

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ანზორი ტაველიშვილი

სამთო დარტყმის რეალიზაციის გეომექანიკური პირობების დასაბუთება და მისი პროგნოზირების მეთოდის შემუშავება ტყიბული-შაორის საბადოსათვის

სადოქტორო პროგრამა: სამთო ტექნოლოგიები

შიფრი 0724.1.1

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2026 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტი
სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი

ხელმძღვანელები: პროფ. ი.გუჯაბიძე,
პროფ. გ.მაჩაიძე

რეცენზენტები: პროფ. დ. კუპატაძე
ტ.მ.კ. ზ. გორდეზიანი

დაცვა შედგება 2026 წლის 17 ივლისს, 14.00 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის
მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის
კოლეგიის სხდომაზე.

კორპუსი III, აუდიტორია 437

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,

პროფესორი

დ.თევზაძე

შესავალი

საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის გამართული მუშაობა ქვეყნის ეროვნული უსაფრთხოების სტრატეგიულ საფუძველს წარმოადგენს, სადაც ერთ-ერთი გადამწყვეტი როლი ქვანახშირის მრეწველობას ეკისრება. ქვანახშირის სათბობ-ენერგეტიკული რესურსი, მხოლოდ ტყიბული-შაორის საბადოზე 500 მილიონ ტონაზე მეტს შეადგენს. საქართველოში ქვანახშირის მრეწველობის განვითარებას და მისი ეფექტური გამოყენების ხელშეწყობას დიდი სოციალურ-ეკონომიკური მნიშვნელობა აქვს, როგორც რეგიონის ასევე ქვეყნისთვის.

ტყიბული-შაორის ქვანახშირის საბადო, თავისი სამთო-გეოლოგიური პირობებით, ერთ-ერთ ურთულეს საბადოს წარმოადგენს. შრომის უსაფრთხოების მოთხოვნების განუწყვეტლივ ზრდა და სწორი საინჟინრო გადაწყვეტილების მიღება, ღრმა სამეცნიერო კვლევებს საჭიროებს.

სამეცნიერო თემის აქტუალურობა. დიდ სიღრმეებზე სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების პირობებში თავს იჩენს დინამიკური პროცესებისა და სამთო დარტყმების გამოვლენის კლასიკური პრობლემა. სამთო დარტყმა იწვევს სამთო გამონამუშევრების ირგვლივ ქანების მნიშვნელოვანი მოცულობების უეცარ მყიფე რღვევას და სამუშაო სივრცეში გამოტყორცნას, რის შედეგადაც ზიანდება ან საერთოდ ნადგურდება ტექნიკა, ინგრევა გვირაბები, ხშირ შემთხვევაში კი ისპობა იქ მომუშავე პერსონალის სიცოცხლეც. აღნიშნულის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ რამოდენიმე ძლიერი სამთო დარტყმა და მათ მიერ გამოწვეული შედეგები სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების ისტორიიდან:

- შახტა კოულბროუკი (Coalbrook), სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკა, 20 იანვარი 1960წ. ყველაზე ძლიერი სამთო დარტყმა ქვანახშირის მოპოვების ისტორიაში. მან მოიცვა 3 მილიონ კვადრატულ მეტრზე მეტი ფართობი. დაიღუპა 437 მეშახტე;
- შახტა „რასპადსკაია“, კუზბასი, რუსეთი, 8-9 მაისი 2010წ. ძლიერმა სამთო დარტყმამ გამოიწვია მეთანის უეცარი გამოტყორცნა, ვენტილაციის დარღვევა და შედეგად ძლიერი აფეთქებები. დაიღუპა 91 ადამიანი (მათ შორის 20 სამთომამუშევლი), 100-ზე მეტმა მიიღო სერიოზული დაზიანება;

- შახტა სპრინგილი (Springhill), კანადა 1958წ. უძლიერესი სამთო დარტყმა. დედამიწის ზედაპირის მნიშვნელოვანი რყევები. დაიღუპა 75 ადამიანი;
- ჩინეთში (განსაკუთრებით შანსის, ხენანისა და ლიაონინის პროვინციებში) ღრმა შახტებში (1000-1500მ) ყოველწლიურად ფიქსირდება ასობით სამთო დარტყმა. ისინი ხშირად 10-50 ადამიანის სიკვდილით მთავრდება (ცნობები მათ შესახებ იშვიათად ქვეყნდება „ცალკეული კატასტროფის სახით).

ტყიბულ-შაორის საბადოსთვის აქტუალური იყო და დღესაც რჩება სამთო დარტყმების პრობლემა. სამართალდამცავების მონაცემებით (Human Rights Watch, Fair Labor Platform) 2007-2019 წლებში ტყიბულში სამთო დარტყმების შედეგად 40 ადამიანი დაიღუპა. 2019 წლის შემდეგ საქართველოში გამკაცრდა შახტების ინსპექტირება, მაგრამ უსაფრთხოების საკითხები რეგიონში ქრონიკულ პრობლემად რჩება (ავარია იყო 2022 წელს. 1 ადამიანი დაიღუპა, 8-9 დასახიჩრდა მეთანის აფეთქების შედეგად).

ნაშრომის მიზანი. ნაშრომის მიზანია სამთო დარტყმის მექანიზმის შესწავლა, ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე დაფუძნებული სამთო დარტყმის პროგნოზირების მეთოდის შემუშავება და მისი პრევენციის მეთოდების ტექნოლოგიური პარამეტრების დასაბუთება ტყიბულ-შაორის საბადოს მაგალითზე.

ნაშრომის ძირითადი იდეა მდგომარეობს ქანების ნიმუშების ლაბორატორიულ პირობებში დატვირთვებზე გამოცდების დროს, მისი დინამიკური რღვევის (დარღვეული ნიმუშის ნატეხების „გამოსროლის“) პროცესის, როგორც „მიკრო სამთო დარტყმის,“ ენერგეტიკული ბალანსის შესწავლა, მისი პროგნოზირება და ქანთა მასივებისათვის განზოგადოება.

დასახული მიზნის მისაღწევად აუცილებელია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა:

1. სამთო დარტყმის პროგნოზირების არსებული თეორიების შესწავლა, ანალიზი და შემდგომი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების მიმართულებების დასახვა. შედეგების შესწავლა დაქანების ნიმუშების დინამიკური რღვევების არსებული ექსპერიმენტული კვლევების ჩასატარებელი კვლევების დაგეგმა.
2. ტყიბულ-შაორის საბადოებზე ნახშირის ფენისა და მისი გარემომცველი ქანების ნიმუშების მექანიკური და ენერგეტიკული თვისებების კომპლექსური კვლევის

ჩატარება ლაბორატორიულ პირობებში ერთდერმა კუმშვისათვის. მათი რღვევის ხასიათისა და დინამიკური პროცესების განვითარების პირობების დადგენა. სამთო დარტყმის პროგნოზირებისათვის საჭირო, ქანების ფიზიკურ მექანიკური თვისებების დადგენა ტყიბული-შაორის ქვანახშირის საბადოსათვის;

3. სამთო დარტყმის ენერგეტიკული ბალანსის თეორიული კვლევა. სამთო დარტყმის რეალიზაციის პირობების იდენტიფიკაცია და მისი პრევენციის კრიტერიუმის შემუშავება;
4. სამთო დარტყმაზე პასუხისმგებელი ფიზიკური (ქანების ბზარიანობა, ტენიანობა, სიმტკიცე, დრეკადობის მოდული და სხვა) და ტექნოლოგიური (განლაგების სიღრმე, ნახშირის ფენის სისქე, ლავის სიგრძე, მთელანის ზომები, ლავის გადაადგილებისა და მოსამზადებელი გვირაბების მშენებლობის სიჩქარეები და სხვა) ფაქტორების შესწავლა და ძირითადი კანონზომიერებების დადგენა;
5. სამთო დარტყმის პრევენციის მეთოდების ტექნოლოგიური პარამეტრების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი გავლენის დადგენა. მათი ოპტიმიზაცია. პრევენციის მეთოდების ეფექტურობის შეფასება, მათი ურთიერთშედარება და თითოეულისათვის გამოყენების პირობების დადგენა;
6. სამთო დარტყმის პრევენციისათვის რეკომენდაციების შემუშავება ტყიბული-შაორის ქვანახშირის საბადოს მინდელის სახელობის შახტაზე წმენდითი სამუშაოების ტექნოლოგიური პროცესების უსაფრთხოდ წარმართისათვის.

კვლევის მეთოდიკა: სადისერტაციო ნაშრომში შესრულებულია ნატურული, ლაბორატორიული და თეორიული კვლევები. კვლევების პროცესში გამოყენებულია აბსტრაქტულ-ლოგიკური, ანალოგიის, ფუნქციონალური, მეცნიერული კლასიფიკაციის, სტატისტიკური დაკვირვების, შედარებითი ანალიზის, ინდუქციის და დედუქციის მეთოდები.

მეცნიერული სიახლე:

1. ლაბორატორიულ პირობებში ქანების ნიმუშის ერთდერმა კუმშვაზე გამოცდის არსებული ტექნიკური ლიტერატურისა და ჩემს მიერ ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე დაზუსტდა ნიმუშის დინამიკური რღვევის (მინი სამთო დარტყმის) გამომწვევი ფაქტორები და ენერგეტიკული ბალანსის განტოლება.

2. ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ქანის ნიმუშში დინამიკური რღვევების რეალიზაციის პროცესზე დრეკადობის მოდულისა და ქანის სიმტკიცის გარდა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რღვევის პარამეტრი, რომელსაც ჩვენ „რღვევის მოდული“ ვუწოდეთ და რომლის დადგენაც მხოლოდ ხისტი მახასიათებლების მქონე პრესზეა შესაძლებელი.
3. პირველად ჩვენს მიერ დადგენილია „რღვევის მოდულის“ მნიშვნელობები ნახშირის ფენისა და მისი გარემომცველი ქანებისათვის ტყიბული-შაორის საბადოს შახტებისათვის. ეს მახასიათებელი საშუალებას გვაძლევს შევადგინოთ სამთო დარტყმის ენერგეტიკული ბალანსის განტოლება და შევაფასოთ მისი რეალიზაციის შესაძლებლობა;
4. ჩატარებული თეორიული კვლევების საფუძველზე შედგენილია ქანთა მასივში დაგროვილი დრეკადი და დინამიკური რღვევისათვის საჭირო ენერგიების ბალანსი და შემუშავებულია სამთო დარტყმის პრევენციის კრიტერიუმები სტატიკური და რეოლოგიური ამოცანებისათვის;
5. კვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ერთდერძა კუმშვისაგან განსხვავებით, ქანთა მასივებში ფორმირებული სამთო დარტყმის პიკი, ქანის ზედაპირიდან რამოდენიმე მეტრით გადაინაცვლებს მასივის სიღრმეში, სადაც მოცულობითი კუმშვის პირობებში ყალიბდება ბევრად უფრო მძლავრი სამთო დარტყმის ბირთვი;
6. ჩვენს მიერ დადგენილია, რომ ჭერის ქანების დეფორმაციის მოდულის (E_3) შემცირება იწვევს მასში კოცენტრირებული დრეკადი ენერგიის (W_3) შემცირებას, რაც შესაძლებელია ეფექტურად იქნას გამოყენებული სამთო დარტყმის პრევენციისათვის ჭაბურღილებით განტვირთვის მეთოდში;
7. პირველად ჩვენს მიერ დადგენილია, რომ მთელანის ტენიანობის გაზრდა იწვევს მთელანის რღვევის მოდულის (M) შემცირებას და შესაბამისად დინამიკური მისი რღვევისათვის საჭირო ენერგიის გაზრდას ე.ი. იზრდება მთელანის მდგრადობა სამთო დარტყმის მიმართ;
8. სეისმურად აქტიურ რეგიონებში და აგრეთვე სამთო დარტყმის ბირთვის ფორმირების ზონის სიახლოვეს აფეთქებითი სამუშაოების წარმოების დროს, აუცილებელია წარმოქმნილი სეისმური ენერგიის (W_s) გათვალისწინება.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა და შედეგების გამოყენების სფერო:

