

აკაკი გოჩოლელიშვილი,  
დავით კუპატაძე

**აზვთქვბითი სემუშაოები**

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

აკაკი გოჩოლეიშვილი, დავით კუპატაძე

## აზეთშებითი სამუშაოები



დამტკიცებულია სალექციო კურსად  
საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტის  
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს  
მიერ. 28.02.2018, ოქმი №1

თბილისი

2018

სალექციო კურსში მოცემულია ქანების აფეთქებით რღვევის წინააღმდეგობის საერთო შეფასება, ქანების ბურღვადობა; გაშუქებულია აფეთქების მოვლენის ფიზიკური არსი; გადმოცემულია ფეთქებად ნივთიერებათა დეტონაციის თეორიის საფუძვლები; აღწერილია ქიმიური ფეთქებადი ნივთიერებებისა და სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების ძირითადი მახასიათებლები და გამოყენების პირობები. განმარტებულია აფეთქებით ქანის დანგრევის მექანიზმი, ასაფეთქებელი სამუშაოების ხერხები და მეთოდები.

აღნიშნული ნაშრომი დიდად შეუწყობს ხელს სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის სტუდენტებს საგნის ცოდნისა და გაცნობიერების ამადლებაში.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის  
სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის  
პროფესორი თამაზ შარაშენიძე,

კომპანია „ჰაიდელბერგცემენტს~ კასპის  
ქარხნის სამსხრვევი უბნის უფროსი,  
აკადემიური დოქტორი ვაჟა გაბოძე

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2018

ISBN 978-9941-28-042-9 (PDF)

<http://www.gtu.ge>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები. ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიცია.



## შესავალი

სამთო სამუშაოების წარმოების დროს საჭირო ხდება ქანების დანგრევა, ქანის გარკვეული ნაწილის მოცილება მასივისაგან.

ქანების დანგრევისათვის ფართოდ იყენებენ აფეთქების ენერგიას. მისი ეფექტური და უსაფრთხო გამოყენება მოითხოვს აფეთქების ფიზიკური არსის, ფეთქებად ნივთიერებათა თვისებების, ასაფეთქებელი სამუშაოების ტექნიკისა და ტექნოლოგიის ღრმა ცოდნას.

ცნობილია ქანების დანგრევის სხვადასხვა ხერხი: აფეთქებით დანგრევა; მექანიკური დანგრევა; ჰიდრავლიკური დანგრევა; თერმული დანგრევა. ზოგჯერ მიმართავენ ამ ხერხების კომბინაციას.

აფეთქებით დანგრევა წარმოებს ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგიის ხარჯზე. ფეთქებადი ნივთიერება თავსდება ქანების მასივში სპეციალურად შექმნილ სიღრუეში (შპური, ჭაბურღილი, კამერა და სხვ.) ან, უფრო იშვიათად გარედან ეკვრის ასაფეთქებელ ობიექტს. ქანის დანგრევას განაპირობებს ფეთქებადი ნივთიერებების გარდაქმნისას დიდი რაოდენობით გამოყოფილი მაღალი წნევისა და ტემპერატურის მქონე აირების დინამიკური დარტყმა.

# 1. ქანების კლასიფიკაცია

## 1.1 ქანების სიმაგრე

ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს აფეთქების ეფექტზე. ამ თვალსაზრისით საყურადღებოა ქანების კლასიფიკაცია სიმაგრის, დაბზარულობის, ბურღვადობისა და აფეთქებადობის მიხედვით.

სამთო საქმეში ფართოდაა გავრცელებული ქანების კლასიფიკაცია სიმაგრის მიხედვით, რომელიც პროფ. მ. პროტოდიაკონოვს ეკუთვნის (ცხრ. 1). ქანის სიმაგრედ პროფ. პროტოდიაკონოვი გულისხმობს მის წინაღობას სხვადასხვა სახის გარე ძალების მიმართ. მას მიაჩნია, რომ თუ ერთი ქანი რამდენჯერმე უფრო ძნელი გასაჭყლეტია მეორეზე, იგი ამდენჯერვე ძნელი გასაბურღი იქნება, ამდენჯერვე ძნელი ასაფეთქებელი და ა.შ. ამ დებულების საფუძველზე პროფ. პროტოდიაკონოვს შესაძლებლად მიაჩნია ქანების კლასიფიკაცია სიმაგრის კოეფიციენტის გამოყენებით, რომლის მნიშვნელობას გამოსახავს ტოლობით:

$$f = \frac{R}{100}$$

სადაც  $f$  არის სიმაგრის კოეფიციენტი;

$R$  - ქანის დროებითი წინაღობა კუმშვაზე, კგ/სმ<sup>2</sup>.

როგორც ცდებმა გვიჩვენა, კუმშვაზე ქანის წინაღობასა და მექანიკური ინსტრუმენტით ქანების რღვევის ყველა

ცხრილი 1

კატეგორია	სიმაგრის ხარისხი	ქანები	სიმაგრის კოეფიციენტი
I	უდიდესი სიმაგრის ქანები	ყველაზე მაგარი, მკვრივი და ბლანტი კვარციტები და ბაზალტები; განსაკუთრებული სიმაგრის სხვა ქანები	20
II	ძალიან მაგარი ქანები	ძალიან მაგარი გრანიტული ქანები; კვარცის პორფირი; ძალიან მაგარი გრანიტი; კაჟიანი ფიქალი; ზემოხსენებულზე ნაკლები სიმაგრის კვარციტები; ყველაზე უფრო მაგარი ქვიშაქვები და კირქვები	15
III	მაგარი ქანები	გრანიტი (მკვრივი) და გრანიტული ქანები; ძალიან მაგარი ქვიშაქვები და კირქვები; კვარციანი მადნის მარღვები, მაგარი კონგლომერატი; ძალიან მაგარი რკინის მადნები	10
III ა	მაგარი ქანები	კირქვები (მაგარი); მცირე სიმაგრის გრანიტი; მაგარი ქვიშაქვები; მაგარი მარმარილო; დოლომიტი; ალმადნები	8
IV	საკმაოდ მაგარი ქანები	ჩვეულებრივი ქვიშაქვა; რკინის მადნები	6
IV ა	საკმაოდ მაგარი ქანები	ქვიშოვანი ფიქლები; ფიქლიანი ქვიშაქვები	5
V	საშუალო სიმაგრის ქანები	მაგარი თიხოვანი ფიქალი; მცირე სიმაგრის ქვიშაქვა და კირქვა, რბილი კონგლომერატი	4
V ა	საშუალო სი-	სხვადასხვაგვარი ფიქალი (მცირე	3

	მაგრის ქანები	სიმაგრის); მკვრივი მერგელი	
VI	საკმაოდ რბილი ქანები	რბილი ფიქალი; ძალიან რბილი კირქვა; ცარცი, ქვამარილი; თაბაშირი; გაყინული გრუნტი; ანთრაციტი; ჩვეულებრივი მერგელი; დაშლილი ქვიშაქვა; შეცემენტებული კენჭი და ხვინჭა; ქვიანი გრუნტი	2
VI <sub>ა</sub>	საკმაოდ რბილი ქანები	ღორღიანი გრუნტი; დაშლილი ფიქალი; შეტკეპნილი კენჭი და ღორღი, მაგარი ქვანახშირი; გამყარებული თიხა	1,5
VII	რბილი ქანები	თიხა (მკვრივი); რბილი ქვანახშირი; თიხოვანი გრუნტი	1,0
VII <sub>ა</sub>	რბილი ქანები	მსუბუქი ქვიშოვანი თიხა; ლიოსი; ხრეში	0,8
VIII	მიწისებრი ქანები	მცენარეული მიწა; ტორფი; მსუბუქი თიხნარი; ნოტიო ქვიშა	0,6
IX	ფხვიერი ქანები	ქვიშა; ჩამონაშლები; წვრილი ხრეშა; ნაყარი მიწა; ამოდებული ნახშირი	0,5
X	მცურავი ქანები	წყალქანები; ჭაობიანი გრუნტი; გათხევადებული ლიოსი და სხვა გათხევადებული გრუნტები	0,3

სხვა სახეობას შორის სამთო საქმის პრაქტიკისათვის საკმარისი კორელაციური კავშირი არსებობს. სხვა სახის ფიზიკური ზემოქმედებისას ეს კავშირი შესაძლოა მნიშვნელოვნად დაირღვეს. მაგალითად, თიხის სიმაგრის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ცხრილის მიხედვით არ აღემატება 1-ს, მაგრამ თუ თიხის წინააღობაზე ვიმსჯელებთ მის ასაფეთქებლად საჭირო ენერჯის მიხედვით, თიხის სიმაგრე ბევრად მეტად უნდა იქნეს შეფასებული;

აღმოჩნდა რომ დიდი სიმტკიცის მქონე მყიფე ქანები აფეთქების დროს უფრო ნაკლებ წინაღობას იჩენენ, ვიდრე უფრო რბილი, მაგრამ მაღალი პლასტიკურობის მქონე ქანები.

აღსანიშნავია, რომ ბუნებაში გვხვდება ისეთი ქანებიც, რომელთა სიმაგრის კოეფიციენტი გაცილებით აღემატება პროფ. პროტოდიაკონოვის ცხრილში მოცემულ მაქსიმალურ მნიშვნელობას ( $f = 30-35$  და მეტიც).

## 1.2 ქანების აფეთქებით რღვევის წინააღმდეგობის საერთო შეფასება

ქანების მდგომარეობის შეცვლა დაკავშირებულია მათ რღვევასთან, რომელიც მიმდინარეობს სხვადასხვა ფორმით, ხარისხითა და მოცულობით.

ქანების წინააღმდეგობა რღვევაზე შეიძლება შეფასებული იქნას შემდეგი მდგომარეობით:

1. რღვევა წარმოებს ქანებში აღძრული გარე (იშვიათად შიგა) კუმშვის, ძვრის და გაჭიმვის ძალების ზემოქმედებით; რომლებიც აღემატება შესაბამის  $n_{კუ}$ ,  $n_{ძვ}$  და  $n_{გაჭ}$  სიმტკიცის ზღვარს.

2. კუმშვის, ძვრის და გაჭიმვის ძაბვების მოქმედება ქანების რღვევაზე შეიძლება განისაზღვროს ქანების ზღვრული წინააღმდეგობით

$$n_{რღ} = K n_{კუ} + K_2 n_{ძვ} + K_3 n_{გაჭ}$$

(1.1)



$K_1$ ,  $K_2$  და  $K_3$  კოეფიციენტები გვიჩვენებს შესაბამისი დაბევების წილობრივ მონაწილეობას ქანების რღვევაზე.

ქანების რღვევის საერთო ფარდობითი წინააღმდეგობის (სიმტკიცის ზღვარი) განსაზღვრისას მრღვევი დაბევების წილობრივი რაოდენობა შეიძლება მიღებული იქნას:

$$n_{რღ} = (n_{კუ} + n_{მვ} + n_{გაჭ}) / 3$$

(1.2)

ქანების რღვევის ზღვრული წინააღმდეგობა მასივში დამოკიდებულია მის ნაპრალიანობაზე (მესამე რიგის), აგრეთვე ქანების სიმკვრივეზე ( $\gamma$ )

$$n_{რღ.მ.} = K_{ნაპ} n_{რღ} + K_{\gamma} \gamma 10^{-3}$$

(1.3)

აქ -  $K_{\gamma}$  და  $\ell$  - არის შესაბამისად ზემოქმედების ხარისხი და ქანის წონის შესაბამისი გასავლელი გზის წინააღმდეგობის გადალახვის ხარისხი.

ქანის საერთო ფარდობითი წინააღმდეგობის შეფასება რღვევაზე შესაძლებელია ემპირიული ფორმულით:

$$n_{რღ.მ.} = [K_{ნაპ}(n_{კუ.მ} + n_{მვ} + n_{გაჭ}) + 10^{-3} \gamma g] / 3 \quad (1.4)$$

აქ -  $n_{კუ.მ}$ ,  $n_{მვ}$ ,  $n_{გაჭ}$  გამოისახება მეგაპასკალებში (მპა);  $\gamma$  გამოისახება კგმ<sup>3</sup>;  $K_{ნაპ}$  - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ქანების ნაპრალიანობას;  $g$  - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>

პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის უფრო მოსახერხებელია ვისარგებლოთ ქანების რღვევის საერთო მაჩვენებელით.

$$\Pi_{\text{რლ}}=0,05[K_{\text{ნაკ}}(n_{\text{კუმ}}+n_{\text{მგ}}+n_{\text{გაჰ}})+10^{-3}\gamma\text{გ}]$$

(1.5)

ქანების სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას იცვლება შემდეგ დიაპაზონში:

$n_{\text{კუმ}}=0,1\div 450$  მპა, ძვრისას  $n_{\text{მგ}}=0,01\div 75$  მპა, გაჭიმვისას  $n_{\text{გაჰ}}=0\div 43$  მპა. ქანების სიმკვრივე ცვალებადობს  $\gamma=1200\div 4800$  კგ/მ<sup>3</sup> - ში.

ქანები, აფეთქებით რღვევის სირთულის მიხედვით, დაყოფილია ხუთ კლასად (გათვლები წარმოებდა  $\Pi_{\text{რლ}}$  - ის მიხედვით):

I კლასი - რბილი, მკვრივი და ნახევრად კლდოვანი ქანები ( $\Pi_{\text{რლ}}=1\div 5$ ); ქანების კატეგორია 1, 2, 3, 4, 5.

II კლასი - ადვილად რღვევადი კლდოვანი ქანები ( $\Pi_{\text{რლ}}=5,1\div 10$ ); ქანების კატეგორია 6, 7, 8, 9, 10.

III კლასი - საშუალო სირთულის რღვევადი კლდოვანი ქანები ( $\Pi_{\text{რლ}}=10,1\div 15$ ); ქანების კატეგორია 11, 12, 13, 14, 15.

IV კლასი - ძნელად რღვევადი კლდოვანი ქანები ( $\Pi_{\text{რლ}}=15,1\div 20$ ); ქანების კატეგორია 16, 17, 18, 19, 20.

V კლასი - მეტად ძნელად რღვევადი კლდოვანი ქანები ( $\Pi_{\text{რლ}}=20,1\div 25$ ); ქანების კატეგორია 21, 22, 23, 24, 25.

ქანები აფეთქებით რღვევის სირთულის მიხედვით იყოფა 25 კატეგორიად. კატეგორიის მაჩვენებელი ემთხვევა  $\Pi_{\text{ს}}$  სიდიდეს. ქანები, რომელთა  $\Pi_{\text{რლ}}>25$  ბუნებაში

მეტად იშვიათია და ისინი მიეკუთვნება კატეგორიის გარეშე ქანებს.

ქანზე გარე ძალების ზემოქმედებისას რღვევის სირთულის საერთო მაჩვენებელი  $\Pi_{rel}$  განსაზღვრავს ქანების ფარდობით წინააღმდეგობას. ქანების რღვევის საერთო მაჩვენებელს  $\Pi_{rel}$  დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქანების, როგორც დასამუშავებელი ობიექტია საერთო ტექნიკური მაჩვენებლის შეფასებაში.

### 1.3 ქანების ბურღვაობა

ბურღვა - აფეთქებითი სამუშაოების წარმოებისას არსებითი მნიშვნელობა აქვს ისეთ სპეციალურ ტექნოლოგიურ პარამეტრს, როგორცაა ქანის ბურღვაობა, რომელიც ქანის წინააღმდეგობის მაჩვენებელია საბურღი იარაღით მისი რღვევის პროცესში (ძირითადი ფაქტორი);

ბურღვაობის მაჩვენებელს განსაზღვრავს აგრეთვე საბურღი ინსტრუმენტის სახე და ფორმა, მისი ზემოქმედების ხერხი ჭაბურღილის სანგრევზე (ბრუნვითი, დარტყმა - ბრუნვითი და ა. შ.);

საბურღი ინსტრუმენტის ბრუნვის სიჩქარე და ძალვა ჭაბურღილის სანგრევზე; ჭაბურღილის დიამეტრი და ზოგიერთ შემთხვევაში მისი სიღრმე;

ჭაბურღილის სანგრევიდან ნაბურღი მასის მოცილების სიჩქარე და ხერხი;

წარმოების მასშტაბი და საერთო ორგანიზაცია.

ყველა ჩამოთვლილი ფაქტორი განსაზღვრავს საბურღი დაზგების ტექნოლოგიურ პარამეტრებს; ამ უკანასკნელს შეარჩევენ ქანის ბურღვადობის პირობების მიხედვით. თავის მხრივ ქანების ბურღვადობა ძირეულად დამოკიდებულია საბურღი ინსტრუმენტის სახეზე და სხვა ფაქტორებზე, რადგან ისინი განსაზღვრავენ ჭაბურღილის სანგრევეში ქანების ნგრევის პირობებს, კერძოდ, კუმშვისა და ძვრის ძალების წარმოქმნის ხასიათს, სანგრევიდან მოცემული ქანის სიმსხოსა და ფორმას და ა. შ.

ქანების ფიზიკურ-ტექნიკურ საფუძვლებზე დაყრდნობით, ბურღვადობის მაპირისპირებელი პირობების გათვალისწინებით მიიღება ბურღვადობის სიძნელის ფარდობითი მაჩვენებელი  $\Pi_{\delta}$ , რომელიც გამოითვლება შემდეგი ემპირიული ფორმულით:

$$\Pi_{\delta} = K_1(n_{კუმ} + n_{\delta}) + K_2 \gamma_g ,$$

(1.6)

სადაც -  $K_1$  და  $K_2$  ემპირიული კოეფიციენტებია.

ყველა ქანი,  $\Pi_{\delta}$  სიდიდის შესაბამისად, ბურღვადობის მიხედვით კლასიფიცირდება 25 კატეგორიად, რომელიც დაყოფილია ხუთ კლასად (ცხრილი 2).

**ცხრილი 2**

ქანის კლასი	ქანები	$K_1(n_{კუმ} + n_{\delta})$	$K_2 \gamma_g$	$\Pi_{\delta}$
ადვილად ბურღვადი	მურა და ქვანახშირი, მკვრივი თიხები, თაბაშირი, მარილები, მერგელი, ქვიშოვანი ფიქალი, ძალიან რბილი კირქვა, თიხოვანი მერგელი, ნახშიროვანი ფიქა-	0,3-3,5	0,7-1,5	$\leq 5$

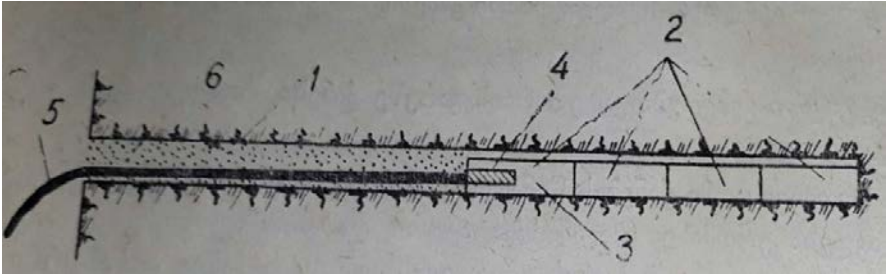
	ლი, საშუალო სიმკვრივის არგილიტი და ალევროლიტი.			
საშუალოდ ძნელად ბურღვადი	ფიქლები, კირქვა, არგილიტი, მსუბუქად შეცემენტებული ქვიშაქვა, აპატიტ-ნეფელინური მადანი, პერიდოტიტები, დოლომიტი და დოლომიტიზირებული კირქვა, გამოფიტული გაბრო, მკვრივი ქვიშაქვა, სიენიტი, მეორადი კვარციტი, დოლომიტიზირებული კირქვა ქვიშაქვების ჩანართებით	4,3-8,5	1,4-1,7	5,1-10
ძნელად ბურღვადი	კვარციანი კირქვა, დიორიტი, გაბრო, გაკაჟებული კირქვა, დოლომიტი, დიორიტი, გრანოდორიტი, მეორადი კვარციტი, საშუალო სიმაგრის გრანიტი და სხვა აბრაზიული ქანი.	9,2-13	1,7-2,5	10,1-15
ძალიან ძნელად ბურღვადი	გრანიტი, გრანიტოგენისი, რქატყუარა, კვარციტი, გაბრო, დიაბაზი, გრანოსიენიტი, გრანოდორიტი	14-18	2-3	15,1-20
განსაკუთრებულად ძნელად ბურღვადი	ბაზალტი, დიორიტი, ჯესპილიტი, ანდეზიტი და სხვა განსაკუთრებული სიმაგრის და აბრაზიულობის მქონე ქანები	19-23	2-4	20,1-25

## 2. ზოგადი ცნობები აფეთქებით ქანის დანგრევაზე

ქანის დანგრევა აფეთქებით სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით ხდება. ასაფეთქებელ სამუშაოებზე ზოგადი წარმოდგენის მისაღებად განვიხილოთ შპურების მეთოდის არსი, რომელიც გვირაბების გაყვანისას გამოიყენება

და საერთოდ, ყველაზე ფართოდ არის გავრცელებული სასარგებლო წიაღისეულის მიწისქვეშა მოპოვების დროს (ნახ. 1).

ასაფეთქებელ ქანში მანქანით (იშვიათად ხელით) ბურღავენ ცილინდრული ფორმის ხვრელს (1), რომელსაც შპური ეწოდება. მისი სიგრძე, ჩვეულებრივ, შეადგენს 1-3 მეტრს, ხოლო დიამეტრი - 35-50 მილიმეტრს. შპურში ათავსებენ ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნებს (2). თითოეული ვაზნა 100-300 გრამს იწონის და ჩასმულია ქაღალდის გარსში, რომელიც ჰიდროსაიზოლაციო ფენით არის დაფარული. ერთ ვაზნაში დებენ დეტონატორს 4 - ლითონის ან ქაღალდის მასრას, რომელშიც სითბოსადმი მეტად მგრძობიარე ფეთქებადი ნივთიერებაა მოთავსებული. ვაზნას (3), რომელშიც დეტონატორია ჩადებული, დამრტყმელი (მაფეთქებელი) ვაზნა ეწოდება. დეტონატორში შეყვანილია ცეცხლგამტარი ზონრის (5) ერთი ბოლო, მისი მეორე ბოლო კი შპურის გარეთ არის გამოყვანილი. ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნებს უკავია შპურის სიგრძის 0,5-0,7. შპურის დარჩენილ ნაწილს ავსებენ ინერტული მასალით (უფრო ხშირად თიხისა და ქვიშის ნარევით), ე.ი. აკეთებენ დაცობას (6), რათა აფეთქების აირები ატმოსფეროში უსარგებლოდ არ გამოიტყორცნოს. ცეცხლგამტარ ზონარს, რომელსაც მთელ სიგრძეზე დენტის გული გაჰყვება, ცეცხლს უკიდებენ.



ნახ. 1. ასაფეთქებლად გამზადებული შპური

ზონარში წვა ვრცელდება 0,5-1,0 სმ/წმ სიჩქარით. როდესაც წვა ზონრის მეორე ბოლოს მიაღწევს, ალი გადაეცემა დეტონატორში მოთავსებულ ნივთიერებას, რაც დეტონატორის აფეთქებას გამოიწვევს. დეტონატორის აფეთქება წარმოადგენს საწყის ბიძგს, რომელიც, თავის მხრივ, ვაზნების აფეთქებას იწვევს.

აფეთქება, პრაქტიკულად, მყისვე ხდება. ამ დროს გამოიყოფა აირების დიდი რაოდენობა, რომელთაც მეტად მაღალი ტემპერატურა აქვთ. ამიტომ აფეთქების აირები მეტად დიდ წნევას ავითარებს შპურის კედლებზე და ქანის დანგრევას იწვევს.

აფეთქების აირების წნევა დარტყმითი (დინამიკური) ხასიათისაა. ამიტომ ქანების დანგრევას იწვევს არა მარტო აფეთქების აირების უშუალო მოქმედება შპურის კედლებზე, არამედ დარტყმითი ტალღაც, რომელიც ქანების მასივში ვრცელდება.

### 3. აფეთქებითი სამუშაოების თეორიის საფუძვლები

#### 3.1. აფეთქების მოვლენა

**აფეთქება** - ეწოდება ენერჯის მეტად სწრაფ გამოყოფას ნივთიერების მდგომარეობის უეცარი გარდაქმნის შედეგად. ნივთიერების პოტენციური ენერჯია გადადის გარდაქმნისას მიღებული აირისებრი პროდუქტების კინეტიკურ ენერჯიაში.

აფეთქების მთავარი დამახასიათებელი თვისებაა აფეთქების ადგილზე წნევის მკვეთრი გაზრდა, რაც გარემოს ნგრევის მიზეზს წარმოადგენს. შეკუმშული გახურებული აირების ძალიან სწრაფი გაფართოების გამო წნევა დარტყმითი ხასიათისაა. აფეთქება შეიძლება იყოს ფიზიკური სახის ან ნივთიერების ქიმიურ გარდაქმნასთან დაკავშირებული.

ფიზიკური სახის აფეთქებისას წარმოებს მხოლოდ ფიზიკური გარდაქმნები ნივთიერების ქიმიური შემადგენლობის შეცვლის გარეშე (ორთქლის ქვაბების აფეთქება, შეკუმშული აირების ბალონების აფეთქება და სხვა).

ტექნიკაში მთავარი მნიშვნელობა აქვს ნივთიერების ქიმიურ გარდაქმნასთან დაკავშირებულ აფეთქებას. ასეთი აფეთქების წყარო ფეთქებად ნივთიერებათა ენერჯიაა. ფეთქებადი ნივთიერება თერმოდინამიკურად არამდგრადი სისტემაა, რომელიც რაიმე ზეგავლენით სწრაფად გარდაიქმნება სხვა სისტემად. ნივთიერების ქიმიურ გარდაქმნას აფეთქების სახე რომ ჰქონდეს, საჭიროა სამი პირობა: სითბოს გამოყოფა (რეაქციის ეგზოთერმულობა),



რეაქციის დიდი სიჩქარე და აირების დიდი რაოდენობით წარმოქმნა.

ქიმიურ გარდაქმნას მიეკუთვნება ფეთქებადი ნივთიერების აფეთქება, მეთანის ან სხვა საწვავი აირების, ნახშირის ან სხვა ორგანული მტვრის აფეთქება.

ატომური აფეთქების შემთხვევაში ატომების გახლეჩვის ჯაჭვური რეაქციის ხარჯზე მიმდინარეობს ახალი ელემენტის წარმოქმნა.

წინამდებარე სახელმძღვანელოში განიხილება მხოლოდ ფეთქებადი ნივთიერების გარდაქმნასთან დაკავშირებული აფეთქება.

### **3.2. ფეთქებადი ნივთიერება**

ფეთქებადი ნივთიერება წარმოადგენს თერმოდინამიკურად არამდგრად სისტემას, რომელიც, გარე ზემოქმედების შედეგად (საწყისი იმპულსი), იძლევა მეტად სწრაფ თვითგანვითარებად რეაქციას და გადადის სხვა ქიმიურ სისტემაში ან სხვა ნივთიერებაში. 1კგ. ფეთქებადი ნივთიერების დიდი უმრავლესობა აფეთქების შედეგად გამოყოფს 0,3-1მ<sup>3</sup> მოცულობის აირებს, გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა შეადგენს 500-1500 კ.კალ-ს (2,1-6,3 მგჯ), ხოლო აფეთქების სიჩქარე 100-10 000 მ/წმ ფარგლებში ცვალებადობს.

