვირთვა და დინამომეტრზე აღინიშნება მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა კილოგრამებში. იანგარიშება ძვრის დამაბულობა (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 90 გ, რაც დიამეტრის ლაქის კონტაქტს 8 მმ-ით შეესაბამება ძვრის დამაბულობა 0,002; 0,008 და 0,018 მპა.

მერვე ნახაზზე მოყვანილია მრუდები, რომლებიც ასახავენ ნიმუშის ძვრის სიმტკიცის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე ინტერვალში ძვრის დაწყებიდან $T_s - 32^{\circ}\text{C}$ -მდე. როგორც ნახაზიდან ჩანს ძვრის სიმტკიცე

მდორედ იზრდება ტემპერატურის კლების მიხედვით, 0,002 მპა მნიშვნელობიდან ძვრის დაწყების ტემპერატურაზე $T_s=56$ და 63°C და 2,8-3 მპა -15°C .



კრატონი — ელვალოი
ნახ.8. კრატონისა და ელვალის ძვრის სიმტკიცის მრუდები

რეოლოგიური მრუდის დამახასიათებელი წერტილებია: (ტემპერატურის): (1) T_s - ძვრის (დარბილების) დაწყება მოცემულ მცირე დატვირთვაზე; (2) T_g - გამინების დაწყება როგორც მრუდის მკვეთრი აღმა სვლა 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°) $^{\circ}\text{C}$ 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 (კრობადობის) 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 - გაღუნვისას ტყდება და არ იღუნება, 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 დაწვეის მიხედვით, მოლეკულური ჯაჭვის მობილობის დაქვეითებით იზრდება ჯაჭვებს შორის კონტაქტების რიცხვი. ამასთან გამორიცხული არაა ქვესადგამიდან კავშირის ნაწილის გადასვლა მასალის შიგნით. კოჰეზიის და ადჰეზიის გათანაბრების მომენტში ხდება ადჰეზიის ამოვარდნა ქვესადგამიდან T_{fr} და ძვრის დაძაბულობაზე P_{fr} ($P_{fr} = P_{xp}$ = წებვადობა) გადასვლის შესაბამის ტემპერატურაზე.

ნახ.8-დან ჩანს, რომ ნიმუშის დაძვრა 10გ. დატვირთვაზე დაიწყება 63 °C-ზე (კრატონი) და 56 °C-ზე (ელვალოი), შემდეგ ძვრის სიმტკიცე (CII)

ნელა იზრდება $T_g=10^{\circ}\text{C}$ -მდე და სწრაფად მატულობს ამ მონაკვეთზე $T_g-T_{fr}=10-(-8)=18^{\circ}\text{C}$ ელვალოი და $10-(-14)=24^{\circ}\text{C}$ (კრატონი).

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

სიმციფის ტემპერატურა ელვალოიში აღწევს -20°C და კრატონში - 28°C , რაც უკანასკნელში გამოწვეულია ელასტიკური კომპონენტების დიდი შემცველობით, ამასთან, კრობადობა კრატონში რამდენადმე მცირეა ელვალოისთან შედარებით - 2,8 და 3 მპა.

შესაბამისად, ელვალოი უფრო ელასტიურია და კრობადი დაბალ ტემპერატურაზე ვიდრე კრატონი (უფრო ყინვამედეგი).

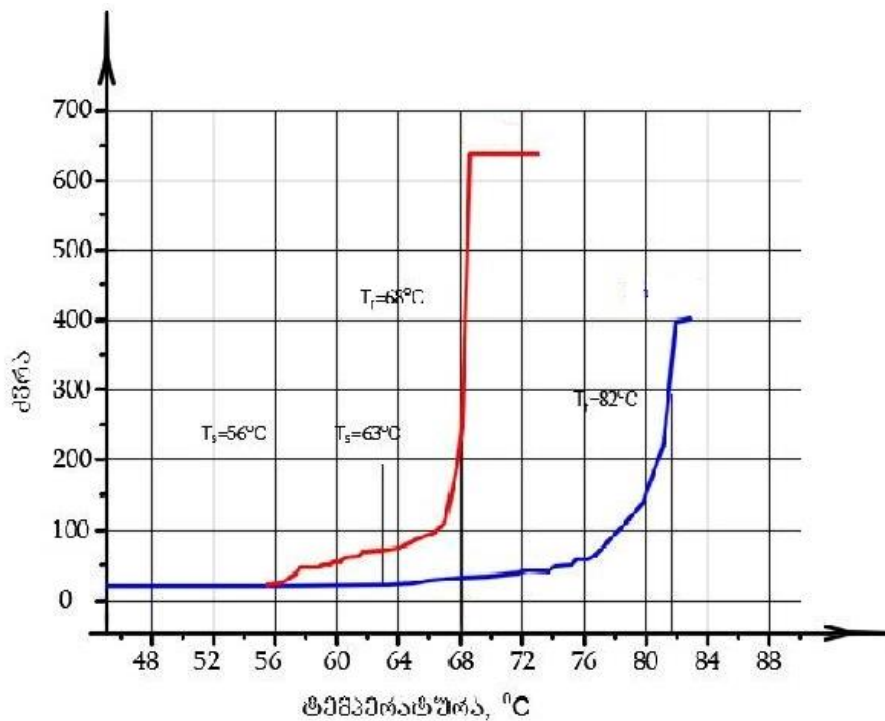
მონაცემებით T_{br} , სიმციფის ტემპერატურის განსაზღვრის რეოლოგიური მეთოდი კარგად უნდა იყოს კორელირებული ფრასის მეთოდთან, რადგან T_{xp} -ს მნიშვნელობა ძლიერ არის დამოკიდებული ბიტუმის გამოსაცდელი აფსკის სისქესთან, აფსკის სისქის ზრდასთან ერთად იზრდება T_{xp} -ს მნიშვნელობაც, ოღონდ იზრდება მსხვრევალობის რეოლოგიურ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

