

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ვაჟა გაბოძე

სამ და მეტ კომპონენტისანი უმარტივესი ტიპის  
ფეთქებადი ნივთიერებების შექმნა მათი  
პარამეტრების კვლევა და გამოყენების  
პირობების დადგენა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი  
დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თ ბ ი ლ ი ს ი

2017 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტის

სამთო-გეოლოგიურ ფაკულტეტის

სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: პროფესორი თ.შარაშენიძე

რეცენზენტები: ფიზ. მათ. მეც. დოქტ. ე.ჩაგელიშვილი

პროფესორი ა.გოჩოლეიშვილი

დაცვა შედგება 2017 წლის „ 11 „ ივლისს , 14:00 , საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური  
ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის № 59 სხდომაზე,  
კორპუსი III , აუდიტორია 326 .

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

ასოც.პროფესორი

-----

დ.თევზაძე

## სამუშაოს საერთო დახასიათება

**თემის აქტუალობა.** სამეცნიერო-ტექნიკური პროცესის დაჩქარება სამთამადნო მრეწველობაში გარკვეულ წილად დამოკიდებულია აფეთქებითი სამუშაოების სრულყოფაზე და მათი ეფექტურობის გაზრდაზე.

ბოლო 10-15 წლის განმავლობაში აფეთქებითი სამუშაოების ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობის სწრაფი ზრდა უმთავრესად განპირობებულია მარტივი ტიპის ფეთქებადი ნივთიერებების სრულყოფით და მათი დანერგვით სამთამადნო მრეწველობაში. მაგალითად, იგდანიტის ტიპის უმარტივესი ფეთქებადი ნარევების დანერგვამ დიდი როლი შეასრულა აფეთქებითი სამუშაოების ეფექტურობის გაზრდასა და მათი შესრულებისას უსაფრთხოების დონის ამაღლების საქმეში. ამ სახის ფეთქებად ნივთიერებებს ახასიათებთ დამზადების მარტივი ტექნოლოგია, დაბალი ღირებულება და უსაფრთხოების მაღალი დონე. გარდა ამისა, ისინი იძლევიან დამუხტვის პროცესის მექანიზაციის შესაძლებლობას, რასაც დიდი პრაქტიკული ღირებულება აქვს. მათი უარყოფი მხარეებია დაბალი წყალმდეგობა და შედარებით მცირე აფეთქების კუთრი ენერგია, რაც ზღუდავს ამ სახის ფეთქებადი ნარევების გამოყენების არეს.

ამჟამად მსოფლიოს სამთამადნო მრეწველობაში, უპირატესად მშრალ ჭაბურღილებში გამოსაყენებლად, ამზადებენ ამონიუმის გვარჯილისა და თხევადი საწვავების ნარევზე დამზადებულ ნივთიერებებს (აგ-დს), რომელიც განეკუთვნება უმარტივესი ტიპის ფეთქებადი ნარევების ჯგუფს. ძლიერ გაწყლოვანებულ და მაგარ ქანებში ფართო გამოყენება ჰპოვეს წყალშემცველმა ფეთქებადმა ნარევებმა (სუსპენზიები, წყლიანი გელები). მაგრამ, აგ-დს ტიპის ფეთქებად ნივთიერებებთან შედარებით მათი ღირებულება 5-6-ჯერ მეტია. ამასთან ისინი მრავალ კომპონენტს შეიცავენ, რაც ართულებს მათი დამზადების ტექნოლოგიას.

აღნიშნული უარყოფითი მხარეების დაძლევის მიზნით აშშ-ში გასული საუკუნის 60-იან წლებში შეიქმნა არსებულისაგან განსხვავებული თვისებების მქონე წყალშემცველი ნარევები - ფეთქებადი ემულსიები. ტრადიციულ წყალშემცველ ფეთქებად ნარევებთან (წყლიანი გელები, სუსპენზიები) შედარებით ისინი გაცილებით იაფია, აქვთ მაღალი დეტონაციური და ენერგეტიკული თვისებები, ახასიათებთ კარგი წყალმედეგობა და უსაფრთხოების გაზრდილი დონე. მათი ნაკლია წყლის დიდი რაოდენობის (8-16 %) შემცველობა, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ამ სახის ფეთქებადი ნივთიერებების აბსოლიტურ მოცულობით ენერგიას.

უცხოელი სპეციალისტების გამოცდილება სხვადასხვა პირობებში, როგორც იგდანიტის, ასევე კონცენტრირებული წყალშემცველი ფეთქებადი ნარევების გამოყენებისას, მიღებული შედეგები და ის გარემოება, რომ საქართველოს ბაზარზე მოიპოვება ხსენებული ფეთქებადი ნივთიერებების კომპონენტები, დამაჯერებლად მეტყველებენ ჩვენს პირობებში მათი დამზადებისა და გამოყენების მიზანშეწონილობაზე. ამასთან, აგ-დს ტიპის ნარევეში არატრადიციული ნივთიერების დამატებით შეიცვალოს მათი ენერგეტიკული მახასიათებლები და გაიზარდოს მისი გამოყენების არე. ასევე გამარტივდეს წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერების დამზადების ტექნოლოგია და გაიზარდოს წყალმედეგობა, რათა წყლიანი ჭაბურღილების დამუხტვისას არ შეიქმნას დამატებითი ღონისძიებების გამოყენების აუცილებლობა.

აქედან გამომდინარე, ასეთი სახის ფეთქებადი ნივთიერებების დეტონაციური მახასიათებლების და წყალმედეგობის გაზრდის მეცნიერულ საფუძვლებს და დამზადების ტექნოლოგიას დიდი მნიშვნელობა აქვს.

**სადოქტორო ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს** საქართველოს ბაზარზე არსებული ნედლეულით უმარტივესი ფეთქებადი ნარევების შექმნა, როგორც მშრალი ასევე წყლიანი ჭაბურღილებისათვის. ახალად შექმნილ ფეთქებად ნარევებში შემავალი კომპონენტების თანაფარდობის გავლენის

შესწავლა ქანის მსხვრევის ხარისხზე. ასევე წყალშემცველი ნარევის წყალმდეგობის დადგენა, მათი დეტონაციური და ენერგეტიკული მახასიათებლების შესწავლა, ამის საფუძველზე ფეთქებადი ნარევის ეფექტურად გამოყენების არის დადგენა, რომელიც უზრუნველყოფს ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესებას სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების საქმეში.

**კვლევის შესასრულებლად საჭირო მეთოდთა.** დასახული მიზნის მისაღწევად სამუშაოში გამოყენებულ იქნა კვლევის კომპლექსური მეთოდები, რომლებიც მოიცავენ: უცხოელი სპეციალისტების პრაქტიკის ანალიზს, თეორიულ კვლევებს, ექსპერიმენტებს ლაბორატორიულ, პოლიგონურ და სამრეწველო პირობებში, ასევე ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ანალიზს. მონაცემების დამუშავება ხდებოდა მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებით.

**ნაშრომში დასაცავი მეცნიერული დებულებები.** უმარტივესი ტიპის ფეთქებადი ნივთიერებებით ქანის მსხვრევის მექანიზმის შესწავლა, რომლებიც დაფარულია პროცესებით და თან ახლავს აფეთქებებს, შეუძლებელია დეტონაციური და ენერგეტიკული მახასიათებლების, მუხტის კონსტრუქციის, ინიცირების პირობის, ქანების ფიზიკურ-მექანიკური და მასივის დაბზარულობის, მასივის გაწყლოვანების კომპლექსურად განხილვის გარეშე.

- ბზარწარმოქმნის ზონა და მსხვრევის ხარისხი დამოკიდებულია უმარტივესი ტიპის ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგეტიკულ და დეტონაციურ მახასიათებლებზე;
- ქანის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე და მასივის გაწყლოვანების ხარისხზეა დამოკიდებული კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენების არე;
- კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების მუხტების ინიცირებისათვის აუცილებელია დამრტყმელი ვაზნის მასის კორექტირება

ამ ფეთქებადი ნარევის ტემპერატურის მიხედვით. რაც დაბალია ნარევის ტემპერატურა მით დაბალია მგრძობიარობა;

- მშრალ ჭაბურღილებში, საშუალო სიმაგრის ქანების ასაფეთქებლად მიზანშეწონილია აგ-დს-ში სხვადასხვა ფრაქციებად დამსხვრეული ქვანახშირის ან 84 %-იანი  $MnO_2$ -ის, მანგანუმის დამატება.
- როდესაც ასაფეთქებელ ჭაბურღილებში წყლის სვეტის სიმაღლე არ აღემატება 2 მეტრს მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას ფეთქებადი ნივთიერების ნარევი 25/75-ზე. ხოლო როდესაც წყლის სვეტი 2 მეტრზე მეტია 40/60 და 50/50 -ზე.

