

მ. ცისკარიშვილი

# ქანების დანგრევა აუთოქებით

მეორე შევსებადი და გადაშუშავებადი გამოცემა

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპეციალური  
განათლების სამინისტროს მიერ დამტკიცებულია  
სახელმძღვანელოდ უმაღლესი ტექნიკური  
სასწავლებლების სტუდენტებისათვის

გამომცემლობა „ბანათლება“

თბილისი — 1980

601-2  
ББК 33-16 Я 73  
УДК 622-81  
О 787

წინამდებარე სახელმძღვანელოში გაშუქებულია ქანების ფიზიკურ-ტექნოლოგიური თვისებები, აფეთქების მოვლენის ფიზიკური არსი; გადმოცემულია ფეთქებად ნივთიერებათა ლეტონაციის თეორიული საფუძვლები; აღწერილია ქიმიური ფეთქებადი ნაერთებისა და სანრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების ძირითადი მახასიათებლები და გამოყენების პირობები; განმარტებულია აფეთქებით გარემოს დანგრევის მექანიზმი, ასაფეთქებელი სამუშაოებს ხერხები და მეთოდები; მოცემულია ასაფეთქებელ სამუშაოებთან დაკავშირებული უსაფრთხოების ტექნიკის საკითხები.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლების სტუდენტებისათვის. იგი შეიძლება გამოიყენონ პრაქტიკულ საქმიანობაში ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოებასთან დაკავშირებულმა სპეციალისტებმა.

რ ე ც ე ნ ზ ე ნ ტ ე ბ ი:

საქართველოს სსრ მეცნიერებისა და ტექნიკის დამსახურებული მოღვაწე, პროფესორი  
**რ. ჯიჰია**

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

**ი. ზურაბიშვილი**

ნაშრომი რეკომენდებულია ვ. ი. ლენინის სახელობის საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამთო ფაკულტეტის სამეცნიერო საბჭოს მიერ



## შ ე ს ა ვ ა ლ ი

სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების დროს მუდამ საჭირო ხდება ქანების დანგრევა, ქანის გარკვეული ნაწილის მოცილება მასივისაგან. ქანების დანგრევას მოითხოვს, აგრეთვე, სავაზო მშენებლობა, სხვადასხვა დანიშნულების არხების გაყვანა, კაშხლების აგება, მიწისქვეშა ნაგებობათა მოწყობა და მრავალი სხვა. ქანების დანგრევით შესასრულებელი სამუშაოს ხასიათი მრავალგვარია; ზოგჯერ საჭიროა მხოლოდ ცალკეული ლოდების დამსხვრევა, ზოგჯერ კი ქანის უზარმაზარი მასივის დანგრევა და გადაადგილება.

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. ქანების დანგრევის ამოცანების მრავალფეროვნების გამო მათი შესრულება აფეთქების სრულიად სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებას საჭიროებს. აფეთქების საქმის სათანადო დონეზე დაუფლების მიზნით შემოღებულია სასწავლო დისციპლინა „ქანების დანგრევა აფეთქებით“. ცხადია, რომ მას სამთო ინჟინრის მომზადებაში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება. ამ კურსში განიხილება აფეთქების, როგორც ფიზიკური მოვლენის, თეორიული საკითხები, სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების თვისებები, აფეთქებისათვის საჭირო მოწყობილობანი, აფეთქების ენერგიის გარემოზე გადაცემის მექანიზმი, შუხტების გაანგარიშების მეთოდები, აფეთქების ტექნოლოგიური სქემები, ასაფეთქებელი სამუშაოების უსაფრთხო წარმოების წესები; მოცემულია ძირითადი ცნობები აფეთქებისათვის საჭირო საბურღი სამუშაოების შესახებ.

ქ ა ნ ე ბ ი ს დ ა ნ გ რ ე ვ ი ს ხ ე რ ხ ე ბ ი ს კ ლ ა ს ი ფ ი კ ა ც ი ა . სახალხო მეურნეობაში ქანების დანგრევის სხვადასხვა ხერხია ცნობილი: აფეთქებითი დანგრევა; მექანიკური დანგრევა; ჰიდრაულიკური დანგრევა; თერმული დანგრევა. ზოგჯერ მიმართავენ ამ ხერხების კომბინაციას.

ა ფ ე თ ქ ე ბ ი თ ი დ ა ნ გ რ ე ვ ა წ ა რ მ ი ე ბ ს ფ ე თ ქ ე ბ ა დ ი ნ ი ვ თ ი ე რ ე ბ ე ბ ი ს ე ნ ე რ გ ი ს ხ ა რ ჯ ე . ფ ე თ ქ ე ბ ა დ ი ნ ი ვ თ ი ე რ ე ბ ა თ ა ვ ს დ ე ბ ა ქ ა ნ ე ბ ი ს მ ა ს ი ვ ი ს ს პ ე ც ი ა ლ უ რ ა დ შ ე ქ მ ნ ი ლ ს ი ღ რ უ ე შ ი (შპური, ჭაბურღილი, კაშერა და სხვ.) ან, უფრო იშვიათად, გარედან ეკერის ასაფეთქებელ ობიექტს.

ქანის დანგრევას განაპირობებს ფეთქებადი ნივთიერებების გარდაქმნისას დიდი რაოდენობით გამოყოფილი მაღალი წნევისა და ტემპერატურის მქონე აირების დინამიკური დარტყმა. ქანების ასაფეთქებლად ზოგჯერ იყენებენ ატომურ ენერგიას.

მექანიკური დანგრევა ხდება სამთო მანქანის (პერფორატორის, კომბაინის, მომნგრევი ჩაქუჩის და სხვ.) აღმასრულებელი ორგანოს (საჭრისის, ფრეზის, გვირგვინის, სარტყამის, დისკოს და სხვ.) ზემოქმედებით.

ჰიდრაულიკური დანგრევისათვის გამოიყენება მაღალი წნევის მქონე წყლის ჰაველი, რომელიც ჰიდრომონიტორიდან გამოიტყორცნება.

თერმული დანგრევა მიიღება თერმული ძაბვების გავლენით, რომლებიც ქანზე სითბური ზემოქმედების შედეგად წარმოიშობა. თერმული ძაბვები ჩნდება ქანის სხვადასხვა ნაწილების არათანაბარი გაფართოებით, რაც განპირობებულია ქანის ანიზოტროპიით. თერმული დანგრევა პრაქტიკულად გამოიყენება მთავარ ქანებში შპურების (ბურღილების) თერმული ბურღვის დროს.

კვლევის სტადიაშია ქანების დანგრევის ახალი ხერხები, როგორცაა ელექტრული (ქანის დაშლა ელექტრული ენერგიის უშუალო გადაცემით, მექანიკურ ენერგიად მისი გარდაქმნის გარეშე), ელექტრომაგნიტური (სწრაფცვლადი მაგნიტური ველით ფერომაგნიტური ქანების თერმული დაშლა), ელექტროთერმული (სწრაფცვლადი ელექტრული ველით წარმოქმნილი თერმული ძაბვებით), ულტრაბგერული (ულტრაბგერული რხევების შედეგად მიღებული ნიშანცვლადი ძაბვების გავლენით), ინფრაბგერული (ინფრაბგერული სიხშირის მძლავრი რხევებით) და სხვ. ქანის სხვადასხვა სახის დაშლა შესაძლებელია გამოწვეულ იქნეს ლაზერის სხივის მოქმედებით.

მოცემულ სახელმძღვანელოში შეისწავლება ქანების დანგრევა აფეთქებით. ნაწილობრივ გაშუქებულია აგრეთვე ქანების დანგრევის მექანიკური ხერხი: მისი საშუალებით ხდება შპურების (ბურღილების) ბურღვა, რაც საჭიროა ასაფეთქებელი სამუშაოებისათვის. ქანების ბურღვა და აფეთქება თანმიმდევრული ტექნოლოგიური პროცესია, ამიტომ ამ კურსს ადრე „ბურღვა-ასაფეთქებელი სამუშაოები“ ეწოდებოდა.

## § 1. ძანების კლასიფიკაცია

ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს აფეთქების ეფექტზე. ამ თვალსაზრისით საყურადღებოა ქანების კლასიფიკაცია სიმკვრივის, დაბზარულობის, ბურღვალობისა და აფეთქებალობის მიხედვით.

სამთო საქმეში ფართოდაა გავრცელებული ქანების კლასიფიკაცია სიმაგრის მიხედვით, რომელიც პროფ. მ. პროტოდიაკონოვს ეკუთვნის (ცხრ. 1). ქანის სიმაგრედ პროფ. პროტოდიაკონოვი გულისხმობს მის წინააღობას სხვადასხვა სახის გარე ძალებს მიმართ. მას მიაჩნია, რომ თუ ერთი ქანი რამდენჯერმე უფრო ძნელი გასაქვლეთა 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 რიცხვით მნიშვნელობას გამოსახავს ტოლობით

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

სადაც  $f$  არის სიმაგრის კოეფიციენტი;

$R$  — ქანის დროებითი წინააღობა კუმშვაზე, კგ/სმ<sup>2</sup>.

როგორც ცდებმა გვიჩვენა, კუმშვაზე ქანის წინააღობასა და მექანიკური ინსტრუმენტით ქანების რღვევის ყველა 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 სინაგრე ბევრად მეტად უნდა იქნეს შეფასებული; აღმოჩნდა რომ დიდი სიმტკიცის მქონე მყიფე ქანები აფეთქების დროს უფრო ნაკლებ წინააღობას იჩენენ, ვიდრე უფრო რბილი, მაგრამ მაღალი პლასტიურობის მქონე ქანები.

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

ქანების აფეთქების ეფექტი დიდად არის დამოკიდებული მათ დაბზარულობაზე (ნაპარალოვნებაზე). დაბზარულობის ხასიათის მიხედვით შეიძლება იგი ერთ შემთხვევაში ხელს უწყობდეს ქანის აფეთქების დასახული ამოცანის შესრულებას, ხოლო მეორე შემთხვევაში ართულებდეს მას. მაგალითად, ერთმანეთთან ახლოს განლაგებული ვიწრო ზხარები აადვილებს ქანის თანაბარ დანგრევას, ხოლო საკმაო მანძილზე დაცილებული ნაპარალები ხელს უწყობს დიდი (არაგაბარტული) ლოდების მიღებას, რის გამოც შეიძლება მათი დამატებითი დამსხვრევა გახდეს საჭირო.

კატეგორია	სიმაგრის ხარისხი	ქ ა ნ ე ბ ი	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; კიჟიანი 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 ძარღვები, მაგარი კონგლომერატი; ძალიან მაგარი რკინის მადნები	10
III a	მაგარი ქანები	კირქვები (მაგარი); მცირე სიმაგრის გრანიტი; მაგარი ქვიშაქვები; მაგარი მარმარილო; დოლომიტი; ალმადნები	8:
IV	საკმაოდ მაგარი ქანები	ჩვეულებრივი ქვიშაქვა; რკინის მადნები	6:
IV a	საკმაოდ მაგარი ქანები	ქვიშოვანი ფიქლები; ფიქლიანი ქვიშაქვები	6:
V	საშუალო სიმაგრის ქანები	მაგარი თიხოვანი ფიქალი; მცირე სიმაგრის ქვიშაქვა და კირქვა, რბილი კონგლომერატი	4
V a	საშუალო სიმაგრის ქანები	სხვადასხვაეგვარი ფიქალი (მცირე სიმაგრის); მკვრივი მერგული	3
VI	საკმაოდ რბილი ქანები	რბილი ფიქალი; ძალიან რბილი კირქვა; ცარცი, ქვიშარბილი; თაბაშირი; გაყინული გრუნტი; ანთრაციტი; ჩვეულებრივი მერგული; დაწლილი ქვიშაქვა; შეცემენტებული კენჭი და ხეივანი; ქვიშის გრუნტი	2
VI a	საკმაოდ რბილი ქანები	ლორღიანი გრუნტი; დაწლილი ფიქალი; შეტყეპნილი კენჭი და ლორღი, მაგარი ქვანახშირი; გამყარებული თიხა	1.5
VII	რბილი ქანები	თიხა (მკვრივი); რბილი ქვანახშირი; თიხოვანი გრუნტი	1.0
VII a	რბილი ქანები	ნესუბუქი ქვიშოვანი თიხა; ლიოსი; ხრეში	0.8
VIII	მიწისებრი ქანები	მცენარეული მიწა; ტორფი; მსუბუქი თიხნარი; ნოტიო ქვიშა	0.6:
IX	ფხვიერი ქანები	ქვიშა; ჩამონაშლები; წვრილი ხრეში; ნაყარი მიწა; ამოღებული ნახშირი	0.5:
X	მცურავი ქანები	წყალქანები; ქაობიანი გრუნტი; გათხევადებული ლიოსი და სხვა გათხევადებული გრუნტები	0.3:

დაბზარულობის შეფასება ხდება ბზარების ზომებით, მათი განლაგების სიხშირითა და სივრცეში ორიენტაციით. დაბზარულობა შეიძლება იყოს ბუნებრივი, გამოწვეული გეოლოგიური პროცესების გავლენით, ან ხელოვნური, რომელიც სამთო სამუშაოების წარმოების შედეგად მიიღება.

ქანების მასივის დაბზარულობას ახასიათებენ კუთრი დაბზარულობით. იგი გამოიხატება რიცხვით, რომელიც გვიჩვენებს ყველა სახის ბზარების რაოდენობას ნებისმიერი მიმართულებით გავლებული წრფის ერთეულზე. კუთრი დაბზარულობის შებრუნებული სიდიდე გვაძლევს ბზარებს შორის საშუალო მანძილს (ქანების მასივის ბუნებრივი განაწევრების საშუალო დაშორება).

ქანების დაბზარულობის საყოველთაოდ მიღებული კლასიფიკაცია ჯერჯერობით არ არის შემუშავებული. ქვემოთ მოყვანილია აფეთქების საქმის საუწყებთაშორისო კომისიის მიერ მიღებული ქანების დაბზარულობის კლასიფიკაცია (ცხრ. 2).

ცხრილი 2

დაბზარულობის კატეგორია	მასივის დაბზარულობის (ბლოკურობის) ხარისხის დახასიათება	კუთრი დაბზარულობა, მ <sup>-1</sup>	განწევრების საშუალო მანძილი, მ	მასივში სხვადასხვა ზომის განაწევრების შემცველობა (%)		
				300 მმ	700 მმ	1000 მმ
I	მეტისმეტად დაბზარული (წერილობლოკური)	10-ზე მეტი	0,1-მდე	10-მდე	ახლო 0-თან	არ არის
II	ძლიერ დაბზარული (საშუალობლოკური)	2-10	8,1-0,5	10-70	30-მდე	5-მდე
III	საშუალო დაბზარული (მსხვილობლოკური)	1-2	0,5-1,0	70-100	30-80	5-40
IV	მცირედდაბზარული (მეტად მსხვილობლოკური)	1,0-0,65	1,0-1,5	100	80-90	40-80
V	პრაქტიკულად მონოლითური (განსაკუთრებით მსხვილობლოკური)	ნაკლებია 1,5-ზე	მეტია 1,5-ზე	100	100	100

დაბზარულობის კატეგორიაზე შეიძლება ვიმსჯელოთ ბურღვის დროს მიღებული კერნების შემოწმების საფუძველზე. კუთრი დაბზარულობა გამოითვლება ფორმულით

$$\lambda = \frac{n}{L}, \frac{1}{\beta},$$

სადაც  $L$  არის კერნის შემოწმებული სიგრძის ზომა;

$n$  — ბუნებრივ ბზარებზე კერნის დაყოფის რიცხვი.

დაბზარულობის კატეგორიის დასადგენად იყენებენ აგრეთვე დაბზარულობის აკუსტიკურ მაჩვენებელს

$$A = \left( \frac{v_6}{v_3} \right)^2.$$

აქ  $A$  არის დაბზარულობის აკუსტიკური მაჩვენებელი;

$v_6$  — გრძივი ტალღების სიჩქარე ქანის ნიმუშში (ბზარების გარეშე);

$v_3$  — იგივე ქანების მასივში.

მოსკოვის სამთო ინსტიტუტის მიერ ჩატარებული კვლევების შედეგად მიღებულია შემდეგი თანაფარდობა ქანების დაბზარულობის კატეგორიისა და აკუსტიკურ მაჩვენებლებს შორის.

დაბზარულობის

კატეგორია I II III IV V

აკუსტიკური

მაჩვენებელი 0—0,1 0,1—0,75 0,25—0,4 0,4—0,6 0,6—1,0

ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების წარმოებისას არსებითი მნიშვნელობა აქვს ისეთ სპეციალურ ტექნოლოგიურ პარამეტრს, როგორცაა ქანის ბურღვა დობა, რომელიც ქანის წინაღობის მაჩვენებელია საბურღი იარაღით მისი რღვევის პროცესში. ბურღვადობას აფასებენ სტანდარტული პირობების დროს 1 წუთში გაბურღული შპურის სიგრძის ან 1 გრძივი შპურის გაბურღვაზე დახარჯული სუფთა დროის მიხედვით. სტანდარტულ პირობებში იგულისხმება გარკვეული ტიპის საბურღი მანქანა, ბურღვის რეჟიმი, შპურის დიამეტრი, ბურღის კონსტრუქცია. ბურღვადობაზე გავლენას ახდენს ქანის ისეთი თვისებები, როგორცაა სიმტკიცე, პლასტიკურობა, აბრაზიულობა, სისალე და სხვ.

ამჟამად არსებობს ბურღვადობის მიხედვით ქანების რამდენიმე კლასიფიკაცია, რომლებიც სხვადასხვა უწყებას ეკუთვნის (გლავზოლოტოსი, სოიუზგზრივპრომის, გეოლოგიის სამინისტროსი და სხვ.). ყველა ამ კლასიფიკაციასა და პროტოდიაკონოვის კლასიფიკაციას შორის არსებობს მიახლოებითი კორელაციური კავშირი. სამთო საქმის საკავშირო ინსტიტუტის მიერ შემუშავებულ იქნა ბურღვადობის ერთიანი კლასიფიკაცია შემდეგ სტანდარტულ პირობებში: საბურღი მანქანა — ПР-19, შეკუმშული ჰაერის წნევა — 4,5 კგ/სმ<sup>2</sup>; ბურღის თავის დიამეტრი—42 მმ; ბურღის თავის ფორმა — ჯვარული; საჭრისის სიმახვილის კუთხე — 90°; შტანგის სიგრძე—1 მ; ბურღვის სიმაღლა—1 მეტრამდე. მე-3 ცხრილში მოცემულია შედარება პროტოდიაკონოვის კლასიფიკაციისა და ბურღვადობის კლასიფიკაციებს შორის.

ქანების კატეგორიები (კლასები) სუვადასხვა კლასიფიკაციებით					ბურღვადობის ერთიანი კლასიფიკაცია				
პროფ. პროტოდიკონოვის	პროფ. სუხანოვის	სოიუზბურჯოვის	რძლავბოლოტკის	მიჯარშახტაშენის	სახუნის	ბურღვის სიჩქარე მმ/წთ			
						ქანების კლასი	ფუღადის ბურღვით	არჩებულ ბურღვით	
—	0	XIII	11	კატეგორიის გარეშე	XVI	1	12	31	
—	0ა	XIIIბ	11		XVII	2	15	40	
I	I—Iა	XIII—XIIIბ	10		XV	3	20	50	
II	II—IIა	XII—XIIბ	9		I	XIV—XIII	4	26	60
							5	30	75
							6	40	90
III	III	Xა	8			XII	7	50	110
IIIა	IIIბ	IXბ	8				XI	8	65
IV	IV	IXა	7			II	X	9	85
					IVა			IVბ	VIIIბ
V	V	VIIIბ	6	III	VII		11	150	250
Vა	Vბ	VIIIა	6				IV	VII	12
VI	VI	VI	5	V	VI	VI	13	250	350
VII	VII	V	4		VI	V	15	425	500
VIIა	VIIბ	IV	4						
VIII	—	III	3	—	IV	—	—	—	
IX	—	II	2						—
X	—	I	1	—	I	—	—	—	

ბურღვის პროცესში ქანის დანგრევა ხდება მექანიკური ინსტრუმენტის მოქმედებით გამოწვეული კუმშვისა და ძვრის დეფორმაციების შედეგად. დარტყმითი ბურღვის დროს უპირატესი გავლენა აქვს მკუმშვავ ძაბვებს, ხოლო ბრუნვითი ბურღვისას — მძვრელ ძაბვებს. გამჭიმავი ძაბვების როლი პრაქტიკულად შეიძლება უგულვებელყოფილ იქნეს. ასეთი შეხედულებების საფუძველზე ვ. რევესკი საზღვრავს ქანების ბურღვადობის სიძნელის მაჩვენებელს  $k$  ემპირიული გამოსახულებიდან

$$k = 0,007 (\sigma_3 + \sigma_3) + 0,7\gamma,$$

სადაც  $\sigma_3$  არის მრღვევი ძაბვა კუმშვაზე;

$\sigma_{33}$  — მრღვევი ძაბვა ძვრაზე;

$\gamma$  — ქანის სიმკვრივე.

ბურღვადობის სიძნელის მაჩვენებლის მიხედვით ქანები დაყოფილია ხუთ კლასად: I კლასი — ადვილი ბურღვადობის ( $k=1-5$ ); II კლასი — საშუალო ბურღვადობის ( $k=6-10$ ); III — ძნელი ბურღვადობის ( $k=11-15$ ); IV კლასი — მეტად ძნელი ბურღვადობის ( $k=16-20$ ); V კლასი — განსაკუთრებულად ძნელი ბურღვადობის ( $k \geq 21$ ).

ა ფ ე თ ქ ე ბ ა დ ო ბ ა ქანის წინაღობის მახასიათებელია მისი აფეთქებით დანგრევის დროს. აფეთქებადობის შეფასება ხდება ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერების რაოდენობის მიხედვით, რომელიც საჭიროა 1 კუბური მეტრი ქანის დასანგრევად.

სხვადასხვა საწარმოო პირობებში საჭიროა ქანის დანგრევის სხვადასხვა ინტენსიურობა და აფეთქების სხვადასხვა ხერხის გამოყენება, რის გამოც ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯი (კუთრი ხარჯი) იცვლება. ეს აჩვენებს ქანის აფეთქებადობის ერთიანი სკალის შექმნას. ამიტომ გავრცელება ჰპოვა საუწყებო კლასიფიკაციებმა, რომლებიც ასახავენ ქანების აფეთქებადობას კონკრეტულ სამთო-ტექნიკურ პირობებში.

ქანის აფეთქებადობის შეფარდებითი შეფასებისათვის, ზოგჯერ, საზღვრავენ ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერებების ხარჯს (კგ/მ<sup>3</sup>), რაც საჭიროა მართკუთხა (ნორმალური) ძაბრის შესაქმნელად 1 მ სიღრმის შპურის აფეთქების დროს (შპურის დიამეტრი 40 მმ, შპურის დახრა თარაზულ სიბრტყესთან 45°). სხვა ხერხი ითვალისწინებს უმცირესი წინაღობის ხაზის მაქსიმალური მნიშვნელობის განსაზღვრას, რომლის დროსაც ეტალონური ნივთიერების მუხტს ჯერ კიდევ შეუძლია ქანის მოცილება მასივისაგან (იგულისმება საფეხურის გვერდითი სიბრტყის პარალელურად გაყვანილი მულმივი სიგრძისა და დიამეტრის ვერტიკალური შპური, რომელშიც მოთავსებულია გარკვეული სიგრძის მუხტი). ამ შემთხვევაში აფეთქებადობის შეფასება ხდება მაქსიმალური წინაღობის ხაზის შეფარდებით მუხტის მოცულობასთან.

რეკომენდებულია ქანის აფეთქებადობის განსაზღვრა ლაბორატორიულ პირობებში: თავისუფლად დაკიდებული მონოლითური ქანის კუბი, რომლის წიბო 1 მეტრია, ცენტრში მოთავსებული მუხტის აფეთქებით უნდა დაინგრეს 0,25 მ ხაზოვანი სიგრძის ნატეხებად; აფეთქებადობის შეფასება ხდება ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერების (ამონიტი № 6ЖВ) ხარჯის მიხედვით, რომელსაც თეორიული ეტალონური



კუთრი ხარჯი ეწოდება. მის მნიშვნელობას საზღვრავენ ემპირიული ფორმულით

$$q_{\text{აბ}} = 0,1 k_{\text{აბ}} (\sigma_{\text{ა}} + \sigma_{\text{ბ}} + \sigma_{\text{გ}}) + 40\gamma, \text{ გ/მ}^3,$$

სადაც  $k_{\text{აბ}}$  არის ბზარიანობის გავლენის კოეფიციენტი;

$\sigma_{\text{ა}}$ ,  $\sigma_{\text{ბ}}$ ,  $\sigma_{\text{გ}}$  — მრღვევი ძაბვები კუმშვაზე, ძვრასა და გაჭიმვაზე;

$\gamma$  — ქანის სიმკვრივე.

თეორიული ეტალონური კუთრი ხარჯის მიხედვით ქანების აფეთქებადობის ხუთ კლასს არჩევენ: I კლასი — ადვილადფეთქებადი ქანები ( $q_{\text{აბ}} \leq 200$  გ/მ<sup>3</sup>); II კლასი — საშუალოადფეთქებადი ქანები ( $q_{\text{აბ}} = 201 - 400$  გ/მ<sup>3</sup>); III — ძნელადფეთქებადი ქანები ( $q_{\text{აბ}} = 401 - 600$  გ/მ<sup>3</sup>); IV კლასი — მეტად ძნელადფეთქებადი ქანები ( $q_{\text{აბ}} = 601 - 800$  გ/მ<sup>3</sup>); V კლასი — განსაკუთრებით ძნელადფეთქებადი ქანები ( $q_{\text{აბ}} = 801 - 1000$  გ/მ<sup>3</sup>). პრაქტიკაში გვხვდება კატეგორიის გარეშე ქანები, რომელთათვის  $q_{\text{აბ}} = 1500 - 2000$  გ/მ<sup>3</sup>.

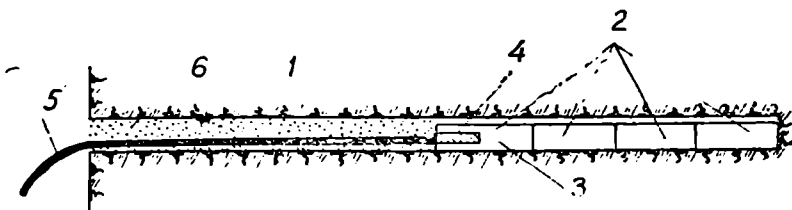
რღვევისადმი ქანების წინააღობის მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან სტატიკური და დინამიკური დატვირთვების დროს. ვინაიდან აფეთქების ენერჯიის გადაცემას ქანზე დინამიკური ზემოქმედების სახე აქვს, ამიტომ ქანების დანგრევის პროცესის გასაგებად საჭიროა ვიცოდეთ მათი დინამიკური თვისებები: დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარე, დინამიკური დრეკადობის მოდული, დინამიკური ძვრის მოდული, დინამიკური პუასონის კოეფიციენტი, აკუსტიკური სიხისტე, დინამიკური სისალე, დინამიკური პლასტიკურობა და სხვ. ყველა ეს თვისება და ქანების სხვა ფიზიკური მახასიათებლები ფართოდ განიხილება „ქანების ფიზიკის“ კურსში.

## § 2. ზოგადი ცნობები აფეთქებით ძანის დანგრევაზე

ქანის დანგრევა აფეთქებით სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით ხდება. ასაფეთქებელ სამუშაოებზე ზოგადი წარმოდგენის მისაღებად განვიხილოთ შპურების მეთოდის არსი, რომელიც გვირახების გაყვანისას გამოიყენება და, საერთოდ, ყველაზე ფართოდ არის გავრცელებული სასარგებლო წიაღისეულის მიწისქვეშა მოპოვების დროს (ნახ. I).

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 ქალაღის მასრას, რომელშიც სითბოსადმი მეტად მგრძობიარე ფეთქებადი ნივთიერებაა მოთავსებული. ვაზნას 3, რომელშიც დეტონატორია ჩადებული, დამრტყმელი (ამაფეთქებელი) ვაზნა ეწოდება. დეტონატორში შეყვანილია ცეცხლგამტარი ზონარის 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



ნახ 1. ასაფეთქებლად გამზადებული შპური

გამოიტყორცნოს. ცეცხლგამტარ ზონარს, რომელსაც მთელ სიგრძეზე დენტის გული გაყვება, ცეცხლს უკიდებენ. წვა ზონარში ვრცელდება 0,5—1,0 სმ/წმ სიჩქარით. როდესაც წვა ზონარის 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. ანიტომ 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. როგორც ფეთქებადი ნივთიერების აფეთქება (ფეთქებადი დაშლა), ისე მის მიერ გამოწვეული ნგრევა მეტად რთუ-

ლი პროცესებია, რომელთა ახსნა წინამდებარე სახელმძღვანელოს ერთ-ერთ მთავარ მიზანს შეადგენს.

ფეთქებადი ნივთიერების გარკვეულ ნაწილს, რომელიც გამზადებულია ასაფეთქებლად, მუხტი ეწოდება, ხოლო ასაფეთქებელ ობიექტში მის მოსათავსებლად განკუთვნილ სივრცეს — სამუხტო კამერა. ზემოთ განხილულ შემთხვევაში სამუხტო კამერას წარმოადგენს შპურის ის ნაწილი, რომელიც ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნებს უკავია. მუხტის წონის შეფარდებას სამუხტო კამერის მოცულობასთან დამუხტვის სიმკვრივეს უწოდებენ, ხოლო მუხტის მოცულობის შეფარდებას კამერის მოცულობასთან — დამუხტვის კოეფიციენტს. რაც უფრო მეტია დამუხტვის სიმკვრივისა და დამუხტვის კოეფიციენტის მნიშვნელობები, მით უფრო იზრდება აფეთქების ეფექტი.

სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისა და მიწისქვეშა მშენებლობის დროს მუდამ საჭიროა ქანების მოცილება დანარჩენი მასივისაგან, რაც უმეტეს შემთხვევაში აფეთქებით ხდება. ქანების აფეთქება წარმოადგენს საწყის და ერთ-ერთ მთავარ ტექნოლოგიურ პროცესს. ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებათა და საწარმოო მოთხოვნილებათა მრავალფეროვნების გამო ასაფეთქებელი სამუშაოების ეფექტური წარმოება საჭიროებს მრავალი საკითხის გადაჭრას: შპურების ბურღვის ხერხისა და რეჟიმის დადგენა, ფეთქებადი ნივთიერების სახის შერჩევა, მუხტის სიდიდის გაანგარიშება, შპურების განაწილება სანგრევში, მათი აფეთქების თანმიმდევრობის დაწესება და მრავალი სხვ.

არსებობს ქანის გაბურღვის სამი ძირითადი წესი: დარტყმითი, ბრუნვითი და დარტყმით-ბრუნვითი.

ბრუნვითი ბურღვა გამოიყენება შედარებით მცირე სიმაგრის ქანებში (სიმაგრის კოეფიციენტი  $\gamma < 8$ ). ამ შემთხვევაში საბურღი ინსტრუმენტი (სპირალური ბურღი) გამუდმებით ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო და გარკვეული ძალვით თანდათანობით მიიწევს წინ, რის შედეგადაც წარმოებს ქანის მოთლა შპურის ძირში.

დარტყმით ბურღვას მიმართავენ მაგარ ქანებში (სიმაგრის კოეფიციენტი  $\gamma > 6$ ). ქანის დანგრევა ხდება საბურღი ინსტრუმენტზე (სატეხისებრ ბურღზე) თანმიმდევრული დარტყმების შედეგად. ყოველი დარტყმის შემდეგ ბურღი ტრიალდება თავისი ღერძის ირგვლივ გარკვეული კუთხით (დარტყმით ბურღვას ზოგჯერ დარტყმით-შეტრიალებით ბურღვას უწოდებენ).

დარტყმით-ბრუნვითი ბურღვის დროს, რომელსაც საშუალო სიმაგრისა და მაგარ ქანებში ხმარობენ, ქანის გამუდმებითი დანგრე-

ვა ბურღის ბრუნვისა და მასზე დარტყმების ერთდროული წარმოებით ხდება.

ბურღვის სხვადასხვა რეჟიმისათვის შექმნილია სხვადასხვა მარკის მრავალი საბურღი მანქანა (პერფორატორი).

ამჟამად ჩვენს სახალხო მეურნეობას გააჩნია ფეთქებადი ნივთიერებების ფართო ასორტიმენტი. ისინი ერთმანეთისაგან განირჩევა აფეთქების ძალით, გარკვეულ პირობებში გამოყენების შესაძლებლობით (ღია სამუშაოები, მიწისქვეშა სამუშაოები, აირისა და მტერის აფეთქების მსრივ საშიში შახტები და სხვ.), ქიმიური შედგენილობით, ფიზიკური თვისებებით (ფხვიერი, მყარი, ტენმედეგი, ჰიგროსკოპული და სხვ.). ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში დასმული ამოცანის ეფექტური შესრულება მოითხოვს ფეთქებადი ნივთიერების სათანადო მარკის შერჩევას, რისთვისაც მათი თვისებების საფუძვლიანი ცოდნაა საჭირო.

მუხტის აფეთქება შეიძლება მოხდეს ცეცხლგამტარი ზონრითა და კაფსულ-დეტონატორით (ცეცხლოვანი აფეთქება, ნახ. 1), ელექტროდეტონატორით (ელექტრული ხერხით აფეთქება) ან სადეტონაციო ზონრით. უკანასკნელ შემთხვევაში დეტონატორის გამოყენება საჭირო აღარ არის, ვინაიდან სადეტონაციო ზონრის გული მძლავრ ფეთქებად ნივთიერებას წარმოადგენს, რომელიც მუხტის აფეთქებისათვის საჭირო ბიძგს იძლევა. აფეთქების ყველა ხერხს თავისი გამოყენების არე აწევს. აფეთქების ხერხის შერჩევა მჭიდროდაა დაკავშირებული უსაფრთხოების წესების მოთხოვნილებებთან.

მეტად რთულ ამოცანას წარმოადგენს ფეთქებადი ნივთიერების მუხტის გაანგარიშება, რისთვისაც ზუსტი თეორიული მეთოდები არ არსებობს. ეს გამოწვეულია ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მრავალგვარობით და გარემოზე მუხტის მოქმედების ხასიათის სირთულით. განსაკუთრებით საპასუხისმგებლოა მუხტის გაანგარიშება მასიური აფეთქების ჩატარებისას.

ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოებისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების მკაცრი დაცვა. საბჭოთა კავშირში შემუშავებული და დაკანონებულია „უსაფრთხოების ერთიანი წესები ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოებისას“, რაც უზრუნველყოფს მომუშავეთა სრულ უსაფრთხოებასა და შრომის ჰიგიენურ პირობებს.

უსაფრთხოების ერთიანი წესებით დაკანონებულია ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოების დაწვრილებითი ინსტრუქციები, რომლებიც ოთვალისწინებს ფეთქებადი მასალების გადაზიდვის, შენახვის, გაცემის, გამოცდის, მოსპობის წესებს; მათში მოცემულია მითითებანი სხვადასხვა ხერხით აფეთქების დროს სამუშაოთა ჩატარების თანმიმდევრობისა და უსაფრთხოების სავალდებულო წესების შესახებ; განმარტებულია მიწის-

ქვეშა და მიწის ზედაპირზე აფეთქების უსაფრთხო შესრულების ღონისძიებანი და შესაბამისი ნორმები.

ასაფეთქებელი სამუშაოების ხელმძღვანელობა შეიძლება დაეკისროს მხოლოდ იმ პირებს, რომელთაც გააჩნიათ დასრულებული სამთო-ტექნიკური განათლება ან დამთავრებული აქვთ სპეციალური სასწავლებელი (კურსები), რომლებიც სამთო სამუშაოების ხელმძღვანელობის უფლებას იძლევა. აფეთქების უშუალო შესრულება შეიძლება დაეკისროს მხოლოდ იმთ, ვინც ჩააბარა გამოცდები საკვალიფიკაციო კომისიას და მიიღო „ამფეთქებლის (ოსტატი-ამფეთქებლის) ერთიანი წიგნაკი“.

## აფეთქების თეორიის საფუძვლები

### § 3. აფეთქების მოვლენა

აფეთქება ეწოდება ენერგიის მეტად სწრაფ გამოყოფას ნივთიერების მდგომარეობის უცარი გარდაქმნის შედეგად. ნივთიერების პოტენციალური ენერგია გადადის გარდაქმნისას მიღებული აირისებრი პროდუქტების კინეტიკურ ენერგიაში.

აფეთქების მთავარი დამახასიათებელი თვისებაა აფეთქების ადგილზე წნევის მკვეთრი გაზრდა, რაც გარემოს ნგრევის მიზეზს წარმოადგენს. შეკუმშული გახურებული აირების ძალიან სწრაფი გაფართოების გამო წნევა დარტყმითი ხასიათისაა.

ფიზიკური მოვლენებით გამოწვეული აფეთქებების დროს სხეულის მდგომარეობის შეცვლა ხდება მისი ქიმიური შედგენილობის შეცვლის გარეშე. ფიზიკური აფეთქების მაგალითია ორთქლის ქვების ან თხევადი აირის ბალონის აფეთქება; შეკუმშული აირების ან აქროლადი თხევადი ნივთიერებების სითბური ენერგია გარკვეულ პირობებში მეტად სწრაფად გადადის მექანიკურ მუშაობაში, რაც აფეთქების ეფექტს იძლევა. ამ პრინციპით მოქმედებს ე. წ. უალო აფეთქების ვაზნები—კარდოქსი და ჰიდროქსი, რომლებსაც ზოგჯერ ნახშირის შახტებში ხმარობენ. კარდოქსში სითბოს გადაცემით თხევადი ნახშირორჟანგი სწრაფად გადადის აირად მდგომარეობაში, ჰიდროქსში კი იმავე საშუალებით წყლის ორთქლად გადაქცევა ხდება.

ფიზიკური აფეთქებაა მძლავრი ელექტრული განმუხტვა ატმოსფეროში (მეხის დაცემა), რაც წამის მემილიონედ ნაწილში ხდება. ამ დროს წარმოქმნილი სითბო ჰაერის ტემპერატურას რამდენიმე ათასი გრადუსით ზრდის, რაც იწვევს ჰაერის წნევის მკვეთრ გადიდებას და ინტენსიური ტალღის გავრცელებას გარემოში. ფიზიკური აფეთქება ხდება აგრეთვე სწრაფად მოძრავი სხეულების შეჯახებისას; დედამიწასთან მეტეორიტების შეჯახებისას გამოყოფილი სითბოს გავლენით ნივთიერების ნაწილი უცერად გარდაიქმნება შეკუმშულ გახურებულ აირად, რომლის გაფარ-

თოვბა გარემოს ნგრევას იწვევს. დიდი მეტეორიტების აფეთქებამ შეიძლება ატომური ბომბის აფეთქების ეფექტს გადააჭარბოს.

ფიზიკური სახის აფეთქებას შეიძლება მიეკუთვნოს მიწისძვრა, რაც აირების წარმოქმნის გარეშე ხდება. იგი მეტწილად განპირობებულია გეოფიზიკური პროცესებით, რის შედეგად ქანების დრეკადი დეფორმაციების პოტენციალური ენერგია უეცრად გადადის გარემოს მოძრაობის კინეტიკურ ენერგიაში და რაც, ხშირად, კატასტროფული ნგრევის მიზეზი ხდება.

ზოგიერთი ფიზიკური მოვლენით გამოწვეულ აფეთქებას (მაგალითად, მძლავრი ელექტრული განმუხტვა სითხეებსა და მყარ სხეულებში) იყენებენ სხვადასხვა მასალის დასამუშავებლად ან დასამსხვრევად.

ტექნიკაში ფართოდ ვრცელდება ოპტიკური გენერატორები (ლაზერები). ნახევრადგამტარული ოპტიკური გენერატორის 1 სმ<sup>2</sup> გამოსხივების სიმძლავრემ შეიძლება 10<sup>9</sup> ვტ მიაღწიოს (მზის ზედაპირის 1 სმ<sup>2</sup> ფართობის გამოსხივების სიმძლავრეა 7X 10<sup>9</sup> ვტ). ამიტომ მძლავრი ლაზერის გამოსხივება აფეთქების ეფექტს იძლევა.

აღოქმებებს. რომლებიც გამოწვეულია ნივთიერების ფუნდამენტური გარდაქმნით, განეკუთვნება ბირთვული აფეთქება. უდიდესი აფეთქებები ხდება კოსმოსში (ბირთვული ენერგიის ხარჭზე). კოსმოსური აფეთქებების შედეგია „ზეახალი“, „ახალი“ და ზოგი სხვა ტიპის ვარსკვლავთა ანთების. ვარსკვლავის აფეთქებისას მისი მასის გარკვეული ნაწილი კოსმოსურ სივრცეში იფანტება, ბრწყინვალეა კი შესამჩნევად მატულობს. კოსმოსური მასშტაბით მცირე აფეთქებები ხდება მზის ზედაპირზეც, რომლებიც გარკვეულ გავლენას ახდენს დედამიწის ატმოსფეროს მდგომარეობაზე (ირლვევა რადიოკაეშირი, წარმოიქმნება ჩრდილოეთის ციალი და სხვ.).

ტექნიკაში მთავარი მნიშვნელობა აქვს ნივთიერების ქიმიურ გარდაქმნასთან დაკავშირებულ აფეთქებას. ასეთი აფეთქების წყარო აფეთქებადი ნივთიერებათა ენერგიაა. აფეთქებადი ნივთიერება თერმოდინამიკურად არამდგრადი სისტემაა, რომელიც რაიმე ზეგავლენით სწრაფად გარდაქმნება სხვა სისტემად. ნივთიერების ქიმიურ გარდაქმნას რომ აფეთქების სახე ჰქონდეს საჭიროა სამი პირობა: სითბოს გამოყოფა (რეაქციის ეგზოთერმულობა), რეაქციის დიდი სიჩქარე და აირების დიდი რაოდენობით წარმოქმნა. აფეთქებადი გარდაქმნა იმდენად სწრაფად ხდება, რომ გამოყოფილ აირებს რეაქციის დამთავრებისას თითქმის იგივე მოცულობა უკავიათ. რაც აფეთქებად ნივთიერებას ჰქონდა. 1 ლიტრი სამრეწველო აფეთქებადი ნივთიერება დაახლოებით 1000 ლიტრ აირს გამოყოფს (ნორმალურ პირობებზე გადაანგარიშებით); რეაქციის დროს გამოყოფილი სითბოს ხარჭზე აირები 1500—4500°-მდე ხურდება რის გამოც იზრდება

წნევა. ნივთიერების ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქციას ახასიათებს მეტად დიდი სიმძლავრე, რაც განპირობებულია არა თვით გამოყოფილი ენერჯის რაოდენობით, არამედ ენერჯის გამოყოფის დროის მეტისმეტი სიმცირით. მაგალითად, ამონიტის 300-გრამიანი ვაზნის აფეთქებისას სულ გამოიყოფა 300 კკალ სითბო, რასაც მხოლოდ 0,00005 წამი სჭირდება. ამ დროს განვითარებული სიმძლავრე (დაახლოებით 25000 000 კილოვატი) ბევრად აღემატება ენგურჰესის საპროექტო სიმძლავრეს.

აფეთქების სიჩქარედ მიღებულია ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქციის გავრცელების წირითი სიჩქარე ფეთქებადი ნივთიერების მასაში. თანამედროვე სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის იგი 2000-9000 მ/წმ შეადგენს.

ქიმიურ სისტემაში ფეთქებადი რეაქციის აღძვრისათვის საჭიროა ზაიმე საწყისი ბიძგი (საწყისი იმპულსი), რომელსაც წონასწორობიდან გამოჰყავს ფეთქებადი ნივთიერების მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი. აფეთქების შემდგომი გავრცელება აფეთქებული ნაწილის მიერ გამოყოფილი ენერჯის ხარჯზე ხდება.

აფეთქების შედეგად შესრულებული მექანიკური მუშაობა ძირითადად ფუგასური და ბრიზანტული ფორმით ვლინდება. ბრიზანტული ფორმა გამოიხატება აირების დარტყმის შედეგად მუხტთან უშუალოდ მიმდებარე გარემოს დაქუცმაცებაში, ფუგასური მოიცავს გარემოს დეფორმაციისა და მოძრაობის ყველა დანარჩენ სახეს.

აფეთქების ენერჯიას ფართოდ იყენებენ სამთო მრეწველობაში, ჰიდროტექნიკურ და სატრანსპორტო მშენებლობებზე, ლითონდასამუშავებელ წარმოებაში (ლითონების განმტკიცება აფეთქებით, აფეთქებითი შტამპვა, აფეთქებითი შედუღება), სამხედრო საქმეში და სხვ. აფეთქებით გამოწვეული ტალღა, რომელიც დიდ მანძილზე ვრცელდება, წარმოადგენს ინფორმაციის წყაროს ატმოსფეროსა და დედამიწის ღრმა შრეების აგებულების შესწავლისას.

წინამდებარე სახელმძღვანელოში განხილულია, ძირითადად, ნივთიერების ქიმიური გარდაქმნით გამოწვეული აფეთქებები (ფეთქებადი ნივთიერების აფეთქებები).

#### § 4. ფეთქებადი ნივთიერებების ზოგადი ღახასიათება

ფეთქებადი ნივთიერება, როგორც აღნიშნული იყო, წარმოადგენს თერმოდინამიკურად არამდგრად სისტემას, რომელიც გარე ზემოქმედების შედეგად იძლევა მეტად სწრაფ თვითგანვითარებად რეაქციას, რაც სითბოს გამოყოფითა და აირისებრი პროდუქტების წარმოქმნით ხასიათდება.



მაშასადამე, ნივთიერების ფეთქებადი გარდაქმნის უნარს განსაზღვრავს სამი ფაქტორი: რეაქციის ეგზოთერმულობა (სითბოს გამოყოფა), მისი გავრცელების დიდი სიჩქარე და აირების წარმოქმნა.

რეაქციის შედეგად გამოყოფილი სითბო ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის განმსაზღვრელია. რეაქციის სითბური ენერგია განაპირობებს რეაქციის თავისთავადი განვითარების შესაძლებლობას.

რეაქციის უდიდესი სიჩქარის გამო მიიღება ენერგიის მეტად მაღალი კონცენტრაცია, ვინაიდან აფეთქების აირებს რეაქციის დასასრულს პრაქტიკულად იგივე მოცულობა უკავიათ, რომელიც ფეთქებად ნივთიერებას ეკავა. რეაქციის დიდი სიჩქარე განსაზღვრავს წარმოქმნილი აირების დამანგრეველ მოქმედებას, ე. ი. აფეთქების ენერჯის, რასაც არ ვლდებულაბთ ჩვეულებრივი საწვავი ნივთიერების წვის დროს, თუმცა ამ შემთხვევაშიც ხდება სითბოს გამოყოფა და აირების წარმოქმნა.

აირების მნიშვნელოვანი რაოდენობით გამოყოფის გარეშე, რეაქცია დიდი სიჩქარითა და სითბოს გამოყოფითაც რომ მიმდინარეობდეს, აფეთქების მოვლენა არ გვექნება. ამის დამადასტურებელია თერმიტის წვის მაგალითი; ამ შემთხვევაში გამოყოფილი სითბოს ხარჯზე რეაქციის პროდუქტები ხურდება 3000°-მდე, მაგრამ თხევად მდგომარეობაში იმყოფება და ამიტომ თერმიტული რეაქცია აფეთქების ხასიათს არ ატარებს (თერმიტის დიდი რაოდენობის აალებისას ქიმიური რეაქციის ხასიათი აფეთქებას ემსგავსება, მაგრამ ეს გარემოება გამოწვეულია მეორეული მოვლენებით, როგორცაა, მაგალითად, გარემო ჰაერისა და თერმიტის ფხვნილში არსებული ჰაერის სწრაფი გახურება და გაფართოება).

თანამედროვე სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებანი აფეთქებისას იძლევიან 650-1500 კკალ/კგ სითბოს. ამ მხრივ, ე. ი. წონით ერთეულზე გამოყოფილი ენერგიის მიხედვით, ფეთქებად ნივთიერებებს ჩვეულებრივ საწვავ ნივთიერებებთან შედარებით გაცილებით დაბალი მაჩვენებლები აქვთ (ცხრ. 4).

ცხრილი 4

საწვავი ნივთიერება	თბოუნარი, კკალ/კგ	ფეთქებადი ნივთიერებანი	აფეთქების სითბო, კკალ/კგ
ნავთი	11.000	ნიტროგლიცერინი	1470
ქვანახშირი	8.000	დინამიტე 62%	1270
სპირტი	7.000	ტროტილი	1000
გლიცერინი	4.300	ამონიტი № 10	905
ცელულოზა	4.200	ამონიტი № 8	680

ისევე, როგორც საწვავი ნივთიერებების წვა, ფეთქებადი ნივთიერების ქიმიური გარდაქმნაც დაქანვეის რეაქციას წარმოადგენს. აქ ძირითა-

დი განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ ფეთქებადი გარდაქმნისათვის საჭირო ყველა კომპონენტი თვით ფეთქებადი ნივთიერების შედგენილობაშია, მაშინ როდესაც საწვავი ნივთიერების წვა აღმოსფეროს ჟანგბადის ხარჯზე ხდება. აღნიშნული გარემოება განაპირობებს ფეთქებადი დაშლის პროცესის უდიდეს სიჩქარეს და, მაშასადამე, გამოყოფილი ენერგიის მაღალ კონცენტრაციას მცირე მოცულობაში.

საწვავი ნივთიერების დაჟანგვა გაცილებით უფრო ნელა მიმდინარე პროცესია, ვინაიდან რეაქციაში დიდი მოცულობები იღებს მონაწილეობას. მაგალითად, ერთი ლიტრი სპირტის დასაწვავად საჭიროა 2000 ლიტრი ჟანგბადი: ამ პროცესის მსვლელობისას ხდება წვის პროდუქტების მნიშვნელოვანი გაფართოება და ამიტომ გამოყოფილი ენერგიის შესაბამისი გაბნევა. თუ გამოყოფილი ენერგიის მოცულობითი სიმკვრივის მიხედვით ვიმსჯელებთ, აშკარა გახდება ფეთქებადი ნივთიერებების უპირატესობა საწვავ ნივთიერებებთან შედარებით (ცხრ. 5).

ცხრილი 5

ნივთიერება	ენერგიის მოცულობითი სიმკვრივე (1 ლიტრ მოცულობაზე, კკალ/ლ)
ნიტროგლიცერინი	2380
დინაზიტი 62%	1780
ამონიტი № 10	810
წყალბადისა და ჟანგბადის ნარევი	4.1
ნახშირბადისა და ჟანგბადის ნარევი	1,7

ენერგიის მეტად სწრაფი გამოყოფისა და მისი უდიდესი კონცენტრაციის გამო ფეთქებადი ნივთიერების გარდაქმნის რეაქციას დამანგრეველი ხასიათი აქვს, მაშინ, როცა ჩვეულებრივი წვის პროცესი მშვიდად მიმდინარეობს.

ფეთქებადი ნივთიერების გარდაქმნისას განვითარებულ სიმძლავრეზე მსჯელობენ რეაქციის პროცესში ენერგიის გამოყოფის სიჩქარის მიხედვით

$$N = \frac{q \cdot Q \cdot I}{\tau} = \frac{q \cdot Q \cdot I \cdot l}{l}$$

აქ  $N$  არის აფეთქების სიმძლავრე;

$q$  — ფეთქებადი ნივთიერების მუხტის წონა;

$Q$  — აფეთქების სითბო;

$I$  — სითბოს მექანიკური ეკვივალენტი (427 კგმ/კალ);

D — აფეთქების გავრცელების ხაზოვანი სიჩქარე;

l — მუხტის სიგრძე;

$\tau$  — მუხტში აფეთქების გავრცელების დრო.

მაგალითად, დაწნეხილი ამონიტი № 6 ფეთქდება 5000 მ/წმ სიჩქარით და გამოყოფს დაახლოებით 1000 კკალ/კგ. სითბოს. ამ ნივთიერების ერთი ვაზნა, რომელიც 300 გრამს იწონის და 25 სმ სიგრძე აქვს, აფეთქებისას მოგვეცემს  $\Lambda' = 0,3 \cdot 1000 \cdot 427 \cdot 5000 : 0,25 = 2562000 \text{ 000 კგმ/წმ} = 34.160 \text{ 000 ცხ.ძალა} = 25.124 \text{ 680 კვტ.}$  ეს სიმძლავრე არ გამოხატავს აფეთქების აირების მუშაობის (გაფართოების) დროს განვითარებულ სიმძლავრეს. საქმე იმაშია, რომ აირების გაფართოება პრაქტიკულად იწყება ფეთქებადი რეაქციის დამთავრების შემდეგ და ამიტომ სიმძლავრის გაანგარიშებისას უნდა გავითვალისწინოთ არა ფეთქებადი რეაქციის სიჩქარე, არამედ აირების გაფართოების დრო გარემოზე ზემოქმედებისას, ანუ აირების სითბური ენერგიის მექანიკურ მუშაობად გარდაქმნის დრო. ქანების დანგრევისას ეს დრო მილისეკუნდებში გამოისახება და შეიძლება განისაზღვროს ჩქაროსნული ფოტოგადაღებით. თუ განხილულ შემთხვევაში აფეთქების ენერგიის მექანიკურ მუშაობად გარდაქმნის დროს 10 მილისეკუნდის ტოლად მივიღებთ (რაც პრაქტიკულად მართებულია), მაშინ სიმძლავრე, დაახლოებით, 0,6 მილიონი ცხენის ძალით უნდა შეფასდეს.

ჩვეულებრივი სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერების 1 ლიტრის აფეთქება, დაახლოებით, გვაძლევს 1000 ლიტრ აირს, რომლის საწყისი წნევა დასშულ გაიუმოში ათეულ ათასობით ატმოსფეროთი იზომება. მაგალითად, ტროტილი, რომლის სიმკვრივე 1,6 გ/სმ<sup>3</sup> უდრის, აფეთქებისას ანივთარებს 200 000 ატმ წნევას. აიროვანი სისტემების აფეთქებისას, ჩვეულებრივად, მოცულობის გაზრდა არ ხდება, მაგრამ გარდაქმნის პროდუქტების წნევა მაინც იზრდება რეაქციის ეგზოთერმულობის გამო.

ქიმიური ამქამად ცნობილია ათასობით ფეთქებადი ნივთიერება, რომელთაგან პრაქტიკული გამოყენება მხოლოდ გარკვეულ ნაწილს აქვს. სველა ფეთქებადი ნივთიერება შეიძლება ორ ძირითად ჯგუფად გაიყოს: ფეთქებადი ქიმიური ნაერთები და ფეთქებადი ნარევები.

ფეთქებადი ქიმიური ნაერთები (მათ ინდივიდუალურ ფეთქებად ნივთიერებებს უწოდებენ) არამდგრადი სისტემებია. ასეთი ნაერთის ყოველი მოლეკულა შეიცავს აფეთქებისათვის საჭირო ყველა კომპონენტს, ე. ი. დამქანგველი და საწვავი ატომების (ნახშირბადი, წყალბადი) ჯგუფებს, რომელთა შორის სუსტი ზღუდე არსებობს, ჩვეულებრივ, აზოტის ატომების სახით. საწყისი იმპულსის გავლენით, რაც ტემპერატურის გაზრდას იწვევს, ხდება შიგამოლეკულური ბმების სრული გაწყვეტა და საწვავი და დამქან-

ჯგელი ჯგუფების აქტიური ურთიერთქმედება, რის შედეგად დიდი კინეტიკური ენერგიის მქონე აფეთქების აირები მიიღება. ასეთი ფეთქებადი ნივთიერებანი, უმეტეს შემთხვევაში, ჟანგბადით მდიდარ ორგანულ ნაერთებს წარმოადგენს, როგორცაა, მაგალითად, ტროტილი —  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$ , ჰექსოგენი —  $\text{C}_3\text{N}_3\text{H}_6(\text{NO}_2)_3$ , ნიტროგლიცერინი  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$  და სხვ. ვხვდებით აგრეთვე ისეთ უჟანგბადო არაორგანულ ნაერთებსაც, რომელთა აფეთქება ხდება შემადგენელ ელემენტებად დაშლით. მაგალითად, ტყვიის აზიდი აფეთქებისას გვაძლევს თავისუფალ აზოტსა და ტყვიას  $\text{Pb}(\text{N}_2)_3 = \text{Pb} + 3\text{N}_2 + \text{Q}$ . ასეთ შემთხვევებში აფეთქებისას გამოყოფილი ენერგია შემადგენელი ელემენტებისაგან ნაერთის წარმოქმნის სითბოს ტოლია. უჟანგბადო არაორგანული ნაერთები გარეშე ზემოქმედებისადმი მეტისმეტი მგრძობიარობით ხასიათდება და ამიტომ მათი პრაქტიკული გამოყენება შეზღუდულია.

ფეთქებადი ნარეების შედგენილობაში შედის არანაკლებ ორი კომპონენტისა, რომელთა შორის ქიმიური კავშირი არ არსებობს. ერთი მათგანი საწვავ ნივთიერებას წარმოადგენს, ხოლო მეორე — ჟანგბადით მდიდარი ნივთიერებაა. აფეთქების დროს საწვავის დაჟანგვა ხდება მეორე კომპონენტის ქარბი ჟანგბადის ხარჯზე. შესაძლებელია, აგრეთვე, რომ ნარევის კომპონენტები, თავისთავად, ფეთქებად ნივთიერებებს წარმოადგენდნენ.

ფეთქებადი ნივთიერებები შეიძლება იყოს აიროვან, თხევად ან მყარ მდგომარეობაში. ვხვდებით მათ კომბინაციებსაც (ე. წ. ჰეტეროგენული სისტემები).

აიროვან ფეთქებად ნარეებს სამრეწველო გამოყენება არა აქვთ. ასეთ ფეთქებად ნარევს წარმოადგენს, მაგალითად, მალაროს აირი, რომელიც მეთანისა და ჰაერის შერევით მიიღება. მალაროს აირი დიდ საფრთხეს ჰქმნის ქვანახშირის შახტებში, და, ამიტომ, მასთან ბრძოლის ხერხების გამონახვას აქტუალური მნიშვნელობა აქვს. ასეთ მოვლენებთან საბრძოლველად აუცილებელია აიროვანი ფეთქებადი ნარეების შესწავლა. რასაც, საერთოდ, დიდი თეორიული ღირებულება აქვს აფეთქების რეაქციის მექანიზმისა და მისი გავრცელების კანონზომიერებათა კვლევის თვალსაზრისით. აიროვან ფეთქებად ნარევებს, როგორც ზევით იყო აღნიშნული, ენერგიის მცირე სიმკვრივე გააჩნიათ.

თხევადი ფეთქებადი ნივთიერების დამოუკიდებელი გამოყენება, მიუხედავად მათი დიდი სიმძლავრისა (ნიტროგლიცერინი, ნიტროგლიკოლი და სხვ.), პრაქტიკულიდ შეზღუდულია. ამის მიზეზია მათი მეტისმეტი მგრძობიარობა და პრაქტიკული გამოყენების უხერხულობა.

უმთავრესი გამოყენება სახალხო მეურნეობასა და სამხედრო საქმეში აქვს მყარ ფეთქებად ნარევებს. მექანიკური ნარევის კომპონენტების

სათანადო შერჩევით მიიღება ფეთქებადი ნივთიერების ისეთი თვისებები, რომელიც საჭიროა მათი გამოყენებისათვის ამა თუ იმ კონკრეტულ პირობებში.

ფეთქებადი დაშლის პროცესის სათანადო წარმართვისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს დამყანგველის შერჩევას. ასეთ კომპონენტად მყარ მექანიკურ ნარევებში ძირითადად იყენებენ ამონიუმის, ნატრიუმისა და კალიუმის გვარჯილებს, კალციუმისა და ამონიუმის პერქლორატებს.

ფეთქებადი მექანიკური ნარევების შედგენილობაში შეჰყავთ მყარი ან თხევადი საწვავი დანამატები. როგორცაა ფიქვის ქერქის ან ბამბის კატონის ფქვილი, დანაყილი ნახშირის ფხვნილი, სოლარის ზეთი და, აგრეთვე, ადვილყანგვადი ლითონების ფხვნილები (ალუმინი, მაგნიუმი). ნარევის ზოგიერთი ფეთქებადი კომპონენტი (ტროტილი, ტეტრილი, ჰექსოგენი და სხვ.) იძლევა არასრული წვის პროდუქტებს, რომლებიც აგრეთვე ასრულებენ საწვავი დანამატის როლს, ე. ი. გვარჯილების ჰარბ ანგბადთან შეერთების შედეგად ზრდის აფეთქების ენერგიას.

ფეთქებადი ნარევებისათვის საჭირო გრძნობიერების მისაცემად (რაც საჭიროა მათი საიმედო აფეთქებისათვის ჩვეულებრივი კაფსულდენტონატორით) და ნარევის ფეთქებადი თვისებების გაძლიერების მიზნით მასში შეჰყავთ ე. წ. ს ე ნ ს ი ბ ი ლ ი ზ ა ტ ო რ ე ბ ი. ამისათვის ხმარობენ ისეთ მძლავრ ფეთქებად ნაერთებს. როგორცაა: ტროტილი, ნიტროგლიცერინი, ჰექსოგენი და სხვ. როგორც აღვნიშნეთ, ზოგიერთი სენსიბილიზატორი საწვავი დანამატის როლსაც ასრულებს.

სამრეწველო გამოყენების თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ფეთქებადი ნივთიერების მედეგობას, ე. ი. მის უნარს შეინარჩუნოს სტანდარტული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები გარკვეული დროის განმავლობაში. ამიტომ ფეთქებადი ნარევების შედგენილობაში ისეთი კომპონენტებიც შეჰყავთ, რომლებიც ზრდიან მათ მედეგობას. ასეთ დანამატებს ს ტ ა ბ ი ლ ი ზ ა ტ ო რ ე ბ ი ეწოდება. სტაბილიზატორის როლს ზოგჯერ თვითონ საწვავი დანამატები ასრულებენ (ხისა და ბამბის კატონის ფქვილი ამონიტებში), ხოლო ზოგჯერ ამ მიზნით ცარცსა და სოდას ხმარობენ (დინამიტებში).

სამრეწველო ფეთქებად ნივთიერებებს წაეყენება მთელი რიგი მოთხოვნები, რომელთა შორის აღსანიშნავია საკმარისი სიმძლავრე, ეკონომიურობა და, რაც მთავარია, სრული უსაფრთხოება მისი დამზადებისა და მოხმარების დროს.

§ 5. საწყისი იმპულსი და ფეთქებადი ნივთიერების  
მგრძობიანობა

ფეთქებად ნივთიერებებს სხვადასხვა მგრძობიანობა გააჩნია და ფეთქებადი გარდაქმნის დაწყებისათვის სხვადასხვა ინტენსივობის ზემოქმედებას მოითხოვს. ენერჯიას, რომელიც საჭიროა მივანიჭოთ ფეთქებად ნივთიერებას აფეთქების რეაქციის აღძვრისათვის, საწყისი იმპულსი ეწოდება, ხოლო აფეთქების აღძვრის პროცესს ინიცირება ჰქვია.

სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერება საკმაოდ მდგრადობას უნდა იჩენდეს პრაქტიკული გამოყენებისას (გადაზიდვა, შენახვა, შპურებში წოთავსება და სხვ.), რაც აუცილებელია მუშაობის უსაფრთხოებისათვის. ამასთანავე იგი საკმაოდ მგრძობიარე უნდა იყოს პრაქტიკაში გამოყენებული მაინიცირებელი საშუალებების ზემოქმედების მიმართ (ვაფსულ-დეტონატორი, სადეტონაციო ზონარი და სხვ.).

საწყის იმპულსს წონასწორობიდან გამოჰყავს ფეთქებადი ნივთიერების მხოლოდ მცირე რაოდენობა, ხოლო ფეთქებადი რეაქციის შემდგომი განვითარება ხდება უკვე აფეთქებული ნაწილის მიერ გამოყოფილი ენერჯიის ხარჯზე. ცნადა, რომ საწყისი იმპულსის სიდიდე სრულიად უმნიშვნელოა იმ ენერჯიასთან შედარებით, რომელიც აფეთქების შედეგად მიიღება.

აფეთქების აღძვრის პროცესი ყოველთვის იწყება ფეთქებადი ნივთიერების მცირე ნაწილის წვით, რომელიც შემდეგ თვითაჩქარებადი ფეთქებადი დაშლის რეაქციაში გადადის. ფეთქებადი ნივთიერების იმ მინიმალურ მასას, რომლის გამოყვანა წონასწორობიდან საწყისი იმპულსის გავლენით უსრუნველყოფს რეაქციის თავისთავად განვითარების პროცესს — კრიტიკული მასა ეწოდება. მეტად მგრძობიარე ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის (ტყვიის აზიდი, მგრგვინავი ვერცხლისწყალი და სხვ.) კრიტიკული მასა რამდენიმე მილიგრამს შეადგენს, ხოლო ზოგიერთი სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის შეიძლება რამდენიმე ათეულ გრამს აღწევდეს.

საწყისი იმპულსად შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა სახის ენერჯია: მექანიკური, ელექტრული, სითბური, სხივური და აგრეთვე სხვა ნივთიერების აფეთქების ენერჯია. ამათგან პრაქტიკული მნიშვნელობა სახალსო მეურნეობაში გამოყენებული ასაფეთქებელი სამუშაოებისათვის გააჩნია ბოლო ორ სახეს; სითბური ენერჯია დეტონატორში მოთავსებული ინიციატორული ნივთიერების აფეთქებას იწვევს, ხოლო ამის შედეგად გამოყოფილი ენერჯიის ხარჯზე ხდება ფეთქებადი ნივთიერების მუხტის აფეთქება.

საწყისი იმპულსის სიდიდეს, საერთოდ, განსაზღვრავს ფეთქებადი ნივთიერების მგრძობიანობა გარეშე ზემოქმედებათა მიმართ. იგი დამო-

კიდებულა ნივთიერების ქიმიურ სტრუქტურასა და ფიზიკურ მდგომარეობაზე. ცხადია, რომ რაც უფრო მტკიცეა შიგამოლეკულური კავშირი, მით მეტი სიდიდის საწყისი იმპულსი იქნება საჭირო მისი დარღვევის მოსაღებად. ფეთქებადი მექანიკური ნარევის მგრძნობიარობას განსაზღვრავს ის კომპონენტი, რომელსაც უფრო ნაკლებად მდგრადი ქიმიური სტრუქტურა გააჩნია.

ფეთქებადი ნივთიერების ფიზიკური მდგომარეობის განმსაზღვრელა ფაქტორები (ტემპერატურა, სიმკვრივე, კრისტალების სიმსხო, ტენიანობა და სხვ.) სხვადასხვაგვარად მოქმედებს მის მგრძნობიარობაზე. ტემპერატურის მომატებისას ფეთქებადი ნივთიერების მგრძნობიარობა იზრდება. ოოდესაც ტემპერატურა ნივთიერების აალების მნიშვნელობას უახლოვდება, მაშინ მის ასაფეთქებლად საჭირო იმპულსი სრულიად უმნიშვნელო ხდება.

რაც უფრო მეტია ნივთიერების სითბოტევადობა, მით უფრო მეტა ენერჯის დასარჯვა საჭირო ნივთიერების გასაშურებლად იმ ტემპერატურამდე, რომლის დროსაც ფეთქებადი გარდაქმნა იწყება, ე. ი. დიდი სითბოტევადობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებების მგრძნობიარობა შედარებით ნაკლებია. ასეიოვე გავლენას ახდენს მაღალი სითბოგამტარობაც, რომელიც ხელს უწყობს სითბოს გაბნევას და ამით აფერხებს ადგილობრივი ტემპერატურის აწევას საჭირო სიდიდემდე.

ზოგიერთი ფეთქებადი ნივთიერების მგრძნობიარობა მნიშვნელოვნად მცირდება ტენიანობის გაზრდის გამო (ამონიტები). ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივის გაზრდა გარკვეული ზღვარის ზევით მისი მგრძნობიარობის შემცირებას იწვევს. ასევე მოქმედებს კრისტალების სიმსხოს გაზრდაც.

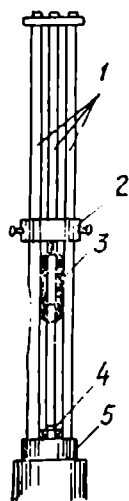
ფეთქებადი ნივთიერების მგრძნობიარობა დამოკიდებულია, აგრეთვე, საწყისი იმპულსის გვარობაზე. ზოგიერთი ფეთქებადი ნივთიერება, მაგალითად, მექანიკური იმპულსის გამოყენებისას (დარტყმა, ხახუნი) ადვილად ფეთქდება, ხოლო სითბური ზემოქმედებისას მცირე მგრძნობიარობას იჩენს. ამ თვალსაზრისით საინტერესოა ქლორწყალბადის ნარევი ( $Cl_2 + H_2$ ), რომელიც სითბური იმპულსის მიმართ არ არის მგრძნობიარე, ხოლო სინათლის სხივების ზემოქმედებით ადვილად ფეთქდება აირში ჩაქვეური ფოტოქიმიური რეაქციის აღძვრის გამო.

საჭიროა, რომ ფეთქებადი ნივთიერების მგრძნობიარობა გარკვეულ ფარგლებში იყოფებოდეს. ზედმეტი მგრძნობიარობა, როგორც აღნიშნული იყო, მიუღებელია უსაფრთხოების თვალსაზრისით, ხოლო მცირე მგრძნობიარობა აძნელებს ინიცირების პროცესს და მუხტის აფეთქებისას ზრდის მტყუნების საშიშროებას. მგრძნობიარობის რეგულირება საჭირო ფარგლებში ხდება ფეთქებად ნივთიერებათა შედგენილობაში სენსი-

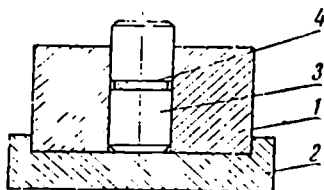
ბილიზატორების ან ფლეგმატიზატორების შეყვანის საშუალებით.

სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების მგრძნობიარობის შეფასება ხდება მექანიკური (დარტყმა, ხახუნი), სითბური (ტემპერატურის გაზრდა, ალის მოქმედება) და სხვა მუხტის ზემოქმედების მიმართ.

მგრძნობიარობის გამოცდა დარტყმაზე, ჩვეულებრივად, წარმოებს ლაბორატორიული ვერტიკალური ურნალის გამოყენებით (ნახ. 2). პარალელურ მიმმართებლებს 1 სორის თავისუფლად მოძრაობს ტვირთი 3, რომელსაც ქვედა ნაწილში აქვს სარტყამი. მიმმართებლების ქვემოთ მოთავსებულია გრდემლი 5, მასზე დებენ შტემპელური ხელსაწყოს 4, რომელშიც გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერებაა ჩადებული. ტვირთის ჩამოგდება ურნალზე შეიძლება სხვადასხვა სიმაღლიდან საკერის 2 საშუალებით. შტემპელური ხელსაწყოს სქემა ცალკეა ნაჩვენები მე-3 ნახაზზე (1—ქურო; 3—ფოლადის ცილინდრები; 4—გამოსაცდელი



ნახ. 2. დარტყმაზე მგრძნობიარობის გამოსაცდელი ურნალი



ნახ. 3. შტემპელური ხელსაწყო

ფეთქებადი ნივთიერება 0,05 გრ; 2—გრდემლი). დარტყმაზე მგრძნობიარობის განსაზღვრა ითვალისწინებს შემდეგი მაჩვენებლების დადგენას: 1. აფეთქებათა პროცენტული რაოდენობა, 25 ცდის მიხედვით, 10-კილოგრამიანი ტვირთის 25 სმ სიმაღლიდან ვარდნის დროს; 2. მინიმალური სიმაღლე, რომელიც მუდამ გვაძლევს აფეთქებას 2-კილოგრამიანი ტვირთის ვარდნისას; 3. მაქსიმალური სიმაღლე, რომლის დროსაც ასეთი ტვირთის ვარდნა არც ერთ აფეთქებას არ იძლევა. შეფასება ხდება მინიმალური სიმაღლის მიხედვით.

ხახუნის მიმართ ფეთქებადი ნივთიერების მგრძნობიარობის შეფასების ხსკადასხვა მეთოდი არსებობს. ჩვენში, ამჟამად, იყენებენ K-44-II ხელსაწყოს (ნახ. 4); ფეთქებადი ნივთიერება 4 თავსდება მოძრავ 1 და

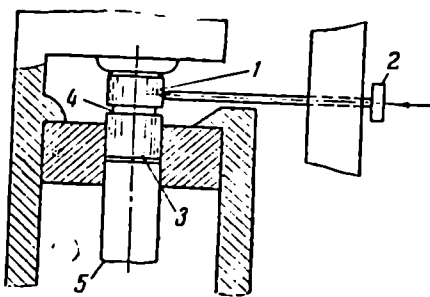


ჟღერავ 3 გორგოლაკებს შორის ( $\mu = 10$  მმ) და იკუმშება პიდრავლიკურა წნეხის ღვეშით 5. ღეროზე 2 ქანქარას ტვირთის (1,5 კგ) დარტყმით ხდება მოძრავი გორგოლაკის დაძვრა ადგილიდან, რაც ფეთქებად ნივთიერებაზე ხახუნს იწვევს (დარტყმის მიმართულება ნაჩვენებია ისრით). ამ დროს ტარდება ცდების სერია და გამოითვლება აფეთქებათა რიცხვი პროცენტობით სწვადასხვა მკუმშავი დატვირთვის შემთხვევაში. ცდების შედეგების მიხედვით აგებენ სათანადო გრაფიკებს, რომელთა საშუალებითა მსჯელობენ ხახუნის მიმართ ფეთქებადი ნივთიერების მგრძნობიარობაზე.

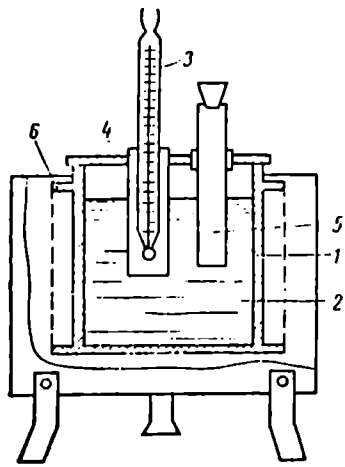
სითბური ზემოქმედების მიმართ ფეთქებადი ნივთიერების მგრძნობიარობის მაჩვენებელია მისი ფეთქვის ტემპერატურა. ეს არის ის მინიმალური ტემპერატურა, როდესაც ნივთიერების ქიმიური დაშლა აფეთქების მსგავს თვითგანვითარებითი რეაქციის ხასიათს ღებულობს (ფეთქვის დროს ვღებულობთ ნივთიერების ააღებას, რომელსაც თან ახლავს ამა თუ იმ სიძლიერის ბგერითი ეფექტი). დროის შუალედს, რომელიც მოცემული ტემპერატურის პირობებში საჭიროა ფეთქვის მისაღებად, ფეთქვის დაყოვნების პერიოდი ჰქვია (მაგალითად, ტროტილის ააღებას

220°C ტემპერატურის შემთხვევაში 5 წუთი სჭირდება, ხოლო 400°C გახურე.

ბისას საკმარისია 5 წამი).



ნახ. 4. K-44-III ხელსაწყო



ნახ. 5. ფეთქვის ტემპერატურის განმსაზღვრელი ხელსაწყო

ფეთქვის ტემპერატურას საზღვრავენ სტანდარტულ პირობებში, რისთვისაც იყენებენ მე-5 ნახაზზე ნაჩვენებ ხელსაწყოს. აბაზანი 1 ავსებულია ვუდის გამღნარი შენადნობით 2 ან პარაფინით. აბაზანის ხუფის ერთ ზერეტში ჩადგმულია მასრა 4, რომელშიც ჩასმულია თერმომეტრი 3 შე-

ნადნობის ტემპერატურის გასაზომად. აბაზანის სათანადო ტემპერატურა-  
ზე გაცხელების შემდეგ ხუფის მეორე ხვრეტით მასში ათავსებენ მასრას  
და გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერებით (0,05 გრ) და წამსაზომით სა-  
ზღვრავენ დროს, რომელიც საჭიროა ფეთქვის მისაღებად. (ფეთქვის და-  
ცოვნების დრო).

სითბური ზემოქმედების მიმართ ფეთქებადი ნივთიერების მგრძობი-  
არობის შეფასება, უფრო ხშირად, ხდება იმ მინიმალური ტემპერატუ-  
რით, რომლისთვისაც ფეთქვის დაცოვნების დრო 5 წუთს შეადგებს. უძე-  
ტესი სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის ეს ტემპერატურა  
260—350°C ფარგლებშია.

ფეთქვის ტემპერატურის განსაზღვრისათვის სხვა მეთოდსაც მიმარ-  
თავენ: 100°C გამთბარ აბაზანაში დებენ მასრას ფეთქებადი ნივთიერების  
წონაკით და იწყებენ აბაზანის გახურებას წუთში 20°C მომატებით. ზომა-  
ვენ იმ ტემპერატურას, რომელიც ფეთქვას იძლევა. ამავე დროს აკვირდ-  
ებიან პროცესის მთელ მიმდინარეობას (ცვამლის ან ორთქლის წარმოქმნა  
ფეთქვის წინ, ფეთქვის ბგერის ინტენსივობა, ალის შეფერილობა და სხვ.)

სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების მგრძობიარობას ამოწმე-  
ბენ აგრეთვე ალის მოქმედებაზე. ამისათვის ფეთქებადი ნივთიერების 1  
გრამს ათავსებენ ვერტიკალურად დაყენებულ სინჯარაში; მასში შეჰყავთ  
ცეცხლგასტარი ზონრის ერთი ბოლო, რომლის დაცილებას ფეთქებადი  
ნივთიერებიდან — 1 სმ ტოლს იღებენ. ზონრის დაწვით მიღებული  
ალი სხვდასხვაგვარად მოქმედებს; მაინიცირებელი ნივთიერებები ალის  
გაყვანივით ფეთქდება, შავი დენით ფეთქდება ან აპრილდება, ტეტრილი  
და დინამიტები მშვიდად იწვის, ამონიტები, ტროტილი, ჰექსოგენი ცელი-  
ლებას არ განიცდის.

არსებითი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ფეთქებადი ნივთიერების  
მგრძობიარობას სხვა ნივთიერების აფეთქებით გამოწვეული სეპოქსიდ-  
ების მიმართ (აფეთქებითი იმპულსის მიმართ). მისი შეფასება ხდება მი-  
ნორებელი ფეთქებადი ნივთიერების იმ სღერული მუხტის სიდიდით,  
რომელიც საჭიროა გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების ფეთქებადი  
დაშლის აღძვრისათვის. დაბალი მგრძობიარობის მქონე ნივთიერება შე-  
საძლოა არ ფეთქდებოდეს ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორით. ასეთ  
შემთხვევაში საჭირო ხდება რომელიმე მგრძობიარე ფეთქებადი ნივთი-  
ერების გამოყენება შუალედ ინიციატორად. აფეთქებითი იმპულსის მი-  
მართ მგრძობიარობა დამოკიდებული არ არის მხოლოდ ფეთქებადი  
ნივთიერების შედგენილობაზე. სიმკვრივის, ტენიანობისა და მარ-  
ცვლების სიმსხოს გაზრდა იწვევს აფეთქებითი იმპულსის მიმართ  
მგრძობიარობის დაქვეითებას. იგი დამოკიდებულია აგრეთვე ინ-  
ციერების ზედაპირზე; რაც მეტია ინიციატორისა და გამოსაცდელი ფეთ-

ქებალი ნივთიერების შეხების ფართობი, მით უკეთესი პირობები იქმნება ფეთქებადი დაშლის ალქვრისათვის.

ბოლო ხანებში ყურადღება ექცევა ფეთქებადი ნივთიერების მგრანობიარობას ელექტრული იმპულსის მიმართ. ეს დაკავშირებულია სამთი სამუშაოების წარმოების დროს ფეთქებადი ნივთიერების ტრანსპორტირებისა და დამუხტვის პნემატიკური ხერხის დანერგვასთან, რომელიც ხელს უწყობს სტატიკური ელექტრობის წარმოქმნას. ელექტრული იმპულსის მიმართ მგრანობიარობის შეფასების სტანდარტული მეთოდი. ჯერჯერობით, შემუშავებული არ არის.

## § 6 აფეთქების სიჩქარე და ფორმები

ფეთქებადი ნივთიერების დაშლის სიჩქარე (აფეთქების სიჩქარე) ეწოდება დაშლის რეაქციის გავლის სიჩქარეს თვით ფეთქებადი ნივთიერების მასაში.

შეიძლება გავარჩიოთ ფეთქებადი ნივთიერების დაშლის რეაქციის სამი ძირითადი ფორმა: ნელი ჰიმიური გარდაქმნა, ანუ თერმული დაშლა, ფეთქებადი წვა და დეტონაცია. ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის, ნორმალურ პირობებში, დამახასიათებელია დაშლის ორი უკანსკნელი ფორმა. რომელთაც ფეთქებად გარდაქმნას უწოდებენ. თანამედროვე სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებანი, რომელთა დანიშნულებას გარემოს დანგრევა წარმოადგენს. საწყისი იმპულსის გავლენით, დეტონაციას იძლევიან.

დეტონაცია ეწოდება ნივთიერების გარდაქმნის რეაქციას, რომლის სიჩქარე მოცემულ ნივთიერებაში ბგერის გავრცელების სიჩქარეს აღემატება და წამში რამდენიმე ათასეულ მეტრს შეადგენს. ჩვეულებრივი წვისაგან განსხვავებით, როდესაც რეაქციის გავრცელება ხდება თბოგამტარობისა და დიფუზიის ნელა მიმდინარე პროცესების ხარჯზე. დეტონაცია წარმოადგენს წვის გავრცელების განსაკუთრებულ მოვლენას. რომელიც განპირობებულია ნივთიერებაში დარტყმითი ტალღის გავრცელებით, რაც მის შეკუმშვასა და გასურებას იწვევს.

ფეთქებადი წვის რეაქციის გავრცელება ხდება ნივთიერების შრიდან შრეზე სითბური ენერჯის გადაცემით, დარტყმითი ტალღის გავლის გარეშე. მისი სიჩქარე შესაძლოა წამში რამდენიმე ასეულ მეტრს აღწევდეს. ფეთქებადი წვა დამახასიათებელია დენთისათვის, როდესაც მას იყენებენ შპურში ან სასროლო იარაღებში (ვ. ი. დანშულ გარემოში).

ფეთქებადი ნივთიერების თერმული დაშლა, ანუ, როგორც მას ზოგჯერ უწოდებენ, ფეთქებადი ნივთიერების ამოწვა შედარებით ნელა მიმდინარე რეაქციასა და არახელსაყრელ პირობებში მიიღება (ძველი,

უვარგისი ფეთქებადი ნივთიერება, არასაკმარისი საწყისი იმპულსი და სხვ.). შპურში მოთავსებული ფეთქებადი ნივთიერების ამოწვისას რეაქციის სიჩქარე რამდენიმე მეტრია წამში. ამ დროს რაიმე სასარგებლო მექანიკური მუშაობა არ სრულდება, წარმოქმნილი აირების წნევა ნელ-ნელა მატულობს, რამაც შესაძლოა შპურიდან დაცობის გამოგდება განიწვიოს. ამის შემდეგ ფეთქებადი ნივთიერების დაშლა უკვე ღია შპურში მიმდინარეობს, რაც აირის მხრივ საშიშ სახატებში მუშაობისას დიდ საფრთხეს წარმოადგენს.

ზოგი ავტორი საკიროდ თელის განასხვავოს ერთმანეთისაგან ორი ცნება: აფეთქება და დეტონაცია. ორივე შემთხვევაში ფეთქებადი რეაქციის გავრცელება ხდება ნივთიერებაში დარტყმითი ტალღის გავლით, რაც მის შეკუმშვასა და გახურებას იწვევს. აფეთქებისათვის დამახასიათებელია პროცესის გავრცელების ცვალებადი სიჩქარე, დეტონაცია კი ისეთ აფეთქებას წარმოადგენს, როდესაც რეაქცია ვრცელდება მოცემული ნივთიერებისა და პირობებისათვის შესაძლებელი მაქსიმალური სიჩქარით. დეტონაცია არსებითად არ განსხვავდება აფეთქების მოვლენისაგან, მხოლოდ მის სტაციონარულ ფორმას წარმოადგენს. დეტონაციის სიჩქარე მოცემულ პირობებში ყოველი ფეთქებადი ნივთიერებისათვის გარკვეული მუდმივი სიდიდეა და მის ერთ-ერთ მთავარ მახასიათებლად ითვლება. ერთი და იმავე ფეთქებადმა ნივთიერებამ სხვადასხვა გარემოების მიხედვით შეიძლება მოგვცეს ჩვეულებრივი აფეთქება ან დეტონაცია. ეს უკანასკნელი ფეთქებადი ნივთიერების გარდაქმნის სრულყოფილი ფორმაა, რომელიც მაქსიმალური დამანგრეველი მოქმედებით ხასიათდება.

აფეთქების სიჩქარის განსაზღვრისათვის ფართოდ იყენებენ ექსპერიმენტულ მეთოდებს. მათ შორის სიმარტივით გამოირჩევა ლოტრიშის სინჯი. რომელიც არ მოითხოვს სპეციალურ აპარატურას და ამიტომ საველე პირობებში გამოყენების საშუალებას იძლევა (ნახ. 6).

გამოსადეგი ფეთქებადი ნივთიერების მუხტს, რომლის სიგრძე  $0,3—0,4$  მეტრია, ათავსებენ ლითონის მილში. მას აქვს ორი ხვრელი  $a$  და  $b$  ერთმანეთისაგან  $0,1—0,2$  მეტრის დაშორებით, რომლებშიც შეყვანილია ერთი მეტრის სიგრძის მქონე სადეტონაციო ზონრის ბოლოები. ზონრის შუა ნაწილი მაგრდება ტყვიის ან თითბრის ფირფიტაზე. ზუსტად ზონრის შუა ადგილას ფირფიტაზე ავლებენ  $k$  ხაზს.

მუხტის აფეთქებისას, რაც  $d$  ელექტროდეტონატორით ხდება, აფეთქების ტალღა  $a$  წერტილის შემდეგ ვრცელდება ორი მიმართულებით.

ტალღების შეხვედრის ადგილას ხდება წნევის მყისიერი გაზრდა და ფიზიკაზე წარმოიქმნება ნაკლები  $k_1$ , რომელიც  $k$  ხაზის მარჯვნივ იქნება (ზონრის მარცხენა ნაწილში დეტონაცია უფრო ადრე აღიძვრება, ვიდრე მარჯვენაში).

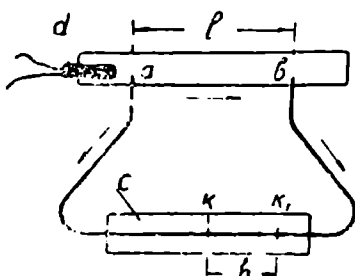
სადეტონაციო ზონრის  $n$ , აფეთქების სიჩქარე წინასწარ ცნობილია. აფეთქების ტალღა ზონრის მარცხენა ნაწილის გავლით  $k_1$  წერტილს მიაღწევს  $t_1$  დროში, რომელიც ტოლია

$$t_1 = \frac{L}{2D_b} + \frac{h}{D_b},$$

სადაც  $L$  არის ზონრის სიგრძე, ხოლო  $h$  — მანძილი  $k$  და  $k_1$  წერტილებს შორის.

აფეთქების ტალღა გამოსაცდელი ნივთიერების მუხტისა და ზონრის მარჯვენა ნაწილს გავლით  $k_1$  წერტილს მიაღწევს  $t_2$  დროში

$$t_2 = \frac{l}{D} + \frac{L}{2D_b} - \frac{h}{D_b},$$



ნახ. 6. დეტონის სიჩქარე

სადაც  $D$  არის მუხტის აფეთქების სიჩქარე.

ვინაიდან  $k_1$  არის ტალღების შეხვედრის ადგილი, ცხადია, რომ  $t_1 = t_2$ , ამიტომ ვღებულობთ

$$\frac{h}{D_b} = \frac{l}{D} - \frac{h}{D_b},$$

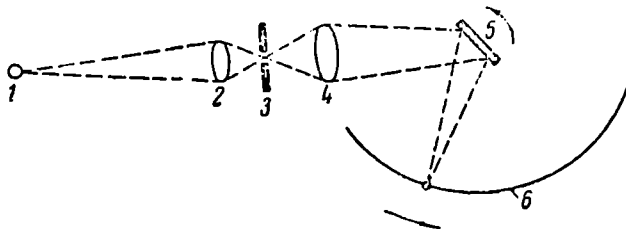
საიდანაც ვსაზღვრავთ გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების აფეთქების სიჩქარეს

$$D = \frac{l \cdot D_b}{2h}.$$

ფეთქებადი ნივთიერების აფეთქება ხდება მტკიცე გარსაცმში, რაც ცდის პირობებს შპურში აფეთქების პირობებს უახლოვებს. მეთოდის უარყოფით მხარედ ითვლება შედარებით მცირე სიზუსტე, თუმცა მაქსიმალური ცდომილება ამ მეთოდის გამოყენებისას არ აღემატება 5 %-ს, რაც პრაქტიკული მიზნებისათვის საკვებით მისაღებია.

აფეთქების სიჩქარის ღიდი სიზუსტით განსაზღვრისათვის იყენებენ

ჩქაროსნულ ფოტოგადაღებას (ფოტორეგისტრებს) და სხვადასხვა კონსტრუქციის ოსცილოგრაფებს, რომელთა მოქმედება დეტონაციის ტალღის გავლასთან დაკავშირებულ ამა თუ იმ ფიზიკურ მოვლენას ემყარება (აფეთქების პროდუქტების იონიზაცია აფეთქების ტალღის უკან, რეოსტა-



ნახ 7. სარკიანი ფოტორეგისტრის სქემა

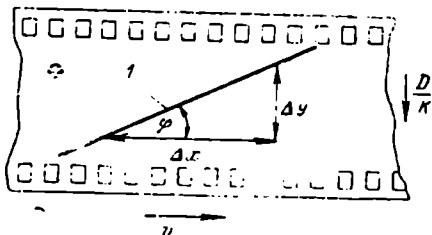
ტული გადამწოდის წინაღობის ცვალებადობა დეტონაციის ფრონტის გადაადგილებისას, ელექტრომაგნიტური მოვლენები დეტონაციის ტალღის გავლენით მოძრავ გამტარში და სხვ.). ასეთი ზუსტი მეთოდები საკმაოდ რთულია და უშეტესად მეცნიერული კვლევის დროს გამოიყენება.

მე-7 ნახაზზე ნაჩვენებია სქემა ჩქაროსნული ფოტორეგისტრისა სარკიანი გაშლით. მისი საშუალებით სდება აფეთქების დროს მუხტის გასწვრივ განათებულობის გადაადგილების ფოტოგრაფირება. მუხტი 1, რომელიც გამჭვირვალე გარსაცმში თავსდება, განლაგებულია სარკის 5 პარალელურად (ნახაზის სიბრტყის მართობულად); ობიექტივი 2 იძლევა მუხტის პროექციას ხვრელის 3 სიბრტყეში, ხოლო ობიექტივი 4 ამ გამოსახულებას აპროექციებს სარკეზე 5, საიდანაც არეკვლის შემდეგ აღიბეჭდება: ფირზე 6. იგი უძრავადაა დამაგრებული ცილინდრული კორპუსის შიგნით ზედაპირზე. ისრებით ნაჩვენებია სარკის ბრუნვისა და ამის შედეგად ფირზე გამოსახულების გადაადგილების მიმართულებები.

მუხტის აფეთქებისას განათებულობის გადაადგილება ფირზე ორი ურთიერთმართობული მიმართულებით ხდება; ვერტიკალური გადაადგილება (ე. ი. მუხტის გასწვრივ) დეტონაციის სიჩქარის პროპორციულია, ხოლო თარაზული გადაადგილების სიჩქარე მოცემული ხელსაწყოსათვის მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს და დამოკიდებულია სარკის ბრუნთა

რიცხვზე და ფირიდან მისი დაშორების მანძილზე. ამის გამო განათებულობის კვალი ფირზე დახრილი მიიღება (ნახ. 8).

თუ  $K$  არის გამოსახულების შემცირების კოეფიციენტი (მუხტის სიგრძის შეფარდება ფირზე მისი გამოსახულების სიგრძესთან), მაშინ ფირზე განათებულობის ვერტიკალური გადაადგილების სიჩქარე იქნება  $D:K$  ( $D$  არის მუხტის დეტონაციის სიჩქარე, რომელიც ამავე მიმართულებებისაა).  $\tau$  დროის განმავლობაში დეტონაციის გავრცელების სიგრძე მუხტში იქნება  $l = D \cdot \tau$ ; ამავე დროში განათებულობის გადაადგილება ფირზე ვერტიკალური მიმართულებით შეადგენს  $\Delta y = D \tau : K$ . სარკის ბრუნვის გამო განათებულობის გამოსახულება ფირზე თარაზულადაც გადაადგილება, რომლის სიჩქარეა  $v$  (ე. წ. გაშლის სიჩქარე). ამ გადაადგილების მანძილი  $\tau$  დროში იქნება  $\Delta x = v \tau$ . განათებულობის კვალის დახრა ფირზე



ნახ. 8. ფოტოფირზე მიღებული გამოსახულების სქემა

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{D}{Kv}, \text{ საიდანაც } D = v \cdot K \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (1.6)$$

ფირზე სხივის თარაზული გადაადგილების კუთხური სიჩქარე ორჯერ აღემატება სარკის კუთხურ სიჩქარეს, რადგან დაცემის კუთხე არეკვლის კუთხესთან ჯამდება, ამიტომ გაშლის სიჩქარე

$$v = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot R \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{15}, \quad (2.6)$$

სადაც  $n$  არის სარკის ბრუნთა რიცხვი წუთში;

$R$  — მანძილი სარკის სიბრტყიდან ფირამდე, მ (СФР-2 ხელსაწყოში 0,24 მ).

გაშლის სიჩქარის მნიშვნელობის ჩასმით (1) ფორმულაში მივიღებთ

$$D = \frac{\pi R n}{15} \cdot K \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (3.6)$$

ფოტორეგისტრით აფეთქების სიჩქარის გაზომვა მოითხოვს აფეთქების მომენტის შეთავსებას სარკის გარკვეულ მდებარეობასთან, ვინაიდან

ფირზე გამოხატულების აღბეჭდვა ხდება სარკის ბრუნვის პერიოდის მხოლოდ რაღაცა ნაწილის განმავლობაში. ასეთი სინქრონიზაციის მისაღებად ფოტორეგისტრი აღჭურვილია სპეციალური მოწყობილობით. მუხტის ასაფეთქებლად იყენებენ სპეციალურ სწრაფმოქმედ ელექტროდეტონატორებს.

ფოტორეგისტრით დეტონაციის სიჩქარის გაზომვის ფარდობითი ცდომილება არ აღემატება  $\pm 0,8\%$ -ს, ცვალებადი სიჩქარით მიმდინარე აფეთქების შემთხვევაში ეს ცდომილება  $\pm 2,5\%$ -ს აღწევს.

აფეთქების რეაქციის სიჩქარე განსაზღვრავს ფეთქებადი ნივთიერების მოქმედების ხასიათს, რომლის მიხედვითაც ისინი ორ ჯგუფად იყოფა: ბრიზანტული, ანუ მსხვრევადი მოქმედების ფეთქებადი ნივთიერებანი და ფუგასური, ანუ მტყორცნი მოქმედების ფეთქებადი ნივთიერებანი.

ბრიზანტული ისეთი ნივთიერებებია, რომელთა სრულყოფილი დაშლის რეაქცია დეტონაციის სახით მიმდინარეობს (აფეთქების სიჩქარე აღემატება 2000 მ/წმ). ამ შემთხვევაში, პროცესის დიდი სიჩქარის გამო, წნევის გამოვლინებას დარტყმის ხასიათი აქვს, რაც განაპირობებს აფეთქების აირების მსხვრეველ მოქმედებას. იგი განსაკუთრებით მკვეთრად გამოვლინდება უშუალოდ მუხტის მახლობლობაში.

მტყორცნი ფეთქებადი ნივთიერების გარდაქმნა შედარებით მცირე სიჩქარით მიმდინარეობს (შეადგენს რამდენიმე ასეულ მეტრს წამში) და ამიტომ წნევის გაზრდაც თანდათან ხდება. ამ შემთხვევაში, აფეთქების აირების მოქმედება გარემოზე მკვეთრი დარტყმის სახით არ გამოვლინდება და ამიტომ შესაძლებელი ხდება საგნის გატყორცნა მისი დამსხვრევის გარეშე.

ყველა თანამედროვე ფეთქებადი ნივთიერება, რომელთაც ქანების დასანგრეველ ვიყენებთ, ბრიზანტული მოქმედებისაა. მტყორცნი ფეთქებადი ნივთიერებები (დენტები) უმთავრესად სასროლო საქმეში იხმარება.

ფეთქებადი ნივთიერების დაყოფას მსხვრეველ და მტყორცნი ნივთიერებებზე პირობითი ხასიათი აქვს. ბრიზანტული ფეთქებადი ნივთიერების გამოყენებისას, რასაკვირველია, ხდება არა მარტო ქანის დამსხვრევა, არამედ მისი გატყორცნა უფრო მეტი ძალით, ვიდრე ეს მტყორცნი ნივთიერების აფეთქებისას გვექნებოდა. ასევე, თუ დენტს გამოვიყენებთ შპურში, მოხდება ქანის გარკვეული დამსხვრევა.

ზარბაზანში დენტის გამოყენების დროს აირების წნევა შედარებით ნელა მატულობს და მხოლოდ ისეთ სიდიდეს აღწევს, რომელსაც ადვილად უძლებს ზარბაზნის ლულა. ამ შემთხვევაში, თანდათანობით მზარდი წნევის გავლენით, ვლებულობთ მხოლოდ ყუმბარის გადაადგილებას ლულაში და მის გატყორცნას. ბრიზანტული ფეთქებადი ნივთიერების გამოყენება ამ მიზნით თვით ზარბაზნის დამსხვრევას გამოიწვევდა.



## § 7. უანგბადის ბალანსი

აფეთქების დროს გამოყოფილი ენერგია და აფეთქების პროდუქტების შედგენილობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ფეთქებად ნივთიერებაში შემავალი საწვავი ელემენტებისა და უანგბადის თანფარდობაზე.

როდესაც ფეთქებადი ნივთიერების შედგენილობაში ზუსტად იმდენი უანგბადია, რამდენიც საჭიროა საწვავი ელემენტების სრული დაჟანგვისათვის, მაშინ ამბობენ, რომ ფეთქებად ნივთიერებას უანგბადის ნულოვანი ბალანსი აქვს. ამ შემთხვევაში აფეთქების დროს გამოიყოფა ენერგიის მაქსიმალურად შესაძლებელი რაოდენობა. უანგბადის ნულოვანი ბალანსი, თეორიულად გამორიცხავს მომწამვლელი აირების წარმოქმნას: (პრაქტიკულად ასეთი აირები მცირე რაოდენობით მაინც წამოიქმნება აფეთქების აირების მეორეული რეაქციების ან აფეთქების არახელსაყრელი პირობების გამო).

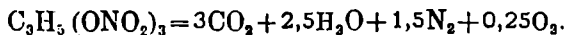
როდესაც ფეთქებად ნივთიერებას არ გააჩნია უანგბადის საკმარის რაოდენობა მასში შემავალი საწვავი ელემენტების სრული დაჟანგვისათვის, მაშინ უანგბადის უარყოფით ბალანსს ვღებულობთ. ცხადია, რომ არასრული წვის გამო სითბოს სრული გამოყოფა არ ხდება. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება არასრული წვის პროდუქტი ნახშირჟანგის (CO) სახით, რომელიც მომწამვლელ აირს წარმოადგენს.

თუ ფეთქებადი ნივთიერება უანგბადს იმაზე მეტი რაოდენობით შეიცავს, რაც საწვავი ელემენტების სრული დაჟანგვისათვის არის საჭირო, მაშინ მას უანგბადის დადებითი ბალანსი გააჩნია. ფეთქებადი ნივთიერების ენერგია ამ შემთხვევაშიც სრულად არ გამოიყოფა. ეს იმით აიხსნება, რომ უანგბადის ჭარბი რაოდენობა მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში იძლევა აზოტის ქანგულელებს ( $\text{NO}_x$  და  $\text{N}_2\text{O}_x$ ), რომელთა წარმოქმნის რეაქცია ენდოთერმული ხასიათისაა, ე. ი. აფეთქებისას გამოყოფილი სითბოს ნაწილი ამ ნაერთების მიღებაზე იხარჯება. ისიც უნდა აღვნიშნოთ, რომ აზოტის ქანგულელები მეტად ძლიერი მომწამვლელი ნივთიერებებია.

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

უანგბადის ბალანსი გამოისახება როგორც უანგბადის ჭარბი ან დანაკლისი წონის შეფარდება რეაქციაში მონაწილე ყველა მონაწილის წონასთან. ამ შეფარდებას, ჩვეულებრივ, პროცენტობით გამოსახავენ.

იმისათვის, რომ გასაგები გახდეს ქანგბადის ბალანსის გამოანგარიშების წესი, განვიხილოთ ნიტროგლიცერინის დაშლის რეაქცია



როგორც ამ განტოლებიდან ჩანს, ნიტროგლიცერინის ერთ მოლეკულას აქვს ქანგბადი 9 გრამ-ატომი, ხოლო ნახშირბადისა და წყალბადის სრული დაქანგვისათვის კი საჭიროა 8,5 გრამ-ატომი. მაშასადამე, ნიტროგლიცერინი შეიცავს ქანგბადის ჰარბ რაოდენობას, რაც უდრის 0,5 გრამ-ატომი/გრამ-მოლეკულა. თუ ქანგბადის ამ ჰარბ ბალანსს პროცენტობით გამოვსახავთ, გვექნება

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

აქ  $n$  არის ქანგბადის ჰარბი გრამ-ატომების რიცხვი;

16 — ქანგბადის ატომური წონა;

$M$  — ნიტროგლიცერინის მოლეკულური წონა (227).

სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ნიტროგლიცერინის ყოველ გრამზე ქანგბადის ჰარბი რაოდენობა 0,0352 გრამს შეადგენს.

ფეთქებად ნივთიერებაში ქანგბადის შემცველობის რაოდენობრივი შეფასებისას, ზოგჯერ, ქანგბადის ბალანსის ცნების ნაცვლად იყენებენ ქანგბადის კოეფიციენტის ცნებას. იგი წარმოადგენს ნივთიერებაში არსებული ქანგბადის რაოდენობის შეფარდებას სრული წვისათვის საჭირო ქანგბადის რაოდენობასთან, რომელიც პროცენტობითაა გამოსახული. ნიტროგლიცერინის შემთხვევაში გვექნება

$$\frac{9}{8,5} \cdot 100 = 105,9\%.$$

თანამედროვე სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებანი, უმეტეს შემთხვევაში, მექანიკურ ნარევებს წარმოადგენენ. ასეთი ნარევის დროს ნულლოვანი ბალანსის მისაღებად საჭიროა შემადგენელი ნაწილების სათანადო შერჩევა. თუ გვაქვს  $A$  ნივთიერება ქანგბადის დადებითი ბალანსით, რომელიც  $a$  %-ს უდრის და  $B$  ნივთიერება, რომელსაც  $b$  %-ის ტოლი უარყოფითი ბალანსი აქვს, მაშინ ნულლოვანი ბალანსის მქონე ერთი კილოგრამი ნივთიერების მისაღებად საჭიროა ავიღოთ  $A$  ნივთიერების  $m$  ნაწილი და  $B$  ნივთიერების  $n$  ნაწილი. პირობის თანახმად

$$m \cdot a - n \cdot b = 0 \quad \text{და} \quad m + n = 1.$$

აქედან  $(1-n)a - nb = 0$ , საიდანაც ვღებულობთ

$$n = \frac{a}{a+b} \quad \text{და} \quad m = 1 - \frac{a}{a+b}.$$

თუ საჭიროა ნარევის შედგენა წინასწარ განსაზღვრული დადებითი ან უარყოფითი ბალანსით, რომელიც  $c\%$ -ს უდრის, მაშინ გვექნება

$$n = \frac{a \pm c}{a+b} \quad \text{და} \quad m = 1 - \frac{a \pm c}{a+b}.$$

მიზანშეწონილად ითვლება სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების დამზადება ოდნავ დადებითი ბალანსით (არა უმეტეს 3%-ისა). ჟანგბადის ჭარბი რაოდენობა ხმარდება ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნის გარსის დაწვას, რომელიც ქალაქისაგანაა გაკეთებული და პარაფინის თხელი ფენით არის დაფარული.

### § 8. ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქცია

აფეთქების თეორიის ერთ-ერთ ყველაზე რთულ საკითხს წარმოადგენს ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქციის განტოლების შედგენა, რაც უმეტეს შემთხვევაში მხოლოდ ერთგვარი მიახლოებით წარმოებს. საქმე ისაა, რომ ფეთქებადი რეაქციის მიმდინარეობა დამოკიდებულია არა მარტო ფეთქებადი ნივთიერების შედგენილობაზე, არამედ სხვა გარეშე ფაქტორებზეც. მათ შორის აღსანიშნავია ის წნევა და ტემპერატურა, რომლითაც ფეთქებადი გარდაქმნა ხასიათდება, საწყისი იმპულსის სახეობა, გარემოს წინალობა და სხვ. ფეთქებადი ნარევების შემთხვევაში რეაქციის მიმდინარეობაზე გავლენას ახდენს კომპონენტების შერევის ხარისხი (ნარევის ერთგვაროვნობა).

ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქციის განტოლების მისაღებად, ჩვეულებრივად, იყენებენ ლაბორატორიულ ხერხს; ახდენენ ნივთიერების წონაკის აფეთქებას დახურულ გარემოში (ბიხელის ყუმბარა, სარო და ვიელის ყუმბარა და სხვ.) და აფეთქების პროდუქტების გაცივების შემდეგ საზღვრავენ მათ ხარისხობრივ შედგენილობას. აიროვანი პროდუქტების მოცულობა გაიანგარიშება ნორმალური პირობებისათვის და გამოისახება პროცენტობით აირების საერთო მოცულობიდან. მყარ პროდუქტებს წონიან გრამობით. ამ მონაცემების საფუძველზე ადგენენ რეაქციის განტოლებას ერთი გრამ-მოლის ან ერთი კილოგრამისათვის.

აფეთქების პროდუქტების თანდათანობით გაცივებისას ადგილი აქვს მეორეულ რეაქციებს, რაც მათი საწყისი შედგენილობის შეცვლას იწვევს. ამიტომ, ცდილობენ სწრაფი გაცივების განხორციელებას, რითაც ამ-

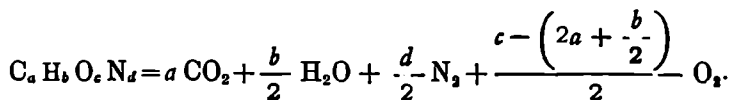
ცირებენ მეორეული რეაქტების გახლეწას. ამ მიზნით ფეთქებადი ნივთი-  
ცრების წონაკს ათავსებენ ტყვიის ან ფოლადის მტკიცე გარსში, რომლის  
გაგლეჯაზე იხარჯება აფეთქების პროდუქტების ენერჯის (სითბოს) უდი-  
დესი ნაწილი. ამის გამო მათი ტემპერატურა სწრაფად კლებულობს.

ფეთქებადი გარდაქმნის განტოლება შეიძლება შედგეს თეორიულა-  
დაც. ამ დროს იგულისხმება, რომ პროცესი ადიაბატურია, მიმდინარეობს  
მუდმივი მოცულობის პირობებში და გამოყოფილ სითბოს შესაძლებელი  
მაქსიმალური მნიშვნელობა აქვს.

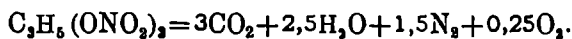
თუ მივიღებთ, რომ ფეთქებადი ნივთიერების ზოგადი ფორმულაა  
 $C_a H_b O_c N_d$ , მაშინ ქანგბადის დადებითი ან ნულოვანი ბალანსის მა-  
ჩვენებელი შემდეგი პირობაა

$$2a + \frac{b}{2} \leq c.$$

ამ შემთხვევაში ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქცია შემდეგი სქემატურ-  
რი ფორმულით გამოისახება

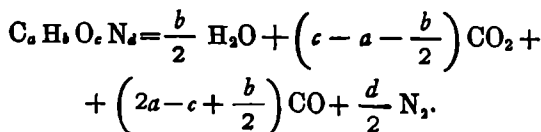


მაგალითად, ნიტროგლიცერინისათვის გვექნება ( $a=3$ ;  $b=5$ ;  $c=9$   
 $d=3$ )



თუ ფეთქებად ნივთიერებას უარყოფითი ბალანსი აქვს, მაშინ და-  
ცულია პირობა  $2a + \frac{b}{2} < c$ . ამ შემთხვევაში ფეთქებადი გარდაქმნის

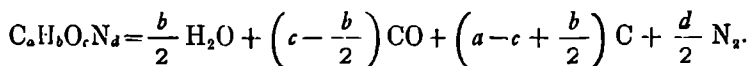
განტოლების შედგენა გაცილებით უფრო რთულია, რადგან ცნობილი  
არ არის თუ როგორ განაწილდება ქანგბადი საწვავ ელემენტებს შორის.  
ზოგი ავტორი გულისხმობს, რომ ქანგბადი ჯერ დაქანგავს წყალბადს  
 $H_2O$ -მდე, ხოლო შემდეგ ნახშირბადს  $CO$  და  $CO_2$ -მდე. ასეთი დაშე-  
ვის საფუძველზე ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქციის სქემატური ფორმულა  
დებულობს შემდეგ სახეს



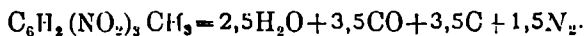
ეს ფორმულა, მაგალითად, ჰექსოგენისათვის გვაძლევს ( $a=3$ ;  $b=6$ ;  $c=6$ ;  
 $d=6$ )



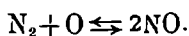
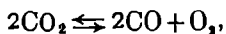
ჰექსოგენს აქვს ჟანგბადის უარყოფითი ბალანსი, მაგრამ მისი რაოდენობა მაინც საკმარისია სრული აირწარმოქმნისათვის. ზოგჯერ კი ჟანგბადის რაოდენობა იმდენად მცირეა, რომ სრული აირწარმოქმნა არ მიიღება, ე. ი. ნახშირბადის ნაწილი სრულიად დაუჟანგავი რჩება (აფეთქების პროდუქტებში ვლდებულობთ მყარ ნახშირბადს, ჩვეულებრივად. ქვარტლის სახით). ასეთი, მკვეთრად გამოხატული უარყოფითი ბალანსის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებების გარდაქმნის რეაქციას დაახლოებით შემდეგი სახე აქვს



მკვეთრი უარყოფითი ბალანსით ხასიათდება, მაგალითად, ტროტილი, რომლის გარდაქმნის რეაქცია მოცემული სქემატური განტოლების მიხედვით ასეთია

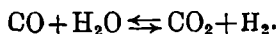


ზემთ მოყვანილი განტოლებები ფეთქებადი გარდაქმნის პირველად რეაქციებს ასახავენ. მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში მიიღება შექცევადი მეორეული რეაქციები აფეთქების პროდუქტების დისოციაციისა და ურთიერთქმედების შედეგად. ჟანგბადის დადებითი ან ნულოვანი ბალანსის შემთხვევაში აღსანიშნავია ნახშირორჟანგის დისოციაციისა და აზოტის დაჟანგვის რეაქციები:

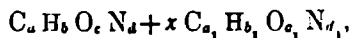


როგორც ვხედავთ, მეორეული რეაქციების გამო ნულოვანი ბალანსის დროსაც ვლდებულობთ მომწამვლელ აირებს CO-ს სახით, თუმცა მათი რაოდენობა შედარებით უმნიშვნელოა.

უარყოფითი ბალანსის შემთხვევაში მეორეული რეაქციებიდან დამახასიათებელია წყლის ორთქლის წონასწორული რეაქცია



ნარევი ორგანული ფეთქებადი ნივთიერება შეიძლება სქემატურად შემდეგნაირად გამოვსახოთ



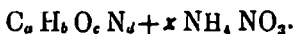
სადაც პირველ კომპონენტებს ჟანგბადის ნაკლებობა ახასიათებს, ხოლო მეორე კომპონენტს იგი ჰარბად გააჩნია. იმისათვის, რომ ასეთი ნარევის

აფეთქებადმა დაშლამ მოგვეცეს სრული წვის პროდუქტები, საქიროა დაცულ იქნეს პირობა

$$2a + \frac{b}{2} - c = a \left( c_1 - 2a_1 - \frac{b_1}{2} \right),$$

საიდანაც ადვილად გავიგებთ  $x$ -ის მნიშვნელობას.

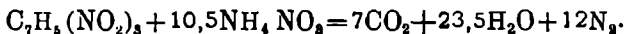
შვირად ვხვდებით ორგანული ფეთქებადი ნივთიერებების ნარევეს ამონიუმის გვარჯილასთან.



ამ შემთხვევაში სრული წვის პროდუქტები მიიღება  $x$ -ის შემდეგი მნიშვნელობისას

$$x = 2a + \frac{b}{2} - c.$$

ამონიტი № 6 წარმოადგენს ტროტილისა და ამონიუმის გვარჯილის მექანიკურ ნარევეს. ამ შემთხვევაში  $x$ -ის მნიშვნელობა, რომლის დროსაც სრული წვის პროდუქტები მიიღება, იქნება 10,5. ფეთქებადი დაშლის რეაქციას ასეთი სახე ექნება



ამონიტი № 6-ის დამზადებისას იღებენ 21% ტროტილსა და 79% ამონიუმის გვარჯილას. ამ შემთხვევაში  $x = 10,7$ . ამიტომ ამონიტი № 6-ის ჟანგბადის ბალანსი ოდნავ დადებითია.

### § 8. აფეთქების შხამიანი აირები

როგორც აღნიშნული იყო, სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების შედგენილობას ისე არჩევენ, რომ ჟანგბადის ბალანსი რაც შეიძლება ახლოს იყოს ნულოვანთან. მიუხედავად ამისა, ფეთქებადი სამუშაოების წარმოებისას მუდამ ხდება 'შხამიანი აირების გამოყოფა, რომელთა უვნებელიყოფა აუცილებელია. შხამიანი აირების გამოყოფას ხელს უწყობს ვაზნების გარისის მონაწილეობა აფეთქების რეაქციაში, ასაფეთქებელი ქანის ზოგიერთი ფიზიკური და ქიმიური თვისება, ფეთქებადი ნივთიერებების არახელსაყრელი მდგომარეობა (დატენიანება, დაძველება) და აგრეთვე სხვა ფაქტორები, რომლებიც შესაძლებელია არასრული დეტონაციის მიზეზი გახდეს (საწყისი იმპულსის უკმარისობა, ცუდი დაცობა და სხვ.).

ფეთქებადი სამუშაოების დროს გამოყოფილი შხამიანი აირებიდან უმთავრესია ნახშირჟანგი და აზოტის ჟანგეულები. როდესაც ასაფეთქე-

ბელი ქანი გოგირდს ან გოგირდოვან ნაერთებს შეიცავს, შეიძლება მივიღოთ წყალბადგოგირდი ( $H_2S$ ) და გოგირდოვანი აირი ( $SO_2$ ).

შხამიანი აირების უვნებელყოფის ძირითადი საშუალებაა გვირაბების ინტენსიური განიავება აფეთქების შემდეგ და აფეთქებული ქანის აწმენლის დროს. სანგრევის განიავების გაანგარიშებას აწარმოებენ შხამიანი აირების ჭამურ მოცულობაზე. ამ დროს საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ შხამიანი აირების ტოქსიკურობის სხვადასხვა ხარისხი და გამოეთვალოთ ნახშირჟანგის „პირობითი მოცულობა“. ნახშირჟანგთან შედარებით აზოტის ქანგეულების ტოქსიკურობა მეტია 6,5-ჯერ, ხოლო გოგირდოვანი აირისა და წყალბადგოგირდისა—2,5 ჯერ. ამგვარად, ნახშირჟანგის პირობითი მოცულობა იქნება

$$CO_{აირ} = a CO + 6,5b NO_2 + 2,5c SO_2 + 2,5d H_2S,$$

სადაც  $a$ ,  $b$ ,  $c$  და  $d$  წარმოადგენენ შესაბამისი აირების მოცულობებს ლიტრობით, რომელიც აფეთქების შედეგად მიიღება.

ნახშირჟანგი უფერო, უსუნო და უგემო აირია. სუსტი სპეციფიკური სუნი, რომელიც მას თან სდევს, ახსიათებს მტვრის აეროზოლებსა და სხვა აირებს, რომლებიც ნახშირჟანგთან ერთად წარმოიქმნება. ნახშირჟანგის მცირე რაოდენობა იწვევს თავის ტკივილს, ჰაერში მისი გარკვეული კონცენტრაცია გრძნობის დაკარგვისა და სიკვდილის მიზეზი ხდება. ნახშირჟანგის უსაფრთხო კონცენტრაციად ითვლება 0,0016% მოცულობის მიხედვით, ანუ 0,02 მგ/ლ. თუ  $CO$ -ს შემცველობამ ჰაერში 0,42%-ს მი-აღწია, მაშინ მისი ხანმოკლე მოქმედებაც კი სიკვდილს იწვევს.

ხვედრით წონებს შორის მცირე განსხვავების გამო ნახშირჟანგი კარგად ერევა ჰაერს და მისგან ძნელი გამოსაყოფია. ნახშირჟანგი, ნაწილობრივ, მონგრეულ ქანში რჩება სორბირებული სახით და შესაძლებელია მისი დატვირთვის დროს გამოიყოს. ამიტომ ყრუ სანგრევეებში მუშაობის დროს მიზანშეწონილად ითვლება მონგრეული ქანის გაქრევა შეკუმშული ჰაერით.

აზოტის ქანგეულებს მურა-ყვითელი ფერის აირების სახე აქვთ და გააჩნიათ მკვეთრი თავისებური სუნი. მათი შეფერილობის ინტენსიურობა იზრდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად. დასაშვები კონცენტრაცია ნალაროს ატმოსფეროში შეადგენს 0,0002%-ს მოცულობის მიხედვით, ანუ 0,005 მგ/ლ. როდესაც აზოტის ქანგეულების შემცველობა ჰაერში 0,015%-ს აღწევს, მათი გავლენა ადამიანის ორგანიზმზე მომაკედინებელია სულ მცირე დროით მოქმედების შემთხვევაშიც კი. უნდა აღინიშნოს, რომ აზოტის ქანგეულების მავნე გავლენა თავს იჩენს არა ერთბაშად, არამედ სასუნთქ ორგანოებზე მისი მოქმედებიდან 4—5 საათის გავლის შემდეგ.

აზოტის ქანგეულები ადვილად უერთდება წყალს და ჰაერის მნიშვნელოვანი ტენიანობის შემთხვევაში, აფეთქებიდან 10—15 წუთის შემდეგ, გამოიყოფა აზოტმჟავას ან აზოტოვანმჟავას სახით. ასეთივე რეაქცია ხდება ფილტვებში ამ აირების შესუნთქვის დროს. აზოტის ქანგეულების ნეიტრალიზაციისათვის ზოგჯერ მიმართავენ წყლის ხელოვნურ მოფრქვევას სანგრევის წინ. ამავე მიზნით იყენებენ შპურების დაცობას კირფიფქით, რომელიც აფეთქებისას განიბნევა ჰაერში და, ვინაიდან მას ტუტე რეაქცია ახასიათებს, ახდენს აზოტის ქანგეულების განეიტრალებას.

აზოტის ქანგეულები ჰაერზე მძიმეა. ადვილად ხდება მისი სორბირება აფეთქებულ ქანთან და შემდეგ ნელი გამოყოფა ქანის აწმენდისას, რანაც შეიძლება მომუშავეთა მოწამვლა გამოიწვიოს. აზოტის ქანგეულები, როგორც აღნიშნული იყო, მიიღება ქანგბადის დადებითი ბალანსის დროს. მათ დიდი რაოდენობით წარმოქმნას ხელს უწყობს მუხტის არასრული დეტონაცია და გამოწვა.

წყალბადგოგირდი უფერო, ლაყე კვერცხის სუნის მქონე აირია, რომლის შემცველობა ჰაერში 0,05%-ის რაოდენობით მომაკვდინებლად ითვლება. მალაროს ატმოსფეროში მისი დასაშვები კონცენტრაცია 0,00066%-ს შეადგენს (0,015 მგ/ლ). მიწის წიაღში მისი წარმოქმნა დაკავშირებულია გოგირდის აღმადანის, თაბაშირისა და ზოგიერთი სხვა მინერალის წყალში გახსნასთან. ამ აირის დაგროვებას შეიძლება წავაწყდეთ კარსტული ბუდეების დამუშავებისას.

გოგირდოვანი აირი უფერო, მკვეთრი სუნის მქონე აირია. მას ვხვდებით სპილენძის აღმადანის საბადოების დამუშავების დროს. მისი დასაშვები კონცენტრაცია მალაროს ატმოსფეროში 0,007%-ს შეადგენს. თუ გოგირდოვანი აირის შემცველობამ 0,03%-ს მიაღწია, იგი სიცოცხლისათვის საფრთხეს წარმოადგენს.

ამჟამად არ არსებობს საყოველთაოდ მიღებული ლაბორატორიული მეთოდი აფეთქების პროდუქტებში საწამლავი აირების შედგენილობის განსაზღვრისათვის. ადრე ამ მიზნით მიმართავდნენ ფოლადის ცილინდრულ ჭურჭელში (ბიხელის ან დოლგოვის 50 ლ მოცულობის ყუმბარაში) თავისუფლად ჩამოკიდებული 100-გრამიანი მუხტის აფეთქებას და მიღებული პროდუქტების ქიმიურ ანალიზს. ასეთი მეთოდი არ იძლევა სწორ წარმოდგენას ფეთქებადი ნივთიერებების მიერ გამოყოფილი შხამიანი აირების რაოდენობაზე სამთო სამუშაოების პირობებში. თავისუფლად დაკიდებული მუხტის აფეთქების რეაქცია მთავრდება ყუმბარის კედლებზე აფეთქების პროდუქტების რეაგირების დაწყებამდე. შპურში აფეთქების დროს კი ვღებულობთ აფეთქების პროდუქტების მკვეთრ გაცივებას ქანის მასივის დანგრევაზე შესრულებული მუშაობის გამო, რის შედეგად სრულყოფილი ქიმიური გარდაქმნა არ მიიღება. გარდა ამისა,



აფეთქების პროდუქტებისა და ქანების მასივის ურთიერთქმედებისას შე-  
საძლებელია ნახშირორჟანგის გადასვლა ნახშირჟანგში, რაც ზრდის შა-  
მიანი აირების მოცულობას. ფოლადის ჭურჭელში აფეთქების დროს უფ-  
რო მართებული შედეგების მისაღებად მუხტს უკეთებენ ინერტული მა-  
სალის გარსაცმს (უფრო ხშირად კვარცის ქვიშას). ფეთქებადი ნივთიერე-  
ბის შემოწმება გამოყოფილი შხამიანი აირების მოცულობის რაოდენობა-  
ზე, საწარმოო პირობებში, შემდეგნაირად ხდება: ირჩევენ ყრუ სანგრევს,  
რომლისგან 20—40 მ მანძილზე აკეთებენ აირგაუვალ ტიხარს (ბრეზენ-  
ტი, დარეზინიანიებული ქსოვილი); სანგრევს აფეთქებენ რიგრიგობით გა-  
მოსაცდელი ნივთიერებითა და ეტალონური ნივთიერებით, რომელიც  
დაშვებულია გამოსაყენებლად მოცემულ პირობებში. ყოველი აფეთქების  
შემდეგ ახდენენ ჰაერის არევას სანგრევთან და იღებენ სინჯებს ანალიზი-  
სათვის. მიღებული შედეგების შედარება საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ  
მოცემული ფეთქებადი ნივთიერების გამოყენების შესაძლებლობაზე მი-  
წისქვეშა სამუშაოების წარმოებისათვის.

თუ კი ვიცით ფეთქებადი ნივთიერების ელემენტური შედგენილობა,  
აფეთქებისას გამოყოფილი შხამიანი აირების მოცულობა შეიძლება განი-  
საზღვროს თეორიულადაც, მაგრამ საქმე იმაშია, რომ შხამიანი აირების  
რაოდენობა და შედგენილობა დამოკიდებულია არა მარტო ქანგბადის  
ზალანსზე, არამედ სხვა მრავალ ფაქტორზე, როგორცაა ვაზნის გარსის  
წონა, ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივე და ტენიანობა, დაცობის ხარი-  
სხი და სხვ. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ქანების ფიზიკურ-ქიმი-  
ურ თვისებებს. ქანის სიმკვრივის გაზრდა ხელს უწყობს შხამიანი აირების  
მეტი რაოდენობით გამოყოფას.

## § 10. აფეთქების ძირითადი მახასიათებლები

1. აფეთქების სითბო ეწოდება სითბოს იმ რაოდენობას, რო-  
მელიც გამოიყოფა ერთი გრამ-მოლი ან ერთი კილოგრამი ფეთქებადი  
ნივთიერების აფეთქების შედეგად. იგი წარმოადგენს აფეთქების ერთ-ერთ  
უმთავრეს მახასიათებელს, რომელზეც დამოკიდებულია აფეთქების აირე-  
ბის ტემპერატურა და ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარი. აფე-  
თქების სითბოს განსაზღვრა შეიძლება ექსპერიმენტული ან თეორიული  
გზით.

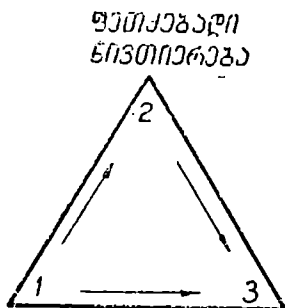
ექსპერიმენტული განსაზღვრის დროს იყენებენ კალორიმეტრულ  
დანადგარებს: მუხტი ფეთქდება ფოლადის სქელკედლიან ჭურჭელში  
(ყუმბარაში), რომელიც მოთავსებულია წყლით სავსე კალორიმეტრში.  
სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების გამოცდისას, ჩვეულებრივ, ხმა-  
რობენ 20—50 ლ მოცულობის მქონე ყუმბარებს, რომლებშიც შეიძლება

ავეთქლეს 50—100 გრ წონის მუხტი. აფეთქება ხდება ელექტროდეტონატორით. აფეთქების  $Q$  სითბოს გაიანგარიშებენ გამოსახულებიდან

$$Q = \frac{c\Delta t - q}{a} \text{ კკალ/კგ,}$$

- სადაც  $c$  არის კალორიმეტრული დანადგარის სითბოტევადობა, კკალ;  
 $\Delta t$  — დანადგარის ტემპერატურათა სხვაობა აფეთქებამდე და მის შემდეგ, °C;  
 $q$  — ელექტროდეტონატორის აფეთქების სითბო (1, 19 კკალ);  
 $a$  — მუხტის წონა, კგ.

აფეთქების სითბოს თეორიული გაანგარიშებისას საჭიროა ნივთიერების წვისა და მისი წარმოქმნის სათბოს მნიშვნელობათა ცოდნა. ნივთიერების წვის სათბო წარმოადგენს სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა ნივთიერების ერთი გრამ-მოლის ან ერთი კილოგრამის დაწვისას სუფთა ჟანგბადის გარემოში. ნივთიერების წარმოქმნის სითბოს კი უწოდებენ სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა ან შთანთქმდება შეზღვეული ელემენტებიდან ნივთიერების ერთი გრამ-მოლის ან ერთი კილოგრამის წარმოქმნის დროს.



თავისუფალი  
ელემენტები

აფეთქების  
პროდუქტები

ნახ. 9. ჰესის სამკუთხედი

აფეთქების სითბოს განსაზღვრა ნივთიერების წვისა და ნივთიერების წარმოქმნის სითბოთა მნიშვნელობების საშუალებით ემყარება ჰესის კანონს. ამ კანონის თანახმად, რეაქციის შედეგად გამოყოფილი ან შთანთქმული სითბოს რაოდენობა დამოკიდებული არ არის რეაქციის განვითარების გზაზე და განისაზღვრება მხოლოდ სისტემის საწყისი და საბოლოო მდგომარეობით.

ჰესის კანონს განმარტავენ ე. წ. ჰესის სამკუთხედის საშუალებით (ნახ. 9), რომლის წვეროები გამოხატავენ სისტემის სხვადასხვა მდგომარეობას: 1-ლი მდგომარეობა საწყისია და შეესაბამება თავისუფალ ელემენტებს, რომელთაგანაც ფეთქებადი ნივთიერება შედგება, მე-2 მდგომარეობა ფეთქებადი ნივთიერების წარმოქმნას შეეფარდება, ხოლო მე-3

საბოლოო მდგომარეობა — აფეთქების პროდუქტების გამოყოფას. სისტემის გადასვლა საწყისიდან საბოლოო მდგომარეობაში შეიძლება ორი გზით. ერთ შემთხვევაში თავისუფალი ელემენტებიდან შეიქმნება ფეთქებადი ნივთიერება, რომლის წარმოქმნის სითბოა  $Q_{1-2}$ . ხოლო შემდეგ, მისი დაშლის შედეგად მიიღება აფეთქების პროდუქტები და გამოიყოფა  $Q_{2-3}$  სითბო. მეორე შემთხვევაში თავისუფალი ელემენტებიდან უშუალოდ მიიღება აფეთქების პროდუქტები და გამოიყოფა  $Q_{1-3}$  სითბო. ჰესის კანონის თანახმად (იგი უშუალოდ გამომდინარეობს თერმოდინამიკის პირველი საწყისიდან),  $Q_{1-2}$  და  $Q_{2-3}$  სითბოთა ალგებრული ჯამი ტოლი უნდა იყოს  $Q_{1-3}$  სითბოსი

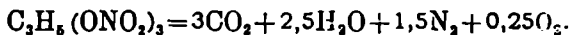
$$Q_{1-2} + Q_{2-3} = Q_{1-3}$$

საიდანაც შეიძლება განისაზღვროს აფეთქების სითბო, როგორც აფეთქების პროდუქტების წარმოქმნისა და ფეთქებადი ნივთიერების წარმოქმნის სითბოთა სხვაობა

$$Q_{2-3} = Q_{1-3} - Q_{1-2}$$

აფეთქების პროდუქტების წარმოქმნისა და ფეთქებადი ნივთიერების წარმოქმნის სითბოთა მნიშვნელობებს იღებენ სპეციალური თერმოქიმიური ცხრილებიდან. სითბოს სიდიდე უნდა ავიღოთ მუდმივი მოცულობის პირობებისათვის ( $Q_v$ ), ვინაიდან ფეთქებადი ნივთიერების გარდაქმნის რეაქცია მყისი ხასიათისაა. თუ ცხრილებში წარმოქმნის სითბო მოცემულია მუდმივი წნევის დროს ( $Q_p$ ), საჭიროა მისი გადაანგარიშება.

მაგალითისათვის გავიანგარიშოთ ნიტროგლიცერინის აფეთქებისას გამოყოფილი სითბო. ნიტროგლიცერინის ფეთქებადი დაშლის რეაქცია, როგორც ნაჩვენებია იყო, ასეთია



მე-4 ცხრილიდან ვიღებთ წარმოქმნის სითბოთა მნიშვნელობებს მუდმივი მოცულობის პირობებში

$C_3H_8(ONO_2)_3$ .	. 83,7 კკალ/გ. მოლი
$CO_2$	. 94,51
$H_2O$	. 57,49 „

აზოტისა და ძანგბადის წარმოქმნის სითბოს რაოდენობა ნულია, ვინაიდან ეს აირები თავისუფალ მდგომარეობაშია. ერთი გრამ-მოლის აფეთქებისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა

$$Q_{აფ} = 3 \cdot 94,51 + 2,5 \cdot 57,49 - 83,7 = 311,1 \text{ კკალ/გ. მოლი.}$$

ერთი კილოგრამი ფეთქებადი ნივთიერების დაშლისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა გაიანგარიშება გამოსახულებიდან  $Q'_{\text{ფ}} = \frac{Q_{\text{ფ}} \cdot 1000}{M}$

სადაც  $M$  არის ფეთქებადი ნივთიერების მოლეკულური წონა. ჩვენს შემთხვევაში გვექნება

$$Q'_{\text{ფ}} = \frac{311,1 \cdot 1000}{227} = 1370,48 \text{ კკალ/კგ.}$$

მოცემული ფეთქებადი ნივთიერების დაშლისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა არ წარმოადგენს სავსებით გარკვეულ სიდიდეს და შეიძლება იცვლებოდეს რაიმე ფარგლებში. ეს იმიტომ გამოწვეულია, რომ ფეთქებადი დაშლის პროდუქტების თანაფარდობა დამოკიდებულია მუხტის აფეთქების პირობებზე. სხვადასხვა სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების დეტონაციის დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის მნიშვნელობანი ნაჩვენებია მე-4, მე-6 და მე-12 ცხრილებში. უმთავრესად გავრცელებული სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის ეს სიდიდე 1000—1500 კკალ/კგ შეადგენს.

აფეთქების სითბოს ნამრავლი მუხტის სიმკვრივეზე გამოსახავს აფეთქების ენერჯიის მოცულობით კონცენტრაციას (კკალ/დმ<sup>3</sup>), რაც გარემოს მსხვრევის ეფექტურობის განმსაზღვრელი ფაქტორია.

2. აფეთქების ტემპერატურა ეწოდება იმ მაქსიმალურ ტემპერატურას, რომელსაც აღწევს აფეთქების პროდუქტების გახურება რეაქციის დროს გამოყოფილი სითბოს ხარჯზე.

აფეთქების ტემპერატურის ამოთვლისას გულისხმობენ, რომ აფეთქება მუდმივი მოცულობის პირობებში მიმდინარე ადიაბატური პროცესია, ე. ი. აფეთქების დროს გამოყოფილი სითბო იხარჯება მხოლოდ აფეთქების პროდუქტების გახურებაზე. სინამდვილეში კი ხდება სითბოს გადაცემა გარემოზე, მაგრამ რეაქციის დროს მეტისმეტი სიმციროს გამო ეს მოვლენა შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ (გარემოს გახურება ძირითადად ხდება რეაქციის დამთავრების შემდეგ, აფეთქების გახურებული პროდუქტების სითბოს ხარჯზე). აღნიშნული დაშვების საფუძველზე შეიძლება დავწეროთ

$$t = \frac{Q_{\text{ფ}}}{C_{\text{e}}},$$

სადაც  $t$  არის აფეთქების ტემპერატურა;

$Q_{\text{ფ}}$  — აფეთქების სითბო;

$C_{\text{e}}$  — აფეთქების პროდუქტების საშუალო თბოტევადობა ცელსიუსის 0°-დან  $t^{\circ}$ -მდე ინტერვალში, მუდმივი მოცულობის დროს.

