

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

თეიმურაზ ბულია

ნავმისადგომის ნაგებობების საექსპლუატაციო ვარგისიანობის, სიმტკიცის და
სტაბილურობის დადგენა (ფოთის პორტის მაგალითზე)

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0732

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარმოდგენილი დისერტაციის

აკტორეფერატი

თბილისი

2023 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

საინჟინრო მექანიკისა და სამშენებლო ტექნიკური ექსპერტიზის N101

დეპარტამენტი

ხელმძღვანელები: პროფესორი დავით გურგენიძე

პროფესორი მალხაზ წიქარიშვილი

რეცენზენტები: პროფესორი ამირან საყვარელიძე

პროფესორი მერაბ ნიკოლაიშვილი

დაცვა შედგება 2023 წლის, 24 თებერვალი, 13:00 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის

სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია

508

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი

დემურ ტაბატაძე

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა ბოლო წლების განმავლობაში, დიდი ყურადღება ექცევა ფოთის პორტის სხვადასხვა ნაგებობების ტექნიკურ მდგომარეობას. ეს, მნიშვნელოვანწილად ეხება ნავმისადგომებს(გემმისდგომები), რადგან ისინი საკვანძო რგოლია არსებულ სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში. ნავმისადგომების მდგომარეობაზე ყურადღების გაზრდის მიზეზები, გარდა ფიზიკური და მორალური ცვეთისა განპირობებულია ობიექტების მუშაობაზე კონტროლის გაძლიერებით; ნავმისადგომების და პორტების მშენებლობის პირობების გართულებით (ღრმაწყლოვანი ნაგებობები, რთული გეოლოგიური პირობები მოქმედი პორტების ზონებში); გაზრდილი მატერიალური პასუხისმგებლობით (საბაზრო ურთიერთობებთან დაკავშირებით) ნაგებობების და გემების დეფექტებიდან გამომდინარე, რომლებიც გამოწვეულია არსებული სტანდარტებისა და ნორმების დაუცველობით.

სტატისტიკის მიხედვით, საზღვაო გემების ავარიული და ნავიგაციური შემთხვევების მესამედზე მეტი ხდება პორტების აკვატორიაში, მნიშვნელოვნად უფრო მეტი, ვიდრე სხვა სანაოსნო ზონებში. მათ შორის დომინანტურია შემთხვევები დამცავ ჯებირებთან და ნავმისადგომებთან. ავარიების აბსოლუტური უმრავლესობა წარმოიქმნება გემების ნავმისადგომთან დამაგრების სამუშაოების დროს. აქედან გამომდინარე, ნავმისადგომების ოპერაციების უსაფრთხოება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ამ ტიპის შემთხვევების სიხშირის შემცირებაში.

ნავმისადგომის საპასუხიმგებლო ნაგებობებს წარმოადგენს ტალღმსხვრევი ანუ მოლო, საყრდენი კედლები და ამრიდი კონსტრუქციები.

ფოთის პორტი ყველაზე დიდია საქართველოში და ერთ-ერთი მთავარი საზღვაო პორტია შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროზე იგი აშენდა 1850-იან წლებში და მდებარეობს მდინარე რიონის შესართავთან.

პორტის ამჟამინდელი მფლობელის APMT-ის მიერ მიღებული ერთ-ერთი ღონისძიება არის წყალსატევის რეაბილიტაცია, რათა თავიდან იქნას აცილებული სტრუქტურის ჩამონგრევა იმ უბნებში, რომლებიც ყველაზე მეტადაა დაზიანებული, რათა არ შემცირდეს გადატვირთვა, რაც ამჟამად ხდება და რაც იწვევს პორტის უმოქმედობის პერიოდების გაზრდას.

თემის აქტუალობას განსაზღვრავს ნავმისადგომის ნაგებობების

შეფასებისთვის საექსპლუატაციო ვარგისიანობის, სიმტკიცის და სტაბილურობის დასადგენად კომპლექსური მიდგომის მეთოდოლოგიის შემუშავება, მისი დიაგნოსტიკის ცალკეული მეთოდების, მოდელების და დიაგნოსტიკის მართვის ერთობლიობა, დიაგნოსტიკის ცდომილების ყველა რისკის გათვალისწინებით.

დისერტაციის მიზანია პორტში ნავმისადგომის საპასუხისმგებლო ნაგებობების კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდების გამოყენების მეთოდური უზრუნველყოფა და მოდელირების მეთოდოლოგიის დამუშავება საიმედო ექსპლუატაციის, სიმტკიცის და სტაბილურობის დასადგენად, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

კვლევის ობიექტია ფოთის პორტის მოლოს და ნავმისადგომის საყრდენი კედლები, ასევე ამრიდი კონსტრუქციები.

კვლევის თეორულ და მეთოდოლოგიურ საფუძველს წარმოადგენს შემდეგი მეთოდები და მოდელები: სისტემური ანალიზი; სტრუქტურული ანალიზი; კომპლექსური დიაგნოსტიკური მეთოდები, როგორცაა ურღვევი კონტროლის მეთოდები; გეოტექნიკური, ტოპოგრაფიული, ბათიმეტრული, წყალქვეშა ROV და სონარის გვერდითი სკანირების მეთოდები; ტალღების მოდელირების მეთოდოლოგია და ტექნიკური დიაგნოსტიკის მართვა არამკაფიო თეორიის საფუძველზე.

კვლევა ეფუძნება საქართველოში და უცხოეთში ჩატარებულ ნავმისადგომის ნაგებობების და მთლიანი სივრცის ტექნიკური დიაგნოსტიკის და მოდელირების ანგარიშებს და შედეგების ანალიზს.

ნაშრომის მიზანია პორტში ნავმისადგომის საპასუხისმგებლო ნაგებობების კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდების გამოყენების მეთოდური უზრუნველყოფა და მოდელირების მეთოდოლოგიის დამუშავება საიმედო ექსპლუატაციის, სიმტკიცის და სტაბილურობის დასადგენად, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

ამისათვის დასახული იქნა შემდეგი ამოცანები:

- საკვლევი მასალების დამუშავება და ანალიზი ნავმისადგომების ნაგებობებისთვის, რომელიც მოიცავს სხვადასხვა პირობებს.
- საექსპლუატაციო შეზღუდვების შეფასების მეთოდოლოგიის შემუშავება ნავმისადგომის კედლების ან დამცავი ნაგებობების კონსტრუქციული

ელემენტების გადახრების, დაზიანებების შემთხვევაში, როდესაც გადახრა ან დაზიანება აჭარბებს დასაშვებ სტანდარტებს;

- ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული ღონისძიებების შემუშავება სტანდარტული გადახრების უარყოფითი შედეგების კომპენსაციის მიზნით;
- პორტის ნავმისადგომებზე ამრიდი მოწყობილობების დეფექტების გაჩენის მიზეზების სისტემატიზაცია და ანალიზი მათი ექსპლუატაციის გამოცდილების საფუძველზე;
- ამრიდების გაანგარიშებისა და კონსტრუქციის დამუშავების მეთოდის გაუმჯობესება;
- პორტებისთვის ამრიდი კონსტრუქციების პერსპექტიული კონსტრუქციული ტიპების საექსპლუატაციო ინდიკატორების ანალიზი;
- გამოყენებული იქნა არამკაფიო მონაცემების დამუშავებისათვის არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის და Fuzzy ტექნოლოგიების თანამედროვე მიღწევები, ნავმისადგომების კონსტრუქციის დიაგნოსტიკისა და სარეაბილიტაციო სამუშაოების ოპტიმალური დაგეგმვისა და მართვისათვის. შეიქმნას დიაგნოსტიკისათვის მეთოდიკა, რომელიც „მდგრადი“ იქნება „დაბალი კვალიფიკაციის“ მზომელთა ფაქტორებისგან.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:

- კომპლექსური დიაგნოსტის მეთოდების გამოყენების მეთოდური უზრუნველყოფა და მოდელირების მეთოდოლოგიის დამუშავება;
- ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით, მაღალი სიზუსტით შეფასებულია ცვლილებები საექსპლუატაციო პარამეტრებში (დასაშვები გადახრა, ამრიდი კონსტრუქციების ზომები, ზედნაშენის სიგანე), რომლებიც აუცილებელია ნავმისადგომის კედლების ზენორმატიული გადახრის კომპენსირებისთვის. ასევე, შემოთავაზებულია ღონისძიებები, რომელთა განხორციელება მშენებლობის დროს, შესაძლებელს გახდის თავიდან იქნას აცილებული გემის ნავმისადგომთან უშუალო კონტაქტის შესაძლებლობა, მიღებული საპროექტო სქემის შესაბამისად;
- ჩამოყალიბდა მოლოს ნაგებობის დამცავი კედლის და შპუნტის წყობის საპროექტო მაჩვენებლებიდან გადახრის შესაძლო მიზეზების ჩამონათვალი;

- დადგინდა პორტში მოლოს კონსტრუქციის და ამრიდი კონსტრუქციების მწყობრიდან გამოსვლის მთავარი მიზეზი ტექნოლოგიური ხარვეზები და შემუშავდა ზოგადი მოთხოვნები, რომლებიც ზრდის მოლოს კონსტრუქციის და ამრიდი კონსტრუქციების საიმედოობას;
- განისაზღვრა პორტებში ამრიდი კონსტრუქციების სხვადასხვა დეფექტების გაჩენის სიხშირე;
- დადგენილია მოლოს კონსტრუქციების აღდგენის და ხანგრძლივად საექსპლუატაციო ვარგისიანობის, სიმტკიცის და სტაბილურობის პირობები და კონსტრუქციული გადაწყვეტები;
- შეიქმნა ნავმისადგომების სტრუქტურული მოდელირების და მართვის ახალი მეთოდი არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე, რომელიც შეიცავს თვითმასწავლ ალგორითმებს, რომლებიც მთლიანად პასუხობენ დასახულ ამოცანებს.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება განისაზღვრება შემუშავებული მეთოდებისა და კვლევის შედეგების გამოყენების შესაძლებლობით საოპერაციო პარამეტრების (წყალშიგი და გადახრა) დასშვები საზღვრების განსაზღვრაში, რომლებიც აუცილებელია ნავმისადგომის ნაგებობების ნორმალური ექსპლუატაციისთვის და ნორმების მოთხოვნების შესასრულებლად.

- პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე მოლოს ნაგებობის და შპუნტის წყობის საპროექტო პარამეტრებიდან გადახრის მიზეზების კლასიფიკაციას, ნავმისადგომის ნაგებობების დიაგნოსტიკის თანამედროვე მეთოდების დანერგვას.
- შეიქმნა გამოყენებითი ინტერაქტიული თვითმასწავლი კომპიუტერული პროგრამული პაკეტი.
- ნაშრომში შემოთავაზებული მეთოდოლოგიის გამოყენებით, ფოთის პორტის ნავმისადგომის და მოლოს კონსტრუქციის დეტალური დიაგნოსტიკით და გრძელვადიანი დაკვირვების შედეგებით განისაზღვრა ნავმისადგომის გაფართოება დაღრმავება, მოლოს კონსტრუქციის აღდგენის გზები და საიმედო ექსპლუატაციის ვადის გახანგრძლივება.

ნაშრომის აპრობაცია: კვლევის შედეგად მიღებული შედეგები მოხსენებული იქნა საგანმანათლებლო პროგრამით 3 კოლოქვიუმზე, ასევე 2 საერთაშორისო კონფერენციაზე.

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო სტატია და 2 მოხსენება საერთაშორისო კონფერენციაზე.

სადისერტაციო კვლევის სტრუქტურა: ნაშრომი წარმოდგენილია 150 ფურცელზე. მოიცავს შესავალს, 5 თავს, ძირითად დასკვნებს და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას და დანართს. ლიტერატურის ნუსხა შედგება 81 დასახელებისგან. ნაშრომში წარმოდგენილია 2 ცხრილი, 9 ნახაზი, 66 სურათი.

სადისერტაციო ნაშრომის შინაარსი თავების მიხედვით

შესავალში წარმოდგენილია სადისერტაციო თემის აქტუალობა, ჩამოყალიბებულია ნაშრომის მიზანი, კვლევის მეთოდები, მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება.

დისერტაციის პირველ თავში პორტების ნავმისადგომების კვლევის მასალების, ნორმატიული და ტექნიკური ლიტერატურის მიმოხილვაზე დაყრდნობით განხილულია გარე ფაქტორები, რომლებიც მოქმედებს ნავმისადგომებზე და საბოლოოდ იწვევს მათ დაზიანებას. ეს ფაქტორები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად :

- გარემოს ზემოქმედებისგან – აგრესიული საზღვაო გარემოს, ტალღების, ნალექების ქიმიური ზემოქმედება, რომლებიც იწვევენ გამოყენებული სამშენებლო მასალების ამორტიზაციას და დაზიანება – კოროზიას;
- ტექნოლოგიური დატვირთვების ზემოქმედება;
- ტექნოლოგიური ზემოქმედება გემებისგან (გემის ბორტების დაწოლა და ხრახნების მუშაობის შედეგად გამორეცხვა);
- მიწისქვეშა წყლების ზემოქმედება.

ნავმისადგომის საპასუხისმგებლო ნაგებობების კედლების ზენორმატიული გადახრის კომპენსირების ღონისძიებებს შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა მიმართულება. კონკრეტულ ნავმისადგომზე დასაყენებელი გემის წყალშიგის შემცირებისა და აკვატორიისკენ მისი მაქსიმალურად დასაშვები გადახრის შემცირების ღონისძიებები განეკუთვნებიან საექსპლუატაციო შეზღუდვებს. ჩვენს

მიერ შემოთავაზებული გადაწყვეტა პირობითად შეიძლება დაიყოს პირდაპირ და შებრუნებულ (უკუ) ამოცანებად, რომელებსაც მრავალი მეცნიერი იყენებს კვლევისას.

პირდაპირი ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ დადგინდეს დასადგომად დაშვებული გემის ზღვრული წყალშიგი, აკვატორიის მხარეს ხომალდის მაქსიმალურად დასაშვები გადახრა, რომელიც აკმაყოფილებს ხომალდის დაყენების ნორმატიულ მოთხოვნებს კედლის წინა ზედაპირის რეალურ მდგომარეობაზე დაყრდნობით.

შებრუნებული (უკუ) ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ განისაზღვროს, თუ რამდენად არის აუცილებელი ზედნაშენის სიგანის გაზრდა აკვატორიის მხარეს, ან რამდენად არის აუცილებელი ამრიდი მოწყობილობის შვერილის გაზრდა იმისათვის, რომ მაქსიმალური წყალშიგის მქონე გემმა, რომელიც განისაზღვრება ფსკერის პოზიციით, შეძლოს დადგეს ნავმისადგომთან გემის დგომის სტანდარტების მოთხოვნების დაცვით. განვიხილოთ პირდაპირი ამოცანა. პირველ ეტაპზე საჭიროა დადგინდეს არის თუ არა ნავმისადგომის წყალქვეშა ზედაპირზე ისეთი წერტილები, რომლებიც არიან გაშვერილი აკვატორიის მხარეს იმდენად, რომ ზემოაღწერილი ნორმატიული პირობების დაცვისას შეძლონ ხომალდის კორპუსთან შეხება ე.ი. უნდა განისაზღვროს პირობითი ხომალდის კორპუსის კედელთან შეხების წერტილის კოორდინატები. პირობით ხომალდის კორპუსად მივიღოთ მართკუთხედი, გემის შუა შპანჰოლტის კვეთის გარე ზომებით (ამასთან, მართკუთხედის ქვედა ხაზი, ჩვენი ამოცანის პირობებში არ შეესაბამება ხომალდის ძირს).

კვლევის შედეგების საფუძველზე მიღებული კედლის წყალქვეშა ზედაპირი წარმოიქმნება ზედა და ქვედა ტეხილი ხაზებით, რომლებიც შეესაბამება კედლის შეერთებას ფსკერთან და ბეტონის ზედნაშენთან. ამ ტეხილ ხაზებს შორის ზედაპირებს შეიძლება ჰქონდეთ დახრილობა სანაპიროსკენ ან ზღვისკენ, ასევე დახრილობა ჰქონდეს ღუნვის ისარს, რომელიც, როგორც წესი, მდებარეობს კედლის ქვედა ნაწილში. ამ ზედაპირის მათემატიკური ინტერპრეტაცია საკმაოდ რთულია და სამწუხაროდ მას არ გააჩნია პრაქტიკული ღირებულება, მისი დაბალი სიზუსტის გამო.

აქედან გამომდინარე, შემოთავაზებულია გამოვიყენოთ კონკრეტული

მნიშვნელობები, რომლებიც აღებულია კედლის პროფილის აგებისას. ამ ვარიანტში, მყვინთავი სპეციალისტების მიერ კედლის ზედაპირის პროფილირების შედეგები წარმოადგენს კედლის ამობურცული წერტილების პოზიციების კოორდინატების ერთობლიობას, შვეულას ხაზთან მიმართებაში.

შებრუნებული ამოცანის გადასაჭრელად *h*_{ხომალ.(ზღვრ.)} კოორდინატების წერტილში აუცილებელია ნორმატიულთან (2°, 3° ან 5°) შესაბამისი გადახრის კუთხის მნიშვნელობის შერჩევა, ამრიგი კონსტრუქციის შვერილის, ან ზედნაშენის ზომების შეცვლა. ეს ოპერაცია ხორციელდება Excel-ის ცხრილში „სერვისი - პარამეტრის შერჩევა“ ფუნქციის გამოყენებით. ამ შემთხვევაში, პარამეტრის შერჩევა ჯერ უნდა განხორციელდეს იმ წერტილებში, სადაც ხდებოდა გადახრის კუთხეების გამოთვლა (სიღრმის მნიშვნელობები გამოსახული მთელი რიცხვებით), შემდეგ საჭიროა ინტერპოლირება ამრიგი მოწყობილობის შვერილის მიღებულ მნიშვნელობებს შორის, *h*_{ხომალ.(ზღვრ.)} წილადი ნაწილების შესაბამისად.

დისერტაციაში დაწვრილებითაა გაანალიზებული პირდაპირი და შებრუნებული ამოცანა და დადგენილია: შებრუნებული ამოცანის ალგორითმის მიხედვით გაანგარიშების შედეგად მიღებული ამრიგი მოწყობილობის შვერილის გაზრდა აუცილებელია ისეთი ნავმისადგომის კონსტრუქციის სარემონტო, ან სარეკონსტრუქციო სამუშაოების დაპროექტებისას, რომელსაც დაუდგინდა გემის დგომის პირობების ნორმატიულ მოთხოვნებთან შეუსაბამობა.