განვიხილოთ რამდენიმე ფეთქებადი ნივთიერების ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქცია და აღვნიშნოთ მათი თავისებურებანი:

- ნიტროგლიცერინი  $C_3H_5(ONO_2)_3 \rightarrow 3CO_2 + 2.5H_2O + 1,5N_2 + 0,25O_2 + 333\ 200$  კ.კალ (1400 მგჯ)
- ამონიუმის გვარჯილა  $NH_4NO_3 \rightarrow 2H_2O + N_2 + 0,5O_2 + 29\ 000$  კ.კალ (121 მგჯ).
- ნიტროგლიკოლი  $C_2H_4(ONO_2)_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O + N_2 + 236\ 500$  კ.კალ (990 მგჯ).

ამონიტი  $N_6KB$ , რომელიც შედგება ამონიუმის გვარჯილისა (79%) და ტროტილის (21%) ნარევისაგან  $C_6H_2 \rightarrow (NO_2)_3 CH_3 + 10,7 NH_4NO_3 \rightarrow 7CO_2 + 23,9 H_2O + 12,2 N_2 + 0,1O_2 + 1078\ 000$  კ. კალ (4520 მგჯ);

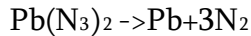
ტროტილი  $C_6H_2(NO_2)_3CH_3 \rightarrow 3,5CO + 2,5H_2O + 3,5C + 1,5 N_2 + 219\ 500$  კ.კალ (მგჯ).

ტყვიის აზიდის  $Pb(N_3)_2 \rightarrow Pb + 3N_2 + 10\ 700$  კ.კალ (448 მგჯ).

ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქციის განხილული მაგალითებიდან ნათლად ჩანს, რომ ფეთქებადი ნივთიერების რეცეპტურის შედგენა და მისი გამოყენება დიდად არის დამოკიდებული ფეთქებად ნივთიერებებში საწვავი ელემენტების და ჟანგბადის თანაფარდობაზე ანუ სისტემის ჟანგბადის ბალანსზე.

### 3.3. ჟანგბადის ბალანსი

ფეთქებადი ნივთიერებების აფეთქების დროს სწარმოებს საწვავი ელემენტების (ნახშირბადისა და წყალბადის) დაჟანგვა ჟანგბადის მეშვეობით. სამრეწველო ფეთქებად ნივთიერებებში ძირითად ჟანგბადის მატარებლად ითვლება გვარჯილები და ზოგიერთი სხვა ნივთიერებები. ზოგიერთი ფეთქებადი ნივთიერებების (ტყვიის აზიდი  $Pb(N_3)_2$ ) აფეთქება არ წარმოადგენს წვის რეაქციას, რომელიც სხვა ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის არის დამახასიათებელი. აფეთქების დროს ტყვიის აზიდის მოლეკულა იშლება შემადგენელ ატომებად:



აფეთქების დროს გამოყოფილი ენერგია და აფეთქების პროდუქტების შედგენილობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ფეთქებად ნივთიერებაში შემავალი საწვავი ელემენტებისა და ჟანგბადის თანაფარდობაზე. როდესაც ფეთქებადი ნივთიერების შედგენილობაში ზუსტად იმდენი ჟანგბადია, რამდენიც საჭიროა საწვავი ელემენტების სრული დაჟანგვისათვის, მაშინ ამბობენ, რომ ფეთქებად ნივთიერებას ჟანგბადის ნულოვანი ბალანსი აქვს. ამ შემთხვევაში ჟანგბადის აფეთქების დროს გამოიყოფა ენერგიის მაქსიმალურად შესაძლებელი რაოდენობა.

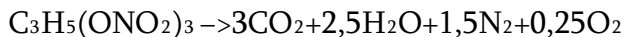
როდესაც ფეთქებად ნივთიერებას არ გააჩნია ჟანგბადის საკმარის რაოდენობა მასში შემავალი საწვავი ელემენტების სრული დაჟანგვისათვის, მაშინ ჟანგბადის უარყოფით ბალანსს ვღებულობთ. ცხადია, რომ არასრული წვის გამო

სითბოს სრული გამოყოფა არ ხდება. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება არასრული წვის პროდუქტი ნახშირჟანგის (CO) სახით, რომელიც მომწამლავ აირს წარმოადგენს.

თუ ფეთქებადი ნივთიერება ჟანგბადს იმაზე მეტი რაოდენობით შეიცავს, რაც საწვავი ელემენტების სრული დაჟანგვისთვის არის საჭირო, მაშინ მას ჟანგბადის დადებითი ბალანსი გააჩნია. ფეთქებადი ნივთიერების ენერგია ამ შემთხვევაშიც სრულად არ გამოიყოფა. ეს იმით აიხსნება, რომ ჟანგბადის ჭარბი რაოდენობა მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში იძლევა მეტად ძლიერ მომწამვლელ ნაერთებს, აზოტის ჟანგეულებს (NO<sub>2</sub> და N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), რომელთა წარმოქმნის რეაქცია ენდოთერმული ხასიათისაა, ე.ი. აფეთქებისას გამოყოფილი სითბოს ნაწილი ამ ნაერთების მიღებაზე იხარჯება.

ზემოთქმულიდან ნათელია, რომ ყველაზე უფრო ხელსაყრელი ჟანგბადის ნულოვანი ბალანსია. ამიტომ სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების (ნარეგების) შედგენილობას ისე არჩევენ, რომ მიიღონ ჟანგბადის ნულოვანი ან მასთან მიახლოებული ბალანსი.

იმისთვის, რომ გასაგები გახდეს ჟანგბადის ბალანსის გამოანგარიშების წესი, განვიხილოთ ნიტროგლიცერინის დაშლის რეაქცია:



როგორც ამ განტოლებიდან ჩანს, ნიტროგლიცერინის ერთ მოლეკულას აქვს ჟანგბადის 9 გრამ-ატომი, ნახშირბადისა და წყალბადის სრული დაჟანგვისთვის კი

საჭიროა 8,5 გრამ-ატომი. მაშასადამე, ნიტროგლიცერინი შიდავს ჟანგბადის ჭარბ რაოდენობას, რაც უდრის 0,5 გრამ-მოლეკულას. თუ ჟანგბადის ამ ჭარბ ბალანსს პროცენტობით გამოვსახავთ, გვექნება:

$$\frac{16 \cdot n}{M} \cdot 100 = \frac{16 \cdot 0,5}{227} \cdot 100 = 3,52\%$$

ზოგადად, ფეთქებადი ნივთიერების ქიმიური ფორმულა ასე გამოისახება  $C_aH_bN_cO_d$  სადაც a, b, c, d კოეფიციენტები განსაზღვრავენ ნახშირბადის, წყალბადის, აზოტის და ჟანგბადის რაოდენობას.

n - არის ჟანგბადის ჭარბი გრამ-ატომების რიცხვი;  $n=d-(2a+\frac{b}{2})$

16 - ჟანგბადის ატომური წონა;

M- ნიტროგლიცერინის მოლეკულური წონა (227)

სხვაგვარად, რომ ვთქვათ, ნიტროგლიცერინის ყოველ გრამზე ჟანგბადის ჭარბი რაოდენობა 0,0352 გრამს შეადგენს.

### 3.4. აფეთქების აირების მოცულობა

ავოგადროს კანონის თანახმად, ყველა აირის ერთი გრამ-მოლეკულის მოცულობა ნორმალურ პირობებში ( $0^{\circ}\text{C}$  ანუ  $273^{\circ}$  კელვინის შკალით ტემპერატურა და 760 მმ ვერცხლისწყლის სვეტის წნევა) უდრის 22,4 ლიტრს. აირების მოცულობა ერთი კგ. მოლეკულისთვის ასე გამოისახება:

$$V_0 = 22,4 \sum n, \text{ მ}^3 \quad (3.1)$$

სადაც  $\sum n$  - აფეთქების აიროვანი პროდუქტების კილოგრამ-მოლეკულათა რიცხვია

აირების მოცულობას ფეთქებადი ნივთიერების ერთი კილოგრამისთვის კუთრი მოცულობა ეწოდება.

$$V'_0 = \frac{V_0}{M_{\text{გ.ფ.}}} = \frac{22,4 \sum n}{M_{\text{გ.ფ.}}} \quad (3.2)$$

თუ ფეთქებადი ნივთიერება წარმოადგენს არა ფეთქებად ნაერთს, არამედ ფეთქებად ნარევს, მაშინ კუთრი მოცულობა იანგარიშება ფორმულით:

$$V'_0 = \frac{22,4 \sum n}{M_{\text{გ.ფ.}} \cdot m_1 + M_{\text{გ.ფ.2}} + \dots}, \quad (3.3)$$

სადაც  $M_{\text{გ.ფ.1}}$ ,  $M_{\text{გ.ფ.2}}$  და ა.შ.-არის ფეთქებადი ნივთიერების ცალკეული კომპონენტების მოლეკულური წონები, კგ/კ.მოლი;

$m_1$ ,  $m_2$  და ა.შ.- ფეთქებადი ნივთიერების კომპონენტების კილოგრამმოლეკულათა რიცხვი;

$\sum n$  - ფეთქებადი ქიმიური ნარევის აფეთქებისას წარმოქმნილი ყველა აირის კილოგრამ-მოლეკულათა ჯამური სიდიდე;

სხვა ტემპერატურული პირობებისთვის აირების მოცულობის კუთრი ხარჯი გამოითვლება ფორმულით:

$$V'_t = V'_0 \frac{T}{273} \quad (3.4)$$

მაგალითად, აირების მოცულობის კუთრი ხარჯი 15°C-ზე (288° კელვ) იქნება:

$$V'_{15} = V'_0 \frac{288}{273} = 1,055 V'_0$$

აფეთქებისას გამოყოფილი აირების მოცულობა შეიძლება ექსპერიმენტულადაც განისაზღვროს. ამისთვის ფოლადის სქელკედლიან ყუმბარაში ფეთქებადი ნივთიერების აფეთქების შემდეგ ასაფეთქებელ კამერაში ზომავენ აფეთქების აირების წნევას. ყუმბარის შიგა მოცულობა 20 ლიტრია და გათვლილია 200 გრ ბრიზანტული ფეთქებადი ნივთიერების ასაფეთქებლად. აფეთქების წინ აწარმოებენ ყუმბარიდან ჰაერის ამოტუმბვას. აფეთქების აირებს 60 წუთის განმავლობაში აცლიან გაცივებას გარემოს ტემპერატურამდე და შემდეგ ზომავენ ყუმბარის შიგნითა წნევას. ყუმბარის შიგა მოცულობისა და გაზომილი წნევის საშუალებით ადვილად გაიანგარიშება აფეთქების აირების მოცულობა.

$$V_0 = \frac{VP_{273}}{760 \cdot T}, \quad (3.5)$$

სადაც  $V$  არის ყუმბარის შიგა მოცულობა, ლ;  $P$  - აირების წნევა ყუმბარაში, მმ. ვერცხ. წყ. სვ.;  $T$  - გაცივებული აირების აბსოლუტური ტემპერატურა ყუმბარაში.

შემდეგ დაადგენენ კონდენსირებული წყლის ორთქლის მოცულობას (ყუმბარაში დაუბერავენ მშრალ ჰაერს რომელსაც შემდგომ გაატარებენ კალციუმ ქლორით შევსებულ ჭურჭელში, რომელშიც მოხდება ყუმბარიდან გამოდევნილი აირის გაუწყლოვნება). აირის მიღებულ მოცულობას დაუმატებენ  $V_0$  - ის სიდიდეს და მიიღებენ აირების ჯამურ მნიშვნელობას  $\Sigma V_0$ .

მიღებულ შედეგზე დაყრდნობით იანგარიშება აირების კუთრი მოცულობა (1 კგ. ფეთქებადი ნივთიერებისათვის)

$$V_0' = \frac{\sum V_0}{Q}, \quad (3.6)$$

სადაც  $Q$  არის აფეთქებული მუხტის სიდიდე, კგ.;

სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების ერთი კილოგრამის აფეთქებისას გამოიყოფა 700-1000 ლიტრი აირი.

ყუმბარის მთლიანობის შესანარჩუნებლად დამუხტვის სიმკვრივე (ფეთქებადი ნივთიერების მასის შეფარდება ყუმბარის კამერის მოცულობასთან) არ უნდა იყოს 0,02 კგ/დმ<sup>3</sup> - ზე მეტი.

### 3.5 აფეთქების სითბო

აფეთქების სითბო წარმოადგენს აფეთქების ერთ-ერთ უმთავრეს მახასიათებელს, რომელზეც დამოკიდებულია აფეთქების აირების ტემპერატურა და ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარი.

აფეთქების სითბოს განსაზღვრა ნივთიერების წვისა და ნივთიერების წარმოქმნის სითბოთა მნიშვნელობების საშუალებით ემყარება ჰესის კანონს. აფეთქების ქიმიურ გარდაქმნასთან დაკავშირებით ეს კანონი შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოვაყალიბოთ: აფეთქების დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ტოლია აფეთქების პროდუქტების წარმოქმნისას მიღებულ სითბოს რაოდენობას გამოკლებული თვით ფეთქებადი ნივთიერების წარმოქმნის სითბოტევადობა, ე. ი.



$$Q_s = q_1 n_1 + q_2 n_2 + \dots - Q_f$$

(3.7)

სადაც  $Q_s$  არის ფეთქებადი ნივთიერების 1 კლ. მოლის აფეთქების სითბო, კ.კალ ან კ.ჯოული;  $q_1$ ,  $q_2$  და ა.შ. - აფეთქების სხვადასხვა პროდუქტების წარმოქმნის სითბო, კკალ/კმოლი ან კჯოული/კმოლი.;  $Q_f$  - ფეთქებადი ნივთიერების 1 კლ.მოლი წარმოქმნის სითბო, კ.კალ ან კ.ჯოული.

1 კგ ფეთქებადი ნივთიერების აფეთქების სითბო

$$Q'_s = \frac{Q_s}{M_{ფ.ბ.}} = \frac{q_1 n_1 + q_2 n_2 + \dots - (Q_{f1} m_1 + Q_{f2} m_2 + \dots)}{m_1 M_{ფ.ბ.1} + m_2 M_{ფ.ბ.2}} ; \quad (3.8)$$

სადაც  $Q_{f1}$ ,  $Q_{f2}$  და ა.შ - ფეთქებადი ნარევის ცალკეული ელემენტების მიერ წარმოქმნილი სითბოა, კ.კალ. ან კ.ჯოული.

სხვადასხვა სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების დეტონაციის დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობების მნიშვნელობები, მუდმივი წნევისა და 15°C ტემპერატურის პირობებში, ნაჩვენებია მე-3 ცხრილში.

### ცხრილი 3

ნივთიერება	ქიმიური ფორმულა	სითბოს წარმოქმნა 15°C ტემპერატურისა და 760 მმ ვერცხლის წყლის სვეტის წნევის პირობებში	
		კკალ/მოლ	კჯოული/კმოლ
ამონიუმის გვარჯილა	$NH_4NO_3$	+ 88 600	+ 371 152
დინიტრონაფტალინი	$C_{10}H_6(NO_2)_2$	-5 700	-23 765
ნიტროგლიცერინი	$C_3H_5(ONO_2)_3$	+ 94 200	+ 395 000

ნიტროგლიკოლი	$C_2H_4(ONO_2)_3$	+ 67 700	+ 283 000
ტენი	$C_5H_8(ONO_2)_4$	+ 12 300	+ 51 600
ტროტილი	$C_6H_2(NO_2)_3CH_3$	+ 16 500	+ 69 300
პიროქსილინი	$C_{24}H_{29}O_9(ONO_2)_{11}$	+ 624 000	+ 2 610 000
კოლოიდური ბამბა	$C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_9$	+ 705 000	+ 2 950 000
მგრგვინავი ვერცხლის წყალი	$Hg(CNO)_2$	-62 800	-258 500
წყლის ორთქლი	$H_2O$	+ 57 800	+ 241 500
წყალი თხევადი	$H_2O$	+ 68 400	+ 286 000
ნახშირორჟანგი	$CO_2$	+ 94 300	+ 395 000
ნახშირჟანგი	$CO$	+ 26 200	+ 109 800
აზოტის ჟანგი	$NO$	-26 600	-111 200
აზოტის ქვეჟანგი	$N_2O$	-20 600	-86 400
მეთანი	$CH_4$	18 600	+ 78 000
ცელულოზა	$C_6H_{10}O_5$	+ 200 000	+ 839 000
ალუმინის ჟანგი	$Al_2O_3$	+ 399 000	+ 1 870 000

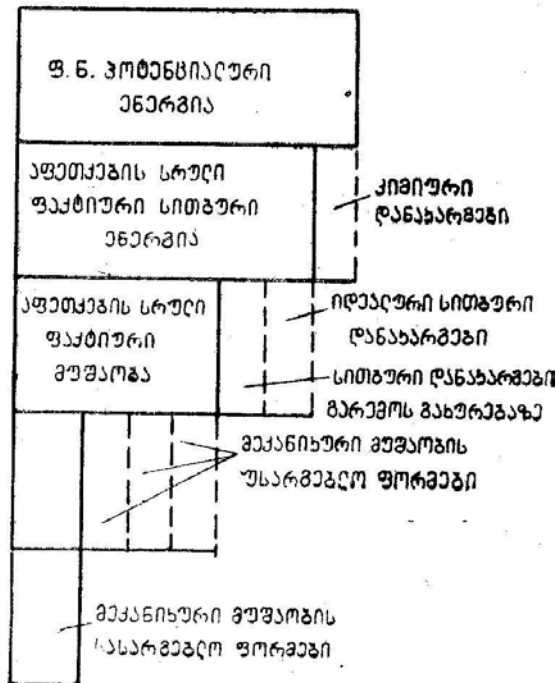
#### 4. აფეთქების ენერჯის ბალანსი და მარგი ქმედების კოეფიციენტი

აფეთქების დროს ენერჯია გამოიყოფა სითბოს სახით, რომელიც მექანიკურ მუშაობად გარდაიქმნება გახურებული აირების გაფართოების შედეგად.

აფეთქების სითბოს გარდაქმნა მექანიკურ მუშაობად მნიშვნელოვანი დანაკარგებით ხდება. ფეთქებადი ნივთიერების პრაქტიკული გამოყენების დროს, მექანიკური მუშაობის სასარგებლო ფორმების მიღწევამდე, ადგილი აქვს მთელ რიგ დანაკარგებს (ქიმიური, სითბური,

მექანიკური მუშაობის უსარგებლო ფორმები, (ნახ.2). აფეთქების შედეგად შესრულებულ საერთო მუშაობას, ანუ, როგორც ამბობენ, აფეთქების ფუგასურ მოქმედებას, განსაზღვრავს აფეთქების აირების გაფართოება გარკვეულ საფეხურამდე.

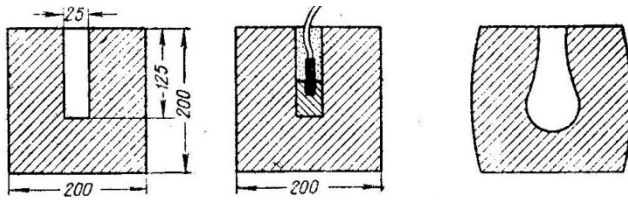
ფეთქებადი ნივთიერების ბრიზანტული მოქმედება კი გამოვლინდება მხოლოდ აფეთქების კერის უშუალო სიახლოვეს, სადაც აირების წნევა და სიმკვრივე უდიდესია.



ნახ. 2. აფეთქების ენერჯიის ბალანსი

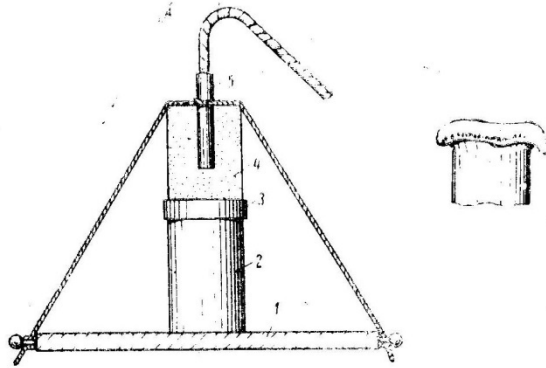
ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის (ფუგასური მოქმედების) ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს აფეთქების სითბო და აირების მოცულობა წარმოადგენს. ბრიზანტული მოქმედება კი დამოკიდებულია დეტონაციის სიჩქარესა და იმ წნევაზე, რომელიც დეტონაციის ტალღის ფრონტზე გვაქვს.

ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის (ფუგასური მოქმედების) შედარებითი შეფასების მეთოდებიდან პრაქტიკაში გავრცელება პოვა ტრაუცლის სინჯმა (ნახ.3), ტყვიისგან დამზადებულ ცილინდრს (ტრაუცლის ყუმბარას), რომლის ზომები ნახაზზეა ნაჩვენები, აქვს ცენტრალური ხვრელი ( $d=25$  მმ;  $l=125$  მმ). მასში ათავსებენ გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების მუხტს 10 გრამის რაოდენობით, რომელიც წინასწარ თავსდება პერგამენტის ქაღალდის ან კალის ფოლგის მასრაში. მუხტში ჩადებულია დეტონატორი (მუხტის სიმაღლის  $2/3$ -ზე). ხვრელს პირამდე ავსებენ მშრალი ქვიშით, დატკეპნის გარეშე. აფეთქების შედეგად ცილინდრული ხვრელის მოცულობა იზრდება და იგი მსხლისებურ ფორმას ღებულობს. მოცულობის ნამატს, რომელიც იზომება კუბური სანტიმეტრობით, იღებენ ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის პირობით საზომად. მოცულობის ნამატის გაზომვისას მას აკლებენ დეტონატორის აფეთქებით გამოწვეული გაფართოების სიდიდეს ( $30$  სმ<sup>3</sup>).



ნახ. 3 ტრაუცლის სინჯი მუშაობის უნარის განსაზღვრისათვის

ფეთქებადი ნივთიერების ბრიზანტულობის განსაზღვრა ხდება ჰესის სინჯის საშუალებით (ნახ. 4). ტყვიის ცილინდრი (2), რომლის დიამეტრია 40 მმ, ხოლო სიმაღლე 60 მმ, მოთავსებულია ფოლადის ფილაზე (1) (სისქე 20 მმ). ტყვიის ცილინდრს ზევიდან ადევს ფოლადის ფირფიტა (3) (დიამეტრი 40 მმ, სისქე 10 მმ), რომელზეც იდგმება ქაღალდის მასრა მასში მოთავსებული ფეთქებადი ნივთიერებითა (4) და დეტონატორით (5). გამოსაცდელი ნივთიერების წონა 50 გ-ს შეადგენს. აფეთქების შედეგად ტყვიის ცილინდრი აფეთქების აირების დარტყმას განიცდის და ამიტომ სიმაღლეში კლებულობს. ცილინდრის სიმაღლის საშუალო მოკლების სიდიდე მილიმეტრობით წარმოადგენს ბრიზანტულობის პირობით ზომას (გაზომვა ხდება ოთხ დიამეტრალურად საწინააღმდეგო წერტილში, საიდანაც აიღება საშუალო არითმეტიკული).



ნახ. 4. ჰესის სინჯი ბრიზანტულობის განსაზღვრისათვის

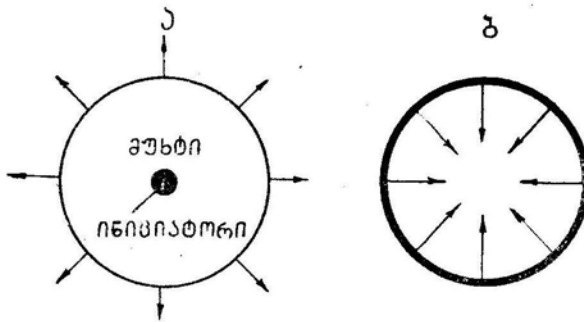
## 5. კუმულაციის მოვლენა

მუხტის აფეთქების დროს ხდება აფეთქების პროდუქტებისა და დარტყმითი ტალღების გადაადგილება გარემოში მუხტის ფარგლებს გარეთ. ამ პროცესისთვის დამახასიათებელია აფეთქების აირების წნევის, სიმკვრივისა და სიჩქარის სწრაფი დაქვეითება, რაც აიხსნება აფეთქების ენერჯის გაფანტვით სულ უფრო და უფრო მზარდ მოცულობაში.

საწინააღმდეგო მოვლენას ვხვდებით აფეთქების პროდუქტების სხვადასხვა ნაკადის ან დეტონაციის ტალღების ერთმანეთთან შეჯახების შემთხვევაში. ამ დროს აღინიშნება შეჯახებული მასების წნევის, სიმკვრივისა და სიჩქარის მკვეთრი გადიდება, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის აფეთქების ადგილობრივ დამანგრეველ მოქმედებას. ასეთ მოვლენას კუმულაცია ეწოდება

(კუმულაცია ლათინური სიტყვაა და ნიშნავს გაზრდას, შეკრებას).

ზემოაღნიშნულის განსამარტავად წარმოვიდგინოთ სფერული ფორმის მუხტი, რომლის ინიცირება მის ცენტრში ხდება. დარტყმითი ტალღა ზედაპირისკენ გავრცელდება და მუხტის ფარგლებს გარეთ გასვლის შემდეგ სწრაფად იწყებს შესუსტებას (ნახ. 5). მეორე შემთხვევაში, თუ ავიღებთ ღრუ სფეროს ფორმის მქონე მუხტს და განვახორციელებთ მთელი მისი ზედაპირის ერთდროულ ინიცირებას, მივიღებთ დეტონაციის სფერულ ტალღას, რომელიც მუხტის ცენტრისაკენ გავრცელდება (ნახ. 5). ამ დროს ტალღის ფრონტის ზედაპირი მცირდება, ხოლო მისი ენერგია იზრდება, ასეთი ტალღის შეყრის ადგილზე წნევა, შესაძლებელია, მილიონ ატმოსფერომდე გაიზარდოს.

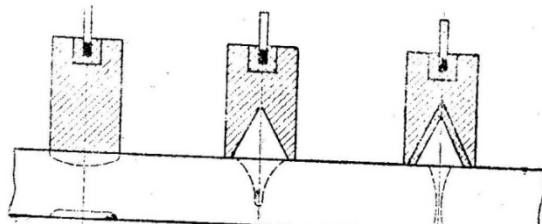


ნახ.5. რადიალური კუმულაცია

აქ განხილული რადიალური კუმულაციის ეფექტი მუხტის შიგნით მიიღება, ამიტომ მას ნაკლები პრაქტი-

კული გამოყენება აქვს. ამ თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობისაა ე.წ. ღერძული კუმულაცია. იგი ხასიათდება გარკვეული მიმართულების მქონე კუმულაციური ჭავლის წარმოქმნით, რომელიც წარმოადგენს დეტონაციის შემკვრივებული პროდუქტების აჩქარებულ ნაკადს. ღერძული კუმულაცია მიიღება მუხტის ერთ ბოლოში გარკვეული ფორმის სიღრუის შექმნით. ამ დროს ინიცირება მეორე ბოლოდან ხორციელდება.

მე-6 ნახაზზე ნაჩვენებია ფოლადის ფილა მასზე მოთავსებული ცილინდრული ფორმის სამი მუხტით, რომელთა სიმაღლე და დიამეტრი თანაბარია. პირველ მუხტს აქვს ბრტყელი ფუძე, მეორეს ფუძეში კონუსური ღრმული აქვს გაკეთებული, ხოლო მესამე მუხტის ასეთივე ფორმის ღრმულში ლითონის თხელი გარსია ჩადებული. ამ მუხტების აფეთქება ფილის სხვადასხვა დეფორმაციას იძლევა.