ნივთიერება	ქიმიური ფორმულა	მოლეკულური წონა	წარმოქმნის სითბო კკალ/გ. მოლი
წყალი (ორთქლი)	H <sub>2</sub> O	18	57,49
ნახშირორჟანგი	CO <sub>2</sub>	44	94,51
ნახშირჟანგი	CO	28	27,17
აზოტის უანგი	NO	30	-21,6
აზოტის ორჟანგი	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	92	-45,6
მეთანი	CH <sub>4</sub>	16	17,7
ნიტროგლიცერინი	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (ONO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	227	83,7
ტროტილი	C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	227	13,5
ამონიუმის გეარჯილა	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	80	81,75
დინიტრონაფტალინი	C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	218	-11,9
ნიტროგლიკოლი	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (ONO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	152	55,75
ტენი	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>12</sub> N <sub>4</sub>	316	120,0
ცელულოზა	C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	162	206

იგულისხმება, რომ თბოტევადობის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და არ არის დამოკიდებული წნევაზე. საშუალო თბოტევადობასა და ტემპერატურას შორის დამოკიდებულებას ხარისხოვანი მწკრივის სახე აქვს ( $C_p = a + bt + ct^2 + \dots$ ). პრაქტიკული მიზნებისათვის საკმარისად თვლიან პირველი ხარისხის მქონე წევრებით შემოფარგვლას, რაც ამ დამოკიდებულებას წრფივულ სახეს აძლევს

$$C_p = a + bt.$$

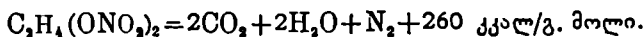
თუ ამ მნიშვნელობას შევიტანთ ტემპერატურის გამოსახულებაში და ამოვხსნით განტოლებას, მივიღებთ

$$t = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4bQ_{\text{ფ}}}}{2b}$$

ტემპერატურის გამოანგარიშებისას სარგებლობენ  $a$  და  $b$  კოეფიციენტების შემდეგი მნიშვნელობებით (კასტის მიხედვით):

ორატომიანი აირებისათვის	$a = 4,8$	$b = 0,00045$
წყლის ორთქლისათვის	$a = 4,0$	$b = 0,00215$
ნახშირორჟანგისათვის	$a = 9,0$	$b = 0,00058$
ოთხატომიანი აირებისათვის	$a = 10,0$	$b = 0,00045$
ხუთატომიანი აირებისათვის	$a = 12,0$	$b = 0,00045$

გაეიანგარიშოთ ნიტროგლიკოლის აფეთქების ტემპერატურა, თუ აფეთქების რეაქციას შემდეგი სახე აქვს



ამისათვის გამოვთვალოთ  $a$  და  $b$  კოეფიციენტების ჯამური მნიშვნელობანი აფეთქების ყველა პროდუქტებისათვის:

$$CO_2 \quad a=2.9,0; \quad b=2.0,00058$$

$$H_2O \quad a=2.4,0; \quad b=2.0,00215$$

$$N_2 \quad a=4,8; \quad b=0,00045.$$

ამ მნიშვნელობათა შეკრებით ვღებულობთ  $a=30,8; \quad b=0,00591$

$$t = \frac{-30,8 + \sqrt{30,8^2 + 4 \cdot 0,00591 \cdot 260 \cdot 1000}}{2 \cdot 0,00591} \cong 4150^\circ C.$$

აფეთქების ტემპერატურის უშუალო გაზომვა ცდის საშუალებით იწვევს ამოცანას წარმოადგენს. ეს აიხსნება პროცესის დიდი სიჩქარით, ე. ი. იმ დროის მეტისმეტი სიმცირით, რომლის განმავლობაშიც მაქსიმალური ტემპერატურა აღინიშნება. ექსპერიმენტული მეთოდებიდან შედარებით უკეთეს შედეგს იძლევა ოპტიკური პირომეტრია — აფეთქების ნათების სპექტრის გამოკვლევა. აფეთქების ალის სპექტრის შედარებით იმ სინათლის წყაროს სპექტრთან, რომლის ტემპერატურა ცნობილია, მსჯელობენ აფეთქების ტემპერატურის სიდიდეზე.

თანამედროვე სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების აფეთქების ტემპერატურა  $1500-4200^\circ C$  ფარგლებშია.

3. აფეთქების აირების მოცულობა. ავოგადროს კანონის თანახმად, ყველა აირის ერთი გრამ-მოლეკულის მოცულობა ნორმალურ პირობებში ( $0^\circ C$  ტემპერატურა და  $760$  მმ ვერცხლისწყლის სვეტის წნევა) უდრის  $22,4$  ლიტრს. თუ ავიღებთ ფეთქებად ნივთიერებას, რომელიც ჭიმოურ ნაერთს წარმოადგენს, მისი აფეთქების შედეგად გამოყოფილი აირების მოცულობა ერთი გრამ-მოლეკულისათვის ასე გამოისახება:

$$V = \frac{22,4 (n_1 + n_2 + n_3 + \dots)}{m}, \text{ ლ,}$$

სადაც  $m$  არის ფეთქებადი ნივთიერების გრამ-მოლეკულათა რიცხვი;

$n_1, n_2, n_3$  — აფეთქების აიროვანი პროდუქტების გრამ-მოლეკულათა რიცხვი.

თუ აირების მოცულობას ვინაგარიშებთ ფეთქებადი ნივთიერების ერთი კილოგრამისათვის, მივიღებთ

$$V_{\text{აბ}} = \frac{22,4 (n_1 + n_2 + n_3 + \dots) 1000}{m \cdot M}, \text{ ლ,}$$

აქ  $M$  არის ქიმიური ნაერთის მოლეკულური წონა.

როდესაც ფეთქებადი ნივთიერება მექანიკურ ნარევეს წარმოადგენს, მაშინ აფეთქების აირების მოცულობა იქნება

$$V'_{\text{აბ}} = \frac{22,4 (n_1 + n_2 + n_3 + \dots) 1000}{m_1 M_1 + m_2 M_2 + m_3 M_3 + \dots}, \text{ ლ,}$$

სადაც  $m_1, m_2, m_3$  არის ფეთქებადი ნივთიერების კომპონენტების გრამ-მოლეკულათა რიცხვები;

$M_1, M_2, M_3$  — ამ კომპონენტების მოლეკულური წონები.

გამოვთვალოთ ამონიტი № 6-ის აფეთქებისას გამოყოფილი აირონა-ნი პროდუქტების მოცულობა. თუ ვისარგებლებთ ამონიტის ფეთქებადი დაშლის რეაქციის ზემომოყვანილი განტოლებით, მაშინ 1 კგ ნივთიერებისათვის შეგვიძლია დავწეროთ

$$V'_{\text{აბ}} = \frac{22,4 (7 + 23,5 + 12) 1000}{1 \cdot 227 + 10,5 \cdot 80}, \text{ ლ.}$$

აფეთქებისას გამოყოფილი აირების მოცულობა შეიძლება განისაზღვროს ექსპერიმენტულადაც. ამისათვის ფეთქებადი ნივთიერების წონაკს აფეთქებენ სპეციალურ ყუმბარაში, რომელსაც დიდი სიმტკიცის მქონე კედლები აქვს და უზრუნველყოფს საჭირო ჰერმეტიულობას. ყუმბარის შიგა მოცულობა 20 ლიტრია და გათვლილია 200 გ ბრიზანტული ფეთქებადი ნივთიერების ასაფეთქებლად. აფეთქების წინ, რომელიც ელექტროდეტონატორით ხდება, აწარმოებენ ყუმბარიდან ჰაერის ამოტუმბვას. აფეთქების აირებს აცლიან გაცივებას და შემდეგ ზომავენ მათ წნევას. ყუმბარის შიგა მოცულობისა და გაზომილი წნევის საშუალებით ადვილად გაიანგარიშება აფეთქების აირების მოცულობა  $V_0$ , ნორმალური პირობებისათვის

$$V_0 = \frac{VP \cdot 273}{760 \cdot T},$$

სადაც  $V$  არის ყუმბარის შიგა მოცულობა, ლ;

$P$  — აირების წნევა ყუმბარაში, მმ. ვერცხ. წყ. სვ.;

$T$  — გაცივებული აირების აბსოლუტური ტემპერატურა ყუმბარაში.

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

4. აფეთქების აირების წნევა სამუხტო კამერაში (დახშულ გარემოში). როგორც ცნობილია, აირების წნევა დამოკიდებულია მოცულობასა და ტემპერატურაზე, რაც გამოისახება ბოილ-მარიოტისა და გეი-ლუსაკის გაერთიანებული კანონით

$$VP = \frac{V_0 P_0}{273} T,$$

სადაც  $V$  არის სამუხტო კამერის მოცულობა, ლ;

$V_0$  — აფეთქების აირების მოცულობა ნორმალურ პირობებში ( $0^{\circ}\text{C}$  და 760 მმ ვერცხ. წყ. სვ. წნევა), ლ;

$P$  — აფეთქების აირების წნევა, კგძ/სმ<sup>2</sup>;

$P_0$  — საწყისი წნევა (ნორმალურ პირობებში 1,033 კგძ/სმ<sup>2</sup>);

$T$  — აფეთქების ტემპერატურა (აბსოლუტური), გრად.

ეს კანონი მართებულია იდეალური აირებისათვის, შედარებით მცირე წნევის დროს. დიდი წნევის შემთხვევაში აირები თავისი თვისებებით სითხეებს უახლოვდება, რაც გამოწვეულია მოლეკულებს შორის მანძილების შემცირებით. ამ დროს თავს იჩენს მოლეკულათა შორის ურთიერთგანზიდვის ძალა. ამიტომ აირის შეკუმშვა პრაქტიკულად შესაძლებელია მხოლოდ გარკვეულ მოცულობამდე, რაც შეესაბამება მოლეკულათა დაახლოებას უკუმშველი სითხის პირობებში. ამ გარემოების გათვალისწინებით ვან-დერ-ვაალსმა მიიღო განტოლება

$$(V - \alpha) \left( P - \frac{\alpha}{V^2} \right) = \frac{V_0 P_0}{273} T,$$

სადაც  $\alpha$  არის აირის უკუმშველი მოცულობა, რომელსაც აირის კოვოლუმს უწოდებენ. შეფარდება  $\frac{\alpha}{V^2}$  უმნიშვნელო სიდიდეა ( $P$ -სთან შედარებით) და შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ. მაშინ დაიწერება

$$(V - \alpha) P = \frac{V_0 P_0}{273} T,$$

საიდანაც

$$P = \frac{V_0 P_0 \cdot T}{(V - \alpha) \cdot 273}.$$

სამუხტო კამერის მოცულობა  $V$  შეიძლება გამოვსახოთ დამუხტვის



სიმკვრივის  $\Delta$  საშუალებით. ერთი კილოგრამი მუხტის შემთხვევაში  $\Delta = \frac{1}{V}$  ანუ  $V = \frac{1}{\Delta}$ . ამ მნიშვნელობის შეტანით მივიღებთ

$$P = \frac{V_0 P_0 T}{\left(\frac{1}{\Delta} - \alpha\right) \cdot 273} = \frac{V_0 P_0 \cdot T \cdot \Delta}{(1 - \alpha \Delta) \cdot 273}.$$

გამოსახულებას  $\frac{V_0 P_0 T}{273}$  ეწოდება ფეთქებადი ნივთიერების ძალა და აღინიშნება  $f$ -ით. აფეთქების აირების წნევა სამუხტო კამერაში საბოლოოდ გამოისახება განტოლებით (აბელის განტოლება)

$$P = \frac{f \cdot \Delta}{1 - \alpha \Delta}.$$

კოვოლუმის სიდიდის მიახლოებით მნიშვნელობად ზოგიერთი ავტორი მიიჩნევს  $\alpha = 0,001V_0$ . ვან-დერ-ვაალსის თანახმად, კოვოლუმის სიდიდე მოლეკულების გაოთხეკეებული ნამრავლის ტოლია. პროფ. ო. ვლასოვის გამოკვლევების მიხედვით შეიძლება ავიღოთ კოვოლუმის შემდეგი მნიშვნელობები:  $H_2O$  (ორთქლი) — 0,00036,  $CO$  და  $CO_2$  — 0,00068,  $N_2$  — 0,00062,  $H_2$  — 0,00025,  $O_2$  — 0,00051.

თუ აფეთქების შედეგად აიროვანი პროდუქტების გარდა. მყარი პროდუქტებიც მიიღება, მაშინ საჭიროა მათი გათვალისწინება კოვოლუმის მნიშვნელობის განსაზღვრისას. ამ შემთხვევაში  $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ , სადაც  $\alpha_1$  არის აირების უკუმშველი მოცულობა, ხოლო  $\alpha_2$  — მყარი პროდუქტების მოცულობა.

გამოვითვალოთ ერთი კილოგრამი 62%-იანი დინამიტის აფეთქების შედეგად შპურში განვითარებული წნევა, თუ გამოყოფილი აირების მოცულობა  $V_0 = 600$  ლ, აფეთქების აბსოლუტური ტემპერატურა  $T = 4300^\circ$ , შპურის დიამეტრი  $d_{\text{შპ}} = 34$  მმ, ვაზნის დიამეტრი  $d_{\text{ვაზ}} = 32$  მმ. დინამიტის სიმკვრივეა 1,4 გ/სმ<sup>3</sup> (ვაზნების გარსის არსებობას მიახლოებითი გაანგარიშებისას მხედველობაში არ ვღებულობთ).

დინამიტის ხუთი ორასგრამიანი ვაზნა მოცემული სიმკვრივისა და დიამეტრის დროს შპურში დაიკავებს. დაახლოებით 80 სმ. შპურის შესაბამისი მოცულობა იქნება 770 სმ<sup>3</sup> ანუ 0,77 ლიტრი. დამუხტვის სიმკვრივე

$$\Delta = \frac{1}{0,77} = 1,3 \text{ კგ. ლმ}^3,$$

როდესაც  $\Delta \geq 1,0$ , მიზანშეწონილად თვლიან აიღონ  $\alpha = 0,000 V_0$ . აბელის განტოლებაში შესაბამისი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ

$$P = \frac{600 \cdot 1,033 \cdot 4300 \cdot 1,3}{(1 - 0,0006 \cdot 600 \cdot 1,3) \cdot 273} \cong 23900 \text{ კგძ/სმ}^2.$$

განხილულ მაგალითში თუ შპურის დიამეტრს 40 მილიმეტრამდე გავზრდით, მაშინ დამუხტვის სიმკვრივე იქნება  $\Delta \cong 1,0$ . წნევის გაანგარიშება მოცემული ფორმულით ამ შემთხვევაში გვაძლევს  $P \cong 15300 \text{ კგძ/სმ}^2$ . როგორც ვხედავთ, დამუხტვის სიმკვრივეს არსებითი გავლენა აქვს დახშულ გარემოში აფეთქების დროს განვითარებულ წნევის სიდიდეზე.

აბელის განტოლება, საერთოდ, წნევის მნიშვნელობას მხოლოდ მიახლოებით იძლევა. დიდი წნევების შემთხვევაში მისი ცდომილება მნიშვნელოვნად მატულობს. ამ განტოლებით წნევის განსაზღვრის სიზუსტე, ზოგიერთი მკვლევარის მონაცემებით, მისაღებად უნდა ჩაითვალოს, როდესაც  $\Delta \leq 1,0 \text{ კგ/დმ}^3$ . აბელის განტოლების უზუსტობას იმით ხსნიან, რომ იგი არ ითვალისწინებს კოვოლუმის მნიშვნელობის შემცირებას დიდი წნევების გავლენით. გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ კოვოლუმის სიდიდე მნიშვნელოვნად იცვლება დამუხტვის სიმკვრივის ცვალებადობასთან დაკავშირებით. მაგალითად, ტროტილისათვის, როდესაც  $\Delta = 1,0 \text{ კგ/დმ}^3$ , კოვოლუმი  $\alpha = 0,58 \text{ ლ/კგ}$ , ხოლო როდესაც  $\Delta = 1,6$ , კოვოლუმის მნიშვნელობა მცირდება  $0,45 \text{ ლ/კგ-მდე}$ .

დახურულ გარემოში აფეთქების დროს განვითარებული წნევა შეიძლება განისაზღვროს ექსპერიმენტულად.

#### § 11. აფეთქების ენთალპიის ბალანსი და მარგი ძმედების კოეფიციენტი

აფეთქების დროს ენერგია გამოიყოფა სითბოს სახით, რომელიც მექანიკურ მუშაობაში გადადის გახურებული აირების გაფართოების შედეგად.

მუშაობის შესაძლებელი მაქსიმუმი თეორიულად შეესაბამება აფეთქების პროდუქტების გაცივებას აბსოლუტურ ნულამდე, ე. ი. აირების განუსაზღვრელ გაფართოებას. ამ შემთხვევაში შეიძლება დავწეროთ.

$$A_{max} = E \cdot Q,$$

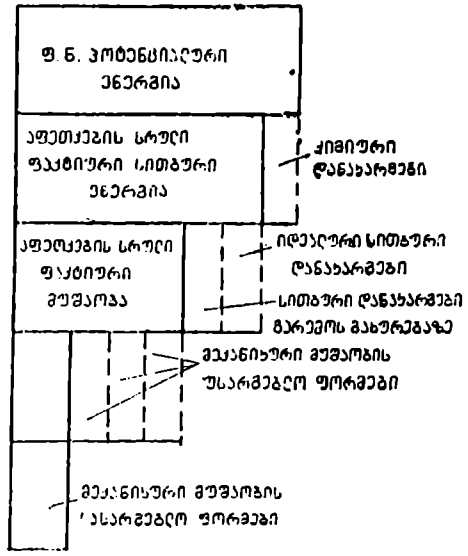
სადაც  $E$  არის სითბოს მექანიკური ეკვივალენტი;

$Q$  — აფეთქების სითბო კკალ/კგ.

$A_{max}$  გამოსახავს ფეთქებადი ნივთიერების პოტენციალურ ენერჯიას და მისი მუშაობის უნარის თეორიულ მახასიათებელს წარმოადგენს (თუ აფეთქების პროდუქტები აირების გარდა მყარ ან თხევად ნარჩენებს შეიცავს, მაშინ  $A_{max} < E \cdot Q$ ).

სინამდვილეში, რასაკვირველია, აფეთქების სითბოს გარდაქმნა მექანიკურ მუშაობაში მნიშვნელოვანი დანაკარგებით ხდება.

პირველ ყოვლისა უნდა აღინიშნოს, რომ ფეთქებადი ნივთიერების პრაქტიკული გამოყენების დროს ფეთქებადი დაშლის რეაქცია სრულად არ მიმდინარეობს და სითბოს გამოყოფისას ე. წ. ქიმიური დანაკარგები მიიღება. ასეთი დანაკარგები შეიძლება გამოიწვიოს აფეთქების დროს ნივთიერების გაფანტვამ ან ფეთქებადი დაშლის არახელსაყრელმა პირობებმა (ფეთქებადი ნივთიერების ზედმეტი ტენიანობა, მისი დაძველება, არასაკმარისი საწყისი იმპულსი და სხვ.). ფეთქებადი ნივთიერების პოტენციალურ ენერჯიას თუ ქიმიურ დანაკარგებს გამოვაკლებთ, დაგვრჩება ფეთქებადი ნივთიერების სრული ფაქტიური სითბური ენერჯია (ნახ. 10). ამ უკანასკნელის გადასვლას მექანიკურ მუშაობაში თანსდევს სითბური დანაკარგები.



ნახ. 10. აფეთქების ენერჯიის ბალანსი.

აფეთქების მუშაობას განიხილავენ როგორც აფეთქების აირების ადიბატური გაფართოების მუშაობას, ე. ი. ისეთ პროცესს, როდესაც აფეთქების პროდუქტებსა და გარემოს შორის თბოგადაცემა არ ხდება. ამ შემთხვევაში სითბოს სრული გადასვლა მექანიკურ მუშაობაში გულისხმობს აირების გაფართოებას უსასრულოდ დიდ მოცულობამდე. სინამდვილეში აირების გაფართოება ქანის დანგრევის დროს წარმოებს მხოლოდ გარკვეულ საზღვრამდე. თუ ასეთ საზღვრად მივიჩნევთ ატმოსფერულ წნევას, მაშინ აფეთქების აირების გაფართოების მუშაობა გამოსახავს აფეთქების

სრულ იდეალურ მუშაობას. მის განსაზღვრას შესაძლებლად თვლიან იდეალური აირებისათვის გამოყვანილი განტოლებიდან

$$A_{\text{იდე}} = Q \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \text{ კკალ/კვ,}$$

სადაც  $Q$  არის აფეთქების სათბო, კკალ/კვ;

$P_1$  — აფეთქების აირების საწყისი წნევა, კგ/სმ<sup>2</sup>;

$P_2$  — აფეთქების აირების სასრული წნევა (ატმოსფერული წნევა), კგ/სმ<sup>2</sup>;

$k$  — ადიაბატის მაჩვენებელი, რომელიც წარმოადგენს აირების თბოტევადობათა შეფარდებას მუდმივი წნევისა და მუდმივი მოცულობის დროს  $\left( \frac{C_p}{C_v} \right)$ .

აფეთქების აირების გაფართოების შეზღუდულობით გამოწვეულ სითბურ დანაკარგებს—იდეალურ სითბურ დანაკარგებს (თერმოდინამიკურ დანაკარგებს) უწოდებენ. გარდა ამისა, არსებობს დანაკარგები გარემოს გახურებაზე, რაც იმის შედეგია, რომ აირების გაფართოებისას სინამდვილეში გვაქვს ერთგვარი გადახვევა ადიაბატური პროცესიდან, ე. ი. ხდება სითბოს რაღაცა ნაწილის გადაცემა გარემოზე. სითბოს დაკარგვა გარემოს გადახურებაზე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ქანის მეტისმეტად დაქუცმაცებისას. ამ დროს წარმოქმნილი ქანის მტვერი კარგად ერევა აფეთქების აირებს და შესაძლებელია მათ სითბოს მნიშვნელოვანი ნაწილი წაართვას.

ქიმიური და სითბური დანაკარგების შემდეგ რჩება აფეთქების სრული ფაქტიური მუშაობა (ნახ. 10), რომელიც გამოვლინდება მექანიკური მუშაობის სასარგებლო და უსარგებლო ფორმების სახით. უსარგებლო მექანიკური მუშაობაა, მაგალითად, ქანის გაბნევა დიდ მანძილზე (როცა ეს საჭირო არ არის), ქანის მასივის დანაპრალება, რომელიც მოსანგრევად არ არის განკუთვნილი, დარტყმითი და სეისმური ტალღების გავრცელება მოსანგრევი გარემოს გარეთ და სხვ.

აფეთქების სრული ფაქტიური მუშაობის შეფარდება ფეთქებადი ნივთიერების სრულ პოტენციალურ ენერგიასთან წარმოადგენს აფეთქების მარგი ქმედების კოეფიციენტს. სამრეწველო ფეთქებად ნივთიერებებს მარგი ქმედების კოეფიციენტი დაახლოებით თანაბარი აქვთ და 0,78—0,83-ს შეადგენს.

ქანების აფეთქების დროს სასარგებლო მექანიკურ მუშაობაზე დახარჯული ენერგია შედარებით მცირეა. ღია სამუშაოებზე ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ, ზოგ შემთხვევაში, აფეთქების სრული ენე-

რგის მხოლოდ 5—7% იხარჯება ქანის დანგრევის სასარგებლო მუშაობაზე. გვირაბების გაყვანის დროს აფეთქების ენერგიის სასარგებლო გამოყენებამ შეიძლება 25%-სა და მეტსაც მიაღწიოს. აფეთქების ენერგიის რაციონალურ გამოყენებას, ცხადია, დიდი ტექნიკურ-ეკონომიკური მნიშვნელობა აქვს.

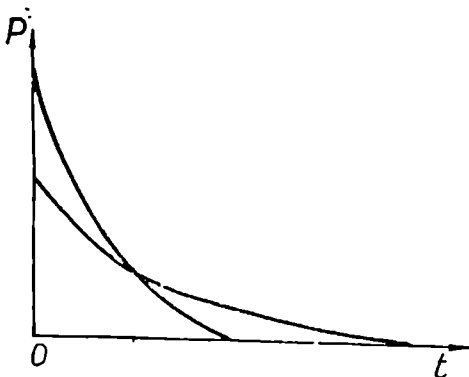
აფეთქების დროს შესრულებული მუშაობის უშუალო ექსპერიმენტული განსაზღვრა შეუძლებელი ხდება. ფეთქებადი ნივთიერების ენერგიაზე მსჯელობენ პირობითი სინჯების მიხედვით, რომლებიც სხვადასხვა ფეაქტივად ნივთიერებათა ერთმანეთთან შედარების საშუალებას იძლევა.

აფეთქების შედეგად შესრულებულ საერთო მუშაობას, ანუ როგორც ამბობენ, აფეთქების ფუგასურ მოქმედებას, განსაზღვრავს აფეთქების აირების გაფართოება გარკვეულ საფეხურამდე. ასეთი მოვლენა აღინიშნება, მაგალითად, დახშულ გარემოში აფეთქების დროს. თუ გარემოს წინაღობა სათანადო სიდიდისაა, მაშინ აფეთქების აირების ენერგია საკმარისი სისრულით იქნება გამოყენებული ატმოსფეროში აირების გატყორცნამდე. ფუგასური მოქმედება აერთიანებს აფეთქების დროს შესრულებულ ყველა სახის მექანიკურ მუშაობას (ქანის დანგრევა და გატყორცნა, მასივის დანაპრალება, დარტყმითი ტალღის გავრცელება მასივში და ჰაერში, სეისმური მოქმედება).

ფეთქებადი ნივთიერების ბრიზანტული მოქმედება კი გამოვლინდება მხოლოდ აფეთქების კერის უშუალო მახლობლობაში, სადაც აირების წნევა და სიმკვრივე უდიდესია. მაგალითად, თუ მუხტი რაიმე სხეულზე გარედან მოვათავსეთ, მისი აფეთქების დამანგრეველი მუშაობა მხოლოდ საწყის მომენტში იჩენს თავს, ვინაიდან აფეთქების აირებს ატმოსფეროში თავისუფალი გაფართოების საშუალება მიეცემათ და მათი წნევა სწრაფად დავარდება (აირების წნევა ეცემა  $R^3$ -ს პროპორციულად, სადაც  $R$  არის დაშორება აფეთქების კერიდან). ამ შემთხვევაში სხეულის დეფორმაციას მხოლოდ აფეთქების აირების საწყისი მკვეთრი დარტყმა იწვევს. შპურში (სამუხტო კამერაში) მუხტის აფეთქების დროს ბრიზანტულობა გამოვლინდება გარემოს ინტენსიურ დამსხვრევაში (დაფხვანაში) ან პლასტიკური სახის დეფორმაციებში (შეკუმშვის სიღრუის შექმნა შედარებით რბილ ქანებში). ბრიზანტული სახის მუშაობაზე ფეთქებადი ნივთიერების ენერგიის უმნიშვნელო ნაწილი იხარჯება (დაახლოებით 2%).

ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის (ფუგასური მოქმედების)

ბირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს აფეთქების სიბო და აირების მოცულობა წარმოადგენს. ბრიზანტული მოქმედება კი დამოკიდებულია დეტონაციის სიჩქარეზე და იმ წნევაზე, რომელიც დეტონაციის ტალღის ფრონტზე გვაქვს. ამიტომ შესაძლებელია ორ ფეთქებად ნივთიერებას ერთნაირი მუშაობის უნარი გააჩნდეთ, ხოლო ბრიზანტული მოქმედებით ერთნაირიდან განსხვავდებოდნენ. მე-11 ნახაზზე გამოსახულია თანაბარი მუშაობის უნარის მუხტების აფეთქების წნევის მრუდები; ბრიზანტულობას განაპირობებს წნევის საწყისი პიკური მნიშვნელობები.

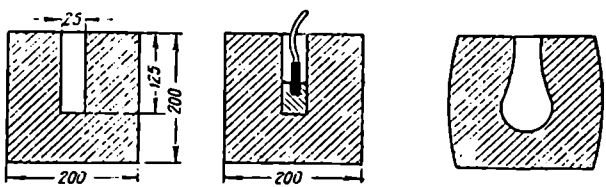


ნახ. 11. სხვადასხვა ბრიზანტულობის ფეთქებად ნივთიერებათა წნევის მრუდები

ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის (ფუგასურ მოქმედების) შედარებითი შეფასების მეთოდებიდან პრაქტიკაში გავრცელება ჰპოვა ტრაუცლის სინჯმა (ნახ. 12). ტყვიისაგან 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, დატყეპვის გარეშე. აფეთქების შედეგად



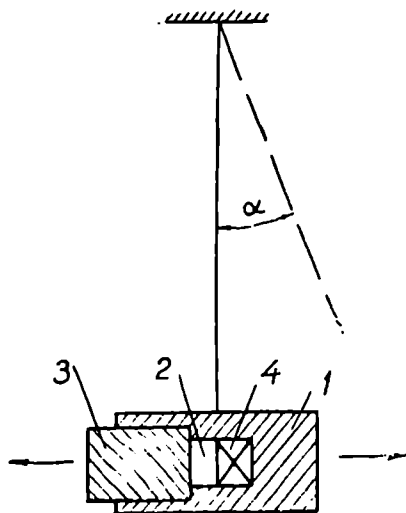
ნახ. 12. ტრაუცლის სინჯი მუშაობის უნარის განსაზღვრისათვის

ცილინდრული ხვრელის მოცულობა იზრდება და იგი მსხლისებურ ფორმას ღებულობს. მოცულობის ნამატს, გაზომილს კუბური სანტიმეტრობით,

ღებულობენ ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის პირობით საზო-  
მად. ნამატი მოცულობის გაზომვისას მას აკლებენ დეტონატორის აფეთ-  
ქებით გამოწვეული გაფართოების სიდიდეს (30 სმ<sup>3</sup>).

ტყვიის ცილინდრების დამზადებისა და ცდის ჩატარებისას დაცული  
უნდა იქნეს სტანდარტული პირობები (ტყვიის გარკვეული მექანიკური  
თვისებები, ქვიშის მარცვლების სიმსხო, გარემოს ტემპერატურა და სხვ.).  
ტრაუცლის სინჯის უარყოფით მხარედ თელიან, გარდა მისი პირობითო-  
ბისა, პროპორციულობის უქონლობას მოცულობის ნამატსა და შესრუ-  
ლებულ მუშაობას შორის. ეს იმით არის გამოწვეული, რომ ხერელის გა-  
ფართოებისას კედლის სისქე კლებულობს და, ამიტომ, მის შემდეგ დეფო-  
რმაციას ნაკლები ენერგია სჭირდება. ამიტომ, თუ ერთი ფეთქებადი ნივ-  
თიერება ხერელის მოცულობის  
ორჯერ მეტ ნამატს იძლევა,  
ვიდრე მეორე, ეს არ ნიშნავს  
იმას, რომ ასეთი შეფარდება  
ქვეშარტია მათი მუშაობის  
უნარის შეფასებისათვის.

ფეთქებადი ნივთიერების  
მუშაობის უნარის შეფასების  
საშუალებას მუშაობის ერთეუ-  
ლებში იძლევა ბალისტიკური  
ქანქარა, რომელიც სხვადასხვა  
კონსტრუქციისაა. მე-13 ნახაზზე  
ნაჩვენებია თავისუფლად ჩამო-  
კიდებული მორტირა—ქანქარა  
1, რომელსაც შიგნით გააჩნია  
ასაფეთქებელი კამერა 2. მასში  
ათავსებენ გამოსაცდელ ნივ-  
თიერებას 10 გრამის რაოდე-  
ნობით. მორტირაში იდება ყუ-  
მბარა 3, რომელიც ხურავს  
კამერაში ჩადებულ მუხტს 4



ნა. 13. ბალისტიკური ქანქარა მუშაობის უნარის განსაზღვრისათვის

ამ შემთხვევაში, როგორც ვხედავთ, აფეთქება დახშულ გარემოში  
ხდება. აფეთქების აირების ენერგიის ხარჯზე ყუმბარა გაიტყორცნება, ხო-  
ლო ქანქარა უკუცემის გავლენით საწინააღმდეგო მიმართულებით გადაი-  
ხრება. ფეთქებადი ნივთიერების მიერ შესრულებულ მუშაობაზე მსჯე-  
ლობენ ბალისტიკური ქანქარას გადახრის კუთხის მიხედვით, რომელიც მარ-  
ტივი ხელსაწყოთი იზომება.

თუ ქანქარას სიგრძე  $l$ -ის ტოლია (მანძილი დაკიდების წერტილიდან მორტირის სიმძიმის ცენტრამდე), გადახრის კუთხეა  $\alpha$ , ხოლო ქანქარას წონა არის  $M$ , მაშინ მის გადახრაზე დახარჯული მუშაობა ტოლი იქნება

$$A_1 = M \cdot l (1 - \cos \alpha) \text{ კვძ. მ,}$$

სადაც  $l(1 - \cos \alpha)$  გამოსახავს ქანქარას სიმძიმის ცენტრის აწევის სიმაღლეს. ფეთქებადი ნივთიერების ენერჯიის მეორე ნაწილი იხარჯება ყუმბარის გატყორცნაზე. იგი გამოითვლება ქანქარასა და ყუმბარის მიერ მიღებული მოძრაობის რაოდენობის მნიშვნელობათა ტოლობის საფუძველზე ( $Mu = mu$ )

$$A_2 = \frac{M^2}{m} l (1 - \cos \alpha) \text{ კვძ. მ,}$$

სადაც  $m$  არის ყუმბარის წონა.

აფეთქების დროს შესრულებული სრული მუშაობა

$$A = A_1 + A_2 = Ml \left( 1 + \frac{M}{m} \right) (1 - \cos \alpha) \text{ კვძ. მ.}$$

ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის შესაფასებლად რეკომენდებულია ორქანქარიანი ბალისტიკური დანადგარი. ერთ-ერთი ქანქარას ტორზში გაკეთებულია სამუხტო კამერა, რომელშიც გამოსაცდელი ნივთიერების 10 გ თავსდება. მეორე ქანქარას ტორზი ხურავს ამ სამუხტო კამერას. აფეთქებისას ორივე ქანქარა პრაქტიკულად ერთი და იგივე სიღიღის კუთხით გადაიხრება; შესრულებული მუშაობა იქნება

$$A = 2Ml (1 - \cos \alpha) \text{ კვძ. მ.}$$

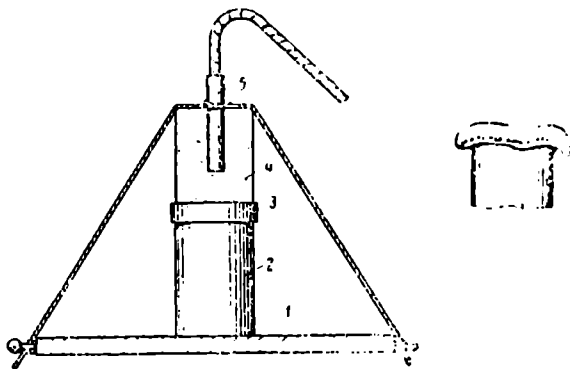
სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების გამოცდამ ტრაუცლის ყუმბარით და ორქანქარიანი დანადგარით შეფარდებითი მუშაობის უნართა კარგი დამთხვევა უჩვენა.

ფეთქებადი ნივთიერებების მუშაობის უნარზე შეიძლება ვიმსჯელოთ მუხტის აფეთქების შედეგად გრუნტში წარმოქმნილი ამოყრის ძაბრის მოცულობის მიხედვით. ამისათვის, ე. წ. ქვიშის აუზში, ზედაპირიდან რაიმე სიღრმეზე, აფეთქებენ გამოსაცდელი ნივთიერებების ტოლ მუხტებს. მუშაობის უნარის მაჩვენებლად ითვლება გამოსაცდელი და ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერების მუხტებით შექმნილი ამოყრის ძაბრების მოცულობათა შეფარდება. მეთოდის დადებითი მხარეა მისი სიმარტივე, იგი არ



მოითხოვს სპეციალური ხელსაწყოების გამოყენებას. უარყოფით მხარედ ითვლება ამოყრის ძაბრის მოცულობის ზუსტი გაზომვის სირთულე.

ფეთქებადი ნივთიერების ბრიზანტულობის განსაზღვრა ხდება ჰესის სინჯის საშუალებით (ნახ. 14). 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 41 მმ, სისქე 10 მმ), რომელზეც იდგმება ქალაღდის მასრა, მასში მოთავსებული ფეთქებადი ნივთიერებითა 4 და დეტონატორით 5. გამოსაცდელი ნივთიერების წონა 50 გ 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). ტყვიის ცილინდრის დეფორმაცია მით მეტი



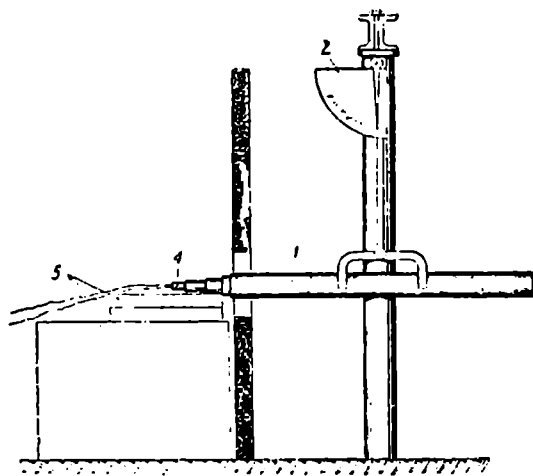
ნახ. 14. ჰესის სინჯი ბრიზანტულობის განსაზღვრისათვის

იქნება, რაც უფრო დიდია დეტონაციის სიჩქარე, ე. ი. რაც უფრო მაღალი იქნება აფეთქების აირების პიკური წნევა. დენტის აფეთქების შემთხვევაში, როდესაც რეაქცია წელა მიმდინარეობს და მის დამთავრებამდე აირები თანდათანობითი გაფართოების საშუალებას ღებულობენ, ტყვიის ცილინდრის დეფორმაცია არ აღინიშნება.

ბრიზანტულობის შეფასების ახალი მეთოდი წამოაყენა აკად. სკოჩინსკის სახ. სამთო ინსტიტუტმა. ამ შემთხვევაში სსმული ბაზალტისაგან ამზადებენ კუბური ფორმის ბლოკს, რომლის წიბო 150 მილიმეტრია. მასში

გაკეთებულია 15 მმ დიამეტრისა და 105 მმ სიგრძის ხერელი, რომელშიც თავსდება გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების 20 გრამი. ხერელის დარჩენილ ნაწილს ავსებენ ქვიშით და მუხტს აფეთქებენ. ბრიზანტულობაზე მსჯელობენ დამსხვრეული მასის საცრული ანალიზის მიხედვით (ისაზღვრება 7 მმ ხერეტებში გასული წვრილი ფრაქციის პროცენტული რაოდენობა, რაც წამოადგენს ბრიზანტულობის პირობით საზომს). მეთოდის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს მუხტის მცირე სიდიდე, რომლის დროსაც ყველა ფეთქებადი ნივთიერება ვერ იძლევა სრულყოფილ დეტონაციას; ძნელი მისაღწევია ქანის ბლოკების ერთნაირი მექანიკური თვისებები.

ბრიზანტულობის განსაზღვრა ხდება ბალისტიკური ქანქარას საშუალებითაც. ამ შემთხვევაში მუხტის აფეთქება ხდება არა დახშულ გარემო-



ნახ. 15. ბალისტიკური ქანქარა ბრიზანტულობის განსაზღვრისათვის

ში (მორტირაში), არამედ ქანქარას ტორზის ზედაპირზე. აფეთქების შედეგად ქანქარაზე მოქმედებს ძალის იმპულსი, რომელსაც საზღვრავენ ქანქარას გადახრის კუთხის მიხედვით. ცდის სქემა ნაჩვენებია მე-15 ნახაზზე, სადაც 1—ქანქარას ტვირთია; 2—გადახრის კუთხის საზომი ხელსაწყო; 3—ჯავშნიანი ფარი; 4—გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების მუხტი; 5—საყრდენი ფილები. მუხტის წონა 50 გრამია.

— აფეთქების აირების დარტყმის იმპულსი, რომელიც ქანქარას გადა-  
 ხრას იწვევს და ბრიზანტულობის საზომად ითვლება, გამოითვლება ფორ-  
 მულით

$$I = M\sqrt{2g \cdot l(1 - \cos \alpha)},$$

სადაც  $M$  არის ქანქარას მასა, კგ;

$g$  — სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;

$l$  — საკიდარის სიგრძე, მ;

$\alpha$  — ქანქარას გადახრის კუთხე, გრადუსი.

ზოგიერთი მკვლევარი იძლევა ბრიზანტულობის სიდიდის თეორიულ  
 შეფასებას. ჰესი და კასტი თვლიდნენ, რომ ბრიზანტულობა უნდა შეფას-  
 დეს ფეთქებადი ნივთიერების მიერ დროის ერთეულში გამოყოფილი ენე-  
 რჯიით (სიმძლავრით). კასტი სარგებლობდა გამოსახულებით

$$B = f \cdot D \cdot \rho,$$

სადაც  $B$  არის ბრიზანტულობა, კგდ. მ/წმ. ლ;

$f$  — ფეთქებადი ნივთიერების ძალა;

$D$  — დეტონაციის სიჩქარე, მ/წმ;

$\rho$  — ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>;

ზელდოვიჩი და სტანუკოვიჩი ბრიზანტულობას აფასებენ ძალის იმ-  
 პულსით, რომლითაც მუხტი მოქმედებს მასთან შემხვენი ზღუდის ფართო-  
 ბის ერთეულზე (კუთრი იმპულსი). თუ დეტონაციის პროდუქტების გვე-  
 რდითი გაფანტვა არ ხდება, მაშინ კუთრი იმპულსის სიდიდე

$$i = \frac{8}{27} \rho \cdot l \cdot D^2,$$

სადაც  $\rho$  არის მუხტის სიმკვრივე, გ/სმ<sup>3</sup>;

$l$  — მუხტის სიგრძე, სმ;

$D$  — დეტონაციის სიჩქარე, სმ/წმ.

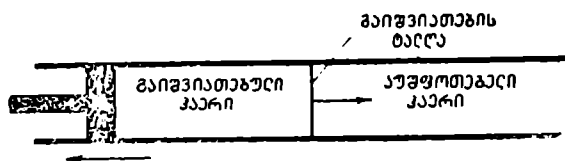
დეტონაციის პროდუქტების გვერდითი გაფანტვის შემთხვევაში ფორ-  
 მულაში მამრავლის სახით შეჰყავთ  $k$  კოეფიციენტი (ცილინდრული მუხ-  
 ტისათვის, რომლის სიმაღლე და დიამეტრი ტოლია  $k=0,16$ ).

## § 12. ძირითადი ცნობები დეტონაციის თეორიიდან

დეტონაცია ფეთქებადი ნივთიერების გარდაქმნის ყველაზე სრულ-  
 ყოფილი ფორმაა. დეტონაცია ვრცელდება ადებული ფეთქებადი ნივთიე-  
 რებისა და მოცემული პირობებისათვის მაქსიმალურად შესაძლებელი მუ-  
 ღმივი სიჩქარით.

დეტონაციის გავრცელების მექანიზმის ასახსნელად წამოყენებულია სხვადასხვა თეორია. საყოველთაო აღიარება კპოვა ჰიდროდინამიკურმა თეორიამ, რომლის თანახმად დეტონაციის გავრცელება განპირობებულია ფეთქებად ნივთიერებაში დარტყმითი ტალღის გავლით. ამიტომ დეტონაციის პროცესის განსახილველად საჭიროა მოკლედ განვმარტოთ დარტყმითი ტალღის ბუნება და განვასხვაოთ იგი აკუსტიკური ტალღისაგან.

აკუსტიკური ანუ ბგერითი ტალღის გავრცელებისას გარემოს ნაწილაკები მხოლოდ რხევით მოძრაობას ასრულებენ და მათ გადატანით მოძრაობას ადგილი არა აქვს. ამ დროს ტალღისა და გარემოს პარამეტრები მდოვრედ იცვლება და გარემოს შეკუმშვა სრულიად უმნიშვნელოა. აღსანიშნავია ისიც, რომ ბგერითი ტალღის გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებული არ არის მის ინტენსიურობაზე. ბგერითი ტალღა, მიუხედავად იმისა, გამოწვეულია იგი წყლის წვეთის დაცემით, თუ უდიდესი ჩანჩქერის ვარდნით, ჰაერში ვრცელდება 330 მ/წმ სიჩქარით (როდესაც ჰაერის



ნახ. 16. გაიშვიათების ტალღის წარმოქმნა

ტემპერატურაა  $0^{\circ}\text{C}$ ). ბგერითი ტალღის გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებულია მხოლოდ თვით გარემოს თვისებებსა და მდგომარეობაზე (წნევა, სიმკვრივე, ტემპერატურა). აირებში ტემპერატურის გაზრდა იწვევს ბგერითი ტალღის გავრცელების სიჩქარის გაზრდას და პირიქით (მშრალ ჰაერში ბგერის სიჩქარის ნამატი ტემპერატურის  $1^{\circ}\text{C}$  მომატებისას შეადგენს  $0,6$  მ/წმ).

წარმოვიდგინოთ გრძელი მილი, რომელშიც მოთავსებულია დგუშა (ნახ. 16). თუ დგუშს მილიდან გამოვწვეთ, იგი ჰაერის მასას აიყოლიებს. პირველად ეს იქნება თხელი შრე, რომელიც დგუშს ეკვრის, შემდეგ მისი მეზობელი შრე და ა. შ. საზღვარი ჰაერის გაიშვიათებულ (მოძრავ) და აუშვითებულ (უძრავ მასებს შორის გადაადგილდება მარჯვნივ, მოცემულ გარემოში ბგერის გავრცელების სიჩქარით.

როგორც არ უნდა შევცვალოთ დგუშის სიჩქარე (თუ მოძრაობის მი-

მართულებას არ შეეცვლით), ჰაერის გაიშვიათების საზღვრის (გაიშვიათების ტალღის) გადაადგილების სიჩქარე მუდმივი დარჩება. მართალია, დგუშის აჩქარებით მივიღებთ ჰაერის უფრო ინტენსიურ გაიშვიათებას, რაც ახალ ტალღებს წარმოქმნის, მაგრამ ეს ტალღები ვერ დაეწევა პირველად წარმოქმნილ ტალღას და მის გავრცელებაზე გავლენას არ მოახ-



ნახ. 17. დარტყმითი ტალღის წარმოქმნა.

დენს. ეს იმით აიხსნება, რომ დგუშის მოძრაობით გამოწვეული ჰაერის გაიშვიათება ადიაბატურად ხდება, ე. გაიშვიათებული ჰაერის ტემპერატურა ეცემა, რის გამოც მასში ტალღის გავრცელების სიჩქარე უფრო ნაკლებია, ვიდრე ჰაერის აუშფოთებელ ნაწილში. ამას ისიც უნდა დაემატოს, რომ გაიშვიათებული ჰაერი, მიჰყვება რა დგუშს, მოძრაობს ბგერითი ტალღის გავრცელების საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამის გამო, გაიშვიათებულ ჰაერში წარმოქმნილი ტალღა მილის მიმართ კიდევ უფრო ნაკლები სიჩქარით გადაადგილდება, ვიდრე თვით ჰაერში.

დაუშვათ, რომ დგუშის მილიდან გამოწვევას კი არ ვახდენთ, არამედ. პირიქით, დგუშს მილის შიგნით ვწვეთ (ნახ. 17).

დგუშს თავდაპირველად მივანიჭოთ მეტად ნელი თანაბარი მოძრაობა, ეს გამოიწვევს დგუშის წინ ჰაერის უმნიშვნელო შეკუმშვას, რასაც მოჰყვება მილის გასწვრივ შეკუმშვის ტალღის გავრცელება ბგერის სიჩქარით. თუ დროის რომელიმე მომენტში დგუშის სიჩქარეს გავზრდით, წარმოიქმნება შეკუმშვის ახალი ტალღა, რომელიც პირველ ტალღაზე უფრო მეტი სიჩქარით იმოძრაებს, ვინაიდან იგი გავრცელდება წინასწარი შეკუმშვის შედეგად უკვე შემთბარ ჰაერში. დგუშის სიჩქარის შემდგომი გაზრდით მივიღებთ მესამე ტალღას, რომელიც პირველ ორზე უფრო სწრაფად გავრცელდება და ა. შ.

ვინაიდან ყოველი მომდევნო ტალღა წინა ტალღაზე სწრაფად ვრცელდება, ამიტომ უკანა ტალღები დაეწევიან წინა ტალღას. ამის შედეგად მოხდება შეკუმშვის ტალღის გაძლიერება და ბოლოს წარმოიქმნება ე. წ.

დარტყმითი ტალღა, რომელიც ზებგერითი სიჩქარით გავრცელდება, რაც უფრო მეტი აჩქარება ექნება დგუშს, მით მეტ სიჩქარესა და წნევას განავითარებს დარტყმითი ტალღა.

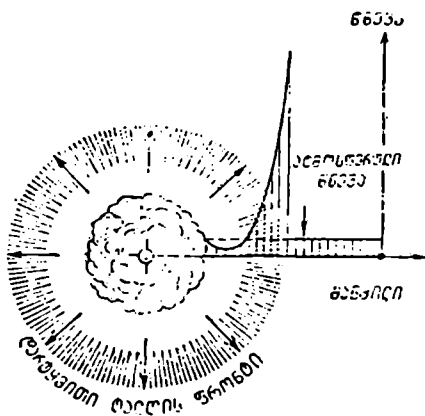
დარტყმითი ტალღის გავრცელების სიჩქარე ბევრად აღემატება დგუშის სიჩქარეს, ე. ი. მიღში ჰაერის გადაადგილების სიჩქარეს. აქ შეიძლება გავატაროთ ანალოგია მატარებლის გაჩერებულ შედგენილობაზე ელმავლის წაბიძგებასთან; ვაგონების ბუფერების დაჭახების გავრცელების სიჩქარე შედგენილობის გასწვრივ გაცილებით სკარბობს ელმავლის სიჩქარეს (მაგალითად, თუ ვაგონის სიგრძეა  $l$ , ვაგონეტების ბუფერებს შორის მანძილია  $\Delta$ , ხოლო ელმავლის სიჩქარეა  $v_{ელ}$ , მაშინ ბიძგის გავრცელების სიჩქარე იქნება  $v_a = v_{ელ} \frac{l + \Delta}{\Delta}$ ).

დარტყმითი ტალღის ფრონტის წინ არის აუშფოთებელი ჰაერი, რომელიც უძრავია და აქვს საწყისი წნევა, სიმკვრივე და ტემპერატურა. დარტყმითი ტალღის საზღვარზე (ფრონტზე) კი ხდება ამ პარამეტრის ნახტომისებრი გაზრდა.

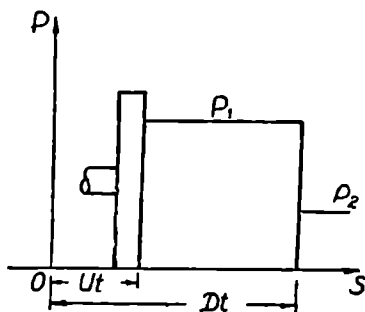
მაშასადამე, დარტყმითი ტალღა წარმოადგენს შეკუმშვის ტალღას; რომელიც მოცემულ გარემოში ზებგერითი სიჩქარით ვრცელდება და რომლის გავლისას გარემოს პარამეტრები (წნევა, სიმკვრივე, ტემპერატურა, სიჩქარე) ნახტომისებრად იზრდება.

ჰაერში დარტყმითი ტალღის გავრცელებას ვღებულობთ მუხტის აფეთქების დროს. აფეთქების აირების დარტყმის შედეგად ხდება მაღალი წნევით ჰაერის შეკუმშვა და მისი ყოველმხრივი გადაადგილება. ამ დროს შეკუმშვის საზღვრის, ე. ი. დარტყმითი ტალღის ფრონტის გადაადგილების სიჩქარე აღემატება თვით ჰაერის გადაადგილების სიჩქარეს. ჰაერში დარტყმითი ტალღის გავლისას წნევების განაწილების გრაფიკი მოცემულია მე-18 ნახაზზე (ცენტრში ნაჩვენებია აფეთქების აირების ღრუბელი). აფეთქების აირების წნევა მათი გაფართოების კვალდაკვალ თანდათანობით ეცემა და ამის შედეგად, გარკვეულ მომენტში, აფეთქების აირებიდან დარტყმითი ტალღის მოწყვეტას და მის დამოუკიდებელ გავრცელებას ვღებულობთ. შემდეგში დარტყმითი ტალღის ინტენსივობა მცირდება, მისი სიჩქარე კლებულობს და ბოლოს იგი ბგერით ტალღად გარდაიქმნება.

დარტყმითი ტალღის ძირითადი განტოლებები შემდეგი მსჯელობით მიიღება (აკად. ზელდოვიჩის მიხედვით). მილი, რომლის განივკვეთის ფართობი  $1 \text{ სმ}^2$ -ს უდრის, დახურულია დგუშით. მისი საწყისი მდებარეობა კოორდინატთა სათავესთან არის შეთავსებული (ნახ. 19). დროის საწყის მომენტში ( $t=0$ ) დგუში მყისურად იწყებს მოძრაობას მუდმივი  $U$  სიჩქარით. დგუშის წინ გაჩნდება დარტყმითი ტალღა, რომელიც აირში მუდმივი  $D$  სიჩქარით გავრცელდება. ტალღის ფრონტზე გარემოს პარამეტრები ნახტომისებრად იცვლება. ტალღის ფრონტის მარჯვნივ აირი უძ-



ნახ. 18. დარტყმითი ტალღის გავრცელება ჰაერში



ნახ. 19. დარტყმითი ტალღის განტოლებების გამოსაყენებელი სქემა

რავადაა. მისი საწყისი წნევაა  $P_0$  და სიმკვრივე —  $\rho_0$ . დგუშისა და ტალღის ფრონტს შორის ნივთიერებას აქვს წნევისა და სიმკვრივის განსხვავებული მნიშვნელობანი ( $P_1$  და  $\rho_1$ ) და მოძრაობს დგუშის გადაადგილების შესაბამისი  $U$  სიჩქარით. დარტყმითი ტალღის პარამეტრების დასადგენად უნდა ვისარგებლოთ მასის, იმპულსისა და ენერჯიის მუდმივობის კანონებით.

რაიმე  $t$  დროის მონაკვეთში დარტყმითი ტალღა გაივლის  $Dt$  მანძილს. ნივთიერების რაოდენობა, რომელიც ამ დროს კუმშვის ქვეშ მოექცევა, იქნება  $\rho_0 Dt$ . ნივთიერების ეს რაოდენობა დგუშისა და ტალღის

ფრონტს შორის მოთავსდება და  $\rho_1$  სიმკვრივეს მიიღებს. იგი ტოლია  $\rho_1(Dt - Ut)$ . შეიძლება დაწვეროთ

$$\rho_0 Dt = \rho_1 (D - U)t. \quad (1.12)$$

დგუშა და ტალღის ფრონტს შორის შეკუმშული ნივთიერების მოძრაობის რაოდენობა უდრის  $\rho_0 Dt U$ . მოძრაობის რაოდენობის ნამატი ეთანაბრება ძალის იმპულსს, რაც მოცემულ შემთხვევაში წნევათა სხვაობის  $(P_1 - P_0)$  და ძალის მოქმედების  $t$  დროის ნამრავლის ტოლია

$$\rho_0 D \cdot t \cdot U = (P_1 - P_0)t. \quad (2.12)$$

ნივთიერების ენერჯიის ნამატი იმ მუშაობის ტოლია, რომელსაც დგუში ასრულებს  $t$  დროში. რადგან დგუშის ფართობია 1 სმ<sup>2</sup>, ამიტომ მასზე მოქმედი ძალა რიცხობრივად  $P_1$  წნევას უდრის. შესრულებული მუშაობა იქნება ამ ძალის ნამრავლი დგუშის მიერ გავლილ გზაზე, ე. ი.  $P_1 Ut$ .

ნივთიერების ერთეული მასის ენერჯიის ნამატი უდრის მისი შიგა ენერჯიის ცვალეზადობისა  $(E - E_0)$  და კინეტიკური ენერჯიის ცვალეზადობის  $\left(\frac{U^2}{2}\right)$  ჯამს (ნივთიერების საწყისი სიჩქარე ნულია,  $U_0 = 0$ ). ნივთიერების მთელი მასის რაოდენობა, რომელმაც კუმშვა განიცადა, არის  $\rho_0 Dt$ . ზემოთქმულის საფუძველზე დაიწერება

$$\rho_0 Dt \left( E - E_0 + \frac{U^2}{2} \right) = P_1 Ut. \quad (3.12)$$

ამ განტოლებაში შეიძლება გამოვრიცხოთ  $t$ . თუ ამასთანავე სიმკვრივეს გამოვსახავთ მისი შეზღუდული სიდიდის — კუთრი მოცულობის საშუალებით  $\left(\rho = \frac{1}{v}\right)$ , მაშინ ეს განტოლებები მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{D}{v_0} = \frac{D - U}{v_1}; \quad (1a. 12)$$

$$\frac{DU}{v_0} = P_1 - P_0; \quad (2a. 12)$$

$$\frac{D}{v_0} \left( E - E_0 + \frac{U^2}{2} \right) = P_1 U. \quad (3a. 12)$$



პირველი ორი განტოლებიდან შეიძლება განვსაზღვროთ დარტყმითი ტალღის სიჩქარე  $D$  და გარემოს ნაკადის სიჩქარე ტალღის ფრონტის უკან  $U$

$$D = v_0 \sqrt{\frac{P_1 - P_0}{v_0 - v_1}}; \quad (4.12)$$

$$U = \sqrt{(P_1 - P_0)(v_0 - v_1)}. \quad (5.12)$$

თუ ამ მნიშვნელობებს შევიტანთ (3ა. 12) განტოლებაში, სათანადო გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ

$$E - E_0 = \frac{1}{2} (P_1 + P_0)(v_0 - v_1). \quad (6.12)$$

დარტყმითი ტალღის პარამეტრების განსაზღვრის დროს მეოთხე განტოლებად იყენებენ იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლებას

$$P \cdot v = n R T, \quad (7.12)$$

სადაც  $n$  გრამ-მოლეკულების რიცხვია აირის მასის ერთეულში.

იდეალური აირის შიგა ენერჯიის ცვალებადობა ტოლია

$$\Delta E = C_v \Delta T \quad \text{ანუ} \quad E - E_0 = C_v (T_1 - T_0).$$

$C_v$  აირის იდეალური აირის კუთრი სითბოტევადობა მულტიპლი მოცულობის დროს

$$C_v = \frac{nR}{k-1},$$

სადაც  $k$  წარმოადგენს შეფარდებას  $C_p : C_v$  ( $C_p$  კუთრი სითბოტევადობაა მულტიპლი წნევის პირობებში).

(6. 12) ფორმულა შეიძლება შემდეგნაირად დავწეროთ

$$\frac{n \cdot R}{k-1} (T_1 - T_0) = \frac{1}{2} (P_1 - P_0)(v_0 - v_1).$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ (7. 9) განტოლებას, გვექნება

$$\frac{1}{k-1} (P_1 v_1 - P_0 v_0) = \frac{1}{2} (P_1 + P_0)(v_0 - v_1), \quad (8.12)$$

ამგვარად, დარტყმითი ტალღის პარამეტრების ( $D$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $v$  და  $T$ ) დასადგენად მივიღეთ ოთხი განტოლების სისტემა—(4. 12), (5. 12), (7. 12) და (8. 12). თუ დავუშვებთ ერთ-ერთი უცნობი პარამეტრის მნიშვნელობას, ამ განტოლებების საშუალებით შეგვიძლია დანარჩენი პარამეტრების გაგ-

ბა ჩვეულებრივად, მოცემულ სიდიდეს წარმოდგენს ტალღის სიჩქარე  $D$ , ვინაიდან მისი გაზომვა შესაძლებელია ცდის საშუალებით.

როგორც ცნობილია, აირის იზოთერმული შეკუმშვის დროს მოცულობა წნევის უკუპროპორციულად იცვლება. ადიაბატური შეკუმშვისას სხვაგვარი დამოკიდებულებაა, მაგრამ, ამ შემთხვევაშიც, წნევის უსასრულო მნიშვნელობას მოცულობის ნულოვანი მნიშვნელობა შეესაბამება. დარტყმითი ტალღის გავრცელების დროს აირის შეკუმშვას ხარისხობრივად სრულიად სხვა ხასიათი აქვს (დარტყმითი შეკუმშვა).

თეორიულად დამტკიცებულია, რომ დარტყმითი ტალღის ფრონტზე წნევის უსასრულოდ გაზრდის შემთხვევაშიც კი აირის სიმკვრივე არ შეიცვლება შეუზღუდავად გაიზარდოს (ე. ი. მოცულობა შეუზღუდავად შემცირდეს). სიმკვრივის ნახტომის ზღვრული მნიშვნელობა, როდესაც წნევა უსასრულობისაკენ მიისწრაფვის, ამ შემთხვევაში ტოლია

$$\frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{k+1}{k-1}.$$

ჰერისათვის, ჩვეულებრივ პირობებში,  $k=1,4$ ; ამიტომ სიმკვრივის ნახტომი (მოცულობის შემცირება) ექვსჯერადია. მაღალი ტემპერატურის პირობებში ჰერის თვისებები იცვლება და  $k=1,2$ . ამ შემთხვევაში (რაც ტალღის ფრონტზე 1000 ატ წნევას შეესაბამება) სიმკვრივე თერთმეტჯერ იზრდება.

როგორც იდეალური აირის განტოლებიდან ჩანს, წნევისა და მოცულობის ნამრავლი აბსოლუტური ტემპერატურის პროპორციულია. ვინაიდან დარტყმითი შეკუმშვისას წნევის გაზრდას მოცულობის პროპორციული შემცირება არ მოსდევს, ამიტომ აირის ტემპერატურა მკვეთრად იზრდება. მაგალითად, დარტყმითი ტალღა, რომლის ფრონტზე წნევა 1000 ატმოსფეროს უდრის, ჰერს 14000°-ზე ახურებს.

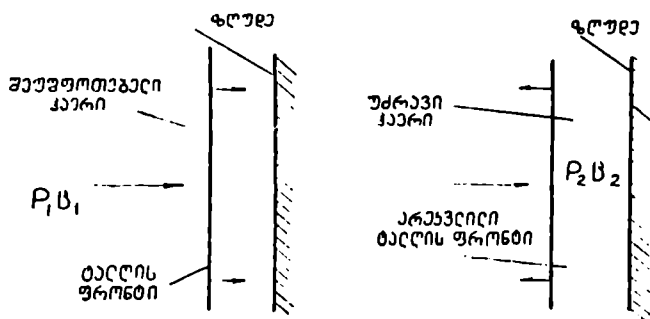
ყოველივე ზემოთქმულის საფუძველზე შეიძლება ჩამოყალიბდეს დარტყმითი ტალღის შემდეგი დამახასიათებელი თავისებურებანი; 1. დარტყმითი ტალღის გავრცელების სიჩქარე ბევრად აღემატება მოცემულ გარემოში ბერის გავრცელების სიჩქარეს; 2. დარტყმითი ტალღის ფრონტზე გარემოს მდებარეობის პარამეტრები ნახტომისებრად იცვლება; 3. დარტყმითი ტალღის გავრცელებისას ხდება გარემოს გადაადგილება იმავე მიმართულებით; 4. დარტყმითი ტალღის სიჩქარე დამოკიდებულია მის ინტენსივობაზე; 5. დარტყმით ტალღას არა აქვს პერიოდული ხასიათი (გარემო განიცდის კუმშვის ერთჯერად ნახტომს).

თუ დარტყმითი ტალღის გამომწვევი მიზეზი შეწყდა (ჩვენ მიერ განხილულ შემთხვევაში—დგუშის მოძრაობა მიღში), მაშინ ტალღის ფრონტზე

არსებული ტემპერატურა და წნევა თანდათან დაიკლებს. ასევე შემცირდება მისი გავრცელების სიჩქარე და ბოლოს დარტყმითი ტალღა ჩვეულებრივ ბგერით ტალღად გადაიქცევა.

საინტერესო მოვლენას ვხვდებით დარტყმითი ტალღის დაცემისას რაიმე ზღუდეზე. ამ დროს ვლუბლობთ დარტყმითი ტალღის არეკვლას, რომელიც მით უფრო ძლიერად ხდება, რაც უფრო ნაკლებად დეფორმირებადია ზღუდე.

განვიხილოთ მარტივი შემთხვევა, როდესაც არადეფორმირებად ბრტყელ ზღუდეს მართობულად ეცემა დარტყმითი ტალღა. 20 ა ნახაზზე



ნახ. 20. დარტყმითი ტალღის არეკვა

ნაჩვენებია დარტყმითი ტალღა ზღუდეზე დაცემამდე, ხოლო 20 ბ ნახაზზე გარემოს მდგომარეობა მისი არეკვლის შემდეგ.

ანარეკლი ტალღა თავის უკან ტოვებს უძრავ ჰაერს, რომლის წნევაა  $P_2$  და ხვედრითი მოცულობა  $v_2$ , არეკვლილი ტალღის წინ კი მის საწინააღმდეგოდ მოძრავ ჰაერს აქვს წნევა  $P_1$ , ხვედრითი მოცულობა  $v_1$  და სიჩქარე  $U_1$ . საწინააღმდეგოდ მოძრავ გარემოში არეკვლილი ტალღის გაელის შემდეგ (ასე ვთქვათ, ტალღის დაჯახების შემდეგ)  $U_1$  სიჩქარე ნახტონისებრად ნულამდე ეცემა. სწორედ ეს არის არეკვლილი ტალღის უკან წნევის ( $P_2$ ) გაზრდის მიზეზი.

ძლიერი დარტყმითი ტალღის დაცემის შემთხვევისათვის მიღებულია შემდეგი შეფარდება

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{3k-1}{k-1}$$

ჰაერისათვის, ჩვეულებრივ პირობებში,  $P_2 : P_1 = 8$ , ხოლო ძალიან მაღალი წნევისა და ტემპერატურის დროს  $P_2 : P_1 = 13$ . როგორც ვხედავთ, ძლიერი დარტყმითი ტალღის არეკვლისას ზღუდეზე წნევა მრავალჯერ აღემატება ტალღის ფრონტზე არსებულ წნევას, რაც ზრდის მის დამანგრეველ მოქმედებას. უნდა აღინიშნოს, რომ აკუსტიკური ტალღების არეკვლისას (იგივე შეიძლება ითქვას სუსტ დარტყმით ტალღებზე) წნევა ორჯერ იზრდება.

დარტყმითი ტალღა შეიძლება გაჩნდეს არა მარტო აირებში, არამედ ნებისმიერ კუმშვად გარემოში და, კერძოდ, მყარ სხეულებში. ამისათვის საჭიროა, რომ მოცემულ გარემოში მივიღოთ წნევის მკვეთრი, ნახტომისებრი აწევა, რისი მიზეზიც შეიძლება იყოს აფეთქება, დარტყმა, მძლავრი ელექტრული განმუხტვა და სხვ. ინერტულ გარემოში (ჰაერი, წყალი, ქანი, ლითონი და სხვ.). ასეთი დარტყმითი ტალღის გავლისას მისი ინტენსივობა აღძვრის ადგილიდან დაშორებით სულ უფრო და უფრო კლებულობს და ბოლოს ქრება.

დარტყმითი ტალღის გავლა ფეთქებად ნივთიერებაში იწვევს მის ქიმიურ გარდაქმნას, რომელსაც დეტონაციის სახე აქვს. ამ შემთხვევაში პროცესი შემდეგნაირად ვითარდება. დეტონატორის აფეთქებით მიიღება მკვეთრი დარტყმა ფეთქებადი ნივთიერების გარკვეულ ფენაზე, რითაც დარტყმითი ტალღა აღიძვრება. ტალღის ფრონტზე შექმნილი წნევისა და ტემპერატურის ნახტომი იწვევს ნივთიერების ქიმიურ გარდაქმნას, რომლის დროსაც გამოყოფილი ენერგია ახალ ბიძგს იძლევა. ამის შედეგად, ე. ი. ტალღის ფრონტს უკან მიმდინარე ქიმიური რეაქციის ენერგიის ხარჯზე, დარტყმითი ტალღა ინარჩუნებს თავის ინტენსივობას და ფეთქებად ნივთიერებაში მუდმივი სიჩქარით განაგრძობს გავრცელებას (ქიმიური გარდაქმნის ენერგია აქ ისეთივე როლს თამაშობს, როგორც მილში მოძრავე დგუში, რომელზეც ზევით იყო ნათქვამი).

ფეთქებად ნივთიერებაში გამავალ დარტყმით ტალღას, რომელსაც თან სდევს ნივთიერების ქიმიური გარდაქმნა მოცემულ პირობებში მაქსიმალურად შესაძლებელი სიჩქარით, დეტონაციის ტალღა ეწოდება. დეტონაციის მისაღებად საჭიროა, რომ დარტყმითი ტალღის ინტენსიურობა (წნევისა და ტემპერატურის ნახტომის მნიშვნელობა) გარკვეულ სიღრმეს აღემატებოდეს, რაც ფეთქებადი ნივთიერების მგრძნობიარობით განისაზღვრება. წინააღმდეგ შემთხვევაში, დარტყმითი ტალღა ვერ გამოი-

წვევს ნივთიერების ქიმიურ გარდაქმნას, რის გამოც იგი მალე დასუსტდება და ჩაქრება (ისე, როგორც ეს ინერტულ გარემოში მოხდებოდა).

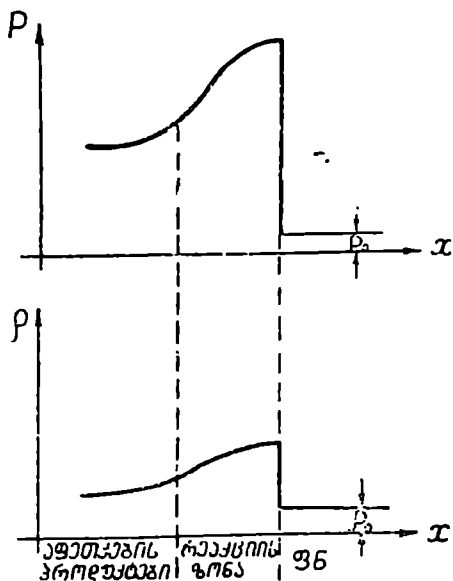
როდესაც დარტყმითი ტალღის გავრცელებაზე ლაპარაკი, იგულისხმება როგორც თვით ტალღის ფრონტის გადაადგილება, ისე მის უკან მყოფი გარემოს მოძრაობა იმავე მიმართულებით. დეტონაციის ტალღის გავრცელება კი, გარდა აღნიშნული ორი ელემენტისა, შეიცავს ქიმიური რეაქციის ზონის გადაადგილებას, რაც თვით ტალღის სიჩქარით ხდება (ნახ. 21).

$U$	$D$	
აქთაჯანის პროდუქტები	რეაქციის ზონა	აქთაჯანი ნივთიერება
$P_1, \rho_1$		$P_0, \rho_0$

ნახ. 21. დეტონაციის ტალღა

დეტონაციის ტალღის ფრონტის წინ ფეთქებადი ნივთიერება უძრავ მდგომარეობაშია და იმყოფება ნორმალური წნევისა  $P_0$  და ნორმალური

სიმკვრივის  $\rho_0$  პირობებში. დეტონაციის ტალღის ფრონტის სისქე, სადაც წნევისა და სიმკვრივის ნახტომი გვაქვს, სრულიად უმნიშვნელოა (აირების შემთხვევაში მილიმეტრის მეთათსეულ ნაწილებს შეადგენს). ვინაიდან ტალღის გავრცელების სიჩქარე  $D$  მეტად დიდია, ამიტომ ნივთიერების შეკუმშვას უეცარი ხასიათი აქვს, რის გამოც მისი ქიმიური გარდაქმნა თვით ტალღის ფრონტზე კი არ ხდება, არამედ მის უკან მყოფ ზონაში, რომელსაც რეაქციის ზონა ეწოდება. ამ ზონის სისქეც საკმაოდ მცირეა (აირებში იგი ერთ მილიმეტრს არ აღემატება). რეაქციის ზონის შემდეგ გვაქვს აფეთქების პროდუქტები, რომელ-



ნახ. 22. წნევისა და სიმკვრივის ცვალებადობის გრაფიკები

თაც გაზრდილი წნევა  $P_1$  და სიმკვრივე  $\rho_1$  ახასიათებს. 22-ე ნახაზზე ნაჩვენებია წნევისა და სიმკვრივის ცვალებადობის ზოგადი სურათი ტალღის ფრონტის უკან.

დეტონაციის ტალღისათვის მართებულია დარტყმითი ტალღებისათვის გამოყვანილი განტოლებები, მხოლოდ (6.12) განტოლება დებულობს ასეთ სახეს

$$E - E_0 = \frac{1}{2} (P_1 + P_0) (v_0 - v_1) + Q_0. \quad (9.12)$$

განტოლების მარჯვენა ნაწილში პირველი შესაკრები წარმოადგენს ენერგიის ცვალებადობას დარტყმითი ტალღის მიერ ნივთიერების შეკუმშვის გამო, ხოლო მეორე შესაკრები: ენერგიის ნამატია ქიმიური რეაქციის შედეგად გამოყოფილი სითბოს სახით.

თეორიულად დასაბუთებულია, რომ დეტონაციის ტალღის სიჩქარე

$$D = U + \epsilon, \quad (10.12)$$

სადაც  $U$  არის რეაქციის პროდუქტების სიჩქარე ტალღის ფრონტის უკან;  $\epsilon$  — ამ პროდუქტებში ბგერის გავრცელების სიჩქარე.

როგორც ცნობილია, აირებისათვის  $\epsilon = \sqrt{k \cdot P} \cdot v$ , სადაც  $k = \frac{C_p}{C_v}$

თუ (10.12) განტოლებას ასე დავწერთ:  $(D - U)^2 = \epsilon^2$  და მასში შევეიტანთ ყოველი წევრის მნიშვნელობას, მაშინ სათანადო გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ ყუგეს განტოლებას

$$\frac{P_1 - P_0}{v_0 - v_1} = k \cdot \frac{P_1}{v_1}. \quad (11.12)$$

თუ უგულებელვყოფთ  $P_0$ -ს, რომელიც  $P$ -სთან შედარებით უმნიშვნელოა, გვექნება

$$\frac{v_1}{v_0 - v_1} = k,$$

საიდანაც მარტივი გარდაქმნების შემდეგ დაიწერება

$$\frac{v_0}{v_1} = \frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{k+1}{k}. \quad (12.12)$$

ამ განტოლებიდან განისაზღვრება სიმკვრივის გაზრდა დეტონაციის ტალღის ფრონტზე. როგორც ვხედავთ, სიმკვრივის ზრდა შედარებით უმნიშვნელოა (რადგან  $k > 1$ , ეს შეფარდება ორზე ნაკლები სიდიდეა), მაშინ როდესაც წნევა ტალღის ფრონტზე მრავალ ათასჯერ იზრდება.

(1 ა. 12) და (2 ა. 12) განტოლებებიდან, თუ მოცულობებს სიმკვრივე-

ებით შეეცვლით, უგულებელყოფთ საწყის წნევას  $P_0$  და გავითვალისწინებთ (12. 12) ტოლობას, შეიძლება მივიღოთ შემდეგი გამოსახულებანი

$$U = \frac{D}{k+1}; \quad (13.12)$$

$$P_1 = \frac{\rho_0 D^2}{k+1}. \quad (14.12)$$

უნდა გვახსოვდეს, რომ (14. 12) განტოლება გამოსახავს ტალღის ფრონტზე შექმნილი წნევის სიდიდეს და არა დახშულ გარემოში აფეთქების შედეგად განვითარებულ საშუალო წნევის მნიშვნელობას. ეს უკანასკნელი პირველზე გაცილებით ნაკლებია.

ზემოთ მოყვანილი განტოლებებიდან (4. 12), (5. 12), (7. 12) და (8. 12), უგულებელყოფენ რა  $P_0$ -ს მნიშვნელობას, ლებულობენ დეტონაციის სიჩქარის განმსაზღვრელ ფორმულას

$$D = \sqrt{2(k^2 - 1)} Q_0. \quad (14.12)$$

ამ ფორმულით დეტონაციის სიჩქარე რომ გავიგოთ, საკმარისია ვიცოდეთ სითბოტევადობათა მნიშვნელობანი მუდმივი წნევისა და მუდმივი მოცულობის დროს და აფეთქებისას გამოყოფილი სითბო.

მიახლოებით გაანგარიშებისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ გამოსახულებით

$$D = D_0 \sqrt{\frac{Q_0}{Q_0^*}},$$

სადაც  $D_0$  და  $Q_0^*$  რომელიმე სტანდარტული ფეთქებადი ნივთიერების ცნობილი პარამეტრებია.

დეტონაციის სიჩქარის ექსპერიმენტული განსაზღვრა, როგორც ზევით იყო ნაჩვენები, სიძნელეს არ წარმოადგენს. ამიტომ, უმეტეს შემთხვევაში, საჭირო ხდება დეტონაციის ტალღის სხვა პარამეტრების განსაზღვრა დეტონაციის სიჩქარის მიხედვით. მათ რიცხვს ეკუთვნის წნევა ტალღის ფრონტზე, დეტონაციის პროდუქტების სიჩქარე და მაფი სიმკვრივე, რომელთა ექსპერიმენტული გამოკვლევა შეუძლებელია.

დეტონაციის ჰიდროდინამიკური თეორიის ზემომოყვანილი დამოკიდებულებანი მიღებულია აიროვანი ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის. კონდენსირებული (ე. ი. მყარი ან თხევადი) ფეთქებადი ნივთიერებების

შემთხვევაში (4. 12), (5. 12), და (6. 12) განტოლებანი ძალაში რჩება, ვინაიდან ისინი მიღებულია ენერჯის მოძრაობის რაოდენობისა და მასის მუდმივდენობის კანონების საფუძველზე. ეს კანონები კი, როგორც მექანიკიდან ვიცით, უნივერსალურია, ე. ი. მართებულია ნივთიერების ნებისმიერი აგრეგატული მდგომარეობის დროს. მაგრამ კონდენსირებული ნივთიერებისათვის პრინციპულად მიუღებელია იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება (7. 12), რადგან მათი დეტონაციის დროს წარმოქმნილი აირების სიმკვრივე იმდენად დიდია, რომ მოლეკულათა შორის განზიდვის ძალებს გადამჭრელი მნიშვნელობა ენიჭება. ამ გარემოებას იდეალური აირის განტოლება არ ითვალისწინებს.

ლანდაუმ და სტანუკოვიჩმა რთული თეორიული კვლევის საფუძველზე გვაჩვენეს, რომ კონდენსირებული ნივთიერებების დეტონაციის დროს ტალღის ფრონტთან წარმოქმნილი აირის მოცულობასა და წნევას შორის დამოკიდებულება შეიძლება გამოისახოს შემდეგი განტოლებით

$$p \cdot v^k = \text{const.} \quad (17.12)$$

სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების უმრავლესობისათვის  $k=3$ . თუ ამ მნიშვნელობით ვისარგებლებთ, შეიძლება დავწეროთ შემდეგი განტოლებანი, რომლებიც მართებული იქნება კონდენსირებული ნივთიერებების დეტონაციის შემთხვევისასთვის (ვისარგებლობთ 12, 13 და 14 განტოლებებით):

$$p_1 = \frac{4}{3} p_0; \quad (18.12)$$

$$P_1 = \frac{p_0 D^2}{4}; \quad (19.12)$$

$$U = \frac{D}{4}. \quad (20.12)$$

გამოვთვალოთ კლდის ამონიტის № 1 დეტონაციის პარამეტრები, თუ მისი სიმკვრივეა  $p_0 = 1,5$  გ/სმ<sup>3</sup>, ხოლო დეტონაციის სიჩქარე (გაზომილი ექსპერიმენტულად)  $D = 6000$  მ/წმ.

აფეთქების პროდუქტების სიმკვრივე მათი წარმოქმნის მომენტში

$$p_1 = \frac{4}{3} \cdot 1,5 = 2,0 \text{ გ/სმ}^3.$$



წნევა დეტონაციის ტალღის ფრონტზე

$$P_1 = \frac{1,5 \cdot 600000^2}{4} = 1350 \cdot 10^6 \text{ ბარი.}$$

იმისათვის, რომ წნევა გადავიყვანოთ ტექნიკურ ერთეულებში (კგძ/სმ<sup>2</sup>) საჭიროა ბარებში მიღებული მნიშვნელობა გავყოთ 98,1.10<sup>4</sup>-ზე, რის შემდეგ მივიღებთ 137635 კგძ/სმ<sup>2</sup>.

აფეთქების პროდუქტების ნაკადის სიჩქარე დეტონაციის ტალღის უკან იქნება

$$U = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ მ/წმ.}$$

### § 13. დეტონაციის მდგრადობის პირობები

ფეთქებადი ნივთიერების დეტონაციის სიჩქარე დამოკიდებულია არა მარტო მის ქიმიურ შედგენილობაზე, არამედ სხვა ფაქტორებზეც, რომელთა შორის აღსანიშნავია საწყისი იმპულსის სიმძლავრე, მუხტის დიამეტრი, ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივე, მისი კრისტალების სიმსხო (დისპერსულობა), მუხტის გარსის არსებობა და სხვ.

ს ა წ ყ ი ს ი ი მ პ უ ლ ს ი ს გ ა ვ ლ ე ნ ა. ფეთქებადი პროცესის აღძვრა, როგორც აღნიშნული იყო, პრაქტიკულად ხორციელდება სითბური. მექანიკური ან სხვა ფეთქებადი ნივთიერების ენერჯის ხარჯზე. საწყისი იმპულსის ხასიათზე დამოკიდებულია დეტონაციის აღძვრის პროცესის მიმდინარეობა.

სითბური ზემოქმედებისას საწყის პერიოდში მუდამ გვაქვს ნივთიერების წვა, რომლის სიჩქარე თანდათან მატულობს. თუ ეს პროცესი საკმარისი ინტენსიურობისაა, მაშინ შეიძლება წარმოიქმნას ისეთი სიძლიერის დარტყმითი ტალღა, რომელიც უზრუნველყოფს დეტონაციის მიღებას. მაგრამ ეს ყოველთვის ასე არ ხდება და სითბური იმპულსით გამოწვეული ფეთქებადი ნივთიერების დაშლა, ზშირად, მხოლოდ ჩქარი წვის სახით ვრცელდება. გარდაქმნის ხასიათი, ამ შემთხვევაში, დამოკიდებულია არა მარტო ფეთქებადი ნივთიერების ქიმიურ თვისებებზე, არამედ ისეთ ფაქტორებზეც, როგორცაა მისი სიმკვრივე, გარემოს ტემპერატურა, წნევა და სხვ.

დარტყმითი ზემოქმედების დროს ფეთქებადი ნივთიერების გარდა-

ქმნის მექანიზმი დამოკიდებულია მის ქიმიურ შედგენილობასა და ფიზიკურ მდგომარეობაზე. ერთგვაროვანი თხევადი, მყარი და პლასტიკური ნივთიერებებისათვის, რომლებიც არ შეიცავენ აიროვან ჩანართებს და უცხო მინარევებს, დამახასიათებელია დეტონაციის ე. წ. ჰომოგენური მექანიზმი. ამ შემთხვევაში დარტყმითი ტალღა ახდენს ნივთიერების გარკვეული მოცულობის შეკუმშვას, გახურებასა და ქიმიურ გარდაქმნას დეტონაციის მთელ ფრონტზე, რომლის დროსაც რეაქცია სწრაფად მთავრდება შედარებით ვიწრო ზონაში; საკმარისი სიძლიერის იმპულსის მოქმედებისას, დეტონაცია ოპტიმალურ სიჩქარეს აღწევს შესამჩნევი გაქანების პერიოდის გარეშე.

ფხვიერ და გრანულირებულ (დამარცვლულ) ფეთქებად ნივთიერებებში დეტონაცია ვრცელდება ფეთქებადი წვის მექანიზმით; არაერთგვაროვნობის გამო დარტყმითი ტალღით ნივთიერების შეკუმშვა და გახურება არათანაბარია. აფეთქების ცენტრებს აქ წარმოადგენს ე. წ. „ცხელი წერტილები“. მათი შექმნა განპირობებულია დარტყმის მიმღებ ფენაში ყველაზე უფრო დეფორმირებული ნაწილებისა და აირის ნაწილაკების ადგილობრივი გახურებით. „ცხელ წერტილებში“ ქიმიური რეაქციის სიჩქარე იმდენად დიდია, რომ მისი ხანგრძლივობა დეტონაციის ხანგრძლივობაზე გაცილებით ნაკლები გამოდის. ეს ხელს უწყობს დეტონაციის გახურებული პროდუქტების შექრას წინამდებარე ფენებში და ქიმიური რეაქციის ინტენსიურ გავრცელებას ფეთქებადი ნივთიერების სიღრმეში აფეთქებისათვის დამახასიათებელი სიჩქარით. თუ პირველი ფენის გარდაქმნით გამოწვეული იმპულსი საკმარისი იქნება მეზობელი ფენის ასეთივე გარდაქმნისათვის, მაშინ პროცესი თავისუფლად გავრცელდება. ეს გამოიწვევს დარტყმითი ტალღის შექმნას, რომლის გარბენა ნივთიერების მასაში განპირობებს დეტონაციის მოვლენას. არასაკმარისი სიმძლავრის საწყისი იმპულსის შემთხვევაში, პროცესის თავისთავადი განვითარების ნაცვლად მივიღებთ ადგილობრივ ფეთქვას და პროცესი ჩაქრება (დარტყმითი ზემოქმედებისას დეტონაციის გავრცელების მექანიზმი პირველად ი. ხარიტონმა გამოიკვლია).

ფეთქებადი წვის მექანიზმით გავრცელებული დეტონაციის დროს ქიმიური რეაქციის ზონა გაცილებით უფრო განიერია, ხოლო დეტონაციის ტალღის პარამეტრები უფრო დაბალია, ვიდრე ჰომოგენური მექანიზმით მიმდინარე დეტონაციის შემთხვევაში. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ დეტონაციის აღძვრა ფეთქებადი წვის მექანიზმით, უფრო ნაკლები სიმძლავ-

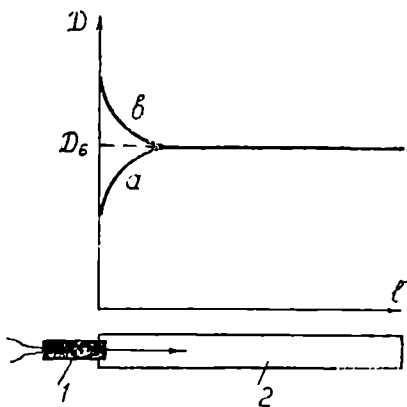
ერის საწყის იმპულსს მოითხოვს. ამ დროს დეტონაციის სიჩქარე ოპტიმალურ მნიშვნელობას აღწევს გაქანების გარკვეულ უბანზე, რომლის სიგრძე შეიძლება მუხტის დიამეტრს რამდენჯერმე აღემატებოდეს.

პრაქტიკული თვალსაზრისით ინტერესს იწვევს დეტონაციის აღძვრის პროცესი, რომელიც სხვა ფეთქებადი ნივთიერების (ინიციატორის) ენერგიის ხარჯზე ვითარდება (ნახ. 23). ინიციატორის (დეტონატორის) I აფეთქებისას წარმოქმნილი დარტყმითი ტალღა ვრცელდება მუხტის 2-ნაწილში. თუ ინიციატორში აღძრული ტალღის სიჩქარე მუხტში ბგერის გავრცელების სიჩქარეზე ნაკლებია, მაშინ დეტონაციის უშუალო გაგრძელება გამოორიცხულია. ამ შემთხვევაში ინიციატორის დეტონაციის ცხელი პროდუქტების გავლენით შეიძლება მუხტის ნივთიერების წვა დაიწყოს. წვის პროცესი მხოლოდ ხელსაყრელ პირობებში გადავა დეტონაციაში.

ინიციატორის დარტყმითი ტალღის მიერ დეტონაციის უშუალოდ აღძვრის დროს შეიძლება გვექნოდეს ორი შემთხვევა. პირველ შემთხვევაში ინიციატორის დეტონაციის სიჩქარე ნაკლებია მუხტის ნივთიერებისათვის დამახასიათებელ დეტონაციის სიჩქარეზე. ამის გამო, საწყის უბანზე აფეთქება, დეტონაციასთან შედარებით, ნაკლები სიჩქარით მიმდინარეობს (ნახ. 23, a).

მეორე შემთხვევაში კი, როდესაც ინიციატორის დეტონაციის სიჩქარე მუხტისაზე მეტია, საწყის უბანზე მუხტის აფეთქების სიჩქარე მისი დეტონაციის ნორმალურ სიჩქარეს აღემატება (ნახ. 23, b). ორივე შემთხვევაში მუხტის დეტონაციის სიჩქარე საბოლოოდ თავის ნორმალურ მნიშვნელობას აღემატება (ნახ. 23,  $D_0$ ).

მუხტის დიამეტრის გავლენა. დიდი წნევა, რაც დეტონაციის ტალღაზე წარმოიქმნება, იწვევს აფეთქების პროდუქტების გაფართოებასა და გატყორცნას მუხტის ღერძის მართობულად ყველა მიმართულებით. გატყორცნა ხდება ქიმიური რეაქციის ზონაშიც, სადაც მიმდინარეობს საწყისი ნივთიერების აფეთქების პროდუქტებად გარდაქმნის პროცესი. ამის გამო შეიძლება გატყორცნილი აღმოჩნდეს ფეთქებადი ნივთიერების ის ნაწილაკებიც, რომელთაც სრული ქიმიური გარდაქმნა ვერ მოასწრეს. მათი ენერგია უსარგებლოდ იკარგება (მიიღება ე. წ. ქიმიური დანაკარგები).



ნახ. 23. დეტონაციის აღძვრის პროცესი

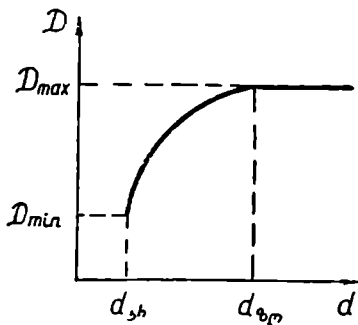
აფეთქების პროდუქტების გაფართოებისა და გატყორცნის პროცესს იწყება მუხტის პერიფერიებიდან და ვრცელდება მისი ლერძისაკენ, მოცემულ გარემოში ბგერის გავრცელების სიჩქარით; აფეთქების შეკუმშულ აირებში იმავე მიმართულებითა და სიჩქარით გავრცელდება გაიშვიათების ტალღა. აკად. ხარითონმა, რომელმაც ეს მოვლენა შეისწავლა, შემდეგი პრინციპი ჩამოაყალიბა: ფეთქებადი ნივთიერების დეტონაცია შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ დეტონაციის ტალღაში ქიმიური რეაქციის დრო ნივთიერების გატყორცნის დროზე ნაკლებია.

დრო, რომლის განმავლობაში ცილინდრული ფორმის მუხტის პერიფერიებიდან მიმდინარე გაიშვიათების ტალღა მის ლერძს მიაღწევს  $t = r : c$ , სადაც  $r$  მუხტის რადიუსია,  $c$  — ბგერის სიჩქარე აფეთქების პროდუქტებში. ეს დრო შეტი უნდა იყოს ქიმიური რეაქციის დროზე  $t_0$ , წინააღმდეგ შემთხვევაში მუხტის მთელ კვეთზე მოხდება ნივთიერების გაფანტვა, რაც დეტონაციის ტალღის წნევის დაცემასა და ჩაქრობას გამოიწვევს; ცხადია, რომ რაც ნაკლებია მუხტის დიამეტრი, მით მეტი იქნება ამის საშიშროება. ცილინდრული მუხტის უმცირეს დიამეტრს, რომლის დროსაც ჯერ კიდევ შესაძლებელია დეტონაციის ტალღის გავრცელება — კრიტიკული დიამეტრი ეწოდება.

მაშასადამე, ფეთქებადი ნივთიერების მუხტის სრულყოფილი დეტონაციისათვის საჭიროა, რომ მისი დიამეტრი აღემატებოდეს მოცემული პირობებისათვის დამახასიათებელ კრიტიკულ დიამეტრს. ერთი და იმავე ფეთქებადი ნივთიერების კრიტიკული დიამეტრი შეიძლება დიდ ფარგლებში იცვლებოდეს, რაც დამოკიდებულია ნივთიერების ფიზიკურ მდგომარეობაზე (სიმკვრივე, მარცვლების სიმსხო, ტენიანობა და სხვ.) და აფეთქების პირობებზე (აფეთქება ზედაპირზე, თუ შპურში, გაზსაცმის სიძტივე და სხვ.).

მუხტის დიამეტრის გაზრდა, კრიტიკულის ზევით, იწვევს დეტონაციის სიჩქარის გაზრდას, რომელიც მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს დიამეტრის რომელიმე ზღვრული სიდიდის დროს (ზღვრული დიამეტრი). მუხტის დიამეტრის შემდგომი გაზრდა დეტონაციის სიჩქარის გადიდებას აღარ იძლევა.

მუხტის დიამეტრსა და დეტონაციის სიჩქარეს შორის დამოკიდებულების ზოგადი ხასიათის მაჩვენებელია 24-ე ნახაზზე მოცემული მარული. მაგალითად, ამონიუმის გვარჯილიანი ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის დე-



ნახ. 24. მუხტის დიამეტრის გავლენა დეტონაციის სიჩქარეზე

ტონაციის სიჩქარე კრიტიკული დიამეტრის შემთხვევაში, დაახლოებით, 1000—1200 მ/წმ შეადგენს, ხოლო ზღვრული დიამეტრის დროს იგი 4000—5000 მ/წმ აღწევს.

მაღალი დეტონაციური თვისებების მქონე ქიმიური ნაერთებისათვის (ტენი, ჰექსოგენი) კრიტიკულ და ზღვრულ დიამეტრებს შორის განსხვავება შედარებით მცირეა და მხოლოდ 5—10%-ს შეადგენს. ფეთქებადი ნარევებისათვის კი ეს განსხვავება 50%-ს აღწევს.

საწყისი იმპულსის სიმძლავრე გავლენას არ ახდენს კრიტიკული დიამეტრის მნიშვნელობაზე. იმპულსის სიმძლავრის გაზრდით შეიძლება მხოლოდ ოდნავ გაიზარდოს იმ უბნის სიგრძე, რომელზეც გავრცელდება დეტონაცია (მის ჩაქრობამდე).

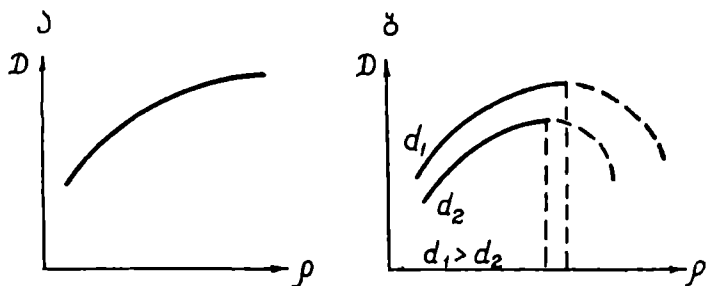
ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივის გავლენა. ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივის გაზრდისას დასაწყისში დეტონაციის სიჩქარე სწრაფად მატულობს, შემდეგ კი მატება სულ უფრო ნელა მიდის. ერთგვაროვანი ფეთქებადი ნაერთის შემთხვევაში დეტონაციის სიჩქარის მატებას ადგილი აქვს გამუდმებით, სიმკვრივის პრაქტიკულად შესაძლებელ მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე. მაგალითად, როდესაც ტეტრილის სიმკვრივეა 0,52 გ/სმ<sup>3</sup>, მაშინ მისი დეტონაციის სიჩქარე 3900 მ/წმ-ს უდრის; ხოლო თუ სიმკვრივეს 1,68 გ/სმ<sup>3</sup>-მდე გავზრდით — დეტონაციის სიჩქარე 7700 მ/წმ-მდე გაიზრდება.

როდესაც ფეთქებადი ნივთიერება გვაქვს მექანიკური ნარევის სახით, მაშინ სიმკვრივის გაზრდით დეტონაციის სიჩქარის მატება მხოლოდ გარკვეულ საზღვრამდე ხდება. სიმკვრივის შემდგომი გაზრდისას დეტონაციის სიჩქარე მნიშვნელოვნად კლებულობს და ბოლოს იგი სრულიად წყდება. ფეთქებადი ნივთიერების ისეთ სიმკვრივეს, რომლის გადაჭარბება დეტონაციის ჩაქრობას იწვევს — კრიტიკული სიმკვრივე ეწოდება. ზოგიერთი მკვლევარის მონაცემების თანახმად, კრიტიკული სიმკვრივე ფეთქებად ნარევებში თავს იჩენს მხოლოდ მაშინ, როდესაც მუხტის დიამეტრი ( $d_{\text{მუხ}}$ ) ზღვრულ დიამეტრზე ( $d_{\text{ზღ}}$ ) ნაკლებია; თუ  $d_{\text{მუხ}} > d_{\text{ზღ}}$ , სიმკვრივესა და დეტონაციის სიჩქარეს შორის ისეთივე ხარისხობრივი დამოკიდებულებაა, როგორც ერთგვაროვანი ქიმიური ნაერთებისათვის არსებობს.

კრიტიკული სიმკვრივის არსებობა განსაკუთრებით ანგარიშგასაწყევია მცირე მუშაობის უნარის მქონე ფეთქებადი ნარევების გამოყენების დროს. შპურებში მათი ინტენსიური დატენვისას შეიძლება გადაჭარბებულ იქნეს კრიტიკული სიმკვრივის მნიშვნელობა, რაც მუხტის მტყუნებას გამოიწვევს. მძლავრი კომპონენტების (ტენი, ჰექსოგენი) დიდი რაოდენობით შემცველ ფეთქებად ნარევებში კრიტიკულ სიმკვრივეს პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს.

მუხტის დიამეტრის გაზრდა, მისი მოთავსება მტკიცე გარსაცმში, ნარევის კომპონენტების მარცვლების სიმსხოს შემცირება კრიტიკული სიმკვრივის მნიშვნელობის გაზრდას იწვევს. 25-ე ნახაზზე მოცემულია მუხტის სიმკვრივისა და დეტონაციის სიჩქარეს შორის დამოკიდებულების დამახასიათებელი გრაფიკები ფეთქებადი ქიმიური ნერთებისა (ნახ. 25, ა) და ფეთქებადი მექანიკური ნარევისათვის (ნახ. 25, ბ), როგორც ვხედავთ, მუხტის დიამეტრის გაზრდას დეტონაციის სიჩქარის მაქსიმუმი მეტი სიმკვრივის დროს აღინიშნება (საერთოდ, მუხტის მეტი დიამეტრის შესაბამისი მრუდი ბევრად უფრო მაღლა ძევს, ვიდრე ეს ნაკლები დიამეტრის შემთხვევაში გვაქვს).

მუხტის გარსაცმის გავლენა. როდესაც მუხტი რაიმე მტკიცე გარსშია მოთავსებული, მაშინ მისი დეტონაციის პირობები უმჯო-



ნახ. 25. მუხტის სიმკვრივის გავლენა დეტონაციის სიჩქარეზე

ბესდება. ეს იმით არის გამოწვეული, რომ გარსაცმის არსებობა ზღუდავს გვერდითი გაიშვიათების ტალღების შექრას ქიმიური გარდაქმნის ზონაში (აფეთქების პროდუქტების გაფართოებას), ე. ი. ხელს უწყობს ქიმიური რეაქციის ენერჯიის სრულ გამოყენებას დეტონაციის პროცესის განვითარებაში. გარსაცმის გავლენა მნიშვნელოვანია მუხტის მცირე სიმკვრივისა და მცირე დიამეტრის დროს. იგი უფრო შესაძნეველად გამოვლინდება ისეთი ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენებისას, რომელთა ქიმიური გარდაქმნის პროცესი შედარებით ნელა მიმდინარეობს (მაგალითად, ზოგიერთი ამონიუმისგვარჯილიანი ფეთქებადი ნივთიერება). როდესაც მუხტის დიამეტრის სიდიდე მის ზღვრულ მნიშვნელობას აღემატება, მაშინ გარსაცმის არსებობა დეტონაციის სიჩქარეზე გავლენას აღარ ახდენს.

გარსაცმის არსებობა მნიშვნელოვნად ამცირებს მუხტის კრიტიკული და ზღვრული დიამეტრების ( $d_{კრ}$  და  $d_{ზღ}$ ) სიდიდეს. მაგალითად, იგდანტისა და გრანულიტების კრიტიკული დიამეტრი მუხტის ლიად აფეთქებისას 100—120 მმ-ია, ხოლო ფოლადის გარსაცმის არსებობის შემთხვევაში 25—30 მმ-ს შეადგენს.

**ა რ ხ ის ე ფ ე ქ ტ ი .** ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ შპურში მოთავსებული მუხტის აფეთქების პირობები უკეთესია ლია მუხტის აფეთქების პირობებთან შედარებით. მაგრამ, როდესაც შპურის კედლებსა და მასში მოთავსებულ ვაზნებს შორის არსებობს გარკვეული სიდიდის ღრეჩო, მაშინ ამან, პირიქით, შეიძლება დეტონაციის ტალღის შესუსტება და მისი ჩაქრობა გამოიწვიოს. ამ მოვლენას „არხის ეფექტი“ ეწოდება. არხის ეფექტის ექსპერიმენტული შესწავლისას დადგინდა, რომ შპურის (მილის) კედლებსა და მუხტს შორის არსებულ ღრეჩოში ხდება დარტყმითი ტალღის გავრცელება, რომლის სიჩქარე მუხტის დეტონაციის სიჩქარეს აღემატება. ეს იწვევს დეტონაციის ტალღის წინ მუხტის შეკუმშვას კრიტიკულ სიმკვრივემდე, რასაც ფეთქებადი რეაქციის ჩაქრობის მიზეზად თვლიან. არხის ეფექტი მაქსიმალურად გამოვლინდება ღრეჩოს „ოპტიმალური“ სიდიდის შემთხვევაში. „ოპტიმუმის“ არსებობას იმით ხსნიან, რომ ღრეჩოს შემცირება იწვევს აეროდინამიკური წინააღმდეგობის გაზრდას, რაც ხელს უშლის დარტყმითი ტალღის გავლას ღრეჩოში, ხოლო მისი გადიდება იწვევს ამ ტალღის წნევის შემცირებას, რის გამოც მუხტი ნაკლებად იკუმშება. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ საწყისი იმპულსის გაზრდა კი არ ამცირებს, არამედ, პირიქით, აღიძვებს არხის ეფექტის საშიშროებას.

არხის ეფექტს უმთავრესად ვხვდებით სუსტი სადეტონაციო თვისებების მქონე ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენების პრაქტიკაში, როდესაც ღრეჩოს სიდიდე ვაზნებსა და შპურის კედლებს შორის 10—15 მმ შეადგენს. მაღალი მგრძნობიარობის მქონე მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერების ხმარების დროს არხის ეფექტი არ აღინიშნება.

**მ ა რ ც ვ ლ ე ბ ის ს ი მ ს ხ ო ს გ ა ვ ლ ე ნ ა .** დეტონაციის განვითარებაზე გარკვეულ გავლენას ახდენს ფეთქებადი ნივთიერების შემადგენელი მარცვლების (კრისტალების) სიმსხო. წვრილად დანამკეცების შემთხვევაში დეტონაციის პირობები უმჯობესდება, მსხვილი ნაწილაკების დროს კი დეტონაციის სიჩქარე კლებულობს და, ზოგ შემთხვევაში, იგი შეუძლებელიც ხდება. ფეთქებადი ნივთიერების ყოველმა ცალკე აღებულმა მარცვალმა არ შეიძლება მოგვეცეს დეტონაცია, ვინაიდან მისი სიმსხო, ჩვეულებრივად, მუხტის კრიტიკულ დიამეტრზე ნაკლებია. მაშასადამე, როგორც ამას ზელდოვიჩი აღნიშნავს, მთელი მუხტის აფეთქებისას მარ-

ცვლები ერთმანეთს როგორც ეხმარებიან სრულ და სწრაფ გარდაქმნაში, რაც დეტონაციის ტალღის გავრცელებას უზრუნველყოფს. რაც უფრო წვრილი მარცვლები გვაქვს, მით უკეთესია მათ შორის ურთიერთმოქმედება (კონტაქტა), ხოლო მარცვლების გამსხვილებისას იგი შედარებით ნაკლებია. თუ ცალკეული ნარცვლების სიმსხო კრიტიკულ დიამეტრზე მეტია, მაშინ შესაძლებელია მათი დამოუკიდებელი დეტონირება. ამ შემთხვევაში დეტონაცია გავრცელდება მარცვლის სიმკვრივის შესაბამისი სიჩქარით.

მარცვლების სიმსხოს შემცირებისას  $d_{კრ}$  და  $d_{აღ}$  მნიშვნელობები მცირდება და მათ შორის განსხვავებაც კლებულობს.

სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების დამზადების დროს მარცვლების სიმსხოს სათანადო შერჩევით ლეზულობენ დეტონაციის ისეთ სიჩქარეს, რომელიც საჭიროა დასახულა მიზნებისათვის.

როგორც ვხედავთ, ფეთქებადი ნივთიერების დეტონაციის მდგრადობასა და სიჩქარეზე გავლენა აქვს, გარდა მისი შედგენილობისა, სხვადასხვა ფიზიკურ ფაქტორებს. მათი მოქმედება ერთობლივ შეფასებას მოითხოვს, ვინაიდან ერთ-ერთი ფაქტორის არახელსაყრელი მნიშვნელობა შეიძლება კომპენსირებულ იქნეს მეორე ფაქტორის ოპტიმალური მნიშვნელობით.

#### § 14. კუმულაციის მოვლენა

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

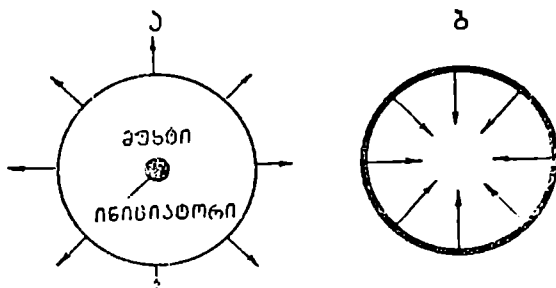
საწინააღმდეგო მოვლენას ვხვდებით აფეთქების პროდუქტების სხვადასხვა ნაკადის ან დეტონაციის ტალღების ერთმანეთთან შეჯახების შემთხვევაში. ამ დროს აღინიშნება შეჯახებული მასების წნევის, სიმკვრივისა და სიჩქარის მკვეთრი გაზრდა, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის აფეთქების ადგილობრივ დამანგრეველ მოქმედებას. ასეთ მოვლენას კუმულაცია 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 ფარგლების გარეთ გასვლის შემდეგ სწრაფად იწყებს შესუსტებას (ნახ. 26, ა). მეორე შემთხვევაში, თუ ავიღებთ ღრუ სფეროს ფორმის მქონე მუხტს და განვახორციელებთ მთელი მისი ზედაპირის ერთდროულ ინიცირებას, მივიღებთ დეტონა-



ციის სფერულ ტალღას, რომელიც მუხტის ცენტრისაკენ გავრცელდება (ნახ. 26 ბ). ამ დროს ტალღის ფრონტის ზედაპირი მცირდება, ხოლო მისი ენერჯია იზრდება. ასეთი ტალღის შეყრის ადგილზე წნევა, შესაძლებელია, მილიონ ატმოსფერომდე გაიზარდოს.

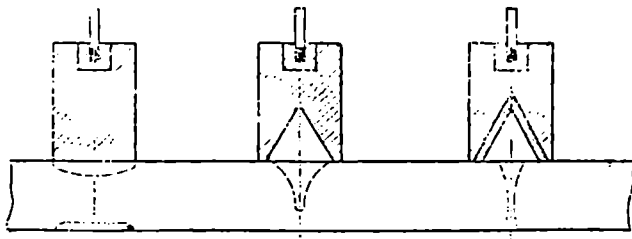
აქ განხილული რადიალური კუმულაციის ეფექტი მუხტის შვებით მიიღება, ამიტომ მას ნაკლები პრაქტიკული გამოყენება აქვს. ამ თვალ-



ნახ. 26. რადიალური კუმულაცია

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

27-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ფოლადის ფილა მასზე მოთავსებული ცილინდრული ფორმის სამი მუხტით, რომელთა სიმაღლე და დიამეტრი

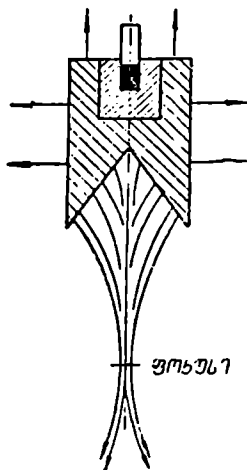


ნახ. 27. ჩვეულებრივი და კუმულაციური მუხტების გამწვანე მოქმედება

თანაბარია. პირველ მუხტს აქვს ბრტყელი ფუძე, მეორეს ფუძეში კონუსური ღრმული აქვს გაკეთებული, ხოლო მესამე მუხტის ასეთივე ფორ-

მის ღრმულში ლითონის თხელი გარსია ჩადებული. ამ მუხტების აფეთქება ფილის სხვადასხვა დეფორმაციას იძლევა.

პირველი მუხტის აფეთქების შედეგად ფილაზე ელვებულობით ჩანაქდევს, რომლის დიამეტრი მუხტის დიამეტრის ტოლია (ამ დროს, შესაძლებელია, ფილის მოპირდაპირე ზედაპირზე მივიღოთ დაახლოებით ასეთივე ზომის ფოლადის ნაკრის ახლენა). მეორე მუხტის აფეთქებით ფილაში გაჩნდება ძაბრი, რომელსაც პირველი მუხტით შექმნილ ჩანაქდევთან 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.



ნახ. 28. ღრმული კუმულაციის მოვლენა

კუმულაციური მუხტის აფეთქების არსი შემდეგში მდგომარეობს (ნახ. 28). კუმულაციურ ღრმულთან მდებარე მუხტის ნაწილის აფეთქების პროდუქტები ღრმულის ზედაპირზე გასვლისას მოძრაობის მიმართულებას იცვლიან და ამ ზედაპირის თითქმის მართობულად გაიტყორცნებიან. 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 ბრინჯანტულობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებების მუხტებისათვის 12—15 კმ/წმ აღწევს (სპეციალურ ექსპერიმენტებში მიღწეულ იქნა ნაკადის სიჩქარე 90 კმ/წმ).

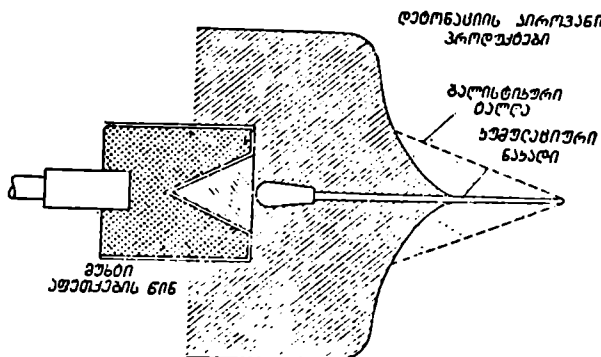
კუმულაციურ ნაკადს მუხტიდან ცოტაოდენი დაშორებით აქვს უდიდესი სიმკვრივე და სიჩქარე და უმცირესი დიამეტრი. ამ აღგილზე, რომელსაც კუმულაციური ფოკუსი ეწოდება, ნაკადის ძალა მაქსიმალურია. აფეთქების პროდუქტების შემკვრივებული ნაკადის (კუმულაციური ნაკადის) დინამიკური მოქმედებით აიხსნება ფოლადის ფილაში ვიწრო ხვრელის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

ფოკუსური მანძილის გავლის შემდეგ კუმულაციური ნაკადის სიჩქარე სწრაფად კლებულობს, მისი დიამეტრი იზრდება და ნაკადი იფან-

ტება. ფოკუსური მანძილი, დაახლოებით, კუმულაციური ღრმულის ორი დიამეტრის ტოლია.

კუმულაციური ნაკადის შექმნაში მონაწილეობს მუხტის მხოლოდ შიგნით 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 ფილთა-



ნახ. 29. ლითონის გარსით აღჭურვილი კუმულაციური მუხტის მოქმედება

ქვის ფორმის მასად, საიდანაც წარმოიქმნება ლითონის წვრილი ნაკადი (ნახ. 29). ამ ნაკადში, რომლის დიამეტრი  $1,5-3,0$  მილიმეტრია, თავს იყრის მუხტის კუმულაციური ნაწილის ენერგიის უმეტესი რაოდენობა. კუმულაციურ ნაკადში გადადის ლითონის გარსის მხოლოდ  $11\%$ , დანარჩენი ნაწილი კი კუმულაციის ეფექტის შექმნაში მონაწილეობას არ ღებულობს. ლითონის კუმულაციურ ნაკადს გააჩნია ენერგიის უდიდესი სიმკვრივე, რაც განაპირობებს მუხტის მოქმედების ხაშიათს.

ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე გამოაკვეთულ იქნა ლითონის გარსით აღჭურვილი კუმულაციური მუხტის აფეთქების სრული მეანიზმი, რომელიც სქემატურად ნაჩვენებია 29-ე ნახაზზე.

კუმულაციური ნაკადი ხისტ ზღუდეზე დარტყმისას მეტად დიდ წნევას ავითარებს. როდესაც ლითონის ნაკადი ასეთ ზღუდეზე მოქმედებს (იგულისხმება, რომ ზღუდე ფოკუსურ მანძილზეა), წნევის სი-

დიდი გამოითვლება ჰიდროდინამიკური თეორიის საფუძველზე მიღებული ფორმულით

$$P_{\text{კა}} = \frac{1}{4} v_{\text{კა}}^2 \rho_0,$$

სადაც  $v_{\text{კა}}$  არის კუმულაციური ნაკადის სიჩქარე, მ/წმ;

$\rho_0$  — ზღუდის მასალის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>;

თუ ზღუდე ფოლადისაა ( $\rho_0 = 780.9,81$  კგ/მ<sup>3</sup>) და კუმულაციის ნაკადის სიჩქარეა 5000 მ/წმ, მივიღებთ რომ  $P_{\text{კა}} = 1000000$  კგძ/სმ<sup>2</sup>-ს. ასეთი დიდი წნევის გავლენით ლითონი სითხესავით მოძრავი ხდება და კუმულაციური ნაკადის მიერ ზღუდეში შექმნილი ხვრეტის დიამეტრი დაახლოებით 10-ჯერ აღემატება ნაკადის დიამეტრს.

ლითონის ფილთაქვის მოძრაობის სიჩქარე შედარებით მცირეა (500—1000 მ/წმ), კუმულაციურ ნაკადს კი მეტად დიდი სიჩქარე აქვს (5000—10000). ნაკადის გასწვრივ, სხვადასხვა წერტილებში, სიჩქარე სხვადასხვაა. იგი უდიდესია ნაკადის თავში, ხოლო ბოლოში (მუხტის მხარეს), დაახლოებით, ფილთაქვის სიჩქარის ტოლია. ამის გამო, ლითონის კუმულაციური ნაკადი თავის მთლიანობას მხოლოდ მცირე მანძილზე ინარჩუნებს. რაც უფრო მეტი სიგრძე აქვს ნაკადს მთლიანობის დარღვევამდე, მით მეტია მისი გამწვანევი ძალა. საგულისხმოა, რომ კუმულაციური ნაკადის ჩამოყალიბებისას არ ხდება ლითონის გაღნობა, თუმცა ნაკადის ტემპერატურა 900—1000°-ს აღწევს.

კუმულაციური მუხტების გამწვანევი ძალა, გარდა ფეთქებადი ნივთიერების ბრიზანტულობისა, დამოკიდებულია ღრმულის ფორმისა და ზომებზე. ღრმულის ფორმა გავლენას ახდენს როგორც ნაკადის ძალის მაქსიმალურ სიდიდეზე, ისე მისი ფოკუსის მდებარეობაზე. ეს კი განსაზღვრავს ნაკადის გამწვანევი მოქმედებას ობიექტიდან მუხტის სხვადასხვა დაცილებების დროს. მაგალითად, ზღუდეზე უშუალო შეხებისას გატანის სიღრმე კონუსური ღრმულის მქონე მუხტების შემთხვევაში უფრო მეტია, ვიდრე ნახევარსფერული მუხტების დროს, მაგრამ ობიექტიდან დაცილებისას ეს უკანასკნელი უფრო მეტ მანძილზე ინარჩუნებს გამწვანევი ძალას. კუმულაციური ღრმულის დიამეტრს მუხტის დიამეტრზე 10—30%-ით ნაკლებს იღებენ. ღრმულის სიმაღლე დიამეტრზე 1,5—2,0-ჯერ მეტი უნდა იყოს.

კუმულაციის მოვლენა აღმოჩენილი იქნა 1864 წელს. პირველი პრაქტიკული გამოყენება მან ჰპოვა კაფსულ-დეტონატორების დამზადებისას (დეტონატორის ძირი კეთდება სფერული ან კონუსური შეზნექილობის, რაც უზრუნველყოფს კონცენტრირებულ დარტყმას მისი აფეთქებისას). ფართოდ იყენებდნენ კუმულაციის ეფექტს მეორე მსოფლიო ომში ტანკებისა და საფორტიფიკაციო სიმაგრეების წინააღმდეგ. ამ მიზნით სარ-

გებლობდნენ კუმულაციური მუხტით აღჭურვილი ყუშბარებით, ტანკსა-  
წინააღმდეგო ხელის გრანატებით და სხვ.

სამთო საქმეში კუმულაციურმა მუხტებმა ვერ ჰპოვა შესაძინევი გა-  
მოყენება, თუმცა ომის შემდგომ წლებში მრავალი ცდა იყო ჩატარებუ-  
ლი ამ მიზნით გვირაბების გაყვანისას და კარიერებზე ქანების აფეთქე-  
ბის დროს. ღია კუმულაციური მუხტების გამოყენება მიზანშეწონილად  
ითვლება კარიერებზე ლოდების (არაგაბარიტული ნატეხების) ასაფეთ-  
ქებლად, ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯის შესამცირებლად. კუმულაცი-  
ური ვაზნების საშუალებით შესაძლებელი აღმოჩნდა შპურების გაყვანა  
(ღიამეტრით 40—80 მმ და სიგრძით 1,0—1,5 მ), მაგრამ ეს ხერხი,  
ბურღვასთან შედარებით, გაცილებით უფრო ძვირი ჯდება.

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

კუმულაციის მოვლენის შესწავლა აფეთქების ფიზიკის თვალსაზრი-  
სით დიდ მეცნიერულ ინტერესს წარმოადგენს. მისდამი მიძღვნილი სის-  
ტემატური გამოკვლევები პირველად ჩაატარა სუხარევსკიმ (1923 წ).  
აკად. ლავრენტიევმა შეიმუშავა კუმულაციის პილროდინამიკური თეო-  
რია (1945 წ).

### § 15. დეტონაციის აღჰრა მანძილზე

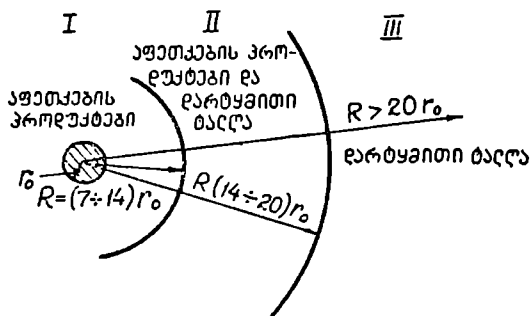
როგორც ვიცით, მუხტის აფეთქების შედეგად გარემოში ვრცელდებ-  
ა დარტყმითი ტალღა. ამიტომ დამანგრეველი მოქმედება აღინიშნება არა  
მარტო მუხტის მახლობლობაში, არამედ მისგან საკმაოდ დაშორებითაც.

ჰაერის დარტყმითი ტალღის წარმოშობა განპირობებულია აფეთქე-  
ბის აირების სწრაფი გაფართოებით, რაც გარემომცველი ჰაერის შე-  
კუმშვასა და ყოველი მიმართულებით მის გადაადგილებას იწვევს. აფეთ-  
ქების კერასთან ახლოს აფეთქების პროდუქტებისა და ჰაერის დარტყმი-  
თი ტალღის სიჩქარე, დაახლოებით, თანაბარია. შემდგომში, გაფართოე-  
ბის გამო, აფეთქების პროდუქტების წნევა მნიშვნელოვნად ეცემა და  
ჰაერის დარტყმითი ტალღა დამოუკიდებლად ვრცელდება.

ჰაერის დარტყმითი ტალღის ჩამოყალიბება ხდება აფეთქების კერის  
ცენტრიდან (7—14)  $r_0$  მანძილზე ( $r_0$  მუხტის რადიუსია). 14-დან 20-მდე  
რადიუსის მანძილზე აფეთქების პროდუქტებისა და ჰაერის დარტყმითი

ტალლის წნევა დაახლოებით თანაბარია, ხოლო შემდეგ დამანგრეველ მოქმედებას მხოლოდ დარტყმითი ტალლა იწვევს (ნახ. 30).

ერთ-ერთი მუხტის აფეთქებისას გამოყოფილი პროდუქტების, ან ამ დროს წარმოქმნილი ჰაერის დარტყმითი ტალლის ზემოქმედების შედეგად შეიძლება მივიღოთ მეორე მუხტის აფეთქება, რომელიც პირველიდან გარკვეული მანძილით არის დაშორებული. ამ მოვლენას ეწოდება დეტონაციის აღძვრა მანძილზე (ან დეტონაციის გადაცემა გავლენით). ამ შემთხვევაში იმ მუხტს, რომლის გავლენითაც დეტონაცია აღიძვრება,



ნახ. 30. დარტყმითი ტალლის გავრცელება ჰაერში

აქტიური მუხტი ეწოდება, ხოლო მუხტს, რომელშიც დეტონაცია აღიძვრება — პასიური მუხტი.

ვინაიდან დარტყმითი ტალლა ვრცელდება არა მარტო ჰაერში, არამედ თხევად და მყარ გარემოშიც, ამიტომ დეტონაციის გადაცემა მანძილზე შეიძლება ასეთ გარემოშიც მივიღოთ.

დეტონაციის მანძილზე გადაცემის მოვლენა პრაქტიკულად საინტერესოა ფეთქებადი საფუშაოების ორგანიზაციისა და ფეთქებადი მასალების შენახვის თვალსაზრისით. ხელსაყრელ პირობებში ამ მოვლენის გამოყენება მუხტების ნაწილის უდეტონატორით აფეთქების საშუალებას იძლევა, რაც ამცირებს ფეთქებადი საფუშაოების შრომატევადობას და ამარტივებს მის ორგანიზაციას (მაგალითად, წყალქვეშა აფეთქებების დროს). ფეთქებადი მასალების საწყობების მშენებლობის დროს აუცილებელია ამ მოვლენის გათვალისწინება მისი თავადან აცილების მიზნით. საწყობის ცალკეულ სათავსებს შორის მანძილი ისეთი უნდა იყოს, რომ ერთა მათგანის შემთხვევითმა აფეთქებამ არ გამოიწვიოს სხვების აფეთქებაც.

დეტონაციის გადაცემის მანძილის მნიშვნელობა დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე, რომელთაგან აღსანიშნავია აქტიური მუხტის სიდიდე და ბრიზანტულობა, პასიური მუხტის მგრძნობიარობა და სიმკვრი-

ვე, მუხტების გამყოფი გარემოს გვარობა, აქტიურ მუხტში დეტონაციის ტალღის მიმართულება და სხვ.

ბუნებრივია, რომ აქტიური მუხტის წონის გაზრდით დეტონაციის გადაცემის მანძილი იზრდება. დამოკიდებულება მანძილსა და აქტიური მუხტის წონას შორის გამოისახება ემპირიული ფორმულით

$$S = k\sqrt{C},$$

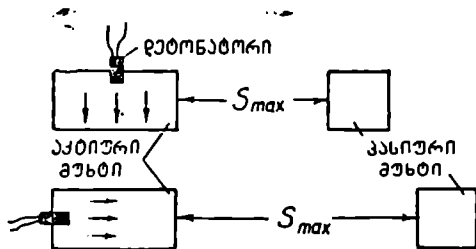
სადაც  $S$  არის დეტონაციის გადაცემის მანძილი;

$C$  — აქტიური მუხტის წონა;

$k$  — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მუხტებისა და მათი გამყოფი გარემოს თვისებებს.

დეტონაციის მანძილზე აღძვრის უნარი დამოკიდებულია აქტიური მუხტის სიმკვრივეზე. როგორც ვიცით, სიმკვრივის გაზრდა გარკვეულ ოპტიმალურ მნიშვნელობამდე იწვევს დეტონაციის სიჩქარის გაზრდას, რის გამოც აფეთქების აირების მოქმედება გარემოზე უფრო მკვეთრად გამოხატული დარტყმის ხასიათს ღებულობს.

დეტონაციის გადაცემის მანძილი უდიდესია იმ შემთხვევაში, როდესაც დეტონაციის გავრცელება აქტიურ მუხტში იქითაა მიმართული, საითაც პასიური მუხტი მდებარეობს (ნახ. 31). ამ ფაქტორის გავლენა



ნახ. 31. აქტიურ მუხტში დეტონაციის გავრცელების მიმართულების გავლენა გადაცემის მანძილზე

მუხტის სიდიდის გაზრდასთან თანდათან კლებულობს და ძალიან დიდი მუხტების შემთხვევაში სრულიად კარგავს თავის მნიშვნელობას.

აქტიური მუხტის მოთავსება მკვერთ გარსაცმში ზრდის დეტონაციის გადაცემის მანძილს (იგულისხმება, რომ აქტიური მუხტის ზედაპირი, რომელიც პასიური მუხტისკენაა მიშვებული, თავისუფალია). ამას ხსნიან აფეთქების ენერჯის გაფანტვის შემცირებითა და მისი გადაცემის ხელსაყრელი მიმართულებით. გადაცემის მანძილი კიდევ უფრო გაიზარდება, თუ აქტიურ და პასიურ მუხტებს ერთმანეთთან მტკიცე მილით დავაკავშირებთ. ასევე, შპურში მუხტების მოთავსების შემთხვევაში დეტონა-

ციის გადაცემის მანძილი გაცილებით მეტია, ვიდრე ღია ჰაერზე მათი განლაგების დროს.

დეტონაციის გადაცემის მანძილი ბევრად არის დამოკიდებული პასიური მუხტის თვისებებზე. ცხადია, რომ, რაც უფრო მგრძობიარეა პასიური მუხტი მექანიკური ზემოქმედების მიმართ, მით მეტი იქნება ეს მანძილი. პასიური მუხტის სიმკვრივის გაზრდა, ისე, როგორც მისი მოთავსება გარსაცმში, მნიშვნელოვნად ამცირებს დეტონაციის გადაცემის სიშორეს. პასიური მუხტის სიდიდეს დეტონაციის აღძვრის მანძილზე პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს იმ გარემოს თვისებებს, რომელშიც ხდება დეტონაციის გადაცემა. საუკეთესო გადაცემად ითვლება ჰაერი, უფრო ნაკლებად — წყალი. მეტად ცუდი გადაცემია თიხა, ქვიშა და, საერთოდ პლასტიკური და ფხვიერი გარემო. ამის გამო, შპურში მოთავსებულ ვაზნებს შორის ბურღვის ფქვილის ან ქანის ნაფხვენის მოხვედრამ 2—3 სმ სისქეზე შეიძლება დეტონაციის ჩაქრობა გამოიწვიოს.

## თ ა ვ ი 11

### ფეთქებადი ნივთიერებანი

#### § 16. სამკაფხელო ფეთქებადი ნივთიერებების კლასიფიკაცია

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

ცნობილია, რომ ფეთქებადი ნივთიერებები არსებობს ქიმიური ნაერთების (ინდივიდუალური ფეთქებადი ნივთიერებები) ან მექანიკური ნარევების სახით. ქიმიური ნაერთები, გარდა ტროტილისა, ქანების აფეთქებისათვის არ გამოიყენება მეტისმეტი მგრძობიარობის გამო, რაც მათი მოხმარების დროს სერიოზულ საფრთხეს ქმნის. სამთო მრეწველობაში ძირითადი გამოყენება აქვს მექანიკური ნარევების სახით დამზადებულ ფეთქებად ნივთიერებებს. ნარევის შემადგენელი ნაწილების სათანადო შერჩევით შესაძლებელი ხდება ფეთქებადი ნივთიერების სასურველი თვისებების მიღება. ქიმიურ ნაერთებს ხმარობენ ფეთქებადი ნარევების დამზადებისას, როგორც შემადგენელ ნაწილს. ქიმიური ნა-



ერთები დამოუკიდებლად გამოიყენება ინიცირების საშუალებათა დამ-  
წადების დროს (კაფსულ-დეტონატორი, სადეტონაციო ზონარი).

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

შედგენილობის მიხედვით სამამულო სამრეწველო ფეთქებადი ნივ-  
თიერებები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

- 1) ამონიუმისგვარჯილიანი ფეთქებადი ნივთიერებანი;
- 2) ნიტროეთეროვანი ფეთქებადი ნივთიერებანი;
- 3) ოქსილიკვიტები;
- 4) ღენტები.

ძირითადი გამოყენება აქვთ ამონიუმისგვარჯილიან და ნიტრო-  
ეთეროვან ფეთქებად ნივთიერებებს.

გამოყენების პირობების მიხედვით ფეთქებადი ნივთიერებები ექვს  
კლასად არის დაყოფილი (ცხრილი 5.) პირველი კლასის ფეთქებადი  
ნივთიერებები განკუთვნილია მხოლოდ ღია სამთო სამუშაოებისათვის.  
მათთვის დამახასიათებელია შხამიანი აირების დიდი რაოდენობით გა-  
მოყოფა, რაც შეუძლებელს ხდის მათ ხმარებას მიწის ქვეშ. მეორე კლასის  
ფეთქებადი ნივთიერებანი შეიძლება გამოვიყენოთ ღია და მიწის-  
ქვეშა სამთო სამუშაოებისათვის, გარდა აირისა და მტერის მხრივ საფ-  
რთხილო შახტებისა. პირველი ორი კლასი არამცველ ფეთქებად ნივთი-  
ერებებს წარმოადგენს, დანარჩენი კლასები კი მცველი ფეთქებადი ნივ-  
თიერებებია, რომელიც აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო შახტებ-  
ში იხმარება.

სხვადასხვა ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნებს, ყუთებს, ტომრებსა  
და პაკეტებს, რომლებსაც ქარხანა უშვებს, გააჩნიათ განმასხვავებელი  
ნიშნები სხვადასხვა ფერის გარსების ან ცალკეული ზოლების სახით.  
განმასხვავებელი ფერებია:

1. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის, რომელიც გამოიყენე-  
ბა ნახშირისა და ფუჭი ქანის სანგრევებში — ყვითელი.

2. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის, რომელიც დაიშვება  
მხოლოდ ფუჭი ქანის მოსანგრევედ — ლურჯი.

3. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის, რომლებიც განკუთ-  
ვნილია გოგირდის, ნავთობისა და ოზოკერიტის შახტებისათვის —  
მწვანე.

კლასი	ჯგუფი, ქვეჯგუფი	ფეთქებადი ნივთიერება
1	2	3
<p>I. ფეთქებადი ნივთიერებანი მხოლოდ ღია სიმუშაოებისათვის</p>	<p>1. გრანულირებული წყალმეღვევი ფეთქებადი ნივთიერებანი მაგარ და ძალიან მაგარ გაწყლოვანებული ქანებისათვის</p> <p>2. წყალაყვებული ფეთქებადი ნივთიერებანი მაგაოი და ძალიან მაგარი მშრალი და გაწყლოვანებული ქანებისათვის</p> <p>3. კუმულაციური გარე მუხტები კარიერებზე არაგაბარიტული ნატეხების მეორეული დამსხვრევისათვის</p> <p>4. შუაღელი დეტონატორები მცირე მგრძნობიარობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებების მუხტების ინიცირებისათვის</p>	<p>ალუმოტოლო, გრანულოტოლოლი, გრამონალები A-45, A-50 გრამონიტები 50/50-B, 30/70B, 30/70 აკვატოლები 65/35 C, M-15, AB, ABM, MГ იფზანტები T-20, T-60, T-80 კარბოტოლები T-15, ГЛ-10B მუხტები ЗКП, ЗКН</p> <p>კოქები T-400, III-400, TT-500</p>
<p>II. ფეთქებადი ნივთიერებანი ღია და მიწისქვეშა სიმუშაოებისათვის, გარდა აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო წახტებისა</p>	<p>1. გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერებანი:</p> <p>ა) წყალმეღვენი, საშუალო სიმაგრისა და მაგარი ქანების გაწყლოვანებულ სანგრევეებისათვის</p> <p>ბ) არაწყალმეღვენი, საშუალო სიმაგრისა და მაგარი ქანების მშრალი და ტენიანი სანგრევეებისათვის</p> <p>2. დიდი სიმძლავრის წყალმეღვეი დაწნეხილი ფეთქებადი ნივთიერებანი (ვაზნებში) მშრალი და გაწყლოვანებული ქანებისათვის</p> <p>3. ფხვიერი წყალმეღვეი ფეთქებადი ნივთიერებანი:</p> <p>ა) გაზრდილი სიმძლავრისა, სტანდარტული დიამეტრის ეაზნებში, მშრალი და გაწყლოვანებული მაგარი ქანებისათვის</p>	<p>გრამონალი A-8</p> <p>გრანულიტები AC-4B, AC-8B გრამონიტი 79/21B</p> <p>გრანულიტები AC-8, AC-4, C-2, M ივლანტი, გრამონიტი 79/21B კლდის ამონიტი № 1</p> <p>ამონალი, კლდის ამონალი № 3</p>

1	2	3
<p>III. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებანი აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო ფუჭი ქანის სანგრეეებისათვის და სპეციალური და-ნიშნულებისა</p>	<p>ბ) საშუალო სიშქლაერი-სა, ვაზნებში და ფხენილად, საშუალო სიმაგრის მშრალ და გაწყლოვანებულ ქანებში</p> <p>გ) ნიტროგლიცერინიანი მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერებანი სტანდარტული და მცირე დიამეტრის ვაზნებში, მაგარ და ძალიან მაგარ მშრალ და გაწყლოვანებულ ქანებში</p> <p>1. წყალმდევე ფეთქებადი ნივთიერებანი ფუჭი ქანის სანგრეეებისათვის</p> <p>ა) ამონიტები</p> <p>ბ) ნიტროგლიცერინიანი ფეთქებადი ნივთიერებანი</p> <p>2. ფეთქებადი ნივთიერებანი გოგირდის შახტებისათვის</p> <p>3. ფეთქებადი ნივთიერებანი მძიმე ნახშირწყალბადების მხრივ საფრთხილო შახტებისათვის</p>	<p>ამონიტი № 6 ЖВ ლინფტალიტი</p> <p>ლეტონიტები M და 10A.</p> <p>ამონიტი АП-5ЖВ პობედიტი ВП-4</p> <p>გოგირდის ამონიტი № 1 ЖВ</p> <p>ნათობის ამონიტი № 3-ЖВ</p>
<p>IV. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებანი ნახშირისა და შერეული სანგრეეებისათვის აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო შახტებში</p>	<p>1. ამონიტია ტიპის წყალმდევე ფეთქებადი ნივთიერებანი</p>	<p>ამონიტი Т-19 ამონიტი ПЖВ-20</p>
<p>V. გაზრდილი მცველი თვისებების მქონე ფეთქებადი ნივთიერებანი ნახშირისა და შერეული სანგრეეებისათვის და სპეციალური სამუშაოებისათვის ყველა კატეგორიის შახტებში</p>	<p>1. ნიტროგლიცერინიანი ფეთქებადი ნივთიერებანი</p> <p>2. ფეთქებადი ნივთიერებანი ხსნარავსებულ პოლიეთილენის გარსებში</p>	<p>უგლენიტი მ-6 უგლენიტი № 5 ვაზნები ПВП-1-У, ПВП-1-А</p>
<p>VI. მაღალი მცველი თვისებების მქონე ფეთქებადი ნივთიერებანი ნახშირის მოსანგრეეად და სპეციალური სამუშაოებისათვის აირის მხრივ განსაკუთრებულ საფრთხილო შახტებში</p>	<p>ფეთქებადი ნივთიერებანი ხსნარავსებულ პოლიეთილენის ვაზნებში</p>	<p>ვაზნები СП-1</p>

4. არამცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის, რომლებიც იხმარება მიწისქვეშა სამუშაოებისათვის აირისა და მტვრის მხრივ უსაფრთხო შახტებში — წითელი.

5. არამცველი ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის, რომელიც დაშვებულია მხოლოდ ღია სამუშაოებზე გამოსაყენებლად — თეთრი.

6. თერმომედველი ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის, რომლებსაც იყენებენ ნავთობისა და აირის ჰაბურღილებში ასაფეთქებლად — შავი.

განმასხვავებელი ფერები თავიდან გვაცილებს ფეთქებადი ნივთიერებების შეუფერებელ პირობებში გამოყენებას. საჭიროა გვახსოვდეს, რომ მცველი ნივთიერებების გამოყენება არამცველი ნივთიერებების მაგივრად სავსებით დასაშვებია; ხოლო პირიქით — არამცველი ფეთქებადი ნივთიერების გამოყენებამ მტვრისა და აირის მხრივ საფრთხილო შახტებში შესაძლოა სერიოზული კატასტროფა გამოიწვიოს.

გარემოზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გვაქვს ბრიზანტული და მტყორცნი ფეთქებადი ნივთიერებანი. ქანების დასანგრეველ გამოიყენება ბრიზანტული ნივთიერებები. მათ პირობით ყოფენ სამ ჯგუფად:

ა) ღილი ბრიზანტულობის ფეთქებადი ნივთიერებანი (დეტონაციის სიჩქარე 2500—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, ნიტროგლიკოლი, ტენი);

3. ცელულოზას აზოტმჟავა ეთერები (პიროქსილინი);

4. არომატული რიგის ნიტროწარმოებულნი (ტროტილი, დინიტრონაფტალინი, ტეტრილი, ჰექსოგენი).

