

ცოცვად-პლასტიკური მეწყერული ტანების მდგრადობის შეფასების რიცხვით-ანალიზური მეთოდის დამუშავება

პროექტის ხელმძღვანელი: მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობისა და საბადოთა დამუშავების ტექნოლოგიების ცენტრის უფროსი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი ლევან ჯაფარიძე

1. პროექტის სამეცნიერო კომპონენტი

1.1. კვლევითი თემის აქტუალობა, კვლევის სიახლე და პრობლემის ფორმულირება

მთაგორიანი რელიეფის მრავალფეროვანი გეოლოგიური აგებულების, ჰიდროგეოლოგიური და კლიმატური პირობების რეგიონებისათვის დამახასიათებელი მეწყრები გამოვლინების მექანიზმის თვალსაზრისით შეიძლება გაიყოს ბლოკურ და ცოცვად-პლასტიკურ ტიპებად.

წინა წლებში შესრულდა ინსეკვენტური და კონსეკვენტური ტიპის ბლოკური მეწყერული ფერდობების წონასწორობის ხარისხის შეფასების და მდგრადობის უზრუნველყოფისათვის საჭირო საშუალებების გაანგარიშების მეთოდების კვლევა დანალექი ქანების კლდოვანი შრეობრივი მასივებისათვის.

ისევე, როგორც ბლოკური ტიპის მეწყერული მოვლენების ამსახველი მექანიკური მოდელების შესწავლის ხანგრძლივი ისტორიის მანძილზე შექმნილი მეთოდების და სამეცნიერო შრომათა დიდი სიმრავლეში, აღნიშნულ კვლევებშიც ქანების მასივები განიხილება მყარი (დრეკადი) ტანის მექანიკის პრინციპებიდან. ფერდობის მდგრადობის შეფასება ხდება კულონი-მორის ზღვრული წონასწორობის პირობებით და დროის ფაქტორის გავლენა შეიძლება მოხდეს მხოლოდ ქანების შეჭიდულობის და შიგა ხახუნის კოეფიციენტის დაქვეითების ხარჯზე.

ამ პროექტით გათვალისწინებულია ცოცვად-პლასტიკური ტიპის მეწყერული ფერდობების მდგრადობის შეფასების კვლევა გაანგარიშების მეთოდის დამუშავების მიზნით, რაც, განსხვავებით ბლოკური ტიპის მეწყერული ტანის მდგრადობის გაანგარიშების მეთოდისაგან უნდა ასახავდეს მეტამორფული თიხოვანი ქანების მასივში მდორედ მიმდინარე დრეკად-პლასტიკურ და რეოლოგიურ დეფორმაციებს და, შესაბამისად, დროის ფაქტორს.

დღეს სამთო გეომექანიკურ ამოცანებში რეოლოგიური პროცესების მნიშვნელობა სწრაფად იზრდება სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავების პრობლემების რაციონალური გადაწყვეტისათვის. ანალოგიური, თუმცა გაცილებით ნაკლები ინტენსივობის ტენდენციები შეინიშნება მეწყერული გეომექანიკის მიმართულებით. ეს, ძირითადად, ხდება ნატურის პირობებში ნორმატიული დოკუმენტებით დაკანონებული ე.წ. მონიტორინგის საშუალებით პოტენციალურად მეწყერსაშიშ ფერდობებზე საინჟინრო სამუშაოების ჩატარებამდე ან/და მას შემდეგ და გაცილებით ნაკლებად, ან სულ არ ხდება წინასწარ, დაპროექტების სტადიაში. ეს შეიძლება აიხსნას იმით, რომ ჯერაც არ არის შემუშავებული მკაფიო კრიტერიუმები რეოლოგიური პარამეტრების არსებობისა და მეწყერული გეომექანიკის ამოცანებში.

ლიტერატურაში არ მოიპოვება ნათელი მითითებები იმის შესახებ, თუ რომელი ამოცანა უნდა იქნას ამოხსნილი „რეოლოგიურ“ დასმაში, რომელი „სტატიკურში“ თუ „დინამიკურში“. არ არსებობს მკაფიო მითითება იმის თაობაზე თუ რომელი, მყარი, უწყვეტი თუ დისკრეტული ტანის მექანიკის მეთოდებით უნდა იქნას ამოცანა ამოხსნილი. მაგალითად: რა შემთხვევაში შეიძლება ჩაითვალოს გარემო „სუფთა დრეკადად“, თუ „დრეკად-ცოცვადად“, „ცოცვად-პლასტიკურად“, „დენად-პლასტიკურად“ და ა.შ. ამასთან, ნორმატიულ დოკუმენტებში მითითებულია, რომ „საანგარიშო სქემების არასაკმარისი საინჟინრო-გეოლოგიური დასაბუთებისას და ქანების სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლებზე არასრული წარმოდგენის შემთხვევაში მეწყერსაშიში ფერდობის გაანგარიშება დაუშვებელია“ [1].

პროექტი მნიშვნელოვანი და აქტუალურია როგორც თეორიულად, ასევე პრაქტიკულად საერთოდ და იმიტომაც, რომ საქართველოში ბევრგან გვხვდება გეოლოგიური ფორმაციები, სადაც გვხვდება „ცოცვად-პლასტიკური“ მეწყრები. ამ ტიპის ლოკალური თუ მასშტაბური მეწყრები მოსალოდნელია ტალღოვან-ბორცვიანი რელიეფის ადგილებში თუ ინფრასტრუქტურული მშენებლობის ინტენსიფიკაციის პირობებში განსაკუთრებული ყურადღება არ მიექცა მათ აცილებას ადრეულ, დაპროექტების სტადიაზე [2].

პროექტის მიზანია „ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის მეწყერული ტანების მდგრადობის შეფასების და გაანგარიშების რიცხვით-ანალიზური მეთოდის დამუშავება, რომელიც შესაძლებელი უნდა იყოს AutoCAD-ის, Rocscience Slide 6 და Phase2 კომპიუტერული პროგრამების და ძაბვათა თეორიის ანალიზური აპარატის გამოყენებით. მეთოდმა, არსებულებისაგან განსხვავებით, უნდა მოგვცეს შესაძლებლობა: მოდელირებული იქნას მეწყერსაშიში ტანების შესაძლო ჩამოშლის სხვადასხვა ფორმის საანგარიშო სქემებში ქანების მასივის „ცოცვად-პლასტიკური“ თვისებების გათვალისწინება; გაანგარიშებული იქნას მათი მდგრადობის უზრუნველყოფისათვის საჭირო ღონისძიებები ჩვეულებრივ და ექსტრემალურ პირობებში, გრავიტაციული და სეისმური ძალების მოქმედებისას.

1.2. კვლევის მიზნები და ამოცანები

პროექტი სტიმულირებულია თბილისში და საქართველოს რეგიონებში განვითარებული „ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის მეწყერული მოვლენებით, დაზიანებული შენობა-ნაგებობების და გზების აღდგენის და მათი უსაფრთხო ექსპლუატაციის საჭიროებით.

ბუნებრივი და ტექნოგენური ფერდობების მდგრადობის შეფასების მეთოდი უნდა ითვალისწინებდეს:

- ✓ ობიექტის დანიშნულებას, მნიშვნელობას და საექსპლოატაციო პირობებს, მისთვის საჭირო მოკლე და გრძელვადიანი მდგრადობის ხარისხს;
- ✓ მიწის ზედაპირის არსებულ რელიეფს, გიფსომეტრიას, სტრატეგრაფიას და საპროექტო გეგმა-ჰრილებს;
- ✓ ტერიტორიის კლიმატურ და ჰიდრომეტეოროლოგიურ დახასიათებას;
- ✓ რაიონის სეისმურობის საანგარიშო მაჩვენებლებს;
- ✓ ქანების წარმომადგენლობითი ნიმუშების მექანიკურ პარამეტრებს მშრალ და სველ მდგომარეობებში ფოროვანი წყლის გათვალისწინებით;
- ✓ მასივის სტრუქტურული შესუსტების ფაქტორებს ბზარიანობის და სხვა სახის გამოფიტვის შედეგად;
- ✓ საპროექტო ობიექტის მდგრადობის გაანგარიშებას და მისი საექსპლოატაციო მოთხოვნების დაკმაყოფილებას ტექნიკურ-

ეკონომიკური თვალსაზრისით და ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღებას.

„ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის ფერდობის მდგრადობის გაანგარიშების ორიგინალური რიცხვით-ანალიზური მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იქნას მეწყერსაშიში უბნებისათვის საქართველოში, მათ შორის თბილისში და მის შემოგარენში მშენებლობის დაპროექტირებისას.

1.3. კვლევის მეთოდოლოგია

ზემოთ ჩამოთვლილ ფაქტორთა გათვალისწინების სისრულის, სიზუსტის და გაანგარიშების პრაქტიკული შესაძლებლობის მიხედვით „ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის მეწყერული ტანების მდგრადობის შეფასება გაცილებით რთულია და გაანგარიშების მეთოდებიც პრაქტიკულად არ არსებობს. მაშასადამე, სამთო მასივის რეოლოგიის განვითარების თანამედროვე სტადია შეიძლება განვიხილოთ მხოლოდ როგორც საწყისი, როდესაც დაგროვილია ინფორმაციის, წარმოდგენების, მეთოდების და შედეგების პირველადი მარაგი, მაგრამ ძირითადი კვლევები და მათი შედეგების პრაქტიკული გამოყენება ჯერ კიდევ წინ არის.

ეს, ძირითადად, უნდა აიხსნას იმით, რომ ინსეკვენტური მეწყერების ზღვრული წონასწორობის თეორიაზე და კონსეკვენტური მეწყერების კინემატიკური სქემების ანალიზზე დაფუძნებული გაანგარიშების თანამედროვე მეთოდები, ფაქტობრივად, არ მოითხოვენ ფერდობის ელემენტების გრავიტაციული წარმოშობის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის და, შესაბამისად, არც მათი გეომეტრიის ცვლილებით გამოწვეული ცოცვადობა-რელაქსაციის პარამეტრების ცოდნას. ამიტომაცაა, რომ თანამედროვე ნორმატიულ დოკუმენტებში და, შესაბამისად, დაპროექტების პრაქტიკაშიც საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტები დახასიათებულია მხოლოდ ქანების სიმკვრივით და სიმტკიცის პარამეტრებით, შეჭიდულობითა და შიგა ხახუნის კოეფიციენტით. რაც შეეხება დეფორმაციულ პარამეტრებს, (დრეკადობის მოდული, პლასტიკურობის რიცხვი, პუასონის კოეფიციენტი და სხვა), მათ გავლენას მეწყრის მდგრადობის კოეფიციენტზე გაანგარიშების მეთოდები ფაქტიურად არ ასახავს.

დასახული სამუშაოს შესრულება გათვალისწინებულია სამთო გეომექანიკური კვლევების შემუშავებული წარმოდგენების შესაბამისად, არსებული კვლევის მეთოდების და საშუალებების გამოყენებით. მიღწეული შედეგების ანალიზით რეოლოგიის პრობლემების მომავალი კომპლექსური კვლევები სქემატურად შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით.

კომპლექსური კვლევების მეთოდიკა ეყრდნობა ანალიზური, ლაბორატორიული და ნატურული მეთოდების მიზანშეწონილი ურთიერთმოქმედების პრინციპს. მისი მთავარი არსი მდგომარეობს შემდეგში:

- ✓ ამოცანების ამოხსნადობის უზრუნველყოფა სხვადასხვა მეთოდის გაერთიანების ხარჯზე, ექსპერიმენტული მეთოდების შესაძლებლობების გამოყენება, ანალიზური კვლევების გაიოლება ამოცანის რაციონალურად დასმის, დამატებითი თეორიული დებულებების და პრაქტიკის მონაცემების მოზიდვის გზით;
- ✓ კვლევების საიმედოობის და სიზუსტის ამაღლება რიცხვითი მაგალითების განხილვის ხარჯზე, ურთიერთკონტროლისა და ურთიერთშევესების უზრუნველყოფა სხვადასხვა სტადიაზე;
- ✓ კვლევის შედეგების პრაქტიკული მნიშვნელობის გაზრდა მათი რაციონალური გამოყენების არისა და პირობების დაზუსტების,

საფუძვლიანი ექსპერიმენტული შემოწმების თეორიული განზოგადების და პრაქტიკაში გამოყენების პირობების ოპტიმიზაციის ხარჯზე.

კომპლექსური კვლევების შედეგების სინთეზი უნდა ემსახუროდეს მიღებული კანონზომიერებების თეორიულ განზოგადებას; მათი პრაქტიკული გამოყენების უფრო ეფექტური მიმართულების შემუშავებას; ქანების რეოლოგიის შემდგომი ამოცანების და მიმართულებების დადგენას.

კვლევების ჩატარების და შედეგების გამოყენების დროს ქანების რეოლოგიის გათვალისწინების სპეციფიკურ მომენტებს მიეკუთვნება [3]:

- ✓ რეოლოგიური თვისების სამთო გეომექანიკური ამოცანის საბოლოო შედეგზე გავლენის არსებობის ხარისხის დადგენა. სასურველია დადგინდეს თუ როდის შეიძლება ქანის ცოცვადი დეფორმაციის მაჩვენებელი უგულებელყოფილ იქნას „პირობით-მყისიერი“ დატვირთვის პირობებში მიღებულ შესაბამის მაჩვენებელთან შედარებით?
- ✓ თუ მოცემული თვისების უგულებელყოფა არ შეიძლება, პასუხი უნდა გაეცეს დამატებით კითხვას: როდის და რა ფორმით შეიძლება აღნიშნული რეოლოგიური თვისების გათვალისწინება? როდისაა საკმარისი, მასივის მექანიკური მოდელის (მაგალითად დრეკადი სხეულის) შეუცვლელად, შეცვლილ იქნას მხოლოდ მისი რაოდენობრივი მახასიათებელი (მაგალითად პროპორციულობის შემცირებული მოდულის შემოტანით) და სხეული ჩაითვალოს კვაზიდრეკადად.
- ✓ თუ რეოლოგიური თვისება არსებითია, მისი გათვალისწინება უნდა მოხდეს სრულად, ანუ მექანიკური მოდელი უნდა იქნას მისადაგებული სხეულის ნამდვილ თვისებებთან და აღწერილ იქნას მდგომარეობის სათანადო განტოლებებით.
- ✓ როდის შეიძლება არაკლდოვანი, პლასტიკური, სუსტად მეტამორფული თიხები და სხვა ქანების რეოლოგიური პროცესების განხილვა მოხდეს ბლანტი, დრეკად-ბლანტი ან ბლანტ-პლასტიკური დეფორმაციის თეორიების პოზიციიდან და როდის - მემკვიდრეობითი ცოცვადობის თეორიის პოზიციიდან ძაბვებს, დეფორმაციებსა და დროს შორის წრფივი, ან არაწრფივი დამოკიდებულების პირობებში.

ქანების მასივის სხვადასხვა ფორმის და მექანიკური პარამეტრების მქონე ელემენტებისაგან შედგენილი მეწყრული ტანის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შრომატევადი შეფასება და მდგრადობის საიმედო სიზუსტით დადგენა ექსტრემალური ჰიდრომეტეოროლოგიური და სეისმოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით მოხდება ფირმა Rocscience-ის Phase2 და Slide v6 პროგრამების გამოყენებით.

ამ მიდგომის განვითარება ანალიზური ნაწილის დამატებით და ამგვარად განზოგადოება „ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის მეწყერისათვის იგეგმება ამ პროექტში, რაც განაპირობებს მის მთავარ სიახლეს.

1.4. კვლევის მოსალოდნელი შედეგების სამეცნიერო ღირებულება და კვლევის შედეგების გავრცელების გეგმა

კვლევის მოსალოდნელი შედეგების სამეცნიერო ღირებულება გაპირობებული იქნება გაანგარიშების არსებულ მეთოდებში ზემოხსენებულ დაშვებებსა და გამარტივებებზე უარის თქმით. ქანების მასის დაცურების მიმართ საშიში ტანების მდგრადობის კოეფიციენტების გაანგარიშების კომპლექსური მიდგომა არსებულ გამარტივებულ მეთოდებთან შედარებით უფრო სრულად და ზუსტად უნდა

ითვალისწინებდეს განსახილველი ფერდობის სტრატეგიას, ფორმებს, მეწყერსაშიშ ტანში ქანების დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობას, გამოწვეულს გრავიტაციული და სეისმური ძალების მოქმედებით. პროექტის ფარგლებში გათვალისწინებული „ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის მეწყერული ფერდობის წონასწორობის ხარისხის შეფასების და მდგრადობის უზრუნველყოფისათვის საჭირო საშუალებების და მათი გაანგარიშების მეთოდების განვითარება, ქანების დიდი დახრის კუთხის მქონე მასივებისათვის, მნიშვნელოვანი და აქტუალურია საერთოდ და კიდევ იმიტომაც, რომ საქართველოში და ბევრგან სხვაგან გვხვდება ასეთი ფორმაციები, სადაც მომხდარა ბუნებრივი თუ ტექნოგენური წარმოშობის „ცოცვად-პლასტიკური“ მეწყერი და კვლავაც მოსალოდნელია თუ ინფრასტრუქტურული მშენებლობის ინტენსიფიკაციის პირობებში განსაკუთრებული ყურადღება არ მიექცა მათ თავიდან აცილების პრობლემას.

2. პროექტის მენეჯმენტი და განხორციელებადობა

2.1. პროექტის ეფექტური განხორციელებისათვის საჭირო რესურსების შესაბამისობა პროექტის მიზნებსა და ამოცანებთან

პროექტი განხორციელებული იქნება სამთო ინსტიტუტის მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობის ლაბორატორიის ბაზაზე, რომელს თანამშრომლებს გააჩნიათ დრეკად-ბლანტ-პლასტიკური ქანების მასივის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზური და რიცხვითი მეთოდებით კვლევის მრავალწლიანი გამოცდილება, შესრულებული აქვს და გამოქვეყნებული კვლევის თემატიკისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო ნაშრომი. პროექტის განხორციელებაში ჩართული იქნება სამთო ინსტიტუტის ექვსი თანამშრომელი: პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი-ლაბორატორიის გამგე, მთ. მეცნ. თანამშრომელი ლ. ჯაფარიძე; პასუხისმგებელი შემსრულებელი-უფრ. მეცნ. თანამშრომელი თ. გობეჯიშვილი; შემსრულებელი - მეცნ. თანამშრომელი მ. ლოსაბერიძე; შემსრულებელი - მეცნ. თანამშრომელი ს. დემეტრაშვილი; შემსრულებელი - ინჟინერი ი. ქათამაძე; შემსრულებელი - სპეციალისტი ბ. გოცაძე.