მეორე თავში განხილულია ნავმისადგომის ნაგებობების ამრიგი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის საკითხები. დეფექტები და ნავმისადგომზე განთავსებული თავად ამრიგი კონსტრუქციების უშუალო გავლენა ნავმისადგომების საექსპლუატაციო უსაფრთხოებაზე და შესაბამისად, ხომალდების ნავიგაციის უსაფრთხოებაზე.

პორტების ნავმისადგომების მიმდინარე სარემონტო სამუშაოების პრაქტიკაში ხდება კედლის დეფექტების რემონტი ცვლად ჰორიზონტში, ზედაპირის აღდგენა და ბეტონის ზედნაშენის დეფექტების შეკეთება და ხელახალი მონტაჟი, ან დაზიანებული, ან უვარგისი ამრიგი მოწყობილობების ნაცვლად ახლების დაყენება.

პორტებში ჩატარებული ნავმისადგომების კონსტრუქციების ტექნიკური

მდგომარეობის კვლევებისას, ამრიგი კონსტრუქციების დეფექტებში გამოვლენილ იქნა გარკვეული კანონზომიერებები. უპირველეს ყოვლისა, მათი მდგომარეობის ანალიზი აჩვენებს, რომ ამრიგი მოწყობილობის დაზიანება არ წარმოადგენს რაღაც იშვიათ მოვლენას. ხშირად, ამრიგი კონსტრუქციების ზიანდება ახალ ნავმისადგომებზეც, ექსპლუატაციის უკვე ერთი ან ორი წლის შემდეგ. ამ თვალსაზრისით, დიდ აქტუალურობას იძენს პორტებში გამოყენებული ამრიგი მოწყობილობის საიმედოობის ამაღლება.

ლიტერატურაში წარმოდგენილი ამრიგი კონსტრუქციების ყველა ნაირსახეობიდან, პორტების ნავმისადგომებზე ფართო გამოყენება ჰპოვა შემდეგი ტიპის ამრიგმა მოწყობილობებმა:

- ამრიგი მოწყობილობა რეზინის ცილინდრის ბაზაზე D400, სიგრძით 2 მ და შეუკუმშავ მდგომარეობაში 400 მმ გარე დიამეტრით. თანაც, ეს ცილინდრი გამოიყენება, როგორც სამი ძელის მქონე ხის ჩარჩო, ყოველი ძელი განივკვეთის ზომებით 24x24 მმ, ასევე ჩარჩოს გარეშე; ამრიგი მოწყობილობა D1000 რეზინის ცილინდრის ბაზაზე, სიგრძით 1 მ და შეუკუმშავ მდგომარეობაში 1000 მმ გარე დიამეტრით. ის იკიდება ხის ჩარჩოს გარეშე.

ზემოთ მოყვანილი ამრიგი კონსტრუქციების დაკიდება, როგორც წესი, ხდება ფასადურ ზედაპირებზე, ბეტონის ზედნაშენში ჩაშენებულ ჩარჩოებზე, ან ზედა კიდეზე, საღებზე ჯაჭვებით. ამჟამად, ზოგიერთი პორტი ცვლის ძველ ამრიგი მოწყობილობის ცილინდრებს D400 და D1000, ტრაპეციული პროფილების ახალი თანამედროვე წარმოების ცილინდრებით. ტრაპეციული პროფილების დაყენება ხდება ზედნაშენის ფასადურ კედელზე ანკერული ჩაშენებული ქანჩებით. ლიტერატურის მონაცემების თანახმად, ტრაპეციულ ამრიგ მოწყობილობებს გააჩნიათ შედარებით უკეთესი საექსპლუატაციო მახასიათებლები, ვიდრე ცილინდრულ ამრიგ კონსტრუქციებს. უცხოური კომპანიების, რომლებიც წარმოადგენენ ამრიგი მოწყობილობების რეზინის ელემენტების ძირითად მწარმოებლებს მსოფლიოში, სარეკლამო ინფორმაციის თანახმად, ტრაპეციული და კომბინირებული ამრიგი კონსტრუქციების წარმოება არ გამორიცხავს ჯაჭვებზე დაკიდებული ჩვეულებრივი ღრუ ცილინდრების გამოყენების საჭიროებას.

დისერტაციაში განხილულია, ფოთის პორტის მაგალითზე, ამრიგი მოწყობილობების შერჩევის გზები.

ფოთის პორტში, ისევე როგორც მსოფლიოს სხვა პორტებში, ყველაზე გავრცელებულია ამორტიზირებადი მოწყობილობები, რომლებიც დაფუძნებულია რეზინის ელემენტების დეფორმაციების გამოყენების პრინციპზე. ამ მიზნით რეზინის ფართო გამოყენება განპირობებულია მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, კერძოდ, როგორცაა: მაღალი ელასტიურობა; ენერგონტენსივობა, ტემპერატურების მერყეობის ფართო სპექტრში; ფიზიკური მახასიათებლების შენარჩუნების უნარი (რაც საკმარისია სანაპირო ზონისთვის); ამინდის პირობებისადმი, მზის გამოსხივებისადმი, ქიმიური და ბაქტერიული ზემოქმედებების მიმართ მაღალი მედეგობა. სტატისტიკურად, თანამედროვე ამრიდი კონსტრუქციების რეზინის ელემენტების საშუალო საექსპლუატაციო ვადა შეადგენს დაახლოებით 15 წელს. ამრიდი კონსტრუქციების მთავარი მახასიათებელი, რომელიც განსაზღვრავს მის საექსპლუატაციო შესაძლებლობებს, არის მასზე მოქმედი დატვირთვის სიდიდესა და ამორტიზატორის დეფორმაციას შორის დამოკიდებულება. რეზინის ელემენტისთვის, ეს დამოკიდებულება, როგორც წესი, არის არაწრფივი, კუმშვის ძაბვის თანდათანობით ზრდის შედეგად მასალის სიხისტის მატების გამო. ღრუ ცილინდრული ამორტიზატორების გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა ელემენტის კედლების კუმშვის დეფორმაციის შეთავსება მისი შიდა ღრუს დახურვის მომენტამდე, მასალის შემდგომი კუმშვის დეფორმაციით. ამან გააუმჯობესა ამრიდი კონსტრუქციების ტექნიკური მახასიათებლები მისი საექსპლუატაციო დეფორმაციის დიაპაზონის გაზრდისა და დინამიკური დატვირთვების შემცირების შედეგად. თუმცა, ღრუ რეზინის ამორტიზატორისთვის საექსპლუატაციო დიაპაზონად ითვლება დეფორმაცია, რომელიც ოდნავ აღემატება მისი შიგა ღრუს დახურვის მომენტს. ლიტერატურაში ჩამოთვლილი ამრიდი კონსტრუქციების გარდა, ცნობილია მოწყობილობები, რომლებიც მუშაობენ, როგორც ჰიდრავლიკური, პნევმატური, ჰიდროდინამიკური ჭავლური ამორტიზატორები, რეზინის ელემენტებიანი ამრიდი მოწყობილობები მომუშავე გაჭიმვაზე, ამორტიზატორები რეზინ-მეტალის ზამბარების ბაზაზე და ა.შ. ამ ტიპის ამრიდი მოწყობილობების გამოყენების გამოცდილება ჩვენი რეგიონის პორტების ნავმისადგომებზე არ არსებობს.

დისერტაციაში ჩატარებული კვლევებით დგინდება, რომ ქალაქ ფოთში, შპს

„პეის ტერმინალი“-ს ტერიტორიაზე №1 ნავმისადგომისა და №2 მოლოს რეკონსტრუქციის ჩატარებული სამუშაოები შესაბამისობაშია სანებართვო პირობებით განსაზღვრული მშენებლობის ეტაპებთან და შეთანხმებულ პროექტთან, არსებული გადახრები ნორმის ფარგლებშია, გავლენას არ მოახდენს კონსტრუქციის უსაფრთხო მუშაობაზე. სურ. 1-3-ზე მოცემულია შესრულებული სამუშაოების ფრაგმენტები.



სურ. 1. ამრიდი კონსტრუქცია



სურ. 2. ამრიდი კონსტრუქცია



სურ.3. ფილის და საყრდენების დიაგნოსტიკა ურღვევი კონტროლის მეთოდებით

ნავმისადგომის კონსტრუქციის მდგრადობა შემოწმებული იქნა უსაფრთხოებაზე. გაანგარიშების მეთოდოლოგიის მიხედვით, გრუნტის სიმტკიცე მცირდება მანამ, სანამ კრიტიკული სიბრტყე არ განვითარდება. გრუნტის

სიმტკიცის მახასიათებლების (შიგა ხახუნის კუთხე და ხვედრითი შეჭიდულება) შემცირებული მნიშვნელობის მიხედვით განისაზღვრება კონსტრუქციის მდგრადობის მარაგი.

საბოლოოდ მიღებული იქნა, რომ:

- სტატიკური დატვირთვის დროს მარაგები იმყოფება ინტერვალში 1.25÷1.30;
- სეისმური დატვირთვის დროს მდგრადობის მარაგი უდრის 1.12.

მარაგების დასაშვები მნიშვნელობა შეადგენს 1.1. ამდენად, უსაფრთხოების პირობა კმაყოფილდება.

მესამე თავში დამუშავებული კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგია ნავმისადგომის განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო ნაგებობების ექსპლუატაციის საიმედო ვარგისიანობის დასადგენად, მდგომარეობს ზუსტი ნატურული დიაგნოსტიკის მეთოდების შერჩევაში, გაზომვებით მიღებული მონაცემების ანალიზის მეთოდის და მოდელირების ხერხების თანმიმდევრობის და შედეგების საიმედოობის დადგენაში.