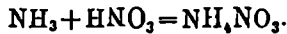
5. წყალბადმჟავას მარილები (ტყვიის აზიდი) და მგრგვინავი მჟავას მარილები (მგრგვინავი ვერცხლისწყალი).

გარდა ისეთი ნივთიერებებისა, რომელთა აფეთქება ქიმიური რეაქციებთან არის დაკავშირებული, არსებობს ე. წ. უალო აფეთქების საშუალებანი (კარლოქსი, ჰიდროქსი, აერლოქსი), რომლებიც ფიზიკური ხასიათის აფეთქებას იძლევა.

### § 17. ფეთქებადი ქიმიური ნამატები

ქვემოთ მოცემულია ზოგადი ცნობები ფეთქებადი ქიმიური ნაერთების შესახებ, რომელთაც უმთავრესი გამოყენება აქვთ სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებებისა და აფეთქების საშუალებათა დამზადებისას.

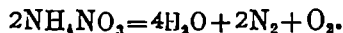
ამონიუმის გვარჯილა  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  წარმოადგენს ქარბი ქანგბადის მატარებელ ნაერთს, რომელსაც იყენებენ თითქმის ყველა სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერების დამზადების დროს. იგი მიიღება ამიაკისა და აზოტმჟავას ურთიერთქმედების შედეგად



ამონიუმის გვარჯილას აქვს თეთრი ფხვნილის სახე. კრისტალების ზვედრითი წონა 1,56-1,74, ხოლო ფხვნილის მოცულობითი წონა 0,85-1,0 მ/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°-ით წევს დაბლა).

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 უდრის 2000 მ/წმ, მუშაობის უნარი ტრაუტლის ყუმბარაში 165—230 სმ<sup>3</sup>, ბრიზანტულობა ჰესის სინჯით—1,5—2,0 მმ, აფეთქების სითბო 350 კკალ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა 1950°C.

ამონიუმის გვარჯილის აფეთქების რეაქციას აქვს შემდეგი სახე



ასეთი დაშლის შედეგად მიიღება მხოლოდ აიროვანი პროდუქტები (980 ლ/კგ) ქარბი ქანგბადის მნიშვნელოვანი რაოდენობით (წონის 20%). ამ თვისების გამო ამონიუმის გვარჯილამ უმთავრესი გამოყენება ჰპოვა, როგორც დამქანგველმა, ფეთქებადი ნარეგების დამზადებისას.

ამონიუმის გვარჯილა ადრე დაშვებული იყო როგორც თავისთავადი ფეთქებადი ნივთიერება ღია სამუშაოზე. ამჟამად მისი დამოუკიდებელი გამოყენება პარააციონალურად ითვლება დაბალი ფეთქებადი თვისებების გამო. ამონიუმის გვარჯილაში თხევადი საწვავი მასალების გარევა (მაზუთი, სოლარის ზეთი და სხვ.) მკვეთრად ზრდის მის ფეთქებად თვისებებს. ამ გზით ღებულობენ სხვადასხვა სახის იაფფასიან სამრეწველო ფეთქებად ნივთიერებებს.

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

ტკეპნადობას უწოდებენ ფხვნილისებრი ნივთიერების მიერ ფხვიერობის დაკარგვას. ამ დროს წარმოიქმნება ნივთიერების მთლიანი მკვრივი მასა. ამ მოვლენას ხსნიან კრისტალების შექიდეებით (შეწებებით), რაც ხანგრძლივი შენახვის დროს ხდება. ამას ხელს უწყობს ნივთიერების ზემდებარე ფენების წნევა, რის შედეგად მიიღება კრისტალების უფრო მკვიდრო შეხება.

ამონიუმის გვარჯილა შეიძლება იყოს სხვადასხვა კრისტალურ მოდიფიკაციაში. თითოეული მათგანი დამახასიათებელია ტემპერატურის გარკვეული ინტერვალისათვის. ერთი მოდიფიკაციიდან მეორეში გადასვლისას იქმნება ტკეპნადობისადმი ხელსაყრელი პირობები, რაც გამოიხატება რეკრისტალიზაციის დროს მოცულობის შეცვლასა და კრისტალებს შორის კონტაქტის გაძლიერებაში. ერთი მოდიფიკაციიდან მეორეში გადასვლის ტემპერატურული წერტილებია — 16, 32, 85 და 125°C. პრაქტიკული მნიშვნელობა ამონიუმის გვარჯილის შენახვის დროს, ცხადია, აქვს პირველ ორ წერტილს.

ტკეპნადობას იწვევს დატენიანებული გვარჯილის გახურება ან გაცივება. ამ დროს კრისტალებს შორის არსებული გაჯერებული ხსნაროდან მიიღება ახალი კრისტალები, რომლებიც არსებული კრისტალების შეკავშირებას ახდენენ. კოშტებად შეკრული ამონიუმის გვარჯილის გაფხვიერება ზოგჯერ ღიდ შრომას მოითხოვს.

ჰიგროსკოპულობა მასალის მიერ ჰაერიდან ტენის შთანთქმის თვისებაა და ისაზღვრება ე. წ. ჰიგროსკოპული წერტილით. იგი გამოისახე-

ბა ფარდობითი ტენიანობის პროცენტებში და ახასიათებს ნივთიერების ისეთ მდგომარეობას, როდესაც იგი არც შრება და არც ტენიანდება. ამონიუმის გვარჯილისათვის ამ წერტილების მნიშვნელობებია  $10^{\circ}\text{C}$ -ზე — 75,3%;  $25^{\circ}\text{C}$ -ზე — 62,7%;  $50^{\circ}\text{C}$ -ზე — 48,4%.

ამონიუმის გვარჯილის ტენიანობა სტანდარტის მიხედვით არ უნდა აღემატებოდეს 0,2%-ს. ასეთი მინიმალური ტენიანობის შენარჩუნება მოითხოვს გვარჯილის შენახვის გარკვეულ პირობებს. შენობაში დაცული უნდა იქნეს მუდმივი დაბალი ტენიანობა, რაც მოითხოვს სისტემატურ კონტროლს ფსიქრომეტრების საშუალებით. შენობის განიავება მხოლოდ მაშინ არის მიზანშეწონილი, როდესაც გარე ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობა შენობაში არსებულ ტენიანობაზე ნაკლებია. ამონიუმის გვარჯილიანი ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნების გარსი, დატენიანების საწინააღმდეგოდ, იფარება პარათინის ან სხვა მასტიკის თხელი ფენით.

ტექნადობის თავიდან ასაცილებლად ამონიუმის გვარჯილას ამზადებენ შედარებით მსხვილი გრანულების (მარცვლების) სახით ( $d=1-3$  მმ), რომელთაც მაღალი სიმტკიცე გააჩნიათ. ამავე მიზნით მის შედგენილობაში შეჰყავთ სპეციალური დანამატები. ამონიუმის გვარჯილის გამოშვება ქარხნიდან ხდება ტენშეუღწევად ტარაში.

ოთახის ტემპერატურის პირობებში შენახვისას ამონიუმის გვარჯილა წლობით ინარჩუნებს ქიმიურ მდგრადობას. ამონიუმის გვარჯილა  $169,1^{\circ}$ -ზე დნება,  $185-200^{\circ}$ -ს ზევით აღინიშნება მისი თერმული დაშლა, რომლის მიმდინარეობის რეაქცია დამოკიდებულია გახურების სიჩქარეზე, ხარისხსა და პირობებზე. ფეთქვის (აალების) ტემპერატურის დადგენა ჩვეულებრივი მეთოდიკით არ ხერხდება, ვინაიდან გვარჯილის დაშლა ხდება ფეთქვისათვის დამახასიათებელი ალის გარეშე. სუფთა (მინარეგების გარეშე) ამონიუმის გვარჯილას ცეცხლი არ ეკარება. ამასთანავე ცნობილია შემთხვევები დაწვულ გარემოში ხანძრების გაჩენისა და აფეთქებისა, რასაც გვარჯილაში საწვავი მინარეგების არსებობით ხსნიან. საწყობში ხანძრის გაჩენის შემთხვევაში მისი ჩაქრობა ყველაზე უფრო მოსახერხებელია წყლით, რომელიც, გარდა ტემპერატურის შემცირებისა, ადვილად ხსნის ამონიუმის გვარჯილას.

საბჭოთა კავშირში მზადდება რამდენიმე მარკის ამონიუმის გვარჯილა: რიგითი გრანულირებული (მარკები A და B), გრანულირებული ფოროვანი (მარკა П), წყალმედვეგი კრისტალური (მარკა ЖВ). A მარკის გვარჯილა განკუთვნილია ქარხნული წესით გამოშვებული ფეთქება-

დი ნივთიერებებისათვის, ხოლო ნ მარკის გვარჯილა ძირითადად მინერალური სასუქის სახით იხმარება და დაშვებულია აგრეთვე მოხმარების ადგილზე მარტაი შედგენილობის ფეთქებადი ნივთიერებების დასამზადებლად.

А და Б მარკის გვარჯილები მცირე ფორიანობით გამოირჩევა (6-9%) და შესწევთ 2-2,5% თხევადი საწვავის შეწოვის უნარი. II მარკის გვარჯილა კი მეტი ფორიანობით ხასიათდება (15-18%) და არანაკლებ 10% თხევად საწვავს ინარჩუნებს (მაქსიმალურად საჭირო რაოდენობა 5-6%-ია). იგი გამოიყენება ქარხნული წესით დამზადებულ უმარტივესი გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის, რომლებიც თხევად ნავთობპროდუქტებს შეიცავენ. XCB მარკის კრისტალური წყალმედვე გვარჯილა მიიღება მის შედგენილობაში (გამდნარ მასაში) სპეციალური ჰიდროფობური დანამატების (რკინის ქანგი) შეყვანით და მარცვლების ზედაპირის სპეციალური დამუშავებით (ცხიმოვანი მჟავებისა და პარაფინის ნარევის ზედაპირის დაფარვა). ასეთი გვარჯილით დამზადებული ფეთქებადი ნივთიერებანი იტანენ წყალში დასველებას გარკვეული დროის მანძილზე, რომელიც საჭიროა შპურების დამუხტვის, ასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟისა და სხვა დამხმარე სამუშაოების საჭიროებისათვის; თხევადი საწვავის შეწოვის უნარი თითქმის ისეთივე აქვს, როგორც II მარკის გვარჯილას.

ამონიუმის გვარჯილა ადვილად იტანს დარტყმებს, ხახუნსა და სხვა მექანიკურ ზემოქმედებებს. ამიტომ ამონიუმის გვარჯილას ხანგრძლივი დროის მანძილზე ფეთქებად ნივთიერებად არ თვლიდნენ და დატკეპნის შემთხვევაში აფხვიერებდნენ მცირე მუხტების აფეთქებით. ასეთი ხერხით მუშაობის შედეგად გერმანიის ქალაქ ოპაუს სასუქების ქარხანაში 1921 წლის 21 სექტემბერს აფეთქდა 4500 ტონა ამონიუმის გვარჯილა. კატასტროფამ მთლიანად დაანგრია ქარხანა, აფეთქების ადგილზე შეიქმნა ძაბრი, სიგრძით 169 მ, სიგანით 960 მ და სიღრმით 18,5 მ. დაიღუპა 500-ზე მეტი კაცი.

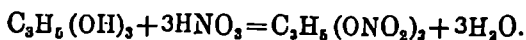
ამჟამად ამონიუმის გვარჯილის შენახვა და ტრანსპორტირება ხდება როგორც ფეთქებადი ნივთიერებისა, თუმცა როგორც აღნიშნული იყო, მისი აფეთქებისათვის საჭიროა მძლავრი შუალედი დეტონატორი. დადგენილია, რომ ღია ზედაპირზე აფეთქების დროს მშრალი ამონიუმის გვარჯილის მუხტის კრიტიკული დიამეტრი 10 სმ შეადგენს, ხოლო თუ ტენიანობა 1%-ს უდრის, მაშინ დეტონაცია 30-სანტიმეტრიან დიამეტრის მქონე მუხტებშიც კი ქრება.

ამონიუმის გვარჯილაში თხევადი საწვავი მასალების გარევა (მაზუთი, სოლარის ზეთი და სხვ.) მკვეთრად ზრდის მის ფეთქებად თვის-



სებებს. ამ გზით ლებულობენ სხვადასხვა სახის იაფფასიან სამრეწველო ფეთქებად ნივთიერებებს.

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

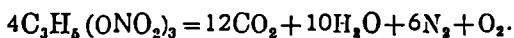


ნიტროგლიცერინი პირველად 1846 წ. მიიღო იტალიელმა მეცნიერმა სობრერომ. სუფთა ნიტროგლიცერინი უფერული, გამჭირვალე, ზეთისებრი კონსისტენციის სითხეა. ტექნიკურ ნიტროგლიცერინს მოყვითალო ფერი აქვს. მას მოტკბო გემო დაჰკრავს.

ნიტროგლიცერინის ხვედრითი წონაა 1,6. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე იგი პრაქტიკულად აუქროლადია. მისი აქროლება იწყება  $50^{\circ}C$  გახურების შემდეგ. ფეთქვის ტემპერატურა უდრის  $180-200^{\circ}C$ . სუფთა ნიტროგლიცერინი იყინება  $+13,2^{\circ}C$ .

ნიტროგლიცერინი უდიდესი სიძლიერის ფეთქებადი ნივთიერებაა. აფეთქებისას გამოყოფს 1560 კკა/კგ სითბოს, იძლევა 715 ლ/კგ აირებს, რომელთა ტემპერატურა  $4100^{\circ}C$ -ს შეადგენს, მუშაობის უნარი ტრაუტლის ყუმბარაში 590 სმ<sup>3</sup>, ბრიზანტულობა ჰესის სინჯზე—20-26 მმ, დეტონაციის სიჩქარე აღწევს 7600 მ/წმ.

ნიტროგლიცერინს აქვს ოდნავ დადებითი ჟანგბადის ბალანსი (3,5%) მისი ფეთქებადი დაშლის რეაქცია ასეთია



ნიტროგლიცერინი როგორც დამოუკიდებელი ფეთქებადი ნივთიერება არ გამოიყენება დიდი მგრძნობიარობის გამო, რაც მეტად საშიშს ხდის მის პრაქტიკულ მოხმარებას (გარდა ამისა, საერთოდ, თხევადი ნივთიერების ჩასხმისას შპურში შეიძლება მოხდეს მისი ნაწილის გაპარვა ნაპრალეში, რაც შემდგომი მუშაობისას დიდ საფრთხეს ქმნის). ნიტროგლიცერინი ადვილად ფეთქდება ხახუნითა და დარტყმით. გაყინული ნიტროგლიცერინის მგრძნობიარობა ბევრად ნაკლებია, ვიდრე თხევადისა, ხოლო ნახევრად გაყინულ მდგომარეობაში მას უდიდესი მგრძნობიარობა აქვს. ნიტროგლიცერინი ფეთქდება 2 კგ ტვირთის დაცემით 4 სმ სიმაღლიდან, მაშინ, როცა ისეთი ბრიზანტული ფეთქებადი ნივთიერება, როგორც ტროტილია, ასაფეთქებლად მოითხოვს ამ ტვირთის ვარდნას 60-180 სმ სიმაღლიდან. გათბობის შედეგად ნიტროგლიცერინის მგრძნობიარობა სწრაფად მატულობს. მისი აალება ადვილად ხდება ცეცხლგამტარი ზონრის მოქმედებით. მცირე რაოდენობის

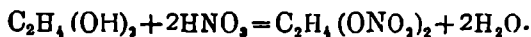
შემთხვევაში ნიტროგლიცერინი შედარებით მშვიდად იწვის, ხოლო დიდი რაოდენობის წვა ყოველთვის დეტონაციაში გადადის.

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

ნიტროგლიცერინი უხამიანი ნივთიერებაა და ცუდად მოქმედებს ადამიანის ნერვულ სისტემაზე. კანზე შეხებისას და შესუნთქვისას იწვევს ძლიერ თავის ტკივილს, თუმცა რამდენიმე დღეში ადამიანი იმუშავებს იმუნიტეტს ნიტროგლიცერინის ტოქსიკური მოქმედების წინააღმდეგ.

ნიტროგლიცერინის ერთ-ერთი უარყოფითი მხარეა მისი ადვილი ყინვალობა, რომელიც მის შემცველ დინამიტებსაც გადაეცემა, ამიტომ მათ დასამზადებლად ამჟამად სუფთა ნიტროგლიცერინის ნაცვლად ხმარობენ მის ნარევეს ნიტროგლიკოლთან.

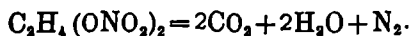
ნიტროგლიკოლი  $C_2H_4(ONO)_2$  წარმოადგენს ორატომიანი სპირტის — გლიკოლის ნიტრაციის პროდუქტს



თავისი თვისებებით ნიტროგლიკოლი დიდად წააგავს ნიტროგლიცერინს. ნიტროგლიკოლი გამჭვირვალე სითხეა. მას დიდი აქროლადობა ახასიათებს და ამიტომ ფიზიოლოგიური მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე უფრო ძლიერი აქვს. ადვილი აქროლადობა ნიტროგლიკოლის მთავარი უარყოფითი მხარეა, რაც აძნელებს მის შენახვას.

ნიტროგლიკოლის ხვედრითი წონაა 1,496, იგი იყინება  $22,75^{\circ}C$ -ზე, აფეთქების სითბო უდრის 1700 კკალ/კგ, აფეთქების აირების მოცულობა 730 ლ/კგ, ტემპერატურა  $4200^{\circ}$ , ბრიზანტულობა შეადგენს 30 მმ, ხოლო მუშაობის უნარი—650 სმ<sup>3</sup>. ნიტროგლიკოლის დეტონაციის სიჩქარე უდრის 7400 მ/წმ. ნიტროგლიკოლის მგრძნობიარობა ნიტროგლიცერინთან შედარებით შესამჩნევად ნაკლებია (დეტონაციის მისაღებად საჭიროა 2 კგ ტვირთის ჩამოგდება 20-25 სმ სიმაღლიდან), ფეთქების ტემპერატურაა  $215^{\circ}C$ , მცირე რაოდენობის შემთხვევაში მშვიდად იწვის, შემდეგი გადახურება ნიტროგლიკოლის აფეთქებით მთავრდება.

ნიტროგლიკოლის ჟანგბადის ნულოვანი ბალანსი აქვს და მისი აფეთქება შემდეგი რეაქციით ხდება:

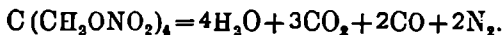


თუ ავიღებთ ნიტროგლიცერინისა და ნიტროგლიკოლის ნარევეს, პროპორციით 7:3, მაშინ მისი გაყინვის ტემპერატურა იქნება — 19°C. ასეთი პროპორციის ნარევეს იყენებენ ძნელადყინვადი დინამიტების დასამზადებლად.

ტენი (პენტრიტი, ტეტრანიტროპენტაერიტრიტი  $C(CH_2ONO_2)_4$ , წიღებდა ოთხატომიანი სპირტის — პენტაერიტრიტის დამუშავებით



ტენი წარმოადგენს თეთრი ფერის კრისტალურ ფხვნილს, რომელიც წყალსა და სპირტში ძნელად იხსნება. მაღალი მგრძნობიარობა აქვს დარტყმაზე, ხოლო მცირე მგრძნობიარობა ხახუნზე. ცეცხლი ძნელად ეკიდება, ფეთქვის ტემპერატურაა 220°C, მცირე რაოდენობის დროს იწვის მშვიდად. ტენი ადვილად ფეთქდება ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორით და იძლევა შემდეგ რეაქციას



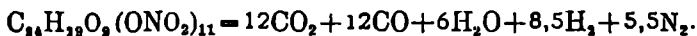
დაწნეხილი ტენის დეტონაციის სიჩქარე, როდესაც მისი სიმკვრივეა 1,62, უდრის 8200 მ/წმ-ს, აფეთქების აირების მოცულობაა 790 ლ/კგ, ხოლო მათი ტემპერატურა 3900°C. აფეთქების სითბო შეადგენს 1420 კკალ/კგ, მუშაობის უნარი 500 სმ<sup>3</sup>. ტენის ბრიზანტულობა მეტად მაღალია, ჰესის სტანდარტული სინჯით მისი განსაზღვრა არ ზერხდება, ვინაიდან ტყვიის ცილინდრი მთლიანად ირღვევა. განახევრებული მუხტის აფეთქებისას (25 გრამი, ნაცვლად 50 გრამისა) ტყვიის ცილინდრის დეფორმაცია 14,5 მმ უდრის. ტენი, ნიტროგლიცერინისა და ნიტროგლიკოლისაგან განსხვავებით, ქიმიურად მდგრადი ნივთიერებაა. ტენი არაპიგროსკოპულია.

ჩვენში ტენს იყენებენ სადეტონაციო ზონრის დასამზადებლად. იგი გამოიყენება ფლეგმატივებული სახით (მგრძნობიარობის შესამცირებლად), რისთვისაც მის შედგენილობაში 10%-მდე პარაფინი შეჰყავთ.

პიროქსილინი მზადდება ცელულოზის შემცველ მასალებზე (ბამბა, მერქანი და სხვ.) აზოტმყავასა და გოგირდმყავას მოქმედებით. ასეთი დამუშავების შედეგად მიღებულ ნივთიერებას შესაძლოა ჰქონდეს ნიტროჯგუფთა სხვადასხვა რაოდენობა, რაც დამოკიდებულია ნიტრაციის ხარისხზე. თერთმეტი ნიტროჯგუფის მქონე პროდუქტს  $C_{14}H_{20}O_8(CNO_2)_{11}$  ჩვეულებრივი ან უხსნადი პიროქსილინი ეწოდება (იგი იხსნება სპირტისა და ეთერის ნარევეში მხოლოდ 2-10%-ის რაოდენობით). ათი ან ცხრა ნიტროჯგუფის შემთხვევაში ვღებულობთ ხსნად

პიროქსილინს, ანუ კოლოდიუმის ბამბას, მაგალითად,  $C_{34}H_{31}O_{11}(ONO_2)_9$ . ასეთი პიროქსილინი იხსნება სპირტ-ეთერის ნარევეში 90-98%-ის რაოდენობით. იგი კარგად იხსნება აგრეთვე ნიტროგლიცერინში, ნიტროგლიკოლსა და სხვა ორგანულ გამხსნელებში. პიროქსილინი წყალში არ იხსნება.

პიროქსილინის აფეთქების რეაქციას, დაახლოებით, შემდეგი სახე აქვს



პიროქსილინის აფეთქებისას მუდამ მიიღება მეთანი, რაც მეორეული რეაქციის შედეგია. როგორც რეაქტიდან ჩანს, პიროქსილინს უანგბადის უარყოფითი ბალანსი გააჩნია (—33,5).

პიროქსილინი მყარი ფეთქებადი ნივთიერებაა, აქვს ბოქვოვანი აგებულება და ოდნავ მოყვითალო ფერი. ცელულოზის ნიტრატების მოცულობითი წონა ფხვიერ მდგომარეობაში მეტად მცირეა—0,1 გ/სმ<sup>3</sup>. დიდი წნევის ქვეშ (1600 ატ.) ლებულობენ დაწნეხილ პროდუქტს, რომლის მოცულობითი წონა 1,25 გ/სმ<sup>3</sup>-ია. ასეთი პიროქსილინის დეტონაციის სიჩქარე არის 4300 მ/წმ, მუშაობის უნარი—420 სმ<sup>3</sup>, ბრიზანტულობა—16 მმ. აფეთქების სიბო დაახლოებით უდრის 1000 კკალ/კგ-ს, აირების მოცულობა—900 ლ/კგ-ს, აფეთქების მაქსიმალური ტემპერატურა 3100°C-ს.

ღია ჰაერზე პიროქსილინი სწრაფად იწვის, ხოლო დახშულ გარემოში წვა აფეთქებაში გადადის. პიროქსილინი ადვილად ფეთქდება ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორით, მაგრამ თუ მისმა ტენიანობამ 20%-ს გადააჭარბა, მაშინ დეტონატორით აფეთქება შეუძლებელი ხდება.

პიროქსილინს იყენებენ დინამიტებისა და უკვამლო დენტების დამზადების დროს. ცელულოზის უფრო დაბალი ხარისხის ნიტრაციით მიღებულ (ნიტროჯგუფების ნაკლები რაოდენობის მქონე) ნივთიერებებს ხმარობენ ცელულოიდის, ფოტოფირებისა და ხელოვნური აბრეშუმის დასამზადებლად.

**ტ რ ო ტ ი ლ ი** (ტოლი, ტრინიტროტოლუოლი)  $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$ , წარმოადგენს ტოლუოლის  $C_6H_5CH_3$  ნიტრაციის პროდუქტს (ტოლუოლი ქვანახშირის ფსიდან მზადდება). რეაქციას შემდეგი სახე აქვს:



ტროტილი მოყვითალო ფერის კრისტალური ნივთიერებაა. მზადდება სამი სახის: ფხვნილისებრი, დაწნეხილი და სხმული. ფხვნილ ტროტილის მოცულობითი წონაა 0,9 გ/სმ<sup>3</sup>, დაწნეხილის—1,6 გ/სმ<sup>3</sup> და სხმულის—1,55-1,59 გ/სმ<sup>3</sup>. ტროტილი ნაკლებად ჰიგროსკოპულია და ცივ წყალში არ იხსნება. კარგად იხსნება სპირტში, ბენზოლში და განსა-

კუთრებით, აცეტონში. იგი ხასიათდება მაღალი ქიმიური მდგრადობით (მისი დაშლა იწყება მხოლოდ  $150^{\circ}\text{C}$ -ზე უფრო მეტად გახურების შემთხვევაში).

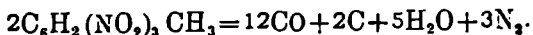
ცეცხლის მოკიდებისას ღია ჰაერზე ტროტილი (200 კილოგრამამდე) იწვის მშვიდად, ჰეარტლიანი ალით, დახშულ გარემოში კი წვა აფეთქებაში გადადის. ფეთქვის ტემპერატურა  $310^{\circ}\text{C}$ -ია.

ტროტილს მცირე მგრძნობიარობა გააჩნია. ფხვნილისებრი და დაწნეხილი ტროტილი ფეთქდება ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორით, ხოლო სხმული ტროტილისათვის საჭიროა შუალედი დეტონატორი. ტყვიით გახვრეტა ტროტილს არ აფეთქებს.

ტროტილში ქვიშის, ქანის ფხვნილისა და სხვა მყარი მინარევების მოხვედრა მკვეთრად ზრდის მის მგრძნობიარობას დარტყმაზე. ამ გარემოებას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ქაბურღილების დამუხტვის დროს.

დაწნეხილი ტროტილის დეტონაციის სიჩქარე უდრის  $6000$  მ/წმ, აფეთქების აირების მოცულობა  $750$  ლიტრია, აფეთქების სითბო  $1000$  კკალ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა  $2950^{\circ}\text{C}$ , მუშაობის უნარი  $300$  სმ<sup>2</sup>, ბრიზანტულობა  $22-24$  მმ.

ტროტილს ჟანგბადის მკვეთრად გამოხატული უარყოფითი ბალანსი აქვს —  $74\%$ . მისი აფეთქების რეაქცია შემდეგი სახისაა



როგორც ვხედავთ, ჟანგბადი საკმარისი არ არის თუნდაც მარტო ნახშირბადის დასაქანგავად  $\text{CO}$ -მდე; ნახშირბადის ნაწილი გამოიყოფა თავისუფალ მდგომარეობაში ბოლის სახით. მეორეული რეაქციების ხარჯზე მიიღება მეთანის მცირე რაოდენობა.

ჟანგბადის უარყოფითი ბალანსის გამო, რის შედეგადაც დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება შხამიანი აირები ( $\text{CO}$ ). ტროტილი როგორც დამოუკიდებელი ფეთქებადი ნივთიერება მხოლოდ ღია სამუშაოებზე გამოიყენება. იგი იხმარება ამონიუმის გვარჯილიან ფეთქებად ნივთიერებებში, როგორც მათი ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი ნაწილი. ტროტილისაგან მზადდება კუმულაციური მუხტები არაგაბარიტული ლოდების დასამსხვრევად ( $3\text{KII}$  და  $3\text{KH}$  მარკის) და შუალედი დეტონატორები  $\text{T-400}$ ,  $\text{M-400}$  და  $\text{TI-500}$  (ეს უკანასკნელი ტროტილისა და ჰექსოგენის შენადნობს წარმოადგენს).

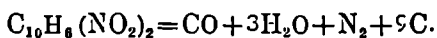
ბოლო ხანებში დაიწყეს გრანულირებული ტროტილის დამზადება, რომელსაც გრანულოტოლს უწოდებენ. გრანულების სიმსხო  $3-5$  მმ

შეადგენს. გრანულოტოლი გამოიყენება როგორც დამოუკიდებელი ფეთქებადი ნივთიერება გაწყლოვანებული ჭაბურღილების ასაფეთქებლად. გრანულებს შორის არსებული სივრცის წყლით შევსება ზრდის დამუხტვის სიმკვრივეს, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს აფეთქების ეფექტს. გრანულოტოლის აფეთქების ეფექტი კიდევ უფრო იზრდება, როდესაც გრანულებს შორის სივრცე ამონიუმის გვარჯილის ნაჭერი ხსნარით არის სავსე. ეს აიხსნება გრანულების აფეთქების პროდუქტებისა და გვარჯილის ჭარბი ჟანგბადის ურთიერთმოქმედებით, რაც ამცირებს არასრული წვის აირების გამოყოფას (ე. ი. ზრდის აფეთქების სითბოს). გრანულოტოლის ასაფეთქებლად საჭიროა შუალედი დეტონატორის გამოყენება. გრანულოტოლის ხმარება მშრალ ჭაბურღილებში მიზანშეუწონელია.

გრანულატორის წყალმედვგობა პრაქტიკულად განუსაზღვრელია. ნებისმიერი დროის განმავლობაში წყალში მოთავსებისას მისი ფეთქებადი თვისებები არ უარესდება. იგი წარმატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული დიდ სიღრმეებზე წყალქვეშა აფეთქების დროს.

დ ი ნ ი ტ რ ო ნ ა ფ ტ ა ლ ი ნ ი  $C_{10}H_6(NO_2)_2$  ნაფტალინის ნიტრაციის პროდუქტია და წარმოადგენს რუხი-მოყვითალო ფერის ფხვნილს. იგი მეტად სუსტი ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომლის მუშაობის უნარი არ აღემატება 80 სმ<sup>2</sup>-ს, აფეთქების სითბო უდრის 595 კკალ/კგ, ტემპერატურა 2500°-ს, აირების მოცულობა 750 ლიტრს.

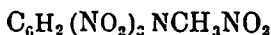
დინიტრონაფტალინს ჟანგბადის უარყოფითი ბალანსი გააჩნია და აფეთქებისას იძლევა შემდეგ რეაქციას.



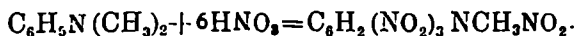
დინიტრონაფტალინი ხასიათდება მცირე ჰიგროსკოპულობით, წყალსა და სპირტში თითქმის არ იხსნება, ხოლო აცეტონი კი კარგად ხსნის მას. მექანიკური ზემოქმედების მიმართ მგრძობიარეა და ქიმიურად მდგრადი ნივთიერებაა.

მცირე სიმძლავრის გამო დინიტრონაფტალინის დამოუკიდებელი გამოყენება მიზანშეუწონილი არ არის. მას ხმარობენ ამონიუმის გვარჯილასთან ერთად დინაფტალიტის დასამზადებლად.

ტ ე ტ რ ი ლ ი (ტრინიტროფენილმეტალნიტროამინი)



მიიღება დიმეტილანილინის ნიტრაციის შედეგად



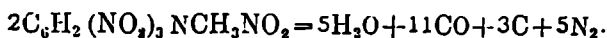
ტეტრილი ღია ყვითელი ფერის კრისტალური ნივთიერებაა. კრისტალების ხვედრითი წონაა 1,78, ხოლო ფხვნილის გრავიმეტრული მო-

ცულობითი წონა 0,9-1,0 გ/სმ<sup>3</sup>. დაწნეხილი ტეტრილის მოცულობითი წონა შეადგენს 1,6—1,65 გ/სმ<sup>3</sup>.

ღია ჰაერზე ტეტრილი ინტენსიურად იწვის, ხოლო დახშულ გარემოში წვა აფეთქებაში გადადის. ტეტრილი არაჰიგროსკოპულია და წყალში არ იხსნება, ცუდად იხსნება სპირტში, კარგად — აცეტონში. მას საკმაო ქიმიური მდგრადობა აქვს.

ტეტრილს ახასიათებს მაღალი მგრძნობიარობა მექანიკური ზემოქმედების მიმართ და ქანის ასაფეთქებლად არ გამოიყენება. მას ხმარობენ კაფსულ-დეტონატორებში მეორიულ ინიციატორად (დაწნეხილი სახით). ტეტრილი მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერებაა ჟანგბადის უარყოფითი ბალანსით. მისი დეტონაციის სიჩქარეა 7700 მ/წმ, აფეთქების სითბო 1160 კკალ/კგ, გამოყოფილი აირების მოცულობა 740 ლ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა — 3900°C, მუშაობის უნარი — 340 სმ. ბრინჯაუ — 22 მმ.

აფეთქების რეაქცია შემდეგი სახისაა



პ ი კ რ ი ნ მ ე ჯ ა ე ა (ტრინიტროფენოლი)  $C_6H_2(NO_2)_3OH$ , რომელსაც ზოგჯერ მელინიტს უწოდებენ, ფენოლის ნიტრაციის პროდუქტს წარმოადგენს. მას ყვითელი ფერის კრისტალური ფხვნილის სახე აქვს. ახასიათებს მეტად მწარე გემო და შეღებვის კარგი უნარი (მას დიდი ხნის განმავლობაში იყენებდნენ ყვითელ საღებავად). კრისტალების ხვედრითი წონაა 1,81, გრავიმეტრული მოცულობითი წონა — 1,0 გ/სმ<sup>3</sup>, დაწნეხილ მდგომარეობაში — 1,63 გ/სმ<sup>3</sup>.

პიკრინმჟავას ფეთქებადი თვისებები ტროტილზე მაღალია. მას ჟანგბადის უარყოფითი ბალანსი აქვს (—45,4%). ფეთქებადი დაშლის რეაქციის მიმდინარეობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული დამუხტვის სიმკვრივეზე. პიკრინმჟავა მეტად მაღალი მგრძნობიარობისაა და დამოუკიდებელი გამოყენება არა აქვს. სამამულო ომის დროს პიკრინმჟავას ხმარობდნენ ტანკსაწინააღმდეგო ნაღმების დასამზადებლად. ზოგიერთ სახელმწიფოში პიკრინმჟავათი მუხტავენ ავიაციუმბარებსა და საარტილერიო ჭურვებს. იგი შეჰყავთ ზოგიერთი ფეთქებადი ნარევის შედგენილობაში (მაგალითად, „ფრანგული ნარევი“ შეიცავს 80% პიკრინმჟავასა და 20% დინიტრონაფტალინს).

ქ ს ი ლ ი ლ ი (ტრინიტროქსილოლი)  $C_6H(NO_2)_3(CH_3)_2$  მიიღება ქსილოლის  $C_6H_4(CH_3)_2$  ნიტრაციით და წარმოადგენს ღია ყვითელი ფერის მყარ კრისტალურ ნივთიერებას. კრისტალების ხვედრითი წონაა 1,65, ფხვნილის მოცულობითი წონა — 0,6 გ/სმ<sup>3</sup>. ქსილოლის

თვისებები ტროტილისას წააგავს, ხოლო სიმძლავრით მას რამდენიმედ ჩამორჩება. ზოგიერთ ქვეყანაში ქსილილს იყენებენ ტროტილთან ერთად, შენადნობის სახით. ასეთი ნივთიერების მგრძნობიარობა, ტროტილთან შედარებით უკეთესია. მას ხმარობენ აგრეთვე ამონიუმისგვარჯილიან ფეთქებად ნივთიერებებში, როგორც შემადგენელ ნაწილს.

ჰექსოგენი (ტრიმეთილენტრინიტრამინი)  $C_3H_6N_6O_6$  წარმოადგენს უროტროპინის ნიტრაციის პროდუქტს. რეაქცია შეიძლება შემდეგნაირად დაიწეროს

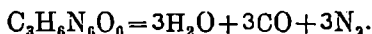


ჰექსოგენი პირველად 1898 წელს მიიღეს, ხოლო ჩვენი საუკუნის ოციანი წლებიდან სამხედრო საქმეში ჰპოვა გამოყენება. შემდეგში მისი ხმარება დაიწყო ფეთქებადი მასალების დამზადებისას. იგი ერთერთი ყველაზე მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერებაა, აქვს წვრილკრისტალური თეთრი ფხვნილის სახე. კრისტალების ზვედრითი წონაა 1,82, ფხვნილის მოცულობითი წონა — 1,1 გ/სმ<sup>3</sup>.

ჰექსოგენი წყალში თითქმის არ იხსნება, ძნელად იხსნება ეთერსა და სპირტში, კარგად — აცეტონში, იგი არაპიგროსკოპულია და გააჩნია კარგი ქიმიური მდგრადობა. ჰექსოგენის მგრძნობიარობა მაღალია, განსაკუთრებით მგრძნობიარეა სხვა ფეთქებადი ნივთიერებიდან მიღებული იმპულსის მიმართ. ფეთქვის ტემპერატურა 230° C-ია, ცეცხლის მოკიდებისას, მცირე რაოდენობის შემთხვევაში, იწვის მოშიშინე ალით, აფეთქების გარეშე.

ჰექსოგენის მგრძნობიარობის შესამცირებლად მიმართავენ მის ფლეგმატიზებას, რისთვისაც ურევენ 5%-მდე პარაფინს. ამით იზრდება მისი მოხმარების უსაფრთხოება და ადვილდება დაწნეხა. დაწნეხილი ჰექსოგენის მოცულობითი წონა 1,70 გ/სმ<sup>3</sup>-ს აღწევს.

ჰექსოგენს უანგზადის უარყოფითი ბალანსი აქვს (—21,6%). მისი აფეთქების რეაქცია ასეთია



აფეთქებისას ჰექსოგენი იძლევა 1300 კკალ/კგ სითბოს, გამოყოფილი აირების რაოდენობაა 890 ლ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა 3800°C. დაწნეხილი ჰექსოგენის დეტონაციის სიჩქარეა 8600 მ/წმ, მუშაობის უნარი ტრაუტლის სინჯში 480 სმ<sup>3</sup>-ია. ბრიზანტულობის განსაზღვრა სტანდარტული სინჯით არ ხერხდება, რადგან ჰექსოგენის 50-გრამიანი მუხტი ამტკრევს ტყვიის ცილინდრს. 25-გრამიანი მუხტის აფეთქებისას ბრიზანტულობის მაჩვენებელი 16 მმ-ია. ჰექსოგენს მცირე კრიტიკული დი-



ამეტრი აქვს (1-2 მმ), რაც შესაძლებელს ხდის მის გამოყენებას სადეტონაციო ზონრის დასამზადებლად.

ამჟამად ჰექსოგენს იყენებენ როგორც ერთ-ერთ კომპონენტს მძლავრ სამრეწველო ფეთქებად ნივთიერებებში (არაფლევმატიზებული სახით), აგრეთვე მეორეულ ინიციატორად (ტეტრილის ნაცვლად) კაფსულ-დეტონატორებში. ტროტილისა და ფლევმატიზებულ ჰექსოგენის შენადნობი გამოიყენება შუალედი დეტონატორების (კოკი ТГ-500) დასამზადებლად. ასეთივე შენადნობს იყენებენ საბრძოლო ქურების დასამუხტავად.

მაღალი მგრძობიარობა და დამზადების სიძვირე ზღუდავს ჰექსოგენის ფართო გამოყენებას, თუმცა მას საუცხოო ფეთქებადი თვისებები გააჩნია. ამჟამად წარმოებს კვლევა ჰექსოგენის დამზადების გასაზრდებლად.

ინიციატორული ფეთქებადი ნივთიერებები ისეთ ნივთიერებებს ეწოდება, რომელთა დეტონაციას იწვევს ნებისმიერი სახის მარტივი საწყისი იმპულსი — დარტყმა, ზახუნი, ნაპერწკალი, ელექტრული განმუხტვა და სხვ. ინიციატორული ფეთქებადი ნივთიერებები მეტად მაღალი მგრძობიარობით გამოირჩევა და მათი მცირე მუხტებიც კი, რომელთა წონა გრამის მეათედ და უფრო ნაკლებ ნაწილსაც შეადგენს, მყარ დეტონაციას იძლევა (კრიტიკული დიამეტრი 0,01-0,02 მილიმეტრია). ამას ხსნიან იმ გარემოებით, რომ ასეთ ნივთიერებებში ფეთქებადი რეაქციის აღძვრის მომენტიდან დეტონაციის სიჩქარის განვითარებამდე მეტად ცოტა დროა საჭირო.

აღნიშნულ თვისებათა გამო ინიციატორული ფეთქებადი ნივთიერებანი ფართო გამოყენებას პოულობენ კაფსულ-დეტონატორებში, რომელთა დანიშნულებაა მუხტისათვის საწყისი, ანუ ინიციატორული იმპულსის მინიჭება (აქედან წარმოდგება მათი დასახელებაც).

ინიციატორულ ფეთქებად ნივთიერებებს, სხვა ბრიზანტულ ნივთიერებებთან შედარებით, ნაკლები სიმძლავრე ახასიათებთ.

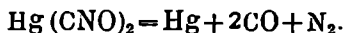
ინიციატორული ნივთიერებების აფეთქება პრაქტიკულად მუდამ ხდება სითბური იმპულსის გავლენით. წვის გადასვლა დეტონაციაში დამოკიდებულია ინიციატორის სიმკვრივეზე და მისი გაზრდისას, გარკვეულ ზღვრამდე, უფრო სწრაფად ხდება. ინიციატორის მოთავსება მყარ გარსში მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს დეტონაციის სწრაფ განვითარებას.

ინიციატორული ფეთქებადი ნივთიერებანი მეტად საფრთხილო მოსახმარია. ამის გამო მათი დამოუკიდებელი გამოყენება, ან მათი შეყვანა ფეთქებადი ნივთიერების შედგენილობაში არ წარმოებს.

ამჟამად, დეტონატორების დასამზადებლად უმთავრესად გამოიყენება მგრგვინავი ვერცხლისწყალი, ტყვიის აზიდი და ტყვიის ტრინიტრორეზორცინატი (ტყვიის სტიფნატი, ტენერესი).

მგრგვინავი ვერცხლისწყალი  $\text{Hg}(\text{CNO})_2$  წარმოადგენს მგრგვინავი მკავას ( $\text{HONC}$ ) მარილს. იგი მიიღება აზოტმკავის, ლითონური ვერცხლისწყლისა და ეთილის სპირტის ურთიერთქმედებით. მგრგვინავი ვერცხლისწყალი მზადდება წვრილკრისტალური ფხვნილის სახით, რომელსაც თეთრი ან რუხი ფერი აქვს. კრისტალების ხვედრითი წონაა 4,42, ხოლო ფხვნილის გრავიმეტრიული მოცულობითი წონა შეადგენს 1,6 გ/სმ<sup>3</sup>. კაფსულ-დეტონატორებში იყენებენ დაწნეხილი სახით (მოცულობითი წონა 3,3 გ/სმ<sup>3</sup>).

ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე მგრგვინავი ვერცხლისწყალი ქიმიურად საკმაოდ მდგრადია, მაგრამ უკვე 50°C-ზე ხანგრძლივი გახურებისას დაშლას იწყებს. დაახლოებით 170°C-ზე გახურებით იგი ფეთქდება. აფეთქების რეაქცია შემდეგი სახისაა



აფეთქებისას გამოყოფილი სითბო ტოლია 405 კკალ/კგ, აირების მოცულობა — 316 ლ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა 4450°C, დეტონაციის სიჩქარე 5400 მ/წმ, მუშაობის უნარი — 110 სმ<sup>3</sup>. ქანგბადის ბალანსი უარყოფითია (—11,8%).

მშრალი, ფხვიერი მგრგვინავი ვერცხლისწყალი იმდენად მგრძნობიარეა, რომ უბრალო გაკაწვრითაც კი ფეთქდება. დაწნეხილ მდგომარეობაში ნაკლები მგრძნობიარობა აქვს და ტრანსპორტირების საშუალებას იძლევა. დაწნეხას ახდენენ 200-250 ატ. წნევით. თუ დაწნეხა მოხდა 500 ატ და უფრო მეტი წნევით, მაშინ მგრგვინავი ვერცხლისწყალი კარგავს ალის გავლენით აფეთქების უნარს და მხოლოდ იწვის. წყალში ძნელად იხსნება და ჰიგროსკოპულობა არ ახასიათებს. დატენიანება ამცირებს მგრგვინავი ვერცხლისწყლის მგრძნობიარობას. თუ ტენიანობა 10%-ს აღწევს, იგი დეტონაციას აღარ იძლევა და მხოლოდ იწვის. ამიტომ საკუროა კაფსულ-დეტონატორების დაცვა დასველებისაგან, რათა მათი მტყუნება არ მივიღოთ. ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ დატენიანებული მგრგვინავი ვერცხლისწყალი დეტონატორის მასრის სპილენძზე მოქმედებს და წარმოქმნის სპილენძის ფულმინატებს, რომლებიც მასზე უფრო მეტი მგრძნობიარობის ფეთქებად ნივთიერებებს წარმოადგენს. ფულმინატების არსებობა მეტად საშიშს ხდის დეტონატორის გამოყენებას. აღუშინთან ურთიერთქმედებისას მგრგვინავი ვერ-

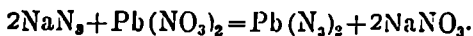
ცხლისწყლის ფეთქებადი თვისებები ქვეითდება, რის გამოც, მისთვის მხოლოდ სპილენძის ან ქალაღის მასრები გამოიყენება.

მგრგვინავი ვერცხლისწყალი შხამიანია, მისი მტვერი ალიზიანებს ლორწოვან გარსს, კანზე შეხებისას იწვევს დაავადებას, რომელიც სველ ეკზემას წააგავს.

მგრგვინავი ვერცხლისწყალი მეტად გავრცელებული ინიციატორია; კაფსულ-დეტონატორების დამზადებისას წინათ მხოლოდ მას ხმარობდნენ, შემდეგ იგი ნაწილობრივ ტყვიის აზიდმა შეცვალა.

მგრგვინავი ვერცხლისწყალი ერთ-ერთი უძველესი ფეთქებადი ნივთიერებაა. წერილობით იგი უკვე 1690 წელს მოიხსენება. შემდეგ იგი დაივიწყეს და 1799 წელს ხელახლა აღმოაჩინა ჰოვარდმა. პრაქტიკული გამოყენება პირველად 1815 წელს ჰპოვა ამნთებ კაფსულებში, ხოლო 1865 წლიდან კაფსულ-დეტონატორებში იხმარება.

ტყვიის აზიდი  $Pb(N_3)_2$  წარმოადგენს წყალბადაზოტმქავას ( $HN_3$ ), ტყვიის მარილს. წყალბადაზოტმქავა თავისთავად მეტისმეტად მძლავრი და მგრძნობიარე ფეთქებადი ნივთიერებაა. ამიტომ ტყვიის აზიდის დამზადებისას საწყის პროდუქტად იღებენ ნატრიუმის აზიდს, რომელიც ტყვიის ნიტრატთან იძლევა შემდეგ რეაქციას



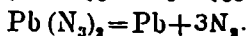
ტყვიის აზიდი წერილკრისტალური თეთრი ფხვნილია, რომელსაც ახასიათებს კრისტალების დიდი ზვედრითი წონა 4,8. ფხვნილის გრავიმეტრიული სიმკვრივეა 1,3 გ/სმ<sup>3</sup>, იგი კაფსულ-დეტონატორებში დაწნეხილი სახით გამოიყენება (4,6 გ/სმ<sup>3</sup>). ტყვიის აზიდი მგრგვინავი ვერცხლისწყლისაგან განსხვავებით ადვილად იტანს დიდ წნევებს და 12000 ატ დაწნეხის შემთხვევაშიც კი არ კარგავს დეტონაციის უნარს. მზის სხივები იწვევს ტყვიის აზიდის გამუქებას, მაგრამ ეს მოვლენა სიღრმეში არ აღწევს და მხოლოდ ზედა თხელი ფენით იფარგლება. ტყვიის აზიდი კარგი ქიმიური მდგრადობით ხასიათდება. ხანგრძლივი გახურება 100°C-ზე არ იწვევს მისი თვისებების შეცვლას.

ტყვიის აზიდი არაპიგროსკოპულია და წყალში არ იხსნება. დატენიანების შემთხვევაში იგი არ კარგავს ფეთქებად თვისებებს. 30%-იანი ტენიანობის ღროს მას ისეთივე მგრძნობიარობა აქვს, როგორც მშრალ მდგომარეობაში. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ტენიანი ჰაერის გავლენით, რომელიც ნაწილობრივ შეიცავს, იგი გამოჰყოფს მეტად სახიფათო წყალბადაზოტმქავას, ხოლო მისი სპილენძზე ზემოქმედების შედეგად — ქვეყანგოვანი და ქანგოვანი სპილენძის აზიდებს. ეს უქანასკნელი მეტად მაღალი მგრძნობიარობით ხასიათდება და მცირე მექანიკურმა ზემოქმე-

დებამაც კი შეიძლება გამოიწვიოს მათი აფეთქება. ამიტომ ტყვიისაზო-  
დიანი დეტონატორების მასრა ალუმინისაგან მზადდება.

ტყვიის აზიდს, მგრგვინავ ვერცხლისწყალთან შედარებით, ნაკლები  
მგრძნობიარობა აქვს. მისი ფეთქვის ტემპერატურა  $327^{\circ}\text{C}$ -ია.  
აღის ზემოქმედების მიმართ ტყვიის აზიდის მგრძნობიარობის გასაზ-  
რდელად კაფსულ-დეტონატორებში მას ზემოდან ადებენ ტყვიის  
სტიფნატს.

ტყვიის აზიდის აფეთქება არ წარმოადგენს წვის რეაქციას, რომე-  
ლიც სხვა ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის არის დამახასიათებელი.  
აფეთქებისას ტყვიის აზიდი იშლება შემადგენელ ელემენტებად



ტყვიის აზიდის აფეთქებისას გამოიყოფა 380 კკალ/კგ სითბო, აირე-  
ბის მოცულობა უდრის 308 ლ/კგ, აფეთქების ტემპერატურაა  $4300^{\circ}\text{C}$ ,  
დეტონაციის სიჩქარეა 5300 მ/წმ, მუშაობის უნარი — 115 სმ<sup>3</sup>.

ტყვიის აზიდს მგრგვინავ ვერცხლისწყალზე ბევრად უფრო მაღა-  
ლი ინიციატორული თვისებები გააჩნია. ამიტომ კაფსულ-დეტონატო-  
რებში იგი ნაკლები რაოდენობით არის საჭირო, რაც დეტონატორის  
ზომების შემცირების საშუალებას იძლევა. მგრგვინავ ვერცხლისწყალ-  
თან შედარებით ტყვიის აზიდი ნაკლებად ტოქსიკურია. ტყვიის აზიდის  
მოხმარება კაფსულ-დეტონატორების დამზადებისას თანდათან ფარ-  
თოვდება.

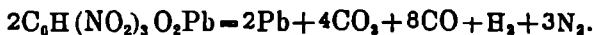
ტყვიის აზიდი აღმოჩენილია 1891 წელს. როგორც ინიციატორულ-  
მა ფეთქებადმა ნივთიერებამ მან ფართო გავრცელება ჰპოვა პირველი  
მსოფლიო ომის დროიდან.

ტყვიის სტიფნატი ქიმიურად მდგრადი ნივთიერებაა, მისი ქი-  
მიური დაშლა იწყება  $200^{\circ}$ -ზე ზევით განხურებისას. ფეთქვის ტემპერატუ-  
რა უდრის  $270^{\circ}$ -ს.

ტყვიის სტიფნატი არაპიგროსკოპულია და წყალში თითქმის არ იხ-  
სნება. დატენიანება მის ფეთქებად თვისებებზე არ მოქმედებს. ლი-  
თონების მიმართ სხვა ინიციატორულ ნივთიერებებისაგან განსხვავებით,  
არავითარ რეაგირებას არ იჩენს.

ტყვიის სტიფნატის მგრძნობიარობა დარტყმაზე მგრგვინავ ვერ-  
ცხლისწყალზე ექვსჯერ ნაკლებია, ხოლო ტყვიის აზიდზე — ორჯერ. ხა-  
ხუნის მიმართ მგრძნობიარობის მიხედვით მას შუალედი ადგილი უკა-  
ვია. მისი მგრძნობიარობა სითბური იმპულსის მიმართ ტყვიის აზიდის  
მგრძნობიარობაზე გაცილებით მაღალია. ტყვიის სტიფნატის ინიციატო-  
რული უნარი ტყვიის აზიდთან და მგრგვინავ ვერცხლისწყალთან შედა-  
რებით ბევრად ნაკლებია და ამიტომ მას დამოუკიდებლად არ იყენებენ.  
როგორც აღნიშნული იყო, მას ხმარობენ კაფსულ-დეტონატორებში  
ტყვიის აზიდზე დეტონაციის გადასაცემად.

ტყვიის სტიფნატის ფეთქებადი დაშლის რეაქცია შემდეგია



აფეთქებისას გამოიყოფა 418 კკა/კგ სითბო, აფეთქების აირების მოცულობა შეადგენს 448 ლ/კგ, აფეთქების ტემპერატურაა 3030°C, დეტონაციის სიჩქარე 5200 მ/წმ, მუშაობის უნარი 110 სმ<sup>3</sup>, ქანგბადის ბალანსი უარყოფითია (-56,0%).

ტყვიის სტიფნატი პირველად მიიღეს 1914 წელს. ფართო პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა 1927 წლის შემდეგ. მე-6 ცხრილში მოცემულია ფეთქებადი ქიმიური ნაერთების ძირითადი მახასიათებლების მნიშვნელობანი.

ცხრილი 6

ფეთქებადი ქიმიური ნაერთები	აფეთქების სითბო, კკა/კგ	აირების მოცულობა, ლ/კგ	აფეთქების ტემპერატურა, °C	დეტონაციის სიჩქარე, მ/წმ	მუშაობის უნარი, სმ <sup>3</sup>	ბრიზანტულობა, მმ	ქანგბადის ბალანსი, %
ამონიუმის გეარჯილა NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	350	930	1950	2000	165—230	1,5—2,0	20
ნიტროჯლიცერინი C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (ONO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	1560	715	4100	7600	590	20—26	3,5
ნიტროგლიკოლი C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (ONO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	1700	730	4200	7400	650	30	0
ტენი C(CH <sub>2</sub> ONO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub>	1420	790	3900	8200	500	—	10,1
პიროქსილინი C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (ONO <sub>2</sub> ) <sub>11</sub>	1000	900	3100	4300	420	16	33,5
ტროტილი C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	1000	750	2950	6000	300	22—24	74,0
პიკრინმევა C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH	1000	675	3230	7200	335	19	45,4
ქსილილი C <sub>6</sub> H(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>							
დინიტრონაფტალინი C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	596	750	2500		80		129,4
ტეტროლი C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NCH <sub>3</sub> NO <sub>2</sub>	1160	740	3900	7700	340	22	47,4
ჰექსოგენი C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	1300	690	3800	8600	480	—	21,6
მგრეინაევი ვერცხლისწყალი Hg(CNO) <sub>2</sub>	405	316	4450	5400	110	—	11,8
ტყვიის იზიდი Pb(N <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	380	308	4300	5300	115	—	—
ტყვიის სტიფნატი C <sub>6</sub> H(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> O <sub>2</sub> PbH <sub>2</sub> O	418	448	3090	5200	110	—	56,0

## § 18. ფეთქებადი ნივთიერებები ღია საფუშაოებისათვის ( I კლასი)

ღია სამუშაოებისათვის განკუთვნილ ფეთქებად ნივთიერებებს ნაკლებად მკაცრი მოთხოვნილებანი წაეყენება. აქ ფაქტიურად შეზღუდული არ არის ქანგბადის ბალანსის მნიშვნელობა (გამოყოფილი შხამიანი აირების რაოდენობა), თუმცა უნდა გვახსოვდეს, რომ მონგრეული ქანის მასაში შეიძლება დიდი ხნის განმავლობაში დარჩეს შხამიანი აირები, რაც გარკვეულ სიფრთხილეს მოითხოვს ქანის აწმენდისას. კარიერებზე შეიძლება ვიხმართ შედარებით დაბალი სადეტონაციო თვისებების მქონე ნივთიერებები, რადგან ამ შემთხვევაში მუხტების დამეტრის სიდიდე ისეთია, რომ ნივთიერების კრიტიკული დიამეტრის მნიშვნელობა არ საზღვრავს მისი გამოყენების შესაძლებლობას.

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

**გრ ა ნ უ ლ ო ტ ო ლ ი** და **ა ლ უ მ ო ტ ო ლ ი**. გრანულოტოლი წარმოადგენს გრანულირებულ ტროტილს (ე. ი. ფეთქებად ქიმიურ ნაერთს), რომლის თვისებები და გამოყენების პირობები ზევით იყო აღწერილი. ალუმოტოლი, გარდა ტროტილის (85%) შეიცავს ალუმინის ფქვილს (15%). იგი მზადდება ამ კომპონენტების გრანულირებულ შენადნობის სახით. გრანულების სიმსხო 5 მილიმეტრამდეა, სიმკვრივე 1,5-1,7 გ/სმ<sup>3</sup>-ია, მათ რუხი ფერი აქვთ. ალუმოტოლი საკმაოდ ძვირი ღირს.

ალუმოტოლი მეტად მძლავრი ნივთიერებაა და განკუთვნილია მაგარი ქანების ასაფეთქებლად, ნებისმიერი გაწყლოვანების პირობებში, მათ შორის გამდინარე წყლის შემთხვევაშიც. ეკონომიურად ხელსაყრ-

ლია ალუმოტოლის ხმარება სხვა იაფფასიან გრანულირებულ ნივთიერებასთან კომბინაციაში. ამ დროს ალუმოტოლით ავსებენ ჰაბურდოლის ქვედა გაწყლოვანებულ ნაწილს.

ისევე, როგორც გრანულოტოლი, ალუმოტოლიც ადვილად იძირება წყალში და უფრო მკვირივ თხევად გარემოში (შლამებში); გააჩნია პრაქტიკულად განუსაზღვრელი წყალმედვეობა. მათი გამოყენება მიზანშეწონილია წყალგავსებული სახით. აფეთქების ეფექტი კიდევ უფრო იზრდება, როდესაც გავსება ხდება ამონიუმის გვარჯილის ნაჭერი წყლით; გრანულების დეტონაციის პროდუქტები ურთიერთქმედებენ გვარჯილის ენგბადთან, რაც ხელს უწყობს მათ სრულ წვას, ე. ი. ზრდის აფეთქების სიბოლს. ამის გამო აფეთქების ეფექტი 25-30%-ით იზრდება. გრანულირებული ნივთიერების თხევადი მასით გავსების დროს ჰნიშვნელოვნად იზრდება დამუხტვის სიმკვრივე და, ამის გამო, უმჯობესდება დეტონაციის პარამეტრები.

გრანულოტოლის და ალუმოტოლის გამოყენება მშრალ ჰაბურდილებში მიზანშეწონილი არ არის აფეთქების ეფექტის დაქვეითების გამო. გარდა ამისა, აფეთქების გახურებული საწვავი პროდუქტების ჰაერთან ურთიერთქმედებისას მიიღება ძლიერი მეორეული ალი (მეორეული აფეთქება); მონგრეული ქანის მასაში, აფეთქებიდან გარკვეული დროის შემდეგ (რამდენიმე წამიდან რამდენიმე საათამდე), აღინიშნება საკმაოდ ძლიერი ტკაცუნი, რასაც ზოგჯერ თან სდევს ალის ამოვარდნა.

გრანულოტოლი და ალუმოტოლი საწყისი იმპულსის მიმართ არასაკმარისად მგრძობიარე ნივთიერებებია. ამიტომ საჭირო ხდება მძლავრი შუალედი დეტონატორის გამოყენება. ქარხნიდან ეს ნივთიერებები იგზავნება ქაღალდის მრავალფენოვან ან ჭუთის ტომრებში, შუალედი დეტონატორების კოქებთან ერთად.

გრამონალი A-45 და A-50 წარმოადგენს ტროტილის (შესაბამისად 45 და 50%), ამონიუმის გვარჯილისა (40 და 47%) და ალუმინის ფქვილის (15 და 3%) ფეთქებად ნარევს, რომლებიც მზადდება გრანულირებული სახით. გრანულები ღია რუხი ფერისაა, მათ ნახევარსფერული ფორმა და 5-7 მმ სიმატა აქვთ. გააჩნიათ კარგი ფხვიერობა, წყალში და შლამებში ადვილად იძირებიან, წყალმედვეობას ინარჩუნებენ 2—3 დღე-ღამის განმავლობაში გამდინარე წყალში ყოფნის პირობებში.

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

განკუთვნილია მაგარ და საშუალო სიმაგრის ქანებისათვის. გრამონალეების გამოყენება, პირობების შესაბამისად, რეკომენდებულია დამოუკიდებლად ან ნაკლები სიმძლავრის იაფ ნივთიერებებთან (იგდანიტი, გრამონიტი 79/21) კომბინირებული სახით. გრამონალეების ინიცირებისათვის საჭიროა შუალედი დეტონატორის გამოყენება.

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 წყალმედვეობას (ინდექსი B — водоустойчивость). უფრო მეტად წყალმედვეია გრამონიტი 30/70-B, რომლის მუხტი დამდგარ წყალში მოთავსებისას ფეთქებად თვისებებს ინარჩუნებს სამი დღე-ღამის განმავლობაში (გრამონიტი 50/50B — 1 დღე-ღამის განმავლობაში). ეს ნივთიერებები განკუთვნილია მაგარი და საშუალო სიმაგრის ქანების ასაფეთქებლად. ამ პირობებში გრამონიტების გამოყენება გრანულოტოლთან შედარებით უფრო ეკონომიურია. გრამონიტების ინიცირებისათვის საჭიროა შუალედი დეტონატორის გამოყენება. მათი ხმარებისას უნდა ვერიდოთ გრანულების დამსხვრევას, რადგან ეს იწვევს წყალმედვეობის შემცირებას.

გრამონიტი 30/70 (ინდექსის გარეშე) წარმოადგენს გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილისა და გრანულოტოლის (გრანულირებული ტროტილის) მექანიკურ ნარევის. ფეთქებადი თვისებებით ნაკლებად განსხვავდება 30/70-B მარკის გრამონიტისაგან. განკუთვნილია მაგარ ქანებში სამუშაოდ ნაკლებად გაწყლოვანების პირობებში. წყლის რაოდენობა ჰაბურღილში იმაზე მეტი არ უნდა იყოს, რაც საჭიროა გვარჯილის სრული გახსნისათვის; ასეთი ხსნარი ავსებს სივრცეს ტროტილის გრანულებს შორის და მნიშვნელოვნად ზრდის აფეთქების ეფექტს (გამოთვლილია, რომ ჰაბურღილში წყლის სვეტის სიმაღლე მუხტის სვეტის 1/3-ს არ უნდა აღემატებოდეს; ზედმეტი წყალი დამუხტვის წინ უნდა მოცილებულ იქნეს). გრამონიტი 30/70 ფეთქდება შუალედი დეტონატორით.

ღია სამუშაოებზე გამოყენებული გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერებების ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია მე-7 ცხრილში.



მახასიათებლები	გრანულტოლო		ალუმინოლო		გრამინალუბი		გრამინიტები	
	მგრალი	წყლით აკვებ.	მგრალი	წყლით აკვებ.	A-45	A-50	50/50-B	30/70-B
	აფუთვების სიძობი, კვლ/კვ	870	980	1260	1340	1390	1000	880
აირების მოცულობა, ლ/კვ	750	1054	675	815	752	800	810	800
დეტონაციის სიჩქარე, კმ/წმ	4,0-4,6	5,0-5,5	4,0-4,2	4,8-5,0	4,5-4,8	4,2-4,5	3,6-4,2	3,3-4,5
მუშაობის უნარი, სკმ	290	315	430	455	450	330	340	330
პრობანტულობა, მმ	24-26	32-34	28-30	> 34	28-30	24-26	28-25	24-27
კრიტიკული დიამეტრი, მმ	60-60	25-30	70-80	25-30	60-60	80-100	40-50	40-60
გრანულების სიმჭობი, მმ	3-4	—	3-4	—	5-6	5-6	2-2,5	2-2,5
გრანულების სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>	1,48-1,54	—	1,52-1,63	—	1,45-1,38	1,4-1,52	1,4-1,48	1,4-1,48
შუალედი დეტონატორის მიწმალური მასა, გ	5-10	25-30	5-10	25-30	5-10	5-10	5-10	5-10
ფანგბადის ბალანსი, %	-74	—	76,25	—	38,6	30,3	27,1	45,9
შედგენილობა, %:								
ამონიუმის გვირგვინი	—	—	—	—	40	50	50	30
ტროტილი	100	—	85	—	40	47	50	70
ილუმინის ფქვილი	—	—	15	—	15	3	—	—
ფასი, მან I ტონაზე	800	—	465	—	410	340	260	285

წყალშევისებული ფეთქებადი ნივთიერებანი. ჰაბურდილებში გამდინარე წყლის არსებობა ჰქმნის ამონიუმის გვარჯილის გამორეცხვის საშიშროებას გრანულირებული ფეთქებადი ნარევების შედგენილობიდან. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად ამონიუმის გვარჯილა ნარევეში შეყავთ კონცენტრირებული წყალხსნარის სახით, რომელსაც ემატება შემასქელებელი ნივთიერება (სახამებელი, დეკსტრინი, გუარგამი, კარბოქსილმეთილცელულოზის ნატრიუმის მარილი და სხვ.); გვარჯილის ხსნარი ღებულობს ჟელესებრი მასის სახეს, რის გამოც ფეთქებადი ნარევი მკვირვ სუსპენზიას წარმოადგენს. წყლის შემცველობა ნარევის შედგენილობაში 12-16%-ია. ნარევეში თხევადი ფაზის შეფარდებითი რაოდენობის შერჩევით ფეთქებად ნივთიერებას ისეთ კონსისტენციას აძლევენ, როგორსაც მოითხოვს დამუხტვის პირობები. მაგალითად, ჰაბურდილების დამუხტვისას საჭიროა, რომ ნარევის ადვილი ძვრადობა გააჩნდეს.

წყალშევისებული ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის დამახასიათებელია დამუხტვის დიდი სიმკვრივე 1,5-1,6 გ/სმ<sup>3</sup> (რითაც მნიშვნელოვნად იზრდება ენერჯიის მოცულობითი კონცენტრაცია), მეტად მაღალი წყალმედვეობა და დაბალი მგრძნობიარობა. ასეთი ნარევეები ყველაზე უსაფრთხო მოსახმარია, ამავე დროს, ფეთქებადი თვისებების მიხედვით ისინი დიდი სიმძლავრის დინამიტებს არ ჩამორჩება, ხოლო ღირებულება მათზე 2-3-ჯერ ნაკლები აქვთ.

ამჟამად ჩვენში მზადდება შემდეგი ტიპის წყალშევისებული ფეთქებადი ნივთიერებები: აკვატოლები, იფზანიტები, კორბოტოლები. ყველა მათგანის ასაფეთქებლად საჭიროა შუალედი დეტონატორის გამოყენება.

აკვატოლი 65/35 C და აკვატოლი M-15 (მეტალიზებული) ქარხნიდან გამოიშვება უწყლო ფხვიერი ნარევის სახით. წყლის შეყვანა მათ შედგენილობაში მოხმარების ადგილზე ხდება. AB, ABM და MГ მარკის აკვატოლები კი ქარხნიდანვე წყალშევისებული სახით იგზავნება. ამისათვის მათ ათავსებენ პოლიეთილენის გარსებში, რომელთა დიამეტრი 180-190 მილიმეტრია, ხოლო სიგრძე 430-488 მმ (ტვეადობა 17 კგ). ABM და MГ მარკის აკვატოლები მეტალიზებულია. მშრალი აკვატოლები იგზავნება ქალაქის ტომრებში (40-44 კგ), რომლებიც ხის ყუთებში ან კუთის ტომრებში იდება.

მოხმარების ადგილზე წყალშევისების დროს იყენებენ სპეციალურ შემრევე-დამმუხტავ აგრეგატებს. ვინაიდან გვარჯილის წყალში გახსნისას ტემპერატურა მნიშვნელოვნად ეცემა, ამიტომ საჭიროა წყლის წინასწარი გათბობა, რათა ფეთქებად ნარევის დამუხტვის დროს საკმარისი ძვრადობა ჰქონდეს. თუ შემრევე-დამმუხტავი აგრეგატი არ არის, მაშინ შეიძლება უშუალოდ ჰაბურდილებში, სათანადო პროპორციით, ერთ-

დროულად ჩაიტვირთოს ფხვიერი მასა და ხსნარი, ან ჯერ მოთავსდეს მთელი რაოდენობით ფხვიერი მასა და შემდეგ ჩაისხას ხსნარი. ზოგჯერ ფხვიერი მასის ჩაყრასა და ხსნარის დასხმას პორციობით ახდენენ. მშრალი აკვატოლების გამოყენებისას წინასწარ ჰაბურლილებიდან წყალი უნდა ამოშრეს. გამოზადებული აკვატოლების დამუხტვისას პოლიეთილენის გარსებს ჰაბურლილებში ჩაგდების წინ ჰკრიან (სულფიდურ მადნებში მუშაობისას გარსები არ იჭრება, ვინაიდან ამონიუმის გვარჯილისა და მადნის ურთიერთქმედებისას შეიძლება აკვატოლის გახურება და გაუთვალისწინებელი აფეთქება მოხდეს).

არამეტალიზებული აკვატოლები 65/35C და AB რეკომენდებულია მაგარი ქანების, ხოლო მეტალიზებული აკვატოლები (M-15, ABM და MΓ), ძალიან მაგარი ქანების ასაფეთქებლად. აკვატოლების მშრალი სახით გამოყენება მიზანშეწონილი არ არის, რადგან ამ შემთხვევაში აფეთქების ეფექტი გაცილებით ნაკლებია.

აკვატოლების გამოყენება რეკომენდებულია ნაკლები სიმძლავრის მქონე სხვა გრანულირებულ ფეთქებად ნივთიერებებთან კომბინირებით. ამ შემთხვევაში აკვატოლს უკავია ჰაბურლილის ქვედა ნაწილი, სადაც ასაფეთქებელი მასივის წინაღობა უდიდესია.

ი ფ ზ ა ნ ი ტ ე ბ ი წარმოადგენენ მკვრივ სუსპენზიებს, მათი მყარი ფაზა შედგება გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილისა და გრანულირებული ან ქერცლოვანი ტროტილის ნარევისაგან, ხოლო თხევადი ფაზა ამონიუმის გვარჯილის ნაჯერი ხსნარია, რომელიც შესქელებულია კარბოქსიმეთილცელულოზით. გვარჯილის გასახსნელად იყენებენ ცხელ წყალს, რის შედეგად ხსნარის ტემპერატურა 75-80°C ფარგლებში მიიღება.

ფეთქებადი ნარევი მზადდება სპეციალური დანადგარის საშუალებით და ჰაბურლილების ძირში შლანგით მიეწოდება (ტემპერატურა 55-60°C). გაციების შედეგად ნარევი მაგრდება, მისი სიმკვრივე 1,4-1,6 გ/სმ<sup>3</sup>-ს აღწევს. გამაგრებული ფეთქებადი ნარევი აბსოლუტურად წყალშედეგია და მექანიკურ ზემოქმედების მიმართ მას მცირე მგრძობიარობა გააჩნია.

ღია სამუშაოებზე გამოიყენება T-20, T-60 და T-80 მარკის იფზანიტები, რომლებიც ერთმანეთისაგან განირჩევა თხევად ფაზაში წყლის შემცველობით. წყლის რაოდენობა გავლენას ახდენს იფზანიტის ფეთქებად მახასიათებლებზე. ასოითი ინდექსი T აღნიშნავს ნარევი ტროტილის გამოყენებას (როგორც სენსიბილიზატორის), ხოლო შესაბამისი რიცხვი გვიჩვენებს გვარჯილის ნაჯერი წყალხსნარის ტემპერატურას (ცხრილი 8).

იფზანიტები მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერებებია. მათ იყენებენ: მშრალ და გაწყლოვანებულ ჰაბურდილებში, რომელთა დიამეტრი 100 მმ და მეტია. მაგარი და ძალიან მაგარი ქანების აფეთქების დროს მაღალ ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს იძლევა.

ამჟამად შემუშავებულია მეტალიზებული იფზანიტები, რომელთაც კიდევ უფრო მეტი სიმძლავრე გააჩნიათ. იფზანიტები, ისე როგორც ყველა სხვა გრანულირებული ან წყალშეესებული ნივთიერება შუალედო დეტონატორით ფეთქდება.

კორბოტოლები განსხვავდება იფზანიტებისაგან წყლის მცირე შემცველობით, რაც მხოლოდ 3-5%-ს შეადგენს. ფეთქებადი ნარევი ჰაბურდილებში გამდნარი სახით მიეწოდება, ამიტომ იგი კარგად ავსებს საშუბრო კამერას და გაციების შემდეგ მყარი მკვრივი მასის სახეს ღებულობს.

წყლის მცირე შემცველობა შესაძლებლობას იძლევა ნარევიში შევიყვანოთ სენსიბილიზატორის (ტროტილის) მინიმალური რაოდენობა. კორბოტოლების მნიშვნელოვან უპირატესობას სხვა წყალშეესებულ ფეთქებად ნივთიერებებთან შედარებით წარმოადგენს, აგრეთვე, დიდი სიმკვრივე (1,6 გ/სმ<sup>3</sup>).

კორბოტოლებს ამზადებენ უშუალოდ სამთო საწარმოში სტაციონარული დანადგარების საშუალებით. გაზადებული ნარევი მოხმარების აღვილზე გადაიტანება სპეციალური დამმუხტავი სატრანსპორტო მანქანით. ამჟამად მზადდება T-15 და ГЛ-10В მარკის კორბოტოლები. T-15 მარკის კორბოტოლში სენსიბილიზატორად მხოლოდ ტროტილს შეჰყავთ, ГЛ-10В მარკა კი, გარდა ტროტილისა, გარკვეული რაოდენობით შეიცავს ალუმინის ფხვნილს. იგი განკუთვნილია ძალიან მაგარი ქანების ასაფეთქებლად.

კორბოტოლების შედგენილობაში შემასქელებლის შეყვანა სავალდებულო არ არის. შემასქელებელი გამოიყენება მხოლოდ კორბოტოლის წყალმედვეობის გასაზრდელად.

კორბოტოლების ღირებულება ბევრად ნაკლებია საქარხნო წესით დამზადებული აკვატოლების ღირებულებაზე. დიდი სიმაგრის ქანებში ГЛ-10В მარკის კორბოტოლის გამოყენება 20-25%-ით ზრდის აფეთქების ეფექტს და 30%-ით უფრო ეკონომიკურია ალუმოტოლთან შედარებით.

ცხლად ჩასასხმელი წყალშეესებული ფეთქებადი ნივთიერებანი. ГЛТ-20 და ГЛТ-35 მიღებულია ლენინგრადის სამთო ინსტიტუტში. მათი დამზადებისას, რაც თვით საშუალოდ საწარმოში ხდება, ამონიუმის გვარჯილის მთელ რაოდენობას აძლევენ მაღალკონცენტრირებული ხსნარის სახეს. გასახსნელად

აიღება წყლის მინიმალური რაოდენობა, 90-95°C ტემპერატურით. ხსნარის კონცენტრაცია 88-90%-ია, სიმკვრივე 1,35-1,40. ცხელი ხსნარისა და გრანულოტოლის შერევით ღებულობენ 75-80°C ტემპერატურის ნარევეს. ჭაბურღილებში ჩასხმის შემდეგ, ხსნარი, როდესაც მისი ტემპერატურა 25-30°C-მდე დაიწვეს, მყარ სახეს ღებულობს. ეს ფეთქებადი ნივთიერებები რეკომენდებულია მაგარ ქანებში სამუშაოდ. მათ დადებით მხარედ თვლიან წყლის მცირე შემცველობასა და სადოზირებელი კომპონენტების მცირე რიცხვს, ხოლო უარყოფით მხარედ — ამონიუმის გვარჯილის მაღალკონცენტრირებული ხსნარით მუშაობის სირთულეს ჰაერის დაბალი ტემპერატურის პირობებში, მისი სწრაფი გამკვრივების გამო.

წყალშევისებული ფეთქებადი ნივთიერებების მახასიათებლები მოცემულია მე-8 ცხრილში.

კუმულაციური მუხტები. (ЗКП და ЗКН) განკუთვნილია ქანის არაგაბარიტული ლოდების დასამსხვრევად. ფეთქებად ნივთიერებად გამოყენებულია ტროტილი (ზოგჯერ ტროტილისა და ჰექსოგენის ნარევი). მუხტები სხვადასხვა წონისა მზადდება (0,2; 0,4; 1,0; 2,0; და 4,0 კგ). აფეთქების ეფექტის გაზრდის მიზნით 1,0 კგ და მეტი წონის ЗКП ტიპის მუხტები მოპირკეთებულია 0,8-1,0 მმ სისქის ფოლადის ფურცლით. მათ დასამზადებლად სხმულ ტროტილს ხმარობენ. ნაკლები წონის მუხტები დაწნეხილი ტროტილისაგან კეთდება, ფოლადის ფურცლით მოპირკეთების გარეშე. ЗКН ტიპის კუმულაციური მუხტები, ჩვეულებრივად, მოპირკეთების გარეშე გამოიშვება.

კუმულაციური მუხტების ასაფეთქებლად იყენებენ შუალედ დეტონატორს, რომელიც წარმოადგენს დაწნეხილი ტეტრილის კოქსს. ამ უკანასკნელის აფეთქება სადეტონაციო ზონით ხდება. 32-ე ნახაზზე ნაჩვენებია კუმულაციური მუხტის კონსტრუქცია (1,2-ფოლადის ფურცელი; 3-ფეთქებადი ნივთიერება; 4-შუალედი დეტონატორის კოქი გარსაცმით; 5-ალუმინის კაკვი სადეტონაციო ზონის ჩასაჭერად). მუხტის დიამეტრი  $D = 125-250$  მმ, ღრმულის დიამეტრი  $d = 50-115$  მმ, მუხტის სიმაღლე  $H = 41-105$  მმ. ასეთი მუხტების სიმკვრივეა 1,52—1,68 გ/სმ<sup>3</sup>. კუმულაციური მუხტის გარე ზედაპირი დაფარულია ლაქის ან პარაფინის თხელი შრით, რაც მუხტს დასველებისაგან იცავს წყალში მისი გამოყენების შემთხვევაში. ЗКН ტიპის კუმულაციურ მუხტებს უფრო მარტივი სადეტონაციო ნაწილი აქვთ.



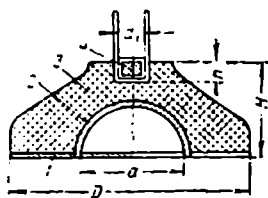
კუმულაციური მუხტების სასურველი დაბამსხვრეველი მოქმედების მისაღებად საჭიროა, რომ ისინი მკიდროდ ეკვროდნენ ლოდის ზედაპირს. თუ ეს შეუძლებელია ზედაპირის დიდი უსწორმასწორობის გამო, მაშინ საჭიროა პლასტიკური ან ფხვიერი ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენება.

შუალედო დეტონატორები (T-400, III-400, TГ-500) გამოიყენება მცირე მგრძნობიარობის მქონე ფეთქებად ნივთიერებებში დეტონაციის აღძვრისათვის (ინიცირებისათვის). ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდება ინიცირების უნარით, წყალმდეგობითა და კონსტრუქციით, რომელიც ითვალისწინებს პირველადი ინიციატორის სახეობას (სადეტონაციო ზონარი ან კაფსულ-დეტონატორი).

ინიცირების უდიდესი უნარი აქვს სხმულ კოჭებს TГ-500. ასეთი კოჭა 500 გრ იწონის, მზადდება ტროტილისა და ჰექსოგენის შენადნობისაგან, აქვს ცილინდრის ფორმა და გააჩნია ცენტრალური გამჭოლი არხი სადეტონაციო ზონრის ოთხი რიგის ჩასამაგრებლად. TГ-500 ტიპის კოჭები წყალში არ სველდება, დიდი ჰიდროსტატიკური წნევისა და წყალში ხანგრძლივი ყოფნის შემთხვევაში არ კარგავს მგრძნობიარობასა და ფეთქებად თვისებებს. დეტონაციის სიჩქარეა 7,2-7,8 კმ/წმ, სიმკვრივე — 1,58-1,64 გ/სმ<sup>3</sup>. კოჭას დიამეტრია 70 მმ, სიმაღლე — 84 მმ. T-400 ტიპის კოჭები მზადდება დაწნეხილი ტროტილისაგან, ახასიათებს ფორიანობა, წყალში მოთავსებისას სველდება და გრძნობიერება სადეტონაციო ზონრის მიმართ უქვეითდება. წყალმდეგობის გაზრდისათვის ზოგჯერ მის ზედაპირს ფარავენ ჰიდროსაიზოლაციო მასალის თხელი ფენით. T-400 კოჭა 400 გრ იწონის, მისი კონსტრუქცია ისეთივეა, როგორც TГ-500 კოჭისა. დეტონაციის სიჩქარე უდრის 6,8-7,0 კმ/წმ, სიმ-

კვრივე 1,5—1,59 გ/სმ<sup>3</sup>, დიამეტრი და სიმაღლე 70 მმ ტოლია. III-400 ტიპის კოჭაც დაწნეხილი ტროტილისაგან მზადდება, სხვა ტიპის კოჭებისაგან განსხვავებით მას მართკუთხა ფორმა აქვს (51×101×51) და კაფსულ-დეტონატორით ან ელექტროდეტონატორით ფეთქდება. ასეთ კოჭებს უმეტესად სპეციალური დანიშნულებისათვის ხმარობენ (ნაგებობების დანგრევა, სეისმური ძიება და სხვ.).

შუალედო დეტონატორებით საიმედო ინიცირებისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ზონართან მათი მკიდრო შეხების უზრუნველყოფა.



ნახ. 32. კუმულაციური მუხტი TГ-500

აღწერილი ტიპის კოქების უქონლობის შემთხვევაში შუალედ დეტონატორად ღია სამუშაოებზე ხმარობენ ამონიტის სტანდარტულ ვაზნებს (ისევე, როგორც მიწისქვეშა სამუშაოებზე, სადაც ტროტილის კოქების ხმარება აკრძალულია).

შუალედი დეტონატორების კოქები ქარხნიდან იგზავნება ხის ან მუყაოს ყუთებში. კოქები მოითხოვს ფრთხილ მოპყრობას. არ შეიძლება მათი დაფხვანა ან დაწვა, ხერელების ბურღვა. ვადაგასული და უვარგისი კოქები აფეთქებით უნდა მოისპოს.

#### § 19. ფეთქებადი ნივთიერებები ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებისათვის (გარდა აიკისა და მტკრის მხრივ საფრთხილო სახეებისა)

ამ კლასის ფეთქებადი ნივთიერებანი მზადდება გრანულირებულ, დაწნეხილი, ფხვნილისა და წყალშეესებული პლასტიკური სახით.

გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერებები (ცხრილი 9) განკუთვნილია საშუალო სიმაგრისა და მაგარ ქანებში სამუშაოდ. მათგან წყალმდეგია გრამონალი A-8, გრანულიტები AC-4B, AC-8B, გრამონიტი 79/21-ნ. ყველა მათგანი მზადდება 1—3 მმ ზომის გრანულების სახით და ქარხნიდან ქალღდის ტომრებით იგზავნება. ეს ფეთქებადი ნივთიერებები შედარებით ნაკლებად წყალმდეგია და განკუთვნილია სველ შპურებსა და ქაბურღილებში გამოსაყენებლად, დამუხტვიდან 2—4 საათის განმავლობაში.

გრამონალი A-8 ყველაზე მძლავრია მიწისქვეშა სამუშაოებზე დაშვებულ გრანულირებულ ფეთქებად ნივთიერებებს შორის. იგი წარმოადგენს გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილის, ტროტილისა და ალუმინის ფქვილის (8%) მექანიკურ ნარევს, რომელსაც რუხი ფერი აქვს. მისი მოთავსება შპურებში პნევმოდამუხტველის საშუალებით ხდება (დაღმავალ შპურებში შეიძლება ხელით ჩაიყაროს). მშრალი გრამონალი A-8 მგრძნობიარეა ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორისა და სადეტონაციო ზონრის მიმართ, მნიშვნელოვანი დატენიანების შემთხვევაში კი (10—12%) მის ასაფეთქებლად საჭიროა შუალედი დეტონატორი (წყალმდეგია ამონიტის სტანდარტული ვაზნა).

პნევმატიკური დამუხტვის დროს გრამონალის შედგენილობიდან შეიძლება გამოიყოს ალუმინისა და ტროტილის მტვერი, რომელსაც სიმშრალის შემთხვევაში ელექტრიზების უნარი აქვს. ამის საწინააღმდეგოდ ფეთქებად ნივთიერებაში დამუხტვის დროს შეჰყავთ 3—5% წყალი. საჭიროა გამოყენებულ იქნეს მტვერდამპერი პნევმოდამუხტველები (ელექტრიზაციის დროს, რაც ნაწილაკების ხახუნის შედეგად მიიღება, გროვდება საწინააღმდეგო მუხტები და ელექტროსტატიკური ვე-



ლი წარმოიქმნება; ელექტროსტატიკური განმუხტვის ნაპერწყალმა შეიძლება მტერის აალება და აფეთქება გამოიწვიოს).

გრანულიტები AC-4B და AC-8B წარმოადგენს წყალმედღე გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილისა და ალუმინის ფქვილის (შესაბამისად 4 და 8%) მექანიკურ ნარევს, რომელსაც მოვერცხლისფრო რუხი ფერი აქვს, გააჩნიათ მცირე მგრძნობიარობა და აფეთქებისათვის საჭიროებენ შუალედ დეტონატორს. პნევმატიკური დამუხტვის დროს უფრო უსაფრთხოონია, ვიდრე გრამონალები და გრამონიტები. სიმძლავრის მხრივ AC-8B გრანულიტი ნაკლებად განსხვავდება A-8 მარკის გრამონალისაგან და მაგარი და ძალიან მაგარი ქანებისათვის არის განკუთვნილი. გრანულიტი AC-4B საშუალო სიმაგრის ქანებში იხმარება.

გრამონიტი 79/21-B შეიცავს ამონიუმის გვარჯილას (79%) და ტროტილს (21%). გვარჯილის გრანულები გაუღენთილია გამდნარი ტროტილით, რის გამოც, ფეთქებადი ნარევი ერთგვაროვნებითა და კარგი ფხვიერობით გამოირჩევა. აქვს ღია ყვითელი ფერი. მშრალი გრამონიტი 79/21-B მგრძნობიარეა ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორისა და სადეტონაციო ზონრის მიმართ, ხოლო მნიშვნელოვანი დატენიანების დროს (10—12%) აფეთქებისათვის საჭიროებს შუალედ დეტონატორს. იყენებენ საშუალო სიმაგრისა და მაგარი ქანების ასაფეთქებლად. პნევმატიკური დამუხტვის დროს ელექტრიზაციის მოვლენის თავიდან ასაცილებლად ფეთქებად ნივთიერებას ასხურებენ წყალს (3—5%).

გრანულირებული არაწყალმედღევი ფეთქებადი ნივთიერებებია გრამონიტი 79/21-B (ცივად შერეული), გრანულიტები AC-8, AC-4, C-2, M და იგდანიტი (ცხრილი 9).

გრამონიტი 79/21-B წარმოადგენს ამონიუმის გვარჯილისა (79%) და ქერცლოვანი ტროტილის მექანიკურ ნარევს. განკუთვნილია უმთავრესად ღია სამუშაოებისათვის. მიწისქვეშა სამუშაოებზე მას ხმარობენ დაღმავალი შპურებისა და ჰაბურღილების დასამუხტავად. პნევმატიკური დამუხტვის დროს წარმოქმნის მტვერს, რის გამოც მიწისქვეშა მუშაობისას საჭიროა წყლის შეყვანა მის შედგენილობაში 3—5%-ის რაოდენობით. დასველება გამოიციხავს აგრეთვე ელექტრიზაციის მოვლენას და ზრდის დამუხტვის სიმკვრივეს.

გრამონიტი 79/21-B საშუალო სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა. ღია სამუშაოებზე მას ზოგჯერ იყენებენ გრანულოტოლთან და ალუმოტოლთან ერთად.

გრანულიტი AC-8 მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერებაა. რომელიც წარმოადგენს ამონიუმის გვარჯილის (89%), ალუმინის ფქვილისა (8%) და მინერალური ზეთის მექანიკურ ნარევს. აქვს მოვერცხლისფრო რუხი ფერი, ახასიათებს კარგი ფხვიერობა. პნევმატიკური დამუხტვისას

მტვრის წარმოქმნისა და ელექტრიზაციის საწინააღმდეგოდ მის შედგენილობაში შეყავთ 2—3% წყალი (მეტი რაოდენობით წყლის შეყვანა იწვევს ალუმინის ფქვილის მოცილებას გრანულების ზედაპირიდან).

გრანულიტი AC-8 გამოიყენება უმთავრესად მიწისქვეშა სამუშაოებზე, მაგარი კლდოვანი ქანების ასაფეთქებლად. მოითხოვს შუალედ დეტონატორს (ამონიტის ვაზნა).

გრანულიტი AC-4 საშუალო სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც შეიცავს ამონიუმის გვარჯილას (92%) ალუმინის ფქვილსა (4%) და მინერალურ ზეთს (4%). მისი გრანულები მოვეოცნლისფრო რუხი ფერისაა, შენებით ცხიმოვანია, გააჩნია კარგი ფხვიერობა, დამუხტვის დროს ნაკლებ მტვერს იძლევა. როდესაც დამუხტვის სიმკვრივე ერთზე მეტია, იგი კარგად ჩერდება აღმავალ შპურებსა და ჭაბურღილებში. გააჩნია მცირე მგრძნობიარობა და აფეთქებისათვის საკიროებს შუალედ დეტონატორს.

გრანულიტი C-2 შეიცავს ამონიუმის გვარჯილას (93%-მდე), ხის ფქვილს (3%) და მინერალურ ზეთს (4%). საშუალო სიმძლავრის იაფფასიანი ფეთქებადი ნივთიერებაა. გამოირჩევა კარგი ფხვიერობით, ხელით ან მექანიკური (წნევით) დამუხტვის დროს მტვერს არ იძლევა. პნევმატიკური დამუხტვა აო არის რეკომენდებული ხის ფქვილის გამოქრევის საშინაობების გამო. გამოიყენება უმთავრესად ღია სამუშაოებზე, მცირე სიმაგრის ქანების ასაფეთქებლად, საკიროებს შუალედ დეტონატორს (T-400 ან იმავე წონის ამონიტის ვაზნები).

გრანულიტი M ქარხნული წესით დამზადებულ ფეთქებად ნივთიერებათა შორის უმარტივესი შედგენილობისაა, შეიცავს ფოროვანი ამონიუმის გვარჯილასა (95,5%) და მინერალურ ზეთს (5,5%), აქვს მოყვითალო ფერი. ფოროვანი გვარჯილა თანაბრად იუღინთება თხევადი კომპონენტით, რაც უზრუნველყოფს მის კარგ სადეტონაციო თვისებებს. ამავე დროს გრანულირებულ ნივთიერებებში იგი ყველაზე უსაფრთხო მოსახმარია და ყველაზე იაფია, პნევმატიკური დამუხტვის დროს მტვერს არ იძლევა, ელექტრიზაცია უმნიშვნელოა.

გრანულიტი M შეიძლება გამოვიყენოთ აფეთქების ნებისმიერი მეთოდის შემთხვევაში, გარდა გარე მუხტების მეთოდისა. საიმედო დეტონაციის მისაღებად მუხტის დიამეტრი რბილ ქანებში 60 მილიმეტრზე, ხოლო მაგარ ქანებში 30 მმ ნაკლები არ უნდა იყოს. გრანულიტი განკუთვნილია სუსტი და საშუალო სიმაგრის ქანებისათვის. ასაფეთქებლად იყენებენ შუალედ დეტონატორს, თუმცა ხელსაყრელ პირობებში იგი მგრძნობიარობას იჩენს კაფსულ-დეტონატორის და სადეტონაციო ზონის იმპულსის მიმართ. ხსენებული თვისებების გამო გრანულიტი M ეკონომიკურ და პერსპექტიულ ფეთქებად ნივთიერებად ითვლება.

იკლადანიტი მარტვი შედგენილობის ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც უშუალოდ მოხმარების ადგილზე მზადდება, წარმოადგენს მსხვილმარცვლოვანი გვარჯილისა (94—95%) და ღიზელის სათბობის (5—6%) ნარევს. დასამზადებლად იყენებენ სტაციონარულ დანადგარებს ან თვითმავალ შემრევე-დამმუჭავ აგრეგატებს.

იკლადანიტს აქვს კარგი ფსვიერება, შენებით ცსიმოვანია, პნევმატიკური დამუჭავის დროს ბტვერს არ გამოყოფს და უმნიშვნელო ელექტრიზაციას იძლევა. კარგად ჩერდება დიდი დიამეტრის აღმავალ ქაბურღილებში, რისთვისაც საკირო არ არის წინასწარი დატენიანება.

იკლადანიტი დროთა განმავლობაში განშრევენას განიცდის, ღიზელის სათბობი მუხტის ძირში ჩაედინება და მის ფლეგმატიზაციას იწვევს. ამიტომ რეკომენდებულია, რომ იკლადანიტი დამზადებიდან რამდენიმე საათის განმავლობაში იქნეს გამოყენებული.

იკლადანიტი საშუალო სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა და განკუთვნილია, ძირითადად, მცირე და საშუალო სამაგრის ქანებისათვის. დამუხტვის დიდი სიმკვრივის შემთხვევაში (1,1—1,25 გ/სმ<sup>3</sup>) იგი შეიძლება უფრო მაგარ ქანებშიც ვიხმაროთ. დატენიანების დროს იკლადანიტის ფეთქებადი თვისებები უარესდება, ამიტომ მისი გამოყენება მიზანშეწონილად ითვლება მშრალ სანგრევეებში ან სხვა წყალმდეგ მძლავრ ნივთიერებებთან ერთად ხმარების შემთხვევაში, ქაბურღილის მშრალი ნაწილის დასამუჭავად.

იკლადანიტის ფეთქებადი თვისებები მნიშვნელოვნად უმჯობესდება ფოროვანი გრანულირებული გვარჯილის გამოყენების შემთხვევაში, როდესაც იზრდება გვარჯილის შეხების ფართობი თხევად კომპონენტთან და მისი შეკაეების უნარი.

იკლადანიტი უსაფრთხო მოსახმარია, მოსახერხებელია მექანიზებული დამუხტვისათვის, ამ დროს საკიროა სანგრევის განიავება ღიზელის სათბობის აირების უვნებელსაყოფად. იკლადანიტის აფეთქებისათვის საკიროა შუალედი დეტონატორი.

იკლადანიტმა დიდი გავრცელება ჰპოვა როგორც ღია, ისე მიწისქვეშა სამუშაოებზე მაღალი ეკონომიკური და ტექნოლოგიური მაჩვენებლების გამო.

კლადის ამონიტი № 1 დაწნხილი წყალმდეგი ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც დიდი სიმძლავრით გამოირჩევა (ცხრილი 10). გარდა ამონიუმის გვარჯილისა შეიცავს ტროტილს, ჰექსოგენსა და ალუმინს, გამოიშვება ვაზნების სახით და განკუთვნილია დიდი სიმაგრის ქანებისათვის, როგორც მშრალ, ისე გაწყლოვანებულ სანგრევეებში. დაწნხამდე ფხვნილის სიმკვრივე 0,85—0,9 გ/სმ<sup>3</sup>-ია, ხოლო დაწნხის შემდეგ 1,4—1,58 გ/სმ<sup>3</sup>. მოხმარებლის დაკვეთით ქარხნები კლდის ამონიტს ამზადებენ ფხვნილიანი ვაზნების სახითაც, ფხვნილი რუხი ფერისაა.

ტრანსპორტული ფოტეხალი ნივთიერებანი და მანქანები საშუალებათვის (გარდა აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო ნაბეჭებიან)

შესახებულნი	წყალმუდგენი				არაწყალმუდგენი				გრამონიტა 79/21-B
	გრამონალი	გრანულუბები		გრამონიტა 79/21-B	გრანულუბები			ივდანი-ტა	
		AC-4B	AC-8B		AC-4	AC-8	C-2		
აფექების სიბო, კკლ/კგ	1285	1250	1080	1260	917	920	920	920	1090
აირების მოცულობა, ლ/კგ	860	850	907	850	935	960	960	960	895
ღებონის სიჩქარე, კმ/წმ	3,8-4,0	3,0-3,6	2,6-3,5	3,0-3,6	2,4-3,0	2,5-3,6	2,5-3,6	2,2	3,2-4,0
მუშაობის უნარი, სკვ	490	410	401	420	325	325	325	325	370
ბრინჯბურთა, მგ (თოლადის გარეში)	26-30	22-26	22-26	22-23	15-2	18-22	15-20	15-20	20-26
ფაგადის ბალანსი, %	-0,24	-3,3	+0,41	+0,4	+0,06	+0,14	+0,12	+0,12	+0,02
სიჭკრივე, გ/სკვ (ფუნჯის)	0,85-0,9	0,8-0,95	0,85-0,9	0,85-0,9	0,8-0,85	0,8-0,82	0,8-0,82	0,8-0,8	0,8-0,85
კრიტიკული დაბეჭობა, მგ (ქალღლის გარეში)	30-40	70-100	60-100	70-100	120-140	60-100	120-150	120-150	40-60
შედენილობა, %									
ამონუმის გეარჯილა	80	89	91,5	89	92,8	94,5	94,5	94,5	79
ტრობილი	12	-	-	-	-	-	-	-	21
ილუმინის ფქელი	8	8	4,0	8	-	-	-	-	-
ხის ფქელი	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-
შინჯალური ზეთი	-	4,2	4,2	8	4,2	5,5	-	-	-
ლიბელის სათბობი	-	-	-	-	-	-	-	5,5	-

კლდის ამონიტის გააჩნია მაღალი მგრძობიარობა გექანიკური და სითბური (ცეცხლის) ზემოქმედების მიმართ და ფრთხილ მოხმარებას საკუთრებს.

დაწნეხილი კლდის ამონიტი უმთავრესად გამოიყენება ძალიან მაგარ ქანებში გვირაბების გაყვანისას. განსაკუთრებით ფართო მოხმარება აქვს ჰაურების გაყვანის დროს.

კლდის ამონიტის ვაზნების ნაწილს ერთ-ერთ ტორსში უკეთდება დეტონატორის (ან სადეტონაციო ზონრის) მოსათავსებელი ბუდე, რომლის დიამეტრია 8 მმ, ხოლო სიღრმე 73 მმ. ყოველ გამოშვებულ პარტიაში ერთი მესამედო ასეთი ვაზნებია. მათ გარსზე დატანილია ისარი, რომელიც ბუდის მდებარეობას მიუთითებს. კლდის ამონიტის ყოველი ვაზნა ორი კოქისაგან შედგება (125 გრამიანი კოქებია 36 მილიმეტრიან ვაზნაში და 200-გრამიანი — 45 მმ ვაზნაში).

ამონალი წარმოადგენს ამონიუმის გვარჯილის, ტროტილისა და ალუმინის ფქვილის მექანიკურ ნარევეს; მოვერცხლისფრო რუხი ფერის წერილმარცვლიანი ფხვნილია, გამოიშვება მხოლოდ ვაზნების სახით. გარდა სტანდარტული დიამეტრის ვაზნებისა, შემკვეთის სურვილით, მზადდება დიდი დიამეტრის ვაზნები (60—120 მმ). ამონალი წყალმედვია, გამოიყენება მაგარი გაწულოვანებული ქანების ასაფეთქებლად.

კლდის ამონალი № 3 ყველაზე უფრო მძლავრია ფხვიერ ფეთქებად ნივთიერებებს შორის. შეიცავს ამონიუმის გვარჯილას, ტროტილს, ალუმინის ფქვილსა და, მცირე რაოდენობით, ჰექსოგენს (ცხრილი 10). მზადდება მხოლოდ ვაზნების სახით, მოითხოვს ფრთხილ მოპყრობას, აკრძალულია მისი ფხვნილად ხმარება და ვაზნების მექანიზებული დამუხტვა. გამოირჩევა მაღალი წყალმედვობით, ვარგისია გამდინარე წყლის არსებობის შემთხვევაშიც.

კლდის ამონალი № 3 ძირითადად განკუთვნილია მაგარ და ძლიერ მაგარ ქანებში გვირაბების გაყვანისათვის. მაღალი სადეტონაციო თვისებების გამო შესაძლებელია მისი ხმარება მცირე დიამეტრის შპურებში, რომლებსაც იყენებენ მადნის თხელი ძარღვების დამუშავების დროს. იგი კლდის № 1 ამონიტზე გაცილებით იაფია და ენერგეტიკული მახასიათებლებით მას არ ჩამოუვარდება, ხოლო გრძელ შპურებში უფრო საიმედო დეტონაციას იძლევა.

ამონიტი № 6 ЖВ წარმოადგენს წყალმედვია ამონიუმის გვარჯილისა და ტროტილის ნარევეს, გამოიშვება ვაზნების ან წერილმარცვლოვანი ფხვნილის სახით; რომელსაც ყვითელი ფერი აქვს. განკუთვნილია საშუალო სიმაგრის ქანების დასანგრევად. მას ახასიათებს მცირე ფხვიერობა, ტკეპნადობა, მტერის წარმოქმნა და ელექტრიზაცია, რის გამოც პნევმატიკური დამუხტვისათვის გამოუსადეგარია. გამდინარე წყლის შემთხვევაში მუხტის დატოვება შპურში 1—2 საათზე მეტი ხნით

არ შეიძლება. წყლიან ჰაბურღილებში ფხვნილის ხმარება რეკომენდებული არ არის, ვინაიდან იგი ძნელად იძირება.

ამონიტი № 6 ЖХ ყველაზე უფრო ფართოდ გავრცელებული ფეთქებადი ნივთიერებაა ამონიტებს შორის მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოების დროს. მას იყენებენ როგორც შუალედ დეტონატორს გრანულიტების, გრამონიტების, იგდანიტისა და სხვა მცირემგარძნობიარობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებებისათვის.

დინაფტალინი ამონიუმის გვარჯილისა და დინიტრონაფტალინის მექანიკური ნარევაა. ფეთქებადი თვისებებით № 6 ЖХ მარკის ამონიტის მსგავსია. იყენებენ მადნის მალარობებში გვირაბების გაყვანისა და წმენდითი სამუშაოებისათვის, აღმავალი ჰაბურღილების დასამუხტავად. წარმოადგენს მოყვითალო ფერის ფხვნილს, გამოიშვება მხოლოდ ვაზნების სახით. ახასიათებს მცირე ტკეპნადობა და კარგი ფხვიერობა, მექანიკური ზემოქმედების მიმართ ნაკლებად მგრძნობიარეა.

დეტონიტი 10 А და დეტონიტი М ნიტროეთერების (ნიტროგლიცერინისა და ნიტროგლიკოლის ძნელადყინვადი ნარევის) შემცველი ფხვნილისებრი ფეთქებადი ნივთიერებებია, რომლებსაც დიდი სიმძლავრე აქვთ. მთავარი შემადგენელი ნაწილი წყალმდევე ამონიუმის გვარჯილაა (76—78%). ფხვნილი რუხი ფერისაა, შეხებით ცხიმოვანია და ნაკლები მტვრიანობა ახასიათებს.

დეტონიტებს აქვთ მაღალი მგრძნობიარობა მექანიკური ზემოქმედების მიმართ, ამიტომ ქარხნიდან მხოლოდ დაეაზნული გამოიშვება და ფხვნილის სახით მათი ხმარება აკრძალულია. ნიტროეთერების გაყინვის ტემპერატურაა —19.5°C; უფრო დაბალი ტემპერატურის მქონე ვაზნებში საჭიროა ხმარებამდე წინასწარ გამოლღვეს, რაც ხდება მათი მოთავსებით 10—30°C ტემპერატურის მქონე გარემოში. მაღალი ტემპერატურისა და ცვლადი ტენიანობის დროს დეტონიტების ვაზნებმა შეიძლება ექსპლაცია განიცადონ, რაც გამოიხატება ფხვნილიდან თხევადი ნიტროეთერების გამოყოფით. ამ შემთხვევაში ვაზნის გარსზე მოყვითალო ლაქები ჩნდება. ასეთი ვაზნები უნდა მოისპოს აფეთქებით. წყალმდეგობის გაზრდის მიზნით დეტონიტების შედგენილობაში დაჰატებით შეჰყავთ კალციუმის სტეარატი, ხანგრძლივი შენახვისა და წყალში ყოფნის დროს არ კარგავენ ფეთქებად თვისებებს, ტკეპნადობა არ ახასიათებთ.

დეტონიტების გამოყენება რეკომენდებულია ძალიან დიდი სიმაგრის გაწყლოვანებულ ქანებში გვირაბების გაყვანისათვის, აგრეთვე საწმენდ სანგრევებში სამუშაოდ. უფრო მეტი სიმძლავრისაა М მარკის დეტონიტი, რომელსაც უკეთესი ფიზიკურ-ქიმიური და ფეთქებადი თვისებები აქვს. მისი გამოყენება უფრო ხელსაყრელად ითვლება.

დეტონიტები გამოიშვება როგორც სტანდარტული (32—36 მმ), ისე შემცირებული დიამეტრის (24—28 მმ) ვაზნებში (წვრილძარღვიანი

დაწესება და ფუნქციონირების ფორმები ნოვოთერბანი და მიწისქვეშა სამშენობლოების (კარდა აირის) და მტვრის მხრივ ხაფიზობის შედეგები

ცხრილი 10

მასშტაბი	კლდის აბრეშვილი, № 1 (დაწესებული)	მიონალი	კლდის აბრეშვილი, № 3	ამონიტი № 6 კმ	ლინდა-ლიტი	ლემბიტი № 10A
აფთქების სიბიძე, კალ/კმ	1292	1140	1360	1030	976	1231
აირების მოცულობა, ლ/კმ	830	845	810	895	920	835
ლემბიტი სიჩქარე, კმ/წმ	6,0-6,5	4,0-4,5	4,2-4,6	3,6-4,8	9,5-4,6	4,4-5,3
მუშაობის უნარი, სმ	470	420	460	370	335	440
ბრიზანტობა, მმ	28-32	16-19	18-20	14-18	15-16	17-20
კრატერული დამტვრევა, მმ	5-6	12-14	8-10	10-13	13-14	6-8
ფაზბადის ბალანსი, %	-0,79	-0,18	-0,78	-0,53	+0,9	+0,51
სიმკვრივე, გ/სმ <sup>3</sup>	1,4-1,58	0,95-1,15	0,9-1,1	1,0-1,2	1,0-1,15	1,0-1,3
ვანის დამტვრევა, მმ	36-45	31-32	36-37	31-32	31-32	27-37
ვაზის წონი, გ	250-400	200-250	250	200-250	200-250	150-300
შედგენილობა, %:						
ამონიუმის გვარჯილა	66	80,5	72	79	88	76
ტრიტილი	5	15	5	21	-	8
პექსიგენი	21	-	15	-	-	-
ილუმინის ფუქალი	5	4,5	8	-	11,6	5,2
ლინტირონაფტალინი	-	-	-	-	-	-
პირაფენი	-	-	-	-	0,4	-
ნიტროფენი	-	-	-	-	-	-
კოლონიუმის ბაზა	-	-	-	-	-	10
კალციუმის სტეარატი	-	-	-	-	-	0,1
სოდა (100%-ს ზეით)	-	-	-	-	-	0,7
მანკანის ზეით (100%-ს ზეით)	-	-	-	-	-	0,2
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	0,2

მადნებისათვის, კონტურული აფეთქებისათვის). დეტონიტის ვაზნებს ხმარობენ შუალედ დეტონატორებად მცირე მგრძნობიარობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენების დროს (ღია სამუშაოებზე).

დეტონიტების უარყოფით მხარედ ითვლება ტოქსიკურობა, რაც დამახასიათებელია ნიტროგლიცერინის შემცველი ფეთქებადი ნივთიერებისათვის. მაგნე ფიზიოლოგიური მოქმედება (მწვავე თავის ტკივილი, გულისრევა) აღინიშნება კანზე უშუალო შეხებისას და აგრეთვე, ნიტროეთერების ორთქლის შესუნთქვის დროს. ამიტომ დამუხტვის წარმოებისას მიზანშეწონილია რეზინის ხელთათმანების ხმარება. კანზე შეხების თავიდან აცილების მიზნით დამრტყმელ ვაზნებს, ზოგჯერ, სხვა ფეთქებადი ნივთიერებისგან ამზადებენ.

ძნელ გასაყინი 62% -იანი დინამიტი პლასტიკური კონსისტენციის დიდი სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომლის აფეთქების სითბოა 1274 კკალ/კგ, მუშაობის უნარი 360—400 სმ<sup>3</sup>, დეტონაციის სიჩქარე 6500 მ/წმ. მას გააჩნია დიდი სიმკვრივე (1,4—1,5 გ/სმ<sup>3</sup>) და სრული წყალმდეგობა. მის უარყოფით მხარეს შეადგენს მეტისმეტი მგრძნობიარობა მექანიკური ზემოქმედებისა და ცეცხლის ალის მიმართ, რაც ტრავმატიზმის სერიოზულ საფრთხეს ქნის. ამის გამო მისი დამზადება ამჟამად შეწყვეტილია.

წყალშევსებული პლასტიკური ფეთქებადი ნივთიერებებია აკვანიტი 3A, აკვანიტი № 16 და აკვანალი № 1, რომლებიც უმთავრესად მიწისქვეშა სამუშაოებისათვის არის განკუთვნილი (ცხრილი 11). ღია სამუშაოებზე გამოსაყენებელი წყალშევსებული ფეთქებადი ნივთიერებებისაგან განსხვავებით, რომელთაც მკვეთრად გამოსახული უარყოფითი უანგბადის ბალანსი აქვთ, აკვანიტებისა და აკვანალის ბალანსი ახლოა ნულოვანთან. გარდა ამისა, მათი მგრძნობიარობა ბევრად მაღალია, რაც უზრუნველყოფს მცირე ღიაშეტრის მუხტების დეტონაციას ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორით ან ამონიტის სტანდარტული ვაზნით (ამონიტი 6 ) (KB).

აკვანიტი 3A გამოირჩევა თხელდენადი (არაქნისებრი) კონსისტენციით, რაც მეტად მოსახერხებელს ხდის მის გამოყენებას ჰაურების გაყვანისას და, საერთოდ, დაღმავალი შპურებისა და ჰაბურღილების შემთხვევაში. დამუხტვა წარმოებს დამწნეხი ტუმბოებისა და პნევმატიკური მოწყობილობების საშუალებით. აკვანიტი 3A გამოიშვება მხოლოდ პოლიეთილენის ტომრებში. დენადობის გასაზრდელად, რაც აადვილებს ტუმბოებისა და პნევმატიკური დამუხტველის მუშაობას, ზოგჯერ, აკვანიტის შედგენილობაში დამუხტვის დროს დამატებით შეჰყავთ 12%-მდე წყალი. ამ შემთხვევაში საჭირო ხდება უფრო მძლავრი დამრტყმელი ვაზნის გამოყენება (კლდის ამონიტი ან დეტონიტი).



აკვანიტი № 16 და აკვანალი № 1 პლასტიკური (ცომისე ბრი) კონსისტენციისაა, რის გამოც ისინი კარგად ჩერდება აღმავალ შპურებსა და კაბურღილებში. ეს ნივთიერებები მზადდება ვაზნების სახით, პოლიეთილენის გარსაცმში, ან დაუვაზნავად ქალაღლის ტომრებში. დაუვაზნავი მასის ტუმბოთი ან პნევმატიკური მოწყობილობით შპურებში ჩაწნებისათვის საჭიროა 10%-მდე წყლის დამატება. ვაზნების დამუხტვა ხდება ხელით ან მექანიკური დამმუხტველით. პლასტიკური აკვანიტები უფრო წყალმედვია, ვიდრე თხელდენადი. აკვანიტი № 16 და აკვანალი № 1 შეიძლება გამოვიყენოთ გამდინარე წყლის არსებობის დროს.

აკვანიტი AP3 მზადდება გრანულირებული სახით (მარცვლებების სიმსხო 2—5 მმ), რაც აადვილებს პნევმატიკური ხერხით მის დამუხტვას. ამ დროს აკვანიტს უმატებენ 4—6%-მდე წყალს, რის გამოც მისი გრანულები რბილდება და წარმოიქმნება ერთიანი პლასტიკური მასა. გრანულირებული აკვანიტის სიმკვრივე 0,9 გ/სმ<sup>3</sup>-ს უდრის, ხოლო დამუხტვის სიმკვრივე 1,25—1,3 — აღწევს.

აკვანიტები გამოიყენება საშუალო სიმაგრისა და მაგარ ქანებში სამუშაოდ. აკვანალი შეიძლება ვიხმაროთ მაგარ ქანებში გვირაბების გაყვანის დროს, ისე როგორც კლდის ამონიტი და ლეტონიტები.

ცხრილი 11

წყალშევსვული პლასტიკური ფეთქებადი ნივთიერებები

მახასიათებლები	აკვანიტები				აკვანალი, № 1
	3JI	№ 16	AP3	№ 2	
აფეთქების სიძობო, კკაღ/კკ	860	1070	1000	1095	1160
აირების მოცულობა, ლ/კკ	1260	1410	1300	—	1530
დეტონაციის სიჩქარე, კმ/წმ	5,0—5,5	4,8—5,4	5,0—5,5	5,5—6,3	4,7—5,2
მუშაობის უნარი, სმ <sup>3</sup>	320—350	310—350	360—380	380—410	400—420
ბრინჯანტულობა, მმ	18—20	18—20	—	20—22	17—20
კრიტიკული დიამეტრი, მმ	35—40	24—28	25—30	14—16	22—24
ენგბადის ბალანსი, %	—2,5	—7,5	+3,5	—2,7	—0,5
სიმკვრივე, გ/სმ <sup>3</sup>	1,45—1,50	1,3—1,35	1,3—1,4	1,45—1,50	1,3—1,35
შედგენილობა %:					
ამონიუმის გვარჯილა	25,5	53	—	44,2	57
ნატრიუმის გვარჯილა	32	—	—	—	—
კალციუმის გვარჯილა	—	10	—	7,4	10
ტროტილი	30	29	—	5	2J
ჰექსოგენი	—	—	—	35	—
ალუმინის ფქვილი	—	—	—	—	5
წყალი	12	6	—	6,5	6
ნატრიუმკარბოკსიმეტოცილელოზა	0,5	1	—	1,1	1
სეღფიტ-სპირტის დურღო	—	1	—	—	1
ვაზუნისის ზეთი	—	—	—	0,8	—

აკვანიტი № 2 მზადდება ვაზნების სახით. გამოირჩევა მაღალი სადეტონაციო თვისებებით და განკუთვნილია ლითონების აფეთქებით დამუშავებისათვის.

## § 20. ზოგადი ცნობები მკველი ფეთქებადი ნივთიერებების თეორიიდან

მიწისქვეშა სამთო სამუშაოების წარმოებისას ზოგჯერ ვხვდებით ქანებიდან საწვავი აირების გამოყოფასა და მტერის წარმოქმნას. მათი გარკვეული კონცენტრაციის დროს მალაროს ატმოსფერო ფეთქებად თვისებებს იძენს, რის გამოც საჭირო ხდება უსაფრთხოების განსაკუთრებული ზომების მიღება.

ნახშირის შახტების ატმოსფეროსათვის დამახასიათებელია მეთანი-სა და ნახშირის მტერის არსებობა, გოგირდისა და ალმადანის მალაროებში ვხვდებით გოგირდისა და ალმადანის მტერს, გოგირდწყალბადს, მეთანს, წყალბადდარიშხანს, კალიუმის მალაროებში — წყალბადსა და მეთანს. ნავთობისა და ოზოკერიტის შახტებში გამოიყოფა მეთანი და ნახშირწყალბადები (აირისა და ორთქლის სახით), აგრეთვე, უფრო ნაკლები რაოდენობით, წყალბადი, გოგირდწყალბადი და სხვ.

აფეთქებითი სამუშაოები ხელს უწყობს ქანებიდან საწვავი აირების გამოყოფას და წარმოქმნის მტერის კორიანტელს, რითაც იზრდება მალაროს ატმოსფეროს აფეთქების საფრთხიანობა.

ნახშირის შახტებში მეთანი გამოიყოფა, როგორც ნახშირის ფენებიდან, ისე გვერდითი ქანებიდანაც. მეთანისა და ჰაერის ნარევი, თუ მასში მეთანის შემცველობა 5—15%-ს შეადგენს, გარკვეული იმპულსის გავლენით იძლევა აფეთქების რეაქციას, რომელიც შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ



სინამდვილეში რეაქციას უფრო რთული სახე აქვს და ხასიათდება შუალედი პროდუქტების წარმოქმნით. განსაკუთრებით მძლავრი ფეთქებადი თვისებები მეთანჰაერის ნარევის მაშინ გააჩნია, როდესაც მეთანის შემცველობა ნარევის მოცულობის 9,5%-ს შეადგენს. ამ შემთხვევაში ნარევი შეიცავს ზუსტად იმდენ ჟანგბადს, რაც სჭირდება მეთანის სრულ დაჟანგვას.

მეთანჰაერის ნარევის აფეთქების მიზეზს წარმოადგენს მისი გახურება. ფეთქვის მინიმალური ტემპერატურა 650°C-ს შეადგენს. ასეთ ტემპერატურამდე გახურებისას აფეთქება ხდება 10 წამის დაყოვნებით. რაც მეტია გახურების ტემპერატურა, მით ნაკლებია დაყოვნების დრო, რომელსაც ინდუქციის პერიოდს უწოდებენ. მაშასადამე, იმისათვის,

რომ მეთანჰაერის ნარევის აფეთქება მოხდეს, საჭიროა მისი გახურება მოცემულ ტემპერატურაზე ინდუქციის პერიოდის განმავლობაში. თუ გახურებას ინდუქციის პერიოდზე უფრო ნაკლები დროის განმავლობაში ვაწარმოებთ, მაშინ მეთანჰაერის ნარევის აფეთქება აღარ მოხდება. 2000°C-ზე გახურების შემთხვევაში მეთანჰაერის ნარევი მყისად ფეთქდება.

შპურების აფეთქების დროს ხდება ძლიერად გახურებული აირების გამოტყორცნა მაღაროს ატმოსფეროში, რაც შეიძლება მეთანჰაერის ნარევის აფეთქების მიზეზი გახდეს. ფრანგი მეცნიერები მალიარი და ლე-შატელიე ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ მეთანჰაერის ნარევის აფეთქება ხდება მასზე მუხტის აფეთქების აღის უშუალო ზემოქმედების შედეგად. მათი თეორიის მიხედვით მეთანჰაერის ნარევის აფეთქება აუცილებლად მოხდება, თუ აფეთქების პროდუქტების ტემპერატურა 2200°C-ზე მეტია და ყოველთვის იქნება თავიდან აცილებული, თუ ეს ტემპერატურა 650°C-ზე ნაკლებია. ტემპერატურათა შუალედი მნიშვნელობების შემთხვევაში მეთანჰაერის ნარევი მაშინ აფეთქდება, როდესაც მუხტის აფეთქების პროდუქტების გაციებას ქვედა ზღვრამდე (650°C) ინდუქციის პერიოდზე უფრო მეტი დრო სჭირდება. ამაში მდგომარეობს მალიარისა და ლე-შატელიეს თეორიის ძირითადი არსი, რომელსაც პირობით, ტემპერატურულ თეორიას უწოდებენ.

აღის სიდიდე აფეთქების დროს დამოკიდებულია არა მარტო ფეთქებადი ნივთიერების თვისებებზე, არამედ მუხტის სიდიდეზეც. ამიტომ ამ თეორიის საფუძველზე წამოყენებულ იქნა ცნება ე. წ. „ზღვრული მუხტისა“, რომელზეც უფრო ნაკლები სიდიდის მუხტის გამოყენება, ვითომდა, არ ჰქმნიდა მეთანჰაერის ნარევის აფეთქების საფრთხეს. შემდგომმა გამოკვლევებმა უარპყვეს მუხტის სიდიდის შეზღუდვის საფუძვლიანობა.

ოდიბერის აზრით, რომელმაც განავითარა მალიარისა და ლე-შატელიეს თეორია, მეთანჰაერის ნარევის აფეთქებისათვის გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც აფეთქების აირების მოცულობის ერთეულზე მოდის, ხოლო თვით მუხტის სიდიდე ამ მოვლენაზე გავლენას არ ახდენს. იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ აფეთქების საფრთხე, ფეთქებადი ნივთიერების მიერ გამოყოფილი სითბო აიროვანი პროდუქტების ერთ მოლზე ნაკლები უნდა იყოს მეთანის, ჰაერისა და აფეთქების პროდუქტების ნარევის „აალების სითბოზე“. ამის მიღწევა შესაძლებელია ფეთქებადი ნივთიერების შედგენილობის სათანადო შერჩევით.

ის, რაც ითქვა მეთანჰაერის აფეთქების მექანიზმის შესახებ, ძირითადად მართებულია სხვა საწვავი აირებისა და ჰაერის ნარევებისათვის, აგრეთვე მტვერჰაერის ნარევისთვისაც. მეთანჰაერის აფეთქების მექა-

ნიშმის ასახსნელად, გარდა ზემომოყვანილი ტემპერატურულ-სითბური თეორიისა, არსებობს ზოგიერთი მეცნიერის მიერ წამოყენებული სხვა მოსაზრებანიც. ბელინგი მეთანის აფეთქების მიზეზად თვლის ფეთქებადი ნივთიერების გახურებული მყარი ნაწილაკების გატყორცნას ატმოსფეროში, რის გამოც მან საჭიროდ მიიჩნია ისეთი ღონისძიებების მიღება, რომლებიც თავიდან აგვაცილებს ამ მოვლენას. ამისათვის მცველ ფეთქებად ნივთიერებას უნდა ჰქონდეს დეტონაციის გაქანების მცირე სიგრძე და, საერთოდ, დეტონაციის გავრცელების კარგი უნარი. ამიტომ მუზანშეწონილია გამოვიყენოთ მძლავრი სენსიბილიზატორები (ნიტრო-გლიცერინი), მძლავრი კაფსულ-დეტონატორი (აზიდჰექსოგენი ან აზიდ-ტენი) და წვრილად დაფქვილი ფეთქებადი ნარევის კომპონენტები. გახურებული მყარი ნაწილაკების გამოტყორცნის საწინააღმდეგოდ სასურველია, რაც შეიძლება მკვრივი დაცობის გაკეთება შპურებში.

მეთანჰაერის აფეთქების მიზეზად ასახელებენ აგრეთვე დარტყმითი ტალღის მოქმედებას.

ქვანახშირის მტვრის აფეთქებას წინ უსწრებს მისი გაზიფიკაცია, ე. ი. მისგან საწვავი აირების გამოყოფა, რაც სითბური ზემოქმედების გამო ხდება. ამის შედეგად წარმოიქმნება მტვერ-ჰაერის ფეთქებადი ნარევი, რომლის აალების ინდუქციის პერიოდი შეიცავს გაზიფიკაციისათვის საჭირო დროსა და ამ ნარევის საკუთრივ ინდუქციის პერიოდს. გაზიფიკაციის უმთავრესი პროდუქტებია მეთანი, ნახშირჟანგი, წყალბადი. ქვანახშირის მტვრის ფეთქებადობა დამოკიდებულია აქროლადი აირების შემცველობაზე, ნაწილაკების სიმსხოზე და მალაროს ატმოსფეროში მტვრის კონცენტრაციის სიდიდეზე. ქვანახშირის მტვერი აფეთქებასაფრთხიანად ითვლება, როდესაც იგი შეიცავს აქროლად აირებს არანაკლებ 10%-ის რაოდენობით და მისი კონცენტრაცია მალაროს ატმოსფეროში 10—600 გ/მ<sup>3</sup>-ს შეადგენს.

მალაროში გოგირდის მტვრის არსებობისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ მისი განსაკუთრებული საშიშროება. საქმე იმაშია, რომ გოგირდის მტვრისა და ჰაერის ნარევის გააჩნია ფეთქების მეტად დაბალი ტემპერატურა (275—300°C) და ამასთანავე, მას აფეთქების უნარი აქვს მცირე კონცენტრაციის დროსაც (5 გ/მ<sup>3</sup>). გოგირდის მტვრის მხრივ საშიშ მალაროებში გამოსაყენებელ ფეთქებად ნივთიერებებში ინგიბიტორებად ხმარობენ ამონიუმჰლორიდს (NH<sub>4</sub>Cl), რომელსაც სითბოს შთანთქმის დიდი უნარი აქვს და ამიტომ კარგად აცივებს აფეთქების პროდუქტებს.

ფეთქებად ნივთიერებებს, რომლებიც აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ შახტებში არ ქმნიან ატმოსფეროს აფეთქების საფრთხეს, მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები ეწოდება.

მცველ ფეთქებად ნივთიერებათა თეორიის შემდგომი განვითარება მოგვეცეს საბჭოთა მეცნიერებმა, რომელთაც შეისწავლეს კატალიზის მოვლენა აფეთქების პროდუქტებში.

აფეთქების პროდუქტები შეიცავენ ე. წ. კატალიზატორებსა და ინგიბიტორებს (ანტიკატალიზატორებს). კატალიზატორები აჩქარებენ მეთანისა და მტერის დაჟანგვის რეაქციას, ხოლო ინგიბიტორები ხელს უშლიან ამ პროცესს და აფერხებენ ნარევის აალებას. ამიტომ მცველი ფეთქებადი ნივთიერების შედგენილობაში მუდამ შეჰყავთ ისეთი კომპონენტები, რომლებიც აფეთქების შემდეგ ინგიბიტორების როლს ასრულებს. ასეთ კომპონენტებს აგრეთვე ალსაქრობებს უწოდებენ.

ინგიბიტორად იყენებენ კალიუმქლორს ან სუფურის მარილს. ეს ნივთიერებანი აფეთქებისას გამოყოფილი სითბოს ნაწილს ნთქავენ, რაც ამცირებს აფეთქების პროდუქტების ტემპერატურას. ამასთანავე ისინი ზრდიან მეთანჰაერის ნარევის აალების ტემპერატურას და აბანგრძლივებენ ინდუქციის პერიოდს. კალიუმქლორი სუფურის მარილზე უფრო ძლიერი ინგიბიტორია, ამიტომ, მაღალი ფასის მიუხედავად, იგი უპირატეს გამოყენებას პოულობს მცველი ფეთქებადი ნივთიერებების დამზადებისას.

ინგიბიტორების რაოდენობა მცველ ფეთქებად ნივთიერებებში 15—30%-ს შეადგენს. ინგიბიტორები ინერტული დანამატებია, რომლებიც აფეთქების რეაქციაში არ მონაწილეობენ. ამიტომ მათი უფრო მეტი რაოდენობით შეყვანა ფეთქებადი ნივთიერების შედგენილობაში მკვეთრად ამცირებს მათ სადეტონაციო თვისებებს. ამ გარემოებამ შეიძლება გამოიწვიოს დეტონაციის გადასვლა წვის რეაქციაში, რაც მეთანჰაერის ნარევის აფეთქების საშიშროებას ჰქმნის (წვის რეაქციის ნელი მიმდინარეობის გამო შპურში წნევა ნელა იზრდება და გარკვეული ხნის შემდეგ საკმარისი ხდება საცობის გამოსადგებად. ამის შედეგად წვის პროდუქტები უშუალოდ მოქმედებენ მაღაროს ატმოსფეროზე, რითაც ზრდიან მეთანის აფეთქების საფრთხეს).

უსაფრთხოების გაზრდის მიზნით, ზოგჯერ, ფეთქებადი ნივთიერებების ვაზნებს ათავსებენ ე. წ. მცველ გარსებში. მცველი გარსი წარმოადგენს ღრუ ცილინდრს, რომლის კედლის სისქე 3—5 მილიმეტრია. მცველი გარსი შეიძლება იყოს აქტიური ან პასიური. პირველ შემთხვევაში იგი შეიცავს 15—25% მძლავრ ფეთქებად ნივთიერებას და 75—85% ინერტულ მასალას, ხოლო მეორე შემთხვევაში მთლიანად ინერტული მასალისაგან (ალსაქრობისაგან) შედგება. მცველი გარსების დასამზადებლად იყენებენ კალიუმქლორს, ნატრიუმქლორს ან ნატრიუმის ბიკარბონატს.

ჩვენში ადრე იყენებდნენ კალიუმქლორის ფხვნილისებრ გარსებს, რომლებიც ვაზნების გარე შრეს წარმოადგენდა. ასეთი გარსების გამო-

ყენება ართულებს ვაზნების დამზადების ტექნოლოგიას. ამასთანავე არსებობს შპურში მოთავსებისას მათი დაშლისა და ვაზნებს შორის ფხვნილის მოხვედრის საფრთხე, რაც აუარესებს დეტონაციის გავრცელების პირობებს. გარსის დაშლის შემთხვევაში მკვეთრად ზცირდება ფეთქებადი ნივთიერების მცველი თვისებები. ამჟამად იყენებენ პოლიეთილენის ორკელლიან გარსებს, რომელთა შორის ჩასხმულია ალჩამქრობი ნივთიერება (ამონიუმის გვარჯილის 50—65%-იანი წყალხსნარი ამქაფებლით).

შემთხვევით გაშიშვლებული მუხტის აფეთქების საშიშროების თავიდან ასაცილებლად შემუშავებულია სელექციური დეტონაციის ფეთქებადი ნივთიერებები. ისინი შეიცავენ მალალი მგრძნობიარობის მძლავრ ფეთქებად ნივთიერებას მცირე რაოდენობით (ნიტროგლიცერინი 5—10%) და მცირე აქტივობის მქონე კომპონენტებს, რომლებიც მხოლოდ დახშულ გარემოში იძლევიან ფეთქებადი დაშლის რეაქციას. ღია მუხტის აფეთქებისას დეტონაციას იძლევა მხოლოდ მგრძნობიარე კომპონენტი, ხოლო მცირე აქტივობის მქონე კომპონენტები განიფანტება როგორც ინერტული მასა.

თუ მხედველობაში მივიღებთ იმ მოსაზრებებს, რომლებიც არსებობს მეთანჰაერისა და მტვერჰაერის ნარევათა აფეთქების ასახნელად, შესაძლებელია ჩამოვაყალიბოთ ის ძირითადი მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ყველა მცველი ფეთქებადი ნივთიერება. ეს მოთხოვნებია:

1. აფეთქების ენერჯიის ზომიერი შეზღუდულობა, რამაც უნდა უზრუნველყოს აფეთქების პროდუქტების ტემპერატურისა და დარტყმითი ტალღის ძალის საჭირო შემცირება;

2. დეტონაციის გავრცელების კარგი უნარი;

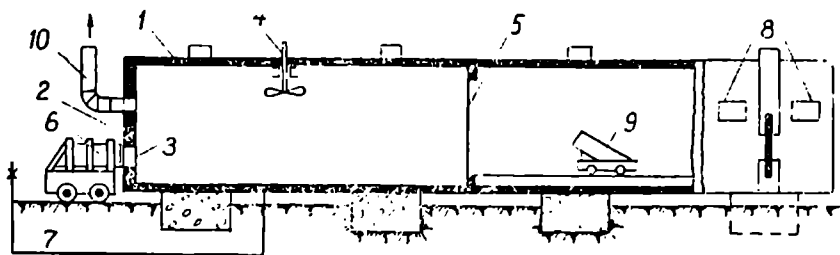
3. ჟანგბადის ნულოვანი ბალანსი (აფეთქების პროდუქტებში თავისუფალი ჟანგბადის არსებობა ზრდის პეთანის აფეთქების საშიშროებას, ხოლო არასრული წვის პროდუქტების გამოყოფისას იქმნება მაღაროს ატმოსფეროში მათი მეორეული წვის შესაძლებლობა).

4. ინგიბიტორების შემცველობა მაქსიმალურად დასაშვები რაოდენობით.

საჭიროა გვახსოვდეს, რომ აირისა და მტერის აფეთქების თავიდან აცილების უზრუნველყოფა შეუძლებელია მხოლოდ მცველი ფეთქებადი ნივთიერებების გამოყენების საშუალებით. ამისათვის აუცილებელია უსაფრთხოების ყველა წესის დაცვა, რომლებიც დადგენილია მტერისა და აირის მხრივ საფრთხილო მაღაროებში სამთო სამუშაოების წარმოებისათვის (ინტენსიური ვენტილაცია, ინერტული მტერის მოყრა და სხვ.).

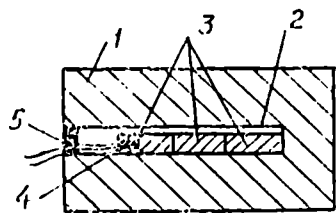
ყოველი ახალი მცველი ფეთქებადი ნივთიერება, სანამ მას წარმოებაში გამოსაყენებლად დაუშვებენ, გადის წინასწარ შემოწმებას ე. წ.

საცდელ შტრეკში (ნახ. 33). იგი წარმოადგენს საქვაბე რკინისაგან და-  
 მზადებულ მილს 1, რომლის დიამეტრი 1,5—2,0 მეტრია, ხოლო სიგრძე  
 10—30 მეტრი. მილი განლაგებულია მიწის ზედაპირზე და დაყრდნობი-  
 ლია ბეტონის საძირკველზე. მილის ერთი ბოლო ღიაა, ხოლო მეორეს



ნახ. 33. საცდელი შტრეკი

გააჩნია ძრო 2, რომელშიც გაკეთებულია ხერეტი 3 ( $d=300$  მმ). ძრო-  
 ზე მიბჯენილია მორტირა 6. მისი ლულა, რომელშიც იდება გამოსაც-  
 დელი ფეთქებადი ნივთიერების მუხტი, უთავსდება ძროში გაკეთებულ  
 ხერეტს. მილში დადგმულია ქალაღის დიაფრაგმა 5, რომელიც ქმნის  
 იზოლირებულ კამერას მილის მარცხენა ნაწილში. ეს კამერა, რომლის  
 მოცულობა 10 მ<sup>3</sup>-ს შეადგენს, ივსება მეთანჰაერის ან მტვერჰაერის ნა-  
 რევით. კამერაში დადგმულია სარეველი 4. გამოცდის წინ კამერაში მე-  
 თანის შემცველობა 8—10%-მდე აპყავთ. ქვანახშირის მტვერზე გამოც-  
 დისას კი მისი რაოდენობა 1 მ<sup>3</sup>  
 ჰაერზე 300 გრამს უნდა შეადგენ-  
 დეს (გამოცდა მეთანზე და მტვერ-  
 ზე ცალ-ცალკე წარმოებს). მეთა-  
 ნის მიწოდება ხდება მილსადე-  
 ნით 7.



ნახ. 34. საცდელი შტრეკის მორტირა

მორტირა წარმოადგენს მა-  
 სიურ ფოლადის ცილინდრს (დია-  
 მეტრი 550 მმ, სიგრძე 1200 მმ).  
 მისი დამუხტვის სქემა მეთანჰაერის ნარევის გამოცდისას ნაჩვენებია  
 34-ე ნახაზზე (1 — ფოლადის ცილინდრი; 2 — ლულა; 3 — ფეთქებადი  
 ნივთიერების ვაზნები; 4 — ელექტროდეტონატორი; 5 — თიხის საცობი,  
 1 სმ სისქისა).

ფეთქებადი ნივთიერების მცველი თვისებების დასადგენად 10-ჯერ  
 ახდენენ 600-გრამიანი მუხტების აფეთქებას. არც ერთმა მათგანმა არ  
 უნდა გამოიწვიოს მეთანჰაერის ნარევის აალება ან აფეთქება. ამ მოვ-  
 ლენაზე მსჯელობენ ან გალვანომეტრის ჩვენებით, რომელიც შტრეკში

დაყენებულ თერმოწყვილთან არის შეერთებული, ან უშუალო დაკვირვებით — შტრეკის ღია ნაწილში დატანილ ფანჯრებში 8 ალის გამოჩენით. აფეთქების აირები გაიწოვება სავენტილაციო მილით 10.