ბიტუმის ფიზიკური მდგომარეობა არსებითად განსხვავება მსხვრევალობის და სიმციფის ტემპერატურით. პირველ შემთხვევაში, დაბალი ტემპერატურების ინტერვალში, ნიმუში ინარჩუნებს მნიშვნელოვან კრობადობას და სიმტკიცეს. მეორე შემთხვევაში, მცირე დატვირთვის დროს ასფატბეტონზე ნიმუში კარგავს ადჰეზიას ქვის მასალასთან, იფშენება და შორდება ღორღს. ეს პროცესი მკვეთრად აჩქარდება, დაწყებული კრიტიკულ დაბალ ტემპერატურიდან ექსპლუატაციის ზღვრულად დასაშვებ ტემპერატურამდე-სიმციფის ტემპერატურა T_{br} .

აქედან გამომდინარე, შემკვრელის ქცევა დაბალ (ზამთრის) ტემპერატურაზე არანაკლებ მნიშვნელოვანია შემკვრელის თვისების შესაფასებლად ნიმუშის გამოცდა მაღალ (ზაფხულის) ტემპერატურაზე. მასალის მაღალტემპერატურული თვისებების შედარებითი შეფასებისათვის გამოყენებულ იქნა შეთავსებული (ურთიერთ დადებული) ძვრის მრუდების მეთოდი მცირე ძვრის დატვირთვების ზონაში, რომელიც ასახულია ნახ.8.

ნახ.8-დან ჩანს, რომ ძვრის დეფორმაციები კრატონში იწყება $T_s=63^{\circ}\text{C}$, ელვალოში კი $T_s=56^{\circ}\text{C}$. ნიმუშთა მთლიანი გათხევადება ხდება დენადობის ტემპერატურაზე $T_f=82^{\circ}\text{C}$ და 68°C . შესაბამისად, თბომედეგობა ელვალოში არსებითად მაღალია კრატონთან შედარებით.

პრაქტიკიდან გამომდინარე, დენადობის ტემპერატურა T_f , განსაზღვრული მცირე წანაცვლებითი დატვირთვებით 2 კპა, $1-2^{\circ}\text{C}$ -მდე სიზუსტით ემთხვევა დარბილების ტემპერატურას, რომელიც განისაზღვრება დარბილების „რგოლი და ბურთულა“-ს მეთოდით.[69]