დისერტაციაში ფართოდ და ამომწურავადაა განხილული ნატურული დიაგნოსტიკის უახლესი მეთოდები და მოდელირების ხერხები.

რეკონსტრუქციის ფარგლებში კომპლექსური დიაგნოსტიკის ადეკვატური, უსაფრთხო და ეფექტური მონაცემების მისაღებად, გეოტექნიკური მონაცემები არის გადამწყვეტი მნიშვნელობის, ამიტომ აუცილებელია ახალი გეოტექნიკური კვლევის ჩატარება გეოლოგიისა და გეოტექნიკური ქცევის შესახებ მეტი მონაცემების მისაღებად.

სამუშაოები უნდა ჩატარდეს ისე, რომ ხელი არ შეუშალოს არსებული პორტის მუშაობას და ზიანი არ მიაყენოს მის ობიექტებს.

ახალი გეოტექნიკური სამუშაოების ძირითად ამოცანებია:

- სამუშაო ადგილებზე გრუნტის სივრცითი მდგომარეობისა და გეოლოგიური სტრუქტურის განსაზღვრა სარეკონსტრუქციო ტერიტორიის მთელ ფართობზე, რათა დადგინდეს ფენების საზღვრები;
- თითოეული ჭაბურღილის ზუსტად განთავსება და ამ ადგილებში წყლის სიღრმის განსაზღვრა;
- თითოეული ფენის ბუნებისა და ყველა გრუნტის ტიპის, მათ შორის თიხის,

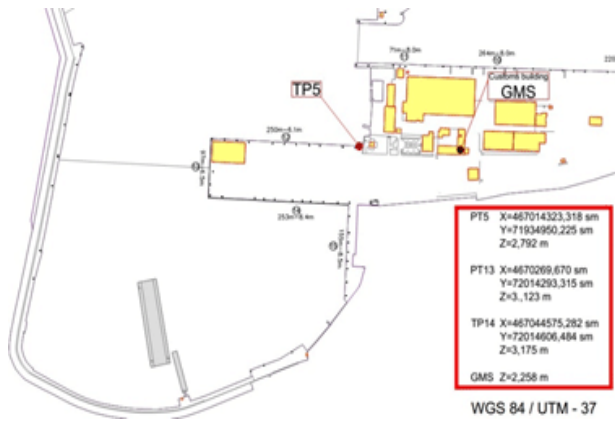
ქვიშის და ქვიშა-ქვების საინჟინრო თვისებების ცოდნა, რომლებმაც შეიძლება გავლენა იქონიონ შემოთავაზებული კონსტრუქციის გაანგარიშებებზე და მშენებლობის მსვლელობაზე;

- ობიექტის ყველა ადრინდელი კვლევის განხილვა და მათი შედეგების ჩართვა მიმდინარე კვლევაში, გეოტექნიკური ინტერპრეტაციის ზემოაღნიშნული მიზნებისთვის;
- საკვლევი ტერიტორიის პირობების ზუსტი განსაზღვრის მიზნით, ყველა არსებული მონაცემის მოწოდების უზრუნველყოფა;
- გეოტექნიკური რისკების, მათ შორის გათხევადებისა და ფერდობის სტაბილურობის ალბათობის იდენტიფიცირება;
გეოტექნიკური პარამეტრების მითითება, რათა დადგინდეს:
- მოლოს ყველა მონაკვეთის ზოგადი სტაბილურობა;
- მოლოს ჯამური ჯდენის საპროგნოზო მნიშვნელობა;
- მოლოს მიმდებარე ტერიტორიაზე ფსკერის გასაღრმავებელი სამუშაოებისთვის სათანადო ტექნიკის მოძიება.

გეორეფერენცია, რომელიც გამოიყენება მოცემულია UTM კოორდინატებში და განეკუთვნება, 1984 წლის მსოფლიო გეოდეზიური სისტემის (WGS84) 37 Nord ზონას.

ყველა კვლევა უნდა ეხებოდეს ათვლის მუდმივ ნიშნულებს TP-5, რომელიც არსებობს პორტში და მხარდაჭერილი უნდა იქნას პორტის ადმინისტრაციის მიერ. ალტიმეტრია უნდა მიუთითებდეს, რომ პორტი განთავსებულია 0 (ნულოვან) დონეზე (სურ. 4,5).

გამოყენებული ხელსაწყო: ორსიხშირიანი წყვილი GPS Trimble R6 (ბაზა და როვერი) აღჭურვილი რადიოთი რეალურ დროში Real Time Kinetic (RTK) გეორეფერენციის სამუშაოების შესასრულებლად.



სურ. 4. ალტიმეტრის სქემა

სურ. 5. ნიშნულების მონიშვნა

ბათიმეტრიული დიაგნოსტიკის მეთოდით გამოკვლევის სამუშაოები უნდა დაიგეგმოს შემდეგი ფაქტორების გათვალისწინებით:

პარამეტრები:

ხაზოვანი ერთეულები: მეტრებში, კუთხოვანი ერთეულები: გრადუსებში (000° 00.000').

სარეკონსტრუქციო ტერიტორიაზე უნდა ჩატარდეს დეტალური ბათიმეტრიული კვლევა, გაზომვები უნდა შეგროვდეს ელექტრონული ექოს ხმით NORBIT iWBMS (სურ. 6).

ეს მოწყობილობა მუშაობს 200 kHz-დან 700 kHz-მდე გადამცემით რომელიც ასხივებს 256 სხივს, უზრუნველყოფს დაფარვას 7-დან 210 გრადუსამდე. მაქსიმალური სამუშაო სიღრმე 275 მ. ამ აღჭურვილობის ძირითადი მახასიათებლებია:

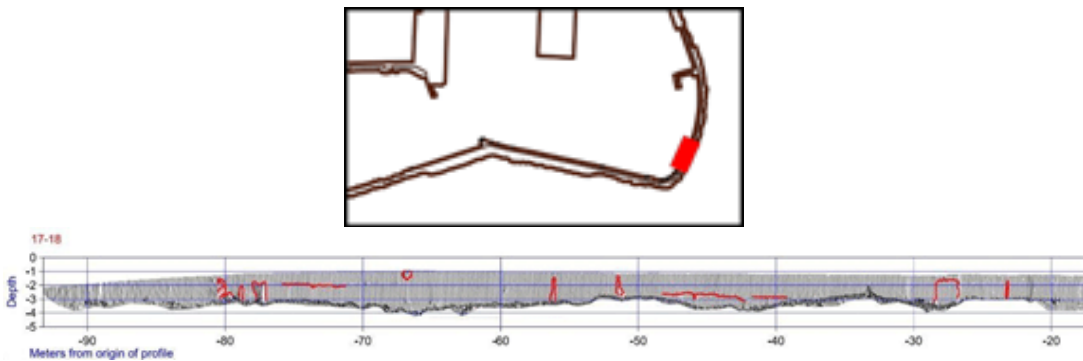
- დაფარვა: 7-210° (მცირე სიღრმეზე >155°)
- გარჩევადობა: <10 მმ
- სხივების რაოდენობა: 256
- ოპერაციული სიხშირე: 200-700KHz 80KHz გამტარობით
- სიღრმის დიაპაზონი: 0,2-275მ.
- შერჩევის სიხშირე: 50 ჰც-მდე
- სხივის სიგანე: 0,9° განივი, 0,9° გრძივი
- პოზიცია: ჰორიზონტალური ±(8მმ + 1ppmX მანძილი RTK სადგურიდან)
- ვერტიკალური: ±(15მმ + 1ppmX მანძილი RTK სადგურიდან)

- მიმართულების სიზუსტე: 0,08° (RTK) ანტენის დაშორებით 2 მ.



სურ. 6. აპარატი NORBIT iWBMS

სონარის (აზომვები) გვერდითი სკანირება არის სონოგრაფიული მეთოდი (ჩანაწერის გრაფიკული გამოსახულება), რომელიც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ნავმისადგომისა და მოლოს წყალქვეშა მაღალი რეზოლუციის გამოსახულება. რაც შეეხება ნავმისადგომებს, აღნიშნული ტიპის კვლევა გვაძლევს ინფორმაციის დიდ მოცულობას ნავმისადგომის კედლის ვერტიკალურ ზარბეზზე, ნანგრევებზე, შეერთების ადგილებზე და სხვა სახის დაზიანებაზე, რაც შეუძლებელი გახდებოდა მხოლოდ ბათიმეტრიული კვლევის ჩატარებით.



გამოსახულება 1. SSS შედეგების მაგალითი. მონაკვეთი 17-18, კვლევის შედეგებით ციფრულ ფორმატში წითლად მონიშნული.

წყალქვეშა ინსპექტირება ჩატარდა მოლოს ორივე მხარეზე ახალი ტექნოლოგიების მეშვეობით, კომპანია GPO-ს მიერ მოპოვებული. უშუალოდ ROV გვაწვდის დეტალურ ინფორმაციას/ჩანაწერებს, როგორც ბლოკებზე, ასევე ზღვის ფსკერზე. აღნიშნული ტექნიკა წარმატებით იქნა გამოყენებული, რაც ინფორმაციას გვაწვდის მოლოსა და ნავმისადგომის წყალქვეშა ძირითადი ნაწილის არსებული მდგომარეობის შესახებ, რათა უფრო ამომწურავი გავხადოთ ბათიმეტრიული და SSS კვლევების დაყრდნობით მოპოვებული წინა ინფორმაცია(გამოსახულება1,2)



გამოსახულება 2. ROV სადგურები. წყარო: GPO

მეოთხე თავში წარმოდგენილია მოდელირების მეთოდოლოგია და დიაგნოსტიკის

მართვა არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე.