**სამუშაოს მეცნიერული სიახლე.** შეიქმნა უმარტივესი ტიპის წყალშემცველი კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების კომპოზიციები. შესწავლილი იქნა ამ კომპოზიციებით შექმნილი ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგეტიკული და დეტონაციური მახასიათებლები, დადგენილი იქნა ქანის ფიზიკურ მექანიკური თვისებების და მასივის გაწყლოვანების ხარისხის დამოკიდებულება კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენების არეზე. გაუმჯობესდა აგ-დს-ის ტიპის ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგეტიკული მაჩვენებლები.

#### **სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება:**

- ორ კომპონენტთან აგ-დს-ში მესამე კომპონენტის  $MnO_2$ -ს ან სხვადასხვა ფრაქციის ქვანახშირის დამატება, როგორც დამატებითი დამჭანგველი ნივთიერება, იწვევს ამ ფეთქებადი ნარევის ენერგეტიკული მაჩვენებლის გაზრდას.
- ემულსიის წყალმდეგობის უზრუნველყოფა მისი წყლის სვეტში გავლისას და წყალში ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ყოფნისას, შესაძლებელია მისი სტრუქტურით, მაგნაფლოკ 10-ის და ნატრიუმ სილიკატის მეშვეობით.

- შემუშავებულია ახალი კონცენტრირებული წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერების დასამზადებლად საჭირო ემულსიის ფორმულა, რომელიც უზრუნველყოფს მაგარი ქანების გაწყლოვანებული ჭაბურღილების აფეთქების მაღალ ხარისხს.
- შემუშავებულია სხვადასხვა პროცენტული რაოდენობის 25/75, 40/60, 50/50-ზე აგ-დს-ის დამატება ემულსიაზე რომლითაც იქმნება სხვადასხვა სიმკვრივის ფეთქებადი ნივთიერება.
- შემუშავებულია კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერების დამრტყმლი ვაზნის მასის სიდიდე, ამ ფეთქებადი ნივთიერების ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით.
- დამუშავებულია ახალი კონცენტრირებული ნივთიერების ემულსიის დამამზადებელი ტექნოლოგიური სქემა.

**სამუშაოს გამოყენების სფერო:** შექმნილია ახალი კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერების ემულსიის დასამზადებელი ტექნოლოგიური სქემა. რეკომენდაცია მიეცათ ღია სამთო სამუშაოების საწარმოებს, ამ სქემის საფუძველზე შეექმნათ მარტივი საწარმო. დანერგილი იქნას შექმნილი წყალმედეგი ფეთქებადი ნივთიერება სამთო საწარმოებში, რომელიც უზრუნველყოფს ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესებას სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების საქმეში.

დისერტაციის ძირითადი დებულებები გამოქვეყნებულია სამ სტატიაში და ერთ კონფერენციაში.

**სამუშაოს მოცულობა:** დისერტაცია შედგება შესავალისა და ოთხი თავისაგან, დასკვნებისა და რეკომენდაციებისაგან და მოიცავს 104 გვერდს, 22 ცხრილს; 10 ნახაზს, დასკვნებს და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას.

## სამუშაოს შინაარსი

### 1. უმარტივესი ტიპის სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების თანამედროვე ასორტიმენტი და მათი გამოყენების პირობები

ამჟამად, მსოფლიოს სამთამადნო მრეწველობაში გამოიყენება ორი კლასის ფეთქებადი ნივთიერებები (ფნ): 1. ამონიუმის გვარჯილისა და თხევადი ნავთობ პროდუქტების ნარევი (აგ-დს); 2. წყალშემცველი ფეთქებადი ნარევი (წფნ). ორივე კლასის ფეთქებადი ნივთიერებები განეკუთვნებიან უმარტივესი ფეთქებადი ნარევი (უფნ) ჯგუფს.

როგორც ცნობილია ამონიტებთან შედარებით, აგ-დს-ის აფეთქებისას მეტია რეაქციის ზონის სისქე, რაც იწვევს დეტონაციის ტალღის ფრონტზე წნევის შემცირებას და დასანგრევ გარემოზე აფეთქების მოქმედების ხანგრძლივობის გაზრდას. დეტონაციის ფრონტზე წნევის შემცირების შედეგად კლებულობს მუხტის მახლობლობაში ქანის დაქუცმაცების ზონა რის ხარჯზეც მატულობს აფეთქების საერთო მუშაობა, ხოლო გარემოზე აფეთქების ზემოქმედების ხანგრძლივობის გაზრდა აუმჯობესებს ქანის მსხვრევის ხარისხს.

დღეისათვის აგ-დს-ის გამოყენების მოცულობა საზღვარგარეთის რიგ ქვეყნებში საკმაოდ დიდია. მაგალითად, საფრანგეთში იგი შეადგენს წარმოებული ფეთქებადი ნივთიერებების საერთო რაოდენობის 42 %-ის, გერმანიაში 53 %-ს, იაპონიაში 58 %-ს, ხოლო აშშ-ში მთელი სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების თანამედროვე ასორტიმენტის 85 %-ს. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მიზნისათვის იყენებენ ფორებიან გვარჯილას.

მიუხედავად იმისა რომ საქართველოს გააჩნია აგ-დს-ის ორივე კონპონენტი, ჩვენთან ფეთქებადი ნარევის გამოყენების მოცულობა მთელი მოხმარებული ფეთქებადი ნივთიერებების რაოდენობის მხოლოდ 30 %-ს შეადგენს.



საქართველოში, რუსთავის აზოტის ქიმიურ ქარხანაში დამზადებული გვარჯილა ემსახურება ძირითადად სოფლის მეურნეობის მოთხოვნებს. მისი გრანულის დიამეტრია  $1\div 3$  მმ, ხოლო მარცვლის სიმკვრივე  $1,6$  გ/სმ<sup>3</sup>, ნაყარის სიმკვრივე კი  $0,85-0,9$  გ/სმ<sup>3</sup>.

ამ სახის გვარჯილას არ გააჩნია ფორები, შესაბამისად დიზელის საწვავის შეთვისების რაოდენობა არ აღემატება  $3-3,5$  %-ს.

მ.კუკის თეორიის თანახმად დეტონაციის სიჩქარე დამოკიდებულია ნივთიერების იმ რაოდენობაზე, რომლებიც რეაგირებენ დეტონაციის ფრონტზე. მუხტის დიამეტრის გაზრდასთან ერთად იზრდება დეტონაციის ფრონტის სიგმე და შესაბამისად იზრდება რეაგირებული ნივთიერებების რაოდენობა, რაც თავისთავად იწვევს დეტონაციის სიჩქარის ზრდას. შედარებით მაღალი სიჩქარეებისას აგ-დს-ის დეტონაციის სიჩქარე ახლოსაა მის იდეალურ სიჩქარესთან, ამიტომ ისინი ნაკლებადაა დამოკიდებული მუხტის დიამეტრზე.

გრანულირებული გვარჯილის მარცვლის ფორები ასრულებენ მაღალტემპერატურიან „ცხელი წერტილების“ ფუნქციას. ფეთქებადი წვის თეორიის თანახმად, გვარჯილის მარცვლების თერმული დაშლა და გაზიფიკაცია მათი ზედაპირიდან იწყება, ხოლო მარცვლის შიგნით მიმდინარეობს მასში მოქცეული ჰაერის ბუმტულის ადიაბატური კუმშვა. ე.ი. ფეთქებადი ნივთიერებების ინიცირებისას მიმდინარეობს მექანიკური ენერგიის გარდაქმნა სითბურ ენერგიად, რომელიც კონცენტრირდება მცირე უბნებად ე.წ. „ცხელი წერტილების“, წარმოქმნის  $85$  % მოდის მარცვლის შიგნით არსებული ჰაერის ბუმტულაკებზე, ხოლო  $15$  % მარცვლის ზედაპირზე. ასევე ექსპერიმენტულად დამტკიცებულია, რომ ფეთქებადი ნივთიერების მყარი ნაწილაკები იწვის აფეთქების პროდუქტების გაფართოვებულ ნაწილში, რომელიც დეტონაციის ტალღას უკან მიჰყვება, როგორც უწყვეტი ნაკადი. ფეთქებადი ნივთიერების ნაწილაკების იმ ნაწილის წვის სიჩქარე, რომელიც გარშემორტყმულია

აფეთქების პროდუქტებით, დამოკიდებულია ამ პროდუქტების ტემპერატურაზე და წნევაზე.

