

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლევან ჩადუნელი

საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესება ნახევრად ხისტი
ფენილების გამოყენებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა
ხელოვნური ნაგებობები

შიფრი: 0406

თბილისი

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
სამშენებლო ფაკულტეტი
საგზაო დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი ალექსი ბურდულაძე

რეკენზენტები: 1. ზურაბ ლებანიძე ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
2. პროფესორი კონსტანტინე მჭედლიძე

დაცვა შედგება 2018 წლის 23 თებერვალს, 14⁰⁰ საათზე,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 505
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი დ.ტაბატაძე

შესავალი

პრობლემის აქტუალობა: ბოლო წლებში საავტომობილო გზების ქსელისა და ქალაქის ქუჩების განვითარებამ ასფალტბეტონის მოხმარებული მასის მოცულობის მკვეთრი ზრდა გამოიწვია. ამავდროულად მცირდება წარმოებული ნავთობის ბიტუმის მოცულობა მოპოვებული ნავთობის საერთო მოცულობასთან მიმართებაში. ამსთანავე ჩვენს ქვეყანაში არსებულმა, საგზაო საფარების შეკეთების მავნე პრაქტიკამ, გამოიწვია გზების სავალი ნაწილის ასფალტბეტონის ახალ-ახლი ფენებით მრავალჯერადი დაფარვა. შედეგად ასფალტბეტონის ფენის სისქემ ბევრ გზებზე 40-50 სმ-ს გადააჭარბა, რაც დამატებით პრობლემებს ქმნის და ასეთი პრაქტიკის გაგრძელებას უბრალოდ აზრი აღარ აქვს. ეს ყველაფერის იწვევს ასფალტბეტონის საფარების მშენებლობის პირობების არსებითად ცვლილების აუცილებლობას.

მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ ასფალტბეტონის საფარები ხასიათდებიან არასაკმარისი სიმტკიცით (ძვრისადმი მდგრადობით), განსაკუთრებით ცხელი კლიმატის და მთიანი რელიეფის პირობებში. ხშირია შემთხვევები, როდესაც ასფალტბეტონის საფარები, რომლებიც ГОСТ-ის ყველა მოთხოვნას აკმაყოფილებს, მიდრეკილია ძვრის დეფორმაციებისადმი.

ბოლო წლებში ჩვენს ქვეყანაში სულ უფრო ხშირად იყენებენ ცემენტ-ბეტონის საფარებს, რომლებიც სისწორისა (ძვრისადმი მდგრადობის) და ხანგამძლეობის მიხედვით აღემატება ასფალტბეტონიანებს, მაგრამ სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებების მიხედვით (უნაკერობა, უხმაურობა, მადემფირებელი უნარი) არსებითად ჩამორჩებიან მათ.

ამიტომ ბუნებრივად მიზანშეწონილია ახალი სახის საგზაო საფარების შექმნა, რომლებიც ასფალტბეტონის და ცემენტბეტონის საფარების დადებით თვისებებს აერთიანებს. ამ თვალსაზრისით ყველაზე პერსპექტიულ სამეცნიერო-პრაქტიკულ მიმართულებას წარმოადგენს

არახისტი ასფალტბეტონის საფარის ტანში ცემენტის მასალებისგან შემდგარი ხისტი მაკროელემენტების (აგრეგატების) შეყვანა, რაც განაპირობებს როგორც მასალის, ისე მთლიანად საფარის კონსტრუქციის სიხისტის გარკვეულ გაზრდას. ცემენტის მასალებისგან დამზადებული ხისტი ელემენტების შემცველი ნახევრადხისტი საფარები პრინციპულად განსხვავდება ასფალტბეტონისგან დამზადებული არახისტი საფარებისაგან, რომლებიც ასფალტშემკვრელი ნივთიერების სახით ბიტუმისა და ცემენტის ნარევის შეიცავენ. სხვადასხვა კონფიგურაციის ხისტი და არახისტი ელემენტების შეხამება ქმნის გარკვეულ კომპოზიტს, ამიტომაც ასეთმა საფარებმა ასევე ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სახელწოდება მიიღო.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების შექმნის ერთ-ერთი ძირითადი პრინციპი მდგომარეობს ხისტი და არახისტი ელემენტების ურთიერთჩაჭიდების უზრუნველყოფაში, რომელიც განაპირობებს მათ ერთობლივ მუშაობას დატვირთვის ქვეშ. ამ საკითხის დადებითმა გადაწყვეტამ სპეციალური კვლევების ჩატარება მოითხოვა.

ლაბორატორიულ და საწარმოო პირობებში ჩატარებული პრაქტიკული სამუშაოების შედეგად დადასტურებულ იქნა ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ტექნოლოგიურობა მათზე ჩვეულებრივი საგზაო მანქანების და არართული დამატებითი სამარჯვების გამოყენებით.

კონსტრუქციების ახალი სახეობების და შესაბამისი ტექნოლოგიის შექმნის საკითხების შემუშავება საქართველოში 1958 წელსაა დაწყებული. ნახევრადხისტი ძვრისადმი მდგრადი საფარი, რომელიც ასფალტბეტონის საფარის ზედა ფენაში ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ბადეს შეიცავს თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვის ინტენსიური ზეგავლენის პირობებში გამოიყენებოდა. ნახევრადხისტი საფარი სახელწოდებით ასფალტის მოზაიკა, რომელიც თეთრი ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი შავი ღორღის გამკვრივებულ ფენას წარმოადგენს, გამოყენებული იქნა საფარების მონიშვნისათვის.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების პერსპექტიულობა განპირობებულია არა მარტო ძვრისადმი მომატებული მდგრადობით, არამედ ბიტუმის მნიშვნელოვანი ეკონომიისა და ადგილობრივი ქვის მასალების ფართო გამოყენების შესაძლებლობით, რაც დღესდღეობით ძალზედ მნიშვნელოვანია, განსაკუთრებით სასოფლო-სამეურნეო გზების მშენებლობისას. ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების სფერო საკმაოდ ფართოა. ისინი წარმატებით გამოიყენება I-V კატეგორიის საავტომობილო გზების, საქალაქო გზების (ქუჩების), სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო გზების, აეროდრომების ასაფრენ-დასაფრენი ზოლების მშენებლობაში, ასევე ქარხნების, პორტების სასაწყობო შენობების მოედნების მოსაწყობად და ა.შ.

მიუხედავად იმისა, რომ ხისტი ელემენტები მეტ საფუძველს იძლევა ნახევრადხისტი საფარების სიმტკიცის შეფასებისას დრეკადობის თეორიის დებულებების გამოყენებისათვის, საწყის პოზიციას მაინც არახისტი საგზაო სამოსების გაანგარიშების არსებული თეორია წარმოადგენს. ამასთან, ნახევრადხისტი საფარების გაუმჯობესებული სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებები (სისწორე, ძვრისადმი მდგრადობა და სამსახურის გაზრდილი ვადები) ყველა შემთხვევაში ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობის თვალსაზრისით სარგებლიანად განასხვავებენ მათ სხვა ტიპის საფარებისგან.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია ნახევრად ხისტი (კომპოზიციური) ფენილების აგების სრულიად ახალი მიმართულება ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის გამოყენებით, რაც იძლევა მნიშვნელოვან ეკონომიურ და ეკოლოგიურ ეფექტს, რაც განპირობებულია შემდეგით:

ეკონომიური ეფექტი განპირობებულია:

- ტრადიციულ ფენილებთან შედარებით ნახევრად ხისტი - “კომპოზიციური” ფენილების საექსპლუატაციო ვადა დიდია, შესაბამისად გაზრდილია ფენილის რემონტჰორის ვადები;

- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი ხასიათდება მცირე ენერგოტევადობით, ცხელი ასფალტბეტონის ნარევის დამზადებასთან შედარებით;
- ცივი ასფალტბეტონის ტრანსპორტირების შესაძლებლობით დიდ მანძილებზე;

ეკოლოგიური ეფექტი განპირობებულია:

- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის დამზადება მოითხოვს დაბალ ენერგოტევადობას, შესაბამისად ნახევრად ხისტი ფენილების მოწყობა ცივი ასფალტბეტონის ან შავი ლორღის გამოყენებით მოითხოვს დაბალ ენერგოტევადობას, შესაბამისად შემცირებულია მავნე აირების გამონაბოლქვი ატმოსფეროში;
- ზემოთ თქმული საკითხები განხილულია დისერტაციაში, რაც განსაზღვრავს მის აქტუალურობას.

დისერტაციის მიზანი:

- შევიმუშაოთ ნახევრად ხისტი ფენილების აგების ეკონომიურად და ეკოლოგიურად რაციონალური ტექნოლოგიები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის გამოყენებით;
- შევისწავლოთ და გავაუმჯობესოთ ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის ფიზიკურ მექანიკური თვისებები;
- ძვრისადმი მდგრადი და ცვეთამედეგი ნახევრად ხისტი საგზაო კონსტრუქციების შექმნა ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის გამოყენებით.