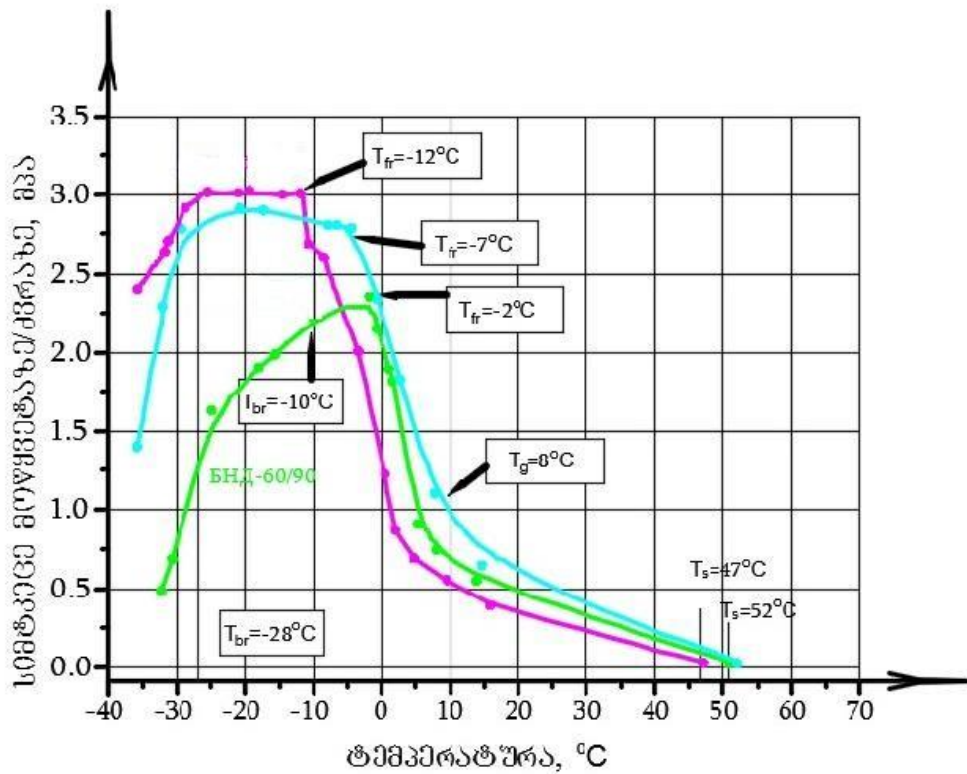


კრატონი — ელვალოი

ნახ.9. ბიტუმის პოლიმერული შემკვრელების ელვალისა და კრატონის ძვრის მრუდები

როგორც მეცხრე ნახაზიდან ჩანს, ძვრის დაწყების და დენადობის ტემპერატურა ელვალოიში შესამჩნევად მაღალია კრატონთან შედარებით ე.ი. ელვალოი უფრო თბომედეგია, ის უფრო გამოსადეგია გზების მშენებლობისთვის ცხელი კლიმატის პირობებში და ნაკლებად ცივ რეგიონებში. ყინვამედეგი კრატონი უკეთესია გამოვიყენოთ რეგიონებში სადაც ცივი კლიმატია.

კრატონისა და ელვალოის შემკვრელის პოლიმერულ დანამატებთან ერთად, ბიტუმი ასევე გამოკვლეული იქნა კომპოზიციური დანამატების გარეშე. (ნახ.10 და ნახ.11).

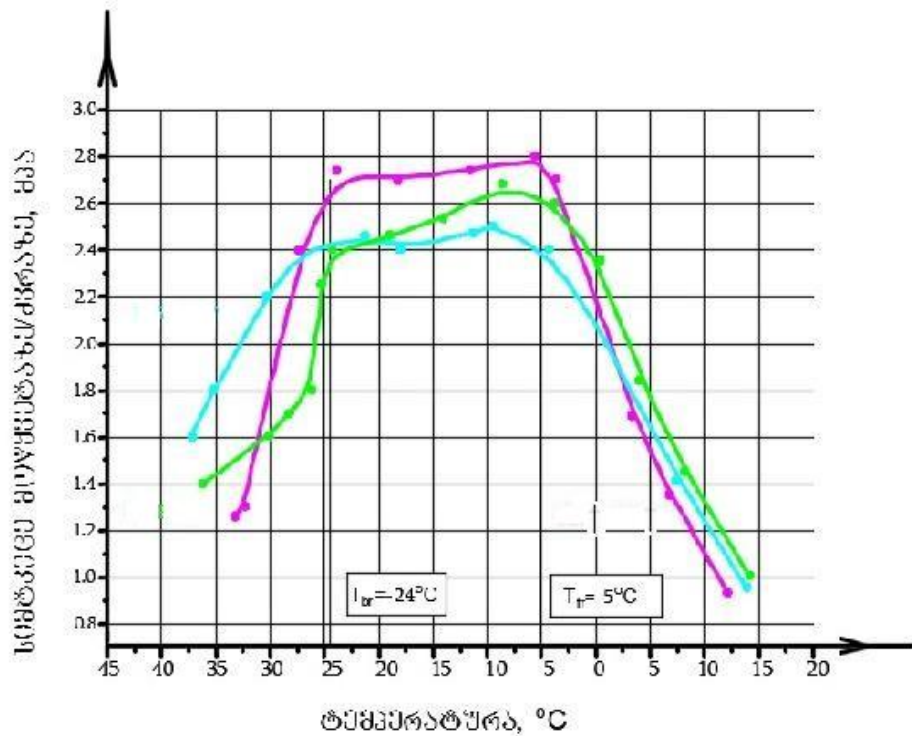


ნახ.10. ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელებისათვის კრატონი, ელვალოი და ბიტუმი БНД-60/90.

ბიტუმის პოლიმერული დანამატები შემკვრელის ხარისხზე ახდენს ზეგავლენას, ასეთი დანამატების შეყვანის მიზანს წარმოადგენს გამინების და სიმყიფის ტემპერატურის დაწევა (ყინვამედეგობის გაზრდა) და დარბილების ტემპერატურის გაზრდა - მაღალ ტემპერატურაზე

ექსპლუატაციის დროს ძვრის სიმტკიცის მატება. ანუ შემკვრელის მუშაობის უნარის ინტერვალის გაფართოება.

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



ნახ.11. ძვრის სიმტკიცის მრუდები შემკვრელებისათვის ელვალი, კრატონი, ბიტუმრეზინის დანამატებით

ამრიგად, რეოლოგიური მონაცემები გვიჩვენებენ პოლიმერული დანამატების მაღალ ეფექტურობას შემკვრელის ძვრისადმი მდგრადობის და კრობადობის (ადჰეზია ქვის მასალებთან) ამაღლების კუთხით,

ძვრისადმი მედეგობა იზრდება 1,5-ჯერ, რაც განაპირობებს მუშაობის უნარიანობის ინტერვალის გაფართოებას.