აქედან გამომდინარე, გვარჯილის ცალკეული მარცვლის სიმკვრივის გაზრდა იწვევს მის შიგნით სიცარიელის შემცირებას, რაც იწვევს შესაბამისად ცხელი წერტილების რაოდენობის შემცირებას, ეს უკანასკნელი კი ამცირებს მარცვლის ქიმიურ დაშლას და დეტონაციის სიჩქარეს.

აშშ-ში მიღებული კლასიფიკაციით, თუ წყალშემცველი შედგენილობები სენსიბილიზებულია ფეთქებადი ნაერთებით (ტროტილი; უკვამლო დენთი და სხვ.), მათ წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებები (წფნ) ეწოდებათ. ხოლო თუ ისინი კავსულ დეტონატორის მიმართ მგრძობიარობას არ იჩენენ და ამასთან, საწვავი კომპონენტები ფეთქებადი არ არის (ალუმინი, გოგირდი, მყარი ან თხევადი ნახშირწყალბადები და სხვ.), მაშინ მათ უმარტივესი წყალშემცველი ფეთქებადი ნარევები (უწფნ) ჰქვიათ.

ტრადიციულ წყალშემცველ ფეთქებად ნარევებს დადებით თვისებებთან ერთად მნიშვნელოვანი უარყოფითი მხარეებიც გააჩნიათ: მრავაკომპონენტურობა, რაც ართულებს მათ დამზადების ტექნოლოგიას და მაღალი ღირებულება (აგ-დს-თან შედარებით მათი ღირებულება 5-6-ჯერ მეტია). ზემო ხსენებულმა ნაკლოვანებებმა შეაფერხეს ამ ტიპის ფეთქებადი ნარევების ფართო გავრცელება და განაპირობეს მათი სრულყოფის აუცილებლობა.

ემულსიური ფეთქებადი ნივთიერებები დაფუძნებულია „წყალი-ზეთში“ ტიპის ემულსიაზე. ემულსიური ფეთქებადი ნივთიერებები ძირითადად შედგებიან არაორგანული მჟანგავის ნაჯერი ხსნარისაგან, რომელიც წყლის წვეთების სახით დისპერსირებულ ფაზას წარმოადგენენ და თხევადი საწვავისაგან უწყვეტ ფაზას. მჟანგავად უმეტეს შემთხვევაში გამოყენებას პოულობს ამონიუმის გვარჯილა ან ეს უკანასკნელი სხვა გვარჯილებთან კომბინაციაში. ნარევებში დამჟანგავისა და წყლის ოპტიმალური შემცველობაა შესაბამისად 60-85 % და 8-16 %. თხევად

საწვავად ჩვეულებრივ ორგანული სათბობი (მინერალური ზეთები, დიზელის სათბობი და სხვ.) ან მათი ნარევი გამოიყენება. თხევადი საწვავის ოპტიმალური რაოდენობა 3-7 %-ის ფარგლებში ცვალებადობს. ენერგეტიკული მახასიათებლების გაზრდის მიზნით, ემულსიურ ფეთქებად ნივთიერებებს ზოგჯერ მყარ საწვავს უმატებენ (გოგირდი, ალუმინის ფხვნილი და სხვა). დამქანგავის ხსნარის წვრილი წვეთების თანაბარი განაწილების მიზნით, საწვავის უწყვეტ ფაზაში შეჰყავთ ემულგატორი. იგი ემულსიური ფეთქებადი ნივთიერებების უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია. ვინაიდან ისეთ პირობებში, როდესაც უწყვეტი ფაზის კუთრი მოცულობა მხოლოდ 5-7 % შეადგენს, ხოლო დისპერსიული ფაზა 93-95 % აღწევს, ემულგატორის ეფექტურობაზე დამოკიდებული „წყალი-ზეთში“ ტიპის ემულსიის სტაბილურობა.

საქართველოს კარიერებზე გაწყლოვანებული სანგრევისათვის გამოიყენება (140 მმ დიამეტრის და 520 მმ სიგრძის) დავაზნული ფეთქებადი ნივთიერება „გეონიტი“, რომელსაც ამზადებს მარნეულის რაიონში არსებული თურქული ფირმა „გეო-ნიტრო“. ამ ფეთქებადი ნივთიერების ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს ადგილობრივ ბაზარზე არსებული ნედლეული (ამონიუმის გვარჯილა 80-85 %, დიზელის საწვავი 5-6 % და სხვა.) ასევე ცნობილია, რომ დავაზნული ფეთქებადი ნივთიერება (ჭაბურღილის დიამეტრში თავისუფლად ჩასვლის პირობიდან გამომდინარე) ვერ უზრუნველყოფს სამუხტი კამერის მოცულობის სრულ გამოყენებას (დაახლოებით 20 %-ით მცირდება ჭაბურღილის მოცულობის გამოყენება), რაც შესაბამისად ამცირებს ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების ეფექტურობას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ერთი ტონა „გეონიტის“ ღირებულება 1070 აშშ დოლარს შეადგენს.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნული და ის, რომ საქართველოს ბაზარზე მოიპოვება, როგორც აგ-დს-ის ასევე უწყენ-ის დასამზადებლად საჭირო კომპონენტები, საფუძველს გვაძლევს, მიზანშეწონილად მივიჩნიოთ ადგილზე დამზადდეს გადიდებული სიმძლავრის აგ-დს-ის ფეთქებადი

ნარეგები (ნარეგში საწვავისა და არატრადიციული დამჟანგველი რაოდენობის გაზრდით). ასევე წყალშემცველი ფეთქებადი ნარეგები (კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებები), რომელთა გამოყენებამ არ მოითხოვოს წყლიანი ჭაბურღილების დამუხტვისას დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება. მაგალითად, დამუხტვა წყლის სვეტის ქვეშ, დამუხტვის წინ ჭაბურღილის ამოშრობა ან გადიდებული სიმტკიცის სახელოების გამოყენება, სადაც ეს უკანასკნელი ამცირებს ფეთქებადი ნივთიერებების მოცულობით კონცენტრაციას.

ზემო აღნიშნულიდან გამომდინარე, ახალი დანამატებით შექმნილი აგ-დს-ის და უფწნ-ის ნარეგებით, სხვადასხვა სიმაგრისა და სხვადასხვა ხარისხით გაწყლოვანებული ჭაბურღილების ქანის მსხვრევის ხასიათის შესწავლა და ამ ნარეგების გამოყენების ოპტიმალური არის დადგენა წარმოადგენს აქტუალურ საკითხს.

ამასთან დაკავშირებით, წინამდებარე სამუშაოს ძირითად ამოცანებს წარმოადგენს :

1. უმარტივესი ტიპის აგ-დს-ში ახალი ტიპის დანამატის გამოყენების შესაძლებლობა მისი ენერგეტიკული გაუმჯობესების მიზნით;
2. უფწნ-ში ახალი ტიპის შემასქელებლისა და სტრუქტურის შემქმნელი ნივთიერებების გამოყენების შესაძლებლობა, რომელიც უზრუნველყოფს ფეთქებადი ნივთიერების სტრუქტურის შენარჩუნებას, როგორც ჭაბურღილის წყლის სვეტში გავლისას, ასევე მისი ხანგრძლივი დროით წყალში ყოფნისას;
3. აგ-დს-ის და უფწნ-ის დეტონაციის პირობების დადგენა წლის სხვადასხვა პერიოდისათვის, როგორც შუალედი დეტონატორი, ფეთქებადი ნივთიერება „პოვერჟელ-მანგანუმის“ გამოყენებისას;
4. ახალი დანამატებით შექმნილი აგ-დს-ის და უფწნ-ის ენერგეტიკული მახასიათებლების შესწავლა და მათი გავლენა ქანის მსხვრევის მექანიზმზე;

5. ახლად შექმნილი აგ-დს-ის და უფწნ-ის გამოყენებისას გამოყენების არის დადგენა.