ძირითადი ამოცანები:

- ნახევრად ხისტი ფენილების, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის დამზადებისა და დაგების არსებული მეთოდების კრიტიკული ანალიზი;
- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევის გამოყენების ეფექტიანობის კვლევა ნახევრად ხისტი ფენილების მშენებლობის ღირებულების შემცირების მიზნით;

- ნახევრტად ხისტი ფენილების თვისებების შესწავლა და მათი გაუმჯობესების მეთოდების დამუშავება;
- გზის საფარის რეაბილიტაციის ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფა;
- ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების გამოყენებით ნახევრად ხისტი ძვრისადმი მდგრადი ფენილების კონსტრუირება;

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე:

სადისერტაციო ნაშრომი განეკუთვნება საავტომობილო გზების მშენებლობის სფეროს. საგზაო სამოსი წარმოადგენს საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის ძირითად განმსაზღვრელ ნაწილს. ნახევრად ხისტი - „კომპოზიციური“ ფენილების გამოყენება, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევებზე, მნიშვნელოვნად ამცირებს საგზაო სამოსების მშენებლობა-რეაბილიტაციის ღირებულებას, ამასთანავე მათი გამოყენება იძლევა გარკვეულ ეკოლოგიურ ეფექტს.

ჩემს მიერ წარმოდგენილი ნაშრომის მეცნიერული სიახლეა საგზაო სამოსის ძირითადი საექსპლუატაციო მაჩვენებლების (სიმტკიცე, სისწორე, ხორკლიანობა და ცვეთამედეგობა) უზრუნველყოფა მინიმალური ღირებულების პირობებში, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს:

- შესწავლილია და კრიტიკულადაა შეფასებული ნახევრად ხისტი ფენილების, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების დაგებისა და დამზადების არსებული ტექნოლოგიები;
- შემუშავებულია ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების დამზადების ახალი ეკონომიურად და ეკოლოგიურად ხელსაყრელი მეთოდები;
- დამუშავებულია, ნახევრად ხისტი ფენილების კონსტრუქციები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევების გამოყენებით;
- შექმნილია და გამოცდილია კომპოზიციური საგზაო ფენილების ახალი, ძვრისა და ცვეთისადმი მდგრადი კონსტრუქციები.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება:

- დამუშავებულია ნახევრად ხისტი ფენილების კონსტრუქციები ცივი

- ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით, რაც საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ საგზაო სამოსის რაციონალური კონსტრუქციები ადგილობრივი მასალების გამოყენებით;
- დამუშავებულია მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით საგზაო სამოსის შეკეთების მეთოდები ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით;
 - დამუშავებულია ასფალტბეტონის კომპოზიციური ფენილის საექსპლუატაციო ნორმატიული მაჩვენებლების შენარჩუნების მეთოდები მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით;
 - შექმნილია ძვრისადმი მდგრადი ნახევრად ხისტი ფენილები, ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ლორღის ნარევების გამოყენებით, რომლებიც ხანგრძლივად ინარჩუნებენ ზედაპირის სისწორეს;
 - დამუშავებულია საგზაო საფარისა და საფუძვლის აღდგენის მეთოდური რეკომენდაციები.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა.

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, სამი თავის, ძირითადი დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომი წმოდგენილია 114 ნაბეჭდ გვერდზე, ლიტერატურის სია 29 დასახელებით.

ნაშრომის აპრობაცია.

დისერტაციის მასალები მოხსენებულ იქნა:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 78-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე;
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 79-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე;
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 82-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე.

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 3 ნაშრომი;

დისერტაციის ძირითადი შედეგები და ზოგადი დასკვნები:

პირველ თავი. ლიტერატურული მიმოხილვა.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საგზაო საფარები წარმოადგენენ საგზაო სამოსის დაგებულ და გზაზე გამკვრივებულ კონსტრუქციულ ფენებს, რომლებიც შექმნილია არახისტი და ხისტი კომპონენტების კომბინირების გზით, რომლებიც დამზადებულია ორგანული და მინერალური შემკვრელი მასალების გამოყენებით მათ შორის გაყრის მკაფიო საზღვრით.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების სტრუქტურა ზოგადად წარმოადგენს არახისტ გარემოს და ხისტი მარმირებელი ელემენტების ჩონჩხს. არახისტი გარემო შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ასფალტბეტონით, შავი ღორღით და ბიტუმით დამუშავებული სხვა სახის დამსხვრეული ქვის მასალით. ხისტი ელემენტები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს მატრიცების, გრანულების, მარმირებელი ბადეების, ძელაკების ან ღეროების, პერფორირებული შუაშრეების, სივრცული გისოსების სახით, ასევე სხვა სახის დისკრეტული ფაზით, ძირითადად, ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან.

რამდენადაც ნახევრად ხისტი კომპოზიციური საფარები წარმოადგენს არახისტი და ხისტი საფარების შეხამებას, მას გააჩნია როგორც ერთის, ისე მეორის დადებითი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებები, რომელთაგან ყველაზე მნიშვნელოვანი ძვრისადმი გაზრდილი მდგრადობაა.

ასეთი საფარები თვლების ვერტიკალური დატვირთვის ქვეშ მუშაობს როგორც არახისტი საფარი, ხოლო თვლების ჰორიზონტალური დატვირთვის ქვეშ – როგორც ხისტი საფარი.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების გამოყენების ეფექტიანობა მაქსიმალურად მჟღავნდება მთიანი რელიეფის და ცხელი კლიმატის პირობებში, განსაკუთრებით თვლების ინტენსიური ჰორიზონტალური დატვირთვის ზემოქმედების მქონე გზების მონაკვეთებზე.

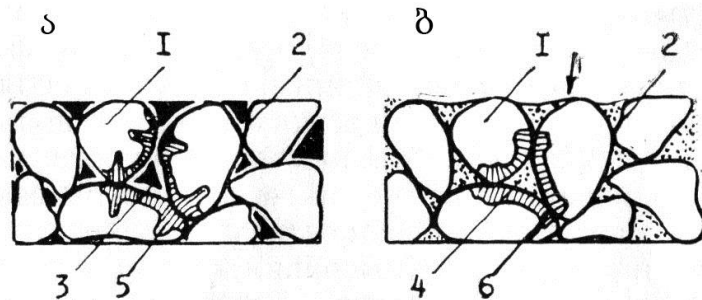
ნახევრადხისტი საფარები საკმაოდ ეფექტურია მაშინაც კი, როდესაც ძვრისადმი მდგრადობის გაზრდის ყველა სხვა საშუალება ეკონომიკურად არახელსაყრელია ან ტექნიკურად ნაკლებად ეფექტური.

ხისტი ფაზის - მარმირებელი ხისტი ელემენტების გაზრდილი მზიდუნარიანობა საშუალებას იძლევა ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის შემცირდეს მოთხოვნები ღორღის სიმტკიცისადმი, ბიტუმის რაოდენობის და ქვის მასალის გრანულომეტრული შემადგენლობისადმი. შესაბამისად იხსნება, ადგილობრივი ქვის მასალების, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში – არაკონდიციური მასალების ფართო გამოყენების შესაძლებლობა.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ძვრისადმი მდგრადობის ზრდის ძირითადი ფაქტორია ჰორიზონტალური მიმართულებით მათი სიხისტის გაზრდა. საფარის სიხისტე შესაძლებელია გაზრდილი იყოს სხვადასხვა ხერხით: ბიტუმ-მინერალურ სისტემაში ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი დამატებითი ხისტი დისკრეტული ფაზის წარმოქმნით და არახისტი საფარის არმირებით თხელი წაგრძელებული ელემენტებით, რომლებიც ასევე ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგანაა დამზადებული. დამატებითი მყარი ფაზა შეიძლება წარმოიქმნას შავი ღორღის ფენის ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთვის გზით.

გაქვავებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხისტი მაკრო-ელემენტები ხისტ კარკასს ქმნიან არახისტი საფარის ტანში და მკვეთრად ზღუდავენ ღორღის ფარდობით გადანაცვლებას, რომელიც ძვრის დეფორმაციებისთვისაა დამახასიათებელი. გარდა ამისა, ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხელოვნური ქვა, რომელსაც შავი ღორღის ფენის სიცარიელეთა ფორმა აქვს, ათანაბრებს საკონტაქტო ძაბვებს და ამით ძაბვების უფრო თანაბარ ველს ქმნის (იხ. ნახ. 1). ამასთანავე ნახევრადხისტ საფარებში თავიდანაა აცილებული საკონტაქტო ძაბვების კონცენტრაციის შესაძლებლობა, შედეგად არსებითად მცირდება ქვის მსხვრევა კონტაქტის

ადგილებში. ეს იძლევა შედარებით ნაკლები სიმტკიცის მქონე ქვის მასალის გამოყენების საშუალებას.