სამუშაოთა კალენდარული გეგმა

№	ამოცანის დასახელება	შესრულების ვადა	შემსრულებლები
1	სამეცნიერო ლიტერატურის მოძიება, გაცნობა და ანალიზი „ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის მეწყერული ტანების გაანგარიშების არსებული მეთოდების შესახებ	იანვარი თებერვალი მარტი	მთ. მეცნ. თანამშრომელი-1 უფრ. მეცნ. თანამშრომელი-1 მეცნ. თანამშრომელი-2 ინჟინერი-1 სპეციალისტი-1
2	„ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის მეწყერების მდგრადობის საკითხის შესწავლა მყარი ტანის და გრუნტების მექანიკის ანალიზური მეთოდების გამოყენებით	აპრილი მაისი ივნისი	მთ. მეცნ. თანამშრომელი-1 უფრ. მეცნ. თანამშრომელი-1 მეცნ. თანამშრომელი-2 ინჟინერი-1 სპეციალისტი-1
3	„ცოცვად-პლასტიკური“ ტიპის მეწყერების მდგრადობის	ივლისი აგვისტო	მთ. მეცნ. თანამშრომელი-1 უფრ. მეცნ. თანამშრომელი-1

	საკითხის შესწავლა მყარი ტანის და გრუნტების მექანიკის ანალიზური და რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით	სექტემბერი	მეცნ. თანამშრომელი-2 ინჟინერი-1 სპეციალისტი-1
4	მიღებული შედეგების ანალიზი, პროექტის გაფორმება	ოქტომბერი ნოემბერი დეკემბერი	მთ.მეცნ. თანამშრომელი-1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი-1 მეცნ. თანამშრომელი-2 ინჟინერი-1 სპეციალისტი-1

მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა

№	პროექტის განხორციელებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა ¹	არსებული	შესაძენი
1	ციფრული გონიო		✓
2	ლაზერული მანძილმზომი		✓

პროექტის ბიუჯეტი

#	ხარჯის კატეგორია	I საანგარიშო პერიოდი (1-3 თვე)	II საანგარიშო პერიოდი (4-6 თვე)	III საანგარიშო პერიოდი (7-9 თვე)	IV საანგარიშო პერიოდი (10-12 თვე)	სულ ბიუჯეტიდან მოთხოვნილი თანხა
1	შრომის ანაზღაურება	11610	11610	11610	11610	46440
2	მივლინება					
3	საქონელი და მომსახურება					
4	კაპიტალური ხარჯები					1530
	ლაზერული მანძილმზომი (250 მ BOSH)	950				950
	ციფრული გონიო (BOSH)	580				580
5	ზედნადები ხარჯები	10785	10785	10785	10785	43140
	სულ პროექტის ბიუჯეტი					91110

პროექტით დაგეგმილი სამუშაოების გარდა, შესრულდება სახელმწიფო კონტროლის განმახორციელებელი და ხელისუფლების აღმასრულებელი ორგანოებიდან შემოსული დავალებები.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог. ОДМ 218.2.006-2010.
2. საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო გარემოს ეროვნული სააგენტო. გეოლოგიის დეპარტამენტი. ქ. თბილისის ტერიტორიის საინჟინრო -გეოდინამიკური პირობები და გეოლოგიური საფრთხეების შეფასება. თბილისი, 2019. PDF.
3. Крупееников Г.А. О состоянии и рациональных направлениях развития реологических исследований в горной геомеханике. В кн. Вопросы теоретической и экспериментальной реологии горных пород. «Наукова думка», Киев- 1973.

**ტყიბულ-შაორის საბადოს ნახშირების მიწისქვეშა გაზიფიკაციის (ნმგ)
მეთოდით მოპოვების პარამეტრების ექსპერიმენტულად შესწავლის
მიზნით ლაბორატორიული გეო-რეაქტორის შექმნა**

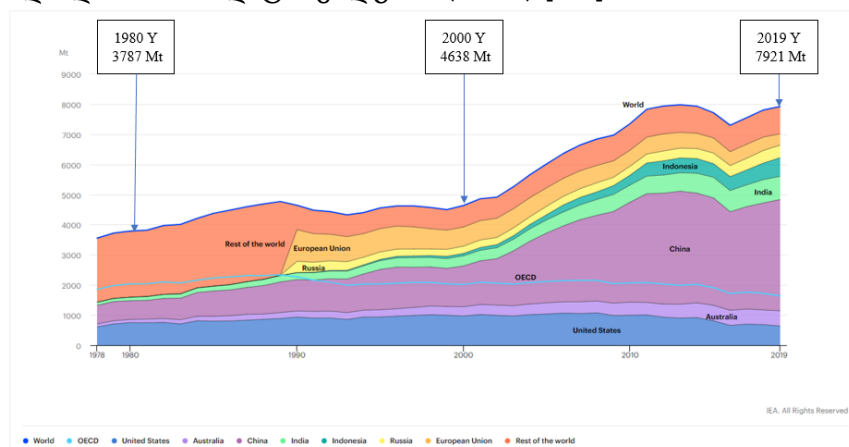
პროექტის ხელმძღვანელები: მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობისა და საბადოთა დამუშავების ტექნოლოგიების ცენტრის უფროსი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი ლევან ჯაფარიძე, საბადოთა დამუშავების ლაბორატორიის გამგე, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი აკადემიური დოქტორი ნიკა ბოჭორიშვილი

1. პროექტის სამეცნიერო კომპონენტი

1.1. კვლევითი თემის/საკითხის აქტუალობა, კვლევის სიახლე და პრობლემის ფორმულირება

მიუხედავად ენერგეტიკის სფეროში განხორციელებული მსხვილი ინვესტიციებისა, ქვეყნის ენერგოდამოუკიდებლობის უზრუნველყოფა ვერ ხორციელდება. ეს მნიშვნელოვნად აფერხებს საქართველოს სახელმწიფოებრივი დამოუკიდებლობის განმტკიცებას და მდგრად ეკონომიკურ განვითარებას. 2018 წლის მონაცემებით ქვეყნის ენერგეტიკის 80%-ზე (162,641.2 ტერაჯოული) მეტი იმპორტზე მოდის[1].

ბოლო წლებში გამკაცრებული ნახშირმომპოვებელი ქვეყნების კანონმდებლობისა და გარემოსდაცვითი საერთაშორისო შეთანხმებებისა ნახშირის მოპოვების შემცირების თაობაზე, 21-ე საუკუნეში ნახშირის გამოყენება მსოფლიო ენერგეტიკული გენერაციის მთავარ წყაროდ რჩება და მისი მოხმარების დონე არათუ შემცირდება, არამედ გაიზრდება მსოფლიოს ენერგეტიკული მოხმარების ზრდის პარალელურად. 2000 წლიდან ნახშირის მოპოვება 4638 მილ.ტ-დან 2018 წლისათვის 68%-ით გაიზარდა და 7921 მილ.ტ. შეადგინა (ნახ.1) [2,3].



ნახ. 1. ნახშირის მოპოვების დინამიკა 1978-2019 წლებში

90-იან წლებამდე საქართველოში 10 შახტი ფუნქციონირებდა (ტყიბული, ტყვარჩელი, ვალე), რომელთაგან დღეს მხოლოდ ორი მოქმედი შახტია ტყიბულის მუნიციპალიტეტში (ა. ძიმიგურის და ე. მინდელის სახელობის შახტები), ტყიბულ-შაორის ქვანახშირის საბადოზე, სადაც ქვეყნის ნახშირის მარაგების 80%-ზე მეტი მოდის [4,5]. 2018 წლის მონაცემებით ტყიბულის შახტებიდან მოპოვებულმა ნახშირმა ქვეყნის ენერგეტიკული უზრუნველყოფისათვის, მხოლოდ 1.2% (2,344.3 ტერაჯოული) შეადგინა.

მიუხედავად ნახშირის მოპოვების მსოფლიოში არსებული მზარდი ინდუსტრიისა, დღემდე ვერ მოხერხდა საქართველოში ნახშირის, როგორც მყარი ენერგეტიკული სათბობის ჩართვა ქვეყნის ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის უზრუნველყოფის საქმეში. არაერთხელ გაჟღერებული სამთავრობო, თუ საინვესტიციო ჯგუფების მიერ, ქვეყანაში ნახშირზე მომუშავე თბო-ელექტრო სადგურების მშენებლობისა, ვერ მოხერხდა მსხვილი პროექტების განხორციელება, ხოლო 2013 წელს აშენებული ნახშირზე მომუშავე 13 მგ ელექტრო სადგური, მცირეხნიანი ექსპლუატაციის შემდეგ გაჩერებულია.

ჩვენი შეფასებით და არსებული გამოცდილებით მთავარ შემაფერხებელ გარემოებებს განსაზღვრავს [6,7,8,9]:

- ✓ ტყიბულ-შაორის საბადოს რთული გეოლოგიური და სამთო-ტექნიკური პირობები (ერთმანეთთან დაახლოებული ნახშირის ფენები, მცირე და დიდი ტექტონიკური აშლილობანი, სამთო დარტყმები, გაზგამოყოფით ზეკატეგორიულობა, ნახშირის ენდოგენური ხანძრები, ვერ მოხერხდა დამუშავების უსაფრთხო მეთოდების შემუშავება);
- ✓ არსებული შახტების ინფრასტრუქტურულ-ტექნიკური მდგომარეობა არსებული ძიმიგურის სახელობის შახტის დასამუშავებლად და ამოსაღებად ვარგისი მარაგების მინიმუმამდე შემცირება, ხოლო მინდელის სახელობის შახტი, რომლის საპროექტო სიმძლავრე 640 ათასი ტ. ნახშირის მოპოვებაზე იყო გათვლილი, საექსპლუატაციო მოთხოვნებს ვერ პასუხობს მოძველებული ინფრასტრუქტურის და ნახშირის მოპოვების დიდი თვითღირებულების გამო. ვერ იქნება მოთხოვნა-მიწოდების უზრუნველყოფა ზემოთ ნახსენები პროექტების განხორციელებისას, ამასთან გაძნელებულია შრომის უსაფრთხოების მართვა და ხშირია უბედური შემთხვევები.

ზემოთ ჩამოთვლილი პრობლემების გადაჭრა და საქართველოს მთავარ სათბობ-ენერგეტიკულ რესურსებში ტყიბულ-შაორის საბადოს ჩართვა ქვეყნის ენერგოდამოუკიდებლობის უზრუნველყოფის საქმეში ნახშირმომპოვებელი ქვეყნების გამოცდილების, რაციონალური ტექნოლოგიებისა და თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში მიმდინარეობს კვლევები ძნელად დასამუშავებელი, რთული სამთო-გეოლოგიური და სამთო-ტექნიკური პირობების მქონე ნახშირის საბადოებზე მოპოვების ტექნოლოგიების გაუმჯობესებისათვის. ბოლო დეკადაში განსაკუთრებით აქტიურად მიმდინარეობს კვლევები ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის ტექნოლოგიების სრულყოფისათვის, რაც განაპირობებულია UCG* ტექნოლოგიის შემდეგი უპირატესობებით ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით [10,11,12,13]:

- ✓ დაბალი საოპერაციო ხარჯები და კაპიტალდაზანდებები;
- ✓ უსაფრთხოების საკითხების აღმოფხვრა (სამთო დარტყმები, უეცარი გამოტყორცნები, მტვრისა და გაზის აფეთქებები);

- ✓ ყველა ტიპის ნახშირის ფენების (მალიან ღრმა, დაბალი კლასის ნახშირები, თხელი და სქელი ფენები, არაკონდიციური მარაგები) დამუშავების შესაძლებლობა;
- ✓ გარემოს დაბინძურებისა და ეკოლოგიური საფრთხეების მინიმიზაცია:
 - UCG ტექნოლოგიის დროს შესაძლებელია სათბური გაზის CO₂ შენახვა გამომუშავებულ სივრცეში;
 - ნახშირის დამუშავების და გამოყენების პროცესში წარმოქმნილი საწარმოო ნარჩენების არარსებობა;
 - მცირე რაოდენობით წარმოიშვება გარემოს სხვადასხვა დამაბინძურებლები რაც დაკავშირებულია ნახშირის გამოყენების (წვის) დროს და ადვილი ხდება მათი მართვა.

2020 წლის გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტში საბადოთა დამუშავების ლაბორატორიის თაოსნობით დაწყებულ იქნა სამუშაოები ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის მსოფლიო გამოცდილების გაზიარების მიზნით, რის საფუძველზეც მომზადდა ლაბორატორიული გეო-რეაქტორის საპროექტო მაჩვენებლები ნახშირების მიწისქვეშა გაზიფიკაციის ტექნოლოგიური პარამეტრების ექსპერიმენტულად დადგენის მიზნით[14].

როგორც მოწინავე ნახშირმომპოვებელი ქვეყნების გამოცდილება გვიჩვენებს - ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის გამოყენება უზრუნველყოფს წამგებიანი ქვანახშირის შახტების რენტაბელობას, გარემოზე ეკოლოგიური დატვირთვის შემცირებასთან ერთად.

პროექტის ფარგლებში მოხდება ნახშირის ნმგ მეთოდით მოპოვების მსოფლიოში არსებული შედეგების, მიმდინარე სამეცნიერო კვლევებისა და მოქმედი საწარმოების გამოცდილებების გათვალისწინებით ტყიბულ-შაორის საბადოს "ნმგ" რაციონალური და უსაფრთხო ათვისების მეთოდის დამუშავება, ხელს შეუწყობს ქვეყნის ენერგოდამოუკიდებლობის უზრუნველყოფას. პროექტი მრავალწლიანი იქნება. მიმდინარე ეტაპზე მოხდება ნახშირის გაზიფიკაციის ლაბორატორიული სტენდის, „გეო-რეაქტორის“ შექმნა და მომზადება საექსპერიმენტოდ. მომდევნო წლებში შესწავლილ იქნება ტყიბულ-შაორის საბადოზე კონსერვაციაში მყოფი შახტების გეოლოგიური და სამთო-ტექნიკური მონაცემები, რომელთა საფუძველზეც შერჩეულ იქნება ნახშირის ფენები და განხორციელდება მათი ექსპერიმენტული კვლევა მიწისქვეშა გაზიფიკაციის მეთოდით მოპოვების შეფასებისათვის. შედეგების საიმედოობისათვის პარალელურად ათვისებულ უნდა იქნას და შესრულდეს „ნმგ“ მოპოვების მეთოდების დამუშავება CFD-მოდელირების გზით.

1.2. კვლევის მიზნები და ამოცანები

პროექტის მიზანია: ტყიბულ-შაორის ნახშირების მიწისქვეშა გაზიფიკაციის მეთოდით მოპოვების მახასიათებლების ექსპერიმენტულად შესწავლის მიზნით ლაბორატორიული სტენდის „გეო-რეაქტორის“ შექმნა.

მსოფლიო გამოცდილებით დღეს მიწისქვეშა გაზიფიკაციის ფიზიკური მოდელების მთავარი კომპონენტებია: გაზიფიკაციის აგენტის მიწოდების სისტემა (supply system of gasification agent); გაზიფიკატორი (gasifier); სინგაზის მიმღები სისტემა (outlet system, system for exhaust of syngas), გეორეაქტორის მართვის და მონიტორინგის სისტემა (monitoring system) [15,16,17,18].

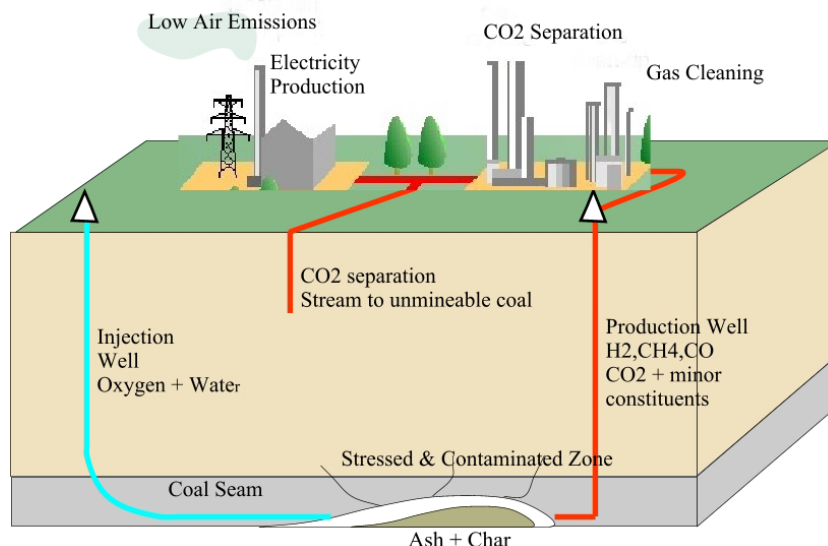
პროექტის მთავარი მიზნის და ზემოთ წარმოდგენილი კომპონენტების შექმნისათვის ამოცანები ჩამოყალიბდა შემდეგნაირად:

1. გაზიფიკაციის აგენტის მიწოდების სისტემის შექმნა;
2. გაზიფიკატორის შექმნა;
3. სინგაზის მიმღები სისტემის შექმნა;
4. გეორეაქტორის მართვის და მონიტორინგის სისტემის შექმნა;
5. გეორეაქტორის სისტემების ერთმანეთთან დაკავშირება და საექსპერიმენტოდ მომზადება;
6. გეორეაქტორის გამოცდა წინასწარი ექსპერიმენტების გზით.

შენიშვნა: კვლევის პროცესში შესაძლებელია მოხდეს წარმოდგენილი ამოცანების კორექტირება პროექტის მთავარი მიზნის განხორციელებისათვის.

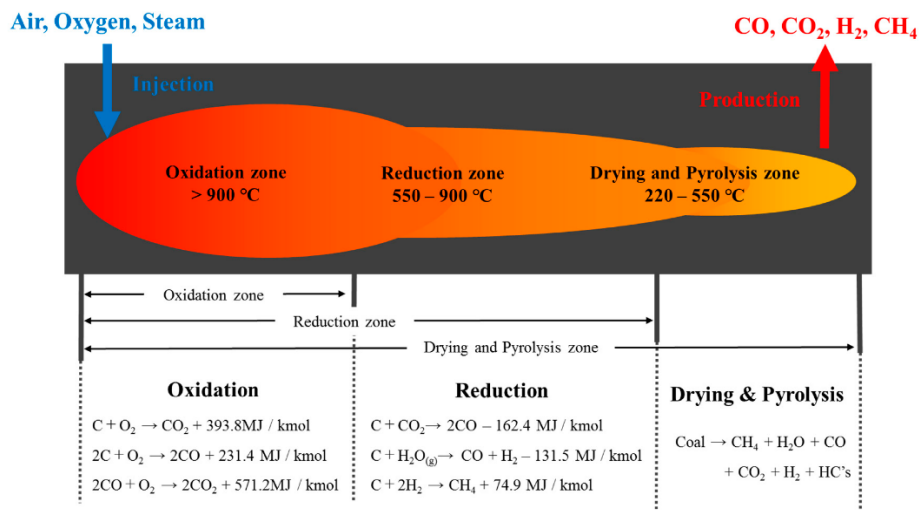
1.3. კვლევის მეთოდოლოგია

ქვანახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის მიზანია, მიწისქვეშ გაწვავებული მყარი ქვანახშირის მასის მყარიდან გაზობრივ მდგომარეობაში გადაყვანა. გაზიფიკაციის შედეგად მიიღება შემდეგი ქიმიური პროდუქტები: წყალბადი, მეთანოლი და სინთეტიკური ნატურალური გაზი რომლებიც გამოიყენება, როგორც თბო-ელექტრო სადგურებში, ასევე როგორც ენერგომატარებლები სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა სფეროში, ნმგ პრინციპული სქემა ელ.ენერგიის საწარმოებლად ნაჩვენებია ნახ. 2.