ტალღის ადიდების მოდელირების ერთ-ერთი უმთავრესი მიზანია ტალღის იმ პირობების შეფასება პორტის შიგნით, რომლებმაც შეიძლება ზეგავლენა იქონიოს გემზე და გემის დატვირთვა-გადმოტვირთვის ოპერაციებზე. ამ ოპერაციებზე კი, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს მოძრაობები, რასაც გემი ასრულებს ამგვარი ტალღების პირობებში, ხოლო ნავმისადგომთან მიბმული გემებისათვის, ეს პირობები ფასდება მიბმის (რიცხოვრივი) დინამიკური ანალიზით. იმ განზრახვის გარეშე, რომ სრულად მათემატიკურად აღვწეროთ გემის მიბმის ანალიზი, აქ წარმოდგენილი გვაქვს ტალღის ადიდების მოდელირების სრული მეთოდოლოგია და მიბმის დინამიკური ანალიზი, რათა ვაჩვენოთ, თუ რომელი ძირითადი საკითხები უნდა გადაიჭრას ტალღების აზვირთებების კვლევაში, რათა მივიღოთ მიბმული გემის დინამიკური ქცევების სურათი ამ კვლევის შედეგების გამოყენებით. ამისათვის კი, პირველ რიგში დისერტაციაში განხილულია მიბმული გემის ქცევის ზოგიერთი ზოგადი ასპექტი.

პორტში ნავმისადგომზე მიბმული გემების ქცევის მოდელირებისათვის, აუცილებელია გავაერთიანოთ ნავმისადგომთან ტალღების შეღწევისა და ტალღა-გემის ურთიერთქმედების მოდელირებები. პორტში და სანაპირო ზოლში უშუალოდ პორტის სიახლოვეში შეღწეული ტალღების მნიშვნელობები განისაზღვრება MIKE 21 BW მოდელის მეშვეობით. MIKE 21 BW-ს შეუძლია დააამუშაოს არაწრფივი სიდიდეები, როგორებიცაა ტალღების არაწრფივი პროფილი, ინფრაგრავიტაციული და სხვა ტალღების ურთიერთქმედების

არაწრფივი პროფილები. MIKE 21 BW ითვალისწინებს ნავმისადგომის გეომეტრიისა და ბათიმეტრიის ზემოქმედებებს, მათ შორის ტალღების არეკვლასა და გავრცელებას ნავმისადგომის კიდეებისაკენ (ტალღამსხვრევები, ბარიერები და ნავმისაბმელები).

იმისათვის, რომ გონივრულ ფარგლებში ვიქონიოთ MIKE 21 BW მოდელში შესრულებული გაანგარიშებების სიდიდეები (შესრულების დრო), ტალღის შეწყვეტის პერიოდად მიღებულია 4 წმ. ეს ნიშნავს, რომ 4წმ-ზე ნაკლები პერიოდის ტალღები ტალღის შელწევადობის მოდელირებაში გათვლისწინებული არ არის. ეს პირობა მისაღებად მიიჩნევა, რადგან მოკლე ტალღები ძლივსა თუ მიაღწევენ ნავმისადგომამდე. ამას გარდა, მოკლე ტალღები არ ქმნიან მნიშვნელოვანი სიდიდის დაბალსიხშირიან ტალღებს და ბოლოს, დიდი გემები, როგორც წესი, არ რეაგირებენ ძალიან მოკლე ტალღის პერიოდებზე. ამრიგად, ტალღური სპექტრის ამ ნაწილიდან „ჩამოჭრილი“ ტალღური ენერჯია ხელახლა გადანაწილდება სპექტრის დარჩენილ ნაწილზე.

დისერტაციაში ჩამოყალიბებულია არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის მიდგომა ნავსადგურების ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მართვისათვის და შექმნილია პროგრამული უზრუნველყოფა.

არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის გამოყენებისას არსებობს ორი მიდგომა:

- როდესაც ცნობილია ექსპერტიზის ინფორმაცია. ამ შემთხვევაში, მოდელის ლინგვისტური აღწერა ემყარება აპრიორულ ცოდნას სისტემის თაობაზე და არ იგეგმება შესაძლებლობა მათი დაზუსტებისა. ამ მეთოდის ძირითადი ნაკლოვანება ისაა, რომ რადგანაც ის არის სუბიექტური, მისმა განზოგადებამ შესაძლებელია მოგვცეს გარკვეული ცდომილებები გადაწყვეტილების მიღებისას.
- მეორე მიდგომა ეფუძნება იდენტიფიკაციის მეთოდს, რომელიც მდგომარეობს სისტემის მოდელის აგებაში მასზე მომქმედი შესასვლელი და გამოსასვლელი სიდიდეების საშუალებით. ამ შემთხვევაში, ლინგვისტურ მიდგომას ემატება, სადიაგნოზო ობიექტზე არსებული ცოდნის დაზუსტება.

შესასვლელი პარამეტრები, ცვლადები ხასიათდებიან არამკაფიო ტერმინებით „დასაშვებია“ და „დაუშვებელია“. იმ შემთხვევაში თუ შესასვლელი რეგისტრირებული პარამეტრების მნიშვნელობები ექსპერტის მიერ დადგენილ

დასაშვებ შუალედებშია, მაშინ, მისი შესაბამისი ლინგვისტური ცვლადის არამკაფიო ტერმის მნიშვნელობაა „დასაშვებია“, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი „დაუშვებელი“. აღნიშნული ტერმების ასახვისათვის ვიყენებთ, შესაბამისად z , s - მაგვარ მიკუთვნების ფუნქციებს, რომლებსაც აქვთ შემდეგი სახე.

$$X(x) = \begin{cases} 1, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ 1 - 2 \cdot \frac{(x-d_1)^2}{(d_1-d_2)^2} & \text{თუ } x \in (d_1, \frac{d_1+d_2}{2}) \\ 2 \cdot \frac{(d_2-x)^2}{(d_1-d_2)^2} & \text{თუ } x \in (\frac{d_1+d_2}{2}, d_2) \\ 0, & \text{თუ } x \in [d_2, +\infty) \end{cases} \quad (1)$$

$$X(x) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ 2 \cdot \frac{(x-d_1)^2}{(d_2-d_1)^2} & \text{თუ } x \in (d_1, \frac{d_1+d_2}{2}) \\ 1 - 2 \cdot \frac{(d_2-x)^2}{(d_2-d_1)^2} & \text{თუ } x \in (\frac{d_1+d_2}{2}, d_2) \\ 1, & \text{თუ } x \in [d_2, +\infty) \end{cases} \quad (2)$$

აქვე უნდა შევნიშნოთ, შესასვლელ პარამეტრად ასევე აღებულია „მყვინთავის გამოცდილება“, რომლებიც ფასდება ლინგვისტური ტერმებით „გამოუცდელი“ და „გამოცდილი“. რომელთა მიკუთვნების ფუნქციები წარმოადგენენ უბან-უბან წრფივ ფუნქციებს, რომლებიც გამოისახებიან შემდეგი სახით:

$$X(x) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ \frac{x-d_1}{d_2-d_1}, & \text{თუ } x \in (d_1, d_2] \\ 1, & \text{თუ } x \in (d_2, +\infty) \end{cases} \quad (3)$$

ცვლადი, რომლითაც ფასდება ნავმისადგომის ტექნიკური მდგომარეობა მოიცემა ორი არამკაფიო ლინგვისტური ტერმებით „ტექნიკურად გამართულია“ და „ტექნიკურად გაუმართავია“. შემდეგ ეტაპზე ფორმირდება ე.წ. ცოდნის ბაზა (წესები)-გადაწყვეტილებათა სიმრავლე-რომლის შედგენის ალგორითმად გამოყენებულია არამკაფიო დასკვნის გაკეთების მამდანის ალგორითმი. რომელიც ახლა დასკვნის გაკეთების ყველაზე პოპულარული მოდელია. მამდანის არამკაფიო მოდელში წესების მარჯვენა ნაწილი შეიცავს Y^Q არამკაფიო სიმრავლებს.