ნახ. 1. არახისტი და ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის მასალათა სტრუქტურის ფრაგმენტი:

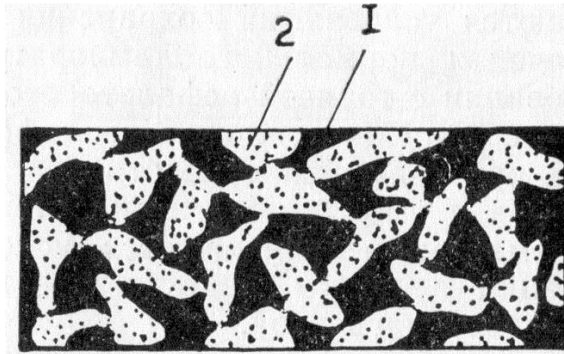
- A – არახისტი საფარის; B – ნახევრადხისტი საფარის; 1 – შავი ღორღი;
 2 – ბიტუმური (ბიტუმ-მასტიკის) აფსკი; 3 – ბიტუმ-ქვიშოვანი ნარევი;
 4 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარი; 5, 6 – საკონტაქტო ძაბვების ეპიურები

ასეთი სტრუქტურისთვის ბიტუმის აფსკები დამაკავშირებელ რგოლს წარმოადგენს და დისკრეტულ მყარ კომპონენტებს შორის დრეკად-ბლანტ-პლასტიკური სახსრების სახით წარმოგვიდგება. ბიტუმის აფსკებს შეუძლიათ დეფორმაციის დროს, მათ შორის ტემპერატურული ცვლილებით წარმოქმნილი საკონტაქტო ძაბვების, რელაქსირება და დრეკადი ტალღების გავრცელების შეზღუდვა ავტომობილის თვლების დინამიკური დარტყმებისას. ტემპერატურის შემცირებისა და თვლების დატვირთვისგან წარმოქმნილი გამჭიმვი ძაბვების წარმოშობისას ბიტუმის აფსკების დრეკად-ბლანტ-პლასტიკურ სტადიაში რელაქსაციისა და დეფორმაციის უნარი, ასეთი საფარების ტემპერატურული ნაკერების გარეშე მოწყობისა და არახისტი საგზაო სამოსების თეორიის დებულებების ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის გამოყენების საშუალებას იძლევა.

კომპოზიციური მასალის სტრუქტურის სიცარიელე მინიმალურია და გამოწვეული მხოლოდ თავად ღორღისა და გაქვავებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის სიცარიელით.

მინიმალური სიცარიელე და ორი მყარი ფაზის ურთიერთდაკონტაქტების ფართობი ბიტუმზე მინიმალურ

მოთხოვნილებას განაპირობებს. ამიტომ ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები ნაკლებადაა დამოკიდებული ტემპერატურისა და დეფორმირების სიჩქარეზე. ამასთან ერთად, დეფიციტურ ბიტუმზე შემცირებული მოთხოვნილება არსებითად აუმჯობესებს ასეთი საფარების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.



ნახ. 2 ქვიშოვანი ასფალტბეტონის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი კომპოზიციური მასალის სტრუქტურის ფრაგმენტი:

- 1 – ქვიშოვანი ასფალტბეტონი;
- 2 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხელოვნური ღორღი

ასეთი ტიპის ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები შეიძლება მოწყობილ იქნას ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დაქუცმაცებული გრანულების სახით, მათი ასფალტბეტონის ნარევთან შერევის და გზაზე ერთობლივი დაგებისა და გამკვრივების გზით.

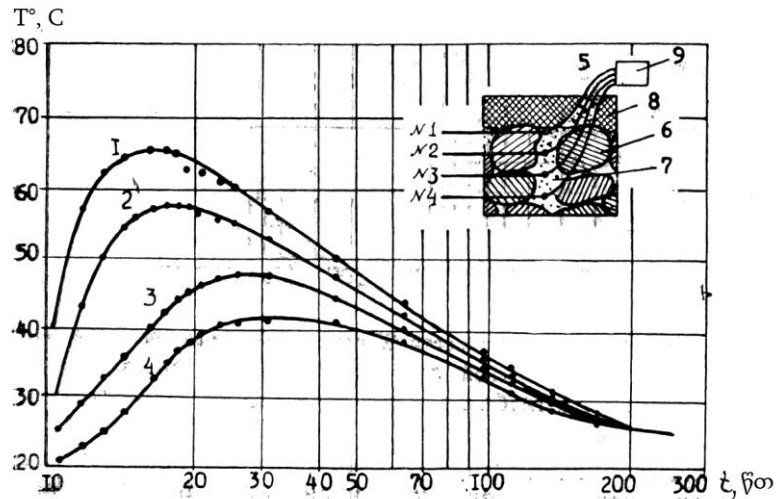
წაგრძელებულ ელემენტთა შორის განლაგებული ასფალტბეტონი იმყოფება ყოველმხრივი შეკუმშვის პირობებში და ამიტომ დეფორმაციები ძვრებისას მკვეთრად შეზღუდულია.

ასფალტბეტონსა და ქვიშა-ცემენტის ხსნარს შორის ჩაჭიდება მათ შორის ფიზიკურ-მექანიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ ურთიერთქმედებაზეა დამოკიდებული. ურთიერთჩაჭიდების ძალა ძირითადად ჰიდრატაციის პროცესებით, მექანიკური ურთიერთშეღწევით და კონტრაქციის ეფექტითაა განპირობებული. გარდა ამისა, მათი გაყოფის საზღვარზე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ზედაპირზე ბიტუმის ადსორბციის შედეგად წარმოიქმნება ადჰეზიური ძალები. ბიტუმის ადსორბცია იწყება ცემენტის ჰიდრატაციის დაწყების მომენტიდან და გრძელდება მისი გამყარების შემდეგ.

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ადსორბციული უნარის მიხედვით ყველაზე აქტიური ცემენტის ქვა, შემდეგ მოდიან ქვიშა-ცემენტის ხსნარი, ტენიანი ცემენტი და მშრალი ცემენტი. დამახასიათებელია, რომ ჰიდრატაციის პროცესში მყოფ ტენიან ცემენტზე ადსორბცია უფრო მეტია, ვიდრე მშრალ ცემენტზე და ამასთან აფსკის წყლის არსებობა, რომელიც ირთვება ჰიდროლიზის და ჰიდრატაციის პროცესში, გარკვეულწილად ხელს უწყობს ბიტუმის ადსორბციას ცემენტის ზედაპირზე.

ასფალტბეტონის ნარევთან ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დაკონტაქტებისას ხსნარის ნორმალური გამყარებისთვის, ძალიან საპასუხისმგებლო მომენტია შესაფერისი თბოტენიანი გარემოს შექმნა. უდავოა, რომ ასფალტბეტონის ნარევთან ან ტენიან რეგენერირებულ ასფალტბეტონის ნარევთან ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დაკონტაქტებისას არანაირი გართულება არ წარმოიშობა. ამ მიმართებით უმთავრეს სირთულეს ცხელი ასფალტბეტონი წარმოადგენს.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გამყარების თერმოტენიან რეჟიმზე და ასფალტ-ბეტონთან მის ჩაჭიდებაზე ასფალტბეტონის ცხელი ნარევის ტემპერატურის გავლენის დასადგენად ჩატარებულ იქნა სპეციალური კვლევები. ძირითადი ყურადღება ცხელი (120-150°C) ასფალტბეტონის ნარევის ზეგავლენის ქვეშ ხსნარიდან ტენის აორთქლებას ეთმობოდა. ნახ. 3-ზე მოყვანილი ექსპერიმენტული მონაცემები ადასტურებენ, რომ შავი ღორღის ფენის სიცარიელებში ჩაკეტილი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გახურების მაქსიმალური ტემპერატურა, მასთან ასფალტბეტონის ცხელი ნარევის ($T=150^{\circ}\text{C}$) დაკონტაქტების დროს შეადგენს 65°C -ს. ექსპერიმენტების ჩატარებისას ხისტი შუაშრის სისქე შეადგენდა 6 სმ-ს, ხოლო ზემოდან დაგებული და დატვირთვის ქვეშ გამკვრივებული ასფალტბეტონის სისქე - 4 სმ-ს. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის საწყისი ტემპერატურა იყო 19°C , მისი წყ/ც შეფარდება - 0,5, გარემოს ტემპერატურა $+26+32^{\circ}\text{C}$.