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

შეიძლება ავლნიშნოთ შემდეგი საინტერესო კანონზომიერება: ნიმუშები დაბალი ძვრის სიმტკიცით დადებითი ტემპერატურის არეალში, გვიჩვენებს მაღალი ძვრის სიმტკიცეს (კროზადობას) უარყოფითი ტემპერატურის არეალში. სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ, რაც უფრო ნაკლებია მასალის თბომედეგობა, მით უფრო მაღალია მისი ყინვამედეგობა (დაბლა Tfr და Tbr, Pfr ზემოთ) და პირიქით.

ცხრილი 13

ბიტუმის შემკვრელთა თვისებები რეოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით

ნიმუში	დარბილების ტემპერატურის დასაწყისი Ts P=2 კპა	დენადობის ტემპერატურა Tf P=2 კპა	მტვრევადობის და სიმყიფის ტემპერატურა		კროზადობა Pfr, მპა	პლასტიურობის ინტერვალი (მუშაობის უნარიანობა)
			Tfr	Tbr		Ts- Tfr
ელვალის	63	82	-8	-20	2,8	71
კრატონი	56	68	-14	-28	3	70
ბირკ	52	64	-7	-28	2,8	59
БНД-60/90	51	60	-2	-10	2,3	53

13-ე ცხრილში შეჯამებულია გამოკვლეული შემკვრელების ხარისხის რეოლოგიური მაჩვენებლები. მოცემული ცხრილიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ადჰეზიური სიმტკიცით (კროზადობის) და პლასტიურობის ინტერვალთა БНД-60/90 ჩამორჩება დანარჩენ

შემკვრელებს. თბომედეგობით იგი ბირკის მსგავსია. თბომედეგია ელვალთი, ყველაზე ყინვამედეგია კრატონი.

მუშაობის უნარიანობის ინტერვალთი (პლასტიურობა) ყველაზე მაღალთა ელვალთის, კრატონის, ბირკის და ბოლოს BHД-60/90.

ელვალთისა და კრატონის ძვრის სიმტკიცის მრუდები ასახვენ ნიმუშის ძვრის სიმტკიცის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე ძვრის დაწყებდან $T_s-32^{\circ}\text{C}$ -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} მონაკვეთთი შეესაბამება ნიმუშის გამინების პროცესს და $T_{fr}-T_{br}$ მონაკვეთთი შეესაბამება ნიმუშის გამყიფეებას ადჰეზიის მკვეთრთი 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.

მოდიფიცირებული ასფალტბეტონების ცვეთის კვლევა: 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. შედეგად,

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.

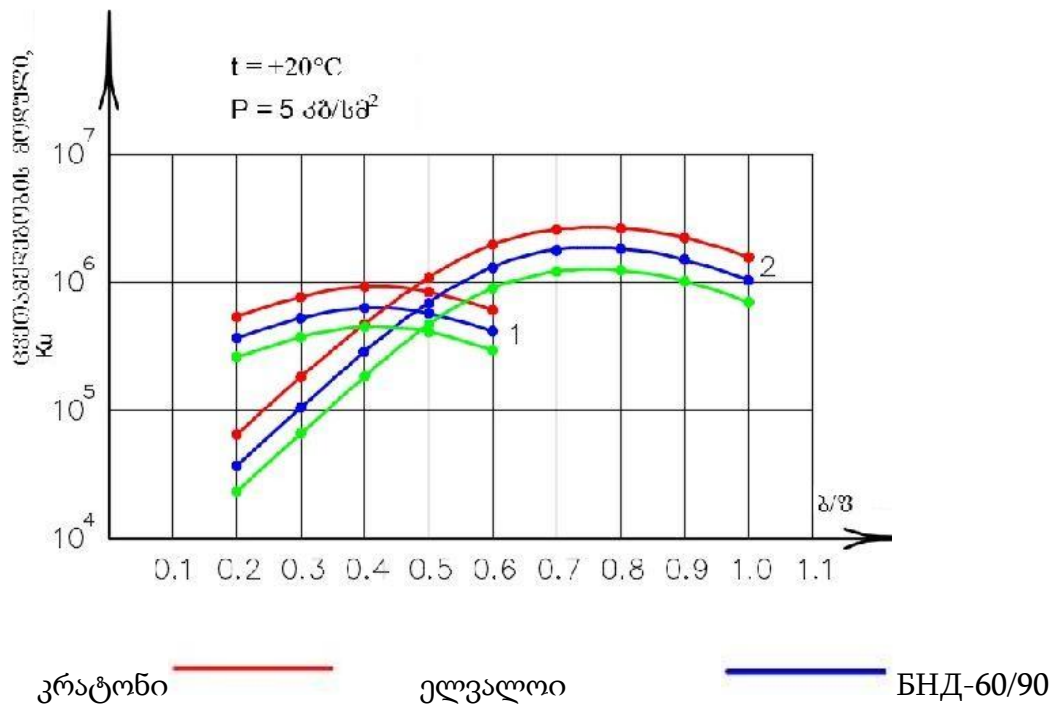
ყოველივე ეს, მოითხოვს რიგი პრობლემური ხასიათის ამოცანების გადაწყვეტას. ერთის მხრივ, საგზაო მშენებლობაში უნდა დაინერგოს საგზაო სამოსის ისეთი კონსტრუქციები, რომლებიც უზრუნველყოფს უახლოესი კარიერებიდან მიღებული ინერტული მასალის მაქსიმალურად გამოყენების პირობებში საგზაო სამოსის სათანადო სიმტკიცეს, ცვეთამედეგობასა და ხორკლიანი ზედაპირების შექმნას.