1. ლაბორატორიულ პირობებში ქანთა ნიმუშებზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგებისა და რღვევის ენერგეტიკული ბალანსის განტოლების საფუძველზე დადგენილი იქნა პრესის მახასიათებლების ზღვრული მნიშვნელობები, რომელთა უზრუნველყოფის შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება ტყიბული-შაორის საბადოს ქანებისათვის ე.წ. დეფორმაციის სრული დიაგრამების მიღება და სამთო დარტყმის უმნიშვნელოვანესი მახასიათებლის „რღვევის მოდულების“ განსაზღვრა;
2. თეორიული კვლევების შედეგად მიღებულია სამთო დარტყმის პროგნოზირების კრიტერიუმი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოცემული საბადოს კონკრეტული პირობებისათვის მოვახდინოთ მისი პროგნოზირება. თეორიული კვლევის შედეგები კარგ თანხვედრაშია ნატურულ პირობებში შესწავლილი სამთო დარტყმების რეალიზაციის შედეგებთან;
3. ჩვენს მიერ დადგენილია, რომ ქანთა მასივის დატენიანების ღონისძიება საშუალებას იძლევა შევამციროთ მისი დეფორმაციის მოდულის - E-ს მნიშვნელობა 30%-ით, ხოლო რღვევის მოდულის M-ის კი 20-25%-ით, და შედეგად გავზარდოთ რღვევისათვის საჭირო ენერგია ($W_{რღ}$) 4-5 ჯერ;
4. პირველად ჩვენს მიერ მოხდა მინდელის სახელობის შახტის დასამუშავებელი ველების შესწავლა სამთო დარტყმების საშიშროების თვალსაზრისით. ფენტა პარალერიზაციის პრინციპით მოხდა ფენტა განფენა, რის შედეგად განხორციელდა შახტის ველის შედარებით თანაბარი სამთო-გეოლოგიური პირობების მქონე ამოსაღებ 6 ბლოკად დაყოფა. ბლოკები მოშორებულია ქანთა მასივებში ენერგიების კონცენტრაციების ზონებს (გეოლოგიურ რღვევებს), რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს სამთო დარტყმის რეალიზაციის შესაძლებლობებს;
5. შემუშავებულია რეკომენდაციები ტყიბული-შაორის ქვანახშირის საბადოს მინდელის სახელობის შახტაზე სამთო დარტყმების პრევენციისათვის და წმენდითი სამუშაოების ტექნოლოგიური პროცესების უსაფრთხოდ წარმართვისათვისა.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:

დისერტაცია შედგება შესავლის, 4 თავის, 22 ქვეთავისგან და 135 ნაბეჭდი გვერდისგან. მას ერთვის 8 ცხრილი, 43 ნახაზი. გამოყენებული ლიტერატურის სია.

თავი 1. სამთო დარტყმები და დამუშავების ტექნოლოგიები

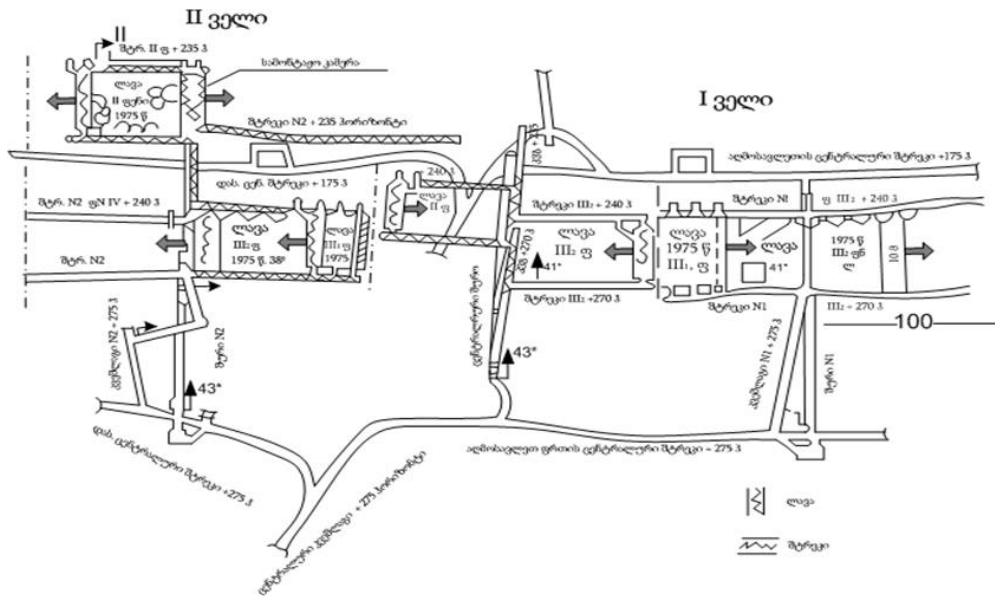
ზოგადად სამთო დარტყმის ქვეშ, ჩვეულებრივ იგულისხმება ნახშირის და ქანის მყისიერი რღვევა და გამოტყორცნა, რასაც იწვევს დრეკადი შეკუმშვის პოტენციური ენერგიის კონცენტრირებული დაგროვება ქანთა მასივის უკიდურესად დამაბულ არეებში.

პირველი აშკარა დაფიქსირებული სამთო დარტყმა 18-ე საუკუნით თარიღდება, ეს მოხდა 1738 წელს დიდ ბრიტანეთში, კალის მადაროში, ხოლო პირველი ხელსაწყოზე ჩაწერილი სამთო დარტყმა 1938 წელს მოხდა სტაფორდში, ბრიტანეთის ქვანახშირის შახტაში. სამთო დარტყმების ექსტრემალური დონე 1900 წელს დაფიქსირდა ინდოეთის ოქროს რქის რაიონში, რომელმაც ზედაპირზე არსებული შენობა-ნაგებობებიც გაანადგურა.

სამთო დარტყმების წარმოქმნის მიზეზების შესწავლითა და პრევენციული ზომების შემუშავებისთვის უკვე მრავალი წელია რაც მუშაობენ. პირველი კვლევები ჩატარდა 1951 წელს კიზელოვსკის აუზში. მოგვიანებით ამავე ინსტიტუტის მიერ განხორციელდა კომპლექსური კვლევები საბადოებისა და აუზების (შურაბსკის, სუცანსკის, ვარკუტის, კუზნეცკის, ტყიბულის და სხვა) სამთო-გეოლოგიურ პირობებთან მიმართებაში.

ტყიბულის საბადოზე სამთო დარტყმები პირველად წარმოიქმნა 1962 წელს, როდესაც 27-ე ამოსაღებ ველზე ძიძიგურის სახელობის შახტის IV ფენის შტრეკში კონვეიერი მყისიერად შეუყენდა შტრეკის ჭერს. ბიძგს მკვეთრი ხმა ახლდა თან, რომელიც ჰგავდა ასაფეთქებელი სამუშაოების ჩატარების ხმას. შტრეკი მდებარეობდა საწმენდი სამუშაოების გავლენის ზონის მიღმა ზედაპირიდან 650 მ სიღრმეზე.

მძლავრი რეგიონალური სამთო დარტყმა მოხდა 1975 წლის 15 მაისს შახტზე “აღმოსავლეთი-2”. სეისმური სადგურის მონაცემებით ადგილი ჰქონდა 5 ბალიან მიწისძვრას, რომელიც დროში დაემთხვა სამთო დარტყმას და იგრძნობოდა საბადოს ყველა შახტზე. ელიზბარ მინდელის სახელობის “აღმოსავლეთ-2” შახტზე, რომელიც ახალი შესული იყო ექსპლუატაციაში და მომქმედია 1973 წლიდან, დამუშავება მიდიოდა შახტის ცენტრალურ აღმოსავლეთ და დასავლეთ ფრთის 1-ლი და მე-2-ე ამოსაღები ველების. (ნახ 1.)



რეგიონალური საკუთრივ სამთო დარტყმა 15 მაისი 1975 წ
შახტა აღმოსავლეთ - 2

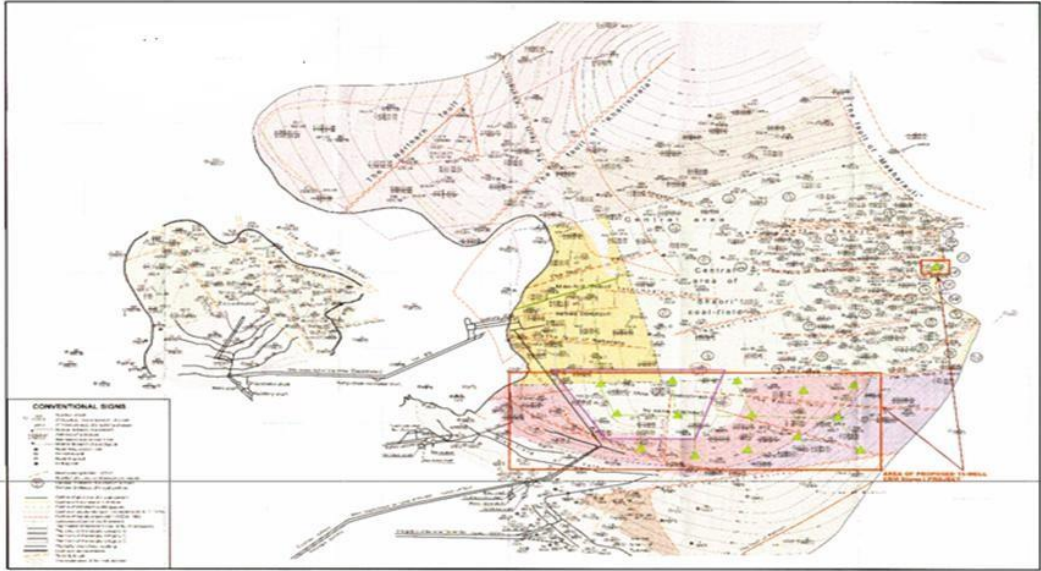
ნახ.1

1 ამოსაღები ველი, რომელიც მდებარეობდა +275-175 ჰორიზონტებს შორის, განვრცობით შეადგენდა 200 მეტრს, დაქანებით 100 მეტრს. ამოსაღები უბანი დაყოფილია 4 ქვესართულად. სამთო სამუშაოების დროს 1-ლი და მე-2-ე ველებში 7 მომქმედი ლავიდან 5 ჩამოინგრა: 2 მათგანი II ამოსაღები ველის III₁ და III₂ ფენში ცენტრალურ ცენტრალურ დასავლეთ ფრთაზე +270-240 ჰორიზონტებზე, ერთი მე-2-ე ქვესართულის II ფენის დამცავ შრეზე +235-209 ჰორიზონტებზე, ერთი ცენტრალურ აღმოსავლეთ 1 ველის მე-II ფენის ქვედა შრეზე +240-215 ჰორიზონტზე და ამავე ველში მე-III ფენის ზედა შრეზე +270-240 ჰორიზონტებზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ „აღმოსავლეთ-2“ შახტაზე სამთო სამუშაოების განვითარებასთან დაკავშირებით სპეციფიური პირობების გამო, რომელიც გამოწვეული იყო ქვედა ჰორიზონტების წინმსწრები დამუშავებით, იქმნებოდა პირობები სხვადასხვა დინამიური მოვლენების შემდგომი განვითარებისათვის, რომელიც მოიცავენ სამთო დარტყმებს.