ნახ. 3. ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ტემპერატურის T ცვლილებების გრაფიკი ხისტი შუაშრის სიღრმის მიხედვით ცხელ ($T = 150^{\circ}\text{C}$) ასფალტბეტონის ნარევთან დაკონტაქტების დროისგან დამოკიდებულებით:

- 1 – თერმოწყვილ №1-ის მიხედვით, 1-2 მმ სიღრმეზე;
 2 – თერმოწყვილ №2-ის მიხედვით, 10 მმ სიღრმეზე; 3 – თერმოწყვილ №3-ის მიხედვით, 20 მმ სიღრმეზე; 4 – თერმოწყვილ №4-ის მიხედვით, 30 მმ სიღრმეზე;
 5 – თერმოწყვილები; 6 – შავი ღორღი; 7 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარი;
 8 – ასფალტბეტონი; 9 – პოტენციომეტრი

სადისერტაციო ნაშრომში გამოკვლეულია კომპოზიციურ საფარებში ხისტი ელემენტების წინაღობადობის მაჩვენებლები. ამ მიზნით დამზადებული იქნა პრიზმატული ნიმუშები გაყოფის გოფირებული ზედაპირით და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისა და ასფალტბეტონის განივკვეთის ფართობების სხვადასხვა თანაფარდობით $K = 0,2 \div 1$.

გამოცდის შედეგები მოყვანილია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

კომპოზიციური მასალის შედგენილობა	სიმტკიცის ზღვარი პრიზმატული ნიმუშის ხისტი და არახისტი ელემენტების კუმშვისას, მპა	
	ქვიშა-ცემენტის ხსნარისთვის	ასფალტ-ბეტონისთვის
ქვიშა-ცემენტის ხსნარი 1:1		
ქვიშოვან ასფალტბეტონთან	11,9	0,69
წვრილმარცვლოვან ასფალტბეტონთან	10,6	0,52
ქვიშა-ცემენტის ხსნარი 1:2		
ქვიშოვან ასფალტბეტონთან	7,7	0,49
წვრილმარცვლოვან ასფალტბეტონთან	4,45	0,35

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ხისტ ელემენტებისაგან შემდგარ ფენილში, საერთო დატვირთვისგან წარმოქმნილი ძირითადი დამანგრეველი ძალის მხოლოდ 6–10% გადაეცემა ასფალტბეტონს.

მეორე თავი. შედეგები და მათი განსჯა.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კონსტრუირებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ ხისტი შუაშრე, რომელიც არახისტი საფარების კონსტრუქციაში ირთვება, შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც დამოუკიდებელი კონსტრუქციული ფენა ან შეთავსებული იყოს ასფალტბეტონის ზედა ან ქვედა ფენასთან, ასევე საფუძვლის ფენასთან. მომატებული სიხისტის ფენებს, გარდა იმისა, რომ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს დამოუკიდებელი კონსტრუქციული ფენის სახით, ასევე ძალუმთ ორფენიანი ასფალტბეტონის საფარის შეცვლა. ამასთან, ხისტი შუაშრის კონსტრუქციული დანიშნულება განისაზღვრება გზის კატეგორიითა და ექსპლუატაციის პირობებით. საფარის ზედა ფენის სახით მათი გამოყენების შემთხვევაში ხისტ შუაშრეს, ძვრადობისადმი მდგრადობის გარდა, ასევე წაყენება ცვეთამედეგობის, წყალგაუმტარობის, ყინვაგამძლეობის, ბზარმედეგობისა და ავტომობილის თვლებისგან დინამიკური დარტყმისადმი წინააღმდეგობის მოთხოვნები.

რაც უფრო ღრმადაა განლაგებული ხისტი შუაშრე საგზაო სამოსში, მით მეტია მასში ნაკლებად ხარისხიანი ქვის მასალების გამოყენების აუცილებლობა და მით უფრო დიდი შეიძლება იყოს მისი სიხისტე. მაგალითად, საფუძვლის ზედა ფენაში ხისტი შუაშრის განლაგებისას ის შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთილი ღორღის გამკვრივებული ფენა (შავი ღორღის ნაცვლად).

უნდა აღინიშნოს, რომ საგზაო სამოსების კონსტრუქციაში შეიძლება რამდენიმე ხისტი შუაშრის ჩართვა, რომლებიც შეიძლება განლაგებული

იქნეს ფენოვანი ფანერის პრინციპის მიხედვით, ერთმანეთის მონაცვლე ხისტი და არახისტი შუაშრეებისაგან.

გამოყენებული მასალების სახეობის, კონსტრუქციებისა და ტექნოლოგიური ნიშნების მიხედვით ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარები შეიძლება კლასიფიცირებულ იქნეს შემდეგ ნაირსახეობებად:

– გამოყენებული ბიტუმ-ქვიანი მასალის სახეობის მიხედვით – შავი ღორღის ან ასფალტბეტონის საფარებად;

– ასფალტბეტონის სახეობის მიხედვით – ქვიშოვანი (5 მმ-მდე) და წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის საფარებად;

– ბიტუმ-ქვიანი მასალის დაგების ტემპერატურის მიხედვით – ცხელი ან ცივი ბიტუმ-ქვიანი მასალების საფარებად;

– ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შუაშრის სახეობის მიხედვით – მთლიანი, ბადისებური, პერფორირებული, გოფირებული ან ცალკეული ღეროებისგან შემდგარი შუაშრეების საფარებად;

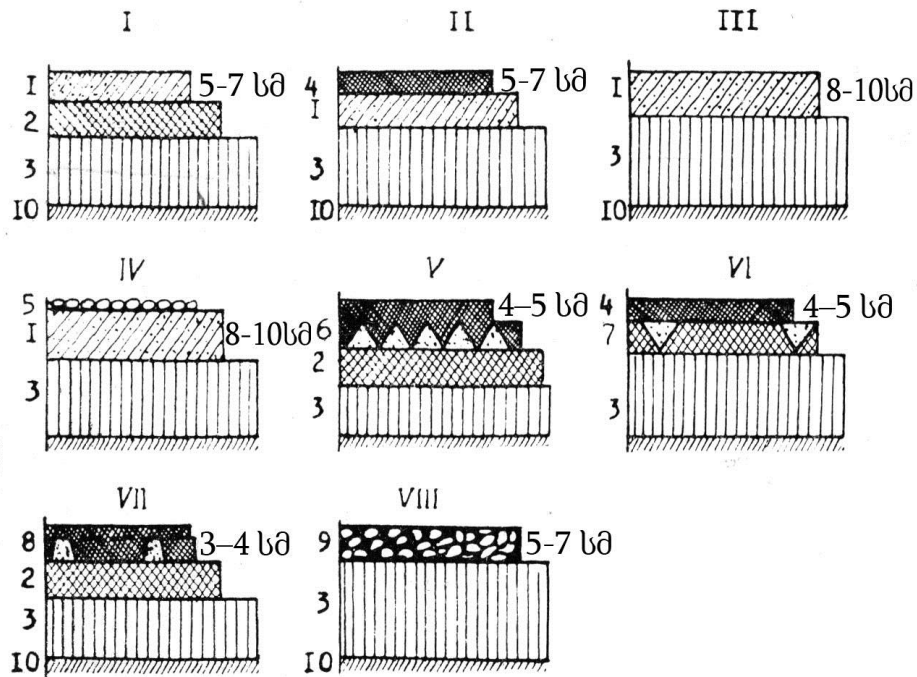
– ხელოვნური ღორღისგან წარმოქმნილი სივრცული სტრუქტურის სახეობის მიხედვით – უკონტაქტო და კონტაქტური სტრუქტურის მქონე საფარებად.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კონსტრუქციების ნაირსახეობები წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე.

ნახ.4-ზე წარმოდგენილი ნახევრადხისტი საფარების კონსტრუქციებით ყველა შესაძლო ვარიანტი არ ამოიწურება, ვინაიდან ხისტ ელემენტებს შესაძლოა სხვა კონფიგურაციებიც ჰქონდეთ. ასეთები შეიძლება იყოს, მაგალითად, ასფალტბეტონის ტანში ჭადრაკისებური წესით განლაგებული და საფარის ქვედა ფენაზე დაყრდნობილი კონუსისებრი ან პირამიდისებრი ხისტი ელემენტები.

ასფალტბეტონის ნარევი დაცული ღორღის (ქვიშის) მარცვლების მაქსიმალურ ზომებსა და ფენის მინიმალურ სისქეს შორის ოპტიმალური თანაფარდობის მოსაძებნად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქვის მასალის ზომის შერჩევის საკითხს. ხისტი გოფირებული შუა შრეებისათვის

უპირატესობა ენიჭება ქვიშის ასფალტბეტონს, მაგრამ ასევე შეიძლება წვრილმარცვლოვანის გამოყენება, ოღონდ ასფალტბეტონის ნარევის დაგებისა და გამკვრივებისას ახალი ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ელემენტების მიერ ფორმის შენარჩუნების პირობით. წინააღმდეგ შემთხვევაში აუცილებელია ღორღის ნაკლები ზომის (მაგალითად 10–15 მმ) მქონე ასფალტბეტონის ნარევის გამოყენება.