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 ცვეთამედეგობა მით მეტია, რაც უფრო მკვრივია მისი სტრუქტურა, მაგარია ინერტული მასალა და მაღალია მინერალურ მასალასთან ბიტუმის მიკვრის ხარისხი.

ასფალტბეტონების ფენილების ცვეთა ძირითადად დამოკიდებულია ნარევი ასფალტმემკვრელი ნივთიერებების შემადგენლობაზე, მათ რაოდენობასა და ღორღის შემცველობაზე. ამ მიზნით, ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები, სადაც ცდების

დროს ძირითადად გამოყენებულ იქნა ელვალოიტა და კრატონით მოდიფიცირებული ბიტუმები.

ჩატარებული კვლევების გაანალიზება გვამლევს საშუალებას ვთქვათ, რომ ცვეთამდეგობის 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 ცვეთამდეგობის გაზრდაზე. თავის მხრივ, ღორღის რაოდენობის გაზრდა იწვევს შიდა სტრუქტურული ბმების სიმტკიცის ცვალებადობას და ითხოვს მინერალური ფხვნილისა და ბიტუმის თანაფარდობის კორექტირებას. (იხ. ნახ.12).



ნახ. 12. ცვეთამდეგობის მოდულის დამოკიდებულება ასფალტბეტონის ნარევი ბ/გ-ს თანაფარდობაზე (1. ღორღის რაოდენობა ნარევი 30 %; 2. ღორღის რაოდენობა ნარევი 56 %)

მიღებული შედეგების საფუძველზე ირკვევა, რომ დანამატის შეყვანა ასფალტბეტონში დადებითად მოქმედებს მის ფიზიკო-მექანიკურ მაჩვენებლებზე: მნიშვნელოვნად მცირდება წყალგაჟღენთვა და ნარჩენი ფორიანობა, იზრდება წყალმედვეობის 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 მოდიფიკატორ კრატონის გამოყენების შემთხვევაში ცვეთამედვეობა ჩვეულებრივ ბიტუმზე დამზადებულ ნარევებთან შედარებით იზრდება 10%-ით, ხოლო ელვალის გამოყენების შემთხვევაში კი 20%-ით.

აღნიშნული პოლიმერული მოდიფიკატორები ელვალის და კრატონი, ასევე ბირკიც არ იწარმოება საქართველოში და გამოყენების შემთხვევაში მოგვიწევს მისი იმპორტირება. მიუხედავად ამისა, გრძელვადიან პერსპექტივაში საფარის მოვლა-შენახვაზე გასაწევი ხარჯების დანაზოგი საკმაოდ გაიზრდება.

ცხრილი 14

ბიტუმის მოდიფიკატორთა შედარება ფინანსური მაჩვენებლების მიხედვით

დასახელება	ელვალი	კრატონი	ბირკი
ბიტუმის მოდიფ. %	2%	3%	5%
1ტონა მოდიფიკატორის ფასი ლარში	1284	1360	1088
1ტონა ა/ზ საფარისათვის საჭიროა	1,3გ	1,5კგ	2,5კგ
1ტონა ა/ზ ღირებულებას აძვირებს	1,28ლ.	2,04ლ.	2,7ლ.

3. დასკვნა

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

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

- 1,5-2-ჯერ მცირდება საფარზე წარმოქმნილი ტემპერატურული ბზარები, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი შედეგი მიიღწევა დაბალი ტემპერატურებისას;
- 15-20%-ით იზრდება ფენილის სიმტკიცე რაც საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ ასფალტბეტონის საფარის სისქე;
- მნიშვნელოვნად მცირდება ნარჩენი დეფორმაციების სიდიდე, რაც საგზაო სამოსის ნორმალური მოვლა-შენახვის პირობებში, უზრუნველყოფს მის საექსპლუატაციო (რემონტშორისი) ვადის ზრდას 1,5-ჯერ;
- პოლიმერ კრატონის დამატებით 2% მასიდან БНД 90/130 მარკის ბიტუმი გადაადის БНД 60/90 მარკაში;

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

გამოვიყენოთ ცივ კლიმატურ ზონებშიც კრიტიკული ტემპერატურების დროს -35°C .