ნახ. 2. ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციისა და საწარმოს პრინციპული სქემა

მიწისქვეშა გაზიფიკაციის ძირითადი სტადიებია: დედამიწის ზედაპირიდან ან გაზიფიკაციისთვის გამოყოფილი ველიდან ნახშირის ფენაში ჭაბურღილების ბურღვა, მათი შეერთება არხების მეშვეობით, პირველი რიგის ჭაბურღილებში ჰაერის, ჟანგბადის ან ორთქლის ნარევის დაჭირვებით შებერვა, მეორე რიგის ჭაბურღილებით გაზის მიღება ანუ ნახშირის ფენის გაზიფიკაცია არხში. აღნიშნული პროცესი ხორციელდება თავისუფალი ჟანგბადის ქიმიური ზემოქმედებით ჟანგბადისა და ნახშირბადის ნაერთებზე და ნახშირის თერმული დაშლის ხარჯზე. უშუალოდ ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესი ნაჩვენებია ნახ.3-ზე.



ნახ. 3. ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესი

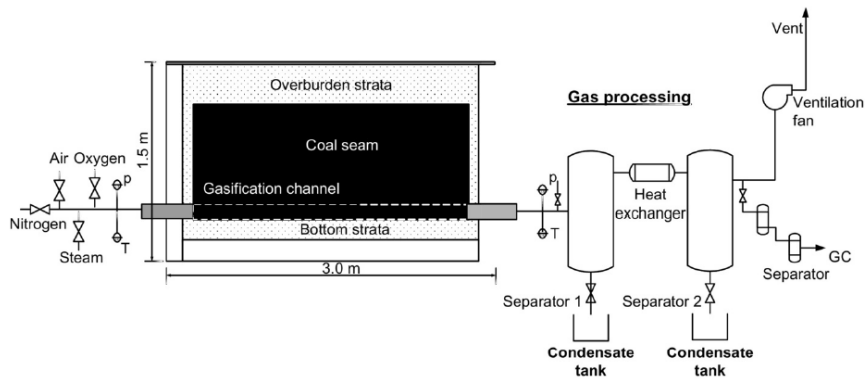
მსოფლიოში "ნმგ" მეთოდით ნახშირის მოპოვება ხორციელდება შემდეგი ტექნოლოგიური სქემებით:

- კამერული მეთოდი (Chamber method);
- მოკლე საწარგების მეთოდი (stream method);
- ვერტიკალური ჯაბურდილების მეთოდი (Linked vertical wells method)
- საინექციო არხების კონტროლირებადი მეთოდი (Controlled retracting injection point method);
- დახრილი ჯაბურდილების მეთოდი (Steeply dipping coal seam method);
- ლავების მეთოდი (Long tunnel method);

ზემოთ ნახსენები ტექნოლოგიური სქემებით ნახშირების გაზიფიკაციის შესაძლებლობების დასაბუთება უნდა მოხდეს შემდეგი პარამეტრების გათვალისწინებით: ნახშირის მარკა და მისი შემადგენლობა, ნახშირის ფენის ჩაწოლის გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობები, ნახშიროვანი წყების სისქე და აგებულება, მიწისქვეშა წყლების მოდინება, მიღებული გაზის მოცულობა, შემხერი ნარევის სახეობა (ჰაერი, ჰაერისა და ორთქლის ნარევი, ორთქლისა და ჟანგბადის ნარევი), მიღებული გაზის შემადგენლობა, სითბოტევადობა, ეკონომიკური ეფექტიანობა და სხვა.

აღნიშნული პარამეტრების განსაზღვრა შეუძლებელია წინასწარი ექსპერიმენტული სამუშაოების გარეშე. ექსპერიმენტული სამუშაოების ჩატარება საცდელი და წინასწარი საწარმოო პროცესების დაწყებამდე უშუალოდ ნახშირის საბადოებზე მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში ხორციელდება ფიზიკური მოდელირების გზით.

ჩვენს მიერ 2020 წლის საბიუჯეტო პროექტის ფარგლებში ფიზიკური მოდელის საპროექტო პარამეტრები დამუშავდა მსოფლიოს გამოცდილების გათვალისწინებით. ფიზიკური მოდელის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 4-ზე [14,15,16].



ნახ. 4. UCG-ის ფიზიკური მოდელის სქემა

ფიზიკური მოდელის საპროექტო პარამეტრების გათვალისწინებით პროექტის მეთოდოლოგია ჩამოყალიბდა შემდეგნაირად:

I საანგარიშო პერიოდში (1-3 თვე) განხორციელდება: შესაბერი აგენტის მიწოდების სისტემის შექმნა. სისტემის ძირითადი დანიშნულებაა, მიწისქვეშა გაზოგენერატორის მოდელის, უშუალოდ წვის კერაში შესაბერი აგენტის აუცილებელი რაოდენობის მიწოდების უზრუნველყოფა. მოცემულ ჯგუფში შედის: ჟანგბადის და აზოტის რეზერვუარები, ორთქლის გენერატორი, ჰაერდამჭირხნი დანადგარი (კომპრესორი), რედუქტორი და შებერვისათვის აუცილებელი მილგაყვანილობა.

II საანგარიშო პერიოდში (4-6 თვე) განხორციელდება: ლაბორატორიული დანადგარის ძირითადი ნაწილის გაზოგენერატორის მოდელის შექმნა, რომელშიც უშუალოდ ხდება ნახშირის ქიმიური გარდაქმნა სინ-გაზად. გაზოგენერატორის კონსტრუქცია წარმოადგენს რეზერვუარს, იგი შიგნიდან ამოგებული იქნება ცეცხლგამძლე მასალით. ასევე მასში გათვალისწინებულ იქნება შებერვის აგენტებისა და წვის შედეგად წარმოქმნილი გაზპროდუქტების არინებისთვის საჭირო მილყვლებისა და ღიობებისათვის ადგილები. გაზოგენერატორის სახსრულად დამაგრება დახრის კუთხის ცვლილების საშუალებას მოგვცემს, რითაც გათვალისწინებულ იქნება საბადოს ნახშირის ფენების წოლის პარამეტრები.

ამავე პერიოდში შეიქმნება სინგაზის მიმღები სისტემა. სისტემა წარმოადგენს მოწყობილობათა კომპლექტს, რომელშიც შეერთებულია ერთმანეთთან იზოლირებული მილგაყვანილობით, რათა თავიდან იქნეს აცილებული მიღებული ტექნოლოგიური გაზის შერევა ჰაერთან.

III საანგარიშო პერიოდში (7-9 თვე) განხორციელდება: გეორეაქტორის მართვის და მონიტორინგის სისტემის შექმნა პარალელურად მოხდება შექმნილი სისტემების ერთმანეთთან დაკავშირება და მომზადება საექსპერიმენტოდ.

IV საანგარიშო პერიოდში (10-12 თვე) განხორციელდება: მოხდება მივლინება ტყიბულში გაზიფიკაციისათვის საჭირო ნახშირების ნიმუშების ჩამოსატანად და ჩატარდება ექსპერიმენტები გეორეაქტორის მუშაობის შესაფასებლად. ხოლო უშუალოდ ფიზიკური მოდელის საექსპერიმენტოდ მომზადებისა და გამოცდის მეთოდოლოგია გულისხმობს ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის და ქიმიური რეაქციების შემდეგი მთავარი მაჩვენებლების განსაზღვრას. ცხრილი 1[10]:

Table 2
Main reactions involved in coal gasification processes.

Reactions	Stoichiometry	ΔH_{298}^0 kJ/mol
R1 Evaporation	Wetcoal $\rightarrow$ Drycoal + H ₂ O	+20
R2 Pyrolysis	Drycoal $\rightarrow$ Char + Volatiles + Tar	~ 0
R3 Char combustion	C + $\frac{1}{2}$ O ₂ $\rightarrow$ CO	-111
R4 Char combustion	C + O ₂ $\rightarrow$ CO ₂	-393
R5 Steam gasification	C + H ₂ O $\rightarrow$ H ₂ + CO	+131
R6 Boudouard reaction	C + CO ₂ $\rightarrow$ 2CO	+172
R7 Hydrogasification	C + 2H ₂ $\rightarrow$ CH ₄	-75
R8 Combustion	H ₂ + $\frac{1}{2}$ O ₂ $\rightarrow$ H ₂ O	-242
R9 Combustion	CO + $\frac{1}{2}$ O ₂ $\rightarrow$ CO ₂	-283
R10 Combustion	CH ₄ + 2O ₂ $\rightarrow$ CO ₂ + 2H ₂ O	-802
R11 Combustion	C _n H _{2n+2} + $\frac{n}{2}$ O ₂ $\rightarrow$ nCO + (n + 1)H ₂	
R12 Water gas shift	CO + H ₂ O $\leftrightarrow$ CO ₂ + H ₂	-41
R13 Steam-methane reforming	CH ₄ + H ₂ O $\leftrightarrow$ CO + 3H ₂	+206
R14 Steam-HC reforming	C _n H _{2n+2} + nH ₂ O $\leftrightarrow$ nCO + (2n + 1)H ₂	
R15 Tar cracking	Tar + H ₂ O $\rightarrow$ α CO + β CO ₂ + γ H ₂ + δ CH ₄	

გეო-რეაქტორით "ნმგ" უნდა მოხდეს შემდეგი საკითხების გადაჭრა:

- სამთო-გეოლოგიური პარამეტრების (ნახშირის ხარისხი, ნაცრიანობა, გეოლოგიური პირობები, ფენის დახრის კუთხე და სისქე) გავლენა ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის პროცესზე;
- ტექნიკური ფაქტორების (წვის ტემპერატურა, შებერვის აგენტის სახეები და პარამეტრები, გაზიფიკაციის არხის სიგრძე, მიღებული სინთეზური გაზის გაციების და გასუფთავების პარამეტრები) როლი "ნმგ" პროცესში.

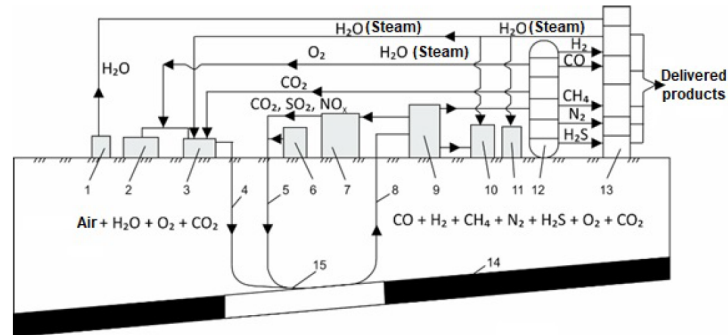


Fig. 1. Scheme of the integrated thermochemical production of artificial energy carriers based upon coal seam gasification: 1 – water supply station; 2 – compressor plant; 3 – blow mixer; 4 – injection oriented well; 5 – well for dust like filling material supply and dusty gas circulation; 6 – pneumatic backfilling complex; 7 – thermal electric power station; 8 – gas-discharge oriented well; 9 – dust-trapping unit; 10 – steam-gas turbine; 11 – steam turbine; 12 – membrane gas separator; 13 – complex for chemical gas processing; 14 – coal seam; 15 – underground gas generator.

1.4. კვლევის მოსალოდნელი შედეგების სამეცნიერო ღირებულება და კვლევის შედეგების გავრცელების გეგმა

პროექტის ფარგლებში პირველად განხორციელდება ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობების კვლევა ფიზიკური მოდელირების გზით ტყიბულ-შაორის ნახშირის საბადოსათვის. როგორც აღვნიშნეთ პროექტი გათვლილია მრავალწლიან სამეცნიერო და საინჟინრო გადაწყვეტილებების დამუშავებაზე.

მიმდინარე ეტაპისათვის პროექტის განხორციელების შედეგად შეიქმნება ფიზიკური მოდელი ტყიბულ-შაორის საბადოს ნახშირების მიწისქვეშა გაზიფიკაციის მოპოვების მეთოდის შესწავლისათვის.

პროექტი ორიენტირებულია საქართველოს ენერგოდამოუკიდებლობის საქმეში ქვეყნის მთავარი სათბობენერგეტიკული რესურსის ნახშირის ჩართვაზე. ამასთან პროექტის განხორციელება უზრუნველყოფს ნახშირის რაციონალური ათვისების, ნახშირის შახტებში პერსონალის უსაფრთხოებისა და გარემოსდაცვითი საკითხების გადაჭრას, ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, სამუშაოს აქტუალობა და მისი

პრაქტიკული მნიშვნელობა საშუალებას იძლევა შევქმნათ და დავნერგოთ ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის ახალი მეთოდით ნახშირის მოპოვება ტყიბულ-შაორის საბადოზე.

2. პროექტის მენეჯმენტი და განხორციელებადობა

2.1 პროექტის ეფექტური განხორციელებისათვის საჭირო რესურსების შესაბამისობა პროექტის მიზნებსა და ამოცანებთან.

პროექტი განხორციელებული იქნება სამთო ინსტიტუტის საბადოთა დამუშავების ლაბორატორიის ბაზაზე, რომელს თანამშრომლებს გააჩნიათ წიაღისეულის რაციონალური ათვისებისა და საბადოთა დამუშავების ტექნოლოგიების მეთოდების სრულყოფის მრავალწლიანი გამოცდილება. გამოქვეყნებული აქვთ საბადოთა დამუშავებისა და ნახშირის მოპოვების ტექნოლოგიების პრობლემებისადმი მიძღვნილი არაერთი სამეცნიერო ნაშრომი.

პროექტის განხორციელებაში ჩართული იქნება საბადოთა დამუშავების ლაბორატორიის 8 თანამშრომელი:

პროექტის ხელმძღვანელები:

- ✓ ლევან ჯაფარიძე, მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობის და საბადოთა დამუშავების ტექნოლოგიების ცენტრის უფროსი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი;
- ✓ ნიკა ბოჭორიშვილი, საბადოთა დამუშავების ლაბორატორიის გამგე, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, აკადემიური დოქტორი - სამუშაოს საერთო ხელმძღვანელობა, მეთოდოლოგიის შედგენა, პროექტის კვარტალური და საბოლოო ანგარიშის შედგენა და გაცნობა სამეცნიერო საბჭოსათვის.

პროექტის შემსრულებლები:

- სპეციალისტი ნუგზარ ჭილაძე;
- უფროსი სპეციალისტი სოფიო ყვავაძე;
- უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი ომარ ლანჩავა;
- მეცნიერი თანამშრომელი თეიმურაზ ფირცხალავა;
- მეცნიერი თანამშრომელი მურად ბასილაძე;
- ლაბორანტი სოლომონ ირემაშვილი;
- ტექნიკოსი ლეილა ღლიღვაშვილი.

სამუშაოთა კალენდარული გეგმა

	ამოცანის დასახელება	შესრულების ვადა	შემსრულებლები
1	გეორეაქტორისთვის საჭირო მოწყობილობების შერჩევა; გაზიფიკაციის აგენტის მიწოდების სისტემის შექმნა;	იანვარი თებერვალი მარტი	მთ. მეცნ. თანამშრომელი-2 უფრ.მეცნ. თანამშრომელი-1 მეცნ.თანამშრომელი-2 უფრ. სპეციალისტი-1 სპეციალისტი-1
2	გაზიფიკატორის შექმნა; სინ-გაზის მიმღები სისტემის შექმნა.	აპრილი მაისი ივნისი	მთ. მეცნ. თანამშრომელი-2 უფრ.მეცნ. თანამშრომელი-1 მეცნ.თანამშრომელი-2

			უფრ. სპეციალისტი-1 სპეციალისტი-1
3	გეორეაქტორის მართვის და მონიტორინგის სისტემის შექმნა.	ივლისი აგვისტო სექტემბერი	მთ. მეცნ. თანამშრომელი-2 უფრ.მეცნ. თანამშრომელი-1 მეცნ.თანამშრომელი-2 უფრ. სპეციალისტი-1 სპეციალისტი-1
4	გეორეაქტორის მუშაუნარიანობის გამოცდა.	ოქტომბერი ნოემბერი დეკემბერი	მთ. მეცნ. თანამშრომელი-2 უფრ.მეცნ. თანამშრომელი-1 მეცნ.თანამშრომელი-2 უფრ. სპეციალისტი-1 სპეციალისტი-1

მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა

პროექტის შესრულებისათვის გამოყენებულ იქნება ინსტიტუტის მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა, ხოლო ცალკეული ამოცანების შესრულებისათვის:

№	პროექტის განხორციელებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა	არსებული	შესაძენი
1	ტექსტური და დოკუმენტური მასალების დამუშავებისათვის: პერსონალური კომპიუტერი - 6 ცალი პრინტერი - 3 ცალი ფერადი პრინტერი - 1 ცალი	✓	

შესაძენი:

№	დასახელება	რაოდენობა	განზომილება
1	ლითონის ფურცლები 3 მმ	20	მ ²
2	ცეცხლგამძლე აგური 20*10*5	100	ცალი
3	სპეციალური ცემენტი (50 კგ)	5	ცალი
4	შედულების ელექტროდები	20	ყუთი
5	კუთხოვანა 10*5 მმ	20	მეტრი
6	ჭანჭიკები და ხრახნები 10*8 მმ	100	ცალი
7	მაღალი წნევის მილები 32 მმ	30	მეტრი
8	მაღალი წნევის მილის ონკანები 32 მმ	20	ცალი
9	კვარცის მილი 32 მმ	3	მეტრი
10	კვარცის ქვიშა	3	მ ³
11	ჟანგბადი	400	მ ³
12	თხევადი აზოტი	100	ლიტრი
13	აზოტი	100	მ ³
14	მილების შემაერთებლები 32 მმ	30	ცალი
15	ელექტრო სარქველები 32 მმ	10	ცალი
16	ელექტრო მაგნიტური ჩამრთველი	4	ცალი
17	ინტერნეტის კაბელი	100	მეტრი
18	ელ. დენის სადენი 2*2.5	10	მეტრი

19	ელ. სადენი 2*0.5	50	მეტრი
20	ელ. კვების ბლოკი	2	ცალი
21	მართვის მოდულის პლატა UNO R3	3	ცალი
23	მართვის მოდულის ჩამრთველები	20	ცალი
24	მართვის მოდული ელ. პლატა	5	ცალი
25	კალა	10	შეკვრა
26	კლიფონი	3	შეკვრა
27	ბუნიკი 0.5 მმ	100	ცალი
28	მაღალი წნევის მილების შემამართებლები	20	ცალი
29	ქაღალდი A4 ზომა	4	შეკვრა
30	სამუშაო ბლოკნოტი	8	ცალი

შესაძენი მოწყობილობები:

№	დასახელება	რაოდენობა	განზომილება
1	ორთქლის გენერატორი	1	ცალი
2	მაღალი წარმადობის ვენტილატორი	1	ცალი
3	აზოტის, ჟანგბადის, ორთქლის შემრევი (რედუქტორი)	1	ცალი
4	თერმოწყვილები	20	ცალი
5	ჰაერის სიჩქარისა და რაოდენობის მთვლედი	4	ცალი
6	ჟანგბადის რეზერუარი თავისივე ონკანებით	1	ცალი
7	აზოტის რეზერვუარი თავისივე ონკანებით	1	ცალი
8	ჰაერის მაფართოებელი ავზი	1	ცალი
9	მაღალი წნევის ავზი	1	ცალი
10	კომპრესორი	1	ცალი
11	უდაწნეო ჰაერის ვენტილატორი	1	ცალი
12	ტვირთამწე ჰიდრავლიკური	1	ცალი
13	ტვირთამწე მექანიკური-ჯაჭვური	1	ცალი
14	სარჩილავი	1	ცალი
15	გაზის ანთების მილაკი	1	ცალი
16	თერმოწყვილები სამარჯვით	20	ცალი
17	ელ. მანომეტრი 10 ატმ	5	ცალი
18	ელ. მანომეტრი 30 ატმ	3	ცალი
19	გაზის ანალიზატორი	1	ცალი
20	გაზის პორტატული ქრომატოგრაფი	1	ცალი