ნახ.4. ბიტუმ-ქვიანი მასალისგან და ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარების კონსტრუქციები:

1 – ქვიშა-ცემენტის ხსნარით სრულ ან არასრულ სიღრმემდე გაჟღენთილი შავი ღორღისგან შემდგარი ხისტი შუაშრე; 2 – მსხვილმარცვლოვანი ფოროვანი ასფალტბეტონისგან შემდგარი ფენა; 3 – ცემენტით (ბიტუმით) სტაბილიზებული ღორღისგან ან მსხვრეული ხრეშისგან შემდგარი საფუძველი; 4 – ქვიშოვანი ან წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ფენა; 5 – ზედაპირული დამუშავება ბიტუმის მასტიკის გამოყენებით; 6 – ქვიშოვანი (წვრილმარცვლოვანი) ასფალტბეტონის ფენა, რომელიც მოიცავს ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარ გოფირებულ ხისტ შუაშრეს; 7 – ფოროვანი მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ფენა, რომელიც მოიცავს ქვიშა-ცემენტის ხსნარის წაგრძელებულ ღორღებს; 8 – ქვიშოვანი (წვრილმარცვლოვანი) ასფალტბეტონის ფენა, რომელიც მოიცავს ქვიშა-ცემენტის ბადეს ან პერფორირებულ შუაშრეს; 9 – გრანულირებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შემცველი ქვიშოვანი ასფალტბეტონის ფენა; 10 – გრუნტ-საფუძველი (გრუნტ-საფუძველი მარცვლოვანი მასალისგან შემდგარი მადრენირებელი ფენით)

ყველა შემთხვევაში ღორღის მარცვლების მაქსიმალური ზომა ასფალტურ ბეტონში არ უნდა იყოს $0,75h$ -ზე მეტი (სადაც h – ასფალტბეტონის ზედა შუაშრის სისქეა, რომელიც დარჩა ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ელემენტების დონესა და საფარის ზედაპირს შორის).

შავი ღორღი გამკვრივების შემდეგ იძენს გარკვეულ სივრცულ მაღალფოროვან სტრუქტურას (იხ. ნახ.1), რომლის სიცარიელები შემდგომში ქვიშა-ცემენტის ხსნარით ივსება. გაჟღენთვის გასაადვილებლად სიცარიელების ზომები არ უნდა იყოს 5α -ზე ნაკლები (სადაც α – ქვიშის მაქსიმალური ზომაა, ზოგადად 2მმ-მდე აიღება). შავი ღორღის ფენის ქვიშა-ცემენტის ხსნარით გაჟღენთვის განხორციელება შეიძლება ზედა მხრიდან (6 სმ სიღრმემდე), ქვედა მხრიდან 6 სმ სიმაღლემდე ან ორივე მხრიდან 10–12 სმ საერთო სისქით. ზედა მხრიდან იჟღინთება უკვე გაცივებული შავი ღორღის ფენა, ხოლო ქვედა მხრიდან – ცხელი შავი ღორღის ფენა.

ხისტი შუაშრის ფენის თავზე არსებული თხელი ფენა (2,5–3.5 სმ) გარდა იმისა, რომ იცავს სამოსს ექსპლუატაციის პირველ პერიოდში ცემენტის ჰიდრატაციის დროს, ასევე წარმოადგენს შემდგომში საცვეთ ფენას.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შეტანისთანავე ასფალტბეტონის ნარევის დაგება და გამკვრივება მათ შორის მჭიდრო ჩაჭიდების შექმნის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

გრანულირებული ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარი ხელოვნური ღორღის ზომები შეიძლება იყოს 20-40 მმ-ის ფარგლებში, მაგრამ ისინი უნდა დაზუსტდეს დაგების პროცესში ასფალტბეტონის ტანში თანაბარი განაწილებისა და ხსნარის ნორმალური გამყარებისათვის მინიმალური მოცულობის შენარჩუნების მიზნით.

შემადგენელი კომპონენტების განაწილებისათვის და ქვიშა-ცემენტის ხსნარის გამყარებისათვის უფრო შესაფერისი პირობები არსებობს ცივი ასფალტბეტონის გამოყენებისას.

კომპოზიციური მასალების დასამზადებლად და საფარების მოსაწყობად იყენებენ ლორღს, ხრემს, ქვიშას, მინერალურ ფხვნილს, ბიტუმს, ცემენტს და სხვადასხვა პოლიმერულ მასალას.

შავი ლორღის დასამზადებლად გამოიყენება ლორღი, მინერალური ფხვნილი და ბიტუმი. ქვის მასალების შერჩევას მათ იგივე ტექნიკური მოთხოვნები წაყეებება, როგორც СНиП 2.05.02-85, ГОСТ 9128-84, ГОСТ 8267-82 და ГОСТ 10260-82-ს მიხედვით გზის მოცემული კატეგორიისთვის ასფალტბეტონის შემადგენლობის შერჩევას. საფარის ზედა ფენებში შავი ლორღის განლაგებისას უპირატესად გამოიყენება ამოფრქვეული ქანები (გრანიტები, ანდეზიტები, ბაზალტები და სხვ.) არაუდაბლეს 100 მპა მარკის ლორღით, ხოლო ქვედა ფენებში განლაგებისას დაშვებულია ქვის ყველა ქანის (მათ შორის კირქვის), ხრემის და მეტალურგიული მრეწველობის ნარჩენების გამოყენება.

ადგილობრივი და სასოფლო-სამეურნეო გზებისთვის ზედაპირული დამუშავების მქონე ნახევრადხისტ კომპოზიციურ საფარებში რეკომენდებულია ასევე ბიტუმ-ქვიშოვანი ნარევის გამოყენება მარცვლების მაქსიმალური ზომით 2,5 მმ, მინერალური ფხვნილის 4-10% და ბლანტი ბიტუმის 4-6% შემცველობით მასისაგან.

ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებში ხისტი შუაშრის მოწყობისას შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს წვრილმარცვლოვანი და ქვიშოვანი სხმული ასფალტბეტონის ნარევი, რომლებიც ადვილად მკვრივდება საგორავის ნაკლები წნევის ქვეშ.

ნახევრადხისტი კომპოზიციურ საფარებში შესაძლებელია ტენიანი რეგენერირებული ნარევის გამოყენება. რომელიც ფრაქციონირებულია ან არაა ფრაქციონირებული საგზაო საფარებში ხისტი შუაშრის განლაგების კონსტრუქციულ თავისერებუბზე ან მისი ქვიშა-ცემენტის ხსნარისგან შემდგარ ხისტ ელემენტებთან შეხამებაზე დამოკიდებულებით.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სავსებით შესაძლებელია ქვიშა-ცემენტის ხსნართან ტენიანი რეგენერირებული ნარევის შერევა.

ტენიან რეგენერირებულ ასფალტბეტონის ნარევს ღებულობენ ძველი ასფალტბეტონის ნატეხების დაწვრილმანებით ცხელი წყლის გარემოში მბრუნავ ცილინდრულ ცხავში, რომელშიც ძველ ასფალტბეტონთან ერთად მეტალის კუბები – მახვილწახნაგებია ჩატვირთული.

ქვიშის სისხო ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარებისთვის შეიძლება ფართო საზღვრებში იცვლებოდეს. უპირატესობა ენიჭება $M_k = 1,5$ -ს ფრაქციას შემდეგი შემცველობით: $<0,14$ მმ – 20%-მდე და $1,25 - 75-100\%$ -მდე. განლექვით განსაზღვრული მტვერისებრი, თიხოვანი და ლამიანი ნაწილაკების შემცველობა არ უნდა იყოს 3%-ზე მეტი ბუნებრივი ქვიშისთვის და 4%-ზე მეტი ხელოვნურისთვის. ქვიშის წყალმოთხოვნილება შეადგენს 12-13%-ს.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის დასამზადებლად იყენებენ არანაკლებ 400-იანი მარკის პორტლანდცემენტს, რომლის სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას 28 დღე-ღამის ასაკში არანაკლებ 5,5 მპა-ია (ГОСТ 10178-76).