ამ პროგრამის საწყისი კოდის ჩვენებისაგან თავს შევიკავებთ, ვინაიდან გრაფიკული ინტერფეისის მქონე პროექტებში იგი განაწილებულია რამოდენიმე ფაილში, გარდა ამისა საწყისი კოდის მოცულობა საკმაოდ დიდია და პროგრამის ფუნქციონირების აღწერისათვის ეს საჭირო არ არის. პროგრამის შესრულებაზე გაშვების პროცესში ხომალდების ბაზა იტვირთება მესხიერებაში და მომხმარებელს ეძლევა შესაძლებლობა აირჩიოს ნებისმიერი ბაზაში არსებული ხომალდი ან შეიტანოს პარამეტრების ისეთი მნიშვნელობები, რომლებიც სცდებიან ბაზაში არსებულ დიაპაზონებს. შესაბამისი სურათი გამოიყურება ასე:

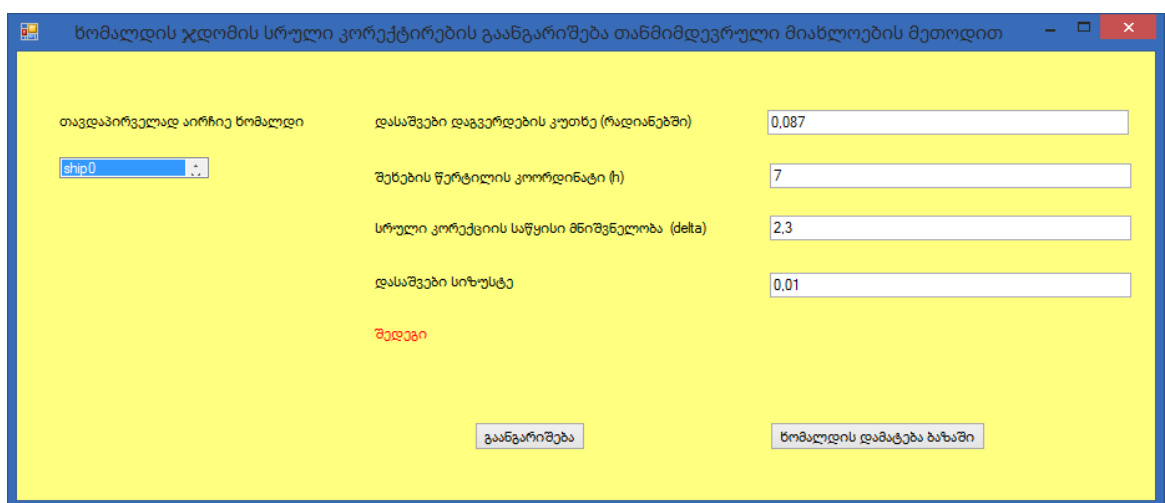
ბაზიდან ხომალდის არჩევის შემთხვევაში ვლემულობთ შემდეგ სურათს:

ამ სიტუაციაში მომხმარებელი „click“-ავს ღილაკს „განგარიშება“ და სიტყვა „შედეგი“-ს გასწვრივ ღებულობს საძიებელ მნიშვნელობას:

სხვა ვითარება გვაქვს, როდესაც მომხმარებელი არ ირჩევს ხომალდს ბაზიდან, არამედ სურს გაიანგარიშოს მიზნობრივი მნიშვნელობა ისეთი პარამეტრებისათვის, რომლებიც სცდება ბაზაში მოცემულ პარამეტრების დიაპაზონებს.

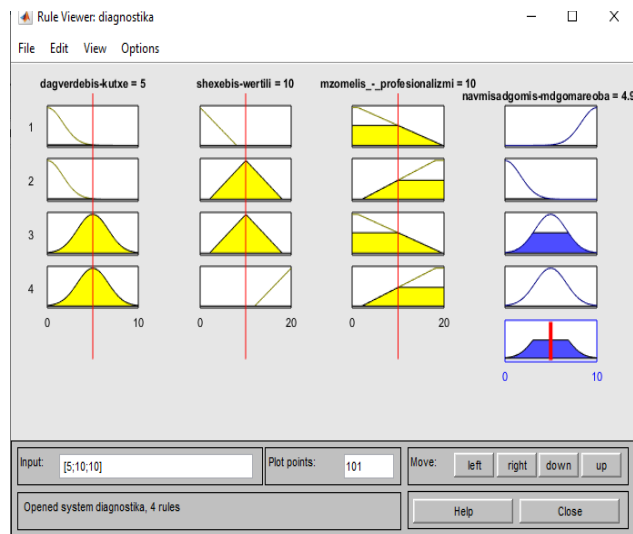
ასეთ შემთხვევაში მომხმარებელს პარამეტრების სასურველი მნიშვნელობები შეაქვს შესაბამის ველებში და ამის შემდგომ „click“-ავს ფორმაზე ღილაკს „განგარიშება“:

თუ მიღებული შედეგი დამაკმაყოფილებელია და მომხმარებელი ჩათვლის საჭიროდ, რომ ასეთი პარამეტრების მქონე ხომალდი უნდა იქნას დამახსოვრებული ბაზაში, იგი „click“-ავს ღილაკს „ხომალდის დამატება ბაზაში“. შედეგად ბაზაში ბოლო ჩანაწერის სახით დაემატება ეს ხომალდი. მისი არჩევა შესაძლებელი იქნება



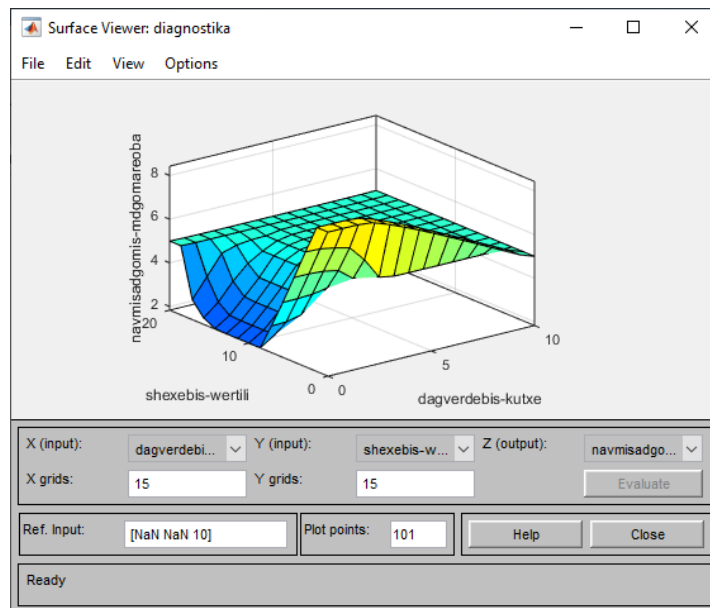
პროგრამის მომდევნო გაშვების დროს.

თუ გადავალთ არამკაფიო ლოგიკური გამოტანის ვიზუალიზაციის ფანჯარაში. ამისათვის შევასრულოთ View/Rules, რის შემდეგაც გამოვა შემდეგი ფანჯარა (სურ. 7).



სურ. 7. ფუნქცია `fuzzy`-ის ფანჯარა

ამ ფანჯარაში შეიძლება შეიცვალოს შესავალი ცვლადის პოზიციები, რასაც მოჰყვება გამოსავალი ცვლადის მნიშვნელობა. შევასრულოთ View/Surface. (სურ. 8).



სურ. 8. ფუნქცია `fuzzy`-ის ფანჯარა

მეხუთე თავში განხილულია ჩვენს მიერ დამუშავებული კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიით გამოკვლეული ფოთის პორტის მოლოს კონტრუქციის ტექნიკური მდგომარეობის დადგენის მაგალითი.

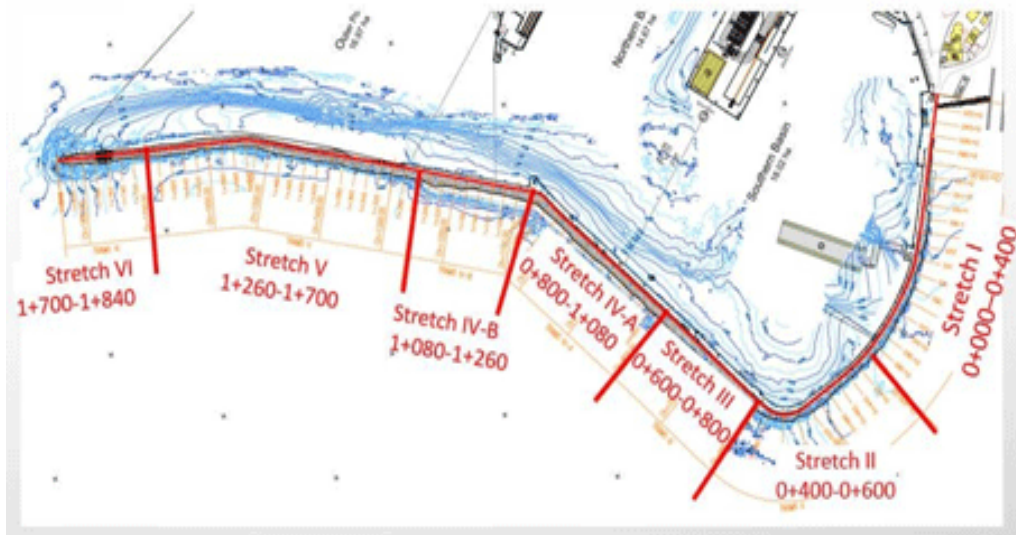
ამჟამინდელი მოლოს სიგრძეა 1840 მ, სამხრეთიდან ჩრდილოეთის

მიმართულებით.

მოლოს მონაკვეთებს გააჩნიათ სხვადასხვა მხარეს მიმართული ღერძები.

ღერძის სხვადასხვა მიმართულება განსაზღვრავს ფოთის პორტის მოლოს მონაკვეთებს შემდეგნაირად (სურ. 39).