პროექტის ბიუჯეტი

№	ხარჯის კატეგორია	I საანგარიშო პერიოდი (1-3 თვე)	II საანგარიშო პერიოდი (4-6 თვე)	III საანგარიშო პერიოდი (7-9 თვე)	IV საანგარიშო პერიოდი (10-12 თვე)	სულ (ბიუჯეტიდან მოთხოვნილი თანხა)
1	შრომის ანაზღაურება	16500	16500	16500	16500	66000
2	მივლინება			500	800	1300
3	საქონელი და მომსახურება					200
	გეორეაქტორის დამზადება და აღჭურვა	20000	10000	7000	3000	40000
	საოფისე საქონელი	200				200
3	ზედნადები ხარჯები	12582.5	12582.5	12582.5	12582.5	50330
	სულ პროექტის ბიუჯეტი					157830

პროექტით დაგეგმილი სამუშაოების გარდა, შესრულდება სახელმწიფო კონტროლის განმახორციელებელი და ხელისუფლების აღმასრულებელი ორგანოებიდან შემოსული დავალებები.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური, საქართველოს აგრეგირებული ენერგეტიკული ბალანსი, 2018;
2. www.worldcoal.org;
3. www.iea.org;
4. ლ. ჯაფარიძე. ა. მიქელაძე, თ.გოჩიტაშვილი, ა. კაკაბაძე და სხვები, საქართველოს ენერგეტიკული პოლიტიკა. ნახშირის მრეწველობის განვითარება (საშუალოდ ბიზნეს გეგმა), TA-CIS/92/EGEO01, ევროპის კომისია, პროგრამა „ტასისი“, საქართველოს მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, თბილისი, 1996, 94 გვ.;
5. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, „საქართველოს ბუნებრივი რესურსები“, ტომი 1, გვ., 393-402, ISBN 978-9941-0-8386-0, 2015;
6. გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის შრომები;
7. Chanishvili V., The main stages of the origin and development of Tkibuli coal, Metsniereba, 1974;
8. Mikeladze A., Problems of industrial development of Tkibuli-Shaori field, Mining Journal”, #2(25), 2010. p.p. 20-25;
9. Machaidze G., Lobjanidze G., Tavlashvili A, Loria D., Problems of Tkibuli-Shaori Deposit Processing and Development Perspectives, Mining Journal, #2(39), 2017. p.p. 16-20;
10. Blinderman M. S., Klimenko A. Y., “Underground Coal Gasification and Combustion”, Book, Elsevier, 2018;
11. Lawrence Livermore National Laboratory, “Best Practices in Underground Coal Gasification”, U.S. Department of Energy by the University of California, report W-7405-Eng-48;

12. Perkins G., “Underground coal gasification - Part I: Field demonstrations and process performance”, Progress in Energy and Combustion Science, Elsevier, 2018;
13. Perkins G., “Underground coal gasification - Part II: Fundamental phenomena and modeling”, Progress in Energy and Combustion Science, Elsevier, 2018;
14. გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, „ტყიბულ-შაორის საბადოს ნახშირების მიწისქვეშა გაზიფიკაციის მეთოდით მოპოვების პარამეტრების ექსპერიმენტულად შესწავლის მიზნით ლაბორატორიული გეო-რეაქტორის დაპროექტება“, 2020;
15. European Commission, “Hydrogen-oriented underground coal gasification for Europe (HUGE)”, Research Fund for Coal and Steel, Contract No RFCR-CT-2007-00006, 2007-2010, Final report, ISBN 978-92-79-22151-4, doi:10.2777/9857
16. European Commission, “Hydrogen oriented underground coal gasification for Europe - Environmental and Safety Aspects (HUGE2), Research Fund for Coal and Steel, Grant Agreement RFCR-CT-2011-00002, 2011-2014, Final report, ISBN 978-92-79-53321-1, doi:10.2777/128220;
17. Ján Kacur, Karol Kostúr, “APPROACHES TO THE GAS CONTROL IN UCG” Acta Polytechnica 57(3):182–200, 2017, <https://doi.org/10.14311/AP.2017.57.0182>;
18. Volodymyr Falshtynskyi, Roman Dychkovskyi, Pavlo Saik, Vasyl Lozynskyi, Victor Sulaiev, Edgar Cáceres Cabana, “The Concept of Mining Enterprises Progress on the Basis of Underground Coal Gasification Method Characteristic”, Solid State Phenomena Submitted, ISSN: 1662-9779, Vol. 291, pp 137-147, 2018;
19. Akihiro Hamanaka, Fa-qiang Su, Ken-ichi Itakura, Kazuhiro Takahashi, Jun-ichi Kodama and Gota Deguchi, “Effect of Injection Flow Rate on Product Gas Quality in Underground Coal Gasification (UCG) Based on Laboratory Scale Experiment: Development of Co-Axial UCG System”, Energies **2017**, 10, 238; doi:10.3390/en10020238

ამაღლებული დარტყმადეგობის მოდიფიცირებული ორგანოპლასტიკების შექმნა

*პროექტის ხელმძღვანელი: ჰიბრიდული კომპოზიტების კვლევის ლაბორატორიის გამგე,
მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი გურამ აბაშიძე*

1. პროექტის სამეცნიერო კომპონენტი

1.1. კვლევითი თემის/საკითხის აქტუალობა, კვლევის სიახლე და პრობლემის ფორმულირება

წინამდებარე პროექტი წარმოადგენს 2020 შესრულებული საბიუჯეტო თემის „ჰიბრიდული ბოჭკოებით გაძლიერებული დარტყმადეგი ორგანოპლასტიკების შექმნა“ გაგრძელებას. 2020 წელს შესრულებული სამუშაოს შედეგად მიღებულ იქნა ორგანოპლასტიკები პოლიეთერული ფისების საფუძველზე. როგორც უახლესი ლიტერატურული წყაროების მიმოხილვამ გვიჩვენა, დარტყმადეგობის, აგრეთვე ბალისტიკური მედეგობის ამაღლების თვალსაზრისით, კვლევები უმჯობესია წარიმართოს პოლიმერის, როგორც სამატრიცე მასალის მიზანმიმართული მოდიფიცირების მიმართულებით. იგულისხმება ისეთი მოდიფიცირება, რომელიც უზრუნველყოფს თანამედროვე, ეფექტური საშუალების (ძირითადად, ორგანული წარმოშობის ბოჭკოების), როგორც დინამიკური დატვირთვების ჩამხშობი საშუალებების შესაძლებლობების უფრო სრულ გამოყენებას. გარდა ამისა, თანამედროვე მრავალტონაჟიანი ფისების (ეპოქსიდური, პოლიურეთანული, ფენოლური) მოდიფიცირება იმგვარად, რომ მათ, როგორც სამატრიცე მასალამ (შემაკავშირებელმა) უფრო ეფექტურად შეავსონ მარმირებელი საშუალების (ქსოვილი, ლენტის, ტილო) ფენათაშორისი სივრცე და ხელი შეუწყოს მიღებული კომპოზიტის ძვრაზე ეფექტურ მუშაობას.

უნდა ითქვას, რომ პოლიმერის მოდიფიცირება ხშირ შემთხვევაში იწვევს მიღებული პროდუქტის გადამუშავების ტექნოლოგიური პარამეტრების დადგენის აუცილებლობას. როგორც წესი, პოლიმერების მოდიფიცირება მოითხოვს ცხელი მეთოდით გადამუშავებას. ამგვარად, დგება მოდიფიცირებული სამატრიცე პოლიმერის საფუძველზე შექმნილი კომპოზიტის დამზადების ტექნოლოგიური პარამეტრების დადგენის აუცილებლობის საკითხი.

პრობლემის ფორმულირება შეიძლება მოვახდინოთ ასე: დარტყმადეგობისა და ბალისტიკური მედეგობის მახასიათებლების მიხედვით გაუმჯობესებული ორგანოპლასტიკების მიღება მათი სამატრიცე კომპონენტის მოდიფიცირების გზით.

1.2. კვლევის მიზნები და ამოცანები

კვლევის მიზანია მივიღოთ კაუჩუკებით მოდიფიცირებული ეპოქსიდური, ფენოლური ფისებისა და თანამედროვე ორგანული ბოჭკოების საფუძველზე დარტყმადეგობის მაჩვენებლის მიხედვით 20%-ით გაუმჯობესებული კომპოზიტი. ამ მიზნის მისაღწევად შესასრულებელია შემდეგი ამოცანები:

I ეტაპი - იანვარი, თებერვალი, მარტი

მრავალტონაჟიანი პოლიეთერული, ეპოქსიდური, ფენოლური ფისების მოდიფიცირება ხელოვნური ბოჭკოებითა და კაუჩუკის მსგავსი ქლორსულფირებული პოლიეთილენით ლაბორატორიულ პირობებში. ამ ამოცანის შესრულების მოსალოდნელი შედეგი: ახალი სახის სამატრიცე მასალის მიღება.

II ეტაპი - აპრილი, მაისი, ივნისი

მარმირებელი საშუალებების შერჩევა და კომპოზიტის ტექნოლოგიური პარამეტრების დადგენა. მოსალოდნელი შედეგი: კონკრეტული შედგენილობის კომპოზიტის მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრების ქონა.

III ეტაპი - ივლისი, აგვისტო, სექტემბერი

დღეისათვის აღიარებული საერთაშორისო სტანდარტების მოძიება დარტყმამდეგობაზე და მათი ათვისება. მოსალოდნელი შედეგი: სტანდარტების გამოყენებაზე ოფიციალური უფლების მოპოვება და სათანადო ტექნიკური ბაზის ქონა.

IV ეტაპი - ოქტომბერი, ნოემბერი, დეკემბერი

მიღებული კომპოზიტების ძირითადი ფიზიკურ-მექანიკური და დარტყმამდეგობის მახასიათებლების დადგენა. მოსალოდნელი შედეგი: მონაცემთა ბაზის ქონა ახალი სახის კომპოზიტებზე.

1.3. კვლევის მეთოდოლოგია

ძირითადად სამატრიცე კომპონენტად ვირჩევთ თურქული წარმოების BRE 450 მარკის პოლიეთერულ და ეპოქსიდურ (ორკომპონენტიან) ფისებს, აგრეთვე დღეისათვის ყველაზე იაფ და ხელმისაწვდომ ფენოლურ ფისს. მამოდიფიცირებული კომპონენტის ძირითადი სახეობაა ქლორსულფირებული პოლიეთილენი, რომელიც ცნობილია კაუჩუკის მსგავსი პროდუქტის სახელწოდებით.

გვეგმათ არამიდისა (Kevlar s 800d – P145; Kevlar s 800d - T160; Kevlar s1000d – P135; Kevlar s 1000d – T200; Kevlar s 1000d – P120; Kevlar s 1000d – P155) და ზემაღალმოლეკულური პოლიეთილენის (UHMWPE) როგორც მარმირებელი საშუალებების გამოყენებას კომპოზიტების შესაქმნელად.

საცდელი ნიმუშები დამზადდება ლაბორატორიულ პირობებში, რისთვისაც გვაქვს ყველა ძირითადი მოწყობილობა, ხელსაწყო, სამარჯვი. ზოგიერთი აუცილებელი ტექნიკური საშუალების (უპირველეს ყოვლისა, თერმოწნები) დაპროექტება და დამზადება გათვალისწინებულია აქ წარმოდგენილ ბიუჯეტში. ორგანოპლასტიკების მიღებული ნიმუშების გამოცდებისათვის გამოვიყენებთ: დარტყმამდეგობაზე - 3 მ სიმაღლის ურნალს, დინამიკურ დატვირთვებზე - ფეთქ კამერაში დამონტაჟებულ სპეციალურ სტენდს.

დარტყმამდეგობაზე კვლევისას ვხელმძღვანელობთ შემდეგი ძირითადი სტანდარტებით:

- ✓ ISO 6603-1:2000 Plastics – Determination of puncture impact behavior of rigid plastics – Part 1: Non-instrumented impact testing;
- ✓ ISO 7765-1:1988 Plastics film and sheeting – Determination of impact resistance by the free-falling dart method – Part 1: Stair case methods;
- ✓ ISO 7765-2 Plastics film and sheeting – Determination of impact resistance by the free-falling dart method – Part 2: Instrumented puncture test;
- ✓ ამ ძირითად სტანდარტებთან ერთად სახელმძღვანელოდ გამოვიყენებთ პლასტიკური მასების კვლევისათვის საჭირო ისეთ მეთოდებს, რომლებსაც ითვალისწინებს;
- ✓ ISO 20753:2018 Plastics – Test specimens;
- ✓ ISO 2818:2018 Plastics – Preparation of test specimens by machining;
- ✓ ISO 291:2008 Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing;
- ✓ ISO 1268:1:2001 Fiber-reinforced plastics – Methods of producing test plates – Part 1: General conditions;

- ✓ ISO 8020:2002 Tools for pressing – Punches with cylindrical head and straight or reduced shank.

1.4. კვლევის მოსალოდნელი შედეგების სამეცნიერო ღირებულება და კვლევის შედეგების გავრცელების გეგმა

კვლევის მოსალოდნელი ძირითადი შედეგების სამეცნიერო ღირებულება იქნება ორგანოპლასტიკის მიღება შემდეგი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლებით: სიმკვრივე 1,32...1,42 გ/სმ³, სიმტკიცე გაჭიმვაზე 780...820 მეგპა, დრეკადობის მოდული გაჭიმვისას - 32,5...38,5 გპა, ფარდობითი წაგრძელება გაჭიმვისას - 2,1...2,6%, სიმტკიცე კუმშვისას 155...185 მეგპა, სიმტკიცე ღუნვისას - 430...485 მეგპა, სიმტკიცე ფენათაშორისი ძვრისას 25,5...35,5 მეგპა, ხვედრითი დარტყმითი სიმტკიცე ღუნვისას 180...250 კკლ/მ², წყალშთანთქმა (90 დღელამის შემდეგ) – 1,55...2,15 %.

მოსალოდნელი შედეგების ღირებულება იქნება აგრეთვე ის, რომ მოხერხდება წინასწარ შექმნილი მარმირებელი სტრუქტურების (ორგანოზომილებიანი, სამგანზომილებიანი ჩონჩხის) იმპრეგირება მოდიფიცირებული ფისით. შედეგად მივიღებთ პრეპრესს, რომლის სიცოცხლისუნარიანობა იქნება 3 თვე (შენახვის ტემპერატურისას $\leq 25^{\circ}\text{C}$) და 6 თვე (შენახვის ტემპერატურისას $\leq 10^{\circ}\text{C}$). ამით მოიხსნება ისეთი მნიშვნელოვანი სიძნელე, როგორცაა პოლიმერული კომპონენტის შენახვის ვადა. მიღებული ორგანოპლასტიკების გამოყენება შესაძლებელია იმ დარგებში, სადაც კონსტრუქციას/ნაკეთობას/დეტალს წაყენება მოთხოვნები დინამიკური დატვირთვების ნაწილობრივ ან მთლიანად ჩახშობის თვალსაზრისით. შემოთავაზებული ტექნოლოგიის და მასალის პოტენციურ მომხმარებლად გვესახება მსუბუქი კატეგორიის საბრძოლო მანქანების (ავტომობილები, ტრანსპორტიორები, საქვეითო საბრძოლო მანქანები, დესანტის საბრძოლო მანქანები) მწარმოებლები. როგორც ცნობილია, ორგანოპლასტიკები შემადგენელი ნაწილია ორ და სამფენოვანი მსუბუქი ფილებისა/პაკეტებისა. სხვა ფენებია მაღალი სისალის მქონე კერამიკა კარბიდების სახით (პირველი ფენა), სპეციალური მარკის ფოლადი/ტიტანი (მესამე ფენა). შუა, მეორე ფენის ანუ ორგანოპლასტიკის დანიშნულებაა ჩაახშოს ფილაზე/პანელზე მოსული დარტყმითი ენერგია. შემოთავაზებული ტექნოლოგიის და პროდუქტების მომხმარებელი შეიძლება იყოს აგრეთვე შემდეგი დარგები: დროებითი თავდაცვითი ნაგებობების მშენებლობა, ავტოსატრანსპორტო საშუალებების რემონტი, საგზაო მეურნეობა, საქალაქო მშენებლობა, სპეციალური თვისებების მქონე ნაკეთობების წარმოება.

2. პროექტის მენეჯმენტი და განხორციელებადობა

2.1 პროექტის ეფექტური განხორციელებისათვის საჭირო რესურსების შესაბამისობა პროექტის მიზნებსა და ამოცანებთან

პროექტში ჩართული იქნება ლაბორატორიის შვიდი თანამშრომელი, რომლებიც დაკავებული იქნებიან ორგანოპლასტიკების შედგენილობების დადგენით, კომპონენტების ხარისხის შემოსასვლელი კონტროლით, ნიმუშების დამზადებით, ტექნოლოგიური პროცესის გამართვით და მექანიკური გამოცდებით.

პროექტის ხელმძღვანელს აქვს პოლიმერების მიღების, გადამუშავების და გამოყენების დარგში დიდი ხნის მუშაობის გამოცდილება. იგი ავტორია 165 გამოქვეყნებული ნაშრომის (მათ შორის 145 შესრულებულია წარმოდგენილი თემატიკით). მეცნიერ თანამშრომელს დავით წვერავას აქვს 8 წლიანი გამოცდილება მასალების მიღების, მათი ფიზიკური და მექანიკური გამოცდების საქმეში. მეცნიერ

თანამშრომელს სოფიკო კვინიკაძეს აქვს მუშაობის გამოცდილება მაღალმოლეკულურ ნაერთთა სინთეზისა და გამოყენების სფეროში. მეცნიერ თანამშრომელი სვეტლანა სტერიაკოვა დაგვეხმარება სამეცნიერო წყაროების მოძიებასა და ანალიზში, ინჟინერ რევაზ სახვაძეს აქვს გამოცდილება ავტოსატრანსპორტო საშუალებების დაჯავშნის საქმეში. ტექნიკოსი ალექსი ვანიშვილი არის ივ. ჯავახიშვილის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სტუდენტი, რომელიც ეუფლება ორგანულ ქიმიას. ლაბორანტი ლია კირთაძე სწავლობს სან-დიეგოს ქართულ-ამერიკულ უნივერსიტეტში.