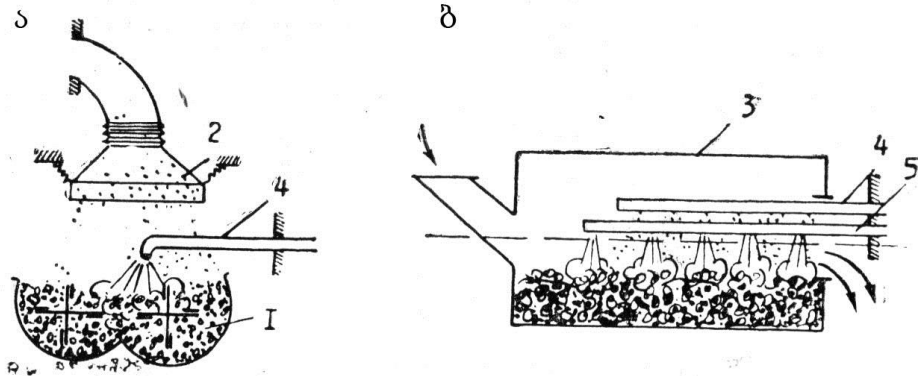
პოლიმერცემენტის მასალების მისაღებად იყენებენ პოლიმერულ დანამატებს: სინთეზურ ლატექსს (ГОСТ 15080-80), პოლივინილაცეტატის ემულსიას (18992-80), ბიტუმის ემულსიას (ГОСТ 18659-81) და სხვ.

ხსნარების ტექნოლოგიური თვისებების გასაუმჯობესებლად იყენებენ მაპლასტიფიცირებელ და მაჰიდროფობიზირებელ დანამატებს.

შავი ღორღის შედგენილობას ირჩევენ საფარის კონსტრუქციასა და საექსპლუატაციო პირობებზე დამოკიდებულებით. შავი ღორღისათვის განკუთვნილი ბიტუმის რაოდენობა შეადგენს 1,5-2,5%-ს ღორღის მასისაგან. შავი ღორღის გამოყენებისას უნდა ვიხელმძღვანელოთ СНиП 3.06.03-85 მითითებებით. შავ ღორღს ამზადებენ იძულებითი შერევის ასფალტბეტონის დანადგარებში ან დოლური ტიპის დანადგარებში თავისუფალი შერევით.

ბიტუმის მასტიკის გამოყენებით შავი ღორღის დამზადებისას ტექნოლოგიაში დამატებითი ოპერაცია შემოაქვთ: შავი ღორღის დამზადების შემდეგ მის გადმოტვირთვამდე უშუალოდ დოლში აწვდიან

მინერალურ ფხვნილს ნარევის მომდევნო დამატებითი შერევით. განაწილების თანაბრობის უზრუნველსაყოფად მინერალურ ფხვნილს აწვდიან N3 ვიბრაციული ბრტყელი საცერის მეშვეობით, რომელიც სარევის თავზეა დაყენებული, და ასევე პნევმოსაფრქვევების მეშვეობით, რომლებიც სარევის თავზე ან შემრევი დოლის შიგნითაა დაყენებული (იხ. ნახ. 5).



ნახ.5. ბიტუმის მასტიკის გამოყენებით შავი ლორღის დამზადების პრინციპული სქემა:

ა – იძულებითი შერევის ნიჩბიანი სარევის გამოყენებისას; ბ – შემრევი დოლის გამოყენებისას; 1 – სარევი; 2 – ვიბრაციული ბრტყელი საცერი; 3 – შემრევი დოლი; 4 – გაფრქვევის მეთოდით ბიტუმის მიწოდებისათვის განკუთვნილი მილი; 5 – გაფრქვევის მეთოდით მინერალური ფხვნილის მიწოდებისათვის განკუთვნილი მილი

შემრევი აგრეგატების მუშაობა გარკვეული ციკლებით ხორციელდება: პნევმოგაფრქვევის და ლორღთან თანაბარი შერევის გზით ცხელი ბიტუმის მიწოდების შემდეგ ხდება მინერალური ფხვნილის მიწოდება ვიბრაციული საცერის ან პნევმოსაფრქვევის მეშვეობით და მისი შავ ლორღთან ერთდორული შერევა. როგორც წესი, მიწოდებული მინერალური ფხვნილის რაოდენობა რეგულირდება. თანაბარი ნარევის მიღების შემდეგ 130-150°C ტემპერატურის მქონე შავი ლორღი გადმოიტვირთება სატრანსპორტო საშუალებებში. გრილ ამინდში ბიტუმის მასტიკაზე დამზადებული შავი ლორღის ტემპერატურა ნორმატიულზე 20°C-ით მაღალი უნდა იყოს.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შედგენილობას ნახევრადხისტი კომპოზიციური საფარის სტრუქტურაზე და ასფალტბეტონის ნარევთან შეხამების ტექნოლოგიურ ხერხებზე დამოკიდებულებით შეარჩევენ. მაგალითად, შავი ღორღის ფოროვანი ფენის გასაჟღენტად ხსნარს უფრო მოძრავი კონსისტენცია უნდა ჰქონდეს, ხოლო ასფალტბეტონის ხისტი ელემენტებით არმირებისას – უფრო ხისტი კონსისტენცია.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის მარკა, საფარის ტანში ხისტი შუაშრის განლაგების მიხედვით, შეიძლება შეიცვალოს ფართო საზღვრებში – 50, 75, 100, 150 და 200. უფრო მაღალი მარკები საჭიროა ზედა ფენის სახით ხისტი შუაშრის განლაგებისას და ავტომობილების ინტენსიური მოძრაობისას, ხოლო უფრო დაბალი – ხისტი შუაშრის საფარის ქვედა ფენაში ან დაბალი კატეგორიების გზების საფუძვლის ზედა ფენაში განლაგებისას. მარკაზე დამოკიდებულებით ცემენტისა და ქვიშის თანაფარდობა (მასის მიხედვით) ფართო საზღვრებში იცვლება 1:1-დან 1:4-მდე.

წყალ-ცემენტის თანაფარდობის II/B საორიენტაციო მნიშვნელობა 0,25-0,5-ის ფარგლებში იცვლება.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შედგენილობის შერჩევას განსაზღვრავენ სიმტკიცეს კუმშვაზე, სიმტკიცეს გაჭიმვაზე ღუნვისას, სიმტკიცეს, ტენიანობას, წყალშთანთქმას და ყინვამედეგობას. ტექნოლოგიური თვისებებისაგან განსაზღვრავენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ძვრადობას ეტალონური ან სტანდარტული კონუსის მეშვეობით.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ძვრადობას ახასიათებს ხსნარის ადვილ-ჩაწყობადობა, ე.ი. ხსნარის მიერ ზედა (პირდაპირი გაჟღენტვა) და ქვედა (უკუ გაჟღენტვა) მხრიდან შავი ღორღის ფენის სრული გაჟღენტვის შესაძლებლობა. ხსნარის აუცილებელ ძვრადობას ადგენენ ლაბორატორიულ პირობებში საფარის რეალურ ნიმუშებზე სასინჯი გაჟღენტვით და შემდგომ აკორექტირებენ ნატურულ პირობებში უშუალოდ გზაზე. ამასთან ჩნდება შავი ღორღის ფენის ცარიელობისა და 1 კვ.მ

საფარზე ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ხარჯის ნორმის დადგენის შესაძლებლობა.

ადვილჩაწყობადობის მნიშვნელობისგან შავი ღორღის ფენაში ხსნარის შეღწევის სიღრმის დამოკიდებულების დასადგენად ლაბორატორიულ პირობებში ატარებენ შემდეგ ქმედებებს:

1. ამზადებენ ნიმუშებს – 20x20სმ ზომისა და დაახლოებით 10 სმ სისქის მქონე შავი ღორღის ფილებს სპეციალურ დასაშლელ ლითონის ფორმაში, 5 მპა-ს წნევის ქვეშ ჰიდრავლიკურ წნეხზე მათი დაპრესვის გზით.

2. ასხამენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს 3 სმ სისქის ფენით, დგამენ ვიბრომაგიდაზე 30 წმ-ის განმავლობაში. ადგენენ გაჟღენთვის სიღრმეს 30 წმ-ის შემდეგ და ხსნარის სრული გახარჯვის შემდეგ შავი ღორღის ფენის თავზე ხსნარის დარჩენილი ფენის სისქეს, გაზომვისა და გასართი (დასაშლელი) ფორმის მოხსნის შემდეგ, სატორსო ნაწილის ვიზუალური დათვალიერების გზით.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის შეღწევის სიღრმის დადგენას ახორციელებენ შავი ღორღის ფენის ნიმუშებზე, რომლებიც დამზადებულია ხსნარით მათი გაჟღენთვის გზით 5-10 მპა-ის წნევის ქვეშ, რომელიც გადაეცემა ჰიდრავლიკურ წნეხზე 5-10 მმ სისქის რეზინის შუასადების მეშვეობით. უკუ გაჟღენთვისთვის ლითონის ფორმაში თავდაპირველად ასხამენ ქვიშა-ცემენტის ხსნარს, ხოლო შემდეგ ყრიან შავ ღორღს ჰიდრავლიკურ პრესზე მომდევნო დაპრესვით და წნევის გადაცემით რეზინის შუასადების მეშვეობით.