- მონაკვეთი I-A: 0+000 – 0+170
- მონაკვეთი I-B-C: 0+170 – 0+400
- მონაკვეთი II: 0+400 – 0+600
- მონაკვეთი III: 0+600 – 0+750
- მონაკვეთი IV-A: 0+750 – 1+080
- მონაკვეთი IV-B: 1+080 – 1+260
- მონაკვეთი V: 1+260 – 1+800
- მონაკვეთი VI: 1+800 – 1+840



სურ. 9. მოლოს მონაკვეთებად დაყოფის სქემა

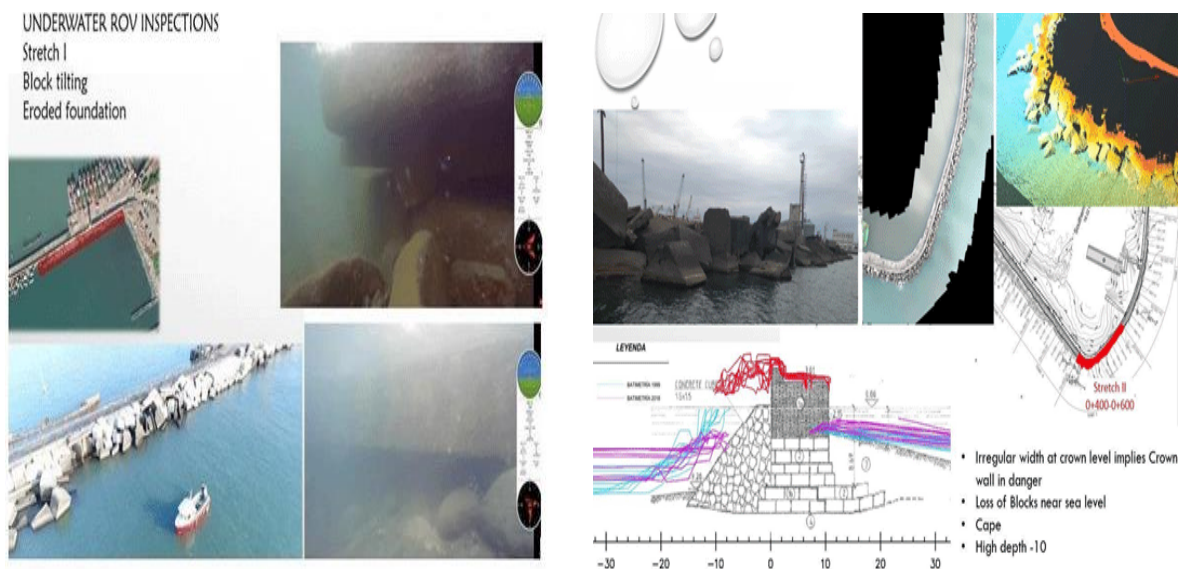
ჩვენს მიერ ვიზუალურ-ტექნიკური დათვალიერების, ინსტრუმენტა-ლური კვლევის და GPO-ს მკვლევარების მიერ მაღალტექნოლოგიური დიაგნოსტიკის მეთოდების ჩართულობით მიღებული მრავლისმომცველი შედეგები, რომელიც ზემოთ ფართოდ არის წარმოდგენილი, საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ კვლევის შემდეგი ანალიზი: აუცილებელი გახდა სამუშაოების კლასიფიცირება მაღალი და საშუალო პრიორიტეტულობის მქონე სამუშაოებად:

მაღალი პრიორიტეტულობის სამუშაოები. აღნიშნული სამუშაოები უნდა შესრულდნენ უპირველეს ყოვლისა, რათა თავიდან იქნეს არიდებული ნაგებობის

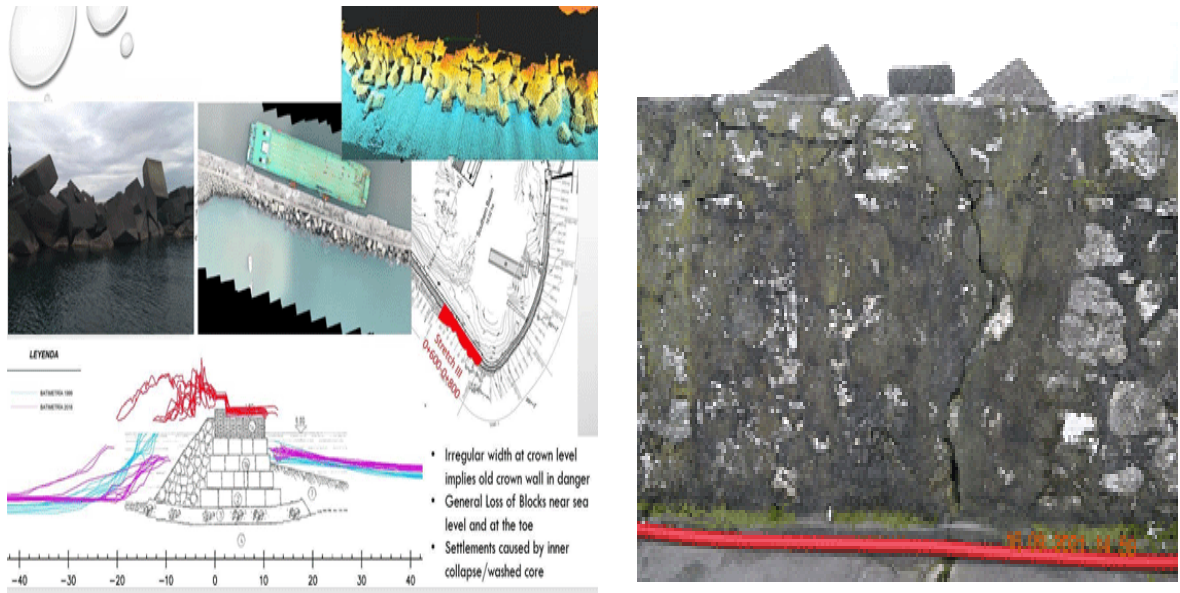
რღვევა და ავარია. ეს შეეხება მონაკვეთებს III, V და VI და ასევე შიდა ნავმისადგომის ვერტიკალური კედლის შეკეთებას ბეტონის გამაგრების მეშვეობით.

საშუალო პრიორიტეტულობის სამუშაოები. მოცემული სამუშაოები ხასიათდებიან ნაკლები პრიორიტეტულობით ზემოაღნიშნულ სამუშაოებთან შედარებით, ეს შეეხება მოლოს შემდეგი ნაწილების რეკონსტრუქციას: I-A-B-C და მონაკვეთი II. მოცემული სამუშაოები უნდა შესრულდეს მაღალი პრიორიტეტულობის სამუშაოების დასრულების შემდგომ.

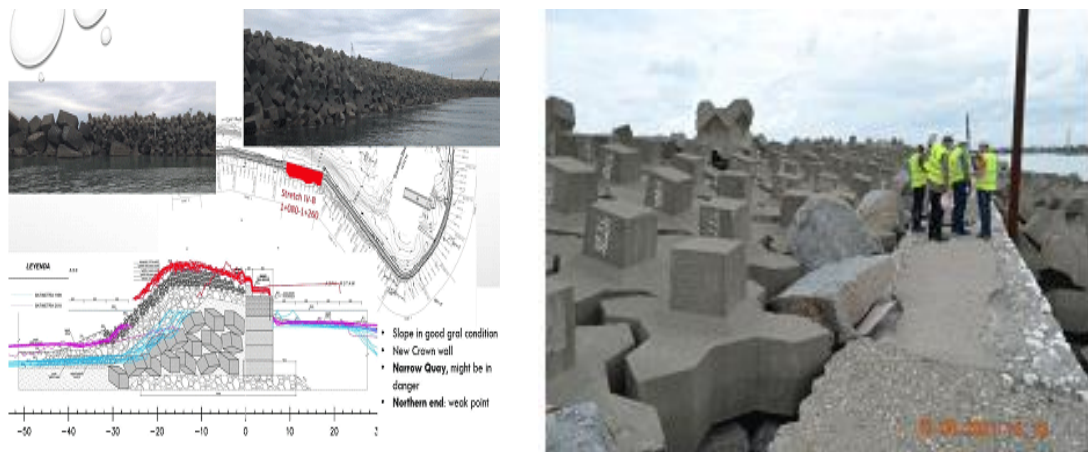
ქ. ფოთში, ფოთის პორტის არსებული მოლოს ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევით დადგინდა: ვიზუალურ-ტექნიკური დათვალიერების, GPO-ს მკვლევარების მიერ წარმოდგენილი „სერვეიერული და საინჟინრო კვლევის“ დოკუმენტისა და დამკვეთის APMT-ის მოთხოვნების შესაბამისად ფოთის პორტის არსებული მოლოს ამჟამინდელი ტექნიკური მდგომარეობა იძლევა საშუალებას, რომ მასზე განხორციელდეს ჩასატარებელი სარეკონსტრუქციო სამუშაოები უსაფრთხოდ, კერძოდ გადაუდებელ რეკონსტრუქციას ექვემდებარება მოლოს III, V და VI მონაკვეთები, ხოლო ამ მონაკვეთების რეკონსტრუქციის შემდგომ შესაძლებელია შესრულდეს I და II მონაკვეთების რეკონსტრუქცია, რომელთა შემდგომი რეკონსტრუქცია არ გამოიწვევს ნაგებობის რღვევას და ავარიას.



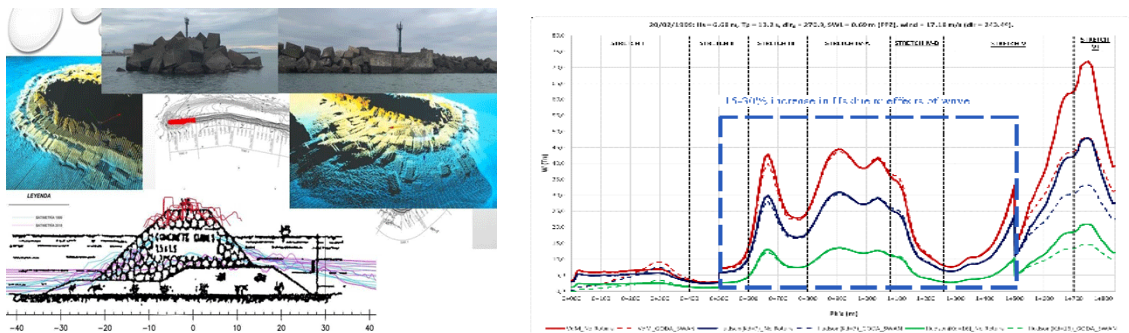
სურ. 10. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 11. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 12. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 13. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

გადაუდებელი სარეკონსტრუქციო სამუშაოები უნდა შესრულდეს წარმოდგენილი რეკონსტრუქციის პროექტით (შემსრულებელი: Royal HaskoningDHV), რომელიც შესაბამისობაშია საქართველოში მოქმედ სამშენებლო

ნორმებით და საერთაშორისო სტანდარტებით დადგენილ მოთხოვნებთან, ამ რეკონსტრუქციის პროექტით შესრულებული სამუშაოები უზრუნველყოფს არსებული მოლოს მდგრადობას, გააუმჯობესებს გადატვირთვის და ტალღების გადაცემის ფაქტობრივ დონეს.