ტყიბულის საბადოზე ქვანახშირის ფენები განლაგებულია შუა იურული ოფმორულ-კონტინენტური საბადოს წყვეტილ ზოლებში. ბუდობები ვრცელდება ბზიფის კანიონიდან ტყვარჩელის რეგიონის გავლით მდინარე მაგანას ხეობისკენ. სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ (ქუთაისი-გელათის-ტყიბულის რაიონი) ბუდობები გვხვდება ხელახლა. შუა იურული ნახშირის შემცველი ბუდობის გაფართოებული ზოლი მდებარეობს გარდამავალ ზონაში, ჩრდილოეთ კავკასიის და საქართველოს

ბლოკის სამხრეთი ფერდობის ნაოჭა სისტემის შორის. შუა იურული ტექტონიკის შემდეგ, ტყიბულის-შაორის და გელათის აუზები განთავსდნ საქართველოს ბლოკ-ზე. ტყიბული-შაორის ნახშირის საბადო მდებარეობს ტყიბულის და ამბროლაურის რაიონებში, ქუთაისიდან 45-50 კილომეტრში ჩრდილო-აღმოსავლეთით.



ნახ.2. ტყიბულ-შაორის ნახშირის საბადოს გეოლოგიური რუკა

დღეს საბოლოოდ ჩამოყალიბდა საბადოს გახსნის ტიპური სქემა, რომელიც ყოველ ჰორიზონტზე სასართულე კაპიტალურ კვერშლაგებიდან საშახტო ველის ორივე ფრთაზე ნახშიროვანი დასტის საგები გვერდის ქანებში, მისგან 15-25 მ-ის მანძილზე გაყვანილია საველე სასართულე საზიდი შტრეკები. მათ გასწვრივ სართული იყოფა ამოსაღებ ველებად, რომლთა ზომები განვრცობით თავიდან შეადგენდა 100-120მ, შემდეგ კი გაიზარდა 150-200მ-დე. ამოსაღებ ველებს შორის იტოვება ხანძარსაწინააღმდეგო დამცავი მთელანები ნახშიროვანი დასტის მთელს სიმძლავრეზე და სართულის მთელს სიმაღლეზე. აღნიშნული მთელანის ზომები განვრცობით მიიღება ზედა და ქვედა ფენში 20 მ-დე, რაც უზრუნველყოფს მის მდგრადობას და საიმედო მუშაობას. სართულშორისი მთელანის სიმაღლე მიიღება 6-10 მ-დე.

თავი 2. თანამედროვე შეხედულებები სამთო დარტყმის მექანიზმის შესახებ

მასალების რღვევის პროცესები ყოველთვის იყო მკვლევარების ყურადღების ცენტრში, მაგრამ, ამასთან, შესრულებული სამუშაოების დიდი

ნაწილი მიედგენა უშუალოდ იმ პარამეტრების განსაზღვრას, რომელთა დროსაც ხდება რღვევები. ყველაზე ფართოდ გამოიყენებოდა მახასიათებლები – ძაბვის სიმტკიცის ზღვარი ან დეფორმაციის ზღვრული მნიშვნელობა.

მოგვიანებით მონაცემები პრობლემასთან დაკავშირებით სისტემატიზებულ იქნა ი. მ. პეტუხოვის მიერ. მასში ავტორი აღნიშნავს, რომ სამთო დარტყმა არის დრეკადი დეფორმირების ენერჯის განმუხტვის შედეგი. ამასთან, იგი სრულად არ იხარჯება სამთო დარტყმის კინეტიკურ შემადგენელზე. ენერჯის ნაწილი ვლინდება დრეკადი ტალღების სახით, ნაწილი კი მიდის დეფორმირებისა და რღვევის შეუქცევადი პროცესების განვითარებაზე. ასევე, ი. მ. პეტუხოვის მიერ იყო მცდელობა სამთო დარტყმის ჯამური ენერჯის შეფასებისა, რომელიც ჩაიწერა შემდეგნაირად:

$$W = W_y + W_{\Pi}, \quad (2.1)$$

სადაც, W_y – ქანების ფენაში მოქცეული პოტენციური ენერჯიაა; W_{Π} – პოტენციური ენერჯიაა ფენის გარემომცველ ქანთა მასივში;

W_y ენერჯის სიდიდე განისაზღვრებოდა (1.2) ფორმულის, ხოლო W_{Π} – (2.3) ფორმულის მიხედვით:

$$W_y = \frac{\sigma_{საშ}^2}{2E} V_y; \quad (2.2)$$

$$W_{\Pi} = \frac{1}{2} \sigma_{საშ} S L; \quad (2.3)$$

სადაც, $\sigma_{საშ}$ – საშუალო ძაბვა ფენაში, E – სამთო ქანის დრეკადობის მოდული, V_y – სამთო დარტყმისას ჩამოშლილი ქანის მოცულობა, S – დარღვეული მთელანის ფართობი, L – გვერდითი ქანების მიახლოების მანძილი სამთო დარტყმის დროს.

უფრო გვიანდელ ნაშრომებში ი. მ. პეტუხოვისა და ა. მ. ლინკოვის მიერ დაზუსტებულ იქნა, სამთო დარტყმის დროს, ქვანახშირის საბადოების ენერგეტიკული ბალანსის განტოლება:

$$W_g + W_M + (-\Delta E) = W_p + \Delta K + W_B + W_C + W_B; \quad (2.4)$$

სადაც, W_g – აირის მიწოდების შედეგად გამოყოფილი ენერჯია (განიხილება მხოლოდ აირ-დინამიური გამოყოფის პირობებში); W_M – რღვევად მასალაში ჩაქსოვილი ენერჯია (დრეკადი დეფორმაციების ენერჯია); ΔE – შემადგენელი ქანებიდან მოწოდებული ენერჯია; W_p – მასალის რღვევაზე დახარჯული ენერჯია;

ΔK – მასალის მიმოფანტული ნაწილაკების კინეტიკური ენერგია; W_B – გვერდითი ქანების მიერ შთანთქმული ენერგია; W_c – სეისმური რყევების ენერგია; W_B – დარტყმითი ჰაერის ტალღის ენერგია.

ე. ვ. ლოდუსის ნაშრომში ქანების მასივების ბლოკებში დრეკადი დეფორმაციების ენერგიის მარაგების W_M ფორმირების ძირითადი წყაროს სახით გვევლინება მათი რთული დამაბული მდგომარეობა, რის ხარჯზეც ხდება ასეთ ბლოკებში ენერგიის გადანაწილების უწყვეტი პროცესები (ენერგოცვლა). სამთო სამუშაოების წარმოება იწვევს ენერგოცვლის პროცესების დაჩქარებას ქანების მასივებში, რის შედეგადაც ხდება დინამიური რღვევების რეალიზება. მათი აღძვრისათვის აუცილებელია ენერგიის გარკვეული რაოდენობა (W_p – შემაკავებელი დატვირთვების და W_c – ურთიერთ გადანაცვლების, დამძრავი დატვირთვების დასაძლევად). ლოდუსის თანახმად ქანების დინამიური რღვევა მოხდება იმ შემთხვევაში, როცა მასივში შემონახული ენერგია W_M გადააჭარბებს ნგრევასა და გადაადგილებაზე საჭირო ენერგეტიკული დანახარჯების ჯამს (2.5).

$$W_M > W_p + W_c, \quad (2.5)$$

კვლევების საფუძველზე შედგენილ იქნა დრეკადი და არადრეკადი ენერგიების ბალანსის განტოლებები ქანების მასივებში ერთეული გამონამუშევრის გარშემო. პირველ შემთხვევაში ენერგეტიკული ბალანსის განტოლება გამოიყურება შემდეგნაირად:

$$W_t + U_m = U_c + W_s + W_r, \quad (2.6)$$

$$W_r = U_m + W_k, \quad (2.7)$$

სადაც, W_t – პოტენციური ენერგიის ცვლილება გამონამუშევრის გარშემო, U_m – ქანში დაგროვებული დრეკადი ენერგია, U_c – დაგროვებული დრეკადი ენერგიის ცვლილება გამონამუშევრის გარშემო, W_s – დაგროვებული ენერგია სამაგრში, W_r – გამოყოფილი ენერგია, W_k – ქანების მასივში სეისმური ვიბრაციების სახით წარმოდგენილი კინეტიკური ენერგია.

ამასთან, გამოყოფილი სეისმური ენერგიის რაოდენობა შეადგენს W_r -ის მცირე ნაწილს. სამთო დარტყმები ამ შემთხვევაში შეიძლება მოხდეს ქანების მასივში ძაბვებისა და რღვევის გადანაწილების ხარჯზე გამონამუშევრის შექმნისა და გავლის პირობებში.

ქანების მასივის დრეკად-პლასტიკური დეფორმირების შემვევისათვის

შემოთავაზებულ იქნა ენერგეტიკული ბალანსის შემდეგი განტოლება:

$$W_t + U_m = U_C + W_S + W_r + W_j + W_p, \quad (2.8)$$

$$W_k = W_{k_1} + W_{k_2}, \quad (2.9)$$

სადაც, W_j – ხახუნის პირობებში გაფანტული ენერგია (თუ მოდელში არის ბზარები), W_p – დაუზიანებელი ქანის პლასტიკური დეფორმირების დროს გაფანტული ენერგია; W_{k_1} – გამომუშავების გავლით გამოწვეული კინეტიკური ენერგიაა ვიბრაციების სახით; W_{k_2} – გამომუშავების გარშემო ქანების არასტაბილური რღვევის შედეგად გამოყოფილი კინეტიკური ენერგიაა.

იყო მცდელობა, შეფასებულიყო სამთო დარტყმის ძალა დინამიურობის კოეფიციენტის K_d მეშვეობით (2.10), რომლის მნიშვნელობაც დგინდებოდა 0–დან 10–მდე ინტერვალში. ამასთან მიიჩნეოდა, რომ ქანების დინამიური ნგრევა შეიძლება განხორციელდეს იმ შემთხვევაში, თუკი $K_d > 0$:

$$K_d = \frac{W_{BH}}{W_p}, \quad (2.10)$$

სადაც, W_{BH} – ენერგიის მოდინების სიდიდე გარემომცველი მასივიდან; W_p – სამთო დარტყმის კერაში ქანების ნგრევისთვის აუცილებელი ენერგია.

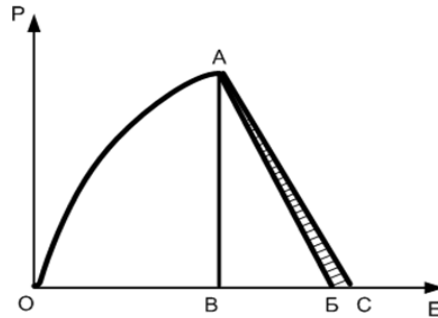
ასევე, ნაშრომში დაზუსტებული იყო განტოლება სამთო დარტყმაში მონაწილე სრული პოტენციური ენერგიის მარაგის გამოსათვლელად (2.11):

$$W = \frac{W_y}{W_{II}}, \quad (2.11)$$

სადაც, W_y – ნახშირის ფენში დაგროვებული პოტენციური ენერგია, W_{II} – პოტენციური ენერგიაა გარემომცველი ქანების მასივში.