**ნახ. 6. ჩვეულებრივი და კუმულაციური მუხტების გამწვანე მოქმედება**

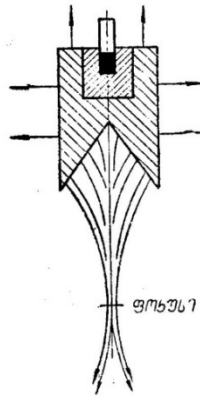
პირველი მუხტის აფეთქების შედეგად ფილაზე ვლებულობთ ჩანაჭდევს, რომლის დიამეტრი მუხტის დიამეტრის ტოლია (ამ დროს შესაძლებელია, ფილის მოპირდა-



პირე ზედაპირზე მივიღოთ დაახლოებით ასეთივე ზომის ფოლადის ნაჭრის ახლეჩა). მეორე მუხტის აფეთქებით ფილაში გაჩნდება ძაბრი, რომელსაც პირველი მუხტით შექმნილ ჩანაჭდევთან შედარებით გაცილებით მეტი სიღრმე და ბევრად უფრო ნაკლები დიამეტრი ექნება. მესამე მუხტის აფეთქებით კი ფილაში კიდევ უფრო მცირე დიამეტრის გამჭოლი ხვრეტი ან მეტი სიღრმის ძაბრი მიიღება. მუხტში კონუსური ღრმულის შექმნა აფეთქების ენერგიის გარკვეული ნაწილის კონცენტრაციას იწვევს, რაც მცირე უბანზე მკვეთრად ზრდის აფეთქების მოქმედების ეფექტს.

კუმულაციური მუხტის აფეთქების არსი შემდეგში მდგომარეობს (ნახ. 7): კუმულაციურ ღრმულთან მდებარე მუხტის ნაწილის აფეთქების პროდუქტები ღრმულის ზედაპირზე გასვლისას მოძრაობის მიმართულებას იცვლის და ამ ზედაპირის თითქმის მართობულად გაიტყორცნება. ასეთი გარდატეხის შედეგად ხდება დეტონაციის პროდუქტების ელემენტარული ნაკადების თავმოყრა კუმულაციური ღრმულის ღერძის გასწვრივ და მათი შემკვრივება, რაც იძლევა ე.წ. კუმულაციურ ნაკადს. მისი სიჩქარე მნიშვნელოვნად აღემატება ფეთქებადი ნივთიერების დეტონაციის სიჩქარეს. ექსპერიმენტულად გამოკვლეულია, რომ კუმულაციური ნაკადის სიჩქარე დიდი ბრიზანტულობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებების მუხტებისათვის 12-15 კმ/წმ აღწევს (სპეციალურ

ექსპერიმენტებში მიღწეულ იქნა ნაკადის სიჩქარე 90 კმ/წმ).



ნახ. 7. ღერძული კუმულაციის მოვლენა

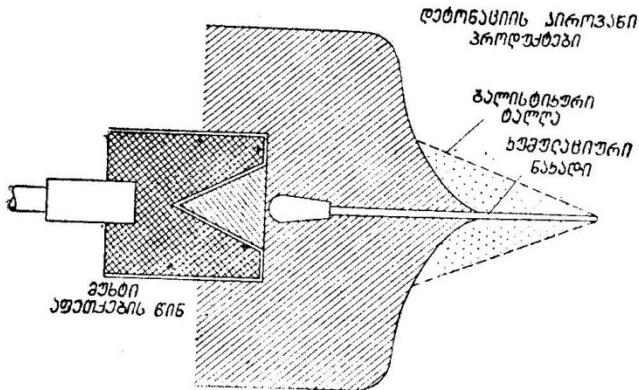
კუმულაციურ ნაკადს მუხტიდან ცოტაოდენი დაშორებით აქვს უდიდესი სიმკვრივე და სიჩქარე და უმცირესი დიამეტრი. ამ ადგილზე, რომელსაც კუმულაციური ფოკუსი ეწოდება, ნაკადის ძალა მაქსიმალურია. აფეთქების პროდუქტების შემკვრივებული ნაკადის (კუმულაციური ნაკადის) დინამიკური მოქმედებით აიხსნება ფოლადის ფილაში ვიწრო ხვრელის შექმნა.

ფოკუსური მანძილის გავლის შემდეგ კუმულაციური ნაკადის სიჩქარე სწრაფად კლებულობს, მისი დიამეტრი იზრდება და ნაკადი იფანტება. ფოკუსური მანძილი, დაახლოებით, კუმულაციური ღრმულის ორი დიამეტრის ტოლია.

კუმულაციური ნაკადის შექმნაში მონაწილეობს მუხტის მხოლოდ მცირე ნაწილი, რომელიც უშუალოდ ეკვრის

ღრმულის ზედაპირს. მას მუხტის აქტიური ანუ კუმულაციური ნაწილი ეწოდება.

ლითონის (რკინა, სპილენძი, ალუმინი) გარსის ჩადება კუმულაციურ ღრმულში იწვევს კუმულაციური ეფექტის მკვეთრ გაზრდას (გარსის სისქე არ აღემატება ღრმულის დიამეტრის  $1/30$ -ს). აფეთქების პროდუქტების ზემოქმედების შედეგად ხდება ლითონის შეკუმშვა ფილთაქვის ფორმის მასად, საიდანაც წარმოიქმნება ლითონის წვრილი ნაკადი (ნახ. 8). ამ ნაკადში, რომლის დიამეტრი  $1,5-3,0$  მილიმეტრია, თავს იყრის მუხტის კუმულაციური ნაწილის ენერგიის უმეტესი რაოდენობა. კუმულაციურ ნაკადში გადადის ლითონის გარსის მხოლოდ  $6-11$  %, დანარჩენი ნაწილი კი კუმულაციის ეფექტის შექმნაში მონაწილეობას არ ღებულობს. ლითონის კუმულაციურ ნაკადს გააჩნია ენერგიის უდიდესი სიმკვრივე, რაც განაპირობებს მუხტის მოქმედების ხასიათს.



ნახ. 8. ლითონის გარსით აღჭურვილი კუმულაციური

## მუხტის მოქმედება

საერთოდ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ კუმულაციური მუხტების გამოყენება არ იძლევა აფეთქების ენერჯის გაზრდას. მათი საშუალებით ვღებულობთ მხოლოდ ენერჯის კონცენტრაციასა და მის გამოვლინებას გარკვეული მიმართულებით. ამიტომ ტექნიკაში გამოყენება აქვს კუმულაციური მუხტების გამხვრეტ მოქმედებას (ნახვრეტების გაკეთება ლითონში, ბეტონში, რკინაბეტონში და სხვა ძნელად დასამუშავებელ მასალებში).

## 6. სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების კლასიფიკაცია

სამთო მრეწველობაში გამოსაყენებელ ფეთქებად ნივთიერებებს მოეთხოვება: დამზადებისა და მოხმარების სრული უსაფრთხოება, საკმარისი დამანგრეველი მოქმედება, ფეთქებად თვისებათა შენარჩუნება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, საჭირო მგრძნობიარობა დეტონატორით ინიცირებისას, ეკონომიური ხელსაყრელობა.

სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების კლასიფიკაცია შეიძლება მოვახდინოთ შედგენილობის, გამოყენების პირობებისა და მოქმედების ხასიათის მიხედვით.

შემადგენლობის მიხედვით სამამულო სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

1. ამონიუმისგვარჯილიანი ფეთქებადი ნივთიერებანი;
2. ნიტროეთეროვანი ფეთქებადი ნივთიერებანი;
3. ოქსილიკვიტები;
4. დენტები.

ძირითადი გამოყენება აქვთ ამონიუმისგვარჯილიან და ნიტროეთეროვან ფეთქებად ნივთიერებებს.

გამოყენების პირობების მიხედვით ფეთქებადი ნივთიერებები ექვს კლასად არის დაყოფილი. პირველი კლასის ფეთქებადი ნივთიერებები განკუთვნილია მხოლოდ ღია სამთო სამუშაოებისათვის. მათთვის დამახასიათებელია შხამიანი აირების დიდი რაოდენობით გამოყოფა, რაც შესაძლებელს ხდის მათ ხმარებას მიწის ქვეშ. მეორე კლასის ფეთქებადი ნივთიერებანი შეიძლება გამოვიყენოთ ღია და მიწისქვეშა სამთო სამუშაოებისათვის, გარდა აირისა და მტვრის საფრთხილო შახტებისა. პირველი ორი კლასი არამცველ ფეთქებად ნივთიერებებს წარმოადგენს, დანარჩენი კლასები კი მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებია, რომლებიც აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო შახტაში იხმარება.

სხვადასხვა ფეთქებადი ნივთიერებების ვაზნებს, ყუთებს, ტომრებსა და პაკეტებს, რომლებსაც ქარხანა უშვებს, გააჩნიათ განმასხვავებელი ნიშნები სხვადასხვა

ფერის გარსების ან ცალკეული ზოლების სახით. განმასხვავებელი ფერებია:

1. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისთვის, რომელის გამოიყენება ნახშირისა და ფუჭი ქანის სანგრევებში - ყვითელი.
2. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისთვის, რომელიც გამოიყენება მხოლოდ ფუჭი ქანის მოსანგრევად - ლურჯი.
3. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისთვის, რომელიც განკუთვნილია გოგირდის, ნავთობისა და ოზოკერიტის შახტებისათვის - მწვანე.
4. არამცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისთვის, რომელიც იხმარება მიწისქვეშა სამუშაოებისთვის აირისა და მტვრის მხრივ უსაფრთხო შახტაში - წითელი.
5. არამცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისთვის, რომელიც დაშვებულია მხოლოდ ღია სამუშაოებზე გამოსაყენებლად - თეთრი.
6. თერმომედეგი ფეთქებადი ნივთიერებებისთვის, რომლებსაც იყენებენ ნავთობისა და აირის ჭაბურღილებში ასაფეთქებლად - შავი.

განმასხვავებელი ფერები თავიდან გვაცილებს ფეთქებადი ნივთიერებების შეუფერებელ პირობებში გამოყენებას. საჭიროა გვახსოვდეს, რომ მცველი ნივთიერებების გამოყენება არამცველი ნივთიერებების მაგივრად სავსებით დასაშვებელია, ხოლო პირიქით, არამცველი ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენებამ

მტვრისა და აირის მხრივ საფრთხილო შახტებში, შესაძლოა სერიოზული კატასტროფა გამოიწვიოს.

გარემოზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით გვაქვს ბრიზანტული და სატყორცნი ფეთქებადი ნივთიერებანი. ქანების დასანგრევად გამოიყენება ბრიზანტული ნივთიერებები. მათ პირობით ყოფენ სამ ჯგუფად:

ა) დიდი ბრიზანტულობის ფეთქებადი ნივთიერებანი (დეტონაციის სიჩქარე 4500 -7000 მ/წმ).

ბ) საშუალო ბრიზანტულობის ფეთქებადი ნივთიერებანი (დეტონაციის სიჩქარე 3500 -4500 მ/წმ).

გ) მცირე ბრიზანტულობის ფეთქებადი ნივთიერებანი (დეტონაციის სიჩქარე 2000 -3500 მ/წმ).

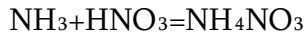
ქიმიური ფეთქებადი ნაერთები, რომლებსაც სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების დასამზადებლად ხმარობენ, იყოფა შემდეგ ძირითად ჯგუფებად:

1. აზოტმჟავას მარილები (ამონიუმის, ნატრიუმისა და კალიუმის გვარჯილები);
2. სპირტის აზოტმჟავა ეთერები (ნიტროგლიცერინი, ნიტროგლიკონი, ტენი);
3. ცელულოზას ამინომჟავა ეთერები (პიროქსილინი);
4. არომატული რიგის ნიტროწარმოებულნი (ტროტილი, ნიტრონაფტალინი, ტეტრილი, ჰექსოგენი);
5. წყალბადმჟავას მარილები (ტყვიის აზიდი) და მგრგვინავი მჟავას მარილები (მგრგვინავი ვერცხლისწყალი).

## 7. ფეთქებადი ქიმიური ნაერთები

ფეთქებად ქიმიურ ნაერთებს იყენებენ სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებებისა და აფეთქების საშუალებათა დამზადებისას.

ამონიუმის გვარჯილა  $\text{NH}_4 \text{NO}_3$  წარმოადგენს ჭარბი ჟანგბადის მატარებელ ნაერთს, რომელსაც იყენებენ თითქმის ყველა სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერების დამზადების დროს. იგი მიიღება ამიაკისა და აზოტმჟავას ურთიერთქმედების შედეგად:



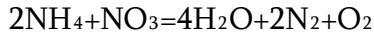
ამონიუმის გვარჯილას აქვს თეთრი ფხვნილის სახე, კრისტალების ხვედრითი წონა 1.56-1.4, ხოლო ფხვნილის მოცულობითი წონა 0.85-1.0 გ/სმ<sup>3</sup>. იგი წყალში ადვილად იხსნება და ამ დროს შთანთქავს სითბოს დიდ რაოდენობას (წყლის 100 ნაწილში ამონიუმის გვარჯილის 60 ნაწილის გახსნა ტემპერატურას 27<sup>0</sup>-ით დაბლა წევს).

ამონიუმის გვარჯილა თავისთავად წარმოადგენს სუსტ ფეთქებად ნივთიერებას. მისი დეტონაციისათვის საჭიროა მეტად მძლავრი საწყისი იმპულსი. ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორი მას ვერ აფეთქებს და ამ მიზნით საჭირო ხდება რომელიმე დიდი ბრიზანტულობის მქონე ნივთიერების გამოყენება შუალედ დეტონატორად. აფეთქების სიჩქარე დაახლოებით 2000 მ.წმ-ია, მუშაობის უნარი ტრაუცლის ყუმბარაში 165-230 სმ<sup>3</sup>, ბრიზანტულობა



ჰესის სინჯით 1.5-2.0 მმ, აფეთქების სითბო - 350 კკალ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა -1950°.

ამონიუმის გვარჯილის აფეთქების რეაქციას აქვს შემდეგი სახე:



ჟანგბადის ჭარბი რაოდენობის გამო ამონიუმის გვარჯილამ უმთავრესი გამოყენება ჰპოვა, როგორც დამჟანგავმა ფეთქებადი ნარევების დამზადებისას.

ამონიუმის გვარჯილის უარყოფითი თვისება, რაც მის შემცველ ფეთქებად ნარევებშიც იჩენს თავს, არის ჰიგროსკოპულობა და ტკეპნადობა (კომტებად შეკვრა). დატენიანებისა და კომტებად შეკვრის შედეგად ამონიუმის გვარჯილა იძლევა არასრულ დეტონაციას და დიდი რაოდენობით გამოყოფს შხამიან აირებს, მნიშვნელოვანი დატენიანების დროს დეტონაცია საერთოდ არ მიიღება.

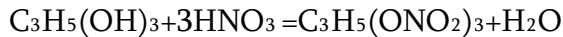
ტკეპნადობის თავიდან ასაცილებლად ამონიუმის გვარჯილას ამზადებენ შედარებით მსხვილი გრანულების (მარცვლების) სახით ( $d=1-3\text{მმ}$ ), რომელიც მაღალი სიმტკიცით ხასიათდება. ამავე მიზნით მის შემადგენლობაში შეჰყავთ სპეციალური დანამატები. ამონიუმის გვარჯილის გამოშვება ქარხნიდან ხდება ტენშეულწევად ტარაში.

ამონიუმის გვარჯილა ადვილად იტანს დარტყმას, ხახუნს და სხვა მექანიკურ ზემოქმედებას. ამიტომ ამონიუმის გვარჯილას ხანგრძლივი დროის მანძილზე ფეთქებად ნივთიერებად არ თვლიდნენ და დატკეპვნის

შემთხვევაში აფხვიერებდნენ მცირე მუხტების აფეთქებით.

ამონიუმის გვარჯილაში თხევადი საწვავი მასალის გარევა (მაზუთი, სოლარის ზეთი და სხვა) მკვეთრად ზრდის მის ფეთქებად თვისებებს. ამ გზით იღებენ სხვადასხვა სახის იაფფასიან სამრეწველო ფეთქებად ნივთიერებებს.

ნიტროგლიცერინი  $C_3H_5(ONO_2)_3$  მიიღება გლიცერინის სამატომიანი სპირტის ნიტრაციით. იგი ემყარება შემდეგ რეაქციას:



სუფთა ნიტროგლიცერინი უფერული, გამჭვირვალე, ზეთისებური კონსისტენციის სითხეა. ტექნიკურ ნიტროგლიცერინს მოყვითალო ფერი აქვს. მას მოტკბო გემო დაჰკრავს.

ნიტროგლიცერინის ხვედრითი წონა 1.6, ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე იგი პრაქტიკულად არაქროლადია. მისი აქროლება იწყება  $50^{\circ}C$ -მდე გახურების შემდეგ. აფეთქების ტემპერატურა უდრის  $180-200^{\circ}C$ -სს. სუფთა ნიტროგლიცერინი იყინება  $+13.2^{\circ}C$ -ზე.

ნიტროგლიცერინი უდიდესი სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა: აფეთქებისას გამოყოფს 1560 კკალ/კგ სითბოს, იძლევა 715 ლ/კგ აირებს, რომელთა ტემპერატურა  $4100^{\circ}C$ -ს შეადგენს, მუშაობის უნარის ტრაუცლის ყუმბარაში  $590 \text{ სმ}^3$ -ია, ბრიზანტულობა ჰესის სინჯებზე 20-

26მმ, დეტონაციის სიჩქარე აღწევს 7600 მ/წმ-ს ნიტროგლიცერინს აქვს ოდნავ დადებითი ჟანგბადის ბალანსი (3.5%).

ნიტროგლიცერინი, როგორც დამოუკიდებელი ფეთქებადი ნივთიერება, არ გამოიყენება დიდი მგრძნობიარობის გამო, რაც მეტად საშიშს ხდის მის პრაქტიკულ მოხმარებას. ნიტროგლიცერინი ადვილად ფეთქდება ხახუნით და დარტყმით. გაყინული ნიტროგლიცერინის მგრძნობიარობა ბევრად ნაკლებია, ვიდრე თხევადის, ხოლო ნახევრად გაყინულ მდგომარეობაში მას უდიდესი მგრძნობიარობა აქვს. ნიტროგლიცერინი ფეთქდება 2კგ. ტვირთის დაცემით 4 სმ სიმაღლიდან. მისი აალება ადვილად ხდება ცეცხლგამტარი ზონრის მოქმედებით.

ნიტროგლიცერინი კოლოდიუმის ბამბისა და ნიტრონაერთების კარგი გამხსნელია. ამ თვისებას იყენებენ სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების გამოსავალი პროდუქტების მისაღებად. ნიტროგლიცერინში კოლოდიუმის ბამბის გახსნით წარმოიქმნება ე.წ. მგრგვინავი ჟელატინი (ლაბისებური მასა), რომელიც ნაკლებად მგრძნობიარეა (უფრო უსაფრთხოა). მას ხმარობენ დინამიტების დასამზადებლად.

ნიტროგლიცერინი შხამიანი ნივთიერებაა და ცუდად მოქმედებს ადამიანის ნერვულ სისტემაზე. მისი ერთ-ერთი უარყოფითი მხარე ადვილად გაყინვაა.

გარდა ამონიუმის გვარჯილისა და ნიტროგლიცერინისა, ფეთქებად ქიმიურ ნაერთებს მიეკთვნებიან: ნიტროგლიკოლი -  $C_2H_2(ONO_2)_2$  ტენი (პენტრიტი, ტეტრანიტრო-

პენტაერიტრეტი) -  $C(CH_2ONO_2)_4$  პიროქსილინი, ტროტუ-  
ლი (ტოლი, ტრინიტროტოლოლი) -  $C_5H_2(NO_2)_3CH_3$ ,  
დინიტრონაფტალინი -  $C_{10}H_6(NO_2)_2$ , ტეტრილი  
(ტრინიტროფენოლმეტალნიტროამინი) - პიკრინმჟავა  
(ტრინიტროფენოლი) -  $C_6H_2(NO_2)_3OH$ , ქსილილი  
(ტრინიტროქსილოლი) -  $C_6H(NO_2)_3(CH_3)_2$ , ჰექსოგენი  
(ტრიმეთილენტრინიტრამინი) -  $C_3H_6N_6O_6$

ფეთქებად ქიმიურ ნაერთებს მიეკუთვნება აგრეთვე  
ინიციატორული ფეთქებადი ნივთიერებები. ისინი მეტად  
მაღალი მგრძნობიარობით გამოირჩევიან, ამიტომ მათ  
ფართო გამოყენება აქვთ კაფსულ - დეტონატორების  
დამზადებისას. ამ ჯგუფის ფეთქებადი ნივთიერებებიდან  
დავასახელებთ შემდეგს: მგრგვინავი ვერცხლისწყალი -  
 $Hg(CNO)_2$  წარმოადგენს მგრგვინი მჟავას ( $HONC$ ) მარილს.  
ტყვიის აზიდი  $Pb(N_3)_2$  კი - წყალბადაზოტმჟავას ( $HN_3$ )  
ტყვიის მარილს. ტყვიის სტიფნატი ქიმიურად მდგრადი  
ნივთიერებაა ( $C_6H(NO_2)_3O_2 PbH_2O$ ).

## 8. ფეთქებადი ნივთიერებები ღია სამუშაოებისათვის

ღია სამუშაოებისათვის განკუთვნილ ნივთიერებებს  
ნაკლებად მკაცრი მოთხოვნილებანი წაეყენება. აქ  
ფაქტიურად შეზღუდული არ არის ჟანგბადის ბალანსის  
მნიშვნელობა. კარიერზე შეიძლება ვიხმაროთ შედარებით  
დაბალი სადეტონაციო თვისებების მქონე ნივთიერებები.

ღია სამუშაოებისათვის ხშირად დამახასიათებელია ფეთქებადი ნივთიერებების დიდი ხარჯი, ამიტომ ის შედარებით იაფი უნდა იყოს. ჭაბურღილებში (კამერებში) მუხტების მოთავსება დიდ დროს მოითხოვს, რომლის შესამცირებლად ფეთქებადი ნივთიერება მექანიზებული დამუხტვის საშუალებას უნდა იძლეოდეს. ამისთვის კი მას უნდა ჰქონდეს კარგი ფხვიერობა, მცირე მგრძნობიარობა, მექანიკური ზემოქმედებისადმი უმნიშვნელო ტკეპნადობა ხანგრძლივი შენახვის დროს. ასეთ ფეთქებად ნივთიერებებს უმეტეს შემთხვევაში მოეთხოვება წყალმდეგობა და წყალში ჩაძირვის უნარი, ვინაიდან ჭაბურღილები გარკვეულ დონემდე ხშირად წყლით არის ხოლმე სავსე. რასაკვირველია, მეტად დიდი სიმაგრისა და მკვრივი ქანების შემთხვევაში საჭირო ხდება მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენება.

გრანულოტოლი და ალუმოტოლი. გრანულოტოლი წარმოადგენს გრანულირებულ ტროტილს (ე.ი. ფეთქებად ქიმიურ ნაერთს), ალუმოტოლი, გარდა ტროტილისა (85%), შეიცავს ალუმინის ფქვილს (15%), იგი მზადდება ამ კომპონენტების გრანულირებული შენადნობების სახით. გრანულების სიმსხო 5 მმ-მდეა, სიმკვრივე - 1.5-1.7 გ/სმ<sup>3</sup> - ია, მათ რუხი ფერი აქვთ. ალუმოტოლი საკმაოდ ძვირი ღირს.

ალუმოტილი მეტად მძლავრი ნივთიერებაა და განკუთვნილია მაგარი ქანების ასაფეთქებლად, ნებისმიერი გაწყლოვანების პირობებში.

გრანულოტოლი და ალუმოტოლი საწყისი იმპულსის მიმართ არასაკმარისად მგრძობიარე ნივთიერებებია. ამიტომ საჭირო ხდება მძლავრი შუალედი დეტონატორის გამოყენება. ქარხნიდან ეს ნივთიერებები იგზავნება ქალაქის მრავალფეროვან ან ჯუთის ტომრებში, შუალედი დეტონატორების კოჭებთან ერთად.

გრამონალები A-45 და A-50 წარმოადგენენ ტროტილის (შესაბამისად 45 და 50 %), ამონიუმის გვარჯილისა (40 და 47%) და ალუმინის ფქვილის (15 და 3%) ფეთქებად ნარევს, რომელიც მზადდება გრანულირებული სახით.

გრამონალი A-45 ყველაზე უფრო მძლავრია თანამედროვე გრანულირებულ ფეთქებად ნივთიერებათა შორის. მას იყენებენ უდიდესი სიმაგრის ძნელად ასაფეთქებელ ქანებში სამუშაოდ. გრამონალი A-50 განკუთვნილია მაგარი და საშუალო სიმაგრის ქანებისათვის.

გრამონიტები 50/50-B და 30/70-B მექანიკური ფეთქებადი ნარევებია, რომლებიც შეიცავენ ტროტილსა (შესაბამისად 50 და 70%) და ამონიუმის გვარჯილას (50 და 30%-ს). ნარევის დამზადებისას გვარჯილის გრანულები იფარება გამდნარი ტროტილის მთლიანი გარსით, რაც განაპირობებს მათ წყალმედეგობას. უფრო მეტად წყალმედეგია გრამონიტი 30/70-B, რომლის მუხტი დამდგარ წყალში მოთავსებისას ფეთქებად თვისებებს ინარჩუნებს სამი დღე-ღამის განმავლობაში.

გრამონიტი 30/70 (ინდექსის გარეშე) წარმოადგენს გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილის და გრანუ-

ლოტოლის (გრანულირებულ ტროტილის) მექანიკურ ნარევს. ფეთქებადი თვისებებით ნაკლებად განსხვავდება 30/70-B მარკის გრამონიტისაგან. განკუთვნილია მაგარ ქანებში სამუშაოდ ნაკლებად გაწყლოვანების პირობებში.

ღია სამუშაოებზე გამოყენებული გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერებების ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია 1-ლ ცხრილში.

## **9. ფეთქებადი ნივთიერებები ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებისათვის**

ამ კლასის ფეთქებადი ნივთიერებები მზადდება გრანულირებული დაწნეხილი ფხვნილისა და წყალშევისებული პლასტიკური სახით.

გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერებები განკუთვნილია საშუალო სიმაგრისა და მაგარ ქანებში სამუშაოდ. მათგან წყალმედეგია გრამონალი A-8, გრანულიტები AC-4B, AC-8B, გრამონიტი 79/21-B. ყველა მათგანი მზადდება I-3 მმ ზომის გრანულების სახით და ქარხნიდან ქაღალდის ტომრებით იგზავნება. ეს ფეთქებადი ნივთიერებები შედარებით ნაკლებად წყალმედეგია და განკუთვნილია სველ შპურებსა და

ჭაბურღილებში გამოსაყენებლად, დამუხტვიდან 2-4 საათის განმავლობაში.

უმარტივესი ტიპის გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერებების შემადგენლობაში შედის გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილის ფხვიერი ნარევი თხევად ან ადვილად ლღობად ნივთიერებებთან (AC-DT), რომელიც მზადდება უშუალოდ მოხმარების ადგილზე ან სპეციალიზირებულ ქარხნებში.

გრანულირებულ ამონიუმის გვარჯილის და თხევადი საწვავი მასალის ფეთქებად ნარევს აშშ-ში მიენიჭა საერთო შემოკლებული სახელი ANFO (ammonium nitrate-fuel oil).