მტვერზე გამოცდის დროს შტრეკში (ღიაფრაგმის გარეშე) აყენებენ სპეციალურ მტვერსაფრქვევ მორტირას 9. მასში ათავსებენ 6,0 კგ ქვანახშირის მტვერს და 50 გ ფეთქებად ნივთიერებას, რომელსაც აფეთქებენ გამოცდის წინ 5—10 წამით ადრე. ამით აღწევენ მტერის გაფანტვას კამერაში და სათანადო საშიში კონცენტრაციის მიღებას. გამოსადეგი ფეთქებადი ნივთიერების მუხტს იღებენ 700 გ რაოდენობით. ამ შემთხვევაში თიხის საცობი აღარ კეთდება. ათჯერადი გამოცდისას მტვერპაერის ნარევის აფეთქებას ადგილი არ უნდა ჰქონდეს.

საცდელ შტრეკში დამაკმაყოფილებელი შედეგების მიღების შემთხვევაში მცველი ფეთქებადი ნივთიერება გადის ერთწლიან სამრეწველო გამოცდას აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო მაღაროებში. მხოლოდ ამის შემდეგ წყდება მისი მუდმივად გამოყენების საკითხი.

## § 21. 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 მტერის აფეთქების მხრივ საფრთხილო პირობებისათვის (ნახშირის შახტები და სხვ.).

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

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

ყოველი ჯგუფის მცველი ფეთქებადი ნივთიერება ისეთი ალმაქრობი კომპონენტის შემცველია, რომელსაც მოცემული პირობებისათვის ყველაზე უფრო შესაფერისი სპეციფიკური თვისებები გააჩნია.

მცველი უნარიანობის მიხედვით არჩევენ მცველი ფეთქებადი ნივთიერების ოთხ კლასს (იხ. ცხრილი 5): III კლასი — მქლავრი მცველი ფეთქებადი ნივთიერებანი (მუშაობის უნარი 290—320 სმ<sup>3</sup>), რომლებიც ძირითადად განკუთვნილია მთლიანად ფუჭ ქანში გასაყვანი გვირაბებისათვის. მათ იყენებენ აგრეთვე შერეულ სანკრევებში, თუ ატმოსფეროში მტერის საშიში კონცენტრაცია არ წარმოიქმნება; შემრყევი აფეთქებისათვის ქანის უეცარი გამოტყორცნის მხრივ საფრთხილო გვირაბების



გაყვანისას; ნახშირში სამუშაოდ, როდესაც შპურებში წყალია ჩამდგარი; ქაურების გაყვანისას, რომლებშიც მეთანის გამოყოფა აღინიშნება (პობედიტი ВП-4, ამონიტი АП-5 ЖВ, გოგირდის ამონიტი № 1 ЖВ, ნავთობის ამონიტი № 3 ЖВ).

IV კლასი — საშუალო სიმძლავრისა და მცველი უნარიანობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებანი (მუშაობის უნარი 220—290 სმ<sup>3</sup>), რომლებსაც იყენებენ ნახშირისა და ფუჭი ქანის სანგრეეებში სამუშაოდ (მანქანური გაყვლის გარეშე), როგორც მოსამზადებელ ისე საწმენდ გვირაბებში, აირისა და მტერის მზრივ საფრთხილო ყველა კატეგორიის შახტებში და, აგრეთვე, შემრყევი აფეთქების მიზნით (ამონიტი Т-19, ამონიტი ПЖВ-20).

V კლასი — გაზრდილი მცველი უნარის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებანი (მუშაობის უნარი 130—220 სმ<sup>3</sup>), განკუთვნილია მესამე და ზეკატეგორიის შახტებში განსაკუთრებით საფრთხილო პირობებში სამუშაოდ (ნახშირის სანგრეეებში მანქანური გაყვლით); აღშავალი გვირაბების გასაყვანად; ნახშირის ყრუ სანგრეეებისათვის (გაუყვლავად); სანგრეეებში, სადაც აირის სუფლარული გამოყოფა ან შპურებში აირის ინტენსიური გამოყოფა ხდება; აფეთქებით წყლის გაფრქვევისათვის, წყლის ფარდების შექმნის მიზნით (უგლენიტი 3-6, უგლენიტი № 5, ვაზნები ПВП-1-У და ПВП-1-А).

VI კლასი — მაღალი მცველი უნარის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებანი. მათ იყენებენ რბილი ნახშირის მოსანგრეეად ყველა კატეგორიის საფრთხილო შახტებში, საწმენდ და მოსამზადებელ სანგრეეებში მანქანური გაყვლით მუშაობის დროს; აფეთქების საშუალებით ქერის დასმისათვის; სასულეების გასაყვანად (ვაზნები СП-1).

მესამე კლასის მცველი ფეთქებადი ნივთიერებების შედგენილობაში მნიშვნელოვანი რაოდენობით არის სენსილიბიზატორები და სხვა აქტიური კომპონენტები, ხოლო ალსაქრობის შემცველობა შედარებით მცირეა. ამის გამო ამ კლასის ფეთქებად ნივთიერებებს მაღალი მცველი თვისებები არ გააჩნიათ.

პობედიტი ВП-4 მოყვითალო ფერის ფხვნილისებრი ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელსაც მაღალი სადეტონაციო თვისებები აქვს. შეხებით ცხიმოვანია, მტერიანობა არ ახასიათებს. პობედიტი ВП-4 წყალმედვეა, დატენიანების შემთხვევაში ინარჩუნებს მგრძობიარობასა და ფეთქებად თვისებებს; ტკეპნადობასა და ექსუდაციას არ გზიციდის. თხევადი ნიტროეთერების შემცველობის გამო მაღალი მგრძობიარობა აქვს მექანიკური ზემოქმედებისადმი და ფრთხილ ხმარებას მოითხოვს. თუ ვაზნები — 20°C-ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე ინახება, მაშინ ხმარების წინ აუცილებელია მათი გაჩერება მიწისქვეშა საწყობში დადებითი ტემპერატურის მიღებამდე.

პობელიტი ВП-4 ყველაზე მძლავრია მცველ ფეთქებად ნივთიერებებს შორის, დაიშვება მხოლოდ ფუჭი ქანის სანგრევეებში სამუშაოდ. ამ დროს გამოირიცხული უნდა იყოს ქვანახშირის მტერის მოხვედრა სანგრევეში მუშობელი გვირაბებიდან; 1%-მდე მეთანის შემცველობის შემთხვევაში გამოყენებული უნდა იქნეს წყალსაფრქვევი ფარდები, ხოლო მეთანის მეტი შემცველობისას პობელიტის ხმარება აკრძალულია. ნახშირის ფენის გამკვეთი გვირაბის გაყვანისას პობელიტის ხმარება აღარ დაიშვება ფენთან 5 მეტრის მანძილზე მიახლოების შემდეგ; მისი გამოყენება შეიძლება განახლდეს, როდესაც გვირაბის სანგრევი ფენს 20 მეტრზე მეტი მანძილით გასცილდება. პობელიტს ახასიათებს ტოქსიკურობა (ფხვნილზე ხელით შეხება და მტერის შესუნთქვა ძლიერ თავის ტკივილს იწვევს). მზადდება 250- და 300-გრამიანი ვაზნების სახით.

ამონიტი АП-5 ЖВ ღია ყვითელი ფერის ფხვნილია, ხასიათდება წყალმედველობით და მცირე ტკეპნადობით. გამოყენების პირობები ისეთივეა, როგორც პობელიტისათვის არის დაწესებული. პობელიტთან შედარებით ნაკლები სიმძლავრე და მგრძობიარობა აქვს, მოსახმარად უსაფრთხოა. გამოიშვება 250- და 300-გრამიან ვაზნებში.

გოგირდის ამონიტი № 1 ЖВ მოყვითალო ფერის ფხვნილია, შეხებით ცხიმოვანი, გააჩნია მცირე წყალმედველობა. აქვს მცირე სიმძლავრე, მაგრამ მდგრადი სადეტონაციო თვისებები, რასაც განაპირობებს მის შედგენილობაში სენსიბილიზატორად ნიტროეთერების შეყვანა. გამოიშვება 200-გრამიან ვაზნებში. ტკეპნადობა არ ახასიათებს. გამოიყენება გოგირდის შახტებში.

ნავთობის ამონიტი № 3 ЖВ შესახედაობითა და სადეტონაციო თვისებებით გოგირდის ამონიტის მსგავსი ფხვნილია, მაგრამ გამოირჩევა კარგი წყალმედველობით. იყენებენ ნავთობისა და ოზოკერიტის შახტებში. გოგირდისა და ნავთობის ამონიტის ვაზნები, ისე როგორც ნიტროეთერების შემცველი სხვა ფეთქებადი ნივთიერებები, გაყინვის შემთხვევაში ხმარების წინ უნდა გამოლღვეს-

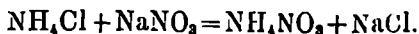
მეოთხე კლასის მცველი ფეთქებადი ნივთიერებებია ამონიტი ПЖВ-20 და ამონიტი Т-19.

ამონიტი ПЖВ-20 ღია ყვითელი ფერის წვრილმარცვლოვანი ფხვნილია, რომელიც გამოიშვება 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 ПЖВ-20 საშუალო სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერებაა, ფართოდ გამოიყენება ნახშირისა და მცირე სიმაგრის ქანების მოსანგრევეად.

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

მეხუთე კლასს შეადგენს გაზრდილი მცველი უნარიანობის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებანი: უგლენიტი 3-6, უგლენიტი № 5 და პოლიეთილენის გარსაკმეიანი წყალავსებული ვაზნები ПВП-1-У და ПВП-1-А.

უგლენიტი 3-6 იონმიმოცვლითი ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელიც შეიცავს ქლოროვან ამონიუმს ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) და ნატრიუმის გვარჯილას ( $\text{NaNO}_3$ ). ამ მარილების ურთიერთქმედებას ფეთქებადი დაშლის რეაქციის დროს აქვს შემდეგი სახე



ამ დროს წარმოქმნილი ამონიუმის გვარჯილა დაშლას განიცდის, ხოლო ქლოროვანი ნატრიუმი წარმოადგენს მძლავრ ინგიბიტორს, რომელიც აფერხებს მეთანის დაქანგვის რეაქციას და ამით განაპირობებს ფეთქებადი ნივთიერების მცველი უნარის გაზრდას. იონმიმოცვლითი მარილების აღნიშნული წყვილის გარდა, უგლენიტი შეიცავს მცირე რაოდენობით ქლოროვან კალიუმს ან ქლოროვან ნატრიუმს, რომელიც ღამეტებითი აღსაქრობის როლს ასრულებს. შედგენილობაში არის აგრეთვე ნიტროეთერები, რის შედეგად უგლენიტი საკმარის მგრძნობიარობასა და სელექციური დეტონაციის უნარს იძენს (ღიად აფეთქებისას პირველ რიგში დეტონაციას იძლევა მაღალმგრძნობიარე ნიტროეთერები, რაც იწვევს ჯერ დაუშლელი კომპონენტების გაფანტვას; ამის გამო გარემოში გამოყოფილი ენერგია საკმარისი აღარ არის მეთანის ან ნახშირის მტერის ასაფეთქებლად).

უგლენიტი 3-6 წარმოადგენს ფხენილს, რომელიც შეხებით ცხიმოვანია და ცუდი ფხვიერობით ხასიათდება. ПХВ-20 მარკის ამონიტთან შედარებით იგი დაახლოებით ერთნახევარჯერ სუსტია და მასზე ნაკლებად წყალმედვია. მზადდება 300-გრამიანი ვაზნების სახით. შენახვის საგარანტიო ვადა 6 თვეა. როგორც ნიტროეთერების შემცველი ფეთქებადი ნივთიერება, მგრძნობიარეა მექანიკური ზემოქმედების მიმართ და ამიტომ უფრო ფრთხილ მოხმარებას მოითხოვს, ვიდრე ამონიტები. უგლენიტის ვაზნების გაყინვის შემთხვევაში ხმარების წინ საჭიროა მათი გამოღობა.

უგლენიტი 3-6 დაშვებულია ნებისმიერი კატეგორიის შახტებში სამუშაოდ, აგრეთვე ისეთ ფენებში, რომლებიც საშიშია აირის უეცარი გამოტყორცნით. ამ შემთხვევაში საშუალო მუხტებს შორის მანძილი 30 მმ ნაკლები არ უნდა იყოს. აირისა და ნახშირის უეცარი გამოტყორცნებით საშიში ფენების გახსნისას უგლენიტი 3-6-ის გამოყენება არ დაიშვება.

უგლენიტი № 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 ჰერის აფეთქებითი დასმისათვის, წყალსაფრქვევი ფარდების მოსაწყობად, ბიგების გამოსადგებად და სხვ.



ნახ. 35. გარსიანი ვაზნა

უგლენიტი № 5 წარმოადგენს მოყვითალო ფერის მსხვილმარცვლოვან ფხვნილს, შეხებით ცხიმოვანია, ცუდი ფხვნიერებისაა, მტვრიანობა არ ახასიათებს, მზადდება ვაზნების სახით (150; 200; 250 და 300), ტკეპუნას არ განიცდის. ნახევარი საათის განმავლობაში წყალში დასველებისას (თარაზული მდებარეობისას) ინარჩუნებს წყალმდეგობას. როგორც ნიტროეთერების შემცველი ფეთქებადი ნივთიერება, მოითხოვს ფრთხილ ხმარებას. შენახვის საგარანტიო ვადა 6 თვეა.

მცველი გარსიანი ვაზნები ПВП-1-У და ПВП-1-А (ნახ. 35) წარმოადგენს ორმაგკედლიანი პოლიეთილენის კორპუსს 1, რომლის შიგნით მოთავსებულია ამონიტი ПЖВ-20-ის მუხტი 5, ხოლო კედლებს შორის სივრცე 3 ავსებულია ამონიუმის გვარჯილის წყალხსნარით (50—65%) და ქაფწარმოქმნელით (0,3—0,5%). კორპუსს აქვს სახურავი 4 და მაცენტრებული სიხისტის რგოლები 2.

გარსის გარე დიამეტრი 38—39 მილიმეტრია, შიგა დიამეტრი 27—28 მმ, ხოლო გარსის კედლის სისქე 0,8—1,2 მმ. შპურში მოთავსებულ ვაზნებს შორის დეტონაციის უკეთ გადაცემის მიზნით გარსის ერთ ბოლოს აქვს კუმულაციური ღრმული. კორპუსი ელასტიკურობას ინარჩუნებს და ხსნარი არ იყინება ტემპერატურის —15°-მდე დაწევისას. აფეთქება ხდება ელექტროდეტონატორით, რომლის ჩასაყენებლად საჭიროა გარსის სახურავში ხვრეტის გაკეთება.

ამონიუმის გვარჯილის წყალხსნარი ზრდის მუხტის მუშაობის უნარს და ამავე დროს ასრულებს ალსაქრობის როლს. ასეთი ვაზნები გამოირჩევა მაღალი წყალმდეგობით, დეტონაციის კარგი უნარითა და საიმედო მცველი თვისებებით. მცველი გარსიანი ვაზნების უარყოფით მხარეს წარმოადგენს მათი დამზადების სირთულე და მაღალი ღირებულება. ПВП-1-У და ПВП-1-А ვაზნები ერთმანეთისაგან მხოლოდ მუხტის მასით განსხვავდება (იხ. ცხრილი 13). მათი გამოყენება რეკომენდებულია ყველა კატეგორიის შახტების მოსამზადებელ და საწმენდ სან-

მცველი ფუთქებალი ნიფიერებანი

მხასიათებლები	პობლეტი B-1	ამონიტები					ფკუნეტი პ-5	ფბუნეტი № 5
		АП-5 ჰმ	კოვრის № 1 ჰმ	ნაულობის № 3 ჰმ	ПЖ-20	T-19		
აფუთქების სითბო, კკალ/კგ	923	907	483	744	813	805	640	310
აირების მოცულობა, ლ/კგ	780	787	878	635	717	724	560	216
აფუთქების ტემპერატურა, °C	2840	2790	1840	2360	2430	2490	2060	1190
მეშაობის უნარი, სმ	330	325	210	235	270	275	130-170	50-90
ბრიზანტულობა, მმ	15-18	15-17	10-12	13-14	14-16	15-17	7-11	5-8
დეტონაციის სიჩქარე, კმ/წმ	3,8-4,6	3,6-4,6	2,5-3,0	2,8-3,2	3,5-4,0	3,6-4,3	1,9-2,2	1,7-1,9
ფანგბალის ბალანსი, %	-0,21	-0,02	-1,4	-0,65	+0,32	-2,47	+0,59	-0,18
სიმკვრივე (ვაზნებში), გ/სმ <sup>3</sup>	1,1-1,3	1,0-1,15	0,95-1,05	1,1-1,3	1,05-1,2	1,05-1,2	1,1-1,25	1,1-1,35
ვაზნის დიამეტრი, მმ	36-37	36-37	31-32	31-32	36-37	36-37	36-37	36-37
ვაზნის წონა, გ	200, 250, 300	200, 250, 300	200	200	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	150, 200, 250
მშრალ ვაზნებს შორის დეტონაციის გადაცემის მანძილი, მმ	6	8-10	7-10	6-12	7-10	8-12	7-12	5-10
იგივე, ვაზნების 1 საათით წყალში დასველებისას, მმ	5	4-7	3-5	2-5	4-7	4-8	3-10	2-4
კრიტიკული დიამეტრი, მმ	5-7	11-12	7-10	6-8	12-14	10-12	7-9	8-10
შედგენილობა, %:								
ნეტროთერები	9,0	—	5,0	9,0	64,0	61,0	14,0	10,0
ამონიუმის გვარჯილა, ჰმ	65,5	70,0	52,0	52,5	16,0	19,0	—	14,0
ტროტილი	12,0	18,0	11,5	7,0	20,0	2,0	—	—
ქლოროვანი ნატრიუმი	12,0	12,0	—	30,0	—	—	7,0	75,0
ქლოროვანი ამონიუმი	—	—	30,0	—	—	—	29,0	—
ზის ფქვილი	1,5	—	1,5	—	—	—	2,5	1,0
კალციუმის სტეარატი	—	—	—	1,5	—	—	1,0	—
ნატრიუმის გვარჯილა	—	—	—	—	—	—	46,3	—
კოლოდიუმის ბამბა (100% ზევით)	0,15	—	—	0,15	—	—	0,2	0,15
სოდა (100% ზევით)	0,1-0,3	—	0,2-0,3	0,2-0,3	—	—	0,1-0,3	0,1-0,3

გრევებში, აირისა და ნახშირის უეცარი გამოტყორცნების მხრივ საშიშ ფენებში შემრყევი აფუთქებისათვის.

მცველი გარხიანი ვაზნები

მახასიათებლები	ПВП-1-У	ПВП-1-А	СП-1
მცველი უნარის კლასი	V	V	VI
ფეთქებადი ნივთიერება ვაზნაში	ამონიტი	20	უგლენიტი
შიგა მუხტის წონა, გ	120	175	200
ვაზნის სიგრძე, მმ	245	345	345
ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივე	1,05—1,15	1,05—1,15	1,1—1,25
ვაზნის საერთო წონა	320±15	450±20	285±20
ლეტონაციის სიჩქარე, კმ/წმ	4,2—4,5	3,8—4,5	2,0—2,5
ფასი 100 ც, მან	245	258	300

მცველი გარხიანი ვაზნები СП-1 მეექვსე კლასის, მაღალი მცველი უნარის მქონე ფეთქებად ნივთიერებას წარმოადგენს. გამოიყენება განსაკუთრებით საფრთხილო პირობებში სამუშაოდ.

СП-1 ვაზნის შიგნით მოთავსებულია უგლენიტი 3-6-ის მუხტი. ასეთი ვაზნების კონსტრუქცია და ზომები ПВП-1-А ვაზნების ანალოგიურია; ერთმანეთისაგან გასარჩევად ვაზნის კედლებს შორის ჩასხმული ამონიუმის გეარჯილის წყალხსნარი შეფერილია ყვითლად, რისთვისაც მას უმატებენ კალიუმის ქრომატს ან ბიქრომატს (0,3—0,5%). СП-1 ვაზნები ბევრად უფრო ნაკლები სიმძლავრისაა, ვიდრე ПВП-1-А ვაზნები, მაგრამ მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი მცველი თვისებებისაა.

§ 22. ოქსილიკვიტიზმი, ძლორათიტიზმი და პერძლორათიტიზმი, ღმერთიზმი

ოქსილიკვიტი წარმოადგენს ფოროვან საწვავ მასალას, რომელიც თხევადი ქანგბადით არის გაჟღენთილი. საწვავი მასალა (მშთანთქმელი) მდიდარი უნდა იყოს ნახშირბადით და ხასიათდებოდეს აბსორბციის (შთანთქმის) კარგი უნარით. ვინაიდან გაჟღენთვის შემდეგ გამუდმებით ხდება თხევადი ქანგბადის აორთქლება, ამიტომ შთანთქმის კარგი უნარი გულისხმობს შთანთქმული ქანგბადის დიდი დროის მანძილზე შენარჩუნების თვისებასაც. საწვავ მასალად გამოიყენება ხის ნახშირი, კვარტლი, ხის ფქვილი, ტორფი და სხვ.

ოქსილიკვიტების დამზადება მოიცავს სამ ძირითად ოპერაციას: მშთანთქმელისაგან ვაზნების გაკეთება, თხევადი ქანგბადის მიღება და ვაზნების გაჟღენთა. ეს უკანასკნელი უშუალოდ მათი მოხმარების წინ წარმოებს. ვაზნები ელექტროდეტონატორით უნდა აფეთქდეს.

თხევადი ჟანგბადი მიიღება ატმოსფეროს ჰაერის გაცივებით— 183°-მდე (ჟანგბადის დუდილის ტემპერატურა), რაც სპეციალური დანადგარების საშუალებით ხდება. იგი გამჭვირვალე მოცისფრო სითხეა, რომლის სიმკვრივეა 1,13—1,14.

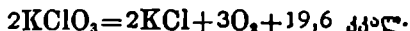
თხევადი ჟანგბადი ინახება და გადაიტანება სითბოგაუმტარ ორმაგკედლებიან ჭურჭლებში. შენახვისა და ტრანსპორტის სირთულის გამო ოქსალიკვიტების დამზადება უშუალოდ მოხმარების ადგილზე ეწყობა (მაღარო, კარიერი და სხვ.).

ოქსილიკვიტებს ენერჯის დიდი მარაგი აქვთ. მისი აუთექების დროს გამოყოფილი სითბო 2300 კკალ/კგ-ს აღწევს, რაც გაცივებით მეტია ყველა სხვა ფეთქებადი ნივთიერების სათანადო მახასიათებელზე. მაგრამ ოქსილიკვიტების პრაქტიკული გამოყენებისას ხდება ჟანგბადის აორთქლება და ამიტომ სიმძლავრის მხრივ ისინი ჩვეულებრივი ამონიტების ტოლფასნი არიან. ოქსილიკვიტების დეტონაციის სიჩქარეა 2000—4000 მ/წმ, მუშაობის უნარი 250—600 სმ<sup>2</sup>, ბრიზანტულობა 8—20 მმ.

ოქსილიკვიტების დადებითი მხარეა მასალების სიიფე და არადეფიციტურობა. მიუხედავად ამისა, ოქსილიკვიტებმა ვერ ჰპოვეს ფართო გავრცელება და ამჟამად ჩვენში პრაქტიკული გამოყენება არა აქვთ. ამის მიზეზია დამზადების სირთულე, ფეთქებადი თვისებების ცვალებადობა, მაღალი მგრძნობიარობა და დაბალი ტემპერატურა, რაც ზრდის მათი მოხმარების საშიშროებას.

ოქსილიკვიტები პირველად გამოიყენეს 1904 წელს შვეიცარიაში, ცნობილი სიმპლონის გვირაბის გაყვანის დროს. ჩვენს ქვეყანაში მათ ხმარობდნენ დნეპროპეტრის მშენებლობისას, კრივოი როგის მაღაროებში, არტემოვსკის მარილის საბადოზე და სხვ. 1956 წლიდან ჩვენში მათი დამზადება შეწყდა. ამერიკის შეერთებულ შტატებში მათ გამოყენებაზე უაოი თქვეს 1957 წლიდან, რის მიზეზადაც მასობრივ უბედურ შემთხვევებს ასახელებენ. უფრო გვიან არსებობდა ცნობები ლოტარინგიის რკინის მადნის მაღაროებში (საფრანგეთი) ოქსილიკვიტების ფართო გამოყენების შესახებ.

ქლორატების მთავარი შემადგენელი ნაწილია კალიუმის ან ნატრიუმის ქლორატი ( $KClO_3$ ,  $NaClO_3$ ). კალიუმის ქლორატი, ანუ ბერთოლეს მარილი ჟანგბადით მდიდარი ნივთიერებაა, რომელსაც ადვილად გასცემს აუთექების დროს

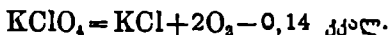


ბერთოლეს მარილი თეთრი კრისტალური ნივთიერებაა, მცირე ჰიგროსკოპულობა ახასიათებს და წყალში ცუდად იხსნება. იგი ამონიუმის გვარჯილაზეც უფრო ნაკლებად მგრძნობიარეა და ამიტომ როგორც

დამოუკიდებელი ფეთქებადი ნივთიერება არ გამოიყენება. მასში საწვავი ნივთიერების გარევა (პარაფინი, ნავთი და სხვ.) დიდად ზრდის მგრძობიარობას დარტყმაზე, ხახუნზე და ალის მოქმედებაზე, რაც საშიშს ხდის ნარევის მოხმარებას. ამიტომ ქლორატიტების შედგენილობაში ფლუგმატიზატორებიც შეჰყავთ.

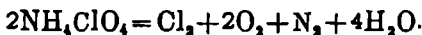
ქლორატიტებს შედარებით მაღალი ბრიზანტულობა აქვთ 13—15 მმ, ხოლო მათი მუშაობის უნარი მცირეა 180—240 სმ<sup>2</sup>. ჩვენს ქვეყანაში ქლორატიტებს არ იყენებენ. მათ ამზადებენ საფრანგეთსა (შელიტი) და ბელგიაში (სევრონიტი).

პერქლორატიტების მთავარი შემადგენელი ნაწილია კალიუმის ან ამონიუმის პერქლორატი ( $KClO_4$ ,  $NH_4ClO_4$ ). კალიუმის პერქლორატი, თავისთავად, ფეთქებად ნივთიერებას არ წარმოადგენს, რადგან მისი დაშლა მიმდინარეობს სითბოს შთანთქმით



კალიუმის პერქლორატი მცირე რაოდენობით საწვავი ნივთიერების შერევა მას ფეთქებად თვისებებს აძლევს, ვინაიდან ამ შემთხვევაში ეგზოთერმული რეაქცია მიიღება.

ამონიუმის პერქლორატი, კალიუმის პერქლორატისაგან განსხვავებით ფეთქებადი დაშლის უნარი გააჩნია



ამონიუმის პერქლორატი ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორით არ ფეთქდება, თუმცა ამონიუმის გვარჯილაზე უფრო მაღალი მგრძობიარობა აქვს. ერთი კილოგრამის აფეთქებისას გამოიყოფა 226 კკალ სითბო და 810 ლიტრი აირები. მისი მუშაობის უნარი 200 სმ<sup>2</sup> შეადგენს. ამონიუმის პერქლორატი საწვავი ნივთიერების გარევა დიდად ზრდის მის მგრძობიარობასა და ფეთქებად თვისებებს. ასეთი ფეთქებადი ნივთიერებების (პერქლორატიტების) უარყოფითი მხარეა ქლორისა და წყალბადქლორის ( $HCl$ ) გამოყოფა.

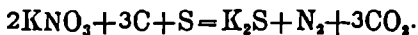
პერქლორატიტების გამოყენება, ქლორატიტებთან შედარებით, უფრო უსაფრთხოა, მაგრამ მათ, ისევე როგორც ქლორატიტებს, ჩვენში გამოიყენება არა აქვთ. პერქლორატიტებს (კარლიტების სახელწოდებით) ფართოდ იყენებენ მხოლოდ იაპონიაში. მათ შედგენილობაში შედის ამონიუმის პერქლორატი 75—84%, ფეროსილიციუმი 10—16%, ხის ფქვილი 4—6%, მინერალური ზეთი 2—3%.

შავი დენთი უძველესი ფეთქებადი ნივთიერებაა. ფიქრობენ, რომ იგი პირველად ჩინეთში მიიღეს, საიდანაც შემდეგ დასავლეთში



გაერცელდა. უკვე XII საუკუნეში შავ ღენტის იყენებდნენ როგორც მტყორცნ საშუალებას. მასთან უშუალოდ არის დაკავშირებული არტილერიის განვითარება. ქანის მონგრევის მიზნით შავი ღენთი პირველად 1627 წელს გამოიყენა ტიროლელმა კასპარ ვეინდლმა. მეცხრამეტე საუკუნის შუა წლებამდე იგი ერთადერთი სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერება იყო.

შავი ანუ კვამლიანი ღენთი გოგირდის, ხის ნახშირისა და კალიუმის ან ნატრიუმის გვარჯილის მექანიკურ ნარევეს წარმოადგენს. ხის ნახშირი საწვავის როლს ასრულებს, ხოლო გვარჯილა უნებამდეთ მდიდარი ნივთიერებაა. გოგირდის მთავარი დანიშნულებაა ღენტისათვის საჭირო ფიზიკური სტრუქტურის მიცემა. უგოგირდო ღენთი დაწნების შემდეგ ადვილად იფშენება და მტერისებრ სახეს ღებულობს, რაც დიდად ზრდის მის ჰიგროსკოპულობას. გოგირდი საწვავი მასალაცაა, რომელიც ხელს უწყობს ღენტის ფეთქებადი დაშლის რეაქციას. შავი ღენტის შედგენილობაში, ჩვეულებრივად, შედის გვარჯილა 75%, ხის ნახშირი 15%, გოგირდი 10%. შავი ღენტის დაშლის რეაქცია მარტივი სახით შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ



სინამდვილეში რეაქციას ბევრად უფრო რთული სახე აქვს. ამ დროს წარმოიქმნება მრავალი სახის მყარი და აიროვანი ნივთიერება. ერთი კილოგრამი შავი ღენტის დაშლა იძლევა 0,564 კგ მყარ ნივთიერებას და 0,436 კგ აირებს. აიროვანი პროდუქტები შეიცავენ შხამიან ნახშირბადს.

შავი ღენთი რუხი-შავი ფერის მარცვლების სახით მზადდება. დატენიანების შემთხვევაში იგი მუქი შავი ფერის ხდება. კარგი ხარისხის ღენთი თითებშუა ძნელად იფხვნება, ხელს არ სვრის და ერთი მეტრის სიმალიდან ქალაღზე დაყრისას მტყერს არ ტოვებს. მსხვილმარცვლოვანი ღენტის მარცვლების სიმსხოა 3—8,5 მმ, ხოლო წვრილმარცვლოვანისა — 1,0—3,0 მმ.

შავი ღენტის გრავიმეტრიული სიმკვრივეა 0,8—1,0 გ/სმ<sup>3</sup>, ხოლო მისი მარცვლების სიმკვრივე 1,6—1,9 გ/სმ<sup>3</sup>. ფეთქვის ტემპერატურა 300°C-ია. ცეცხლის მოკიდება, თუ ღენტს მცირე რაოდენობით ავიღებთ, მხოლოდ მის აპრიალებას გამოიწვევს, ხოლო დიდი რაოდენობის წვა აფეთქებაში გადადის. აფეთქებისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა უდრის 665 კკალ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა 2500°-ს, აირების მოცულობა 280 ლ/კგ-ს.

შავი ღენთი ტიპური მტყორცნი ფეთქებადი ნივთიერებაა. ფეთქებადი დაშლის რეაქციის სიჩქარე, ცეცხლის მოკიდების შემთხვევაში

400 მ/წმ-ის ტოლია. მძლავრი დეტონატორის გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის აფეთქების სიჩქარეს.

შავ ღენტის მაღალი ჰიგროსკოპულობა ახასიათებს. დასაშვები ტენიანობაა 0,7—1,0%. თუ ტენიანობამ 2%-ს მიაღწია, ღენთი უკვე ძნელად იწვის, ხოლო 7%-ზე მეტი ტენიანობის შემთხვევაში ხდება მარცვლების გაჯირჯება და მათ ცეცხლი აღარ ეკიდება. ღენტის გამოშრობა აღადგენს მის თვისებებს, თუ ტენიანობა 3—4%-ს არ აღემატებოდა.

შავი ღენტის გამოყენება ქანის აფეთქებისათვის მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა მასივის დაშლა ზედმეტი დაბზარვის გარეშე (ცალეული ქვები, მარმარილოსა და გრანიტის ლოდები, რომლებსაც მოპირკეთებისა და ქანდაკებებისათვის იყენებენ და სხვ.), მაგრამ შავი ღენტის მეტისმეტი მგრძნობიარობა ალისა და ხახუნის მიმართ ზღუდავს მის სამრეწველო მოხმარებას. შავი ღენტის გამოყენება სამთო წარმოებაში დაიშვება მხოლოდ სამთო-ტექნიკური ინსპექციის სპეციალური ნებართვით.

ჩვენს ქვეყანაში შავ ღენტს უმთავრესად ხმარობენ ცეცხლგამტარი (ბიჟფორდის) ზონარის დასამზადებლად. საზონრე ღენთი მეტად წვრილმარცვლოვანია და შეიცავს 78% კალიუმის გვარჯილას, 12% გოგირდსა და 10% ხის ნახშირს. ცეცხლგამტარ ზონარში ღენტის წვა აფეთქებაში არ გადადის ღენტის გულის მცირე დიამეტრის გამო.

როგორც მტყორცნი ნივთიერება, შავი ღენთი იხმარება სანადირო თოფის ვაზნებში. სამხედრო საქმეში სატყორცნ საშუალებად მას ამჟამად აღარ იყენებენ, ვინაიდან იგი უკვამლო ღენტმა შეცვალა.

უკვამლო ღენთი შესახედავად წარმოადგენს რქისებრ ჟელატინისმაგვარ ნივთიერებას, რომელსაც მეტ-ნაკლები გამჭვირვალობა გააჩნია. მისი ფერი დამოკიდებულია შედგენილობასა და დამზადების ტექნოლოგიაზე და ფართო ფარგლებში იცვლება (ღია ყვითელი, რუხი-მწვანე, ყავისფერი, მუქი ლურჯი, შავი).

უკვამლო ღენტის მისაღებად აწარმოებენ პიროქსილინის ჟელატინიზაციას სპეციალური გამხსნელის საშუალებით. ამ დროს პიროქსილინისაგან ღებულობენ ისეთ ნივთიერებას, რომელსაც ახასიათებს სწრაფი და თანაბარი წვის უნარი. ჟელატინიზაციის შედეგად პიროქსილინი კარგავს ბოჰოვან სტრუქტურას და გარდაიქმნება ბლანტ მასალად, რომელიც კოლოიდურ ხსნარს წარმოადგენს.

უკვამლო ღენტის დამზადებისას გამხსნელად გამოიყენება ფეთქებადი ან არაფეთქებადი ნივთიერებანი. არაფეთქებადი გამხსნელები (სპირტეთერის ნარევი, აცეტონი და სხვა) უკვამლო ღენტის დამზადების შემდეგ თითქმის მთლიანად გამოიღვენებიან მისი შედგენილობიდან (ღენტის შრობის პროცესში). ფეთქებადი გამხსნელებია ნიტროგლიცერინი,

ნიტროგლიკოლი და სხვა ნივთიერებანი, რომლებიც ღენტის შედგენილობაში რჩება როგორც ენერჯის დამატებითი წყარო.

პიროქსილინისა და გამხსნელების გარდა უკვამლო ღენტის შედგენილობაში მცირე რაოდენობით შეჰყავთ სხვა ნივთიერებებიც, მისთვის განსაკუთრებული თვისებების მიცემის მიზნით. უკვამლო ღენტის ქიმიური მდგრადობის უზრუნველსაყოფად იყენებენ ე. წ. სტაბილიზატორებს (დიფენილამინი —  $(C_6H_5)_2NH$ , ცენტრალიტი № 1 —  $(C_6H_5C_2H_5)_2N_2CO$  და სხვ.), ხოლო წვის სიჩქარის შესამცირებლად კი ფლუგმატიზატორებს, რომელთა შორის საუკეთესოდ ითვლება ქაფური  $(C_{10}H_{16}O)$ . უკვამლო ღენტის შედგენილობაში შეჰყავთ აგრეთვე ალსაქრობი დანამატები, რომელთა დანიშნულებაა უალო გასროლის მიღება. სხვა დანამატები ემსახურება ღენტის ჰიგროსკოპულობის შემცირებას (დირუტილფტალატი), გრავიმეტრიული სიმკვრივის გაზრდასა და ელექტრიზაციის თავიდან აცილებას (გრაფიტი), ტექნოლოგიური პროცესის გაადვილებას (ვაზელინის ზეთი) და სხვ.

უკვამლო ღენტის მარცვლების სიმკვრივეა 1,54—1,64 გ/სმ<sup>3</sup>, ხოლო მისი გრავიმეტრიული სიმკვრივე 0,6—0,9 გ/სმ<sup>3</sup>. ღენტის სიმკვრივეზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული წვის სიჩქარე. მცირე სიმკვრივის ღენტს წვის დიდი სიჩქარე ახასიათებს.

სპეციალური დამუშავების შედეგად უკვამლო ღენტის ნაწილაკებს აძლევენ სხვადასხვა ფორმას. ამის შესაბამისად ღებულობენ დამარცვლილ, დისკურ, ლენტურ, მილისებრ, კუბურ, ფირფიტოვან და სხვა სახის ღენტებს. უკვამლო ღენტის ასეთ ნაირსახეობათა საჭიროება გამოწვეულია საარტილერიო საქმის თავისებურებებით.

უკვამლო ღენტების დაშლის რეაქციის დამახასიათებელ სახეს ფეთქებადი წვა წარმოადგენს. მისი ფეთქვის (აალების) ტემპერატურა 180—200°C-ია. გარკვეულ პირობებში უკვამლო ღენთი იძლევა დეტონაციას, რომლის სიჩქარემ შესაძლოა 6000 მ/წმ-ს მიაღწიოს. სასროლო იარაღის კამერაში ღენტის ნორმალური წვა აფეთქებაში არასოდეს არ გადადის. უკვამლო ღენტის დეტონირება უმეტეს შემთხვევაში მოითხოვს შუალედი დეტონატორის გამოყენებას, რომელიმე ბრიზანტული ფეთქებადი ნივთიერების სახით (50—200 გ). წვრილმარცვლიანი შაშხანის ღენთი ფეთქდება ჩვეულებრივი კაფსულ-დეტონატორით.

უკვამლო ღენტების აფეთქების სითბო უდრის 550—1100 კკალ/კგ, აფეთქების ტემპერატურა 2300—2800°-ს, გამოყოფილი აირების მოცულობა 800—1000 ლ/კგ.

უკვამლო ღენტები ფართოდ გამოიყენება სამხედრო საქმეში. ვინაიდან ღენტების ქიმიური ბუნება არასაიმედოა ხანგრძლივი დროით შენახვისას, ამიტომ დროდადრო აუცილებელია მარაგების განახლება. ამ დროს ხდება უკვამლო ღენტების გამოყენება სხვა მიზნებისათვის, მათ.

შორის ქანების აფეთქებისათვისაც. უკვამლო ღენტის გამოყენებას სამ-  
თო წარმოებაში ვხვდებით იმ შემთხვევაშიც, როდესაც იგი არ აკმაყო-  
ფილებს სტანდარტის პირობებს.

უკვამლო ღენთი შეიძლება ვიხმაროთ ღია სამუშაოებზე, როგორც  
შპურებში, ისე მასობრივი აფეთქებების დროს. მიწისქვეშა სამუშაოებზე  
მათი გამოყენება დაუშვებელია შხამიანი აირების დიდი რაოდენობით  
გამოყოფის გამო. უკვამლო ღენტის ხმარება მიხანშეწონილია წყლიან  
ადგილებში, ვინაიდან წყალი ცუდად არ მოქმედებს მის ფეთქებად თვი-  
სებებზე. წყლიანი ქაბურღილების დამუხტვისას უკვამლო ღენტის მარ-  
ცვლები ადვილად იძირება წყალში. ამ დროს მიიღება დამუხტვის კარ-  
გი სიმკვრივე, რადგან წყალი ავსებს სიცარიელებს ღენტის მარცვლებს  
შორის. ამასთანავე, უნდა აღინიშნოს, რომ ნიტროგლიცერინიანი ღენ-  
თები წყალში ძნელად იძლევა დეტონაციას.

### § 23. უალო აფეთქების ვაზნები

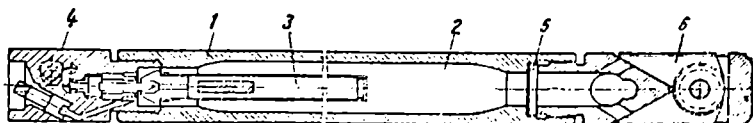
უალო აფეთქების ვაზნებით მუშაობის დროს ქანის დანგრევა ხდე-  
ბა ნივთიერების ერთი ფიზიკური მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლი-  
სას, ან ნივთიერების არაფეთქებადი დაშლისას წარმოქმნილი აირების  
ენერგიის ქხარჯზე. ასეთი ვაზნებით აფეთქებას აწარმოებენ ზეკატეგო-  
რიის ქვანახშირის შახტებში და განსაკუთრებულად საშიშ პირობებში.  
არსებობს უალო აფეთქების ვაზნების სამი სახე: კარდოქსი, ჰიდროქსი  
და აერდოქსი.

კარდოქსი წარმოადგენს ფოლადის ვაზნას (ნახ. 36), რომელიც  
თხევადი ნახშირქანგით არის სავსე. ნახშირქანგის გახურება კრიტიკუ-  
ლი ტემპერატურის ზევით ( $+31^{\circ}\text{C}$ ) იწვევს მის გადასვლას აიროვან  
მდგომარეობაში, ამას თან სდევს წნევის მკვეთრი გაზრდა, რაც გარე-  
მოს ნგრევისათვის გამოიყენება.

კარდოქსის ვაზნის ღრუ ცილინდრში 1 ( $d=44-64$ ) თავსდება  
ნახშირქანგის მუხტი 2 და გამახურებელი ელემენტი 3, ცილინდრის ერ-  
თი ბოლო დახურულია დამუხტვის თავით 4, ხოლო მეორე წამკრელი  
დისკოთი 5 და განმუხტვის თავით 6. დამუხტვის თავის დანიშნულებაა  
ცილინდრის გავსება თხევადი ნახშირქანგით, ხოლო განმუხტვის თავი  
ემსახურება აიროვანი ნახშირორქანგის გატყორცნას შპურში. ვაზნის  
სიგრძე 1,2—1,6 მეტრია.

გამახურებელი ელემენტი შეიცავს გამახურებელ ნივთიერებათა ნა-  
რევს (კალიუმის პერქლორატი, ამონიუმნიტრატი, მჟაუნმჟავა და აბუსა-  
ლათინის ზეთი) და ელექტროამნთებს. ეს უქანასკნელი შედგება ორი  
გამტარისაგან, რომელთა ბოლოები შეერთებულია წინაღობის ხილით.  
ღენტის გატარება იწვევს ხიდის გავარვარებას და გამახურებელი ნარევის

აალებას. ნარევის წვის შედეგად თხევადი ნახშირორჟანგი ხურდება კრიტიკულ ტემპერატურამდე და გადადის აიროვან მდგომარეობაში. ამ დროს წნევამ ცილინდრში შეიძლება მიაღწიოს 5000 ატმოსფერომდე, თუმცა პრაქტიკულად უფრო ნაკლები წნევის გამოყენება ხდება. წნევის რეგულირება წარმოებს ფოლადის დისკოს 5 საშუალებით. როდესაც აირების წნევა გარკვეულ სიდიდეს მიაღწევს, მოხდება დისკოს წაჭრა და



ნახ. 36. კარლოქსის ვაზნა

აირების გატყორცნა შპურში, რისთვისაც განმმუხტავ თავს სპეციალური ხვრეტები გააჩნია. შპურში გატყორცნილი აირების წნევა დამოკიდებულია დისკოს სიმტკიცეზე და პრაქტიკულად 700—1500 კგ/სმ<sup>2</sup> შეადგენს.

კარლოქსის ვაზნები განკუთვნილია ქვანახშირის მოსანგრევად. ამ შემთხვევაში ქვანახშირის ფენა დიდი ნატეხების სახით იშლება. კარლოქსის ვაზნების გამოყენებისას მეთანისა და მტერის აფეთქების საშიშროება არ არსებობს. ბევრად ნაკლებია აგრეთვე აფეთქების დროს გამოყოფილი მომწამვლელი აირების რაოდენობა. კარლოქსის ვაზნები შეიძლება რამდენიმე ასეულჯერ იქნეს გამოყენებული.

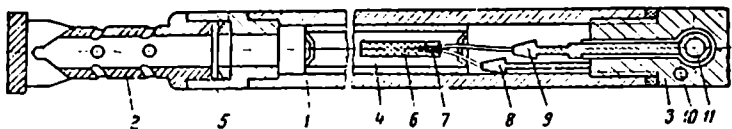
კარლოქსის ვაზნებმა ჩვენში ვერ ჰპოვა გავრცელება. ამის მიზეზია ვაზნების გამზადებისა და გამოყენების სირთულე და დიდი წონა (10—12 კგ), რაც აძნელებს მათ გადაზიდვას.

ჰიდროქსის მოქმედება ემყარება ფოლადის ვაზნაში მოთავსებული მყარი ნივთიერებების ნარევის სწრაფი დაშლის შედეგად წყლის ორთქლისა (60—70%) და სხვა აიროვანი პროდუქტების (ნახშირორჟანგი, აზოტი) წარმოქმნას, რის შედეგად ვაზნის ცილინდრში წნევა 1600 კგ/სმ<sup>2</sup>-მდე იზრდება. ნარევის კომპონენტებია ამონიუმის გვარჯილა, აზოტმჟავა მაგნიუმი და ხის ფქვილი.

ჰიდროქსის ვაზნა (ნახ. 37) წარმოადგენს ფოლადის ღრუ ცილინდრს 1, რომლის ბოლოები დახურულია დამუხტვისა 3 და განმუხტვის 2 თავებით. ცილინდრში მოთავსებულია მუხტი ნБ-48, ქაღალდის მასრა მყარი ნარევით 4, რომლის შიგნით ჩადებულია მაინიცირებელი მუხტი 6 ელექტროთერმული ელემენტით 7. მისი გამტარები შეერთებულია ღეროებთან 8 და 9, რომლებიც საჭიროების შემთხვევაში ამაფეთქებელ მანქანას უკავშირდება. როდესაც წნევა ცილინდრში გარკვეულ სიდიდეს აღწევს, ხდება რბილი ფოლადის დისკოს 5 ჩაჭრა და

აირები განმმუხტავი თავის ხერხტებით შპურში გაიტყორცნება. ხერხტების დახრილი განლაგება გამოიციხავს ჰიდროქსის ვაზნის შპურიდან ამოვარდნის შესაძლებლობას. ხერხტებში 10, 11 მაგრდება სადენები.

მუხტი БВ-48 თავისი თვისებებით არ მიეკუთვნება ფეთქებად ნივთიერებებს და მოხმარების მხრივ სრულიად უსაფრთხოა. მისი ძირითადი ნაწილის მასა 190—200 გრამია და შეიცავს ამონიუმის გვარჯილას, აზოტმჟავა მაგნიუმსა და ხის ფქვილს. მაინიცირებელი მუხტის წონაა



ნახ. 37. ჰიდროქსის ვაზნა

40—50 გრამი, მისი კომპონენტებია ამონიუმის გვარჯილა, ამონიუმის პერსულფატი, ქლოროვანი სპილენძი და ხის ფქვილი. მაინიცირებელი მუხტის ქიმიური გარდაქმნისას, რაც ელექტროთერმული ელემენტის მიერ გამოყოფილი სითბოს გავლენით ხდება, ვითარდება 40—50 კგძ/სმ<sup>2</sup> წნევა. ამით იქმნება ძირითადი ნაწილის დაშლის პირობა (ატმოსფერული წნევისას ძირითადი ნაწილი დაშლას არ იძლევა). დაშლის პროდუქტების ტემპერატურა 250—300°C-ია, რაც გამოიციხავს მეთანისა და ნახშირის მტერის აფეთქების შესაძლებლობას. ამასთანავე, აღსანიშნავია, რომ ქიმიური რეაქციის დროს გამოყოფილ აირებს კარგი აღსაქრობი თვისებები გააჩნიათ.

ჰიდროქსის ვაზნები ორი ტიპ-ზომისაა: B-1, რომლის დიამეტრია 48 მმ, სიგრძე 1210 მმ, მასა 9,9 კგ, მუხტის მასა 190 გრამი, და B-2, რომლის შესაბამისი მაჩვენებლებია 53 მმ, 1320 მმ, 11,5 კგ და 270 გრამი.

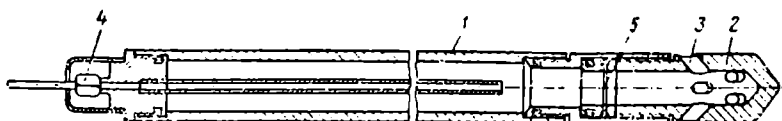
ჰიდროქსის ლითონის ვაზნები 300—400-ჯერ შეიძლება იქნეს გამოყენებული, B-2 ვაზნით მონგრეული ნახშირის მასა ერთი გაშიშვლებული სიბრტყის შემთხვევაში 0,3—0,4 ტონაა, ხოლო ორი გაშიშვლებული სიბრტყის დროს — 0,7—0,8 ტონა (ნახშირის ფენის სისქე 0,9—1,5 მ).

ერლოქსის ვაზნებში იყენებენ მაღალი წნევის მქონე შეკუმშულ ჰაერს, რომლის უეცარი გამოშვებით შპურში სრულდება მექანიკური მუშაობა.

ერლოქსის ვაზნა (ნახ. 38) წარმოადგენს ფოლადის მილს 1, რომელსაც ერთ ბოლოზე გაკეთებული აქვს განმმუხტავი თავი 2 კუმშული ჰაერის გამოსატყორცნი ხერხლებით 3, ხოლო მეორე ბოლოზე — კუმშული ჰაერის მილსადენთან მისაერთებელი შტუცერი — 4. შპურში მოთავ-

სების შემდეგ ვაზნაში იწინებდა კუმშული ჰაერი, რომლის მისაღებად მიწის ზედაპირზე ან მაღაროს ეზოში მოთავსებულია მაღალი წნევის კომპრესორი. როდესაც წნევა ვაზნის შიგნით 700 ატმოსფეროს მიაღწევს, ხდება ჩამკეტი დისკოს 5 ჩაჭრა და შეკუმშულ ჰაერს შპურში შეჭრის საშუალება ეძლევა. ვაზნის ხელახლა გამოსაყენებლად საჭიროა ახალი დისკოს ჩადგმა. ვაზნის დიამეტრი 42—63 მმ-ია; სიგრძე 1,1—2,3 მ. ერლოქსის გამოყენება კარგ შედეგს იძლევა რბილი ქვანახშირის მონგრევის დროს.

გარდა სრული უსაფრთხოებისა, უალო აფეთქების ვაზნების ღირსებას წარმოადგენს შრომის სანიტარულ-ჰიგიენური პირობების გაუმჯობესება (მკვეთრად მცირდება ნახშირის მტერის კონცენტრაცია და არ



ნახ. 38. ერლოქსის ვაზნა.

წარმოიქმნება შხამიანი აირები), ნახშირის მსხვილი ნატეხების მიღება, რაც ზრდის მის ხარისხს, სამუშაო ციკლის ოპერაციების შეთავსების შესაძლებლობა. მათ ნაკლად ითვლება დაბალი შრომის უნარი (ჩვეულებრივ ფეთქებად ნივთიერებებთან შედარებით), რაც განაპირობებს სანგრევში მეორე გაშიშვლებული სიბრტყის საჭიროებას, შპურების დიდი დიამეტრი, ვაზნების ჯგუფის ერთდროული აფეთქების შეუძლებლობა, მათი დამუხტვის ტექნოლოგიის შრომატევადობა.

ამჟამად ჩვენს ქვეყანაში აწარმოებენ ფართო ექსპერიმენტებს უალო აფეთქების მეთოდების გაუმჯობესებისა და მათი დანერგვის მიზნით.

## თ ა 3 0 I I I

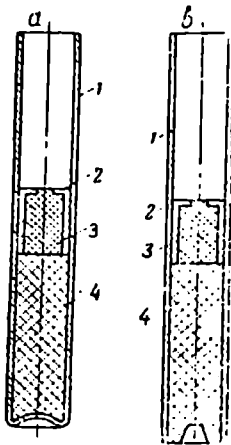
### მუხტის ასაფეთქებელი საშუალებანი

მუხტის ასაფეთქებელ საშუალებათა რიცხვს ეკუთვნის კაფსულ-დეტონატორი, ელექტროდეტონატორი, ცეცხლგამტარი ზონარი, სადეტონაციო ზონარი და ცეცხლის მოსაკიდებლები.

#### § 24. კაფსულ-დეტონატორები

კაფსულ-დეტონატორი გამოიყენება მუხტისათვის საწყისი იმპულსის მისაცემად. იგი წარმოადგენს ლითონის ან ქაღალდის მასრას 1 (ნახ. 39), რომელშიც მოთავსებულია პირველადი ინიციატორული ნივთიერება 3 და ბრიზანტული ნივთიერება 4. პირველადი ინიციატორი

დახურულია ლითონის ხუფით 2, ომელსაც ცენტრში აქვს 2—2,5 მილიმეტრიანი ხვრეტი. ხუფი რომ არ იყოს, ცეცხლგამტარი ზონრის შეყვანა დეტონატორის მასრაში სახიფათო იქნებოდა, ვინაიდან ზონრის ხახუნი პირველად ინიციატორთან ადვილად გამოიწვევდა მის აფეთქებას. გარდა ამისა, ხუფი ქმნის დახშულ გარემოს, რაც ხელს უწყობს დეტონაციის სრულ განვითარებას. ხუფი ამცირებს პირველადი ინიციატორის დატენიანების შესაძლებლობას. მასრის სიგრძე 47—51 მილიმეტრია, გარე დიამეტრი დაახლოებით 7 მმ.



ნახ. 39. კაფსულ-დეტონატორი. ა—ლითონის მასრაში; ბ—ქაღალდის მასრაში

პირველად ინიციატორებად დეტონატორებში იყენებენ მგრგვინავ ვერცხლისწყალს (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 უკავიათ 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 კუმულაციისათვის. ქაღალდის მასრის შემთხვევაში მისი ფსკერი ღიაა და კუმულაციის მისაღებად მეორეულ ინიციატორს კონუსური ღრმული აქვს გაკეთებული.

მე-14 ცხრილში მოცემულია სამთო მრეწველობაში ამჟამად გამოყენებული კაფსულ-დეტონატორების დახასიათება.

ტენერესის შეყვანა ტყვიისაზიდიან დეტონატორებში გამოწვეულია ტყვიის აზიდის შედარებით ნაკლები მგრძნობიარობით ცეცხლგამტარი ზონრის ალის მიმართ. ამ შემთხვევაში ზონრიდან გამოტყორცნილი ალი მოქმედებს უშუალოდ ტენერესზე, რომელიც ტყვიის აზიდის ზემოდანაა განლაგებული.

კაფსულ-დეტონატორი 1867 წელს გამოიგონეს. თავდაპირველად მათში ხმარობდნენ მხოლოდ ერთ ინიციატორულ ფეთქებად ნივთიერებას (მგრგვინავ ვერცხლისწყალს). თანამედროვე დეტონატორებში კი, გარდა ინიციატორული ნივთიერებისა, ათავსებენ ბრიზანტულ ნივთიერებასაც. ასეთი კომბინირებული დეტონატორები უფრო უსაფრთხო მოსაზმარია და იაფიცაა. ამასთანავე, მათ გააჩნიათ საკმარისი სიმძლავრე სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერების ინიცირებისათვის.



კაფსულ-დეტონატორის დასახელება	შედგენლობა, გ				მასრის მასილა	მასრის ზო- მები, მმ		შენაგის საგარანტო ვა- ლა, წელი
	მგრგვინავი ვერ- ცხლის წყალი	ტყვიის აზილი	ტენურეისი	ტეტრილი ან ჰექ- სოვენი		სიგრძე	გარე დიამეტრი	
მგრგვინავი ვერცხლისწყლიანი № 8M	0,5	—	—	1,0	სპილენძი	47	6,9	2
მგრგვინავი ვერცხლისწყლიანი № 8B	0,5	—	—	1,0	ქაღალდი	49	7,6	2
მგრგვინავი ვერცხლისწყლიანი № 8C	0,5	—	—	1,0	ფოლადი	51	7,2	2
ტყვიისაზიდიანი № 8A	—	0,2	0,1	1,0	ალუმინი	47	7,0	10-

კაფსულ-დეტონატორები მეტად მგრძობიარეა დარტყმის, ხახუნისა და ცეცხლის მიმართ და ამიტომ მეტად ფრთხილ მოპყრობას მოითხოვენ. დაუშვებელია მათი დაგდება, გაფხაჭვენა და სხვ. მასრაში მტკრის ჩაცვენის შემთხვევაში მისი გასუფთავება უნდა მოხდეს ხელის ფრჩხილზე სუსტი დაკერის შემწეობით. ყოვლად დაუშვებელია მასრის გამოსუფთავება მასში რაიმე სხეულის შეყვანის საშუალებით.

აღრინდელ საერთაშორისო კლასიფიკაციაში კაფსულ-დეტონატორის ნომერი განისაზღვრებოდა მასში მგრგვინავი ვერცხლისწყლის რაოდენობის შესაბამისად. მაგალითად, დეტონატორი № 8 შეიცავდა 2,0 გრამ მგრგვინავ ვერცხლისწყალს. კომბინირებულ კაფსულ-დეტონატორებში მუხტის წონა შემცირებულია მგრგვინავი ვერცხლისწყლიანებში 1,5 გრამამდე, ხოლო ტყვიისაზიდიანებში — 1,3 გრამამდე. მაგრამ მათი ინიციატორული უნარი ისეთივეა, როგორც აღრინდელ № 8 დეტონატორსა ჰქონდა, და ამიტომ მათ იგივე ნომერი დარჩათ. კაფსულ-დეტონატორის ინციატორული უნარის უფრო მეტად გაზრდის მიზნით ტეტრილის ნაცვლად იყენებენ ტენს ან ჰექსოვენს.

კაფსულ-დეტონატორები უნდა დავიცვათ დატენიანებისაგან. მგრგვინავი ვერცხლისწყალი დატენიანების შემთხვევაში კარგავს თავის ფეთქებად თვისებებს, რაც შესაძლებელია დეტონატორის მტყუნების მიზეზი გახდეს. ამის გამო, დაუშვებლად არის მიჩნეული დეტონატორის მასრის გამოსუფთავება ჩაბერვით, რადგან ამან შეიძლება გამოიწვიოს ნერწყვის მოხვედრა მგრგვინავ ვერცხლისწყალზე.  $Hg(CNO)_2$  სპილენძ-

თან რეაგირებს და იძლევა ხახუნისადმი მეტად მგრძობიარე სპილენძის ტუღმინატებს. ტყვიის აზილი დატენიანებით არ იცვლება, მაგრამ სპილენძზე მისი მოქმედებით მიიღება მეტისმეტად საშიში სპილენძის აზილი.  $Hg(CNO)_2$  ალუმინზე მოქმედებით ინტენსიურად წარმოქმნის არაფეთქებად ნაერთებს.  $PbN_2$  ალუმინზე არ მოქმედებს. კათსულის მასრის მასალა ინიციატორის მიხედვით აირჩევა.

კათსულ-დეტონატორების გადატანა სამუშაო ადგილზე დაშვებულა მხოლოდ რბილ, სქელი ნაჭრისაგან შეკერილ ჩანთებში, ისე რომ ისინი ერთმანეთს არ ეჯახებოდნენ.

კათსულ-დეტონატორების დამზადება შეიცავს მასრების გაკეთებასა და მათ აღჭურვას ინიციატორული ნივთიერებებით. ლითონის მასრები და ხუფები მზადდება ცივი ტვიფრით. ქალაღის მასრებს აკეთებენ სპეციალური დაზგების საშუალებით და ამუშავებენ სათანადო ქიმიური შედგენილობებით, მათთვის ცეცხლგამძლეობისა და ტენმედევობის მიზანმიმართულად.

კათსულ-დეტონატორების აღჭურვაში შედის შემდეგი ოპერაციები: ტეტრილის სვეტების დაწნეხა, მათი ჩადგმა მასრაში, პირველადი ინიციატორის ჩაყრა, მასრაში ხუფის ჩადგმა, პირველადი ინიციატორის დაწნეხა ხუფთან ერთად.

ინიციატორული ნივთიერებების მასრაში მოთავსება დაწნეხილ მდგომარეობაში ზრდის მათი მოხმარების უსაფრთხოებას (დაწნეხის შედეგად ამ ნივთიერებათა მგრძობიარობა მექანიკურ ზემოქმედებათა მიმართ მცირდება). მგრგვინავ ვერცხლისწყალს წნეხენ  $250 \text{ კგ/სმ}^2$  წნევის ქვეშ, ხოლო ტყვიის აზიდისა და ტენერესის დაწნეხისას ავითარებენ  $350 \text{ კგ/სმ}^2$  წნევას. ტეტრილის სვეტები იწნიხება  $600-1500 \text{ კგ/სმ}^2$  წნევით. ასეთი სიმკვრივის ტეტრილი ინარჩუნებს კარგ მგრძობიარობას პირველადი ინიციატორის მოქმედების მიმართ და ხასიათდება დეტონაციის საუკეთესო უნარით.

გამზადებულ კათსულ-დეტონატორებს ას-ასი ცალის რაოდენობით აწყობენ კოლოფებში. ტყვიისაზიდიანი დეტონატორებისათვის იყენებენ თუნუქის, ხოლო მგრგვინავვერცხლისწყლიანი დეტონატორებისათვის მუყაოს კოლოფებს. ასეთი კოლოფები ხუთ-ხუთად იწყობა მუყაოს ბუდეებში, ხოლო ეს უკანასკნელნი ათ-ათი ცალის რაოდენობით — ლითონის მოთუთიებულ კოლოფებში. ლითონის კოლოფებს ათავსებენ ხის ყუთებში. ამრიგად, თითოეული ყუთი 5000 კათსულ-დეტონატორს შეიცავს.

ქარხნიდან კათსულ-დეტონატორების პარტიის მიღებისას ფთქებად ნივთიერებათა საწყობში ხდება მათი შემოწმება გარეგანი დათვალიერებით. შესამოწმებლად იღებენ არანაკლებ 200 დეტონატორისა. ლითონის მასრებს არ უნდა ჰქონდეთ ბზარები, დაბეკილობა ან ფუქვილები. დაუშვებელია ქალაღის მასრების პირის აფურცვლა, რამაც

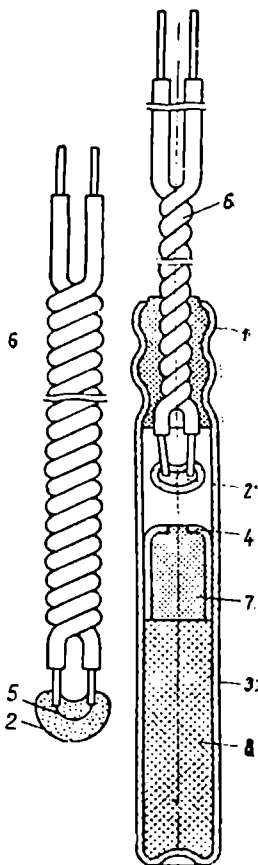
შეიძლება ხელი შეუშალოს ცეცხლგამტარი ზონრის თავისუფლად შეყვანას მასრაში, და ტეტრილის ნაწილის გამოფხენა დეტონატორის ძირში. ასეთი დეფექტების გამოქვეყნებისას წუნი ედება კაფსულ-დეტონატორების მთელ პარტიას. მისი გამოყენების საკითხს წყვეტს სპეციალური კომისია, დამამზადებელი ქარხნის წარმომადგენლის მონაწილეობით.

### § 25. ელექტროდეტონატორები

ელექტროდეტონატორი (ნახ. 40) წარმოადგენს ჩვეულებრივ კაფსულ-დეტონატორს 1, რომელსაც მიერთებული აქვს ელექტრომაალებელი. ამ უკანასკნელის შემადგენელი ელემენტებია: ორი გამტარი, მათი გაშიშვლებული ბოლოების შემაერთებელი წინალობა, ანუ გავარვარების ბოგა 5 და მასზე წაცხებული ადვილად აალებადი ნიეთიერება 2 (ამალებელი თავი). გავარვარების ბოგა მზადდება ნიქრომის ან სპილენძის წვრილი მავთული. საგან, რომლის დიამეტრი 30—100 მიკრონია. ელექტრომაალებელი მაგრდება კაფსულ-დეტონატორში პლასტიკატის საცობით, რომელზეც მასრის ყელია შემოჭვრილი. პლასტიკატის საცობი მჭიდროდაა შემოკრული გამტარებზე.

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 (პოლიქლორფინილი, პოლიეთილენი) ან ბამბეული შემონაქსოვისაგან არის გაკეთებული, რის მიხედვითაც ელექტროდეტონატორები სველ ან მშრალ სანგრევებში გამოიყენება.

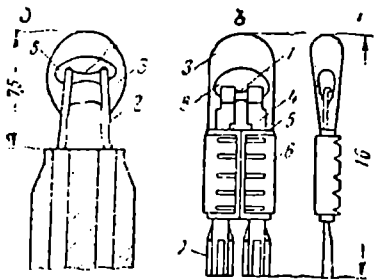
გამტარების საშუალებით ელექტროდეტონატორი შეიძლება დენის წყაროს შეუერთოთ, გავარვარების ბოგას დიდი წინალობა გააჩნია და ამიტომ დენის გატარებისას იგი სწრაფად სურდება. ეს იწვევს აალებადი ნიეთიერების ანთებას, რომლის ალი ინცივატო-



ნახ. 40. მყისი მოქმედების ელექტროდეტონატორი

რულ ნივთიერებაზე მოქმედებს და აფეთქებს მას. ასეთი კონსტრუქციის დეტონატორს მყისი მოქმედების ელექტროდეტონატორი ეწოდება. მისი აფეთქება, პრაქტიკულად, დენის ჩართვასთან ერთდროულად ხდება.

ბოგას დამაგრება გამტარის ბოლოებზე შეიძლება იყოს ელასტიკური ან ხისტი (ნახ. 41). ელასტიკური დამაგრების დროს ბოგა 1 მირჩილულია გამტარების 2 ბოლოებზე. ასეთი სახის დამაგრება კეთდება მხოლოდ სპილენძის გამტარებზე, რადგან ფოლადის გამტარებმა დიდი დრეკადობის გამო შეიძლება ბოგას დაზიანება გამოიწვიოს. ხისტი დამაგრებისათვის იყენებენ კარკასს, რომელიც წარმოადგენს თხელ საიზოლაციო



ნახ. 41. ბოგას დამაგრების სახეები

მუყაოში 5 გახვეულ თითბრის ორ საკონტაქტო ზოლს 4, რომელთა ერთ ბოლოზე მირჩილულია ბოგა 1, ხოლო მეორეზე — გამტარები 7. საიზოლაციო მუყაო შეკრულია რამდენიმე ადგილზე თითბრის კაკვებით 6. ხისტი დამაგრება მეტი სიმტკიცით გამოირჩევა და მოხმარებისას ნაკლებად საფრთხილია.

აალებად ნივთიერებას ასანთის თავის ფორმა აქვს და ორი

ფენისაგან შედგება. პირველი ფენა 8 ადვილად ინთება გავარვარების ბოგასაგან მიღებული სითბური იმპულსით, ხოლო მეორე ფენისთვის 3 დამახასიათებელია ალის ძლიერი ნაკადი, რომელიც უზრუნველყოფს ინიციატორული ნივთიერების აფეთქებას.

ამჟამად ჩვენი ქარხნები უშეებენ მყისი მოქმედების ელექტროდეტონატორების შემდეგ მარკებს: ЭД-8-Э, ЭД-8-Ж, ЭД-8ПМ, ЭДС, ЭДВ (ВЭД). მათი მახასიათებლები ნაჩვენებია მე-15 ცხრილში.

ამოქმედების დრო ეწოდება დროს, რომელიც გადის დენის ჩართვიდან ელექტროდეტონატორის აფეთქებამდე. აალების იმპულსი მუდმივი დენის იმპულსის უმცირესი მნიშვნელობაა, რომელიც იწვევს ელექტროდეტონატორის აფეთქებას (მისი განზომილებაა ა<sup>2</sup>/წმ, ამ შემთხვევაში, იმპულსის მცირე მნიშვნელობის გამო იღებენ შეათასედ ნაწილს მა<sup>2</sup>/წმ). უსაფრთხო დენი ეწოდება მუდმივი დენის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომელიც არ იწვევს ელექტროდეტონატორის აფეთქებას განუსაზღვრელი დროის განმავლობაში დინებისას.

მყისი მოქმედების ელექტროდეტონატორები ЭД-8-Э და ЭД-8-Ж გამოიყენება ღია სამუშაოებზე და აირისა და მტვრის მხრივ არასაფრთხილო შეხტებში. ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან გამტარებთან ბოგას დამაგრების სახით (Э — ელასტიკური, Ж — ხისტი). ელექტროდეტონა-

მახასიათებლები	ЭД-8-Э	ЭД-8-Ж	ЭД-8-ПМ	ЭДС	ЭДВ-1	ЭДВ-2
კაფსულ-დეტონატორის ტიპი	№ 8С	№ 8С	სპეციალური	№ 8С	—	—
გამტარების მასალა	სპილენძი	სპილენძი ფოლადი		სპილენძი	—	—
მასრის სიგრძე, მმ	56—61	56—61	72	61	60	60
მასრის დიამეტრი, მმ	7,2	7,2	7,6	7,2	7,2	8,2
გავარვარების ბოგა:						
დიამეტრი, მმ	30	30	30	35	60	100
ამოქმედების დრო, მწმ	2—6	2—6	2—6	5—30	—	—
გამტარებისა და ბოგას წინაღობა, ომი	1,8—4,2	2,9—9,5	2,9—9,5	1,5—3,8	0,2—4,2	0,2—4,2
ააღების იმპულსი, მლ <sup>2</sup> წმ	0,6—2,5	0,6—2,5	0,6—2,5	0,6—2,0	14·10 <sup>3</sup>	14·10 <sup>3</sup>
უსაფრთხო ღენი, ა	0,18	0,18	0,18	0,15	—	—
ხერეც ტყვიის ფირფიტას, მმ	5	5	6	5	5	3
შენახვის ვადა, წელი	2	2	1,5	2	1,5	1

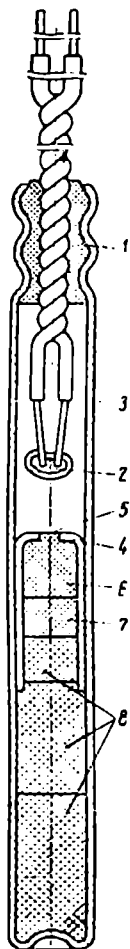
ტორი ЭД-8-ПМ მცველი თვისებებისაა და დაშვებულია სახმარად აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო შახტებში. მისი მასრა გარედან დაფარულია ალსაქრობი შედგენილობის შრით, მეორეულ ინიციატორად გამოყენებულია ჰექსოგენი 1,45 გ, რაც ზრდის ელექტროდეტონატორის სიმძლავრეს; გამოირჩევა წყალმდეგობით, გავარვარების ბოგა გამტარებთან ხისტად აქვს დამაგრებული.

ელექტროდეტონატორი ЭДС გამოიყენება მუხტების ინიცირებისათვის სეისმური ძიების წარმოებისას. მათ მოეთხოვებათ მაღალი წყალშეუღწევადობა და ამოქმედების მცირე დრო, რასაც აღწევენ მაღალი სიმძლავრის ასაფეთქებელი ხელსაწყოების გამოყენებით. მეორეულ ინიციატორად ჩადებულია ჰექსოგენი 1,0 გ.

მაღალძაბვიანი ელექტროდეტონატორები ЭДВ-1 და ЭДВ-2 განკუთვნილია ცალკეული აფეთქებისათვის და გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესების საჭიროებისათვის (აფეთქებითი შტამპვა და სხვ.). მათი აფეთქება შესაძლებელია მხოლოდ მაღალ ძაბვამდე დამუხტული კონდენსატორებით. ამ მარკის დეტონატორები აღჭურვილია მხოლოდ მეორეული ინიციატორით და სრულიად უსაფრთხო მოსახმარია.

სამთო სამუშაოების წარმოების დროს ხშირად საჭირო ხდება მუხტების აფეთქება გარკვეული თანმიმდევრობით. ელექტრული წესით

აფეთქებისას ამას აღწევენ დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორების გამოყენების საშუალებით. ასეთ ელექტროდეტონატორებში



ნახ 42. დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორი

დაყოვნების დრო, ე. ი. ის დრო, რომელიც დენის ჩართვიდან დეტონატორის აფეთქებამდე გადის, ჩვეულებრივად, 0,5-დან 10,0 წამამდე აიღება.

დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორი (ნახ. 42) მყისი მოქმედების ელექტროდეტონატორისაგან იმით განსხვავდება, რომ მასში, გავარჯარების 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 ალებით აღწევენ ელექტროდეტონატორის სხვადასხვა დაყოვნებას.

ამჟამად ჩვენი წარმოება უშვებს დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორებს  $\Xi\Delta\Xi\Delta$ , რომლებშიც პირველად ინიციატორად იღებენ მგრგვინავ ვერცხლისწყალს ან ტყვიის აზიდს, ხოლო ბრიზანტულ ნივთიერებად (მეორეულ ინიციატორად) — ჰექსოგენს ან ტენს. შემანელებელ ნივთიერებად ხმარობენ ტყვიის სურინჯის, ქრომპიუვა ტყვიისა და ფეროსილიციუმის ნარევეს. დაყოვნების ხანგრძლივობაა 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2; 4; 6; 8 და 10 წამი, რომლის შესაბამისად დეტონატორის გამტარებზე მიმაგრებულია საკდე სათანადო ციფრით (7-დან 15-მდე). ასეთი დაყოვნების მქონე ელექტროდეტონატორების გამოყენება აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო შანტებში არ დაიშვება.

ამჟამად ფართო გავრცელება აქვს მცირე დაყოვნებით მოქმედ ელექტროდეტონატორებს, რომლებიც ჩვენში 1956 წელს იქნა შემუშავებული. ჩვეულებრივი დაყოვნებით მოქმედი ელექტროდეტონატორისაგან ისინი განსხვავდება შემანელებელი ნივთიერების

სწრაფი წვით, ე. ი. დაყოვნების მცირე ხანგრძლივობით, რაც მილისეკუნდებით განისაზღვრება (15—250 მსეკ).

მცირედაყოვნებითი მოქმედების ელექტროდეტონატორები ჩვენში მზადდება შემდეგი მარკებისა: ЭДКЗ-15; ЭДКЗ-25; ЭДКЗ-ПМ-15 და ЭДКЗ-ПМ-25. ყოველი მარკის დეტონატორს დაყოვნების რამდენიმე საფეხური გააჩნია, რომელთა შორის ინტერვალი 15 ან 25 მილისეკუნდია (ცხრილი 16). შემანელებელი ნივთიერების შედგენილობაშია ტყვიის სურინჯი (დამყანგველი), სილიკოკალციუმი და ფეროსილიციუმი (საწვავი კომპონენტები). იგი წვის დროს, პრაქტიკულად, არ გამოყოფს აირებს, რაც უზრუნველყოფს წნევისა და წვის სიჩქარის მუდმივობას.

აალებადი ნივთიერება ორი ფენისაგან შედგება. პირველი ფენა ისეთივეა, როგორც მყისი მოქმედების ელექტროდეტონატორებშია. მეორე ფენა შედგება ტყვიის სურინჯისა (90%) და სილიკოკალციუმის (10%) ნარევისაგან, რომლებიც 3%-იან ნიტროლაქშია აზელილი.

ასეთი ელექტროდეტონატორები, მართალია, იძლევა გარკვეულ გაფანტვას ამოქმედების დროში, მაგრამ იგი შეტად მცირეა და სხვადასხვა დაყოვნების მქონე დეტონატორების გამოყენების დროს არ იწვევს მათი

ცხრილი 16

მახასიათებლები	ЭДКЗ-15	ЭДКЗ-25	ЭДКЗ-ПМ-15	ЭДКЗ-ПМ-25	ЭДЗД
მასრის სიგრძე, მმ	72	72	72	72	72—85
მასრის გარე დიამეტრი, მმ	7.2	7.2	7.7	7.7	7.2
მასრის მასალა	ბიმეტალი	ბიმეტალი	ბიმეტალი, ალსაქრობის შრით	ბიმეტალი, ალსაქრობის შრით	ფოლადი
დაყოვნების სიდიდე, მსეკ	15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120	25; 50; 75; 100; 150; 250	15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120	25; 50; 75; 100	0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2; 4; 6; 8; 10 წაპი
ილნიშვნები საკლდეზე	1H; 2H; 3H; 4H; 5H; 6H; 7H; 8H	1; 2; 3; 4; 5; 6	1PM; 2PM; 3PM; 4PM; 5PM; 6PM; 7PM; 8PM	1P; 2P; 3P; 4P	7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15
შენახვის საგარანტიო ვადა, წელი	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
ფისი 1000 ცალის, მან.	—	—	88—108	88—108	90—106

აფეთქებების ურთიერთდაფარვას. გაფანტვა ამოქმედების დროში შეადგენს 15-მილისეკუნდიანი დეტონატორისათვის  $\pm 7$  მილისეკუნდს, 25-და 50-მილისეკუნდიანი დეტონატორისათვის  $\pm 10$  მილისეკუნდს, 75 მილისეკუნდიანისათვის  $\pm 15$  მილისეკუნდამდე. მაქსიმალური გაფანტვა 100, 150 და 250 მილისეკუნდის დაყოვნების დეტონატორებისათვის შესაბამისად არის 30, 45 და 50 მილისეკუნდი.

ЭДКЗ-15 და ЭДКЗ-25 ელექტროდეტონატორები ჩვეულებრივი სიმძლავრისაა, განკუთვნილია ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებისათვის, გარდა აირისა და მტერის ძხრივ საფრთხილო შახტებისა. გამოიშვება ბიმეტალის მასრაში, პირველადი ინიციატორია ტყვიის აზიდი (0,15 გ), ხოლო მეორეული — ჰექსოგენი (1,1 გ).

ЭДКЗ-ПМ-15 და ЭДКЗ-ПМ-25 ელექტროდეტონატორები მცველი თვისებებისაა და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ყველგან, მათ შორის აირისა და მტერის ძხრივ საფრთხილო შახტებში. მათი მასრა (ბიმეტალის) დაფარულია ალსაქრობი ნივთიერების ფენით, გააჩნიათ გაზრდილი სიმძლავრე (პირველადი ინიციატორია ტყვიის აზიდი 0,15 გ, ხოლო მეორეული — ჰექსოგენი 1,45 გ).

მცირე დაყოვნების მქონე ელექტროდეტონატორებს ახასიათებთ წყალმედვობა. ტემპერატურის ცვალებადობა —  $40^{\circ}$ -დან  $+40^{\circ}$ -მდე არ მოქმედებს მათ ავისებებზე.

ელექტროდეტონატორები ქარბნიდან გაგზავნისას იწყობა მუყაოს კოლოფებში, 25—75 ცალის რაოდენობით თითოეულში, რაც დამოკიდებულია გამტარების სიგრძესა და დეტონატორის ტიპზე. მუყაოს კოლოფებს ოც-ოცი ცალის რაოდენობით დებენ ლითონის მოთუთიებულ ყუთებში, ხოლო ამ უქანასკნელებს — ხის ყუთებში. ყოველი ყუთი შეიცავს 500-დან 1500-მდე ელექტროდეტონატორს. ხის ყუთების ზომა დაახლოებით  $30 \times 50 \times 70$  სმ-ია.

## § 26. ცეცხლგამტარი ზონარი და მოსაკიდებელი საშუალებანი

ცეცხლგამტარი ზონრის დანიშნულებაა კაფსულ-დეტონატორის აფეთქება. ამ მიზნით ზონრის ბოლო შეჰყავთ დეტონატორის მასრაში ხუფზე მიბჯენამდე. ზონრის მეორე ბოლოს უკიდებენ ცეცხლს, რომელიც ზონრის 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. 43) მთელ სიგრძეზე გაჰყვება შავი დენტის გული 1, რომელსაც აქვს ცენტრალური მიმმართველი ძაფი 2, გული გარედან დაფარულია ბამბეული შემონაქსოვებით 3 და 4, რომლებიც ტენგაუმტარი და წყალგაუმტარი ნივთიერებით არის გაჟღენთი-



ლი. ცეცხლგამტარი ზონრის გარე საიზოლაციო გარსი 5, ზონრის გამოყენების პირობების მიხედვით, სხვადასხვა სახის კეთდება.

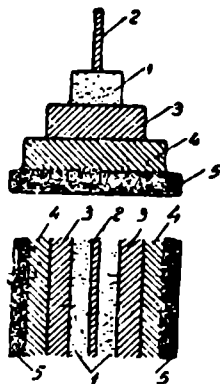
ზონრის დიამეტრი 5—6 მილიმეტრია. ზონარში ღენთი დაწნეხილი სახით გამოიყენება და მისი სიმკვრივე 1,7—1,88 გ/სმ<sup>3</sup>-ს უდრის. ზონრის თითოეულ გრძივ მეტრზე 5—8 გრამი ღენთი მოდის.

ცეცხლგამტარი ზონრის წვა მიმდინარეობს თანაბრად, ტკაცუნის გარეშე. ნაპერწყლების გამოყრას ზონრის გვერდითი ზედაპირიდან აღილი არა აქვს.

წვის სიჩქარის მიხედვით არჩევენ ნორმალური წვისა და შენელებული წვის ცეცხლგამტარ ზონრებს. პირველ შემთხვევაში ზონრის წვის სიჩქარეა 1 სმ/წმ, ხოლო მეორე შემთხვევაში—0,5 სმ/წმ. წვის დაწესებული სიჩქარიდან გადახრა 10%-ს არ უნდა აღემატებოდეს. ნორმალური წვის ზონრებს რუხი ან შავი ფერი აქვთ, ხოლო შენელებული წვის ზონრები ყვითელი ფერისაა.

ჩვენში ამჟამად უშეებენ ნორმალური წვის ზონრებს, რომლებიც მზადდება სამი სახის: მოასფალტებული, ორმაგად მოასფალტებული და პლასტიკატინი (ცხრ. 17).

მოასფალტებული ზონარი (ОША) გამოიყენება მხოლოდ მშრალ და ტენიან სანგრევეებში სამუშაოდ. მას გააჩნია ორი შიგა და ერთი გარე შემონაქსოვი. მეორე შიგა შემონაქსოვი დაფარულია ქვანახშირის ფისითა და ასფალტის მასტიკით. გარე შემონაქსოვი (გარე საიზოლაციო გარსი) იფარება ასეთივე ნივთიერებით, რომელსაც თალკი და პარაფინი აქვს დამატებული.



ნახ. 43. ცეცხლგამტარი ზონარი

ცხრილი 17

მახასიათებლები	ОША	ОШДА	ОШП
დიამეტრი, მმ	5,3	5,5	5,5
ზონრის სიგრძე ხეულაში, მ	10	10	10
600 მმ სიგრძის ზონრის დაწვის დრო, წმ	60—70	60—70	60—70
სითბომდეგობა, °C	45	45	50
ყინვამდეგობა, °C	—25	—25	—35
წყალშეუღწევადობა, სთ	10	10	10
შენახვის საგარანტიო ვადა, წელი	1	5	5
ფასი 1000 ხეულასი, მან	310	394	738

ორმაგად მოასფალტებული ზონარი (ОШДА) განკუთვნილია გაწყლოვანებული სველი და მშრალი სანგრევებისათვის. მას გააჩნია სამი შიგა და ერთი გარე შემონაქსოვი. მეორე შიგა შემონაქსოვი ისეთივე მასალითაა დაფარული, როგორც მოასფალტებული ზონრის შემთხვევაში გვაქვს. მესამე შიგა შემონაქსოვი იფარება ასფალტის მასტიკით, ხოლო გარე შემონაქსოვზე მასტიკასთან ერთად გამოყენებულია თალკი და ბარაფინი.

პლასტიკატიანი ზონრის (ОШП) გამოყენების პირობები ისეთივეა, როგორც ორმაგად მოასფალტებული ზონრისათვის არის დაწესებული. მას აქვს ორი შიგა შემონაქსოვი. გარე საიზოლაციო შემონაქსოვი პლასტიკატის მასით არის დაფარული.

ქარხნიდან გამოშვებისას ცეცხლგამტარი ზონრის ათმეტრიან ნაკრებს ახვევენ სხვადასხვა დიამეტრის ხვეულებად და ორ-სამ ადგილზე კანაფით ან ძაფით კრავენ. ასეთ ხვეულებს ერთიმეორეში დებენ, სახვევ ან პერგამენტის ქაღალდში ახვევენ და ხის ყუთებში ათავსებენ. მოხმარების წინ ამოწმებენ ზონრის წვის სიჩქარეს, სისრულესა და თანაბრობას. თუ წვის სიჩქარე სტანდარტულისაგან ნორმაზე მეტად განსხვავდება — ზონრის ხმარება უნდა აიკრძალოს, ვინაიდან ამან შეიძლება უბედური შემთხვევა გამოიწვიოს.

ყურადღება უნდა მიექცეს ზონრის გარე შემონაქსოვის მთლიანობას. იგი არ უნდა იყოს აძონძილი, დაუშვებელია მასზე ბზარების არსებობა. ზონარს მოეთხოვება თერმომდეგობა: გარე შემონაქსოვი  $+45^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე არ უნდა იძლეოდეს შეწებებას, ხოლო  $-25^{\circ}\text{C}$ -ზე გაცივების შემთხვევაში ზონრის მოღუნვით არ უნდა ხდებოდეს მისი გატეხა.

ცეცხლგამტარი ზონრის წყალშეუღწევადობის შესამოწმებლად მას ათავსებენ  $15-20^{\circ}$  ტემპერატურის მქონე წყალში ერთი მეტრის სიღრმეზე. საგამოცდო დროის შემდეგ ზონარი უნდა ინარჩუნებდეს სიგრძეს, დიამეტრსა და წვის თვისებებს.

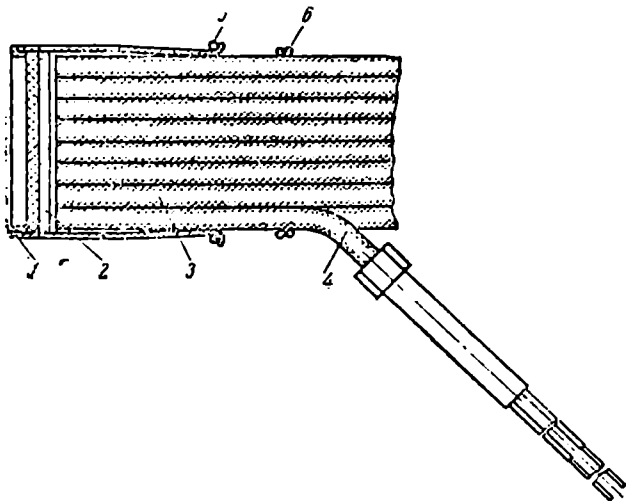
ცეცხლგამტარ ზონარს ინახავენ მშრალ სათავსში. მისი ბოლოები, დენტის გულას დატენიანების თავიდან ასაცილებლად მასტიკით უნდა დაიფაროს. ზონრის მოხმარების დროს უნდა ვერიდოთ მის ძლიერ გადაკეცვას, ვინაიდან ამან შეიძლება გამოიწვიოს შემონაქსოვების დაზიანება და დენტის გულის გაწყვეტა.

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 საჭიროების დროს.

შოკიდების ყველაზე მარტივ საშუალებას წარმოადგენს მღვიჯარო (ამნთები) პატრუქი. მას გააჩნია სელის ან ბამბის გულა, რომელიც კალიუმის გვარჯილის ხსნარით არის გაქლენთილი. გულაზე გაცელებულია 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  $2/3$ -ზე; წვის დროს ჩაჭრის ადგილებიდან გამოიფრქვევა ნაპერწყლების კონა, რითაც ადვილად ხდება ზონრების მოკიდება. ზონრის ასეთი ნაჭერი წარმოადგენს, აგრეთვე, მოკიდების დროის კონტროლის საშუალებას, რის გამოც მას საკონტროლო ზონარს უწოდებენ.

მოსაკიდებელი ვაზნა 3П-Б (ნახ. 44) გამოიყენება ცეცხლგამტარი ზონრის რამდენიმე ნაჭრის ერთდროული მოკიდების მიზნით.

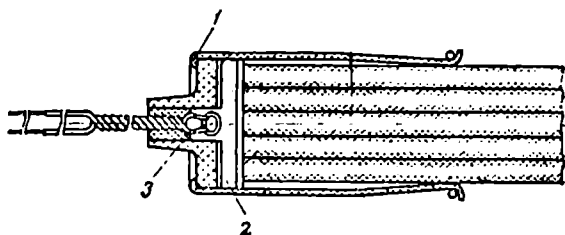


ნახ. 44. მოსაკიდებელი ვაზნა 3П-Б

ასეთი ვაზნა წარმოადგენს ქალაღის მასრას 1, რომლის ძირში მოთავსებულია ადვილად აალებადი ნივთიერება 2 (შავი ღვინო 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-ОШ-Б). ქალაღ-

დის მასრა ზონრებს შემოეკირება კანაფით 5. ზონრები შეკრულია რე-  
ზინის სარტყლით 6.

ელექტროამნთები ვაზნა 33П-5 (ნახ. 45) განსხვავდება  
3П-5 მარკის ამნთები ვაზნისაგან ადვილად აალებადი ნივთიერების ან-  
თების ხერხით. ამ მიზნით აქ გამოყენებულია ელექტრომაალებელი 3,



ნახ. 45. ელექტროამნთები ვაზნა 5

რომლის ვარვარების ბოგა ეხება მასრის 1 ფსკერში მოთავსებულ აალებ-  
ბად ნივთიერებას 2.

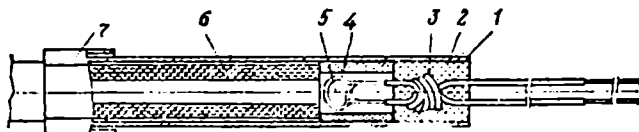
ვაზნები 3П-5 და 33П-5 გამოიყენება მშრალ და ტენიან ადვი-  
ლებში მუშაობის დროს, როდესაც მუხტები ერთმანეთისაგან მცირე მან-  
ძილზეა დაცილებული (მაგალითად, გვირაბის სანგრევი). მათი ძირითა-  
დი მახასიათებლები მოცემულია 18-ე ცხრილში.

ცხრილი 18

ვაზნის ნომერი	მოსაკიდებელი ზონრების რაოდენობა	ვაზნის შიგა დიამეტრი, მმ	სიმაღლე	ფასი 1000 ვაზნის	
				33П-5	3П-5
№ 1	1—7	16	50—60	136	47
№ 2	8—12	24	55—60	141	50
№ 3	13—19	30	70—80	150	53
№ 4	20—27	35	80—90	154	57
№ 5	28—38	43	90—100	160	60

ელექტროამნთები 33-ОШ-5 (ნახ. 46). განკუთვნილია ცე-  
ცხლგამტარი ზონრის მოსაკიდებლად ცალკეული მუხტების ან მცირე  
რაოდენობით დაშორებული მუხტების აფეთქების საჭიროებისას. იგი  
წარმოადგენს ქაღალდის მასრას 1 (გარე დიამეტრი 7,7 მმ, სიგრძე  
51 მმ), რომელშიც პლასტიკატის საცობით 2 ჩამაგრებულია გამტარები  
3 ელექტრომაალებლით 4. ამ უკანასკნელს გარს აკრავს ადვილად  
აალებადი ნივთიერება 5. მასრის მეორე მხრიდან შეჰყავთ ცეცხლგამტა-

რი ზონრის 6 ბოლო, რომელსაც ამაგრებენ ლითონის შილისის 7 შემოქერით. ელექტროამნთების ასამოქმედებლად საჭიროა 1 ამპერის ტოლი მუდმივი დენი ან 2,5 ამპერიანი ცვლადი დენი. იყენებენ მშრალ და



ნახ. 46. ელექტროამნთები მილაკი

ტენიან სანგრევებში. დაუშვებელია მისი ხმარება აირისა და მტერის მხრივ საშიშ შახტებში.

ელექტროამნთები მილაკი მ3Т-2 გამოიყენება მშრალ ადგილებში სამუშაოდ. მისი კონსტრუქცია ზემოაღწერილი ელექტროამნთების ანალოგიურია. მისი მასრა სპილენძისაგან კეთდება.

ელექტროამნთები საშუალებების გამოყენებისას დენის ჩართვა შორი მანძილიდან ხდება, რაც ზრდის ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოების უსაფრთხოებას.

## § 27. სადეტონაციო ზონარი

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

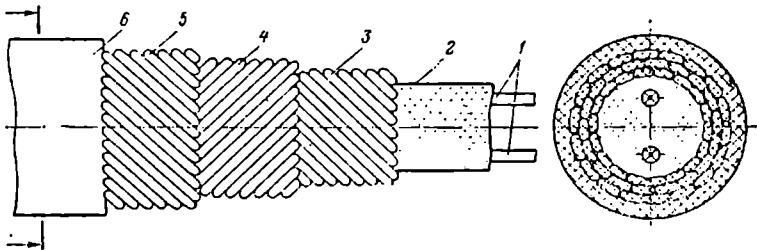
სადეტონაციო ზონარი გარეგნულად ძლიერ წააგავს ცეცხლგამტარ ზონარს, რომლისგან გარჩევის მიზნით სადეტონაციო ზონრის გარე შემონაქსოვი წითლად იღებება ან მას წითელი ძაფების ზოლი გასდევს მთელ სიგრძეზე.

სადეტონაციო 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.

ამჟამად საბჭოთა კავშირში მზადდება სადეტონაციო ზონრები ДШ-А, ДШ-В და ДШЭ-12, რომლებშიც გულად გამოყენებულია ტენი (ზოგჯერ ჰექსოგენი). მათი მახასიათებლები მოცემულია მე-19 ცხრილში.

მახასიათებლები	ДШ-А	ДШ-В	ДШЭ-12
ფეთქებადი ნივთიერება 1 გრძ. მეტრზე, გ	12	14	12
ზონრის გარე დიამეტრი, მმ	5,8	6,0	5,0
დეტონაციის მინიმალური სიჩქარე, კმ/წმ	6,5	6,5	6,5
თერმომდეგობის ინტერვალი, °C	-28+50	-32+55	-50+80
წყალში გაჩერების დასაშვები დრო, სთ	12	არანაკლებ	30 დღე-ღამე (30 მ სიღრმეზე)
შენახვის საგარანტიო ვადა, წელი	1,5	1,5	3,0
ფასი 1000 მეტრში, მან	100	140	100
გარე საიზოლაციო გარსი	წყალგაუვალი მასტიკი	პლასტიკატი	პლასტიკატი

სადეტონაციო ზონრის სქემა ნაჩვენებია 47-ე ნახაზზე: მიმართველი ძაფები 1, ბრიზანტული ნივთიერების გულა 2, სელის პირველი შემონაქსოვი 3, სელის მეორე შემონაქსოვი 4, ბამბეულის (ან პოლიქლოროვი-



ნახ. 47. სადეტონაციო ზონარი

ნილის) მესამე შემონაქსოვი 5, გარე საიზოლაციო გარსი 6 (წყალგაუვალი იზოლაციით იფარება მეორე შემონაქსოვიც).

ნავთობის მრეწველობის საჭიროებისათვის, როდესაც ასაფეთქებელი სამუშაოების ჩატარება მაღალი ტემპერატურის აირობებში გვიხდება (ღრმა კაბურღილებში საპერფორაციო მუხტების აფეთქება და სხვ.), გამოშვებულია თერმომდეგი სადეტონაციო ზონრები ДШТ-165; ДШТ-180 და ДШТ-200 (რიცხვითი ინდექსი გვიჩვენებს გარემოს დასაშვებ ტემპერატურას, 0°C). მათი გამოყენება შესაძლებელია მაღალი წნევის პირობებშიც (800 კგძ/სმ²).

სადეტონაციო ზონრის აფეთქებას იწვევენ კაფსულ-დეტონატორის ან ელექტროდეტონატორის საშუალებით.

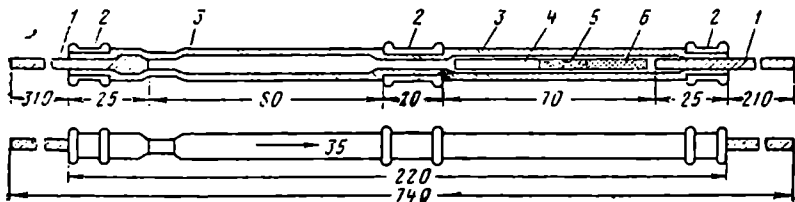
სადეტონაციო ზონარი ადვილად და უსაფრთხოდ იჭრება დანით, შვარამ აკრძალულია მისი გადაჭრა მუხტში მოთავსების შემდეგ. იგი ნაკლებად მგრძობიარეა დარტყმისა და ალის მოქმედების მიმართ, ძნელად ინთება და მშვიდად იწვის. მაგრამ მოსპობის მიზნით მისი დაწვა 10—12 სმ უფრო მეტი სიგრძის ნაჭრების შემთხვევაში ნებადართული არ არის.

სადეტონაციო ზონრის გამოყენებისას ისეთივე წესების დაცვაა საჭირო, როგორც არის ყველა სხვა ფეთქებადი ნივთიერების შემთხვევაში. იგი უნდა დავიცვათ დარტყმებისა და ხახუნისაგან, აკრძალულია სადეტონაციო ზონრის ყუთებთან ცეცხლის დანთება და სხვ. სადეტონაციო ზონარი მშრალ სათავსში უნდა იქნეს შენახული. საჭიროა მისი დაცვა მზის სხივების ხანგრძლივი მოქმედებისაგან, ვინაიდან ამან შეიძლება საიზოლაციო გარსის გაღობა გამოიწვიოს, რაც ზონრის გამოყენებას არასაიმედოსა და საშიშსა ხდის.

სადეტონაციო ზონარს საკმაოდ ელასტიკურია და გადაღუნვისას არ ტყდება. უნდა ვერიდოთ ზონრის გადაღუნვას მეტად მახვილი კუთხით, ვინაიდან ამან შეიძლება დეტონაციის ტალღის ჩაქრობა გამოიწვიოს.

სადეტონაციო ზონარს ქარხნიდან უშვებენ 50-მეტრიანი ხვეულების (მუხტების) სახით: ათ-ათ ან ოც-ოც ხვეულას ხის ყუთებში ათავსებენ.

სადეტონაციო ზონარმა ფართო გავრცელება ჰპოვა ღია სამთო სამუშაოებზე ბურღილების აფეთქების დროს. მისი გამოყენება მიზანშე-



ნახ. 48. პიროტექნიკური სადეტონაციო რელე

წონილია მიწისქვეშა სამუშაოების შემთხვევაშიც, როდესაც საჭიროა საყელავი შპურების ერთდროული აფეთქება. აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო სახტებში სადეტონაციო ზონარი არ გამოიყენება.

სადეტონაციო ზონრის საშუალებით მუხტების მკირედაყოვნებითი აფეთქების განსახორციელებლად ხმარობენ სპეციალურ დამაყოვნებლებს—პიროტექნიკურ სადეტონაციო რელეს (ნახ. 48), რომლებსაც რთავენ მაგისტრალურ ხაზებში მეზობელ მუხტებს შორის.

ამჟამად ხმარობენ ერთმხრივი მოქმედების პიროტექნიკურ რელეს K3ДШ-69, რომელიც წარმოადგენს მუყაოს მილს 3, მასში მოთავსებული დამაყოვნებელი ელემენტი, რომელიც შეიცავს ლითონისმასრიან კაფსულ-დეტონატორს 6 და პიროტექნიკურ დამაყოვნებელს 5 (მისი მდებარეობა მილში განსაზღვრულია ფიქსატორით 4). მილში ორივე მხრიდან მაგრდება სადეტონაციო ზონრის ბოლოები 1 ალუმინის შემოსაკრავების 2 საშუალებით. პიროტექნიკური დამაყოვნებელი მზადდება სპილენძის ჟანგის წვრილი ფხვნილისა და ალუმინის ფქვილის ნარევისაგან, რომელიც ლითონის მასრაშია მოთავსებული.

მუყაოს მილის ზედაპირზე შავი საღებავით გაკეთებულია ისარი, რომელიც აჩვენებს პიროტექნიკურ რელეში დეტონაციის გადაცემის მიმართულებას. მასზევეა აღნიშნული დაყოვნების დრო მილისეკუნდებში. ისრის მიმართულებას ყურადღება უნდა მიექცეს სადეტონაციო ქსელში რელეს ჩართვის დროს.

მუხტის დაყოვნებული აფეთქების მისაღებად ქსელს სათანადო ადგილზე ჰკრიან და მასში პიროტექნიკურ რელეს რთავენ. რელეს საიმედო მოქმედებისათვის საჭიროა, რომ მისი ზონრები მკიდროდ ეკვროდეს ქსელის ზონრებს 10 სანტიმეტრის მანძილზე.

დეტონაციის გადამცემი ზონრის (ნახაზზე მარცხნივ) აფეთქების შედეგად ხდება დამაყოვნებელი შედგენილობის აალება, რაც იწვევს კაფსულ-დეტონატორის აფეთქებას. ეს, თავის მხრივ, მეორე ზონრის (ნახაზზე მარჯვნივ) დეტონაციის მიზეზი ხდება. დაყოვნების დრო განისაზღვრება დამაყოვნებელი შედგენილობის წვის ხანგრძლივობით. პიროტექნიკური რელე K3ДШ-69 მზადდება დაყოვნების 10 სერიით: 10, 20, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 175 და 200 მილისეკუნდით.

დაყოვნების საჭირო დროის მიღების მიზნით დასაშვებია რამდენიმე პიროტექნიკური რელეს მიმდევრობითი ჩართვა.

პიროტექნიკური რელეს მოხმარებისას უსაფრთხოების ისეთივე წესები უნდა დავიცვათ, როგორც დეტონატორებისთვის არის დაწესებული.

თ ა ვ ი 1 V

## მუხტების აფეთქების ხერხები

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.



## § 28. ცეცხლოვანი აფეთქება

ცეცხლოვანი აფეთქების დროს მუხტის დეტონაციას იწვევს კაფსულ-დეტონატორი, რომელიც, თავის მხრივ, ცეცხლგამტარი ზონრის საშუალებით ფეთქება.

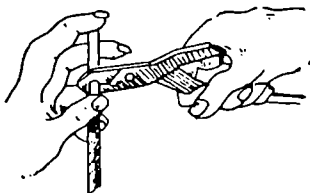
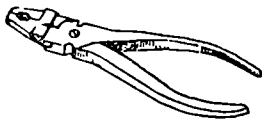
ცეცხლოვანი აფეთქება შეიცავს შემდეგ ძირითად ოპერაციებს: 1. საალებელი მილაკის დამზადება; 2. დამრტყმელი (ამაფეთქებელი) ვაზნის დამზადება; 3. დამუხტვა და 4. აფეთქება.

საალებელი მილაკი (ნახ. 49) ეწოდება კაფსულ-დეტონატორს 1, მასზე მიერთებულ ცეცხლგამტარ ზონართან 2 ერთად. საალებელი მილაკის დასამზადებლად, პირველ ყოვლისა, საჭიროა ცეცხლგამტარი ზონრის ხვეულიდან ამა თუ იმ სიგრძის ნაჭრების მოკვეთა. ზონრის ის ბოლო, რომელიც დეტონატორში უნდა მოთავსდეს, ღერძის მართობულად იჭრება, ხოლო მეორე ბოლო, რომელსაც ცეცხლი ეკიდება, ირიბად უნდა გაიჭრას. ირიბად გაჭრისას ღენთის გული მეტ ფართობზე შიშვლდება და ამიტომ ზონარზე ცეცხლის წაკიდება უფრო ადვილია. ზონრის ნაჭერი ისეთი სიგრძის უნდა იქნეს, რომ დამუხტვის შემდეგ მისი ბოლო 25 სანტიმეტრზე მაინც რჩებოდეს შპურის (ბურღილის) გარეთ. ამასთანავე, საალებელი მილაკის ზონრის სიგრძე არავითარ შემთხვევაში არ უნდა იყოს ერთ მეტრზე ნაკლები. ერთსა და იმავე სანგრევისათვის



ნახ. 49. საალებელი მილაკი

განკუთვნილი ყველა საალებელი მილაკის სიგრძე ერთი და იგივე უნდა იყოს.



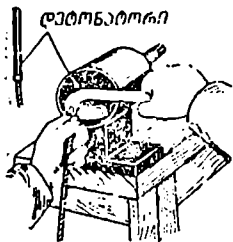
ნახ. 50. მასრის ყელის მოჭყლეტა მარწუხით

ზონრის ბოლო შეიყვანება კაფსულ-დეტონატორში ხუფზე მიბჯენამდე. ეს უნდა მოხდეს პირდაპირი დაწოლით, ზონრის ბრუნვის გარეშე. საიმედო ჩამაგრების მიზნით ხდება ლითონის მასრის ყელის მოჭყლეტა ხელის მარწუხით (ნახ. 50). ამ დროს ყურადღება უნდა მიექცეს მოჭყლეტის ადგილის სწორ შერჩევას. უყურადღებო მუშაობისას შესაძლებელია მარწუხით პირველად ინიციატორზე ვიმოქმედოთ, რაც გამოიწვევს კაფსულის აფეთქებას.

უნდა ვერიდოთ მასრის ზომაზე მეტად მოჭყლეტას, რასაც შეიძლება.

ზონრის დაზიანება მოჰყვეს. დეტონატორის ყელის მოჰყლეტა უმჯობესია ვაწარმოოთ სპეციალური ხელსაწყოთი, რომელსაც აქვს დამცავი კამერა (ნახ. 51). ამ შემთხვევებში ხდება მასრის მოჰყლეტის ადგილის ზუსტი ფიქსირება. გარდა ამისა, თვით დეტონატორი დამცავ კამერაში თავსდება და მისი გაუთვალისწინებელი აფეთქება მომუშავისათვის საფრთხეს აღარ წარმოადგენს.

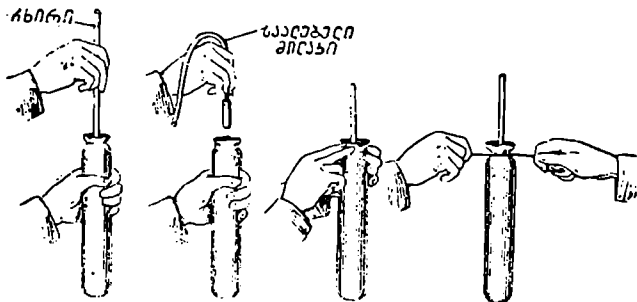
ქალაქისმასრიანი კაფსულ-დეტონატორების გამოყენების შემთხვევაში ზონრის საიმედო ჩამაგრებას აღწევენ მასზე საიზოლაციო ლენტის დახვევით (მასრის შიგა დიამეტრის ზომამდე) ან კანაფის შემოჭურით მასრის ყელზე.



ნახ. 51. მასრის ყელის მოჰყლეტა დამცავი ხელსაწყოთი

საალებელი მილაკების დამზადება ხდება სპეციალურად გამოყოფილ სადგომში. მუშაობა წარმოებს ხის მაგიდებზე, რომლებზეც დაგებულია 3 მილიმეტრზე მეტი სისქის ქეჩა ან რეზინი და გადაკრულია ბრეზენტო. დაუშვებელია ერთ მაგიდაზე ასზე მეტი დეტონატორის დაწყობა. დამზადებული საალებელი მილაკები წრებებად იხვევა და საწყობიდან ისე გაიცემა.

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



ნახ. 52. დამრტყმელი ვაზნის დამზადება ცეცხლოვანი აფეთქებისათვის

ნები მზადდება უშუალოდ სანგრევთან, შპურების (ბურღილების) და მუხტვის წინ. აკრძალულია დამრტყმელი ვაზნების შორ მანძილზე გადატანა და შენახვა. თუ დამრტყმელი ვაზნა რაიმე მიზეზით გამოუყენებელი დარჩა, საჭიროა მისი მოსპობა აფეთქების საშუალებით.

დამრტყმელი ვაზნის დამზადების თანმიმდევრობა ნაჩვენებია 52-ე ნახაზზე. ვაზნის ქალაქის გარსს ცალი მხრიდან ხსნიან და ფეთქებად

ნივთიერებაში წვეტიანი ჩხირით აკეთებენ ღრმულს, რომელშიც მთლიანად შეკყავთ საალებელი მილაკის დეტონატორი. ამის შემდეგ, გარსის გახსნილ ბოლოს ცეცხლგამტარი ზონრის გარშემო ამჟიდრობენ, ზედკანაფს ახვევენ და ნასკვავენ. ზოგიერთი ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნებს ქარხნიდან გამოშვებისას წინასწარ უკეთდება დეტონატორის მოსათავსებელი ღრმული. ასეთ ვაზნებში ღრმულის გაკეთება და გაფართოება აკრძალულია.

ღია სამთო სამუშაოებზე, ზამთრობით, ნებადართულია დამრტყმელი ვაზნების დამზადება სპეციალურ სადგომში, რომელიც ფეთქებადი მასალების საწყობის ტერიტორიის გარეთაა და აფეთქების ადგილიდან 500 მეტრზე მეტი მანძილით არ არის დაშორებული. სხვა დროს დამრტყმელი ვაზნების დამზადება ხდება საამისოდ განკუთვნილ ადგილზე, რომელიც აფეთქების ადგილიდან 50 მეტრზე ახლო არ უნდა იყოს. ასეთი სამუშაოების წარმოებისას დამრტყმელი ვაზნები გადააქვთ სპეციალური ყუთით, რომელიც ქეჩითაა ამოგებული და იხურება ხისტი სახურავით. თითოეულ ყუთში ვაზნების საერთო წონა ათ კილოგრამს არ უნდა აღემატებოდეს. ვაზნები ყუთში თავსდება ვერტიკალურ მდგომარეობაში, ერთ რიგად.

ჰაურის გაყვანისას დამრტყმელ ვაზნებს ამზადებენ ჰაურის პირიდან ასი მეტრის დაშორებით გამოყოფილ სპეციალურ სადგომში. მათი ჩაშვება ჰაურის სანგრევეში ხდება ცალკე ბალით.

სველ სანგრევეში მუშაობისას ვაზნაში საალებელი მილაკის შეყვანის ადგილი მასტიკით იფარება. თუ ფეთქებადი ნივთიერება წყალმდეღვი არ არის, მაშინ საჭიროა დამრტყმელი ვაზნის მთლიანად დაფარვა საიზოლაციო მასალით.

როდესაც შპურებში ან ბურღილებში ფეთქებადი ნივთიერება ფხვნილის სახით იმარება, დამრტყმელი ვაზნა შეკყავთ მუხტის წონის 80—85%-ის მოთავსების შემდეგ.

დამრტყმელი ვაზნების საჭირო რაოდენობით დამზადების შემდეგ იწყებენ შპურების დამუხტვას. ამ დროს ვაზნები შპურში შეკყავთ სათითაოდ, ხის სპეციალური ჯოხით, რომელსაც საცობი ეწოდება. საცობის სიგრძე შპურის სიგრძეს აღემატება, ხოლო მისი დიამეტრი შპურისაზე რამდენიმე მილიმეტრით ნაკლებია.

ვაზნების მოთავსებამდე საჭიროა შპურების შემოწმება. ამ დროს შპურის მთელ სიგრძეზე საცობის შეყვანით უნდა დავრწმუნდეთ, რომ მასში ქანის ნატეხი ან სხვა უცხო სხეული არ არის მოხვედრილი, რამაც შეიძლება ხელი შეუშალოს ვაზნების თავისუფლად შეყვანას.

ყველა ვაზნის მოთავსების შემდეგ შპურის დარჩენილი თავისუფალი ნაწილი ამოვსებული უნდა იქნეს ინერტული მასალით, ე. ი. უნდა გაკეთდეს დაცობა. დასაცობ მასალად იყენებენ ქვიშისა და თიხის ნა-

რევს, რომელსაც ცილინდრული ფორმის ნაკრების სახეს აძლევენ და შპურში სათითაოდ შეჰყავთ საცობით. ასეთი მასალა კარგად ეკვრის შპურის კედლებს და ამავე დროს საცობ ჯოხს არ ეგლისება. თავდაპირველად საცობი მასალა ფრთხილად შეჰყავთ, მნიშვნელოვანი დატკეპვნის გარეშე. შემდეგში, რაც უფრო უახლოვდებიან შპურის ყელს, დატკეპნას თანდათან აძლიერებენ.

შპურების (ბურღილების) დამუხტვის შემდეგ, მათი აფეთქების წინ, საჭიროა ყველა მომუშავის გამოყვანა, რომლებიც აფეთქების ადგილის ახლოს იმყოფებიან. ამისათვის ამფეთქებელი იძლევა მეორე (საბრძოლო) სიგნალს, სასტვენის ან სირენის საშუალებით (პირველი გამაფრთხილებელი სიგნალი მიეცემა სანგრევეში ასაფეთქებელი მასალების შეტანის წინ). ამავე დროს მოწმდება სანგრევეთან მიმავალ გზებზე მცველი პოსტების არსებობა. როდესაც ამფეთქებელი სავსებით დარწმუნდება უსაფრთხოების ყველა წესის დაცვაში, იწყებს ცეცხლგამტარი ზონრების მოკიდებას.

გვირების გაყვანისას ერთდროულად მოსაკიდებელი ზონრების რიცხვი, უსაფრთხოების წესების თანახმად, თექვსმეტზე მეტი არ უნდა იყოს. თუ მუხტების რაოდენობა ამაზე მეტია, მაშინ საჭიროა საალებელი ვაზნების გამოყენება, თითო სანგრევეში არა უმეტეს ათი ცალის რაოდენობით.

ცეცხლგამტარი ზონრების მოკიდებას ერთი ამფეთქებელი აწარმოებს. თუ გვირების სიგანე 5 მეტრზე მეტია, მაშინ დასაშვებია ორი ამფეთქებლის ერთდროული მუშაობა, რომელთაგან ერთი უფროსია და არეგულირებს მოკიდების დაწყებასა და სანგრევიდან უსაფრთხო ადგილზე დროულად გასვლას.

ცეცხლოვანი აფეთქებისას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ზონრების მოკიდების ხანგრძლივობის კონტროლს. უსაფრთხოების დასაცავად, უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა ზონრების ისეთი სიგრძის აღება, რომ პირველი მათგანის მოკიდებასა და იმავე მუხტის აფეთქებას შორის ამფეთქებელმა მოასწროს სხვა ზონრების მოკიდება და სანგრევიდან უსაფრთხო მანძილზე გასვლა.

ღია სამუშაოებზე მოკიდების დროის კონტროლისათვის იყენებენ ე. წ. საკონტროლო მილაკს. იგი წარმოადგენს ჩვეულებრივ საალებელ მილაკს, რომლის ზონარიც 60 სანტიმეტრით ნაკლები სიგრძისაა მუხტების ზონრებთან შედარებით. ცეცხლს პირველად საკონტროლო მილაკის ზონარს უკიდებენ და შემდეგ იწყებენ მუხტების ზონრების მოკიდებას. საკონტროლო მილაკის აფეთქება იმის მაჩვენებელია, რომ პირველად მოკიდებული მუხტის აფეთქებამდე ერთი წუთილა რჩება და ამფეთქებელი დაუყონებლივ უნდა წავიდეს უსაფრთხო ადგილზე.

ზონრების მოკიდება, როგორც აღნიშნული იყო, შეიძლება მღვივარი პატრუქით, საალებელი ვაზნით, ელექტროსაალებელი მილაკით, ელექტროსაალებელი ვაზნით ან ცეცხლგამტარი ზონრის ნაჭრით. როდესაც მხოლოდ ერთი მუხტია ასაფეთქებელი, შეიძლება ზონრის მოკიდება ასანთით.

ფართოდაა გავრცელებული მოკიდება ცეცხლგამტარი ზონრის ნაჭრის საშუალებით, რომელიც მოკიდების დროის კონტროლის საშუალებასაც იძლევა. ნაჭრის სიგრძე 40—50 სანტიმეტრია, რომელზეც ერთმანეთისაგან 3—5 სანტიმეტრის დაშორებით აკეთებენ ჩანაჭრებს ზონრის დამეტრის 2/3-ზე. ნაჭერს ცეცხლს უკიდებენ ასანთით. ყოველი მუხტის ზონრის მოკიდება ხდება მორიგე ჩანაჭრებიდან გამოტყორცნით ნაპერწყლების კონით. ამფეთქებელს საშუალება აქვს ზონრის ნაჭრის წვის მიხედვით იმსჯელოს იმ დროზე, რომელიც მის განკარგულებაშია დარჩენილი. როდესაც მოსაკიდებელი ზონრის ნაჭერი მთლიანად დაიწვება, ამფეთქებელი სწრაფად მიდის უსაფრთხო ადგილზე. მოკიდების ეს ხერხი საკმაოდ სწრაფი და საიმედოა.

როდესაც სამუხტო ზონრების მოსაკიდებლად ელექტროსაალებელ საშუალებებს იყენებენ, მაშინ აფეთქების ხერხს ცეცხლოვანი-ელექტრულს უწოდებენ.

ცეცხლოვანი აფეთქების დროს ითვლიან მუხტების აფეთქებათა რიცხვს, რათა გამოვლინებულ იქნეს რომელიმე მათგანის მტყუნების შემთხვევა. აფეთქების შემდეგ სანგრევში დაბრუნება დასაშვებია მხოლოდ მისი ინტენსიური განიავების პირობებში, როდესაც უკანასკნელი მუხტის აფეთქებიდან 15 წუთი მაინც არის გასული. ღია სამუშაოებზე, თუ მუხტის მტყუნებას ადგილი არა აქვს, ეს დრო 5 წუთით განისაზღვრება. რომელიმე მუხტის მტყუნებისას კი, ღია სამუშაოების შემთხვევაშიც, სანგრევში დაბრუნების მინიმალურ დროდ 15 წუთია დაწესებული.

მოცემულ სანგრევში ასაფეთქებელი სამუშაოების დამთავრებისას, ამფეთქებელი იძლევა მესამე სიგნალს, რომელიც სანგრევში დაბრუნების ნებართვის მაუწყებელია.

თუ რომელიმე მუხტის მტყუნება მოხდა, საჭიროა მისი ლიკვიდაცია მუშაობის განახლებამდე. ამისათვის აუფეთქებელი შპურის პარალელურად, მისგან 30 სანტიმეტრის მანძილზე ბურღავენ ახალ შპურს, მუხტავენ მას და აფეთქებენ (მიმართულების სწორი განსაზღვრის მიზნით აუფეთქებელი შპურიდან 20 სანტიმეტრის სიღრმეზე ამოაქვთ საცობი მასალა და მასში შევყავთ საცობი ჯოხი). მტყუნების ლიკვიდაციას ახდენს ამფეთქებელი. ამ დროს სხვა სამუშაოების წარმოება სანგრევში, რომლებიც დაკავშირებული არ არის მტყუნების ლიკვიდაციასთან, დაუშვებელია. მტყუნების ლიკვიდაციის მიზნით შპურიდან და-

მრტყმელი ვაზნის ამოღება, დეტონატორების ამოგლეჯა ან ფეთქებადი ნივთიერების გამორეცხვა აკრძალულია.

მტყუნების სალიკვიდაციოდ განკუთვნილი მუხტის აფეთქების შემდეგ ამფეთქებელი ვალდებულია გულმოდგინედ დაათვალიეროს მონგრეული ქანი და შეაგროვოს გაბნეული ფეთქებადი მასალები. ამის შემდეგ მუშები დიდი სიფრთხილით იღებენ ქანს ხელით.

ცეცხლოვანი აფეთქების დადებითი მხარეა შესრულების სიმარტივე და სისწრაფე. იგი არ მოითხოვს სპეციალურ გაანგარიშებასა და ხელსაწყოებს, რომლებიც ელექტრული აფეთქებისათვის არის საჭირო. ამიტომ ცეცხლოვანი აფეთქება შეიძლება შედარებით ნაკლები კვალიფიკაციის ამფეთქებელმა შეასრულოს. ცეცხლოვანი აფეთქების დროს ადვილად ხორციელდება მუხტების აფეთქების სასურველი თანმიმდევრობა, ზონრების მოკიდებისას სათანადო ინტერვალის დაცვით. აფეთქებათა ხმების დათვლით ადვილია მუხტების მტყუნების ფაქტის დადგენა.

ცეცხლოვანი აფეთქების უარყოფითი მხარეა შედარებით უფრო მეტი სიფრთხილით მუშაობის აუცილებლობა, რაც დაკავშირებულია სანგრევეში ამფეთქებლის ყოფნასთან ცეცხლგამტარი ზონრების მოკიდების დროს. ამ შემთხვევაში ერთდროულად ასაფეთქებელი მუხტების რაოდენობა შეზღუდულია. შეუძლებელია მუხტების მომზადების შემოწმება მათი აფეთქების საიმედოობის თვალსაზრისით, რაიმე ხელსაწყოს შემწეობით, ისე როგორც ეს ელექტრული აფეთქების დროს ხდება. მუხტების აფეთქების ერთდროულობის მიღწევა ცეცხლოვანი ხერხით შეუძლებელია. თვით ცეცხლგამტარი ზონრის წვა წარმოშობს დიდი რაოდენობით შხამიან აირს CO-ს სახით.

მუშაობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით დიდი უპირატესობა გააჩნია აფეთქების ცეცხლოვან-ელექტრულ ხერხს, რომელიც ცეცხლგამტარი ზონრების შორი მანძილიდან მოკიდების საშუალებას იძლევა.

ცეცხლოვანი აფეთქების ხერხი ფართოდ არის გავრცელებული შპურების აფეთქებისას როგორც ღია, ისე მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოების დროს. ცხადია, რომ მისი გამოყენება აკრძალულია აირისა და მტვრის აფეთქების მხრივ საშიშ მალაროებში, ვინაიდან ამ დროს ადვილი აქვს მალაროს ატმოსფეროზე ალის უშუალო მოქმედებას. ცეცხლოვანი აფეთქების ხერხის გამოყენება აკრძალულია ვერტიკალური გვირაბების გაყვანისას და, საერთოდ, ისეთ სანგრევეებში, საიდანაც ამფეთქებლის გამოსვლა ხელოვნურ საშუალებათა გამოყენებასთან არის დაკავშირებული (კიბე, ბადია და სხვ.). ასეთ სანგრევეებში ცეცხლგამტარი ზონრების მოკიდების შემდეგ შესაძლებელია ამფეთქებელი დროზე ვერ გამოვიდეს უსაფრთხო ადგილზე, რასაც უბედური შემთხვევა მოჰყვება (ამ შემთხვევაში დასაშვებია ცეცხლოვან-ელექტრული ხერხით აფეთქება).

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

ელექტრული აფეთქების ხერხი უნივერსალურია. იგი შეიძლება გამოვიყენოთ ყველგან, მათ შორის აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო მახტებში. ეს ხერხი გამოირჩევა მეტი უსაფრთხოებით, ვინაიდან ამფეთქებელი დენის ჩართვას შორი მანძილიდან აწარმოებს და ამიტომ ამ დროს იგი დაცულია აფეთქების საშიში გავლენისაგან. ელექტრული ხერხი მუხტების როგორც ერთდროული, ისე თანმიმდევრული აფეთქების საშუალებას იძლევა. ამ შემთხვევაში შედარებით ნაკლები მხამიანი აირები გამოიყოფა (ამ დროს არა გვაქვს ცეცხლგამტარი ზონრის წვის შედეგად გამოყოფილი ნახშირჟანგი).

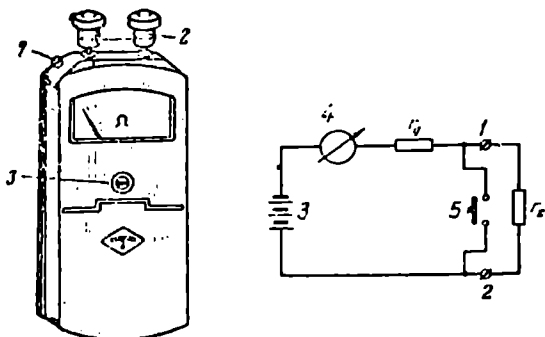
ამასთანავე, უნდა აღინიშნოს, რომ აფეთქების ელექტრული ხერხი, ცეცხლოვანთან შედარებით, ტექნიკურად უფრო რთულად შესასრულებელია და საჭიროებს ელექტროფეთქებადი ქსელის სათანადო გაანგარიშებას. ამ დროს აუცილებელია გარკვეული ზომების მიღება მოხეტიალე დენების გავლენისაგან ელექტროდეტონატორების დასაცავად. ელექტრული აფეთქება მოითხოვს მაღალკვალიფიციურ ამფეთქებლებს და შედარებით უფრო ძვირია.

ელექტროაფეთქებასთან დაკავშირებული სამუშაოები ტარდება შემდეგი თანმიმდევრობით: 1. ელექტროდეტონატორების ვარჯისიანობის შემოწმება და მათი შერჩევა წინააღობის მიხედვით; 2. დამრტყელი ვაზნების დამზადება; 3. შპურების დამუხტვა; 4. ელექტროფეთქებადი ქსელის მონტაჟი სანგრევიდან დენის წყაროსაკენ; 5. ელექტროფეთქებადი ქსელის გამტარობის შემოწმება და მისი წინააღობის გაზომვა; 6. მაგისტრალური სადენების მიერთება დენის წყაროსთან და 7. დენის ჩართვა მუხტების ასაფეთქებლად.

1. ელექტროდეტონატორებისა და ელექტროაფეთქებელი 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).

მცირე ომმეტრი M-57 (ნახ, 53) შეიძლება გამოვიყენოთ ელექტროდეტონატორების გამტარობის და ელექტროფეთქებადი ქსელის წინააღობისა და მისი იზოლაციის შესამოწმებლად. ხელსაწყოს ზომებია  $170 \times 72 \times 42$  მმ და იწონის 0.4 კგ-ს. იგი წარმოადგენს ორგანყოფილებიან ყუთს. ერთ განყოფილებაში მოთავსებულია თვით ომმეტრი, ხოლო მეორეში ჯიბის ფარნის ბატარეა, რომელიც ელექტრული დენის წყაროს წარმოადგენს და ომმეტრთან მიმდევრობით არის ჩართული. კორ-

აუხსი დაყვებიულია მოწყობილი 4 და ლილაკი 1 მათი ძოკლე ხართვისათვის. განრთული და თავისუფალი მომქერების შემთხვევაში ხელსაწყოს ისარი უნდა იმყოფებოდეს დანაყოფზე „უსასრულობა“. ისრის



ნახ. 53. შიკრე ომმეტრი M-57

დაყენება ამ მდგომარეობაში ხდება კორპუსის წინა მხარეზე მდებარე კორექტორის 3 საშუალებით.

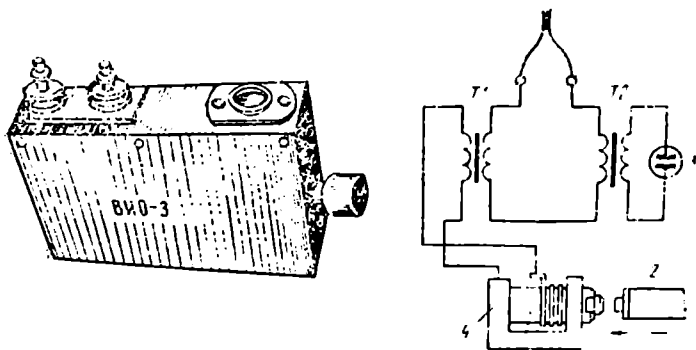
ომმეტრ M-57-ის სკალა დაგრადულირებულია 0-დან 5000 ომამდე, მაგრამ სამუშაოდ ითვლება სკალის ნაწილი 20—1500 ომი. გაზომვის ცდომილება 20—80 და 500—1500 ომის ფარგლებში  $\pm 20\%$ -ს შეადგენს, ხოლო 80—500 ომის ფარგლებში  $\pm 10\%$ -ს. ელექტრულ სქემაზე ნაჩვენებია დენის წყარო 3 (ბატარეა), მაგნიტურ-ელექტრული სისტემის ისრიანი ვალვანომეტრი 4, რეზისტორი  $r_0$ , ლილაკი 5, რომლითაც ხდება შენტირება გასაზომი წინალობის  $r_x$ . მომქერებზე 1 და 2 ქსელის ან დეტონატორის გამტარების მიერთების შემდეგ, თუ მათი მთლიანობა დარღვეული არ არის, ვალვანომეტრის ისარი მარჯვნივ გადაიხრება, ხოლო გაწყვეტილი წრედის შემთხვევაში იგი ადგილზევე დარჩება.

ცალკეული ელექტროდეტონატორებისა და ელექტროასაფეთქებელი ქსელების გამტარობის შესამოწმებელ მოწყობილობებიდან ყურადღებას იმსახურებს პორტატული ჯიბის აპარატები. მათგან ფართოდ არის გავრცელებული პიეზოელექტრული ხელსაწყო ВЮ-3 (ნახ. 54).

კერამიკული პიეზოელემენტი 1 მკიდროდ არის ჩასმული გარსაკრში 4. ზამბარიანი საცემელი 2 ახდენს დარტყმას ლილვზე 5, ხოლო ეს უკანასკნელი ურტყამს პიეზოელემენტს. ამის შედეგად პიეზოელემენტის ტორსულ ზედაპირებზე აღიძვრება ელექტრომომძრავებელი ძალა და დენი გაივლის სადაბლებელი ტრანსფორმატორის  $T_1$  პირველად გრაგნილში. თუ წინალობა, რომელიც მიერთებულია ხელსაწყოს მომქერებთან,



რეულ გრაგნილში აღძრული დენი გაივლის ასამაღლებელი ტრანსფორმატორის  $T_2$  პირველად გრაგნილში. ამის შედეგად, მის მეორეულ გრაგნილშიც აღიძვრება დენი და აინთება ნეონის სასიგნალო ნათურა 3. თუ ნათურა არ აინთო, ეს წრედის გაწყვეტის მაჩვენებელი იქნება. პიეზოელემენტში წარმოქმნილი პოტენციალთა სხვაობა 160 ვოლტია, რომელიც სადაბლებელ ტრანსფორმატორში 3 ვოლტამდე დაიყვანება. დენის ძალა 50 მილიამპერს არ აღემატება, რასაც არ შეუძლია გამოიწვიოს ელექტროდეტონატორის აფეთქება მისი გამტარობის შემოწმების დროს.

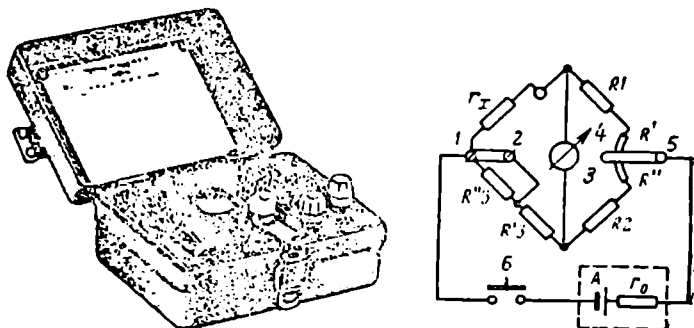


ნახ. 54. პიეზოელექტრული ხელსაწყო

ВНО-3 მოთავსებულია მსუბუქი შენადნობიდან დამზადებულ ყუთში, რომლის გაზომვებია  $121 \times 96 \times 30$  მმ და 540 გრამს იწონის. ყუთის სახურავზე მოთავსებულია ქსელის მისაერთებელი მომკერები და სამზერი სარკმელი ნათურაზე დასაკვირვებლად. ამ ხელსაწყოს გამოყენება მიზანშეწონილად ითვლება 100 ომამდე წინალობის შემთხვევაში. თუ ქსელის წინალობა 300 ომს აღემატება, ნათურა არ აინთება (სხე როგორც ქსელის გაწყვეტის დროს). ВНО-3 შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო მაღაროებში. ხელსაწყო წრედის მოკლედ ჩართვას ვერ აღნიშნავს, რაც მის ნაკლად ითვლება.

სამაშხტო სახარჯო საწყობებიდან ელექტროდეტონატორების გაცემის წინ ხდება მათი გამტარობისა და წინალობის შემოწმება. ამ მიზნით გამოიყენება ომმეტრ-კლასიფიკატორები ОКЭД-1 და ОКЭД-2. ხელსაწყოს მომკერებზე დეტონატორის გამტარების მიერთებისას სკალის ისარი აღნიშნავს წინალობის სიდიდეს. გამტარობის შემოწმება და წინალობის მიხედვით ელექტროდეტონატორების დაყოფა სწრაფად წარმოებს, ერთ მუჰაკს ცვლაში შეუძლია 1500-ზე მეტი ელექტროდეტონატორის შემოწმება.

გადასატანი ბოგა P-353 განკუთვნილია ელექტროფეთქებადი ქსელებისა და ელექტროდეტონატორების წინაღობის გასაზომად ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებზე, გარდა აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო მახტებისა. ხელსაწყო ჩადგმულია ლითონის წყალშეუღწევად კორპუსში, მისი წონა 1,5 კილოგრამია (ნახ. 55). ბოგას გააჩნია გაზომ-



ნახ. 55. გადასატანი საზომი ბოგა P-353.

ვის 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.

ხელსაწყოს პანელზე განლაგებულია გაზომვის სკალების გადამრთველი, კორექტორი, ბოგას გამაწონასწორებელი სახელური, დენის წყაროს ჩაზრთველი ღილაკი, სკალა ციფრების ორი რიგით, მომჭერები გასაზომი წინაღობის მისაერთებლად.

P-353-ს ელექტრული სქემა წარმოადგენს ოთხმხარიან საზომ ბოგას. მის ერთ დიაგონალზე ჩართულია დენის წყარო, ხოლო მეორე დიაგონალზე — გალვანომეტრი 3. პირველ მხარს შეადგენს რეზისტორი  $R_1$  და რეოქორდის ზედა ნაწილი  $R'$ , მეორე მხარს — რეზისტორი  $R_2$  და რეოქორდის ქვედა ნაწილი  $R''$ , მესამე მხარს — რეზისტორები  $R_3$  და  $R_3'$ , ხოლო მეოთხე მხარს გასაზომი წინაღობა  $r_x$ . პირველი და მეორე მხარის წინაღობა დამოკიდებულია რეოქორდაზე 4 ცოცხას 5 მდებარეობაზე, მესამე მხარის წინაღობა — 1 და 2 კონტაქტებს შორის შესაკრავის მდებარეობაზე (თუ შესაკრავი ჩართულია, მაშინ  $R_3$  რეზისტორი მხარიდან გამოითიშება). დენის წყარო  $A$  შეიცავს გალვანურ ელემენტს MLI-4K და მასთან მიმდევრობით ჩართულ რეზისტორს  $r_0$ , რომლის წინაღობა 30 ომია.

ცოცხას გადაადგილებით ისე ცვლიან პირველი და მეორე მხარის

წინალობას, რომ აღწევენ ბოგას გაწონასწორებას, რომლის დროსაც  $r_x \cdot R2 = R1 \cdot R3$ , აქედან

$$r_x = R3 \frac{R1}{R2}.$$

წინალობის გასაზომად P-353-ის საშუალებით საჭიროა ღილაკის 6 დაქვრით ჩავრთოთ დენის წყარო და გამაწონასწორებელი სახელურის ნული ბრუნვით გაღვანომეტრის ისარი ნულოვან დანაყოფზე დავაყენოთ. გასაზომი წინალობის სიდიდე აითვლება ლიმბის სკალაზე ნულოვანი ნიშნულის პირდაპირ (30 ომამდე წინალობის დროს შესაკრავი უნდა ჩაირთოს 1 და 2 კონტაქტებს შორის და ანათვალი აღებულ იქნეს ლიმბის გარე სკალაზე. უფრო მეტი, წინალობის გაზომვის საჭიროებისას შესაკრავი გამორთულია და ათვლა ლიმბის შიგა სკალაზე ხდება). ხმარების წინ საჭიროა შემოწმდეს ხელსაწყოს წესიერულობა. ამისათვის მის მომჭერებს მოკლედ რთავენ და ღილაკს ხელს აკერენ. თუ ბოგა ვარგისია სამუშაოდ და ძაბვა დასაშვებზე ნაკლები არ არის, გაღვანომეტრის ისარი უნდა გადაიხაროს სკალის ბოლომდე, სახელურის ნებისმიერი მდგომარეობის დროს.