## 2. ექსპერიმენტალური სამუშაოების მეთოდოლოგია

მარტივი ტიპის ფეთქებადი ნივთიერების აფეთქების თეორიაში ცნობილია, რომ ორ კომპონენტური ნარევის აფეთქების მოქმედების ხარისხი დამოკიდებულია ამ ნარევიდან დამჟანგველისა და საწვავის პროპორციულ თანაფარდობაზე გარკვეულ ზღვრამდე. ცნობილია, რომ ასეთი ტიპის ფეთქებად ნარევი მესამე კომპონენტის დამატებით (მაგალითად ალუმინის ფქვილი) ფეთქებადი ნივთიერების დეტონაციური და ენერგეტიკული მახასიათებლები მკვეთრად იზრდება. ასევე მკვეთრად იზრდება მისი ღირებულება.

დადგენილია, რომ მაღალ წნევაზე დამზადებული ამონიუმის გვარჯილა, რომლის მარცვლებს არ გააჩნიათ ფორები ვერ უზნურველყოფენ საწვავის რაოდენობის შეთვისებას, რაც ამცირებს აგ-დს-ის ტიპის ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგეტიკულ მაჩვენებლებს.

აღნიშნულიდან გამომდინარე მიზნად დავისახეთ, აგ-დს-ის ტიპის ფეთქებადი ნივთიერების ენერგეტიკული და დეტონაციური მახასიათებლების გაზრდის მიზნით, ნაცვლად ალუმინის ფქვილისა შეგვესწავლა აგ-დს-ში განსაზღვრული ფრაქციების ქვანახშირის, გოგირდის, მანგანუმის მადნის 84 %-იანი  $MnO_2$ -ის გამოყენების შესაძლებლობა, როგორც დამატებითი საწვავის და ამავე დროს მაღალი სიმკვრივის ამონიუმის გვარჯილის გამოყენების შემთხვევაში მეტი რაოდენობის საწვავის შემკავებელი.

დასახული ამოცანის გადასაწყვეტად, მეთოდოლოგიაში გათვალისწინებული იქნა აგ-დს-ში სხვადასხვა ფრაქციების და პროცენტული შემადგენლობის ქვანახშირის და მანგანუმის მადნის 84 %-

იანი  $MnO_2$ -ის შემცველი მუხტების აფეთქებით მიღებული შედეგების კვლევა.

ქვანახშირის გამოყენების შესასწავლად ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა პოლიგონურ პირობებში შპს „ჰაიდელბერგცემენტის“ სასახორის კირქვის კარიერზე, სადაც ასაფეთქებელი ჭაბურღილების დიამეტრები 100 მმ-ია. ახალი ტიპის აგ-დს-ის აფეთქების მახასიათებლის გარე მუხტების უკეთ შესწავლის მიზნით შერჩეული იქნა ასაფეთქებელ ჭაბურღილთნ მიახლოებული 100 მმ დიამეტრის პლასტმასის მილები, რომელთა კედლის სისქე 15 მმ-ია.

ქვანახშირის შემცველ მუხტებზე ექსპერიმენტები ჩატარდა ორ ეტაპად პირველ შემთხვევაში პოლიეთილენის მილში ვსაზღვრავდით დეტონაციის სიჩქარეს. გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერებები დამზადდა 2 % და 5 % ქვანახშირის შემცველობით. მიღებული შედეგების შედარება მოხდა კარიერზე ჭაბურღილების ასაფეთქებლად გამოყენებულ აგ-დს-თან. ყველა ექსპერიმენტისათვის მუხტის წონა იყო თანაბარი 5კგ ხოლო მუხტის სიგრძე 0.6 მ. მუხტების ინიცირება მოხდა სადეტონაციო ზონარით და 0.250 კგ „პოვერჯელ მაგნიუმის“ შუალედი დეტონატორით. მუხტის დაცობა ხდებოდა ჭაბურღილის ნაბურღით 0.4 მ სიმაღლეზე. უნდა აღინიშნოს რომ, არსებულ აგ-დს-სა და ჩვენს მიერ შეთავაზებულ სამ კომპონენტთან აგ-დს-ს შორის დეტონაციის სიჩქარე არ შეცვლილა და შეადგენდა 2800 მ/წმ-ს.

ექსპერიმენტის მეორე ნაწილი მოიცავდა აღნიშნული მუხტების ენერგეტიკული მაჩვენებლების შესწავლას მატრწარმოქმნის მეთოდით. რისთვისაც კირქვის მასივში შერჩეული იქნა შედარებით ერთგვაროვანი გარემო.

მანგანუმის შემცველი მუხტების აფეთქება ხდებოდა 200მმ დიამეტრის და 25 მმ სისქის პოლიეთილენის მილში. გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერებები მზადდებოდა 2,4,6,8 და 10 % მანგანუმის

შემცველობით. მიღებული შედეგების შედარება მოხდა კარიერზე ჭაბურღილის ასაფეთქებლად გამოყენებულ აგ-დს-თან. ყველა ექსპერიმენტისათვის მუხტის წონა იყო თანაბარი და შეადგენდა 28კგ-ს, ხოლო მუხტის სიგრძე 1000 მმ-ს. მუხტების ინიცირება ხდებოდა სადეტონაციო ზონარით და 0.5 კგ „პოვერჟელ მაგნუმის“ შუალედ დეტონატორით.

ჩატარებული ექსპერიმენტები საკმაოდ დამაჯერებლად ამტკიცებს 83-84 %-იან პეროქსიდისა მადნის ფქვილის გამოყენების შესაძლებლობებს სამკომპონენტის აგ-დს-ის ენერგეტიკული მახასიათებლების გაზრდის მიზნით.

ექსპერიმენტებიდან ასევე ირკვევა რომ ეტალონად მიღებულ ორ კომპონენტის აგ-დს-სთან შედარებით სამ კომპონენტის აგ-დს, რომლის შემადგენლობაში 2 %-ის ოდენობით დამატებულია 4-8 მმ ფრაქციის ქვანახშირი ძაბრწარმოქმნის შედეგებს აუმჯობესებს 15-20 % ით.

ემულსია წარმოადგერნს ამონიუმის გვარჯილის ნაჯერ ხსნარში ემულგირებულ დიზელის ზეთს, „წყალი-ზეთში“.

მეთოდისაში გათვალისწინებულია ემულსიის დამზადება მაღალ კონცენტრირებული (80-85 %) ამონიუმის გვარჯილის ნაჯერ ხსნარში სხვადასხვა მარკის დიზელის ზეთების ემულგირებით. ამ უკანასკნელზე დამოკიდებულია ემულსიის სიბლანტე და სიმკვრივე, ექსპერიმენტისათვის გამოყენებული იქნა ნახშირწყალბადების ნაერთები, მძიმე დიზელის ზეთებიდან პარაფინის შემცველ ზეთებამდე.

ნაჯერ ხსნარში ზეთის ემულგირება მოხდა მაღალი ზედაპირული აქტივობის მქონე ნივთიერებით. პირველ შემთხვევაში, საპონის მრეწველობაში გამოყენებული ოქსიეთილირებული ფენოლით (OII-5), მეორე შემთხვევაში  $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$  სამატაომიან სპირტზე დამზადებული გლიცერინის ეთერით.

მაღალი კონცენტრაციის ნაჯერ ხსნარში, სხვადასხვა მარკის ზეთების (AC-4, AC-8, ინდუსტრიული ზეთი და 15W40) ემულგირებით მივიღეთ ემულსიები. რომელთა გამოცდაც მოხდა ლაბორატორიულ პირობებში. გამოცდა ხდებოდა ემულგაციის ხარისხზე, ემულსიის სიმკვრივეზე და მის კონსინსტენციაზე გაცივების ტემპერატურული რეჟიმის მიხედვით, ასევე წყალმედეგობაზე.