სამუშაოთა კალენდარული გეგმა

№	ამოცანის დასახელება	შესრულების ვადები	შემსრულებლები
1	მრავალტონაჟიანი პოლიეტერული, ეპოქსიდური, ფენოლური ფისების მოდიფიცირება ხელოვნური ბოჭკოებითა და კაუჩუკის მსგავსი ქლორსულფირებული პოლიეთილენით ლაბორატორიულ პირობებში. ამ ამოცანის შესრულების მოსალოდნელი შედეგი: ახალი სახის სამატრიცე მასალის მიღება.	იანვარი თებერვალი მარტი	ლ.ბ. გამგე - 1 მეცნ. თანამშრომელი - 3 ინჟინერი - 1 ტექნიკოსი - 1 ლაბორანტი - 1
2	მარმირებელი საშუალებების შერჩევა და კომპოზიტის ტექნოლოგიური პარამეტრების დადგენა. მოსალოდნელი შედეგი: კონკრეტული შედგენილობის კომპოზიტის მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრების ქონა.	აპრილი მაისი ივნისი	ლ.ბ. გამგე - 1 მეცნ. თანამშრომელი - 3 ინჟინერი - 1 ტექნიკოსი - 1 ლაბორანტი - 1
3	დღეისათვის აღიარებული საერთაშორისო სტანდარტების მოძიება დარტყმამდედგობაზე და მათი ათვისება. მოსალოდნელი შედეგი: სტანდარტების გამოყენებაზე ოფიციალური უფლების მოპოვება და სათანადო ტექნიკური ბაზის ქონა.	ივლისი აგვისტო სექტემბერი	ლ.ბ. გამგე - 1 მეცნ. თანამშრომელი - 3 ინჟინერი - 1 ტექნიკოსი - 1 ლაბორანტი - 1
4	მიღებული კომპოზიტების ძირითადი ფიზიკურ-მექანიკური და დარტყმამდედგობის მახასიათებლების დადგენა. მოსალოდნელი შედეგი: მონაცემთა ბაზის ქონა ახალი სახის კომპოზიტებზე.	ოქტომბერი ნოემბერი დეკემბერი	ლ.ბ. გამგე - 1 მეცნ. თანამშრომელი - 3 ინჟინერი - 1 ტექნიკოსი - 1 ლაბორანტი - 1

მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა

№	პროექტის განხორციელებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა	არსებული	შესაძენი
---	---	----------	----------

მასალები			
1	პოლიეთერული ფისი BRE 450	✓	
2	პოლიეთერული ფისი BRE 452		✓
3	ეპოქსიდური ფისი		✓
4	ფენოლური ფისი		✓
5	სილიკონის კომპაუნდი		✓
6	ABS, PLA ძაფები 3D პრინტერისთვის	✓	
7	არამიდის ბოჭკო და ქსოვილი		✓
8	მაღალმოლეკულური პოლიეთილენის ბოჭკო და ქსოვილი		✓
ხელსაწყო დანადგარები			
1	სისალის მზომი ხელსაწყო	✓	
2	Zeiss - ის ოპტიკური მიკროსკოპი	✓	
3	მიკროინტერფერომეტრი MII-4Y42	✓	
4	Dutch Leapfrog 3D Printer	✓	
5	Fritsch - ის მიკრო წისქვილი	✓	
6	ნიმუშების დასაჭრელი ხერხი Labotom-5	✓	
7	ადჰეზიომეტრი		✓
8	სამარჯვები ნიმუშების სხვადასხვა დამაბულ მდგომარეობისას გამოსაცდელად		✓
9	ვაკუუმტუმბო		✓
10	გამგლეჯ მანქანაზე გამოსაცდელი ნიმუშების სატაცები		✓
11	თერმოკამერა		✓

№	ხარჯის კატეგორია	I საანგარიშო პერიოდი (1-3 თვე)	II საანგარიშო პერიოდი (4-6 თვე)	III საანგარიშო პერიოდი (7-9 თვე)	IV საანგარიშო პერიოდი (10-12 თვე)	სულ (ბიუჯეტიდან მოთხოვნილი თანხა)
1	შრომის ანაზღაურება	14850	14850	14850	14850	59400
2	მივლინება (საექსპედიციო ხარჯები)	800	1 000	650		2450
3	საქონელი და მომსახურება					3200
	სილიკონის კომპაუნდი 20 კგ	200	200			400
	პოლიეთერული ფისი	400	400			800
	ეპოქსიდური ფისი	450	400			850
	სილიკოორგანული ნაერთები	200		200		400
	ფენოლური ფისი		400	350		750
4	კაპიტალური ხარჯები					33500
	ფისის სიბლანტის მზომი	2 000				2000
	ვიბრომაგიდა		2 000			2000
	ბოჭკოები (არამიდის, მაღალმოლეკულური პოლიეთილენის, და სხვა)	3 000		3 000		6000
	ვაკუუმტუმბო	4 800				4800
	ადჰეზიომეტრი			4 500		4500
	ფირფიტებისა და პანელების დასამზადებელი თერმოწნეხი		4 900			4900
	ნიმუშების სატაცები მექანიკური გამოცდებისთვის	4 800				4800
	თერმოკამერა	4500				4500
5	ზედნადები ხარჯი	12582.5	12582.5	12582.5	12582.5	50330
	სულ პროექტის ბიუჯეტი					148880

პროექტით დაგეგმილი სამუშაოების გარდა, შესრულდება სახელმწიფო კონტროლის განმახორციელებელი და ხელისუფლების აღმასრულებელი ორგანოებიდან შემოსული დავალებები.

2020 წლის ინსტიტუტის პროგრამით შემუშავებული ბაგირის კონსტრუქციის ბარიერის ტექნიკური პარამეტრების ექსპერიმენტული კვლევა

პროექტის ხელმძღვანელი: საზაგარო სისტემების ლაბორატორიის გამგე,
მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, აკად. დოქტორი გიორგი ნოზაძე

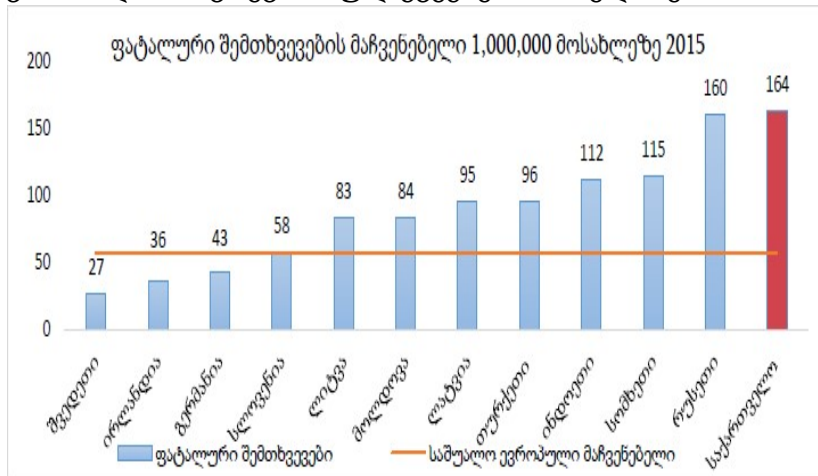
1. პროექტის სამეცნიერო კომპონენტი

1.1. კვლევითი თემის/საკითხის აქტუალობა, კვლევის სიახლე და პრობლემის ფორმულირება

თანამედროვე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ერთ-ერთ ძირითად ტენდენციას წარმოადგენს უსაფრთხოების გაზრდილი მოთხოვნები. საავტომობილო ტრანსპორტის თანამედროვე საგზაო ინფრასტრუქტურის მრავალფეროვნების მიუხედავად, მათი მოწყობის სირთულე უსაფრთხოების ღონისძიებების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს მთიანი ლანდშაფტის ქვეყნებისთვის.

პრობლემის მასშტაბების შეფასებისთვის მოვიშველიებთ ეკონომიკური თანამშრომლობის და განვითარების ორგანიზაციის (OECD) მიერ შეფასებული 40 ქვეყნის სტატისტიკას, რომელშიც ევროკავშირის ქვეყნებიც შედიან. 2015 წლის მონაცემებით, საქართველო ლეტალური შემთხვევებით ყველაზე ცუდ მდგომარეობაშია. მაგალითად, ირლანდიაში, რომელიც პოპულაციით დაახლოებით საქართველოს მსგავსია (4,7 მლნ) 2015 წელს ავტოსაგზაო შემთხვევებს 1 მილიონ მოსახლეზე 36 ადამიანი ემსხვერპლა, საქართველოში კი ამავე წელს 1 მილიონი მოსახლის მიხედვით, 164 ავტოავარია დასრულდა ლეტალური შედეგით.

„ყოველწლიურად საქართველოს გზებზე ათასობით ავტოსაგზაო შემთხვევა ხდება, რაც იწვევს ჯანმრთელობის დაზიანებისა და ფატალური შემთხვევების მნიშვნელოვან ზრდას, სხვა ევროპულ ქვეყნებთან შედარებით.“



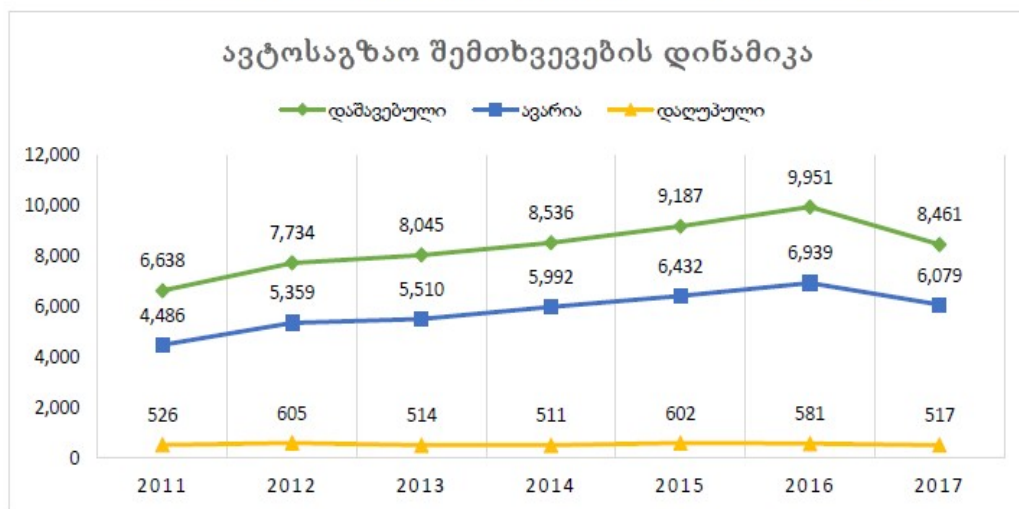
სახელმწიფო აუდიტის სამსახურის ანგარიშის მიხედვით, სხვადასხვა ქვეყნის გამოცდილებამ ცხადყო, რომ გამართული საგზაო უსაფრთხოების სისტემით

შესაძლებელია ავტოსატრანსპორტო შემთხვევებით გამოწვეული ტრავმებისა და ლეტალური შემთხვევების პრევენცია.

ანგარიშის მიხედვით, საქართველოში 2011-2017 წლებში ავტოსაგზაო შემთხვევები, ფაქტობრივად, არ იკლებს. აუდიტი წერს, რომ 2017 წელს ქულათა სისტემის დანერგვამ და უკონტაქტო პატრულირებამ გარკვეული შედეგი გამოიღო, მაგრამ სტატისტიკა აჩვენებს, რომ დანერგილი მექანიზმები არასაკმარისია. 2017 წელს 8 461 ისეთი ავტოსაგზაო შემთხვევა მოხდა, რომელზეც სისხლის სამართლის საქმე აღიძრა.

აუდიტის ანგარიშის მიხედვით, ავტოსაგზაო შემთხვევების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი თბილისშია - 47%. მაგრამ ავტოსაგზაო შემთხვევებში ლეტალური შედეგის წილი რეგიონულ გზებზე უფრო მაღალია - 49%, მაშინ როცა თბილისში ავტოავარიების 17% დასრულდა სიკვდილით. როგორც აუდიტი წერს, მსოფლიო ბანკის შეფასებით, საქართველოში ავტოსატრანსპორტო შემთხვევებით გამოწვეული ტრავმების და ლეტალური შემთხვევების ხარჯმა (დაკარგული შემოსავალი,

სისხლის სამართლის ავტოსაგზაო შემთხვევების დინამიკა 2011-2017 წლები



სამედიცინო, ადმინისტრაციული და მატერიალური ხარჯი) 2015 წელს 738 მილიონი დოლარი - ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის დაახლოებით 5% შეადგინა.

პრობლემის მრავალმხრივი განზომილების მიუხედავად, ერთ-ერთ ძირითად განსახორციელებელ ღონისძიებას წარმოადგენს საქართველოს ყველა კატეგორიის გზაზე დამატებითი საგზაო უსაფრთხოების ღონისძიებების გატარება. ასეთ ღონისძიებათა რიცხვს მიეკუთვნება საავტომობილო გზების დამცავი ბარიერებით აღჭურვის საკითხი. აღნიშნული მიმართულებით თანამედროვე წამყვან ინდუსტრიულ ქვეყნებში სულ უფრო ფეხს იკიდებს საავტომობილო გზების აღჭურვა დამცავი საბაგირო ბარიერების გამოყენებით. ასეთი ბარიერები გამოირჩევიან მაღალი დეფორმატულობით, რაც მათ დამცავ ფუნქციას აუმჯობესებს. ცნობილია, რომ ასეთ შემთხვევაში საბაგირო ბარიერების დათმობის უნარის გამო სატრანსპორტო საშუალების ბარიერზე დაჯახების დროს დარტყმის იმპულსის მოქმედების ხანგრძლივობა იზრდება, რაც მინიშვნელოვნად ამცირებს სატრანსპორტო საშუალებაზე ბარიერის მხრიდან მიყენებული დაზიანებების ხარისხს.

ლაბორატორიის 2020 წლის საბაზო თემატიკის ფარგლებში დამუშავდა საგზაო ბარიერების საყრდენების და საყრდენშორისი ელემენტის ახალი კონსტრუქცია. შედგა ახალი კონსტრუქციის საბაგირო ბარიერის რიცხვითი მოდელი და მიღებული მოდელის საფუძველზე შეფასდა 1989 წელს ამერიკის შეერთებულ შტატებში

შესრულებული ნატურული ექსპერიმენტის შედეგები; შეიქმნა დამუშავებული კონსტრუქციების შემცირებული მასშტაბის ლაბორატორიული მოდელი და განხორციელდა მოდელის ექსპერიმენტული კვლევა ლაბორატორიის ბალანსზე არსებულ სტენდზე; საბაგირო ბარიერების უსფრთხოების დონის ამაღლება და თანამედროვე მოთხოვნებთან შესაბამისობა წარმოადგენს შემოთავაზებული ახალი თემატიკის ძირითად კვლევის საგანს.

1.2. კვლევის მიზნები და ამოცანები

კვლევის მიზანს წარმოადგენს ინსტიტუტში დამუშავებული გაზრდილი უსაფრთხოების საბაგირო სისტემების ბარიერის კონსტრუქციული ელემენტების ტექნიკური პარამეტრების (კონსტრუქციის მასა და საექსპლუატაციო დატვირთვებზე კონსტრუქციის მედეგობის უნარი) -თანამედროვე სტანდარტების მოთხოვნებთან შესაბამისობის კვლევა.

უსაფრთხოების გაზრდა იგეგმება ჩვენს მიერ დამუშავებული კონსტრუქციული გადაწყვეტილებების საფუძველზე, რაც გამოიხატება საბაგირო ბარიერების დამცავი ფუნქციის გაუმჯობესებაში და დარტყმის დინამიკური ეფექტის დამაზიანებელი ფაქტორის ეფექტურად და უსაფრთხოდ ჩაქრობაში. მოსალოდნელია აგრეთვე ბარიერის დამცავი ფუნქციის საიმედოობის გაზრდა, რაც გამოიხატება ბარიერზე სატრანსპორტო საშუალების დინამიკური ზემოქმედების თანაბარგანაწილებაზე საბაგირო ბარიერების შემადგენელ ბაგირებზე.

კვლევების პირველ ეტაპზე მიზანშეწონილია განხორციელდეს სათანადო ლაბორატორიული ფიზიკური ექსპერიმენტების შესაბამისი რიცხვითი კვლევები, რაც მნიშვნელოვნად წაადგება მიღებული შედეგების ეფექტურობის კვლევის საქმეს. რომელიც შესაძლებლობას მოგვცემს დავხვეწოთ კონსტრუქცია და დავამზადოთ მისი შესაბამისი ნატურალური, ფიზიკური მოდელი;

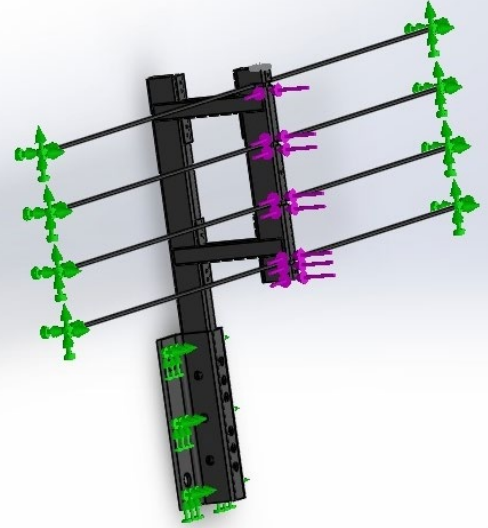
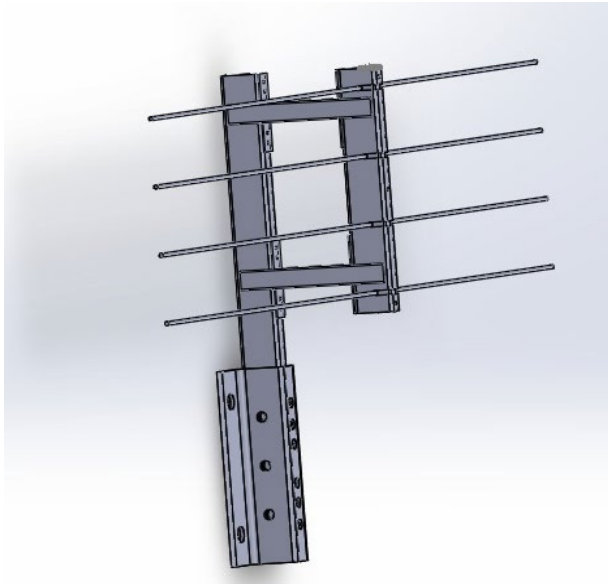
ინსტიტუტში 2020 წელს შესრულებული პროექტით, დამუშავდა საბაგირო ბარიერების საყრდენების და მათი ფუნდამენტების მოწყობის ახალი კონსტრუქცია. აგრეთვე შემოთავაზებულია საყრდენშორისი ბაგირების გაბარიტული ზომების დამჭერი კონსტრუქცია, რომელიც დამზადდება დარტყმამდე და ატმოსფერული ზემოქმედებაზე გამძლე პლასტიკური მასალისაგან.

იმისათვის, რომ აღნიშნული დამუშავებების კონსტრუქციული და ტექნიკური პარამეტრები შეფასდეს, აუცილებელია პირველ ეტაპზე ლაბორატორიის სტენდზე შესრულდეს საყრდენთა და მათ შორის კონსტრუქციის სტატიკური გამოცდა სტანდარტული მოთხოვნების მიხედვით.

აღნიშნული სტატიკური ექსპერიმენტების დროს გამოკვლეული იქნება ბარიერის ნატურალური ზომის საყრდენზე და ბაგირთა სისტემაზე განვითარებული დინამიკური დატვირთვების შესაბამისი დაყვანილი სტატიკური ზემოქმედების გავლენა საყრდენი კონსტრუქციის ელემენტებზე. პარალელურად მიზანშეწონილია განხორციელდეს სათანადო ფიზიკური ექსპერიმენტების შესაბამისი რიცხვითი კვლევები, რაც მნიშვნელოვნად წაადგება მიღებული შედეგების ვალიდაციის საქმეს.

ლაბორატორიული კვლევების დროს შესრულდება ექსპერიმენტები, საყრდენებზე განვითარებული მოსალოდნელი დინამიკური დატვირთვის შესაბამისი ეფექტური სტატიკური დატვირთვით გამოწვეული დეფორმაციების და ბარიერის ბაგირთა სისტემის ფორმის მოსალოდნელი ცვლილების შესწავლის მიზნით.