ენერგეტიკული ბალანსის სქემა სამთო დარტყმების პირობებში წარმოდგენილი იყო „ძაბვა (σ) – დეფორმაცია (ε)“ დამოკიდებულების გრაფიკის სახით (ნახ. 1.1). ჩვეულებრივი ენერგეტიკული შთანთქმის პირობებში ქანების მასივის უბნის და ნგრევის სრული დიაგრამა აღნიშნულია OAB ზონით, ხოლო გარემომცველი ქანებიდან ენერგიის რეალიზაციის დიაგრამა კი – AC ხაზით. დამტვირთავი სისტემა ქანების მასივის დასანგრევი უბნის სიმტკიცის ზღვრის მიღწევის შემთხვევაში აგროვებს სიდიდის მიხედვით ნახაზ 2.1-ზე გამოსახული ABC სამკუთხედის ფართობის ტოლ ენერგიას. ამასთან, თვითონ მასივის უბანს აქვს ენერგიის შთანთქმის უნარი, რომლის სიდიდე უდრის ABB სამკუთხედის ფართობს. ამგვარად, წარმოიქმნება ABC ზონით აღნიშნული ენერგიის სიჭარბე, რომლის

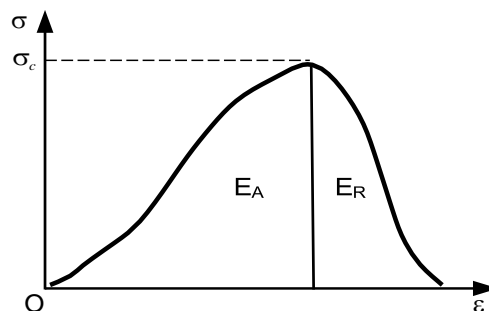
რეალიზებაც ხდება სამთო დარტყმის სახით.



ნახ.2.1. ენერგეტიკული ბალანსის დიაგრამა სამთო დარტყმის პროგნოზირებისათვის

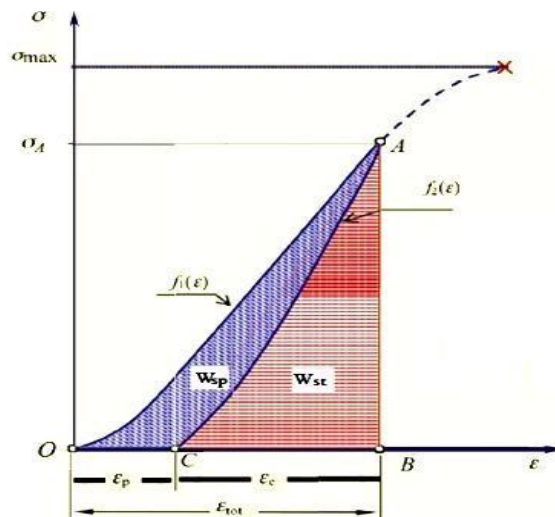
ერთლერძა კუმშვის პირობებში ცდების შედეგების მიხედვით დინამიკური რღვევებისადმი ქანების მიდრეკილების შეფასების მცდელობა, ასევე, განხორციელდა სინგჰის მიერ, ი. მ. პეტუხოვისა და რიგი სხვა ავტორების ნაშრომების საფუძველზე. ამისათვის მათ მიერ შემოღებულ იქნა დინამიკურად გამოთავისუფლებული ენერგიის ინდექსი K_E , რომელიც განისაზღვრება ქანის ნიმუშის რღვევის პირობებში გამოყოფილი ენერგიისა E_R და ამ ქანის მდგრადობის ზღვრამდე დაგროვებული ენერგიის E_A ფარდობით (2.12). E_A და E_R სიდიდეები, თავის მხრივ, დგინდება ქანების ნიმუშების დეფორმირების სრული დიაგრამების მიხედვით (ნახ. 2.2). ექსპერიმენტული კვლევების შედეგების მიხედვით სინგჰის მიერ დადგინდა, რომ ქანების დინამიკური რღვევა შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, როცა დინამიკურად გამოთავისუფლებული ენერგიის ინდექსის მნიშვნელობა ერთზე მეტია ($K_E > 1$). ამასთან, რაც უფრო მეტი იქნება K_E –ს მნიშვნელობა, მით უფრო ინტენსიურად მოხდება რღვევის პროცესი.

$$K_E = \frac{E_A}{E_R} \quad (2.12)$$



ნახ.2.2. ქანის ნიმუშის გამოცდის სრული დიაგრამა ერთლერძა კუმშვის პირობებში: σ_c – მდგრადობის ზღვარი ერთლერძა კუმშვის პირობებში

დინამიკური რღვევისადმი ქანების მიდრეკილების შეფასების კიდევ ერთი კრიტერიუმი შეთავაზებულ იქნა პოლონელი მეცნიერის, ა. კიდიბისკის მიერ. თავის გამოკვლევებში იგი ტვირთავდა ნახშირის ნიმუშებს სიმტკიცის ზღვრის 80%-მდე კუმშვის პირობებში, მათი შემდგომი განტვირთვით და მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებდა დეფორმირების გრაფიკებს. ნახაზზე 2.3 ნაჩვენებია ნახშირის ნიმუშების დეფორმირების ტიპური გრაფიკი. ზონა დატვირთვისა და განტვირთვის გრაფიკებს შორის წარმოადგენს დატვირთვის პროცესში პლასტიკურ დეფორმაციებზე გახარჯულ W_{sp} ენერგიას (2.15). ზონა CAB – ნახშირის ნიმუშში დაგროვებული ენერგია W_{st} (2.13), ხოლო ზონა OAB - ნიმუშის დატვირთვის დროს წარმოქმნილი ჯამური ენერგია W_{tot} (1.38).



ნახ.2.3. კუმშვის პირობებში, შემდგომი განტვირთვით, მდგრადობის ზღვრის 80%-მდე დატვირთვისას ნახშირის ნიმუშების დეფორმირების ტიპური გრაფიკი

$$W_{st} = \int_C^B f_2(\varepsilon) d\varepsilon; \quad (2.13)$$

$$W_{tot} = \int_0^B f_1(\varepsilon) d\varepsilon; \quad (2.14)$$

$$W_{sp} = W_{tot} - W_{st}; \quad (2.15)$$

ა. კიდიბისკის თანახმად პლასტიკური დეფორმაციის ენერგიასთან W_{sp} , ნახშირის ნიმუშში შენახული ენერგიის W_{st} ფარდობა არის შენახული დრეკადი ენერგიის კოეფიციენტი F (2.17):

$$F = \frac{W_{st}}{W_{sp}}, \quad (2.17)$$

თუ F კოეფიციენტის სიდიდე 5-ზე მეტია ($F > 5$), მაშინ ქანი მიდრეკილია დინამიკური რღვევისადმი. თუ მისი მნიშვნელობა იმყოფება $[1 < F < 5]$ ინტერვალში, მაშინ ქანი მცირე ხარისხით არის მიდრეკილი დინამიკური რღვევის

მიმართ. რღვევის ასეთი სახეობებისადმი მიდრეკილების არმქონე ქანებისათვის შენახული დრეკადი ენერგიის კოეფიციენტის სიდიდე 2-ზე ნაკლებია ($F < 2$).

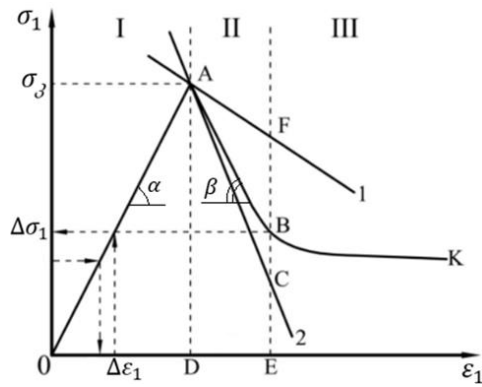
ამგვარად, ამ დრომდე შემუშავებულმა ენერგეტიკულმა კრიტერიუმებმა შესაძლებელი გახადა ამა თუ იმ ხარისხით დინამიკური რღვევებისადმი ქანების მიდრეკილების შეფასება. ამ კრიტერიუმების მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების დაზვერვის სტადიაზე ქანების ბლოკების გამოყოფის შესაძლებლობაში, რომლებშიაც სამთო სამუშაოების ჩატარებამ შესაძლოა მოახდინოს სამთო და სამთო-ტექტონიკური დარტყმების გამოვლენის პროვოცირება.

თავი 3. სამთო დარტყმის მექანიზმის ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევა სამთო დარტყმის პროგნოზირების ემპირიული მეთოდები ნაკლებად სანდოა, რადგან განსხვავებულ შედეგებს იძლევა და შეზღუდულ ინდექსებს ეფუძნება. უფრო ეფექტურია ენერგიასა და დამაბულობაზე დაფუძნებული თეორიული მიდგომები, რომლებიც ითვალისწინებს გეოლოგიურ და ტექნოლოგიურ პირობებს. სამთო დარტყმის განვითარებაზე გავლენას ახდენს ასევე სეისმური მოვლენები, აფეთქებითი სამუშაოები და მოპოვების ინტენსივობა.

ლაბორატორიული კვლევები (ერთდერმა და სამდერმა შეკუმშვა) საშუალებას იძლევა შეფასდეს ქანების დეფორმაციისა და დინამიკური რღვევის მექანიზმები. მიუხედავად არსებული პროგრესისა, პრობლემის მრავალი ასპექტი კვლავ შეუსწავლელია, მათ შორის:

- რღვევისთვის საჭირო ენერგიის განსაზღვრა ქანების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების საფუძველზე;
- ძაბვა-ენერგიის შეფასების მეთოდების ფიზიკური დასაბუთების გაუმჯობესება;
- დროის ფაქტორისა და დინამიკური დატვირთვების გავლენის სრულყოფილი გათვალისწინება.

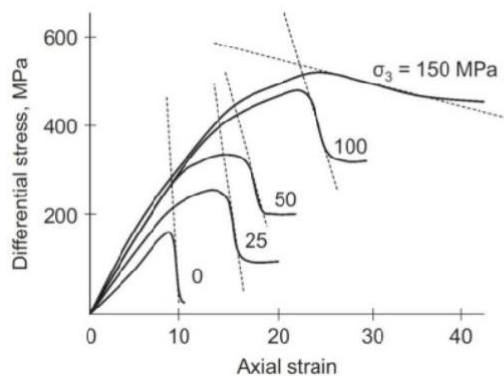
ჩატარებული კვლევის ფარგლებში განხორციელდა ქანის ნიმუშების დეფორმაციის პროცესის კომპლექსური ანალიზი. ნახ.3.1-ზე ნაჩვენებია ქანის ნიმუშის სრული დიაგრამა ერთდერმა უმშვის დროს.



ნახ.3.1. ქანის ნიმუშის დეფორმირების სრული დიაგრამის აპროქსიმაცია კლდოვან ქანებში დრეკადი დეფორმაციების (წრფივი) უბანი საკმაოდ დიდია, ამიტომ თეორიულ გაანგარიშებებში, საკითხის გამარტივების მიზნით 0-დან სიმტკიცის ზღვრამდე დატვირთვის I უბანის (ნახ.3.1. უბანი OA) აპროქსიმაციას ახდენენ წრფივი დამოკიდებულებით. ასევე ახლოსაა წრფივთან ქანის ნიმუშის რღვევის პროცესის ამსახველი V უბანიც (ნახ.3.1. უბანი AB).

ქანების მოცულობითი კუმშვის შემთხვევაში „დეფორმირების სრულ დიაგრამას“ აქვს ნახ.3.2-ზე ნაჩვენები სახე. ზოგიერთი ქანისათვის რღვევის მოდული მოცულობითი კუმშვის დროს იცვლება. ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ რღვევის მოდული ქვიშაქვისათვის მინიმალური მთავარი ძაბვის σ_3 – ის ფუნქციაა: $M=f(\sigma_3)$. ამ შემთხვევაში M-ის მნიშვნელობა σ_3 – ის ზრდის კვალდაკვალ მცირდება. ასეთ შემთხვევებში მისი მნიშვნელობები შესაძლებელია გამოვთვალოთ ემპირიული ფორმულით:

$$M(\sigma_3) = M \cdot \left(1 - \frac{\sigma_3}{\sigma_3}\right)^k$$



ნახ.3.2. ქვიშაქვის ნიმუშების დეფორმაციის გრაფიკი მოცულობითი კუმშვის დროს სამთო დარტყმის მექანიზმის თეორიული აღწერისა და მისი პროგნოზირების მეთოდის შემუშავების მიზნით, ლაბორატორიულ პირობებში

ქანის ნიმუშის გამოცდის პროცესში, დეტალურად შევისწავლოთ ენერჯის მიმოცვლის საკითხი.