აშშ-ში ჩატარებული კვლევების შედეგად, ფეთქებადი ნივთიერებების ერთგვაროვნებისა და შედგენილობის შესანარჩუნებლად, შექმნილი იქნა ახალი ხარისხის მიკროფოროვანი გრანულირებული გვარჯილა, რამაც დასაბამი მისცა სამკომპონენტიანი გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერების შექმნას. ამის შემდეგ შეიქმნა სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების სხვადასხვა ტიპები, რომელთა საფუძველს შეადგენდა კრისტალიზებული ან გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილა, ალუმინის ფქვილი და ფეთქებადი დანამატი (ტროტილი, დინიტროტოლოლი).

უმარტივესი ტიპის ფნ მოსამზადებლად, მათი ტკეპნადობის თავიდან ასაცილებლად, იხმარება სპეციალური ხარისხის ფოროვანი გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილა.



ორკომპონენტის ფენ (AC-DT) ყველაზე გავრცელებულ სახესხვაობას წარმოადგენს ჟანგბადის ბალანსით გაწონასწორებულ ნაერთს. იგი შედგება 94% გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილისა და 6% დიზელის საწვავისგან. ასეთი ნარევი აფეთქების ენერჯის ბალანსს 1470 კჯოულ/კგ-დან ზრდის 3738 კჯოულ/კგ-მდე.

ფხვიერი წყალმდეგი ფეთქებადი ნივთიერებით (AC-DT) დამუხტვას აწარმოებენ პნევმატიკური მეთოდით.

წყალმდეგი გარსის მქონე გრანულირებული გვარჯილის შერევა დიზელის საწვავთან ხდება უშუალოდ დამუხტვის პოცესში შემრევ-დამმუხტავი მანქანის მეშვეობით ან მზადდება წინასწარ AC-DT-ს დამამზადებელ სტაციონალურ პუნქტებში.

ღია სამუშაოებზე გამოყენებული გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერებების ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია მე-4 ცხრილში

**ცხრილი 4**

მახასიათებლები	გრანულოტოლი		ალუმოტოლი		გრამონალები		გრამონიტები	
	მშრალი	წყლით ავსებ.	მშრალი	წყლ. ავსებ.	A-45	A-50	50/598	30/70-B
აფეთქების სითბო, კკალ/კგ	870	980	1260	1340	1390	1000	880	870
აირების მოცულობა, ლ/კგ	750	1054	675	815	752	800	810	800
დეტონაციის სიჩქარე კმ/წმ	4,0-4,6	5,0-5,5	4,0-4,2	4,5-4,8	4,2-4,5	3,6-4,2	3,6-4,2	3,8-4,5

მუშაობის უნარი, სმ <sup>3</sup>	290	315	430	455	450	330	340	330
ბრიზანტულობა, მმ	24-26	32-34	28-30	30	28-30	24-26	23-25	24-27
კრიტიკული დიამეტრი, მმ	60-80	25-30	70-30	70-80	25-30	80-100	40-50	40-60
გრანულის სიმსხო, მმ	3-4		3-4		5-6	5-6	2-2,5	2-2,5
გრანულების სიმკვრივე, გ	1,48-1,54		1,52-1,63		1,45-1,58	1,4-1,52	1,4-1,48	1,4-1,48
შუალედი დეტონატორის მინიმალური მასა, გ	5-10	25-30 ტ	5-10	25-30	5-10	5-10	5-10	5-10
ჟანგბადის ბალანსი, %	74		76,25		38,6	30,3	27,	45,9
შედგენილობა, %								
ამონიუმის გვარჯილა					40	50	50	30
ტროტილი	100		85		45	47	50	70
ალუმინის ფქვილი			15		15	3		

გრამონალი A-8 ყველაზე მძლავრია მიწისქვეშა სამუშაოებზე დაშვებულ გრანულირებულ ფეთქებად ნივთიერებებს შორის. იგი წარმოადგენს გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილის, ტროტილისა და ალუმინის ფქვილის (8%) მექანიკურ ნარევს.

გრანულიტები AC-4B და AC-8B წარმოადგენენ წყალმდეგი გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილისა და ალუმინის ფქვილის (შესაბამისად 4 და 8%) მექანიკურ ნარევს, რომელსაც მოვერცხლისფრო რუხი ფერი აქვს.

გრამონიტი 79/21-B შეიცავს ამონიუმის გვარჯილასა (79%) და ტროტილს (21%). გვარჯილის გრანულები გაჟღენთილია გამდნარი ტროტილით, რის გამოც ფეთქებადი ნარევი ერთგვაროვნებითა და კარგი ფხვიერობით გამოირჩევა. აქვს ღია ყვითელი ფერი.

გრამონიტი 79/21-B წარმოადგენს ამონიუმის გვარჯილისა (79%) და ქერცლოვანი ტროტილის მექანიკურ ნარევს.

გრანულიტი AC-8 მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც წარმოადგენს ამონიუმის გვარჯილის (89%), ალუმინის ფქვილისა (8%) და მინერალური ზეთის მექანიკურ ნარევს.

გრანულიტი AC-4 საშუალო სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც შეიცავს ამონიუმის გვარჯილას (92%), ალუმინის ფქვილსა (4%) და მინერალურ ზეთს (4%).

გრანულიტი AC-2 შეიცავს ამონიუმის გვარჯილას (93%-მდე), ხის ფქვილს (3%) და მინერალურ ზეთს (4%). ის საშუალო სიმძლავრის იაფფასიანი ფეთქებადი ნივთიერებაა.

გრანულიტი M ქარხნული წესით დამზადებულ ფეთქებად ნივთიერებათა შორის უმარტივესი შედგენილობისაა, შეიცავს ფოროვან ამონიუმის გვარჯილასა (95%) და მინერალურ ზეთს (5%), აქვს მოყვითალო ფერი.

იგდანიტი მარტივი შედგენილობის ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც უშუალოდ მოხმარების ადგილზე

მზადდება, წარმოადგენს მსხვილმარცვლოვანი გვარჯილისა (94-95%) და დიზელის სათბობის (5-6%) ნარევეს. დასამზადებლად იყენებენ სტაციონარულ დანადგარებს ან თვითმავალ შემრევ-დამმუხტავ აგრეგატებს.

კლდის ამონიტი M1 დაწნეხილი წყალმედეგი ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც დიდი სიმძლავრით გამოირჩევა. გარდა ამონიუმის გვარჯილისა, შეიცავს ტროტილს, ჰექსოგენსა და ალუმინს, მზადდება ვაზნების სახით და განკუთვნილია დიდი სიმაგრის ქანებისათვის როგორც მშრალ, ისე გაწყლოვანებულ საანგრევებში.

ამონალი წარმოადგენს ამონიუმის გვარჯილის, ტროტილისა და ალუმინის ფქვილის მექანიკურ ნარევეს; მოვერცხლისფრო რუხი ფერის წვრილმარცვლიანი ფხვნილია, გამოიშვება მხოლოდ ვაზნების სახით.

კლდის ამონალი M3 ყველაზე უფრო მძლავრია ფხვიერ ფეთქებად ნივთიერებებს შორის. შეიცავს ამონიუმის გვარჯილას, ტროტილს, ალუმინის ფქვილსა და მცირე რაოდენობით ჰექსოგენს, გამოიყენება მხოლოდ ვაზნების სახით, მოითხოვს ფრთხილ მოპყრობას.

ამონიტი N-6ЖВ წარმოადგენს წყალმედეგი ამონიუმის გვარჯილისა და ტროტილის ნარევეს, მზადდება ვაზნების ან წვრილმარცვლოვანი ფხვნილის სახით, რომელსაც ყვითელი ფერი აქვს. განკუთვნილია საშუალო სიმაგრის ქანების დასანგრევად.

დინაფტალინი ამონიუმის გვარჯილისა და დინიტრონაფტალინის მექანიკური ნარევაა, ფეთქებადი თვისებების

N=6ЖБ მარკის ამონიტის მსგავსია. იყენებენ მადნის მაღაროებში გვირაბების გაყვანისა და საწმენდი სამუშაოებისთვის, აღმავალი ჭაბურღილების დასამუხტავად.

დეტონიტი 10A და დეტონიტი M ნიტროეთერების (ნიტროგლიცერინისა და ნიტროგლიკოლის ძნელგასაყინი ნარევის) შემცველი ფხვნილისებრი ფეთქებადი ნივთიერებებია, რომლებსაც დიდი სიმძლავრე აქვთ.

ძნელგასაყინი 62%-იანი დინამიტი პლასტიკური კონსისტენციის დიდი სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა.

წყალშევისებული პლასტიკური ფეთქებადი ნივთიერებებია აკვანიტი 3Л, აკვანიტი 516 და აკვანალი 51, რომლებიც უმთავრესად მიწისქვეშა სამუშაოებისთვისაა განკუთვნილი.

### **9.1. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები**

მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები გამოყენების პირობების მიხედვით, რაშიც შახტის (მაღაროს) ატმოსფეროს შედგენილობა და მისი აალების თავისებურება იგულისხმება, შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად:

1. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები მეთანისა და ნახშირის მტვრის აფეთქების მხრივ საფრთხილო პირობებისათვის (ნახშირის შახტები და სხვ.).

2. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები გოგირდის მტვრისა და გოგირდოვანი ნაერთების აფეთქების მხრივ საფრთხილო პირობებისათვის (გოგირდისა და ალმადანის შახტები და სხვ.).

3. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები ბენზინის ორთქლისა და მძიმე ნახშირწყალბადების აფეთქების მხრივ საფრთხილო პირობებისათვის (ნავთობისა და ოზოკერიტის შახტები და სხვ.).

მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებია:

პობედიტი БП-4 მოყვითალო ფერის ფხვნილისებრი ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელსაც მაღალი სადეტონაციო თვისებები აქვს, შეხებით ცხიმოვანი, მტვრიანობა არ ახასიათებს.

ამონიტი АП-5ЖБ ღია ყვითელი ფერის ფხვნილია; ხასიათდება წყალმედეგობით და მცირე ტკეპნადობით.

გოგირდის ამონიტი N6ЖБ მოყვითალო ფერის ფხვნილია, შეხებით ცხიმოვანია, გააჩნია მცირე წყალმედეგობა. აქვს მცირე სიმძლავრე, მაგრამ მდგრადი სადეტონაციო თვისებები.

ნავთობის ამონიტი N3ЖБ შესახედაობითა და სადეტონაციო თვისებებით გოგირდის ამონიტის მსგავსი ფხვნილია, მაგრამ გამოირჩევა კარგი წყალმედეგობით. იყენებენ ნავთობისა და ოზოკერიტის შახტებში.

ამონიტი ПЖБ-20 ღია ყვითელი ფერის წვრილმარცვლოვანი ფხვნილია, რომელიც მზადდება 250-300 გრამიანი ვაზნების სახით. ამ მარკის ამონიტის ვაზნები

შენახვის საგარანტიო ვადის განმავლობაში (6 თვე) კარგად ინარჩუნებს სადეტონაციო თვისებებს და ტკეპნას არ განიცდის. გაწყლოვანებულ შპურებში მოთავსების შემთხვევაში რამდენიმე საათის განმავლობაში არ კარგავს აფეთქების უნარს. ამონიტი ПЖБ-20 საშუალო სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა, გამოიყენება ნახშირისა და მცირე სიმაგრის ქანების მოსანგრევად.

ამონიტი T-19 შეხედულებითა და ფიზიკური თვისებებით ПЖБ-20 მარკის ამონიტის მსგავსია, მაგრამ სენსიბილიზატორის (ტროტილი) მეტი შემცველობის გამო უკეთესი სადეტონაციო უნარი გააჩნია.

უგლენიტი Э-6 იონმიმოცვლითი ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც შეიცავს ქლოროვან ამონიუმს ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) და ნატრიუმის გვარჯილას ( $\text{NaNO}_3$ ). იგი წარმოადგენს ფხვნილს, რომელიც შეხებით ცხიმოვანია და ცუდი ფხვიერობით ხასიათდება. ПЖБ-20 მარკის ამონიტთან შედარებით დაახლოებით ერთ-ნახევარჯერ სუსტია და მასზე ნაკლებად წყალმდეგია. დაშვებულია ნებისმიერი კატეგორიის შახტებში სამუშაოდ, აგრეთვე ისეთ ფენებში, რომლებიც საშიშია აირის უეცარი გამოტყორცნით.

უგლენიტი N 5 დიდი რაოდენობით შეიცავს ალსაქრობ ნივთიერებას (ქლოროვანი ნატრიუმი 75%), რაც განაპირობებს მის მაღალ მცველ უნარს და მცირე სიმძლავრეს. ნიტროეთერების შემცველობის გამო საიმედო დეტონაციას იძლევა შპურებში გამოყენების დროს. იხმარება ნებისმიერი კატეგორიის შახტებში ჭერის აფეთქებით

დასმისათვის, წყალსაფრქვევი ფარდების მოსაწყობად, ბიგების გამოსაგდებად და სხვ.

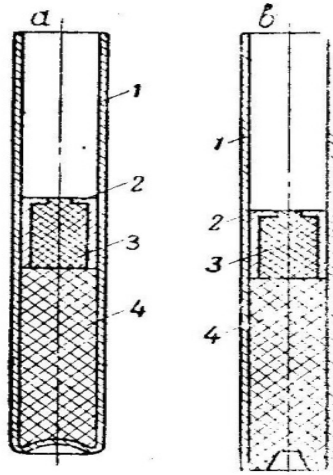
## 10. მუხტის ასაფეთქებელი საშუალებები

მუხტის ასაფეთქებელ საშუალებათა რიცხვს ეკუთვნის კაფსულ-დედტონატორი, ელექტროდედტონატორი, ცეცხლგამტარი ზონარი, სადედტონაციო ზონარი და ცეცხლის მოსაკიდებლები.

### 10.1. კაფსულ-დედტონატორები

კაფსულ-დედტონატორი გამოიყენება მუხტისათვის საწყისი იმპულსის მისაცემად. იგი წარმოადგენს ლითონის ან ქაღალდის მასრას (ნახ.9), რომელშიც მოთავსებულია პირველადი ინიციატორული ნივთიერება 3 და ბრიზანტული ნივთიერება (4). პირველადი ინიციატორი დახურულია ლითონის ხუფით (2), რომელსაც ცენტრში აქვს 2-2,5 მილიმეტრიანი ხვრეტი. ხუფი რომ არ იყოს, ცეცხლგამტარი ზონრის შეყვანა დედტონატორის მასრაში სახიფათო იქნებოდა, ვინაიდან ზონრის ხახუნის პირველად ინიციატორთან ადვილად გამოიწვევდა მის აფეთქებას. გარდა ამისა, ხუფი ქმნის დახშულ გარემოს,





ნახ. 9. კაფსულ-დეტონატორი. ა. ლითონის მასრაში; ბ. ქაღალდის მასრაში

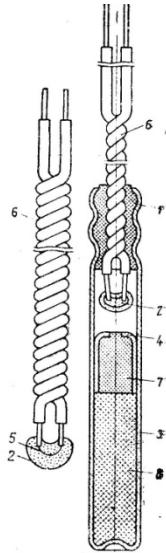
რაც ხელს უწყობს დეტონაციის სრულ განვითარებას. ხუფი ამცირებს პირველადი ინიციატორის გატენიანების შესაძლებლობას. მასრის სიგრძე 47-51 მილიმეტრია, გარე დიამეტრი დაახლოებით 7 მმ-ია.

პირველად ინიციატორებად დეტონატორებში იყენებენ მგრგვინავ ვერცხისწყალს (0,5 გ) ან ტყვიის აზიდსა (0,2 გ) და ტენერესს (0,1 გ) ერთად. ბრიზანტულ ფეთქებად ნივთიერებად (მეორეულ ინიციატორად) ხმარობენ ტეტრილს ან ჰექსოგენს (1,0 გ). ფეთქებად ნივთიერებებს უკავია მასრის სიგრძის ორი მესამედი. მასრის თავისუფალი ნაწილი განკუთვნილია მასში ცეცხლგამტარი ზონრის ჩასამაგრებლად. ზონრის წვის დასასრულს ხუფში არსებული ხვრეტის საშუალებით ალი გადაეცემა

პირველად ინიციატორს, რაც იწვევს დეტონატორის აფეთქებას. ლითონის მასრას ფსკერზე აქვს სფერული ღრმული აფეთქების ტალღის კუმულაციისთვის: ქაღალდის მასრის შემთხვევაში მისი ფსკერი ღიაა და კუმულაციის მისაღებად მეორეულ ინიციატორს კონუსური ღრმული აქვს გაკეთებული.

## 10.2. ელექტროდეტონატორები

ელექტროდეტონატორი (ნახ.10) წარმოადგენს ჩვეულებრივ კაფსულდეტონატორს 1, რომელსაც მიერთებული აქვს ელექტროამალებელი. ამ უკანასკნელის შემადგენელი ელემენტებია: ორი გამტარი, მათი გაშიშვლებული ბოლოების შემაერთებელი წინალობა, ანუ გავარვარების ბოგა (5) და მასზე წაცხებული ადვილად აალებადი ნივთიერება (2) (ამალებელი თავი). გავარვარების ბოგა მზადდება ნიქრომის ან სპილენძის წვრილი მავთულისაგან, რომლის დიამეტრი 30-100 მიკრონია. ელექტროამალებელი მაგრდება კაფსულდეტონატორში პლასტიკატის საცობით, რომელზეც მასრის ყელია შემოჭერილი. პლასტიკატის საცობი მჭიდროდაა შემოკრული გამტარებზე.



ნახ. 10. მყისი მოქმედების ელექტრო-დეტონატორი

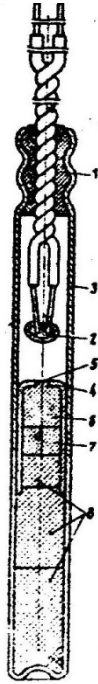
გამტარები, რომელთა სიგრძე 1-4 მეტრია, მზადდება სპილენძის ან მოკალული ფოლადის მავთულისაგან. სპილენძის გამტარების დიამეტრია 0,5 მმ, ხოლო წინალობა 0,09 ომ/მ; ფოლადის გამტარებისათვის შესაბამისად არის 0,6 მმ და 0,4-0,5 ომ/მ. გამტარების იზოლაცია პლასტიკატისაგან (პოლიქლორვინილი, პოლიეთინელი) ან ზამბეული შემონაქსოვისაგან არის გაკეთებული, რის მიხედვითაც ელექტროდეტონატორები სველ ან მშრალ სანგრევებში გამოიყენება. გამტარების საშუალებით ელექტროდეტონატორი შეიძლება დენის წყაროს შეუერთოთ: გავარვარების ბოგას დიდი წინალობა გააჩნია და ამიტომ დენის გატარებისას იგი სწრაფად ხურდება. ეს იწვევს აალებადი ნივთიერების ანთებას, რომლის ალი

ინიციატორულ ნივთიერებაზე მოქმედებს და აფეთქებს მას. ასეთი კონსტრუქციის დეტონატორს მყისი მოქმედების ელექტროდენატორი ეწოდება. მისი აფეთქება, პრაქტიკულად, დენის ჩართვისთანავე ხდება. არსებობს ელექტროდეტონატორების შემდეგი მარკები: ЭД-8-Э; ЭД-8-Ж; ЭД-8ПМ; ЭДС, ЭДВ (ВЭД).

სამთო სამუშაოების წარმოების დროს ხშირად საჭირო ხდება მუხტების აფეთქება გარკვეული თანამიმდევრობით. ელექტრული წესით აფეთქებისას ამას აღწევნა დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორების გამოყენების საშუალებით. ასეთ ელექტროდეტონატორებში დაყოვნების დრო, ე.ი ის დრო, რომელიც დენის ჩართვიდან დეტონატორის აფეთქებამდე გადის, ჩვეულებრივად, 0,5 - დან 10,0 წამამდე აიღება.

დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორი (ნახ.11) მყისი მოქმედების ელექტროდეტონატორისაგან იმით განსხვავდება, რომ მასში, გავარვარების ბოგას აალებად ნივთიერებასა (2) და პირველად ინიციატორს (7) შორის, მოთავსებულია შემანელებელი საწვავი ნივთიერება (6). დენის ჩართვასთან ერთად ხდება აალებადი ნივთიერების ანთება, რომლის ალის გავლენით იწყება შემანელებელი ნივთიერების წვა. შემანელებელი ნივთიერების წვის დასასრულს ალი მოხვდება პირველად ინიციატორს და დეტონატორიც აფეთქდება. დაყოვნების დრო დამოკიდებულია შემანელებელი ნივთიერების წვის ხანგრძლივობაზე. ამ ნივთიერების სვეტის სხვადასხვა

სიმაღლის აღებით აღწევენ ელექტროდეტონატორის სხვადასხვა დაყოვნებას.



ნახ. 11. დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორი

არსებობს დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორები  $\text{ЭДЗД}$ , რომლებშიც პირველად ინიციატორებად იღებენ მგრგვინავ ვერცხლისწყალს ან ტყვიის აზიდს, ხოლო ბრიზანტულ ნივთიერებად (მეორეულ ინიციატორად) - ჰექსოგენს ან ტენს. შემანელებელ ნივთიერებად ხმარობენ ტყვიის სურინჯის, ქრომმჟავა ტყვიისა და ფეროსილიციუმის ნარევს. დაყოვნების ხანგრძლივობაა 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2; 4; 6, 8 და 10 წამი, რომლის შესაბამისად

დეტონატორის გამტარებზე მიმაგრებულია საჭდე სათანადო ციფრით (7 - დან 15 - ამდე). ასეთი დაყოვნების მქონე ელექტროდეტონატორების გამოყენება აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო შახტებში არ დაიშვება.

ფართო გავრცელება აქვს მცირე დაყოვნებით მოქმედ ელექტროდეტონატორებს, რომლებიც ჩვეულებრივი დაყოვნებით მოქმედი ელექტროდეტონატორისაგან განსხვავდებიან შემანელებელი ნივთიერების სწრაფი წვით, ე.ი დაყოვნების მცირე ხანგრძლივობით, რაც მილისეკუნდებით განისაზღვრება ( 15-250 მსეკ).

მცირედაყოვნებითი მოქმედების ელექტროდეტონატორები მზადდება შემდეგი მარკების: ЭДКЗ-15; ЭДКЗ-25; ЭДКЗ-ПМ-15; ყოველი მარკის დეტონატორს დაყოვნების რამდენიმე საფეხური გააჩნია, რომელთა შორის ინტერვალის 15 ან 25 მილისეკუნდია.

### **10.3. ცეცხლგამტარი ზონარი და მოსაკიდებელი საშუალებები**

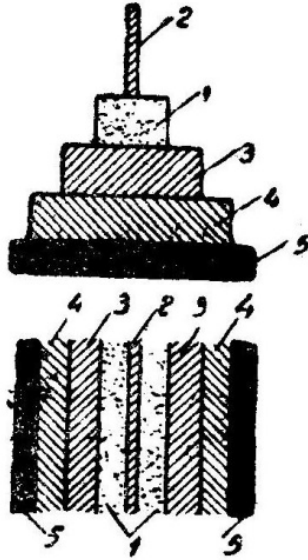
ცეცხლგამტარი ზონარის დანიშნულებაა კაფსულ-დეტონატორის აფეთქება. ამ მიზნით ზონარის ბოლო შეჰყავთ დეტონატორის მასრაში ხუფზე მიბჯენამდე. ზონარის მეორე ბოლოს უკიდებენ ცეცხლს, რომელიც ზონარის წვის დასასრულს ხუფში არსებული ხვრელით გადაეცემა პირველად ინიციატორს და იწვევს მის

აფეთქებას. ცეცხლგამტარი ზონარი 1831 წელს გამოიგონა ინგლისელმა ბიკფორდმა და ამიტომ მას ბიკფორდის ზონარს უწოდებენ.

ცეცხლგამტარ ზონარს (ნახ. 12) მთელ სიგრძეზე გაჰყვება შავი დენტის გული (1) რომელსაც აქვს ცენტრალური მიმმართველი ძაფი (2), გული გარედან დაფარულია ბამბეული შემონაქსოვებით (3) და (4), რომლებიც ცეცხლგამტარი და წყალგაუმტარი ნივთიერებით არიან გაჟღენთილი. ცეცხლგამტარი ზონარის გარე საიზოლაციო გარსი (5), ზონარის გამოყენების პირობების მიხედვით, სხვადასხვა სახის კეთდება.

ზონარის დიამეტრი 5-6 მილიმეტრია. ზონარში დენტი დაწნეხილი სახით გამოიყენება და მისი სიმკვრივე 1,7-1,88 გ/სმ<sup>3</sup> - ს უდრის. ზონარის თითოეულ გრძივ მეტრზე 5-8 გრამი დენტი მოდის.

წვის სიჩქარის მიხედვით არჩევენ ნორმალური წვისა და შენელებული წვის ცეცხლგამტარ ზონარებს. პირველ შემთხვევაში ზონარის წვის სიჩქარეა 1 სმ/წმ, ხოლო მეორე შემთხვევაში -0,5 სმ/წმ.



ნახ. 12. ცეცხლგამტარი ზონარი

ნორმალური წვის ზონრები მზადდება სამი სახის; მოასფალტებული, ორმაგად მოასფალტებული და პლასტიკატინი.

ზონრისათვის ცეცხლის მოსაკიდებლად ისეთი საშუალება უნდა იქნეს გამოყენებული, რომელიც გამუდმებით მოქმედებს მოკიდებისათვის განკუთვნილი დროის განმავლობაში და მოხმარების მხრივ უსაფრთხოა, ამ მიზნით ასანთის გამოყენება აკრძალულია. იგი შეიძლება ვიხმაროთ მხოლოდ ერთი ზონრის მოკიდების დროს.

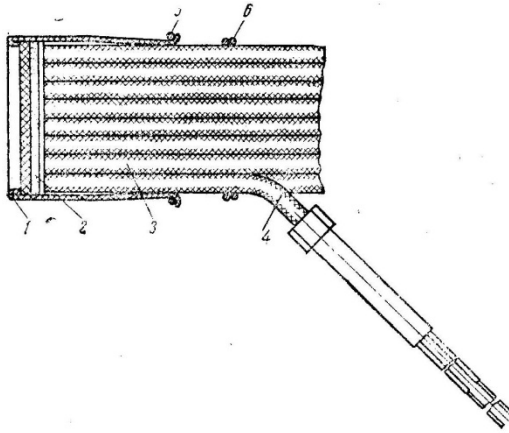
მოკიდების ყველაზე მარტივ საშუალებას წარმოადგენს მღვივარი (ამნთები) პატრუქი. მას გააჩნია სელის ან ბამბის გულა, რომელიც კალიუმის გვარჯილის ხსნარით არის



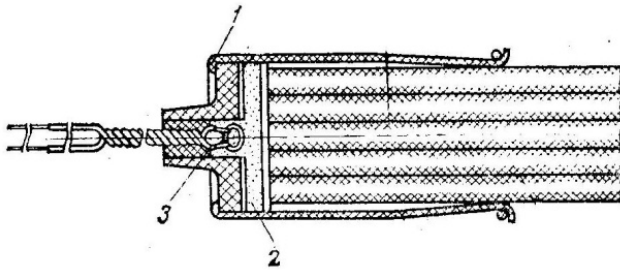
გაჟღენთილი. გულა გაკეთებულია შემონაქსოვი ბამბის დაგრეხილი ნართიდან. პატრუქის დიამეტრი 6-8 მილიმეტრია. 250 მილიმეტრის სიგრძის პატრუქი უქარო ამინდში იწვის (ღვივის) 25-50 წუთის განმავლობაში.