ქვემოთ წარმოდგენილია ჩვენს მიერ დამუშავებული საბაგირო ბარიერის ლაბორატორიული მოდელი და შესაბამისი ფიზიკური ექსპერიმენტის საანგარიშო სქემის მაგალითი.



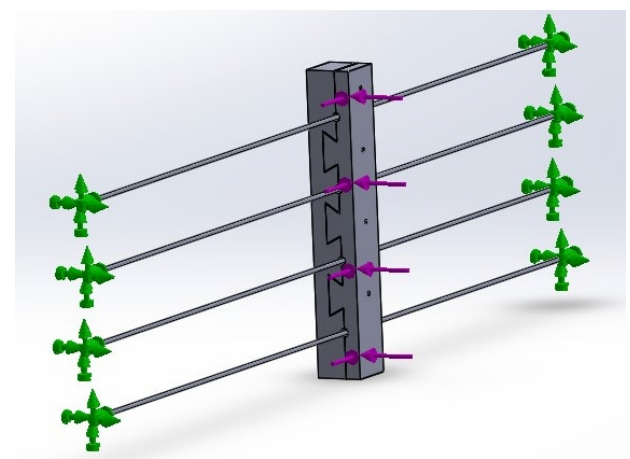
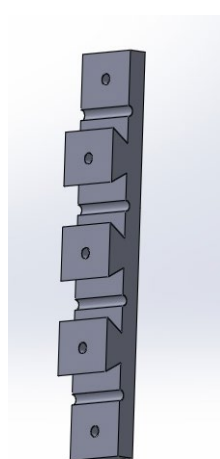
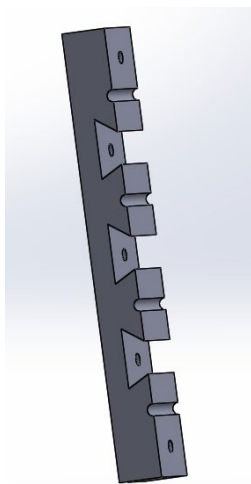
ექსპერიმენტების პროცესში გამოკვლეული იქნება ბარიერების საყრდენების მიზნობრივი დეფორმაციის რეალიზაციის საკითხები, რომლის დროსაც აქცენტი იქნება აღებული საბაგირო ბარიერის საყრდენების და ბაგირთა სისტემის განივი და გრძივი მადემფირებელი უნარის კვლევაზე.

ლაბორატორიის ბალანსზე არსებული სტენდის პირობებში, შესაძლებელია განვახორციელოთ საბაგირო ბარიერზე განვითარებული დინამიკური დატვირთვის ზემოქმედების შედეგის შესწავლისთვის ექსპერიმენტი, ნატურალური ფიზიკური მოდელის შესაბამის ლაბორატორიულ მოდელზე, მოდელირების პრინციპების დაცვით.

ასეთი ექსპერიმენტისთვის დაგეგმილია ქანქარასებური ურნალის მსგავსი მოწყობილობის გამოყენება, რომლის დროსაც შესაძლებელია ექსპერიმენტები ჩატარდეს ისეთი ლაბორატორიული მოდელისთვის, რომლის მოდელირების ძირითადი უგანზომილებო პარამეტრი იქნება შემდეგ ფარგლებში $E_{კინ. ლაბ} / E_{კინ. ფიზ.} = 1/500 - 1/1000$, ხოლო მსგავსების კრიტერიუმად გამოვიყენებთ ნიუტონის კრიტერიუმს.

ექსპერიმენტები მსგავსი პირობების დაცვით შესაძლებელია დაიგეგმოს აგრეთვე დარტყმამდეგი საყრდენშორისი კონსტრუქციული ელემენტის ლაბორატორიულ მოდელზე.

ლაბორატორიული მოდელის კომპონენტები და საექსპლუატაციო მდგომარეობაში საანგარიშო სქემა წარმოდგენილია ქვემოთ.



რიცხვითი და ლაბორატორიული ექსპერიმენტებიდან დადგინდება პირველ მიახლოებაში რეალური კონსტრუქციის დეფორმაციის მახასიათებელი ტექნიკური პარამეტრების ფარგლები (დინამიკური ძალის კრიტიკული მნიშვნელობა, რომლის შედეგადაც კონსტრუქცია ამოწურავს მოქმედების ფუნქციას).

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე საბაზო დაფინანსებით შესასრულებელი თემის ფარგლებში დასახულია შემდეგი ამოცანების შესრულება:

1. დამუშავებული კონსტრუქციის სტანდარტულ მოთხოვნებთან შესაბამისი რიცხვითი მოდელირება და მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე საჭირო კონსტრუქციული ცვლილებების უზრუნველყოფა;
2. საყრდენების და საყრდენშორისი კონსტრუქციის საცდელი ნიმუშებისთვის საჭირო მასალების შეძენა და ლაბორატორიული მოდელის დამზადება;
3. საცდელი ნიმუშების ლაბორატორიული გამოცდები და მისი შესაბამისობის დადგენა არსებულ სტანდარტულ მოთხოვნებთან;
4. ლაბორატორიული ექსპერიმენტების ანალიზი, პროექტის სამეცნიერო ანგარიშის მომზადება და გაფორმება.

1.3 კვლევის მეთოდოლოგია

კვლევის დროს გამოყენებული იქნება ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევის მეთოდები. თეორიული კვლევის მეთოდებად განვიხილავთ რიცხვით და ანალიზურ მეთოდებს მყარი ტანის მექანიკიდან. გამოყენებული იქნება მასალათა გამძლეობის და თეორიული მექანიკის კარგად ცნობილი აპარატი. რიცხვითი მეთოდების თვალსაზრისით განვიხილავთ სასრულ ელემენტთა მეთოდებზე დამყარებულ საინჟინრო პროგრამებს და მათი მოდელირების საშუალებებს.

აღნიშნული მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელია გამოვითვალოთ საყრდენ კონსტრუქციაზე მოსული დატვირთვებით გამოწვეული დეფორმაციების ხასიათი და საკმარისად ზუსტად დავგეგმოთ კონსტრუქციის ტექნიკური პარამეტრები, რომელიც ტექნიკური რეგლამენტით იქნება დაშვებული. ამ მეთოდთა გამოყენება მიზანშეწონილია აგრეთვე ლაბორატორიული ექსპერიმენტების დაგეგმვის და განხორციელების პროცესში. ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დადგმის დროს გამოვიყენებთ აგრეთვე მექანიკური მოძრაობის მსგავსების კრიტერიუმს ე.წ. - ნიუტონის კრიტერიუმს.

ინსტიტუტის ბალანსზე არსებული ექსპერიმენტული ბაზა შესაძლებლობას იძლევა საყრდენის და საყრდენშორისი კონსტრუქციის ლაბორატორიულ ფიზიკურ მოდელებზე შესრულდეს ექსპერიმენტები 5 ტ.ძალის სტატიკური ზემოქმედებით.

ექსპერიმენტული კვლევების დროს განხორციელდება ბარიერის საყრდენის და ბაგირთა სისტემის შემადგენელ მადემფირებელ კომპონენტებზე სხვადასხვა სიდიდის დინამიკური დატვირთვის ზემოქმედება. განისაზღვრება საბაგირო ბარიერის დეფორმაციულობის მახასიათებელი მანძილები და მათი დამოკიდებულება ბარიერის ბაგირთა სისტემის წინასწარი დაჭიმვის ძალის სიდიდეზე. შესრულდება ექსპერიმენტული მონაცემების ციფრული ჩაწერა. დაგეგმილია ციფრული დინამომეტრიდან გამომავალი სიგნალების გაძლიერების და დამუშავების საშუალებების შეძენა და/ან დამზადება და ჩართვა ექსპერიმენტებში.

1.4. კვლევის მოსალოდნელი შედეგების სამეცნიერო ღირებულება და კვლევის შედეგების გავრცელების გეგმა

კვლევების შედეგად მიღებული შედეგები პირდაპირ ორიენტირებულია ხელი შეუწყოს შექმნილი პროდუქტის ბაზარზე გატანისა და დამკვიდრების საქმეს.

შესრულებული კვლევების საფუძველზე მივიღებთ ახალი გაზრდილი უსაფრთხოების მქონე საგზაო საბაგირო ბარიერების სისტემას, რომლის ტექნიკური პარამეტრების დაგეგმვის, შესრულების და გაუმჯობესების რეალიზაციის მეთოდები იქნება დაზუსტებული და აპრობირებული.

დამუშავდება შემოთავაზებული საბაგირო ბარიერების სისტემის საპროექტო დოკუმენტაცია, რის საფუძველზედაც შესაძლებელი იქნება მოთხოვნილი უსაფრთხოების დონის საბაგირო სისტემის საცდელი ეგზემპლარის დამზადება; დადებით თეორიულ და ექსპერიმენტულ შედეგებზე დაყრდნობით შესაძლებელი იქნება ბაზარს შევთავაზოთ ჩვენს მიერ დამუშავებული პროდუქცია და/ან საფუძველი ჩაეყაროს ინსტიტუტის ბაზაზე დამუშავებული პროდუქციის საწარმოო ტექნოლოგიის რეალიზაციას.

2. პროექტის მენეჯმენტი და განხორციელებადობა

2.1 პროექტის ეფექტური განხორციელებისათვის საჭირო რესურსების შესაბამისობა პროექტის მიზნებსა და ამოცანებთან

პროექტში მონაწილეობას მიიღებს საბაგირო სისტემების ლაბორატორიის სრული შემადგენლობა: გ. ნოზაძე - ლაბორატორიის გამგე, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, პროექტის ხელმძღვანელი; დ. პატარაია - უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი; რ. მაისურაძე - ინჟინერი; თ. კობიძე - ინჟინერი; ლ. ტავალაშვილი - ლაბორანტი; გ. ახვლედიანი - ლაბორანტი.

სასურველია, პროექტში ჩაერთოს საკონსტრუქტოროს კვლევების ცენტრის და ჰიბრიდული კომპოზიტების კვლევის ლაბორატორიის თანამშრომლები.

სამუშაოთა კალენდარული გეგმა

№	ამოცანის დასახელება	შესრულების ვადები	შემსრულებლები
1	დამუშავებული კონსტრუქციის სტანდარტულ მოთხოვნებთან შესაბამისი რიცხვითი მოდელირება და მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე საჭირო კონსტრუქციული ცვლილებების უზრუნველყოფა	იანვარი თებერვალი მარტი	ლ.ბ.გამგე -1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი -2 მეცნ. თანამშრომელი-1 ინჟინერი-2 ლაბორანტი -2
2	საყრდენების და საყრდენშორისი კონსტრუქციის საცდელი ნიმუშებისათვის საჭირო მასალების შეძენა და დამზადება	აპრილი მაისი ივნისი	ლ.ბ.გამგე -1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი -2 მეცნ. თანამშრომელი-1 ინჟინერი-2 ლაბორანტი -2

3	საცდელი ნიმუშების ლაბორატორიული გამოცდები და მისი შესაბამისობის დადგენა არსებულ სტანდარტულ მოთხოვნებთან	ივლისი აგვისტო სექტემბერი	ლაბ.გამგე -1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი -2 მეცნ. თანამშრომელი-1 ინჟინერი-2 ლაბორანტი -2
4	კვლევის შედეგების ანალიზი და წლიური ანგარიშის მომზადება	ოქტომბერი ნოემბერი დეკემბერი	ლაბ.გამგე -1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი -2 მეცნ. თანამშრომელი-1 ინჟინერი-2 ლაბორანტი -2

მატერიალურ - ტექნიკური ბაზა

სამუშაო შესრულებას ლაბორატორიის ბაზაზე არსებული კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით. აუცილებელია შემენილი იქნას: თანამედროვე ელექტრონული ოსცილოგრაფი; ციფრული დინამომეტრები; ბაგირში დაჭიმულობის გამზომი ხელსაწყო; პროფილური რკინის ნამზადები; ავტომატური ჰიდრავლიკური დამჭიმავი მოწყობილობა; ARDUINO-ს მიკროპროცესორული პროგრამული მოდულები. გამაძლიერებლის დასამზადებელი ელექტრო დეტალები და სხვა.

№	პროექტის განხორციელებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა ²	არსებული	შესაძენი
1	ინსტიტუტის ბაზაზე არსებული კომპუტერები	✓	
2	საბაგირო ჯგუფის მიერ დამუშავებული პროგრამები და პროექტები	✓	
3	დინამომეტრი ციფრული 10 კგმ		✓
4	დინამომეტრი ციფრული 10 ტმ გაჭიმვაზე		✓
5	ბაგირის დაჭიმულობის გამზომი ხელსაწყო (30 მმ დიამეტრამდე)		✓
6	პროფილური რკინის და პლასტმასის მასალა		✓
7	მოქლონები სხვადასხვა დიამეტრის 8, 10, 12 მმ		✓
8	მართვადი ჰიდრავლიკური დამჭიმი		✓
9	სტრუბცინები სხვადასხვა ზომის		✓

პროექტის ბიუჯეტი

#	ხარჯის კატეგორია	I საანგარიშო პერიოდი (1-3 თვე)	II საანგარიშო პერიოდი (4-6 თვე)	III საანგარიშო პერიოდი (7-9 თვე)	IV საანგარიშო პერიოდი (10-12 თვე)	სულ თანხა
1	შრომის ანაზღაურება	15780	15780	15780	15780	63120
2	მივლინება (საექსპედიციო ხარჯები)					
3	საქონელი და მომსახურება					22 500
	საკანცელარიო საქონელი					
	(ქაღალდი, კტრიჯები, ელემენტები)		100			100
	დინამომეტრი ციფრული 10 კგმ		500			500
	დინამომეტრი ციფრული 10 ტმ გაჭიმვაზე		1000			1000
	ბაგირის დაჭიმულობის გამზომი ხელსწყო (30 მმ დიამეტრამდე,)		9000			9000
	პროფილური რკინის და დარტყმადეგი პლასტიკური მასალა.		500			500
	მოქლონები სხვადასხვა დიამეტრის 4, 8, 10, 12 მმ		250			250
	მართვადი ჰიდრავლიკური დამჭიმი		5000			5000
	სტრუბცინები სხვადასხვა ზომის		200			200
	მუფტები ბაგირისათვის 6, 12, 20, 24 მმ. ბაგირისათვის		500			500
	სხვადასხვა ზომის ჭანჭიკები, 6, 8, 10 მმ და სხვადასხვა სხისტის ზამბარები		500			500
	ელექტრონული ოსცილოგრაფი.		3000			3000
	ARDUINO-ს მიკროპროცესორული პროგრამული მოდულები		1000			1000
	გამაძლიერებლის დასამზადებელი ელექტრო დეტალები		500			500
5	ზედნადები ხარჯი	14380	14380	14380	14380	57520
	სულ პროექტის ბიუჯეტი					143140

პროექტით დაგეგმილი სამუშაოების გარდა, შესრულდება სახელმწიფო კონტროლის განმახორციელებელი და ხელისუფლების აღმასრულებელი ორგანოებიდან შემოსული დავალებები.

გლაუკონიტის შემცველი ნედლეულის საბადოს გამოვლენა და გამდიდრების ტექნოლოგიის დამუშავება

*პროექტის ხელმძღვანელები: აკად.დოქტორი ასმათ შეყილაძე, აკად.დოქტორი
ოთარ კავთელაშვილი*

1. პროექტის სამეცნიერო კომპონენტი

1.1. კვლევითი თემის აქტუალობა, კვლევის სიახლე და პრობლემის ფორმულირება

გლაუკონიტი კალიუმის შემცველი მწვანე ფერის წყლიანი ალუმინოსილიკატია, იდეალიზირებული ფორმულით $(K, Na)(Fe^{3+}, Al, Mg)_2(SiAl)_4O_{10}(OH)_2$, რომელიც მინერალოგების საერთაშორისო ასოციაციის (IMA) ქარსების ქვეკომიტეტის მიერ მიკუთვნებულია დიოქტაედრული სტრუქტურის ქარსებს, კათიონების დეფიციტით შუა შრეებში (Rieder et al.1998), იგი ფართოდ არის გავრცელებული დანალექ ქანებში (ბატიალური მწვანე ლამი, გლაუკონიტის ქვიშაქვები, ღია მწვანე ფერის ცარცული ქვიშები, კირქვები და ა.შ.), მაგრამ არსად ჰქმნის მსხვილ დანაგროვებს და მხოლოდ სხვა მინერალებთან ერთად გვხვდება თიხურ ან ქვიშურ სიბრქეებში. მისი შემცველობა ქანში იშვიათად აღწევს 50%-ს და ამიტომ გლაუკონიტის კონცენტრატს გამდიდრებით ღებულობენ. გამდიდრების მეთოდს კი განაპირობებს მისი არსებობის ფორმა, გენეტიკური ტიპი, სტრუქტურული თავისებურებანი და ა.შ.

გლაუკონიტის სტრუქტურულ-ქიმიური თავისებურებანი 100 წელზე მეტია იპყრობს მეცნიერების ყურადღებას. მიუხედავად ხანგრძლივი ისტორიისა ამ მინერალური ნედლეულის შესწავლა დღესაც გრძელდება და ახალ დონეზე გადადის არა მარტო პალეოგრაფიული რეკონსტრუქციის თვალსაზრისით, არამედ ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა დარგში გამოყენების შესაძლებლობის განსაზღვრის მიზნით (Рудмин М.А. и др. 2018г) დღეს მას მომავლის მინერალად თვლიან.

გლაუკონიტის სტრუქტურულ-ქიმიური მახასიათებლები, ადვილი გამოფიტვადობა და ფერი პოლიფუნქციონალურ პროდუქტს გვაძლევს, რომელსაც უვნებელ ბუნებრივ სასუქად იყენებს სოფლის მეურნეობა, საკვების დანამატად - მეფრინველეობა და მეცხოველეობა, მწვანე პიგმენტად - ლაქ-საღებავების წარმოება, გარემოს დაცვა სორბენტად მძიმე მეტალების, ნავთობპროდუქტების და რადიონუკლიდებისგან ჩამდინარე წყლების გაწმენდაში, ტექნოგენური დატვირთვის ქვეშ მყოფი ტერიტორიების ნიადაგების სანაციისთვის, ისე რომ საჭირო არ ხდება მათი ზედა ფენის მოხსნა. განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს იგი მავნე ნივთიერებების და ავარიული დაღვრების დროს გარემოში გავრცელების აღმკვეთი გეოქიმიური ზღუდეების მოსაწყობად და ა.შ.

საქართველოში გლაუკონიტის საბადოების შესწავლის დაწყების მცდელობა 1928 წლით თარიღდება, როცა გამოცდილი იქნა რამდენიმე სინჯი გუმბრის საბადოდან, კალიუმის სულფატის და თიხამიწის მიღების მიზნით. შემდგომ პერიოდში გლაუკონიტის საბადოების დამიების სამუშაოები გაფანტულად მიმდინარეობდა დამიებულია 14 საბადო/მადანგამოვლინება მათ შორისაა: გორდი, ალვი, ღვირიში, გუმბრა, წყალწითელა, კვაჩხირი, ნიკორწმინდა, ღვერკი, ფონა, ოძისი, თეძამის ხევი,

ბოლნისი, ყაჩაღიანი და აღამდელო. 1972 წელს ყოფილი სსრკ სამშენებლო მასალების სამინისტროს სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის საცდელ ქარხანაში მინერალური პიგმენტების ნედლეულად გამოიყენა 17 ტექნოლოგიური სინჯი, წყალტუბოს და ამბროლაურის რაიონებიდან (გეოლოგიური ფონდები 1972) რკინის შედარებით მცირე შემცველობის გამო, ტესტირება ჩატარებული იქნა როგორც ოქრის ანუ ჟანგმიწის ნედლეულზე, ხოლო გლაუკონიტის კონცენტრატის მიღების მცდელობაც კი არ ყოფილა. მიუხედავად ამისა 17 სინჯიდან მხოლოდ ერთმა დააკმაყოფილა მოთხოვნა პიგმენტურ ნედლეულზე, მაგრამ ანგარიშიდან არ ირკვევა რომელ საბადოს ეკუთვნოდა იგი.