განვიხილოთ ნიმუშის დეფორმირების „სრული დიაგრამა“ (ნახ.3.2). ქანი სიმტკიცის ზღვრის შემდეგ რღვევის პროცესში, ქანის ნიმუშის რღვევის პროცესზე პასუხისმგებელია პრესის ფილებსა $W_{ფ}$ და თვით ნიმუშში $W_{ქ}$ დაგროვილი დრეკადი ენერჯიაა. როცა ამ ენერჯიების ჯამი გადააჭარბებს ნიმუშის სრული დარღვევისათვის საჭირო ენერჯიას - $W_{რღ}$ -ს მოხდება ნიმუშის ნატეხების გასროლა (მიკრო სამთო დარტყმა):

$$W_{ქ} + W_{ფ} > W_{რღ} \quad (3.1)$$

დავადგინოთ მათი მნიშვნელობები. დრეკადობის უბანზე:

$$\sigma_{დრ} = E \cdot \varepsilon,$$

ამიტომ:

$$W_{ფ} = \int_0^{\varepsilon_{ფ.ზ}} E \varepsilon d\varepsilon = \frac{E_{ფ} \varepsilon_{ფ.ზ}^2}{2} = \frac{(\sigma_3 - \sigma_0)^2}{2E_{ფ}}; \quad W_{ქ} = \int_0^{\varepsilon_{ქ.ზ}} E \varepsilon d\varepsilon = \frac{E_{ქ} \varepsilon_{ქ.ზ}^2}{2} = \frac{(\sigma_3 - \sigma_0)^2}{2E_{ქ}}$$

რღვევის პროცესში:

$$\sigma_{რღ} = \varepsilon_{რღ} M,$$

ხოლო რღვევის ენერჯია ტოლია:

$$W_{რღ} = \int_0^{\varepsilon_0} \varepsilon_{რღ} M d\varepsilon_{რღ} = \frac{M \varepsilon_0^2}{2} = \frac{(\sigma_3 - \sigma_0)^2}{2M} \quad (3.2)$$

სადაც $\varepsilon_{ფ.ზ}$ და $\varepsilon_{ქ.ზ}$ - პრესის ფილისა და ქანის ნიმუშის ზღვრული დეფორმაციებია შესაბამისად; $E_{ფ}$ და $E_{ქ}$ - პრესის ფილისა და ქანის ნიმუშის დეფორმაციის მოდულებია შესაბამისად; $\varepsilon_{რღ}$ - ნიმუშის რღვევის დეფორმაციაა, ხოლო $\sigma_{რღ}$ - ნაწილობრივად დარღვეული ქანის ნიმუშის მზიდუნარიანობაა რღვევის $\varepsilon_{რღ}$ დეფორმაციის დროს; ε_0 - ნიმუშის ნარჩენი მზიდუმარიანობის - σ_0 -ის შესაბამისი დეფორმაციაა.

მაშინ (3.1)-დან:

$$\frac{(\sigma_3 - \sigma_0)^2}{2E_{ქ}} + \frac{(\sigma_3 - \sigma_0)^2}{2E_{ფ}} > \frac{(\sigma_3 - \sigma_0)^2}{2M} \quad (3.3)$$

ანუ:

$$\frac{1}{E_{ქ}} + \frac{1}{E_{ფ}} > \frac{1}{M} \quad (3.4)$$

საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\frac{M_{ქ}(E_{ფ} + E_{ქ})}{E_{ქ} E_{ფ}} > 1. \quad (3.5)$$

ამრიგად, ქანის ნიმუშის ლაბორატორიულ პირობებში კუმშვაზე გამოცდის დროს, „გასროლის“ ეფექტს (მიკრო სამთო დარტყმას) ადგილი ექნება, თუ დაკმაყოფილდება პირობა (3.5). ამ შემთხვევაში სიმტკიცის ზღვრის მიღწევის-თანავე ქანის ნიმუში უეცრად დაირღვევა და მისი გარკვეული ფრაგმენტები „გაისროლება“. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ქანის რღვევის პროცესი იქნება კონტროლირებადი და მივიღებთ მისი დეფორმირების ($\sigma_1-\varepsilon_1$) სრულ დიაგრამას. ამრიგად, პროცესი არ არის დამოკიდებული დატვირთვაზე. ის დამოკიდებულია ქანისა და პრესის ფილების მექანიკურ მახასიათებლებზე (იხ. ფორმულა 3.5).

ლაბორატორიული და თეორიული კვლევებით მიღებული ქანის ნიმუშის რღვევის ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 3.1-ში.

ცხრილი.3.1.

დატვირთვები ნიმუშიდან აქერცვლისა და მოწყვეტის დასაწყისში (უბანი III და IV,ნახ.3).	აქერცილი და ნიმუშიდან მოწყვეტილი მინერალური ნაწილაკების ზომები (უბანი III და IV, ნახ.3), მკ.მ.	ნიმუშიდან „გასროლილ“ ნიმუშის ნატეხების ზომები (უბანი V), მ.	ნიმუშიდან „გასროლილი“ ნიმუშის ნატეხების სიჩქარე (უბანი V), მ/წმ.	ნიმუშის ნატეხების „გასროლის ” მანძილი (უბანი V), მ.
ლაბორატორიული ცდების შედეგად მიღებული შედეგები (იხ.თავი1.1.2)				
$0,5 \div 0,8 \sigma_3$	$0,5 \div 5,0$	$0,01 \div 0,05$	$4 \div 10$	$2 \div 5$
თეორიული კვლევის შედეგად მიღებული შედეგები				
$0,5 \div 0,8 \sigma_3$	5,9	0,03	6,5	2,9

ლაბორატორიული და თეორიული კვლევების შედეგების კარგი თანხვედრა ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდის კარგ საიმედოობაზე მეტყველებს.

პირობა (3.5)-დან გამომდინარე, ლაბორატორიულ პირობებში ტყიბულის ნახშირების ნიმუშებისათვის „მინი სამთო დარტყმის“ პრევენციისათვის საჭიროა, რომ პრესის ფილების დრეკადობის მოდული $E_{\Phi} \geq 200 \times 10^9$ პა.

ანალოგიურ პროცესებს ადგილი აქვს ქანთა მასივებშიც, გვირაბების მშენებლობისა და სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების პროცესში წარმოქმნილი სიცარიელების გარემოცველ ქანებში გროვდება და გარკვეულ პირობებში,

აფეთქების მსგავსად, უეცრად გამოიყოფა პოტენციური ენერჯის დიდი რაოდენობა. მაგრამ ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს ქანთა მასივის მოცულობით დაძაბულ მდგომარეობას, რაც მნიშვნელოვნად ართულებს ამოცანას. ამ მოვლენას სამთო საქმეში სამთო დარტყმას უწოდებენ.

ქანთა მასივებში მექანიკური პროცესები დროში იცვლება და დაკავშირებულია დატვირთვასა და დეფორმაციას შორის ჩამორჩენასთან. ღრმა შახტებში მნიშვნელოვანია, რომ დეფორმაცია ϵ არ ემთხვევა დაუყოვნებლივ ძაბვას σ , რაც აიხსნება რელაქსაციის დროით τ . ქანების ქცევის აღწერისთვის გამოიყენება ვისკოელასტიკური (მაქსველის ტიპის) მოდელი:

$$\sigma(t) + \tau \cdot d\sigma/dt = E \cdot \epsilon(t)$$

ეს მოდელი ერთდროულად აღწერს ცოცვადობას ($\sigma = \text{const}$) და რელაქსაციას ($\epsilon = \text{const}$). ძაბვის ცვლილება დროში ხშირად მიახლოებით ექსპონენციალურად გამოისახება:

$$\sigma(t) = \epsilon_0 [E_\infty + (E_0 - E_\infty) e^{-(t/\tau)}],$$

რაც აჩვენებს, რომ დროთა განმავლობაში ძაბვა მცირდება, მაგრამ სხვადასხვა ქანში განსხვავებული სიჩქარით. დეფორმაციის ზრდა ღრმა შახტებში ხშირად ლოგარითმულად აღიწერება:

$$\epsilon(t) = \sigma/E_0 + A \ln(1 + Bt),$$

სადაც A და B ასახავს ქანის ცოცვადობის უნარს. ნახშირებში A მნიშვნელოვნად დიდია, ვიდრე ქვიშაქვებში, ამიტომ ნახშირი უფრო პლასტიკურად იქცევა, ხოლო ქვიშაქვა უფრო დრეკადია და ნაკლებად რელაქსირდება.

სამთო დარტყმის რისკის შეფასება ეფუძნება ენერჯის ბალანსს: $W_d > W_{rel}$, ან დროში ცვლილების გათვალისწინებით:

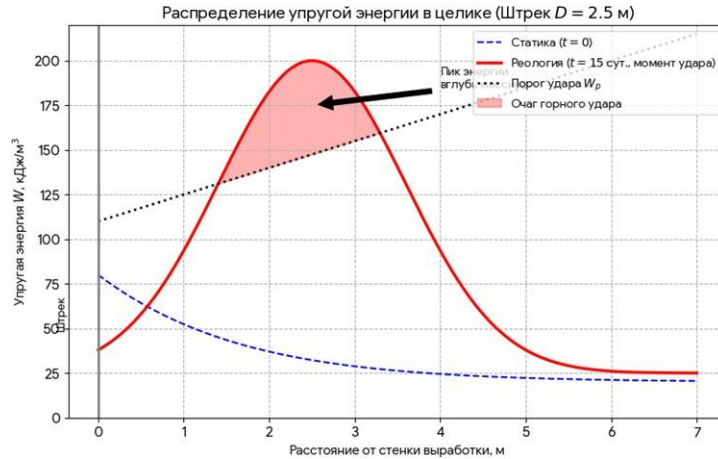
$$dW_d/dt > dW_{rel}/dt.$$

თუ დროთა განმავლობაში რელაქსაცია ძლიერდება, მასივი უფრო უსაფრთხო ხდება, ხოლო თუ ენერჯია გროვდება — იზრდება დარტყმის რისკი (ნახ.3.3). უსაფრთხოების გასაუმჯობესებლად საჭიროა ენერჯის დისიპაცია: ქვიშაქვებში ქანის გაფხვიერება ამცირებს ელასტიკურობას და რელაქსაციის დრო $\tau \rightarrow 0$, რაც ამცირებს ენერჯის დაგროვებას. არგელიტებსა და თიხოვან ქანებში სიბლანტის შემცირება და ტენიანობის გაზრდა ამცირებს დეფორმაციის მოდულს და ზრდის

პლასტიკურ ქცევას, რაც ამცირებს უეცარი რღვევის ალბათობას. საბოლოოდ, თუ დაგროვილი ენერგია ნაკლებია რღვევის ენერგიაზე:

$$W_{\text{მთ}} + W_{\text{ჰ}} < W_{\text{რღ}}$$

სამთო დარტყმა არ ვითარდება და მასივი სტაბილურ მდგომარეობაში რჩება.