როგორც ცნობილი, ემულსიის აფეთქების უნარი დამოკიდებულია დამჟანგველის და საწვავის ფაზების მდგომარეობაზე. ისინი აუცილებლად უნდა იყოს თხევადი. ზემოთ ჩამოთვლილ ზეთებზე დამზადებული ემულსიების დამჟანგველი და საწვავი ფაზის მდგომარეობა დამოკიდებულია ემულსიის გაცივების სიჩქარეზე. ემულსიის სწრაფად გაცივებისას ხდება ნიტრატების ხსნარის კოაგულაცია შედარებით დიდ წვეთებად და მათი კრისტალიზაცია.

ცნობილია, რომ ოქსიეთილირებული ფენოლით ემულგირებული ემულსიები მდგრადობას ინარჩუნებს 48 სთ-ის განმავლობაში. შემდეგ იწყებს თანდათანობით გაყოფას და სრული გაყოფა ხდება 7-8 დღე-ღამეში. დაკვირვების მინის მილის ზედა ნაწილში თავსდება ზეთი, ხოლო ქვედა ნაწილში თეთრი ფერის გაკრისტალებული ამონიუმის გვარჯილა. გლიცერინის ეთერით ემულგირებულ ემულსიებზე დაკვირვება მიმდინარეობდა ოთხი თვის განმავლობაში. ამ პერიოდში ემულსიებმა შეინარჩუნა კარგი მდგრადობა, გაყოფას და ამონიუმის გვარჯილის კრისტალიზაციას ადგილი არ ჰქონია.

როგორც წესი, განსხვავებით სუსპენზიებისა და გელებისა, ემულსიას არც ასქელებენ და არც ჟელატინირებას უკეთებენ, რადგან ემულსიას არ აქვს ქიმიური სენსიბილიზატორები, მისი მგრძნობელობა, დეტონაციის უნარი და დეტონაციური სტაბილურობა, ასევე მისი სიმკვრივე დამოკიდებულია ემულსიაში ფიზიკური ან ქიმიურ გზით შეყვანილი ჰაერის ბუმტულაკების შემცველობაზე.



ჩვენს მიერ დამზადებული ემულსიების გამოცდამ წყალმედეგობაზე ლაბორატორიულ პირობებში დაგვანახა რომ ვერც ერთი ემულსია წყლის სვეტში გავლისას ვერ ინარჩუნებს მდგრადობას. წყლის სვეტში გავლისას ხდება ემულსიაში წყლის შეღწევა და ემულსიის გაყოფა.

ემულსიის წყალმედეგობის მისაღწევად მივმართეთ ემულსიის სტრუქტურირებას ნატრიუმსილიკატით და ემულსიის შესქელებით. შესქელებას ვახდენდით ერთ შემთხვევაში სუფთა კარბოქსიმეთილცელულოზით (კმც) და მეორე შემთხვევაში მაღალპოლიმერულ ფლოკულარით მაგნაფლოკ 10-ით. გამოცდები მიმდინარეობდა ლაბორატორიულ პირობებში. უნდა აღინიშნოს, რომ მაღალპოლიმერული მაგნაფლოკ-10 ფეთქებადი ემულსიის დამზადების საქმეში ჩვენს მიერ პირველად იქნა გამოყენებული.

გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ შემასქელებლად გამოყენებული კმც-ს შემთხვევაში ემულსია ინარჩუნებს მდგრადობას წყლის სვეტში გავლისას, როდესაც კმც-ს რაოდენობა ემულსიაში შეადგენს 3,7-4 %-ს. ამავე დროს ემულსია ხდება მაგარი და ირღვევა მისი ძირითადი პრინციპი, საწვავის და დამქანგველის ფაზები არ იმყოფება თხევად მდგომარეობაში. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ კმც ემულსიას კრავს ერთი მიმართულებით. მაღალპოლიმერული მაგნაფლოკ 10-ით ემულსიის მასა იკვრება ყველა მიმართულებით, ხდება ბლანტი, წელვადი და მას გააჩნია უნარი ემულსიის ორივე ფაზა შეინარჩუნოს თხევად მდგომარეობაში.

კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ წყლის სვეტში გავლისას ემულსია ინარჩუნებს მდგრადობას, როდესაც სტრუქტურის შემქნელი ნატრიუმსილიკატის და შემასქელებელი მაგნაფლოკ 10-ის ოპტიმალური რაოდენობა შესაბამისად შეადგენს 0,15 და 0,2 %.

ემულსია არ წარმოადგენს ფეთქებად ნივთიერებას მანამ, სანამ მასში ფიზიკური ან ქიმიური გზით შეყვანილი არ იქნება ჰაერის ბუმბულაკები.

შესაძლებელია ემულსიაში ჰაერის ბუმტულაკების შეყვანა მიკრო ფორების ან ფოროვანი ნივთიერებების ფხვნილის საშუალებით (მაგ. პერლიტის ფხვნილი, მინის ბურთულები და სხვ.) რომლის რაოდენობამ არ უნდა გადააჭარბოს წონის 4 % -ს.

ლაბორატორიულ პირობებში შესწავლილ იქნა ჰაერის ბუმტულაკებიანი ნატრიუმსილიკატით და მაგნაფლოკ 10-ით სტრუქტურირებული ემულსია. ემულსიაში ჰაერის ბუმტულაკების შეყვანა ხდებოდა: - ერთ შემთხვევაში კომპრესორის და მაღალი სიმკვრივის მქონე ფილტრის ქსოვილის საშუალებით, სადაც კომპრესორის წნევა იყო 6 ატმ, ხოლო ფილტრის ქსოვილის ფორების დიამეტრი არ აღემატებოდა 4 მიკრონს; მეორე შემთხვევაში 20 მიკრონამდე დაფქვილი და აფუებული პერლიტის ფხვნილის საშუალებით. ექსპერიმენტები ჩატარდა 100 მმ დიამეტრის და 2000 მმ სიგრძის წყლიან მილში. მილში ისხმება ჰაერის ბუმტულაკებით გაჯერებული ემულსია იმ მოცულობით, რომ წყლის სვეტის გავლის შემდეგ ემულსია მინის მილში იკავებს სიგრძის 0.5-ს, ხოლო დანარჩენ ნაწილს - წყალი. ამავე ხერხით მოხდა 2-6 %-იანი პერლიტის ფხვნილის შერეული ემულსიის შესწავლა. დაკვირვება მიმდინარეობდა განუწყვეტლივ, ემულსიის დეგაზაციის ინტენსივობაზე დროში.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ემულსიის სიმკვრივე დამოკიდებულია მასში შეყვანილი ჰაერის ბუმტულაკების რაოდენობაზე. ჰაერის ბუმტულაკების შეყვანის შემდეგ ემულსიის სიმკვრივე შემცირდა 1.31 გ/სმ<sup>3</sup>-დან 1.2 გ/სმ<sup>3</sup>-მდე, ხოლო 4 %-იანი პერლიტის ფხვნილის შეყვანის შემდეგ ემულსიის იგივე სიმკვრივე შემცირდა 1.26 გ/სმ<sup>3</sup>-მდე. გამოირკვა ასევე, რომ სტრუქტურირებული ემულსიის წელვად, ბლანტ მასას უნარი შესწევს ასეთ მცირე მოცულობაში, შეინარჩუნოს ჰაერის ბუმტულაკები 1 საათის განმავლობაში. პირველი 5-6 წუთის განმავლობაში ემულსიიდან ჰაერის ბუმტულაკების მოძრაობა წყლის სვეტში შესამჩნევია, შემდეგ ეს პროცესი მიმდინარეობს ძალიან ნელა, დაახლოებით 1 ბუმტულაკი წამში. 2

საათის შემდეგ კი ემულსიის მორევისას ჰაერის ბუმტულაკების ინტენსივობა იზრდება. უნდა ვივარაუდოდ, რომ ეს ბუმტულაკები არის ჰაერისა და არა ამონიუმის გვარჯილის წყალში გახსნის შედეგად გამოყოფილი ბუმტულაკები. რადგან წკირით მორევის შედეგად არ მოხდა ემულსიის გაყოფა და ემულსიიდან ზეთის გამოყოფა. ე.ი. ემულსიაში დამჟანგველის ყველა წვეთი საიმედოდაა გახვეული საწვავის თხელ აკვში და დამჟანგველს წყალთან შეხების საშუალებას არ აძლევს.