ამჟამად იმ ცვლილებების ფონზე, რაც უკანასკნელ ათწლეულებში სასარგებლო წიაღისეულის გამდიდრების მეთოდების სრულყოფის მიმართულებით განხორციელდა, როგორც პრაქტიკული, ისე მეცნიერული თვალსაზრისით საინტერესოა რამდენად დაექვემდებარება საქართველოს გლაუკონიტური ქანები გამდიდრებას და რა დანიშნულებით იქნება შესაძლებელი მიღებული პროდუქტის გამოყენება.

საერთაშორისო ინფორმაციული მონაცემებით გლაუკონიტის შემცველი ქანების გამდიდრებისთვის იყენებენ გრავიტაციული და ელექტროსეპარაციული მეთოდების კომბინაციას ან ელექტრომაგნიტურ სეპარაციას რკინის შემცველობაზე დამოკიდებულებით ნედლეულში (აშშ ნიუჯერსის და ინდოეთის ბაკარის და ბონდარის გლაუკონიტის საბადოები). საწყის მასალას რეცხავენ შლამების მოცილების მიზნით, ჰყოფენ -0,5-0,2 მმ და -0,2+0,1 მმ ფრაქციებად და ატარებენ ელექტრომაგნიტურ სეპარატორზე. იმის გამო, რომ გლაუკონიტის მარცვლების სიმაგრე მინერალოგიური სკალის მიხედვით 2-3-ს არ აღემატება, შესაძლებელია შერჩევითი დაწვრილმანების (დაქუცმაცება) გამოყენებასაც.

პიგმენტები საერთაშორისო ვაჭრობის საგანია. ბუნებრივი პიგმენტების ინდუსტრიის ბაზრის 2019 წლის კვლევის მიხედვით „The Global Natural Pigment Market is expected to grow exponentially in the years to come. The international Natural Pigment Market may be divided by Type of Product, Type of End Users, and the Area. The division of the international Natural Pigment Market on the source of Type of Product shows the trades size in Thousands MT, Profits in Million US\$, Product price in US\$/MT, market stake and development percentage of respective category“] მისი ძირითადი მწარმოებლები არიან: კვიპროსი, ესპანეთი, საფრანგეთი, ავსტრია, ბელგია, მექსიკა, ჩინეთი, გერმანია, ტაივანი, ჩილე, კანადა, ავსტრალია, ინდოეთი, პაკისტანი და ისრაელი და სხვა.

გლობალური ბაზრის ძირითადი მოთამაშე კომპანიებია: Lanxess (გერმანია), BASF SE (გერმანია), Huntsman Corporation (აშშ), Tronox Limited (აშშ), Heubach GmbH (გერმანია), Applied Minerals Inc. (აშშ), Cathay Industries (ჰონგ კონგი), Hunan Sanhuan Pigment Co., Ltd. (ჩინეთი), Brenntag Specialties, Inc. (სინგაპური) და Venator Materials PLC. (დიდი ბრიტანეთი).

<https://www.naturalpigments.com>-ის მონაცემებით 100გ მწვანე პიგმენტის (საფრანგეთი, იტალია, საბერძნეთი) ფასი მერყეობს 5-10 აშშ დოლარი ფარგლებში მერყეობს.

როგორც მინერალური პიგმენტების შესახებ ლიტერატურის ანალიზი და ინტერნეტ რესურსებით ჩატარებული მოკლე მარკეტინგული კვლევა გვიჩვენებს, საკითხი აქტუალურია არა მხოლოდ სამეცნიერო თვალსაზრისით, არამედ მას შეუძლია მოგვცეს ადგილობრივი მნიშვნელობის ეკონომიკური ეფექტი. კერძოდ, კვლევების შედეგად მინერალური პიგმენტების მიღების რაციონალური ტექნოლოგიის სრულყოფით/შემუშავებით შესაძლებელია მიღებულ იქნას კონკურენტუნარიანი საბაზრო პროდუქტი. შესაბამისად კვლევისთვის შერჩეული

საბადო გახდეს პოტენციური ინვესტორებისთვის ეკონომიკურად მიმზიდველი, რაც გამოიწვევს, როგორც მინიმუმ იმპორტირებული პროდუქტის ადგილობრივით ჩანაცვლებას და რესურსების ჩართვას ქვეყნის ეკონომიკაში.

პროექტის მიზანს წარმოადგენს საქართველოში გლაუკონიტის შესწავლა გამდიდრებადობაზე, გადამუშავების სქემის და ტექნოლოგიური რეჟიმის შემუშავება, კონცენტრატის მიღება და გამოყენების სფეროს დადგენა. სამეცნიერო კუთხით პროექტი ითვალისწინებს გამდიდრების მშრალი და სველი მეთოდების გამოცდას, მათგან საუკეთესოს შერჩევას და ოპტიმალური ტექნოლოგიური რეჟიმული პარამეტრების შემუშავებას. პროექტის ფარგლებში შესრულებული იქნება საბადოზე აღებული სინჯების მინერალოგიური, ქიმიური და გრანულომეტრული ანალიზები, რომელთა შედეგების საფუძველზეც შეირჩევა და გამოიცდება გამდიდრების მშრალი ან სველი მეთოდი. შემუშავდება ნედლეულის გამდიდრების სარეკომენდაციო სქემა, დადგინდება ტექნოლოგიური რეჟიმული პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობები. წარმოდგენილი პროექტი გაგრძელებაა 2018-2020 წლებში შესრულებული სამუშაოების, სადაც კვლევები მიმდინარეობდა მუმის, სურინჯის და ოქრის ტიპის პიგმენტურ ნედლეულზე. ამჯერად პროექტი იძლევა შესაძლებლობას გამოქვეყნებული ლიტერატურული და ფონდური მასალების შესწავლის საფუძველზე, გამოვლენილ იქნას, პიგმენტური ნედლეული, ჩატარდეს მინერალურ-ტექნოლოგიური კვლევები და დადგინდეს მათი პიგმენტური თვისებები, ამასთან განისაზღვროს მიღებული კონცენტრატების ის მახასიათებლები, რომლებიც მათი სოფლის მეურნეობაში გამოყენების შესაძლებლობის დასადგენად იქნება საჭირო. პროექტი ჩვენს მიერ განიხილება საქართველოში მცირე და საშუალო წარმოებების, ასევე სოფლის მეურნეობის განვითარების ხელშეწყობის ჭრილში და იმ ახალ მიმართულებას მიეკუთვნება, რომელიც დაწყებულია 2018 წელში ისეთი ადგილობრივი ნედლეულის მოძიებით, რომელთა მიმართ ინტერესი არ არსებობდა მარაგების სიმცირის გამო ყოფილი საბჭოთა კავშირის საერთო რესურსებთან შეფარდებით.

გარდა პიგმენტის მიღებისა, გლაუკონიტის კონცენტრატი განხილული იქნება, როგორც ადსორბენტი და სასუქი, დასკვნა გაკეთდება პროდუქტის ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრის საფუძველზე.

1.2. კვლევის მიზნები და ამოცანები

პროექტის მიზანს წარმოადგენს საქართველოში გლაუკონიტის შესწავლა გამდიდრებადობაზე, გადამუშავების სქემის და ტექნოლოგიური რეჟიმის შემუშავება, კონცენტრატის მიღება და გამოყენების სფეროს დადგენა. დასახული მიზნების მისაღწევად შესასრულებელია შემდეგი ამოცანები:

1. გეოლოგიურ-ფონდური მასალების შესწავლა და საბადოს შერჩევა კვლევისთვის; სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის მოძიება და ანალიზი; ქიმიური მეთოდიკების მოძიება და შერჩევა კვლევისთვის.
2. მინერალოგიური, სილიკატური ანალიზები, გრანულომეტრული შედგენილობის განსაზღვრა.
3. გამდიდრების მეთოდის შერჩევა და ტექნოლოგიური რეჟიმული პარამეტრების დადგენა.
 - ✓ გამდიდრების სველი მეთოდის გამოცდა;
 - ✓ გამდიდრების მშრალი მეთოდის გამოცდა.

4. ტექნოლოგიური გამოცდები; ტექნოლოგიური ტესტირების თანმხლები ქიმიური ანალიზები, რომელთა შედეგებზეც დგინდება გამდიდრების პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები.
5. პიგმენტური თვისებების შესწავლა და მალიმიტირებელი პარამეტრების განსაზღვრა. კალიუმის და ფოსფორის შემცველობის დადგენა კონცენტრატში ზოგიერთი მიკროელემენტის განსაზღვრასთან ერთად. ანგარიშის შედგენა.

1.3. კვლევის მეთოდოლოგია

წარმოდგენილი პროექტის ფარგლებში შესრულებული იქნება სინჯების მინერალოგიური, ქიმიური და გრანულომეტრული ანალიზები, რომელთა შედეგების საფუძველზეც შეირჩევა და გამოიცდება გამდიდრების მეთოდი. შემუშავდება ნედლეულის გამდიდრების სარეკომენდაციო სქემა, დადგინდება ტექნოლოგიური რეჟიმული პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობები. პროექტის პირველივე ეტაპზე განხორციელდება ექსპედიცია საბადოზე. რენტგენო-ფლოუორესცენტული EDXRF 3600B ანალიზატორით მოხდება სინჯების ექსპრეს ანალიზი. სინჯების დამუშავება განხორციელდება „BB 200“ მარკის სამსხვრეველის და RETSCH“-ის ლაბორატორიული წისქვილის გამოყენებით. „Amscope“-ის ოპტიკური მიკროსკოპის მეშვეობით ჩატარდება პეტროგრაფიული და მინერალოგიური კვლევა. მიკროაგრეგატული ანუ სედიმენტაციური ანალიზი - პიკნომეტრული მეთოდით; სილიკატური ანალიზები შესრულდება სინჯის მჟავური დამოხადი და უხსნადი ნაშთის შელღობით ნატრიუმის კარბონატთან: სილიციუმის დიოქსიდი განსაზღვრული იქნება გრავიმეტრული მეთოდით; რკინა, ალუმინი, კალციუმი და მაგნიუმი კომპლექსონომეტრით; ტიტანი, მანგანუმი, ფოსფორი-სპექტრომეტრული მეთოდით, ნატრიუმი და კალიუმი განისაზღვრება ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრზე ემისიურ რეჟიმში. ანალიზის შესრულების პროცესში გამოყენებული იქნება: სპექტრომეტრი DR 900 (ფირმა Hach გერმანია), ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრი (AA Analisis 200A Perkin-Elmer, აშშ); ანალიზური სასწორი ფირმა Redwag; ტექნიკური სასწორი ფირმა Redwag; წყლით გამონაწურის pH განისაზღვრება Hanna-ს ფირმის pH- meter-ზე; ნაერთები - კოლორიმეტრიული მეთოდით; ტენიანობა-გრავიმეტრული მეთოდით. პროდუქტის მისაღებად გამოყენებული იქნება გამდიდრების ორი მეთოდი მეთოდი. ტექნოლოგიური კვლევების პროცესში განხორციელდება გამდიდრების პროდუქტების ანალიზური კონტროლი - განსაზღვრული იქნება: ქიმიური შედგენილობა, ფერი, წყალში ხსნადი მარილები (ქლორიდები და სულფატები), გარემოს pH, ნარჩენი საცერზე, დაფარვის და ღებვის უნარი, ზეთტევადობა ანუ სტანდარტით გათვალისწინებული ლიმიტირებული მახასიათებელი, ფოსფორის, კალიუმის, მანგანუმის შემცველობები, რკინის ფაზური ანალიზები.

1.4. კვლევის მოსალოდნელი შედეგების სამეცნიერო ღირებულება და კვლევის შედეგების გავრცელების გეგმა.

დამუშავდება გლაუკონიტის შემცველი ქანების გამდიდრების ტექნოლოგია, რომლის შედეგად მიღებული იქნება გლაუკონიტის კონცენტრატი. დადგინდება ამ კონცენტრატის გამოყენების სფერო, როგორც პიგმენტის, სორბენტის ან სასუქის.

2. პროექტის მენეჯმენტი და განხორციელებადობა

2.1 პროექტის ეფექტური განხორციელებისათვის საჭირო რესურსების შესაბამისობა პროექტის მიზნებსა და ამოცანებთან

პროექტში მონაწილეობას მიიღებს ლაბორატორია შემადგენლობით:

- ნ. შეყრილაძე-იდეის ავტორი, პროექტის მთავარი კონსულტანტი-ლაბორატორიის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი;
- ა. შეყილაძე - პროექტის ხელმძღვანელი- სამუშაოს დაგეგმვა და ორგანიზება, მეთოდური და მატერიალურ-ტექნიკური უზრუნველყოფა, ანგარიშის შედგენა;
- ო. კავთელაშვილი - პროექტის ხელმძღვანელი - სამუშაოს დაგეგმვა და ორგანიზება, მინერალოგიური და პეტროგრაფიული აღწერა; სინჯის აღება საბადოზე, ტექნოლოგიური გამოცდები, ანგარიშის შედგენა;
- მ. ბაღნაშვილი - პასუხისმგებელი შემსრულებელი - სინჯების აღება საბადოებზე, მომზადება კვლევისათვის, საცრიითი ანალიზები, გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემის შემუშავება და გამოცდა, ტექნოლოგიური გამოცდები, ანგარიშის შედგენა;
- ა. ბაბაკიშვილი - პასუხისმგებელი შემსრულებელი - სინჯის აღება საბადოზე, სინჯების მომზადება კვლევისათვის, საცრიითი ანალიზები, გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემის შემუშავება; ტექნოლოგიური გამოცდები, ანგარიშის შედგენა;
- მ. გამცემლიძე - სინჯების მომზადება კვლევისათვის, საცრიითი ანალიზები, გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემის შემუშავება;
- ი. სამხარაძე - საცრიითი ანალიზები, გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემის შემუშავება და გამოცდა, ტექნოლოგიური გამოცდები.
- გ. ჩქარეული - ტექნოლოგიური გამოცდები;
- ნ. მაისურაძე - ნედლეულის გამდიდრების ექსპერიმენტებში მიღებული ქიმიური ანალიზების მეთოდიკების შერჩევა-დამუშავება, ფაზური ანალიზები რკინაზე, ქიმიური ანალიზების სიზუსტის კონტროლი.
- დ. მშვილდაძე - ქიმიური ანალიზები. პიგმენტური თვისებების შესწავლა და მალიმიტირებელი პარამეტრების განსაზღვრა;
- ე. გვაზავა -მიღებული პროდუქტების ქიმიური ანალიზები.
- ს. მაღლაკელიძე- ქიმიური ანალიზები. პიგმენტური თვისებების შესწავლა და მალიმიტირებელი პარამეტრების განსაზღვრა;
- ნ. ადეიშვილი - მიღებული პროდუქტების ქიმიური ანალიზები.

სამუშაოთა კალენდარული გეგმა

№	ამოცანის დასახელება	შესრულების ვადა	შემსრულებლები
1	გეოლოგიურ-ფონდური მასალების შესწავლა და საბადოს შერჩევა კვლევისთვის. სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის მოძიება და ანალიზი; ქიმიური მეთოდიკების მოძიება და შერჩევა კვლევისთვის. სინჯის აღება საბადოზე და ჩამოტანა (კლიმატური პირობების გათვალისწინებით);	იანვარი თებერვალი მარტი	ლაბ.გამგე -1 მთ.მეცნ.თანამშრომელი-1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი-3 უფ.სპეციალისტი-3 სპეციალისტი-1 მეცნ.თანამშრომელი- 1 ინჟინერი-1 პრეპარატორი- 1 ლაბორანტი-1

2	მინერალოგიური აღწერები, სრული სილიკატური ანალიზები. გრანულომეტრული ანალიზი. ტექნოლოგიური გამოცდები (გამდიდრების მეთოდის შერჩევა) ტექნოლოგიური ტესტირების თანმხლები ქიმიური ანალიზები, რომელთა შედეგებზეც დგინდება გამდიდრების პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები.	აპრილი მაისი ივნისი	ლაბ.გამგე -1 მთ.მეცნ.თანამშრომელი-1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი-3 უფ.სპეციალისტი-3 სპეციალისტი-1 მეცნ.თანამშრომელი- 1 ინჟინერი-1 პრეპარატორი- 1 ლაბორანტი-1
3	ტექნოლოგიური გამოცდები. ნედლეულის პიგმენტური თვისებების შესწავლა და მალიმიტირებელი პარამეტრების განსაზღვრა;	ივლისი აგვისტო სექტემბერი	ლაბ.გამგე -1 მთ.მეცნ.თანამშრომელი-1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი-3 უფ.სპეციალისტი-3 სპეციალისტი-1 მეცნ.თანამშრომელი- 1 ინჟინერი-1 პრეპარატორი- 1 ლაბორანტი-1
4	მიღებული კონცენტრატის გამოყენების სფეროს დადგენა, როგორც პიგმენტის, სორბენტის ან სასუქის. მიღებული შედეგების ანალიზი და ანგარიშის შედგენა.მომავალი წლის საკვლევი თემის მომზადება.	ოქტომბერი ნოემბერი დეკემბერი	ლაბ.გამგე -1 მთ.მეცნ.თანამშრომელი-1 უფრ.მეცნ.თანამშრომელი-3 უფ.სპეციალისტი-3 სპეციალისტი-1 მეცნ.თანამშრომელი- 1 ინჟინერი-1 პრეპარატორი- 1 ლაბორანტი-1

მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა

№	პროექტის განხორციელებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა	არსებული	შესაძენი
1	რენტგენო-ფლუორესცენტული EDXRF 3600B ანალიზატორი	✓	
2	Reatsch-ის „BB 200“ მარკის სამსხვრეველა	✓	
3	Reatsch-ის ფირმის სააპუდრი დანადგარი	✓	
4	საცრების კომპლექი	✓	
5	„Amscope“-ის ოპტიკური მიკროსკოპი	✓	
6	Hanna-ს ფირმის pH- meter	✓	
7	სპექტრომეტრ იDR 900 (ფირმა Hach გერმანია)	✓	
8	ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრი (AA Analisis 200A Perkin-Elmer, აშშ);	✓	
9	ანალიზური სასწორი (ფირმა Redwag; ტექნიკური სასწორი ფირმა Redwag)	✓	
10	ქიმიური რეაგენტები		✓

11	ლაბორატორიული ჭურჭელი		✓
12	საკანცელარიო საქონელი		✓
13	ფუნჯები სხვადასხვა ზომის		✓
14	ფილტრის ქაღალდები		✓

პროექტის ბიუჯეტი

#	ხარჯის კატეგორია	I საანგარიშო პერიოდი (1-3 თვე)	II საანგარიშო პერიოდი (4-6 თვე)	III საანგარიშო პერიოდი (7-9 თვე)	IV საანგარიშო პერიოდი (10-12 თვე)	სულ თანხა)
1	შრომის ანაზღაურება	32100	32100	32100	32100	128400
2	მივლინება (საექსპედიციო ხარჯები)	1000				1700
3	საქონელი და მომსახურება					500
	ქიმიური რეაგენტები	500				500
	ლაბორატორიული ჭურჭელი	500				500
	საკანცელარიო საქონელი	500				500
	ფუნჯები სხვადასხვა ზომის	50				50
	სამუშაო ხელთათმანები	50				50
	ფილტრის ქაღალდები	100				100
4	კაპიტალური ხარჯები					
	ზედნადები ხარჯი	23367.5	23367.5	23367.5	23367.5	93470
	სულ პროექტის ბიუჯეტი					224570

პროექტით დაგეგმილი სამუშაოების გარდა, შესრულდება სახელმწიფო კონტროლის განმახორციელებელი და ხელისუფლების აღმასრულებელი ორგანოებიდან შემოსული დავალებები.