ცეცხლგამტარი ზონრების მოსაკიდებლად ძალიან ხშირად იყენებენ ასეთივე ზონრის ნაჭერს, რომელიც ყოველ 2-3 სანტიმეტრზე ჩაჭრილია დანით მისი დიამეტრის  $\frac{2}{3}$ -ზე; წვის დროს ჩაჭრის ადგილებიდან გამოიფრქვევა ნაპერწკლების კონა, რითაც ადვილად ხდება ზონრების მოკიდება. ზონრის ასეთი ნაჭერი წარმოადგენს აგრეთვე მოკიდების დროის კონტროლის საშუალებას, რის გამოც მას საკონტროლო ზონარს უწოდებენ.

მოსაკიდებელი ვაზნა 3II-B (ნახ.13) გამოიყენება ცეცხლგამტარი ზონრის რამოდენიმე ნაჭრის ერთდროული მოკიდების მიზნით. ასეთი ვაზნა წარმოადგენს ქალაღის მასრას (1), რომლის ძირში მოთავსებულია ადვილად აალებადი ნივთიერება (2) (შავი დენთი 85%, პარაფინი 10%, კანიფოლი 5%). მასრაში შეყვანილი ზონრების (3) ერთდროული მოკიდება ხდება აალებადი ნივთიერების წვით, რისთვისაც მასრაში თავსდება ცეცხლგამტარი ზონრის მოკლე ნაჭერი (4). მისი მოკიდება შეიძლება ხელით ან ელექტროამნთებით 7(ЭЗ-ОIII-B). ქალაღის მასრა ზონრებს შემოეჭიდება კანაფით 5. ზონრები შეკრულია რეზინის სარტყლით 6.



ნახ. 13. მოსაკიდებელი ვაზნა 3II-Б



ნახ. 14. ელექტროამნთები ვაზნა 33II-Б

ელექტროამნთები ვაზნა 33II-Б (ნახ.14) განსხვავდება 3II-Б მარკის ამნთები ვაზნისაგან ადვილად აალებადი ნივთიერების ანთების ხერხით. ამ მიზნით აქ გამოყენებულია ელექტროამალბელი (3), რომლის ვარვარების ბოგა ეხება მასრის (1) ფსკერში მოთავსებულ აალებად ნივთიერებას (2).

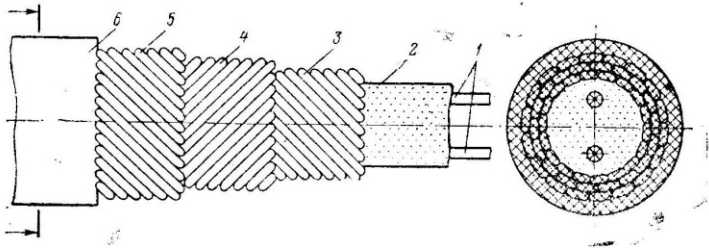
## 10. 4. სადეტონაციო ზონარი

სადეტონაციო ზონარი გამოიყენება სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერების მუხტისათვის საწყისი იმპულსის მისაცემად. მისი საშუალებით შეიძლება არა მარტო მუხტის აფეთქება, არამედ ერთმანეთისგან დაცილებულ მუხტებს შორის დეტონაციის გადაცემაც.

სადეტონაციო ზონარი გარეგნულად ძლიერ წააგავს ცეცხლგამტარ ზონარს, რომლისგან გარჩევის მიზნით სადენოტაციო ზონრის გარე შემონაქსოვი წითლად იღებება ან მას წითელი ძაფების ზოლი გასდევს მთელ სიგრძეზე.

სადენოტაციო და ცეცხლგამტარ ზონრებს შორის ძირეულ განსხვავებას ზონრის გული იძლევა. სადეტონაციო ზონარში გულად აღებულია მაღალი ბრიზანტულობის მქონე ნივთიერება, ამიტომ სადეტონაციო ზონარი კი არ იწვის (რაც ცეცხლგამტარ ზონარს ახასიათებს), არამედ ფეთქდება. ამ შემთხვევაში მუხტის ასაფეთქებლად საჭირო აღარ არის კაფსულ-დეტონატორის გამოყენება, ვინაიდან სადეტონაციო ზონარი, თავისთავად, საკმარის საწყის იმპულსს იძლევა.

მზადდება სადეტონაციო ზონრები ДШ-А, ДШ-В და ДШЭ-12, რომლებშიც გულად გამოყენებულია ტენი (ზოგჯერ ჰექსოგენი).



**ნახ. 15. სადეტონაციო ზონარი**

სადეტონაციო ზონრის სქემა ნაჩვენებია მე-15 ნახაზზე: მიმართველი ძაფები -1, ბრიზანტული ნივთიერების გულა -2, სელის პირველი შემონაქსოვი -3, სელის მეორე შემონაქსოვი -4, ბამბეულის (ან პოლიქლორვინილის) მესამე შემონაქსოვი -5, გარე საიზოლაციო გარსი-6.

სადენოტაცო ზონრის აფეთქებას იწვევს კაფსულდეტონატორი ან ელექტროდეტონატორი.

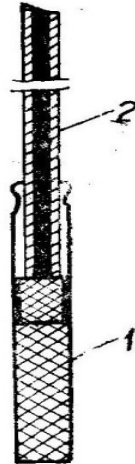
## 11. ცეცხლოვანი აფეთქება

იმის მიხედვით, თუ რა საშუალება აიღება საწყის იმპულსად, არჩევენ მუხტების აფეთქების სხვადასხვა ხერხს. ქანების დანგრევის მიზნით გამოიყენება ცეცხლოვანი აფეთქება, ელექტრული აფეთქება და სადეტონაციო ზონრით აფეთქება.

ცეცხლოვანი აფეთქების დროს მუხტის დეტონაციას იწვევს კაფსულდეტონატორი, რომელიც, თავის მხრივ, ცეცხლგამტარი ზონრის საშუალებით ფეთქდება.

ცეცხლოვანი აფეთქება შეიცავს შემდეგ ძირითად ოპერაციებს: 1. საალებელი მილაკის დამზადება; 2. დამრტყმელი (ამაფეთქებელი) ვაზნის დამზადება; 3. დამუხტვა და 4. აფეთქება.

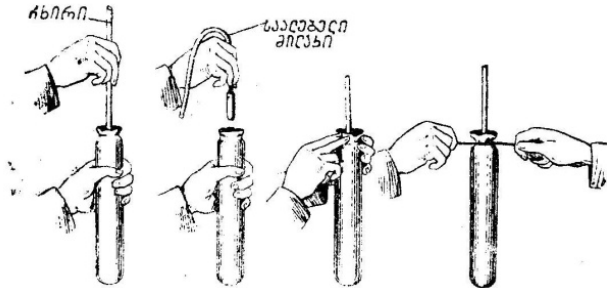
საალებელი მილაკი (ნახ. 16) ეწოდება კაფსულ-დეტონატორს 1, მასზე მიერთებულ ცეცხლგამტარ ზონართან 2 ერთად. ზონრის ნაჭერი ისეთი სიგრძის უნდა იყოს, რომ დამუხტვის შემდეგ მისი ბოლო 25 სანტიმეტრზე მაინც რჩებოდეს შპურის (ბურდილის) გარეთ. ამასთანავე, საალებელი მილაკის ზონრის სიგრძე არავითარ შემთხვევაში არ უნდა იყოს ერთ მეტრზე ნაკლები. ერთი და იმავე სანგრევისათვის განკუთვნილი ყველა საალებელი მილაკის სიგრძე ერთი და იგივე უნდა იყოს.



ნახ. 16 საალებელი მილაკი

დამრტყმელი ანუ ამაფეთქებელი ვაზნა წარმოადგენს ფეთქებადი ნივთიერების ჩვეულებრივ ვაზნას, რომელსაც გაკეთებული აქვს საალებელი მილაკი დამრტყმელი

ვაზნით (ნახ.17). ვაზნები მზადდება უშუალოდ სანგრევთან, შპურების (ბურღილების) დამუხტვის წინ.



ნახ. 17 დამრტყმელი ვაზნის დამზადება ცეცხლოვანი აფეთქებისათვის

დამრტყმელი ვაზნების საჭირო რაოდენობით დამზადების შემდეგ იწყებენ შპურების დამუხტვას. ამ დროს ვაზნები შპურში შეჰყავთ სათითაოდ ხის სპეციალური ჯოხით, რომელსაც საცობი ეწოდება.

ყველა ვაზნის მოთავსების შემდეგ შპურის დარჩენილი თავისუფალი ნაწილი ამოვსებული უნდა იყოს ინერტული მასალით, ე.ი უნდა გაკეთდეს დაცობა. დასაცობ მასალად იყენებენ ქვიშისა და თიხის ნარევს, რომელსაც ცილინდრული ფორმის ნაჭრების სახეს აძლევენ და შპურში სათითაოდ შეჰყავთ საცობით.

ცეცხლოვანი აფეთქების დადებითი მხარეა შესრულების სიმარტივე და სისწრაფე. იგი არ მოითხოვს სპეციალურ გაანგარიშებასა და ხელსაწყოებს, რომლებიც ელექტრული აფეთქებისთვის არის საჭირო.

ცეცხლოვანი აფეთქების უარყოფითი მხარეა შედარებით უფრო მეტი სიფრთხილით მუშაობის აუცილებლობა, რაც დაკავშირებულია სანგრევში ამფეთქებლის ყოფნასთან ცეცხლგამტარი ზონრების მოკიდების დროს.

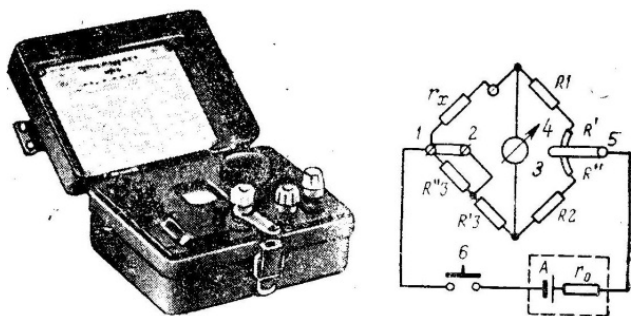
## 12. ელექტრული აფეთქება

ელექტრული აფეთქების დროს მუხტის დეტონაციას იწვევს ელექტროდეტონატორი, რომელიც, თავის მხრივ, ელექტრული დენის ენერგიის ხარჯზე ფეთქდება.

ელექტროაფეთქებასთან დაკავშირებული სამუშაოები ტარდება შემდეგი თანამიმდევრობით: 1. ელექტროდეტონატორების ვარგისიანობის შემოწმება და მათი შერჩევა წინააღობის მიხედვით; 2. დამრტყმელი ვაზნის დამზადება; 3. შპურების დამუხტვა; 4. ელექტროაფეთქებადი ქსელის მონტაჟი სანგრევიდან დენის წყაროსკენ; 5. ელექტროაფეთქებადი ქსელის გამტარების შემოწმება და მისი წინააღობის გაზომვა; 6. მაგისტრალური სადენების მიერთება დენის წყაროსთან და 7. დენის ჩართვა მუხტების ასაფეთქებლად.

ელექტროდეტონატორებისა და ელექტროასაფეთქებელი ქსელების გამტარობისა და წინააღობის შესამოწმებლად ხმარობენ საზომ-საკონტროლო ხელსაწყოებს. დასაშვები დენის ძალა ამ ხელსაწყოებში არ უნდა აღემატებოდეს 50 მილიამპერს (ასეთი ძალის დენს არ შეუძლია ელექტროდეტონატორის აფეთქება).

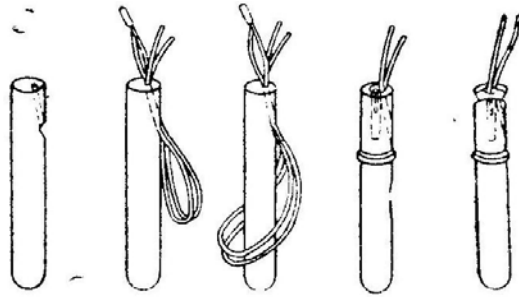
გადასატანი ბოგა P-353 განკუთვნილია ელექტროაფეთქებადი ქსელებისა და ელექტროდეტონატორების წინაღობის გასაზომად ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებზე, გარდა აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო შახტებისა. ხელსაწყო ჩადგმულია ლითონის წყალშეუღწევად კორპუსში, მისი წონა 1,5 კილოგრამია (ნახ. 18). ბოგას გააჩნია გაზომვის ორი სკალა: 0,2-დან 50 ომამდე. (სკალის სამუშაო ნაწილი 0,3-30 ომი) და 20-დან 5000 ომამდე (სკალის სამუშაო ნაწილი 30-3000 ომი), გაზომვის ცდომილება 5%-ს არ აღემატება.



ნახ. 18 გადასატანი საზომი ბოგა P-353

დამრტყმელი ვაზნების დამზადება ხდება თანაბარი წინაღობის მქონე ელექტროდეტონატორებით, რომლებიც წინასწარ სათანადოდაა შემოწმებული. ამ შემთხვევაში დეტონატორის შეერთება ვაზნასთან ისე უნდა მოეწყოს, რომ გამტარების დაჭიმვისას არ მოხდეს დეტონატორის ამოვარდნა ვაზნიდან ან მისი გავარვარების ხიდის დაზიანება. დამრტყმელი ვაზნების დამზადების თანამიმდევრობა ნაჩვენებია მე-19-ე ნახაზზე.





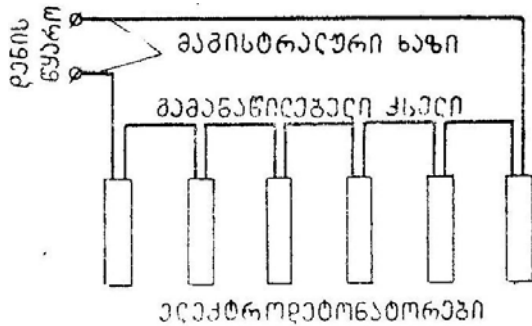
**ნახ. 19 დამრტყმელი ვაზნის დამზადება ელექტრული აფეთქებისათვის**

შპურების დამუხტვა ისეთივე წესით წარმოებს, როგორც ცეცხლოვანი აფეთქების დროს. უნდა გვახსოვდეს, რომ როგორც დამრტყმელი ვაზნების დამზადების შემთხვევაში, ისე დამუხტვის დროსაც ყოველი ელექტროდეტონატორის გამტარების ბოლოები მოკლედ უნდა იქნეს ჩართული მოხეტიალე დენების სახიფათო გავლენის თავიდან ასაცილებლად.

ელექტროსაფეთქებელი ქსელები შეიცავს შემდეგ ძირითად ელემენტებს: 1. ელექტროდეტონატორები; 2. მანაწილებელი გამტარები; 3. მაგისტრალური გამტარები. მანაწილებელი გამტარები ერთმანეთთან აკავშირებს ელექტროდეტონატორებს და აერთებს მათ მაგისტრალურ გამტარებთან. ეს უკანასკნელი უშუალოდ უკავშირდება დენის წყაროს.

ელექტროდეტონატორების ქსელში ჩართვის მიხედვით ელექტროფეთქებადი ქსელები შეიძლება იყოს მიმდევრობითი, პარალელური ან შერეული.

მიმდევრობითი შერთებისას ელექტროდეტონატორები ქმნიან ერთ მიმდევრობით ელექტრულ წინაღობას (ნახ.20).



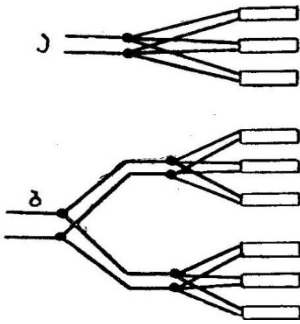
ნახ. 20 მიმდევრობითი ელექტროსაფეთქებელი ქსელი

მიმდევრობითი ქსელისთვის დამახასიათებელია ელექტროდეტონატორებში გამავალი დენის თანაბარი ძალა, რაც უზრუნველყოფს დეტონატორების ერთდროულ ამოქმედებას, მიმდევრობით შერთებული ქსელის აფეთქება მოითხოვს შედარებით ნაკლები ძალის დენს.

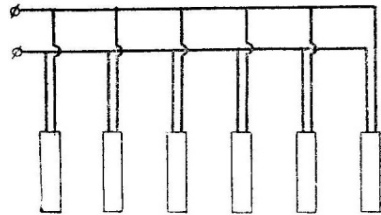
მიმდევრობითი შერთების მნიშვნელოვანი უარყოფითი მხარე ისაა, რომ თუნდაც ერთი ელექტროდეტონატორის გამტარობის დაკარგვა ან რომელიმე გამტარის გაწყვეტა მთელი ქსელის წყობიდან გამოსვლის მიზეზი ხდება.

პარალელური შერთება შეიძლება იყოს ორი სახის - კონისებრი (ნახ. 21) და საფეხუროვანი (ნახ. 22), კონისებრი შერთებისას ყველა ელექტროდეტონატორის თითო გამტარს ერთად უყრიან თავს და უერთებენ მაგისტრალის

ცალ ხაზს, ხოლო მეორე გამტარები ასევე იკრიბება და მაგისტრალის მეორე ხაზს უერთდება. საფეხუროვანი შეერთების შემთხვევაში ელექტროდეტონატორების დაკავშირება მაგისტრალურ გამტარებთან ხდება ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, სხვადასხვა წერტილებში.



ნახ. 21 პარალელურ-კონისებრი ელექტროსაფეთქებელი ქსელი



ნახ. 22 პარალელურ-საფეხუროვანი ელექტროსაფეთქებელი ქსელი

პარალელური ელექტროსაფეთქებელი ქსელების დადებით მხარედ თვლიან იმ გარემოებას, რომ მანაწილებელი ქსელის გამტარის გაწყვეტა (კონისებრი სქემის დროს) ან რომელიმე ელექტროდეტონატორის დაზიანება არ იწვევს სხვა დეტონატორების წყობიდან გამოსვლას: ამასთანავე, ასეთ ქსელებს აქვს მნიშვნელოვანი უარყოფითი მხარეები:

1. დეტონატორებში გამავალი დენის ძალა შესაძლებელია თანაბარი არ იყოს შემაერთებული

გამტარების სხვადასხვა წინაღობის გამო, რაც მათ არაერთდროულ აფეთქებას გამოიწვევს; 2. საჭიროა დენის მძლავრი წყარო, რის გამოც ხელის დინამო-ელექტრული ასაფეთქებელი მანქანების გამოყენება გაძნელებულია; 3. აფეთქების ქსელი ბევრად უფრო რთული სქემით ხასიათდება, რაც ამწელებს მისი წესიერულობის შემოწმებას და მოითხოვს უფრო რთულ გაანგარიშებას; 4. საჭიროა დიდი კვების მქონე მაგისტრალური გამტარების გამოყენება, ვინაიდან მათში საჭირო ხდება დიდი ძალის მქონე დენის გატარება. აღნიშნულ ნაკლოვანებათა გამო პარალელური შეერთება პრაქტიკაში იშვიათად გამოიყენება.

2. დენის წყაროები ელექტროაფეთქებისათვის შეიძლება ორ ჯგუფად დაიყოს: 1) დამოუკიდებელი (ავტონომიური) ასაფეთქებელი ხელსაწყოები, რომელთაც ელექტრული ენერჯის საკუთარი წყარო გააჩნიათ და 2) ქსელური ასაფეთქებელი ხელსაწყოები, რომლებიც ასეთ ენერჯიას განათების ან ძალოვანი ქსელიდან ღებულობენ.

ავტონომიური ასაფეთქებელი ხელსაწყოებიდან გამოიყენება კონდენსატორული ხელსაწყოები: КВП-1/100m; ПИВ-100 СВМ-2 კონდენსატორული მანქანები КПМ-1А, ВМК-500 და მაღალსიხშირული ხელსაწყო ИВП-1/12.

ქსელური ასაფეთქებელი ხელსაწყოები სხვადასხვა ტიპისაა: 1. დენის პირდაპირი ჩართვით; 2. გამმართველიანი, 3. კონდენსატორული და 4. დენის ჩართვით სინუსოიდის ფიქსირებულ წერტილში. ქსელური ხელსაწყოების

გამოყენება აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო შახტებში აკრძალულია.

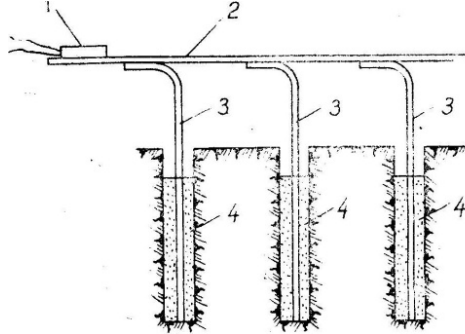
### 13. სადეტონაციო ზონრით აფეთქება

სადეტონაციო ზონრით აფეთქების ხერხი ფართოდაა გავრცელებული სამთო მრეწველობაში. მას იყენებენ როგორც ღია, ისე მიწისქვეშა სამთო სამუშაოების წარმოების შემთხვევაში. სადეტონაციო ზონრით აფეთქება აირისა და მტვრის საფრთხილო შახტებში აკრძალულია.

სადეტონაციო ზონრით აფეთქების ხერხს აქვს შემდეგი უპირატესობანი:

1. სხვა ხერხებთან შედარებით გაცილებით მეტი უსაფრთხოება, რაც იმით აიხსნება, რომ საჭირო არ არის კაფსულ-დეტონატორის მოთავსება მუხტში;
2. ასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის სიმარტივე;
3. მუხტების დიდი რაოდენობის ერთდროულად აფეთქების შესაძლებლობა;
4. წაგრძელებული მუხტების დეტონაციის პირობების გაუმჯობესება. ამასთანავე საჭიროა აღინიშნოს, რომ ამ ხერხის გამოყენებისას შეუძლებელი ხდება დამონტაჟებული ქსელის წესივრულობის შემოწმება რაიმე ხელსაწყოთი. გარდა ამისა, სადეტონაციო ზონრის შედარებით მაღალი ფასი ადიდებს ასაფეთქებელი სამუშაოების ღირებულებას.

ასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის დროს სამუხტო ზონრების შეერთება შესაძლებელია სხვადასხვა სქემით შესრულდეს. 23-ე ნახაზზე ნაჩვენებ სქემას შეიძლება პარალელური შეერთება ვუწოდოთ.

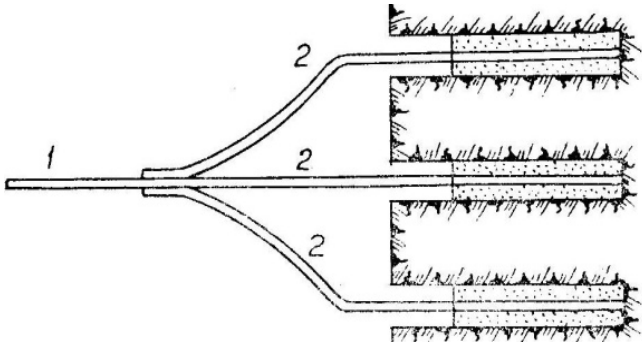


ნახ. 23 სადეტონაციო ზონრით აფეთქების პარალელური სქემა

პარალელურ შეერთებას იყენებენ ღია სამუშაოებზე, როდესაც მუშაობის ფრონტი მნიშვნელოვანი სიგრძისაა. ამ შემთხვევაში ბურღილების გასწვრივ გაჰყავთ სადეტონაციო ზონრის მაგისტრალური ხაზი (2), რომელსაც სამუხტო ზონრებს (3), უერთებენ (1-დეტონატორი, 4-მუხტები).

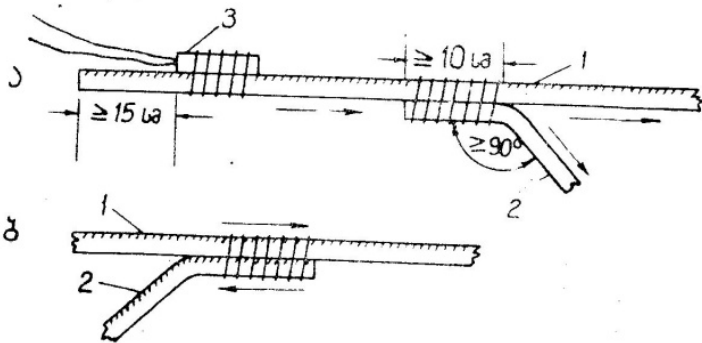
24-ე ნახაზზე ნაჩვენებია კონისებრი შეერთება, რომლის გამოყენებაც მიზანშეწონილია მუხტების შეჯგუფებული განლაგებისას, რომელსაც ადგილი აქვს, მაგალითად, მცირე განივკვეთის მქონე სანგრევეების აფეთქების დროს.

სადეტონაციო ზონრების დაკავშირება საიმედოდ უნდა მოხდეს, როგორც ეს ნაჩვენებია 25-ე ნახაზზე. ზონრების შეხების სიგრძე 10 სანტიმეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს.



ნახ. 24 კონსერვი შერთება სადეტონაციო ზონრით აფეთქებისას

დამაგრება წარმოებს საიზოლაციო ლენტის ან კანაფის საშუალებით. ყურადღება უნდა მიექცეს შერთების ადგილზე სამუხტო ზონრის (2) გალუნვის მიმართულებას; აუცილებელია, რომ დეტონაციის ტალღის გავრცელებას მაგისტრალურ (1) და სამუხტო (2) ზონრებში თანხვდენილი მიმართულება ჰქონდეს.



ნახ. 25 სადეტონაციო ზონრების დაკავშირება

ქსელის მონტაჟის დამთავრების შემდეგ მის აფეთქებას ახდენენ კაფსულ-დეტონატორის ან ელექტროდეტონატორის საშუალებით. დეტონატორის (3) მიმაგრება ხდება მაგისტრალურ ზონარზე, მისი ბოლოდან 15 სანტიმეტრის მანძილზე.

#### 14. მუხტის სახეობები

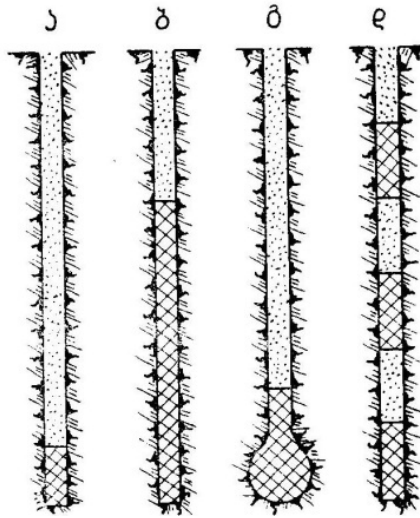
მუხტი ეწოდება გარკვეული რაოდენობის ფეთქებად ნივთიერებას, რომელიც ასაფეთქებლად არის გამზადებული. მუხტის სიდიდე წონით ისაზღვრება.

მუხტი შეიძლება იყოს მთლიანი ან დანაწილებული. მთლიანი მუხტი გვხვდება შეჯგუფებული ან წაგრძელებული სახით. პირობით მიღებულია, რომ შეჯგუფებული ეწოდება ისეთი ფორმის მუხტს, რომლის უდიდეს ზომებს შორის შეფარდება 5-ზე მეტი არ არის (ნახ. 26, ა). წაგრძელებული მუხტის შემთხვევაში ეს შეფარდება 5-ზე მეტია (ნახ.26, ბ).

შეჯგუფებული მუხტის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს ქვაბური მუხტი (ნახ. 26, გ). იგი მიიღება შპურის ან ბურღილის ძირის წინასწარი გაფართოების შედეგად.

დანაწილებული მუხტის სქემა მოცემულია 26, დ ნახაზზე. ასეთ მუხტს ხშირად იყენებენ კარიერებზე ღრმა ბურღილებით მუშაობის დროს, ქანის თანაბარი დამსხვრევის მიზნით.