**ჩატარებული ექსპერიმენტები საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ:** სტრუქტურირებულ ემულსიაში, წყლის სვეტის ქვეშ შენარჩუნებული ჰაერის ბუმტულაკები ასრულებენ სენსიბილიზატორის როლს და ემულსიის ინიცირებისას ხელს უწყობს ადიაბატურ პროცესს, ე.ი. მექანიკური ენერგია გარდაიქმნება სითბურ ენერგიად და წარმოიქმნება ეგრეთწოდებული „ცხელი წერტილები“, რაც თავის მხრივ უზრუნველყოფს ემულსიის საიმედო დეტონაციას.

კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერება წარმოადგენს ემულსიის და აგ-დს-ის ისეთ ნარევს, რომ ემულსიამ შეავსოს ამონიუმის გვარჯილის ბურთულებს შორის სივრცე. ასეთ შემთხვევაში ამონიუმის გვარჯილის მყარი ბურთულები კონცენტრირებულ ფეთქებად ნივთიერებაში ასრულებენ სენსიბილიზატორისა და სიმკვრივის რეგულატორის როლს.

კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებები მზადდებოდა სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის (მრიცხველში-ემულსია, მნიშვნელში- აგ-დს), 25/75; 40/60; 50/50 და შესაბამისად 1.27; 1.30; 1.32 გ/სმ<sup>3</sup> სიმკვრივის.

ნარევების კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ აგ-დს-ში 25% ემულსია სრულად ავსებს გვარჯილის ბურთულებს შორის სივრცეს, ხოლო ემულსიის პროცენტული რაოდენობის გაზრდისას (40, 50 და 75 %) მაღალპოლიმერული შემასქელებლის მაგნაფლოკ 10-ის ბლანტი წებოვნების თვისებიდან გამომდინარე, გვარჯილის ბურთულების ემულსიაში

დალექვას ადგილი არ ქონია. ფეთქებად ნარევს უნარი შესწევს შეინარჩუნოს თავდაპირველი ტექსტურა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

ლაბორატორიულ პირობებში მიმდინარეობდა, სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის კონცენტრირებულ ფეთქებად ნივთიერებაში, მყარი ამონიუმის გვარჯილის ბურთულების დალექვის სიჩქარის განსაზღვრა დროში. დაკვირვებას ვახდენდით ვიზუალურად 180 მმ დიამეტრის და 1000 მმ სიგრძის პოლიეთილენის ცილინდრული ფორმის სახელოში.

გამოირკვა ასევე, რომ პოლიეთილენის სახელოში მოთავსებული კონცენტრირებული ფეთქებადი ნარევები 24 საათის შემდეგ მაგრდება და თითის დაწოლით არ განიცდის დეფორმაციას. იგივე სახელოს გაჭრისას ფეთქებადი ნივთიერების მასა რბილი და წებოვანია, გაჭრილი სახელოს ვერტიკალურად დაყენების შემთხვევაში ნარევი გადმოედინება. ასევე დადგინდა რომ საკმარისია სახელოზე ვიმოქმედოთ ზედმეტი ძალით მაგალითად ფეხის ტერფის დაჭერით ნივთიერება კვლავ რბილდება და ინარჩუნდებს სირბილეს ერთი დღე-ღამის განმავლობაში.

პოლიეთილენის სახელოში ფეთქებადი ნივთიერების გამაგრება აიხსნება ფეთქებადი ნარევისა და პოლიეთილენის გამყოფი ზედაპირის სიგლუვით და ამ ზედაპირზე მაღალპოლიმერული შემასქელებლის მაგნაფლოკ 10-ის შეჭიდულობის ძალების გაზრდით.

პოლიგონურ პირობებში ფეთქებადი ნივთიერების ფარდობითი მუშაუნარიანობის ექსპერიმენტული განსაზღვრა მოსახერხებელია ძაბრწარმოქმნის მეთოდის გამოყენებით.

ამ მეთოდით მუშაუნარიანობის საიმედო შეფასებისათვის საჭიროა გამოსაცდელი და ეტალონული ფეთქებადი ნივთიერებების აფეთქება მოხდეს ერთგვაროვანი თვისებების მქონე სამთო მასივებში.

ქანების დანგრევისათვის განკუთვნილი ფეთქებადი ნივთიერებების თვისებები ყველაზე უფრო სრულად შეიძლება დახასიათდეს ისეთი პარამეტრებით, როგორცაა დარტყმითი ტალღის ენერგია, დგუშური მოქმედების მუშაობა და აფეთქების იმპულსი. ზოგიერთი მკვლევარის მონაცემების თანახმად, დგუშურ მოქმედებაზე იხარჯება მთელი ენერგიის დაახლოებით 50 %, მაშინ, როდესაც დარტყმით ან ძაბვათა ტალღებში გადასული ენერგია არ აღემატება 15 %-ს, ამიტომ სხვადასხვა სახის ფეთქებადი ნარევებისათვის აფეთქების აიროვანი პროდუქტების დგუშური მოქმედების მუშაობის რაოდენობრივ შეფასებას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

ზემოაღნიშნულიდან ნათლად ჩანს, რომ ფეთქებადი ნივთიერებების ფარდობითი მუშაუნარიანობის განსაზღვრა ძაბრწარმოქმნის მეთოდით ნაკლები სიზუსტისაა, მაგრამ გაცილებით მარტივი და ადვილად განსახორციელებელია ლაბორატორიულ მეთოდებთან შედარებით (ტრაუცლის სინჯი, ბალისტიკური ქანაქარა და სხვ),

წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებების მგრძობიარობა ინიცირებაზე დამოკიდებულია ამ ნივთიერებების ტემპერატურაზე. როგორც წესი, ტემპერატურის აწევა იწვევს მგრძობიარობის გაზრდას და შესაბამისად ტემპერატურის დაწევა მგრძობიარობის შემცირებას, ინიცირების იმპულსზე. აქედან გამომდინარე, ფეთქებადი ნივთიერებების ინიცირებისას შესაძლებელია საჭირო გახდეს ინიციატორის სიმძლავრის კორექტირება.

კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების პოლიგონური გამოცდა ძაბრწარმოქმნის მეთოდით მიმდინარეობდა მარნეულში შ.პ.ს „ბაზალტის“ კარიერზე.

გამოსაცდელი კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებები, რომლებშიც სტრუქტურირებული ემულსიის და აგ-დს-ის პროცენტული შემადგენლობა შეადგენდა 25/75; 40/60 და 50/50, ხოლო მათი სიმკვრივე

შესაბამისად 1.27; 1.30 და 1.32 გ/სმ<sup>3</sup>. ჩამოსხმული იქნა 140 მმ დიამეტრის და 700 მმ სიგრძის პოლიეთილენის სახელოში. შესადარებლად, ეტალონურ ფეთქებად ნივთიერებად აღებული იქნა შ.პ.ს „გეონიტროს“ მიერ გამოშვებული წყალმდეგი ფეთქებადი ნივთიერება „გეონიტ-750“.

ექსპერიმენტები ჩატარდა გამოსაცდელი ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერებების ფარდობითი მუშაუნარიანობის განსაზღვრისათვის კარიერის შედარებით ხელუხლებელ უბანზე. ჭაბურღილების ბურღვა გახორციელდა 148 მმ დიამეტრი საბურღი გვირგვინით.

ექსპერიმენტები ჩატარდა სამ ეტაპად: პირველი - აფეთქება გატყორცნის მუხტებით, დამუხტვიდან ორ საათში, მეორე - დამუხტვიდან 6 საათში და მესამე - გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით შუალედური დეტონატორის (პოვერჟელ მაგნიუმის) სიდიდის დადგენაზე.

ექსპერიმენტების მაქსიმალური იდენტურობისთვის დაცული იყო აფეთქებისათვის საჭირო ყველა პარამეტრი გარდა გამოსაკვლევისა.

ჩატარებელი სამუშაოების საიმედო შეფასებისათვის თითოეული ექსპერიმენტი ჩატარდა სამჯერ. ბაზალტის მასივში, ექსპერიმენტალური სამუშაოებისათვის დაიბურდა 3 მეტრი სიგრძის 60 ჭაბურღილი. ფეთქებადი ნივთიერების ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით, შუალედური დეტონატორის სიდიდის დასადგენად ექსპერიმენტები ჩატარდა ზაფხულში და ზამთარში. ზამთარში ექსპერიმენტების ჩატარებისას ატმოსფერული ტემპერატურა იყო - 6°C.