ნახ.3.3. ნახშირის მთელანაში დრეკადი ენერგიის კონცენტრაცია რეოლოგიური და სტატიკური მოდელების შემთხვევებში

ჩატარებული კვლევები გვიჩვენებენ, რომ სამთო დარტყმის რეალიზაციის პროცესზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ შემდეგი ფაქტორები: მოსამზადებელი გვირაბების მშენებლობისა და ნახშირის მოპოვების დრო; ქანების დრეკადობის მოდული; ქანების რღვევის მოდული; მთელანების ზომები; წმენდითი სანგრევის სიგრძე და მისი გადაადგილების სიჩქარე; სამთო დარტყმის ბირთვის მდებარეობა და დარტყმის ენერგიის ზღვრული მნიშვნელობა. აღნიშნული ფაქტორების სწორად რეგულირების შემთხვევაში, შევენ შევძლებთ მოვახდინოთ სამთო დარტყმის პრევენცია. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სამთო დარტყმის პრევენციის ღონისძიებები:

1. რეოლოგიური პროცესების მართვა. მოსამზადებელი გვირაბების მშენებლობისა და წმენდითი სანგრევის გადაადგილების სიჩქარის ისე შერჩევა, რომ მთელანაში ვერ მოხდეს მათ გამო ფორმირებული დრეკადი ენერგიების $W_{\text{ღრ}}$ ზედდება (შეკრება) და პროცესები განვითარდეს თანმიმდევრობით;
2. ჭაბურღილების აფეთქება. მასივში დაგროვილი დრეკადი ენერგიის - $W_{\text{ღრ}}$ კრიტიკულზე $W_{\text{რ}}$ -ზე ქვემოთ შემცირება შესაძლებელია სამთო დარტყმის

ზონაში ქანთა მასივის ხელოვნურად გაფხვიერებით. ამისათვის მიმართავენ ჭაბურღილების აფეთქების მეთოდს;

3. განმტვირთავი ჭაბურღილების ბურღვა. მეთოდი ითვალისწინებს მასივის ენერგიის კონცენტრაციის უბანში (სამთო დარტყმის ბირთვში) განმტვირთავი ჭაბურღილების ბურღვას და ენერგიის კონცენტრაციის შემცირებას საჭირო დონემდე;
4. ქანთა მასივის დატენიანება. ლაბორატორიული კვლევები გვიჩვენებენ, რომ ნახშირების ტენიანობის გაზრდა იწვევს დეფორმაციის მოდულისა და რღვევის მოდული შემცირებას, რაც ამცირებს მასში დრეკადი ენერგიის დაგროვების შესაძლებლობას და რღვევის პროცესს ხდის უფრო პლასტიკურს არნიშნული ეფექტის გამოყენების საფუძველზე საშუალება გვეძლევა, მნიშვნელოვნად გავზარდოთ რღვევისათვის საჭირო ენერგია W_{∞} და თავიდან ავირიდოთ სამთო დარტყმა.

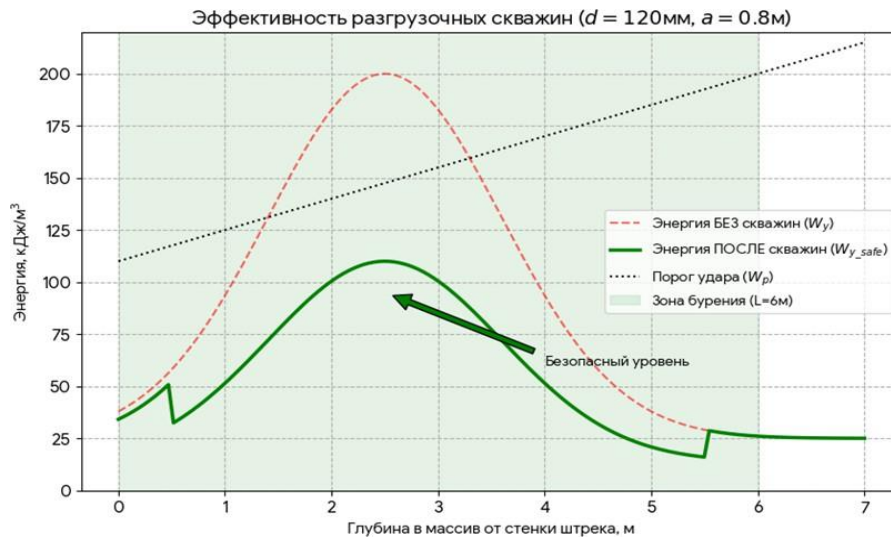
რეოლოგიური პროცესების მართვა. სამთო დარტყმის პრევენციის ზემოთ განხილული ღონისძიებებიდან რეოლოგიური პროცესების მართვა, დაპროექტების სტადიაში ყველაზე ეკონომიური ღონისძიებაა, მაგრამ სამწუხაროდ ამის გაკეთება ხშირ შემთხვევაში შეუძლებელია, ამიტომ უფრო ხშირად იყენებენ მასივში დაგროვილი დრეკადი ენერგიის W_{∞} შემცირების (განმტვირთავი ჭაბურღილების ბურღვა) ან/და მასივის რღვევისათვის საჭირო ენერგიის W_{∞} გაზრდის (ქანთა მასივის დატენიანება) ღონისძიებებს.

ჭაბურღილების აფეთქება. კონცენტრირებული ენერგიის შემცირება აფეთქებით ძალზე შრომატევადი და ძვირადღირებული მეთოდია. მისი გამოყენების შემთხვევაში ქანთა მასივში დაგროვილი დრეკადი ენერგია დაახლოებით ორჯერ შეიძლება შევამციროთ, მაშინ როდესაც მასივი დატენიანების ან განმტვირთავი ჭაბურღილების გამოყენების შემთხვევაში ქანების დარღვევისათვის საჭირო ენერგია 4-5ჯერ იზრდება.

განმტვირთავი ჭაბურღილების ბურღვა. განმტვირთავი ჭაბურღილების ღონისძიების გამოყენების შემთხვევაში მთელანის კედლიდან მასივში იბურღება ჭაბურღილები. მათ უნდა მთლიანად უნდა გადაკვეთონ სამთო დარტყმის კერა და გავიდნენ დამყარებული სამთო წნევის ზონაში.

ნახ.3.4-ის მიხედვით განხილულ მაგალითში, სამთო დარტყმის კერა 1,5÷4,0მ-ის სიღრმეშია მთელანის კედლიდან. ავილოთ მარაგი 1-1,5მ-ის ფარგლებში, მაშინ ჭაბურღილების სიგრძე $L=5,5\div 6,0$ მ. 800მ-ის სიღრმეზე მასივის ეფექტურად განტვირთვისათვის რეკომენდირებულია $d=120$ მმ-ის ჭაბურღილების ბურღვა. კონცენტრირებული ენერგიის $W_{დრ}$ -ის შესამცირებლად, რღვევისათვის საჭირო ენერგიაზე $W_{რღ}$ -ზე ქვემოთ, საჭირო იქნება პირველის 25-30%-ით შემცირება. ჭაბურღილის გავლენის ზონა $R_8 = (3,5-4,0)d$. ჭაბურღილების გავლენის არეების გადაფარვის შემთხვევაში $a=(0,7-0,9)$ მ.

ნახ.3.4-ზე ნაჩვენებია თუ როგორ „ჭრიან“ ჭაბურღილები ენერგიის პიკს სამთო დარტყმის ბირთვის.



ნახ.3.4.განმტვირთავი ჭაბურღილების ეფექტურობა

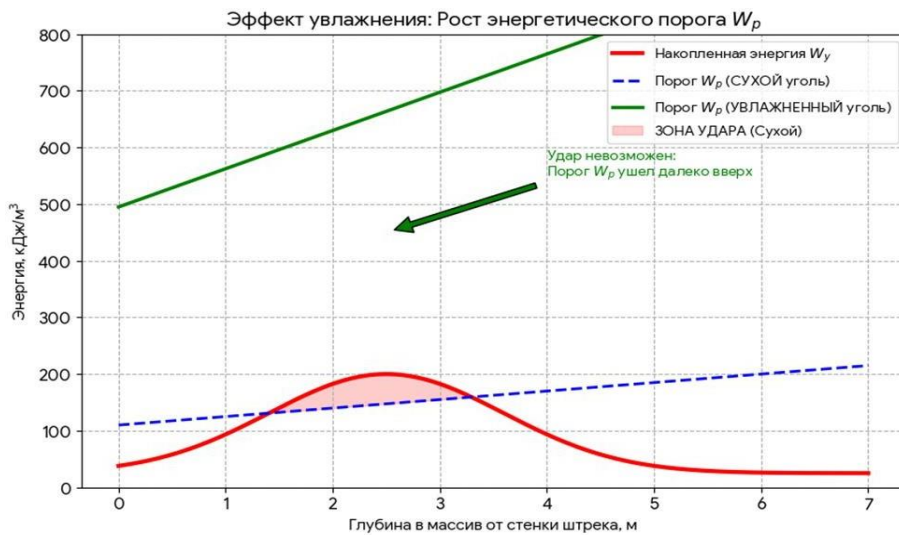
განმტვირთავი ჭაბურღილების ეფექტურობის ანალიზი:

- ენერგიის შემცირების ეფექტი: განმტვირთავი ჭაბურღილების ბურღვის შედეგად, სამთო დარტყმის ბირთვში ენერგია დაეცა 200კჯ/მ³-დან 110200კჯ/მ³-მდე;
- უსაფრთხოების უზრუნველყოფა: განტვირთვის შემდეგ ბირთვის ენერგიის კონცენტრაცია $W_{დრ}$ მთელ ზონაში იმყოფება დასაშვებზე - $W_{რღ}$ -ზე ქვემოთ ე.ი. სამთო დარტყმა მოსალოდნელი აღარ არის;
- სამაგრი კონსტრუქცია: სამთო დარტყმის რეალიზაციის შესაძლებლობა გამოირიცხა. სამაგრზე მოსული დატვირთვა იქნება სტატიკური 12-15 ტონის ფარგლებში, რაც უზრუნველყოფს მარაგის 2,0 კოეფიციენტს.ე.ი.

შესაძლებელია 2-ჯერ უფრო დაბალი მზიდუნარიანობის მქონე სამაგრი კონსტრუქციის გამოყენება.

ღონისძიების მიზანია E და M მოდულების შემცირება, ნახშირის გადაყვანა პლასტიკურ მდგომარეობაში და შედეგად სამთო დარტყმის ბირთვში ქანის დარღვევისათვის საჭირო ენერგიის მნიშვნელოვნად გაზრდა ($M \downarrow \Rightarrow W_{რღ} \uparrow$). ჭაბურღილები დიამეტრით $d=45\text{მმ}$ და სიგრძით 10-15მ, მარაოსებურად იბურდება ბირთვის გავრცელების მთელ ზონაში. წყლის ხვედრითი ხარჯი ჭაბურღილში 40ლ/მ^3 , დაჭირხვნის წნევა 25-30მპა. დაჭირხვნის რეჟიმი პულსაციურია, ციკლებით 10წთ დაჭირხვნა, 5 წთ პაუზა.

ნახ.3.5-ზე ნაჩვენებია მასივის დატენიანების ეფექტის ენერგეტიკული სურათი.