ნახ. 26 მუხტის სახეობანი

მუხტი შეიძლება განლაგებული იყოს ასაფეთქებელი ობიექტის შიგნით ან მას გარედან ეკვროდეს; პირველ შემთხვევაში გვექნება შიგა მუხტი, ხოლო მეორე შემთხვევაში - გარე მუხტი.

### 15. მუხტის მოქმედების გამოვლინების ფორმები

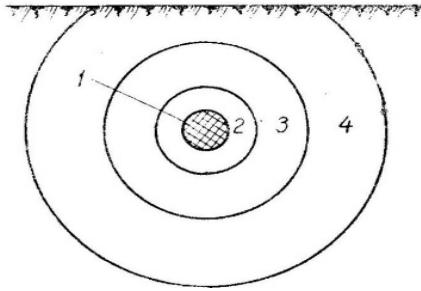
წარმოვიდგინოთ ერთგვაროვანი, იზოტროპიული, მკვრივი გარემო, რომელშიც მოთავსებულია შეჯგუფებული მუხტი (I) (ნახ. 27). მუხტის აფეთქება გამოიწვევს დარტყმითი ტალღის წარმოქმნას, რომელიც გავრცელდება გარემოში ყველა მიმართულებით, თანაბარი ძალით.

დარტყმითი ტალღის გავრცელებისას მისი ფრონტი თანდათან ფართოვდება და კუთრი წნევა, რომლითაც ტალღა მოქმედებს გარემოზე, შესაბამისად მცირდება. ამის შედეგად მუხტიდან სხვადასხვა მანძილზე დაშორებულ წერტილებში გარემოს დეფორმაცია სხვადასხვა ხასიათის იქნება.

უშუალოდ მუხტის მახლობლობაში აფეთქების პროდუქტების უდიდესი წნევის გავლენით გარემო განიცდის კუმშვასა და დაწვრილმანებას, შესაბამის არეს კუმშვის ან დაწვრილმანების ზონა (2) ეწოდება.

კუმშვის ზონის გარეთ დარტყმითი ტალღის მოქმედება შედარებით სუსტდება, მაგრამ გარკვეულ არეში იგი იწვევს გარემოს მთლიანობის დარღვევას. ამ დროს ჩნდება ბზარების მთელი სისტემა. იმ არეს, სადაც მუხტის მოქმედება ასეთი სახით გამოვლინდება, დანგრევის ზონა (3) ჰქვია.

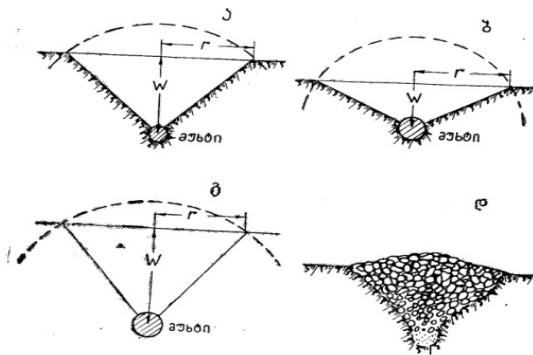
დანგრევის ზონის გარეთ დარტყმითი ტალღის სიჩქარე უახლოვდება მოცემულ გარემოში ბგერის სიჩქარეს და მისი ინტენსიურობა იმდენად მცირდება, რომ იგი ვეღარ ახდენს გარემოს ნაწილაკებს შორის კავშირის დარღვევას, ამიტომ გარემო მხოლოდ რყევას განიცდის, ასეთი ხასიათის დეფორმაციების არეს რყევის ზონას (4) უწოდებენ.



ნახ. 27 მუხტის მოქმედების ზონები

სამთო სამუშაოების წარმოებისას პრაქტიკული მნიშვნელობა ძირითადად აქვს კუმშვისა და დანგრევის ზონებს (სფეროებს). დანგრევის სფეროს რადიუსს მუხტის მოქმედების რადიუსი ჰქვია ( $R_0$ ).

აფეთქების მოქმედების გამოვლინების დასახასიათებლად საჭიროა შემდეგი ელემენტების ცოდნა:  $W$  - უმცირესი წინაღობის ხაზი (უწხ), რომელიც წარმოადგენს უმოკლეს მანძილს მუხტის ცენტრიდან უახლოეს დიაზედაპირამდე;  $r$  - გამოყრის ძაბრის (კონუსის) ფუძის რადიუსი;  $R_0$  - მუხტის (აფეთქების) მოქმედების რადიუსი.



### ნახ. 28 გამოყრის ძაბრის ფორმები

ყველა მუხტი, რომლის მოქმედება იწვევს აფეთქების ხილული ძაბრის წარმოქმნას მიწის ზედაპირზე, გამოყრის მუხტის სახელწოდებას ატარებს. მათი მოქმედების შეფასება ხდება გამოყრის მაჩვენებლის, ანუ აფეთქების მოქმედების მაჩვენებლის მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს ძაბრის ფუძის რადიუსის შეფარდებას უმცირესი წინაღობის ხაზთან და, ჩვეულებრივად,  $n$  ასოთი აღინიშნება.

$$n = \frac{r}{W}$$

თუ აფეთქების შედეგად წარმოქმნილი ძაბრის ფუძის რადიუსი უმცირესი წინაღობის ტოლია, მაშინ ასეთ ძაბრს ნორმალური გამოყრის ძაბრი ეწოდება, ხოლო შესაბამის მუხტს ნორმალური გამოყრის მუხტი. ამ შემთხვევაში აფეთქების მოქმედების მაჩვენებელი  $n = \frac{r}{W} = 1$  (ნახ. 28, ა)

როდესაც აფეთქების მოქმედების მაჩვენებელი  $n = \frac{r}{W} < 1$ , მაშინ გვაქვს შემცირებული გამოყრის მუხტი (ნახ 28, ბ).

გაძლიერებული გამოყრის ძაბრი და გაძლიერებული გამოყრის მუხტი მაშინ გვექნება, თუ  $n = \frac{r}{W} > 1$ , (ნახ 28, გ).

აფეთქების დროს ამოყრილი ქანის ნაწილი უკანვე ცვივდება შექმნილ ძაბრში, ამიტომ მისი ხილული ზომები ნამდვილზე ნაკლებია. ასაფეთქებელი სამუშაოების პრაქტიკამ გვიჩვენა, რომ თუ  $n < 0,75$ , მაშინ ხილული ძაბრი აღარ მიიღება, ვინაიდან ქანის ამოყრა მცირე მანძილზე

ხდება და იგი მთლიანად უკანვე ცვივა ძაბრში (ნახ 28, დ). ასეთი მოქმედების მუხტს გაფხვიერების მუხტი ეწოდება.

## 16. ასაფეთქებელი სამუშაოების მეთოდები

### 16.1 გარე მუხტების მეთოდი

გარემოს დანგრევა აფეთქების საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით. გვირაბების გაყვანა ხდება შპურების მეთოდით; სასარგებლო წიაღისეულის ღია წესით მოპოვებისას და ქანის დიდი მასივების აფეთქების საჭიროების სხვა შემთხვევებში ჭაბურღილებისა და კამერების მეთოდებს იყენებენ, ნაგებობებისა და დიდი ლოდების დამსხვრევისათვის უმეტესად გარე მუხტების მეთოდს მიმართავენ. ყოველი მეთოდი ხასიათდება როგორც მისი გამოყენების გარკვეული არით, ისე შესრულების ტექნიკისა და მუშაობის ორგანიზაციის თავისებურებით.

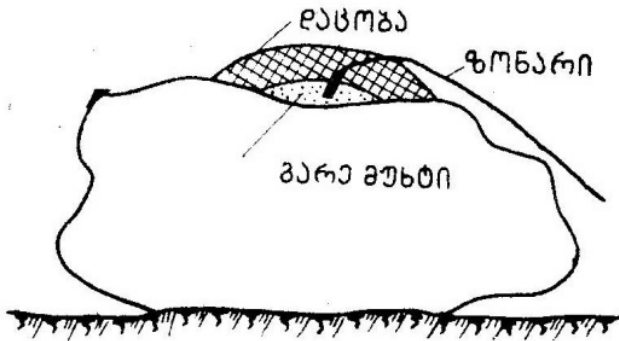
ამ მეთოდის ძირითადი დამახასიათებელი ნიშანი ისაა, რომ მუხტი ასაფეთქებელ ობიექტს გარედან ეკვრის, მაშინ როდესაც სხვა მეთოდების გამოყენება მოითხოვს ასაფეთქებელი გარემოს შიგნით სამუხტო კამერის შექმნას.

გარე მუხტების მეთოდს ხშირად მიმართავენ ღია სამუშაოებზე, მასიური აფეთქებების შედეგად მიღებული დიდი ლოდების დასამსხვრევად.

კარიერებზე გარე მუხტების მეთოდით მუშაობის დროს, უმეტეს შემთხვევაში იყენებენ ფხვნილისებრ

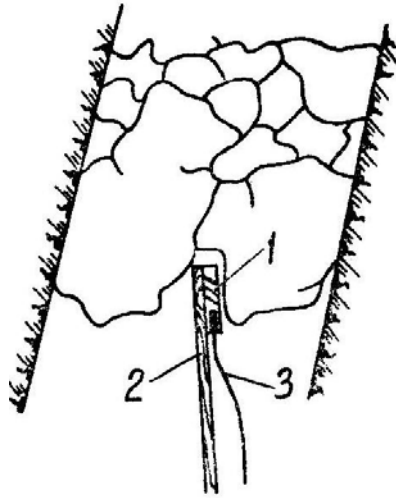
ფეთქებად ნივთიერებას, რომელსაც ზემოდან აყრიან დასამსხვრევ ლოდს 3-4 სმ სისქის ფენის სახით.

ამ მიზნით უმჯობესია ლოდზე არსებული რაიმე ჩაღრმავება გამოვიყენოთ (ნახ. 29). ფეთქებად ნივთიერებაში შეაქვთ საალებელი მილაკი და შემდეგ ფარავენ მიწით, ქვიშით, თიხით ან სხვა რაიმე ინერტული მასალით, რომელიც დაცობის როლს ასრულებს. დამცობი საფარის სისქე სასურველია მუხტის სისქეზე ნაკლები არ იყოს.



ნახ. 29 გარე მუხტის მეთოდი

გარე მუხტების მეთოდს იყენებენ აგრეთვე ლითონიანი საბადოების მიწისქვეშა დამუშავებისას, ე.ი. გაცხავების ჰორიზონტზე არაგაბარიტული ნატეხების განმეორებითი დამტვრევისათვის. მისი გამოყენება აუცილებელი ხდება მადანსაშვებში ქანის დიდი ნატეხების გაჭეჭვის შემთხვევაში. ამ დროს მუხტს 1 ამაგრებენ ჰოვზე 2 და ისე შეაქვთ მადანსაშვებში (ნახ. 30).



ნახ. 30 გარე მუხტი მადანსაშვებში

ამ მეთოდის მთავარი ნაკლია ფეთქებადი ნივთიერების დიდი ხარჯი. იგი რამდენჯერმე სჭარბობს შპურების მეთოდის გამოყენებისას არსებულ ხარჯს (აფეთქების აირებს თავისუფალი გაფართოების საშუალება ეძლევათ და ამიტომ მათი ენერჯის დიდი ნაწილი უქმად იკარგება).

## 17. საშპურე მუხტების მეთოდი

ქანების აფეთქების საშუალებით სხვადასხვა დანიშნულების გვირაბების გაყვანა წარმოებს საშპურე მუხტების მეთოდის გამოყენებით.

გვირაბის სანგრევის აფეთქებისას საჭიროა შემდეგი პირობების შესრულება: ქანის თანაბარი დამსხვრევა

საჭირო ზომის ნატეხებად, გვირაბის განივკვეთის საჭირო კონტურის შექმნა; შპურის სიგრძის მაქსიმალური გამოყენება; სანგრევის სწორი ზედაპირის მიღება; აფეთქებული ქანის მინიმალური გატყორცნა.

ზემოთ ჩამოთვლილი მაჩვენებლების მისაღწევად საჭიროა სათანადოდ იქნეს გაანგარიშებული აფეთქების სამუშაოთა ძირითადი პარამეტრები.

### 17.1 მუხტის სიდიდე

გვირაბის გაყვანის დროს ბურღვა - აფეთქებითი სამუშაოების პარამეტრების ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს მუხტის სიდიდე წარმოადგენს. იგი გამოითვლება ფორმულით:

$$Q=q \cdot V=q \cdot S \cdot l \cdot \eta \quad (17.1)$$

სადაც  $q$  არის ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი (გაფხვიერების მუხტის შემთხვევაში), კგ/მ<sup>3</sup>;  $V$  - აფეთქებული ქანის მოცულობა, მ<sup>3</sup>;  $S$  - გვირაბის სანგრევის ფართობი, მ<sup>2</sup>;  $l$  - შპურის სიგრძე, მ;  $\eta$  - შპურის გამოყენების კოეფიციენტი (შპურის აფეთქებული ნაწილის სიგრძის შეფარდება შპურის მთელ სიგრძესთან,  $\eta=0,8 \div 1,0$ ).

ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის დასადგენად შეიძლება ვისარგებლოთ შემდეგი ფორმულით:

$$q = q_1 \cdot f_1 \cdot e \cdot v, \quad (17.2)$$



აქ  $q_1$  არის ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი სტანდარტული პირობებისათვის, რომელიც დამოკიდებულია ქანის სიმაგრეზე (ცხრილი 5);  $f_1$  - ქანის სტრუქტურის კოეფიციენტი (ცხრილი 6);  $e$  - ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერების (ამონიტი ნკბ) მუშაობის უნარის შეფარდებას ხმარებული ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნართან;  $v$  - ქანის დახშულობის კოეფიციენტი. როდესაც სანგრევის ფართობი  $S < 20$  მ<sup>2</sup>, მაშინ ეს კოეფიციენტი ერთი გაშიშვლებული სიბრტყის არსებობისას განისაზღვრება გამოსახულებიდან  $v = 6,5/\sqrt{S}$  როდესაც  $S > 20$  მ<sup>2</sup>, სანგრევის ფართობს გავლენა აღარა აქვს დახშულობის კოეფიციენტის სიდიდეზე და იგი მუდმივ მნიშვნელობას ინარჩუნებს. ორი გაშიშვლებული სიბრტყის შემთხვევაში შეიძლება ავიღოთ  $v = 1,0-1,2$ .

### ცხრილი 5

ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი	კუთრი ხარჯი (ამონიტი ნკბ) $q_1$ კგ/მ <sup>3</sup>
20-15	1,2-1,5
15-10	1,0-1,1

8	0,7-0,8
6-4	0,4-0,6
3-2	0,3-0,2
2	0,15

### ცხრილი 6

ქანის დახასიათება	სტრუქტურის კოეფიციენტი $f_1$
ბლანტი, დრეკადი, ფოროვანი, დისოცირებული, არასწორი წოლვითა და წვრილი ბზარიანობით	2,0
ფიქლისებრი განლაგებითა და ცვალებადი სიმაგრით, შპურის მიმართულების მართობული დაფენებით	1,4
	1,3

## 17.2 შპურების რიცხვი

სანგრევის აფეთქების შედეგად ქანის თანაბარი დამსხვრევა და გვირაბის საპროექტო კონტურის მიღება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული შპურების რიცხვის სწორ შერჩევაზე.

სანგრევის ასაფეთქებლად საჭირო მუხტის სიდიდის საანგარიშებლად იყენებენ ანალიზურ ფორმულას,

რომელიც გამოყვანილია შემდეგი მსჯელობის საფუძველზე.

$$Q = q \cdot S \cdot \ell, \quad (17.3)$$

მეორე მხრივ, შეგვიძლია დავწეროთ

$$Q = N \cdot \ell \cdot \gamma, \quad (17.4)$$

აქ  $N$  არის შპურების რიცხვი მთელ სანგრეზე;  $\ell$  - შპურის სიგრძე, მ.  $\gamma$  - შპურის ერთ გრძივ მეტრზე მოსული ფეთქებადი ნივთიერების რაოდენობა, კგ.

ამ გამოსახულებათა მარჯვენა ნაწილების გატოლებით მივიღებთ

$$N = \frac{q \cdot S}{\gamma}, \quad (17.5)$$

შპურის ერთ გრძივ მეტრზე მოსული ფეთქებადი ნივთიერების რაოდენობა გრამობით შეადგენს

$$\gamma = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot d^2}{4} \cdot 100 \delta, \quad (17.6)$$

სადაც  $\alpha$  არის შპურის გავსების კოეფიციენტი;  $d$  - შპურის დიამეტრი, სმ;  $\delta$  - ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივე, გ/სმ<sup>3</sup>.

შპურების სიღრმის განსაზღვრისას საჭიროა გათვალისწინებული იქნეს როგორც მუშაობის ორგანიზაციული მხარე, ისე ქანის დანგრევის ეფექტურობა. შპურების სიღრმეს ანგარიშობენ იმ პირობებით, რომ სამუშაო ციკლის შესრულებას სჭირდებოდეს ცვლების სრული რიცხვი, ხოლო მრავალციკლიანი მუშაობისას ცვლაში მთავრდებოდეს ციკლების სრული რაოდენობა. ციკლის ხანგრძლივობა  $T$  შეადგენს

$$T = \frac{N \cdot l}{n_1 \cdot \zeta} + \frac{k_0 \cdot \eta \cdot \mu \cdot \ell \cdot S}{n_2 \rho}, \quad (17.7)$$

საიდანაც განისაზღვრება შპურის სიღრმე

$$\ell = \frac{T-t}{\frac{N}{n_1 \cdot \zeta} + \frac{k_0 \cdot \eta \cdot \mu \cdot S}{n_2 \rho}}, \quad (17.8)$$

აქ  $t$  არის შპურების დამუხტვა - აფეთქებისა და სანგრევის განიავებისთვის საჭირო დრო, სთ;  $N$  - შპურების რიცხვი სანგრევიში;  $n$  - სანგრევიში ერთდროულად მომუშავე საბურღი მანქანების რიცხვი;  $\zeta$  - ერთი მანქანით ბურღვის სიჩქარე საერთო დროის ერთეულში, /სთ;  $k_0$  - ქანის გაფხვიერების კოეფიციენტი აფეთქებით მონგრევისას (1,8-2,0);  $\eta$  - შპურის გამოყენების კოეფიციენტი;  $\mu$  - გვირაბის განივკვეთის სიჭარბის კოეფიციენტი (1,05-1,1);  $S$  - გვირაბის გაყვანის საპროექტო განივკვეთი, მ<sup>2</sup>;  $n_2$  - სანგრევიში ერთდროულად მომუშავე ქანის სატვირთავი მანქანების რიცხვი;  $\rho$  - სატვირთო მანქანის მწარმოებლურობა საერთო დროის ერთ საათში, მ<sup>3</sup>/სთ.

პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე მიღებულია თარაზული და დახრილი გვირაბების გაყვანისას შპურების ოპტიმალური სიღრმის შემდეგი მნიშვნელობები (ცხრილი 7. შპურების სიღრმე მეტრობით).

შპურების დიამეტრის ოპტიმალურ მნიშვნელობაზე გავლენა აქვს მრავალ ფაქტორს, როგორცაა სანგრევის ფართობი, ქანების სიმაგრე, საბურღი მანქანის ტიპი, ფეთქებადი ნივთიერების სიმძლავრე და სხვ.

შპურების ოპტიმალური სიღრმე

სანგრევის ფართობი	ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი		
	$f = 1,5 \div 3$	$f = 4 \div 6$	$f = 7-20$
$S < 12 \text{ მ}^2$	3-2	2-1,5	1,8-1,5
$S > 12 \text{ მ}^2$	3,5-2,5	2,5-2,2	2,2-1,5

შპურების დიამეტრის გაზრდა იწვევს შპურების საჭირო რიცხვის შემცირებას.

გაზრდილი დიამეტრის შპურების გამოყენება უკეთეს პირობებს ქმნის ფეთქებადი ნივთიერების დეტონაციისათვის. ამ გარემოებას ანგარიში უნდა გაეწიოს მცირე ბრიზანტულობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერების ხმარებისას, რომელთაც დიდი კრიტიკული დიამეტრი აქვთ.

შპურების დიამეტრის გაზრდის შემთხვევაში ქანის დამსხვრევა უფრო არათანაბარია და გვირაბის კონტურის დაცვის სიზუსტეც კლებულობს. ამიტომ მცირე კვეთის მქონე გვირაბებში მიზანშეწონილად თვლიან მცირე დიამეტრიან შპურების ბურღვას (20-24 მმ), რაც ამავე დროს მოითხოვს კარგი სადეტონაციო თვისებების მქონე ფეთქებადი ნივთიერების გამოყენებას.

შპურების დიამეტრის შერჩევა გვირაბების გაყვანისას ხშირად ხდება ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნების

სტანდარტული დიამეტრის შესაბამისად. შპურების დიამეტრი ვაზნის თავისუფალი შეყვანის საშუალებას უნდა იძლეოდეს. ამასთანავე, შპურისა და ვაზნების დიამეტრებს შორის სხვაობა 15-20 %-ს არ უნდა აღემატებოდეს. დიდი ღრეჩოს არსებობა ამცირებს აფეთქების ეფექტს.

პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე რეკომენდებულია მცირე კვეთის ( $S < 4 \text{ მ}^2$ ) გვირაბის მაგარ ქანებში გაყვანისას გამოყენებული იქნეს 32-36 მმ დიამეტრის ვაზნები, ხოლო უფრო დიდი კვეთის გვირაბებში ვაზნის დიამეტრი 40 მილიმეტრამდე უნდა გაიზარდოს.

### 17.3 შპურის გამოყენების კოეფიციენტი

აფეთქების შედეგად ქანის მონგრევა შპურის მთელ სიგრძეზე არ ხდება, შპურის ძირი აუფეთქებელი რჩება ე.წ. „ჭიქის“ სახით. შპურის აფეთქებული ნაწილის  $\ell_1$  სიგრძის შეფარდებას შპურის მთელ  $\ell$  სიგრძესთან ეწოდება შპურის გამოყენების კოეფიციენტი:  $\eta = \ell_1 : \ell$

შპურის გამოყენების კოეფიციენტის ოპტიმალური მნიშვნელობა მაშინ გვაქვს, რომლის დროსაც ვღებულობთ ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოებისა და ქანის დატვირთვის მინიმალურ შრომატევადობას. თიხაფიქლებსა და ქვიშაფიქლებში ჭაურის გაყვანისას  $\eta=0,8-0,9$ , ხოლო ქვიშაქვებში  $\eta=0,75-0,8$ . თარაზული გვირაბების გაყვანის დროს, მუშაობის სწორი ორგანიზაციის შემთხვევაში,

$\eta=0,8-1,0$  უდიდეს მნიშვნელობას ვღებულობთ ქვაბური მუხტების ხმარებისას.

#### 17.4 შპურების განაწილება გვირაბის სანგრევში

შპურების რიცხვის განსაზღვრის შემდეგ საჭიროა სანგრევში განაწილების სქემის შედგენა.

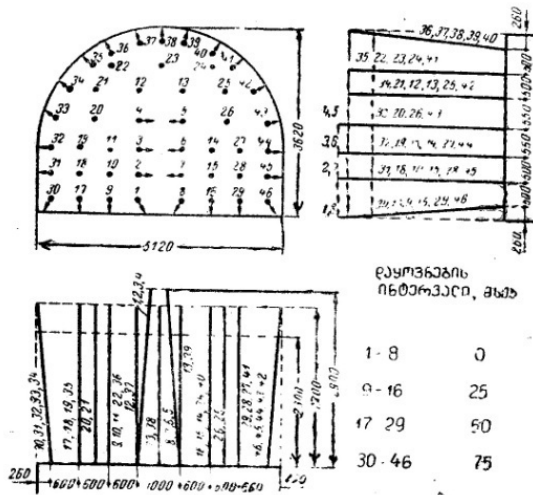
დანიშნულების მიხედვით შპურები შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად ჯგუფად: საყელავი, სანგრევი და საკონტურო.

საყელავი შპურების აფეთქების შედეგად სანგრევში დამატებითი გაშიშვლებული სიბრტყე იქმნება, რაც აუმჯობესებს დანარჩენი შპურების აფეთქების პირობებს, ე.ი. აადვილებს ქანის ძირითადი მასის მონგრევას. საყელავი შპურების სიგრძე, ჩვეულებრივ, დანარჩენზე 0,2-0,3 მეტრით მეტი აიღება.

საკონტურო შპურების დანიშნულებაა გვირაბის განივკვეთისათვის პროექტით გათვალისწინებული კონტურის მიცემა. ისინი, ჩვეულებრივ, სულ ბოლოს ფეთქდება. მაგარ და მონოლითურ ქანებში გვირაბის გაყვანისას საკონტურო შპურების ბოლოები პროექტით განსაზღვრული კონტურის გარეთ გადის 10-25 სმ მანძილზე. საშუალოზე ნაკლები სიმაგრის ან დიდი ზხარიანობის მქონე ქანების შემთხვევაში კი ასეთი შპურების ბოლოები არ აღწევს კვეთის კონტურს (10-15

სმ). ამით თავიდან იცილებენ ქანის გადამეტებულ მონგრევას.

31-ე ნახაზზე მოცემულია შპურების განაწილების ერთ-ერთი შესაძლებელი სქემა, როდესაც სანგრევის ფართობი  $S=15,5 \text{ მ}^2$ , ქანების სიმაგრის კოეფიციენტი  $f=7$ . საყელავი შპურებია 1-8, სანგრევი 9-29, საკონტურო 30-46 (შპურებს 9-16 შეიძლება დამხმარე შპურები ეწოდოს).



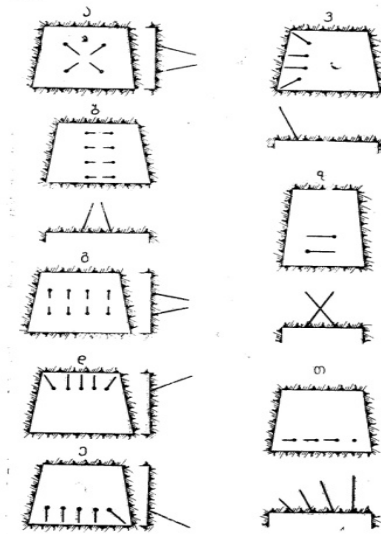
ნახ. 31 შპურების განაწილების სქემა

საყელავი შპურების განლაგების ყველა არსებული სქემა შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ჯგუფად: 1. გვირაბის გრძივი ღერძის მიმართ დახრილად გაბურღული საყელავი შპურები (დახრილი ყელეები) და 2. გვირაბის გრძივი ღერძის პარალელურად გაბურღული საყელავი შპურები (პირდაპირი ყელეები).



სანგრევში შპურების განაწილების სქემა არჩეული ყელის სახელწოდებას ატარებს. დახრილი ყელების სახეებია: ცენტრალური პირამიდული, ვერტიკალური სოლური, თარაზული სოლური, ზედა, ქვედა, გვერდითი, „მაკრატელა“, მარაოსებრი.

ცენტრალური პირამიდული ყელი (ნახ 32, ა) წარმოიქმნება გვირავის ცენტრში გაბურღული დახრილი შპურების აფეთქების შედეგად. იგი გამოიყენება მაგარ, მონოლითურ ქანებში მართკუთხა კვეთის ჭაურებსა და აღმავალი გვირავების გაყვანისას (გვირავის კვეთი  $S > 4 \text{ მ}^2$ ). თარაზულ გვირავებში ასეთ ყელს იშვიათად ხმარობენ.