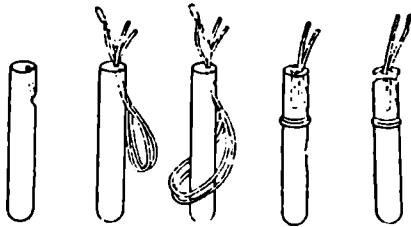
ანალოგიური პრინციპით მოქმედებს ომმეტრი OBLI-2, რომელიც ასევე განკუთვნილია ელექტროფეთქებადი ქსელებისა და ელექტროდეტონატორების წინალობის გასაზომად. მას გააჩნია გაზომვის ორი სკალა: 1—50 ომი და 10—500 ომი. ცდომილება პირველ შემთხვევაში 5%-ია, ხოლო მეორე შემთხვევაში — 10%.

ომმეტრი OBLI-2 შეიძლება გამოვიყენოთ აირისა და მტერის მზრივ საფრთხილო შეხტებში. ხელსაწყო მოთავსებულია ცილინდრული ფორმის კორპუსში, რომლის დიამეტრია 52 მმ, სიმაღლე 455 მმ. ომმეტრი OBLI-2 იწონის 0,43 კგ. P-353 ტიპის ომმეტრთან შედარებით იგი უფრო პორტატული და ადვილსახმარია, მაგრამ შედარებით ნაკლები სიზუსტისაა.

2. დამრტყმელი ვაზნების დამზადება ხდება თანაბარი წინალობის მქონე ელექტროდეტონატორებით, რომლებიც წინასწარ სათანადოდ არის შემოწმებული. ამ შემთხვევაში დეტონატორის შეერთება ვაზნასთან ისე უნდა მოეწყოს, რომ გამტარების დაჰიმვისას არ მოხდეს დეტონატორის ამოვარდნა ვაზნიდან ან მისი გავარყარების ხიდის დაზიანება. ამისათვის ვაზნაში წვეტიანი ჩხირით აკეთებენ ირიბ ხერგლს, რომელშიც უყრიან ელექტროდეტონატორის ორად გაკეცილ გამტარებს (ნახ. 56). ამგვარად მიღებულ ყულფს ვაზნის ქვემოდან ამოატარებენ და შემდეგ მავთულს თავისუფალ ზოლოებს მოჰიმავენ. ბოლოს ვაზნის ცენტრში აკეთებენ ხერგლს და მასში ელექტროდეტონატორს ათავსებენ.

ელექტროაფეთქების წარმოებისას დამრტყმელი ვაზნების მიმართ ისეთივე სიფრთხილის ზომების მიღება საჭირო, როგორც ცეცხოვანი აფეთქებისათვის იყო აღნიშნული.

ელექტროაფეთქების მოსამზადებელ სამუშაოებში შედის აგრეთვე ქსელის სამონტაჟო გამტარებისა და მათი იზოლაციის მთლიანობის შემოწმება. მოსამზადებელი სამუშაოების დამთავრების შემდეგ იწყებენ შპურების დამუხტვასა და ელექტროსაფეთქებელი ქსელების მონტაჟს.



ნახ. 56. დამრტყმელი ვაზნის დამზადება ელექტრული აფეთქებისათვის

3. შპურების დამუხტვა ისეთივე წესით წარმოებს, როგორც ცეცხოვანი აფეთქების დროს გამოიყენება. უნდა გვახსოვდეს, რომ როგორც დამრტყმელი ვაზნების დამზადების შემთხვევაში, ისე და-

მუხტვის დროსაც ყოველი ელექტროდეტონატორის გამტარების ბოლოები მოკლედ უნდა იქნეს ჩართული მოხვითაღე დენების სახიფათო გავლენის თავიდან ასაცილებლად. ამავე მიზეზით შპურების დამუხტვისა და ელექტროსაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის დროს ასაფეთქებელ უბანზე აკრძალულია კონტაქტური ელმავლების მოძრაობა.

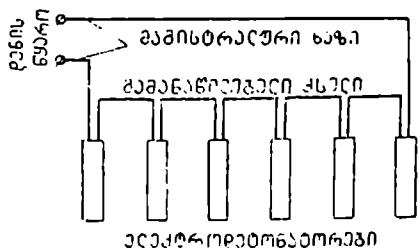
4. ელექტროსაფეთქებელი ქსელები შეიცავს შემდეგ ძირითად ელემენტებს: 1. ელექტროდეტონატორები; 2. მანაწილებელი გამტარები; 3. მაგისტრალური გამტარები. მანაწილებელი გამტარები ერთმანეთთან აკავშირებს ელექტროდეტონატორებს და აერთებს მათ მაგისტრალურ გამტარებთან. ეს უკანასკნელი უშუალოდ უკავშირდება დენის წყაროს.

მაგისტრალური და მანაწილებელი გამტარების მონტაჟი, ჩვეულებრივ, შპურების დამუხტვამდე წარმოებს, რათა სწრაფად მოხდეს ელექტროდეტონატორების მიერთება ქსელთან, შპურში მათი მოთავსების შემდეგ. მაგისტრალური გამტარები მონტაჟის დროს მოკლედ არის ჩართული და მათი მიერთება დენის წყაროსთან ხდება მხოლოდ უშუალოდ აფეთქების წინ.

ელექტროდეტონატორების ქსელში ჩართვის მიხედვით ელექტროფეთქებადი ქსელები შეიძლება იყოს მიმდევრობითი (ნახ. 57), პარალელური (ნახ. 58, 59), ან შერეული. უკანასკნელ შემთხვევაში არჩევენ მიმდევრობით-პარალელურ (ნახ. 60) და პარალელურ-მიმდევრობით შეერთებას (ნახ. 61).

მიმდევრობითი შეერთებისას ელექტროდეტონატორებმა

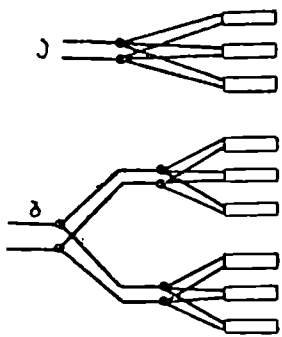
ქმნიან ერთ მიმდევრობით ელექტრულ წინაღობას, რომლის ბოლოები შემაერთებელი გამტარებით დაკავშირებულია მაგისტრალური გამტარების ბოლოებთან. მიმდევრობითი ელექტროსაფეთქებელი ქსელი გამოირჩევა შეერთების თვალსაჩინო სქემითა და მისი გაანგარიშების სიმარტივეთ. მარტივად წარმოებს აგრეთვე ქსელის გამტარობის შემოწმება. ამ შემთხვევაში მანაწილებელი ქსელის გამტარების სიგრძე, სხვა სქემებთან შედარებით, გაცილებით ნაკლებია.



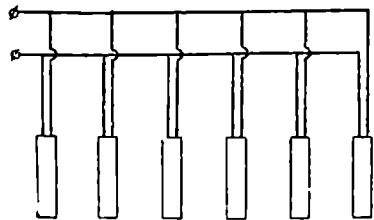
ნახ. 57. მიმდევრობითი ელექტროსაფეთქებელი ქსელი

მიმდევრობითი ქსელისათვის დამახასიათებელია ელექტროდეტონატორებში გამავალი დენის თანაბარი ძალა, რაც უზრუნველყოფს დეტონატორების ერთდროულ ამოქმედებას. მიმდევრობითი შეერთებული ქსელის აფეთქება მოითხოვს შედარებით ნაკლები ძალის დენს. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მცირე კვეთის გამტარები.

მიმდევრობითი შეერთების მნიშვნელოვანი უარყოფითი მხარე ისაა, რომ თუნდაც ერთი ელექტროდეტონა-



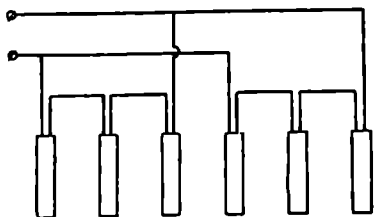
ნახ. 59. პარალელურ-კონისებრი ელექტროსაფეთქებელი ქსელი



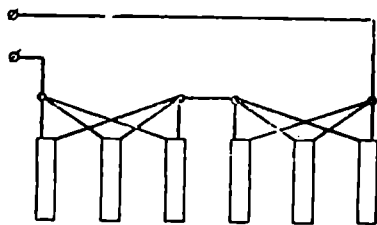
ნახ. 58. პარალელურ-საფეთქოროვანი ელექტროსაფეთქებელი ქსელი

ტორის გამტარობის დაკარგვა ან რომელიმე გამტარის გაწყვეტა მთელი ქსელის მტყუნების მიზეზი ხდება. ასეთი სქემა მოითხოვს თანაბარი წინაღობის მქონე ელექტროდეტონატორების შერჩევას. თუ წინაღობათა განსხვავება მნიშვნელოვანი იქნება, მაშინ დიდი წინაღობის მქონე დეტონატორი აღრე აფეთქდება, რაც წრედის გაწყვეტასა და, მაშასადამე, დანარჩენი მუხტების მტყუნებას გამოიწვევს.

პარალელური შეერთება შეიძლება იყოს ორი სახის — კონისებრი და საფეხუროვანი. კონისებრი შეერთებისას ყველა ელექტროდეტონატორის თითო გამტარს ერთად უყრიან თავს და უერთებენ მაგისტრალის ცალ ხაზს, ხოლო მეორე გამტარები ასევე იკრიბება და მაგისტრალის მეორე ხაზს უერთდება (ნახ. 59). საფეხუროვანი შეერთე-



ნახ. 60. მიმდევრობით-პარალელური ელექტროსაფეთქებელი ქსელი



ნახ. 61. პარალელურ-მიმდევრობითი ელექტროსაფეთქებელი ქსელი

ბის შემთხვევაში ელექტროდეტონატორების დაკავშირება მაგისტრალურ გამტარებთან ხდება ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, სხვადასხვა წერტილებში (ნახ. 58).

პარალელური ელექტროსაფეთქებელი ქსელების დადებით მხარედ თვლიან იმ გარემოებას, რომ მანაწილებელი ქსელის გამტარის გაწყვეტა (კონისებრი სქემის დროს) ან რომელიმე ელექტროდეტონატორის დაზიანება არ იწვევს სხვა დეტონატორების მტყუნებას. ამასთანავე, ასეთ ქსელებს აქვთ მნიშვნელოვანი უარყოფითი მხარეები: 1. დეტონატორებში გამაგალი დენის ძალა შესაძლებელია თანაბარი არ იყოს შემართებელი გამტარების სხვადასხვა წინალობის 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 აძნელებს მისი წესიერულობის შემოწმებას და შოითხოვს უფრო რთულ გაანგარიშებას; 4. საჭიროა დიდი კვეთის მქონე მაგისტრალური გამტარების გამოყენება, ვინაიდან მათში საჭირო ხდება დიდი ძალის მქონე დენის გატარება. აღნიშნულ ნაკლოვანებათა გამო პარალელური შეერთება პრაქტიკაში იშვიათად გამოიყენება.

შერეული სქემები წარმოადგენენ მიმდევრობითი და პარალელური შეერთებების კომბინაციებს. მიმდევრობით-პარალელური სქემის შემთხვევაში ელექტროდეტონატორები ჯგუფებში შეერთებულია მიმდევრობით, ხოლო ჯგუფები ქსელში ჩართულია პარალელურად. პარალელურ-მიმდევრობითი სქემის გამოყენებისას კი ელექტროდეტონატორე-

ბის შეერთება ჯგუფში ხდება პარალელურად, ხოლო ჯგუფების ჩართვა ქსელში — მიმდევრობით.

შერეული მიმდევრობით-პარალელური სქემა, პარალელურ სქემასთან შედარებით, გამოირჩევა შემდეგი დადებითი მხარეებით: 1. საჭიროა უფრო ნაკლები სიმძლავრის დენის წყარო; 2. მაგისტრალური გამტარები უფრო ნაკლები კვეთისა აიღება; 3. შესაძლებელი ხდება დეტონატორებში გამავალი დენის თანაბრობის მიღწევა ჯგუფებში დეტონატორების რაოდენობის სათანადო შერჩევით (აქ მხრივ ეს სქემა მიმდევრობით შეერთების სქემას მაინც ჩამორჩება).

მიმდევრობითი-პარალელური შეერთება მოითხოვს დენის წყაროს უფრო ნაკლები ძაბვით, ვიდრე ეს მიმდევრობითი შეერთებისას არის საჭირო. ამიტომ მას მიმართავენ იმ შემთხვევაში, როდესაც დენის წყარო შედარებით დაბალი ძაბვისაა.

პარალელურ-მიმდევრობით შეერთება კიდევ უფრო იშვიათად გამოიყენება. ამ შემთხვევაში ყველა პარალელურ ჯგუფში უნდა იყოს ელექტროდეტონატორების თანაბარი რაოდენობა და მათ თანაბარი წინაღობა უნდა გააჩნდეთ. წინააღმდეგ შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ ცალკეული ჯგუფების მტყუნება.

უნდა აღინიშნოს, რომ შერეული სქემები ყველაზე უფრო რთულია როგორც მონტაჟის, ისე შემოწმებისა და გაანგარიშების მხრივ.

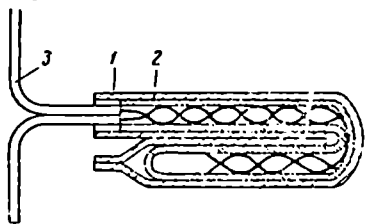
ელექტროფეთქებადი ქსელის სქემა ისე უნდა შეირჩეს, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს ყველა დეტონატორში თანაბარი ძალის დენის გავლა, რომლის სიდიდე საგარანტიო მნიშვნელობაზე ნაკლები არ უნდა იყოს. ამასთანავე, სასურველია რომ სქემას ჰქონდეს მარტივი სახე, ადვილი იყოს მისი წესიერულობის შემოწმება და მოითხოვდეს გამტარების ნაკლებ ხარჯსა და დენის წყაროს ნაკლებ სიმძლავრეს. ამ მოთხოვნებს ყველაზე უკეთ აკმაყოფილებს მიმდევრობითი შეერთება. როდესაც ეს სქემა ვერ უზრუნველყოფს საგარანტიო დენის მიღებას, მაშინ იყენებენ მიმდევრობით-პარალელური შეერთების სქემას.

5. ელექტროასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟისათვის იყენებენ სპილენძის, ალუმინის ან ფოლადის იზოლირებულ სადენებს. მათი ძარღვი შეიძლება შედგებოდეს ერთი ან რამდენიმე მავთულისაგან. უმეტესი გავრცელება აქვს სპილენძის სადენებს, რომელთაც ნაკლები წინაღობა გააჩნიათ.

თვით დეტონატორებში გამოყენებული სადენების დიამეტრი 0,5 მილიმეტრია, მანაწილებელი ქსელის მონტაჟის დროს ხმარობენ 0,5—0,8 მმ სისქის სადენებს. მაგისტრალური სადენების განიკვეთი 0,75 მმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. მშრალ სანგრევეებში ღია სამუშაოების დროს დაშვებულია რეზინის იზოლაციის მქონე სადენები, ხოლო სველი და წყლიანი სანგრევეების შემთხვევაში და აგრეთვე ყველა მიწისქვეშა

სანგრევი სადენებს უნდა ჰქონდეთ პოლიქლორვინილის ან პოლიეთილენის იზოლაცია. ზოგჯერ, საპასუხისმგებლო მასიური აფეთქებისას, მაგისტრალური ხაზი ბოძებზე დაყენებულ იზოლატორებზე იკიმება. ამ შემთხვევაში შეიძლება შიშველი სადენების გამოყენება. გამტარების განივკვეთის გათვლა წარმოებს საჭირო ძალის დენის გატარების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით. ზოგჯერ მათ წაეყენებათ სიმტკიცის პირობაც, რათა არ მოხდეს ქსელის გაწყვეტა მონტაჟის დროს.

ელექტროსაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის დროს მუდამ საჭირო ხდება სადენების გადაბმა. იგი შეიცავს სადენების ბოლოების გაშიშვლებას, მათ გადახვევას ერთმანეთზე და გადაბმის ადგილის დაფარვას საიზოლაციო მასალით. გადაბმის იზოლაციას ისეთივე წყალშეუღწევადობა მოეთხოვება, როგორც სადენის იზოლაციას გააჩნია. მუხტების დიდი რაოდენობის დროს, როდესაც მრავალი გადანაბმის გაკეთება საჭირო,



ნახ. 62. სადენების შემაერთებელი მასრა

შეიძლება გამოვიყენოთ სპეციალური შემაერთებელი მასრები (ნახ. 62). მასრა 1 პლასტმასისაა, რომელშიც ჩადგმულია რბილი თეთრი თუნუქის მოღუნული ზოლი 2 და ჩახსმულია სქელი საზეთი (ტავოტი ანუ სოლიდოლი). მასრაში შეჰყავთ შესაერთებელი სადენების 3 ერთმანეთში ჩაგრე-

ხილი ბოლოები, რის შემდეგ მასრას შუა ადგილას  $180^{\circ}$ -ზე ლუნავენ.

ელექტროსაფეთქებელი ქსელი მუდამ ორსადენიანი კეთდება. ერთ-ერთ სადენად წყლის, მიწის, რელსების, მილების და სხვათა გამოყენება აკრძალულია.

მანაწილებელი (საუბნე) სადენების ერთმანეთთან დაკავშირება და მათი მიერთება მაგისტრალურ სადენებთან ნებადართულია მხოლოდ ერთდროულად ასაფეთქებელი ყველა შპურის (ბურლილის) დამუხტვისა და დაცობის დამთავრების შემდეგ. ყველა პირი, რომლებიც დაკავშირებული არ არიან ელექტროსაფეთქებელი ქსელის მონტაჟთან, გაყვანილი უნდა იქნეს უსაფრთხო მანძილზე.

ქსელის მონტაჟი მიმდინარეობს სანგრევიდან დენის წყაროსაკენ. უკვე დამონტაჟებული უბნის სადენები მოკლედ უნდა ჩაირთოს მომდევნო უბნის სადენებთან მათ მიერთებამდე. მაგისტრალური სადენების ბოლოები მთელი დროის განმავლობაში, დენის წყაროსთან მიერთების მომენტამდე მოკლედ უნდა იქნეს ჩართული.

ელექტროფეთქებადი ქსელის მონტაჟის დროს ყველა ელექტროდანადგარში, კაბელებსა და საპარო სადენებში, რომლებიც საშიშ ზონაში იმყოფება, დენი გამორთული უნდა იყოს. მონტაჟის დროს ნება-



დართულია მხოლოდ განათების ქსელის დატოვება, რომელშიც ძაბვა 36 ვოლტს არ აღემატება.

მიწისქვეშა აფეთქებების შემთხვევაში მაგისტრალური სადენების მინიმალური სიგრძე, ე. ო. მანძილი სანგრევიდან დენის წყაროსთან მიერთების ადგილამდე, მოსამზადებელი სანგრევეებისათვის 75 მეტრი აიღება, ხოლო ლავეებისათვის—50 მეტრი. ჰაურის გაყვანისას მაგისტრალურ სადენად გამოიყენება რეზინის მოქნილი კაბელი და აფეთქება მიწის ზედაპირიდან ხდება. ღია სამუშაოების წარმოების დროს ასაფეთქებელი პუნქტი (მაგისტრალური სადენების დენის წყაროსთან მიერთების ადგილი) მოთავსებული უნდა იყოს აფეთქების სახიფათო გავლენის ზონის გარეთ.

მაგისტრალური სადენების გაბმა გვირაბში მიზანშეწონილია ხის ბიგებზე, განათებისა და ძალოვანი ქსელის მოპირდაპირე მხარეს. ჰაურების გაყვანის დროს ელექტროასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟი წარმოებს სპეციალურ პალოებზე, რომლებიც ჩამაგრებულია საამისოდ გაბურღულ მოკლე შპურებში. პალოების სიმაღლე ისეთი უნდა იყოს, რომ წყალმა არ დაფაროს სადენები აფეთქების მომენტამდე.

მიწის ზედაპირზე ელექტროასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟი კეკა-ქუხილის დროს დაუშვებელია.

ელექტროასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის დამთავრების მერე ხდება მისი გამტარობისა და წინაღობის შემოწმება საზომ-საკონტროლო ხელსაწყოების საშუალებით, რის შემდეგ შეიძლება დენის წყაროსთან ქსელის მიერთება და აფეთქება.

განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო აფეთქებების ჩასატარებლად რეკომენდებულია დუბლირებული ელექტროასაფეთქებელი ქსელის გამოყენება.

6. აფეთქება და მტყუნების ლიკვიდაცია. აფეთქებისათვის დენის წყაროდ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სპეციალური ასაფეთქებელი მანქანები (ხელსაწყოება) და ძალოვანი ან განათების ქსელი (იხ. ქვემოთ). ქსელის ჩამრაზები მოთავსებული უნდა იყოს სპეციალურ ყუთებში ან კარადებში, რომლებიც კლიტით იკეტება.

ასაფეთქებელი მანქანების, ხელსაწყოებისა და ჩამრაზიანი ყუთების გასაღებები მოსამზადებელი სამუშაოების მთელი დროის განმავლობაში, აფეთქების მომენტამდე, უნდა ჰქონდეს ფეთქებადი სამუშაოების უფროსს ან ამფეთქებელს, რომელიც ახდენს დენის ჩართვას მუხტების ასაფეთქებლად. გასაღების გადაცემა სხვა პირზე აკრძალულია.

აფეთქების მერე საფარიდან გამოსვლა და აფეთქების ადგილზე მისვლა ნებადართულია სანგრევის განიავების და მაგისტრალური სადენების გამორთვის შემდეგ, მაგრამ არა უადრეს 5 წუთისა.

თუ ღენის ჩართვისას აფეთქება არ მოხდა, ამფეთქებელმა უნდა გამორთოს მაგისტრალური საღენები, აილოს ღენის წყაროს გასაღები და მხოლოდ ამის შემდეგ გამოარკვიოს მტყუნების მიზეზები. მტყუნების ლიკვიდაციის წესი ისეთივეა, როგორიც ცეცხლოვანი აფეთქების შემთხვევაში გამოიყენება.

7. ცნობები ელექტრული აფეთქების თეორიიდან. ელექტროსაფეთქებელი ქსელების სწორი გაანგარიშებისათვის, უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა გავერკვეთ ელექტროდეტონატორის აფეთქების მოვლენაში.

ელექტროდეტონატორში მიმდინარე სითბური პროცესები დამოკიდებულია გავარვარების ხილში გამავალი ღენის ძალის სიდიდეზე. გავარვარების ხილში გამოყოფილი სითბო დასაწყისში მთლიანად ხმარდება მისივე გახურებას. ტემპერატურის ზოდანთან ერთად ხილის მიერ გაცემული სითბოს რაოდენობა თანდათან მატულობს და გარკვეული დროის შემდეგ მყარდება სითბური წონასწორობა. ამ დროს გამოყოფილი და გაცემული სითბოს რაოდენობანი თანაბარი ხდება. სითბური წონასწორობის დამყარების მომენტში გავარვარების ხილის ტემპერატურა დამოკიდებულია მასში გამავალი ღენის ძალის სიდიდეზე.

მცირე სიდიდის ღენის ძალის შემთხვევაში სითბური წონასწორობა მყარდება შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე, რომელიც არასაკმარისია სააღებელი ნივთიერების წვის დასაწყისისათვის. ამიტომ ნივთიერების ააღებას ადგილი არ ექნება ღენის გატარების ნებისმიერი ხანგრძლივობისას.

ღენის ძალის შედარებით მეტი სიდიდის შემთხვევაში სითბური წონასწორობა მყარდება საკმაოდ მაღალ ტემპერატურაზე და ამ მომენტიდან გარკვეული დროის გავლის შემდეგ იწყება სააღებელი ნივთიერების აპრიალება.

თუ გავარვარების ხილში გამავალი ღენის ძალა მეტად დიდია, მაშინ ხილის გახურების პროცესი სწრაფად ვითარდება და ამის გამო მისი გადაწვა უფრო სწრაფად მოხდება, ვიდრე სააღებელი ნივთიერება მოასწრებდეს წვის დაწყებისათვის საჭირო სითბოს მიღებას. გავარვარების ხილის გადაწვა, თავისთავად, კიდევ არ ნიშნავს დეტონატორის მტყუნებას, ვინაიდან ხილის გამდნარი ნაწილების გაცივებისას ხდება სითბოს გადაცემა სააღებელ ნივთიერებაზე, რაც შესაძლებელია საკმარისი აღმოჩნდეს მის ასაპრიალებლად (იმ დროის განმავლობაში, სანამ ხილის ტემპერატურა აპრიალების ტემპერატურაზე ქვემოთ დაეცემოდეს). ასეთივე სურათს ვლბებულობთ დიდი ძალის მქონე ღენის გატარებისას დროის მცირე მონაკვეთში.

როგორც ცნობილია, დენის გავლისას გამტარში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა გამოისახება ჯოულ-ლენცის კანონით

$$Q = 0,24 I^2 \cdot r \cdot t. \quad (1.29)$$

ჩვენ შემთხვევაში  $Q$  არის გავარვარების ხილში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა მცირე კალორიებში;  $I$  — ხილში გამავალი დენის ძალა, ამპ.;  $r$  — ხილის წინაღობა, ომ.;  $t$  — დენის გავლის ხანგრძლივობა, წმ.

გავარვარების ხილის წინაღობა

$$r = \rho \frac{l}{s} = \rho \frac{4l}{\pi D^2}, \quad (2.29)$$

სადაც  $\rho$  არის მასალის კუთრი წინაღობა, ომი. მმ<sup>2</sup>/მ;

$l$  — გავარვარების ხილის სიგრძე, მ;

$s$  — ხილის განივკვეთის ფართობი, მმ<sup>2</sup>;

$D$  — ხილის დიამეტრი, მმ.

თუ შევიტანთ წინააღობის მნიშვნელობებს (1) ფორმულაში, მივიღებთ

$$Q = 0,306 \frac{\rho \cdot l}{D^2} I^2 \cdot t. \quad (3.29)$$

თუ გავითვალისწინებთ დიდი ძალის დენის გატარებისას ხილის გახურების მნიშვნელოვან სიჩქარეს, შეიძლება დავუშვათ, რომ დენის მიერ გამოყოფილი სითბო მხოლოდ ხილის გახურებაზე იხარჯება, ამიტომ, მეორე მხრივ, შეგვიძლია დავწეროთ

$$Q = c \cdot V \cdot \gamma (T - T_0),$$

სადაც  $c$  არის ხილის მასალის კუთრი სითბოტევადობა, კალ/გ. გრად;

$V$  — ხილის მოცულობა, სმ<sup>3</sup>;

$\gamma$  — ხილის მასალის სიმკვრივე, გ/სმ<sup>3</sup>;

$T_0$  — ხილის საწყისი ტემპერატურა, გრად;

$T$  — ხილის გახურების ტემპერატურა, გრად.

ვინაიდან  $V = \frac{\pi D^3}{2} l$ , შეგვიძლია დავწეროთ

$$Q = c \frac{\pi D^3}{4} l \gamma (T - T_0). \quad (4.29)$$

თუ გავეტოლებთ (3.29) და (4.29) გამოსახულებებს და მოვახდენთ გარდაქმნებს, მივიღებთ

$$T = 0,39 \frac{\rho}{c \cdot \gamma \cdot D^2} I^2 \cdot t + T_0 \quad (5.29)$$

და

$$I^2 t = 2,56 \frac{c \gamma}{\rho} D^2 (T - T_0). \quad (6.29)$$

გამოსაბუღეობის 1-ე დენის იძულებული ეყოლება. როგორც (3) ფორმულიდან ჩანს, დენის იმპულსი წარმოადგენს გამტარში გამოყოფილ სითბოს განმსაზღვრელ სიდიდეს. თანახმად (1) ფორმულისა, დენის იმპულსი შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც გამტარის ერთეულზე მოსული ელექტრული ენერჯიის რაოდენობა, რომელიც გამტარის გახურებაზე იხარჯება.

როგორც (5) ფორმულა გვიჩვენებს, გავარჯარების ხიდის ტემპერატურა, დენის იმპულსის მოცემული მნიშვნელობის დროს, იზრდება მასალის კუთრი წინალობის პროპორციულად. მასალის კუთრი სითბოტევადობა და სიმკვრივე კი, პირიქით, ტემპერატურის უკუპროპორციულ სიდიდეებს წარმოადგენს. მკვეთრად ამცირებს ტემპერატურის მნიშვნელობას ხიდის დიამეტრის გაზრდა, რომელიც ფორმულაში მეოთხე ხარისხით შედის. აღნიშნული სიდიდეები შეიძლება ისე შევარჩიოთ, რომ საჭირო ტემპერატურა მივიღოთ დენის იმპულსის გარკვეული სიდიდის დროს. დენის იმპულსი მით ნაკლები იქნება საჭირო, რაც უფრო მცირე იქნება შეფარდება  $\frac{E}{P}$ . ამ სიდიდეს ყველაზე ნაკლები მნიშვნელობა

აქვს ნიქრომისათვის, რომელსაც იყენებენ ელექტროდეტონატორებში.

ზემოთ მოყვანილი გამოსახულებანი მიღებულია იმ დაშვებით, რომ დენის მიერ გამოყოფილი სითბო მხოლოდ ხიდის გახურებას ხმარდება. სინამდვილეში, სითბოს გადაცემას ხიდზე მიერთებულ სადენებზე და საალებელ ნივთიერებაზე ადგილი აქვს ხიდის გახურების პროცესის დროსაც. ამიტომ ტემპერატურის მნიშვნელობა სითბური წონასწორობის მომენტში უფრო ნაკლები იქნება, ვიდრე ეს (5) ფორმულიდან მიიღება.

ელექტროდეტონატორების ძირითად პარამეტრებს, რომელთა ცოდნა საჭიროა მათი საიმედო აფეთქების უზრუნველსაყოფად, მიეკუთვნება: 1. წინალობა; 2. უსაფრთხო დენი; 3. ხანგრძლივი საალებელი დენი; 4. ასმილისეკუნდიანი საალებელი დენი; 5. აალების იმპულსი; 6. ხიდის გადნობის იმპულსი; 7. გადაცემის დრო.

ელექტროდეტონატორის წინალობა  $r_0$ , რომლის ცოდნა აუცილებელია ელექტროფეთქებადი ქსელების გასაანგარიშებლად, წარმოადგენს გავარჯარების ხიდისა და დეტონატორის სადენების ჯამურ წინალობას ჩვეულებრივი ტემპერატურის დროს. აფეთქების მომენტში, გახურების შედეგად გამტარების კუთრი წინალობის გაზრდის გამო, ელექტროდეტონატორის წინალობა უფრო მეტ მნიშვნელობას ღებულობს. ამ მოვლენას ელექტროფეთქებადი ქსელების გაანგარიშებისას პრაქტიკულ მნიშვნელობას არ აძლევენ და დეტონატორების წინალობას, მათი აალების მთელი პროცესის განმავლობაში, მუდმივად თვლიან. სამთო მრეწველობისათვის განკუთვნილი ელექტროდეტონატორების წინალობა 1,6—9,5 ომის ფარგლებში ცვალებადობს.

ლობის მუდმივ დენს. რომლის გატარება განუსაზღვრელი დროის განმავლობაში არ იწვევს ელექტროდეტონატორის აფეთქებას. უსაფრთხო დენის სიდიდე დამოკიდებულია როგორც გავარვარების ხილის წინაღობაზე, ისე საალებელი ნივთიერების მგრძნობიარობაზე. წინალობისა და მგრძნობიარობის გაზრდით უსაფრთხო დენის მნიშვნელობა მცირდება.

უსაფრთხო დენის სიდიდე სამამულო წარმოების ელექტროდეტონატორებისათვის 0,15—0,18 ამპერია. იმისათვის, რომ დაცულ იქნეს სრული უსაფრთხოება, საკონტროლო ხელსაწყოებში გამოყენებული დენის ძალა 0,05 ამპერს არ აღემატება.

ხანგრძლივი საალებელი დენი  $I_s$  ისეთი მინიმალური მნიშვნელობის მუდმივი დენია, რომლის გატარება 1 წუთზე მეტი დროის განმავლობაში იწვევს ელექტროდეტონატორის აფეთქებას. მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია იმავე ფაქტორებზე, რომლებიც უსაფრთხო დენის სიდიდეზე ახდენს გავლენას. სამამულო ელექტროდეტონატორებისათვის იგი 0,3 ამპერს უდრის.

ასმილისეკუნდიანი საალებელი დენი  $I_{100}$  წარმოადგენს ისეთი სიდიდის მუდმივ დენს, რომელიც ელექტროდეტონატორის აფეთქებას იწვევს ჩართვიდან 100 მილისეკუნდის გავლის შემდეგ. დენის ასეთი მნიშვნელობა პრაქტიკულად უზრუნველყოფს ცალკეული ელექტროდეტონატორების საიმედო აფეთქებას. ასმილისეკუნდიანი დენის სიდიდე 0,375 ამპერის ტოლია.

აალების იმპულსი  $K$  ეწოდება მუდმივი დენის მინიმალური იმპულსს, რომელიც იწვევს ელექტროამონთების აალებას

$$K = I^2 \cdot t_s, \quad (7.29)$$

სადაც  $I$  არის საალებელი დენი, ამპ.;

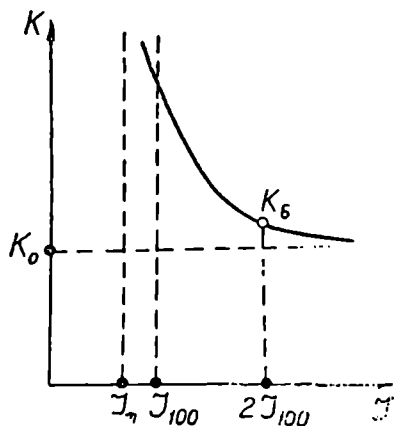
$t_s$  — აალების დრო, მილისეკ (ე. ი. დრო, რომელიც გადის დენის ჩართვიდან საალებელი ნივთიერების აპრიალეზამდე).

აალების იმპულსის შებრუნებულ სიდიდეს ელექტროდეტონატორის მგრძნობიარობა ეწოდება

$$S = \frac{1}{K} = \frac{1}{I^2 t_s}. \quad (8.29)$$

აალების იმპულსი ფრიალ მნიშვნელოვანი პარამეტრია. 63-ე ნახაზზე ნაჩვენებია აალების იმპულსსა და საალებელ დენს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი. მცირე ძალის დენის შემთხვევაში ხილის გახურება ნელა ხდება და ამიტომ სითბოს გაცემა გარემოზე მეტია. დენის ძალის გაზრდისას სითბური დანაკარგები კლებულობს, რაც იწვევს აალების იმპულსის შემცირებას. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, საალებელ დენსა და

აალების იმპულსს შორის დამოკიდებულების მრუდს ჰიპერბოლის სახე აქვს. მისი ვერტიკალური ასიმპტოტი უსაფრთხო დენის ინიშვნელობას გვაძლევს, ხოლო თარაზული ასიმპტოტი  $K_6$  წარმოადგენს აალების იმპულსს ისეთი დიდი ძალის მქონე დენისათვის, როდესაც სითბური და-



ნახ. 63. აალების იმპულსსა და საალებელ დენს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი.

ნაკარგები მხედველობაში მისაღები არ არის. მაშასადამე, აალების იმპულსი მოცემული დეტონატორისათვის მუდმივ სიდიდედ იქცევა მხოლოდ დიდი ძალის მქონე საალებელი დენის შემთხვევაში.

სამრეწველო ელექტროდეტონატორების ექსპერიმენტული შესწავლით გამოირკვა, რომ აალების იმპულსის მნიშვნელობა პრაქტიკულად სტაბილური ხდება ასმილისეკუნდიანი საალებელი დენის ორმაგი მნიშვნელობის შემთხვევაში. ასეთი სიდიდის აალების იმპულსს ნომინალური იმპულსი ( $K_6$ ) ეწოდება. სამრეწველო ელექტროდეტონატორე-

ბისათვის ნომინალური იმპულსის მნიშვნელობა უდრის  $0,6-2,5$  ა<sup>2</sup>მსეკ.

ხიდის გაღნობის იმპულსი ( $K_6$ ) გვიჩვენებს მუდმივი დენის იმპულსის მინიმალურ მნიშვნელობას, რომელიც იწვევს ელექტროდეტონატორის გავარვარების ხიდის გადაწვას. ხიდის გაღნობის იმპულსის ცოდნა საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ ხიდის გადაწვა საალებელი ნივთიერების აპრიალებამდე, რაც დეტონატორის მტყუნებას იწვევს. სამრეწველო ელექტროდეტონატორებისათვის მისი მნიშვნელობა  $5,5$  ა<sup>2</sup>მსეკ უდრის.

გადაცემის დრო  $\Theta$  ეწოდება იმ დროს, რომელიც გადის საალებელი ნივთიერების წვის დაწყებიდან ელექტროდეტონატორის აფეთქებამდე. აალების დრო  $t_a$  კი გვიჩვენებს დენის ჩართვიდან საალებელი ნივთიერების აპრიალებამდე გასულ დროს. ამ ორი სიდიდის ჯამი გვაძლევს ელექტროდეტონატორის ამოქმედების დროს, რომელიც განისაზღვრება დენის ჩართვისა და დეტონატორის აფეთქებას შორის არსებული ხანგრძლივობით

$$\tau = t_a + \Theta,$$

სადაც  $\tau$  არის ამოქმედების დრო;

$t_a$  — აალების დრო;

$\Theta$  — გადაცემის დრო.

გადაცემის დროს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მიმდევრობით ჩართული დეტონატორების აფეთქებისას. გადაცემის დრო უნდა ჭარბობდეს სხვადასხვა მგრძობიარობის ელექტროდეტონატორების აალების დროთა შორის განსხვავებას. წინააღმდეგ შემთხვევაში მივღებთ ნაკლებად მგრძობიარე ელექტროდეტონატორების მტყუნებას (იხ. ქვემოთ). გადაცემის დრო დამოკიდებულია საალებელი ნივთიერების შედგენილობასა და სიმკვრივეზე. სამრეწველო ელექტროდეტონატორებისათვის გადაცემის დრო შეადგენს 0,6—4,0 მილისეკუნდს. ამოქმედების დრო მყისი მოქმედების დეტონატორებისათვის 10 მილისეკუნდამდეა, ზოლო დაყოვნებული და მცირედ დაყოვნებული დეტონატორებისათვის განისაზღვრება მათზე აღნიშნული დაყოვნების დროით.

ცალკეული ელექტროდეტონატორების ან პარალელურად ჩართული ელექტროდეტონატორების ჯგუფური აფეთქება სირთულეს არ წარმოადგენს და საჭიროებს მხოლოდ სათანადო ძალის დენის მიწოდებას. სხვაგვარად დგას საკითხი მიმდევრობით ჩართული ელექტროდეტონატორების ჯგუფური აფეთქების დროს. ამ შემთხვევაში პირველად აფეთქდება უფრო მგრძობიარე დეტონატორი, რომელსაც ამოქმედების უმცირესი დრო გააჩნია. ამან შეიძლება გამოიწვიოს სხვა დეტონატორების მტყუნება ქსელის გაწყვეტის ვამო. იმისათვის, რომ ეს არ მოხდეს, პირველი დეტონატორის აფეთქებისას დანარჩენ დეტონატორებში უკვე დაწყებული უნდა იყოს საალებელი ნივთიერების წვა. ამისათვის საჭიროა, რომ დაცული იქნეს პირობა

$$\tau_{min} \geq t_{max}$$

ანუ

$$t_{min} + \Theta_{min} \geq t_{max} \quad (9.29)$$

სადაც  $\tau_{min}$  არის ყველაზე მგრძობიარე ელექტროდეტონატორის ამოქმედების დრო;

$t_{min}$  — აალების დრო იმავე დეტონატორისათვის;

$\Theta_{min}$  — გადაცემის მინიმალური დრო;

$t_{max}$  — აალების დრო ყველაზე ნაკლებად მგრძობიარე ელექტროდეტონატორისათვის.

თუ ამ უტოლობის ყველა წევრს  $I^2$ -ზე გავამრავლებთ, გვექნება

$$I^2 t_{min} + I^2 \Theta_{min} \geq I^2 t_{max}$$

ანუ

$$K_{min} + I^2 \Theta_{min} \geq K_{max}$$

საიდანაც

$$I \geq \sqrt{\frac{K_{max} - K_{min}}{\Theta_{min}}} \quad (10.29)$$

ეს ფორმულა გამოყვანილია ყველაზე არახელსაყრელი შემთხვევისათვის და ამიტომ მისი საშუალებით განსაზღვრულ დენს საანგარიშო საგარანტიო დენს უწოდებენ. მაგრამ მოცემული ფორმულით სარგებლობისას გაძნელებულია  $K_{max}$  და  $K_{min}$  შერჩევა, ვინაიდან მათი სიდიდე, თავის მხრივ, დამოკიდებულია დენის ძალაზე. ამიტომ გაანგარიშებისას ფორმულაში შეაქვთ აალების ნომინალური იმპულსის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობანი. ამ პირობით გამოთვლილი დენის ძალა უნდა უდრიდეს ან ჰარბობდეს ასმილისეკუნდიანი საალებელი დენის ძალის ორმაგ მნიშვნელობას. მაშინ (10.29) ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს

$$I = \sqrt{\frac{K_{6\ max} - K_{6\ min}}{\Theta_{min}}} \geq 2 I_{100} \quad (11.29)$$

სადაც  $K_{6\ max}$  და  $K_{6\ min}$  — აალების ნომინალური იმპულსის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებია;

$I_{100}$  — ასმილისეკუნდიანი საალებელი დენი, ა.

ზემოთ მოყვანილი საანგარიშო ფორმულები იძლევა საგარანტიო დენის მნიშვნელობას მუდმივი დენით აფეთქების დროს (მუდმივი დენის ქსელი, გალვანური ელემენტები, კონდენსატორული ასაფეთქებელი მანქანები და სხვ.). ცვლადი დენის გამოყენების შემთხვევაში საჭირო ხდება დენის ძალის ცვალებადობის კანონზომიერების გათვალისწინება. როგორც ცნობილია, ცვლადი დენის ძალის მყისი მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით

$$I = I_{max} \cdot \sin \omega t,$$

სადაც  $I_{max}$  არის ცვლადი დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა;

$\omega$  — წრიული სიხშირე;

$t$  — დროის მომენტი, რომლისთვისაც ისაზღვრება დენის მყისი მნიშვნელობა.

ცვლადი დენის ძალაში გულისხმობენ არა მის მაქსიმალურ სიდიდეს, არამედ მის ეფექტურ მნიშვნელობას, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

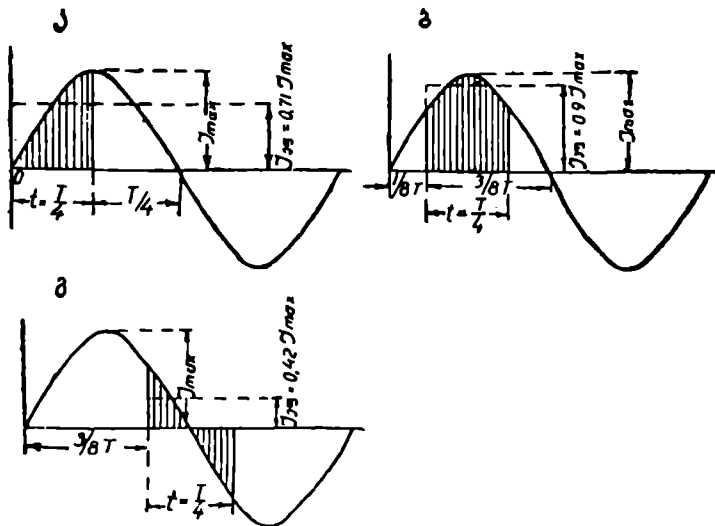
$$I_{eff} = 0,71 I_{max},$$

იგი მართებულია დენის გავლისას ნახევარი პერიოდისა და უფრო მეტი დროის განმავლობაში. თუ დენის გავლა წრედში ხდება მეოთხედი პერიოდის ტოლ ან უფრო ნაკლები დროის განმავლობაში, მაშინ დენის ეფექტური ძალა დამოკიდებული იქნება იმ მომენტზე, რომელშიც ხდება დენის ჩართვა. 64-ე ნახაზზე ნაჩვენებია მეოთხედი პერიოდის განმავლობაში დენის ჩართვის სამი შემთხვევა (გრაფიკები აგებულია სტანდარტული ცვლადი დენისათვის, რომლის სიხშირე 50 ჰერცია. ასეთი



დენის სრული პერიოდი 20 მილისეკუნდს შეადგენს). თუ წრედის ჩართვა უკლებლია იმ მომენტში, როდესაც დენის ძალა ნულს უტოლდება (ფაზა ა), მაშინ მისი ეფექტური მნიშვნელობა მოცემული მეოთხედისათვის  $I_{\text{ეფ}} = 0,71 I_{\text{max}}$ . ყველაზე ხელსაყრელი პირობა მიიღება წრედის ჩართვისას  $1/8$  პერიოდის გავლის მომენტში (ფაზა ბ) —  $I_{\text{ეფ}} = 0,91 I_{\text{max}}$ .

ყველაზე არახელსაყრელი პირობა გვაქვს წრედის ჩართვისას  $3/8$  პერიოდის გავლის მომენტში, ე. ი. როდესაც დენის ძალა ნულოვან



ნახ. 64. ცვლადი დენის ეფექტური მნიშვნელობანი ჩართვის სხვადასხვა მომენტისათვის.

მნიშვნელობას ღებულობს მეოთხედი პერიოდის შუაში (ფაზა გ) —  $I_{\text{ეფ}} = 0,42 I_{\text{max}}$ .

როგორც ვხედავთ, ერთი და იგივე ამპლიტუდის მქონე ცვლადი დენის დროს, მისი თანაბარი ხანგრძლივობის მოქმედების შემთხვევაში, ეფექტური დენის ძალის სიდიდე მნიშვნელოვნად იცვლება. ამიტომ საგარანტიო დენის სიდიდე განსაზღვრული უნდა იქნეს ყველაზე არახელსაყრელი პირობისათვის (ფაზა გ), წინააღმდეგ შემთხვევაში, შეიძლება აფეთქების მტყუნება მივიღოთ.

ცვლადი დენის შემთხვევაში საგარანტიო დენის ძალის სიდიდის საანგარიშოდ გამოყვანილია შემდეგი ფორმულა

$$I = \sqrt{\frac{K_{6 \max} - K_{6 \min}}{\Theta_{\min} \pm \sin(\omega \Theta_{\min})}} \quad (12)$$

ამ ფორმულაში  $K_{\max}$  და  $K_{\min}$  იმპულსების სიდიდეები შეიძლება ისეთი ავილოთ, როგორც მუდმივი დენის შემთხვევაში გვექონდა. მნიშვნელის მეორე წევრთან მიხედვით ნიშანი აიღება მაშინ, როდესაც  $\Theta_{\min} < \frac{T}{2}$ , ხოლო პლუსი — როდესაც  $\frac{T}{2} < \Theta_{\min} < T$ . ორივე შემთხვევაში

მნიშვნელის სიდიდე მეორე წევრის გავლენით მცირდება, რაც ზრდის საგარანტიო დენის სიდიდეს. ნამრავლი ამ გამოისახება რადიანებში.

(11.29) და (12.29) ფორმულების შედარება გვიჩვენებს, რომ ერთი და იმავე ელექტროდეტონატორის აფეთქებისათვის საჭირო საგარანტიო დენის ძალის სიდიდე სტანდარტული ცვლადი დენის შემთხვევაში უფრო მეტია, ვიდრე მუდმივი დენის დროს. დენის სიხშირის გაზრდისას ეს განსხვავება თანდათან კლებულობს. თუ სიხშირეს 400 ჰერცამდე გავზრდით, მაშინ საგარანტიო დენის ძალის მნიშვნელობა ცვლადი და მუდმივი დენის შემთხვევაში, პრაქტიკულად, ერთი და იგივე იქნება,

რაც უფრო მეტია ერთდროულად ასაფეთქებელი დეტონატორების რიცხვი, მით მეტი ალბათობა არსებობს მაქსიმალური და მინიმალური მგრძნობიარობის ელექტროდეტონატორების ქსელში ერთად მოხვედრისა (ელექტროდეტონატორების მიღებული პარტიიდან). ქსელში ჩართული დეტონატორების რიცხვის შემცირება ამ ალბათობას ამცირებს, ე. ი. ამ შემთხვევაში დეტონატორების მგრძნობიარობათა შორის ნაკლები განსხვავებაა მოსალოდნელი. ამის გამო, სააღებელი დენის ძალა შესაძლებელია შემცირებულ იქნეს. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, მოცემული დენის ძალა შესაძლებელია საკმარისი იყოს მიმდევრობით ჩართული დეტონატორების მცირე რიცხვისათვის, მაგრამ მათი რაოდენობის გაზრდის შემთხვევაში, ასეთი ძალის მქონე დენის გამოყენებისას, შეიძლება მტყუნებას ექნეს ადგილი.

პრაქტიკულად მიღებულია, რომ მიმდევრობით ჩართულ 100-მდე დეტონატორის შემთხვევაში საგარანტიო მუდმივი დენის ძალა არ უნდა იყოს ნაკლები 1 ამპერზე, ხოლო თუ მათი რიცხვი 300-მდეა — 1,3 ამპერზე. სტანდარტული ცვლადი დენით აფეთქების დროს საგარანტიო დენის ძალის მინიმალური მნიშვნელობა 2,5 ამპერი აიღება.

სამამულო წარმოების ელექტროდეტონატორებისათვის პრაქტიკულად არ არსებობს სააღებელი დენის ზედა ზღვარი. დიდი ძალის დენის გატარებით შეიძლება მოხდეს გავარვარების ბოგას გაღობა, მაგრამ იგი ამ დროს იმდენად ხურდება, რომ საკმარის სითბურ იმპულსს აძლევს სააღებელ ნივთიერებას.

8. ელექტროფეთქებადი ქსელის გაანგარიშება მიზნად ისახავს დენის ძალის შემოწმებას ომის კანონის საფუძველზე. ამისათვის საჭიროა ჯერ ვიანგარიშოთ თითოეული შტოსა და მთელი ქსე-

ლის ომური წინალობა და შემდეგ განვსაზღვროთ ქსელში (მაგისტრალში) და ცალკეულ დეტონატორებში გამავალი დენის ძალის მნიშვნელობა. გაანგარიშებული დენის ძალა საგარანტიო დენის ძალაზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

მიმდევრობითი შეერთების დროს დენის ძალას ქსელში და თითოეულ დეტონატორში ერთი და იგივე მნიშვნელობა აქვს და განისაზღვრება ფორმულით

$$I_{\text{მაგ}} = \frac{E}{R + r_0 + rn}, \quad (13.29)$$

სადაც  $E$  არის დენის წყაროს ელექტრომამოძრავებელი ძალა, ვოლტი;  
 $R$  — ქსელის მაგისტრალური და შემაერთებული სადენების წინალობა, ომი;  
 $r_0$  — დენის წყაროს შიგა წინალობა, ომი;  
 $r$  — ერთი ელექტროდეტონატორის წინალობა, ომი;  
 $n$  — დეტონატორების რიცხვი.

შიგა წინალობა  $r_0$  მხედველობაში მიიღება მხოლოდ ასაფეთქებელი მანქანების გამოყენებისას. თუ დენის წყაროდ განათების ან ძალოვანი ქსელი იხმარება, მაშინ შიგა წინალობას უგულებელყოფენ.

პარალელური შეერთების დროს, როგორც აღნიშნული იყო, შეიძლება გვექონდეს კონისებრი ან საფეხუროვანი სქემა. ეს უკანასკნელი იშვიათად გამოიყენება, ვინაიდან დენის წყაროსაგან დაშორებულ დეტონატორებში, ძაბვის ვარდნის გამო, სულ უფრო ნაკლები ძალის დენი მიდის, რის გამოც, შესაძლებელია მათი მტყუნება მივიღოთ. კონისებრ შეერთებას შეიძლება ჰქონდეს ერთჯერადი ან მრავალჯერადი სახე. ერთჯერადი კონისებრი შეერთებისა და საფეხუროვანი შეერთების დროს დენის ძალის სიდიდე ქსელში იანგარიშება ფორმულით

$$I_{\text{არ}} = \frac{E}{R_0 + r_0 + \frac{r}{n}}, \quad (14.29)$$

სადაც  $R_0$  — მაგისტრალური სადენების წინალობაა.  
 თითოეულ დეტონატორში გამავალი დენის ძალა

$$i_{\text{დაბ}} = \frac{I}{n}. \quad (15.29)$$

მრავალჯერად კონისებრ შეერთებას მიმართავენ სამუშაო ფრონტის დიდი სიგრძისა და დეტონატორების მნიშვნელოვანი რაოდენობის შემთხვევაში. ორჯერადი კონისებრი შეერთებისას დენის ძალა ქსელში

$$I_{\text{არ}} = \frac{E}{R_0 + r_0 + \frac{\frac{r}{n} + R_1}{n_1}}, \quad (16.29)$$

სადაც  $n$  არის დეტონატორების რიცხვი პირველად კონაში;

$n_1$  — პირველადი კონების რიცხვი;

$r$  — დეტონატორის წინალობა;

$R_1$  — კონის შემაერთებელი სადენების წინალობა.

თითოეულ დეტონატორში გამავალი დენის ძალა იქნება

$$i_{\text{დებ}} = \frac{I}{n \cdot n_1}. \quad (17.29)$$

სამჯერად კონისებრ შეერთებას იშვიათად ხმარობენ, ვინაიდან ქსელის მონტაჟი და მისი გამტარობის შემოწმება მეტად გართულებულია.

შერეული მიმდევრობით-პარალელური შეერთების დროს, რომელიც ელექტროდეტონატორების მეტად დიდი რაოდენობის შემთხვევაში გამოიყენება (მიმდევრობითი შეერთება ამ დროს ვერ უზრუნველყოფს საჭირო დენის გავლას ქსელში), დენის ძალა განისაზღვრება ფორმულით

$$I = \frac{E}{R_0 + \frac{R_1 + n}{m}}, \quad (18.29)$$

სადაც  $n$  არის თითოეულ ჯგუფში მიმდევრობით ჩართული დეტონატორების რიცხვი;

$m$  — მაგისტრალურ სადენებთან პარალელურად მიერთებულო ჯგუფების რიცხვი;

$R_1$  — ჯგუფის მაგისტრალთან მისაერთებელი სადენების წინალობა.

ამ შემთხვევაში თითოეულ დეტონატორში გამავალი დენის ძალა იქნება

$$i_{\text{დებ}} = \frac{I}{m}. \quad (19.29)$$

დენის ძალის განსაზღვრისას (18.29) ფორმულით იგულისხმება, რომ ელექტროდეტონატორების წინალობა და მათი რაოდენობა ყველა ჯგუფში თანაბარია. თუ ჯგუფში მათი რაოდენობა არათანაბარია და სხვადასხვა ჯგუფში დეტონატორების წინალობა ერთმანეთისაგან განსხვავდება, მაშინ დენის ძალის საანგარიშო ფორმულა იქნება

$$I = \frac{E}{R_0 + \frac{1}{\frac{1}{R_1 + r_1 n_1} + \frac{1}{R_2 + r_2 n_2} + \dots}}, \quad (20.29)$$

სადაც  $r_1, r_2, \dots$  არის ცალკეულ ჯგუფებში ელექტროდეტონატორების წინალობა;

$n_1, n_2, \dots$  — ცალკეულ ჯგუფებში ელექტროდეტონატორების რიცხვი;

$R_1, R_2, \dots$  — ჯგუფების მაგისტრალთან შესაერთებელი სადენების წინალობა.

მიმდევრობით-პარალელური შეერთების დროს ქსელის აფეთქება წარმოებს განათების ან ძალოვანი ხაზიდან, რომლის ძაბვა 127, 220 ან 380 ვოლტია. პარალელური ჯგუფებისა და ჯგუფებში მიმდევრობით ჩართული დეტონატორების მაქსიმალური რიცხვი, რომელიც შეიძლება აფეთქდეს მოცემული დენის წყაროთი, განისაზღვრება ფორმულებით

$$m = \frac{E}{2i_0 R_0} - \frac{R}{2R_0}; \quad (21.29)$$

$$n = \frac{E}{2ir} - \frac{R}{2r}. \quad (22.29)$$

აქ  $i$  არის ჯგუფში გამავალი დენის ძალა;

$R_0$  — მაგისტრალური სადენების წინალობა;

$R$  — ჯგუფის მაგისტრალთან შესაერთებელი სადენების წინალობა;

$r$  — ერთი ელექტროდეტონატორის წინალობა.

ეს ფორმულები გამოყენებულია ჯგუფებში დეტონატორების თანაბარი რაოდენობის ჩართვისა და მათი წინალობების ტოლობის შემთხვევისათვის.

შერეული პარალელურ-მიმდევრობითი შეერთების დროს დენის ძალის საანგარიშო ფორმულა შემდეგია

$$I = \frac{E}{R_0 + \left(\frac{r}{n} + R\right) m}. \quad (23.29)$$

ამ შემთხვევაში  $n$  არის ჯგუფში პარალელურად ჩართული დეტონატორების რიცხვი;

$m$  — მიმდევრობით ჩართული ჯგუფების რიცხვი;

$R$  — ორი მეზობელი ჯგუფის შესაერთებელი სადენების წინალობა.

თითოეულ დეტონატორში გამავალი დენის ძალა

$$i = \frac{I}{n}.$$

ასეთი სახის შეერთება იშვიათად იხმარება. იგი შეიძლება გამოვიყენოთ მრავალჯერადი კონისებრი შეერთების ნაცვლად. დეტონატო-

რების რიცხვი თითოეულ ჯგუფში 4—5-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ერთ-ერთი მათგანის გაწყვეტა გამოიწვევს ამ ჯგუფის დეტონატორებში გამავალი დენის ძალის მკვეთრ გაზრდას, რასაც ნაადრევი აფეთქება და სხვა ჯგუფების მტყუნება მოჰყვება.

ელექტროფეთქებადი ქსელის გაანგარიშება მიზნად ისახავს ისეთი სქემის შერჩევას, რომელიც უზრუნველყოფს საგარანტიო დენის გავლას თითოეულ დეტონატორში. ამის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი: დიდი კვეთის მქონე გვირაბის სანგრევეში ასაფეთქებელია ასი შპური. დეტონატორების შეერთება ერთმანეთთან და მაგისტრალურ სადენებთან უშუალოდ ხდება, დამატებითი სადენების გამოყენების გარეშე. ასაფეთქებლად გამოყენებულია განათების ქსელი, რომლის ძაბვა 220 ვოლტია. თითოეული დეტონატორის წინაღობა 1,5 ომი. მაგისტრალურ სადენებად აღებულია სპილენძის მავთული, რომლის წინაღობა ერთ მეტრზე 0,0175 ომს უდრის. მაგისტრალის სადენების მიერთება დენის წყაროსთან ხდება სანგრევიდან 150 მეტრის მანძილზე. შესარჩევია ელექტროდეტონატორების შეერთების სქემა, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება მათი საიმედო აფეთქება.

მაგისტრალური სადენის წინაღობა მოცემულ შემთხვევაში ტოლია

$$R_{\text{ა}} = 150 \cdot 2 \cdot 0,175 = 5,25.$$

თუ ავირჩევთ ელექტროდეტონატორების მიმდევრობით ჩართვის სქემას, მაშინ დენის ძალა ქსელში  $I$  და თითოეულ დეტონატორში  $i$  იქნება

$$I = i = \frac{E}{R + nr} = \frac{220}{5,25 + 1,5 \cdot 100} = 1,42 \text{ ა.}$$

როგორც ვხედავთ, დენის ძალა ნაკლებია საგარანტიო დენის ძალაზე (2,5 ა).

ელექტროდეტონატორების პარალელური შეერთებისას ქსელში მივიღებთ

$$I = \frac{E}{R_0 + \frac{r}{n}} = \frac{220}{5,25 + \frac{1,5}{100}} = 47,5.$$

ამ დროს თითოეულ დეტონატორში გაივლის

$$i = \frac{I}{n} = \frac{47,5}{100} = 0,474,$$

რაც, რასაკვირველია, არასაკმარისია ქსელის ასაფეთქებლად.

ავიღოთ მიმდევრობით-პარალელური შეერთება, როდესაც თითოეულ ჯგუფში მიმდევრობით ჩართულია 50 დეტონატორი და ორი ასეთი ჯგუფი მაგისტრალთან შეერთებულია პარალელურად. დენის ძალა ქსელში

$$I = \frac{E}{R_0 + \frac{rn}{m}} = \frac{220}{5,25 + \frac{1,5 \cdot 50}{2}} = 5,1,$$

თითოეულ დეტონატორში გაივლის

$$i = \frac{I}{m} = \frac{5,1}{2} = 2,55,$$

რაც საგარანტიო დენის ქვედა ზღვარის ტოლია.

თუ მიმდევრობით-პარალელური შეერთებისას, თითოეულ ჯგუფში ავიღებთ 20 მიმდევრობით ჩართულ დეტონატორს და 5 ასეთ ჯგუფს მაგისტრალში პარალელურად ჩავრთავთ, მაშინ მივიღებთ

$$I = \frac{220}{5,25 + \frac{1,5 \cdot 20}{5}} = 19,4 \text{ ა.}$$

თითოეულ დეტონატორში გაივლის

$$i = \frac{19,4}{5} = 3,88 \text{ ა,}$$

რაც აკმაყოფილებს საიმედო აფეთქების პირობას.

9. დენის წყაროები ელექტროაფეთქებისათვის შეიძლება ორ ჯგუფად დაიყოს: 1. დამოუკიდებელი (ავტონომიური) ასაფეთქებელი ხელსაწყოები, რომელთაც ელექტრული ენერგიის საკუთარი წყარო გააჩნიათ და 2. ქსელური ასაფეთქებელი ხელსაწყოები, რომლებიც ასეთ ენერგიას განათების ან ძალოვან ქსელიდანღებულობენ.

დამოუკიდებელ ხელსაწყოებს, რომლებშიც ენერგიას გალვანური ელემენტები ან აკუმულატორები იძლევა, უწოდებენ ასაფეთქებელ ხელსაწყოებს, ხოლო თუ ენერგია მცირე სიმძლავრის ხელით საბრუნო გენერატორით მიიღება—ასაფეთქებელ მანქანებს. ასაფეთქებელი ხელსაწყოების კლასიფიკაცია ნაჩვენებია 65-ე ნახაზზე.

ამჟამად უმეტესი გავრცელება აქვს ავტონომიურ ხელსაწყოებსა და მანქანებს, რომლებიც ადვილი გადასატანი და იოლი მოსახმარია. ქსელური ასაფეთქებელი ხელსაწყოები გამოიყენება ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებზე (გარდა მტვრისა და აირის მხრივ საფრთხილო შახტებისა), როდესაც მუხტების დიდი რაოდენობაა და ავტონომიურ ხელსაწყოს არ

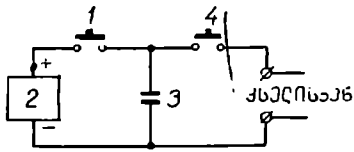




ძალუძს ელექტროფეთქებად ქსელში საგარანტიო დენის გატარების უზრუნველყოფა.

ავტონომიური ასაფეთქებელი ხელსაწყოებიდან საბჭოთა კავშირში ამაჲჲად მზადდება მხოლოდ კონდენსატორიანი ხელსაწყოები და მანქანები. დინამოელექტრული მანქანების გამოშვება, რომლებსაც აღრე ფართოდ იყენებდნენ, შეწყვეტილია.

კონდენსატორულ ხელსაწყოებსა და მანქანებში დენის წყაროდ გამოიყენება დამუხტული კონდენსატორი (ნახ. 65). იგი ელექტრულ ენერგიას ლებულობს მცირე სიმძლავრის პირველადი ენერგიის წყაროსგან (გალვანური ელემენტი, ხელით ასამოძრავებელი გენერატორი) 10—20 სეკუნდის განმავლობაში, რომელსაც შემდეგ სწრაფად (რამდენიმე მილსეკუნდში) გადასცემს ელექტროასაფეთქებელ ქსელს. ამის გამო ხელსაწყოს მიერ ქსელში გაგზავნილი სიმძლავრე რამდენიმე ათასჯერ მეტი გამოდის კონდენსატორის დამუხტვისას მიღებულ სიმძლავრეზე. ჩამრთველის 1 ჩარაზვის შემთხვევაში მუდმივი დენის წყარო 2 მუხტავს კონდენსატორს 3, ხოლო ლილაკზე 4 ხელის დაკერიით ხდება კონდენსატორის განმუხტვა ქსელში (ნახ. 66). კონდენსატორულ ხელსაწყოებს ხშირად უკეთდება შუქსასიგნალო მოწყობილობა, რომელიც აღნიშნავს კონდენსატორის დამუხტვას საჭირო ძაბვამდე.



ნახ. 66. კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყოს (მანქანის) პრინციპული სქემა

თანამედროვე ასაფეთქებელ ხელსაწყოებში კონდენსატორის დამუხტვა ჩვეულებრივად ხდება რამდენიმე ასეული ვოლტის ძაბვამდე. 1000 ვოლტზე მეტ ძაბვას იშეიათად იყენებენ ელექტროდეტონატორების გამტარებისა და მაგისტრალის იზოლაციის გარღვევის საშიშროების გამო. გამოიყენება ლითონქაღალდიანი კონდენსატორები.

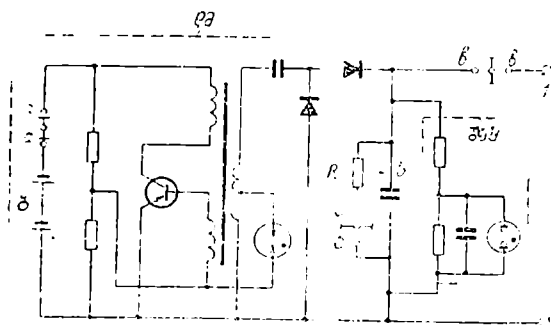
კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყოების დამმუხტავი მოწყობილობა ორი ტიპისაა. ერთ შემთხვევაში კონდენსატორი უშუალოდ იმუხტება მცირეგაბარიტიანი გალვანური ბატარეებიდან, რომელთა ძაბვა კონდენსატორის საანგარიშო ძაბვის ტოლია. მეორე შემთხვევაში დასამუხტავი მოწყობილობა შეიცავს მიმდევრობით ჩართულ ჩვეულებრივ ელემენტებს (KBC და სხვ.), ერთი-სამი ცალის რაოდენობით, სარელაქსაციო გენერატორს, რომელიც ბატარეების დაბალ მუდმივ ძაბვას გარდაქმნის მაღალ ცვლად ძაბვად და გამაორკეცებელ-გამმართველ სქემას, რამდენიმე ასეული ვოლტის სიდიდის მუდმივი ძაბვის მისაღებად.

კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყოებისა და მანქანების უპირატესობას წარმოადგენს მარტივი კონსტრუქცია და მოქმედების საი-

მედრობა, მცირე წონა და მოცულობა, სხვადასხვა სქემით ჩართულ ელექტროასაფეთქებელ ქსელებში გამოყენების შესაძლებლობა, რამდენიმე ხელსაწყოს ერთმანეთთან პარალელურად შეერთების საშუალება, რაც საჭიროა ელექტროდეტონატორების მეტად დიდი რაოდენობის ასაფეთქებლად.

ავტონომიური ასაფეთქებელი ხელსაწყოებიდან ამჟამად საბჭოთა კავშირში მზადდება კონდენსატორული ხელსაწყოები: КГІВ-1/100 მ; ПІВ-100 მ; СВМ-2; კონდენსატორული მანქანები КРМ-1А, ВМК-500 და მაღალსიხშირული ხელსაწყო ИВІІ-1/12. ადრე ფართოდ იყო გავრცელებული კონდენსატორული მანქანები ВМК-1/35, ВМК-1/100, ВМК-1/80 და КРМ-2, რომელთა გამოშვება შეწყვეტილია.

კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყო КГІВ-1/100 მ აფეთქებაუსაფრთხო კონსტრუქციისაა და შესაძლებ-



ნახ. 67. კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყოს ელექტრული სქემა

ლია გამოყენებულ იქნეს აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო შახტებში. ხელსაწყო ჩადგმულია პლასტმასის მტკიცე კორპუსში და გათვლილია  $-15^{\circ}\text{C}$ -დან  $+35^{\circ}\text{C}$ -მდე ტემპერატურისა და 98%-მდე შეფარდებითი ტენიანობის პირობებში სამუშაოდ (ტენიანობის ნაჩვენები მნიშვნელობა დასაშვებია  $+20^{\circ}\text{C}$ -ზე. ტემპერატურის გაზრდისას დასაშვები ტენიანობის სიდიდე მცირდება და  $+35^{\circ}\text{C}$ -ზე იგი 43%-ს არ უნდა აღემატებოდეს). მისი საშუალებით შეიძლება აფეთქდეს 100-მდე მიმდევრობით ჩართული ელექტროდეტონატორი (როდესაც ქსელის წინაღობა 320 ვოლტს არ აღემატება). ამ დროს ხელსაწყოს მიერ გაცემული დენის იმპულსი 3 აზმსეკ ნაკლები არ არის. დენის წყაროდ გამოყენებულია მიმდევრობით ჩართული სამი ელემენტი („სატურნი“ ან „მარსი“). ხელსაწყოს ელექტრული სქემა ნაჩვენებია 67-ე ნახაზზე. სქემაში შედის დამ-

მუხტველი მოწყობილობა დგ. შუქსასიგნალო მოწყობილობა უსმ, კონდენსატორი კ, მილსეკუნდური ზამბარიანი იამრთველი კონტაქტების საში წყვილით ( $a-a$ ,  $b-b$ ,  $c-c$ ), რომლებიც თვალსაჩინოებისათვის სქემის სხვადასხვა ადგილზეა ნაჩვენები, ხოლო სინამდვილეში ერთ კვანძშია ჩადგმული. ელექტროასაფეთქებელი ქსელის მიერთება ხდება კლემებზე 1,2.

ხელსაწყოს ასამოქმედებლად გადამრთველის გასაღებს დებენ სათანადო ბუდეში და აყენებენ „დამუხტვანზე“. ამ დროს კონდენსატორიდან გამოითიშება განმუხტვის რელე  $R$  (განიროთება კონტაქტები  $c-c$ ), ხოლო შემდეგ  $a-a$  კონტაქტების შეერთებით მოხდება ბატარეის გ ჩართვა და იწყება კონდენსატორის დამუხტვა. ამასთანავე ამუშავდება შუქსასიგნალო მოწყობილობა. კონდენსატორის დამუხტვას 600 ვოლტამდე 8 სეკუნდი სჭირდება. როდესაც შუქსასიგნალო მოწყობილობის ნათურა დაიწყებს ანთებას გადამრთველის გასაღები გადაჰყავთ „აფეთქების“ მდგომარეობაში. ამის შედეგად ხდება მილისეკუნდური ჩამრთველის ამუშავება: მისი ზამბარის გავლენით გერ განირთება  $a-a$  კონტაქტები (გამოირთება ბატარეა), მერე 2-4 მილისეკუნდით შეერთდება  $b-b$  კონტაქტები (კონდენსატორი ამ დროით მიუერთდება ხელსაწყოს კლემებთან დაკავშირებულ ელექტროასაფეთქებელ ქსელს) და ამის შემდეგ კი შეერთდება  $c-c$  კონტაქტები, რის შედეგად კონდენსატორს მიუერთდება გამმუხტვაი რეზისტორი  $R$ , რაც კონდენსატორიდან ნარჩენ მუხტს მოხსნის.



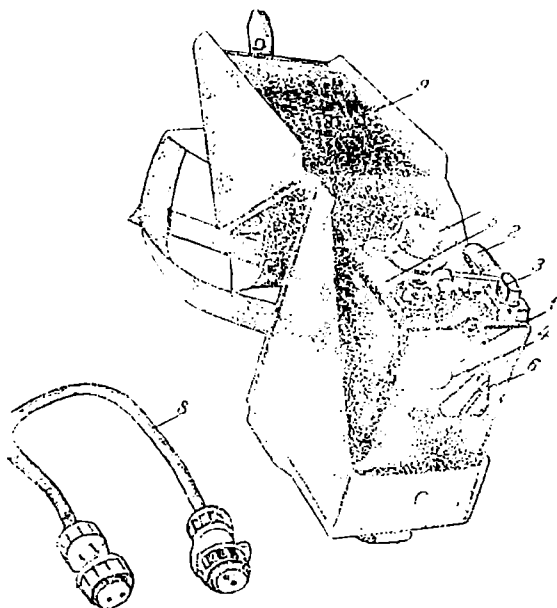
ნახ. 68. კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყო

ასაფეთქებელი ხელსაწყო КВП-1/100 მ ყველაზე მეტადაა გავრცელებული სამთო საწარმოებში, გამოირჩევა კარგი საიმედოობით.

კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყო ПИВ-100 მ (ნახ. 68) ისეთივე პირობებში გამოიყენება, როგორშიც КВП-1/100 მ-ს ხმარობენ. ამ ხელსაწყოების ელექტრული სქემები და ტექნიკური მახასიათებლებიც მსგავსნი არიან. განსხვავება ის არის, რომ ПИВ-1/100 მ ხელსაწყო დამატებით აღჭურვილია ომმეტრით, რითაც

შეიძლება ელექტროასაფეთქებელი ქსელის წინაღობის მიახლოებითი განსაზღვრა (ცდომილება აღწევს  $\pm 25\%$ ).

კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყო CBM-2 გამოიყენება სეისმური ძიების დროს. მისი საშუალებით შეიძლება 50-მდე მიმდევრობით ჩართული ელექტროდეტონატორის აფეთქება, როდესაც ქსელის წინაღობა 150 ომს არ აღემატება. ამ დროს ხელსაწყოს მიერ ქსელში გაგზავნილი იმპულსი  $3 \text{ ა}^2$  მსეკ-ზე შეტია. CBM-2-ის საშუალებით ხდება აგრეთვე სიგნალების გადაცემა სეისმურ ლაბორატორიაში, რაც საჭიროა აფეთქების მომენტის ფიქსირებისათვის, ქსელის გამტა-



ნახ. 69. კონდენსატორული ასაფეთქებელი მანქანა

რობის შემოწმება და სატელეფონო კავშირის განხორციელება აფეთქების პუნქტსა და სეისმურ ლაბორატორიას შორის. ამ ხელსაწყოს გამოყენება აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო შახტებში დაუშვებელია, ვინაიდან მისი კონსტრუქცია აფეთქებაუსაფრთხო არ არის. ხელსაწყო ჩადგმულია პლასტმასის ყუთში.

კონდენსატორული ასაფეთქებელი მანქანა КРМ-1А (ნახ. 69) განკუთვნილია ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებისათვის, გარდა აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო შახტებისა. მისი გამოყენება შეი-

ძლება — 40°C-დან + 45°C-მდე ტემპერატურისა და 100% შეფარდებითი ტენიანობის პირობებში. როდესაც ქსელის წინაღობა 300 ოჰმამდეა, იგი აფეთქებს მიმდევრობით ჩართულ 100 ელექტროდეტონატორს. მანქანა ჩადგმულია პლასტმასის კორპუსში 1.

მანქანის სამუხტავ მოწყობილობაში დენის წყაროდ გამოყენებულია მცირე სიმძლავრის ცვლადი დენის გენერატორი (მულმივი მაგნიტებით), რომლის ამუშავება ხდება სახელურის ბრუნვით. როდესაც სახელური 2 მოხსნილია, მაშინ მისი ჩასადგმელი ბუდე იხურება საფარით 6. სახელურის ბრუნვისას იმუხტება კონდენსატორი, რასაც დაახლოებით ოთხი სეკუნდი სჭირდება. ამის შემდეგ ინთება შუქსასიგნალო მოწყობილობის ნათურა, რაც ასაფეთქებელი ხელსაწყოს მზადყოფნის მაუწყებელია. კონდენსატორის მიერთება ელექტროფეთქებად ქსელთან ხდება ასაფეთქებელი დილაკის 4 დაჭერით.

ორი ასაფეთქებელი მანქანა КРМ-1-А შეიძლება პარალელურად ჩართოს, რაც საშუალებას იძლევა აფეთქებულ იქნეს დეტონატორების ორჯერ მეტი რაოდენობა. ამ მიზნით მანქანას აქვს შტეფსელი 7 და თან ახლავს შემაერთებელი კაბელი 8 (ნახაზზე ნაჩვენებია აგრეთვე სასიგნალო ნათურის საკვრეტელი 5, ქსელის მისაერთებელი მომკერები 3, კორპუსის სახურავი 9).

პარალელურად შეერთებული მანქანების გამოყენებისას სახელურები უკეთდება ორივე მანქანას, მაგრამ კონდენსატორი იმუხტება ერთერთი (ნებისმიერი) მანქანის სახელურის ბრუნვით. აფეთქება ხდება იმ მანქანის დილზე დაჭერით, რომლის მომკერებზეც ქსელია მიერთებული.

კონდენსატორული ასაფეთქებელი მანქანა ВМК-500 აფეთქებს მიმდევრობით ჩართულ 800 ელექტროდეტონატორს, როდესაც ქსელის წინაღობა 2100 ოჰმამდეა. შეიძლება აფეთქდეს, აგრეთვე, ორი პარალელურად ჩართული ჯგუფი, თითოში 500-მდე მიმდევრობით ჩართული ელექტროდეტონატორით. უკანასკნელ შემთხვევაში თითოეულ ჯგუფის წინაღობა არ უნდა აღემატებოდეს 1300 ოჰმს, ხოლო მთელი ქსელის წინაღობა — 650 ოჰმს. ამ პირობებში დენის იმპულსი 3 ა<sup>2</sup> მსეკ-ზე ნაკლები არ არის. ВМК-500-ს მოქმედების პრინციპი КРМ-1А-ს ანალოგიურია (გარკვეული განსხვავებაა ელექტრულ სქემაში; ერთი კონდენსატორის ნაცვლად გამოყენებულია კონდენსატორების ბლოკი, ტრანსფორმატორის ნაცვლად — ავტოტრანსფორმატორი და სხვ.). გამოიყენება ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებზე, გარდა მტერისა და აირის მხრივ საფრთხილო შესატებისა, როდესაც ტემპერატურა — 40°C-დან + 50°C-მდეა და ტენიანობა 95%-ს არ აღემატება. შესაძლებელია ორი მანქანის პარალელური სქემით მუშაობა, რაც საშუალებას იძლევა აფეთქდეს 1000 მიმდევრობით შეერთებული დეტონატორი, როდესაც ქსელის წინაღობა 2700 ოჰმამდეა, ან პარალელურად შეერთებული ორი ჯგუფი — თითოში მიმდევრობით ჩართული 850-მდე დეტონატორით, 1100 ოჰმამდე ქსელის

საერთო წინაღობის დროს. მანქანა ჩადგმულია პლასტმასის კორპუსში.

მაღალსიხშირული ნაპერწყალუსაფრთხო ასაფეთქებელი ხელსაწყო ИВП-12 განკუთვნილია უალო აფეთქების ვაზნების ელექტროთერმული ელემენტების აალებისათვის. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ თუ ქსელში 2,5 ამპერის ძალის მაღალი სიხშირის (30 კილოჰერცამდე) დენი გადის, მაშინ მისი გაწყვეტის შემთხვევაში წარმოქმნილი ნაპერწყლები მეთან-ჰაერის ნარევის აფეთქებას არ იძლევა.

ხელსაწყო ИВП-12 გამოიყენება 0°-დან +40°-მდე ტემპერატურის პირობებში, როდესაც შეფარდებითი ტენიანობა 98%-ს არ აღემატება. მისი საშუალებით შეიძლება 12-მდე მიმდევრობით ჩართული ელექტროთერმული ელემენტის აალება. ხელსაწყოში შედის კონდენსატორი, სამუხტავი მოწყობილობა, შუქსასიგნალო მოწყობილობა, მაღალსიხშირული გენერატორი, გამაძლიერებელი, მილისეკუნდიანი გადამრთველი-დენის წყაროდ გამოყენებულია „მარსის“ ტიპის ერთი ელემენტი.

პროფ. ა. ლურიეს მიერ შემუშავებულია კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყოების თეორია, რომელიც ითვალისწინებს კონდენსატორის განმუხტვის ცნობილ კანონებს და მიმდევრობით ჩართული დეტონატორების უტყუარი აფეთქების პირობებს.

კონდენსატორის მიერ ქსელში გაგზავნილი დენის ძალის მყისი მნიშვნელობა დროის მოცემულ მომენტში განისაზღვრება გამოსახულებიდან

$$i = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{Rc}}, \text{ ამპერი,}$$

სადაც  $U$  არის ძაბვის მნიშვნელობა, სადამდისაც დაიმუხტა კონდენსატორი, ვ;

$R$  — ელექტროასაფეთქებელი ქსელის წინაღობა, ომი;

$c$  — კონდენსატორის ტევადობა, ფარადა;

$t$  — კონდენსატორის განმუხტვის დაწყებიდან გასული დრო, სექ;

$e$  — ნატურალური ლოგარითმების ფუნქცია.

დენის ძალას მაქსიმალური მნიშვნელობა აქვს ქსელის ჩართვის მომენტში ( $t=0$ )

$$i_0 = \frac{U}{R}, \text{ ა.}$$

კონდენსატორის მიერ ქსელში გაცემული იმპულსი, მისი სრული განმუხტვის შემთხვევაში, გამოისახება ფორმულით

$$K = \frac{U^2 c}{2R}, \text{ ა}^2 \text{ მსექ.}$$

ჩვეულებრივად, პირველი ელექტროდეტონატორის აფეთქების შედეგად ქსელის ვიწყვეტის გამო, კონდენსატორის სრული განმუხტვა არ

ხდება. ამიტომ სჭირად საჭიროა დენის იმპულსის სიდიდის განსაზღვრა  $t$  დროის განმავლობაში, რისთვისაც მიღებულია გამოსახულება

$$K_t = \frac{U^2 \epsilon}{2R} \left( 1 - e^{-\frac{2t}{Tc}} \right), \text{ ა}^2 \text{ მსეკ.}$$

კონდენსატორული ხელსაწყოებისა და მანქანების გამოყენებისას მიმდევრობით ჩართული ელექტროდეტონატორების უტყუარი აფეთქების უზრუნველსაყოფად დაცული უნდა იქნეს შემდეგი ორი პირობა:

1. ასაფეთქებელი ხელსაწყოთა კონდენსატორის უნდა შეეძლოს ქსელში ისეთი სიდიდის დენის იმპულსის გაგზავნა, რომელიც ნაკლები არ იქნება ყველაზე ნაკლებად მგრძნობიარე ელექტროდეტონატორის აალების იმპულსზე ( $K_{\max}$ ). ამავე დროს, დენის ძალის სიდიდე ამ იმპულსის ბოლოს მინიმალურად დასაშვებ სიდიდეზე მცირე არ უნდა იყოს.

2. პირველი დეტონატორის აფეთქების შედეგად ელექტროსაფეთქებელი ქსელის გაწყვეტამდე ქსელმა უნდა მოასწროს ისეთი სიდიდის დენის იმპულსის მიღება, რომელიც ნაკლები არ იქნება ყველაზე ნაკლებად მგრძნობიარე ელექტროდეტონატორის აალების იმპულსზე.

პირველი პირობის შესასრულებლად აუცილებელია, რომ

$$K_t \geq K_{\max}$$

სადაც  $K_t$  არის კონდენსატორის მიერ ქსელში გაგზავნილი დენის იმპულსი, რომლის ბოლოს დენის ძალა მინიმალურად დასაშვები სიდიდის ტოლია;

$K_{\max}$  — ყველაზე ნაკლებად მგრძნობიარე ელექტროდეტონატორის აალების იმპულსი.

ამასთანავე საჭიროა, რომ დაცულ იქნეს პირობა

$$t_{\max} = t_{\text{მდ}},$$

სადაც  $t_{\max}$  არის დრო, რომლის განმავლობაშიც კონდენსატორი იმპულსს იძლევა;

$t_{\text{მდ}}$  — დრო, რომლის გავლის შემდეგ დენის ძალის სიდიდე მინიმალურად დასაშვები სიდიდის ტოლი ხდება.

მეორე პირობის დაკმაყოფილება მოითხოვს, რომ ყველაზე მეტად მგრძნობიარე ელექტროდეტონატორის ამოქმედების დრო ნაკლები არ უნდა იყოს ყველაზე ნაკლებად მგრძნობიარე ელექტროდეტონატორის აალების დროზე, ე. ი.

$$T_{\text{მინ}} \geq t_{\max}$$

შეიძლება დაუშვათ, რომ პირველად აფეთქდება ყველაზე მეტად

მგრძობიარე დეტონატორი. ქსელის გაწყვეტამდე საჭირო იმპულსის მიღების პირობა წინა გამოსახულების საფუძველზე შემდეგნაირად დაიწერება

$$\tau_{min} = t_{a \ min} + \Theta_{min}$$

სადაც  $\tau_{min}$  არის იმ დეტონატორის ამოქმედების დრო, რომელიც პირველად აფეთქდება;

$t_{a \ min}$  — ყველაზე მგრძობიარე ელექტროდეტონატორის აალების დრო, სეკ;

$\Theta_{min}$  — გადაცემის მინიმალური დრო, სეკ.

ბოლო ორი გამოსახულების საფუძველზე მივიღებთ

$$t_{a \ max} - t_{a \ min} \leq \Theta_{min}$$

ამ უტოლობის საფუძველზე პროფ. ლურიეს მიღებული აქვს ელექტროდეტონატორების უტყუარი აფეთქების მეორე პირობის გამომსახველი დამოკიდებულება

$$\frac{Rc}{2} \ln \left[ \frac{U^2 c - 2K_{a \ min} \cdot R}{U^2 c - 2K_{a \ max} \cdot R} \right] \leq \Theta_{min}$$

სადაც  $K_{a \ min}$  და  $K_{a \ max}$  არის აალების იმპულსების მნიშვნელობები ყველაზე ნაკლებად და ყველაზე მეტად მგრძობიარე ელექტროდეტონატორებისათვის.

კონდენსატორის ტევადობის მინიმალური მნიშვნელობა, რომელიც უზრუნველყოფს  $K_{a \ max}$  იმპულსის ქსელში გაგზავნას საალებელი დენის, ქსელის წინაღობისა და ძაბვის მოცემული სიდიდეების შემთხვევაში

$$c = \frac{2K_{a \ max} \cdot R}{U^2 - I^2 R^2}, \text{ ფარადა.}$$

მეორე მხრივ, მიმდევრობითი ელექტროფეთქებადი ქსელის წინაღობის მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობა, რომლის დროსაც კონდენსატორს შეუძლია  $K_{a \ max}$  იმპულსის ქსელში გაგზავნა, გამოისახება ტოლობით

$$R_{max} = \frac{cE^2}{2K_{a \ max}} \left( 1 - \frac{I^2 c E^2}{4K_{a \ max}^2} \right) \text{ ომი.}$$

აქ  $I$  არის ხანგრძლივი საალებელი დენი.

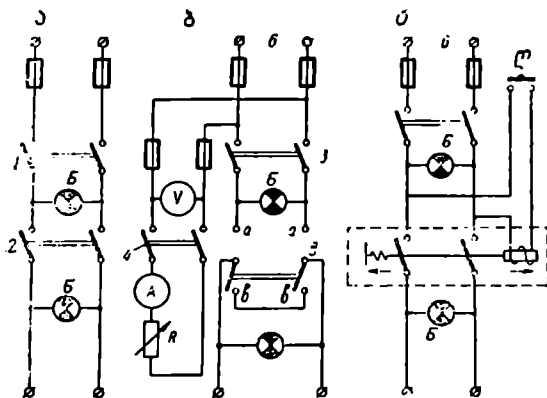
ელექტროასაფეთქებელი ქსელების გაანგარიშება კონდენსატორული ხელსაწყოებისა და მანქანების გამოყენების დროს მდგომარეობს ქსელის წინაღობისა და კონდენსატორის კორპუსზე აღნიშნული მაქსიმალურად დასაშვები წინაღობის მნიშვნელობათა შედარებაში (პირველის მნიშვნელობა მეორისაზე ნაკლები უნდა იყოს).



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 მტერის მხრივ საფრთხილო შახტებში აკრძალულია.

ასაფეთქებელ ხელსაწყოებს დენის პირდაპირი ჩართვით ასაფეთქებელ სადგურებს უწოდებენ. უმარტივესი ასაფეთქებელი სადგური (ნახ. 70 ა) შეიცავს დამხმარე 1 და ასაფეთქებელ 2 ჩამრაზებს, სასიგნალო ნათურებს ნ, ენერჯის წყაროსთან მისაერთებელ მომკერებს ან შტეფსელის ჩანგალს რ და ელექტროასაფეთქებელ ქსელთან მისაერთებელ მომკერებს. ზედა სასიგნალო ნათურა გვიჩვენებს ელექტრულ ქსელში ძაბვის არსებობას, ხოლო ქვედა ნათურა—ძაბვის გადაცემას ასაფეთქებელ ქსელში.

უფრო სრულყოფილ ასაფეთქებელ სადგურში (ნახ. 70 ბ), ასაფეთქებელი ჩამრაზის ნაცვლად არის გადამრთველი ბ (რომელიც მოკლედ რთავს მაგისტრალს აფეთქების მომენტამდე) და საცდელი წრედი, რომ-



ნახ. 70. ასაფეთქებელი სადგურების ელექტრული სქემები.

ლის საშუალებითაც მოწმდება ასაფეთქებელ ქსელში საგარანტიო დენის მიწოდების შესაძლებლობა. საცდელ წრედში შედის მარეგულირებელი სადატვირთო რეოსტატი  $R$ , ვოლტმეტრი  $V$  და ამპერმეტრი  $A$ . აფეთქების წინ ზომავენ ასაფეთქებელი ქსელის წინალობას და მის შესაბამისად არეგულირებენ რეოსტატს  $R$ . ამის შემდეგ ჩამრაზით 4 მას უერთებენ მკვებავ ქსელს. თუ ამ დროს ამპერმეტრი აჩვენებს, რომ დენის ძალა საცდელ ქსელში საანგარიშო მნიშვნელობაზე ნაკლები არ არის—ამორთავენ ჩამრაზს 4, ხოლო შემდეგ ჩართავენ ჩამრაზს 3 და გადამრთველის გადაყვანით ა—ა მდგომარეობაში მოახდენენ აფეთქებას.

პრესობას აგრეთვე ასაფეთქებელი სადგურის ისეთი სქემა, რომელშიც ასაფეთქებელი ჩამრახვის ნაცვლად გამოყენებულია კონტაქტორი 5 (ნახ. 70 გ). ამჟამად ღენს რთავენ ღილაკის ლ საშუალებით, რომელიც შეიძლება გატანილ იქნეს ასაფეთქებელი სადგურიდან დიდ მანძილზე; მასთან მიმავალ სადენებში მცირე ძალის ღენი გადის და ამიტომ ისინი მცირე კვეთისა აიღება. ეს გარემოება ასაფეთქებელი სადგურის სანგრეეთან ახლო განლაგების საშუალებას იძლევა. ამით მცირდება მაგისტრალური სადენების სიგრძე და წინაღობა, რის ხარჯზეც შეიძლება ელექტროდეტონატორების რიცხვის გადიდება ჯგუფში და პარალელურად ჩართული ჯგუფების რიცხვის გაზრდა. სანგრეეთან ახლოს განლაგების შემთხვევაში ასაფეთქებელი სადგურის დაზიანების თავიდან ასაცილებლად მას სათანადო შესაფარში ათავსებენ.

ქსელური გამმართველი ასაფეთქებელი ხელსაწყოები შეიცავს გამმართველს და გამართული ღენის ასაფეთქებელ ქსელში ჩასართველ აპარატებს. გამართული ღენის გამოყენება იძლევა მიმდევრობით ჩართული ელექტროდეტონატორების რიცხვის გადიდების საშუალებას. ასეთი ტიპისაა ასაფეთქებელი ხელსაწყო КВП-750, რომლის კვება ხდება 380 ვ ძაბვის სამფაზა ქსელიდან. ხელსაწყო გაანგარიშებულია 850 ელექტროდეტონატორის ასაფეთქებლად, რომლებიც ხუთ პარალელურად ჩართულ ჯგუფში თანაბრად არის განაწილებული, ე. ი. ყოველ ჯგუფში ნავარაუდევია 170 მიმდევრობით ჩართული დეტონატორი. ყოველი ჯგუფის წინაღობა 395 ომს არ უნდა აღემატებოდეს. ხელსაწყო ჩადგმულია ლითონის კორპუსში.

ქსელური კონდენსატორული ასაფეთქებელი ხელსაწყოების მოქმედების პრინციპი ისეთივეა, როგორც ამავე ტიპის ავტონომიურ ხელსაწყოებს ახასიათებს. ძირითად განსხვავებას წარმოადგენს ღენის წყარო.

ქსელური კონდენსატორული ხელსაწყოები ავტონომიურ ხელსაწყოებთან შედარებით უფრო მარტივი კონსტრუქციისა, ხოლო სხვა ქსელურ ხელსაწყოებისაგან განსხვავებით მეტად მცირე ძალის ღენს მოითხოვს (ამპერის მათედი ნაწილები ნაცვლად ათეული ამპერებისა).

ჩვენს ქვეყანაში სერიულად მზადდება მაღალვოლტიანი იმპულსების გენერატორები ГВИ, რომელიც ქსელურ კონდენსატორულ ხელსაწყოს წარმოადგენს და განკუთვნილია მაღალვოლტიანი ცალკეული ელექტროდეტონატორების ასაფეთქებლად.

სინუსოიდის ფიქსირებულ წერტილში ღენის ჩართველი ასაფეთქებელი ხელსაწყოა გადასატანი ასაფეთქებელი სადგური ПВС-220 იგი იკვებება ერთფაზა ცვლადი ღენის წყაროთი, რომლის ძაბვა 220 ვოლტი და სიხშირე—50 ჰერცი. ხელ-

ზაწყოს საშუალებით ხდება დენის ხანმოკლე ჩართვა მისი ამპლიტუდის მაქსიმალური მნიშვნელობის მომენტში და შემდეგ გამორთვა, როდესაც ოგი ნულოვან წერტილზე გადის. ამისათვის ხელსაწყოში გამოყენებულია აირის განმმუხტველი და სწრაფმოქმედი ელექტრომექანიკური რელე: აირის განმმუხტველს ისეთი წინაღობა აქვს, რომ მის გარღვევას სჭირდება 200 ვოლტი ძაბვა (გათვალისწინებულია ძაბვის შესაძლო ვარდნა ქსელში სხვადასხვა მიზეზის გამო).

აირის განმმუხტველას გარღვევის შედეგად ელექტროსაფეთქებელ ქსელში გადის დენის იმპულსი, რომელიც საკმარისია მიმდევრობით ჩართული 70 ელექტროდეტონატორის ასაფეთქებლად, როდესაც ქსელის წინაღობა 210 ომს არ აღემატება. დენის საჭირო იმპულსის გავლის შედეგად მოქმედებს ელექტრული რელე, რომელიც მექანიკურად არის დაკავშირებული ქსელის გამომრთველ ლილაკთან. ПВС-220 იწონის 1,5 კგ-ს, მისი გაბარიტებია  $140 \times 60 \times 86$  მმ. შეიძლება გამოყენებულ იქნეს  $-30^{\circ}$ -დან  $+40^{\circ}$ -მდე ტემპერატურისა და 98%-მდე შეფარდებითი ტენიანობის პირობებში.

ПВС-220 აღჭურვილია ცვლადი დენის ქსელის ძაბვისა და ელექტროსაფეთქებელი ქსელის წინაღობის საზომი მოწყობილობით.

### § 30. სადეტონაციო ზონით აფეთქება

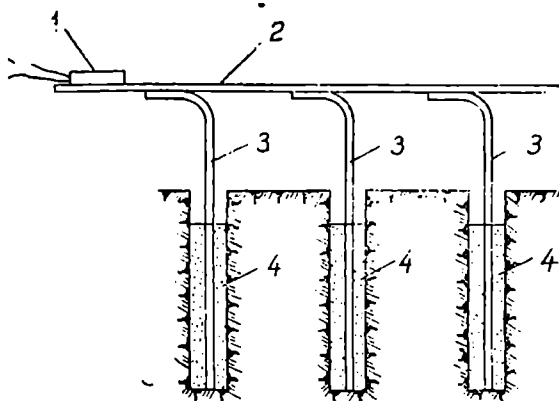
როგორც აღნიშნული იყო, სადეტონაციო ზონით აფეთქების დროს დეტონატორის მოთავსება მუხტში საჭირო არ არის. ამიტომ აფეთქების ამ ხერხს, ზოგჯერ, უდეტონატორო აფეთქების ხერხს უწოდებენ.

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

სადეტონაციო ზონით აფეთქების ხერხს აქვს შემდეგი უპირატესობანი:

1. სხვა ხერხებთან შედარებით გაცილებით მეტი უსაფრთხოება, რაც იმით აიხსნება, რომ საჭირო არ არის კათსულ-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

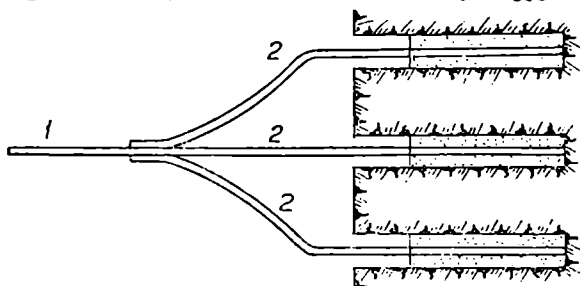
შეუძლებელი ხდება დამონტაჟებული ქსელის წესიერულობის შემოწმება რაიმე ხელსაწყოთი. გარდა ამისა, სადეტონაციო ზონრის შედარებით მაღალი ფასი აღიღებს ასაფეთქებელი სამუშაოების ღირებულებას.



ნახ. 71. სადეტონაციო ზონრით აფეთქების პარალელური სქემა

ასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის დროს სამუხტო ზონრების შეერთება შესაძლებელია სხვადასხვა სქემით შესრულდეს. 71-ე ნახაზზე ნაჩვენებ სქემას შეიძლება პარალელური შეერთება ვუწოდოთ.

პარალელურ შეერთებას იყენებენ ღია სამუშაოებზე, როდესაც მუშაობის ფრონტი მნიშვნელოვანი სიგრძისაა. ამ შემთხვევაში ბურღილე-



ნახ. 72. კონისებრი შეერთება სადეტონაციო ზონრით აფეთქებისას

ბის გასწვრივ გაყავთ სადეტონაციო ზონრის მაგისტრალური ხაზი 2, რომელსაც სამუხტო ზონრებს 3 უერთებენ. (1—დეტონატორი, 4—მუხტები).

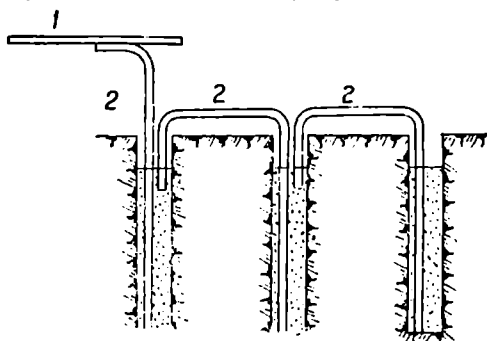
72-ე ნახაზზე ნაჩვენებია კონისებრი შეერთება, რომლის გამოყენებაც მიზანშეწონილია მუხტების შეჯგუფული განლაგებისას, რომელსაც ადგილი აქვს, მაგალითად, მცირე განივკვეთის მქონე სანგრევეების აფეთქების

დროს. ამ შემთხვევაში სამუხტო ზონრების 2 ბოლოები ერთად იკრიბება და მაგისტრალურ ზონარს 1 ერთ წერტილში უკავშირდება. სამუხტო ზონრების კონა შეიძლება უშუალოდ ავაფეთქოთ დამრტყმელი ვაზნით ან დეტონატორით.

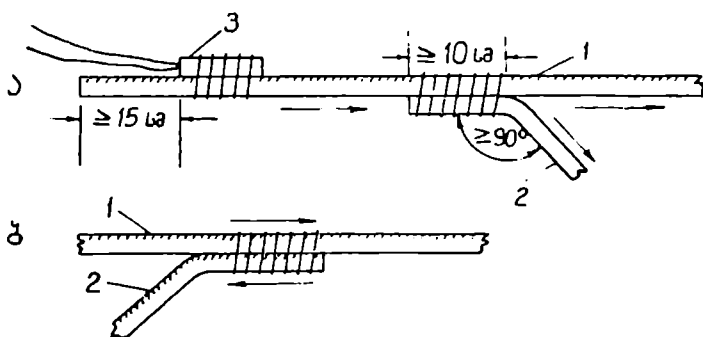
მიმდევრობით შეერთებას ხშირად მიმართავენ მუხტებს შორის მცირე მანძილის შემთხვევაში (ნახ. 73). ასეთი სქემა სადეტონაციო ზონრის შედარებით ნაკლებ ხარჯს მოითხოვს.

სადეტონაციო ზონრების დაკავშირება საიმედოდ უნდა მოხდეს, როგორც ეს ნაჩვენებია 74-ე ნახაზზე. ზონრების შეხების სიგრძე

10 სანტიმეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს. დამაგრება წარმოებს საიზოლაციო ლენტის ან კანაფის საშუალებით. ყურადღება უნდა მიექცეს შეერთების ადგილზე სამუხტო ზონრის 2 გალუნვის მიმართულებას; აუცილებელია რომ დეტონაციის ტალღის გავრცელებას მაგისტრალურ 1 და სამუხტო 2 ზონრებში თანხვედნილი მიმართულება ჰქონდეს (ნახ. 74, ა), წინააღმდეგ შემთხვევაში, მუხტის მტყუნებაა მოსალოდნელი, ვინაიდან



ნახ. 73. მიმდევრობით შეერთება

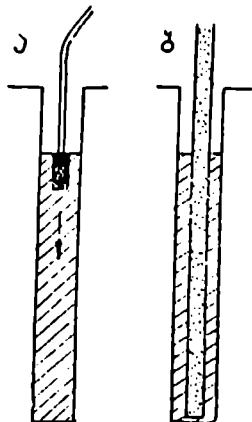


ნახ. 74. სადეტონაციო ზონრების დაკავშირება

მაგისტრალურ ზონარში გამავალმა ტალღამ შესაძლოა წაწყვიტოს სამუხტო ზონრის ბოლო და მასში დეტონაციის ტალღა აღარ გავრცელდება (ნახ. 74, ბ).

სადეტონაციო ქსელის გაწყობისას დაუშვებელია ზონარში ხეიბი-

სა და ნასკვების გაჩენა. სამუხტო ზონრები საკირო სიგრძეზე უნდა დაიკრას მუხტში მოთავსებამდე. დამრტყმელ ვაზნაში ან მუხტში შეყვანილი სადეტონაციო ზონრის გადაკრა აკრძალულია. თუ გარემოს ტემპერატურა 30°C-ზე მეტაა, საკიროა ქსელის დაცვა მზის სხივების მოქმედებისაგან (პლასტიკატის გარსის მქონე ზონრებისათვის ეს საკირო არ არის). ერთ ასაფეთქებელ ქსელში რეკომენდებული არ არის სხვადასხვა მარკის სადეტონაციო ზონრების გამოყენება.



ნახ. 75. დამრტყმელი ვაზნით და სადეტონაციო ზონრით მუხტის ინიცირების სქემა

ქსელის მონტაჟის დამთავრების შემდეგ მის აფეთქებას ახდენენ კაფსულ-დეტონატორის ან ელექტროდეტონატორის საშუალებით. დეტონატორის 3 მიმაგრება ხდება მაგისტრალურ ზონარზე, მისი ბოლოდან 15 სანტიმეტრის მანძილზე (ნახ. 74).

საბასუხისმგებლო აფეთქებისათვის იყენებენ დუბლირებულ სადეტონაციო ქსელებს. ორივე ქსელის აფეთქებას ახდენენ ერთდროულად, ერთი და იმავე ინიციატორის საშუალებით. ამ დროს მიზანშეწონილია ინიციატორად გამოვიყენოთ არაჩაკლებ ორი ელექტროდეტონატორისა.

კამერული მუხტების აფეთქებისას აუცილებელი ხდება სადეტონაციო ზონრის გაყვანა შტოლნის მთელ სიგრძეზე, რომელიც შემდეგ ფუჭი ქანით ივსება (კეთდება დაცობა). ამ შემთხვევაში საკიროა ზონრის მოთავსება სპეციალურ ხის ლარებში, რაც მას მექანიკური დაზიანებისაგან იცავს.

ღია სამუშაოებზე ბურღილების მეთოდით მუშაობისას მიიღება დიდი სიგრძის მუხტები. როდესაც მათი ინიცირება ხორციელდება ერთ წერტილში (დამრტყმელი ვაზნით), მაშინ მთელი მუხტის აფეთქება ხდება დროის მონაკვეთში, რომელიც სკირდება დეტონაციის ტალღის გავლას მუხტის ერთი ბოლოდან მეორემდე (ნახ. 75 ა). თუ ამ შემთხვევაში სადეტონაციო ზონარს გამოვიყენებთ, რომელიც მუხტს მთელ სიგრძეზე გასდევს, მაშინ ინიცირებას მივიღებთ არა ერთ ადგილზე, არამედ მუხტის ღერძის ყოველ წერტილში, ამიტომ მუხტის დეტონაციას უფრო ნაკლები დრო დასკირდება და ამით გაიზრდება ფეთქებადი ნივთიერების ბრიზანტული მოქმედება. ეს გარემოება საშუალებას იძლევა ქანის დასანგრევად გამოყენებულ იქნეს მცირე ბრიზანტულობის ან მტყორცნი თვისებების მქონე ფეთქებადი ნივთიერება.

მუხტის აწვითების მოწყობა გარემოში

§ 31. მუხტის სახეობანი

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

მუხტი შეიძლება იყოს მთლიანი ან დანაწილებული. მთლიანი ანუ უწყვეტი მუხტი წარმოადგენს ფეთქებადი ნივთიერების ერთობლივ სხეულს, რომელსაც არ გააჩნია რაიმე შუალედები. დანაწილებული ანუ წყვეტილი მუხტის შემთხვევაში კი ფეთქებადი ნივთიერების მასა შედგება ცალკეული ნაწილებისაგან, რომელთა შორის ჰაერის ან ინერტული მასალის შუალედებია დატოვებული.

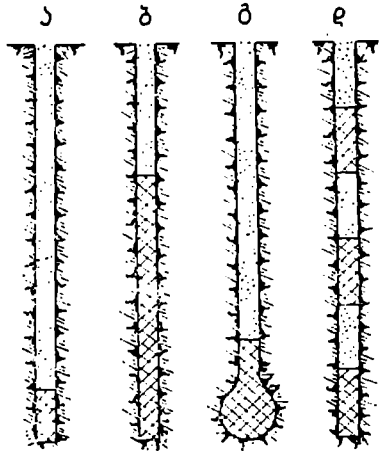
მთლიანი მუხტი გვხვდება შეჯგუფებული ან წაგრძელებული სახით. პირობით მიღებულია, რომ შეჯგუფებული ეწოდება ისეთი ფორმის მუხტს, რომლის უდიდეს და უმცირეს ზომებს შორის შეფარდება 5-ზე მეტი არ არის (ნახ. 76, ა). წაგრძელებული მუხტის შემთხვევაში ეს შეფარდება 5-ზე მეტია (ნახ. 76, ბ).

შეჯგუფებული მუხტის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს ქვაბური მუხტი (ნახ. 76, გ). იგი მიიღება შპურის ან ბურღილის ძირის წინასწარი გაფართოების შედეგად.

დანაწილებული მუხტის სქემა მოცემულია 76, დ ნახაზზე. ასეთ მუხტს ხშირად იყენებენ კარიერებზე ღრმა ბურღილებით მუშაობის დროს, ქანის თანაბარი დამსხვრევის მიზნით.

მუხტს უმეტეს შემთხვევაში მარტივი ფორმა აქვს (ცილინდრი, სფერო, კუბი, პარალელებიპედი), ხოლო ზოგჯერ მას რთული კონფიგურაცია გააჩნია. ასეთ მუხტს ფიგურული ეწოდება.

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



ნახ. 76. მუხტის სახეობანი

სამუხტო კამერის სახეობის მიხედვით მუხტს შეიძლება ეწოდოს საშპურე, საბურღილე, კამერული და სხვ.

მუხტი თავის დასახელებას ხშირად ღებულობს მისი დანიშნულების ან მოქმედების გამოვლინების ხასიათის შესაბამისად— კაშუფლეტურ-რი, გაფხვიერების, გამოყრის და სხვ. (იხ. ქვემოთ).

### § 32. მუხტის მოქმედების გამოვლინების ფორმები

წარმოვიდგინოთ ერთგვაროვანი, იზოტროპული, მკვრივი გარემო, რომელშიც მოთავსებულია შეჯგუფებული მუხტი 1 (ნახ. 77). მუხტის აფეთქება გამოიწვევს დარტყმითი ტალღის წარმოქმნას, რომელიც გავრცელდება გარემოში ყველა მიმართულებით, თანაბარი ძალით. შეიძლება ვთქვათ, რომ დარტყმითი ტალღის გავრცელებას კონცენტრული ხასიათი აქვს.

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

სამხედრო სპეციალისტების შეხედულების თანახმად შეიძლება გავარჩიოთ გარემოს დეფორმაციის სამი ზონა (სფერო), რომლებიც ხარისხობრივად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. უშუალოდ მუხტის მახლობლობაში აფეთქების პროდუქტების უდიდესი წნევის გავლენით გარემო განიცდის კუმშვასა და დაწვრილმანებას. შესაბამის არეს კუმშვის ან დაწვრილმანების ზონა ეწოდება (ნახ. 77, 2). თუ გარემო კუმშვადაა, რაც მაგალითად თიხებისთვისაა დამახასიათებელი, მუხტის აფეთქების ადგილზე შეიქმნება სიღრუე, ე. ი. კუმშვის ზონა მკვეთრად გამოხატულ სახეს მიიღებს. კლდოვანი ქანების შემთხვევაში კი, მათი მცირე კუმშვადობის გამო, მუხტის ადგილის ირგვლივ წარმოქმნილი სიღრუეს უმეტესი ნაწილი დაწვრილმანებული ქანის ნამცეცებით იქნება ამოვსებული.

კუმშვის ზონის გარეთ დარტყმითი ტალღის მოქმედება შედარებით სუსტდება, მაგრამ გარკვეულ არეში იგი იწვევს გარემოს მთლიანობის დარღვევას. ამ დროს ჩნდება ბზარების მთელი სისტემა. იმ არეს, სა-



დაც მუხტის მოქმედება ასეთი სახით გამოვლინდება, დანგრევის ზონა ეწოდება (ნახ. 77, 3).

დანგრევის ზონის გარეთ დარტყმითი ტალღის სიჩქარე უახლოვდება მოცემულ გარემოში ბგერის სიჩქარეს და მისი ინტენსივობა იმდენად მცირდება, რომ იგი ვეღარ ახდენს გარემოს ნაწილაკებს შორის კავშირის დარღვევას. ამიტომ გარემო მხოლოდ რყევას განიცდის, ასეთი ხასიათის დეფორმაციების არეს რყევის ზონას უწოდებენ (ნახ. 77, 4).

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

უნდა აღინიშნოს, რომ მუხტის მოქმედების დახასიათება ზემოთ აღნიშნული ზონების (სფეროების) სახით გარკვეულ პირობითობას შეიცავს. სინამდვილეში ამ ზონებს შორის მკვეთრად გამოხატული საზღვრები არ არსებობს. ცხადია, რომ ზონების მოცულობები დამოკიდებულია მუხტის სიდილეზე, ფეთქებადი ნივთიერების სიმძლავრესა და გარემოს მექანიკურ თვისებებზე.

ზოგი ავტორი დანგრევის ერთიანი ზონის ნაცვლად იხილავს ორ ზონას — პლასტიკური დეფორმაციების ზონას და დაბზარვის ზონას. პლასტიკური დეფორმაციების, ანუ გაჭყლეთის ზონა უშუალოდ ეკვრის შეკუმშვის ზონას და, დაახლოებით, მუხტის  $r_0$  რადიუსის ტოლ მანძილზე ვრცელდება (იგივე ითქმის შეკუმშვის ზონაზე). დაბზარვის ზონის გავრცელების მანძილი კი 40—50  $r_0$ -ს შეადგენს.

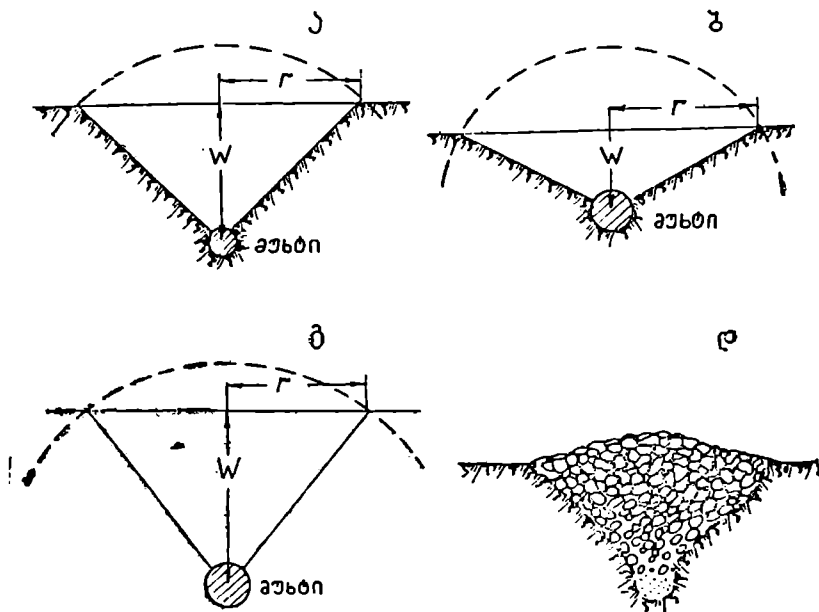
იმის მიხედვით, თუ როგორია მუხტის სიდიდე და განლაგების სიღრმე, აფეთქებით გამოწვეული გარემოს დეფორმაციები მის ზედაპირზე სხვადასხვა ფორმით გამოვლინდება.

როდესაც აფეთქება დიდ სიღრმეზე ხდება, მაშინ მუხტის მოქმედების რადიუსი შესაძლოა ნაკლები აღმოჩნდეს ზედაპირიდან მუხტის დაშორების მანძილზე (ნახ. 77). ამ შემთხვევაში აფეთქების მოქმედების ხილული გამოვლინება მიწის ზედაპირზე არ აღინიშნება. ზედაპირს მხოლოდ გარემოს რყევის ტალღები (დრეკადი ტალღები) ზიარწევს. ასეთ მუხტს მიწისქვეშა მოქმედების მუხტი ჰქვია, ხოლო სამხედრო საქმეში მას კამუფლეთურ მუხტს უწოდებენ. თუ მუხტის დაცილება ზედაპირიდან მუხტის მოქმედების რადიუსის ტოლია, მაშინ აღინიშნება უდიდესი კამუფლეთი.

როდესაც მუხტის მოქმედების რადიუსი მეტია მუხტის განლაგების სიღრმეზე, მაშინ მიწის ზედაპირზე აფეთქების მოქმედების ხილული გამოვლინება მიიღება (ნახ. 78). ამ შემთხვევაში ხდება დანგრეული ქანის ნაწილის გადაადგილება ღია ზედაპირის მიმართულებით, რის შედეგად აფეთქების ძაბრი, ანუ გამოყრის ძაბრი წარმოიქმნება. გულისხმობენ, რომ აფეთქების ძაბრს გადმობრუნებული კონუსის ფორმა აქვს.

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

ყველა მუხტი, რომელთა მოქმედება იწვევს აფეთქების ხილული ძაბრის წარმოქმნას მიწის ზედაპირზე, გამოყრის მუხტის სახელწოდებას ატარებს. მათი მოქმედების შეფასება ხდება გამოყრის მაჩვენებლის, ანუ



ნახ. 78. გამოყრის ძაბრის ფორმები

აფეთქების მოქმედების მაჩვენებლის მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს ძაბრის ფუძის რადიუსის შეფარდებას უმცირესი წინაღობის ხაზთან და ჩვეულებრივად, „ასოთი აღინიშნება

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

თუ აფეთქების შედეგად წარმოქმნილი ძაბრის ფუძის რადიუსი უმცირესი წინაღობის ხაზის 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. 78, ა).

როდესაც აფეთქების მოქმედების მაჩვენებელი  $n = \frac{r}{W} < 1$ , მაშინ გვაქვს შემცირებული გამოყრის ძაბრი და შემცირებული გამოყრის მუხტი (ნახ. 78, ბ).

გაძლიერებული გამოყრის ძაბრი და გაძლიერებული გამოყრის მუხტი მაშინ გვექნება, თუ  $n = \frac{r}{W} > 1$  (ნახ. 78, 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. 78, დ). ასეთი მოქმედების მუხტს გაფხვიერების მუხტი ეწოდება.

სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისა და მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობისას, უფრო ხშირად, საჭიროა ქანის დამსხვრევა მისი გატყორცნის გარეშე, რაც ხელსაყრელ პირობებს ქმნის მისი აღებისათვის. აფეთქების ასეთი ეფექტის მისაღებად მიზანშეწონილია გაფხვიერების მუხტების გამოყენება.

ზოგჯერ აფეთქების მიზანია ქანის გატყორცვა მნიშვნელოვან მანძილზე. ეს საჭიროა, მაგალითად, არხების გაყვანისას, სასარგებლო წიაღისეულის ზემოდან მდებარე ქანების მოცილებისას, კაშხლების აგებისას და სხვ. ასეთი სამუშაოების შესრულება მოითხოვს გაძლიერებული გამოყრის მუხტების გამოყენებას (როდესაც გამოყრის მაჩვენებელი  $n = 1,5$ , მაშინ ამბობენ, რომ გვაქვს გასამკეცებელი გამოყრის მუხტი, თუ  $n = 2$ , გვექნება გაოთხეცებელი გამოყრის მუხტი და ა. შ.).

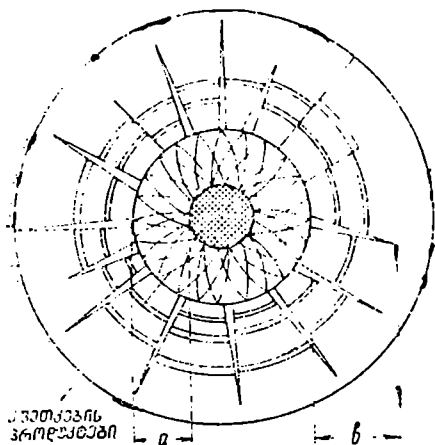
ყოველივე ზემოაღნიშნული ზოგად წარმოდგენას იძლევა ცალკეული მუხტის მოქმედების გამოვლინების ფორმებზე.

### § 33. აფეთქებით ქანის დანგრევის მეთოდები

აფეთქების დროს ქანის დანგრევის მექანიზმის შესწავლა გართულებულია თვით პროცესის ხანმოკლეობისა და მასზე დაკვირვების სიძნელის გამო. ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ ქანის დანგრევის განპირობებს დარტყმითი ტალღისა და დეტონაციის პროდუქტების წნევის ერთობლივი მოქმედება, ზოგ მკვლევარს მთავარ დამანგრეველ ფაქტორად აფეთქების აირების ე. წ. დგუშისებრი მოქმედება მიაჩნია. ხოლო

ზოგი მთავარ მოქმედებას ტალღურ პროცესებს მიაწერს, ქვემოთ. მოყვანილია ზოგიერთი, შედარებით ახალი, თეორიული შეხედულებანი აფეთქების დროს ქანების დანგრევის მექანიზმზე, რომლებმაც რამდენიმედ გააშუქეს ამ მოვლენის ფიზიკური არსი.

პროფ. გ. პოკროვსკი განიხილავს მუხტის მოქმედებას ერთგვაროვან დეფორმად გარემოში (ნახ. 79). ვინაიდან ფეთქებადი ნივთიერების



ნახ. 79. მუხტის მოქმედება ერთგვაროვან გარემოში.

დეტონაციის სიჩქარე ბევრად აღემატება ქანში დეფორმაციის გავრცელების სიჩქარეს, ამიტომ შეეჯგუფული მუხტის განხილვისას შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მუხტის დეტონაცია უფრო ადრე დამთავრდება, ვიდრე დეფორმაცია მოასწრებდეს გარემოში გადაადგილებას შესამჩნევ მანძილზე. ამ მოსაზრების საფუძველზე პროფ. გ. პოკროვსკი თვლის, რომ აფეთქების ზემოქმედებას სამუხტე კამერის მთელი ზედაპირი პრაქტიკულად ერთდროულად განიცდის.

დეტონაციის პროდუქტების წნევა აფეთქების მომენტში მეტად დიდია, რაც მნიშვნელოვნად ჭარბობს ყველაზე მაგარი ქანების წინალობას კუმშვაზე. ამის გამო, მუხტის ზედაპირის მახლობლად, ქანები, როგორც წესი, იჭყლიტება და დენად მდგომარეობაში გადადის (ნახ. 79, ზონა *a*). გარდა ამისა, კუმშვის ძაბვები, რომლებიც ქანზე მოქმედებენ, თავისი სიდიდით კუმშვის მოდულს უახლოვდებიან, ამიტომ ქანი დროის უმნიშვნელო მონაკვეთში ძლიერად იკუმშება. ბოლოს ქანის ნაწილაკები იწყებენ რადიალურ გადაადგილებას დეფორმაციის ტალღის ფრონტის კვალდაკვალ, რომელიც აფეთქების ადგილიდან ყველა მიმართულებით ვრცელდება. ამის შედეგად იქმნება ძლიერად დეფორმირებული ქანის ზონა. თუ ქანი ერთგვაროვანია და აფეთქებამდე არ გააჩნია მკვეთრად გამოხატული სტრუქტურა, მაშინ მასში გაჩნდება სრიალის სპირალური ხაზების სისტემა, რომელთა მხებებიც ქმნიან დაახლოებით 45°-იან კუთხეებს ცენტრიდან გამომავალი რადიუსების მიმართულებასთან.

მუხტის განლაგების ადგილიდან დაშორების შესაბამისად აფეთქების ენერგია გადაეცემა გარემოს სულ უფრო მეტ მასას, რაც მოცუ-

ლობის ერთეულში ენერჯის რაოდენობის მნიშვნელოვან შემცირებას იწვევს. მანძილის ზრდასთან ერთად მკვეთრად ეცემა კუმშვის ძაბვების სიდიდე, ბოლოს მისი მნიშვნელობა კუმშვაზე დროებითი წინაღობის სიდიდეზე ნაკლები ხდება და გარემოს დეფორმაციის ხასიათი იცვლება. ჰრიალის ხაზები ქრება და გარემოს სტრუქტურა, ძირითადად, თავის სახეს ინარჩუნებს. ამასთანავე დეფორმაციის ტალღა, რომელიც სულ უფრო და უფრო შორს ვრცელდება, იწვევს ნაწილაკების რადიალურ გადაადგილებას. ამის გამო, ყოველი ელემენტარული რგოლი, რომელიც შეიძლება გარემოში გამოვეყთ, გაკეშვას განიცდის. ეს იწვევს ტანგენციალური ძაბვის წარმოქმნას, რომლებიც გაკეშვაზე დროებით წინაღობას აღემატება. ამის შედეგად ჩნდება რადიალური ბზარები, რომლებიც ცენტრიდან ყოველმხრივ მიმართული (ნახ. 79, ზონა *ბ*). უფრო მოშორებით ძაბვების სიდიდე დროებითი წინაღობის მნიშვნელობაზე ნაკლები ხდება და, ამიტომ, ახალი ბზარები აღარ წარმოიქმნება.

დარტყმითი ტალღის გავლის შემდეგ, სიღრუე, რომელიც მუხტს ეკირა, მნიშვნელოვნად იზრდება. ამის შედეგად, და, აგრეთვე, წარმოქმნილ ნაპრალებში შეჭრის გამო, აფეთქების აირების წნევა და ტემპერატურა საგრძნობლად ეცემა. სამუხტო კამერაში წნევის დაცემას მოსდევს აფეთქების დროს დიდად შეკუმშული ქანის განტვირთვა და მისი გაფართოება სამუხტო კამერის ცენტრის მიმართულებით. ამიტომ რადიალურბზარებიან ზონაში შეიძლება წარმოიქმნეს რგოლური ტანგენციალური ბზარების რიგი.

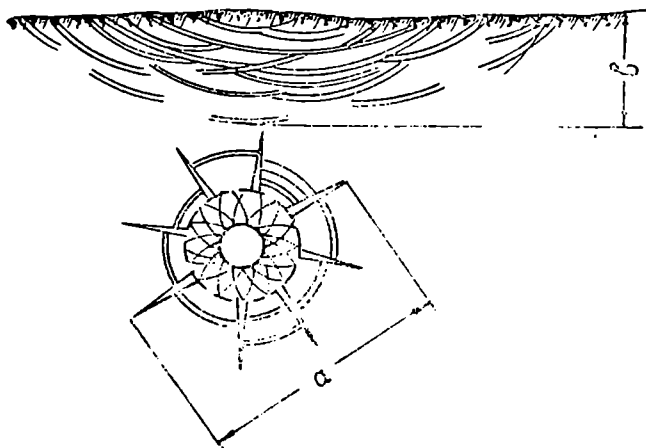
გარემოზე აფეთქების მოქმედების აღწერილი სურათი მაშინ მიიღება, როდესაც მუხტი მოთავსებულია გაშიშვლებული ზედაპირიდან მნიშვნელოვან მანძილზე. პრაქტიკაში უფრო ხშირად ისეთ აფეთქებებთან გვაქვს საქმე, როდესაც მუხტი შედარებით ახლო მდებარეობს ღია ზედაპირთან. ამ შემთხვევაში ქანის დანგრევის მექანიზმი არსებითად იცვლება. პროფ. გ. პოკროვსკი თვლის, რომ ამ დროს ძირითად გავლენას თავისუფალი ზედაპირიდან კუმშვის ტალღის არეკვლა ახდენს.

ქანის ნაწილაკები, რომლებიც დარტყმითი ტალღის (კუმშვის ტალღის) გავლის შედეგად რადიალურ გადაადგილებას განიცდის, მუხტულდება უფრო დაშორებული შრეების რეაქციის გამო. თავისუფალი ზედაპირის არსებობის შემთხვევაში მის ახლოს მდებარე ნაწილაკები ასეთ დამუხრუქებას აღარ განიცდიან. როგორც კი კუმშვის ტალღა თავისუფალ ზედაპირს მიაღწევს, შეკუმშული ქანი იმავე მიმართულებით იწყებს გაფართოებას. თავისუფალი ზედაპირისკენ ქანის ინტენსიური მოძრაობა გადაეცემა ზედაპირიდან სულ უფრო დაშორებულ შრეებს. თავისუფალი ზედაპირიდან ქანის სიღრმეში შეაღწევს გაიშვიათების ტალღა, რაც გამჭვივარეობის წარმოქმნის. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, როგორც ამას პროფ. პოკროვსკი აღნიშნავს, ღია ზედაპირზე მიღწევი-

სას ხდება კუმშვის ტალღის არეკვლა და მისი გარდაქმნა გაკიმვის ტალღად.

კუმშვის ტალღასთან შედარებით გაკიმვის ტალღაში არსებულ ძაბვებს ნაკლები აბსოლუტური სიდიდე აქვთ. მაგრამ, ვინაიდან ქანის წინალობა გაკიმვაზე გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე მისი წინალობა კუმშვაზე, ამიტომ გაკიმვის ტალღა ბევრად უფრო მეტ ნგრევას იწვევს. გაკიმვის ტალღამ შეიძლება გამოიწვიოს ქანის ისეთი დამსხვრევა, რომელიც კუმშვის ტალღით შექმნილი დეფორმაციის სფეროს ფარგლებს სცილდება. ამ შემთხვევაში წარმოქმნილი ნაპრალები გაკიმვის ტალღის

თავისუფალი ზედაპირი



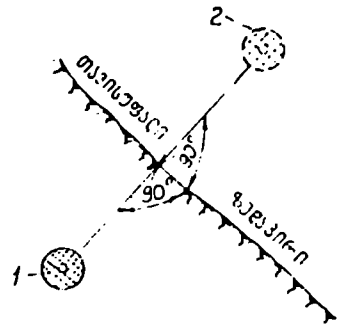
ნახ. 80. კუმშვისა და გაკიმვის ტალღებით გამოწვეული დეფორმაციის ზონები

გავრცელების მიმართულების მართობულია. გარემოზე აფეთქების მოქმედების ასეთი სურათი სქემატურად ნაჩვენებია მე-80 ნახაზზე, სადაც *ა* გვიჩვენებს კუმშვის ტალღის გავლენით შექმნილ ნგრევის ზონას, ხოლო *ბ* — გაკიმვის ტალღის მოქმედებით მიღებულ ნგრევის ზონას.

პროფ. პოკროვსკი თვლის, რომ კუმშვის ტალღის არეკვლა და მისი გარდაქმნა გაკიმვის ტალღად წარმოებს, ძირითადად, გეომეტრიული ოპტიკისა და აკუსტიკის კანონების მიხედვით. თავისუფალ ზედაპირთან წარმოქმნილი გაკიმვის ტალღა ისე ვრცელდება, თითქოს იგი მოდიოდეს მუხტის წარმოსახვითი გამოსახულებიდან, რომელიც სიდიდით სინამდვილეში აფეთქებული მუხტის ტოლია და მდებარეობს ქანის ზედაპირის გარეთ იმავე მანძილზე, რომელზეც განლაგებულია ნამდვილი მუხტი ქანის სიღრმეში (ნახ. 81).

აღნიშნულის საილუსტრაციოდ პროფ. პოკროვსკის მოპყავს ქანის ზედაპირის მართობულად გაბურღული შპურის აფეთქების მაგალითი. ამ შემთხვევაში კუმშვის ტალღის გავლენა ხშირად იმდენად უმნიშვნელოა, რომ აფეთქებისას შპურის ძირი ხელუხლებელი რჩება, ე. წ. კიქის სახით. სამაგიეროდ კუმშვის ტალღა, რომელიც ზედაპირს აღწევს და გაკვიშვის ტალღად გარდაიქმნება, ბევრად უფრო მნიშვნელოვან ნგრევას ახდენს. ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, რომ ქანის თავისუფალი ზედაპირი. ისევე როგორც უქმი (დაუმუხტავი) შპურების ზედაპირები, აოსებითად ცვლის აფეთქებისას ქანის დანგრევის ხასიათს.

ა. ხანუკაევმა ჩატარებული კვლევების საფუძველზე გამოთქვა აზრი, რომ აფეთქების დროს ქანის დანგრევის მექანიზმი დამოკიდებულია ქანის აკუსტიკურ სიხისტეზე. ეს უკანასკნელი გამოისახება ქანის სიმკვრივისა და მასში ბგერის ტალღის გავრცელების სიჩქარის ნამრავლით (მისი ვანზომილებაა  $სმ/წმ \cdot გ/სმ^3$ ). ხანუკაევს მიაჩნია, რომ ქანის დანგრევის მიზეზს წარმოადგენს როგორც დრეკადი ტალღების მოქმედება, ისე დეტონაციის პროდუქტების გაფართოებისას განვითარებული წნევა. მე-20 ცხრილში მოცემულია ქანების დანგრევის კლასიფიკაცია (ხანუკაევის მიხედვით), სადაც ნაჩვენებია ძირითადი დამანგრეველი ფაქ-



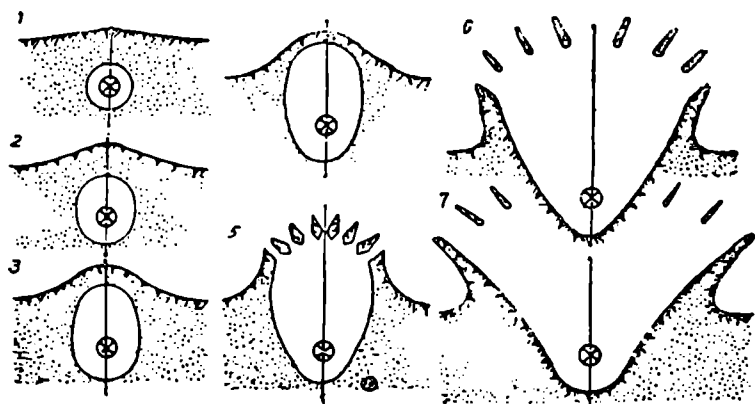
ნახ. 81. არეკლის ტალღის წარმოქმნის ინტერპრეტაცია გ. პოკროვსკის მიხედვით.

ც ხ რ ი 20

აკუსტიკური სიხისტის ბარისისა	ძირითადი დამანგრეველი ფაქტორი	დანგრევის გავრცელების მიმართულება
ღიდი (10·10 <sup>5</sup> -დან 25·10 <sup>6</sup> -მდე)	დრეკადი ტალღების მოქმედება და ზედაპირზე	ზედაპირიდან მასივის სიღრმეში აფეთქებული მუხტისაკენ
საშუალო (5·10 <sup>5</sup> -დან 10·10 <sup>6</sup> -მდე)	დრეკადი ტალღების მოქმედება და აფეთქების აირების მოქმედება მათი გაფართოებისას	ზედაპირიდან სამუხტო კამერისაკენ და სამუხტო კამერიდან ყველა მიმართულებით
მცირე (0,2·10 <sup>5</sup> -დან 5·10 <sup>6</sup> -მდე)	აფეთქების აირების. მოქმედება მათი გაფართოებისას	სამუხტო კამერიდან ყველა მიმართულებით

ტორები და ნგრევის პროცესის გავრცელების მიმართულება ქანების სხვადასხვა აკუსტიკური სიხისტის შემთხვევაში. დიდი აკუსტიკური სიხისტე აქვს მაგარ მონოლითურ ქანებს. ხანუკაევის მონაცემების თანახმად, ამ შემთხვევაში აფეთქების აირების უშუალო მოქმედებით გამოწვეული ნგრევა უმნიშვნელოა და ადგილობრივ ხასიათს ატარებს. ამ დროს აფეთქების ენერგიის ნაწილი იხარჯება პლასტიკურ დეფორმაციებზე, რომლებიც მუხტის დიამეტრზე 2—3-ჯერ მეტი სიდიდის ზონას მოიცავს და ნაწილი კი დრეკადი ტალღების ენერგიაში გადადის. ხანუკაევის შეხედულებანი დრეკადი ტალღების (დარტყმითი ტალღების) მოქმედებაზე პროფ. პოკროვსკის შეხედულებებს ემთხვევა.

მცირე აკუსტიკური სიხისტის ქანებს ეკუთვნის კვიშები, თინები და სხვა ამგვარი გრუნტები. ამ შემთხვევაში დანგრევა ძირითადად წარ-



ნახ. 82. რბილი ქანების ამოყრის მექანიზმი

მოებს გარემოს კინეტიკური ენერგიის ხარჯზე, რომელსაც იგი აფეთქების აირების გაფართოების შედეგად იძენს. დრეკადი ტალღების გავლენა აქ უმნიშვნელოა. ასეთ ქანებში აფეთქებისას მუხტის გარშემო იქმნება სფერული ფორმის სილრუე, რომელიც დეტონაციის პროდუქტებით არის სავსე (ნახ. 82,1). შემდეგში ეს სილრუე ფართოვდება და ელიფსოიდის ფორმას ღებულობს (ნახ. 82. 2, 3).

მისი დიდი ღერძი ემთხვევა უმცირესი წინალობის ხაზის მიმართულებას. სილრუის ფორმის შეცვლა აიხსნება გარემოს სხვადასხვა წინალობით მისი უბნების გადაადგილების მიმართ. სილრუის ქვედა ნაწილის გაფართოება მალე წყდება, მაშინ როდესაც ზედა ნაწილში გრუნტის ფენა სწრაფ გადაადგილებას განიცდის (ნახ. 82,4), რასაც ბოლოს მისი გატყორცნა და ღია ძაბრის შექმნა მისდევს (ნახ. 83, 5, 6). ამის შემდეგ გრუნტი, რომელიც თავის კინეტიკურ ენერგიას კარგავს, ძირს ეშვება,



მისი ნაწილი უკანვე ცვივა ძაბრში, ხოლო ნაწილი ძაბრის გარშემო იყრება. უნდა აღინიშნოს, რომ ზევით ატყორცნილი ნატეხები, რომლებიც ძლიერ ქუცმაცდება, აფეთქებული ქანის ყრილის ფორმირებაში (ძაბრის ირგვლივ) უმნიშვნელო როლს ასრულებს. ამოყრილი ქანის ძირითად მოცულობას ქმნის გვერდზე დაძრული კონუსური ფორმის მასები (ნახ. 82. 6, 7).