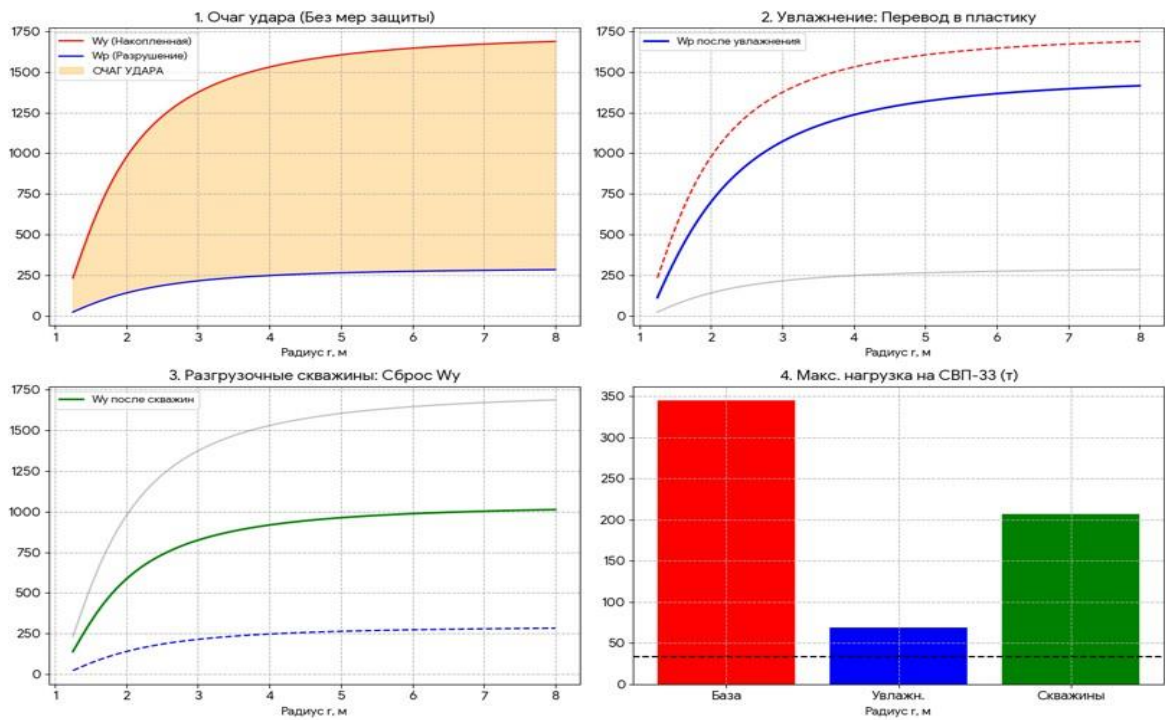


ნახ.3.5. ნახშირის მასივის დატენიანების ეფექტურობა

ნახშირის მთელანის დატენიანების ანალიზი:

- მშრალ ნახშირებში რღვევის მოდულის M-ის მნიშვნელობა ჩვენს მაგალითში 9000მპა-ია.
- დატენიანების შემდეგ მისი მნიშვნელობა $10 \div 15$ ჯერ მცირდება (1000-1500მპა-მდე). სამთო დარტყმის პირობაში (15) მნიშვნელი მცირდება;
- ჭაბურღილების აფეთქების მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში, მასივის დარღვევისათვის საჭირო ენერგია მატულობს, რაც საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ სამთო დარტყმა.

ნახ.3.6-ზე ნაჩვენებია ანგარიშის შედეგები მასივი დატენიანების და განმტვირთავი ჭაბურღილების ღონისძიებების შედარებისათვის.



ნახ.3.6.სამთო დარტყმის პრევენციის ღონისძიებების შედარება

სამთო დარტყმის პრევენციის ღონისძიებების შედარების შედეგები:

- ქანთა მასივის დატენიანების ღონისძიება საშუალებას იძლევა შევამციროთ მისი დეფორმაციის მოდულის - E -ს მნიშვნელობა 30%-ით, ხოლო რღვევის მოდულის M -ის კი 20-25%-ით, შედეგად გავზარდოთ რღვევისათვის საჭირო ენერგია 4-5 ჯერ. სამაგრზე მოსული დარვირთვა კი შევამციროთ 5-6ჯერ;
- სამთო დარტყმის ზონაში ამცირებს დაგროვილ დრეკად ენერგიის - $W_{დრ}$ სიდიდეს 40%-ით. სამაგრ კონსტრუქციაზე მოსულ დატვირთვას კი 1,7-ჯერ.

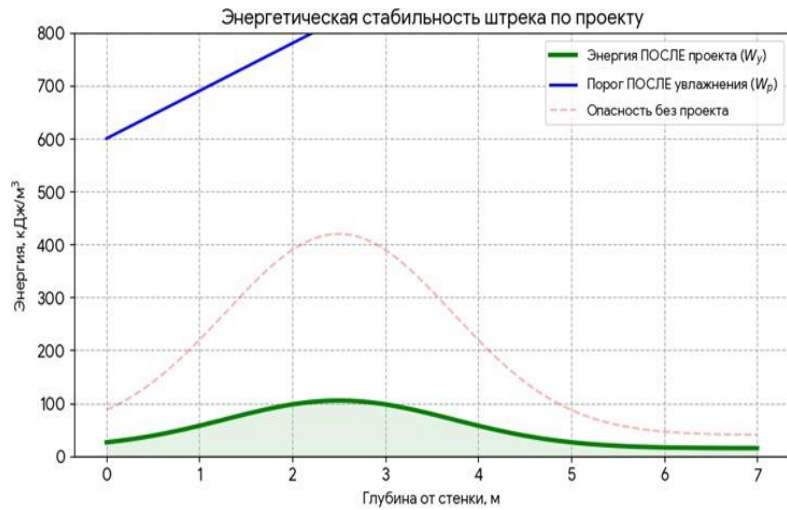
იმის გამო, რომ აღნიშნული ღონისძიებები განსხვავებულად ზემოქმედებენ მასივში მიმდინარე მექანიკურ პროცესებზე, მათი ერთობლივი გამოყენება ძალზე ეფექტური ტექნიკური შედეგის მოცემი შეიძლება აღმოჩნდეს.

ნახ.3.7-ზე მოცემულია განმტვირთავი ჭაბურღილების ბურღვისა და ქანთა მასივის დატენიანების ღონისძიებათა ერთობლივი გამოყენებით მიღწეული ეფექტი.

თავი 4. სამთო დარტყმის პრევენციის ღონისძიებები და რეკომენდაციები ტყიბულის შახტებისათვის

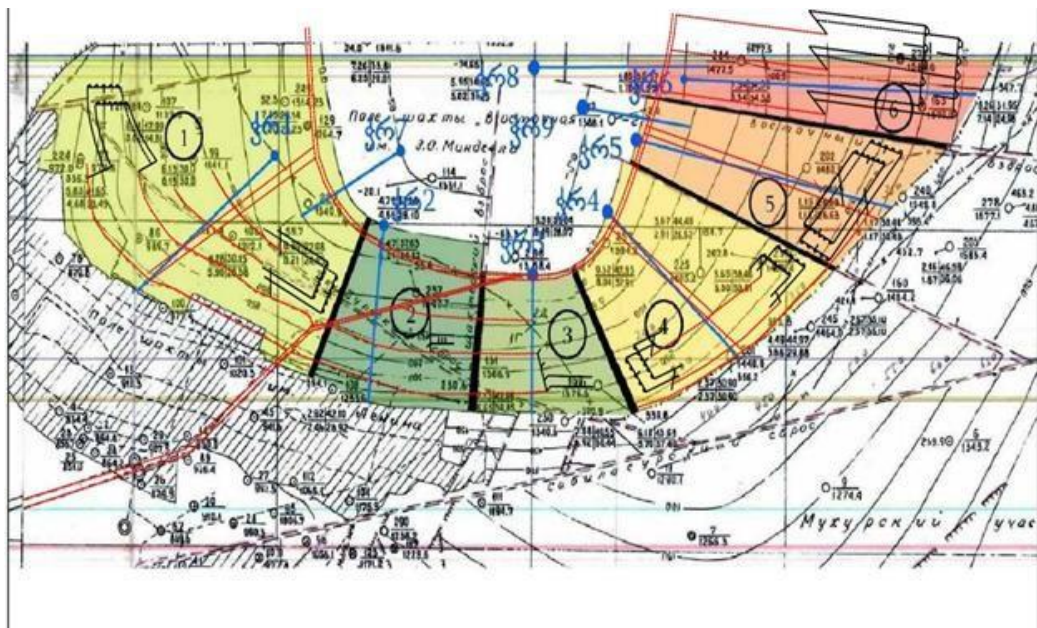
საბადოს ე. მინდელის შახტის ველის ურთულესი სამთო-გეოლოგიური აგებულების გამო, მიღებულ იქნა გადაწყვეტილება შახტაზე არსებული

გეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე დეტალურად შეგვესწავლა შახტის ველის გეოლოგიური აგებულება, რისთვისაც შახტის მთავარ გეოლოგთან ერთად



ნახ.3.7. განმტვிரთავი ჭაბურღილების ბურღვისა და ქანთა მასივის დატენიანების ღონისძიებათა ერთობლივი გამოყენებით მიღწეული ეფექტი

განალიზებულ იქნა 86 ჭაბურღილი, მიღებული მონაცემების საფუძველზე, ფენთა პარალერიზაციის პრინციპით მოხდა ფენთა განფენა, რის შედეგად განხორციელდა შახტის ველის შედარებით თანაბარი სამთო-გეოლოგიური პირობების მქონე ამოსაღებ 6 ბლოკად დაყოფა (ნახ 3.2 ბლოკები მოშორებულია ქანთა მასივებში ენერგიების კონცენტრაციების ზონებს (გეოლოგიურ რღვევებს), რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს სამთო დარტყმის რეალიზაციის შესაძლებლობებს.



ნახ.3.8. ე. მინდელის შახტის ველის დაყოფა ამოსაღებ ბლოკებად

შემუშავებულია სამთო დარტყმის პრევენციის ღონისძიებები ტყიბულის

პირობებისათვის:

1. რეოლოგიური პროცესების მართვა. მოსამზადებელი გვირაბების მშენებლობისა და წმენდითი სანგრევის გადაადგილების სიჩქარის ისე შერჩევა, რომ მთელანაში ვერ მოხდეს მათ გამო ფორმირებული დრეკადი ენერგიების $W_{დრ}$ ზედდება (შეკრება) და პროცესები განვითარდეს თანმიმდევრობით: მაგ.: მოსამზადებელი გვირაბების მიერ გამოწვეული დრეკადი ენერგიის მასივის სიღრმეში გადასვლის შემდეგ, ერთ მომპოვებელ უბანზე სამუშაოების წარმოება და მის მიერ გამოწვეული დრეკადი ენერგიის ასევე მასივის სიღრმეში გადასვლის შემდეგ წმენდითი სამუშაოების დაწყება მეორე უბანზე;
2. ჭაბურღილების აფეთქება. მასივში დაგროვილი დრეკადი ენერგიის - $W_{დრ}$ კრიტიკულზე $W_{კ}$ -ზე ქვემოთ შემცირება შესაძლებელია სამთო დარტყმის ზონაში ქამთა მასივის ხელოვნურად გაფხვიერებით. ამისათვის მიმართავენ ჭაბურღილების აფეთქების მეთოდს;
3. განმტვირთავი ჭაბურღილების ბურღვა. მეთოდი ითვალისწინებს მასივის ენერგიის კონცენტრაციის უბანში (სამთო დარტყმის ბირთვში) განმტვირთავი ჭაბურღილების ბურღვას და ენერგიის კონცენტრაციის შემცირებას საჭირო დონემდე;
4. ქანთა მასივის დატენიანება. ლაბორატორიული კვლევები გვიჩვენებენ, რომ ნახშირების ტენიანობის გაზრდა იწვევს დეფორმაციის მოდულისა და რღვევის მოდული შემცირებას, რაც ამცირებს მასში დრეკადი ენერგიის დაგროვების შესაძლებლობას და რღვევის პროცესს ხდის უფრო პლასტიკურს. არნიშნული ეფექტის გამოყენების საფუძველზე საშუალება გვეძლევა, მნიშვნელოვნად გავზარდოთ რღვევისათვის საჭირო ენერგია $W_{რ}$ და თავიდან ავირიდოთ სამთო დარტყმა.

შახტის ველის დამუშავების რეკომენდირებული ტექნოლოგიის განხორციელებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მოპოვების ტექნოლოგიის იმ ძირითად პარამეტრების ოპტიმიზაციას, როგორცაა იარუსის (სართულის) დახრილი სიმაღლე, წმენდითი სანგრევის სიგრძე, ამოსაღები შრეების რაოდენობა და მათ შორის წინსწრება, ამოსაღები სვეტის სიგანე, ამოსაღები უბნის ზომები და სხვა რომელიც წარმოადგენს ნაშრომის კვლევის შემდგომ ეტაპს და უნდა განხორციელდეს მათემატიკური გაანგარიშების საფუძველზე.