ნახ. 32 დახრილი ყელები

ვერტიკალური სოლური ყელი (ნახ 32, ბ) მიიღება სანგრევის ვერტიკალური ღერძის სიმეტრიულად განლა-

გებული შპსურების აფეთქებით. ამ სახის ყელს, ამჟამად, ყველაზე მეტი გამოყენება აქვს შპსურების ბურღვის სიადვილისა და ქანის აფეთქების კარგი ეფექტის გამო, მისი გამოყენება მიზანშეწონილად ითვლება როგორც ერთგვაროვანი, ისე ვერტიკალური შრეულობისა და ბზარების მქონე ქანებში.

თარაზული სოლური ყელი (ნახ 32, გ) გამოიყენება ერთგვაროვან ქანებში გვირაბის მცირე სიგანის დროს. მისი გამოყენება მიზანშეწონილია თარაზული შრეულობის ქანებში და ბზარიანობის სიბრტყეების თარაზული განლაგებისას.

ქვედა ყელს (ნახ 32, ე) მიმართავენ საშუალო სიმაგრის შრეულ ქანებში, შრეების სანგრევისაკენ ვარდნის შემთხვევაში. საყელავი შპსურების მიმართულება შრეულობისა და ბზარების სიბრტყეებთან დაახლოებით მართ კუთხეს უნდა ქმნიდეს.

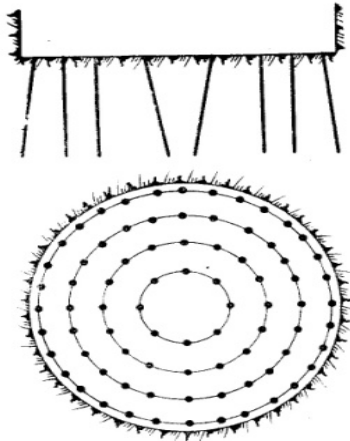
ზედა ყელის (ნახ 32, დ) გამოყენების პირობები ქვედა ყელის ანალოგიურია, მხოლოდ შრეებისა და ნაპრალების ვარდნა აქ საწინააღმდეგო მიმართულების უნდა იყოს. ზედა ყელის გამოყენება დასაშვებია მხოლოდ საკმაოდ მდგრადი ჭერის შემთხვევაში.

გვერდითი ყელის გამოყენება (ნახ 32, ვ) მიზანშეწონილია ციცაბოდ დაქანებულ ქანებში, მათი განვრცობის მიმართულებით გვირაბის გაყვანის დროს.

„მაკრატელა“ ყელს (ნახ. 32, ზ) იყენებენ მხოლოდ ვიწრო გვირაბებში, რომლებიც ქვანახშირის ფენაში გადის.

მარაოსებრ ყელს (ნახ 32, თ) უმეტესად ხმარობენ ნახშირის თხელ ფენებში გვირაბის გაყვანისას. საყელავი შპურები სხვადასხვა სიგრძისაა და სანგრევის სიბრტყის მიმართ სხვადასხვა დახრილობითაა გაყვანილი.

მართკუთხა კვეთის ვერტიკალური გვირაბების გაყვანისას შპურების განაწილება ზემოთ მოყვანილი სქემების ანალოგიურად წარმოებს. მრგვალი კვეთის ჭაურის გაყვანის შემთხვევაში შპურები კონცენტრულ წრეებზეა განლაგებული (ნახ. 33). სამწრიანი განლაგების დროს საყელავი, მომწგრევი და საკონტურო შპურების რაოდენობათა შეფარდებაა 1:2:3, ხოლო ოთხწრიანი განლაგებისას 1:2:3:4. დიდი დიამეტრის მქონე ვაზნების ( $d=45$  მმ) ხმარებისას ეს შეფარდებაა 1:3:6.



ნახ. 33 შპურების განაწილება ჭაურის სანგრევიში

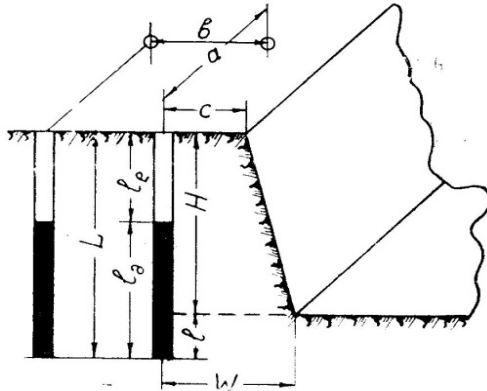
სანგრევის აფეთქებისას მუხტის განაწილება სხვადასხვა დანიშნულების შპურებში თანაბარი არ არის. თუ

მუხტის მთელი სიდიდეა  $Q$ , ხოლო შპურების საერთო რიცხვი  $N$ , მაშინ საშუალო მუხტი იქნება  $Q_{საშ}=Q:N$ , საყელავ შპურებში ათავსებენ მუხტს  $Q_{საყ}=(1,2-1,25)Q_{საშ}$ , მომნგრევი შპურების მუხტია  $Q_{მ}=Q_{საშ}$ , ხოლო საკონტურო შპურების მუხტი  $Q_{საკ}=0,8Q_{საშ}$ , გვირაბის გაყვანის პროცესში მუდამ ხდება როგორც შპურების განაწილების, ისე მათში მოთავსებული მუხტების სიდიდის კორექტირება ჩატარებულ აფეთქებათა შედეგების მიხედვით.

## 18. ჭაბურღილების მეთოდი

ჭაბურღილების მეთოდს ფართო გავრცელება აქვს როგორც ღია, ისე მიწისქვეშა სამთო სამუშაოების წარმოების დროს.

სასარგებლო წიაღისეულის ღია წესით მოპოვებისას ამ მეთოდის გამოყენება გულისხმობს დასამუშავებელი საფეხურის ზედა ჰორიზონტიდან ჭაბურღილების გაყვანას. ჭაბურღილების მწკრივი საფეხურის სანგრევის ხაზის პარალელურად არის განლაგებული (ნახ. 34). სანგრევის სიბრტყის დახრა  $65-90^{\circ}$ -ს შეადგენს.



ნახ. 34 ვერტიკალური ჭაბურღილების მეთოდი

კარიერებზე ჭაბურღილების მეთოდის გამოყენებისას ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების ძირითადი პარამეტრებია:

$H$  - საფეხურის სიმაღლე, მ;

$W$  - წინაღობა საფეხურის ძირზე, ანუ საანგარიშო წინაღობის ხაზი, მ;

$L$  - ჭაბურღილის სიღრმე, მ;

$l_{\phi}$  - მუხტის სიგრძე, მ;

$l_{\text{დ}}$  - დაცობის სიგრძე, მ;

$l$  - მეტნაბურღის სიგრძე, მ;

$a$  - მანძილი ჭაბურღილებს შორის, მ;

$b$  - მანძილი ჭაბურღილების მწკრივთა შორის, მ;

$d$  - ჭაბურღილის დიამეტრი, მ;

$C$  - მანძილი ჭაბურღილიდან საფეხურის ზედა კიდემდე (უსაფრთხოების თვალსაზრისით ეს მანძილი 3 მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს), მ;

$m$  – ჭაბურღილების დაახლოების კოეფიციენტი ( $m = \frac{\alpha}{w}$ );

$\alpha$  – სანგრევის დახრის კუთხე (რაც უფრო მაგარი და მონოლითურია ქანები, მით მეტია  $\alpha$  -ს მნიშვნელობა);

$q$  – ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი (გაფხვიერების მუხტისათვის), კგ/მ<sup>3</sup>;

$p$  – ფეთქებადი ნივთიერების რაოდენობა, რომელიც ეტევა ჭაბურღილის 1 გრძივ მეტრზე, კგ/მ.

ჭაბურღილების გაყვანა წარმოებს სპეციალური დაზგების საშუალებით. ღია სამუშაოებზე ჭაბურღილების დიამეტრი უმეტეს შემთხვევაში 200-250 მმ აიღება, ხოლო მათი სიღრმე 8-30 მეტრს შეადგენს.

მუხტის სიდიდის მნიშვნელობას ჭაბურღილების მეთოდით მუშაობის შემთხვევაში გაიანგარიშებენ გამოსახულებიდან:

$$Q = q \cdot \alpha \cdot W \cdot H, \quad (18.1)$$

აქ  $q$  წარმოადგენს ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის სიდიდეს გაფხვიერების მუხტისათვის.

პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე რეკომენდებულია დაცობის სიგრძის შემდეგი მნიშვნელობა:

$$l_{\text{დ}} = (0,8 \div 1,0)W, \quad (18.2)$$

ჭაბურღილების მეთოდის გამოყენება მოითხოვს აფეთქებული ქანის დაყრის პირობების შეთანხმებას მისი დატვირთვისა და ტრანსპორტის სამუშაოებთან. აფეთქებული ქანის დანაყარის სიმაღლე და სიგანე ხელს უნდა უწყობდეს ექსკავატორის მაქსიმალური მწარმოებლურო-

ბის მიღებას და უზრუნველყოფდეს მუშაობის უსაფრთხოებას.

დანაყარის სიგანეს საზღვრავენ ემპირიული ფორმულით:

$$B = 15 q \sqrt{W \cdot H}, \quad (18.3)$$

ამ შემთხვევაში  $q$  - წარმოადგენს ასაფეთქებელი ქანის 1 ტონაზე მოსულ ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯს.

დანაყარის სიმაღლის გასაგებად შეიძლება გამოვიყენოთ ემპირიული გამოსახულება:

$$h = \frac{0,13}{q} \sqrt{W \cdot H}, \quad (18.4)$$

ჭაბურღილების აფეთქება შეიძლება სადეტონაციო ზონრის, ელექტრული ხერხის ან ნონელის გამოყენებით. ბევრად უფრო ფართოდ არის გავრცელებული სადეტონაციო ზონრით აფეთქების ხერხი.

ჭაბურღილების განლაგება ასაფეთქებელ საფეხურზე შეიძლება იყოს ერთმწკრივა ან მრავალმწკრივა, მყისიერი აფეთქების შემთხვევაში ერთმწკრივა ჭაბურღილები იძლევა უკეთეს ეკონომიკურ ეფექტს საბურღი სამუშაოების, ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯის, სამთო მასის გამოსავალისა და სხვა მაჩვენებლების მიხედვით.

მრავალმწკრივა ჭაბურღილების მყისიერი აფეთქების დროს უარეს შედეგებს ღებულობენ. სურათი მნიშვნელოვნად იცვლება მცირედდაყოფილებული აფეთქების მეთოდის გამოყენების დროს.

მცირედდაყოფილებული აფეთქების მეთოდის გამოყენებამ მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა აფეთქების ტექნიკურ

- ეკონომიკური მაჩვენებლები მრავალმწკრივა ბურღილებით მუშაობის შემთხვევაში. გაიზარდა აფეთქებული ქანის გამოსავალი ბურღის 1 გრძივ მეტრზე და შემცირდა ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი, გაუმჯობესდა ქანის დამსხვრევა, შემცირდა აფეთქებული ქანის დაყრის სიგანე და სხვა.

კარიერებზე მრავალმწკრივა ჭაბურღილების მცირედ-დაყოფილი აფეთქების წარმატებით გამოყენებამ დასახა საფეხურის სიმაღლის მნიშვნელოვანი გაზრდის პერსპექტივები.

მრავალმწკრივა ჭაბურღილების მუშაობის ახალ პროგრესულ მეთოდს წარმოადგენს აფეთქება დახშულ გარემოში. ამ შემთხვევაში ასაფეთქებელ საფეხურს გააჩნია რაიმე ზღუდე, მაგალითად, ადრე აფეთქებული და აუწმენდავი ქანის სახით, ასეთი ზღუდე ამცირებს მონგრეული მასივის გვერდით გადაადგილებას, ზრდის მასზე აფეთქების პროდუქტების ზემოქმედების ხანგრძლივობას, რითაც უმჯობესდება ქანის დამსხვრევის ხარისხი:

საჭაბურღილე მუხტების მეთოდს ფართო გავრცელება აქვს ლითონიანი საბადოების მიწისქვეშა დამუშავების დროს. მადნეულის მონგრევა ხშირად წარმოებს შრეებად, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეს თარაზული, ვერტიკალური ან დახრილი განლაგება. თითოეულ შრეში ჭაბურღილების გაყვანა ძირითადად ხდება ან ერთმანეთის



პარალელურად, ან მარაოსებურად (არსებობს მათი სხვადასხვა სახეცვლილება).

ჭაბურღილების სიღრმე ლითონიან საბადოთა ამოღებისას დამოკიდებულია დამუშავების მეთოდების თავისებურებებზე და 10-15 მეტრის ფარგლებში იცვლება. ჭაბურღილების დიამეტრი აიღება 70-130 მილიმეტრი.

## **19. ასაფეთქებელი სამუშაოები აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ მალაროებში**

მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოებისას ხშირად დიდი ადგილი აქვს რაიმე საწვავი აირის გამოყოფას ან საწვავი მტვრის წარმოქმნას, რომელიც ჰაერის ჟანგბადთან შერევისას ქმნის ფეთქებად ან ადვილად აალებად გარემოს. ასეთ მალაროებში ასაფეთქებელი სამუშაოების უსაფრთხო წარმოების უზრუნველსაყოფად საჭიროა ზოგიერთი დამატებითი მოთხოვნის დაცვა, რომელიც გათვალისწინებულია „ერთიანი წესებით“.

აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ მალაროებში ფეთქებადი სამუშაოების ჩატარება დაიშვება მხოლოდ ისეთ სანგრევეებში, რომლებიც განუწყვეტლად ნიავედება ჰაერის სუფთა ნაკადით. გამოყენებული უნდა იქნეს მცველი ფეთქებადი ნივთიერებანი მხოლოდ ქარხნულად დამზა-

დებული ვაზნების სახით. ნებადართულია მხოლოდ ელექტრო აფეთქება. ამ დროს ხმარობენ ისეთ მანქანებს, რომლებსაც ფეთქებადუსაფრთხო კონსტრუქცია გააჩნია. აფეთქების წინ აუცილებლად უნდა შემოწმდეს მეთანის შემცველობა მადაროს ატმოსფეროში როგორც სანგრევში, ისე მეზობელ გვირაბებში 20 მეტრის მანძილზე. თუ მეთანის შემცველობა 1%-ზე მეტი აღმოჩნდა, მაშინ შპურების დამუხტვა და აფეთქება იკრძალება.

აფეთქებისთვის შეიძლება გამოყენებული იქნას მყისიერი მოქმედებისა და მცირე დაყოვნების ელექტროდეტონატორები 25, 50, 75 და 100 მლწმ ინტერვალით, ჩვეულებრივი დაყოვნების მქონე ელექტროდეტონატორების ხმარება აკრძალულია.

დამრტყმელი ვაზნა მოთავსებული უნდა იქნეს შპურის პირთან ყველაზე ახლოს. ელექტროდეტონატორი იდება ვაზნის იმ ტორსში, რომელიც შპურის პირთან ყველაზე ახლოს მდებარეობს. მისი კუმულაციური ღრმული შპურის ძირისკენ უნდა იყოს მიმართული.

შპურების აფეთქება ნახშირის სანგრევებში დაიშვება მხოლოდ ერთჯერადად. შერეულ სანგრევებში აფეთქება შეიძლება მოხდეს ორჯერადად, ცალკე ნახშირის და ცალკე ფუჭი ქანის სანგრევში, მხოლოდ იმ პირობით, რომ სანგრევთან არ უნდა იყოს დარჩენილი მონგრეული ნახშირი. ფუჭი ქანის სანგრევში აფეთქებათა რიცხვი შეზღუდული არ არის.

ნახშირის სანგრევში აფეთქებათა რიცხვის შეზღუდვა (ჩვეულებრივი დაყოვნებითი ელექტროდენატორების გამოყენება) იმით არის გამოწვეული, რომ შპურების პირველი ჯგუფის აფეთქებამ შეიძლება გამოიწვიოს მეთანის უხვი გამოყოფა ნახშირის ფენიდან. ამის გამო, მომდევნო შპურების აფეთქება მოხდება ფეთქებადსაშიშ ატმოსფეროში, რაც ყოვლად დაუშვებელია. ამასთანავე, ისიც არის მოსალოდნელი, რომ წინა შპურების აფეთქების შედეგად მოხდეს სხვა რომელიმე შპურის ნაწილობრივ მონგრევა და მუხტის გაშიშვლება. ღია მუხტის მოქმედება კი მეთანის აფეთქების მიზეზი გახდება.

თუ საჭიროა გამყელავი და მომხრევი შპურების ცალ-ცალკე აფეთქება, მაშინ მეორე რიგის შპურების დამუხტვა უნდა მოხდეს პირველი რიგის შპურების აფეთქებისა და სანგრევის ინტესიური განიავების შემდეგ.

ასეთ მაღაროებში ელექტროაფეთქება ხდება კონდესატორული ფეთქებაუსაფრთხო მანქანებით. ინდუქციური მანქანებისა და განათების ქსელის ცვლადი დენის გამოყენება აკრძალულია.

შპურების სიღრმე და დაცობის სიგრძე განისაზღვრება შემდეგი წესებით:

1. შპურის მინიმალური სიღრმე ნახშირში და ფუჭ ქანში მუშაობისას შეადგენს 0,65მ.

2. ნახშირში შპურების აფეთქებისას დაცობის სიგრძე არ უნდა შეადგენდეს შპურის სიგრძის ნახევარზე ნაკლებს. თუ აფეთქება ხდება წინასწარი გაყელვით, დაცობის

სიგრძე ყველა შემთხვევაში 0,5 მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

3. თუ შპურების სიღრმე ფუჭი ქანის სანგრევში 0,9 მეტრზე ნაკლებია, მაშინ მუხტს არ უნდა ეკავოს მის ნახევარზე მეტი. როდესაც შპურების სიღრმე 0,9 მეტრზე მეტია, მუხტს უკავია არა უმეტესი მისი ორი მესამედისა: შპურების დანარჩენი ნაწილი მუდამ მთლიანად უნდა იყოს ამოვსებული საცობი მასალით.

4. სანგრევში რამდენიმე გაშიშვლებული სიბრტყის არსებობის შემთხვევაში უმცირესი წინაღობის ხაზი ნებისმიერი წერტილისათვის არ უნდა იყოს 0,5 მეტრზე ნაკლები.

აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ მადარობში სასურველია შპურებში თითო ვაზნის მოთავსება, რადგან ამ დროს იქნება დეტონაციის ჩაქრობის საშიშროება ვაზნებს შორის შუალედის არსებობის შედეგად. თუ მუხტი რამდენიმე ვაზნისგან შედგება, უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მათი მჭიდრო შეხება. ამიტომ, ამ შემთხვევაში ვაზნების სათითაოდ მოთავსება შპურში აკრძალულია, მათი შეყვანა შპურში უნდა მოხდეს ერთდროულად.

ნახშირისა და შერეულ სანგრევებში აფეთქების წინ ახდენენ გვირაბში დამჯდარი ნახშირის მტვრის მორწყვას ან მოფიქალებას (ინერტული მტვრის მოყრას). ამ ღონისძიებათა ჩატარება საჭიროა როგორც უშუალოდ სანგრევთან, ისე მეზობელ გვირაბებში, სანგრევთან 20 მეტრის მანძილზე. სანგრევის ორჯერადი აფეთქებისას

საჭიროა მომდევნო შპურების აფეთქების წინ ხელახლა მოხდეს მორწყვა ან მოფიქალება.

ისეთ მაღაროებში, სადაც მოსალოდნელია მეთანის ან ნახშირის უეცარი გამოტყორცნა, ასაფეთქებელი სამუშაოები ნახშირის ფენაში დაიშვება მხოლოდ რყევითი აფეთქების მიზნით.

რყევითი აფეთქების დანიშნულებაა გამოიწვიოს მეთანის ხელოვნური გამოყოფა და ამით შეამციროს ნახშირის ფენის მეთანშემცველობა, რაც უსაფრთხოს ხდის მის შემდეგ მონგრევას. ასეთი სახის აფეთქება კი არ ანგრევს, არამედ მხოლოდ არყევს ქანებს და მეთანს მაღაროს ატმოსფეროში თავისუფალი გამოსვლის შესაძლებლობას აძლევს. ამ შემთხვევაში გამოიყენება მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები, რომლებიც რყევითი აფეთქებისთვისაა დაშვებული.

რყევითი აფეთქების წინ მომუშავენი გაყვანილი უნდა იყვნენ უსაფრთხო ადგილზე სანგრევიდან არანაკლებ 200 მეტრის დაშორებით, ჰაერის სუფთა ნაკადის მიმართულებით. თუ ამ მანძილის დაცვა შეუძლებელია, მაშინ საჭიროა ხალხის ამოყვანა შახტიდან. აფეთქება უნდა მოხდეს არანაკლებ 200 მეტრი მანძილიდან. ამფეთქებელი უნდა იმყოფებოდეს ჰაერის სუფთა ნაკადზე, საიმედო თავშესაფარში.

რყევითი აფეთქების ჩატარებისას ყველა გვირაბში, რომელშიც შეიძლება მეთანი მოხვდეს, გამორთული უნდა იქნეს ელექტროენერგია.

რყვევითი აფეთქების შემდეგ, არა უადრეს 30 წუთისა, ტექნიკური ზედამხედველობის პირები ათვალერებენ სანგრევს. ამ დროს, სანრევის მიმართულებით წინსვლისას, გზადაგზა წარმოებს მაღაროს ატმოსფეროში მეთანის შემცველობის გაზომვა. თუ იგი 2%-ზე მეტი აღმოჩნდა, შემმოწმებელი პირები დაუყოებლივ უნდა დაბრუნდნენ უკან და მიიღონ ზომები ვენტილაციის გასაძლიერებლად.

აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ მაღაროებში ასაფეთქებელ სამუშაოებს აწარმოებენ მხოლოდ მაღალი კვალიფიკაციის ამფეთქებლები. მესამე და ზეკატეგორიის შახტებში ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოება შეიძლება მხოლოდ საწარმოო გაერთიანების მთავარი ინჟინრის ნებართვით. რყვევითი აფეთქების ჩატარებას აუცილებლად უნდა ესწრებოდეს ტექნიკური ზედამხედველობის წარმომადგენელი, არანაკლებ უბნის უფროსის მოადგილის თანამდებობისა.

კალიუმის მაღაროებში (კარნალიტისა და სოლვინიტის ფენებში) ადგილი აქვს წყალბადისა და მეთანის გამოყოფას. გოგირდის მაღაროებში ვხვდებით ფეთქებადი გოგირდის მტვერს, ხოლო სპილენძის და ოზეკერიტის შახტებში გამოიყოფა საწამლავი, ფეთქებადი აირები და ორთქლები. ფეთქებადი სამუშაოების უსაფრთხო წარმოება ასეთ მაღაროებში მოითხოვს განსაკუთრებული პირობების დაცვას.

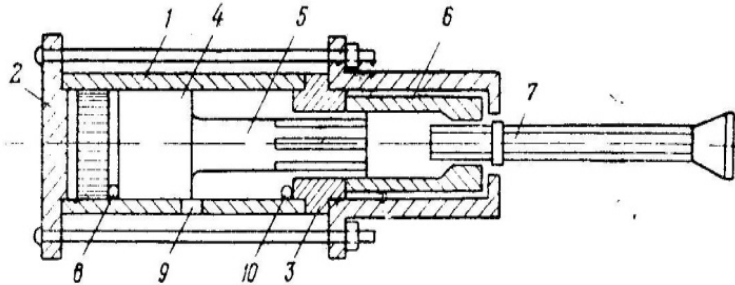
## 20. დარტყმითი საბურღი მანქანები

შპურების საბურღ მანქანას პერფორატორი ეწოდება. ბურღვისათვის გამოყენებული ენერჯის მიხედვით გვაქვს ელექტრული და პნევმატიკური პერფორატორები. დარტყმითი ბურღვისთვის იყენებენ პნევმატიკურ ენერჯიაზე მომუშავე საბურღ მანქანებს, ხოლო ბრუნვითი ბურღვისთვის ელექტროპერფორატორებს.

პნევმატიკური საბურღი მანქანების მარგი ქმედების კოეფიციენტი ძალიან დაბალია და 0,10-0,15 -ს შეადგენს, მაშინ როცა ელექტროპერფორატორების მარგი ქმედების კოეფიციენტი 0,9-ს აღწევს.

დარტყმითი საბურღი მანქანა (ნახ. 35) წარმოადგენს ფოლადის ცილინდრს (1), რომელზეც უკანა მხრიდან მაგრდება სახურავი (2), ხოლო წინიდან - მილისი-(3). ცილინდრში მოთავსებულია დგუში (4) თავისი შტოკით (5), რომლის ბოლო შედის შემაბრუნებელ მილისში (6). მასშივე თავსდება სატეხისებრი ბურღის კუდი (7). მანაწილებელი მოწყობილობის საშუალებით შეკუმშული ჰაერი რიგრიგობით შედის ცილინდრის ხან მარჯვენა (ხვრელი 8), ხან მარცხენა ნაწილში (ხვრელი 10), რის შედეგადაც დგუში გამუდმებით ასრულებს უკუქცევით წინსვლით მოძრაობას. გადამუშავებული ჰაერი ცილინდრიდან ატმოსფეროში გამოდის ხვრელით (9), წინსვლითი (ნახაზზე მარჯვნივ) მოძრაობის დასასრულს

შტოკი ახდენს დარტყმას ბურღის ბოლოზე, რაც იწვევს ბურღის



ნახ. 35 საბურღი ჩაქუჩის სქემა

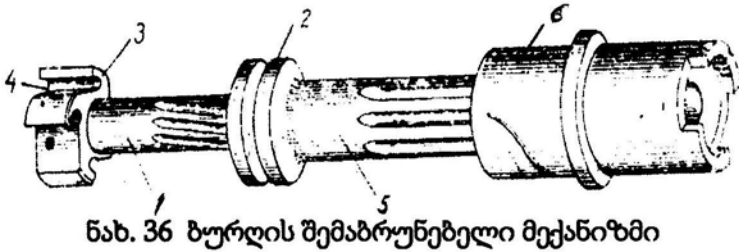
თავის შეჭრას ქანში. მოპირდაპირე მიმართულებით მოძრაობის დროს შემაბრუნებელი მექანიზმი ახდენს მილისისა 6 და მასთან ერთად ბურღის შეტრიალებას გარკვეული კუთხით. წინსვლით მოძრაობას, რომლის დასასრულს ბურღი დარტყმას ღებულობს, მუშა სვლა ეწოდება, ხოლო მოპირდაპირე მიმართულებით მოძრაობისას - უქმი სვლა. ბურღს მთელ სიგრძეზე გაჰყვება ცენტრალური ხვრელი, რომლითაც შეკუმშული ჰაერი ან დაწნეული წყალი შედის შპურის ძირში და აწარმოებს ბურღის ფეკილის ამოწმენდას.

## 20.1 ბურღის შესაბრუნებელი მექანიზმი

როგორც ზემოთ იყო განმარტებული, დარტყმითი ბურღვისას საჭიროა ბურღვის გარკვეული კუთხით შეტრიალება ყოველი დარტყმის შემდეგ.



შესაბრუნებელი მექანიზმი ჰელიკოიდური ღეროთი ნაჩვენებია 36-ე ნახაზზე.