გაყინვა-გაღვლის და დარტყმის მიმართ მდგრადი გაუმჯობესებული ბეტონის მიღება და კვლევა

*პროექტის ხელმძღვანელი: ქანების, საშენი მასალების თვისებების და ხარისხის კონტროლის
ლაბორატორიის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, აკად. დოქტორი გიორგი ბალიაშვილი*

1. პროექტის სამეცნიერო კომპონენტი

1.1. კვლევითი თემის/საკითხის აქტუალობა, კვლევის სიახლე და პრობლემის ფორმულირება

გამყარებული, დარტყმამდეგი ბეტონის ყინვამდეგობა წარმოადგენს მისი საექსპლოატაციო თვისებების შენარჩუნების უნარს გაყინვა-ღვლის ციკლის ზეგავლენის დროს წყლის, ტენიან და -5°C -ზე დაბალი ჰაერის ტემპერატურის გარემო პირობებში.

გაუმყარებული დარტყმამდეგი ბეტონის და ნარევის ყინვამდეგობა წარმოადგენს, მისი საპროექტო თვისებების მახასიათებლების შემცირების გარეშე, -5°C -ზე დაბალი ჰაერის ტემპერატურის ზეგავლენის გამკლავების უნარს.

წყლის გარემოში დარტყმამდეგი ბეტონის მიერ შეწოვილი წყალი იყინება, ფართოვდება, მიკრო ბზარები ჩნდება და შემდეგ ყინული ღვდება. წყლის გაყინვა - ღვლის შემდეგი ციკლების ზემოქმედების შედეგად მიკრო ბზარები იზრდება, ერთიანდება და ბეტონის ზედაპირზე ჩნდება ხილული ბზარები.

ამის გამო ხდება ბეტონის ძირითადი თვისებების დაქვეითება, ხანმდეგობის შემცირება, კონსტრუქციული ელემენტის და ზოგ შემთხვევაში, მთელი კონსტრუქციის ექსპლუატაციიდან გამოსვლა.

ლაბორატორიაში შემუშავებულია დარტყმამდეგი ბეტონის მიღების ხერხი, ცემენტის, ტემენიტის, მიკროკაჟმიწის და ბაზალტის ბოჭკოს გამოყენებით. დარტყმამდეგი ბეტონი გაყინვა-გაღვლის ციკლების ზემოქმედების მიმართ სათანადო თვისებების გარეშე - 5°C -ზე დაბალი ჰაერის ტემპერატურის და წყლის-ტენიან გარემოში ვერ ახდენს საქსპლოატაციო თვისებების რეალიზაციას და ირღვევა.

ამიტომ ქვეყნის კლიმატური და თავდაცვითი შენობა-ნაგებობების საქსპლოატაციო პირობებიდან გამომდინარე, დარტყმა და ყინვამდეგი ბეტონის კვლევა- მიღება, ერთ-ერთ თანამედროვე აქტუალურ, სამეცნიერო-პრაქტიკულ საკითხს წარმოადგენს.

კვლევის სიახლეს წარმოადგენს კონკრეტული სახეობის ჰაერშემყვანი დანამატის ზეგავლენის მექანიზმის კვლევა-გაუმჯობესება, ოპტიმალური დარტყმა და ყინვამდეგი ბეტონის მიღებისთვის. ამგვარად შეიტანება გარკვეული წვლილი დარტყმა და ყინვამდეგი ბეტონის დამზადების საქმეში, რომელიც ჩვენის აზრით, კვლევის გარკვეულ სიახლეს წარმოადგენს.

პრობლემის ფორმულირება- ლაბორატორიაში შემუშავებული დარტყმამდეგობის მქონე ბეტონის დამზადების ხერხის ბაზაზე, გაყინვა-გაღვლის ციკლების და დარტყმის ზემოქმედების მიმართ, მდგრადი ბეტონის კვლევა-შემუშავება, ძირითადად, თავდაცვითი, დანიშნულების შენობა-ნაგებობებში გამოყენების მიზნით.

1.2. კვლევის მიზნები და ამოცანები

-5°C-ზე დაბალი ჰაერის ტემპერატურის პირობებში, გაუმტკიცებელ ბეტონში ხდება ჰიდრატაციისთვის განკუთვნილი წყლის გაყინვა, შემცირება, ჰიდრატაციის დარღვევა, ბეტონის ქვის ჩამოყალიბების და გამყარების შენელება [1]. ჰაერშემყვანი დანამატი იცავს წყალ გაყინვისგან, ნარევს დაშრევისგან და ზრდის სიმტკიცეს [2].

გამყარებულ ბეტონში ჰაერშემყვანი დანამატი ქმნის დახურული ფორების, ბუშტუკების სისტემას. მათში წყალი ვერ აღწევს, არ ივსებიან ჰიდრატაციის პროდუქტით, არ მყარდებიან, არ ერთიანდებიან და ბეტონი არ ირღვევა [1].

ჰაერშემყვანი დანამატი წარმოადგენს ნივთიერებას, რომელიც ემატება ცემენტს, ან ნარევს ჰაერის განთავსების მიზნით [3;4]. მათ მიეკუთვნება: ცხოველური, მცენარეული ცხიმები, ზეთები და მათი ცხიმური მჟავები; ბუნებრივი ხის ფისები; ცხიმოვანი, ფისოვანი მჟავები და მათი მარილები. მნიშვნელოვანია მისი რაოდენობის კონტროლი, რადგან შესაძლებელია უკუ ეფექტის მიღება [5; 1].

ჰაერშემყვანი დანამატი, აიოლებს ნარევის ყალიბში განთავსებას, ამცირებს წყლის მოთხოვნას სლამპის კონკრეტული რაოდენობის შესაბამისად, წვრილი შემცვლების მოთხოვნას, დაშრევას, ცემენტის რძის ზედაპირზე გამოყოფას და ამაღლებს გადატუმბვადობას, მცირედით ამცირებს ბეტონის სიმტკიცეს [6].

პოლიეთილონური ემულსიის «Оксален-30» (ТУ 6-0203499-23-92) და პლასტიფიკატორის СПС (ТУ 05891370.145-97), გამოყენებით ყინვამედეგობა იზრდება 1,5-2 -ჯერ, წყალშთანთქმა მცირდება 20-40 %-ით, 2-4 -ჯერ მცირდება პირობითად დახურული ფორების მოცულობა, ბეტონის სიმტკიცე 15-25 %-ით იზრდება, შესაძლებელია F300-500 მარკის ბეტონის მიღება. დანამატის შემცველობა შეადგენს 1,2-2 %-ს ცემენტის მშრალი მასიდან [7].

ჰაერის შემცველობის დადგენა ხდება [8;9;10] სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით.

ჰაერშემყვანი დანამატი უნდა აკმაყოფილებდეს სტანდარტის [11] მოთხოვნებს.

კვლევის მიზანს წარმოადგენს არსებულ, დარტყმის ზემოქმედების მიმართ მდგრადი ბეტონის თვისებებს გაყინვა-გაღებობის ზემოქმედების მიმართ მდგრადი თვისებების დამატება დარტყმების, ტენიან, წყლის და -5 გრადუსი ყინვის პირობებში ექსპლოატაციის მიზნით.

პროექტის დასახული მიზნის განხორციელებისთვის განზრახულია შემდეგი ძირითადი, ამოცანის გადაჭრა:

- ლიტერატურული წყაროების მიმოხილვა და ანალიზი;
- ჰაერშემყვანი დანამატის შერჩევა და შეძენა;
- არსებული დარტყმამედეგი ბეტონის ნარევისგან გამოსაცდელი ნიმუშების დამზადება, გამოცდა დარტყმამედეგობაზე და ყინვამედეგობაზე (საკონტროლო ნარევი);
- საკონტროლო ნარევი ჰაერშემყვანი დანამატის გამოყენება გამოსაცდელი ნიმუშების დამზადება, გამოცდა, დარტყმამედეგობაზე და ყინვამედეგობაზე;
- დამატებითი ნიმუშების დამზადება, გამოცდა, დარტყმა და გაყინვა-გაღებობის ზემოქმედების მიმართ მდგრადი ბეტონის მეთოდის შემუშავება.
- სამეცნიერო-კვლევითი ანგარიშის გაფორმება.

1.3. კვლევის მეთოდოლოგია

ბეტონის შეძენილი კომპონენტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დადგენა. შედეგების შედარება საპასპორტო და საპროექტო მნიშვნელობებთან.

ჰაერშემყვანი დანამატის თვისებების დადგენა ხორციელდება სტანდარტის [11] ცემენტის სიმტკიცე და მარკიანობა ხორციელდება სტანდარტული მეთოდის [12] გამოყენებით.

ტემენიტის ქვიშის, ღორღის და ბაზალტის ბოჭკოს ფიზიკური თვისებების გამოკვლევა ტარდება სტანდარტის [13; 14; 15] გამოყენებით. გამოკვლევის შედეგად დგინდება შემდეგი თვისება: ტენიანობა, გაცრითი ანალიზი, სისხოს მოდული, მინერალური ნაწილაკების სიმკვრივე, მშრალი სიმკვრივე, ბუნებრივი სიმკვრივე, ფორიანობა, ფორიანობის კოეფიციენტი, მტვრისებური და თიხისებური ნაწილაკების შემცველობა. მიკროკაჟმიწის გამოკვლევის შედეგად დგინდება მშრალი სიმკვრივე.

ბეტონის ნარევის დამზადება ხორციელდება სტანდარტის, მეთოდის შესაბამისად [16;17;18;19;20]. ნარევის დამზადების მიზნით დგინდება ცემენტის, წყლის, ქვიშის, მიკროკაჟმიწის და ჰაერშემყვანი დანამატის რაოდენობა. ნარევის მოცულობა გაანგარიშებულს 1,2-ჯერ აღემატება. ჩასხმის წინ ნარევის ხელით არევა ხდება, გრდა ჰაერშემყვანი დანამატის გამოყენების დროს [21].

ნარევის ჩასხმა ხდება 150x150x150 მმ-ის ყალიბებში. ყალიბიდან ხდება გამოსაცდელი ნიმუშების ამობურღვა და დამუშავება.

გამოცდა ტარდება შემდეგი თვისების მახასიათებლის დადგენის მიზნით სათანადო სტანდარტის და მეთოდის გამოყენებით. დარტყმამდეგობა (ტვირთის თავისუფალი, მრავალჯერადი ვარდნის ხერხი) [22;29;30;] და ყინვამდეგობა [32; 33].

1.4.კვლევის მოსალოდნელი შედეგების სამეცნიერო ღირებულება და კვლევის შედეგების გავრცელების გეგმა

კვლევის შედეგი-ჰაერშემყვანი დანამატის, ბეტონის კომპონენტებზე ზემოქმედების მექანიზმის კვლევა-გაუმჯობესების შედეგად ახალი ყინვამდეგობა ბეტონის ხერხის კვლევა-შემუშავება, ლაბორატორიაში მიღებული, მაღალი სიმტკიცის და დარტყმამდეგობა ბეტონის ბაზაზე.

კვლევის შედეგები გამოყენებული იქნება:

1. თავდაცვითი და სამოქალაქო დანიშნულების შენობა-ნაგებობებში.
2. მავნე ნივთიერებების და სპეციალურ, საიზოლაციო შენობა-ნაგებობებში.
3. ნაპირგამაგრების ნაგებობებში.
4. მეწყერ და ზვავსაშიშ ნაგებობებში და სხვა.

სამუშაოთა კალენდარული გეგმა

№	ამოცანის დასახელება	შესრულების ვადა	შემსრულებლები
1	ლიტერატურული წყაროების მიმოხილვა და ანალიზი; ჰაერშემყვანი დანამატის შერჩევა და შემენა	იანვარი თებერვალი მარტი	მთ.მეცნ.თანამშრომელი-1 სპეციალისტი-2 ინჟინერი -1 ტექნიკოსი-1

2	არსებული დარტყმამდე დეგი ბეტონის ნარევისგან გამოსაცდელი ნიმუშების დამზადება, გამოცდა დარტყმამდეგობაზე და ყინვამდეგობაზე (საკონტროლო ნარევი)	აპრილი მაისი ივნისი	მთ.მეცნ.თანამშრომელი-1 სპეციალისტი-2 ინჟინერი -1 ტექნიკოსი-1
3	საკონტროლო ნარევი ჰაერშემცვანი დანამატის გამოყენება, გამოსაცდელი ნიმუშების დამზადება, გამოცდა, დარტყმამდეგობაზე და ყინვამდეგობაზე	ივლისი აგვისტო სექტემბერი	მთ.მეცნ.თანამშრომელი-1 სპეციალისტი-2 ინჟინერი -1 ტექნიკოსი-1
4	დამატებითი ნიმუშების დამზადება, გამოცდა, დარტყმა და გაყინვა-გაღვლის ზემოქმედების მიმართ მდგრადი ბეტონის მეთოდის შემუშავება. სამეცნიერო-კვლევითი ანგარიშის გაფორმება.	ოქტომბერი ნოემბერი დეკემბერი	მთ.მეცნ.თანამშრომელი-1 სპეციალისტი-2 ინჟინერი -1 ტექნიკოსი-1

მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა

№	პროექტის განხორციელებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა	არსებული	შესაძენი
1	ურნალი	✓	
2	წნები	✓	
3	ბეტონის ნიმუშის ყალიბი	✓	
4	ვიბრომაგიდა	✓	
5	საცრები	✓	
6	ალმასის პირიანი ბეტონის ბურღი	✓	
7	ლაბორატორიული მაგიდები		✓
8	სკამები		✓
9	გათბობა საწნეხო და საჭრელ ოთახში		✓
10	წყლის ავზის თერმოსტატი		✓
11	კომპიუტერი		✓
12	ბეტონის ლაბორატორიული მიქსერი		✓

პროექტის ბიუჯეტი

#	ხარჯის კატეგორია	I საანგარიშო პერიოდი (1-3 თვე)	II საანგარიშო პერიოდი (4-6 თვე)	III საანგარიშო პერიოდი (7-9 თვე)	IV საანგარიშო პერიოდი (10-12 თვე)	სულ (ბიუჯეტიდან მოთხოვნილი თანხა)
1	შრომის ანაზღაურება	11550	11550	11550	11550	46200
2	მივლინება (საექსპედიციო ხარჯები)					
3	საქონელი და მომსახურება					
4	კაპიტალური ხარჯები					
	ზედნადები ხარჯი	8987.5	8987.5	8987.5	8987.5	35950
	სულ პროექტის ბიუჯეტი					82150

პროექტით დაგეგმილი სამუშაოების გარდა, შესრულდება სახელმწიფო კონტროლის განმახორციელებელი და ხელისუფლების აღმასრულებელი ორგანოებიდან შემოსული დავალებები.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. А.М. Невилль Свойства бетона. Сокращенный перевод с английского канд. техн. наук В. Д. Парфенова и Т. Ю. Якуб Издательство литературы по строительству. Москва 1972.
2. Обзор добавок для защиты бетона <http://stroitel-list.ru/beton/obzor-dobavok-dlya-zashhity-betona.html>3.
3. ACI 116R-00: Cement and Concrete Terminology (Reapproved 2005).
4. ASTM C125 - 16 Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
5. ACI 212.3R-91 Chemical Admixtures for Concrete Reported by ACI Committee 212 (Reapproved 1999) (MANUAL OF CONCRETE PRACTICE).
6. Types of Concrete Admixture and their Uses <https://theconstructor.org/concrete/types-of-concrete-admixture/5558/>.
7. Добавка для повышения морозостойкости бетонов и растворов www.psu.by/na-uka/razrabotki/52-nauka/nauchno-teh
8. ASTM C 138ASTM C138 / C138M - 17a Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete.
9. ASTM C173 / C173M - 16 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method.
10. ASTM C231 / C231M - 17a Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method.
11. ASTM C260 / C260M - 10a(2016) Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete.
12. EN 196-1:2016 Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength
13. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний (с Изменениями п 1, 2, с Поправкой)

14. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний (с Изменениями N 1, 2, с Поправками).
15. ASTM C1240 – 15 Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures
16. ГОСТ 27006-86 Бетоны. Правила подбора состава
17. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДБОРУ СОСТАВОВ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ И МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве», Москва 2016
18. ГОСТ 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов.
19. ბალიაშვილი გ. ი., სარჯველაძე ნ.ვ., ქათამაძე ი. ი. ჯღამაია ვ.თ. თანამედროვე ბეტონის ნარევის დაპროექტების ძირითადი მოთხოვნები. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი. № 2; 2017.
20. ACI Method of Concrete Mix Design. <https://theconstructor.org/practical-guide/aci-method-concrete-mix-design/7196/>
21. ГОСТ 10180-90 от 1991-01-01. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
22. ACI 544.2R-89 (Reapproved 1999). Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete
23. გ. ბალიაშვილი, ფ. ბეჟანოვი, ლ. ლურჯუმელია, ნ. სარჯველაძე, თ. რუხაძე. ქანების სტატიკური და დინამიკური ძალის ზემოქმედებით რღვევის ოპტიმალური მეთოდები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, № 1, (471), თბილისი, 2009.
24. ASTM C 42/C 42M – 04 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
25. ASTM C 192 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.
26. ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций.
27. ACI 214. 4R-03 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results
28. Ariöz, Ö., K. Ramyar, M. Tuncan ve A. Tuncan, Effect of Length-to-Diameter Ratio of Core Sample on Concrete Core Strength – Another Look, ASTM Journals, Journal of Testing and Evaluation, Paper ID: JTE100573, 36 (1) (2008).
29. გ. ბალიაშვილი, ფ. ბეჟანოვი, ნ. სარჯველაძე, გოცაძე ბ.ბეტონების დარტყმა-მდეგობაზე გამოცდის მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესება. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი . № 1, 2017
30. Weidner C.P. Pantelides W. D. Richins T. K. Larson J. E. Blakeley Drop Hammer Test on Concrete Cylinders Considering Fiber Reinforcement and Elevated Temperature October 2012 Idaho National Laboratory Idaho Falls, Idaho 83415
31. ASTM C496 / C496M - 17 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
32. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости (с Поправкой)
33. ASTM C666/C666M-15. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის ჯამური საბიუჯეტო სახსრები
2021 წლისთვის

N	შრომის ანაზღაურება	1287600	ლარი
1	საქონელი და მომსახურება	290000	ლარი
2	არაფინანსური აქტივები	50000	ლარი
3	ჯამი	1627600	ლარი