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

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ძიბიგური მერაბი. საგზაო საშენი მასალები. გამომცემლობა "ტექნიკური უნივერსიტეტი". თბილისი 2005 წ. გვ 173 – 321.
2. Kehr H. Zum Haftverhalten von niedermolekular modifizierten Bitumen. H. Kehr Bitumen. 1998, №4. 141–142.
3. Павлов В.Ф. Способ вовлечения в производство строительных материалов промышленных отходов. В.Ф. Павлов Строительные материалы. 2003. №8. С. 28-30.
4. Гохман Л.М. Пластификатор: “за” и “против”. Автомобильные дороги. 2003. – №4. –С. 7-9.
5. Глуховский, А.П. Все начинается с битума. А.П. Глуховский Автомобильные дороги. – 2003. – №2. – С. 16-17.
6. А.с.№297614 С 08 L 95/00. Битумная композиция. Р.А. Самоцветов, В.Ф. Степанов, П.П. Брехов. заявл.24.12.1971.-Опубл. 10.07.1979.
7. Гохман, Л.М. Применение аттактического полипропилена для улучшения свойств битумов и асфальтобетонов. Л.М. Гохман, Д.С. Шемонаева, И.В. Степоян, Е.Н.Титова.Автомобильные дороги №8, 1990, С 11-13
8. Унгер, Ф. Пилюля от раковой опухоли битума. Ф. Унгер [и др.] Автомобильные дороги. 1998. №11. С. 22-24
9. Мурзина, Е.В. Битум-полимерные композиции кровельного назначения: автореф. дис. ... канд. тех. наук: защищена 12.23.2000: утв. 24.06.2001 . Мурзина Е.В.–Казань: КазГАСА, 2000. – 23 с.
10. Хафизов, Э.Р. Асфальтобетон на битум-полимерных вяжущих. Спец. 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия» [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: защищена 10.09.2003. Э.Р. Хафизов.– Казань: [б.и.], 2003. – 183 с.
11. Киселев В.П. Использование продуктов совместной переработки каменных и бурых углей, нефтяных остатков и синтетических полимеров для получения высококачественных дорожных вяжущих [Текст]. В.П. Киселев и др. Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2008. –№ 9. – С. 17-22.
12. Шарыпов, В. И. Получение связующих для дорожного строительства из смесей бурого угля, нефтяных остатков и полимерных отходов [Текст] В.И. Шарыпов, Н.Г. Береговцова, С.В. Барышников и др. Химия в интересах устойчивого развития. 2005. –№ 13. –С. 655–662.
13. Балабанов, В.Б. Применение органоминеральных смесей на основе катионных битумных эмульсий и эмульсий на основе модифицированных битумов [Текст].В.Б. Балабанов, Д.А. Милицын. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. Т. 52. –№ 5. –С. 78-83.
14. Изучение взаимодействия дивинилстирольного термоэластопласта с битумом. В.П. Киселев, И.С. Рубайло, Г.В.

- Василовская [и др.] Изв. вузов. Строительство. 1997. – № 7. – С. 51–54.
15. Дорожные битумы с модифицирующими добавками. С.В. Котов, Г.В. Тимофеева, С.В. Ливанова [и др.] Химия и технология топлив и масел. 2003. № 3. С. 52–53.
 16. Pass, F. Polymerbitumen das unbekante Wesen [Text]. F. Pass. Asphalt (BRD). 1996. B. 30. – № 6. – S. 33–39.
 17. Lehdrich, Jurgen. 25-Jahre Erfahrungen mit Polymerbitumen in Deutschland, Osterreich und der Schweiz [Text]. Jurgen Lehdrich Asphalt (BRD). 1994. B. 7. № 4. S. 28.
 18. Priyanto, S. Measurement of property relationships of nano-structure micelles and coacervates of asphaltene in pure solvent [Text]. S. Priyanto, G.A. Mansoori, A.Suwono. Chemical Engineering Science. 2001. – V. 56. – P. 6933–6939.
 19. Гезенцвей Л. Б. Дорожный асфальтобетон. Л. Б. Гезенцвей, Н. В. Горелышев, А. М. Богуславский. М.: Транспорт. 1985. 350 с.
 20. Горелышев Н. В. Исследование асфальтобетона каркасной структуры и его эксплуатационных свойств в дорожных одеждах. Н. В. Горелышев : автореф. дис. . д-ра техн. наук. М.1978. 36 с.
 21. Горелышев, Н. В. Асфальтобетонные смеси с уменьшенным содержанием битума. Н. В. Горелышев и др. Автомобильные дороги. 1978. № 4.
 22. ОДМ 218.3.001-2006 Методические рекомендации по применению полимерно-дисперсного армирования асфальтобетонов с использованием резиново термоэластопласта (РТЭП). М.: Росавтодор. 2006. 30 с.
 23. Бабаев, В. И. Старение асфальтобетона в условиях юга России. В. И. Бабаев. Автомобильные дороги. 1994. № 3.
 24. Гохман, Л. М. Влияние вязкости битумов на свойства полимерно-битумных вяжущих. Л. М. Гохман, К. И. Давыдова. Тр. СоюздорНИИ.1. М. 1977. Вып. 100
 25. Муллахметов, Н.Р. Модификация дорожных битумов каучуком. Н. Р. Муллахметов, А.Ф. Кемалов, Р.А. Кемалов, Р.Н. Костромин. Вестник Казанского технологического университета. 2010. №7. С. 467-468.
 26. Томпсон Д. К. Каучуковые модификаторы. Битумные материалы: Асфальты, смолы, пеки. под ред. А. Дж. Хойберга. М. : Химия, 1974.1. С. 216–241.
 27. Калгин Ю.И. Научные основы получения и применения дорожных материалов с использованием модифицированных битумов. Спец. 05.23.0. Строительные материалы и изделия: дис. докт. техн. наук: защищена 27.04.2007. Ю.И. Калгин. Саранск. 2007. 454 с.
 28. Лукша О.В. Модифицирование окисленного битума стирол-будадиен-стирольными сополимерами различного строения.