ძირითადი დასკვნები

1. სამთო დარტყმის თეორიები, რომლებიც ქანების ერთღერძა კუმშვის პირობებში ფორმირებული ენერგიების ბალანსზეა აგებული, მიუღებელია ქანთა მასივში მიმდინარე პროცესების პროგნოზირებისათვის. უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ენერგეტიკული ბალანსის განტოლებებში შემავალი კომპონენტების განსაზღვრის უაღრესად დიდი სირთულე (მაგ.: $W_g, W_b, W_j, W_p, W_{k_1}, W_{k_2}$ და სხვა) რაც აფერხებს, ხშირ შემთხვევაში კი შეუძლებელს ხდის მათ გამოყენებას პრაქტიკული გათვლების დროს. ასევე არაპრაქტიკულია ენერგეტიკულ ბალანსზე დამყარებული სამთო დარტყმის თეორიები, რომლებიც ქანების რღვევის თეორიულ მოდელებს ეფუძნებიან. სამთო დარტყმის თანამედროვე თეორია, ქანების მექანიკურ (როგორც სტატიკურ ასევე დინამიკურ) თვისებებზე დაყრდნობით უნდა იძლეოდეს მისი რეალიზაციის შესაძლებლობას;
2. ქანების რღვევის პროცესის მახასიათებელი - რღვევის მოდული M , მნიშვნელოვანი მექანიკური მახასიათებელია და სრულად იძლევა საშუალებას შევაფასოთ ქანის დარღვევისათვის საჭირო ენერგია, როგორც ერთღერძა, ასევე მოცულობითი კუმშვის დროს;
3. ქაბის ნიმუშების ლაბორატორიულ პირობებში გამოცდის პირობებში, ქანის ნიმუშში (W_d) და პრესის ფილებში აღძრული დრეკადი ენერგიისა ($W_{\text{ფ}}$) და ქანის ნიმუშის რღვევისათვის საჭირო ენერგიის ($W_{\text{ღ}}$) შედარების საფუძველზე, ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა პროცესის თეორიული მოდელი და კრიტერიუმი, რომლის დახმარებითაც შესაძლებელია თავიდან აგვეცილოთ ასეთი ექსპერიმენტის დროს ცნობილი მოვლენა: ნიმუშის ფრაქციების „გამოსროლის“ ეფექტი (ე.წ. „მიკრო სამთო დარტყმა“). ლაბორატორიული ცდებისა და თეორიული განგარიშებების შედეგები (ნიმუშის ფრაქციის „გამოსროლის“ პირობა, მისი ზომები, ფრენის სიჩქარე და ფრენის მანძილი) კარგ თანხვედრაშია ერთმანეთთან;
4. ჩატარებული თეორიული კვლევების საფუძველზე შედგენილია ქანთა მასივში დაგროვილი დრეკადი და რღვევისათვის საჭირო ენერგიების ბალანსი და შემუშავებულია სამთო დარტყმის პრევენციის კრიტერიუმები სტატიკური და რეოლოგიური ამოცანებისათვის;

5. თეორიულმა კვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ერთდერმა კუმშვისაგან განსხვავებით, ქანთა მასივებში ფორმირებული სამთო დარტყმის ბირთვი, ქანის ზედაპირიდან რამოდენიმე მეტრით გადაინაცვლებს მასივის სიღრმეში, სადაც მოცულობითი კუმშვის პირობებში ყალიბდება ბევრად უფრო მძლავრი სამთო დარტყმის ბირთვი და შემუშავებული სამთო დარტყმის კრიტერიუმის დაკმაყოფილების შემთხვევაში ადგილი ექნება სამთო დარტყმას;
6. ჩვენს მიერ დადგენილია, რომ ჭერის ქანების დეფორმაციის მოდულის ($E_{\text{ქ}}$) შემცირება იწვევს მასში კოცენტრირებული დრეკადი ენერგიის ($W_{\text{ქ}}$) შემცირებას, რაც შესაძლებელია ეფექტურად იქნას გამოყენებული სამთო დარტყმის პრევენციისათვის ჭაბურღილებით განტვირთვის მეთოდში;
7. თეორიული კვლევებში ნაჩვენებია სამთო დარტყმის პრევენციის ღონისძიებების: რეოლოგიური პროცესების მართვის, განმტვირთავი ჭაბურღილების და ქანთა მასივის დატენიანების გამოყენების დროს ენერგიების ბალანსის მართვის ისეთი შესაძლებლობა, რომ გამორიცხული იქნას სამთო დარტყმა;
8. თეორიული კვლევებით დადგენილია, რომ ქანთა მასივის დატენიანების ღონისძიება საშუალებას იძლევა შევამციროთ მისი დეფორმაციის მოდულის - E -ს მნიშვნელობა 30%-ით, ხოლო რღვევის მოდულის M -ის კი 20-25%-ით, შედეგად გავზარდოთ რღვევისათვის საჭირო ენერგია ($W_{\text{რღ}}$) 4-5 ჯერ;
9. სეისმურად აქტიურ რეგიონებში და აგრეთვე სამთო დარტყმის ბირთვის ფორმირების ზონის სიახლოვეს აფეთქებითი სამუშაოების წარმოების დროს, აუცილებელია წარმოქმნილი სეისმური ენერგიის ($W_{\text{ს}}$) გათვალისწინება. მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნული ენერგია ბევრად ნაკლებია სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების დროს ქანთა მასივში დაგროვილ დრეკად ენერგიაზე.
10. ჩვენს მიერ პირველად მოხდა მინდელის სახელობის შახტის დასამუშავებელი ველების შესწავლა სამთო დარტყმების საშიშროების თვალსაზრისით. ფენტა პარალერიზაციის პრინციპით მოხდა ფენტა განფენა, რის შედეგად განხორციელდა შახტის ველის შედარებით თანაბარი სამთო-გეოლოგიური პირობების მქონე ამოსაღებ 6 ბლოკად დაყოფა. ბლოკები მოშორებულია ქანთა მასივებში ენერგიების კონცენტრაციების ზონებს (გეოლოგიურ რღვევებს), რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს სამთო დარტყმის რეალიზაციის შესაძლებლობებს;

11. ჩვენს მიერ პირველად, ლაბორატორიულ პირობებში, დადგინდა ნახშირისა და გარემომცველი ქანების მექანიკური მახასიათებლები, რომლებიც აუცილებელია სამთო დარტყმის პროგნოზირებისათვის.

ნაშრომის აპრობაცია:

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი საკითხები მოხსენების სახით გაშუქდა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე და კვოლოქვიუმებზე.

პუბლიკაციები

1. მაჩაიძე, გ., ლობჯანიძე, გ., ტაველიშვილი, ა. ტყიბულ-შაორის ქვანახშირის საბადოს დამუშავების პრობლემები და მისი განვითარების პერსპექტივები. „სამთო ჟურნალი“, N 2(39), თბილისი, 2017, გვ16-20
2. გუჯაბიძე, ი., მაჩაიძე, გ., ტაველიშვილი, ა. „ქანების ნიმუშების დინამიკური რღვევა და სამთო დარტყმა“ ჟურნ. „Georgian scientists“. N 8(2), თბილისი 2026წ, გვ268-278.
3. ტაველიშვილი, ა. „ე.მინდელის შახტის ველის დაყოფა სამთო-გეოლოგიურ და სამთო ტექნიკურ პირობების ბლოკებად ჭაბურღილების მონაცემებზე დაყრდნობით. ჟურნ. „Georgian scientists“. N 8(2), თბილისი 2026წ, გვ268-283.
4. ტაველიშვილი, ა. სტუდენტთა 84-ე ღია საერთაშორისო კონფერენცია, „ე.მინდელის შახტის ველის დაყოფა თანამედროვე სამთო-გეოლოგიური და სამთო ტექნიკური პირობების მქონე ბლოკებად“. თბილისი 2017წ, გვ139

ABSTRACT

Justification of the geomechanical conditions for the implementation of rock bursts and development of a prediction method for the Tkibuli–Shaori deposit.”

The presented dissertation is dedicated to the systematic study of geomechanical conditions of rockburst occurrence, the development of scientific approaches for their prediction, and the substantiation of preventive measures based on technological principles, using the complex geological and mining conditions of the Tqibuli–Shaori coal deposit as a case study. The relevance of the research is determined by the fact that, under deep and intensive underground mining conditions, rockbursts represent one of the most dangerous and least

predictable dynamic geophysical phenomena. They are associated with the rapid and uncontrolled release of accumulated energy within a rock mass, leading not only to deformation and collapse of mining excavations and damage to technical infrastructure, but also, in many cases, to human casualties. This issue is particularly critical in the Tkibuli mining region, where a long history of mining operations includes numerous serious incidents, further emphasizing the necessity of a scientific investigation.

The main objective of the study is to conduct a detailed analysis of the physical and geomechanical mechanisms of rockburst formation, to develop a prediction model based on the physico-mechanical parameters of rocks, and to define optimal technological schemes for preventive measures. The research is based on the hypothesis that rockbursts are the result of an energy imbalance within rock masses, where elastic energy accumulated through deformation reaches a critical threshold and is suddenly released. Within this framework, rock samples are considered micro-systems in which analogous processes occur under controlled laboratory conditions, reflecting the behavior of full-scale rock masses.

The research methodology is based on a multi-level integrated approach, combining laboratory experiments, theoretical analysis, and field observations in real mining conditions. In the laboratory stage, rock samples were tested under uniaxial and multiaxial compression conditions, allowing for the assessment of their strength, deformational behavior, and critical failure parameters. In parallel, dynamic loading simulations were conducted to study the processes of energy accumulation and dissipation over time. The obtained results were integrated into theoretical models describing the behavior of rock masses under dynamic stress conditions.

One of the key outcomes of the study is the development of an improved energy balance model that links elastic energy stored in rocks, plastic deformation, and failure processes into a unified system. It has been established that rockburst initiation occurs when the accumulated energy significantly exceeds the energy barrier required for rock failure. Based on this, a system of criteria has been developed to assess the likelihood of rockburst occurrence under various geological and technological conditions. These criteria are practically applicable because they are based on standard geomechanical parameters obtained through routine laboratory testing.

Special attention was given to the influence of tunneling and development rate on the evolution of dynamic processes. It was found that the speed of excavation advance, load redistribution patterns, and excavation geometry directly affect stress concentration within the rock mass. The results indicate that within a certain range, controlling the rate of mining operations can significantly reduce the probability of rockburst occurrence. It was also determined that the main energetic core of a rockburst often forms deep within the rock mass rather than at the excavation boundary, which complicates early detection and increases the importance of predictive methods.

The dissertation thoroughly examines a complex set of natural and technological factors influencing rockburst occurrence. These include rock fracturing and microcrack networks, moisture conditions, layer thickness and dip angles, stope geometry, stress redistribution, and operational parameters such as mining rate and sequencing. The influence of each factor was evaluated both individually and in interaction with others, enabling a systemic understanding of dynamic rock mass behavior.

The practical part of the research includes a set of recommendations for rockburst prevention based on the theoretical findings. Technological parameters for safe mining operations, load control, and rock mass stabilization have been developed. On the basis of these recommendations, a block division and mining design project was implemented for one of the working areas of the Mindeli Mine. The project was reviewed and approved by the technical council of the mine and recommended for practical implementation.

In conclusion, the presented dissertation makes a significant theoretical and practical contribution to the development of mining geomechanics and safety engineering. The proposed models, criteria, and recommendations provide a foundation for more accurate rockburst prediction systems and effective risk management strategies in real mining conditions. Importantly, the obtained results are adaptable to other similar deposits, which significantly enhances the scientific and practical value of the study at both national and international levels.