ძირითადი დასკვნები

1. ლიტერატურის ანალიზით განისაზღვრა პორტებში მოლოს, ნავმისადგომის საყრდენი კედლების და ამრიდი კონსტრუქციების სხვადასხვა დეფექტების გაჩენის სიხშირე;
2. დადგინდა პორტში მოლოს კონსტრუქციის და ამრიდების მწყობრიდან გამოსვლის მთავარი მიზეზი – ტექნოლოგიური ხარვეზები და შემუშავდა ზოგადი მოთხოვნები, რომლებიც ზრდის მოლოს კონსტრუქციის და ამრიდი კონსტრუქციების საიმედოობას;
3. ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით, მაღალი სიზუსტით შეფასებულია ცვლილებები საექსპლუატაციო პარამეტრებში (დასაშვები გადახრა, ამრიდი კონსტრუქციის ზომები, ზედნაშენის სიგანე), რომლებიც აუცილებელია ნავმისადგომის კედლების ზენორმატიული გადახრის კომპენსირებისთვის. ასევე, შემოთავაზებულია ღონისძიებები, რომლთა განხორციელება მშენებლობის დროს, შესაძლებელს გახდის თავიდან იქნას აცილებული გემის ნავმისადგომთან უშუალო კონტაქტის შესაძლებლობა, მიღებული საპროექტო სქემის შესაბამისად;
4. შესწავლილი იქნა ტალღის შეღწევა ფოთის პორტის ახალ სტრუქტურაში, როგორც საწყისი მონაცემი გემის მიბმის დინამიკის ანალიზისათვის, საპორტო სატვირთო საქმიანობების მოცდენის დროის განსაზღვრის მიზნით. ამისათვის, სულ შერჩეული იქნა ტალღის 16 პირობა, რომლებიც ახლოსაა სავარაუდო „მოცდენის“ ზღვრულ პირობებთან, რომლებიც დადგინდა ჩვენი გამოცდილებით და დადასტურდა MARIN-ის ბოლო კვლევით. ტალღის ამ პირობებისათვის, სამხრეთ-დასავლეთის კომპონენტები გვიჩვენებს, რომ ტალღები უფრო მეტად აღწევენ პორტში, ვიდრე დასავლეთის კომპონენტების შემთხვევაში;

5. დამუშავდა კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგია მაღალტექნოლოგიური და ზუსტი დიაგნოსტიკის მეთოდების და ხელსაწყოების ერთობლივი თანმიმდევრული, მოდელირების პრინციპების გამოყენების საფუძველზე და სადიაგნოსტიკო ობიექტის მახასიათებელი პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზის და არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიების საფუძველზე;
6. შეიქმნა ახალი მიდგომა ნავმისადგომების ტექნიკური დიაგნოსტიკის მართვისათვის, რომელიც მთლიანად პასუხობს დასახული ამოცანების გადაჭრას;
7. მიღებული შედეგები და მოდელი შემოწმებული იქნა რეალურ მონაცემებზე, კერძოდ:
 - შეიქმნა ნავმისადგომის ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკის შეფასების ახალი მეთოდი და ალგორითმი, არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიისა და Fuzzy ტექნოლოგიების საფუძველზე;
 - შეიქმნა ნავმისადგომის ტექნიკური დიაგნოსტიკისათვის ინტერაქტიური პროგრამული სისტემა, ახალი ალგორითმის საფუძველზე;
 - სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრა დიაგნოსტიკის მოდელის შესასვლელი და გამოსასვლელი პარამეტრების მიკუთვნების ფუნქციები.
 - შეიქმნა ინტერაქტიური პროგრამული პაკეტი სხვადასვა კატეგორიის ხომალდების ჯდომის სრული კორექტირების გაანგარიშებაზე.
 - Q -ანალიზის საფუძველზე, შეიქმნა ალგორითმი ნავმისადგომის სტაბილურობის და სტრუქტურული მდგრადობის შეფასებისათვის.
8. დამუშავებული მეთოდოლოგიით გამოკვლეული იქნა მოლოს საყრდენი კედლების და ამრიგი მოწყობილობების ტექნიკური მდგომარეობა და დადგინდა მოლოს მონაკვეთების აღდგენის სამუშაოების კლასიფიცირება მაღალი და საშუალო პრიორიტეტულობის მქონე სამუშაოებად:
 - ა) მაღალი პრიორიტეტულობის სამუშაოები. აღნიშნული სამუშაოები უნდა შესრულდნენ უპირველეს ყოვლისა, რათა თავიდან იქნეს არიდებული ნაგებობის რღვევა და ავარია. ეს შეეხება მონაკვეთებს III, V და VI და ასევე შიდა ნავმისადგომის ვერტიკალური კედლის შეკეთებას ბეტონის გამაგრების მეშვეობით.

- ბ) საშუალო პრიორიტეტულობის სამუშაოები. მოცემული სამუშაოები ხასიათდებიან ნაკლები პრიორიტეტულობით ზემოაღნიშნულ სამუშაოებთან შედარებით, ეს შეეხება მოლოს შემდეგი ნაწილების რეკონსტრუქციას: I-A-B-C და მონაკვეთი II. მოცემული სამუშაოები უნდა შესრულდეს მაღალი პრიორიტეტულობის სამუშაოების დასრულების შემდგომ;
9. დადგენილია მოლოს კონსტრუქციების აღდგენის და ხანგრძლივად საექსპლუატაციო ვარგისიანობის, სიმტკიცის და სტაბილურობის პირობები და კონსტრუქციული გადაწყვეტები.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:

1. ბულია თ. ნავმისადგომის ნაგებობებზე ჩატარებული კვლევების მიმოხილვა და ზოგადი დებულებები.სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N 4(60), თბილისი 2021, გვ. 122-130.
2. ბულია თ. ნავმისადგომის კონსტრუქციების დიაგნოსტიკის პირდაპირი ამოცანა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N 1(61), თბილისი 2022, გვ. 56-68.
3. ბულია თ. ნავმისადგომის კონსტრუქციების დიაგნოსტიკის შებრუნებული ამოცანა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N 3(63), თბილისი 2022 წ, გვ.96-102.
4. თ. ბულია, მ. ახოზაძე, მ. წიქარიშვილი. სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებათა დინამიკის პროგნოზირება, სარეაბილაციო სამუშაოების შეფასება და ოპტიმალური დაგეგმა, q ანალიზის მეთოდის საფუძველზე (ფოთის ნავმისადგომის მაგალითზე) სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N 3(63),თბილისი 2022 წ,გვ.17-27.
5. D.Gurgenidze, M. Tsikarishvili, T. Bulia. Peculiarities of the Poti port berth buildings' technical diagnostics. International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies Dedicated to the 100th anniversary of GTU 2022, 278-290

6. Gurgenidze D., Tsikarishvili M., Bulia T. Technical Diagnostics' Peculiarities of the Poti Port Berth Constructions. International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies Dedicated to the 100th anniversary of GTU 2022,conference abstracts

Abstract

The purpose of this work and the relevance of topic are determined by the development of a complex approach methodology for determining the strength and stability of the berth facilities, the combination of separate methods of its diagnosis, models and diagnosis management, taking into account all risks of diagnostic errors.

The aim of the dissertation is to methodically provide the application of complex diagnostic methods of most significant berth facilities of the port and to develop a modeling methodology to determine reliable operation, strength and stability, taking into account the local conditions.

The object of the research is the supporting walls of the breakwater and mole of the Poti Sea Port, as well as rubber fender structures.

The theoretical and methodological basis of this research is the following methods and models: system analysis, structural analysis, complex diagnostic methods such as non-destructive testing methods, geotechnical, topographic, bathymetric, underwater ROV and side-scan sonar methods, wave modeling methodology and management of technical diagnostics based on fuzzy theory.

The research is based on reports and analysis of results of technical diagnostics and modeling of berth facilities and the entire space conducted in Georgia and abroad.

The unique results have been obtained, which are as follows: the complex diagnostic methodology was developed with the joint consistency of high-tech and accurate diagnostic methods and tools, based on the application of modeling principles and statistical analysis of the characteristic parameters of the diagnostic object and fuzzy set theories; A new approach to the management of technical diagnostics of berths was created, which fully responds to the solution of the set tasks.

The obtained results and the model were tested on the real data: the new method and algorithm for assessing the technical condition of the berth was created, based on the theory of fuzzy sets and fuzzy technologies: the interactive software system was created for technical diagnostics of the berth, based on the new algorithm.

The developed methodology was successfully tested on specific facilities in the Poti Sea Port (molo and supporting walls) and its reliability was confirmed.