საშუალო აკუსტიკური სიხისტე აქვს მცირე და საშუალო სიმაგრის ქანებს. აფეთქების დროს მათი დანგრევა გამოწვეულია, ერთი მხრივ, აფეთქების აირების უშუალო ზემოქმედებით და, მეორე მხრივ, დრეკადი ტალღების (დარტყმითი ტალღები) გავრცელებით. ამიტომ ქანების დანგრევას ვლდებულობთ ორივე მიმართულებით—როგორც მუხტიდან თავისუფალი ზედაპირისაკენ, ისე თავისუფალი ზედაპირიდან მუხტისაკენ. მუხტის ირგვლივ ვლდებულობთ პლასტიკური დეფორმაციების ზონას, რომელსაც შედარებით დიდი ზომები გააჩნია. მის ფარგლებს გარეთ ქანების ნგრევა მხოლოდ დრეკადი ტალღების მოქმედება იწვევს.

უნდა აღინიშნოს რომ, დარტყმითი ტალღის გავრცელებაზე, საერთოდ, გავლენას ახდენს ქანების მასივის ბუნებრივი ბზარიანობა. ასეთი ბზარების სიბრტყეებზე ხდება ტალღების არეკვლა, რომლის ხასიათი დამოკიდებულია ბზარების ზომებსა და მათი ამოვსების გვარობაზე. ბზარები ზღუდავენ დარტყმითი ტალღის გავრცელებას და მათ მიერ შემოფარგლული ზონის გარეთ მასივის დანგრევა, ძირითადად, უკვე დანგრეული ქანის მექანიკური დარტყმის გავლენით ხდება. ზემოაღნიშნულის გამო ბზარებიან ქანებში შესაძლებელია შეიქმნეს პირდაპირი და არეკვლილი ტალღების მოქმედებით გამოწვეული დანგრევის რამდენიმე კერა.

საინტერესო გამოკვლევები აქვს ჩატარებული ფ. ბაუმს, რომელიც აფეთქების დროს ქანის დანგრევის მექანიზმს შემდეგნაირად განმარტავს.

მუხტის აფეთქებით გამოწვეული ქანების ნგრევის პროცესი მიმდინარეობს დეტონაციის პროდუქტების, დარტყმითი ტალღებისა და განტვირთვის ტალღების ერთობლივი მოქმედების შედეგად. ამ პროცესში შეიძლება გამოვყოთ რამდენიმე თანმიმდევრული სტადია.

საწყის სტადიაში ძირითად როლს თამაშობს დეტონაციის აიროვანი პროდუქტები, რომელთა საწყისი წნევა  $10^5$  კგ/სმ<sup>2</sup>-ს აღწევს. დეტონაციის აირების გაფართოება ქანების მასივში მანამდე გაგრძელდება, სანამ მათი წნევა არ გაუტოლდება გარემოს წინაღობას სიმტკიცეზე.

დეტონაციის პროდუქტების გაფართოება თავდაპირველად (საწყისი  $p_0$  წნევიდან რომელიმე  $p_1$  წნევამდე) ემორჩილება კანონს  $pV = \text{const}$ . ხოლო შემდეგში, უფრო დაბალი წნევების დროს, კანონს  $pV^\alpha = \text{const}$ .

ბრიზანტული ნივთიერებისათვის  $\alpha = \frac{7}{5} \div \frac{5}{4}$ .

ამ კანონების საფუძველზე ფ. ბაუმი ლებულობს განტოლებას

$$\frac{v}{v_0} = \left( \frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{3}}$$

სადაც  $v_0$  არის აფეთქების პროდუქტების საწყისი მოცულობა, რომელიც მუხტის მოცულობის ტოლია;

$p_0$  — აფეთქების პროდუქტების საწყისი წნევა;

$v$  — აფეთქების პროდუქტების საბოლოო მოცულობა;

$p$  — აფეთქების პროდუქტების საბოლოო მოცულობის შესაბამისი წნევა;

$p_0$  — გარემოს ჰიდროსტატიკური წნევა.

მოცულობა  $v$ , სადამდეცა ფართოდება დეტონაციის აირები გარემოს წინაღობის გადალახვის შედეგად, წარმოადგენს აფეთქების ეფექტის ერთ-ერთ ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს. სხვა თანაბარ პირობებში მონგრეული ქანის მოცულობა  $v$ -ს პროპორციულია.

მონგრეული ქანის საერთო მოცულობა, როგორც პრაქტიკული მონაცემები გვიჩვენებს, უდრის 1000—2000  $v$ -ს, რაც ბევრად აღემატება აირების გაფართოებით კლდოვან ქანებში მიღებული სიღრუის მოცულობას. ამ ფაქტს ბაუმი ხსნის ტალღური პროცესების გავლენით.

მუხტის დეტონაციისთანავე წარმოიქმნება დარტყმითი ტალღა, რომელიც ლებულობს აფეთქების ენერჯიის გარკვეულ ნაწილს. სანამ დარტყმითი ტალღა ზედაპირს მიაღწევდეს, ენერჯიის ბალანსი შემდეგნაირად გამოისახება

$$E_{აფ} = E_{აა} + E_{აბ}$$

სადაც  $E_{აფ}$  არის აფეთქების საერთო ენერჯია;

$E_{აა}$  — დეტონაციის პროდუქტების ნარჩენი ენერჯია, გარემოში მათი სრული გაფართოების მომენტისათვის;

$E_{აბ}$  — ენერჯია, რომელიც დარტყმით ტალღას გადაეცა.

დარტყმით ტალღებში ენერჯიის გადასვლის კოეფიციენტი  $\eta = E_{აბ} : E_{აფ}$ , როგორც ბაუმი გვიჩვენებს, ცვალებადობს 0,4—0,6 ფარგლებში და დამოკიდებულია გარემოს მექანიკურ თვისებებზე.  $\eta$  კოეფიციენტის ასეთი მნიშვნელობა უკვე თავისთავად გვიჩვენებს დარტყმითი ტალღების უდიდეს გავლენას ქანების დანგრევის მექანიზმზე.

აფეთქების პირველ სტადიაში ძირითად ფიზიკურ პროცესებს ბაუმი შემდეგნაირად განმარტავს: მუხტის გარშემო მდებარე მასალის ინტენსიური მსხვრევა (მუხტის ბრიზანტული მოქმედების არე), გარემოს პლასტიკური დინება თავისუფალი ზედაპირის მიმართულებით და რადიალური ნაპრალების წარმოქმნა, რაც აფეთქების წყაროდან ზედა-

პირისაკენ ვითარდება და შეკუმშული გარემოს შრეების განივი გაფართოების შედეგს წარმოადგენს (გამკვიმავი ძაბვების მოქმედება).

დარტყმითი ტალღის ღია ზედაპირზე გამოსვლის შემდეგ იწყება ქანების დანგრევის პროცესის მეორე სტადია. იგი უკავშირდება ზედაპირიდან არეკლილი ტალღის (გაიშვიათების ტალღის) გავრცელებას და მის ურთიერთქმედებას შემხვედრი კუმშვის ტალღის ბოლო ნაწილთან (კულთან). ამის შედეგად, გარემოში ხდება მნიშვნელოვანი სიდიდის გამკვიმავი ძაბვების აღძვრა და ახალი ბზარების წარმოქმნა. მათი გადაკვეთა პირველ სტადიაში შექმნილ ბზარებთან და, აგრეთვე, ბუნებრივ ბზარებთან იძლევა ბზარიანობის სივრცობრივ ბადეს, რომლის ხასიათი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ქანის დანგრეული ელემენტების ზომებსა და მათ რაოდენობას.

ქანების დანგრევის შემდეგი, დამამთავრებელი სტადია მდგომარეობს დეტონაციის პროდუქტების ზემოქმედებაში დანაპრალებულ ქანზე. როგორც აღხიშნული იყო, დეტონაციის აირების გაფართოება მანამდე გრძელდება, სანამ მათი წნევა არ გაუტოლდება ქანების წინალობას სიმტკიცეზე. ამ მდგომარეობაში ისინი ჯერ კიდევ ინარჩუნებენ აფეთქების ენერგიის მნიშვნელოვან ნაწილს. ამ ნარჩენი ენერგიის ხარჯზე წარმოებს ქანის დამატებითი ნგრევა, დანგრეული მასის გადაადგილება და ქანის ნატეხების გატყორცნა ამა თუ იმ მანძილზე.

ფ. ბაუმი აღნიშნავს ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მნიშვნელოვან გავლენას აფეთქების ეფექტურობაზე. განსაკუთრებით ყურადღების ღირსია ქანების ისეთ თვისებები, რომლებიც საზღვრავენ მასში დარტყმითი ტალღის გავრცელების ხასიათსა და ენერგიის დისიპაციურ დანაკარგებს (გაფანტვია დანაკარგებს). ასეთ თვისებებს ეკუთვნის ქანის დინამიკური კუმშვადობა მაღალი წნევის ქვეშ, სიმტკიცე, სიმბლანტე, ბზარიანობა (ბზარების ზომები და მათი განლაგება მუხტის მიმართ). ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე ფ. ბაუმი იძლევა განტოლებას, რომელიც კარგად აღწერს ქანის დინამიკური კუმშვადობის კანონს

$$p = B \left[ \left( \frac{p}{p_0} \right)^4 - 1 \right],$$

სადაც  $p$  არის წნევა დარტყმითი ტალღის ფრონტზე;

$\frac{p}{p_0}$  — ქანის კუმშვადობის კოეფიციენტი ( $p$  — ქანის სიმკვრივე დარტყმითი ტალღის ფრონტზე,  $p_0$  ქანის საწყისი სიმკვრივე);

$B$  — კონსტანტა, რომელიც დამოკიდებულია მოცემულ გარემოში ბგერის გავრცელების სიჩქარეზე ( $c$ )

$$B = \frac{p_0 c^2}{4}.$$

ფორიანობის გაზრდისას ენერჯის დისიპაციური დანაკარგები (ენერჯის გაფანტვა) დარტყმითი ტალღის გავრცელებისას მნიშვნელოვნად იზრდება. ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ ფოროვან კირქვაში გაცილებით მკვეთრად ხდება დარტყმითი ტალღის ჩაქრობა, ვიდრე გრანიტსა და მარმარილოში, რომელთაც მცირე ფოროვანობა ახასიათებთ. მნიშვნელოვნად დაბზარული და დიდი ფორიანობის მქონე ქანების აფეთქებისას დარტყმითი ტალღების და, საერთოდ, ტალღური პროცესების გავლენა შედარებით მცირეა. ამ შემთხვევაში დამანგრეველი ეფექტი უმეტესად განპირობებულია აფეთქების აირების შეჭრით ქანის ნაპრალებში და მათი „დგუშისებრი“ მოქმედებით.

როგორც განხილული თეორიული გამოკვლევებიდან ჩანს, მუხტის აფეთქების დროს ქანის დანგრევის იწვევს ორი ძირითადი მიზეზი: დარტყმითი ტალღა და დეტონაციის აირების უშუალო მოქმედება. ლიტერატურაში მოყვანილია საინტერესო მაგალითი, რომელიც ნათლად გვიჩვენებს ამ ორი ფაქტორის განცალკევებულ მოქმედებას. სეისმოძიების მიზნით აწარმოებდნენ 50 მეტრი სიღრმისა და 60 მმ დიამეტრის მქონე ჰაბურლილების აფეთქებას 50-კილოგრამიანი მუხტებით. დაცობა კეთდებოდა წყლით, რომელიც ჰაბურლილს პირამდე ავსებდა. ელექტროდეტონატორში დენის გატარებიდან რამდენიმე მილისეკუნდის შემდეგ ჩანდა წყლის აშხეფება ჰაბურლილის პირიდან 1 მეტრის სიმაღლეზე და მისი უკანვე სწრაფი დაცემა. ნახევარი სეკუნდის შემდეგ წყლის სვეტი კვლავ აიტყორცნებოდა 10 მეტრის სიმაღლეზე. წყლის პირველადი აშხეფება აიხსნება დარტყმითი ტალღის მოქმედებით, რომელიც ჰაბურლილის პირს აღწევს, ხოლო წყლის სვეტის მომდევნო ატყორცნა — აფეთქების აირების წნევით (მათი დგუშისებრი მოქმედებით).

გარდა ზემოგანხილული თეორიული კვლევებისა აღსანიშნავია აკად. მეღნიკოვის, პროფ. სუხანოვის, პროფ. რახმატულინის, პროფ. სტანუკოვიჩის, პროფ. საღოვსკის, პროფ. კუტუზოვის, პროფ. ვლასოვისა და სხვათა შრომები, რომლებშიც ქანების ნგრევის მექანიზმი უფრო საფუძვლიანად ან სხვა პოზიციებიდან არის განხილული.

აფეთქების დროს გარემოს ნგრევის მექანიზმის შესწავლაზე ამჟამად მრავალი სამეცნიერო დაწესებულება მუშაობს. მიღებულია რიგი შედეგებისა, რომლებიც ახლებურად ხსნიან ამა თუ იმ მოვლენას, ან აღრმავენ უკვე არსებულ შეხედულებებს.

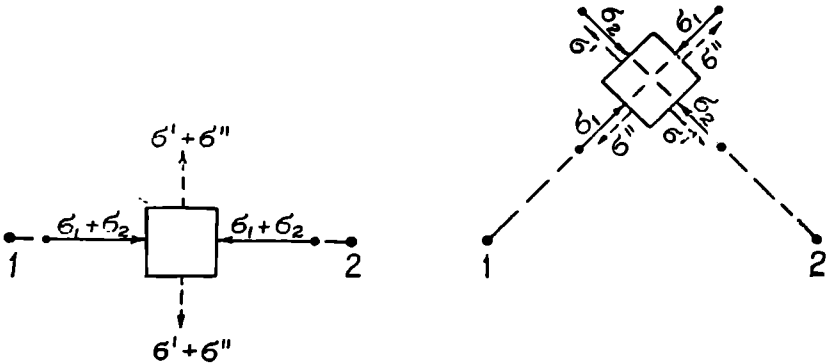
### § 34. ტანის დანგრევა მუხტების ერთდროული აფეთქებისას

წინა პარაგრაფში განხილული იყო ქანის დანგრევის მოვლენა ერთეული მუხტის აფეთქების დროს. პრაქტიკაში ქანის დანგრევა, უმეტეს შემთხვევაში, რამდენიმე მუხტის ერთდროული აფეთქებით (სერიული აფეთქებით) ხდება.

ყოველი აფეთქებული მუხტის ირგვლივ ვრცელდება ქაბეების ტალღა. ასეთი ტალღების შეხვედრამდე გარემოს დეფორმაციის ხასიათი ისეთივეა, როგორც ერთეული მუხტის აფეთქების დროს გვაქვს. ტალღების ერთმანეთთან შეხვედრა მკვეთრად ცვლის მასივის დაძაბულობის სურათს.

მუხტის აფეთქება გარემოში იწვევს როგორც მკუმშავი, ისე გამჭიმო ძაბვების წარმოქმნას. თუ ერთმანეთს ემთხვევა სხვადასხვა მუხტის მიერ წარმოქმნილი ერთნაირი ძაბვების ტალღები, მაშინ გარემოს დაძაბულობა მატულობს, ხოლო სხვადასხვა ნიშნის მქონე ძაბვების ტალღათა ურთიერთქმედების შედეგად ეს დაძაბულობა კლებულობს.

მაგალითად, თუ ავიღებთ ორი მეზობელი მუხტის 1,2 შემაერთებელ ხაზზე მდებარე ქანის ელემენტს (ნახ. 83) დავინახავთ, რომ იგი იმყო-



ნახ. 83. მეზობელი მუხტების ურთიერთგავლენის სქემა

ვება ორივე მუხტის მიერ შექმნილი რადიალური მკუმშავი ძაბვების გავლენის ქვეშ. ამ შემთხვევაში ეს ძაბვები იკრიბება. ასევე იკრიბება მათ მიერ გამოწვეული, შემაერთებელი ხაზის მართობულად მოქმედი, გამჭიმო ძაბვები, ე. ი. ამ მიმართულებით გარემო უფრო მეტ გაჭიმვას განიცდის, ვიდრე ერთეული მუხტის მოქმედების დროს. ამიტომ ვლუბულობთ აფეთქების ეფექტის გაზრდას.

სხვა სურათს მივიღებთ თუ განვიხილავთ ქანის ელემენტს, რომელიც მდებარეობს რადიალური ურთიერთმართობული ძაბვების მიმართულებათა გადაკვეთის ადგილზე. პირველი მუხტის აფეთქებით გამოწვეული რადიალური ძაბვა  $\sigma_1$  იწვევს გამჭიმ ტანგენციალურ ძაბვას  $\sigma'$ , რომელიც მეორე მუხტით შექმნილი რადიალური მკუმშავი ძაბვის  $\sigma_2$  საწინააღმდეგო

მიმართულებისა და პირიქით. ამიტომ ამ ადგილას მოქმედი ძაბვების ნაწილობრივ გაბათილებას ვღებულობთ, რის შედეგად აფეთქების ეფექტი მცირდება (ერთეული მუხტით გამოწვეულ ეფექტთან შედარებით).

მეზობელი მუხტების აფეთქებათა ურთიერთგავლენის არაერთგვაროვნების გამო მასივში იქმნება არათანაბარი დაძაბულობა, რაც მასივის არათანაბარ დამსხვრევას იწვევს. ეს გარემოება, ხშირ შემთხვევაში, არასასურველ გავლენას ახდენს სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების ტექნოლოგიაზე.

გარემოს დანგრევისათვის რამდენიმე (მრავალი) მუხტის გამოყენების საჭიროების დროს მიმართავენ მყისი, დაყოვნებული ან მცირედ დაყოვნებული აფეთქების ხერხს.

მყისი აფეთქება გულისხმობს ყველა მუხტის ერთდროულ ინიცირებას, რასაც აღწევენ მყისი მოქმედების ელექტროდეტონატორების ან სადეტონაციო ზონრის ქსელის გამოყენების საშუალებით. ამ ხერხს მიმართავენ, მაგალითად, მასიური აფეთქებების დროს, ქანის გადაყრის უზრუნველსაყოფად.

დაყოვნებული აფეთქება ეწოდება მუხტების (ან მუხტების ჯგუფების) თანმიმდევრულ ინიცირებას დროის გარკვეული მონაკვეთების დაცვით, რომელთაც დაყოვნების ინტერვალი ეწოდება. დაყოვნებული აფეთქება ზორციელდება დაყოვნებული მოქმედების ელექტროდეტონატორებით ან ამნებში მილაკებით, რომელთაც ცეცხლგამტარი ზონრის სხვადასხვა სიგრძის ნაკრები გააჩნიათ და ფართოდ არის გავრცელებული გვირაბების გაყვანის პრაქტიკაში. დაყოვნების ინტერვალი ასეთი ხერხით აფეთქებისას 0,5 — 1,0 წამს შეადგენს.

მცირედ დაყოვნებული აფეთქება მდგომარეობს მუხტების (ან მუხტების ჯგუფების) თანმიმდევრულ ინიცირებაში, როდესაც დაყოვნების ინტერვალი მილისეკუნდობით იზომება. ამისათვის იყენებენ მცირედაყოვნებითი მოქმედების ელექტროდეტონატორებს (აფეთქების ამ ხერხს ზოგჯერ მილისეკუნდურ აფეთქებას უწოდებენ). ამ შემთხვევაში, ჩვეულებრივი დაყოვნებული აფეთქებისგან განსხვავებით, ხდება წინა და მომდევნო მუხტების აფეთქებით გამოწვეული ნგრევის პროცესების ურთიერთმოქმედება, რითაც, გარკვეულ პირობებში, შეიძლება მიღწეულ იქნეს ქანების დანგრევის ეფექტის გაზრდა. მცირედ დაყოვნებული აფეთქების დროს ქანების დანგრევის მექანიზმი სხვადასხვა ფაქტორების მოქმედებით არის განპირობებული.

რომელიმე მუხტის აფეთქება იწვევს ქანის დანაპრალებას და შემდეგ მის გადაადგილებას დეტონაციის აირების გაფართოების მიმართულებით. მომდევნო მუხტის აფეთქება ხდება წინა მუხტის მოქმედების შედეგად დანაპრალებული მასის გადაადგილების დაწყებამდე. ამიტომ

ეს მასა მეორე მუხტის აფეთქებით გამოწვეული ძაბვების ტალღის გავლენით დამატებით დანგრევას განიცდის. ამასთანავე უმჯობესდება მომღვენო მუხტის ზოქმედების პირობებიც, რადვან მისი აფეთქების მომენტში ჯერ კიდევ არ არის ჩამქრალი წინა მუხტის აფეთქებით გამოწვეული ძაბვების არე და იგი მონაწილეობას ლებულობს ქანის დანგრევაში. გარდა ამისა, მომღვენო მუხტის მოქმედება უმჯობესდება წინა აფეთქებით წარმოქმნილი ღია ზედაპირების გავლენით (დამატებითი გაშიშვლებული სიბრტყის შექმნა, არეკვლილი ძაბვების ტალღის მოქმედება). დამატებითი დანგრევის მიზეზად თვლიან აგრეთვე წინა და მომღვენო მუხტით აფეთქებული ქანის ნატეხების დაჯახებას.

ამრიგად, მცირედაყოფნებული აფეთქების ეფექტს განსაზღვრავს შემდეგი ძირითადი ფაქტორები: მეზობელი მუხტების აფეთქებით წარმოქმნილი ძაბვების ტალღათა ინტერფერენცია; დამატებითი გაშიშვლებული სიბრტყეების წარმოქმნა; მეზობელი მუხტებით აფეთქებული ქანის ნატეხების შეჯახება.

ტალღების ინტერფერენცია იმ შემთხვევაში მოგვეცემს გარემოს ნგრევის გაძლიერებას, თუ ერთმანეთის მომღვენო აფეთქებებით გამოწვეული ძაბვები გარემოს მოცემული წერტილებისათვის თანხედენილია. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, უნდა მოხდეს მეზობელი მუხტების მოქმედებით მიღებული დრეკადი რხევების ამპლიტუდების შეკრება. ასეთი ეფექტის პრაქტიკული განხორციელების შესაძლებლობა ზოგ მკვლევარს საეჭვოდ მიაჩნია; ცდებით დადგენილია, რომ აფეთქების შედეგად გარემოს ნგრევის ხანგრძლივობა 10 მილისეკუნდს არ აღემატება, მაშინ როდესაც ქანების დანგრევის ეფექტის გაზრდა აღინიშნება გაცილებით მეტი დაყოფნების ინტერვალის გამოყენების შემთხვევაში (20—70). ტალღების ინტერფერენციის მოვლენის გამოყენება მოითხოვს დაყოფნების ინტერვალის ისეთი სიზუსტით დადგენას, რაც რეალურად შეუძლებელი ხდება. ამასთან დაკავშირებით წამოყენებულია ავტომატური დაყოფნებით აფეთქების იდეა, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ მყისი მოქმედების დეტონატორში დენის მიწოდება ხდება მეზობელი მუხტით გამოწვეული დრეკადი ტალღების გავლენით. შემუშავებულია ასეთი დეტონატორის კონსტრუქცია, მაგრამ მას ახასიათებს დიდი ინერციულობა (დრეკადი ტალღების შემოქმედებასა და დეტონატორის აფეთქებას შორის ინტერვალის საკიროზე დიდია). ამ დროს რთულდება ელექტროფეთქებადი ქსელის მონტაჟი.

დამატებითი გაშიშვლებული საბრტყეების წარმოქმნა ამცირებს მასივის წინაღობას (ქანის გადაადგილება დანგრევის დროს ხდება გაშიშვლებული ზედაპირის მიმართულებით) და ხელს უწყობს არეკვლის ტალღების (გამკვიში ძაბვების ტალღების) გავრცელებას. ეს ფაქტორი ძირითად როლს ასრულებს მცირედ დაყოფნებული აფეთქების დროს ქანის დანგრევის ეფექტის გაზრდაში.

მეზობელი მუხტებით აფეთქებული ქანის ნატეხების შეჯახებას მაშინ მივიღებთ, თუ მათი გატყორცვის მიმართულებანი ერთმანეთს კვეთს. ნატეხების კინეტიკური ენერგია შეჯახებისას იხარჯება დამატებით ნგრევაზე, ამით აგრეთვე მცირდება მასივის გადაადგილების მანძილი, დანგრევის ეფექტი უმჯობესდება, როდესაც ნატეხების შეჯახების კუთხე  $90^\circ$ -ზე მეტია.

ღია სამუშაოზე ჰაბურლილების რამდენიმე რიგის მცირე დაყოვნებით აფეთქებისას წინა რიგით აფეთქებული მასის უკანა ფრონტი 3—5 მ/წმ სიჩქარით მოძრაობს, მაშინ როცა მომდევნო რიგით დანგრეული მასის წინა ფრონტის სიჩქარე 20—60 მ/წმ შეადგენს. ამის გამო, დაყოვნების გარკვეული ინტერვალის შემთხვევაში ხდება მათი დაჯახება და ქანის დამატებითი დანგრევა.

მცირე დაყოვნებითი აფეთქების ოპტიმალური ინტერვალის განსაზღვრა წარმოებს შემდეგი ფორმულით (ღია სამუშაოებზე ჰაბურლილებით აფეთქებისას)

$$t = t_1 + t_2 + t_3,$$

სადაც  $t_1$  არის ძაბვების ტალღების (დრეკადი ტალღების) გავრცელების დრო მუხტიდან გაშიშვლებულ ზედაპირამდე, მილისეკუნდი;

$t_2$  — ბზარების წარმოქმნის დრო მუხტიდან გაშიშვლებულ ზედაპირამდე (გაფხვიერების პრაზმის კონტურზე), მილისეკუნდი.

$t_3$  — მასივსა და დანგრეულ ქანს შორის ღრეჩოს (დამატებითი გაშიშვლებული სიბრტყის) შექმნისათვის საჭირო დრო, მილისეკუნდი.

ძაბვების ტალღების გავრცელების დრო  $t_1$  მხოლოდ 1—2 მილისეკუნდს შეადგენს, რაც მეტად უმნიშვნელოა სხვა წევრებთან შედარებით. ბზარების წარმოქმნის დრო (ნახ. 84)

$$t_2 = \frac{W}{v_{\text{ახ}} \cdot \eta \cdot \cos \frac{\beta}{2}},$$

სადაც  $W$  არის უმცირესი წინაღობის ხაზი, მ;

$v_{\text{ახ}}$  — ბზარების წარმოქმნის სიჩქარე მთლიან მასივში, მ/წმ. იგი დამოკიდებულია ქანის სიმაგრეზე და მუხტის მახლობელ ზონაში (მუხტის ხუთი რადიუსის ტოლ მანძილამდე) 500—1500 მ/წმ-ს ტოლია, ხოლო შორეულ ზონაში 150—300 მ/წმ-ს უდრის.

$\eta$  — გარემოს ბზარიანობის კოეფიციენტი ( $\eta = 0,6 - 1,0$ );

$\beta$  — ამოყრის კონუსის წვეროს კუთხე.



ბზარების წარმოქმნის დრო  $t_3$  ჩვეულებრივად 14—21 მილისეკუნდს შეადგენს.  $t_3$ -ს მნიშვნელობა განისაზღვრება აფეთქების პროდუქტების წნევით მონგრეული ქანების მასის 8—10 მმ მანძილზე გადაადგილები-სათვის. ამისათვის სარგებლობენ ფორმულით

$$t_3 = 80 \cdot 10^{-8} \frac{W^2 \cdot \gamma \cdot t_{\text{გ}} \cdot \frac{\beta}{2}}{d},$$

სადაც  $\gamma$  არის ქანის მოცულობითი წონა;

$d$  — ქაბურღილის დიამეტრი, სმ.

ამ ფორმულით განსაზღვრული  $t_3$  დროის მნიშვნელობა 3—12 მილისეკუნდს უდრის. დაყოვნების საერთო სიდიდე ქაბურღილების ცალმწკრივა აფეთქებისას 23—35 მილისეკუნდის ტოლი აიღება. თუ ქაბურღილები რამდენიმე მწკრივადაა განლაგებული, მაშინ დაყოვნების ხანგრძლივობას 30—45 მილისეკუნდამდე ზრდიან.

გვირაბების გაყვანის დროს დაყოვნების ოპტიმალური ინტერვალის ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორი ქანების დრეკადი თვისებებია (აკუსტიკური სიხისტე).

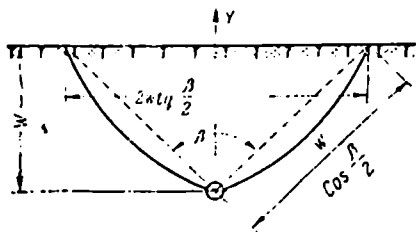
ნ. პეტროვმა ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე მოგვცა დაყოვნების ინტერვალის  $t$  განმსაზღვრელი ემპირიული ფორმულა

$$t = \frac{31,5}{\sqrt[4]{s \cdot \rho}} W - 6 \sqrt[4]{s \cdot \rho} + 9,6,$$

სადაც  $s$  არის მოცემულ ქანებში გრძივი ტალღების გავრცელების სიჩქარე, მ/წმ;

$\rho$  — ქანის სიმკვრივე, ტ/მ<sup>3</sup>.

გარდა ქანების დანგრევის ეფექტის გაზრდისა, მცირე დაყოვნებით აფეთქების დიდ უპირატესობას წარმოადგენს მისი გამოყენების შესაძლებლობა აირისა და მტვრის მხრივ საფრთხილო შახტებში. ეს იმიტოა განპირობებული, რომ თუ ნაწილის სანგრევში პირველი და უკანასკნელი სერიის შპურების აფეთქებებს შორის ინტერვალი 130 მილისეკუნდზე ნაკლებია, მაშინ მეთანის გამოყოფისა და მტვრის წარმოქმნის კონცენტრაცია საშიშ ზღვარს აღარ აღწევს (ქანების სანგრევებში ჯამური დაყოვნება 195 მილისეკუნდამდეა დაშვებული). ამასთანავე მცირე



ნახ. 84. ბზარების წარმოქმნის დროის განსაზღვრის სქემა

დაყოვნებით აფეთქების გამოყენება ზრდის გვირაბების გაყვანის ტემპს, რადგან შპურების ყოველი სერიის ცალ-ცალკე დამუშტვა-აფეთქება და სანგრევის განიავება ყოველი სერიის აფეთქების შემდეგ ამ შემთხვევაში საკირო არ არის (რაც აუტოლებელია მყისი ან ჩვეულებრივი დაყოვნების დეტონატორების ხმარებისას). მცირედაყოვნებით აფეთქებისას ნაკლები საშიშროებაა სამაგრის დანგრევისა, ვინაიდან ქანის გამოტყორცნა მცირე მანძილზე ხდება. ქანი უფრო თანაბრად და წკრილად იმსხვრევა, რაც ხელსაყრელ პირობებს ქმნის დამტვირთველი მანქანის სამუშაოდ. ასევე, ღია სამუშაოებზე მასიური აფეთქებების წარმოებისას მიიღება ქანის ნაკლები გაბნევა, აფეთქების შემდეგ სანგრევზე ნაკლები რაოდენობით ჩნდება კიდელები და მცირდება არაგაბარბიტული ნატენების რაოდენობა.

მცირედაყოვნებით აფეთქების მეთოდი სამთო მრეწველობაში 1945 წლიდან გამოიყენება, ხოლო მისი მეცნიერული შესწავლა 1952 წლიდან დაიწყო. მიუხედავად ამისა, მცირე დაყოვნებით აფეთქების დროს ქანების დანგრევის მექანიზმი ჯერ კიდევ არ არის სრულყოფილად შესწავლილი.

### § 35. აფეთქების სეისმური მოძველება. ჰაარის დარტყმითი ტალღა

ქანების დანგრევის მიზნით აფეთქების ენერგიის სასარგებლო გამოყენებას თან ახლავს ისეთი არასასურველი მოვლენები, როგორცაა გარემოზე სეისმური ზემოქმედება და დარტყმითი ტალღის გავრცელება ჰაერში.

ქანების მასივში, ნგრევის სფეროს ფარგლებს გარეთ, დრეკადი ტალღების გავრცელება დიდ მანძილზე ხდება და გარემოზე მათი ზემოქმედება მიწისძვრების დროს წარმოქმნილი სეისმური ტალღების მსგავსია. ამის გამო, შესაძლებელია შენობებისა და სხვა ხელოვნური ნაგებობების დანგრევა. არსებობს აგრეთვე წყაროების დაკარგვისა და ბუნებაზე მავნე ზემოქმედების სხვა საშიშროებანი. ასეთი მოვლენები განსაკუთრებით ანგარიშგასაწევია მასიური აფეთქებების დროს, როდესაც მუხტის სიდიდე ათეული და ასეული ტონობით განისაზღვრება.

აფეთქების სეისმური მოქმედება დამოკიდებულია მუხტის სიდიდეზე და გარემოს მიკროგეოლოგიურ პირობებზე. მაგალითად, თუ ნაგებობა ამოყვანილია სუსტ წყალშემცველ ქანებზე, რომელთა ქვეშ მცირე სიღრმეზე ხისტი კლდოვანი ქანების შრეა განლაგებული, სეისმური მოქმედება ნაგებობაზე შეიძლება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს ამ შრიდან არეკვლილი ტალღების გავლენის შედეგად.

პროფ. გ. პოკროვსკი თეორიული ანალიზის შედეგად ასკვნის, რომ სეისმური მოქმედების მხრივ საშიში ზონის რადიუსი  $R_n$ , გამოყრის

მუხტების შემთხვევაში, უმცირესი წინაღობის ხაზის პროპორციულია პირველი მიახლოებით ეს დამოკიდებულება შემდეგი სახისაა

$$R_0 = \left( \frac{10000}{\gamma} \right)^2 \cdot W,$$

სადაც  $\gamma$  არის ქანების მოცულობითი წონა, კგ/მ<sup>3</sup>.

მეტად მძლავრი აფეთქებების დროს, როდესაც მუხტის სიდიდე ასეულო ტონობით განისაზღვრება, სეისმურად საშიში ზონის რადიუსი მიახლოებით ისაზღვრება ემპირიული ფორმულით

$$R_0 = 116q^{\frac{3}{4}}.$$

აქ  $R_0$  გამოისახება მეტრობით, ხოლო მუხტის სიდიდე  $q$  ტონობით.

სეისმური ტალღების მოქმედების შეფასებისას განსაზღვრული მნიშვნელობა აქვს გრუნტის გადაადგილების სიდიდეს. მაგალითად, ხუთბალიანი მიწისძვრის დროს (იგი საკმაოდ ძლიერად ითვლება) გრუნტის გადაადგილება 0,05 — 0,1 სანტიმეტრის ტოლია, ხოლო რვაბალიანი მიწისძვრის შემთხვევაში (დამანგრეველი მოქმედების) იგი 0,41 — 0,8 სმ უდრის. კატასტროფულად ითვლება ისეთი მიწისძვრა, როდესაც გრუნტის გადაადგილება 3,2 სანტიმეტრს აღემატება.

მძლავრი აფეთქების დროს გრუნტის გადაადგილების სიდიდე  $S$  შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$S = \frac{q^{\frac{3}{4}}}{R^2},$$

სადაც  $S$  გამოსახულია სანტიმეტრობით, მუხტის წონა  $q$  — ტონობით, ხოლო დაშორება აფეთქების ადგილიდან  $R$  მეტრობით.

მიწისძვრისაგან განსხვავებით, როდესაც სხვადასხვა სიხშირის მეტნაკლებად ხანგრძლივი რხევები მოქმედებს, აფეთქების დროს სეისმური ტალღა მხოლოდ ცალკეული იმპულსის სახით გამოვლინდება. ამიტომ ამ შემთხვევაში გამოირიცხულია ნაგებობის რეზონანსული რხევები, რაც განსაკუთრებით საშიშია მისი მდგრადობისათვის.

დიდი მუხტების გამოყენების შემთხვევაში, თუ არსებობს აფეთქების სეისმური მოქმედების მავნე გამოვლინების საშიშროება, საჭიროა მიემართოთ მცირე დაყოვნებითი აფეთქების ხერხს.

ზოგ შემთხვევაში ადგილი აქვს აფეთქების აირების ზემოქმედებას ატმოსფეროს ჰაერზე (ღია მუხტების აფეთქება, გარემოს მცირე წინაღობის გამო აფეთქების ცხელი აირების გამოქრა ზედაპირზე და სხვა). აფეთქების აირების სწრაფი გაფართოების შედეგად ხდება გარემომცველ ჰაერის შეკუმშვა, რასაც ატმოსფეროში შეკუმშვის ანუ დარტყმითი

ტალლის გავრცელება მოსდევს. ასეთი დარტყმითი ტალლის ძირითად მახასიათებელს წარმოადგენს ჰარბი წნევა  $\Delta P_1$  ტალლის ფრონტზე, რომელიც ნახტომისებრად წარმოიქმნება.

ჰაერის დარტყმითი ტალლა, გარემოს პარამეტრების ნახტომისებრი ცვლილებით, ზემოაღწერილი დეტონაციის ტალლის მსგავსია. ამასთანავე მათ შორის პრინციპული განსხვავებაც არსებობს. დეტონაციის ტალლა ვრცელდება ფეთქებადი რეაქციის მიმდინარეობის კვალდაკვალ გამოყოფილი ენერჯის ხარჯზე და ამიტომ მისი პარამეტრები უცვლელი რჩება მთელი პროცესის განპავლობაში. ჰაერის დარტყმითი ტალლა კი ვრცელდება აფეთქების აირების ერთჯერადი ზემოქმედების ხარჯზე; გავრცელებისას მისი ენერჯია ჰაერის სულ უფრო მეტ მოცულობას გადაეცემა, ე. ი. მოცულობის ერთეულში ენერჯის რაოდენობა მცირდება, რის გამოც, დარტყმითი ტალლა თანდათან სუსტდება და ბოლოს ჩვეულებრივ ბგერით ტალლად გარდაიქმნება (ტალლის ენერჯია იხარჯება აგრეთვე ჰაერის გახურებაზე, რომელშიც იგი ვრცელდება).

ჰაერის დარტყმითი ტალლა ვრცელდება აფეთქების ადგილიდან ყველა მიმართულებით, ამიტომ მისი ფრონტი სფერულ ზედაპირს წარმოადგენს. ჯზოგ შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ დარტყმითი ტალლის მიმართული გავრცელება, რასაც ვხვდებით გვირაბებში აფეთქების დროს. ამ დროს ტალლის გავრცელებისას ენერჯის კარგვა უფრო ნაკლებია. ;

ჰაერის დარტყმითი ტალლის დამანგრეველი მოქმედება დამოკიდებულია ტალლის ფრონტზე ჰარბი წნევის სიდიდით (ატმოსფერული წნევის ზევით). როდესაც ჰარბი წნევა 0,5 ატ შეადგენს, კაპიტალური შენობები ინგრევა, რამდენიმე მეასედი ატმოსფერო იწვევს ფანჯრის ჩარჩოების გამოგდებას; ადამიანს კლავს 2 ატ ჰარბი წნევის მქონე ტალლა, ხოლო 0,2 ატ მეტი წნევა კონტუზიას იწვევს. შესაძინევი ზიანი არ მოაქვს მხოლოდ ისეთ დარტყმით ტალლას, რომლის ჰარბი წნევა რამდენიმე მეათასედ ატმოსფეროს არ აღემატება.

დარტყმითი ტალლის წნევის დაცემა, მის მიერ გავლილი მანძილის შესაბამისად, რთული კანონზომიერებით ხასიათდება. ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ ჰაერის დარტყმითი ტალლის ჰარბი წნევის სიდიდე  $\Delta P_1$  (კგ/სმ<sup>2</sup>) დამოკიდებულია მუხტის წონაზე  $q$  (კგ) და ტალლის წმინდრ გავლილ მანძილზე  $R$  (მ).

დარტყმითი ტალლის ფრონტზე ჰარბი წნევის სიდიდე ჰაერში აფეთქებული მუხტის შემთხვევაში (სფერული ტალლა) წმინდება განისაზღვროს მ, სადოვსკის მიერ მიღებული ფორმულით

$$\Delta P_1 = 7 \frac{q}{R^3} + 2,7 \frac{q^{\frac{2}{3}}}{R^2} + 0,84 \frac{q^{\frac{1}{3}}}{R}.$$

როდესაც მუხტის აფეთქება მიწის ზედაპირზე ხდება, მაშინ ჰაერში ნახევარსფერული სახის ტალღა ვრცელდება. ამიტომ ჰაერის მოცულობა, რომელსაც დარტყმითი ტალღის ენერგია გადაეცემა, წინა შემთხვევასთან შედარებით, ორჯერ მცირდება და ჰარბი წნევის სიდიდე მეტი მნიშვნელობისაა.  $\Delta P_1$  საანგარიშოდ ამ დროს  $q$ -ს ნაცვლად ფორმულაში  $2q$  შეაქვთ.

სადოვსკის ფორმულა გამოიყენება სხვა პირობებშიც, მაგალითად, გვირაბებში აფეთქების შემთხვევებში. ამ დროს საჭიროა მხოლოდ მუხტის წონის გაზრდა ფორმულაში (მის ჰემარიტ სიდიდესთან შედარებით) იმდენჯერ, რამდენჯერაც ტალღის ფრონტის ზედაპირი მოცემულ კონკრეტულ პირობებში ნაკლებია შესაბამისი სფეროს ზედაპირზე. ტონელში აფეთქებისას, რომლის განიკვეთის ფართობია  $S$ , ჰაერის დარტყმითი ტალღა ორი მიმართულებით გავრცელდება და მისი ჯამური ზედაპირი  $2S$ -ის ტოლი იქნება. ამიტომ მუხტის საანგარიშოდ მნიშვნელობა იქნება  $\frac{4\pi R^2}{2S} q$ . შტოლნაში აფეთქების შემთხვევაში, ე. ი. ტალღის ერთი მიმართულებით გავრცელებისას აიღება  $\frac{4\pi R^2}{S} q$ . ამ მნიშვნელობათა შეტანით სადოვსკის ფორმულაში ვღებულობთ

$$\text{ტონელისათვის } \Delta P_1 = 44 \frac{q}{SR} + 9,2 \left( \frac{q}{SR} \right)^{\frac{2}{3}} + 1,46 \left( \frac{q}{SR} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{შტოლნისათვის } \Delta P_1 = 88 \frac{q}{SR} + 14,6 \left( \frac{q}{SR} \right)^{\frac{2}{3}} + 1,81 \left( \frac{q}{SR} \right)^{\frac{1}{3}}$$

ჰაერში დარტყმითი ტალღის გავრცელების სიჩქარე  $D$  დამოკიდებულია ჰარბი წნევის სიდიდეზე

$$D = c \sqrt{1 + 0,83 \frac{\Delta P_1}{P_0}}$$

სადაც  $c$  არის ჰაერში ბგერის გავრცელების სიჩქარე, მ/წმ;

$P_0$  — ჰაერის საწყისი წნევა, კგ/სმ<sup>2</sup>.

როგორც ფორმულა გვიჩვენებს, ტალღის გავრცელებისას მისი სიჩქარე თანდათან მცირდება ( $\Delta P_1$  შემცირების გამო). ამის გამო, გაძნელებულია იმ დროის განსაზღვრა, რომელიც სჭირდება დარტყმით ტალღას რაიმე მანძილის გასავლელად: მიახლოებითი გაანგარიშებისათვის აღგენენ  $\Delta P_1$ -ს მნიშვნელობას მანძილის შუა წერტილისათვის და მის მიხედვით საზღვრავენ  $D$ -ს, რომელსაც საშუალო სიჩქარედ მიიჩნევენ (დროის გასაგებად მანძილს ყოფენ სიჩქარის ამ სიდიდეზე).

ვინაიდან ჰაერის დარტყმითი ტალღის ჰარბი წნევა ნაგებობების ნგრევის მიზეზს წარმოადგენს, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს მისი მოქმედების ხანგრძლივობის განსაზღვრას. ჩატარებული ექსპერიმენტებისა და ელექტრულ გამოძველელ მანქანებზე გაანგარიშების შედეგად მიღებულია შემდეგი დამოკიდებულება

$$t = 0,0015 \sqrt{R} \sqrt[6]{q}, \text{ წმ,}$$

სადაც  $R$  არის მუხტიდან დაშორების მანძილი, მ.

$q$  — მუხტის წონა, კგ.

ჰაერის დარტყმითი ტალღის დამანგრეველი მოქმედების შესაფასებლად საზღვრავენ ჰარბი წნევის კუთრი იმპულსს  $I$  (კგძ/წმ/მ<sup>2</sup>). ექსპერიმენტებისა და გამოთვლების საფუძველზე ჰაერში აფეთქებული მუხტისათვის მიღებულია გამოსახულება

$$I = 40 \frac{q^{\frac{2}{3}}}{R}.$$

სხვა პირობებში მუხტის აფეთქების შექმნევაში ისეთივე შესწორებები უნდა იქნეს შეტანილი, როგორსაც იოვალისწინებენ ჰარბი წნევის განსაზღვრის დროს.

ჰაერის დარტყმითი ტალღის წარმოქმნა შეიძლება განპირობებულ იქნეს არა მარტო ფეთქებადი ნივთიერების მუხტის მოქმედებით, არამედ სხვა ბუნებრივი მოვლენების გავლენით, როგორცაა, მაგალითად, მეტეორიტების ვარდნა დედამიწაზე. ტუნგუსკის მეტეორიტით გამოწვეულმა დარტყმითმა ტალღამ სამკერ შემოუარა დედამიწას და ჰარბი წნევა 1 კგძ/მ<sup>2</sup>-ს უდრიდა. მეტად ძლიერი ჰაერის დარტყმითი ტალღა ვრცელდება ატომური აფეთქების დროს (ჰარბი წნევა მრავალ ათეულ ატმოსფეროს შეადგენს).

### § 36. მუხტების გაანგარიშების ზოგადი პრინციპები

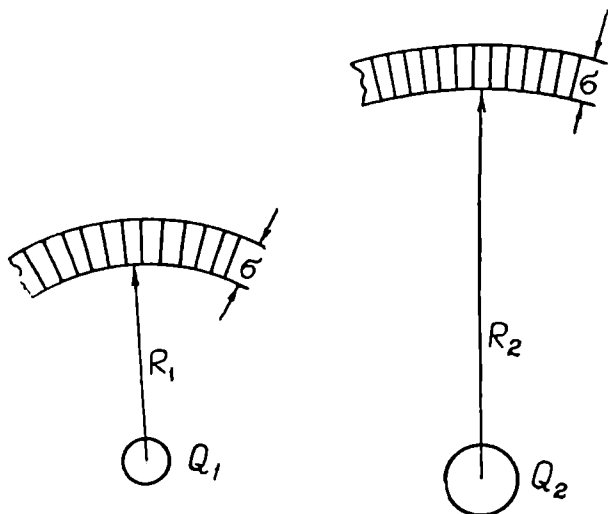
მუხტის სიდიდის ზუსტი გაანგარიშება მეტად ძნელ ამოცანას წარმოადგენს. ეს განპირობებულია, ერთი მხრივ, გარემოში აფეთქების მექანიზმის სირთულით და, მეორე მხრივ, ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ცვალებადობით. გვირაბის გაყვანის შემთხვევაში მუხტის გაანგარიშებისას დაშვებული შეცდომა ადვილი გამოსასწორებელია სანგრევის შემდგომი აფეთქების დროს. სულ სხვა მდგომარეობაა სპეციალური დანიშნულების მასიური აფეთქების შემთხვევაში (მდინარის კალაპორტის შეცვლა, ფუჭი ქანის გადახსნა ღია სამუშაოების წარმოების დროს, არხების გაქრა და სხვ.). მუხტის გაანგარიშებისას დაშვებული

შეცდომა აქ ძნელი გამოსასწორებელია და მან შეიძლება დიდი ზარალი გამოიწვიოს.

ფეთქებადი ნივთიერებების მუხტების გაანგარიშების ზოგად საფუძველს წარმოადგენს გეომეტრიული მსგავსობის კანონი. მის თანახმად, ერთი და იგივე ფეთქებადი ნივთიერებისა და ერთნაირი ფორმის  $Q_1$  და  $Q_2$  მუხტების თანაბარ პირობებში აფეთქების დროს გარემოში გავრცელებული ტალღების პარამეტრები (ძაბვის მნიშვნელობა, სიჩქარე), მუხტებიდან შესაბამისად  $R_1$  და  $R_2$  მანძილით დაშორებულ წერტილებში, ტოლი იქნება მაშინ, თუ დაცულია პირობა (ნახ. 85)

$$\frac{R_1}{\sqrt{Q_1}} = \frac{R_2}{\sqrt{Q_2}}$$

სხვაგვარად რომ ვთქვათ, გარემოს თანაბარი დაძაბულობის მანძილები ისე შეეფარდება ერთმანეთს, როგორც მუხტების მასების მნიშვნე-



ნახ. 85. მსგავსობის პრინციპი მუხტების მოქმედებისას

ლობებიდან ამოღებული კუბური ფესვები ( $R_1 : R_2 = \sqrt{Q_1} : \sqrt{Q_2}$ ).  $R_1$  და  $R_2$  მანძილებზე ძაბვების მოქმედების  $T_1$  და  $T_2$  ხანგრძლივობათა შორის შემდეგი დამოკიდებულება არსებობს

$$T_1 : T_2 = \sqrt{Q_1} : \sqrt{Q_2}$$

სფერული ფორმის მუსტების შემთხვევაში მუსტის  $Q$  წონის ნაცვლად შეიძლება ვისარგებლოთ მუსტის რადიუსის მნიშვნელობით  $r_0$ . ზოგადი შემთხვევისათვის ლებულობენ რომ  $r_0 \approx \sqrt[3]{Q}$

ზემოთქმულიდან შეგვიძლია გავაკეთოთ ის ზოგადი დასკვნა, რომ მუსტის აფეთქების შედეგად გარემოს გარკვეული დაძაბულობის ანუ გარკვეული დეფორმაციების მქონე არის მოცულობა ამ მუსტის მოცულობის (წონის) პირდაპირპროპორციულია. ამიტომ მუსტის სიდიდის საანგარიშო ფორმულას შესაძლებელია, ზოგადად, შემდეგი სახე მივცეთ

$$Q = q \cdot V, \quad (1.36)$$

სადაც  $Q$  არის მუსტის სიდიდე, კგ;

$q$  — ქანის ერთი კუბური მეტრის ასაფეთქებლად საჭირო ფეთქებადი ნივთიერების რაოდენობა (ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი), კგ/მ<sup>3</sup>;

$V$  — ასაფეთქებელი ქანის მოცულობა.

თუ განვიხილავთ გამოყრის მუსტის შემთხვევას, მაშინ აფეთქებული ქანის მოცულობა ისეთი კონუსის მოცულობის ტოლი უნდა მივიღოთ, რომლის სიმაღლეა  $W$  (უმცირესი წინაღობის ხაზი), ხოლო ფუძის რადიუსი  $r$  (ნახ. 78)

$$V = \frac{1}{3} \pi r^3 W. \quad (2.36)$$

ნორმალური გამოყრის დროს  $r = W$ . თუ გავითვალისწინებთ, რომ  $\frac{1}{3} \pi \approx 1$ , შეგვიძლია დავწეროთ  $V = W^3$ . ნორმალური გამოყრის მუსტის სიდიდე

$$Q_5 = q_5 \cdot W^3. \quad (3.36)$$

ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი  $q$  აიღება პრაქტიკის მონაცემების მიხედვით. 21-ე ცხრილში მოცემულია კუთრი ხარჯის მნიშვნელობანი ნორმალური გამოყრის პირობისათვის  $q_5$ , რომლებიც დადგენილია ტრესტ „სოიუზგზრინპრომის“ მიერ მრავალი წლის მანძილზე ჩატარებული სამუშაოების ანალიზის საფუძველზე (ფეთქებადი ნივთიერება — ამონიტი № 6).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის სიდიდე არ იცვლება ქანის სიმაგრის კოეფიციენტის პირდაპირპროპორციულად. იგი დამოკიდებულია, გარდა ქანის სიმაგრისა, ქანის სტრუქტურაზე.

როდესაც ასაფეთქებელი მასივი სხვადასხვა ქანის შრეებისაგან შედგება, კუთრი ხარჯის მნიშვნელობა უნდა ვიანგარიშოთ ფორმულით

$$q = \frac{q_1 H_1 + q_2 H_2 + q_3 H_3 + \dots}{H_1 + H_2 + H_3 + \dots},$$



სადაც  $q_1, q_2, q_3$  არის კუთრი ხარჯი შესაბამისი ქანისათვის;

$H_1, H_2, H_3$  — სხვადასხვა ქანის შრეების სისქეები.

როგორც ასაფეთქებელი სამუშაოების პრაქტიკამ აჩვენა (3.36) ფორმულა ყოველთვის არ იძლევა მუხტის მართებულ სიდიდეს. უმცირესი წინაღობის ხაზის მცირე მნიშვნელობების დროს ამ ფორმულით ნაანგარიშები მუხტი საჭიროზე უფრო ნაკლები გამოდის. ეს იმით აიხსნება, რომ აფეთქების აირები, ამ შემთხვევაში სწრაფად იკრებიან ზედაპირზე ჯერ კიდევ საკმაოდ განუტრეხულ მდგომარეობაში, ე. ი. მათი ენერჯის დიდი ნაწილი უსარგებლოდ იკარგება. საწინააღმდეგო მდგომარეობაა როდესაც უმცირესი წინაღობის ხაზის მნიშვნელობა დიდია. ამ დროს აფეთქების აირები ზედაპირზე გამოსვლამდე მთლიანად ცივდება, ე. ი. მათი ენერჯია სრულად იხარჯება გარემოს დანგრევაზე. ამიტომ აღნშნულ ფორმულით ნაანგარიშები მუხტის სიდიდე საჭიროზე მეტი გამოდის. გარდა ამისა, ფორმულა (3.36) გულისხმობს ნორმალური გამოყრის მიღებას ( $n=1$ ), პრაქტიკული მიზნებისათვის ხშირად საჭირო ხდება ქანების აფეთქება გამოყრის სხვადასხვა მაჩვენებლით ( $n \neq 1$ ). მაგალითად, გვირაბების გაყვანისას მიზანშეწონილია ქანის აფეთქება შემცირებული გამოყრით, მაშინ როდესაც მიწის ზედაპირზე წარმოებული სპეციალური დანიშნულების სამუშაოები შეიძლება მოითხოვდეს ქანების აფეთქებას გაძლიერებული გამოყრის განხორციელებით.

შეჯგუფული მუხტის სიდიდე დამოკიდებულია აფეთქების მოქმედების მაჩვენებლის მნიშვნელობაზე. ამიტომ მუხტის საანგარიშო ფორმულას აძლევენ შემდეგ ზოგად სახეს

$$Q = f(n) \cdot q_5 W^3. \quad (4.36)$$

$f(n)$ -ს ეწოდება აფეთქების მოქმედების მაჩვენებლის ფუნქცია. მისი მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის სხვადასხვა მკვლევარების მიერ რეკომენდებულია მრავალი ემპირიული ფორმულა.

გაძლიერებული გამოყრის მუხტისათვის  $f(n)$ -ს მნიშვნელობის კვლევას თავდაპირველად აწარმოებდნენ სამხედრო სპეციალისტები. გენერალმა ფროლოვმა 1868 წ. წამოაყენა ფორმულა

$$f(n) = A + Bn^3,$$

სადაც  $A$  და  $B$  დადებითი სიდიდეებია და  $A + B = 1$ .

ჩატარებული ცდების საფუძველზე ფროლოვმა დაადგინა ამ კოეფიციენტების მნიშვნელობანი ( $A = B = 0,5$ ) და გაძლიერებული გამოყრის მუხტის საანგარიშო ფორმულას შემდეგი სახე მისცა

$$Q_5 = (0,5 + 0,5n^3) \cdot q_5 \cdot W^3. \quad (5.36)$$

შემდეგში (1871 წ) გენერალ ლეიტენანტმა ბორესკოვმა დააზუსტა კოეფიციენტების მნიშვნელობანი და მიიღო

$$Q_8 = (0,4 + 0,6 n^2) \cdot q_6 \cdot W^3. \quad (6.36)$$

ბორესკოვის ფორმულას ამჟამად იყენებენ გაძლიერებული გამოყარის მუხტების გაანგარიშებისას. უმცირესი წინაღობის ხაზის დიდი მნიშვნელობის დროს ( $W = 25$  მ) ბორესკოვის ფორმულა არ იძლევა მართებულ შედეგს. ამიტომ საღოვსკისა და გ. პროკროვსკის მიერ რეკომენდებულია შესწორებული ფორმულა

$$Q_8 = \sqrt{\frac{W}{25}} \cdot (0,4 + 0,6 n^2) q_6 \cdot W^3. \quad (7.36)$$

როგორც პროფ. გ. პროკროვსკი განმარტავს, ბორესკოვის ფორმულაში შესწორების შეტანის აუცილებლობა გამოწვეულია ქანების სიმძიმის ძალის გავლენით, რომელსაც აღნიშნული ფორმულა არ ითვალისწინებს. როდესაც უმცირესი წინაღობის ხაზი მცირეა, სიმძიმის ძალის გადალახვაზე დახარჯული ენერგია შეიძლება უკუღებულვყოთ (ქანის მცირე მოცულობის გამო), ხოლო  $W$ -ს დიდი მნიშვნელობების დროს ამ ენერგიის გათვალისწინება აუცილებელი ხდება.

ზემომოყვანილი მუხტის საანგარიშო ფორმულებს ემპირიული ხასიათი აქვთ და მათი გამოყენება მოითხოვს ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის ( $q_6$ ) დადგენას, რაც პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე წარმოებს. ამ სიდიდის მნიშვნელობის გასაავებად ხშირად საჭირო ხდება ექსპერიმენტული აფეთქებების ჩატარება.

გარემოზე აფეთქების ზემოქმედების ანალიზის საფუძველზე პროფ. გ. პროკროვსკი იძლევა გამოყარის მუხტის საანგარიშო ფორმულას უმცირესი წინაღობის ხაზის საკმაოდ დიდი მნიშვნელობებისათვის

$$Q_8 = \frac{\gamma}{40\sqrt{U}} W^{2,5} (1 + n^2)^2, \quad (8.36)$$

სადაც  $\gamma$  არის ქანის მოცულობითი წონა, კვ/მ<sup>3</sup>;

$U$  — ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ენერგია კგძ.მ/კგ.

როგორც პროფ. პროკროვსკი აღნიშნავს, ამ ფორმულით სარგებლობა არ მოითხოვს ქანის სპეციალური მახასიათებლების ცოდნას, რისთვისაც საჭიროა ექსპერიმენტული აფეთქებების ჩატარება. აქ საკმარისია ვიცოდეთ მხოლოდ ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ენერგია და ქანის მოცულობითი წონა.

აღსანიშნავია, რომ (8,36) ფორმულაში არ შედის ქანის სიმტკიცის დამახასიათებელი სიდიდე და ქანის თვისებების ერთადერთ განმსაზღვრელ მარამეტრს მისი მოცულობითი წონა წარმოადგენს. საქმე იმაშია, რომ

გამოყრაზე აფეთქების შემთხვევაში ქანის აწევასთან დაკავშირებული მუშაობა მნიშვნელოვნად ჰარბობს ქანის დანგრევაზე დხარჯულ მუშაობას (მისი მსხვრევეადობის გამო). ეს გარემოება განსაკუთრებით შესამჩნევია მსხვილი მასმტაბის აფეთქებების წარმოებისას.

ზემოაღნიშნულის გამო, მიუხედავად იმისა, რომ ქანს მოცულობით წონასა და სხვა მახასიათებლებს შორის ზუსტი ურთიერთკავშირი არ არსებობს, პროფ. გ. პოკროვსკი დასაშვებად თვლის ქანის განმაზოგადებელ მახასიათებლად მისი მოცულობითი წონის აღებას.

სასარგებლო წიაღისეულის საბადოთა დამუშავებისას, უმეტეს შემთხვევაში, საჭირო ხდება აფეთქებების წარმოება ქანის გასაფხვიერებლად, მისი გამოყრის გარეშე (აფეთქება შემცირებული გამოყრის მაჩვენებლებით).

ფეთქებადი სამუშაოების პრაქტიკიდან ცნობილია, რომ ქანის გაფხვიერება გამოყრის ძაბრის წარმოქმნის გარეშე მიიღება იმ შემთხვევაში, როდესაც აფეთქების მოქმედების მაჩვენებლის ფუნქცია  $f(n)=0,33$ . ამიტომ გაფხვიერების მუხტების გაანგარიშების დროს ფორმულა (4.32) მიიღებს სახეს

$$Q=0,33 q_6 \cdot W^3. \quad (9.36)$$

ნამრავლი  $0,33 q$  წარმოადგენს ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის მნიშვნელობას ქანის გაფხვიერების პირობისათვის ( $q_6$ ). მისი სიდიდე ადვილად იანგარიშება 21-ე ცხრილიდან. საცნობარო ცხრილებში ზშირად ნაჩვენებია ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის მნიშვნელობანი როგორც ნორმალური გამოყრის, ისე გაფხვიერების მუხტებისათვის.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ აფეთქების მოქმედების მაჩვენებლის ფუნქციის სიდიდე გაფხვიერების მუხტისათვის  $f(n)=0,33$  ყოველთვის არ არის მართებული და ცვალებადობს უმცირესი წინააღობის ხაზის მნიშვნელობის მიხედვით.

ზრავალრიცხოვანი დაკვირვებით დადგენილია, რომ ქანის გაფხვიერების მიზნით აფეთქების საუკეთესო ეკონომიკური ეფექტი მაშინ მიიღება, როდესაც  $r=\sqrt{W}$  ანუ  $n=\sqrt{\frac{1}{W}}$  ამ პირობისათვის აკად. მეღნიკოვი იძლევა აფეთქების მოქმედების მაჩვენებლის ფუნქციის შემდეგ მნიშვნელობას

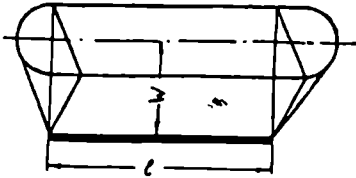
$$f(n)=\left(\frac{W+1}{2W}\right)^{\frac{3}{2}}$$

გაფხვიერების მუხტის საანგარიშო ფორმულა მიიღებს სახეს

$$Q=\left(\frac{W+1}{2W}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot q_6 \cdot W^3. \quad (10.36)$$

არსებობს გამოყრის მაჩვენებლის ფუნქციის მნიშვნელობის დასადგენი სხვა მრავალი ფორმულა, რომლებიც ითვალისწინებენ უმცირესი წინალობის ხაზისა და მუხტის დიამეტრის გავლენას.

წაგრძელებული მუხტების სიდიდე, ისევე როგორც შეჯგუფებული მუხტების შემთხვევაში, მოსანგრევი ქანის მოცულობის მიხედვით განი-



ნახ. 86. გამოყრის ძაბრი წაგრძელებული მუხტის დროს

წარმოუდგენია სამწახნაგა პრიზმის სახით. ნორმალური გამოყრის შემთხვევაში ( $\pi=1$ ) მონგრეული ქანის (ძაბრის) მოცულობა იქნება  $V = W^2l$ , მ<sup>3</sup> (სადაც  $l$  მუხტის სიგრძეა, მ). მუხტის სიდიდე  $n$ -ის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის იქნება

$$Q = f(\pi) q_6 W^2 l, \text{ კგ.} \quad (11.36)$$

გამოყრის ძაბრის ფორმას სინამდვილეში აქვს 86-ე ნახაზზე წარმოდგენილი სახე (გამოყრის პრიზმის ტორსებთან წარმოიქმნება დანგრეული ქანის ნახევარკონუსური მოცულობები). ამ გარემოების გათვალისწინებით პ. ნაზაროვა (11.32) ფორმულას შემდეგა სახე მისცა

$$Q = f(\pi) q_6 (W^2 l + W^3). \quad (12.36)$$

### თ ა ვ ი

## ასაფეთქებელი საფუზაროების მეთოდები და ტექნოლოგია

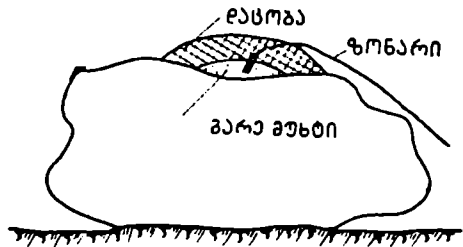
გარემოს დანგრევა აფეთქების საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით. გვირაბების გაყვანა ხდება შპურების მეთოდით; სასარგებლო წიაღისეულის ღია წესით მოპოვებისას და ქანის დიდი მასივების აფეთქების საჭიროების სხვა შემთხვევებში ჰაბურლილები და კამერების მეთოდებს იყენებენ, ნაგებობებისა და დიდი ლოდების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

### § 37. გარე მუხტების მეთოდი

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. საქმე იმაშია, რომ სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების დროს საჭირო ხდება აფეთქებული ქანის დატვირთვა საზიდ ქურკლებში და მისი ტრანსპორტი გადამუშავების ან მოხმარების ადგილამდე. ამიტომ, აფეთქებული ქანი ისეთი ზომის ნატეხებს უნდა შეიცავდეს, რომელიც შეესაბამება დამტვირთველი მანქანების, საზიდი ქურკლებისა და გადამმუშავებელი მექანიზმების ტექნიკურ მახასიათებლებს. ასეთ ნატეხებს კონდიციურს უწოდებენ. მიუხედავად იმისა, რომ მუხტების სიდიდეს, მათ კონსტრუქციასა და განლაგებას მუდამ ირჩევენ კონდიციური ნატეხების მიღების უზრუნველყოფის გათვალისწინებით, აფეთქებული ქანის მასა მუდამ შეიცავს არაკონდიციური (არაგაბარიტული) ნატეხების გარკვეულ რაოდენობას, რომლებიც დამატებით დამსხვრევას მოითხოვს.

კარიერებზე გარე მუხტების მეთოდით მუშაობის დროს, უმეტეს შემთხვევაში, იყენებენ ფხენილისებრ ფეთქებად ნივთიერებას, რომელსაც ზემოდან აყრიან დასამსხვრევ ლოდს 3—4 სმ სისქის ფენის სახით. ამ მიზნით უმჯობესია ლოდზე არსებული რაიმე ჩაღრმავება გამოვიყენოთ (ნახ. 87). ფეთქებად ნივთიერებაში შეაქვთ სააღებელი ძილაკი და შემდეგ ფარავენ მიწით, კვიშით, თხიით ან სხვა რაიმე ინერტული მასალით, რომელიც დაცობის როლს ასრულებს. დამცობი საფარის სისქე სასურველია მუხტის სისქეზე ნაკლები არ იყოს.

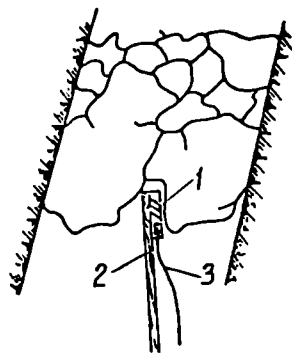


ნახ. 87. გარე მუხტების მეთოდი

გარე მუხტების აფეთქებას, უმეტეს შემთხვევაში, ცეცხლოვანი ხერხით ახდენენ. ამ ხერხის უპირატესობა თვალსაჩინო გახდება თუ გავითვალისწინებთ, რომ მასიური აფეთქების შემდეგ არაგაბარიტული ნატეხები უწესრიგოდაა გაფანტული, რაც ართულებს ელექტროფეთქებადი ქსელის მონტაჟს. ამ დროს ყურადღება უნდა მიექცეს იმ გარემოებას, რომ ერთ-ერთი გარე მუხტის აფეთქების შედეგად არ მოხდეს

მეზობელი გარე მუხტის გაბნევა ჰაერის ტალღით ან ქანის ნამტვრევებით. თუ ამის საშიშროება არსებობს, მაშინ საჭიროა რომ ახლომდებარე ლოდები რიგრიგობით დაემუხტოთ და ავაფეთქოთ ან მივმართოთ ელექტროაფეთქების ხერხს. შეიძლება გამოვიყენოთ საღებრონაციო ზონრით აფეთქებაც.

ზონრების წაკიდების შემდეგ აფეთქებელი მიდის უსაფრთხო ადგილზე (კარიერებზე ამ მიზნით მორებისაგან შეკრულ ჯიხურს იყენებენ) და აწარმოებს აფეთქებათა ხმების დათვლას. რომელიმე მუხტის მტყუნების შემთხვევაში, მას აკლიან დასაცობ მასალას და ფეთქებად ნივთიერებაში ახალი საალებელი მილაკი შეჰყავთ. ამის შემდეგ კვლავ ხდება დაცობა და აფეთქება.



ახ. 88. ლოდების დამსხვრევა მაღანსაშვებში.

გარე მუხტების მეთოდს იყენებენ აგრეთვე ლითონიანი საბადოების მიწისქვეშა და მუშავეებისას, ე. წ. გაცხავეების ჰორიზონტზე არაგაბარიტული ნატეხების განმეორებითი დამტვრევისათვის. მისი გამოყენება აუცილებელი ხდება მაღანსაშვებში ქანის დიდი ნატეხების გაჭეჭვის შემთხვევაში. ამ დროს მუხტს 1 ამაგრებენ ჭოკზე 2 და ისე შეაქვთ მაღანსაშვებში (ნახ. 88).

სხვადასხვა ნაგებობების დანგრევისას გარე მუხტის მოთავსების ადგილი დამოკიდებულია კონკრეტული ამოცანის ხასიათზე. ამ დროს უფრო მოსახერხებელია დავაზნული ფეთქებადი ნივთიერების გამოყენება.

გარე მუხტების მეთოდის დადებითი მხარეა მისი შესრულების სიმარტივე. ამ დროს საჭირო არ არის შპურების ბურღვა, რაც ასაფეთქებელი სამუშაოების სწრაფი ჩატარების საშუალებას იძლევა. ქანის ნამტვრევების გატყორცნა, შპურების მეთოდთან შედარებით, ნაკლებ მანძილზე ხდება (თუმცა ამ შემთხვევაში საშიში ზონის რადიუსი 400 მეტრზე ნაკლები არ აიღება).

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

ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯის შესამცირებლად მიზანშეწონილია მისი გაშლა ლოდის ზედაპირზე თხელ ფენად. ამით იზრდება ფეთქებადი ნივთიერების შეხების ფართობი ქანთან, რაც აირების ენერჯის

უკეთესი გამოყენების პირობებს ქმნის. ფეთქებადი ნივთიერების ეკონომიური ხარჯვის მიზნით ჩვენი მრეწველობა ამზადებს ЗКП და ЗКН ტიპის კუმულაციურ ვაზნებს.

კარიერებზე არაგაბარიტული ნატეხების დამსხვრევისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს შპურების მეთოდიც. ამ შემთხვევაში საჭირო იქნება საკომპრესორო მეურნეობის მოწყობა, საბურღი მანქანების ექსპლუატაცია და სხვ. სამაგიეროდ მკვეთრად შემცირდება ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯი. რომელიმე მეთოდისათვის უპირატესობის მინიჭება მოითხოვს მათი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებას.

### § 38. საშუა რეზინის მეთოდი

ქანების აფეთქების საშუალებით სხვადასხვა დანიშნულების გვირაბების გაყვანა წარმოებს საშუა რეზინის მეთოდის გამოყენებით, რომლის არსი განმარტებული იყო კურსის დასაწყისში (ნახ. 1). ამ მეთოდს მიმართავენ აგრეთვე სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების მიზნით (საწმენდ სანგრევეებში), საგზაო მშენებლობისას, მცირე მასშტაბის ღია სამუშაოებზე და სხვ. ქვემოთ ძირითადად განხილულია ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების პარამეტრები გვირაბების გაყვანისას.

გვირაბის სანგრევის აფეთქებისას საჭიროა შემდეგი პირობების შესრულება: ქანის თანაბარი დამსხვრევა საჭირო ზომის ნატეხებად. რაც ხელსაყრელი უნდა იყოს სატვირთავი მანქანის მუშაობისათვის; გვირაბის განივკვეთის საჭირო კონტურის შექმნა; შპურის სიგრძის მაქსიმალური გამოყენება; სანგრევის სწორი ზედაპირის მიღება; აფეთქებული ქანის მინიმალური გატყორცნა, რაც თავიდან გვაცილებს სამაგარის დაზიანებას და აუმჯობესებს სატვირთავი მანქანის მუშაობის პირობებს.

ზემოჩამოთვლილი მაჩვენებლების მისაღწევად საჭიროა სათანადოდ იქნეს გაანგარიშებული მუხტის სიდიდე, განისაზღვროს შპურების რიცხვი და შეირჩეს სანგრევეზე შპურების განაწილების რაციონალური სქემა. გვირაბის გაყვანის სამუშაოების სწორი ორგანიზაცია შობითხვს აგრეთვე შპურების ოპტიმალური სიღრმის დადგენას. ქანის დანგრევის ხასიათზე გარკვეულ გავლენას ახდენს შპურში მოთავსებული მუხტის კონსტრუქცია.

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

$$Q = q \cdot V = q \cdot S \cdot l \cdot \eta,$$

(1.38)

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>;

$l$  — შპური სიგრძე, მ;

$\eta$  — შპურის გამოყენების კოეფიციენტი (შპურის აფეთქებულ ნაწილის სიგრძის შეფარდება შპურის მთელ სიგრძესთან,  $\eta = 0,8-1,0$ ).

მუხტის სიდიდის გაანგარიშებისას მთავარ სიძნელეს ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის დადგენა წარმოადგენს. იგი დამოკიდებულია ქანის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, სანგრევის ფართობზე, ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარზე და სხვ. ამ სიდიდის თეორიული განსაზღვრა შეუძლებელი ხდება და ამიტომ მის მნიშვნელობას უმეტეს შემთხვევაში იღებენ სპეციალური ცხრილებიდან, რომლებიც შედგენილია პრაქტიკული გამოცდილების საფუძველზე.

სხვადასხვა მკვლევარები იძლევიან ემპირიულ ფორმულებს, რომლებიც ითვალისწინებენ ძირითადი ფაქტორების გავლენას ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის სიდიდეზე. ხშირად სარგებლობენ შემდეგი ფორმულით

$$q = q_1 f_1 \cdot e \cdot v, \quad (2.38)$$

სადაც  $q_1$  არის ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი სტანდარტული პირობებისათვის, რომელიც დამოკიდებულია ქანის სიმკვარეზე (ცხრილი 21);

$f_1$  — ქანის სტრუქტურის კოეფიციენტი (ცხრილი 22);

$e$  — ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერების (ამონიტი ნЖВ) 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 21

ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი $f$	კუთრი ხარჯი $q_1$ (ამონიტი ნაქს) კგ/მ <sup>2</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 22

ქანის დახასიათება	სტრუქტურის კოეფიციენტი
ბლანტი, დრეკალი, ფორიანი	2,0
ღისოციერბული, არასწორი წოლითა და წერილი ბზარიანობით	1,4
ფიქსიებიანი განლაგებითა და ცვალებადი სიმაგრით, შპურის მიმართულების მართობული დაფენებით	1,3

პროფ. ე. მინდელს, ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე, მიღებული აქვს შემდეგი გამოსახულება (ერთი გაშიშვლებული სიბრტყის შემთხვევაში)

$$q = e \left( 2,92 + 0,135f + \frac{5,4}{S} - 0,004d - 2,22\eta - 0,48l + 0,096l^2 + 0,00008H + 0,000003H^2 \right), \quad (3.38)$$

სადაც  $S$  არის გვირაბის სანგრევის ფართობი მ<sup>2</sup>;

$f$  — ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი პროტოლიაკონოვის სკალით;

$d$  — ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნის დიამეტრი, მმ;

$\eta$  — შპურის გამოყენების კოეფიციენტი;

$l$  — შპურის სიღრმე, მ;

$H$  — გვირაბის განლაგების სიღრმე, მ (მხედველობაში მისაღებათ  $H > 500$  მ);

$e$  — ფეთქებადი ნივთიერების მუშაობის უნარის კოეფიციენტი (ეტალონად აღებულია კლდის ამონიტი № 1).

ორი გაშიშვლებული სიბრტყის არსებობისას ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის მნიშვნელობა დაახლოებით ორჯერ ნაკლები აღემატება (ვიდრე ეს 3-38 ფორმულით გამოდის).

პროფ. ე. მინდელის მიერ მიღებული გამოსახულების უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ მისი გამოყენებისათვის საჭირო არ არის ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის ცოდნა სტანდარტული პირობებისათვის.

თუ გაანგარიშებით მიღებული მუხტის გამოყენება გვირაბის სან-

გრევის აფეთქებისას არ იძლევა სასურველ შედეგს, მაშინ ხდება მისი სიდიდის კორექტირება შემდეგი აფეთქებების შესრულებისას, რაც, თავისთავად, დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს. მაგრამ ამ დროს გასათვალისწინებელია, რომ მუხტის სიდიდეზე დამოკიდებულია ბურღვა-აფეთქებითი კომპლექსის დანარჩენი პარამეტრები და, ამიტომ, მუხტის შეცვლა მათი შეცვლის საჭიროებას იწვევს.

შ პ უ რ ე ბ ი ს რ ი ც ხ ვ ი. სანგრევის აფეთქების შედეგად ქანის თანაბარი დამსხვრევა და გვირაბის საპროექტო კონტურის მიღება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული შპურების რიცხვის სწორ შერჩევაზე.

შპურების რიცხვის საანგარიშოდ სხვადასხვა ავტორის მიერ რეკომენდებულია ემპირიული ხასიათის მრავალი ფორმულა, რომლებსაც საფუძვლად უდევს ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკური დამუშავება. ამიტომ ისინი ასახავენ იმ კანონზომიერებას, რომელიც ძირითადად მართებულია ჩატარებული ექსპერიმენტისათვის დამახასიათებელ სამთო-ტექნიკურ პირობებში.

პროფ. პროტოდიაკონოვის ემპირიულ ფორმულას, რომელიც მიღებულია 1926 წელს, მაშინდელი დონბასის პრაქტიკული მონაცემების ანალიზის შედეგად, აქვს შემდეგი სახე

$$n = 2,7 \sqrt{\frac{f}{S}}, \quad (4.38)$$

სადაც  $n$  არის შპურების რიცხვი გვირაბის სანგრევის 1 მ<sup>2</sup>-ზე (ერთი გაშიშვლებული სიბრტყის შემთხვევაში);

$f$  — ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი;

$S$  — სანგრევის ფართობი, მ<sup>2</sup>.

პროფ. სუხანოვის ემპირიული ფორმულა შემდეგნაირად გამოისახება

$$n = 1,67 + 0,17f + S(0,037f + 0,27). \quad (5.38)$$

ამჟამად უმთავრესი გამოყენება აქვს პროფ. ნ. პოკროვსკის ანალიზურ ფორმულას, რომელიც გამოყვანილია შემდეგი მსჯელობის საფუძველზე.

სანგრევის ასაფეთქებლად საჭირო მუხტის სიდიდე

$$Q = q \cdot S \cdot l.$$

მეორე მხრივ შეგვიძლია დავწეროთ

$$Q = N \cdot l \cdot \gamma,$$

სადაც  $N$  არის შპურების რიცხვი მთელ სანგრევეზე;

l — შპურის სიგრძე, მ;

$\gamma$  — შპურის ერთ გრძივ მეტრზე მოსული ფეთქებადი ნივთიერების რაოდენობა, კგ.

ამ გამოსახულებათა მარჯვენა ნაწილების გატოლებით მივიღებთ

$$N = \frac{q \cdot S'}{\gamma}. \quad (6.38)$$

შპურის ერთ გრძივ მეტრზე მოსული ფეთქებადი ნივთიერების რაოდენობა გრამობით შეადგენს

$$\gamma = \alpha \frac{\pi \cdot d^2}{4} 1000, \quad (7.38)$$

სადაც  $\alpha$  არის შპურის გაესების კოეფიციენტი;

$d$  — შპურის დიამეტრი, სმ;

$\beta$  — ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივე, გ/სმ<sup>3</sup>.

პროფ. პოკროვსკი აღნიშნავს, რომ (6,34) ფორმულა ითვალისწინებს ფეთქებადი ნივთიერების თანაბარ განაწილებას შპურებში, რაც არ არის მართებული. საკონტურო შპურები, რომელთა დანიშნულებაა გვირაბის განივკვეთისათვის საპროექტო ფორმის მიცემა, ფეთქდება ფაქტიურად ორი გაშიშვლებული სიბრტყის არსებობისას. მათი მუხტების უმცირესი ხაზის სიდიდეც შედარებით მცირეა. სხვა შპურების მუხტებით ინტერვა ქანის ძირითადი მასა, რომელსაც ერთი გაშიშვლებული სიბრტყე აქვს. ამიტომ ფეთქებადი ნივთიერების რაოდენობა საკონტურო შპურების ერთ გრძივ მეტრზე  $\gamma_0$  ნაკლები უნდა იყოს, ვიდრე სხვა შპურებში (შეიძლება ავიღოთ  $\gamma_0 = 0,5\gamma$ ).

საკონტურო შპურებს შორის მანძილი, ჩვეულებრივად, ერთი და იგივე აიღება ქანის სხვადასხვა სიმაგრის დროს და 0,75—0,8 მეტრს შეადგენს, ე. ი. მათი რიცხვი  $N_{\text{სკ}}$  დამოკიდებულია გვირაბის პერიმეტრზე

$$N_{\text{სკ}} = \frac{P - B}{b} + 1, \quad (8.38)$$

სადაც  $P$  არის გვირაბის განივკვეთის პერიმეტრი;

$B$  — გვირაბის სიგანე;

$b$  — მანძილი საკონტროლო შპურებს შორის.

ფორმულაში გვირაბის პერიმეტრს აკლებენ სიგანეს, ვინაიდან ნადაგის შპურები ყველაზე მძიმე პირობებში ფეთქდება და მათში ფეთქებადი ნივთიერება ჩვეულებრივი რაოდენობით თავსდება.

საყელავი და მომნგრევი შპურების რაოდენობა  $N_{საყ}$  განისაზღვრება საკონტურო შპურებში მუხტის ნაწილის მოთავსების გათვალისწინებით

$$N_{საყ} = \frac{qS - \left( \frac{P-B}{b} + 1 \right) \cdot \gamma_0}{\gamma} \quad (9.38)$$

შპურების საერთო რაოდენობა სანგრევეში იქნება

$$N = N_{საყ} + N_{საგ} \quad (10.38)$$

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

$$T = \frac{Nl}{n_1 v} + t + \frac{k_0 \cdot \eta \cdot \mu \cdot l \cdot S}{n_2 \rho},$$

საიდანაც განისაზღვრება შპურის სიღრმე

$$l = \frac{T - t}{\frac{N}{n_1 v} + \frac{k_0 \cdot \eta \cdot \mu \cdot S}{n_2 \rho}},$$

სადაც  $t$  არის შპურების დამუხტვა-აფეთქებისა და სანგრევის განიავებისათვის საჭირო დრო, სთ;

$N$  — შპურების რიცხვი სანგრევეში;

$n_1$  — სანგრევეში ერთდროულად მომუშავე საბურღი მანქანების რიცხვი;

$v$  — ერთი მანქანით ბურღვის სიჩქარე საერთო დროის ერთეულში, მ/სთ;

$k_0$  — ქანის გაფხვიერების კოეფიციენტი აფეთქებით მონგრევისას (1,8—2,0);

$\eta$  — შპურის გამოყენების კოეფიციენტი;

$\mu$  — გვირაბის განიკვეთის სიჭარბის კოეფიციენტი (1,05—1,1);

$S$  — გვირაბის გაყვანის საპროექტო განიკვეთა, მ<sup>2</sup>;

*n*<sub>3</sub> — სანგრევში ერთდროულად მომუშავე ქანის სატვირთაჲ მანქანების რიცხვი;

*p* — სატვირთაჲ მანქანის მწარმოებლურობა საერთო დროის ერთ საათში, მპ.

პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე მიღებულია თარაზული და დახრილი გვირაბების გაყვანისას შპურების ოპტიმალური სიღრმის შემდეგი მნიშვნელობები (ცხრილი 23, შპურის სიღრმე მეტრობით).

ც ხ რ ი ლ 23

შპურების ოპტიმალური სიღრმე

სანგრევის ფართობი	ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი		
	$f=1,5-3$	$f=4-6$	$f=7-20$
$S < 12$ მ <sup>2</sup>	3-2	2-1,5	1,8-1,5
$S > 12$ მ <sup>2</sup>	3,5-2,5	2,5-2,2	2,2-1,5

შპურების სიღრმის გაზრდა 3,0 მეტრამდე არ იწვევს გვირაბის კონტურის დაცვის სიზუსტის შესამჩნევ გაუარესებას. სიღრმის შემდგომი გაზრდისას აღინიშნება ქანის მნიშვნელოვანი დანგრევა კონტურის ფარგლებს გარეთ, რაც უარყოფით გავლენას ახდენს გვირაბის გაყვანის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე.

შპურების ოპტიმალურ სიღრმეზე გავლენას ახდენს ფეთქებადი ნივთიერებების თვისებები. მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერებების შემთხვევაში შპურის სიღრმის გაზრდა დადებითად მოქმედებს აფეთქების ეფექტზე. სუსტი ნივთიერებების გამოყენებისას მოსალოდნელია დეტონაციის ტალღის სიჩქარის შემცირება, რამაც ღრმა შპურებში შეიძლება მუხტის მტყუნება გამოიწვიოს.

გვირაბების გაყვანისას 3,0 მეტრზე უფრო მეტი სიგრძის შპურებს ღრმა შპურებს უწოდებენ, საშუალო შპურების სიგრძეა 1,6—3,0 მ, ხოლო მოკლე შპურების სიგრძე 1,6 მეტრზე ნაკლებია.

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

შპურების დიამეტრის გაზრდა იწვევს შპურების საჭირო რიცხვის შემცირებას. შპურის ავსების თანაბარი კოეფიციენტების შემთხვევაში

მასში მოთავსებული მუხტის სიდიდე შპურის დიამეტრის კვადრატის პროპორციულია

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2^3}{d_1^2},$$

სადაც  $N_1$  და  $N_2$  — შპურების რიცხვია სანგრევეზე მათი სხვადასხვა დიამეტრის დროს;

$d_1$  და  $d_2$  — შპურების შესაბამისი დიამეტრი.

მაგრამ, ვინაიდან ბურღვის მწარმოებლურობა დაახლოებით შპურის დიამეტრის კვადრატის უკუპროპორციულია, ამიტომ სანგრევის და ბურღვის დრო იგივე რჩება. ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ საკონტურო შპურების რიცხვი პრაქტიკულად არ შეიძლება შემცირდეს დიამეტრის გაზრდის ხარჯზე (ეს გამოიწვევდა საპროექტო კონტურის გარეთ ქანის მონგრევის გაზრდას).

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 მცირედიამეტრიანი შპურების ბურღვას (20—24 მმ), რაც ამავე დროს მოითხოვს კარგი სადეტონაციო თვისებების მქონე ფეთქებადი ნივთიერების გამოყენებას.

შპურის დიამეტრის შერჩევა გვირაბების გაყვანისას ხშირად ხდება ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნების სტანდარტული დიამეტრის შესაბამისად. შპურის დიამეტრი ვაზნის თავისუფალი შეყვანის საშუალებას უნდა იძლეოდეს. ამასთანავე, შპურისა და ვაზნის დიამეტრებს შორის სხვაობა 15—20%-ს არ უნდა აღემატებოდეს. დიდი ღრეჩოს არსებობა ამცირებს აფეთქების ეფექტს.

ზოგიერთი მკვლევარი დიდი კვეთის გვირაბების გაყვანისას ( $S > 20$  მ<sup>2</sup>), დიდი დიამეტრის შპურების გამოყენებასთან ერთად, მიზანშეწონილად თვლის მცირე დიამეტრის შპურების ბურღვას გვირაბის კონტურზე. ეს თავიდან გვაცილებს ქანის ზედმეტ მონგრევას, მაგრამ ართულებს ბურღვის ორგანიზაციას.

პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე რეკომენდებულია მცირე კვეთის ( $S < 4$  მ<sup>2</sup>) გვირაბის მაგარ ქანებში გაყვანისას გამოყენებულ იქნეს 32—36 მმ ვაზნები, ხოლო უფრო დიდი კვეთის გვირაბებში ვაზნის დიამეტრი 40 მილიმეტრამდე უნდა გაიზარდოს.

ვერტიკალური ქაურების გაყვანისას საუკეთესო შედეგები იქნა მიღებული 45-მილიმეტრიანი ვაზნების გამოყენების შემთხვევაში (შპურის დიამეტრი 50—52 მმ). ამ დროს თითქმის ორჯერ ნაკლებია შპურების რიცხვი (32 მმ ვაზნებთან შედარებით), ხოლო ფეთქებადი ხიფთიერების ხარჯი 20—25%-ით მცირდება.

შპურის გამოყენების კოეფიციენტი. აფეთქებარ შედეგად ქანის მონგრევა შპურის მთელ სიგრძეზე არ ხდება, შპურის ძირი აუფეთქებელი რჩება ე. წ. „ქიქის“ სახით. შპურის აფეთქებული ნაწილის  $l_1$  სიგრძის შეფარდებას შპურის მთელ  $l$  სიგრძესთან ეწოდება შპურის გამოყენების კოეფიციენტი  $\eta = l_1 : l$ . მისი სიდიდე დაძოკლებულია მუხტის სიდიდესა და კონსტრუქციაზე, ქანის თვისებებზე, შპურების განლაგების სქემაზე და სხვ. აღსანიშნავია, რომ შპურის გამოყენების კოეფიციენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა არ წარმოადგენს მის ოპტიმალურ სიდიდეს. საქმე იმაშია, რომ ამ კოეფიციენტის მაქსიმალური მნიშვნელობის მისაღებად საჭიროა შპურების რიცხვისა და მუხტის სიდიდის მნიშვნელოვანი გაზრდა, რაც იწვევს ბურღვა-აფეთქებითი კომპლექსის შრომატევადობის გაუმართლებელ გადიდებას.

შპურის გამოყენების კოეფიციენტის ოპტიმალური მნიშვნელობა მაშინ გვაქვს, რომლის დროსაც ვლებულობთ ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოებისა და ქანის დატვირთვის მინიმალურ შრომატევადობას. თიხაფიქლებისა და ქვიშაფიქლებში ქაურის 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 ვლებულობთ ქვაბური მუხტების ხმარებისას.

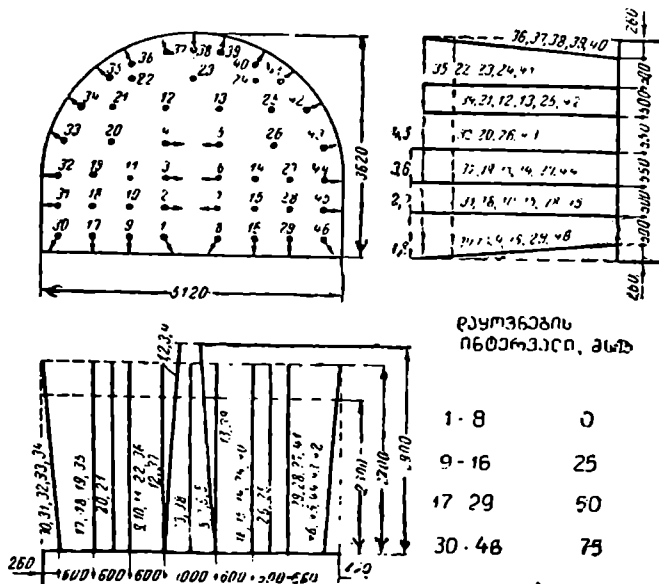
შპურების განაწილება გვირაბის სანგრევეში. შპურების რიცხვის განსაზღვრის შემდეგ საჭიროა სანგრევეში მათი განაწილების სქემის შედგენა. შპურების განაწილება და მათი აფეთქების თანმიმდევრობა განისაზღვრება ქანის საჭირო დანგრევისა და გვირაბის კონტურის ზუსტი დაცვის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით.

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

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

დიდი კვეთის გვირაბებში ( $S > 10-12 \text{ მ}^2$ ) სანგრევი შპურების აფეთქებით ხდება ქანის უმეტესი ნაწილის მონგრევა. ზოგჯერ, სანგრევი შპურებში ცალკე გამოყოფენ ე. წ. დამხმარე შპურებს, რომლებიც საყელავი შპურების შემდეგ მცირე დაყოვნებით ფეთქდება და ხელს უწყობს ყელის (დამატებითი გაშიშვლებული სიბრტყის) შექმნას. როდესაც გვირაბის კვეთი მცირეა ( $S < 6-7 \text{ მ}^2$ ), მაშინ შეიძლება სანგრევი შპურები საკონტურო შპურების როლსაც ასრულებდეს.

საკონტურო შპურების დანიშნულებაა გვირაბის განივკვეთისათვის პროექტით გათვალისწინებული კონტურის მიცემა. ისინი, ჩვეულებრივ, სულ ბოლოს ფეთქდება. მაგარ და მონოლითურ ქანებში გვირაბის გაყ-



ნახ. 89. შპურების განაწილების სქემა

ვანისას საკონტურო შპურების ბოლოები პროექტით განსაზღვრული კონტურის გარეთ გადის 10—25 სმ მანძილზე. საშუალოზე ნაკლები სიმაგრის ან დიდი ბზარიანობის მქონე ქანების შემთხვევაში კი ასეთი შპურების ბოლოები არ აღწევენ კვეთის კონტურს (10—15 სმ). ამით თავიდან იცილებენ ქანის გადამეტებულ მონგრევას.

89-ე ნახაზზე მოცემულია შპურების განაწილების ერთ-ერთი შესაძლებელი სქემა, როდესაც სანგრევის ფართობი  $S = 15,5 \text{ მ}^2$ , ქანების 258



სიმაგრის კოეფიციენტი  $f=7$ . საყელავი შპურებია 1—8, სანგრევი 9—29, საკონტურო 30—46 (შპურებს 9—16 შეიძლება დამხმარე შპურები ეწოდოს).

საყელავი შპურების აფეთქება მძიმე პირობებში ხდება (ერთი გაშიშვლებული სიბრტყე). მათ მიერ შექმნილი ყელის სიღრმე განსაზღვრავს სანგრევის წინწაწევის სიდიდეს ერთ სამუშაო ციკლში. ამიტომ საყელავი შპურების განლაგების შერჩევას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. იგი დამოკიდებულია ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებსა და გვირაბის სანგრევის ფართობზე.

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

დახრილი ყელების უპირატესობაა სანგრევის სტრუქტურის გამოყენების შესაძლებლობა ყელის შექმნის გასაადვილებლად (ქანის გამონგრევა ფენოვნებისა და ბზარიანობის სიბრტყეებზე). ამ დროს აფეთქებული ქანი მთლიანად გამოიყრება ყელიდან, რითაც მაქსიმალურად უმჯობესდება სხვა შპურების აფეთქების პირობები. ასეთ ყელებს ფართო გავრცელება აქვს პრაქტიკაში.

დახრილი ყელების გამოყენების ნაკლია დახრილი შპურების ბურღვის სირთულე. ასეთი შპურების ბურღვა მოთხოვს საბურღი მანქანისათვის საჭირო მდებარეობის მიცემას, რაც იზღუდება გვირაბის კვეთის ზომებით. ამიტომ ყელის სიღრმე და, მაშასადამე, სანგრევის წინწაწევაც შეზღუდულია. დახრილი საყელავი შპურების აფეთქებისას ქანის დიდმა გატყორცნამ შეიძლება გამოიწვიოს სამაგრის დაზიანება და გააუარესოს ქანის დატვირთვის პირობები.

პირდაპირი საყელავი შპურების უპირატესობაა ღრმა ყელის მიღების შესაძლებლობა, შპურების განაწილების მარტივი სქემა და ბურღვის მოხერხებულობა. აფეთქებული ქანის გაფანტვა ამ შემთხვევაში ნაკლებია, რაც ხელსაყრელია სატვირთავი მანქანის მუშაობისათვის; მაგრამ ქანის მნიშვნელოვანი ნაწილი, რომელიც ყელშივე რჩება, აუარესებს მომდევნო შპურების აფეთქების პირობებს (დახრილ ყელთან შედარებით). პირდაპირი ყელების გამოყენებისას მიზანშეწონილად თვლიან გაზრდილი დიამეტრის მქონე შპურების ბურღვას.

სანგრევში შპურების განაწილების სქემა არჩეული ყელის სახელწოდებას ატარებს. დახრილი ყელების სახეებია: ცენტრალური პირამიდული ყელი, ვერტიკალური სოლური ყელი, თარაზული სოლური ყელი.

ლი, ზედა ყელი, ქვედა ყელი, გვერდითი ყელი, „მაკრატელა“ ყელი, მარაოსებრი ყელი.

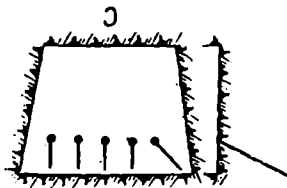
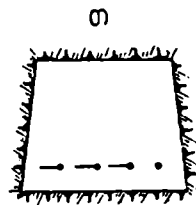
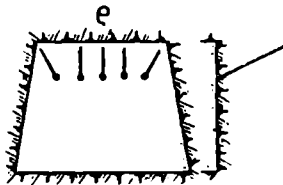
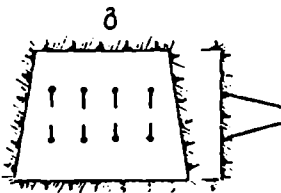
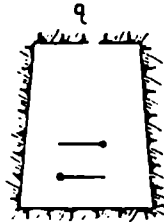
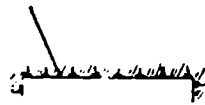
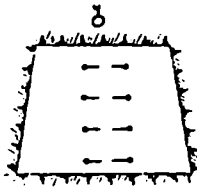
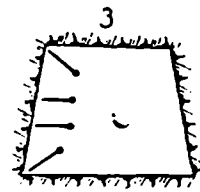
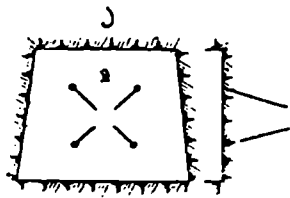
ცენტრალური პირამიდული ყელი (ნახ. 90, ა) წარმოიქმნება გვირაბის ცენტრში ვაბურღული დახრილი შპურების აფეთქების შედეგად. იგი გამოიყენება მაგარ, მონოლითურ ქანებში მართკუთხა კვეთის ქაურებისა და აღმავალი გვირაბების გაყვანისას (გვირაბის კვეთი  $S > 4,0$  მ<sup>2</sup>). თარაზულ გვირაბებში ასეთ ყელს იშვიათად ხმარობენ.

ვერტიკალური სოლური ყელი (ნახ. 90, ბ) მიიღება სანგრევის ვერტიკალური ღერძის სიმეტრიულად განლაგებული შპურების აფეთქებით. ამ სახის ყელს, ამჟამად, ყველაზე მეტი გამოყენება აქვს შპურების ბურღვის სიადვილისა და ქანის აფეთქების კარგი ეფექტის გამო. მისი გამოყენება მიზანშეწონილად ითვლება როგორც ერთგვაროვან, ისე ვერტიკალური შრეულობისა და ბზარების მქონე ქანებში (უქანასკნელ შემთხვევაში თავიდან აცილებულია შპურების გაყოლება ბზარის სიბრტყეზე, რამაც შეიძლება აფეთქების აირების უსარგებლო კარგვა გამოიწვიოს. ამ გარემოებას მუდამ ითვალისწინებენ სხვა სახის სოლური ყელების შემთხვევებშიც). საყელავი შპურების რაოდენობა, ჩვეულებრივ, 6—8 ცალია. ვინაიდან მათი ბურღვა საჭირო დახრით უნდა მოხდეს, ამიტომ ყველას სიღრმე შეზღუდულია გვირაბის სიგანით. ამის გამო ასეთი ყელი ვიწრო გვირაბებში მიუღებელია (სასურველია, რომ  $S > 6$  მ<sup>2</sup>).

სანგრევის სიბრტყისადმი საყელავი შპურების დახრის კუთხე ადამოკიდებულია ქანის სიმაგრეზე. დიდი სიმაგრის ქანებში ( $f = 13—20$ ) იგი  $55—60^{\circ}$ -ს შეადგენს, მაგარ ქანებში ( $f = 8—13$ )  $\alpha = 60^{\circ}$ , ხოლო უფრო ნაკლები სიმაგრის ქანებში ( $f = 2—8$ )  $\alpha = 70^{\circ}$ . საყელავ შპურებს შორის ვერტიკალური მანძილი  $0,2—0,5$  მეტრია, ხოლო თარაზული მანძილი (სანგრევის სიბრტყეზე) გვირაბის სიგანის ნახევარს არ აღემატება.

თარაზული სოლური ყელი (ნახ. 90, გ) გამოიყენება ერთგვაროვან ქანებში, გვირაბის მცირე სიგანის დროს. მისი გამოყენება მიზანშეწონილია თარაზული შრეულობის ქანებში და ბზარიანობის სიბრტყეების თარაზული განლაგებისას. საყელავ შპურებს შორის მანძილი და მათი დახრა სანგრევის სიბრტყისადმი ისეთივეა, როგორც ვერტიკალური სოლური ყელისთვისაა მიღებული.

ქვედა ყელს (ნახ. 90, ე) მიმართავენ საშუალო სიმაგრის შრეულ ქანებში, შრეების სანგრევისაკენ ვარდნის შემთხვევაში. საყელავი შპურების მიმართულება შრეულობისა და ბზარების სიბრტყეებთან, დაახლოებით, მართ კუთხეს უნდა ქმნიდეს. ქვედა ყელი შეიძლება გამოყე-



ნახ. 90. დახრილი ყელეები

ნებულ იქნეს მაგარ ქანებშიც, თუ მათი კონტაქტი გვირახის იატაკთან სუსტია.

ზედა ყელის (ნახ. 90, 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. 90, ვ) მიზანშეწონილია ციკაზოდ დაქანებულ ქანებში, მათი განვრცობის მიმართულებით გვირახის გაყვანის დროს (გვირახის ერთი გვერდი მიჰყვება შრეებს შორის კონტაქტის სიბრტყეს). ასეთი ყელი კარგ შედეგს იძლევა საშუალოზე ნაკლები სიმაგრის ქანებში და, აგრეთვე, შრეებს შორის სუსტი კონტაქტის არსებობისას. გვერდითი ყელი სიმაგრის დაზიანების მეტ საშიშროებას ქმნის.

„მაკრატელა“ ყელს (ნახ. 90, ზ) იყენებენ მხოლოდ ვიწრო გვირახებში, რომლებიც ქვანახშირის ფენაში გადის. ორი საყელავი შპური სხვადასხვა თარაზულ სიბრტყეში მდებარეობს: მათი პროექციები ერთმანეთს შუაზე ყოფს.

მაროსებრ ყელს (ნახ. 90, თ) უმეტესად ხმარობენ ნახშირის თხელ ფენებში გვირახის გაყვანისას. საყელავი შპურები სხვადასხვა სიგრძისაა და სანგრევის სიბრტყის მიმართ სხვადასხვა დახრილობითაა გაყვანილი. მათი აფეთქება თანმიმდევრობით წარმოებს (პირველად ყველაზე მოკლე შპური ფეთქდება).

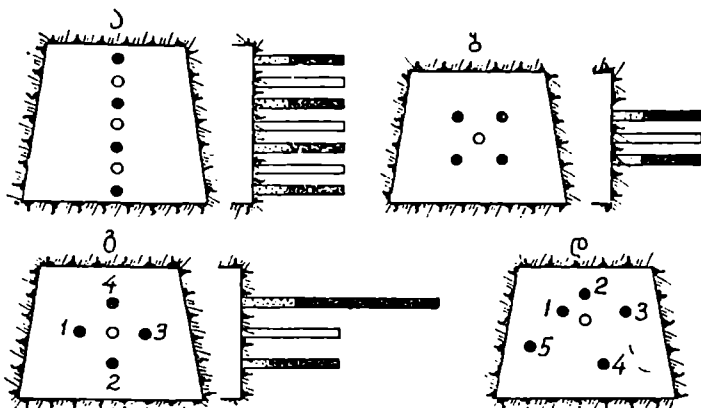
პირდაპირმა ყელებმა პრაქტიკული გამოყენება უმთავრესად ჰპოვა საშუალო დ დიდი სიმაგრის მონოლითურ ქანებში გვირახების გაყვანისას. ლითონის მადნეულის საბადოებზე გვირახების 60%-ზე მეტი პირდაპირი ყელების გამოყენებით გაჰყავთ. აფეთქების საქმის სპეციალისტებისა და წარმოების ნოვატორების მიერ რეკომენდებულია პირდაპირი ყელების მრავალი სახე. ქვემოთ აღწერილია ზოგიერთი მათგანი.

ჭვრიტული ყელი (ნახ. 91, ა) მიიღება ერთ სიბრტყეში განლაგებული პარალელური შპურების აფეთქებით. შპურების დამუხტვა თითოეულამ შემთხვევით ხდება. დაუმუხტავი შპურები აადვილებენ მუხტებს შორის არსებული ქანის მასივის დანგრევას. აფეთქების შედეგად მიიღება ვიწრო მოგრძო ყელი. მისი გამოყენება მიზანშეწონილია მცირე კვეთის გვირახებში, რომლებიც საშუალო სიმაგრისა და მაგარ მონოლითურ ქანებში გაიყვანება. ჭვრიტული ყელი პირველად გამოიყენეს კრივოი როვის ერთ-ერთ მალაროში აღმავალი გვირახის გაყვანის დროს (შეგჩენკოს ყელი).

პრიზმატული ყელი (ნახ. 91, ბ) წარმოიქმნება ერთმანეთთან ახლოს მდებარე, პარალელური შპურების აფეთქებით, რომლებიც სანგრევის სიბრტყის მართობულადაა გაბურღული. ცენტრალური შპური ქმნის

მხოლოდ დამატებით გაშიშვლებულ ზედაპირს და არ იმუხტება. ცენტრალურ და დამუხტულ საყელავ შპურებს შორის მანძილი 10—25 სანტიმეტრია. არსებობს პრიზმატული ყელის მრავალი ვარიანტი, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება დამუხტული და დაუმუხტავი შპურების დიამეტრით, რაოდენობითა და ურთიერთგანლაგებით. უმჯობესია ცენტრალური შპურის ნაცვლად დიდდიამეტრიანი ბურღილის გაყვანა, მაგრამ ეს საჭიროებს სპეციალურ საბურღ მოწყობილობას და ართულებს საბურღი სამუშაოების ორგანიზაციას.

დიდდიამეტრიანი ცენტრალური ბურღილის ნაცვლად შეიძლება გამოვიყენოთ ჩვეულებრივი დიამეტრის რამდენიმე დაუმუხტავი შპური, რომლებიც ერთმანეთთან ახლოს არის განლაგებული. ზოგიერთ



ნახ. 91. პირდაპირი ყელები

შემთხვევაში ცენტრალურ შპურს ისევე მუხტავენ, როგორც სხვა საყელავ შპურებს.

პრიზმული ყელი გამოიყენება საშუალო სიმაგრისა და მაგარ მონოლითურ ქანებში ნებისმიერი განიკვეთის მქონე გვირაბების გაყვანის დროს, მაგრამ მისი უპირატესობა განსაკუთრებით შესამჩნევია მცირე განიკვეთის გვირაბებში, სადაც არ არსებობს ღრმა სოლური ყელის შექმნის შესაძლებლობა. პრიზმატული ყელების გამოყენებისას ნაკლებია სიმაგრის დაზიანების საშიშროება. ასეთი ყელები მოითხოვს საყელავი შპურების პარალელობის ზუსტ დაცვას, რაც ხელის საბურღი მანქანებით მუშაობისას გაძნელებულია.

პრიზმატული ყელის სახესხვაობას წარმოადგენს „მაბიჯი“ ყელი (ნახ. 91, გ). ამ შემთხვევაში ერთ-ერთი საყელავი შპური დანარჩენებზე ორჯერ უფრო გრძელია და მასში მუხტიც ორჯერ მეტი იდება. ყვე-

ლა გამყელავი შპურის ერთდროულად აფეთქებისას გრძელი შპური ზღვს უწყობს ქანის გამოყრას ყელიდან და ამავე დროს ქმნის დამატებით სიღრუეს, რომელიც სანგრევის შემდეგი აფეთქებისას აადვილებს გამყელავი შპურების მუშაობას (მათი განლაგება ახალი კომპლექტის ბურღისას რამდენადმე შეიცვლება). საყელავ შპურებს შორის მანძილი 30—50 სანტიმეტრია. «მაბიჯი» ყელის გამოყენება მიზანშეწონილად ითვლება რბილ და საშუალო სიმაგრის მონოლითურ ქანებში.

პრიზმატული ყელების შემთხვევაში საყელავი შპურები, ჩვეულებრივ, რომელიმე მართკუთხედის წვეროებზეა განლაგებული. ზოგჯერ მათ ათავსებენ სპირალზე. ცენტრალური დაუმუხტავი შპურის (ბურღილის) გარშემო (ნახ. 91, დ). ასეთი ყელი ცნობილია სპირალური ყელის სახელწოდებით. ყელი იქმნება 4—7 შპურის თანმიმდევრული აფეთქებით. პირველი დაუმუხტული შპურის დაშორება ცენტრალური დაუმუხტავი შპურიდან 5—10 სანტიმეტრია. მომდევნო საყელავ შპურებს შორის მანძილი თანდათან უფრო მეტი აიღება. კარგი ეფექტის მისაღებად საჭიროა, რომ მორიგი საყელავი შპურის აფეთქებისას მისი დაშორება წინა შპურით შექმნილ სიღრუემდე არ აღემატებოდეს ამ უკანასკნელის დიამეტრს. ცეცხლოვანი აფეთქების შემთხვევაში, როდესაც შეუძლებელია საყელავი მუხტების დეტონაციის ერთდროულობის მიღწევა, სპირალური ყელის გამოყენება სასურველ შედეგს იძლევა. იგი რეკომენდებულია საშუალო სიმაგრისა და მაგარ მონოლითურ ქანებში ნცირეგანიჟკეთიანი გვირაბების გაყვანისას.

მართკუთხა კვეთის ვერტიკალური გვირაბების გაყვანისას შპურების განაწილება ზემომოყვანილი სქემების ანალოგიურად წარმოებს. მრგვალი კვეთის ჭაურის გაყვანის შემთხვევაში შპურები კონცენტრულ წრეებზეა განლაგებული (ნახ. 92). საყელავი შპურები ჭაურის ცენტრის გარშემო იბურღება 6—12 ცალის რაოდენობით. მათი სიღრმე 15—20 სანტიმეტრით მეტი აიღება დანარჩენი შპურების სიღრმეზე. საყელავი შპურების გარშემო იბურღება სანგრევი შპურები, ხოლო გარე წრეზე — საკონტურო შპურები. სამწრიანი განლაგების დროს საყელავი, მომგრევი და საკონტურო შპურების რაოდენობათა შეფარდებაა 1:2:3, ხოლო ოთხწრიანი განლაგებისას 1:2:3:4. დიდი დიამეტრის ძქონე ვახუნების ( $d = 45$  მმ) ხმარებისას ეს შეფარდებაა 1:3:6.

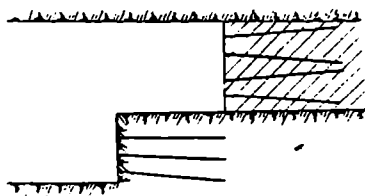
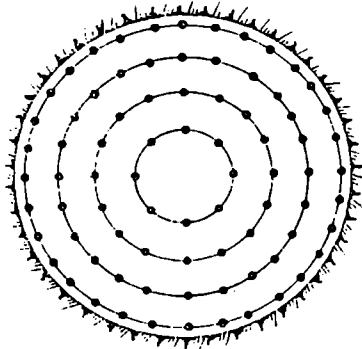
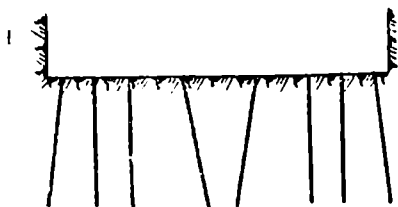
საყელავ შპურებს ზოგჯერ ბურღავენ სანგრევისადმი 70—80° დახრით, თუმცა ამჟამად უმჯობესად თვლიან როგორც საყელავი, ისე სანგრევი შპურების გაბურღვას სანგრევის მართობულად; ამ დროს ქანი ნაკლებ მანძილზე გაიტყორცნება, რაც ამცირებს ჭაურის სიმაგრისა და სამუშაო მოწყობილობის დაზიანების საშიშროებას. საკონტურო შპუ-

რებს ბურღავენ 85—87°-ის დახრით ჭაურის კედლებისაკენ. მათი ბოლოები გვირაბის განივკვეთის კონტურის გარეთ არ გადის.

არაერთგვაროვან ქანებში გვირაბის გაყვანისას, როდესაც გვაქვს ორი სანგრევი (რბილ და მაგარ ქანში), საყელავი შპურების გამოყენება საჭირო ხდება მხოლოდ წინმსწრები სანგრევის აფეთქებისას. მეორე სანგრევს ორი გაშიშვლებული სიბრტყე აქვს. და მისი აფეთქების გასაადვილებლად ყელის შექმნა საჭირო აღარ არის (ნახ. 93).

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  $Q_{საყ} = (1,2 - 1,25) Q_{საშ}$ , მომგრევი შპურების მუხტია  $Q_{მ} = Q_{საშ}$ , ხოლო საკონტურო შპურების მუხტი  $Q_{სკ} = 0,8 Q_{საშ}$ . გვირაბის გაყვანის პროცესში ნუდამ ხდება როგორც შპურების განაწილების, ისე მათში მოთავსებული მუხტების სიდიდის კორექტირება ჩატარებულ აფეთქებათა შედეგების მიხედვით.



ნახ 92. შპურების განაწილება ჭაურის სანგრევეში

ნახ. 93. შპურების განაწილება არაერთგვაროვან ქანებში

კონტურული აფეთქება. გვირაბების გაყვანისას მათი განივკვეთის საპროექტო კონტურის დაცვის მიზნით, ე. ი. ქანის ზედმეტად მომგრევის თავიდან ასაცილებლად, მიმართავენ ე. წ. „კონტურული აფეთქების“ მეთოდს. იგი მოითხოვს საკონტურო შპურების დიამეტრის, მათი განლაგების, მუხტის სიდიდისა და კონსტრუქციის განსაკუთრებულ შერჩევას.

არსებობს კონტურული აფეთქების ორი სახე. ერთ შემთხვევაში კონტურული შპურები სულ ბოლოს, ე. ი. საყელავი და მომნგრევი შპურების შემდეგ ფეთქდება (შემდგომი მოკონტურების ხერხი), მეორე შემთხვევაში კი კონტურულ შპურებს ყველაზე ადრე აფეთქებენ (წინასწარი მოკონტურების ხერხი). ზოგი ავტორი პირველ ხერხს გლუვი აფეთქების მეთოდს უწოდებს, ხოლო მეორეს — კონტურული აფეთქების მეთოდს.

შემდგომი მოკონტურების (გლუვი აფეთქების) ხერხის გამოყენებისას კონტურული შპურები სანგრევის სიბრტყის მართობულად იბურღება. შპურების დაცილება საპროექტო კონტურიდან 10 სმ არ უნდა აღემატებოდეს, შპურებს შორის მანძილი 0,5—0,8 მეტრია. გვირაბის ფარგლებს გარეთ ქანის მასივზე აფეთქების გავლენის შესამცირებლად ხმარობენ მცირე ბრიზანტულობის ფეთქებად ნივთიერებებს, ამცირებენ დამუხტვის კოეფიციენტს და იყენებენ სპეციალური კონსტრუქციის მუხტებს.

ფეთქებად ნივთიერებად მიზანშეწონილია ნაკლები სიმძლავრის ამონიტების (ПЖВ-20, Т-19 და სხვ.) გამოყენება, თუმცა მუხტის კონსტრუქციისა და შპურების განლაგების სათანადო შერჩევისას პრინციპულად შესაძლებელია სხვა ნებისმიერი ფეთქებადი ნივთიერების ხმარება. მაგარი მონოლითური ქანების შემთხვევაში რეკომენდებულია საკონტურო შპურების ძირში მძლავრი ფეთქებადი ნივთიერების 1—2 ვაზნის მოთავსება, რითაც იზრდება შპურების გამოყენების კოეფიციენტი (ნახ. 94, 2).

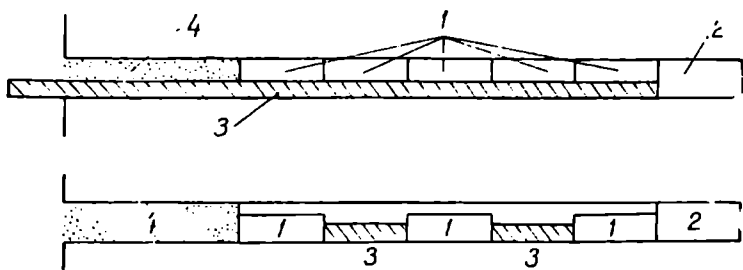
დამუხტვის კოეფიციენტის შემცირების მიზნით ვაზნის დიამეტრს შპურის დიამეტრზე 15—20 მილიმეტრით ნაკლებს იღებენ. ამის შედეგად მკვეთრად ეცემა აფეთქების აირების წნევა შპურის კედლებზე, ე. ი. აფეთქების ზემოქმედება ქანების მასივზე (მაგალითად, 40 მმ დიამეტრის მქონე შპურში დეტონიტი 10А-ს 36-მილიმეტრიანი ვაზნების გამოყენებისას აფეთქების აირების წნევა უდრის, დაახლოებით, 36000 კგ/სმ<sup>2</sup>-ს, ხოლო 21-მილიმეტრიანი ვაზნების შემთხვევაში კი მხოლოდ 4000 კგ/სმ<sup>2</sup>-ს). ამავე მიზანს ემსახურება ვაზნებს შორის ჰაერის ან ინერტული მასალის შუალედების დატოვება.

გლუვი აფეთქების დროს გამოყენებული სპეციალური კონსტრუქციის მუხტი შედგება ნახევარცილინდრული ფორმის ვაზნებისაგან, რომლებიც თავსდება ასეთივე ფორმის ხის ჯოხზე. ეს უკანასკნელი გვირაბის კონტურის მხარეს თავსდება და ამორტიზატორის როლს ასრულებს. ამ მიზნით ზოგჯერ ხმარობენ გრძივი კუმულაციური ღრმულის მქონე ვაზნებს (კუმულაციური ღრმული მიმართულია სანგრევის ცენტრისაკენ) ნახ. 94, ვაზნები 1, ხის ჯოხი 3, დაცობა 4).



საკონტურო შპურების აფეთქება ერთდროულად უნდა ხდებოდეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ასეთ შპურებს შორის მცირე მანძილის გამო, ერთი მუხტის აფეთქებამ შესაძლებელია გააშიშვლოს მეორე მუხტი ან მნიშვნელოვნად შეამციროს მისი უმცირესი წინააღობის ხაზი, რაც ხელს შეუშლის სასურველი კონტურის მიღებას.

პროფ. ნ. პოკროვსკის რეკომენდაციით აფეთქებადი ნივთიერების (№ 6ЖВ, ПЖВ-20) ხარჯი საკონტურო შპურის ერთ გრძივ მეტრზე უ შეიძლება მივიღოთ: გრანიტებში ( $f = 12-14$ )—0,45 კგ; მაგარ ქვიშაქვებში ( $f = 10-12$ )—0,4 კგ; ქვიშაქვებსა და კირქვებში ( $f = 8-10$ )—0,35 კგ; ქვიშაფიქლებსა და თიხაფიქლებში ( $f = 4-6$ )—



ნახ. 94. მუხტის კონსტრუქციის კონტურული აფეთქებისთვის

—0,3 კგ; სანგრევში შპურების განლაგება ისეთი უნდა იყოს, რომ საკონტურო შპურების მუხტებისათვის უმცირესი წინააღობის ხაზი 0,6—0,8 მეტრზე მეტი არ გამოვიდეს.

გლუვი აფეთქების მეთოდმა ფართო გავრცელება ჰპოვა მონოლითურ ქანებში დიდგანივკვეთიანი გვირაბების გაყვანისას. მას იყენებენ აგრეთვე საბადოთა მიწისქვეშა დამუშავების დროს (ჩვეულებრივი განივკვეთის გვირაბებში) და ღია სამუშაოებზე სანგრევის სწორი ზედაპირის მიღების მიზნით.

წინასწარი მოკონტურების ხერხს მიმართავენ მცირე სიმაგრის ქანებში ( $f < 4$ ), უმთავრესად სატრანსპორტო და ჰიდროტექნიკური გვირაბების გაყვანისა და ღია სამუშაოების წარმოების დროს. სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისას ამ ხერხს იშვიათად იყენებენ. საკონტურო შპურების დიამეტრი 50—60 მილიმეტრია, რომელთა შორის მანძილი, დაახლოებით, 0,2—0,4 მეტრს შეადგენს. შპურებში, ჩვეულებრივად თოთგამოშვებით, თავსდება განაწილებული კონსტრუქციის მუხტები, ჰაერის ან ინერტული მასალის შუალედებით. ვაზნების დიამეტრი 15-25 მმ-ით ნაკლებია შპურის დიამეტრზე. საკონტურო შპურების აფეთქების შე-

დეგად სანგრევის კონტურზე იქმნება დამსხვრეული ქანის მასა, რომელიც ხელს უწყობს დანარჩენი შპურების აფეთქებით წარმოქმნილი დარტყმითი ტალღების ჩაქრობას, ე. ი. ასუსტებს კონტურის გარეთ ქანების მასივზე აფეთქების ზემოქმედებას. საკონტურო შპურებისა და ძირითადი შპურების აფეთქებათა შორის ინტერვალი 100 მილისეკუნდზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

კონტურული აფეთქებისას სათანადო ეფექტის მისაღებად საჭიროა საკონტურო შპურების სწორი განაწილება, რისთვისაც მიმართავენ მათი მიცემის ადგილის ზუსტ მონიშვნას სათანადო თარგების საშუალებით.

ვერტიკალური გვირაბების გაყვანისას საკონტურო შპურები იბურდება სანგრევის მართობულად, გვირაბის კონტურიდან 12—13 სმ მანძილზე. მათი სიღრმე მომხგრევი და საყელავი შპურების სიღრმეზე 0,2—0,3 მეტრით ნაკლები აიღება.

გარდა გვირაბების გაყვანისა, შპურების მეთოდს ხშირად იყენებენ ღია სამთო სამუშაოების წარმოების დროსაც, განსაკუთრებით, არაგაბორიტული ლოდების დამსხვრევის მიზნით. ამ მეთოდს სათანადო გამოყენება აქვს საგზაო მშენებლობაში.

### § 39. ჰაზარდიზაციის მეთოდი

ქაბურღილების 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 ქაბურღილების გაყვანას. ქაბურღილების მწკრივი საფეხურის სანგრევის ხაზის პარალელურად არის განლაგებული (ნახ. 167). სანგრევის სიბრტყის დახრა 65—90°-ს შეადგენს, რაც დამოკიდებულია ქანების თვისებებზე. ქაბურღილები, უმეტეს შემთხვევაში, ვერტიკალურად იბურდება. იშვიათად იყენებენ დახრილ ქაბურღილებს, რომლებსაც სანგრევის სიბრტყის პარალელური მდებარეობა აქვთ.

კარიერებზე ქაბურღილების მეთოდის გამოყენებისას ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების ძირითადი პარამეტრებია:

$H$  — საფეხურის სიმაღლე, მ;

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

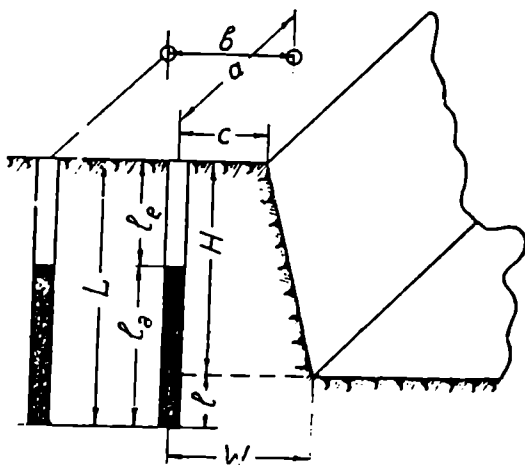
$L$  — ქაბურღილის სიღრმე, მ;

$l_8$  — მუხტის სიგრძე, მ;

$1\sigma$  — დაცობის სიგრძე, მ;

$l$  — მეტნაბურღლის სიღრმე, მ;

- $a$  — მანძილი ჰაბურლილებს შორის, მ;  
 $b$  — მანძილი ჰაბურლილების მწკრივთა შორის;  
 $d$  — ჰაბურლილის დიამეტრი, დმ;  
 $c$  — მანძილი ჰაბურლილიდან საფეხურის ზედა კიდემდე (უსაფრთხოების თვალსაზრისით ეს მანძილი, 3 მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს);  
 $m$  — ჰაბურლილების დაახლოების კოეფიციენტი ( $m = \frac{a}{H}$ );  
 $\alpha$  — 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 ჰაბურლილის 1 გრძივ მეტრზე, კგ/მ.



ნახ. 95. ვერტიკალური ჰაბურლილების მეთოდი

ჰაბურლილების გაყენა წარმოებს სპეციალური საბურღი დაზგების საშუალებით. ღია სამუშაოებზე ჰაბურლილების დიამეტრი, უმეტეს შემთხვევაში, 200—250 მმ აიღება, ხოლო მათი სიღრმე 8—30 მეტრს შეადგენს. პრაქტიკაში გვხვდება გაცილებით მეტი სიმაღლის საფეხურებიც. როდესაც საფეხურის სიმაღლე 8 მეტრზე ნაკლებია, ჰაბურლილების მეთოდის გამოყენებას მიზანშეწონილად არ თვლიან.

ბურღილის სიღრმე კარბობს საფეხურის სიმაღლეს მეტნაბურღის სიღრმით.

ჭაბურღილის დიამეტრი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს აფეთქების ხარისხსა და ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. დიამეტრის გაზრდით იზრდება აფეთქებული ქანის მოცულობა, რომელიც ჭაბურღილის ერთ გრძივ მეტრზე მოდის, მაგრამ ამავე დროს მატულობს არაგაბარითული ნატეხების რაოდენობა. მცირედ დაყოვნებული აფეთქების მეთოდის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა ქანის დანგრევის რეგულირება დიდი დიამეტრის ჭაბურღილების მუშაობისას. ამჟამად რეკომენდებულია I და II კატეგორიის ნაპრალიანობის მქონე ქანებში ჭაბურღილის დიამეტრი 300—350 მმ, III და IV კატეგორიის შემთხვევაში 200—250 მმ, ხოლო მეხუთე კატეგორიის ნაპრალიანობის დროს 100—160 მმ.

ვერტიკალური ჭაბურღილებით მუშაობისას მოსანგრევი ქანის წინალობა მისი სიმაღლის გასწვრივ თანაბარი არ არის, რაც გამოწვეულია სანგრევის დახრილობით. საფეხურის ძირზე ვლებულობთ უდიდეს წინალობას ( $W$ ), რომლის გადალახვა მოითხოვს მუხტის მოქმედების გაძლიერებას ამ ადგილზე. ამას აღწევენ მეტნაბურღის გაკეთებით, ე. ი. ჭაბურღილის ჩაღრმავებით საფეხურის ძირის ქვემოთ. ზოგჯერ აწარმოებენ ჭაბურღილის ქვედა ნაწილის გაგანიერებას კამუფლეტური მუხტის აფეთქების შედეგად, რაც ზრდის მის ტევადობას და იძლევა ქვაბური მუხტის გამოყენების საშუალებას. შესაძლებელია აგრეთვე ჭაბურღილის ქვედა ნაწილში უფრო მეტი სიმძლავრის ფეთქებადი ნივთიერება მოთავსდეს.

მეტნაბურღის სიღრმე დამოკიდებულია ქანის სიმკვრივე და სანჯარიშო წინალობის ზაზის სიდიდეზე (წინალობა საფეხურის ძირზე  $W$ ). მეტნაბურღის მნიშვნელობის გასაგებად შეიძლება ვისარგებლოთ ტრესტ „სოიუზვზრივპრომის“ მიერ რეკომენდებული ემპირიული ფორმულით

$$l = 0,5q \cdot W. \quad (1.39)$$

დიდი სიღრმის მეტნაბურღის გაკეთება აუარესებს აფეთქების ეფექტს, ვინაიდან მუხტის უმეტესი ნაწილი სანგრევის ძირის ქვემოთ თავსდება და ქანის მასივის უდიდესი ნაწილი აფეთქების უშუალო შემოქმედების გარეშე რჩება. მეტნაბურღის არასაკმარისი სიღრმის შემთხვევაში მიიღება აფეთქებული ქანის ზღურბლი სანგრევის ძირში, რაც მნიშვნელოვნად აფერხებს სამთო სამუშაოების შემდგომ წარმოებას.

როდესაც სანგრევის ძირის ღონეზე დაფენების სიბრტყეს ვხვდ-

ბით (ფენებს შორის მეტად სუსტი კონტაქტით), მაშინ მეტნაბურღი შეიძლება აღარ გაკეთდეს, ვინაიდან მასივის დაძვრა ამ სიბრტყეზე შედარებით ადვილად მოხდება. მეტნაბურღლის გაკეთება საჭირო არ არის სანგრევის ძირში რბილი ქანის შრეების განსაზღვრის შემთხვევაშიც.

საანგარიშო წინალობის ხაზის განსაზღვრისათვის არსებობს სხვადასხვა ემპირიული და თეორიული ფორმულები. „სოიუზგვზრიეპრომის“ მიერ რეკომენდებულია  $W$ -ს შემდეგი მნიშვნელობა ერთეული ჰაბურღლისთვის.

$$W_{\text{ერთ}} = \sqrt{\frac{p}{q}}, \text{ მ}, \quad (2.39)$$

სადაც  $p$  არის ჰაბურღლის 1 გრძივი მეტრის ტევადობა, კგ;

$q$  — ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯი, კგ/მ<sup>3</sup>.

ჰაბურღილების სერიის აფეთქებისას, როდესაც მეზობელი მუხტების ურთიერთქმედება იჩენს თავს, წინალობის საანგარიშო ხაზი ისაზღვრება ფორმულით

$$W = W_{\text{ერთ}}(1,6 - 0,5m). \quad (3.39)$$

პრაქტიკული მონაცემების თანახმად საანგარიშო წინალობის ხაზის სიდიდე  $W = (30 - 40)d$ .

ჰაბურღილებს შორის მანძილი აიღება შემდეგ ფარგლებში

$$a = m \cdot W = (0,8 - 1,4) W. \quad (2.49)$$

კოეფიციენტის ( $m$ ) მნიშვნელობა მით ნაკლებია, რაც უფრო ძნელად ასაფეთქებელია ქანი.

$W$ -ს სიდიდის განსაზღვრის შემდეგ საჭიროა მისი მნიშვნელობის შემოწმება ფორმულით

$$W \geq H \operatorname{ctg} \alpha + 3,0. \quad (3.49)$$

თუ უსაფრთხოების მოთხოვნების ეს პირობა დაცული არ აღმოჩნდა, აუცილებელია ან ჰაბურღლის დიამეტრის გაზრდა, ან დაახლოების კოეფიციენტის შემცირება.

მუხტის სიდიდის მნიშვნელობას ჰაბურღილების მეთოდით მუშაობის შემთხვევაში გაიანგარიშებენ გამოსახულებიდან

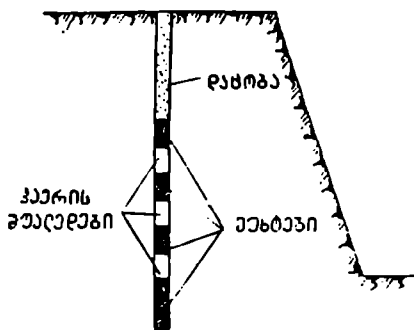
$$Q = q \cdot a \cdot W \cdot H. \quad (4.49)$$

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

პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე რეკომენდებულია დაცობის სიგრძის შემდეგი მნიშვნელობა

$$l_{\text{ე}} = (0,8 \div 1,0) W. \quad (5.49)$$

კაბურღილში მოთავსებულ მუხტს სვეტის ფორმა აქვს, ამიტომ კაბურღილების მეთოდს ზოგჯერ სვეტური მუხტების მეთოდს უწოდებენ. სვეტური მუხტი შეიძლება იყოს მთლიანი ან განაწილებული (წყვეტილი). განაწილებული სვეტური მუხტის შემთხვევაში ვლებულობთ ქანის თანაბარ დანგრევას. მთლიანი მუხტის დროს კი მისი ძირითადი მოქმედება სანგრევის ქვედა ნაწილში გამოვლინდება და ქანის დანგრევაც არათანაბარია. უკანასკნელ შემთხვევაში ხდება სანგრევის ძირის გამოვლევა, რის შედეგად სანგრევის ზედა ნაწილი კარგავს რა საყრდენს, თავის წონის გავლენით ჩამოზავდება. განაწილებული სვე-



ნახ. 96. ქაერის შუალედებიანი მუხტი

ტური მუხტებით მუშაობისას აფეთქების აირების უშუალო ზემოქმედება კაბურღილის მეტ სიგრძეზე მიიღება, რაც ხელს უწყობს ქანის თანაბარ დანგრევას.

ბოლო ხანებში ჩატარებულ იქნა საწარმოო ექსპერიმენტები ქაერის შუალედებიანი დანაწილებული მუხტების გამოყენების ეფექტურობის დასადგენად. მუხტის ასეთი კონსტრუქცია შემუშავებულ იქნა აკად. ნ. მელნიკოვისა და ლ. მარჩენკოს მიერ (ნახ. 96).

ლიტერატურული მონაცემების თანახმად, ექსპერიმენტებმა სასებით დადებითი შედეგი გამოიღო. ამ დროს მიღებულ იქნა ქანის უფრო წვრილი და თანაბარი დამსხვრევა. ასეთ შედეგს ამ წინადადების ავტორები ხსნიან ფეთქებადი ნივთიერების ენერჯის უფრო რაციონალური გამოყენებით. ქაერის შუალედები ხელს უწყობენ აფეთქების აირების საწყისი წნევის შემცირებას და ქანზე მათი ზემოქმედების გახანგრძლივებას. გარდა ამისა, მნიშვნელოვნად ძლიერდება აფეთქების არა ადგილობრივი, არამედ საერთო მოქმედება ქანის მთელი მასივის დანგრევისას, რაც გამოწვეულია მეზობელი მუხტების აფეთქების ტალღების ინტერფერენციის გამო.

მუხტების აფეთქება, მათ შორის ქაერის შუალედების დატოვების შემთხვევაში, აუცილებლად უნდა მოხდეს სადეტონაციო ზონით, რომელიც ყველა მუხტში გადის. როგორც წინადადების ავტორები აღნიშნავენ, საუკეთესო შედეგი მიიღება იმ შემთხვევაში, როდესაც მუხტის ყოველი ნაწილის სიმაღლე ისეთ ზომამდეა შემცირებული, რომ იგი შეჭვავილი მუხტის ფორმას ღებულობს.

ჰაერის შუალედების ყველაზე უფრო რაციონალური სიმაღლე შემდეგია:

1. ორ ნაწილად გაყოფილი მუხტისათვის — თითოეული ნაწილის სიმაღლის 1,4.

2. სამ ნაწილად გაყოფილი მუხტისათვის — თითოეული ნაწილის სიმაღლის 0,7.

3. ოთხ ნაწილად გაყოფილი მუხტისათვის — თითოეული ნაწილის სიმაღლის 0,3.

ჰაბურდილების მეთოდის გამოყენება მოითხოვს აფეთქებული ქანის დაყრის პირობების შეთანხმებას მისი დატვირთვისა და ტრანსპორტის სამუშაოებთან. აფეთქებული ქანის დანაყარის სიმაღლე და სიგანე ხელს უნდა უწყობდეს ექსკავატორის მაქსიმალური მწარმოებლურობის მიღებას და უზრუნველყოფდეს მუშაობის უსაფრთხოებას (თუ დანაყარის სიმაღლე ექსკავატორის აჩამჩვის სიმაღლეზე მეტია, არსებობს ქანის კიდულების წარმოქმნის შესაძლებლობა, რომელთა ჩამოზვევებამ შესაძლებელია უბედური შემთხვევა გამოიწვიოს).