### 3. უმარტივესი ტიპის ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგეტიკული მაჩვენებლების გაზრდისა და ახალი წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებების შექმნის ძირითადი წანამძღვრები

ცნობილია, აგ-დს-ში ძვირადღირებული ალუმინის პუდრის შერევა (35 %-მდე) ზრდის ფნ-ის ენერგეტიკულ მახასიათებლებს. ამავე დროს მნიშვნელოვნად აძვირებს მის ღირებულებას. ჩვენ მიზნად დავისახეთ ალუმინის პუდრის შეცვლა სხვა უფრო ხელმისაწვდომი და იაფი ნივთიერებებით მანგანუმის 84 %-იანი პეროქსიდით და სხვადასხვა ფრაქციის ქვანახშირით, ჩატარებული ექსპერიმენტული სამუშაოების საფუძველზე ნათლად ჩანს, რომ აგ-დს-ში დამატებით დამჟანგველად და არა ფოროვან გვარჯილაში დიზელის ზეთის და დიზელის საწვავის რაოდენობის 6 %-მდე გაზრდის მიზნით 4-8 მმ ფრაქციის ქვანახშირის 2 %-მდე და მანგანუმის მადნის, კერძოდ, 83-84 %-იანი დაფქვილი პეროქსიდის დამატებით იზრდება ფნ-ის ენერგეტიკული მაჩვენებლები.

როგორც ამ ანალიზიდან ჩანს ასეთი სახის აგ-დს-ში 2 %-მდე ქვანახშირის ან პეროქსიდის ფქვილის 4 დან 8 %-მდე დამატება ზრდის აფეთქების შედეგებს, ხოლო პეროქსიდის პროცენტული შემადგენლობის შემდგომი ზრდა შედეგებს ამცირებს. მაშასადამე, აგ-დს-ში როგორც პეროქსიდის ფქვილის ასევე ნახშირის ოპტიმალური რაოდენობის დამატების შედეგად მიიღწევა მისი ენერგეტიკული მახასიათებლების გაზრდა.

როგორც ცნობილია, ემულსიური ფეთქებადი ნივთიერებებით წყლიანი ჭაბურღილების დამუხტვა მოითხოვს სპეციალური ხერხების ჩატარებას, როგორცაა დამუხტვა ჭაბურღილის წყლის სვეტის ქვეშიდან, ჭაბურღილის წინასწარი ამოშრობა დამუხტვამდე, დამუხტვა პატრონირებული, წყალშეუღწევადი სახელოებით და სხვა.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე მიზნად დავისახეთ და შევქმენით საქართველოს ბაზარზე არსებული ნედლეულით ისეთი

ემულსიური კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებები, რომლებიც თავისი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით არ ჩამოუარდება მის ანალოგს და წყლიანი ჭაბურღილების დამუხტვისას არ მოითხოვს დამატებითი ღონისძიებების ჩატარების აუცილებლობას.

ემულსიური ფეთქებადი ნივთიერებები, ეფუძნება ემულსიებს „წყალი-ზეთში“, ისინი ძირითადად შედგებიან არაორგანული დამჟანგველის ნაჯერი ხსნარისაგან, წვრილი წვეთების სახით წარმოადგენენ დისპერსიულ ფაზას, ხოლო თხევადი საწვავი კი ქმნის უწყვეტ ფაზას. ჩვენს მიერ შექმნილმა ემულსიამ, რომლის შემადგენლობაშიც დამატებით შეგვყავს სრულიად ახალი პოლიმერი მაგნაფლოკ-10, სტრუქტურისა და ტექსტურის შემქმნელი ნივთიერებები ნატრიუმ სილიკატი ან ნატრიუმ ბორატი ხოლო ემულგატორად გლიცერინის ეთერი, საშუალება მოგვცა ფეთქებადი მასალის ჭაბურღილის წყლის სვეტში გავლისას არ დაშლილიყო, არ შერეოდა წყალს და დაეკავებინა თავისი ადგილი წყლის სვეტის ქვეშ.

ასეთი სახის ახლადშექმნილი ემულსიის კომპოზიციას წარმოადგენს:

ამონიუმის გვარჯილა	70-80 %
წყალი	8-16 %
მინერალური ზეთი	3-6 %
ემულგატორი	1-3 %
შემასქელებელი (პოლიმერი)	0.15 %
სტრუქტურის შემქმნელი	0.2 %

ასეთი სახით დამზადებული ემულსია წარმოადგენს არაფეთქებად ნივთიერებას, რომლის სიმკვრივე 1.30 გ/სმ<sup>3</sup>, ხოლო მისი ფიჭური სახე ქმნის თხელ ჯემის მაგვარ ოქროსფერ ან რუხ მასას.

მარტივი ტიპის წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერების კომპოზიცია და ტექნოლოგიურ ოპერაციათა თანმიმდევრობა, აღწერილია ჩვენს მიერ შედგენილი ტექნოლოგიური რუქის შესაბამისად.



#### 4. ფეთქებადი ნივთიერებების სამრეწველო გამოცდების

##### შედეგები

ახალი წყლმედეგი ფნ-ებ-ის ლაბორატორიულ და პოლიგონურ პირობებში მიღებული შედეგების ეფექტურობის შემოწმების მიზნით, სს „მადნეულის“ კარიერზე ჩატარებული იქნა სპეციალური ცდები, რამაც საშუალება მოგვცა „გეონიტ 750“-თან შეგვედარებინა ახალი ფეთქებადი ნივთიერებების, სხვადასხვა (25/75, 40/60 და 50/50) პროცენტული შედგენილობის აფეთქების შედეგები.

კარიერიერზე ასაფეთხებელი ჭაბურღილების დიამეტრი 190 და 244 მმ-ია. ფეთქებადი ნივთიერებების დამტრტყმელი ვაზნების ინიცირება წარმოებდა ერთ შემთხვევაში არაელექტრული საშუალებით „ნონელი“-ით და მეორე შემთხვევაში სადეტონაციო ზონარით. დაყოვნების ინტერვალი ქანების აფეთქებადობის მიხედვით ცვალებადობდა 35, 50 და 75 მლწ-ის ფარგლებში.

ყველა ექსპერიმენტი ტარდებოდა აფეთქებადობის სხვადასხვა კატეგორიისა და ჭაბურღილში სხვადასხვა სიმაღლის წყლის სვეტის არსებობის პირობებში, რომელიც ცვალებადობდა 1-9 მეტრის ფარგლებში. ყველა ექსპერიმენტში თავმოყრილი ინიციატორის როლს ასრულებდა პოვერჟელ მაგნიუმის მასრების პაკეტი, წონით 2 კგ. დაცობის მასალად გამოყენებული იქნა ჭაბურღილის ნაბურღი.

ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების მაღალი მაჩვენებლები ნათლად მეტყველებენ, რომ ჭაბურღილში წყლის სვეტის სიმაღლის 7-9 მ-ის ფარგლებში არსებობისას მიზანშეწოლილია გამოყენებული იქნას წყალშემცველი კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერება 50/50-ზე. ხოლო უფრო ნაკლები წყლის სვეტის არსებობის შემთხვევაში 40/60-ის, რაც შეეხება მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას 25/75 %-იანი ფეთქებადი ნივთიერება დამოუკიდებლად ან შესაძლებელია ჭაბურღილის წყლიან ნაწილში 25/75-ის, ხოლო მშრალ ნაწილში აგ-დს-ით დამუხტვა.

საბაზისო ფეთქებადი ნივთიერება „გეონიტ 750“-ით 1მ<sup>3</sup> ქანის მონგრევის ღირებულება შეადგენს 2.96 ლარს მაშინ როდესაც ახალი წყალშემცველი კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებით 25/75; 40/60; და 50/50-ით შესაბამისად 1.71; 1.59; 1.67 ლარს.

## დასკვნები

1. უმარტივესი ტიპის ფეთქებად ნივთიერება აგ-დს-ში დამატებით დამქანგველად მანგანუმის 83-84 %-იანი პეროქსიდის მადნის ფქვილის 8%-მდე დამატება ზრდის ამ ფეთქებადი ნივთიერების ენერგეტიკულ მაჩვენებლებს.