ქვიშა-ცემენტის ხსნარის კონსისტენციას აკორექტირებენ წყალ-ცემენტის თანაფარდობის ცვლილების გზით. ადგენენ ცემენტის შეკვრის ვადებს, მათი მიხედვით ადგენენ ხსნარით შავი ღორღის ფოროვანი ფენის გაჟღენთვის დასრულების ვადებს. ყველა შემთხვევაში ცემენტის შეკვრა არ უნდა დგებოდეს 1,5 სთ-ზე ადრე. ცემენტის შეკვრის ვადების რეგულირების, წყლის ხარჯის შემცირებისა და პლასტიკურობის გაზრდის მიზნით ქვიშა-ცემენტის ხსნარში შეჰყავთ სუპერპლასტიფიკატორი

ცემენტის მასისგან 0,2-0,4%-ის ოდენობით. სუპერპლასტიფიკატორის, მაგალითად, СП «KM-30» დამატება მკვეთრად ზრდის ქვიშა-ცემენტის ხსნარის ძვრადობას და პრაქტიკულად გამორიცხავს ვიბრირების აუცილებლობას. ქვიშა-ცემენტის ხსნარი ამ დროს პნევმოსაგორავის წნევის ქვეშ ადვილად აღწევს შავი ღორღის ფენის ფორებში და ჟღენთავს მას 6-7 სმ-ის სიღრმემდე.

გარდა ამისა, სუპერპლასტიფიკატორი ზრდის სიმტკიცესა და სიმკვრივეს. მაგრამ, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ სუპერპლასტიფიკატორის ჭარბი დამატება უკუქმედებას ახდენს – მცირდება, კომპოზიციური მასალის სიმტკიცე.

ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის თვისებების შეფასება.
ცივი ასფალტბეტონის სტრუქტურა ცხელ ასფალტბეტონთან შედარებით გამოირჩევა დიდი ფორიანობით, ნარევეში ბიტუმის ნაკლები შემცველობით (შესაბამისად ბიტუმის აფსკის მცირე სისქით) და ბიტუმის ნაკლები სიბლანტით. ეს თვისებურებები განაპირობებს ცივი ასფალტბეტონში ნაკლებად მკვრივი სტრუქტურული კავშირების შექმნას, რაც აისახება მის ნაკლებ სიმტკიცეში და წყალმედევობაში.

როგორც ცივი, ასევე ცხელი ასფალტბეტონის სიმტკიცე დამოკიდებულია შიდა ხახუნისა და შეჭიდულობის ძალების სიდიდეზე. შიდა ხახუნის სიდიდე ძირითადად განპირობებულია მინერალური მასალის ნაწილაკების ზედაპირის ხარისხით, ზომით და ფორმით, ასევე ბიტუმის რაოდენობით და სიბლანტით. ამასთან, ბიტუმი ამცირებს ასფალტბეტონის შიდა ხახუნს, ასრულებს რა მინერალურ მარცვლებს შორის საპოხის როლს. ცივ ასფალტბეტონის ნარევეში ბიტუმის რაოდენობა მცირეა ცხელ ასფალტბეტონთან შედარებით, შესაბამისად მცირეა ბიტუმის აფსკის სისქე. ამის გამო ბიტუმის, როგორც შემზეთის როლი მცირდება და მთელი სისტემის შიდა ხახუნი იზრდება. ამ შემთხვევაში ასფალტბეტონის მინერალურ ნაწილაკებს შორის შიდა ხახუნის როლი მნიშვნელოვნად იზრდება. შედარებით მაღალი შიდა ხახუნის გამო ცივი ასფალტბეტონები

გამოირჩევან ძვრისადმი მდგრადობით. საგზაო ფენილების მუშაობაზე დაკვირვებებმა გვიჩვენებს, რომ ცივი ასფალტბეტონის ფენილებზე პრაქტიკულად არ წარმოიქმნება ტალღები და ძვრები.

ასფალტბეტონში შეჭიდულობის სიდიდის განხილვისას, გასათვალისწინებელია, რომ ამ კონგლომერატულ მასალაში შეჭიდულობა უზრუნველყოფილია ძირითადად შემკვრელი მასალით - ბიტუმით. ცნობილია, რომ შეჭიდულობის სიდიდე, თანაბარ პრობებში, დამოკიდებულია ბიტუმის სიბლანტეზე და მინერალური ნაწილაკების ზედაპირზე ბიტუმის აფსკის სისქეზე. რაც უფრო დიდია ბიტუმის სიბლანტე, მით დიდია შეჭიდულობა. ნარევში ბიტუმის რაოდენობის გაზრდა გარკვეულ დონემდე, ზრდის ასფალტბეტონის შეჭიდულობის სიდიდეს, მაგრამ ამ რაოდენობაზე მეტი რაოდენობის ბიტუმის გამოყენება იწვევს შეჭიდულობის შემცირებას. ცივ ასფალტბეტონში ბიტუმის სიბლანტე და მისი რაოდენობა იზღუდება ცივი ასფალტბეტონის ფხვიერ მდგომარეობაში ხანგრძლივად შენახვის და ცივ მდგომარეობაში დაგების პირობით. დიდი სიბლანტის ბიტუმის გამოყენებისას და მისი ნარევში ისეთი რაოდენობით შეყვანა, რომელიც უზრუნველყოფს ცივი ასფალტის მაქსიმალურ სიმტკიცეს, გამოიწვევს ასფალტბეტონის ნარევის ცალკეული ნაწილაკების ერთმანეთთან შეწყებებას მისი შენახვის პერიოდში, ან მოხდება ე.წ. თვითდატკეპნა, რის გამოც მისი საფარში დაგება პრაქტიკულად შეუძლებელი ხდება. მაშასადამე, ბიტუმის სიბლანტის ხარჯზე ცივი ასფალტბეტონის შეჭიდულობის გაზრდა შეზღუდულია ამ მასალის შენახვისა და გამოყენების თავისებურებებიდან გამომდინარე. ცივ ასფალტბეტონში შემკვრელის მინიმალური რაოდენობისა და მისი სიბლანტის დადგენა ნაკარნახევია ასფალტბეტონის ნარევში საკმაოდ მაღალი შეჭიდულობის მქონე სისტემის შექმნის პირობით, რომელიც საფარში მასალის მდგრადობასა და სიმტკიცეს უზრუნველყოფს.

ასფალტბეტონში შიდა ხახუნის და შეჭიდულობის სიდიდის განსაზღვრა საკმაოდ რთულია, რადგანაც ასფალტბეტონი შედგება მკვეთრად განსხვავებული ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მქონე მასალებისგან.

ასფალტბეტონის შიდა ხახუნის სიდიდეზე ყველაზე სწორი წარმოდგენა შეიქმნება მისი ძვრაზე გამოცდით. ამასთან, გარკვეული მიახლოებით ძვრაზე გამოცდა შეიძლება შეიცვალოს კუმშვაზე გამოცდით. როგორც ცნობილია, შეკუმშვა იწვევს საცდელი ცილინდრიული ობიექტის რთულ დაძაბულ მდგომარეობას, რამდენადაც ერთდროულად წარმოიქმნებიან მკუმშავი, გამჭიმავი და ძვრის ძაბვები. დახრილი სიბრტყეზე ნიმუშის შიგნით, მოქმედებს მაქსიმალური ძხები ძაბვები, რომლებიც ძვრის დეფორმაციას იწვევს. ცხადია, რომ ძვრისადმი მდგრადობა ამ შემთხვევაში განპირობებულია შიდა შეჭიდების სიდიდით, თუმცა პრაქტიკულად რაოდენობრივი თანაფარდობის დადგენა სხვადასხვა სახის დაძაბულობას შორის შეუძლებელია. დაძაბული მდგომარეობის ანალიზი გართულებულია ნიმუშის ზედაპირსა და საცდელი პრესის დგუშის ზედაპირს შორის არსებული ხახუნით.

ასფალტბეტონში შეჭიდულობის სიდიდე მაღალი სიზუსტით შეიძლება იყოს განსაზღვრული, ასფალტბეტონის გაჭიმვაზე შემოწმების დროს. შეჭიდულობის განსაზღვრისათვის საჭიროა გაწყვეტა მოხდეს ცილინდრიული ნიმუშის ღერძის პერპენდიკულარულ სიბრტყეზე. სადაც მოქმედებენ მთავარი ნორმალური გამჭიმვი ძაბვები.

იმ შემთხვევაში, თუ ცივი ასფალტბეტონის შეჭიდულობა საკმარისი არ არის მისი მონოლითურობის არ არსებობის გამო, მის ცალკეულ ნაწილაკებს შორის კავშირები სუსტია. შედეგად ასეთ ცივ ასფალტბეტონს აქვს დაბალი ცვეთამედეგობა.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ცივი ასფალტბეტონი არის ნაკლებად წყალმედეგი მასალა, ვიდრე ცხელი ასფალტბეტონი, მისი მექანიკური

თვისებების განსაზღვრა (სიმტკიცე კუმშვაზე და გაჭიმვაზე) უნდა მოხდეს მშრალ და წყლით გაჯერებულ ნიმუშებზე.