დანაყარის სიგანეს საზღვრავენ ემპირიული ფორმულით

$$B = 15q\sqrt{WH} \quad (6.39)$$

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

დანაყარის სიმაღლის გასაგებად შეიძლება გამოვიყენოთ ემპირიული გამოსახულება

$$h = \frac{0.13}{q} \sqrt{WH} \quad (7.39)$$

ჰაბურდილების აფეთქება შეიძლება სადეტონაციო ზონის ან ელექტრული ხერხის გამოყენებით. ბევრად უფრო ფართოდ არის გავრცელებული სადეტონაციო ზონრით აფეთქების ხერხი, თუმცა იგი ელექტრულ ხერხზე გაცილებით ძვირი ღირს. ეს აიხსნება სადეტონაციო ზონრის ქსელის მონტაჟის სიმარტივით, უფრო მეტი საიმედოობითა და მუშაობის მეტი უსაფრთხოებით. როდესაც ჰაბურდილის სიღრმე 15 მეტრს აღემატება, სავალდებულოა ქსელის დუბლირება. სადეტონაციო ზონრის ორივე ხაზს ჰაბურდილის ბოლომდე უშვებენ და შემდეგ ფეთქებად ნივთიერებას ყრიან. ვაზნების გამოყენების შემთხვევაში მათ უკეთებენ ქანაფის ყუნწს და კაკვიანი თოკის შემწეობით ფრთხილად უშვებენ ჰაბურდილში. თუ ფეთქებადი ნივთიერება მცირე მგრძობიარობისაა და სადეტონაციო ზონრით არ ფეთქდება, მაშინ მუხტის შუა ნაწილში ან მის ზემოდან შუალედ დეტონატორს ათავსებენ. მაგისტრა-

ლური ფეთქებადი ქსელის მონტაჟი და მასთან საამუხტო ზონრების მიერთება იწყება მხოლოდ ყველა ჰაბურლილის დამუხტვის შემდეგ.

ჰაბურლილების განლაგება ასაფეთქებელ საფეხურზე შეიძლება იყოს ერთმწკრივია ან მრავალმწკრივია. მყისური აფეთქების შემთხვევაში ერთმწკრივია ჰაბურლილები იძლევა უკეთეს ეკონომიკურ ეფექტს საბურლი სამუშაოების, ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯის, სამთო მასის გამოსვლისა და სხვა მაჩვენებლების მიხედვით.

მრავალმწკრივია ჰაბურლილების მყისური აფეთქების დროს უარესი შედეგების მიღებას სპეციალისტები შემდეგნაირად განმარტავენ. ერთმწკრივია ჰაბურლილების აფეთქებისას მუხტები ახდენენ ქანის მოგლეჯას სანგრევიდან და მას ოდნავ ზევით სწევენ. აფეთქების ენერგია, ამ შემთხვევაში, მუხტის მთელი სიმაღლის გასწვრივ ქანის დანგრევაზე იხარჯება. მრავალმწკრივია აფეთქების დროს ქანის ზევით აწევა გაცილებით მეტია, რადგან მომდევნო მწკრივების მუხტებს ბევრად უფრო მეტი წინაღობა ხვდებათ სანგრევის ძირზე. ამის გამო, ამ მუხტების მუშაობის პირობები ისეთია, როგორც ერთი გამიშვლებული ზედაპირის არსებობისას გვაქვს. ეს იწვევს ქანის დანგრევის გაუარესებას და ფეთქებადი ნივთიერების გადახარჯვას.

მრავალმწკრივია ჰაბურლილებით მუშაობის ასეთი შეფასება მართებულია მათი მყისური აფეთქების შემთხვევაში. სურათი მნიშვნელოვნად იცვლება მცირედაყოვნებითი აფეთქების მეთოდის გამოყენების დროს.

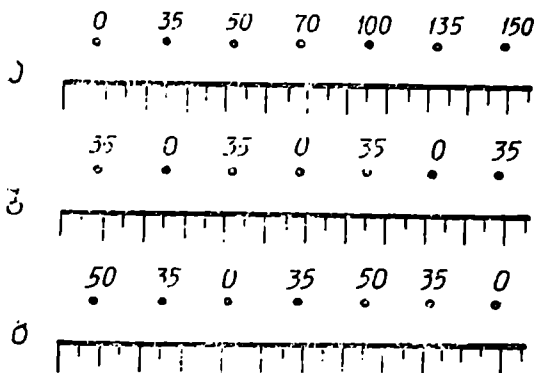
მცირედაყოვნებითი აფეთქების მეთოდის გამოყენებამ მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა აფეთქების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები მრავალმწკრივია ბურლილებით მუშაობის შემთხვევაში. გაიზარდა აფეთქებული ქანის გამოსავალი ბურლილის 1 გრძივ მეტრზე და შემცირდა ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი, გაუმჯობესდა ქანის დამსხვრევა, შემცირდა აფეთქებული ქანის დაყრის სიგანე და სხვ.

ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის შემცირებას და აფეთქებული ქანის გამოსავლის გაზრდას იმით ხსნიან, რომ ამ მეთოდის გამოყენებისას ქანის მასივი უფრო ხანგრძლივად იმყოფება დაძაბულ მდგომარეობაში, ე. ი. ამ დროს უკეთ ხდება აფეთქების ენერგიის გამოყენება, ვიდრე მყისური აფეთქების შემთხვევაში. ეს კი საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ მუხტის სიდიდე ჰაბურლილში ან გავზარდოთ ჰაბურლილებს შორის მანძილი. ამავე მიზეზით აიხსნება ქანის უკეთესი დამსხვრევა.

მცირედაყოვნებითი აფეთქების მეთოდი ამჟამად ფართოდ არის გავრცელებული როგორც მრავალმწკრივია, ისე ერთმწკრივია ჰაბურლილებით მუშაობის დროს. იყენებენ ჰაბურლილების აფეთქებათა თანმიმ-



დევირობის სხვადასხვა სქემას. ერთმწყრივა ჰაბურლილების მცირედა-  
 ყოვნებითი აფეთქების ძირითადი სქემებია: 1. მიმდევირობითი, 2. თითო  
 ჰაბურლილის გამოტოვებით და 3. ტალღური (ნახ. 97). მიმდევირობითი  
 სქემის შემთხვევაში (ნახ. 97, ა) ყოველი ჰაბურლილი ფეთქდება გარ-  
 კვეული დაყოვნებით მეზობელი ჰაბურლილის აფეთქების შემდეგ. ეს  
 სქემა იძლევა დანაყარის მინიმალურ სიგანეს და ქანის კარგ დამსხვრე-



ნახ. 97. ერთმწყრივა ჰაბურლილების აფეთქების სქემები

ვას. თითო ჰაბურლილის გამოტოვებით (ნახ. 97, ბ) და ტალღური (ნახ.  
 97, გ) აფეთქების დროს წარმოიქმნება დამატებითი გაშიშვლებული  
 სიბრტყეები, რომლებიც აადვილებენ მახლობელი მუხტების მოქმედებას.

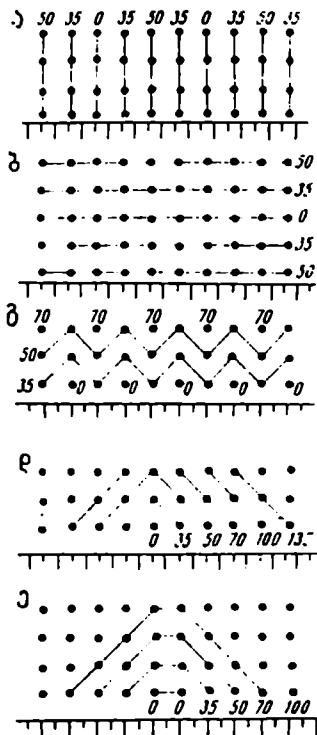
ერთმწყრივა მცირედაყოვნებითი აფეთქება, მყისურ აფეთქებასთან  
 შედარებით, აუმჯობესებს ქანების დანგრევის ეფექტს, მაგრამ არაგაბა-  
 რიტული ნატეხები მაინც მნიშვნელოვანი რაოდენობით მიიღება სან-  
 გრევის დანაპარალებული ზედაპირიდან.

როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, მცირედაყოვნებითი აფეთქების მე-  
 თოდის გამოყენება გაცილებით უკეთეს შედეგებს იძლევა მრავალ-  
 მწყრივა ჰაბურლილებით მუშაობის დროს.

აფეთქებული ქანის გამოსავალი ჰაბურლილის ერთ გრძივ მეტრზე  
 მრავალმწყრივა ჰაბურლილების გამოყენებისას დაახლოებით ისეთივეა,  
 როგორც მათი ერთმწყრივა განლაგების დროს, მაგრამ პირველ შემ-  
 თხვევაში გაცილებით უკეთესია ქანის დამსხვრევა. ერთმწყრივა აფეთ-  
 ქებისას არაგაბარიტული ნატეხები უმთავრესად მიიღება სანგრევის  
 ზედაპირთან ახლო მდებარე ქანიდან, ვინაიდან იგი დანაპარალებულია  
 წინა აფეთქების შედეგად და ადვილად იშლება. მრავალმწყრივა  
 აფეთქებისას არაგაბარიტული ნატეხების მიღება, ამ მიზეზით,

მეორე და შემდეგი მწკრივებიდან აღარ ხდება, რადგან წინა მწკრივით აფეთქებული ქანი საჭირო ბუფერს ქმნის.

მრავალმწკრივია კაბურღილების მცირედაყოვნებითი აფეთქების ზოგიერთი გავრცელებული სქემა ნაჩვენებია 98-ე ნახაზზე. განივი საყელავი-ტალღური (ნახ. 98, ა) და გრძივი საყელავი-ტალღური (ნახ. 98, ბ) სქემები გამოიყენება ძლიერ დანაპარალებული მაგარი ქანების შემთხვევაში. სოლური სქემები (ნახ. 98, გ, დ) გავრცელებულია კირქვის ტიპის ქანებში მუშაობისას, ხოლო ტრაპეციული ყელი (ნახ. 98, ე) გრანიტული ქანების აფეთქების საჭიროების დროს. აფეთქების სქემის



ნახ. 98. მრავალმწკრივია მცირედაყოვნებითი აფეთქების სქემები

მწკრივებში მუხტის სიდიდეს 20—25%-ით მეტს იღებენ.

მაგარი ქანების აფეთქებისას მეტნაბურღის სიდიდე მომდევნო მწკრივებში, წინა მწკრივთან შედარებით, უმჯობესია 0,5—1,0 მეტრით მეტი იქნეს აღებული.

შერჩევისას საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს ქანის ტექსტურა, შრებისა და ბზარების სივრცობრივი განლაგება.

მცირედაყოვნებითი აფეთქებისას კარგი ეფექტის მიღება მოითხოვს დაყოვნების ინტერვალის სწორ შერჩევასა და ზუსტ დაცვას. მეზობელ კაბურღილებსა და მათ მწკრივებს შორის დაყოვნების ინტერვალი 15—50 მილისეკუნდს შეადგენს. რაც უფრო მაღალი დრეკადი თვისებებისაა ქანი, მით ნაკლებია დაყოვნების ინტერვალის მნიშვნელობა.

ასაფეთქებელი სამუშაოების ჩატარებისას შეაქვთ საჭირო კორექტივები კაბურღილების განლაგებასა და დაყოვნების ინტერვალთა მნიშვნელობებში.

მრავალმწკრივია კაბურღილებით მუშაობისას ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯის შერჩევით შესაძლებელი ხდება ქანის დამსხვრევის ხარისხის უფრო მეტ ფარგლებში შეცვლა, ვიდრე ერთმწკრივია კაბურღილების შემთხვევაში.

პირველი მწკრივის მუხტის გაანგარიშება ისევე წარმოებს, როგორც ერთმწკრივია აფეთქებისას. მომდევნო

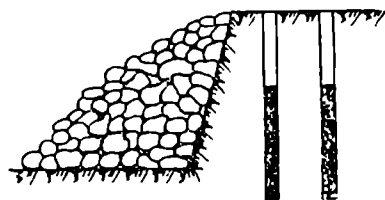
მრავალმწკრივა კაბურღილებით მუშაობა მნიშვნელოვნად ზრდის ერთდროულად აფეთქებული ქანის მოცულობას, რაც ექსკავატორის მწარმოებლურობის გადიდების მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს.

კარიერებზე მრავალმწკრივა კაბურღილების მცირედაყოფებით აფეთქების წარმატებით გამოყენებამ დასახა საფეხურის სიმაღლის მნიშვნელოვანი გაზრდის პერსპექტივები.

მრავალმწკრივა კაბურღილების მუშაობის ახალ პროგრესულ მეთოდს წარმოადგენს აფეთქება დახშულ გარემოში. ამ შემთხვევაში ასაფეთქებელ საფეხურს გააჩნია რაიმე ზღუდე, მაგალითად, ადრე აფეთქებული და აუწმენდავი ქანის სახით (ნახ. 99); ასეთი ზღუდე ამცირებს მონგრეული მასივის გვერდით გადაადგილებას, ზრდის მასზე აფეთქების პროდუქტების ზემოქმედების ხანგრძლივობას, რითაც უმჯობესდება ქანის დამსხვრევის ხარისხი. არსებობს ზღუდის შექმნის სხვა ხერხებიც (ქანის მთელანი, წინა მწკრივის კაბურღილების გარკვეული სქემით აფეთქება). ამ მეთოდის განხორციელება მოითხოვს ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯის გაზრდას 10 — 12%-ით.

როგორც აღნიშნული იყო, ვერტიკალური კაბურღილების შემთხვევაში ასაფეთქებელი ქანის წინაღობა ცვალებადობს სანგრევის მთელ სიმაღლეზე. ეს გარემოება განაპირობებს მასივის

არათანაბარ დანგრევას და არაგაბარიტული ნატეხების დიდი რაოდენობით მიღებას. როდესაც სანგრევის დახრა 65—70°-ზე ნაკლებია, წინაღობის საანგარიშო ხაზის მნიშვნელობა იმდენად დიდი გამოდის, რომ ვერტიკალურ კაბურღილში მოთავსებულ მუნტს არ ძალუძს მისი გადალახვა.



ნახ. 99. საფეხურის აფეთქების სქემა დახშულ გარემოში

დახრილი კაბურღილების გაყვანა საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ თანაბარი წინაღობა სანგრევის მთელ სიმაღლეზე (ნახ. 100). მათი გამოყენება შესაძლებელია სანგრევის ნებისმიერი დახრის კუთხის შემთხვევაში.

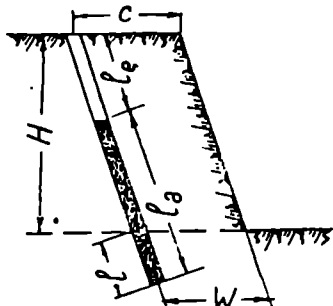
დახრილი კაბურღილებით მუშაობის დროს უფრო ადვილია ქანის თანაბარი დამსხვრევის მიღება. ასეთი კაბურღილების უპირატესობად ითვლება აგრეთვე აფეთქებული ქანის დაყრის სიგანისა და სიმაღლის უკეთ რეგულირების შესაძლებლობა.

დახრილი კაბურღილების დიამეტრს, უმეტესად, 100—150 მმ-ის

ტოლს იღებენ. მცირე სიმაღლის სანგრევეების შემთხვევაში მათი დიამეტრი უფრო ნაკლებიც აიღება.

დახრილი ჭაბურღილების ასეთ უპირატესობათა მიუხედავად მათ აშეაძლავს ნაკლები გავრცელება აქვთ. ეს აიხსნება მაღალი მწარმოებლურობის მქონე შესაფერისი საბურღი დაზგების უქონლობით. კარგი მონაცემები აქვთ ბრუნვითი ბურღვისათვის განკუთვნილ დაზგებს, მაგრამ მათი გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ რბილ ქანებში, რომელთა დამსხვრევა შედარებით ხოლმე. ამიტომ ასეთ ქანებში დახრილი ჭაბურღილების გამოყენების აუცილებლობის საკითხი არც ისმება.

დახრილი ჭაბურღილების უარყოფით მხარეს, გარდა მათი გა-



ნახ. 100. დახრილი ჭაბურღილების სქემა

ბურღვის სიძნელისა, შეადგენს ფხვიერი ფეთქებადი ნივთიერებით დამუხტვის უხერხულობა. მცირედ დახრის კუთხის მქონე ჭაბურღილების შემთხვევაში არსებობს მისი ზედა გვერდიდან ქანის ნატეხების ჩამოცეცენის საშიშროება, რამაც შესაძლებელია ჭაბურღილი გამოუსადეგარი გახადოს.

დახრილი ჭაბურღილების გამოყენებისას ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების პარამეტრების განსაზღვრა, ძირითადად, ისეთივე წესით ხდება, როგორც ვერტიკალური ჭაბურღილების შემთხვევაში.

საანგარიშო წინალობის ხაზი ამ შემთხვევაში იქნება

$$W = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{p}{q}}, \text{ მ.}$$

მეტნაბურღის სიღრმეს საზღვრავენ ემპირიული ფორმულით  $l = (0,1 - -0,3) W$ .

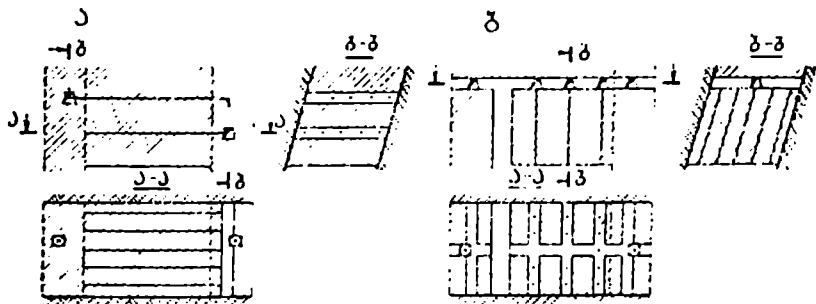
ჭაბურღილების დაახლოების კოეფიციენტი  $m$  აიღება  $0,9-1,1$  ფარგლებში, ხოლო მწკრივთა შორის მანძილი  $b = (0,85-1,0) W$ .

კარიერებზე გამოყენებული საბურღი დანადგარების და აფეთქების მეთოდების დაწვრილებითი განხილვა მოცემულია „ღია სამთო სამუშაოების“ კურსში.

საჭაბურღილე მუხტების მეთოდს ფართო გავრცელება აქვს ლითონიანი საბადოების მიწისქვეშა დამუშავების დროს. მადნეულის მონგრევა, ხშირად, წარმოებს შრეებად, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეთ თარაზული, ვერტიკალური ან დახრილი განლაგება. თითოეულ შრეში

ქაბურღილების გაყვანა ძირითადად ხდება ან ერთმანეთის პარალელურად ან მარაოსებრად (არსებობს მათი სხვადასხვა სახეცვლილება).

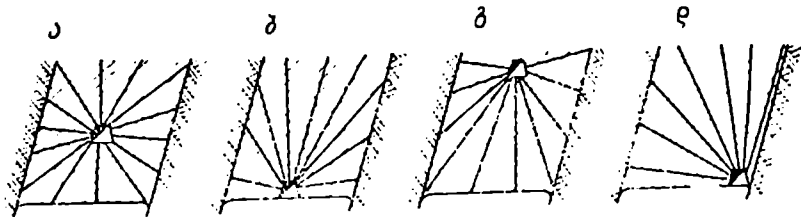
პარალელური ქაბურღილებით მდინის თარაზული შრეების მონგრევის სქემა ნაჩვენებია 101, ა ნახაზზე, ხოლო ვერტიკალური შრეები-



ნახ. 101. პარალელური ქაბურღილების სქემები

სა — 101. ბ ნახაზზე. ქაბურღილების მარაოსებრი განლაგება შეიძლება იყოს სრული (ნახ. 102, ა) ან არასრული მარაოს სახით. უკახასკენელ შემთხვევაში არჩევენ ზედა, ქვედა და გვერდით მარაოს (ნახ. 102, ა, ბ, გ).

პარალელური ქაბურღილების შემთხვევაში მეზობელ მუხტებს შორის დაშორება თანაბარია, ხოლო ქაბურღილების მარაოსებურად გან-



ნახ. 102. მარაოსებრი ქაბურღილების სქემები

ლაგებისას იგი ცვალებადობს. ამის გამო პარალელური ქაბურღილები ქანის უფრო თანაბარ დანგრევას იძლევა.

ქაბურღილების მარაოსებრად განლაგებისას შედარებით თანაბარი დანგრევის უზრუნველსაყოფად საჭიროა, რომ ქაბურღილის ბოლოების (მარაოს განაპირა წერტილების) ერთმანეთისაგან დაცილება არ აღემატებოდეს უმცირესი წინააღობის ზაზის სიდიდეს. მეორე მხრივ, მუხტებს შორის მინიმალური მანძილი ისეთი უნდა იყოს, რომ არ მივიღოთ ქანის ნაფხვენის დიდი რაოდენობა. ამიტომ, ქაბურღილების ის

უბნები, რომლებიც ერთმანეთისაგან დაცილებულია უმცირესი წინაღობის ხაზის სიღიღის ნახევარზე უფრო ნაკლები მანძილით, მიხაბშეწონილია დაიმუხტოს თითო გამოშვებით. ეს გარემოება, თავის მხრივ იწვევს ქაბურღილების სიგრძის სასარგებლო გამოყენების შემცირებასა და მუშაობის ორგანიზაციის გართულებას.

მარაოსებრი განლაგების ნაკლად თვლიან აგრეთვე საბურღი სამუშაოების წარმოების ფრონტის სივიწროვესა და ქაბურღილებისათვის სათანადო მიმართულების მისაცემად საჭირო კონტროლის ერთგვარ სირთულეს.

მარაოსებრი სქემის უპირატესობას, პარალელურ სქემასთან შედარებით, შეადგენს მოსამზადებელი სამთო სამუშაოების სიმცირე. ბურღის დამხმარე ოპერაციებზე დროის ხარჯი აქ ნაკლებია, ვინაიდან საჭირო არ არის დაზგის გადაადგილება ყოველი ახალი ქაბურღილის გაყვანის წინ, რაც აუცილებელია პარალელური ქაბურღილების შემთხვევაში. ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების წარმოება მარაოსებრა ქაბურღილების დროს უფრო უსაფრთხოა: მარაოსებრი განლაგება უფრო მოსახერხებელია არასწორი კონფიგურაციის მქონე მადნეული სხეულების მონგრევისას. ამ უპირატესობათა გამო, მიუხედავად ზემოაღნიშნული ზოგიერთი ნაკლისა, ქაბურღილების მარაოსებრად განლაგების სქემას, ისევე როგორც პარალელურ ქაბურღილებს, ფართო გავრცელება აქვს.

ჩვეულებრივად, ქაბურღილების განლაგება ერთ სიბრტყეში ხდება. ზოგიერთ შემთხვევაში, მაგალითად, მთელანების გამოღებისას, უმჯობესად ითვლება მეზობელი ქაბურღილების მოთავსება სხვადასხვა სიბრტყეში. თუ ამ დროს ქაბურღილებს შორის პარალელობა დაცულია, მაშინ განლაგების ასეთ სქემას იარუსულს უწოდებენ. როდესაც სხვადასხვა სიბრტყეში მდებარე ქაბურღილების პროექცია მათ პარალელურ სიბრტყეზე მარაოს გვაძლევს, მაშინ ასეთ განლაგებას კონისებრი განლაგება ეწოდება. ზოგჯერ ვხვდებით ქაბურღილების გაყვანის კომბინირებულ სქემებს.

ქაბურღილების სიღრმე ლითონიან საბადოთა მიწისქვეშა ამოღებისას დამოკიდებულია დამუშავების მეთოდის თავისებურებებზე და 10—15 მეტრის ფარგლებში იცვლება. ქაბურღილების დიამეტრი აიღება 70—130 მილიმეტრი.

ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების პარამეტრების განსაზღვრა აქ ძირითადად იმავე პრინციპების საფუძველზე ხდება, რომლებსაც იყენებენ კარიერებზე ქაბურღილების მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში.

მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოებისას ქაბურღილების მეთოდის გამოყენების სხვადასხვა შემთხვევის დაწვრილებითი აღწერა მოცემუ-

ლია ლითონიან საბადოთა მიწისქვეშა დამუშავების მეთოდების კურსში.

ქაბურღილების დამუხტვის ოპერაციები განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს როგორც კარიერებზე, ისე მიწისქვეშა სამუშაოების შემთხვევაში. კარიერებზე დამუხტვის სამუშაოების დაწყებამდე საჭიროა ქაბურღილების გამავლობის შემოწმება, რისთვისაც მასში უშვებენ ხის შაბლონს, რომელსაც ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნების შესაბამისი ზომები აქვს. წყლიანი ქაბურღილების შემთხვევაში, თუ დამუხტვა ხდება ისეთი ფეთქებადი ნივთიერებით, რომელსაც წყალმედვეობა არ ახასიათებს, ახდენენ მის დავაზვნას წყალშეუღწევად გარსში. ასეთი ვაზნების წონა 10—12 კილოგრამს აღწევს. ქაბურღილში ჩაშვების გასაადვილებლად ვაზნებს თოკის ყუნწი უკეთდებათ. ჩაშვება ხდება სპეციალური კონსტრუქციის კაპით, რომელიც ადვილად ეხსნება ვაზნას ქაბურღილში მოთავსების შემდეგ.

უმეტეს შემთხვევაში ქაბურღილების აფეთქება კარიერებზე წარმოებს სადეტონაციო ზონრის მეშვეობით. მეტი საიმედოობის უზრუნველსაყოფად ქაბურღილის მთელ სიგრძეზე ატარებენ სადეტონაციო ზონრის ორ ხაზს. ელექტროაფეთქებისას ხმარობენ ორ დამრტყმელ ვაზნას, რომლებიც მუხტის მოპირდაპირე მხარეებზეა მოთავსებული. განაწილებული მუხტის გამოყენებისას დამრტყმელი ვაზნა თავსდება მუხტის ყოველ ცალკე ნაწილში.

ქაბურღილების მეთოდის გამოყენებისას წინასწარ დგება მუშაობის კალენდარული გეგმა და ისაზღვრება აფეთქების მოქმედების სახიფათო ზონა, რომელიც მოითხოვს დაცვას მის ფარგლებში ადამიანის შემთხვევით მოხვედრის თავიდან ასაცილებლად.

რომელიმე ქაბურღილის მტყუნების შემთხვევაში საჭიროა დადგინდეს მტყუნების მიზეზი. თუ იგი გამოწვეულია ამაფეთქებელი ქსელის დაზიანებით, შესაძლებელია აფეთქების ცდის გამეორება. სხვა შემთხვევაში საჭირო ხდება ნამტყუნები მუხტიდან სამი მეტრის დაშორებით პარალელური ქაბურღილის გაყვანა და მისი აფეთქება. მტყუნების ლიკვიდაციის წარმოების ყველა ხერხი განსაზღვრულია „უსაფრთხოების წესებით“.

მიწისქვეშა სამუშაოების დროს ქაბურღილების დამუხტვა უფრო გართულებულია. აქ, უმეტეს შემთხვევაში, იყენებენ 50 სანტიმეტრის სიგრძის ვაზნებს, წონით ორ კილოგრამამდე.

ვაზნების მოთავსება ქაბურღილში ხდება შედგენილი საცობის საშუალებით. იგი წარმოადგენს ხის ღრუტანიან ღეროებს (თითოეული 0,9—1,5 მ სიგრძისა), რომლებიც წამოგებულია ლითონის ან ქერელის წვრილ ბაგირზე. საცობით ერთდროულად ათავსებენ 2—3 ვაზნას. ბაგი-

რის გამოწვევით საცობის შემადგენელი ღეროები ადვილად გამოდის გარეთ. მიზანშეწონილად ითვლება ჭაბურღილების წყვილწყვილად დამუხტვა; როდესაც ერთი ჭაბურღილიდან გამოაქვთ საცობის ღეროები, მეორე ჭაბურღილში მათივე საშუალებით აგზავნიან ვაზნების მორიგ პარტიას და პირიქით.

ბოლო წლებში მრავალი ცდა ჩატარდა ჭაბურღილების დამუხტვის მექანიზაციის დასანერგად როგორც კარიერებზე, ისე მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოებისას (იხ ქვემოთ).

#### § 40. კამერული მუხტვის მეთოდი

ეს მეთოდი გულისხმობს მნიშვნელოვანი სიღრმის მუხტების გამოყენებას, მათი წონა შესაძლებელია რამდენიმე ასეულ ან ათასეულ კილოგრამს შეადგენდეს. მუხტების მოსათავსებლად გაყავთ შტოლები ან

შურფები, რომელთა ბოლოში სამუხტო კამერებს აწყობენ.

კამერული მუხტების მეთოდს სხვადასხვა დანიშნულებისათვის იყენებენ. მის მიზანს შეადგენს ქანის გაფხვიერება, მისი ამოყრა სათანადო ფორმის მქონე ამონაღების მისაღებად, ან გადაყრა გარკვეული მიმართულებით.

ქანის გაფხვიერებას კამერული მუხტების მეთოდით მიმართავენ კარიერებზე, სანგრევის მნიშვნელოვანი სიმაღლის შემთხვევაში ( $h > 10$  მ). 103-ე ნახაზი წარმოდგენას იძლევა ამ მეთოდის არსზე. სანგრევის ქვედა ჰორიზონტიდან გაყვანილია შტოლები 1, რომელთა ბოლოში თავსდება კამერული მუხტები 2. საიმედო დაცობის მისაღებად შტოლები ამოვსებულია ფუქი ქანით.

აფეთქების შედეგად სანგრევის ქვედა ნაწილში ხდება ქანის გამოტყორცნა, რითაც ყელი იქმნება. ყელის ზევით მდებარე ქანას მასივის ჩამოქცევა

ნახ. 103. კამერული მუხტების მეთოდი

წარმოებს საკუთარი წონის გავლენით. ასეთ შემთხვევაში, კამერული მუხტების მეთოდი მასობრივი ჩამოქცევების მეთოდის სახელწოდებას ატარებს.



ასეთი წესით სანგრევის დამუშავება მოითხოვს, რომ უმცირესი წინაღობის ხაზს თარაზული მიმართულება ჰქონდეს და მისი სიგრძე სანგრევის სიმაღლეზე აუცილებლად ნაკლები იყოს. უმცირესი წინაღობის ხაზის შეფარდებას სანგრევის სიმაღლესთან  $0,4—0,9$  ფარგლებში იღებენ.

მასობრივი ჩამოქცევების მეთოდი შეიძლება განხორციელებულ იქნეს სანგრევის ზედა ჰორიზონტიდან ვერტიკალური შურფების გაყვანითაც, რომელთა ძირში კამერული მუხტები თავსდება. ქანის დანგრევის მექანიზმი ამ დროს ისეთივე იქნება, როგორიც არის შტოლნების გაყვანის შემთხვევაში. შურფების გაყვანას მიზანშეწონილად თვლიან სანგრევის შედარებით მცირე სიმაღლის დროს, ან როდესაც სანგრევთან ნიდგომა ქვედა ჰორიზონტიდან ტექნიკურად მოუხერხებელია. უმეტეს შემთხვევაში უპირატესობას შტოლნებს აძლევენ. შტოლნებისა და შურფების გაყვანა ხდება მინიმალური კვეთით. შურფებისათვის იგი შეადგენს  $1,0—1,2$  მ<sup>2</sup>-ს, ხოლო შტოლნებისათვის  $1,2—1,8$  მ<sup>2</sup>-ს.

ფეთქებადი ნივთიერების მოთავსება კამერებში შეიძლება მოხდეს საქარხნო ტარაში (ტომრები ან ყუთები). ზოგჯერ შურფების დამუხტვას აწარმოებენ ფხვნილისებრი ფეთქებადი ნივთიერებით და ამ მიზნით იყენებენ ხის ღარებს ან ბრეზენტის მილებს. თუ კამერები შტოლნების ბოლოშია მოწყობილი, მაშინ მათი დამუხტვის მიზნით შესაძლებელია სანგრევის ზედა ჰორიზონტიდან გაყვანილ იქნეს კაბურღილი, რომელიც გამოყენებული იქნება კამერაში ფხვნილისებრი ფეთქებადი ნივთიერების მისაწოდებლად.

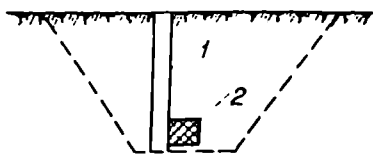
კამერული მუხტების გამოყენებისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მათი ინიცირების იმედოვნებას. ცხადია, რომ ასეთი დიდი მუხტების მტყუნების შემთხვევაში მისი ლიკვიდაცია მეტად წრომატევიად სამუშაოებთან იქნება დაკავშირებული. ამიტომ თითოეული კამერული მუხტის ასაფეთქებლად იყენებენ არანაკლებ ორი დამრტყმელი ვაზნისა. ყოველ დამრტყმელ ვაზნაში თავსდება ორი ელექტროდეტონატორი, რომლებიც ერთმანეთთან პარალელურად არის შეერთებული.

კამერული მუხტების აფეთქება შეიძლება სადეტონაციო ზოხრით. ამ დროს, დამრტყმელ ვაზნაში შეჰყავთ სადეტონაციო ზონრის ბოლო, რომელიც, უკეთ ინიცირების მიზნით, რამდენიმე წყებად არის მოკეცილი. აუცილებელია ფეთქებადი ქსელის ღებლირება.

კამერული მუხტების მეთოდი საშუალებას იძლევა ერთდროულად მივიღოთ აფეთქებული ქანის დიდი მოცულობა. იგი ხასიათდება მოსამზადებელი სამუშაოების შედარებით მცირე ტევადობით და არ საჭიროებს მძიმე საბურღი მოწყობილობის გამოყენებას.

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ კამერული მუხტების აფეთქება იძლევა ქანის მეტად არათანაბარ დანგრევას, რის შედეგად საჭიროა მეორეული აფეთქებების ჩატარებასთან დაკავშირებული სამუშაოების მნიშვნელოვანი გაზრდა. ამ მიზეზის გამო, ამჟამად, ქანის გაფხვიერების მიზნით კამერული მუხტების მეთოდი მეტად იშვიათად გამოიყენება.

ფართო გავრცელება ჰპოვა კამერულმა მუხტებმა ისეთი ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოებისას, რომელთა მიზანს შეადგენს ქანის,



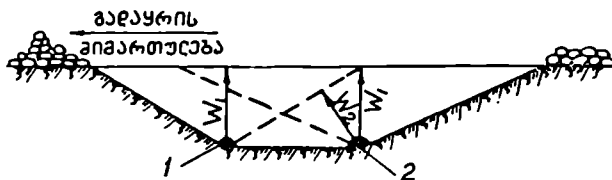
ნახ. 104. არხის გაყვანა კამერული მუხტებით

ამოყრა. ასეთი სახის აფეთქება საჭირო ხდება, მაგალითად, სხვადასხვა დანიშნულების არხების ან ტრანშეების გაყვანის დროს. 104-ე ნახაზზე ნაჩვენებია შურფის ძირში მოთავსებული კამერული მუხტი (1 — შურფი; 2 — კამერა). ასეთი შურფები გაიყვანება გასაჭრელი არხის გრძივი

ღერძის გასწვრივ. მათი აფეთქების შედეგად ხდება ქანის ამოყრა და გვერდზე გატყორცნა, რითაც არხის გაჭრას აღწევენ.

ზშირად საჭირო ხდება ქანის ამოყრა გარკვეული მიმართულების მიცემით (მიმართული აფეთქება). მაგალითად, თუ არხის ერთ-ერთი ნაპირი განკუთვნილია სხვადასხვა ნაგებობის ასაგებად, მაშინ სასურველია მასზე რაც შეიძლება ნაკლები რაოდენობით დაიყაროს აფეთქებული ქანი.

აფეთქებული ქანის უმეტესი ნაწილის გადაყრა სასურველი მიმართულებით შესაძლებელია მიღწეულ იქნეს ორ მწკრივად განლაგებული მუხტების აფეთქების შედეგად (ნახ. 105). ჯერ ფეთქდება პირველი



ნახ. 105. მიმართული აფეთქება

მწკრივის მუხტები, რომელთა უმცირესი წინაღობის ხაზს ვერტიკალური მიმართულება აქვს ( $W_1$ ). ამით მიიღება დამატებითი გაშიშვლებული სიბრტყე, რის გამოც, მეორე მწკრივის მუხტების უმცირესი წინაღობის ხაზი იქნება არა  $W_1$ , არამედ  $W_2$ , რომელიც გადახრილია ქა-

ნის გადაყრის საჭირო მიმართულებით. მეორე მწკრივის მუხტები უფრო მეტი სიღიღისაა და მათი აფეთქება, პირველი მწკრივის მუხტებთან შედარებით, 1—3 სექუნდის დაგვიანებით ხდება.

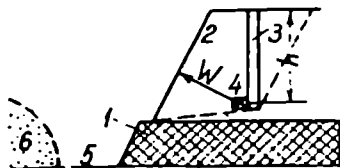
მეორე მწკრივის მუხტების აფეთქებისას ქანის უმეტესი ნაწილის გატყორცნა მოხდება სასურველი მიმართულებით. ამავე დროს ეს მასა თან წაიყოლებს პირველი მწკრივის მუხტების აფეთქების შედეგად ზევით ამოყრილ ქანს. აფეთქების შედეგად არხის (ტრანშეის) ერთ მხარეს იყრება აფეთქებული ქანის მთელი მოცულობის დაახლოებით 80%. ასეთი სახის მიმართულებითი აფეთქება, რასაკვირველია, მოითხოვს სხვადასხვა მწკრივის მუხტების სიღიღის, მათ შორის დაყოვნების ინტერვალისა და სხვა პარამეტრების ზუსტ დადგენას, რომელთა კორექტირება საწყისი აფეთქებების შედეგების მიხედვით წარმოებს.

ღია სამთო სამუშაოების წარმოებისას ხშირად საჭირო ხდება აფეთქებული ქანის ჩაყრა, ე. ი. მისი გადაადგილება მუხტის განლაგების პორიზონტის ქვევით. ასეთი სახის მიმართული აფეთქება გამოიყენება, მაგალითად, მდინარეზე კაშხლის აგების ან მისი კალაპოტის შეცვლის მიზნით. ამ დროს ხეობის ამალღებული ნაპირის აფეთქებით ხდება ქანის დიდი მასების ჩაყრა მდინარეში, რითაც კეტავენ მის ღინებას.

მასიური მიმართული აფეთქების შესანიშნავ მაგალითს წარმოადგენს მდინარე ვახშის გადაკეტვა მონგრეული ქანის ჩაყრით, რაც საჭირო იყო კაშხლის ასაგებად (1968 წ.). მდინარის მარჯვენა ნაპირი წყლის დონიდან 370 მეტრით იყო ამალღებული და შედგებოდა 70°-ით დახრილი კირქვის შრეებიდან. ასეთ ციკაბო ფერდობში მოწყობილ კამერებში მოთავსდა 13 მუხტი, რომლებიც გარკვეული დაყოვნებით აფეთქდა: ჯერ წინა მწკრივის შუა ოთხი მუხტი, შემდეგ უკანა მწკრივის ყველაზე დიდი ორი მუხტი და ბოლოს გვერდითი მუხტები (შუიდან-ნაპირისაკენ). მუხტების აფეთქების ასეთმა თანმიმდევრობამ უზრუნველყო მონგრეული მასივის გადაადგილების ყველაზე უფრო ხელსაყრელი მიმართულება. აფეთქების შედეგად მონგრეული ქანით მდინარეში შეიქმნა

60 მეტრის სიმაღლისა და ნახევარი კილომეტრის სიგრძის (მდინარის მიმართულებით) კაშხალი. ყველა მუხტის საერთო წონა 2000 ტონას შეადგენდა, აფეთქების მომზადებასა და განხორციელებას 6 თვე დასჭირდა.

ჩაყრით აფეთქებას მიმართავენ კარიერებზე, როდესაც აუცილებელია სასარგებლო წიაღისეულის გადამხურავი ფუძე ქანების მოხსნა. ასეთი შემთხვევა ნაჩვენებია 106-ე ნახაზზე.



ნახ. 106. ჩაყრითი აფეთქება კარიერზე.

სასარგებლო წიაღისეულის ფენის 1 ზემოთ მდებარე ფუჭი ქანის მასივში 2 გაყვანილია შურფი 3, რომლის ძირში მოთავსებულია კამერული მუხტი 4. სამუშაო მექანიზმები და სატრანსპორტო გზები განლაგებულია მუშა მოედანზე 5. ამიტომ საჭიროა, რომ აფეთქებული ქანის ჩაყრა მოხდეს ამ მოედნის ფარგლებს გარეთ, მისთვის განკუთვნილ ადგილზე 6. ასეთი კამერული მუხტები ეწყობა საფეხურის გასწვრივ, ერთ ან ორ რიგად. მათი სიდიდის სათანადო შერჩევით აღწევენ საჭირო ეფექტის მიღებას.

კამერული მუხტების საშუალებით მიმართული აფეთქების განხორციელებისას ქანის გარკვეული ნაწილი მაინც იყრება არასასურველ ადგილზე. ამიტომ მიმართული აფეთქების ახალი ხერხების გამოძებნა და სრულყოფა განსაკუთრებული ყურადღების ღირსია. უნდა გვახსოვდეს, რომ ასეთი სახის სამუშაოების დროს ქანის დიდი მასების აფეთქებასთან გვაქვს საქმე და, ამიტომ, დასმული ამოცანის არახარისხოვანი შესრულება მნიშვნელოვან ზარალს იწვევს.

მეცნიერთა ჯგუფმა აკად. მ. ლავრენტიევის ხელმძღვანელობით შეიმუშავა მიმართული აფეთქების ახალი მეთოდი. ქვემოთ განმარტებულია ამ მეთოდის არსი და მოყვანილია ის ძირითადი მოსაზრებანი, რომელთაც იგი ემყარება.

თუ ავიღებთ ტენიანი ქვიშისაგან დამზადებულ ცილინდრს და მის ფუძეზე მუხტის აფეთქებას მოვახდენთ, დავინახავთ, რომ ცილინდრის დეფორმაცია ემგვანება სითხის განდინებას სიმძიმის ძალის გავლენით, იმ ჭურჭლის კედლების უეცარი მოცილების შემთხვევაში, რომელშიც სითხე იმყოფება. იმისათვის, რომ მოისპოს განივი გატყორცნა, ქვიშის ცილინდრს გვერდით ზედაპირზე სათანადო სიმტკიცის კედელი უნდა ჰქონდეს. ასეთი კედელი შეიძლება შეიქმნეს თვით აფეთქებადი ნივთიერების მუხტის სახით, რომელიც ცილინდრის გარშემო იქნება შემოფენილი. თუ ამ მუხტს ფუძეში მდებარე მუხტთან ერთად ავაფეთქებთ, იგი ცილინდრის გვერდით ზედაპირზე შექმნის სათანადო წნევას და გამორიცხავს განივი გატყორცნის საშუალებას. ამის გაძო მივიღებთ მასალის გამოყრას მხოლოდ ცილინდრის ღერძის მიმართულებით. აფეთქებადი ნივთიერების შემონაფენის სისქე ცილინდრის მთელ სიმაღლეზე თანაბარი არ უნდა იყოს, რადგან განივი გატყორცვის სიჩქარე მაქსიმალურია მის ქვედა ფუძესთან და თანდათან კლებულობს მოპირდაპირე მხრისაკენ.

ამოცანის მათემატიკური ჩამოყალიბება ემყარება შემდეგ ჰიპოთეზებს:

- 1) გრუნტი წარმოადგენს იდეალურ უკუმშვად სითხეს;

2) აფეთქების მოქმედება აიწერება როგორც ფართობის ყოველ ერთეულზე გარკვეული იმპულსის მოქმედება;

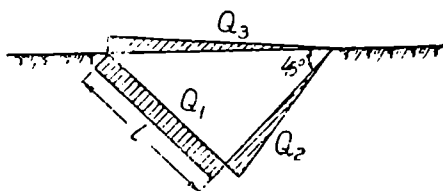
3) ფეთქებადი ნივთიერების მიერ მინიჭებული იმპულსი მისი სისქის პროპორციულია.

ამ წინაპირობათა საფუძველზე ამოცანა შემდეგნაირად არის დასმული: საჭიროა მოიძებნოს ფეთქებადი ნივთიერების ისეთი განაწილება ნებისმიერი მოცულობის მქონე იდეალური უკუმშვადი სითხის ზედაპირზე, როდესაც აფეთქების შედეგად სითხე ლებულობს გადატანით მოძრაობას მოცემული მიმართულებით, როგორც მყარი სხეული.

გრუნტის, როგორც იდეალური უკუმშვადი სხეულის განხილვას უმთავრესად იმით ასაბუთებენ, რომ დიდი დატვირთვებისას, როგორც აფეთქების დროს მიიღება, შეიძლება უგულვებელვყოთ მხები ძაბვები. იდეალური უკუმშვადი სითხის მოდელს სხვა მკვლევარებიც ხშირად იყენებენ მყარ გარემოში აფეთქების შესწავლისას.

აკად. ლავრენტიევისა და სხვათა შრომებში მოცემულია გრუნტის მოდელისა და გარემოზე ფეთქებადი ნივთიერების იმპულსის გადაცემის მათემატიკური აღწერა. მოცემულია აგრეთვე მუხტის გაანგარიშება მიმართული აფეთქების ორი ძირითადი შემთხვევისათვის.

107-ე ნახაზზე ნაჩვენებია მუხტების განლაგება „სამკუთხედის“ სქემით. იგი განკუთვნილია ქანის მიმართული გადაყრისათვის  $45^\circ$ -იანი კუთხით, როდესაც გვაქვს ერთი გაშვილებული სიბრტყე. მუხტი  $Q_1$



მთავარ მუხტს წარმოადგენს, რომელიც მიმართული გადაყრის ძირითად სამუშაოს ასრულებს. მის მოსათავსებლად საჭიროა დახრილი ქაბურღილის გაყვანა. მუხტები  $Q_2$  და  $Q_3$  დამხმარე მუხტებია, რომლებიც ხელს უშლიან ქანის არასასურველი მიმართულებით გაფანტვას, ე. ი. ჰქმნიან სწორედ იმ „კედელს“, რაზედაც ზევით იყო ნათქვამი.

იმისათვის, რომ აფეთქების შედეგად მივიღოთ ქანის გატყორცნა წინასწარ არჩეული გეზით, ფეთქებადი ნივთიერების სისქე დამხმარე  $Q_2$  და  $Q_3$  მუხტებში უნდა კლებულობდეს ხაზოვანი კანონით გადაყრის მიმართულებიდან და უტოლდებოდეს ნულს განაპირა წერტილში. ვინაიდან ამ პირობის ზუსტი დაცვა გაძნელებულია, მუხტის შედგენა პრაქტიკულად ხდება სხვადასხვა დიამეტრის ვაზნების საშუალებით.

მთავარ და დამხმარე მუხტებს შორის შეფარდება გამოითვლება მარტივი გეომეტრიული ხერხით. თუ ძირითადი მუხტის სისქე (დამხმარე მუხტის მაქსიმალური სისქე) იქნება  $\rho$ , ფეთქებადი ნივთიერების სიმკვრივე —  $\rho$ , ხოლო ამოსაყრელი ქანის მოცულობის ხაზოვანი ზომები  $l$  და  $z$  (ეს უკანასკნელი ნახაზის სიბრტყის მართობულადაა მიმართული), მაშინ 107-ე ნახაზის თანახმად გვექნება:

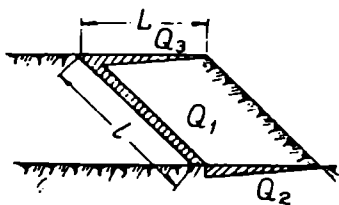
$$Q_1 = \rho \cdot \delta \cdot l \cdot z; \quad Q_2 = \frac{1}{2} \rho \cdot \delta \cdot l \cdot z; \quad Q_3 = \frac{\sqrt{2}}{2} \rho \cdot \delta \cdot l \cdot z.$$

აქედან ვღებულობთ

$$Q_1 : Q_2 : Q_3 = 1 : \frac{1}{3} : \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

რაც შეეხება მთავარი მუხტის სიდიდეს ( $Q_1$ ), იგი დამოკიდებულია ქანის გადაყრის საჭირო სიშორეზე. გულისხმობენ, რომ გადაყრის მანძილი მუხტის სიდიდის პროპორციულია. მეტად დიდი მუხტების შემთხვევაში ეს პროპორციულობა შეიძლება დაირღვეს, ვინაიდან თავს იჩენს ჰაერის წინაღობის გავლენა.

მუხტის სიდიდის განსაზღვრისას, ზემოთ ნაჩვენები ფორმულებით, ნაგულისხმევია, რომ ფეთქებადი ნივთიერება უწყვეტად არის განწილებული  $z$  სიგრძეზე. სინამდვილეში მუხტები თავსდება ზოლებად (დახრილ ჭაბურღილებში ან თხრილებში), რომელთა შორის არსებობს გარკვეული მანძილი. ამ შემთხვევაში ძალაში რჩება მუხტებს შორის შეფარდების იგივე მნიშვნელობანი.



ნახ. 108. მიმართული აფეთქება „შრის“ სქემით

თუ ამოსაყრელი ქანის  $z$  სიგრძე მცირეა, მაშინ სათანადო მიმართულების მისაცემად საჭიროა მუხტების მოთავსება ქანის ტორსულ ნაწილებში (ეს მუხტები ერთმანეთისაგან დაცილებული იქნება  $z$  მანძილით და განლაგებული — ნახაზის სიბრტყის პარალელურ სიბრტყეებში).

როდესაც საჭიროა ორი გაშვილებული სიბრტყის მქონე ქა-

ნის მიმართული აფეთქება, იყენებენ 108-ე ნახაზზე ნაჩვენებ სქემას, რომელსაც „შრე“ ეწოდება.

ამ შემთხვევაში, წინა სქემის ანალოგიურად, გვექნება

$$Q_1 = p \cdot \delta \cdot l \cdot z; \quad Q_2 = Q_3 = \frac{1}{2} p \cdot \delta \cdot l_1 \cdot z.$$

აქედან ვღებულობთ მუხტებს შორის შეფარდებას

$$Q_1 : Q_2 : Q_3 = 1 : \frac{l_1}{2l} : \frac{l_1}{2l}.$$

ისე, როგორც „სამკუთხედი“ სქემის დროს, ამ შემთხვევაშიც მთავარი მუხტის სიდიდე  $Q_1$  უნდა შეიარჩეს ქანის გადაყრის საჭირო სიშორის შესაბამისად. აღსანიშნავია, რომ დამხმარე მუხტების სიდიდე  $Q_2$  და  $Q_3$  დამოკიდებული უნდა იყოს საფეხურის სიმაღლეზეც. ნავარაუდევია, რომ რაც უფრო მცირეა საფეხურის სიმაღლე, მით ნაკლები იქნება ფეთქებადი ნივთიერების ხარკი გვერდითი გატყორცნის შესაკავებლად.

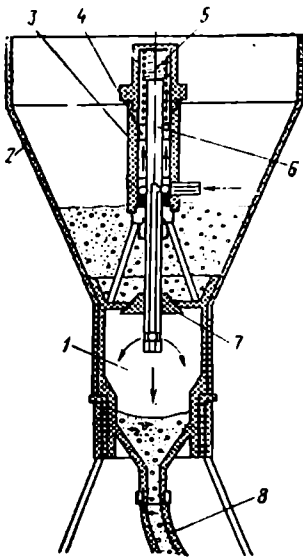
მიმართული აფეთქების ასეთი მეთოდის შემოწმების მიზნით ჩატარებულ იქნა საცდელი აფეთქებების სერია, რამაც დაადასტურა თეორიულ მოსაზრებათა საფუძვლიანობა და ნათელყო მისი პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობა.

#### § 41. ფეთქებადი ნივთიერების ღაფუხტვის მეთანიზაცია

ფეთქებადი ნივთიერებისა და საცობი მასალის მოთავსება შპურებში და, განსაკუთრებით, კაბურღილებში საკმაოდ შრომატევადი ოპერაციაა, ამიტომ შეძლებისდაგვარად საჭიროა მისი მექანიზება.

მიწისქვეშა სამუშაოებზე დამუხტვის მექანიზაციის გახვითარება დაკავშირებულია გრანულირებული ამონიუმის გვარჯილაზე დამზადებული მარტივი ფეთქებადი ნივთიერების ფართო გამოყენებასთან. გვირაბების გაყვანისას ყველაზე მეტი გავრცელება ჰპოვა 3П ტიპის პორციულმა პნევმოდამმუხტველებმა (ნახ. 109). ბუნკერი 2 ივსება ფხვიერი ფეთქებადი ნივთიერებით, საიდანაც იგი კონუსური საკეტის 7 გახსნისას დოზატორის 1 ცილინდრში იყრება. საკეტის გახსნა ხდება პნევმოცილინდრში 3 შეკუმშული ჰაერის მიწოდების შეწყვეტის შედეგად. შეკუმშული ჰაერის სარქვლის გაღებისას დგუში 4 კუმშავს ზამბარას 5 და კონუსური საკეტი კვლავ ებჯინება ბუნკერის ცილინდრის გამოსაშვებ ხვრელს. შეკუმშული ჰაერი აშავე დროს შედის დოზატორში და მასში ჩაყრილ პორციას გარტაცებს დამმუხტავ მილსადენში და, შემდეგ, შპურში. ფეთქებადი

ნივთიერების გრანულების დიდი სიჩქარით გატყორცნის შედეგად იგი კარგად იტყეპნება შპურში, რის გამოც დამუხტვის სიმკვრივე 1,2 გ/სმ<sup>3</sup>-ს აღწევს. ამ ტიპის მანქანები სხვადასხვა მარკის გამოიშვება: 3П-2; 3П-5; 3П-12; 3П-25. პირველი მათგანი განკუთვნილია შპურებისათვის, დასამუხტი პორციის მასა შეიძლება ვარგულირით 0,5—2,0 კგ ფარგლებში. დანარჩენები, რომელთა დოზატორის ტევადობა შესაბამისად შეადგენს 5, 12 და 25 კილოგრამს, იმარება ჭაბურღილების დასამუხტავად. დამმუხტველების მასაა 15; 19; 30 და 38 კილოგრამი, ფეთქებადი ნივთიერების ტრანსპორტირების მაქსიმალური მანძილი 30, 70, 100 და 150 მეტრი.



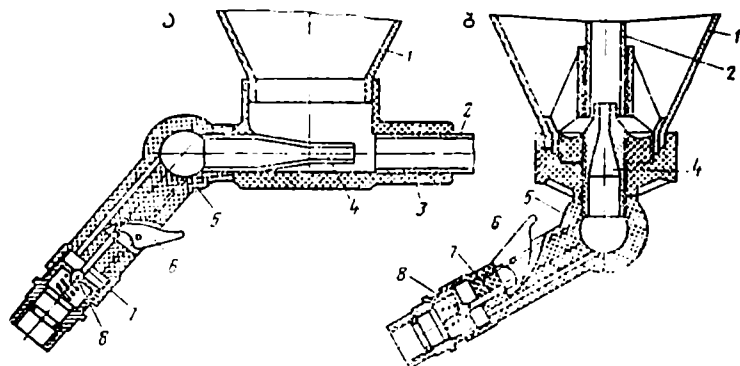
ნახ. 109. პორციული პნევმოდამმუხტველი

გოანულირებელი ფეთქებადი ნივთიერებით შპურების დასამუხტავად (ეიამეტრი 50 მილიმეტრამდე, სიღრმე 3,0 მეტრამდე) შეიძლება გამოვიყენოთ „კუპამას“ ტიპის ეექტორული პნევმოდამმუხტველები. რომლებიც ორი სახის გამოიშვება: 3ЭП-1 (ნახ. 110, ა) თარაზული და მციოდ დახრილი შპურებისათვის და 3ЭП-В (ნახ. 110, ბ) ვერტიკალური (აღმავალი) შპურებისათვის. კონუსურ ბუნკერში 1 იყრება გრანულირებული ფეთქებადი ნივთიერება. გამშვებ ბერკეტზე 6 ხელის დაქვრით კუმშული ჰაერი სახელურში 5 არსებული არხით მიეწოდება საქშენს 4, იქიდან გამოსვლისას იგი წარიტაცებს ფეთქებადი ნივთიერების მარცვლებს სამუხტავ მილში 2 და გატყორცნის შპურში. ეექტორული პნევმოდამმუხტველი 2,0—2,5 კგ იწონის. ბუნკერის ტევადობა 8,0 კგ უდრის.

სხვადასხვა კონსტრუქციის მანქანები არსებობს მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოებისას ჭაბურღილების დასამუხტავად. პნევმატიკური დანადგარები УЗС-1500, УЗС-6000 და 3МБ-2 განკუთვნილია ფეთქებადი ნივთიერების გადასატანად და ნებისმიერი დახრის მქონე ჭაბურღილების დასამუხტავად. მათი გადაადგილება ხდება წალოთი ან ლიანდაგით. ფეთქებადი ნივთიერების პნევმატიკური ტრანსპორტის მანძილი 70—100 მ შეადგენს. УЗС-1500 იწონის 100 კგ-ს, УЗС-6000—550 კგ-ს, ხოლო 3МБ-2—500 კგ-ს.

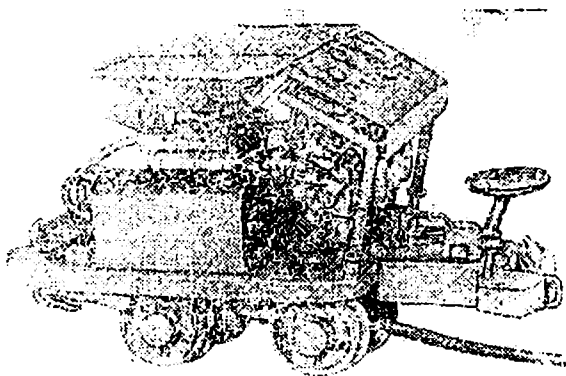


აღსანიშნავია უნივერსალური საზიდ-სამუხტავი მანქანა УЗДМ-1, რომლის დანიშნულებაა იგდანიტის დამზადება, სანგრევთან მისი შიტანა და ჭაბურღილების დამუხტვა. შეიძლება გამოყენებულ იქნეს



ნახ. 110. ეექტორული პნევმოდამმუხტველები

ქარხნული წესით დამზადებული ფხვიერი ფეტქებადი ნივთიერების დასამუხტავად. 50—105 მმ დიამეტრისა და 50 მ სიღრმის მქონე ჭაბურ-

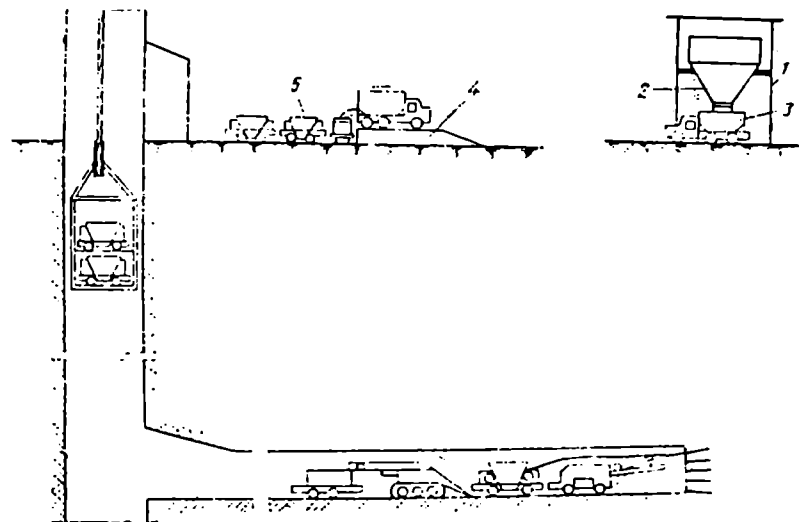


ნახ. 111. უნივერსალური მანქანა УЗДМ-1

ღილები შეიძლება დაიმუხტოს მათი ნებისმიერი დახრის პირობებში. თუ ჭაბურღილის დიამეტრი 105 მმ-ზე მეტია, მაშინ მისი დახრა ჰორიზონტთან +45°-ს არ უნდა აღემატებოდეს. მანქანის ძირითადი კვანძე-

ბია: პლათფორმა, ბუნკერი დოლური მკვებავით, ავზი თხევადი კომპონენტისათვის, ჰიდროფრქვევანა, პნემატიკური ამძრავი, ამრევი კამერა.

მანქანის ჩართვისას დოლი იწყებს ბრუნვას და მშრალი კომპონენტის (ან ქარხნული წესით დამზადებული ფეტქებადი ნივთიერების) დონებს აწოდებს ამრევ კამერაში, რომელსაც ერთ მხარეს მიერთებული აქვს კუმშული ჰაერის მილსადენი, ხოლო მეორე მხარეს საძუხტავი შლანგი და ჰიდროფრქვევანა. კუმშული ჰაერი შემრევი კამერიდან იტაცებს ნივთიერების გრანულებს და გატყორცნის საძუხტავ შლანგში, სადაც მას ჰიდროფრქვევანით ესხურება თხევადი კომპონენტი. ამის შედეგად მიიღება ფეტქებადი ნარევი—იგდანიტი. დამუხტვის სიმკვრივე ჭაბურღილში 1,2 გ/სმ<sup>3</sup> აღწევს. თხევადი კომპონენტის რაოდენობის რეგულირება



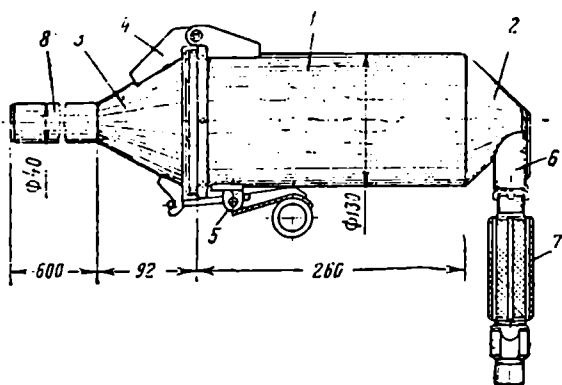
ნახ. 112. T3V დანადგარის გამოყენების სქემა

შესაძლებელია ჰიდროტუმბოს სათანადო მომართვით. მანქანა УЗДМ-ი იწონის 1 ტონას, მისი გადაადგილება ხდება ლიანდაგზე. შეკუმშული ჰაერით ფეტქებადი ნივთიერების მიწოდების (მილსადენის) მანძილი 300 მეტრამდეა. ამ მანქანის შემდგომი გაუმჯობესების შედეგად გამოშვებულია ЗМБС-1 და ЗМБС-2 მარკის შემრევ-დამუხტავი დანადგარები.

სატრანსპორტო-დამუხტველი მოწყობილობა T3V განკუთვნილია ფეტქებადი ნივთიერების გადასაზიდად შახტის ზედაპირიდან სან-

გრევამდე და შპურებსა და ჭაბურღილებში მისი დამუხტვისათვის. ეს დანადგარი გამოირიცხავს შუალედ გადასატვირთავ ოპერაციებს, რითაც იზრდება ასაფეთქებელი სამუშაოების უსაფრთხოება და უმჯობესდება ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯის კონტროლი. ბუნკერის ტევადობა 3,2 მ<sup>3</sup>-ია, ჭაბურღილის სიღრმე 50 მეტრამდე, დახრა შეიძლება იყოს ნებისმიერი ( $d=105$  მმ). 112-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ამ დანადგარების გამოყენების სქემა გვირაბის გაყვანის დროს.

ვაზნებში გამოშვებული ფეთქებადი ნივთიერების დამუხტვის მექანიზაციის ცდები ნაკლებად ეფექტური აღმოჩნდა. ასეთი ფეთქებადი ნივთიერებანი ფრთხილ მოპყრობას მოითხოვენ, რის გამოც დასამუხტი მოწყობილობები რთული კონსტრუქციითა და დიდი ზომებით გამოირ-



ნახ. 113. პნევმატიკური დამცობი

ჩევა. ამ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება მხოლოდ ვაზნების შპურში უშუალოდ მოთავსების მექანიზება.

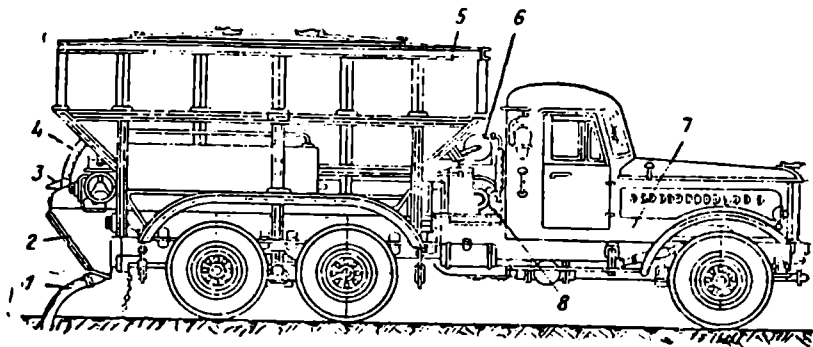
დაცობის პროცესის მექანიზაცია შესაძლებელი ხდება საცობ მასალად დატენიანებული ქვიშის გამოყენებისას. ამისათვის ხმარობენ პნევმოდამცობს (ნახ. 113). იგი წარმოადგენს ფურცლოვანი ფოლადისგან გაკეთებულ ცილინდრს 1 სახურავითა 3 და ძროთი 2. სახურავი მაგრდება საკეტით 5, ძროს შიგნიდან გააჩნია მაგრიგალებელი ფრთები, მასში შეკუმშული ჰაერი შედის მილით 6, რისთვისაც საჭიროა შეკუმშული ჰერის მარეგულირებელი ონკანის 7 გაღება. ცილინდრში ჩაყრილი ქვიშა შპურში მიეწოდება დამცობი მილით 8. პნევმოდამცობის ტევადობა 3,8 ლიტრია, მისი მასა 6 კგ-ია (ქვიშით ავსებული—11 კგ). დიდი განივკვეთის მქონე გვირაბების გაყვანისას და ჭაბურღილების დაცობის საჭიროებისას იყენებენ უფრო დიდი მოცულობის პნევმო-

დამცობებს. გამოშვებულია პლასტიკური მასალის დამცობი აპარატების ნიმუშებიც.

ფართოდ დაინერგა აფეთქებითი სამუშაოების მექანიზაცია კარიერებზე.

სატრანსპორტო-დამმუხტავი მანქანა CV3H 5A განკუთვნილია როგორც ქარხნული წესით დამზადებული ფხვიერი ფეთქებადი ნივთიერების დასამუხტავად, ისე მარტივი შედგენილობის ფეთქებადი არეების მისაღებად (დამუხტევისთან ერთად). ამ მანქანის გაუმჯობესებულ მოდელია CV3H-5AM (ნახ. 114).

სატვირთო ავტომობილის 7 შასზე (КрАЗ-256) დაყენებულია 10,5 კვ მოცულობის ბუნკერი, რომლის ძირში განლაგებულია შნეკები, და მათი ჰიდროძრავები. შნეკები, თავის ვარცლებში დატოვებულ



ნახ. 114. სამუხტავი მანქანა CV3H-5AM

სარკმლებით, მასალას აწვდის დოზატორში 2 (სარკმლებზე დაყენებულია ფარსაკეტები 4). დოზატორის ზედა ნაწილში დაყენებულია ფეთქებადი ნივთიერების დონის მაჩვენებელი გადამწოდი 3, რომელიც აღჭურვილია ვიბრაციული მოწყობილობითა და კონტაქტებით, ავტომატური მართვის წრედში სიგნალის გადასაცემად. დოზატორს, რომლის ტევადობა 200 კილოგრამია, ქვემოდან მიერთებული აქვს სამუხტავი შლანგი 1. ფეთქებადი ნივთიერება დოზატორიდან ჰაბურლილში მიეწოდება შეკუმშული ჰაერის საშუალებით (წნევა 1,2 კგ/სმ<sup>2</sup>), რისთვისაც მანქანაზე დადგმულია როტაციული კომპრესორი 8 და რესივერი 6. კომპრესორი მუშაობს ავტომობილის ძრავას შემწეობით. მანქანაზე დადგმულია ავტომატური მართვის პულტი. დანადგარს გააჩნია მაღალი მწარმოებლურობა — ცვლაში 40 ტონა (ტექნიკური მწარმოებლურობა 350 კგ/წთ). ფეთქებადი ნივთიერების ადგილზე დამზადების

საქიროების შემთხვევისათვის ბუნჯერს გააჩნია გრძივი ტიხარი კომპონენტების ცალ-ცალკე ჩასატვირთად — კომპონენტების არევა ხდება დონატორში მოხვედრის წინ.

გამოშვებულა აგრეთვე სხვა მარკის სატრანსპორტო-სამუხტავი მანქანები (M3-4; M3-8; M3-12, „უნივერსალი“ და სხვა). ამონიუმის გვარჯილის ცხელი ხსნარით გავსებული ნივთიერების დასამზადებლად და დასამუხტავად შექმნილია მანქანა T3M-1.

საცობი მასალის მიზიდვა და მისი ქაბურღილებში მიწოდება კარიერებზე წარმოებს CY3H-1B; 3C-1B და 3C-2 მარკის მანქანებით. საცობი მანქანა წარმოადგენს ავტომობილის შასზე დამონტაჟებულ დანადგარს. მისი ძირითადი ნაწილებია ბუნჯერი (5—8 მ), მის ძირზე განლაგებული მიმწოდებელი მექანიზმი (ვიბრაციული ფსკერი ან სახვეტებიანი ჯაჭვი), ლენტისანი კონვეიერი და ღარი ქაბურღილში ფეთქებადი მასალის ჩასაყრელად (საკუთარი წონის გავლენით). დასაცობად გამოყენებული უნდა იქნეს კარგი ფხვიერობის მქონე მასალა. თიხის ნაწილაკების დიდი რაოდენობით შემცველი და დატენიანებული მასალა ძნელად იცლება ბუნჯერიდან.

## თ ა ვ ი V I I

### უსაფრთხოების ტექნიკის ძირითადი საკითხები

ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოებისას ხელმძღვანელობენ „უსაფრთხოების ერთიანი წესებით“. მათი დაცვა სავალდებულოა საბჭოთა კავშირის მთელ ტერიტორიაზე ყველა ორგანიზაციისათვის, რომელთაც ასეთი სამუშაოების შესრულება უხდებათ (გარდა თავდაცვის სამინისტროსი). ასაფეთქებელი სამუშაოების დროს უსაფრთხოების ერთიანი წესები დამტკიცებულია სამთო ზედამხედველობის სახელმწიფო კომიტეტის მიერ.

ამ წესებით განსაზღვრულია კონკრეტული მოთხოვნები, რომლებიც წაყენება ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოებას. კანონით გათვალისწინებული წესების შესრულება სავსებით უზრუნველყოფს მომუშავეთა სრულ უსაფრთხოებას და სხვადასხვა ნაგებობათა დაცვას აფეთქების მავნე გავლენისაგან.

### § 42. ფეთქებადი მასალების შენახვა და გადაზიდვა

ფეთქებადი მასალები ინახება სპეციალურ საწყობებში, რომლებიც შენდება „ერთიანი წესების“ მოთხოვნათა შესაბამისად შედგენილი პროექტის მიხედვით. ფეთქებადი მასალების საწყობი წარმოადგენს

ერთ ან რამდენიმე საცავს (დამხმარე ნაგებობებით). მათი განლაგება ხდება საერთო, შემოფარგლულ ტერიტორიაზე.

ფეთქებადი მასალების საწყობი შეიძლება იყოს ზედაპირული, ნახევრად ჩაღრმავებული, ჩაღრმავებული და მიწისქვეშა. ზედაპირული საწყობის ფუძე მიწის ზედაპირის დონეზე მდებარეობს; ნახევრად ჩაღრმავებული საწყობის შენობას მიწა კარნიზამდე ფარავს, ხოლო ჩაღრმავებული საწყობის შენობის ზემოთ მიწის ფენა 15 მეტრამდეა; მიწისქვეშა ისეთ საწყობს ეწოდება, რომელიც მიწის ზედაპირიდან 15 მეტრზე უფრო ღრმად მდებარეობს.

სამსახურის ვადის მიხედვით გვაქვს მუდმივი (ვადა 2 წელზე მეტი), დროებითი (ვადა ორ წლამდე) და ხანმოკლე (ვადით ექვს თვემდე) საწყობები.

სამსახურის ვადა ითვლება საწყობში ფეთქებადი მასალების შეზიდვის მომენტიდან.

ფეთქებადი მასალის საწყობები არის საბაზისო და სახარჯო. საბაზისო საწყობების დანიშნულებაა მხოლოდ სახარჯო საწყობების მომარაგება. ასეთ საწყობებში აკრძალულია ფეთქებადი მასალების გახსნა და მათი გაცემა ამფეთქებლებზე. საბაზისო საწყობი შეიძლება იყოს ზედაპირული, ნახევრად ჩაღრმავებული ან ჩაღრმავებული.

სახარჯო საწყობის დანიშნულებაა ფეთქებადი მასალების გაცემა ამფეთქებლებზე, მათი უშუალო მოხმარების მიზნით. სახარჯო საწყობები, საბაზისო საწყობებისაგან განსხვავებით, შეიძლება მიწისქვეშა იქონიყოს.

ფეთქებადი მასალების საცავები კარგად უნდა ნიავედებოდეს და დაცულ იქნეს წყლის შეღწევისაგან. ფეთქებადი მასალების საწყობებს უნდა ჰქონდეს შეიარაღებული დაცვა მთელი დღე-ღამის განმავლობაში.

საფრთხიანობის თვალსაზრისით შესანახი ფეთქებადი მასალები იყოფა რამდენიმე ჯგუფად:

I — დინამიტები, არაფლევმატიზებული ჰექსოგენი, ტეტრილი;

II — ამონიტები, ტროტილი, ფეთქებადი ნივთიერებები 15%-მდე ნიტროეთერების შემცველობით, ფლევმატიზებული ჰექსოგენი, სადენ-ტონაციო ზონარი;

III — შავი და უკვამლო დენტები;

IV — დეტონატორები.

სხვადასხვა ჯგუფის მასალების შენახვა უნდა მოხდეს განცალკევებულ საცავებში. ერთ საცავში მათი შენახვა დაიშვება მხოლოდ ზედაპირულ სახარჯო საწყობებში და, ისიც, განსაკუთრებულ შემთხვევებში ზედამხედველი ორგანოს ნებართვით. ამ დროს დაცული უნდა იყოს „ერთიანი წესებით“ გათვალისწინებული დამატებითი პირობები.

როგორც საწყობები, ისე ცალკეული საცავეები ერთმანეთისაგან და-  
ცილებული უნდა იყოს ისეთი მანძილით, რომელიც გამორიცხავს გავ-  
ლენით აფეთქების შესაძლებლობას (ერთ-ერთი საცავის შემთხვევითმა  
აფეთქებამ არ უნდა გამოიწვიოს მეზობელი საცავის აფეთქება დარ-  
ტყმითი ტალღის მოქმედების შედეგად).

საწყობების ელექტროგანათება უნდა მოეწყოს ფეთქებაუსაფ-  
რთხო არმატურის გამოყენებით. საწყობს უნდა გააჩნდეს საავარიო გა-  
ნათება აკუმულატორული ან მცველი ბენზინის ნათურების სახით. აუ-  
ცილებელია საწყობის მომარაგება ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალებე-  
ბით. საწყობს უნდა ჰქონდეს აგრეთვე მეხსარილი.

ზედაპირული მუდმივი საწყობების საცავეები კეთდება ცეცხლგამ-  
ძლე მასალისაგან. დროებით საწყობებში საცავეები შეიძლება იყოს ფიც-  
რული, თიხატყეპნილი ან მიწური. დროებით და ხანმოკლე საწყობებად  
იყენებენ არასაცხოვრებელ შენობებს, ფარდულებს, მიწურებს და სხვ.  
ხანმოკლე დანიშნულების საწყობს ზოგჯერ ასრულებს რკინიგზის ვაგო-  
ნი, ავტომანქანა, კარავი, გამოქვავული და სხვ.

ფეთქებადი მასალების მიწისქვეშა საწყობები განკუთვნილია მალა-  
როში წარმოებული სამუშაოების მოსამარაგებლად. მისი ტევადობა  
არ უნდა აღემატებოდეს ფეთქებადი ნივთიერების სამი დღისა და აფეთ-  
ქების საშუალებათა ათი დღის მარაგს.

მიწისქვეშა საწყობში ფეთქებადი მასალის შენახვა წარმოებს სპე-  
ციალურად გაყვანილ გვირაბებში-კამერებში, რომლებიც ისე უნდა იყ-  
ოს განლაგებული, რომ ერთ-ერთ მათგანში მომხდარმა აფეთქებამ არ  
გამოიწვიოს მეზობელ კამერაში ფეთქებადი ნივთიერების დეტონაცია,

მიწისქვეშა საწყობი შედგება მიმყვანი გვირაბებისაგან, თვით  
ფეთქებადი ნივთიერების საცავეებისა (კამერებისა) და დამხმარე კამერე-  
ბისაგან. უკანასკნელთა რიცხვს ეკუთვნის ელექტროდეტონატორების  
შესამოწმებელი ან საალებელი მილაკების დასამზადებელი კამერა და  
ფეთქებადი მასალების გასაცემი კამერა. მისაყვანი გვირაბები, რომლე-  
ბითაც საწყობი მალაროს ძირითად გვირაბს უერთდება, რამდენიმე მუხ-  
ლისაგან შედგება. მუხლოვანი განლაგება ხელს უწყობს ჰაერის დარ-  
ტყმითი ტალღის ჩახშობას საწყობის აფეთქების შემთხვევაში და ამით  
იცავს მალაროს ძირითადი გვირაბების უსაფრთხოებას.

მიწისქვეშა საწყობს აქვს ორი გამოსავალი მთავარ გვირაბში. საყ-  
ობის განიავება ხდება ჰაერის განკერძოებული ნაკადით. საწყობს აქვს  
ხანძარსაწინააღმდეგო მოწყობილობა და ტელეფონი.

გარდა მიწისქვეშა საწყობებისა, შახტებში ნებადართულია ფეთქება-  
დი მასალების სარიგებელი ცალკეული კამერების მოწყობა. ამ კამერები-  
დან ხდება ამფეთქებლებზე მასალების გაცემა და ცეცხლის ბოლოს—გამო-

უყენებელი მასალების უკან მიღება. ასეთი კამერები დაცილებულია მოქმედი გვირაბიდან არანაკლებ 25 მეტრის მანძილზე და ნიავდება განკერძოებული ნაკადით. სარიგებელი კამერის ზღვრული ტევადობა შეადგენს ერთი ცვლის მარაგს, მაგრამ არ უნდა იყოს 500 კილოგრამზე მეტი.

ფეთქებადი მასალების ტრანსპორტირებისათვის უსაფრთხოების „ერთიანი წესები“ ითვალისწინებენ ისეთი პირობების შექმნას, რომლებიც უზრუნველყოფენ როგორც მომსახურე პერსონალის უშიშროებას, ისე ფეთქებადი მასალების ნორმალური თვისებების შენარჩუნებას.

გადაზიდვის დროს საფრთხიანობის ხარისხის მიხედვით ფეთქებადი მასალები რამდენიმე ჯგუფად არის დაყოფილი. სხვადასხვა ჯგუფის მასალების გადაზიდვა ხდება ცალ-ცალკე. ზოგიერთ შემთხვევაში დაიშვება ფეთქებადი ნივთიერებისა და აფეთქების საშუალებათა ერთად გატანა ავტომანქანებით, ოთხთვალეებით, კატერებით და სხვ. მაგრამ ამ დროს გადასატანი მასალების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს „ერთიანი წესების“ დადგენილ ზღვრულ მნიშვნელობას (ფეთქებადი ნივთიერება—50 კგ, დეტონატორები—5000 ც, სადეტონაციო ზონარი—500 მ, ცეცხლგამტარი ზონარი—5000 მ). დეტონატორებს აწყობენ სპეციალურ ყუთში, რომელიც ამოგებულია რბილი მასალით და ათავსებენ ავტომანქანის (ოთხთვალას, კატერის) წინა ნაწილზე. ფეთქებადი ნივთიერების ყუთები მანქანის ბოლო ნაწილში ლაგდება. ფეთქებად ნივთიერებასა და დეტონატორებს შორის დებენ ცეცხლგამტარი ზონარის ყუთებს.

უსაფრთხოების ერთიან წესებში დეტალურად არის აღწერილი ყველა მოთხოვნა, რომელიც წაეყენება ფეთქებადი მასალების გადატანას რკინიგზით, წყლის გზებით, საავტომობილო და საჰაერო ტრანსპორტით. ფეთქებადი მასალების გადატანისას საჭიროა შეიარაღებული დაცვა და გამაფრთხილებელი ნიშნების დაკიდება.

მიწისქვეშა სამთო სამუშაოების წარმოების დროს ფეთქებადი მასალების გადატანა წარმოებს ჯერ ზედაპირული საწყობიდან მიწისქვეშა საწყობში და, შემდეგ, ამ უკანასკნელიდან, უშუალოდ მოხმარების ადგილზე.

ფეთქებადი მასალების შახტში ჩაშვება ნებადართულია გალიებსა და ბადეებში. მიწის ქვეშ მათი გადაზიდვა შეიძლება მოხდეს მაღაროს ტრანსპორტის ყველა საშუალებით ან ხელით. აკრძალულია ელექტრო-დეტონატორების გადატანა კონტაქტური ელემენტებით, აკრძალულია ფეთქებადი მასალების ჩაშვება ქაურში, მასში ხალხის აყვანის ან ჩაყვანის დროს. ფეთქებადი მასალების გადაზიდვისას ქაურზედა შენობაში და მაღაროს ეზოში დაიშვება მხოლოდ ამფეთქებლის, მტვირთავი მუ-



შების, ჭაურში სატრანსპორტო ოპერაციების მომსახურე პერსონალისა და ზედამხედველი პირების ყოფნა.

ფეთქებადი მასალების ყუთების ან ტომრების დაწყობა გალიაში უნდა მოხდეს მისი სიმაღლის არა უმეტეს 2/3-ზე, ხოლო დინამიტისა და დეტონატორების ყუთების დალაგება მხოლოდ ერთ რიგად არის ნებადართული. დეტონატორების ჩატანა ჭაურში ხდება ფეთქებადი ნივთიერებისაგან განცალკევებით.

ერთმა ამფეთქებელმა შეიძლება ერთდროულად გადაიტანოს ჩანთით ათ კილოგრამამდე ფეთქებადი ნივთიერება აფეთქების საშუალებებთან ერთად. თუ მას მხოლოდ ფეთქებადი ნივთიერება გადააქვს — ეს ნორმა 20 კილოგრამამდე იზრდება.

ჭაურში ერთდროულად გადაიყვანება არა უმეტეს ოთხი ამფეთქებლისა გალიის თითო სართულზე, რომელთაც თან შეიძლება ჰქონდეთ ფეთქებადი მასალების აღნიშნული რაოდენობა. ამფეთქებლების გადაყვანა ჭაურში ხდება რიგგარეშე.

ფეთქებადი მასალების ჩაშვება ჭაურში წარმოებს შემცივრებულ სიჩქარეებით. ამიტომ ასეთი ოპერაციის ჩატარებამდე საჭიროა ამწევი დანადგარის მემანქანის წინასწარი გაფრთხილება.

ფეთქებადი მასალების გადაზიდვა თარაზულ გვირაბებში ბაგირიანი წვეის საშუალებით უნდა მოხდეს შემცივრებული სიჩქარით (არა უმეტეს 1 მ/წმ). ამ დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს სიგნალიზაციის იმედოვნებასა და წესიერობას.

ელმავლების გამოყენების შემთხვევაში ფეთქებად ნივთიერებათა და აფეთქების საშუალებათა გადაზიდვა უნდა მოხდეს ცალკე მატარებლებით; განსაკუთრებულ შემთხვევებში გადაზიდვა დაიშვება ერთი მატარებლით, მაგრამ სხვადასხვა ვაგონეტებში მოთავსებით, რომელთა შორის სამი ცარიელი ვაგონეტი უნდა იყოს ჩაბმული.

დინამიტისა და დეტონატორებისათვის იყენებენ სპეციალურ დახურულ ვაგონეტებს ხის ძარათი, რომელიც ქეჩით არის ამოგებული. ასეთ ვაგონეტებში ყუთები ერთ რიგად ეწყობა. ამონიტების გადატანა წარმოებს ჩვეულებრივი ვაგონეტებით, რომლებიც შეიძლება მთელ სიმაღლეზე დაიტვირთოს.

მონარების ადგილზე ფეთქებადი მასალების გადაზიდვისას შეიარაღებული დაცვა საჭირო არ არის, მაგრამ გადასატან პარტიას აუცილებლად თან უნდა ახლდეს ამფეთქებელი.

ელმავლის სიჩქარე ფეთქებადი მასალების გადაზიდვისას არ უნდა აღემატებოდეს 2 მ/წმ-ს. იმავე მატარებლით, რომლითაც ეს მასალები მიაქვთ, დაიშვება მხოლოდ ასაფეთქებელ სამუშაოებთან დაკავშირებული პირების გადაყვანა, რისთვისაც მატარებლის ბოლოზე მიბმულია სამგზავ-

რო ვაგონეტი. სხვა ინსტრუმენტებისა და საგნების გადატანა ფეთქებად მასალებთან ერთად არ დაიშვება.

ფეთქებადი მასალების გადაზიდვისას მატარებლის შედგენილობის თავსა და ბოლოში კეთდება სპეციალური გამაფრთხილებელი ნიშნები. ამ დროს გადაზიდვის ხაზზე წყდება სხვა ყოველგვარი მოძრაობა.

#### § 43. ფეთქებადი მასალების ბაჟოცდა და მოხვობა

ქარხნიდან გამოშვებისას მუდამ აწარმოებენ ფეთქებადი მასალების სხვადასხვა თვისებების შემოწმებას. მომხმარებელს ეგზავნება მხოლოდ ისეთი მასალები, რომლებიც სახელმწიფო სტანდარტის მოთხოვნებს აკმაყოფილებს, მაგრამ დროთა განმავლობაში, არახელსაყრელ პირობებში შენახვის ან გადაზიდვის გამო, ფეთქებადმა მასალებმა შეიძლება დაკარგონ თავდაპირველი თვისებები. ამიტომ, იმ საწარმოებში, სადაც მათი გამოყენება ხდება, საჭიროა ფეთქებადი მასალების ხარისხის შემოწმება საწყობში შენახვისას და აგრეთვე ქარხნიდან მიღების დროს. გამოსაყენებლად უვარგისი ფეთქებადი მასალები ისპობა, ვინაიდან მათმა ხმარებამ შეიძლება გამოიწვიოს არა მარტო აფეთქების მტყუნება, არამედ უბედური შემთხვევაც.

საწარმოს საწყობში ფეთქებადი მასალების მიღების შემდეგ მათი განმეორებითი გამოცდა ხდება დაწესებულ ვადებში. დინამიტები იცდება საგარანტიო ვადის დასასრულს და ყოველ თვეში ერთხელ მისი გასვლის შემდეგ, სხვა ფეთქებადი ნივთიერებანი და აფეთქების საშუალებანი — საგარანტიო ვადის დასასრულს და ყოველ ნახევარ წელიწადში ერთხელ მისი გასვლის შემდეგ (ეს არ ეხება ელექტროდეტონატორების გამტარობას, რომელიც ყოველთვის მოწმდება ელექტროამფეთქი ქსელის მონტაჟის დროს). თუ არსებობს რაიმე ეჭვი ფეთქებადი მასალების ხარისხის გაფუჭებისა, მაშინ მათი შემოწმება უნდა მოხდეს საგარანტიო ვადის მიუხედავად. ფეთქებადი მასალების შემოწმება ტარდება საწყობის ტერიტორიის გარეთ, იზოლირებულ ადგილზე.

სხვადასხვა ფეთქებადი მასალებისათვის დადგენილია შემოწმების შემდეგი სახეები:

##### 1. დინამიტებისათვის:

- ა) ტარის გარეგანი დათვალიერება;
- ბ) არჩეული ვაზნების გარეგანი დათვალიერება;
- გ) ექსლუდაციის არსებობის განსაზღვრა;
- დ) ვაზნიდან ვაზნამდე დეტონაციის გადაცემის უნარი;
- ე) ქიმიური მდგრადობის განსაზღვრა.

2. ამონიუმისგვარჯილიანი ფეტქებადი ნივთიერებებისათვის:
  - ა) ტარის გარეგანი დათვალიერება;
  - ბ) არჩეული ვაზნების გარეგანი დათვალიერება;
  - გ) ვაზნიდან ვაზნაზე დეტონაციის გადაცემის უნარი;
  - დ) ტენის შემკველობის განსაზღვრა.
3. ელექტროდეტონატორებისათვის:
  - ა) ტარის გარეგანი დათვალიერება;
  - ბ) არჩეული ელექტროდეტონატორების გარეგანი დათვალიერება;
  - გ) ელექტროდეტონატორების ჯგუფური აფეთქება;
  - დ) ფეტქებადი ნივთიერების ვაზნის დეტონაციის სისრულე;
  - ე) არჩეული ელექტროდეტონატორების წინაღობის შესაბამისობა.
4. ცეცხლგამტარი ზონრისათვის:
  - ა) ტარისა და ზონრის გარეგანი დათვალიერება;
  - ბ) შემოწმება წვის სიჩქარეზე, სისრულესა და თანაბრობაზე;
  - გ) შემოწმება წყალმდედგობაზე (წყალმდედგი ზონრებისათვის).
5. სადეტონაციო ზონრისათვის:
  - ა) ტარისა და ზონრის დათვალიერება;
  - ბ) სქემების უტყუარი აფეთქების შემოწმება;
  - გ) იგივე, დასველების შემდეგ;
  - დ) გამოცდა თერმომდედგობაზე.

ტარის დათვალიერება მიზნად ისახავს მისი მთლიანობის შემოწმებას. დაზიანებული ან დასველებული ტარის მქონე მასალა ცალკე უნდა გადაიარჩეს. შესამოწმებელ ნიმუშებს, ასეთი ტარის შემთხვევაში ყველა ყუთიდან იღებენ.

ვაზნების გარეგანი დათვალიერებისას უნდა დავრწმუნდეთ შტამპის არსებობაში, რომელზეც აღნიშნულია ფეტქებადი ნივთიერების დასახელება, ვაზნის წონა, დამზადების წელი და თვე, ქარხნის მარკა და უთის ნომერი. ვაზნის ტორსები კარგად უნდა იყოს დახურული. დაუშვებელია ტორსებში პარაფინის საცობების არსებობა.

დინამიტის ვაზნების ექსლუდაციის განსაზღვრა ხდება გარეგანი დათვალიერებით. ვაზნის ქაღალდის გარსის შიგა მხარეზე არ უნდა იყოს სითხის ნიშნები. თუ აღმოჩენილ იქნა სითხის წვეთები ან სითხის დიდი ლაქები, ექსლუდაცია დამტკიცებულად უნდა ჩაითვალოს. ასეთი ვაზნები დაუყოვნებლივ ისპობა.

ვაზნიდან ვაზნაზე დეტონაციის გადაცემის უნარის შემოწმება ხდება შემდეგნაირად: ერთ ვაზნას უკეთდება დეტონატორი და მისგან გარკვეულ მანძილზე, რომელიც სტანდარტით არის განსაზღვრული, თავსდება მეორე ვაზნა, ისე რომ ვაზნების გრძივი ღერძები ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენს. ვაზნები ძევეს მყარ გრუნტზე. ხდება

დამრტყმელი ვაზნის აფეთქება, რის შემდეგ ათვალიერებენ აფეთქების ადგილს. თუ გრუნტში წარმოიქმნა ორი ღრმული, რომელთა სიგრძე ვაზნის სიგრძეზე ნაკლები არ არის, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ დეტონაცია ერთი ვაზნიდან მეორეს გადაეცა და აფეთქება სრულად მოხდა.

მხოლოდ ერთი ღრმულის არსებობა კი იმას მოასწავებს, რომ დეტონაციის გადაცემა არ მოხდა. თუ მეორე ღრმული ნაკლები სიგრძისაა, მაშინ ვაზნის აფეთქება არასრული ყოფილა. ასეთ ცდას სამჯერ იმეორებენ. რომელიმე ცდის დროს არადამაკმაყოფილებელი შედეგის მიღების შემთხვევაში შემოწმებას იმეორებენ ცდების გაორკეცებულ რაოდენობით. თუ ამ შემთხვევაში ერთხელ მაინც მივიღეთ არადამაკმაყოფილებელი შედეგი, მაშინ ფეთქებადი ნივთიერების მოცემული პარტია დაწუნებული უნდა იქნეს და აიკრძალოს მისი გამოყენება.

დინამიტის ქიმიური მდგრადობის შესამოწმებლად მას დებენ სპეციალურ სინჯარაში იოდკრახმალიან ქაღალდთან ერთად და ახურებენ წყლის აბაზანაში. ქაღალდის ზედა ნახევარი წინასწარ სველდება გლიცერინის 50%-იანი ხსნარით. წყლის აბაზანის ტემპერატურა 75°-ია. სინჯარის გახურება წარმოებს იოდკრახმალიანი ქაღალდის სველ და მშრალ ნაწილებს შორის გარკვეული ინტენსივობის მუქი ზოლის გამოჩენამდე.

დინამიტის ქიმიური მდგრადობა, ამ სინჯის მიხედვით, გამოისახება წუთობით, რომელიც გადის აბაზანაში სინჯარის მოთავსებიდან სათანადო სიმუქის ზოლის მიღებამდე. სიმუქის დასადგენად ხმარობენ ცარიელ სინჯარაში ჩამოკიდებულ ქაღალდს ეტალონური ფერის მქონე ზოლით.

ფეთქებადი ნივთიერება ქიმიურად მდგრადად ითვლება თუ აღნიშნული დრო 10 წუთზე ნაკლები არ არის. მდგრადი დინამიტების ხელახალი შემოწმება წარმოებს ყოველ სამ თვეში ერთხელ.

ქიმიურ მდგრადობაზე გამოცდისას სინჯარაში ათავსებენ 3 გრამ დინამიტს, რომელიც შერეულია 6 გრამ თალკთან. ამ უკანასკნელის ქიმიური მდგრადობა წინასწარ შემოწმებული უნდა იყოს ამ სინჯის მიხედვით.

თუ ქიმიური მდგრადობა სინჯის მიხედვით 10 წუთზე ნაკლები აღმოჩნდა, მაშინ საჭიროა ფეთქებადი ნივთიერება გახარჯულ იქნეს თენახეერის განმავლობაში. გარდა ამისა, ასეთი ნივთიერების ხელახალი შემოწმება ქიმიურ მდგრადობაზე უნდა ხდებოდეს ყოველ 10 დღეში ერთხელ, როდესაც ქიმიური მდგრადობა 7 წუთზე ნაკლებია, საჭიროა ფეთქებადი ნივთიერება გამოყენებულ იქნეს ხუთი დღის ვადაში ან მოისპოს.

ამონიუმისგვარჯილიანი ფეთქებადი ნივთიერების ტენიანობის განსაზღვრისათვის იღებენ 2 წონაკს, თითოს 50 გრამის რაოდენობით, ათავსებენ მათ ფაიფურის ტარირებულ ფინჯნებში და აშრობენ თერმოსტატში ან საშრობ კარადაში 65° ტემპერატურაზე, მულმივი წონის მიღებამდე. წონის დაკლება (გამოსახული პროცენტობით) გვაძლევს გამოსაცდელ ფეთქებად ნივთიერებაში ტენის შემცველობას. მას საზღვრავენ შემდეგი ფორმულით

$$P = \frac{C_1 - C_2}{G_1} \cdot 100,$$

სადაც,  $P$  არის ტენიანობა, %;

$C_1$  — ნივთიერების წონა გაშრობამდე;

$C_2$  — ნივთიერების წონა გაშრობის შემდეგ.

კაფსულ-დეტონატორების გარეგანი შემოწმების მიზნით ხსნიან მიღებული ყუთების არანაკლებ ერთი პროცენტისა. ყოველ გახსნილ ყუთში უნდა გაისინჯოს ხუთი კოლოფი მანც.

კაფსულ-დეტონატორის ლითონის მასრებს არ უნდა ჰქონდეს გამკოლი ბზარები ან ნიჟარები, ხოლო ქალაღდის მასრებს — ქალაღდის განწრევება, რამაც შეიძლება ხელი შეუშალოს ცეცხლგამტარი ზონრის შესვლას დეტონატორში. მასრების შიგა ზედაპირი სუფთა უნდა იყოს. ქალაღდისმასრიან დეტონატორებში დაუშვებელია ტეტრილის ახლეჩა კუმულაციურ ღრმულთან. აღნიშნული დეფექტების შემჩნევის შემთხვევაში მთელი პარტია უნდა გადახარისხდეს და დაწუნებული კაფსულ-დეტონატორები მოისპოს.

კაფსულ-დეტონატორების მოქმედების შესამოწმებლად იღებენ გასინჯული დეტონატორების 10%-ს და მათგან ამზადებენ ამნთებ მილაკებს. ყოველი მილაკით აფეთქებენ თითო ვაზნას, რომლის დიამეტრი 30—32 მილიმეტრია. ვაზნა ისეთი ფეთქებადი ნივთიერებისა უნდა იყოს, რომელსაც ყველაზე ნაკლები მგრძობიარობა გააჩნია მოცემულ წარმოებაში გამოყენებულ ნივთიერებათა შორის. გამზადებული დამრტყმელი ვაზნები თავსდება მყარ გრუნტზე, ერთმანეთისაგან არანაკლებ ერთი მეტრის მანძილზე, და ფეთქდება. თუნდაც ერთი მტყუნების ან არასრული აფეთქების შემთხვევაში ცდას იმეორებენ დამრტყმელი ვაზნების გაორკეცებული რაოდენობით. თუ კვლავ ექნა ადგილი თუნდაც ერთ მტყუნებას ან არასრულ აფეთქებას, ან თუ მათი რიცხვი პირველი ცდის დროს ერთზე მეტი იყო, პარტიას იწუნებენ.

ელექტროდეტონატორების გარეგანი გასინჯვის დროს, კაფსულ-დეტონატორებისათვის აღნიშნულ დეფექტებს გარდა, ყურადღება უნდა მიექცეს გამტარების კარგ ჩამაგრებას და დამამაგრებელი მასტიკის მთლი-

ანობას. თუ აღმოჩნდა ისეთი დეტონატორები, რომელთა გამტარები მასრაში შეყვანის ადგილზე მორყეულია, ან მასტიკას ბზარები გააჩნია, საჭიროა პარტიის გადახარისხება და დეფექტიანი ელექტროდეტონატორების მოსპობა.

ელექტროდეტონატორების ჯგუფური აფეთქების შესამოწმებლად ადგენენ მიმდევრობით შეერთებულ სქემას 20 დეტონატორიდან. საჭიროდ ითვლება სამი ასეთი ჯგუფის აფეთქება 2 ამპერის ძალის მქონე დენით. ელექტროდეტონატორები თავსდება ან გრუნტში სადგისით გაკეთებულ ღრმულებში (ზაფხულობით), ან ლითონის კიკებში. აფეთქება უნდა იყოს სრული, რომელიმე დეტონატორის მტყუნების ან არასრული აფეთქების გარეშე. თუ გამოცდის დროს მივიღეთ ერთი მტყუნება ან არასრული აფეთქება, ცდებს იმეორებენ იმავე მოცულობით. თუ კვლავ მივიღეთ მტყუნება ან არასრული აფეთქება, პარტია დაწუნებული უნდა იქნეს (აფეთქების სისრულეზე მსჯელობენ გრუნტში შექმნილი ძაბრების ან კიკებში დარჩენილი ლითონის ნაჭრების მიხედვით).

ელექტროდეტონატორების ინიციატორული მოქმედების შესამოწმებლად ისევე იქცევიან, როგორც კაფსულ-დეტონატორების შემთხვევაში.

ცეცხლგამტარი ზონრის გარეგანი დათვალიერებისას უნდა დავრწმუნდეთ რომ ზონარს არ გააჩნია გადანატეხები, შესქელებები და შეთხელებები, შემონაქსოვის დაბზარვა, დასველების ნიშნები და სხვა ხილული დეფექტები. ასეთი დეფექტების მქონე ხვეულებს წუნი ედება, ხოლო თუ დეფექტიანი მუხტების რიცხვი 1%-ზე მეტია, მაშინ მთელი პარტია უნდა იქნეს დაწუნებული.

გარეგანი დათვალიერებისას საჭიროა გამოცდისათვის გადაირჩეს ცეცხლგამტარი ზონრის ხვეულები. ამ მიზნით სხვადასხვა ყუთებიდან იღებენ ხვეულების 2%-ს.

გადარჩეული ხვეულების ბოლოებიდან ჰრიან 2-სანტიმეტრიან ნაჭრებს და სპობენ. შემდეგ ყოველი ხვეულიდან ჰრიან 60-სანტიმეტრიან ნაჭრებს და ცეცხლს უკიდებენ. ყოველი ნაჭრის წვის ხანგრძლივობა აღინიშნება სეკუნდასაზომით.

ბუხტებში დარჩენილ ზონრებს შლიან ღია მოედანზე და ცეცხლს უკიდებენ. მათი წვის ხანგრძლივობა აგრეთვე იზომება სეკუნდასაზომით. ამავე დროს აღინიშნება ალის ჩაქრობა, მისი გახტომა შემონაქსოვის გარეთ, შემონაქსოვის აპრიალება და ზონრის წვის სხვა არანორმალურობანი.

ზონარი, რომელიც გამოცდის დროს ერთზე მეტად ჩაქრება, ან აჩვენებს 60 სმ ნაჭრის წვის დროს 60 სეკუნდზე ნაკლებს ან 69 სეკუნდზე მეტს, დაწუნებული უნდა იქნეს. თუ ადგილი ექნა ჩაქრობის ან წვის დასაშვები სიჩქარიდან გადახვევის მხოლოდ ერთ შემთხვევას, მა-

შინ საჭიროა ხელახალი გამოცდის ჩატარება ნიმუშების გაორკეცებულ-  
ლი რაოდენობით. თუ განმეორებით გამოცდისას მივიღეთ ზემოაღნიშ-  
ნული დეფექტების თუნდაც ერთი გამოვლინება, ზონარი უვარგისად  
უნდა იქნეს მიჩნეული.

წყალმედვეი ცეცხლგამტარი ზონრის გამოცდაც ზემოაღნიშნული  
მეთოდისათვის წარმოებს, მხოლოდ ასეთი სახის ზონარს წინასწარ წყალ-  
ში ათავსებენ 1 მეტრის სიღრმეზე, 1 საათის განმავლობაში. ზონრის  
ბოლოებს წყალში ჩადების წინ ფარავენ წყალშეუღწევი მასტიკით.  
თუ ზონარი დასველების შემდეგ თუნდაც ერთ ჩაქრობას მოგვეცემს, მა-  
შინ მისი გამოყენება დაიშვება მხოლოდ მშრალ სამუშაოებზე.

სადეტონაციო ზონრის გარეგანი შემოწმებისას ყურადღება ექცევა  
ისეთივე დეფექტებს, რომლებიც ცეცხლგამტარი ზონრისათვის იყო  
აღნიშნული. რომელიმე დეფექტის აღმოჩენის შემთხვევაში ხვეული და-  
წუნებული უნდა იქნეს. თუ დეფექტის მქონე ხვეულების რიცხვმა მა-  
თი საერთო რაოდენობის 10%-ს გადააჭარბა, მაშინ მთელი მიღებული  
პარტია უნდა იქნეს დაწუნებული. გარეგანი დათვალიერებისას არჩევენ  
ოთხ ხვეულს სხვა გამოცდების ჩასატარებლად.

აფეთქების საიმედოობაზე გამოსაცდელად არჩეული ხვეულებიდან  
იღებენ სამ ხვეულს. ყოველი მათგანიდან კრიან თითო მეტრის სიგრძის  
წქონე ხუთ ნაჭერს. ხვეულას დანარჩენი 45 მეტრი გამოიყენება მაგის-  
ტრალურ ხაზად, რომელსაც უერთდება მეტრიანი ნაჭრები. სამი ხვეუ-  
ლას შეერთებით მიიღება ერთი მთლიანი ხაზი. ზონრების შეერთება  
ისეთი სახით უნდა შესრულდეს, რომელიც მოცემულ წარშობებაში  
გამოიყენება. თუ აფეთქებისას მაგისტრალზე ერთზე მეტი მტყუნება  
მივიღეთ, ან თუნდაც ერთ მტყუნებას ექნება ადგილი ორი და მეტი ტი-  
პის შეერთებისას, სადეტონაციო ზონარი დაწუნებული უნდა იქნეს.

თუ მოცემულ წარშობებაში სადეტონაციო ზონარს იყენებენ ნოტიო  
და სველ სამუშაოებზე, მაშინ გამოცდა აფეთქების საიმედოობაზე უნ-  
და მოხდეს ხვეულების წყალში დასველების შემდეგ. დასველებისას ხვე-  
ულას ათავსებენ წყალში 1 მეტრის სიღრმეზე. წინასწარ მისი ბოლოები  
აუვარება წყალმედვეი მასტიკით. ნოტიო სამუშაოებზე გამოყენების  
შემთხვევაში წყალში დასველება წარმოებს 1 საათის განმავლობაში,  
ხოლო სველი სამუშაოების დროს დასველების ხანგრძლივობა 4 საათს  
უდრის.

როდესაც სადეტონაციო ზონრის მოხმარება საჭირო ხდება მაღა-  
ლი ტემპერატურის პირობებში (60°-მდე), მისი გამოცდა აფეთქების  
საიმედოობაზე და წყალმედვეობაზე წარმოებს გამოსაცდელი ნიმუშე-  
ბის წინასწარი გახურებით თერმოსტატში ან ბუნებრივ პირობებში, რო-  
მელიც სათანადო მაღალი ტემპერატურით ხასიათდება (მაგრამ არა  
უმეტეს 60°-ისა). გახურებას აწარმოებენ 4 საათის განმავლობაში. თუ

ზონარი ვერ გაუძლებს ასეთ გამოცდას, მაშინ საჭიროა მისი დაცვა მაღალი ტემპერატურის გავლენისაგან. თუ ამის შესაძლებლობა არ არის, სადეტონაციო ზონარის გამოყენება მოცემულ პირობებში დაუშვებელია.

დაბალ ტემპერატურაზე სადეტონაციო ზონარის გამოყენების საჭიროების დროს (მაგრამ არანაკლებ  $-15^{\circ}$ -ზე) მისი გამოცდის ჩატარება უნდა მოხდეს 2 საათის განმავლობაში სათანადო ტემპერატურაზე ყოფნის შემდეგ.

ფეთქებადი მასალები, რომლებიც შემოწმების შედეგად გამოუსადეგარი აღმოჩნდა, უნდა მოისპოს. მოსპობა შეიძლება მოხდეს აფეთქებით, დაწვით, წყალში ჩაძირვითა და წყალში გახსნით.

აფეთქებით ან დაწვით მოსპობის შემთხვევაში საჭიროა მომზადდეს მოედანი, რომლის გარშემო, ცეცხლის გავრცელების თავიდან აცილების მიზნით, უნდა შეიქმნეს საწვავი მასალებისაგან თავისუფალი ზონა.

აფეთქებით ნებადართულია მოისპოს დეტონატორები, სადეტონაციო ზონარი და აგრეთვე ფეთქებადი ნივთიერებანი, თუ დარწმუნებული ვართ მათი აფეთქების სისრულეში.

ერთდროულად მოსასპობი ფეთქებადი მასალების რაოდენობა უნდა დადგინდეს ყოველი ცალკე შემთხვევისათვის. თუ მოსპობა ნაწილ-ნაწილ ხდება, მაშინ ფეთქებადი მასალები მოთავსებული უნდა იქნეს მოფარებულ ადგილზე, მოსპობის ადგილიდან, მოშორებით, რომ არ მოხდეს დეტონაციის გადაცემა მანძილზე.

აფეთქებით მოსპობა წარმოებს ელექტრული ან, უკიდურეს შემთხვევაში, ცეცხლოვანი წესით. ამ დროს გამოყენებული უნდა იქნეს დამრტყმელი ვაზნა, რომელიც კარგი ხარისხის ფეთქებადი ნივთიერებიდან უნდა იქნეს დამზადებული.

თუ მოსასპობ ფეთქებად ნივთიერებას დაქვეითებული სადეტონაციო თვისებები აქვს, მას ათავსებენ ორმოში, რომელიც ზევიდან ფარებით არის გადახურული. დამრტყმელი ვაზნა თავსდება ზემოდან, უშუალოდ მოსასპობ ნივთიერებაზე.

დაწვით მოსპობა დაიშვება მხოლოდ ისეთი ფეთქებადი მასალებისა, რომელთა აფეთქებაც შეუძლებელია. დეტონატორების დაწვით მოსპობა აკრძალულია.

დაწვის წინ ფეთქებად ნივთიერებას ყრიან 30 სანტიმეტრის სივანის ზოლად, რომლის სისქე 10 სანტიმეტრს არ უნდა აღემატებოდეს. ერთდროულად შეიძლება სამი ასეთი ზოლის დაწვა. ზოლებს შორის მანძილი 5 მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს. დინამიტებს წვავენ კოცონზე, ერთდროულად არა უმეტეს ხუთი კილოგრამის რაოდენობით. აკრძალულია ფეთქებადი მასალების დაწვა ტარაში. ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ დასაწვავ ვაზნებში არ იყოს ჩარჩენილი დეტონატორები.



კოცონის ანთება ხდება ცეცხლგამტარი ზონრის ან ადვილად ააღე-  
ზადი მასალის საშუალებით (ბურბუშელა, ფიჩხი, ქაღალდი), რომლის  
ზოლის სიგრძე ხუთ მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს. კოცონი იმდენად  
დიდი კეთდება, რომ აღარ საჭიროებს შემდეგში საწვავი მასალის და-  
მატებას.

ფეთქებადი მასალის მოსპობა დაწვით დაიშვება მხოლოდ მშრალ  
ამინდში.

ფეთქებადი მასალის მოსპობა წყალში ჩაძირვით დაშვებულია  
მხოლოდ ღია ზღვაში.

ფეთქებადი მასალების მოსპობა წყალში გახსნით მისაღებია მხოლოდ ამო-  
ნიუმისგვარჯილიანი ფეთქებადი ნიეთიერებებისა და შავი ღვთისათვის.  
გახსნა წარმოებს კასრებში ან სხვა კუბურებში. გაუხსნელი ნარჩენი უნ-  
და შეგროვდეს და მოისპოს დაწვის საშუალებით.

ფეთქებადი ნიეთიერების მოსპობისას განსაკუთრებული ყურადღე-  
ბა უნდა მიექცეს მომუშავე პერსონალის უსაფრთხოებას. ამფეთქებე-  
ლი, რომელიც ასეთ სამუშაოს ასრულებს, დროულად უნდა მოსცილ-  
დეს მოსპობისათვის განკუთვნილ მოედანს და შეეფაროს უსაფრთხო  
ადგილზე. ფეთქებადი მასალების მოსპობის წინ საჭიროა ხალხის გაყვანა  
მოსპობის ადგილიდან უსაფრთხო მანძილზე. ფეთქებადი მასალების  
დაწვის ადგილზე ხალხის დაბრუნება დაიშვება მხოლოდ მას შემდეგ,  
როცა დავრწმუნდებით წვის პროცესის სრულ დამთავრებაში.

#### § 44. უსაფრთხო მანძილები

ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოებისათვის შემუშავებული  
უსაფრთხოების ერთიანი წესები ითვალისწინებენ შენობათა და ნაგებო-  
ბათა დაცვას მუხტის მოქმედების შედეგად წარმოქმნილი სეისმური  
ტალღის გავლენისაგან. ამავე წესებით ისაზღვრება ფეთქებადი მასალე-  
ბის ცალკეული საცავების ისეთი დაცილება ერთმანეთისაგან, რომელიც  
გამორიცხავს დეტონაციის გადაცემას მანძილზე. ადამიანთა უსაფრთხო-  
ების დაცვის უზრუნველსაყოფად „წესები“ საზღვრავს ჰაერის დარ-  
ტყმითი ტალღისა და აფეთქებული ქანის ნამტვრევების საზიანო მოქ-  
მედების მანძილებს.

აფეთქების შედეგად გრუნტის რყევის (სეისმური ტალღის) მოქმე-  
დების უსაფრთხო მანძილი, რომელზეც გამორიცხულია შენობათა და  
ნაგებობათა დაზიანება, განისაზღვრება ფორმულით

$$r_0 = K_n \cdot a \sqrt{q},$$

სადაც  $r_0$  არის მანძილი აფეთქების ადგილიდან, რომელზეც წყდება სე-  
ისმური ტალღის მავნე გავლენა, მ;

$q$  — მუხტის წონა, კგ;

$\alpha$  — კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია აფეთქების მოქმედების მაჩვენებელზე ( $n$ ), მისი მნიშვნელობები მოცემულია 32-ე ცხრილში;

$K_s$  — კოეფიციენტი, დამოკიდებული ნაგებობის ფუძეში მდებარე ქანის თვისებებზე (იხ. ცხრილი 33).

ცხრილი 32

აფეთქების მაჩვენებელი	$\alpha$	შენიშვნა
კომპლექტი და $n < 0,5$	1,2	მიწის ზედაპირზე აფეთქებისას სეისმური მოქმედება მსხველწილობაში არ მიიღება.
$n = 1$	1.0	
$n = 2$	0.8	
$n \geq 3$	0.7	

განაწილებული მუხტის აფეთქების დროს, თუ მანძილებს შორის განსხვავება ნაგებობიდან მუხტის ცალკეულ ნაწილებამდე 10%-ს არ აღემატება, მუხტის წონად მოცემულ ფორმულაში აიღება აფეთქებადი ნივთიერების მთელი რაოდენობა. უფრო მეტი განსხვავების შემთხვევაში  $q$ -ს ნაცვლად ფორმულაში შეაქვთ  $q_0$ , რომელიც თავის მხრივ განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებიდან

$$q_0 = q_1 \left( \frac{r_0}{r_1} \right)^3 + q_2 \left( \frac{r_0}{r_2} \right)^3 + \dots + q_n \left( \frac{r_0}{r_n} \right)^3$$

ეკვივალენტური მანძილი  $r_0$  გამოიყვანება ფორმულიდან

$$r_0 = \frac{\sqrt[3]{q_1 \cdot r_1} + \sqrt[3]{q_2 \cdot r_2} + \dots + \sqrt[3]{q_n \cdot r_n}}{\sqrt[3]{q_1} + \sqrt[3]{q_2} + \dots + \sqrt[3]{q_n}}$$

თუ სეისმური ტალღის გავლენისაგან საჭიროა სხვადასხვა ნაგებობის დაცვა, მაშინ  $r_0$  და  $q_0$  მნიშვნელობები ცალ-ცალკე უნდა იქნეს განსაზღვრული ყოველი ნაგებობისათვის.

ცხრილი 33

ნაგებობის ფუძეში მდებარე ქანი	$K_s$	შენიშვნა
მკვრივი კლდოვანი ქანები	3,0	წყალში ან წყალნაჯერ ქანებში მუხტს მოთავსებისას კოეფიციენტის მნიშვნელობა უნდა გაზარდოს 1,5 — 2,0-ჯერ
დაშლილი კლდოვანი ქანები	5,0	
კენჭნარიანი და ლორღიანი გრუნტი	7,0	
ქვიშოვანი გრუნტები	8,0	
თიხოვანი გრუნტები	9,0	
ნაყარი და ნიადაგის გრუნტები	15,0	
წყალნაჯერი გრუნტები	20,0	

როდესაც ცალკეულ მუხტებს შორის განსხვავება 15%-ს აღემატება, მაშინ უსაფრთხო მანძილი გაიანგარიშება უდიდესი ცალკეული მუხტის მიხედვით.

ზემომოყვანილი წესით უსაფრთხო მანძილის დადგენა უნიკალური შენობების (კოშკები, სასახლეები, მალლივი შენობები) ან რთული ტექნიკური ნაგებობების დაცვის საჭიროების შემთხვევაში დაუშვებელია. უსაფრთხო მანძილები ასეთი ნაგებობებისათვის უნდა დადგინდეს საპეციალისტების მიერ.

ერთი მუხტიდან მეორეზე (ფეთქებადი ნივთიერების ერთი საცავიდან მეორეზე) დეტონაციის გადაცემის უსაფრთხო მანძილი განისაზღვრება ფორმულით

$$r_{\Sigma} = \sqrt{q_1 \cdot K_{\Sigma 1}^2 + q_2 \cdot K_{\Sigma 2}^2 + \dots + q_n \cdot K_{\Sigma n}^2}$$

სადაც  $r_{\Sigma}$  არის დეტონაციის გადაცემის უსაფრთხო მანძილი, მ;

$q_1, q_2, q_n$  — სხვადასხვა ფეთქებადი ნივთიერებების წონები;

$K_{\Sigma 1}, K_{\Sigma 2}, K_{\Sigma n}$  — კოეფიციენტებია, რომელთა მნიშვნელობანი დამოკიდებულია ფეთქებადი ნივთიერების გვირობაზე (აქტიური და პასიური მუხტში) და აფეთქების პირობებზე. მათი სიდიდეები მოცემულია 34-ე ცხრილში.

ცხრილი 34

აქტიური მუხტი		პასიური მუხტი			
ფეთქებადი ნივთიერება	მუხტის მდებარეობა	ამონიტები		დინამიტები	
		ლია	ჩალრმავე-ბული	ლია	ჩალრმავე-ბული
ამონიტები	ლია	0,25	0,15	0,35	0,25
	ჩალრმავებული	0,15	0,10	0,25	0,15
დინამიტები	ლია	0,50	0,30	0,70	0,50
	ჩალრმავებული	0,30	0,20	0,50	0,30

შენიშვნა: სხვა ფეთქებადი ნივთიერებების შენახვის დროს გამოყენებული უნდა იქნეს გადაწყვენი კოეფიციენტები მოცემული ნივთიერების მუშაობის უნარის შესაბამისად.

ლია მუხტის პირობებს შეესაბამება ფეთქებადი ნივთიერების შენახვა ლია მოედნებზე განლაგებულ მსუბუქ ნაგებობებსა და შტაბელეებში. ჩალრმავებულ მუხტად მიიღება ფეთქებადი ნივთიერება, რომელიც ინახება შემოზვინულ საწყობებში.

როდესაც ორ მეზობელ საწყობში სხვადასხვა ფეთქებადი ნივთიერება ინახება, მაშინ უსაფრთხო მანძილი დამოკიდებული იქნება იმაზე,

თუ რომელი მათგანია აქტიური და რომელი პასიური მუხტი. ამიტომ საჭიროა მანძილი განისაზღვროს ორივე პირობისათვის და მიღებული იქნეს უდიდესი მათგანი.

თუ ერთ-ერთ ზედაპირულ (შემოუზვინავ) საწყობში დეტონატორები ინახება, ხოლო მეორეში ფეთქებადი ნივთიერება, აქტიურ მუხტად მუდამ დეტონატორებს თვლიან და უსაფრთხო მანძილს გაიანგარიშებენ ფორმულით

$$r_{\text{e}} = 0,06\sqrt{n_{\text{e}}},$$

სადაც  $n_{\text{e}}$  არის დეტონატორების რიცხვი.

თუ ორივე ზედაპირულ საწყობში დეტონატორები ინახება, მაშინ უსაფრთხო მანძილია

$$r_{\text{e}} = 0,1\sqrt{n_{\text{e}}}.$$

სადეტონაციო ზონის შენახვისას მისი ერთი მეტრი 5 დეტონატორის ეკვივალენტურად მიიღება.

ერთ-ერთი საწყობის შემოზვინვის შემთხვევაში უსაფრთხო მანძილი მცირდება 1,5-ჯერ, ხოლო თუ ორივე საწყობია შემოზვინული—2-ჯერ.

ჰაერის ტალღის მოქმედების უსაფრთხო მანძილი გამოითვლება ფორმულით

$$r_{\text{a}} = k_{\text{a}} \cdot \sqrt{q},$$

სადაც  $r_{\text{a}}$  არის მანძილი, რომელზეც ჰაერის ტალღას არ შეუძლია გამოიწვიოს გარკვეული ინტენსიურობის დაზიანება, მ;

$q$  — მუხტის წონა, კგ;

$k_{\text{a}}$  — პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია მუხტის განლაგების პირობებსა და დაზიანების ხასიათზე (მინების ჩამტვრევა, კარებისა და ტიხრების დაზიანება ან დანგრევა, რკინიგზის შედგენილობის გადაყირავება, კაპიტალური კედლების დანგრევა და სხვ.). მისი მნიშვნელობები მოცემულია „ერთიან წესებში“.

ჰაერის ტალღის ადამიანზე მოქმედების უსაფრთხო მანძილი გაიანგარიშება ფორმულით

$$r_{\text{a}} = 5\sqrt{q}$$

აფეთქებისას გატყორცნილი ქანის ნატეხების დამაზიანებელი მოქმედება ადამიანზე 200-400 მეტრის ფარგლებში იჩენს თავს. უსაფრთხო მანძილის სიდიდე მასიური აფეთქების შემთხვევაში განსაზღვრული უნდა იყოს პროექტით.

## § 45. ახაფეთქებელი ხაფუშაოეზი აიკიხა და მტვრის მხრივ ხაფიუ მალაროეზი

მიწისქევესა სამუშაოების წარმოებისას ხშირად ადგილი აქვს რაიმე საწვავი აირის გამოყოფას ქანებიდან ან საწვავი მტვრის წარმოქმნას, რომლებიც ჰაერის უნგბადთან შერევისას ჰქმნიან ფეთქებად ან ადვილად აალებად გარემოს. ასეთ მალაროეზში ასაფეთქებელი სამუშაოების უსაფრთხო წარმოების უზარუნველსაყოფად საქირაო ზოგიერთი დამატებითი მოთხოვნის დაცვა, რომელიც გათვალისწინებულია „ერთიანი წესებით“.

აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ მალაროეზში ფეთქებადი სამუშაოების ჩატარება დაიშვება მხოლოდ ისეთ სანგრევეებში, რომლებიც განუწყვეტილვ ნიადება ჰაერის სუფთა ნაკადით. გამოყენებული უნდა იქნეს მცველი ფეთქებადი ნიეთიერებანი მხოლოდ ქარხნული დამზადების ვაზნების სახით. ნებადართულია მხოლოდ ელექტროაფეთქება. ამ დროს ხმარობენ ისეთ მანქანებს, რომლებსაც ფეთქებაუსაფრთხო კონსტრუქცია გააჩნიათ. აფეთქების წინ აუცილებლად უნდა შემოწმდეს მეთანის შემცველობა მალაროს ატმოსფეროში, როგორც სანგრევეში, ისე მეზობელ გვირაბებში 20 მეტრის მანძილზე. თუ მეთანის შემცველობა 1%-ზე მეტი აღმოჩნდა, მაშინ შპურების დამუხტვა და აფეთქება იკრძალება.

აფეთქებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მყისი მოქმედებისა და მცირე დაყოვნების მქონე ელექტროდეტონატორები 25, 50, 75 და 100 მ/წმ ინტერვალით. ჩვეულებრივი დაყოვნების მქონე ელექტროდეტონატორების ხმარება აკრძალულია.

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

შპურების აფეთქება ნახშირის სანგრევეებში დაიშვება მხოლოდ ერთჯერად. შერეულ სანგრევეებში აფეთქება შეიძლება მოხდეს ორჯერად, ცალკე ნახშირის და ცალკე ფუქი ქანის სანგრევეში, მხოლოდ იმ პირობით, რომ სანგრევეთან არ უნდა იყოს დარჩენილი მონგრეული ნახშირი. ფუქი ქანის სანგრევეში აფეთქებათა რიცხვი შეზღუდული არ არის.

ნახშირის სანგრევეში აფეთქებათა რიცხვის შეზღუდვა (ჩვეულებრივი დაყოვნებითი ელექტროდეტონატორების გამოყენება) იმით არის გამოწვეული, რომ შპურების პირველი ჯგუფის აფეთქებამ შეიძლება გამოიწვიოს მეთანის უხვი გამოყოფა ნახშირის ფენიდან. ამის გამო, მომდევნო შპურების აფეთქება მოხდება ფეთქებასაფრთხიან ატმოსფეროში, რაც ყოველად დაუშვებელია. ამასთანავე, ისიც არის მოსალოდნელი, რომ წინა შპურების აფეთქების შედეგად მოხდეს სხვა რომელი-

მე შპურის ნაწილობრივ მონგრევა და მუხტის გაშიშვლება. ღია მუხტის ნაქმედება კი მეთანის აფეთქების მიზეზი გახდება.

თუ საჭიროა გამყვალავი და მომნგრევი შპურების ცალ-ცალკე აფეთქება, მაშინ მეორე რიგის შპურების დამუხტვა უნდა მოხდეს მხოლოდ პირველი რიგის შპურების აფეთქებისა და სანგრევის ინტენსიური განიავების შემდეგ.

ასეთ მალაროებში ელექტროაფეთქება ხდება კონდენსატორული წვეთებაუსაფრთხო მანქანებით. ინლუქცაური მანქანებისა და განათების ქსელის ცვლადი დენის გამოყენება აკრძალულია.

შპურების სიღრმე და დაცობის სიგრძე ისაზღვრება შემდეგი წესებით:

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

2. ნახშირში შპურების აფეთქებისას დაცობის სიგრძე არ უნდა შეადგენდეს შპურის სიგრძის ნახევარზე ნაკლებს. თუ აფეთქება ხდება წინასწარი გაყვლით, დაცობის სიგრძე ყველა შემთხვევაში 0,5 მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

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

4. სანგრევეში რამდენიმე გაშიშვლებული სიბრტყის არსებობის შემთხვევაში უმცირესი წინალობის ხაზი მუხტის ნებისმიერი წერტილისათვის არ უნდა იყოს 0,5 მეტრზე ნაკლები.

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

ნახშირის ან შერეულ სანგრევეებში აფეთქების წინ ახდენენ გვირაბში დამჯდარი ნახშირის მტერის მორწყვას ან მოფიქალებას (ინერტული მტერის მოყრას). ამ ღონისძიებათა ჩატარება საჭიროა როგორც უშუალოდ სანგრევეთან, ისე მეზობელ გვირაბებში, სანგრევიდან 20 მეტრის მანძილზე. სანგრევის ორჯერადი აფეთქებისას საჭიროა მომდევნო შპურების აფეთქების წინ ხელახლა მოხდეს მორწყვა ან მოფიქალება.

ისეთ მალაროებში, სადაც მეთანის ან ნახშირის უეცარი გამოტყორ-

ცნა მოსალოდნელი, 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 შემდგომ მონგრევას. ასეთი სახის აფეთქება კი არ ანგრევს, არამედ მხოლოდ არყევს ქანებს და მეთანს მალაროვ ატმოსფეროში თავისუფალი გამოსვლის შესაძლებლობას აძლევს. ამ შემთხვევაში გამოიყენება მცველი ფეთქებადი ნივთიერებანი, რომლებიც რყევითი აფეთქებისათვის არის დაშვებული.

რყევით აფეთქების წინ მომუშავენი გაყვანილი უნდა იყვნენ უსაფრთხო ადგილზე სანგრევიდან არანაკლებ 1000 მეტრის დაშორებით, ჰაერის სუფთა ნაქადის მიმართულებით. თუ ამ მანძილის დაცვა შეუძლებელია, მაშინ საჭიროა ხალხის ამოყვანა შახტიდან.

აფეთქება უნდა მოხდეს არანაკლებ 200 მეტრის მანძილიდან. აფეთქებელი უნდა იმყოფებოდეს ჰაერის სუფთა ნაქადზე, საიმედო თავშესაფარში.

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

რყევითი აფეთქების შემდეგ, არა უადრეს 30 წუთისა, ტექნიკური ზედამხედველობის პირები ათვალეირებენ სანგრევს. ამ დროს, სანგრევის მიმართულებით წასვლისას, გზადაგზა წარმოებს მალაროს ატმოსფეროში მეთანის შემცველობის გაზომვა. თუ იგი 2%-ზე მეტი აღმოჩნდა, შემმოწმებელი პირები დაუყოვნებლივ უნდა დაბრუნდნენ უკან და მიიღონ ზომები ვენტილაციის გასაძლიერებლად.

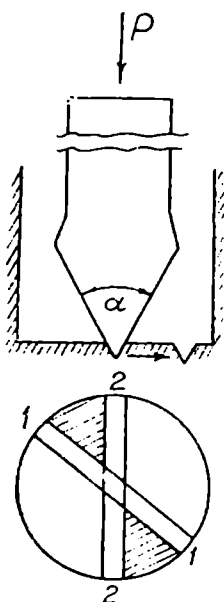
აირისა და მტკრის მხრივ საშიშ მალაროებში ასაფეთქებელ სამუშაოებს აწარმოებენ მხოლოდ მაღალი კვალიფიკაციის ამფეთქებლები. მესამე და ზეკატეგორიის შახტებში ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოება შეიძლება მხოლოდ ტრესტის მთავარი ინჟინრის ნებართვით. რყევითი აფეთქების ჩატარებას აუცილებლად უნდა ესწრებოდეს ტექნიკური ზედამხედველობის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

კალიუმის მალაროებში (კარნალიტისა და სოლვინიტის ფენებში) ადგილი აქვს წყალბადისა და მეთანის გამოყოფას; გოგირდის მალაროებში ვხვდებით ფეთქებადი გოგირდის მტვერს, ხოლო სპილენძის მალაროებში აფეთქების საფრთხეს ჰქმნის სულფიდის მტვერი; ნავთობისა და ოზოკერიტის შახტებში გამოიყოფა საწამლავე და ფეთქებადი აირები და ორთქლები. ფეთქებადი სამუშაოების უსაფრთხო წარმოება ასეთ მალაროებში მოითხოვს განსაკუთრებული პირობების დაცვას, რომელიც გათვალისწინებულია „ერთიან წესებში“.

**შპურების ბურღვა**

**§ 46. ღარტყმითი ბურღვის თეორია**

ღარტყმითი ბურღვისათვის იყენებენ ფოლადის ბურღს, რომელსაც სატეხისებრი ფორმის თავი (გვირგვინი) აქვს. ბურღის მეორე ბოლო სწორად არის გადაკრილი. მასზე ღარტყმის შედეგად ბურღის თავი იჭრება ქანში გარკვეულ სიღრმეზე და ქმნის ღრმულს 1—1. პირველი ღარტყმის შემდეგ ბურღი ამოიწვევა ღრმულიდან და შებრუნდება მცირე კუთხით, რასაც ხელახალი ღარტყმა მოჰყვება. ეს იწვევს მეორე ღრმულის 2—2 გაჩენას და ამასთანავე ორ მეზობელ ღრმულს შორის მოთა-



კვებული ქანის სექტორების ახლეჩას (ნახ. 115). მუშაობის ამგვარი წესით გაგრძელება იწვევს ქანის დანგრევას შპურის მთელ კვეთზე. ამ დროს წარმოქმნილი ქანის ნაფხვენი (ბურღვის ფქვილი) ამოიწმინდება შპურიდან შეკუმშული ჰაერის ან დაწნეული წყლის შემწეობით (ხელბურღვის დროს ბურღვის ფქვილის ამოწმენდა ხდება დროდადრო, საწმენდი კოვზის საშუალებით).

მიუხედავად იმისა, რომ ღარტყმით ბურღვას დიდი ხანია იყენებენ, ღრმდე ჯერ კიდევ არ არის შემუშავებული ღარტყმითი ბურღვის საყოველთაოდ აღიარებული თეორია.

ინჟ. დალეჟალეკის მიერ 1869 წელს წამოყენებულ იქნა ღარტყმითი ბურღვის თეორია, რომელიც შემდეგში უფრო დეტალურად პროფ. უსპენსკიმ დაამუშავა (1908 წ.). იგი განიხილაედა ერთგვაროვან მკვრივ ქანში ბურღვის პირობებს. ამ თეორიაში ქანის დანგრევის ხასიათი ისეთივეაა მიჩნეული, როგორიც ზემოთ იყო აღწერილი (ნახ. 115).

ნახ. 115. ღარტყმითი ბურღვის პრინციპი

პროფ. უსპენსკის თეორიის თანახმად ქანში ბურღის შეჭრის სიღრმე განისაზღვრება ფორმულით

$$\tau = \frac{P}{2d \cdot \sigma} \frac{\cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \varphi}{\sin \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right)}$$



სადაც  $\tau$  არის ბურღის თავის ქანში შექრის სიღრმე ერთ დარტყმაზე, მმ  
 $P$  — ბურღის დარტყმის ძალა, კგ;  
 $d$  — ბურღის თავის სიგანე, მმ;  
 $\sigma$  — ქანის წინალობა კუმშვაზე, კგ/მმ<sup>2</sup>;  
 $\alpha$  — ბურღის პირის სიმკვეთრის კუთხე, გრად;  
 $\varphi$  — ბურღის წახნაგების ქანზე ხახუნის კუთხე, გრად.  
 თარაზული ძალა  $H$ , რომელიც ქანის სექტორების ახლეჩას იწვევს, ტოლია

$$H = \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right).$$

პროფ. უსპენსკის თეორიაში ბურღის პროცესი გამარტივებულად არის წარმოდგენილი. აქ მხედველობაში არ არის მიღებული თვით ქანის დანგრევის მექანიზმი და ბურღის დაბლაგვა, რაც ქანში მისი შექრის ხასიათს ცვლის. ამის გამო, ბურღის დარტყმის ძალა და ბურღის სიჩქარე მუდმივად არის მიჩნეული.

დარტყმითი ბურღის თეორია მნიშვნელოვნად განავითარეს ი. ოსტროუშკომ, ლ. შრეინერმა, ვ. ცარიცინმა და სხვებმა. პროფ. ოსტროუშკო განიხილავს ცილინდრული პუანსონის სხვა სხეულში (ქანში) შექრის პროცესს, რომელსაც დარტყმითი ბურღის დროს ქანის დანგრევის ანალოგიურად მიიჩნევს. იმისათვის, რომ სხეულის დანგრევა გამოვიწვიოთ, საჭიროა სათანადო ზედაპირებზე შეექმნათ ისეთი მხები ძაბვები, რომლებიც დაძლევენ მასალის წინალობას ძვრაზე. სხვადასხვა სხეულზე (პარაფინი, ლითონები, ქანები) ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენეს, რომ პუანსონის ქვეშ ყალიბდება კონუსური მოცულობა, რომელიც გამოეყოფა დანარჩენ მასას მსახველ ზედაპირზე ძვრის დეფორმაციის განვითარების შედეგად. ამ მოცულობას წნევის მთავარი მოცულობა ეწოდება (ნახ. 116,  $a$   $o$   $b$ ). მოცემულ შემთხვევაში ძვრის დეფორმაცია ვითარდება ყოველმხრივი კუმშვის პირობებში, რაც მხედველობაშია მისაღები.

თუ ხახუნის ძალებს გავითვალისწინებთ, გვექნება, რომ

$$P_y \cdot \sin \alpha_0 = \sigma_0 F_0 + P_y \cdot \cos \alpha_0 \cdot f_1,$$

საიდანაც

$$P_y = \frac{\sigma_0 F_0}{\sin \alpha_0 - \cos \alpha_0 \cdot f_1},$$

სადაც  $P_y$  არის პუანსონის წნევა;

$\alpha_0$  — წნევის მთავარი მოცულობის მსახველის დახრის კუთხე,

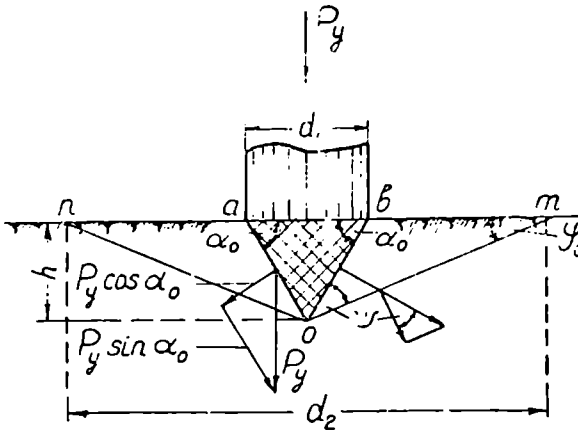
$F_0$  — წნევის მთავარი მოცულობის მსახველი ზედაპირი;

$\sigma^0$  — ძვრის დროებითი წინალობა ამ ზედაპირზე;

$f_1$  — შიგახახუნის კოეფიციენტი.

თუ წნევის მთავარი მოცულობის ჩამოყალიბებას დანგრევის პირველ დეფორმაციად ჩავთვლით, მაშინ მეორე დეფორმაციად უნდა მივიჩნიოთ ახლენის მოცულობათა გამოყოფა, რაც ხდება  $aob$  მოცულობის სოლური მოქმედების შედეგად (ნახ. 116,  $aon$  და  $obm$ ).