2. სამ კომპონენტისანი აგ-დს რომლის შემადგენლობაშიც 2 %-ის ოდენობით დამატებულია 4-8 მმ ფრაქციის ქვანახშირი, ძაბრწარმოქმნის მაჩვენებლებს აუმჯობესებს 15-20 %-ით

3. სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის კონცენტრირებულ ფეთქებად ნარევებში სტრუქტურირებული ემულსია ხელს უშლის ამონიუმის გვარჯილის მყარი ბურთულების დალექვას და უნარჩუნებს თვეების განმავლობაში ფეთქებად ნარევს თავდაპირველ ტექსტურას.

4. შემუშავებულია ახალი წყალმედეგი კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერების კომპოზიცია და დადგენილია სხვადასხვა პროცენტული შემცველობის ემულსიის 25/75; 40/60 და 50/50-ის გამოყენების არე ასაფეთქებელ ჭაბურღილებში წყლის სვეტის სიმაღლის მიხედვით. ნებისმიერი აფეთქებადობით კატეგორიის ქანებში, როცა ჭაბურღილში წყლის სვეტის სიმაღლე 2 მეტრამდეა მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას კონცენტრირებული ფნ 25/75; წყლით ნახევრად სავსე ჭაბურღილში 40/60; ხოლო წყლით სავსე ჭაბურღილებში 50/50.

5. დამუშავებულია ახალი კონცენტრირებული ფეთქებადი ემულსიის დასამზადებელი ტექნოლოგიური სქემა.

6. კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების დამრტყმელი ვაზნის მასა დამოკიდებულია კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერების ტემპერატურაზე და იგი ტემპერატურის მიხედვით მოითხოვს კორექტირებას. რაც დაბალია ნარევის ტემპერატურა მით მეტია დამრტყმელი ვაზნის მასა.

7. მიღწეულია საქართველოს ბაზარზე არსებული ნედლეულით მაღალეფექტური კონცენტრირებული წყალშემცველი ფეთქებადი

ნივთიერების მიღება, რამაც უზრუნველყო 1მ<sup>3</sup> ქანის მონგრევის ღირებულების შემცირება საბაზისო „გეონიტ 750“-თან შედარებით 25/75-ით—72 %; 40/60-ით—85 %; 50/50-ით—77 %.

**სამუშაოს აპრობაცია:** სადოქტორო ნაშრომის ცალკეული ძირითადი დებულებები მოხსენებული იქნა სტუ-ს სამთო გეოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტთა 83-ე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე 2015 წელს. ნაშრომმა დაიმსახურა მეორე ადგილი. ასევე სამუშაო წარმოდგენილი იქნა სამ კოლოკვიუმზე და ორ თემატურ სემინარზე სამუშაოს ძირითადი დებულებები გამოქვეყნებულია სამ ძირითად სტატიაში.

## პუბლიკაციები

1. ვ.გაბოძე, თ.შარაშენიძე „სამკომპონენტოანი ფეთქებადი ნივთიერების პარამეტრების კვლევა პოლიგონურ პირობებში“ საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტუალი“, №33, ქ.თბილისი გვ.228-231; 20017წ.

2. ვ.გაბოძე, თ.შარაშენიძე „მაღალკონცენტრირებული წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებების ემულსიის კვლევა ლაბორატორიულ პირობებში“ ჟურნალი „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“ №4, ქ.თბილისი გვ. 80-83, 2016წ.

3. ვ.გაბოძე, თ.შარაშენიძე „ემულსიური კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგეტიკული ეფექტურობის შეფასების მეთოდოლოგია“ ჟურნალი „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“ №4, ქ.თბილისი გვ. 83-87, 2016წ.

4. „უმარტივესი ტიპის სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების თანამედროვე ასორტიმენტი და მათი გამოყენების პირობები“. სტუ-ს სტუდენტთა №83-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, თეზისების კრებული, გვ. 120, 2015წ.

## Abstract

### **Creation of three and more component type explosive substances, their parameter study and determination of conditions of their use.**

Acceleration of the scientific-technical process in the mining industry partially depends on the quality of explosive works and their effectiveness.

At present moment, in the world's mining industry, predominantly for dry wells, substances made of ammonium nitrite and liquid fuel ANFO mixes are produced, which belong to the group of simplest types of explosive mixtures. Water-based explosive mixtures (suspension, water gels) are used extensively for highly diluted and hard layers. However, their cost is 5-6 times more than of ANFO-type explosive substances. Besides, they contain many components that make their manufacturing technology difficult.

Experiences of foreign specialists in different conditions, as well as the results obtained from the use of igdanite and concentrated water-based explosive mixtures, and the fact that the components of the explosive substances are found in Georgian market, are convincingly pointing on the practicability of its production and use in our circumstances. In addition, adding non-traditional substances to the ANFO type of mixture causes its energy characteristics to change and the field of its use to broaden. It also simplifies the technology of producing water-based explosive substances and increases water resistance which results in avoidance of additional measures during the charging of a water filled borehole.

The experimental working procedure was developed. The methodology has taken into account the research results obtained from explosion of different fractions of ANFO percentage of coal and 84 % MnO<sub>2</sub> manganese ore.

Conducted experiments are convincingly asserting the possibility of using 83-84 % peroxide ore powder in order to increase three-component ANFO's energy indicators.

It is noteworthy that the ground impact magnitude of the charge explosion containing manganese 2, 4, 6 and 8 % and 2 % to 4-8 mm coal increases, while further percentage increase of manganese leads to the reduction of these indicators.

From the experiments, it is also clear that compared to the two component ANFO, the three component ANFO which has 2 % of 4-8 mm coal fractions added, leads to the improvement of explosiveness results by 15-20 %.

The oil was emulsified in saturated mixture with substances of high surface activity. In the first case, with oxyaselated phenol (OII-5) used in the soap making

industry, in the second case with glycerol ester based on a  $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$  trihydric alcohol.

As studies have shown, the emulsion that is put in the water column retains its stability when the optimal amounts of structural sodium silicate and thickening Magnafloc-10 are 0.15 % and 0,2 % respectively.

Conducted experiments allow us to conclude: In the structured emulsion, the air bubbles retained under the water column perform the role of sensitizer and help adiabatic process during the emulsion initiation, i.e. mechanical energy is transformed into heat energy, and the so-called "hot spots" are created, which in turn guarantee reliable detonation of emulsion.

Concentrated explosives were made of various percentage composition (emulsion in numerator and ANFO in denominator), 25/75; 40/60; 50/50 and of 1.27; 1.30; 1.32 g/cm<sup>3</sup> density respectively .

According to the research, 25 % ANFO emulsion fully fills in the space between the salpeter bubbles, during the percentage increase of emulsion (40, 50 and 75 %), due to viscous properties of a highly polymeric thickener Magnafloc 10 no salpeter bubbles were settled in the emulsion. The explosive mixture keeps the original texture for a long time.

The experiments were carried out in three stages: first - explosion via shot charges, two hours after charging, second - 6 hours after charging and the third – depending on the temperature of studied explosive substance with determination of size of an intermediate detonator (powder-gel magnesium).

For the maximum identity of the experiments, all the parameters of the explosions were kept identical except for those studied.

Emulsive explosives are based on "water-oil" emulsions, that are mainly composed of inorganic oxide sodium solution, dispersion phase is in the form of fine drops, while liquid fuel creates a continuous phase. The emulsion created by us, to which we added a completely new polymer, Magnafloc-10, structure and texture substances, sodium silicate or sodium borate and glycerin ether for emulsator, allows it, when put through a borehole water column, to sustain its structure, not mix with water and occupy its place under the water column.

In order to check the effectiveness of the results of the new water-based substance obtained in the laboratory and polygon conditions, special tests were conducted in the "Madneuli" quarry, which allowed us to compare "Geonite 750" to the results of explosions that were created using new explosive substances of various percentage composition (25/75, 40/60 and 50/50).

High rates of drilling-blasting work clearly indicate that for the boreholes with water column of 7-9 m it is advisable to use a water-based concentrated

explosive substance at 50/50. While in case of smaller water columns - 40/60, as for the wells where the water column does not exceed 1,5 m, it is advisable to use 25/75 % explosive substance individually or it is possible to use 25/75 % in the water part of a borehole, while charging ANFO in the dry parts.

The cost of 1 m<sup>3</sup> layer destruction with basic explosive substance "Gonite 750" is 2.96 GEL, while new water-based concentrated explosive substances 25/75; 40/60; and 50/50 cost 1.71; 1.59; 1.67 GEL respectively.