- О.В. Лукша. О.Н. Опанасенко, Н.П. Крутько. Ю.В. Лобода. Журнал прикладной химии. 2006. Т. 79. № 6. С. 1030-1034.
29. Титова Т.С. Полимерные добавки для улучшения качества дорожных битумов. Т.С. Титова. Химия и технология топлив и масел. 1992. № 1. С. 8 -9.
 30. Соломенцев, А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов. А.Б. Соломенцев. Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. № 1. с. 14-16.
 31. Кудрявцева С.В. Влияние вида полимера и поверхностно-активных веществ на сцепление битума с минеральной подложкой. С.В. Кудрявцева. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2008. №40. С. 36-39.
 32. Айгуль А.И. Модифицирование битумов добавками класса ПАВ. А.И. Айгуль. И.К. Линар. В мире научных открытий. 2010. – №6.1. (12). –С. 236 – 237.
 33. Кудрявцева С.В. Особенности технологии введения ПАВ в битумополимерное вяжущее. С.В. Кудрявцева. Вестник ХНАДУ. Сб. научн. тр. Харьков: ХНАДУ. 2006. Вып. 34 – 35. С. 157 – 159.
 34. Исламутдинова А.А. Модифицирование битумов добавками класса ПАВ. А.А. Исламутдинова. Л.И. Калимуллин. В мире научных открытий. 2010. № 6-1. С. 236-237.
 35. Руденская И.М. Органические вяжущие для дорожного строительства. И.М. Руденская, А.В. Руденский. М.1984.
 36. Морозов А.И. Адгезионная добавка из отходов химической промышленности. А.И. Морозов, В.И. Шухов. Автомобильные дороги. 1992. №4. С. 8-9
 37. А.с.№2227126 С 04 В 26/26, D 95/00. Композиция поверхностно активных веществ для приготовления битумных эмульсий для дорожных покрытий. Т.Г. Мурзабекова. И.Б. Бабков. А.П. Лупанов. заявл.11.12.2002.-Опубл. 10.05.2003.
 38. А.с.№96121092 С 04, D 95/00. Битумный состав. В.Н. Долинкин. Ф.Е. Фейгельман. заявл.22.10.1996.-Опубл. 20.01.1999.
 39. А.с.№2140951 С 09 D 95/00. Битумный состав. В.Н. Долинкин. Ф.Е. Фейгельман. заявл.11.12.2002.Опубл. 10.05.2003.
 40. А.с.№2002133510 С 08 L 95/00. Способ получения полимер-битумной композиции. И.Е. Кузора. В.А. Микишев. В.П. Томин. Ю.П. Кузнецов. В.Н. Денисевич. заявл.10.12.2002.Опубл. 10.06.2004.
 41. Золотарев В.А. Битумы модифицированные полимерами и асфальтобетоны. В.А. Золотарев. Дорожная техника. №1. 2009. С. 16 – 23.
 42. Золотарев, В.А. Технические свойства вязких дорожных битумов с добавками парафиновых восков. В.А. Золотарев. Я.И. Пыриг. А.В. Галкин. Сучасні будівельні матеріали. Випуск . 2009. – № 1(75). С. 10 – 19.