ცივი ასფალტბეტონის ხარისხის საერთო შეფასება უნდა მოხდეს მისი მექანიკური თვისებების შეფასებით, ანუ სიმტკიცით კუმშვაზე და გაჭიმვაზე, ცვეთამედეგობის მაჩვენებლით, ასევე ნარევის ფიზიკური თვისებების (ფორიანობა, წყალგაჯერება) შეფასების საფუძველზე.

დასკვნა

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევების ანალიზის შედეგად, ნახევრად ხისტი ფენილების აგების ეკონომიურად და ეკოლოგიურად რაციონალური ტექნოლოგიების შესახებ ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის გამოყენებით, დადგინდა შემდეგი:

1. ტრადიციულ ფენილებთან შედარებით ნახევრად ხისტი - “კომპოზიციური” ფენილების საექსპლუატაციო ვადა გახრდილია 4-5 წლით, შესაბამისად გაზრდილია ფენილის რემონტშორის ვადები;

2. ნახევრად ხისტი ფენილების მოწყობა ცივი ასფალტბეტონის ან შავი ღორღის გამოყენებით მოითხოვს დაბალ ენერგოტევადობას (ჩვეულებრივ ტექნოლოგიასთან შედარებით ენერგოდანახარჯები მცირდება 30%-ით), შესაბამისად შემცირებულია მავნე აირების გამონაბოლქვი ატმოსფეროში;

3. დამუშავებულია ნახევრად ხისტი ფენილების კონსტრუქციებში ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევის გამოყენების შესაძლებლობა, რაც საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ საგზაო სამოსის რაციონალური კონსტრუქციები ადგილობრივი მასალების გამოყენებით;

4. ცივი ასფალტბეტონისა და შავი ღორღის ნარევის გამოყენებით შესაძლებელია საგზაო სამოსების შეკეთება მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით;

5. დაბალი ინტენსივობის გზებზე შავი ღორღისა და ცივი ასფალტბეტონის დასამზადებლად შესაძლებელია გამოყენებული იყოს არასაკმარისი სიმტკიცის ადგილობრივი ქვის მასალა.

6. ნახევრად ხისტი ფენილების მოწყობა ცივი ასფალტბეტონის ან შავი ღორღის გზაზე იძლევა ადგილობრივი მასალის გამოყენების შესაძლებლობას, ამით მიიღება მნიშვნელოვანი ეკონომიური ეფექტი. ამას ემატება უდიდესი ეკოლოგიური ფაქტორი, რამდენადაც დაახლოებით 2-ჯერ შემცირდება მდინარეთა კალაპოტებიდან ინერტული მასალის ამოღება;

7. ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ ასფალტბეტონის ფენილების ძვრისადმი მდგრადობის გაუმჯობესების თვალსაზრისით კარგ შედეგს იძლევა ჩვენს მიერ შავი ღორღისა და ცივი ასფალტბეტონით დამზადებული ნახევრად ხისტი ფენილი, რომელიც ეკონომიური თვალსაზრისით იძლევა 30% ეფექტს, რაც განპირობებულია შემდეგით:

- დაახლოებით 1,5-ჯერ იზრდება ფენილის ცვეთამდეგობა;
- მცირდება საფარის ფორმირების საექსპლუატაციო ვადა;
- იზრდება ცივი ასფალტბეტონის გამოყენების შესაძლებლობა, განსაკუთრებით ქალაქის ქუჩების სარემონტო სამუშაოებისათვის;
- მშენებლობის პერიოდში მოიხსნება ადგილზე ცხელი პროცესების საჭიროება და შესაბამისად მცირდება ჰაერში მავნე აირების გამოყოფა;
- დაახლოებით 1,3-ჯერ იზრდება ძვრის დეფორმაციებისადმი წინააღმდეგობა;
- მარტივდება და დაახლოებით 1,5-ჯერ იაფდება მშენებლობის პროცესები;
- შესაძლებელია სარემონტო სამუშაოები ჩატარდეს ჰაერის შედარებით დაბალ (5°C -ით) დადებითი ტემპერატურის პირობებში.

დისერტაციის თემასთან დაკავშირებული პუბლიკაციები:

1. ა. ბურდულაძე, ლ. ჩადუნელი. ნახევრად ხისტი კომპოზიციური საფარები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“. თბილისი. 2016, #4(43). გვ. 147-149. ISSN 1512-3936 www.sheneba.ge
2. ა. ბურდულაძე, ლ. ჩადუნელი. ნახევრად ხისტი კომპოზიციური საფარების მოწყობის ტექნოლოგია. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“. თბილისი. 2016, #4(43). გვ. 150-152. ISSN 1512-3936 www.sheneba.ge
3. ლ. ჩადუნელი. ნახევრად ხისტი კომპოზიციური ფენილების დამზადება შავი ლორღის გამოყენებით. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“. თბილისი. 2017, #3(46). გვ. 87-90. ISSN 1512-3936 www.sheneba.ge

Abstract

Extention of road network in last years became a reason of sharp increase of consumed asphalt-concrete masses. At the same time takes place reduction of produced oil bitumen quantity in relation to total volume of extracted oil that naturally makes expensive the development of road network. On the other hand, repeated repair works carried out in our country (that basically is expressed in the laying of new asphaltconcrete layers on already existing pavement) was resulted in exceedance of asphalt-concrete pavement thickness by 40-50 cm on many roads that creates additional problems and continuation of this practice this way is simply senseless. All this causes the necessity of substantial changes in the condition of construction and rehabilitation of asphalt-concrete pavements.

The prospect of use of semi-rigid composite coatings via mentioned method is caused not only by increased shear-resistance, but also by significant economy of bitumen and by the oppportunity of extensive use of local stone materials that is very important. Application area of semi-rigid composite coatings is very extensive. They are used in construction of I-V category roads, urban roads (streets), industrial and rural (farm-market) roads, flight-landing strips, as well as for development of warehouse areas of plants and ports etc.

In the presented thesis work the brand new direction of laying the semi-rigid (composite) road pavements with the use of the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone is considered that produces important economic and ecological effect predetermined with the following:

- engineering process of preparation of the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone is featured with low energy consumption compared with preparation of hot asphalt-concrete mixture;
- opportunities of cold asphalt-concrete transportation for long distances;
- preparation of the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone requires low energy consumption, therefore laying of semi-rigid pavements using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone needs less energy expenditures and respectively the exhaust of harmful gases in the atmosphere is reduced;
- all above mentioned issues are considered in the thesis work that predetermines its topicality.

Goals of the thesis work:

- to elaborate economically and ecologically rational technologies of laying the semi-rigid road pavements using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone;
- to study and improve physical and mechanical properties of the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone;
- to create shear- and wear-resistant semi-rigid road structures using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone

Basic tasks:

- Critical analysis of available methods for preparation and laying the semi-rigid road pavements, and mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone;

- Study of the efficiency of use of mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone with the purpose of reduction of semi-rigid road pavement construction costs;
- Study of semi-rigid pavement coating and elaboration of methods for their improvement;
- Improvement of engineering processes of road coating rehabilitation;
- Designing the semi-rigid shear-resistant coatings using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone.

Scientific novelty of the work:

The thesis work belongs to the area of road construction. Road dressing (paving) is the basic determining part of transport-operating condition of roads. Use of semi-rigid “composite” road pavements on the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone significantly reduces the cost of construction and rehabilitation of road dressing, and in addition, its use produces certain ecological effect.

Scientific novelty of the presented work is the provision of basic performance indices (strength, evenness, roughness and wear resistance) of road dressing under the conditions of minimum cost that lies in the following:

- Available methods of laying and preparation of semi-rigid coating, mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone are studied and analysed in a critical manner;
- New economically and ecologically advantageous methods for preparation of the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone are elaborated;
- Semi-rigid road pavement constructions with the use of the mixture of cold asphalt concretes and black crushed-stone are elaborated;
- New shear- and wear-resistant constructions of composite road pavement are created and tested.

Practical utility of the work:

- Constructions of semi-rigid road pavements with the use of mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone are elaborated that allows us to select rational constructions of road dressing with the use of local materials;
- Methods of road dressing repair with minimum financial expenditures and using the mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone are elaborated;
- Methods of maintenance of operation standard indices of asphalt-concrete composite pavements with minimum financial expenditures are elaborated;
- Shear-resistant semi-rigid coatings are created with the use of mixtures of cold asphalt concretes and black crushed-stone, which keep surface evenness for a long time;
- Methodological recommendations on restoration of road coatings and road base are elaborated.