ჰელიკოიდურ ღეროზე (1) ამოჭრილია დიდი ბიჯის მქონე ხრახნული ღარები (ჰელიკოიდური ღარები), რომელიც უთავსდება დგუშის (2) კორპუსში გაკეთებულ ასეთივე ფორმის ბორცვებს. ჰელიკოიდურ ღეროს მეორე მხარეს აქვს ხრუტუნა (3), რომელსაც გააჩნია ბუდეები (4) სარეკვლების მოსათავსებლად. ხრუტუნა თავისი სარეკვლებით ჩადგმულია ხრუტუნა კბილანას ბუდეში (სარეკვლები და ხრუტუნა კბილანა ნახაზზე ნაჩვენები არ არის). დგუშის შტოვზე (5) ამოჭრილია სწორი ღარები რომლებიც საბრუნე მილისის (6) შიგნით არსებულ სწორ ბორცვებს უთავსდება.

ცხადია, რომ დგუშის მოძრაობამ ღეროს გასწვრივ უნდა გამოიწვიოს მათი შებრუნება ერთმანეთის მიმართ ჰელიკოიდური ღარების დახრილობის შესაბამისად, როდესაც დგუში მუშა სვლას ასრულებს, ხრუტუნას სარეკვლები არ ეწინააღმდეგება ჰელიკოიდურ ღეროს ბრუნვას. ამიტომ დგუში მოძრაობს სწორხაზოვნად, ბრუნვის გარეშე (დგუშის მასა ბევრად მეტია ღეროს

მასაზე). უქმი სვლის დროს სარეკელები ებჯინება ხრუტუნა კბილანას და ჰელიკოიდური ღეროს შებრუნების საშუალებას არ აძლევს. ამის გამო, ხდება დგუშისა და მისი შტოკის იძულებითი შებრუნება, რაც თავის მხრივ, მილისის შეტრიალებას იწვევს. ვინაიდან მილისში მოთავსებულია ბურღის ბოლო, ამიტომ ყოველი უქმი სვლის დროს ხდება ბურღის შეტრიალება გარკვეული კუთხით, რომლის სიდიდე  $10^0$ - $15^0$ -ს შეადგენს.

## 20.2 შპურების გაწმენდა ბურღის ფქვილისაგან

როგორც ვიცით, დარტყმითი ბურღვის წარმოებისთვის, ბურღზე დარტყმებისა და მისი ტრიალის გარდა, საჭიროა შპურის სისტემატური გაწმენდა დაფხვნილი ქანისაგან (ბურღის ფქვილისაგან). საბურღი ჩაქუჩებით ბურღვის დროს ამ ამოცანის შესრულება ავტომატურად ხდება.

შპურების გაწმენდა შეიძლება შეკუმშული ჰაერით ან წყლით. ამისდა მიხედვით გვექნება მშრალი და სველი ბურღვა. მშრალი ბურღვის დროს შეკუმშული ჰაერის ჭავლი მანქანის ცილინდრიდან მიემართება ბურღში არსებულ არხში, აღწევს შპურის ძირს და უკან გამოდის რგოლური სივრცით, რომელიც შპურის კედლებსა და ბურღის ღეროს შორის არის შექმნილი. ამგვარად ვღებულობთ ბურღვის ფქვილის გამოქრევას შპურიდან.

მშრალი ბურღვის დროს ადგილი აქვს მნიშვნელოვან დამტვერიანებას, რაც მკვეთრად აუარესებს მუშაობის ჰიგიენურ პირობებს, ამიტომ ბოლო ხანებში სულ უფრო დიდ გავრცელებას პოულობს სველი ბურღვა. ამ დროს ბუღში არსებული არხით შპურის ძირში მიეწოდება დაწნეული წყალი, რომელიც უკანვე ბრუნდება რგოლური სივრცით და ბურღვის ფქვილს (ბურღვის ტალახს) შპურიდან აცილებს.

სველ ბურღვას, მშრალ ბურღვასთან შედარებით, მრავალი უპირატესობა აქვს:

1. მნიშვნელოვნად მცირდება სამუშაო ადგილის დამტვერიანება, ე.ი უმჯობესდება ჰიგიენური პირობები;
2. წყლის შემწეობით ხდება ბურღის თავის გაცივება, რის შედეგად იგი გვიან იბლაგვება;
3. წყლით დასველების გამო მცირდება ქანების წინაღობა ბურღვისას;
4. შპურის გაწმენდა გაბურღული ქანისაგან უფრო ინტესიურად წარმოებს, რაც აუმჯობესებს ბურღის მიერ ქანის დანგრევის პირობებს;
5. ვლებულობთ საბურღი მანქანის მწარმოებლურობის გაზრდას.

### **20.3 დარტყმითი საბურღი მანქანების კლასიფიკაცია**

გამოყენების პირობებისა და წონის მიხედვით პნევმატიკური საბურღი მანქანები იყოფა სამ ჯგუფად: 1. ხელის საბურღი მანქანები 2. სვეტიანი საბურღი მანქანები და 3. ტელესკოპური საბურღი მანქანები.

ხელის საბურღი მანქანები, თავის მხრივ, შეიძლება გავყოთ სამ ქვეჯგუფად:

1. მსუბუქი, წონით 10-დან 18 კილოგრამამდე, 2. საშუალო, წონით 18-დან 25 კილოგრამამდე და 3. მძიმე, წონით 25-31 კილოგრამი. ხელის საბურღი მანქანების გამოყენება უფრო მოსახერხებელია ადამიანის შპურების ბურღვის დროს. ამ შემთხვევაში მანქანის წონა ქანზე გადაეცემა და მუშა ნაკლებად იღლება, რის გამოც ბურღვა უფრო მწარმოებლურია. ხელის საბურღ მანქანებს იყენებენ აგრეთვე თარაზული და მცირედ ადამიანის შპურების ბურღვისას.

სვეტებიან საბურღ მანქანებს მნიშვნელოვანი წონა აქვთ (40-75 კგ) და ამიტომ მუშაობის დროს აუცილებელია მათი მოთავსება სპეციალურ სვეტზე. სვეტიან საბურღ ჩაქუჩებს ფართო გამოყენება აქვთ მაგარ ქანებში თარაზული გვირაბების გაყვანის დროს (თარაზული და დახრილი შპურების საბურღავად).

ტელესკოპური საბურღი მანქანები გამოიყენება ადამიანის შპურების გასაბურღავად (მაგალითად, გეზენკების გაყვანის დროს). საბურღი მანქანა მოთავსებულია ტელესკოპური მოწყობილობის სვეტზე, რომელიც შეკუმშული ჰაერის მეშვეობით მუშაობის პროცესში ზევით იწევა. ამით ხორციელდება საბურღი მანქანის ავტომატური წინ წაწევა. ტელესკოპური პერფორატორების წონა 40-50 კგ-ია.

## 21. ბრუნვითი ბურღვის მანქანები

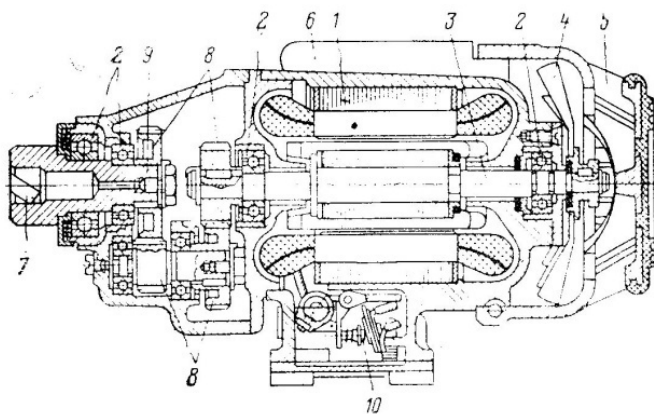
ბრუნვითი ბურღვის მანქანები, ამძრავის ტიპის მიხედვით, შეიძლება იყოს ელექტრული, პნევმატიკური ან ჰიდრავლიკური. უმეტესად გავრცელებულია ელექტრული მანქანები, რომელთაც, პნევმატიკურ მანქანებთან შედარებით, გაცილებით მეტი მწარმოებლურობა და მარგი ქმედების კოეფიციენტი აქვთ.

ქვანახშირისა და რბილ ქანებში სამუშაოდ ხმარობენ ხელის ელექტრობურღებს ( $f < 4$ ) საშუალო სიმაგრის ქანებში კი ( $f = 4:10$ ) სვეტიან ელექტრობურღებს.

ხელის ელექტრობურღების ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია მოკლედ შერთული ასინქრონული ელექტროძრავა, რედუქტორი, დენის ჩამრთველი და ვენტილატორი, რომელიც ელექტროძრავას აგრილებს. ყველა ნაწილი მოთავსებულია მსუბუქი ლითონის (სილუმინის) გარსაცმში. გარსაცამს აქვს ორი სახელური (რეზინის იზოლაციით).

37-ე ნახაზზე წარმოდგენილია ხელის ელექტროპერფორატორი ЭР-19. სილუმინის კორპუსში მოთავსებულია ელექტროძრავა (1) მოკლედ ჩართული როტორით (3), რომლის ბრუნვა რედუქტორის კბილანების ორი წყვილით გადაეცემა შპინდელს. ნახაზზე ნაჩვენებია ასევე საკისრები (2), ვენტილატორი (4), სახურავი (5), კორპუსი (6) (იგი წიბოვანი კეთდება უკეთ გაგრილების მიზნით), შპინდელის ბუდე (7), რომელშიც სპირალური ბურღი

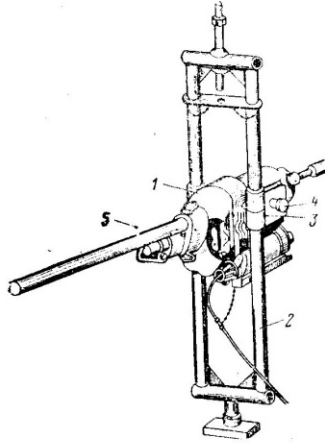
მაგრდება, დენის ამომრთველი (10). როტორი წუთში დაახლოებით 2700 ბრუნს აკეთებს (ზოგიერთი მარკის პერფორატორებში ბრუნთა რიცხვი გაცილებით მეტია). ასეთი ბრუნვის სიჩქარის გადაცემა უშუალოდ სპეციალურ ბურღზე დაუშვებელია, რადგან ეს ბურღის დამტვერვას გამოიწვევს. ამიტომ ბრუნთა რიცხვის შესამცირებლად იყენებენ ორი წყვილი კბილანისგან შემდგარ რედუქტორს.



**ნახ. 37 ხელის ელექტრო პერფორატორი**

სვეტიანი ელექტროპერფორატორებით მუშაობისას იყენებენ საყენებელ სვეტებს ან ქანის სატვირთავ მანქანებზე დამაგრებულ მანიპულატორებს.

ხრახიანი მიწოდების პერფორატორებიდან ამჟამად წარმოებაში გავრცელება აქვს CЭK მარკის მანქანებს. 38-ე



**ნახ. 38 სვეტიანი ელექტროპერფორატორი**

38-ე ნახაზზე ნაჩვენებია პერფორატორი C3K-1, რომელიც დაყენებულია K3B ტიპის სვეტზე (1-ელექტრობურღი, 2-სვეტი, 3 - კრონშტეინი, 4-საყრდენი თათი, 5-მართვის სახელური). სვეტის მაქსიმალური სიმაღლე 3 მეტრია, წონა - 65 კგ.

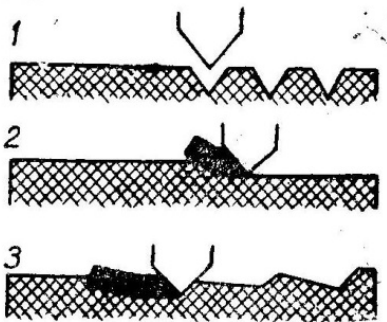
კრონშტეინების გადაადგილებით სვეტის გასწვრივ ელექტრობურღი შეიძლება დამაგრდეს სასურველ სიმაღლეზე. სვეტი შეიძლება შემობრუნდეს ვერტიკალური ღერძის გარშემო, ხოლო ელექტრობურღი თათების ირგვლივ. ამის შედეგად შესაძლებელია ნებისმიერი მიმართულების შპურების ბურღვა.

## **22. ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვა**

ამ შემთხვევაში ბურღი ასრულებს განუწყვეტილ ბრუნვით მოძრაობას დიდი ღერძული დაწოლის ქვეშ და,

ამასთანავე, განიცდის პერიოდულ დარტყმებს, ე.ი ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვა ხასიათდება ბრუნვითი ბურღვისა და დარტყმითი ბურღვის პრინციპების ერთობლიობლიობით და ამიტომ მას აქვს ბურღვის ორივე ხერხის უპირატესობანი.

სხვადასხვა ხერხით ბურღვისას ქანის დანგრევის სქემა ნაჩვენებია 39-ე ნახაზზე (1 - დარტყმითი ბურღვა, 2- ბრუნვითი ბურღვა, 3-ბრუნვითი-დარტყმითი ბურღვა). დარტყმითი ბურღვისას ვლებულობთ ბურღვის პერიოდულ შეჭრას ქანში და მიღებულ ნაჭდევეებს შორის ქანის სექტორების ახლეჩას. ბრუნვითი ბურღვისას ხდება ქანის ბურბუშელის ათლა გარკვეულ სისქეზე. ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვისას ქანის დანგრევა წარმოებს როგორც დარტყმის მომენტში, ისე დარტყმებს შორის შუალედში - მბრუნავი ბურღის მჭრელი პირით ქანის მოხლეჩის შედეგად.



ნახ. 39 ქანის დანგრევის სქემა სხვადასხვა ხერხით ბურღვისას

ყველა მათგანი პნევმატიკურ ენერგიაზე მუშაობს და გამოიყენება საბურღი დანადგარების სახით, ბრუნვით-



დარტყმითი ბურღვის ყველა დანადგარი, გარდა BY-IM მარკისა, თვითმავალია. ასეთი მანქანებით ბურღვა რეკომენდირებულია ქანებში, რომელთა სიმაგრის კოეფიციენტი  $f=5-16$ . ბურღვის მწარმოებლურობა ამ შემთხვევაში 2-3-ჯერ იზრდება ჩვეულებრივი დარტყმითი ტიპის მანქანების მწარმოებლურობასთან შედარებით.

ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვის ნაკლს წარმოადგენს მეტად დიდი სიმაგრის ქანებში მუშაობის დაბალი ეფექტი. აღსანიშნავია აგრეთვე საბურღი დანადგარების დიდი გაბარიტული ზომები და მასა.

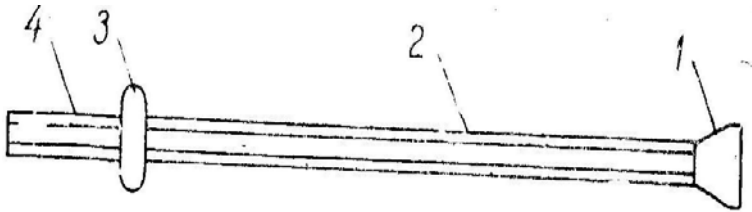
### 23. საბურღი ინსტრუმენტი

საბურღი ინსტრუმენტი ანუ ბურღი წარმოადგენს საბურღი მაქანის აღმასრულებელ ორგანოს, რომლის უშუალო მოქმედებით ხდება ქანის დანგრევა შპურის (ჭაბურღილის) ძირში.

მე-40 ნახაზზე ნაჩვენებია დარტყმითი ბურღვის დროს სახმარი ბურღი, რომელიც ერთ მთლიან სხეულს წარმოადგენს. მას აქვს შემდეგი ნაწილები: 1. ღერო, 2. ბორცვი, 3. კუდი. საბურღ მანქანაში თავსდება ბურღის კუდი, რომელიც ჭოკის დარტყმებს ღებულობს, ხოლო ბურღის თავი ანგრევს ქანს შპურში.

ასეთი ბურღები, რომელთაც მთლიან ბურღებს უწოდებენ, მზადდება ნახშირბადოვანი საიარაღო ფოლადისაგან. საბურღე ფოლადში რამდენადმე გაზრდილია

მანგანუმისა და კაჟბადის შემცველობა, ხოლო ფოსფორისა და გოგირდის რაოდენობა შემცირებულია. საბურღე ფოლადი ექვსკუთხა ან მრგვალი კვეთისაა, მისი დიამეტრი 22-25 მმ-ია.



ნახ. 40 მთლიანი ბურღი

საბურღე ფოლადი მზადდება ღრუტანიანი ან მთლიანი კვეთით, პირველ შემთხვევაში მას მთელ სიგრძეზე გასდევს ცენტრალური ხვრელი, რომლის დიამეტრი 6,5-9,0 მმ-ია, იგი, როგორც აღნიშნული იყო, განკუთვნილია შპურის გასაწმენდად ბურღვის ფქვილისაგან. მთლიანი კვეთის მქონე ბურღებს იყენებენ ხელით ბურღვის შემთხვევაში.

დაბლაგვების მიზეზით რომ მთელი ბურღის გამოცვლა არ მოგვიხდეს, უმჯობესია მთლიანი ბურღის ნაცვლად გამოვიყენოთ შედგენილი ბურღი. ასეთ ბურღს უკეთდება მოსახსნელი თავი (გვირგვინი). ეს საშუალებას გვაძლევს საჭიროების შემთხვევაში მოვხსნათ დაბლაგვებული თავი და ბურღის ღეროზე დავამაგროთ ახალი. თავის დამაგრება ღეროზე ხდება მიხრახვნივით ან კონუსური შეერთებით. კუთხვილი გვირგვინსა და ღეროზე

მარცხენაა, რადგან მუშაობისას ბურღი მარჯვნიდან მარცხნივ ტრიალებს.

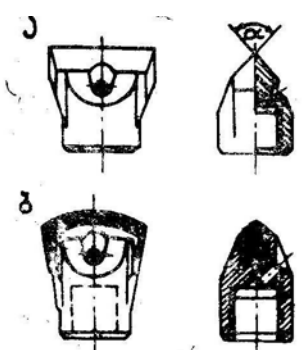
ბურღის თავისათვის კიდევ უფრო მეტი გამძლეობის მისაცემად მას უკეთებენ სალი შენადნობის ფირფიტას. მისი მიზნით ხდება ბურღის თავში გაკეთებულ სათანადო ამონაჭერში. სალი შენადნობით შესაძლოა როგორც შედგენილი, ისე მთლიანი ბურღების აღჭურვა.

სალი შენადნობების გამოყენება მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ბურღვის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. ამ შემთხვევაში ბურღვის მწარმოებლურობა, ფოლადის ბურღებთან შედარებით, 1,5-2,5-ჯერ მატულობს, ხოლო მისი მედეგობა დაბლაგვებისადმი 14-40-ჯერ იზრდება. სალი შენადნობი შედგება ვოლფრამისა (85-98 %) და კობალტისაგან (2-15 %). რაც უფრო მეტია შენადნობში კობალტის შემცველობა, მით მეტია მისი მედეგობა დარტყმითი დატვირთვების მიმართ, ხოლო ცვეთისადმი წინააღობა ნაკლებია. დიდი სიმაგრის ქანებში ( $f > 15$ ) გამოიყენება BK-15 მარკის შენადნობი, საშუალო სიმაგრის ქანებში ( $f = 10 \div 15$ )-BK-8B, ხოლო საშუალოზე ნაკლები სიმაგრის ქანებში ( $f < 10$ )-BK6B (რიცხვები გვიჩვენებს კობალტის პროცენტულ შემცველობას).

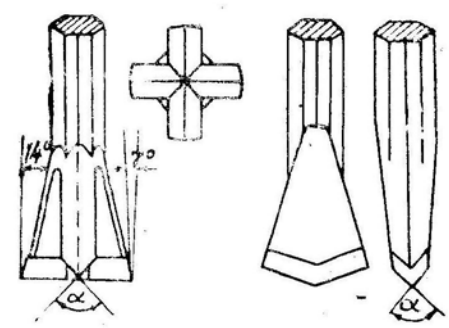
მჭრელი პირების რაოდენობისა და განლაგების მიხედვით არჩევენ მარტივი და რთული ფორმის გვირგვინებს. მარტივი სახისაა ერთსატეხიანი გვირგვინი მთლიანი მჭრელი პირით, რომელიც შეიძლება იყოს სწორი, მომრგვალებული (ნახ. 41) ან ტეხილი (ნახ. 42)

ბურღის გვირგვინის დიამეტრი (სიგანე) ღეროს დიამეტრს 1,3–2,5-ჯერ აღემატება.

შპურების ბურღვისას იყენებენ ბურღების კომპლექტს, რომელიც შედგება სხვადასხვა სიგრძის შტანგებისაგან. მუშაობას იწყებენ ყველაზე მოკლე ბურღით, რომელსაც ყველაზე უფრო განიერი გვირგვინი აქვს. მას ცვლიან უფრო გრძელი ბურღით, რომლის გვირგვინის დიამეტრი, წინასთან შედარებით, შემცირებულია ბურღის თავის ცვეთის შესაბამისად. შემდეგ იყენებენ უფრო გრძელ ბურღს სათანადოდ შემცირებული გვირგვინით და ა.შ. ბურღების კომპლექტებს იმ ვარაუდით ირჩევენ, რომ შპურის საბოლოო დიამეტრი 2-3 მილიმეტრით აღემატებოდეს ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნების დიამეტრს.



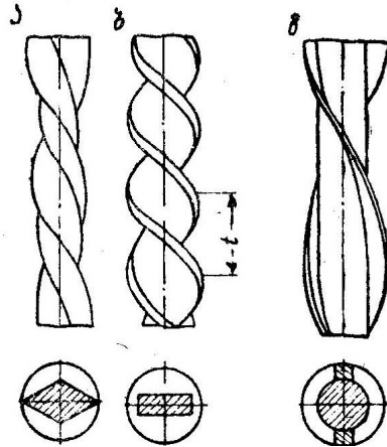
ნახ. 41 ერთსატეხიანი გვირგვინები



ნახ. 42 სიმკვეთრის და დახრილობის კუთხეები

სამუშაო ინსტრუმენტი ბრუნვითი ბურღვისათვის შედგება შტანგისა და საჭრისაგან.

ხვეული შტანგების დასამზადებლად იყენებენ რომბული ან მართკუთხა განივკვეთის მქონე ზოლურ ფოლადს (U7, U8 და U10 მარკისა). ასეთი ფოლადის ღეროს დაგრეხვით გრძივი ღერძის გარშემო მიიღება ხრახნული სპირალი, რომლის საშუალებითაც შტანგის ბრუნვის დროს შპურებიდან ნაბურღი ქანი გამოიტანება (ნახ 43). სპირალის ბიჯი (t), ჩვეულებრივ, 60-100 მილიმეტრია. რბილ ქანებში ბიჯის სიდიდე მეტი აიღება.

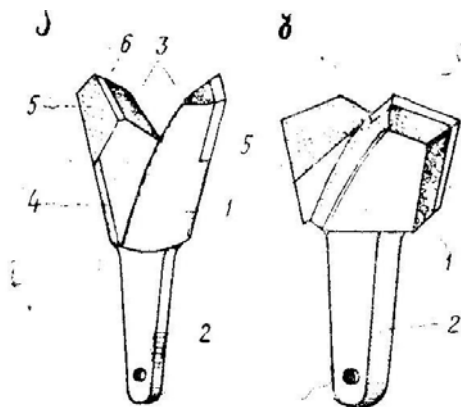


ნახ. 43 შტანგები ბრუნვითი ბურღვისათვის

საბურღი დანადგარებით და სვეტიანი პერფორატორებით მუშაობისას უმეტესად ხმარობენ მრგვალი კვეთის შტანგებს. ბურღვის ფქვილის გამოსატანად მათ მთელ სიგრძეზე მიდუღებული აქვს ფოლადის სპირალური ზოლები (ნახ. 43 ბ). სველი ბურღვის დროს

გამოყენებულ შტანგებს გააჩნია ცენტრალური არხი. წყლის მიწოდება გვერდითი გამორეცხვის ქუროს საშუალებით ხდება.

ბრუნვითი ბურღვისთვის უმთავრესად იყენებენ ორფრთიან საჭრისებს. სამთო მრეწველობისათვის მზადდება ორი ტიპის საჭრისები - PU (ნახ. 44) ნახშირში სამუშაოდ და PII (ნახ. 44) ფუჭი ქანებისათვის. საჭრისის შემადგენელი ელემენტებია კორპუსი (1), კუდი (2), რომლითაც იგი შტანგას უერთდება და მჭრელი ფრთები (3). საჭრისის წინა წახნაგი (4) მიმართულია ბრუნვის მხარეს და დაარმატურებულია სალი შენადნობის ფირფიტით (5). უკანა წახნაგი (6) მიმართულია შპურის სანგრევისკენ.



ნახ. 44 ბრუნვითი ბურღვის საჭრისები

ნახშირის საჭრისებს გრძელი ფრთები აქვს, ფუჭი ქანის საჭრისების ფრთები მოკლეა, ხოლო მისი კორპუსი უფრო მასიურია.

## სარჩევი

შესავალი.....	3
1. ქანების კლასიფიკაცია.....	4
1.1. ქანების სიმაგრე.....	4
1.2. ქანების აფეთქებით რღვევის წინააღმდეგობის საერთო შეფასება.....	7
1.3. ქანების ბურღვადობა.....	10
2. ზოგადი ცნობები აფეთქებით ქანის დანგრევაზე.....	12
3. აფეთქებითი სამუშაოების თეორიის საფუძვლები....	14
3.1 აფეთქების მოვლენა.....	14
3.2 ფეთქებადი ნივთიერება.....	16
3.3 ჟანგბადის ბალანსი.....	17
3.4 აფეთქების აირების მოცულობა.....	20
3.5 აფეთქების სითბო.....	23
4. აფეთქების ენერჯის ბალანსი.....	25
5. კუმულაციის მოვლენა.....	28
6. სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების კლასიფი- კაცია.....	35
7. ფეთქებადი ქიმიური ნაერთები.....	38
8. ფეთქებადი ნივთიერებები ღია სამუშაოებისათვის...	43
9. ფეთქებადი ნივთიერებები ღია და მიწისქვეშა სამუ- შაოებისათვის.....	46
9.1 მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები.....	52
10. მუხტის ასაფეთქებელი საშუალებები.....	54
10.1 კაფსულ-დეტონატორი.....	55
10.2 ელექტროდეტონატორი.....	56

10.3 ცეცხლგამტარი ზონარი და მოსაკიდებელი საშუალებები.....	61
10.4 სადეტონაციო ზონარი.....	65
11. ცეცხლოვანი აფეთქება.....	66
12. ელექტრული აფეთქება.....	69
13. სადეტონაციო ზონრით აფეთქება.....	75
14. მუხტის სახეობები.....	78
15. მუხტის მოქმედების გამოვლინების ფორმები.....	79
16. ასაფეთქებელი სამუშაოების მეთოდები.....	83
16.1. გარე მუხტის მეთოდი.....	83
17. საშპურე მუხტის მეთოდი.....	85
17.1. მუხტის სიდიდე.....	86
17.2. შპურების რიცხვი.....	88
17.3. შპურის გამოყენების კოეფიციენტი.....	92
17.4. შპურის განაწილება გვირაბის სანგრევში.....	93
18. ჭაბურღილების მეთოდი.....	98
19. ასაფეთქებელი სამუშაოები აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ მდაროებში.....	103
20. დარტყმითი საბურღი მანქანები.....	108
20.1. ბურღის შესაბრუნებელი მექანიზმი.....	110
20.2. შპურების გაწმენდა ბურღის ფქვილისგან.....	112
20.3. დარტყმითი საბურღი მანქანების კლასიფიკაცია...	113
21. ბრუნვითი ბურღვის მანქანები.....	114
22. ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვა.....	117
23. საბურღი ინსტრუმენტი.....	119



რედაქტორი მ. ყაჯრიშვილი

გადაეცა წარმოებას 02.04.2018. ხელმოწერილია დასაბეჭდად  
26.04.2018. ქაღალდის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 8.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“,  
თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,  
scripta manent