43. <http://www.telko.com/ru/продукты/полимеры-kraton-модификация-битума>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული -10.01.2017
44. <http://www.polychem.ru/art/bitum-1.html>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული -12.01.2017
45. <http://complex-chem.ru/industry/bitumen/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული -15.01.2017
46. http://inozemtsev.euro.ru/Litobzor_bitum.html; უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული -10.01.2017
47. Кемалов А. Ф. Разработка технологий получения универсальных полифункциональных добавок для битумов и битумных материалов. Тез. докл. 6 научн. техн. конф. Томск.2006.Томск: ТИХН. 2006. С. 16 – 17.
48. Полякова С. В. Применение модифицированных битумов в дорожном строительстве. С. В. Полякова.Стройпрофиль.2001.№10. С. 12 – 13.
49. Смирнов Н. А. Новая жизнь «выжатых» битумов.Н. А. Смирнов. Дороги России XXI века. 2002. №6. С. 70 – 78.
50. Печеный, Б.Г. Битумы и битумные композиции. Б.Г. Печеный.М.: Химия, 1990. – 257 с.
51. Маргайлик Е. И. Модифицированные дорожные вяжущие, применяемые во Франции. Е. И. Маргайлик.Строительство и недвижимость. 2005. №3. С. 18 – 21.
52. Худякова Т. С. Особенности структуры и свойств битумов, модифицированных полимерами. Т. С. Худякова. А. Ф. Масюк. В. В. Калинин. Дорожная техника. 2003. №5. С. 43 – 51.
53. Грудников И.Б. Производство нефтяных битумов. И.Б. Грудников. М.: Химия, 1983. – 192 с.
54. Полякова С. В. Применение модифицированных битумов в дорожном строительстве. С. В. Полякова. Наука и техника в дорожной отрасли. 1999. №1. – С. 15 – 18.
55. Гун Р.Б. Нефтяные битумы. Р. Б. Гун. М.: Химия, 1989. – 432 с.
56. Колбановская А.С. Дорожные битумы. А.С. Колбановская. В.В. Михайлов. М.: Транспорт. 1973. – 264 с.
57. Бернштейн А. В. Физико-химическая механика дисперсных структур. А. В. Бернштейн. Е. М. Нашиванко, М. И. Кучма. М.: Наука, 1966. 150 с.
58. Кемалов Р.А. Модифицированные специальные битумы и лакокрасочные материалы на их основе: дис. ... канд. тех. наук / Р.А. Кемалов.- Казань, 2003.-192 с.
59. Ахметов С.А. Физико-химическая технология глубокой переработки нефти и газа. С.А. Ахметов. Уфа: Изд-во ЦГНТУ, 1997. – 304с.
60. <http://statsoft.ru/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული -5.02.2017.
61. Руденская, И.М. Нефтяные битумы. И.М. Руденская. М.: Росвузиздат. 1963. 42 с.
62. <http://www.dupont.com>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 10.02.2017.

63. <http://geosintetika.satu.kz>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 15.03.2017
64. დემეტრაშვილი დავით. მოდიფიცირებული ბიტუმების გამოყენების ეფექტიანობის კვლევა საგზაო სამოსების კონსტრუქციებში. გამომცემლობა "ტექნიკური უნივერსიტეტი". თბილისი 2012 წ. გვ.128-133.
65. ბურდულაძე ა.რ. მაღრაძე მ. დ. ყაჭიური ბ.ი. გაბუნია დ. ცივი ასფალტბეტონების გამოყენების პერსპექტივები საგზაო მშენებლობაში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები. № 4(470) 2008 წ.
66. ბურდულაძე ა.რ. მაღრაძე მ.დ. გაბუნია დ. ყაჭიური ბ.ი. ბაკურაძე ტ.პ. საგზაო საფარის ცვეთამედება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები. № 3(469) 2008 წ.
67. ნადირაშვილი პ.ნ. გოგლიძე ვ.მ. ყაჭიური ბ.ი. საგზაო საფარის ზედაპირული დამუშავების მცირე მექანიზაცია; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები. №1(440) 2002 წ.
68. Маградзе М.Д. Качиური Б.И. Бакурадзе Т.П. КОНСТРУКЦИЯ ПОЛУЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ ДОРОГ С ИНТЕВСИВНЫМ ДВИЖЕНИЕМ Georgian Engineering News 3.08.
69. პაპუაშვილი თ., ჯღამაია ვ., სულამანიძე მ. რეზინობიტუმებისა და პოლიმერბიტუმების რეოლოგიური თვისებები.სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“. 2016, №3(42) გვ.95-101.
70. ავალიანი მ., საგზაო სამოსის რეაბილიტაციის თანამედროვე ტექნოლოგიები. დავით აღმაშენებლის სახელობის საქართველოს ეროვნული თავდაცვის აკადემია, შრომები №1 2015. გვ.74-80. ISSN 1512-0708;
71. ავალიანი მ., ბიტუმების მოდიფიცირება რეზინის ნარჩენებით სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №4(43), 2016. გვ. 113-116. ISSN 1512-3936. www.sheneba.ge
72. ბურდულაძე ა., ავალიანი მ., საგზაო მშენებლობაში გამოყენებული ბიტუმის თვისებების გაუმჯობესების გზები. საერთაშორისო კვლევითი ორგანიზაცია „კოგნიტიო“ XVIII საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია, 21საუკუნის სამეცნიერო აქტუალური პრობლემები" მოსკოვი, 2017, 01.2017. გვ. 99-104. ISSN 5647 - 2412
73. ბურდულაძე ა., ავალიანი მ., ბიტუმ-რეზინის კომპოზიციური მასალის გამოყენება საგზაო მშენებლობაში. სამეცნიერო ჟურნალი "ქრონოსი" მოსკოვი, 2017, 02.2017. გვ.41-45. УДК 620; ББК 03