წნევის მთავარი მოცულობის ზედაპირზე მოქმედებს ხახუნის ძალები. გარე  $P_y$  ძალის დროს, თუ ხახუნს მხედველობაში მივიღებთ,



ნახ. 116. პროფ. ოსტროუბკოს სქემა

ინსტრუმენტის მოძრაობა ქვემოთ იწარმოებს  $P_1$  ძალის მოქმედებით, რომელიც ტოლია

$$P_1 = P_y \cdot \sin \alpha_0 (\sin \alpha_0 - \cos \alpha_0 f_2).$$

ახლენის  $mion$  მოცულობის წინაღობა ძვრაზე

$$P_2 = P_y \cdot \cos \alpha_0 \cdot \cos \psi \cdot f_3 + F_1 \sigma_0,$$

სადაც  $\psi$  არის კუთხე წნევის მთავარი მოცულობისა და ახლენის მოცულობის ზედაპირებს შორის;

$F_1$  — ახლენის მოცულობის მსახველი ზედაპირი;

$f_2$  — ქანსა და ინსტრუმენტს შორის ხახუნის კოეფიციენტი;

$f_3$  — შიგახახუნის კოეფიციენტი მსახველ ზედაპირებზე;

$P_2$  ძალის პროექცია  $P_y$  ძალის ვექტორზე შეადგენს

$$P_2 = (P_y \cdot \cos \alpha_0 \cdot \cos \psi \cdot f_3 + F_1 \sigma_0) \cdot \cos \psi \cdot \sin \alpha_0.$$

ახლენის მოცულობის დაძვრა მოხდება იმ შემთხვევაში, თუ დაცული იქნება პირობა

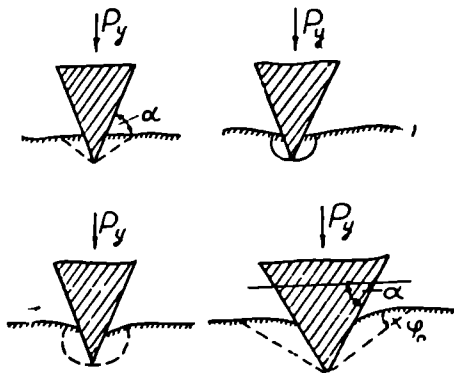
$$P_1 - P_2 = P_y \cdot \sin \alpha_0 (\sin \alpha_0 - \cos \alpha_0 f_2) - (P_y \cdot \cos \alpha_0 \cdot \cos \psi \cdot f_3 + \sigma_0 F_1) \cos \psi \cdot \sin \alpha_0 = 0.$$

აქდან გავივებით გარე ძალის მნიშვნელობას, რომელიც საჭიროა ახლენის მოცულობის დაძვრისათვის

$$P_y = \frac{F_1 \cdot \sigma_0 \cdot \cos \psi}{\sin \alpha_0 - \cos \alpha_0 f_3 - \cos \alpha_0 c \operatorname{ctg}^2 \psi \cdot f_3}$$

მომდევნო ციკლში ქანის დანგრევის პირობები უფრო არახელსაყრელი გახდება. ქანის დანგრევის კიდევ უფრო მეტი ძალა დასჭირდება. გარდა ამისა, მუშაობის დიდი რაოდენობა დაიხარჯება ქანის განმეორებით დამსხვრევასა და ხახუნის ძალების გადალახვაზე. საბოლოოდ, ზედაპირიდან შედარებით მცირე სიღრმეზე, მუშაობა ქანის დანგრევაზე შეიძლება სრულიად შეწყდეს.

პროფ. ოსტროუშკო აღნიშნავს, რომ გაქცულთი ქანის დანგრევის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს დანგრევა მკვეთრი ინსტრუმენტით. მაგრამ რაც უნდა მკვეთრად იყოს მოპირული ინსტრუმენტი, მუშაობის დროს (დრეკადი დეფორმაციების, ცვეთისა და სხვა მოვლენების გამო) მისი პირობები შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც მოედანი მომრგვალებული ნაპირებით.



ნახ. 117. ქანის დანგრევა მკრელი ინსტრუმენტით

ასეთი ინსტრუმენტის მკრელი პირის ქვეშ ჩამოყალიბდება წნევის მთავარი მოცულობები და მოხდება ახლენის მოცულობათა მოცილება (ნახ. 117).

ახლენის პირველი მოცულობის მოცილებისა ოა ინსტრუმენტის შეჭრის შემდეგ შესრულდება დანგრევის მეორე ციკლი. შემდეგ მესამე და ა.შ. მცირე მოცულობათა მოცილება მანამ გაგრძელდება, სანამ განთავისუფლებული სივრცის შემცირების გამო ინსტრუმენტის გვერდითი წახნაგები მჭიდროდ არ შეეხება დაუნგრეველ ქანს. ამის შემდეგ მოხდება ახლენის დიდი მოცულობის მოცილება. ამ უკანასკნელი დეფორმაციის დროს ინსტრუმენტის ქვედა ნაწილი, რომელიც გვერდითი წახნაგებით ქანს ეხება, შეასრულებს წნევის მთავარი მოცულობის როლს. ამას მოჰყვება მცირე მოცულობათა მოცილების ციკლთა რიგი, რის შემდეგ კვლავ მოცილდება დიდი მოცულობა და ა.შ.

ამგვარად, მკვეთრ ინსტრუმენტს, თეორიულად, შეუძლია ქანის

დანგრევა განუსაზღვრელ სიღრმემდე, რადგან თვითონვე, დიდ მოცულობათა მოცილებების გზით, იუმჯობესებს მუშაობის პირობებს. ჭარბად ამისა, ქანში შექრასთან ერთად აქტიურ მუშაობას იწყებს ინსტრუმენტის უფრო მტკიცე კვეთები, ხაერთოდ მკვეთრი ინსტრუმენტით ქანის დანგრევა რთული და მრავალციკლური პროცესია.

როგორც ცდებმა გვიჩვენებს,  $\alpha_0$  და  $\varphi_0$  კუთხეების სიდიდეები (ნახ. 116) დაპოკიდებული არ არის ინსტრუმენტის სიმკვეთრას კუთხეზე და განისაზღვრება მხოლოდ ქანის თვისებებით. ინსტრუმენტის სიმკვეთრეს და, მაშასადამე, მკრელი პირის წახნაგების დახრის  $\alpha$  კუთხეს, (ნახ. 117) დიდი გავლენა აქვს ქანის დანგრევის ეფექტზე. როდესაც  $\alpha < \alpha_0$ , ახლჩის პირველ და მომდევნო მოცულობათა მოცილებებისას ინსტრუმენტის ქანთან შეხების ზედაპირი თანდათან გაიზრდება. ინსტრუმენტის შექრას თან ახლდება დანგრეული ქანის ხელახალი ჩაქერა და მისი დამატებითი დამსხვრევა. ქანის დანგრევის მექანიზმი ამ დროს ისეთივე იქნება, როგორც ბრტყელფუძიანი პუნსონის შემთხვევაშია. მხოლოდ ხელახლა ჩაქერილი ქანის რაოდენობა აქ ნაკლები მიიღება. ეს კი ხელს უწყობს ქანის დანგრევაზე დახარჯული მუშაობის შემცირებას.

როდესაც  $\alpha = \alpha_0$ , ინსტრუმენტის მკვეთრი ნაწილი ახლჩის დიდი მოცულობების მოცილებისას მთლიანად ასრულებს წნევის მთავარი მოცულობის როლს.  $\alpha$  კუთხის შემდგომ მომატებას მოჰყვება შექრის სიღრმის გაზრდა დანგრევის ყოველი ციკლის განმავლობაში. ქანის მოტეხილი ნაწილების სიმსხო მოიმატებს, ხოლო ინსტრუმენტის წახნაგებზე ხახუნის ძალა შემცირდება.

უდიდესი ძალის გასაგებად, რომელიც სოლური ფორმის ინსტრუმენტის შექრის დასასრულში მოქმედებს, პროფ. ოსტროუშკოს სხვადასხვა გამარტივებათა შემდეგ გამოჰყავს ფორმულა

$$P \approx \frac{[0,785 d^2 + d(b-d) \cdot \sigma_0]}{\cos \alpha_0 (\sin \alpha_0 - \cos \alpha_0 f_3)},$$

სადაც  $d$  არის ინსტრუმენტის სიგანე თავისუფალი ზედაპირის დონეზე, ახლჩის მოცულობის მოცილების დროს (მთავარი მოცულობის ფუძის სიგანე);

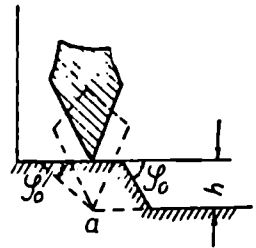
$b$  — ინსტრუმენტის მკრელი პირის სიგრძე.

ამოტეხილი ქანის მოცულობა შპურის ბურღვის პირობებში ტოლია სამწახნაგა პრიზმის მოცულობისა, რომლის ფუძეა  $b \times d$ , ხოლო  $h$  სიმაღლე.

$$V = \frac{d \cdot h}{2} \cdot b = \frac{h^2}{\operatorname{tg} \varphi_0} \cdot b.$$

როგორც აღნიშნული იყო, შპურების დარტყმითი ბურღვისას, ყოველი დარტყმის შემდეგ ინსტრუმენტი ტრიალდება იმ ვარაუდით, რომ შემდეგი დარტყმა ახალ ადგილზე მივიღოთ. იგულისხმება, რომ დარტყმათა იმ რაოდენობის შედეგად, რომელიც შესრულდება 180°-ზე შეტრიალებისას, ერთი მკრელიპირიანი ინსტრუმენტი მოაცილებს ქანის  $h$  სიღრმის ფენას შპურის ძირის მთელ ფართობზე. რადგან დარტყმის ძალა ბურღვისას არ იცვლება, სასურველია, რომ ყოველი დარტყმის ენერგია მთლიანად იქნეს გამოყენებული მარგ მუშაობაზე.

პირველი დარტყმის შემდეგ მივიღებთ სოლისებრ ამონატებს. შემდეგი დარტყმა ქანის დანგრევას უფრო ხელსაყრელ პირობებში მოახდენს, რადგან ამ შეთხვევაში გაეღენა ექნება მეორე გაშიშვლებულ სიბრტყეს. ამონატებებს შორის მდებარე ქანის სექტორული ელემენტები მთლიანად მოცილდება მასივს  $h$  სიღრმეზე, მაშინ როცა მოპირდაპირე მხარეს ქანის ამოტეხა შეიძლება მხოლოდ ახლეჩის მოცულობის ფარგლებში (ნახ. 118). იმისათვის, რომ დარტყმის ენერგია მთლიანად იქნეს გამოყენებული, სექტორების მიერ გაწეული წინალობა უნდა შეადგენდეს პირველი დარტყმისას ინსტრუმენტის მიერ გადალახული წინალობის ნახევარს (ე. ი. სექტორების ამოტეხის წინალობა ტოლი უნდა იყოს ახლეჩის მოცულობების ამოტეხის წინალობისა).



ნახ. 118. ქანის მონგრევის სიღრმე.

შპურის სანგრევის სრული დამუშავებისათვის სექტორების ახლეჩა უნდა მოხდეს  $a$  თარაზული ბაზის სიბრტყეზე. სექტორების ახლეჩის სრული ფართობი

$$S = 0,0044 b^2 a + 0,0175 b \cdot h \cdot a,$$

სადაც  $a$  არის ბურღის მობრუნების კუთხე;

$b$  — ბურღის მკრელი პირის სიგრძე, ანუ შპურის დიამეტრი. ამ ელემენტების ახლეჩის წინალობა

$$P_1 = 0,0044 b^3 a \cdot \sigma_0 + 0,0175 h a \sigma_0,$$

სადაც  $\sigma_0$  არის ქანის წინალობის ზღვარი ახლეჩაზე.

იმისათვის, რომ შევქმნათ  $P_1$  თარაზული ძალა, საჭიროა ბურღზე მოვდოთ  $P_2$  ვერტიკალური ძალა

$$P_2 = \frac{P_1}{\frac{\mu}{1 - \mu}}.$$

$\frac{\mu}{1-\mu}$  გამოსახულებას ეწოდება თარაზული განბრუნების კოეფიციენტი ( $\mu$  — პუანსონის კოეფიციენტი).

ბურღვის რაციონალური რეჟიმის მისაღებად საჭიროა, რომ

$$P_2 = \frac{P_1}{2}$$

პროფ. ოსტროუშკოს ამ ტოლობაში შეაქვს  $P_1$  და  $P_2$  ძალების მნიშვნელობები. საიდანაც დებულობს ბურღვის მობრუნების რაციონალურ კუთხეს იმ პირობებისათვის, როცა  $\alpha = \alpha_0$

$$\omega = \frac{2(1,57 h \cdot \cos \varphi_0 + b \cdot \sin \varphi_0) h}{(\cos \varphi_0 - \sin \varphi_0 f_2)(0,0044 b + 0,0175 h) b \cdot \sin^2 \varphi_0}$$

როგორც (11.3) ფორმულიდან ჩანს, სატეხისებრი ბურღის მობრუნების კუთხის სიდიდე დამოკიდებულია ქანის თვისებებზე, დარტყმის შედეგად ბურღის შექრის სიღრმეზე და შპურის დიამეტრზე (ინსტრუმენტის მჭრელი პირის სიგრძეზე). ქანის სიმაგრის და შპურის დიამეტრის გაზრდისას მობრუნების კუთხე უნდა შემცირდეს, ხოლო შექრის სიღრმის გაზრდისას — გადიდდეს. თუ შპურის დიამეტრის გაზრდისას პროპორციულად გავზრდით დარტყმის ენერგიას და შევამცირებთ მობრუნების კუთხეს, მაშინ ბურღვის სიჩქარე შესაძლოა მუდმივი დარჩეს ან გაიზარდოს კიდევ. ცვალებად პირობებში მუშაობისას ქანის დაშლის რაციონალური რეჟიმის შესანარჩუნებლად საჭიროა, რომ საბურღ მანქანას გააჩნდეს ბურღის დამოუკიდებელი შებრუნების მექანიზმი.

დარტყმათა რიცხვი, რომელიც საჭიროა შპურის სანგრევის მთელ ფართობზე ქანის  $h$  სიღრმის შრის მოსახსნელად, არის

$$K = \frac{360}{2R\omega} = \frac{180}{R \cdot \omega}$$

სადაც  $R$  მჭრელი პირების რიცხვია ბურღის გვირგვინში.

წუთში  $n$  დარტყმის შემთხვევაში ბურღვის მწარმოებლურობა

$$e = \frac{n}{k} \cdot h.$$

ერთი დარტყმის დროს შესრულებული მუშაობა

$$A = \frac{P_1}{k} \cdot h,$$

ხოლო თუ ბურღის გვირგვინის  $R$  მკრელი პირი აქვს, მაშინ

$$A = \frac{P_y}{2} h \cdot R.$$

ამ შემთხვევაში სიმძლავრის თეორიული ხარჯი საკუთრივ ბურღვაზე ტოლი უნდა იყოს

$$N_1 = \frac{P_y \cdot R \cdot h \cdot n}{2 \cdot 60 \cdot 75} = \frac{P_y \cdot R \cdot h \cdot n}{9000} \text{ ცხ. დ.}$$

სიმძლავრის პრაქტიკული ხარჯი თეორიულზე მეტი იქნება, ვინაიდან ბურღს უხდება მოძრაობის მიმართ სხვადასხვა მავნე წინაღობების გადალახვა და აგრეთვე დამატებითი მუშაობის შესრულება მონგრეული ქანის განმეორებითი დამსხვრევისათვის. აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინება შეიძლება სათანადო კოეფიციენტების შემოღების საშუალებით. მაშინ სიმძლავრის პრაქტიკული ხარჯი შპურის სანგრევეზე შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით

$$N_2 = \frac{P_y \cdot R \cdot h \cdot n}{9000 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3}$$

სადაც  $n_1$  არის ბურღის თავის დაბლაგვის კოეფიციენტი;

$n_2$  — ბურღის თავის ალესვისა და მისი კონსტრუქციის კოეფიციენტი;

$n_3$  — ბურღის მოძრაობისადმი მავნე წინაღობების კოეფიციენტი.

პროფ. ვ. ბუჩნევი, აღნიშნავს რა, რომ პროფ. ი. ოსტროუშკოს თეორია სხვებთან შედარებით უფრო საფუძვლიანად განიხილავს დარტყმითი ბურღვისას ქანის დანგრევის მექანიზმს, მაუთითებს აგრეთვე ამ თეორიის უარყოფით მხარეებზე: 1. მიუღებელია თეორიის ავტორის დებულება, რომ თითქოს მსხვრევადი სხეულების დანგრევა ისევე ხდებოდეს, როგორც პლასტიკური და დრეკადი სხეულებისა; 2. სწორი არაა იმის მტკიცება, რომ ბურღის მობრუნებისა და ახალი დარტყმის დროს ქანის სექტორების ახლეჩა წარმოებდეს თარაზული ძალების გავლენით; 3. დარტყმითი ბურღვისას მუშაობის მნიშვნელოვანი ნაწილი იხარჯება დანგრეული ქანის დამატებით დაქუცმაცებაზე, რაც გათვალისწინებულა კოეფიციენტით, რომლის მნიშვნელობა გაურკვეველია; 4. მკრელი პირის ტორსების მოქმედება გათვალისწინებულა მხოლოდ თავისუფალ ზედაპირზე ნგრევისას, მას კი ადგილი აქვს შპურშიც.

დარტყმითი ბურღვის თეორიისა და პრაქტიკისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ბურღვის სხვადასხვა პარამეტრებს შორის უთიერთდამოკიდებულების დადგენას, ამ საკითხების კვლევის თანამედროვე მდგომარეობა განზოგადებული აქვს ე. მინდელს.

ბურღვის მოცულობითი სიჩქარე ეწოდება ქანის მოცულობის ამობურღვის სიჩქარეს ღრვის ერთეულში

$$W = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v,$$

სადაც  $W$  არის ბურღვის მოცულობითი სიჩქარე;

$d$  — შპურის დიამეტრი;

$v$  — ბურღვის ხაზოვანი სიჩქარე.

როგორც ფორმულიდან ჩანს, მოცულობითი სიჩქარე წარმოადგენს ორი ცვლადის ფუნქციას ( $v$  და  $d$ ). დიამეტრის გადიდება მუდამ იწვევს ხაზოვანი სიჩქარას შემცირებას, ხოლო მოცულობითი სიჩქარე შეიძლება შემცირდეს, გადიდდეს ან უცვლელი დარჩეს, რაც დამოკიდებული იქნება დიამეტრისა და ხაზოვანი სიჩქარის ურთიერთშეფარდებისა და ცვალებადობის ინტენსივობაზე. ბურღვის შეფარდებითი მოცულობითი სიჩქარე შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით

$$W_1 = \frac{\pi d^2}{4} v,$$

სადაც  $W_1$  არის შეფარდებითი მოცულობითი სიჩქარე;

$v_1$  — შეფარდებითი ხაზოვანი სიჩქარე.

ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგად დადგენილია დამოკიდებულება ბურღვის მოცულობით სიჩქარესა და შპურის დიამეტრს შორის

$$W = ad - bd^2 - c,$$

სადაც  $a$ ,  $b$  და  $c$  — კოეფიციენტებია.

ჩატარებულმა ცდებმა გვაჩვენა, რომ შპურის დიამეტრის 43 — 54 მილიმეტრამდე გაზრდით ბურღვის მოცულობითი სიჩქარე მატულობს, ხოლო შემდეგ კი მცირდება. საშუალო და მძიმე საბურღი მანქანებით მუშაობისას ოპტიმალურ დიამეტრად შეიძლება მიჩნეულ იქნეს 40 — 45 მმ.

ქანის სიმაგრის გაზრდა არ მოქმედებს ოპტიმალური დიამეტრის სიდიდეზე, ხოლო დარტყმის ენერჯის გაზრდით მისი სიდიდე მატულობს.

შპურის დიამეტრის გავლენა ბურღვის სიჩქარეზე. გაბურღული ქანის მოცულობა იცვლება შპურის დიამეტრის კვადრატის პროპორციულად. ამიტომ ზოგიერთ მკვლევარს მიაჩნია, რომ შპურის დიამეტრსა და ბურღვის სიჩქარეს შორის არსებობს კვადრატული დამოკიდებულება. ასეთი შედეგი, პროფ. უსპენსკის თეორიის საფუძველზე, მიღებული აქვს პროფ. სუხანოვს

$$E = \frac{d_1^2}{d_2^2},$$



სადაც  $E$  არის კოეფიციენტი, რომელიც გვიჩვენებს ბურღვის შეფარდებით სიჩქარეს;

$d_1$  — შპურის საწყისი დიამეტრი, რომელიც ერთეულადაა მიღებული;

$d_*$  — ნებისმიერი შპურის საწყისი დიამეტრი.

ტექ. მეცნ. კანდ. ი. ხაბაროვა ექსპერიმენტული გზით მიიღო, რომ

$$E = \frac{d_1^{1,72}}{d_*^{1,72}}$$

ზოგიერთი ავტორი ბურღვის შეფარდებითი სიჩქარის კოეფიციენტს ლებულობს როგორც შპურების დიამეტრების შეფარდებას პირველ ხარისხში (გ. რიკინი და ე. კლუბნიჩინი)

$$E = \frac{d_1}{d_*}$$

როგორც ვხედავთ, შპურის დიამეტრსა და ბურღვის ხაზოვან სიჩქარეს შორის დამოკიდებულების შესახებ არსებობს აზრთა სხვადასხვაობა. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ექსპერიმენტული გამოკვლევები, რომლებსაც ზემოთყვანილი ფორმულები ემყარება, ჩატარებულია სხვადასხვა პირობებში და სხვადასხვა მეთოდიკით. ადგილობრივ პირობებში ჩატარებული მცირე ექსპერიმენტული სამუშაოები არ იძლევა მიღებული შედეგების განზოგადების უფლებას და მათი პრაქტიკულ-თეორიული ღირებულება დიდი არ არის.

მოცემული საკითხის გასარკვევად მეტად ფართო მასშტაბის ექსპერიმენტული სამუშაოებია ჩატარებული ე. მინდელას ხელმძღვანელობით. საბჭოთა კავშირის სხვადასხვა საბადოზე მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე ე. მინდელი ასკვნის, რომ შპურის დიამეტრსა და ბურღვის სიჩქარეს შორის არსებობს შემდეგი სახის ზოგადი დამოკიდებულება

$$E = \left( \frac{d_0}{d_*} \right)^n,$$

სადაც  $d_0$  არის მუდმივი კოეფიციენტი;

$n$  — ხარისხის მაჩვენებელი, რომელიც ცვალებადობს 1-დან 2,5-მდე.

სხვადასხვა ტიპის საბურღი მანქანებისა და სხვადასხვა ქანისათვის დადგენილ იქნა  $d_0$ -სა და  $n$ -ის მნიშვნელობები.

ე. მინდელი აღნიშნავს, რომ ბურღვის სიჩქარესა და შპურის დიამეტრს შორის არ არსებობს მუდმივი დამოკიდებულება; იგი იცვლება ბურღვის პირობების შეცვლასთან ერთად.

დამოკიდებულება ბურღვის სიჩქარესა და შპურის სიღრმეს შორის. პრაქტიკამ გვიჩვენა, რომ შპურის სიღრმის გაზრდა იწვევს ბურღვის სიჩქარის შემცირებას. ამ მოვლენის მიზეზად მკვლევარები თვლიდნენ ბურღზე დარტყმის ენერგიის კარგეების ზრდას ბურღვის მასის ზრდასთან დაკავშირებით. ეს შეხედულება უარყოფილ იქნა ვ. ალექსანდროვის მიერ, რომელმაც შეიმუშავა დარტყმის დროს ენერგიის გადაცემის ახალი თეორია. ამ თეორიის თანახმად, ენერგიის კარგეების გაზრდა ხდება მხოლოდ ბურღის კრიტიკული მასის ფარგლებში, რის შემდეგ ბურღის მასის ზრდას მნიშვნელობა არა აქვს. ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ ბურღის კრიტიკული მასა დაახლოებით ორნახევარჯერ აღემატება საბურღი მანქანის დამრტყმელი ორგანოს მასას. ასეთ შეფარდებას ვლებულობთ უკვე 1,0 — 1,2 მ სიგრძის ბურღის შემთხვევაში.

შპურის სიგრძის გაზრდისას ბურღვის სიჩქარის შემცირება ახსნილი უნდა იქნეს ბურღის მობრუნებისადმი წინააღმდეგობის გაზრდით, რაც ზოგიერთი მარკის საბურღი მანქანებში იწვევს დამრტყმელი ორგანოს (სარტყამის) სვლის სიღრმის შემცირებას და, მაშასადამე, დარტყმის ენერგიის შემცირებასაც. ახალი თეორიის სისწორე დაამტკიცა წარმოებაში ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა. იმ შემთხვევაში, როდესაც საბურღი შტანგების მობრუნება ხორციელდება მანქანისაგან დამოუკიდებლად, შესაძლებელი ხდება 50 მ და უფრო მეტი სიღრმის შპურების ბურღვა სიჩქარის შესამჩნევი შემცირების გარეშე.

სხვადასხვა მკვლევარების მიერ ჩატარებულია მრავალი ექსპერიმენტული სამუშაო ბურღვის სიჩქარის შემცირების ხარისხის დასადგენად. შპურის სიღრმის ზრდასთან დაკავშირებით. ჩატარებული კვლევის შედეგების ანალიზის დროს მკვლევარები ემყარებოდნენ დარტყმის დროს ენერგიის გადაცემის ძველ თეორიას. ამიტომ, ზემოაღნიშნულის თანახმად, მათ მიერ დადგენილი კანონზომიერებანი მართებულად უნდა ჩაითვალოს მხოლოდ იმ ტიპის საბურღი მანქანებისათვის, რომლებიც გამოყენებული იყო ექსპერიმენტების ჩატარებისას.

პროფ. სუხანოვი იძლევა ბურღვის შეფარდებითი სიჩქარის კოეფიციენტებს შპურის სიღრმის მიხედვით:

შპურის სიღრმე მ	— 1	2	3	4	5	7	9	12
კოეფიციენტი	— 10,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,65	0,6	

პროფ. ბუჩნევი იძლევა ბურღვის საშუალო სიჩქარის მნიშვნელობას შპურის სიღრმესთან დაკავშირებით

$$v_{\text{საშ}} = \frac{2v}{\sqrt{v_1} + \sqrt{v_2}}$$

- სადაც  $v_{\text{სა}}$  არის  $l_2$  სიღმის შპურის ბურღვის საშუალო სიჩქარე;  
 $v$  — ბურღვის სიჩქარე  $l_1$  სიღრმეზე;  
 $l_1$  — შპურის საწყისი სიღრმე;  
 $l_2$  — შპურის საბოლოო სიღრმე.

**დამოკიდებულება ბურღვის სიჩქარეზე და ქანების სიმკვრივეს შორის.**  
 წინათ, სპეციალისტებს შორის ფართოდ იყო გავრცელებული ის აზრი, რომ ქანის სიმკვრივის გაზრდა ყოველთვის იწვევს ბურღვის სიჩქარის შემცირებას. ბოლო დროს ჩატარებულმა გამოკვლევებმა ზოგიერთი შესწორება შეიტანა ამ საკითხში. ინგლისელი მკვლევარი შეფერდი ექსპერიმენტებით მიღებული მონაცემების საფუძველზე იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ მაგარი ქანი, მაგალითად, მასიური გრანიტები, უფრო ეფექტურად იბურღება, ვიდრე რბილი ქანები. ქანის წინაღობა კუმშვისას არ წარმოადგენს ერთადერთ კრიტერიუმს, რომელიც ქანის ბურღვადობას განსაზღვრავს. აქ საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს ქანის ისეთი თვისებები, როგორცაა, მაგილითად, დინამიკური სისალე, აბრაზიულობა და სხვ.

**ბურღვის თავის დაბლაგვის გავლენა ბურღვის სიჩქარეზე.** ბურღვის მჭრელი პირი აბსოლუტურად მკვეთრი არ არის და მას გარკვეული მოედანი გააჩნია. ამ მოედნის სიგანე ბურღვის პროცესში თანდათან იზრდება, ანუ, როგორც ამბობენ, ბურღი იბლაგვება. ბურღის დაბლაგვა იწვევს ბურღვის სიჩქარის შემცირებას. ზოგიერთი მონაცემის თანახმად, ბურღის დაბლაგვა 2 მილიმეტრამდე გვაძლევს სიჩქარის კლებას 15 — 25%-ით.

ბურღის თავის დაბლაგვის სიდიდე მერყეობს სხვადასხვა ფარგლებში, რაც ქანის სიმკვრეზეა დამოკიდებული (როდესაც  $f=10-12$ , დასაშვები დაბლაგვა შეადგენს 3,0—3,5 მმ, ხოლო თუ  $f=17$ , დასაშვები დაბლაგვაა 2,2—2,5 მმ).

შპურების ჯამურ სიგრძეს, რომელთა გაყვანაც ერთი გვირგვინით არის შესაძლებელი, გვირგვინის გარბენა ან გავლა ეწოდება. გარბენის სიდიდეს პირობითი მნიშვნელობა აქვს და დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა ზომის დაბლაგვამდე ვამუშავეთ ბურღს. დაბლაგვის ზღვრული სიდიდე იმ ვარაუდით უნდა ავიღოთ, რომ მიღწეულ იქნეს მბურღავის მაქსიმალური მწარმოებლურობა. ეს კი მაშინ გვექნება, როდესაც დაბლაგული ბურღის ხმარების გამო ბურღვაზე დამატებით დახარჯული დრო ( $\Delta t$ ) ტოლი გახდება გვირგვინის შეცვლისათვის საჭირო დროსა

$$\Delta t = T - T_1,$$

სადაც  $T$  არის დაბლაგული ბურღით 1 მ შპურის გაბურღვის დრო;  
 $T_1$  — იგივე მკვეთრი ბურღის შემთხვევაში.

გვირგვინის გარბენა პრაქტიკულად დიდ ფარგლებში ცვალებადობს — 1,0-დან 10,0 მეტრამდე, რაც დამოკიდებულია ქანის სიმაგრეზე, გვირგვინის ფორმასა და დიამეტრზე, დარტყმის ძალაზე, გვირგვინის მკრედი პირის მექანიკურ სიმტკიცეზე და სხვ.

ექსპერიმენტების საფუძველზე გამოვლინებულია დამოკიდებულება გვირგვინის დიამეტრსა ( $d$ ) და გარბენის სიღრმეს ( $L$ ) შორის

$$L = \frac{k_1}{d^2},$$

აქ  $k_1$  პროპორციულობის კოეფიციენტი. როგორც ვხედავთ, გარბენის სიღრმე გვირგვინის დიამეტრის კუბის უკუპროპორციულია.

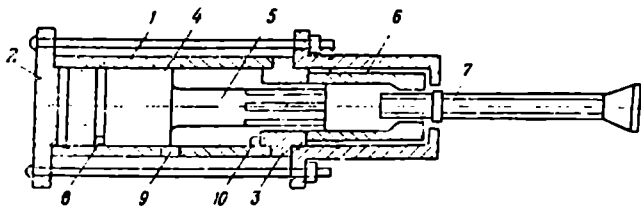
#### § 47. ღარტყმითი საბურღი მანქანები

შუბრების საბურღი მანქანას პერფორატორი ეწოდება. ბურღვისათვის გამოყენებული ენერგიის მიხედვით გვაქვს ელექტრული და პნევმატიკური პერფორატორები. დარტყმითი ბურღვისათვის იყენებენ პნევმატიკურ ენერგიაზე მომუშავე საბურღი მანქანებს, ხოლო ბრუნვითი ბურღვისათვის — ელექტროპერფორატორებს. ეს იმით აიხსნება, რომ დარტყმითი ბურღვის დროს საჭიროა დამრტყმელი ორგანოს უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობა, რაც შეკუმშული ჰაერის გამოყენებით ადვილად ხორციელდება. ასევე, სპირალური ბურღის ბრუნვითი მოძრაობა, რაც აუცილებელია ბრუნვითი ბურღვისათვის, ადვილად მიიღება ელექტროძრავის საშუალებით.

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. მაგრამ ბრუნვითი ბურღვის გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ რბილ და საშუალო სიმაგრის ქანებში, ვინაიდან მაგარ ქანებში ბურღვისას საჭირო ხდება ბურღის ბრუნვა დიდი ღერძული დაწოლის ქვეშ, რაც ბურღის თავის დამტკრევას იწვევს. ელექტრულ ენერგიაზე მომუშავე დარტყმითი საბურღი მანქანების რაციონალური კონსტრუქციის შექმნის ცდებს ჯერჯერობით სასურველი შედეგი არ მოუცია.

დარტყმითი საბურღი მანქანა წარმოადგენს ფოლადის ცილინდრს 1, რომელზეც უკანა მხრიდან მაგრდება საბურავი 2, ხოლო წინიდან — მილისი 3. ცილინდრში მოთავსებულია დგუში 4 თავისი კოკით 5, რომლის ბოლო შედის შემაბრუნებელ მილისში 6. მასშივე თავსდება სატეხისებრი ბურღის კული 7. მანაწილებელი მოწყობილობის საშუალებით შეკუმშული ჰაერი რიგრიგობით შედის ცილინდრის ხან მარჯვენა (ხვრელი 8), ხან მარცხენა ნაწილში (ხვრელი 10), რის შედეგ

გადაც დგუში გამუდმებით ასრულებს უკუქცევით-წინსვლით მოძრაობას. გადამუშავებული ჰაერი ცილინდრიდან ატმოსფეროში გამოდის ხერელით 9. წინსვლითი (ნახაზზე მარჯვნივ) მოძრაობის დასასრულს კოკი ახდენს დარტყმას ბურღის ბოლოზე, რაც იწვევს ბურღის თავის შექრას 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 მოძრაობას — უქში სვლა. ბურღს მთელ სიგრძეზე გაჰყვება ცენტრალური ხერელი, რომლითაც შეკუმშული



ნახ. 119. საბურღი ჩაქუჩის სქემა

ჰაერი ან დაწნეული წყალი შედის შპურის ძირში და აწარმოებს ბურღის ფქვილის ამოწმენდას.

ასეთი ტიპის საბურღ მანქანებს, რომლებშიც კოკი ბურღზე დარტყმას ახდენს, საბურღი ჩაქუჩები ეწოდება. წინათ იყენებდნენ ე. წ. დგუშიანი ტიპის საბურღ მანქანებს, სადაც კოკი და ბურღი ერთმანეთთან უძრავად არის შეერთებული და ბურღი დგუშთან ერთად ასრულებს უკუქცევით — წინსვლით მოძრაობას. ასეთი პერფორატორების მუშაობისას ვღებულობთ ძლიერ უკუცემას, რაც ხშირად იწვევს მანქანის მწყობრიდან გამოსვლას და ხელს უწყობს მის სწრაფ ცვეთას. ამის გამო დგუშიანი ტიპის საბურღ ჩაქუჩებს ამჟამად გამოყენება არა აქვთ.

ჰაერმანაწილებელი მოწყობილობა. თანამედროვე საბურღ ჩაქუჩებში შეკუმშული ჰაერის განაწილება ხდება მკვეთარას საშუალებით. მკვეთარას შეიძლება ჰქონდეს მილტუჩის ან ღრუ ცილინდრის ფორმა.

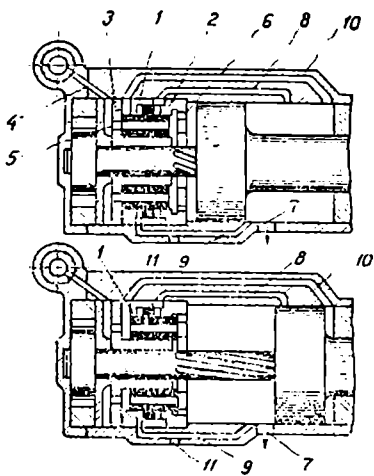
მილტუჩა სარქვლით ჰაერგანაწილებას ფართო გამოყენება აქვს თანამედროვე საბურღ ჩაქუჩებში. იგი გამოირჩევა კონსტრუქციის სიმარტივითა და საიმედოობით. მკვეთარას სვლა მცირეა (0,4—0,6 მმ), რის გამოც დარტყმების დიდ სიხშირეს ვღებულობთ.

ღრუცილინდრული მკვეთარათი ჰაერგანაწილების სქემა მოცემულია

120-ე ნახაზზე. ღრუცილინდრული მკვეთარა 1 მოთავსებულია პაერსანა-წილებელ ყუთში 2, რომლის ზედა სახურავი 3 გაკეთებულია მილისის ფორმით და მკვეთარას მიმართველის როლს ასრულებს.

როდესაც მკვეთარას მარცხენა მდებარეობა უკავია, მაშინ ყუთის ხერელები 6 ღიაა და შეკუმშული პაერი, შემოდის რა ღროსელის ონკანით, არხების 4,5 და 6 გავლით შედის ცილინდრის მარცხენა ნაწილში. შეკუმშული პაერის წნევის გავლენით დგუში მოძრაობს მარჯვნივ, ე.ი. ასრულებს მუშა სვლას. ცილინდრის მარჯვენა ნაწილში მოთავსებული პაერი მუშა სვლის დაწყებისას ხერელით 7 და არხით 8 (იგი დაკავშირებულია გამოსაშვებ ხერელთან 11) გადის ატმოსფეროში. შემდეგში დგუში გადაფარავს ჯერ ხერელს 7 და მერე ცილინდრის კორპუსში გაკეთებულ არხს 9, რის გამოც დაიწყება ცილინდრის მარ-

ჯვენა ნაწილში გადაკეტილი პაერის კუმშვა. განაგრძობს რა მოძრაობას, დგუში გააღებს არხს 9, რის შედეგად შეკუმშული პაერი განავითარებს წნევას მკვეთარას მილტუჩაზე მარცხენა მხრიდან. ამის შემდეგ დგუში აღებს ხერელს 7 და ცილინდრის მარცხენა ნაწილში ხდება წნევის დაცემა. ამ მომენტისათვის, რომელიც მუშა სვლის დამთავრებას შეესაბამება, მკვეთარა 1, ხერელით 9 შემოსული შეკუმშული პაერის წნევის გავლენით, გადაისროლება მარჯვნივ და დაკეტავს ხერელებს 6. შეკუმშული პაერი შევა ცილინდრის მარჯვენა ნაწილში და განავითარებს წნევას დგუშის რგოლურ ფართობზე. დგუში იმოდრავებს მარცხნივ, ე. ი. შესრულდება



ნახ. 120. შეკუმშული პაერის განაწილების სქემა.

უქმი სვლა, რომელიც მუშა სვლის ანალოგიურად წარმოებს; დგუში თავის მოძრაობისას დაკეტავს არხს 9 და შემდეგ გააღებს არხს 8, რომლითაც შეკუმშული პაერი შეიჭრება რგოლურ სივრცეში და დააწვება მკვეთარას მილტუჩს მარჯვნიდან მარცხნივ; უქმი სვლის დამთავრებისას გაიღება ხერელი 7. წნევა ცილინდრის მარჯვენა ნაწილში დაცემა და მკვეთარა გადაისროლება მარცხენა მდგომარეობაში, რასაც კვლავ მუშა სვლის დაწყება მოჰყვება.

ღრუცილინდრული მკვეთარათი განაწილების მექანიზმი ამჟამად ყველაზე უფრო სრულყოფილად ითვლება. მკვეთარაში არსებული

არხები მუშა სვლის დროს შეკუმშულ ჰაერს სწორ მიმართულებას აძლევენ. მკვეთარას გადაადგილება ხდება შეკუმშული ჰაერის გამო-ბოლქვის დაწყებამდე (ბურელის 7 გაღებამდე), რის გამოც, შეკუმშული ჰაერის უქმი ხარჯი მცირეა. ასეთი ჰაერმანაწილებელი მექანიზმი ადვილად დასამზადებელია, მაგრამ საჭიროებს ნაწილების დიდი სიზუსტით მორგებას. უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ მკვეთარას მნიშვნელოვანი წონა აქვს და მისი სვლა მილტუჩა მკვეთარასთან შედარებით დიდია, რაც დარტყმათა სიხშირის შემცირებას იწვევს.

არსებობს ჰაერგანაწილების სხვა სქემებიც, როგორც, მაგალითად, ბურთულა სარქვლით, ფრთიანი სარქვლით, საგდები სარქვლითა და სხვა, რომელთაც კონსტრუქციულ ნაკლოვანებათა გამო ამჟამად გამო-ყენება აღარ აქვთ.

საბურღი ჩაქუჩების სამუშაოდ საჭირო შეკუმშული ჰაერის წნევა უდრის 5 — 8 ატმოსფეროს. დარტყმათა რიცხვი სხვადასხვა მარკის საბურღი ჩაქუჩებში სხვადასხვაა და წუთში 1500 — 3700 დარტყმას შეადგენს. შეკუმშული ჰაერის წნევის შემცირება დარტყმათა რიცხვის მნიშვნელოვან კლებას იწვევს. თუ წნევა 3 ატმოსფეროს ქვევით დაეცა, მაშინ საბურღი ჩაქუჩებით მუშაობა მიზანშეუწონელია.

ბურღის შესაბრუნებელი მექანიზმი. როგორც ზემოთ იყო განმარტებული, დარტყმითი ბურღისას საჭიროა ბურღის გარკვეული კუთხით შეტრიალება ყოველი დარტყმის შემდეგ. საბურღი ჩაქუჩების თანა-მედროვე კონსტრუქციებში იყენებენ ბულის ავტომატურ შებრუნებას, რაც ხორციელდება დგუშის მოძრაობით. ბურღის შებრუნება დაძლევი-დებელი მექანიზმის შემწეობით მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ძალიან დიდი სიღრმის შპურების ბურღისას, ვინაიდან, ამ შემთხვევაში, გრძელი საბურღი ინსტრუმენტის შებრუნება დგუშის მოძრაობის ენერჯის ხარჯზე იწვევს დარტყმის ძალისა და დარტყმების სიხშირის შემცი-რებას, რაც მნიშვნელოვნად აქვეითებს ბურღის მწარმოებლურობას.

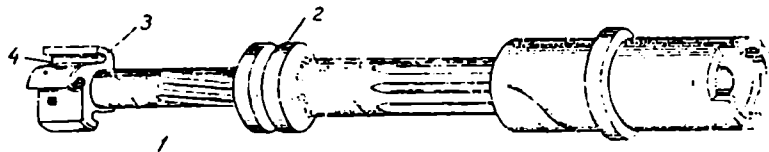
დგუშის სვლაზე დამოკიდებული შესაბრუნებელი მექანიზმი ორი სახისაა: 1. ცალკე ჰელიკოიდური ღეროთი, და 2. ჰელიკოიდური ამონაჭრებით დგუშის კოჯზე. ამ უკანასკნელს თანამედროვე საბურღი მანქანებში გამოყენება არა აქვს.

შესაბრუნებელი მექანიზმი ჰელიკოიდური ღეროთი ნაჩვენებია 121-ე ნახაზზე.

ჰელიკოიდურ ღეროზე 1 ამოჭრილია დიდი ბიჯის მქონე ხრახნულა-ღარები (ჰელიკოიდური ღარები), რომელიც უთავსდება დგუშის 2 კორ-პუსში გაკეთებულ ასეთივე ფორმის ბორცვებს. ჰელიკოიდურ ღეროს მეორე მხარეს აქვს ხრუტუნა 3, რომელსაც გააჩნია ბუდეები 4 სარეკე-ლების მოსათავსებლად. ხრუტუნა თავისი სარეკელებით ჩადგმულია ხრუტუნა კბილანას ბუდეში (სარეკელები და ხრუტუნა კბილანა ნახაზზე

ნაჩვენები არ არის). დგუშის კოკზე 5 ამოჭრილია სწორი ღარები, რომლებიც საბრუნო 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 ასრულებს მუშა სვლას, ხრუტუნას



ნახ. 121. ბურღის შემობრუნებელი მექანიზმი

სარეკვლები არ ეწინააღმდეგება ჰელიკოიდური ღეროს ბრუნვას. ამიტომ დგუში მოძრაობს სწორხაზოვნად, ბრუნვის გარეშე (დგუშის მასა ბევრად მეტია ღეროს მასაზე). უქმი სვლის დროს სარეკვლები ებჯინება ხრუტუნა კბილანას და ჰელიკოიდურ ღეროს შებრუნების საშუალებას არ აძლევს. ამის გამო, ხდება დგუშისა და მისი კოკის იძულებითი შებრუნება, რაც თავის მხრივ, მილისის შეტრიალებას იწვევს. ვინაიდან მილისში მოთავსებულია ბურღის ბოლო, ამიტომ ყოველი უქმი სვლის დროს ვდებულობთ ბურღის შეტრიალებას, რომლის სიდიდე 10 — 15° შეადგენს.

შპურების გაწმენდა ბურღის ფქვილისაგან, მშრალი და სველი ბურღვა. როგორც ვიცით, დარტყმითი ბურღვის წარმოებისათვის, 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 ან სველი ბურღვა. მშრალი ბურღვის დროს შეკუმშული ჰაერის ჰავალი მანქანის ცილინდრიდან მიემართება ბურღში არსებულ არხში, აღწევს შპურის ძირს და უქან გამოდის რგოლური სივრცით, რომელიც შპურის კედლებსა და ბურღის ღეროს შორის არის შექმნილი (ნახ. 122). ამგვარად ეღებულობთ ბურღვის ფქვილის გამოქრევას შპურიდან.

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

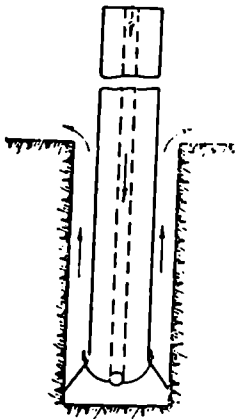


დაწნეული წყლის მიწოდება ბურღის არხში ხდება ცენტრალურ-მილაკის მეშვეობით, რომელიც მიჰყვება ცილინდრის გეომეტრიულ ღერძს (მილაკზე წამოგებულია დკუში თავისი კოყით და ჰელიკოიდური ღერო). მილაკი შედის ბურღის არხში არანაკლებ 25 მმ სიგრძეზე.

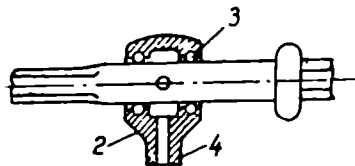
წყლის მიწოდების ეს წესი ღერძული მიწოდების სახელწოდებითაც ცნობილი. მისი ნაკლია წყლის მიმყვანი მილაკის ხშირი დამტვრევა და შეკუმშული ჰაერის მოხვედრა შპურში, რაც იწვევს წყლის აერაციას და ამის გამო ამცირებს დასველების უნარს. დაწნეული წყალი რომ არ მოხვდეს საბურღი ჩაქუჩის ცილინდრში, მისი წნევა მუდამ 1-2 ატმ ნაკლები უნდა იყოს შეკუმშული ჰაერის წნევაზე. ამ პირობის დაცვის აუცილებლობაც გარკვეულ უნერხელობას იწვევს.

ამ ნაკლოვანებათა გამო, ბოლო დროს სულ უფრო მეტ გავრცელებას პოულობს წყლის გვერდული მიწოდება. ამ დროს იყენებენ სპეციალურ ქუროს, რომელიც ბურღზეა წამოცმული (ნახ. 123). ქუროს კორპუსზე

2 მიხრახნილია შტუცერი 4, რომელსაც უერთდება რეზინის შლანგი წყლის მისაწოდებლად. კორპუსში მოთავსებულია რეზინის ფასონური სამჭიდროებლები 3. შპურის გამოსარეციხი წყალი შტუცერის არხით და ბურღის კუდში გაკეთებული ხერცით შედის ბურღის



ნახ. 122. ბურღის ფქვილის გამოჭრევა



ნახ. 123. გვერდითი გამორეცევა

ღერძულ არხში, რომლითაც შპურის ძირში მიეწოდება. ბურღის კუდ-ქუროსთან შეერთების სიგრძეზე მრგვალი კვეთისაა. ბურღის ღერძული არხი მისი კუდის ბოლოში ჩაიკერება ან შედუღდება.

წყლის გვერდულ მიწოდებას ღერძულ მიწოდებასთან შედარებით აქვს გარკვეული უპირატესობანი: 1. ამ დროს ნაკლებია მტვრიანობა, ვინაიდან გამორიცხულია შეკუმშული ჰაერის წყალთან შერევა; 2. თავიდან არის აცილებული წყლის მოხვედრა საბურღი მანქანის ცილინდრში; 3. საპირო არ არის წყლის წნევის ზუსტი რეგულირება; 4. შესაძლებელი

ზღემა, ისეთი მანქანების გამოყენება, რომლებიც გახკუაუხილი არ არიან სველი ბურღვისათვის. უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ბურღის კუდების სპეციალური დამუშავების აუცილებლობა, დროის ზედმეტი ხარჯვა ბურღების შეცვლისას და დამატებითი მოწყობილობის საჭიროება.

წყალმომარაგება სველი ბურღვის დროს შეიძლება იყოს ცენტრალიზებული (საერთო საშახტო წყალსადენიდან), ნახევრადცენტრალიზებული, როდესაც წყალსადენი გაიყვანება მხოლოდ მთავარ გვირაბებში და იქიდან კასობით მიეწოდება სანგრევში, და ინდივიდუალური (კასობით).

ჩვეულებრივ, წყლის ხარჯი სველი ბურღვის დროს შეადგენს 1,5 — 5 ლიტრს წუთში.

სველ ბურღვას, მშრალ ბურღვასთან შედარებით, აქვს მრავალი უპირატესობა:

1. მნიშვნელოვნად მცირდება სამუშაო ადგილის დამტვერიანება, ე.ი. უმჯობესდება შრომის ჰიგიენური პირობები;
2. წყლის შექმნით ხდება ბურღის თავის გაციელება, რის შედეგად იგი უფრო გვიან იბლაგვება;
3. წყლით დასველების გამო მცირდება ქანების წინააღმდეგობა ბურღვისას;
4. შპურის გაწმენდა გაბურღული ქანისაგან უფრო ინტენსიურად წარმოებს, რაც აუმჯობესებს ბურღის მიერ ქანის დანგრევის პირობებს;
5. ვლებულობთ საბურღი მაქანის მწარმოებლურობის გაზრდას დაახლოებით 20 — 30% -ით.

სველი ბურღვის უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს წყლის დიდი რაოდენობით დაღვრა სანგრევში და სუფთა წყლის მიწოდების აუცილებლობა ყოველ სამუშაო ადგილზე.

წყლის ზემოქმედება ქანის მექანიკურ სიმტკიცეზე, ძირითადად იმით არის განპირობებული, რომ ნაპრალებისა და ფორების მეშვეობით იგი გაიჟონება ქანის სიღრმეში და ასველებს მას. ამიტომ ბურღვის დროს ცდილობენ შექმნან ქანის უკეთესად დასველების პირობები. ამ მიზნით წყალს უმატებენ ე.წ. სისალის შემამცირებლებს, რითაც ისეთ ხსნარს ღებულობენ, რომელიც კარგად ასველებს ქანს.

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 ჯგუფად: 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 დაღმავალი 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 აღმავალი შპურების ბურღვისას (ქმეტესად საშუალო სიმაგრის ქანებში). ამ დროს, ხშირად, მბურღავის შრომის პირობების შემსუბუქების მიზნით, მანქანას ათავსებენ პნევმატიკურ საყრდენზე. უკანასკნელის უქონლობისას შეიძლება გამოყენებულ იქნეს უფრო მარტივი საყრდენი მოწყობილობა.

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 აღმავალი შპურების გასაბურღავად (მაგალითად, გეზენკების გაყვანის დროს). საბურღი მანქანა მოთავსებულია ტელესკოპური მოწყობილობის სვეტზე, რომელიც, შეკუმშული ჰაერის მეშვეობით, მუშაობის პროცესში ზევით იწევა. ამით ხორციელდება საბურღი მანქანის ავტონატური წინწაწევა. ტელესკოპური პერფორატორების წონა 40 — 50 კგ-ია.

დარტყმათა სიხშირის მიხედვით პნევმატიკური საბურღი მანქანები შეიძლება დავყოთ ორ ჯგუფად: 1. ჩვეულებრივი მანქანები (დარტყმათა რიცხვი 2000-მდე) და 2. მაღალსიხშირული მანქანები (დარტყმათა რიცხვი 2000-ზე მეტი).

შპურის გაწმენდის ხერხის მიხედვით პნევმატიკური საბურღი მანქანა შეიძლება იყოს ღერძული გამორეცხვით (ან გამოქრევით), გვერდითი გამორეცხვით ან მტერის ამოწოვით.

ხელის საბურღი ჩაქუჩები. 24-ე ცხრილში ნაჩვენებია ტექნიკური მონაცემები საბჭოთა კავშირში წარმოებული ხელის საბურღი ჩაქუჩების შესახებ. ჩვენში გამუდმებით მიმდინარეობს საბურღი მანქანების ტექნიკური მახასიათებლების სრულყოფა, რის შედეგადაც დროდადრო ხდება მოძველებული მარკების მოხსნა წარმოებიდან და ახალი, უფრო სრულყოფილი მარკების სერიული გამოშვების ათვისება.

124-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ხელის მძიმე საბურღი მანქანა (1 — დგუში, 2 — ცილინდრი, 3 — ბურღი, 4-შემამბრუნებელი ბუქსი, 5 — ბურღის კულის ჩასადგმელი ბუქსი, 6-შეკუმშული ჰაერის მანაწილებელი მკვეთარა, 7 — მკვეთარას კოლოფი, 8 — გამშვები სახელური, 9 — წყლის მისაწოდებელი ცენტრალური მილაკი, 10 — ავტონატური საზეთავი, 11 — ზეთის ჩასასხმელი კამერა).

ხელის საბურღი ჩაქუჩები აღჭურვილია ვიბრაციისა და ხმაურის ჩამშობი მოწყობილობებით. მომუშავე პერსონალს უნდა გააჩნდეს ხმაურისაგან ინდივიდუალური დაცვის საშუალებანი.

დარტყმითი მოქმედების საბურღო მანქანები

პერფორატორის მარკა	მასა, კგ	სიგრძე, მმ	დარტყმითა რიცხვი წუთში	დარტყმის ენერგია კვძ. მ	მგზები მიმენტი კვძ. მ	პაერის ხარჯი, გ/წუთ	ბურღვის მაქსიმალური სიღრმე, მ	გვირგვინის დიამეტრი, მმ	ფასი, მან
ПР-20В	24	730	2300—2100	4	175	2,3	4	22—46	73
ПР-25Л	25	815	2300—2600	5,8	180	3,5	4	36—56	67
ПР-25ЛВ	26,5	815	2300—2600	5,8	180	3,5	4	36—56	69
ПР-30	25,0	810	1800—2000	6,5	150	3,5	4	36—56	60
ПР-30РЦ	27,5	850	1800—2000	6,5	150	3,5	4	36—56	62
ПР-30Б	29,5	930	1800—2000	6,5	150	3,5	4	36—56	62
ПР-30С	28	765	1800—2000	6,5	150	3,5	4	36—50	62
ПР-30П	30	860	1800—2000	6,5	150	3,5	4	36—52	62
ПР-30К	30	650	1600	6,0	180	4,0	6	35—46	62
ПР-27ВБ	32	820	2300—2500	5,8	250	2,3	4	35—46	81

ხვეტიანი საბურღო მანქანები

КС-50	50	720	1670	9,0	250	5,0	12	45—65	303
ПК-60	60	550	2800	9,2	1800	9,0	25	40—65	560
ПК-75	75	600	2600	15,0	2500	11,0	30	65—65	630

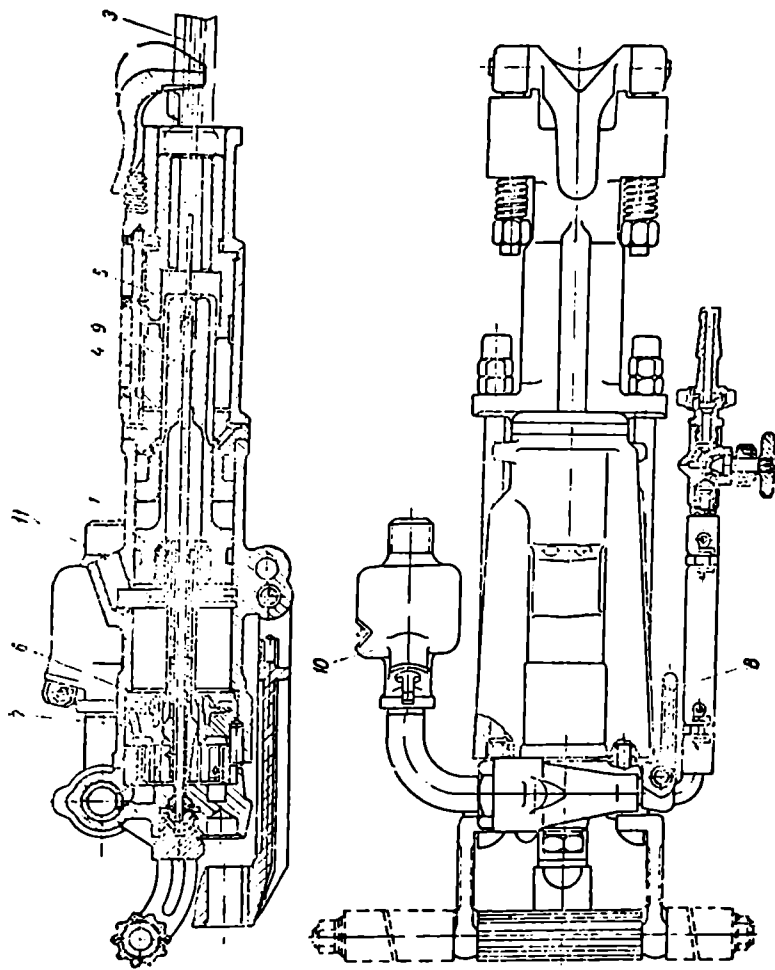
ტელესკოპური საბურღო ჩაქუნები

ПТ-45КВ	46	1530	1600—1800	6,0	180	4	6	65	92
ПТ-5С	47	1320	1600—1800	6,3	180	4	6	40	—
ПТ-29	38	1416	2400—2600	4,5	210	3,3	8	40	104
ПТ-36	47	1430	2600—2500	8,0	260	4,5	15	85	119

თარაზული გვირაბების გაყვანისას უმთავრესი გავრცელება აქვთ ПР - 25 მარკის პერფორატორებს. ПР - 30 მარკის მანქანებს უმთავრესად იყენებენ ვერტიკალური გვირაბების გაყვანის დროს დაღმავალი შპურების საბურღლავად. მათი გამოყენება რეკომენდებულია აგრეთვე დიდი სიმაგრის ქანებში თარაზული გვირაბების გაყვანისას. როდესაც წყლის მიწოდება შპურების გამოსარეცხად შეუძლებელია, მიზანშეწონილია ПР - 30 - П მარკის პერფორატორით მუშაობა, რომელიც მჭერის

შესრუტვით მუშაობს. ამავე პირობებში შეიძლება ПР-30-РШ მარკის საბურღი ჩაქუჩის გამოყენება. მას გააჩნია მტერის ინტენსიური გამოქრევის მოწყობილობა.

ხელის პნევმატიკური პერფორატორების ბურღვისას მუშა ვერ ავითარებს ისეთ ღერძულ ძალვას, რომელიც საჭიროა მაქსიმალური



ნბ. 124 ხელის მძიმე საბურღი მანქანა.

მწარმოებლურობის მისაღებად. ამასთანავე, უკუცემისა და მნიშვნელოვანი ვიბრაციის გამო, საბურღი მანქანის ხელში დაქვერ აცუღალ მოქმედებს. მბურღავ ორგანიზმზე. ხელის პერფორატორების მიმწოდებელი პნევმატიკური საყრდენების გამოყენება ზრდის ბურღვის სიჩქარეს, ამსუბუქებს მბურღვის ფიზიკურ შრომას და იცავს მას ვიბრაციის მავნე გავლენისაგან.

პნევმოდამქერის ყველა ტიპს ძირითადად ერთი და იგივე კონსტრუქცია აქვს. მათთვის დამახასიათებელია ტელესკოპური მოწყობილობა (ერთ შემთხვევაში საყრდენს წარმოადგენს ჭოკი, ხოლო ცილინდრი, რომელზედაც პერფორატორი მაგრდება — გამოსაწვია, მეორე შემთხვევაში ცილინდრი საყრდენის როლს ასრულებს, ხოლო ჭოკი მასთან დამაგრებული პერფორატორით მოძრავია). ამჟამად მზადდება П-8, П-11 და П-13 მარკის პნევმოდამქერები. მიწოდების სიდიდე შესაბამისად შეადგენს 800, 1100 და 1300 მილიმეტრს, როდესაც შეკუმშული ჰერის წნევა 5 ატმოსფეროა, მაშინ ყველა პნევმოდამქერი ავითარებს 175 კგძ ღერძულ ძალვას. პნევმოდამქერის წონა 17,20 და 25 კილოგრამია.

სვეტიანი საბურღი ჩაქუჩების (24-ე ცხრილი) მუშაობის პრინციპი და კონსტრუქცია ისეთივეა, როგორც ხელის საბურღი ჩაქუჩებისა, მხოლოდ, დიდი წონის გამო მოითხოვენ სპეციალურ სვეტზე დამაგრებას. თანამედროვე სვეტიანი პერფორატორები მზადდება ბურღვის დამოუკიდებელი ბრუნვის მოწყობილობით. ამ მარკის პერფორატორებისათვის განკუთვნილია КВУ-50 და КВУ-80 ტიპის სვეტები, რომლებიც აღჭურვილია ხრახნიანი ავტომიმწოდებლებით. მიწოდების სვლა შესაბამისად არის 1200 და 1400 მილიმეტრი, წონა 137 და 165 კგძ ღერძული ძალვა 800 და 1000 კგძ.

ტელესკოპური პერფორატორები (24-ე ცხრილი) უმეტესად მადნის მალაროებში გამოიყენება, როგორც მოსამზადებელი, ისე საწმენდი სამუშაოების წარმოების დროს. ნახშირის შახტებში მათ ხმარობენ აღმავალი გვირაბების გაყვანისას და ანკერული სამაგრის დასაყენებლად. ბურღვის დროს ავტომატური მიწოდება ხორციელდება პნევმატიკური ტელესკოპური მოწყობილობით (ტელესკოპის ცილინდრი გადაადგილება ჭოკის მიმართ, რომელიც საყრდენს ებჯინება).

ПП-29, ПТ-36 და ПТ-45 KB მარკის მანქანები განკუთვნილია სველი ბურღვისათვის, ხოლო ПП-5C მშრალი მტვერდაქერით მუშაობს. ტელესკოპური ავტომიმწოდებელი ავითარებს 140 — 185 კგძ ღერძულ ძალვას.

გვირაბების გაყვანის პრაქტიკაში ფართო გავრცელება ჰპოვეს საბურღმა ურიკებმა და დანადგარებმა, რომლებიც ერთდროულად 2—3 პერფორატორით ბურღვის საშუალებას იძლევიან. მათ გააჩნიათ მუხლუხა ან თელიანი სვლა.

ფართოდ იყენებენ აგრეთვე ე.წ. მანიპულატორებს, რომელთა საშუალებით საბურღი მანქანები (მიმწოდებელ მექანიზმებთან ერთად) ქანის სატვირთავ მანქანებზე მაგრდება. მანიპულატორის საშუალებით საბურღ მანქანას ადვილად ეძლევა საჭირო მდებარეობა. მისი მართვა პნევმოჰიდრავლიკური სისტემით ხდება. ბურღვის მწარმოებლურობის გაზრდის მიზნით შექმნილი საბურღი ურიკები და თვითმავალი საბურღი დანადგარები ბურღვის პროცესის მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის ძირითად საშუალებად ითვლება. 25-ე ცხრილში მოცემულია მათი ტექნიკური მაჩასიათებლები.

СВКНС-2, БК-2 და БК-3 მარკის საბურღი დანადგარები ლიანდაგზე გადაადგილდება, ხოლო СВКН-2П, КВШ-1М და БК-5Д დანადგარები—პნევმატიკურ საბურავებზე. БК-5Д მარკის დანადგარს აქვს დიზელის ძრავა, დანარჩენი დანადგარების ძრავები პნევმატიკურია. გადაადგილების სიჩქარე 3—5 კმ/სთ-ია.

მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოებისას ღრმა ასაფეთქებელი კაბურღილების გასაყვანად ჩვენი მრეწველობა უშვებს თვითმავალ საბურღ დანგებს (СБУ-70, 2СБУ-70, ПБУ-50 და სხვ.). ბურღვის სიღრმე 25—50 მეტრია, ხოლო კაბურღილის დიამეტრი 46—85 მმ შეადგენს.

ცხრილი 28

საბურღი ურიკების ტექნიკური მაჩასიათებლები

მაჩვენებლები	СВКНС-2	СВКН-2П	КВШ-1М	БК-2	БК-3	БК-5Д
შპურის დიამეტრი, მმ	40—50	40—50	40—46	40—50	40—65	40—65
ბურღვის სიღრმე, მ	2	2	2,75	3	3	4
პერფორატორების რიცხვი	2	2	2	2	2	3
პერფორატორის ტიპი	ПГ-36	ПГ-36	ПГ-36	ПК-60	ПК-60	ПК-60
დასაბურღი სანარევის ფართობი, მ	3,6—10	3,6—8	4—9	8—10	9—14	12—60
ბურღვის სიმაღლე, მ	3	2,5	3	3,2	3,6	7,1
ბურღვის სიგანე, მ	3,35	2,5	3	3,4	4,46	3
ზომები სატრანსპორტო მდგომარეობაში, მ						
სიგრძე მ	5,25	3,8	4,1	7,0	9,0	11,8
სიგანე მ	0,95	1,25	1,35	1,9	1,9	2,4
სიმაღლე მ	1,2	2,2	1,96	1,8	1,5	2,4
მასა, ტ	4,5	5,1	4,2	8	9	22
ფასი, მან	10.000	9950	—	20.000	25.000	40.000

§ 48. კნეშვბატიკური საბურლი ჩაქუჩის მუშაობის  
ღამახანიათებელი სიდიდეები

კნეშვბატიკური საბურლი ჩაქუჩის მუშაობის ზუსტი გაანგარიშება საკმაოდ რთული საქმეა და მოითხოვს მთელი რიგი ფაქტორების მხედველობაში მიღებას. მათ შორის შეიძლება დავასახელოთ შეკუმშული ჰაერის წნევის ცვალებადობა დგუშის მოძრაობის პროცესში, ამით გამოწვეული დგუშის აჩქარების არათანაბრობა, ბურლის შემაბრუნებელი მექანიზმის გავლენა დგუშის მოძრაობაზე, მანეწ წინალობების არსებობა და სხვ. ქვემოთ განხილულია საბურლი ჩაქუჩების მუშაობის ღამახანიათებელი ზოგიერთი სიდიდე. საკითხის გამარტივების მიზნით ვგულისხმობთ, რომ დგუშის ერთი მიმართულებით მოძრაობის მთელი დროის განმავლობაში წნევა უცვლელია, მანეწ წინალობები არ არსებობს, დგუშს გაანგარა საწყისი სიჩქარე და მისი მოძრაობა თანაბრად აჩქარებულია. ამავ დროს საბურლი ჩაქუჩის მდებარეობას თარაზულად მივიჩნევთ, რათა დგუშისა და ბურლის წონას თანაბარი გავლენა აქონდეთ მუშა და უქმი სვლების შემთხვევაში.

საბურლი ჩაქუჩის სიძლავრე. მუშა სვლის დროს დგუშზე მოქმედი  $P_1$  ძალა

$$P_1 = (P - P_0) F_1, \quad (1.48)$$

სადაც  $P$  არის შეკუმშული ჰაერის წნევა, ატ;

$P_0$  — ჰაერის უკუწნევა დგუშზე, ე. ი. გადამუშავებული ჰაერის წნევა დგუშზე მისი მოძრაობის საწინააღმდეგოდ (1,2 — 1,8 ატ);

$F_1$  — დგუშის თავისუფალი ფართობი, რომელზეც ჰაერი აწევა, სმ<sup>2</sup>.

$P_1$  ძალის მოქმედებით დგუში ღებულობს  $j_1$  აჩქარებას

$$j_1 = \frac{g \cdot P_1}{G},$$

სადაც  $G$  არის დგუშის მასა, კგ;

$g$  — სიძიმის ძალის აჩქარება, 9,81 მ/წმ<sup>2</sup>.

მუშა სვლის დასასრულს დგუშის მიერ განვითარებული სიჩქარე

$$v_1 = \sqrt{2 S \cdot j_1}, \quad (2.48)$$

სადაც  $S$  არის დგუშის სვლის სიგრძე, მ.

დგუშის კინეტიკური ენერგია  $A_1$  დარტყმის ზომენტში, ე. ი. მუშა სვლის დროს დგუშის მიერ შესრულებული მუშაობა

$$A_1 = \frac{m v_1^2}{2} \text{ კგ მ,}$$

სადაც  $m$  არის დგუშის მასა (კოკიანად) კგ. წმ<sup>2</sup>/მ.



საბურღი მანქანის კოკზე განვითარებული სიმძლავრე თეორიულად ტოლი იქნება

$$N = \frac{A_1 \cdot n}{75} \text{ ცხ.ძ.} \quad (3.48)$$

სადაც  $n$  არის კოკის დარტყმათა რიცხვი წამში.

ნამდვილი სიმძლავრის მისაღებად საჭიროა გავითვალისწინოთ მავნე წინაღობები. სიმძლავრის თეორიულ ფორმულაში სათანადო  $\eta$  კოეფიციენტის შეტანით გვექნება

$$N = \frac{A_1 \cdot n \cdot \eta}{75} \text{ ცხ.ძ ანუ } N = \frac{A_1 \cdot n \cdot \eta}{102} \text{ კვტ.} \quad (4.48)$$

საბურღი ჩაქურჩის თანამედროვე კონსტრუქციებისათვის შეიძლება მივიღოთ  $\eta = 0,36$ .

დარტყმათა რიცხვის გასაგებად საჭიროა ვიცოდეთ მუშა და უქმ სვლებზე დახარჯული დრო. მუშა სვლას დგუში შეასრულებს  $t_1$  დროში

$$t_1 = \sqrt{\frac{2S}{j_1}}$$

ხოლო უქმი სვლისათვის საჭირო იქნება  $t_2$  დრო

$$t_2 = \sqrt{\frac{2S}{j_2}}$$

$j_2$  არის დგუმის აჩქარება უქმი სვლის დროს, რომელსაც  $j_1$ -ს ანალოგიურად გამოვითვლით.

დგუმის მუშაობის ერთი ციკლისათვის საჭირო  $T$  დრო შეადგენს

$$T = t_1 + t_2$$

ხოლო დგუმის დარტყმათა რიცხვი წამში იქნება  $n = \frac{1}{T}$ .

როგორც (4.48) ფორმულიდან ჩანს, საბურღი ჩაქურჩის სიმძლავრე დამოკიდებულია დარტყმის ენერგიაზე და დარტყმათა რიცხვზე.

დარტყმის ენერგიის ნაწილი იკარგება კოკის ბურღზე დარტყმის მომენტში. ამიტომ ბურღზე გადაცემული სიმძლავრე ამ ფორმულით გამოთვლილ სიდიდეზე ნაკლებია. ბურღზე გადაცემული  $N_0$  სიმძლავრის საანგარიშოდ საჭიროა გავითვალისწინოთ დარტყმის მარგი ქმედების  $\eta_0$  კოეფიციენტი

$$N_0 = \frac{A_1 \cdot n \cdot \eta_1 \cdot \eta_0}{102} \text{ კვტ.}$$

დარტყმის ზოგადი თეორიის თანახმად,

$$\eta_e = (1 + \varepsilon)^2 \frac{G \cdot G_1}{(G + G_1)^2},$$

სადაც  $\varepsilon$  არის ალდგენის კოეფიციენტი. იდეალურად დრეკადი სხეულების დაჯახებისას ალდგენის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ერთის ტოლია. ჭოკის ბურღზე დარტყმისას ეს სიდიდე ბევრად არის დამოკიდებული მათი დამზადების ხარისხზე. მაღალხარისხოვნად დამზადების შემთხვევაში დარტყმების დროს ნარჩენ დეფორმაციებს თითქმის არა აქვს ადგილი და ამიტომ  $\varepsilon$ -ს სიდიდე შეიძლება ერთის ტოლი ავიღოთ.

ქანის დანგრევაზე დახარჯული სიმძლავრის გასაგებად საჭიროა გავითვალისწინოთ ენერგიის კარგვა ბურღის ქანზე დარტყმების დროს. ენერგიის ფუჭი კარგვა მით მეტი იქნება, რაც უფრო მაგარია ქანი, ე.ი. რაც მეტია ალდგენის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ბურღის ქანზე დარტყმების შემთხვევაში. ბურღის მიერ ქანის დანგრევისას მარგი ქმედების კოეფიციენტი

$$\eta_j = 1 - \varepsilon_j^2,$$

სადაც  $\varepsilon_j$  არის ალდგენის კოეფიციენტი. ბურღის ქანზე დარტყმის დროს (მაგალითად, ქვამარლისათვის  $\varepsilon_j = 0,04$ , ხოლო გრანიტისათვის  $0,19 - 0,22$ ). მაშასადამე, ქანის დანგრევაზე დახარჯული სიმძლავრე

$$N_j = \eta \cdot \eta_e \cdot \eta_j \frac{A_1 n}{102} \text{ კვტ.} \quad (6.48).$$

დარტყმის შემთხვევაში ენერგიის გადაცემის მოვლენის შეფასება შეუძლებელია ალდგენის კოეფიციენტის მნიშვნელობის სწორი განსაზღვრის გარეშე. ეს კოეფიციენტი გვიჩვენებს დარტყმის დროს კინეტიკური ენერგიის კარგვას.

როდესაც რაიმე სხეული ეცემა ხისტ სადგარს, იგი უკანვე ხტება. გარკვეულ სიმაღლეზე, რომელიც ვარდნის სიმაღლეზე მეტი არ შეიძლება იყოს. იმ სიჩქარეების შეფარდება, რომლებიც სხეულს გააჩნია უშუალოდ დარტყმის შემდეგ და უშუალოდ დარტყმის წინ, გვაძლევს ალდგენის კოეფიციენტის მნიშვნელობას. ნიუტონს მიაჩნდა, რომ ალდგენის კოეფიციენტის სიდიდე დამოკიდებულია მხოლოდ შემჯახებელი სხეულების მასალაზე. აბსოლუტურად დრეკადი სხეულების დაჯახების შემთხვევისათვის ალდგენის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ერთის ტოლად იქნა მიჩნეული. უკანასკნელ დრომდე ასეთი წარმოდგენა ალდგენის კოეფიციენტზე საყოველთაოდ იყო გავრცელებული.

ე. ალექსანდროვის მიერ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა, რომლებიც მიეძღვნა დარტყმის ფიზიკის და, კერძოდ, მყარი სხეულების შეჯახე-

ზისას ენერჯიის გაცემის ძირითადი საკითხების შესწავლას, ძირფესვიანად შეცვალა აოსებული შეხედულება ალდგენის კოეფიციენტის ბუნებაზე.

ე. ალექსანდროვმა გონებამახვილური ექსპერიმენტების ჩატარების საფუძველზე დაამტკიცა, რომ ღრეკადი დარტყმის შემთხვევაში ალდგენის კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია შემჯახებელი სხეულების ფორმაზე და მათი მასების შეფარდებაზე. ერთი და იგივე მასალისათვის იგი შეიძლება იცვლებოდეს მთელ შესაძლებელ დიაპაზონში (ნულიდან ერთამდე).

ე. ალექსანდროვის მიერ შემუშავებულ იქნა ნებისმიერი ფორმის ტორსების მქონე ღეროების შეჯახების გამოყენებითი თეორია, რომელსაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს საბურღი მანქანების სრულყოფილი კონსტრუქციების შექმნისათვის. როგორც ვიცით, დარტყმითი მოქმედების მანქანა წარმოადგენს შემჯახებელი ღეროების სისტემას (საბურღი ჩაქურში — კოკი და ბურღი, მომგრევე ჩაქურში — სარტყამი და შუბი). მათი გაანგარიშება მოითხოვს ღეროებში წარმოშობილი ძაბვების, შეჯახების დროის, დარტყმისას გადაცემული ენერჯიის, დარტყმის ძალისა და სხვა ძირითადი პარამეტრების განსაზღვრას. ე. ალექსანდროვის თეორია ამომწურავად ხსნის ამ საკითხს და ამიტომ მის გამოყენებას დადი სარგებლობის მოტანა შეუძლია ყველა ისეთი მანქანის შექმნისას, რომელშიც გამოყენებულია დარტყმის მოვლენა.

შეკუმშული ჰაერის ხარჯი. მუშაობის ერთ ციკლზე დახარჯული შეკუმშული ჰაერის მოცულობა

$$V = \frac{kS(F_1 + F_2)}{10^9} \text{ მ}^3, \quad (7.48)$$

სადაც  $S$  არის დგუშის სვლა, მმ;

$F_1$  — დგუშის თავისუფალი ფართობი, რომელსაც აწვება შეკუმშული ჰაერი მუშა სვლის დროს;

$F_2$  — იგივე, უკმი სვლის დროს;

$k$  — შეკუმშული ჰაერით ცილინდრის გავსების კოეფიციენტი (0,45 — 0,6).

ნორმალურ წნევაზე დაყვანილი (თავისუფალი) ჰაერის ხარჯი ერთ წუთში შეადგენს

$$V_m = V \cdot n(P + 1) \quad (8.48)$$

სადაც  $P$  არის შეკუმშული ჰაერის წნევა;

$n$  — მანქანაში ჰაერის კარგვის კოეფიციენტი. ეს კოეფიციენტი ახლად დამზადებული საბურღი მანქანებისათვის უდრის 1,2 — 1,15, ხოლო მანქანის ცვეთასთან დაკავშირებით იგი იზრდება და შეადგენს 1,3 — 1,5.

საბურღი ჩაქუჩების უკუცემა. მუშა სვლის დროს შეკუმშული ჰაერი ავითარებს თანაბარ წნევას დგუშსა და ცილინდრის უკანაკედელზე. ეს იწვევს მანქანის კორპუსის უკან დახევას. უქმი სვლის დროს კორპუსის მოძრაობის მიმართულება დასაწყისში იგივე რჩება, ხოლო შემდეგ იცვლება, რადგან წნევას ამ შემთხვევაში ცილინდრის წინაკედელი განიცდის. ჩაქუჩის პერიოდულ უკან დახევას — უკუცემას უწოდებენ. უკუცემა ამცირებს დარტყმის ენერგიას. უკუცემის საწინააღმდეგოდ საჭიროა ჩაქუჩზე განვავითაროთ სათანადო დაწოლა, რომელიც ხორციელდება მუშის ან მიმწოდებელი მექანიზმის საშუალებით. დაწოლის ძალა იმ პირობიდან გაიანგარიშება, რომ უქმი სვლის ბოლოს მანქანის კორპუსი საწყის მდგომარეობაში უნდა იყოს დაბრუნებული.

მუშა სვლის დროს მანქანის კორპუსზე მოქმედი ძალა წარმოადგენს ცილინდრის უკანაკედელზე შეკუმშული ჰაერის წნევის ძალისა ( $P_1$ ) და ჩაქუჩზე დაწოლის ძალის ( $R$ ) სხვაობას. კორპუსის აჩქარება მუშა სვლის დროს იქნება

$$a_1 = \frac{P_1 - R}{m} \text{ მ/წმ}^2, \quad (9.48)$$

სადაც  $m$  კორპუსის მასაა.

უკუცემის სიჩქარე მუშა სვლის დასასრულს შეადგენს  $v_1 = a_1 \cdot t_1$ .

მუშა სვლის  $t_1$  დროის განმავლობაში გავლილი მანძილი

$$S_1 = \frac{a_1 \cdot t_1^2}{2} \text{ მ.}$$

უქმი სვლის დროს კორპუსზე მოქმედებს  $P_2 + R$  ძალა ( $P_2$  არის შეკუმშული ჰაერის წნევის ძალა დგუშზე უქმი სვლისას), რომლის მიერ გამოწვეული აჩქარება

$$a_2 = \frac{P_2 + R}{m} \text{ მ/წმ}^2. \quad (10.48)$$

ამის გამო, კორპუსის მოძრაობა (უკუცემა) თანაბარშენელებული ხდება (მისი სიჩქარეა  $v_1 - a_2 t$ ). კორპუსი გაჩერდება  $t_x$  დროში, რომელიც უდრის

$$t_x = \frac{v_1}{a_2} = \frac{P_1 - R}{P_2 + R} \cdot t \text{ წმ.} \quad (11.48)$$

ამ დროის განმავლობაში გავლილი მანძილი ტოლია

$$S_2 = \frac{a_2 \cdot t_x^2}{2}.$$

უკუცემის განმავლობაში გავლილი მანძილი იქნება

$$S_n = S_1 + S_2, \text{ მ.}$$

უქმი სვლის დარჩენილ დროში ( $t_2 - t_x$ ) კორპუსი დაწოლის ანუ მიწოდების ძალის გავლენით უნდა დაუბრუნდეს საწყის მდებარეობას. ეს პირობა გვაძლევს ტოლობას:

$$a_2 \frac{(t_2 - t_x)^2}{2} = S_1 + S_2 = \frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_2 t_x^2}{2}, \text{მ.}$$

თუ უკანასკნელ გამოსახულებაში შევიტანთ სათანადო მნიშვნელობებს (12,48), (13,48), და (14,48) ფორმულებიდან, გავიგებთ მიწოდების საჭირო ძალის სიდიდეს

$$R = \frac{\left(1 + 2 \frac{t_2}{t_1}\right) P_1 - \frac{t_2^2}{t_1^2} P_2}{\left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right)^2}, \text{კგ.} \quad (12.48)$$

კორპუსის რხევის ამპლიტუდა

$$S_n = \frac{(P_1 + P_2)(P_1 - R) t_1^2}{2m(P_2 + R)}, \text{მ.} \quad (13.48)$$

უკუცემა იწვევს მზურღავის სწრაფად დაღლას და საერთოდ ცუდად მოქმედებს მის ჯანმრთელობაზე. ამიტომ საჭიროა ყველა ღონე ვიხმაროთ უკუცემის სიდიდის შესამციკრებლად, როგორც საბურღი მანქანის კონსტრუირების, ისე მისი ექსპლუატაციის დროს.

მიწოდების ძალა. საბურღი მანქანის ნორმალური მუშაობისათვის აუცილებელია მასზე გარკვეული ძალით დაწოლა, რომელიც უკუცემის ძალის საწინააღმდეგო იქნება. მიწოდების ძალა ანუ ღერძული წნევა ვითარდება თვით მუშის, ან ავტომიმწოდებლის მიერ.

როგორც (12.48) გამოსახულებიდან ჩანს, მიწოდების ძალა იზრდება დღეუბნე მოქმედი ძალის გაზრდით, ანუ, რაც იგივეა, დღეუბნის დიამეტრის გადიდებით. დიდდიამეტრიანი დღეუბნი აქვთ სწრაფდარტყმით საბურღი ჩაქუჩებს. ამიტომ მათი საშუალებით ბურღვისას საჭიროა დიდი მიწოდების ძალა, რომლის მიღწევა შეიძლება კნემოსაყრდენების საშუალებით.

ბურღვის მაქსიმალური მწარმოებლურობის მისაღებად საჭიროა ჩაქუჩის მუშაობისას დავიცვათ მიწოდების ძალის ოპტიმალური სიდიდე. თუ მიწოდების ძალა მეტისმეტად დიდი იქნება, შეიძლება საბურღი ჩაქუჩის „ჩაქრობა“, ე.ი. ბურღის ბრუნვის გაჩერება. ეს აიხსნება დიდი ღერძული წნევის გამო ბურღსა და ქანს შორის ხახუნის მნიშვნელოვანი გაზრდით, რომლის ვადასაღაზავად ჩაქუჩის მიერ განვითარებული მგრები მომენტი აღარაა საკმარისი.

თუ მიწოდების ძალა მცირეა, მაშინ ღვუშის დარტყმის ენერგია არასაკმარისად იქნება გამოყენებული, რაც ბურღვის მწარმოებლურობის შემცირებას გამოიწვევს.

მიწოდების ძალის ოპტიმალური სიდიდე შეიძლება ვიანგარიშოთ ფორმულით, რომელიც საკმაო თანხვლენას იძლევა ექსპერიმენტების შედეგებთან

$$R = 35 P \cdot D_3 \cdot 10^{-4} \text{ კგ.}$$

აქ  $D_3$  წარმოადგენს საბურღი ჩაქუჩის ღვუშის ეკვივალენტურ დიამეტრს

$$D_3 = \sqrt{D^2 - d^2},$$

სადაც  $D$  არის ღვუშის დიამეტრი, ხოლო  $d$  — ჰელიკოიდური ღეროს საშუალო დიამეტრი. თუ მინქანას ცალკე ჰელიკოიდური ღერო არ გააჩნია, მაშინ

$$D_3 = D.$$

მგრეხი ნომენტი. როგორც განმარტებული იყო, ბურღის შებრუნება ხდება უქმი სვლის დროს ჰელიკოიდური ღეროს შემწვობით. ამ დროს ღვუშზე მოქმედებს  $P_2$  ძალა, რომლის შემდგენი ჰელიკოიდური ღარების დახრის მიმართულებით იქნება  $P_2 \cdot \text{tg} \alpha$ , სადაც  $\alpha$  არის ღარის (კუთხვილის) დახრის კუთხე. თუ ჰელიკოიდური ღეროს კუთხვილის საშუალო დიამეტრია  $d$ , მაშინ მგრეხი მომენტი, რომელიც იწვევს ღვუშის შეტრიალებას, იქნება

$$M = P_2 \cdot \text{tg} \alpha \cdot \frac{d}{2} \text{ კგ.სმ.} \quad (14.48)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ ხახუნსაც, რომელიც ღეროსა და ღვუშს შორის წარმოიშვება, მაშინ შეიძლება დაწვიროთ

$$M = P_2 \cdot \text{tg}(\alpha - \gamma) \cdot \frac{d}{2} \text{ კგ.სმ,} \quad (15.48)$$

სადაც  $\gamma$  არის ხახუნის კუთხე.

ბურღზე მოქმედი მგრეხი მომენტი

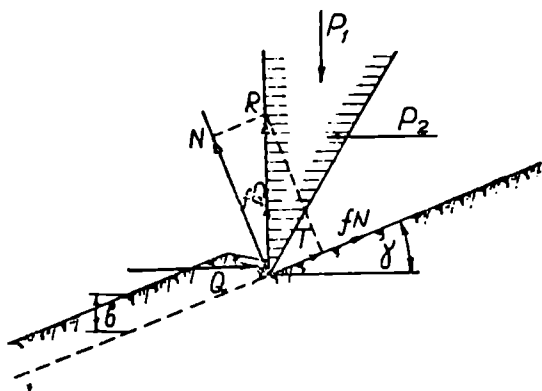
$$M_3 = \eta \cdot M \text{ კგ. სმ.} \quad (16.48)$$

აქ  $\eta$  არის ღვუშიდან ბურღზე ბრუნვის გადაცემის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

მგრეხი მომენტი უნდა უზრუნველყოფდეს ბურღის თავისუფალ ბრუნვას. ამ გარემოებას გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ღრმა შპურების ბურღვის შემთხვევაში. როგორც წარმოებაში ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენებს, 50 მეტრის სიღრმის შპურების ბურღვის დროს სიჩქარე არ შემცირდება, თუ საბურღი შტანგების ბრუნვისათვის გამოყენებული იქნება დამოუკიდებელი მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფს თავისუფალ ბრუნვას.

ბრუნვითი ბურღვის დროს მუშა იარაღს წარმოადგენს სპირალური შტანგა, რომელსაც ერთ ბოლოზე გააჩნია საჭრისი, ხოლო მეორე ბოლოზე გამოყვანილი აქვს კული საბურღ მანქანაში ჩასამაგრებლად. ქანი იბურღება საჭრისით, რომელიც ერთდროულად ასრულებს ბრუნვით და გადატანით მოძრაობას. ამგვარად, საჭრისის მკრელ პირზე მდებარე ყოველი წერტილი ხრახნწირზე მოძრაობს. ვინაიდან გადატანითი მოძრაობა საჭრისის ყველა წერტილისათვის თანაბარია, ამიტომ ხრახნწირის ბიჯიც ერთი და იგივეა. ხრახნწირის დახრა სხვადასხვა წერტილისათვის სხვადასხვაა და დამოკიდებულია ბრუნვის ლერძიდან წერტილის დაშორებაზე. ბრუნვითი ბურღვისას ქანის დანგრევა პროფ. შრეინერს შემდეგნაირად აქვს წარმოდგენილი.

მსჯელობის გასამარტივებლად ხრახნწირზე საჭრისის მოძრაობა შეცვლილია დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობით; ამ სიბრტყის დახრა საჭრისის მოცემული წერტილის ხრახნწირის დახრის ტოლია (კუთხე  $\gamma$ ).



ნახ. 125. ქანის დანგრევის მექანიზმი ბრუნვითი ბურღვისას

125-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ძალები, რომლებიც მოქმედებენ ბურღის მკრელ პირზე ქანის დანგრევის დროს. ვერტიკალური ძალა  $P_1$  წარმოადგენს ბურღზე მოქმედ მიწოდების ძალას მკრელო პირის სიგრძის ერთეულზე (ხელის საბურღი მანქანით მუშაობისას მიწოდების ძალა ვითარდება მუშის დაწოლით, ხოლო სვეტიანი საბურღი მანქანების შემთხვევაში — თვით მანქანის მიერ). თარაზული ძალა  $P_2$  იქმნება საჭრისის ბრუნვით და წარმოადგენს ჰრის ძალვას ანუ წნევას.

საჭრისის ვერტიკალურ გადაადგილებას (გადატანით მოძრაობას) ეწინააღმდეგება ქანის წინალობა ჩაწნევაზე  $R$ , რომელიც შეიძლება დაეშალოთ კრის ზედაპირისადმი მართობულ  $N$  ძალად და ამ ზედაპირზე მდებარე  $T$  ძალად. ნორმალური ძალის მოქმედებით კრის ზედაპირზე წარმოიქმნება ხახუნის ძალა  $fN$  ( $f$  — ხახუნის კოეფიციენტი).

საჭრისის თარაზულ გადაადგილებას (ბრუნვას) ეწინააღმდეგება  $Q$  ძალა, რომელიც საჭრისის წინა წახნაგის მართობულია. ამ წახნაგზე წარმოშობილი ხახუნის  $fQ$  ძალა  $R$  ძალის მიმართულებით მოქმედებს.

საჭრისზე მოქმედი  $P_1$  და  $P_2$  ძალები შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად

$$P_1 = R + f \cdot Q; \quad (1.49)$$

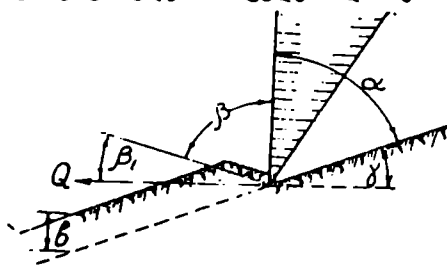
$$P_2 = Q + N \cdot f \cdot \cos \gamma, \quad (2.49)$$

ან, თუ  $N$ -ს გამოვსახავთ  $R$ -ის საშუალებით, მივიღებთ

$$P_2 = Q + f \cdot R \cdot \cos^2 \gamma. \quad (2.49)$$

126-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ქანის კრისათვის დამახასიათებელი კუთხეები. კრის სიბრტყის დახრის კუთხე აღნიშნულია  $\gamma$ -თი;  $\alpha$  არის კრის კუთხე;  $\beta$  — კუთხე საჭრისის წინა წახნაგსა და ახლეჩის სიბრტყეს შორის;  $\beta_1$  — მისი დამატებითი კუთხე.

$\alpha$  და  $\beta$  კუთხეების ჯამი, რომელიც ახლეჩის კუთხეს წარმოადგენს, მცირე ფარგლებში იცვლება და შეიძლება მუდმივ სიდიდედ მივიღოთ.



ნახ. 126. კრის კუთხეები

ახლეჩის კუთხის მნიშვნელობა ნაკლებად არის დამოკიდებული ქანის მექანიკურ თვისებებზე, საჭრისის გეომეტრიულ ფორმასა და კრის კუთხეზე. ახლეჩის კუთხის ეს შესანიშნავი თვისება დადგენილი იყო ჯერ კიდევ პროფ. ტიმეს მიერ (1870 წ.) და შემდეგ და-

მტკიცებული მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტით. გამორკვეულია, რომ  $\alpha + \beta = 155 - 160^\circ$ .

$Q$  ძალის სიდიდე განისაზღვრება იმ წინალობით, რომელიც წარმოიქმნება ახლეჩის სიბრტყეზე. პროფ. შრეინერს თეორიული ანგარიშით გამოჟავს, რომ

$$Q = m \cdot b \cdot k, \quad (3.49)$$

სადაც  $b$  არის ბურბუშელას სისქე;

$k$  — ახლეჩის ნორმალური წინალობა;



$m$  — კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია კრის კუთხესა და ხახუნის კოეფიციენტზე

$$m = \frac{1}{\sin \beta \cdot (\sin \beta - f \cdot \cos \beta)}$$

$Q$  ძალის ამ მნიშვნელობას თუ შევიტანთ (1.7) და (2.7) ფორმულებში, მივიღებთ მიწოდების  $P_1$  ძალისა და კრის  $P_2$  წნევის შემდეგ მნიშვნელობებს

$$P_1 = R + f \cdot m \cdot b \cdot k;$$

$$P_2 = m \cdot b \cdot k + f \cdot R \cdot \cos^2 \beta.$$

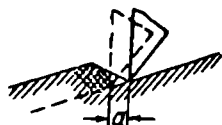
$R$  ძალა შეიძლება შევცვალოთ  $P \cdot S$  გამოსახულებით, სადაც  $P$  არის ქანის წინაღობა ჩაწნევაზე, ე.ი. სისალე, ხოლო  $S$  — საკრისისა და ქანის კონტაქტის ფართობი. მაშინ გვექნება:

$$P_1 = P \cdot S + f \cdot m \cdot b \cdot k; \quad (4.49)$$

$$P_2 = m \cdot b \cdot k + f \cdot P \cdot S \cdot \cos^2 \beta. \quad (5.49)$$

როგორც პროფ. შრეინერი დაასკვნის, საკრისის ტიპის ბურღების მუშაობის დროს საჭირო ხდება ჩაწნევისა და სუფთა ძვრის წინალომების გადალახვა. ჩვეულებრივ,  $P_2$  ძალა ნაკლებია  $P_1$  ძალაზე. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვთ ხახუნის ძალებს. ძალიან დიდია  $f \cdot P \cdot S$  ხახუნის ძალა, რომელიც მცირე ფართობზე ვრცელდება.  $f \cdot m \cdot b \cdot k$  ხახუნის ძალა გაცილებით ნაკლებია და დიდ ფართობზეა განაწილებული. მოქმედი ძალების შესაბამისად, საკრისის წინა წახნაგის ცვეთა უმნიშვნელოა. ხოლო საკრისის პირი მეტად ინტენსიურად იცვითება.

საკრისის წინა წახნაგი ქანის ბურბუშელას მთელ სისქეზე არ ეხება. საწყის მომენტში, ბურბუშელას მორიგი ელემენტის ახლეჩის შემდეგ შეხება უმნიშვნელოა (ნახ. 127). შემდეგ იგი თანდათან იზრდება, სანამ საკრისის ბრუნვისას წარმოშობილი ძალა არ გადააჭარბებს სიმტკიცის ზღვარს ახლეჩის სიბრტყეზე. ამ მომენტში წარმოიქმნება ბურბუშელას ახალი ელემენტი-გზას, რომელსაც გადის საკრისი ბურბუშელას ელემენტის შექმნისათვის, პროფ. შრეინერი ბურღვის ბიჯს უწოდებს (ა). ბიჯის სიდიდე ბურბუშელას სისქის პროპორციულია. ბურბუშელას სისქე და ბურღვის ბიჯი ერთი და იგივეა მჭრელი პირის მთელ სიგრძეზე. ვინაიდან საკრისის ყოველი წერტილის მიერ გავლილი გზა ბრუნვის ღერძიდან მისი დაშორების პროპორციულია, ამიტომ ბურბუშელას ელემენტის წარმოშობა შპურის სანგრევის მთელ სივანეზე ერთდროულად არ ხდება. თავდაპირველად აიხლიჩება ბურბუშელას ელემენტები პერიფერიებზე, შემდეგ — მის



ნახ. 127. ბურბუშელას წარმოქმნის სქემა

მეზობელ უბნებზე და ა.შ. იმ დროისათვის, როდესაც ბურბუშელას პირველი ელემენტი აიხლიჩება ბრუნვის ღერძის მახლობლად, პერიფერიაზე (შპურის კედელთან) უკვე რამდენიმე ელემენტი იქნება ახლიჩილი.

ექსპერიმენტული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ საჭრისის ქანში შეჭრის წინალობა (ჩაწნევაზე წინალობა) იზრდება ბრუნთა რიცხვის გადიდების დროს. საჭირო ღერძული დაწოლა (მიწოდების ძალა) საჭრისის დიამეტრის პროპორციულად მატულობს.

ბრუნვითი ბურღვის საკითხების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგად ტექ. მეცნ. დოქტ. ე. მინდელი აკეთებს შემდეგ დასკვნებს:

1. ღერძული დაწოლის განმსაზღვრელ ფაქტორებს, სხვა თანაბარ პირობებში, წარმოადგენს: საჭრისის დიამეტრი, ქანის წინალობა შეჭრისადმი და საჭრისის ბრუნვისას წარმოშობილი ხახუნის ძალების სიდიდე. ამ ფაქტორებსა და ღერძულ დაწოლას შორის არსებობს ხაზოვანი დამოკიდებულება.

2. ჭრის (ახლიჩის) ძალის განმსაზღვრელი ფაქტორებია: ბურბუშელას სისქე, საჭრისის დიამეტრი, ქანის წინალობა ახლიჩაზე და სხვ.

3. ბრუნვითი ბურღვისას დახარჯული სიმძლავრე განისაზღვრება ჭრის ძალის სიდიდით, საჭრისის დიამეტრითა და მისი ბრუნვის სიჩქარით.

4. საჭრისის ბრუნვის ოპტიმალურ სიჩქარეზე გავლენას ახდენენ: ქანის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, საჭრისის პირის სიმკვეთრის კუთხე და ერთი ბრუნვისას აჭრილი ქანის სისქე.

5. ვინაიდან საჭრისის ბრუნვის ოპტიმალური სიჩქარე განისაზღვრება არა მარტო ქანის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, არამედ საჭრისის სიმკვეთრის კუთხითა და ბურბუშელას სისქით, ამიტომ ბურღვის დროს მიზანშეწონილია ღერძული დაწოლის, საჭრისის მიწოდების სიჩქარისა და ბრუნვის სიჩქარის დამოუკიდებელი რეგულირება.

## § 50. ბრუნვითი ბურღვის მანქანები

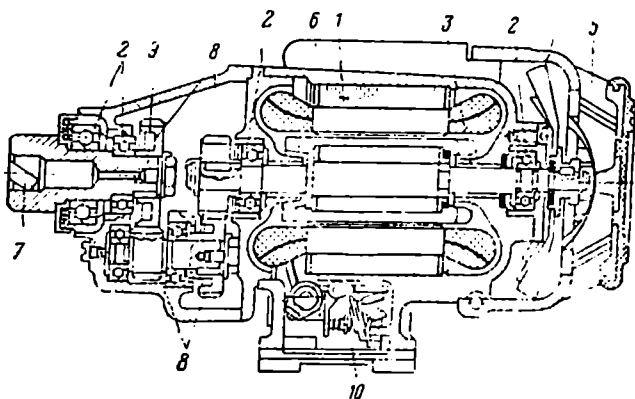
ბრუნვითი ბურღვის მანქანები, ამძრავის ტიპის მიხედვით, შეიძლება იყოს ელექტრული, პნევმატიკური ან ჰიდრაულიკური. უმეტესად გავრცელებულია ელექტრული მანქანები, რომელთაც, პნევმატიკურ მანქანებთან შედარებით, გაცილებით მეტი მწარმოებლურობა და მარგი ქმედების კოეფიციენტი აქვთ.

პნევმატიკური ბრუნვითი მანქანები გამოიყენება მხოლოდ ისეთ შემთხვევაში, როდესაც ელექტრული მანქანების ხმარება უსაფრთხოების თვალსაზრისით დაუშვებელია (მაღაოოში ფეთქებადი აირებისა და მტერის დიდი გამოყოფის დროს).

პიდრავლიკური მანქანები შეიძლება გამოვიყენოთ ისეთ შახტებში, სადაც ქვანახშირის მოპოვება პიდრავლიკური წესით ხდება. პიდრობურლები სამუშაოდ გამოიყენება სანგრევთან მოყვანილი მალალი წნევის წყალსადენი.

ქვანახშირისა და რბილ ქანებში სამუშაოდ ხმარობენ ხელის ელექტრობურლებს ( $f < 4$ ), საშუალო სიმაგრის ქანებში კი ( $f = 4 - 10$ ) სვეტიან ელექტრობურლებს. 26-ე ცხრილში მოცემულია ბრუკვითი ბურლის მანქანების ძირითადი მახასიათებლები.

ხელის ელექტრობურლების ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია მოკლედ შერთული ასინქრონული ელექტროძრავა, რედუქტორი, დენის



ნახ. 128. ხელის ელექტროპერფორატორი

ჩამრთველი და ვენტილატორი, რომელიც ელექტროძრავას აგრილებს. ყველა ნაწილი მოთავსებულია მსუბუქი ლითონის (სილუმინის) გარსაცმში. გარსაცმს აქვს ორი სახელური (რეზინის იზოლაციით).

128-ე ნახაზზე წარმოდგენილია ხელის ელექტროპერფორატორი СЭР-19 М. სილუმინის კორპუსში მოთავსებულია ელექტროძრავა 1 მოკლედჩართული როტორით 3, რომლის ბრუნვა რედუქტორის კბილანების 8 ორი წყვილით გადაეცემა შპინდელს 9. ნახაზზე ნაჩვენებია აგრეთვე საკისრები 2, ვენტილატორი 4, სახურავი 5, კორპუსი 6 (იგი წიბოვანი კეთდება უკეთ ვაგრილების მიზნით), შპინდელის ბუდე 7, რომელშიც სპირალური ბურღი მაგრდება, დენის ამომრთველი 10, როტორი წუთში, დაახლოებით, 2700 ბრუნს აკეთებს (ზოგიერთი მარკის პერფორატორებში ბრუნთა რიცხვი ვაცილებით მეტია). ასეთი ბრუნვის სიჩქარის გადაცემა უშუალოდ სპირალურ ბურღზე დაუშვებელია, რადგან ეს ბურღის დამტკრევას გამოიწვევს. ამიტომ ბრუნთა რიცხვის



შესამცირებლად იყენებენ ორი წყვილი კბილანასაგან შემდგარ რედუქტორს.

ელექტრობურღის კორპუსს აქვს ორი სახელური, რომლებითაც იგი მუშას უკავია ბურღვის დროს. მარჯვენა სახელურზე დაყენებულია ჩახმახი, რომელზედაც ხელის დაქერით მოძრაობს ბერკეტის სისტემა, რაც იწვევს კონტაქტების ჩართვასა და დენის გატარებას. ხელის მოშვებისას ზამბარა საწყის მდგომარეობაში აბრუნებს ბერკეტებს, რითაც ხდება დენის გამორთვა.

ელექტრობურღში დენი მიეწოდება მოქნილი კაბელით, რომელიც ქუროთი შეყვანილია ჩამრთველის ყუთში.

ელექტრობურღში CЭP-19M რედუქტორის კბილანების ერთი წყვილი შეიძლება შეიცვალოს, რითაც ვლებულობთ ბურღვის ორ სიჩქარეს. ნაკლები სიჩქარე გამოიყენება უფრო მეტი სიმაგრის ქანების გასაბურღავად.

ქანის გამობურღვისათვის საჭიროა მანქანიდან საჭრისს გადაეცეს როგორც მაბრუნე მომენტი, ისე ღერძული დაწოლა. მაბრუნე მომენტი იქმნება შპინდელის ბრუნვით, ელექტროენერჯიის ხარჯზე. ღერძულ დაწოლას კი ახორციელებს თვით მუშა, რაც მის დალლას იწვევს. ამასთანავე მუშის მიერ განვითარებული დაწოლა შეიძლება არასაკმარისი აღმოჩნდეს ქანის ეფექტური ბურღვისათვის. ამან განაპირობა ისეთი ხელის ელექტრობურღების გამოყენება, რომლებსაც მექანიკური (იძულე-ბითი) მიწოდების მოწყობილობა გააჩნიათ (ЭРП-18Д-2М).

ამ შემთხვევაში სანგრევთან აყენებენ მსუბუქ გამჭეკ სვეტს, რომელზეც მაგრდება წვრილი ფოლადის ბაგირის ერთი ბოლო. მისი მეორე ბოლო დახვეულია პერფორატორთან დაკავშირებულ დოლზე, რომელიც ბრუნვით მოძრაობას ღებულობს როტორიდან, კბილანების წყვილისა და ქიახრახნის საშუალებით. იძულებითი მიწოდების ელექტრო-პერფორატორები გამოიყენება უფრო მაგარი ქვანახშირისა და ქანების გასაბურღავად.

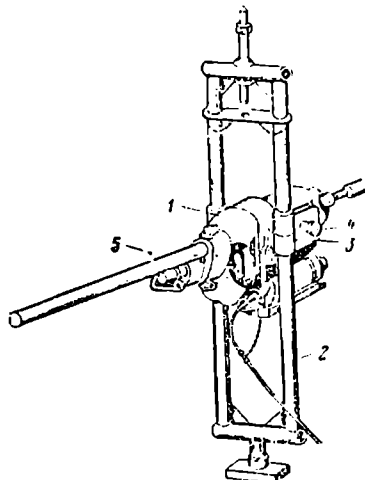
ხელის ელექტროპერფორატორების კონსტრუქცია აფეთქება-უსაფრთხოა და მათი გამოყენება დაშვებულია აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო შახტებში.

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

სვეტიან ელექტროპერფორატორებში შპინდელის მიწოდება ხდება მექანიკური ან პიდრავლიკური სისტემის საშუალებით. პირველ შემთხვევაში გამოიყენება დიფერენციული — ხრახნული მიწოდება, რომელიც ღერძული წნევის რეგულირების საშუალებას არ იძლევა

(მიწოდების სიდიდე დამოკიდებულია ხრახნის ბიჯზე). გადატვირთვების თავიდან ასაცილებლად მექანიზმში ჩაყენებულია ფრიქციული ქურო, რომელიც სრიალებს დიდი ღერძული წნეების წარმოქმნისას.

ჰიდრაულიკური მიწოდებისას შესაძლებელია ღერძული წნევის მდოვრე ცვალებადობა. ამიტომ ახალი მარკების სვეტიან ელექტროპერფორატორებს ჰიდრაულიკური მიწოდების სისტემა გააჩნიათ. ხრახნიანი მიწოდების პერფორატორებიდან ამჟამად წარმოებაში გავრცელება აქვს



СЭК-1 მარკის მანქანებს. 129-ე ნახაზზე ნაჩვენებია პერფორატორი СЭК-1, რომელიც დაყენებულია КЭБ-5 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 შებრუნდეს ვერტიკალური ღერძის გარშემო, ხოლო ელექტრობურღი — თათების ირგვლივ. ამის შედეგად შესაძლებელია ნებისმიერი მიმართულების შპურების ბურღვა.

ნახ. 129. სვეტიანი ელექტროპერფორატორი

სვეტიანი ელექტრობურღებით მუშაობისას ბევრი დრო ინარჯება

დამხმარე ოპერაციებზე, მათ შორის სპირალური ბურღების შეცვლაზე. დროის კარგვის შემცირების მიზნით შექმნილია ე. წ. გრძელსვლიანი მანქანები, რომლებიც ახდენენ საბურღი ინსტრუმენტის განუწყვეტელ მიწოდებას შპურის მთელ სიგრძეზე. ასეთ მანქანებს ეკუთვნის ЭБП-1 მარკის ელექტრული პერფორატორი.

ჩვენი მრეწველობა უშვებს ელექტრული პერფორატორებით აღჭურვილ საბურღ ურიკებს, რომლებსაც გააჩნიათ ავტომიმწოდებლები, მანიპულატორები (მანქანისათვის საჭირო მდებარეობის მისაცემად), მართვის პულტი და თვითმავალი მექანიზმი. ასეთ ურიკებს იყენებენ თარაზულ გვირაბებში, როდესაც ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი  $f \ll 8$ , ხოლო სანგრევის სიმაღლე 4,5 მეტრს არ აღემატება. 27-ე ცხრილში მოცემულია ასეთი ურიკების ტექნიკური დახასიათებები. ყველა ურიკას, გარდა КБМ-3 მარკისა, თვითმავალი მექანიზმი გააჩნია.

## ელექტროლუპერფორატორიანი ურიკები

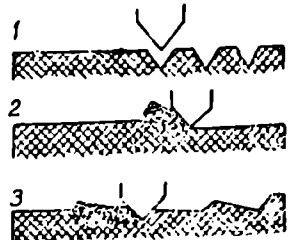
მაჩვენებლები	КВМ-3	БУЭ-1	БУЭ-2	ТБЭ-1
შპურის დიამეტრი, მმ	42	42	42	42
მიწოდების სიგრძე, მ	2,4	3,0	3,0	3,0
მიწოდების ძალა, კვძ	2380	1700	1700	1540
პერფორატორების რიცხვი	2	1	2	2
ბურღვის სიშიღლე, მ	2,6	3,4	4,1	5,0
ბურღვის სიგანე, მ	3,9	3,6	5,0	4,6
ლიანდავის სიგანე, მმ	600; 900	600; 750; 900	600; 750; 900	750
წონა, ტ	3,8	5,2	9,3	6,4
ფასი, მან	9100	19000	15600	—

## § 51. ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვა

ამ შემთხვევაში ბურღი ასრულებს განუწყვეტელ ბრუნვით მოძრაობას დიდი ღერძული დაწოლის ქვეშ და ამასთანავე განიცდის პერიოდულ დარტყმებს, ე. ი. ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვა ხასიათდება ბრუნვითი ბურღვისა და დარტყმითი ბურღვის პრინციპების ერთობლიობით და ამიტომ მას აქვს ბურღვის ორივე ხერხის უპირატესობანი.

ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვა სულ უფრო ფართო გავრცელებას პოულობს როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ. ბრუნვა რიცხვის, ღერძული დაწოლისა და დარტყმების ძალის ცვალებადობა და მათი სათანადო შეხამება საშუალებას იძლევა მივიღოთ ქანის დანგრევის სხვადასხვა რეჟიმები და, მაშასადამე, ეფექტურად ვბურღოთ სხვადასხვა სიმაგრის ქანები.

სხვადასხვა ხერხით ბურღვისას ქანის დანგრევის სქემა ნაჩვენებია 130-ე ნახაზზე (I — დარტყმითი ბურღვა, II — ბრუნვითი ბურღვა, III — ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვა). დარტყმითი ბურღვისას ვღებულობთ ბურღის პერიოდულ შეჭრას ქანში და მიღებულ ნაკლევებს შორის ქანის სექტორების ახლენას. ბრუნვითი ბურღვისას ხდება ქანის ბურბურღის ათლა გარკვეულ სისქეზე. ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვისას ქანის დანგრევა წარმოებს როგორც დარტყმის მომენტში, ისე დარტყმებს შორის არსებულ დროის შუალედებში — მბრუნავი ბურღის



ნახ. 130. ქანის დანგრევის სქემა სხვადასხვა ხერხით ბურღვისას

მკრელი პირით ქანის მოხლეჩის შედეგად. ამ წესით ბურღვის შემთხვევაში დანგრეული ქანის მოცილება შპურის ძირიდან მხოლოდ გამორეცხვის საშუალებით ხდება.

ქანის მოცულობითი დანგრევის პირობა ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვისას შემდეგია

$$P_{\text{სტ}} + A_{\text{დარტ}} > \sigma_{\text{კრ}} \cdot S,$$

სადაც  $P_{\text{სტ}}$  არის საბურღ ინსტრუმენტზე განვითარებული ღერძული ძალა, კგძ;

$A_{\text{დარტ}}$  — ერთეული დარტყმის ენერგია, კგძ. სმ;

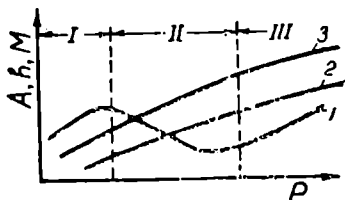
$\sigma_{\text{კრ}}$  — ქანის კრიტიკული ძაბვა დინამიკური დატვირთვისას, კგძ/კმ<sup>2</sup>;

$S$  — ბურღის მკრელი პირისა და ქანის კონტაქტის ფართობი, კმ<sup>2</sup>.

ქანის დანგრევის ხასიათი გარკვეულ ცვლილებებს განიცდის ღერძული ძალვის სიდიდის შესაბამისად. ამ თვალსაზრისით არჩევენ ღერძული ძალვის სამ ზონას (42-მილიმეტრიანი შპურების ბურღვისას).

I ზონა ხასიათდება მცირე ღერძული ძალვით, რაც საშუალო სიმაგრის ქანებისათვის არ აღემატება 100 კგძ, ხოლო დიდი სიმაგრის ქანებისათვის — 250 კგძ. ამ შემთხვევაში ქანის დანგრევის პროცესი დარტყმითი ბურღვის ანალოგიურია; ყოველი დარტყმის შემდეგ ბურღი მთლიანად ამოდის ქანში შექმნილი ღრმულიდან და ქანის დანგრევა ბურღის ბრუნვის შედეგად არ ხდება.

II ზონას შეადგენს საშუალო სიდიდის ღერძული ძალები: საშუალო სიმაგრის ქანებისათვის 100—750 კგძ., მაგარი ქანებისათვის 250—1250 კგძ. ქანის დანგრევა ამ დროს ხდება როგორც ბურღზე დარტყმების, ისე ბურღის ბრუნვის შედეგად. ბრუნვის დროს მოთლოლი ბურღშელის სისქე თანაბარი არ არის, რადგან ბურღი ნაწილობრივ მაინც ამოდის ღრმულიდან (ღერძული წნევა არასაკმარისია ბურღის გასაჩერებლად მუდმივ სიღრმეზე, ე.ი. მას პარაბოზს ბურღის ღრეკალობისა და ქანის წინალობის ძალები).



ნახ. 131. ღერძული ძალვის ზონები

III ზონა წარმოდგენილია დიდი ღერძული ძალებით, რაც საშუალო სიმაგრის ქანებისათვის აღემატება 750 კგძ, ხოლო მაგარი ქანებისათვის 1250 კგძ. ასეთი ღერძული ძალებების დროს ქანის დანგრევა ძირითადად ხდება ბურღის ბრუნვის შედეგად. დარ-

ტყმითი დატვირთვის გავლენა ამ დროს ნაკლებია.

131-ე ნახაზზე წარმოდგენილი მრუდები გვიჩვენებს დანგრევის მოცულობითი მუშაობის  $A$ , ერთი ბრუნვის დროს ბურღის ქანში შეჭრის



ბრუნვით-დარტეკმით საბურღო დანადგარები

მაჩვენებლები	БУ-1M	БУР-2	СБУ-2M	1СБУ-2K	СБУ-4	БКГ-2
შპურის დაბეჭდი, მმ	42	42	42	42	42	42
ბურღვის სიღრმე, მ	2,5	2,5	2,5	3,75	8,75	2,5
საბურღო მანქანის სელა, მ	2,75	2,75	2,75	4,0	4,0	2,8
ბურღვის მაქსიმალური სიმაღლე, მ	3,7	3,9	4,1	5,8	12,0	3,5
ბურღვის სივანე (ერთი დღეში), მ	5,0	5,5	6,28	6,2	—	4,5
საბურღო მანქანის მარკა	1100-1-1M აწ БГА-1M	1100-1-1M აწ БГА-1M	1100-1-1M აწ БГА-1M	БГА-1M	БГА-1M	БКГ-2
დარტეკების რიცხვი წუთში	3500	3500	3500	2600	2600	3000
ბრუნვა რიცხვი წუთში	150	150	150	140	140	175
სავალი ნაწილის ტიპი	სოლიანდაგი					
საბურღო მანქანების რიცხვი	1	2	2	2	4	2
მაქსიმალური დერტეკული ძალა, კგმ	1900	1900	1900	1700	1700	1700
სიგრძე, მ	6,5	7,0	7,1	9,2	7,96	6,8
სიგანე, მ	1,08	1,3	1,87	2,4	3,2	1,41
სიმაღლე, მ	1,5	1,55	1,75	2,75	3,8	1,61
მასა, ტ	2,3	5,7	6,0	14,0	27,0	5,5

სიღრმის  $h$  და მგრები მომენტის  $M$  დამოკიდებულებას ღერძულ ძალვასთან  $P$ . I ზონაში ღერძული ძალვის გაზრდა პრაქტიკულად არ ცვლის დანგრეული ქანის მოცულობას, მაგრამ ზრდის ხახუნს ბურღის თავსა და ქანს შორის, რის გამოც დანგრევის მოცულობითი მუშაობა მატულობს. II ზონაში ღერძული ძალვის გაზრდით იზრდება ბურღის ბრუნვით ქანის დანგრევის ეფექტი, რის გამოც დანგრევის მოცულობითი მუშაობა მცირდება. III ზონაში ღერძული ძალვის გაზრდით დანგრევის მოცულობითი მუშაობა მატულობს.

სამივე ზონაში ღერძული ძალვის გაზრდა იწვევს ბურღის სიჩქარის გაზრდას. ძალვის მაქსიმალური მნიშვნელობა შეზღუდულია საბურღი ინსტრუმენტის სიმტკიცითა და ცვეთამდედგობით.

ჩვენი მრეწველობა ამჟამად უშვებს БГА-1М, 1100-1-1М და БКГ-2 მარკის მანქანებს ბრუნვით-დარტყმითი ბურღისათვის. ყველა მათგანი პნევმატიკურ ენერგიაზე მუშაობს და გამოიყენება საბურღი დანადგარების სახით, რომელთა ტექნიკური მაჩვენებლები მოცემულია 28-ე ცხრილში. ბრუნვით-დარტყმითი ბურღის ყველა დანადგარი, გარდა БУ-1М მარკისა, თვითმავალია. ასეთი მანქანებით ბურღვა რეკომენდებულია ქანებში, რომელთა სიმაგრის კოეფიციენტი  $f=5-16$ . ბურღის მწარმოებლურობა ამ შემთხვევაში 2-3-ჯერ იზრდება ჩვეულებრივი დარტყმითი ტიპის მანქანების მწარმოებლურობასთან შედარებით.

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

## § 52. საბურღი ინსტრუმენტი

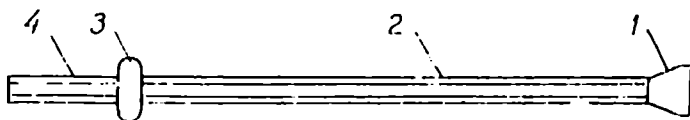
საბურღი ინსტრუმენტი ანუ ბურღი წარმოადგენს საბურღი მანქანის აღმასრულებელ ორგანოს, რომლის უშუალო ზემოქმედებით ხდება ქანის დანგრევა შპურის (კაბურღილის) ძირში.

132-ე ნახაზზე ნაჩვენებია დარტყმითი ბურღის დროს სახმარი ბურღი, რომელიც ერთ მთლიან სხეულს წარმოადგენს. მას აქვს შემდეგი ნაწილები: თავი 1, ღერო 2, ბორცვი 3 და კული 4. საბურღ მანქანაში თავსდება ბურღის კული, რომელიც ჰოკის დარტყმებს ღებულობს, ხოლო ბურღის თავი ანგრევს ქანს შპურში. ბორცვი განსაზღვრავს კულის სიგრძეს, რომელიც გარკვეულ სიღრმეს წარმოადგენს მოცემული ტიპის საბურღი ჩაქუჩისათვის. თუ კულის სიგრძე საჭიროზე ნაკლები იქნება, ჰოკის დარტყმები მას ვერ მიაღწევს, ხოლო მომეტებული სიგრძის შემთხვევაში მივიღებთ ნაადრევ დარტყმებს, რაც გამოიწვევს

საბურლი ჩაქურჩის სიმძლავრის შემცირებას და დაარღვევს მის ნორმალურ მუშაობას. ბურლის კუდის სიგრძე 80 — 110 მილიმეტრია.

ასეთი ბურლები, რომელთაც მთლიან ბურლებს უწოდებენ, მზადდება ნახშირბადოვანი საიარალო ფოლადისაგან. საბურლე ფოლადში რამდენადმე გაზრდილია მანგანუმისა და კაუბადის შემცველობა, ხოლო ფოსფორისა და გოგირდის რაოდენობა შემცირებულია. საბურლე ფოლადი ექვესკუთხა ან მრგვალი კვეთისაა, მისი დიამეტრი 22 — 35 მმ-ია.

საბურლე 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,



ნახ. 132. მთლიანი ბურლი

განკუთვნილია შპურის გასაწმენდად ბურლის ფქვილისაგან. მთლიანი კვეთის მქონე ბურლებს იყენებენ ხელბურლის შემთხვევაში.

ბურლის თავს, საჭირო სიმტკიცის მისაცემად, აწრთობენ, ე.ი. ახდენენ მის სპეციალურ თერმულ დამუშავებას. მაგრამ ნაწრთობი თავი მაგარ ქანებში ბურღვისას მაინც ადვილად იბლაგვება. ხშირად ხდება საჭირო დაბლაგული ბურლის შეცვლა მოპირული ბურლით. ეს იწვევს დროის კარგვას, ბურღვის მწარმოებლურობის შემცირებას, რაც ზრდის ფოლადის ხარჯს.

დაბლაგვის მიზეზით რომ მთელი ბურლის გამოცვლა არ მოგვიხდეს, უმჯობესია მთლიანი ბურლის ნაცვლად გამოვიყენოთ შედგენილი ბურლი. ასეთ ბურლს უკეთდება მოსახსნელი თავი (გვირგვინი). ეს საშუალებას გვაძლევს საჭიროების შემთხვევაში მოვხსნათ დაბლაგული თავი და ბურლის ღეროზე დავამაგროთ ახალი. თავის დამაგრება ღეროზე ხდება მიხრახნით, ან კონუსური შეერთებით. კუთხილი გვირგვინისა და ღეროზე მარცხენაა, რადგან მუშაობისას ბურლი მარჯვნიდან მარცხნივ ტრიალებს. კონუსური შეერთებისას გვირგვინს გააჩნია გლუვკედლებიანი კონუსური ღრმული ( $\alpha = 3 - 5^\circ$ ). ღეროს ერთი ბოლო მუშავდება ისეთივე კონუსურობით და თავსდება გვირგვინის ღრმულში. ქანზე ბურლის რამდენიმე დარტყმით ვლებულობთ საიმედო გაჭეჭვას.

შედგენილი ბურლების გამოყენებისას საშუალება გვეძლევა გვირგვინების დასამზადებლად გამოვიყენოთ უფრო მაღალხარისხოვანი ფოლადი, ხოლო ღეროდ—ჩვეულებრივი საბურლე ფოლადი. ამიტომ მოსახსნელთაგან ბურლები უფრო ძნელად იბლაგვება, რაც თავის

მხრივ, იწვევს ბურლების გამოცვლაზე დროის უნაყოფო კარგვის შემცირებას და ზრდის ბურღვის მწარმოებლურობას. მოსახსნელი თავების გამოყენება ამცირებს ფოლადის ხარჯს, აადვილებს ბურლების ტრანსპორტირებას და, საერთოდ, ამარტივებს საბურღე მეურნეობას.

ვინაიდან ბურღის კულდა ჰოკის ხშირ დარტყმებს ღებულობს, ამის გამო, დროთა განმავლობაში, ისიც განიცდის დეფორმაციას. ამიტომ შედგენილ ბურღებს ზოგჯერ ამზადებენ მოსახსნელი თავითა და კულით. ბურღის თავისათვის კიდევ უფრო მეტი გამძლეობის მისაცემად მას უკეთებენ სალი შენადნობის ფირფიტას. მისი მიორჩილვა ხდება ბურღის თავში გაკეთებულ სათანადო ამონაქერში. 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 დაბლაგვისადმი 15 — 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 წინაღობა ნაკლებია. დიდი სიმაგრის ქანებში ( $f > 15$ ) გამოიყენება BK-15 მარკის შენადნობი, საშუალო სიმაგრის ქანებში ( $f = 10 - 15$ ) — BK-8B, ხოლო საშუალოზე ნაკლები სიმაგრის ქანებში ( $f < 10$ ) — BK 6 B (რიცხვები გვიჩვენებს კობალტის პროცენტულ შემცველობას).

ფოლადისთავიანი მთლიანი ბურღები ამჟამად მეტად იშვიათად გამოიყენება, ისიც მხოლოდ შედარებით რბილი ქანების ბურღვისას ( $f < 6$ ). მაგარ ქანებში მუშაობისას ზოგჯერ იყენებენ სალი შენადნობით აღჭურვილ მთლიან ბურღებს. ჩვენს ქვეყანაში უფრო მეტად გავრცელდა სალი შენადნობით აღჭურვილი მოსახსნელთავიანი ბურღები. ფოლადის მოსახსნელ გვირგვინებს (სალი შენადნობით აღჭურვის გარეშე) ხმარობენ მხოლოდ ნაკლები სიმაგრის ქანების ბურღვის შემთხვევაში. ბურღის თავის (გვირგვინის) ფორმა სხვადასხვაგვარია. ამა თუ იმ ფორმის ბურღის თავის გამოყენება დამოკიდებულია ქანის სიმაგრესა და აღნაგობაზე.

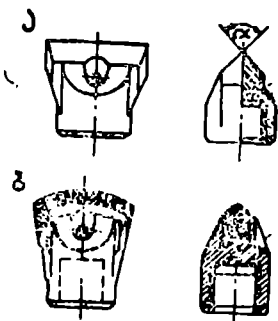
მჭრელი პირების რაოდენობისა და განლაგების მიხედვით არჩევენ მარტივი და რთული ფორმის გვირგვინებს. მარტივი სახისაა ერთსატეხიანი გვირგვინი მთლიანი მჭრელი პირით, რომელიც შეიძლება იყოს სწორი, მომრგვალებული (ნახ. 133) ან ტეხილი (ნახ. 134 ბ).

ერთსატეხიანი გვირგვინი იძლევა ბურღვის ყველაზე მეტ სიჩქარეს, მაგრამ მისი დაბლაგვა შედარებით ადვილად ხდება. ამიტომ იგი გამოიყენება მცირე და საშუალო სიმაგრის ქანებში. დიდი სიმაგრის ქა-

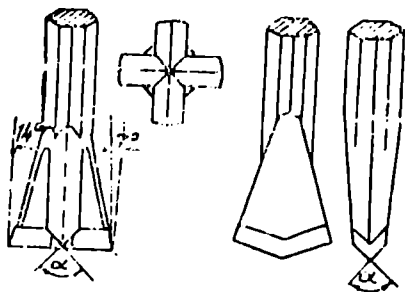
ნებში მუშაობისას აუცილებელია ასეთი ბურღის თავის აღჭურვა სალი შენადნობით, სატეხისებრი ბურღის გამოყენება ნაპრალოვან ქანებში მიუღებელია მისი მოსალოდნელი გაჭეკვის გამო. ასეთი ბურღით მუშაობისას აღინიშნება დიდი უკუცემა, რაც ღლის მბურღავს და ცუდ გავლენას ახდენს თვით მანქანაზე.

ბურღის თავის მკვეთრ ნაწილს პირი ეწოდება. პირის გვერდითი სიბრტყეები ქმნიან სიმკვეთრის  $\alpha$  კუთხეს, რომელიც  $70 - 120^\circ$ -ის ფარგლებში აიღება. რაც უფრო მაგარია ქანი, მით მეტი უნდა იყოს  $\alpha$ -ს მნიშვნელობა. ბურღის პირის სიმაღლე  $4 - 8$  მმ შეადგენს.

რთული ფორმისას მიეკუთვნება გვირგვინები, რომელთაც რამდენიმე მჭრელი პირი აქვთ. ჯვარული გვირგვინიანი ბურღები უმეტესად იხმარება მაგარ და ძლიერ მაგარ ქანებში (ნახ. 134). ნაპრალოვანობის



ნახ. 133. ერთსატეხიანი გვირგვინები



ნახ. 134. სიმკვეთრის და დახრილობის კუთხეები

შემთხვევაში იგი გამოიყენება შედარებით ნაკლები სიმაგრის ქანების ბურღვის დროსაც. ჯვარული გვირგვინის გვერდითი ზედაპირი კონუსურია და ხასიათდება დახრილობის ორი კუთხით. პირველი კუთხე განსაზღვრავს ბურღის პირის ნაპირების დახრილობას ვერტიკალთან და შეადგენს  $5 - 7^\circ$ , მეორე კუთხე, რომელიც  $14 - 15^\circ$ -ის ტოლია, გვირგვინებს გვირგვინის გვერდების დახრილობას.

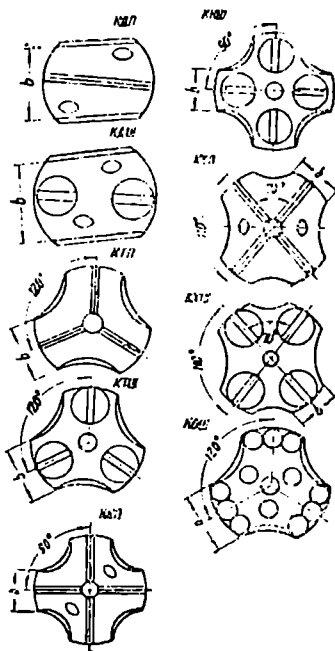
ბურღის პირის ნაპირების დახრილობა უზრუნველყოფს გვირგვინის გაჭეკვის თავიდან აცილებას მისი გაცევის დროს, ხოლო ლოყების დახრილობა საკმარისია ბურღის ფხვნილის თავისუფალი მოცილებისათვის.

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

ბოლო ხანებში შემუშავებულია გვირგვინების რაციონალური ფორმები. მათთვის დამახასიათებელია მჭრელი პირების კუთხით ან კოშხინირე

ბული განლაგება, მთლიანი პირების ნაცვლად წყვეტილი პირების გამოყენება (რაც ამცირებს ქანის განმეორებით უსარგებლო დამსხვრევას), ალტურვა სალი შენადნობის წაწვეტებული ღეროებით (ფირფიტებთან ერთად) და სხვ. ასეთი ფორმის ბურღები უკეთ აკმაყოფილებენ ქანის დანგრევის იმ პირობებს, რომლებიც დარტყმითი ბურღვის თეორიიდან გამომდინარეობს.

135-ე ნახაზზე ნაჩვენებია სალი შენადნობით დაარმატურებულ სხვადასხვა ფორმის მოსახსნელი გვირგვინები, რომლებიც ამჟამად გამოიყენება სამამულო სამთო მრეწველობაში: 1. სატეხისებრა ფირფიტოვანი (ტიპი КДП), 2. სატეხისებრა მანჭვლისებრა (КДШ), 3. სამფრთიანი ფირფიტოვანი (КТЛ), 4. სამფრთიანი მანჭვლისებრა (КТШ), 5. ჯვარედინა ფირფიტოვანი (ККП), 6. ჯვარედინა მანჭვლისებრა (ККШ), 7. X — სებრა ფირფიტოვანი (КХП), 8. X — სებრა მანჭვლისებრა (КХШ), 9. ერთჯვრადი მანჭვლისებრა (КОШ). მოსახსნელი გვირგვინები მზადდება შემდეგი სიდიდის გარე დიამეტრით: 28, 32, 36, 40, 46, 52, 60, 65, 75 და 85 მმ.



ნახ. 135. სალი შენადნობებით დაარმატურებული გვირგვინები

არხის დიამეტრი ავილოთ 7 მმ, ხოლო გაზრდილი დიამეტრის შპურების ბურღვისას — 9 მმ.

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. ბურღების კომპლექტში ყოველი მომდევნო გვირგვინის დიამეტრი, წინასთან შედარებით, მისი სალი შენადნობით ალტურვის შემთხვევაში, შემცირებულია 1,5—2,0 მილიმეტრით. ხოლო ლეგირებული ფოლადის გვირგვინებით ბურღისას 2—3 მილიმეტრით. ბურღის სიგრძეებს შორის განსხვავება კომპლექტში ტელესკოპური და სვეტიანი პერფორატორებით ბურღისას შეესაბამება ავტომიმწოდებლის სვლის სიდიდეს. ხელის საბურღო ჩაქუჩებით მუშაობისას ბურღების სიგრძეთა შორის სხვაობა 0,5—1,0 მეტრის ტოლია.

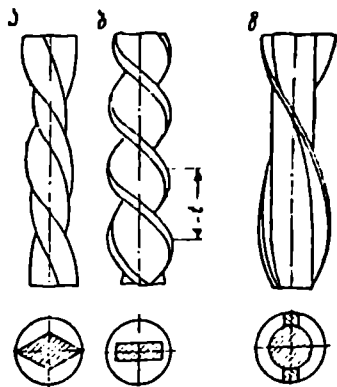
მუშაობისას ბურღის თავი ცვდება და მისი მჭრელი პირი იბლაგვება, რაც იწვევს ბურღვის სიჩქარის მკვეთრ შემცირებას. ბურღის დაბლაგვისას საჭიროა მისი დროული შეცვლა მჭრელობრიან ბურღით. დაბლაგვული ბურღი იგზავნება სახელოსნოში, სადაც ხდება მისი აღდგენა (მოპირვა).

ბურღის მოპირვა მდგომარეობს გვირგვინის ფორმის აღდგენაში ბურღსაპირავი დაზვის საშუალებით, რაც მოითხოვს გარკვეული თერმული რეჟიმის დაცვას (მოწვა, წრთობა, ცემენტაცია).

სალი შენადნობის ფირფიტებით ალტურვილი ბურღების დაბლაგვის შემთხვევაში მათი მოპირვა სპეციალურ დაზგაზე ალესვის საშუალებით წარმოებს. ერთი ფირფიტა დაახლოებით ათჯერ შეიძლება აილესოს, რაზედაც იხარჯება სალი შენადნობის 60%, მაშინ როცა ბურღვაზე შენადნობის ხარჯი 5%-ს შეადგენს.

სამუშაო ინსტრუმენტი ბრუნვითი ბურღვისათვის შედგება შტანგისა და საჭრისისაგან.

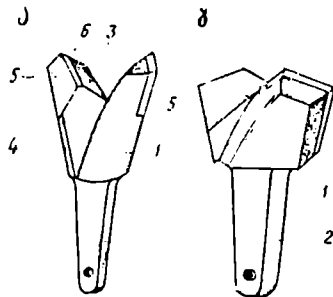
ხეულო შტანგების დასამზადებლად იყენებენ რომბული ან მართკუთხა განივკვეთის მქონე ზოლურ ფოლადს (V7, V8 და V10 მარკისა). ასეთი ფოლადის ღეროს დაგრეხვით გრძივი ღერძის გარშემო მიიღება ხრახნული სპირალი, რომლის საშუალებითაც, შტანგის ბრუნვის დროს,



ნახ. 136. შტანგები ბრუნვითი ბურღვისათვის

შპურიდან ნაბურღი ქანი გამოიტანება (ნახ. 136). სპირალის ბიჯი (ქ), ჩვეულებრივად, 60 — 100 მილიმეტრია. რბილ ქანებში ბიჯის სიდიდე მეტი აალება.

საბურღი დანადგარებით და სვეტიანი პერფორატორებით მუშაობისას, უმეტესად ხმარობენ მრგვალი კვეთის შტანგებს. ბურღვის ფქვილის გამოსატანად მათ მთელ სიგრძეზე მიღებული აქვთ ფოლადის სპირალური ზოლები (ნახ. 136, გ). სველი ბურღვის დროს გამოყენებულ შტანგებს გააჩნიათ ცენტრალური არხი. წყლის მიწოდება გვერდითი გამორიცხვის ქუროს საშუალებით ხდება.

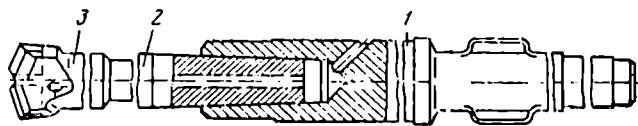


ნახ. 137. ბრუნვითი ბურღვის საჭრისებო

ხელის ელექტრობურღვისათვის ხმარობენ 1 — 3 მეტრის სიგრძის შტანგებს. სვეტიან ელექტრობურღვით მუშაობისას შტანგის სიგრძე 0,7 — 5,0 მეტრი აიღება. სიგრძეთა შორის ინტერვალი 0,7 მეტრია, რაც განპირობებულია შპინდელის ავტომატური წინწაწევის სიდიდით.

შტანგი ერთი ბოლოთი, რომელზეც ფასონური ამონაჭრებია გაკეთებული, ელექტრობურღვის ვაჯნაში მაგრდება. მეორე ბოლოზე მას აქვს ბუდე საჭრისის ჩასამაგრებლად.

ბრუნვითი ბურღვისათვის უმთავრესად იყენებენ ორფრთიან საჭრისებს. სამამულო სამთო მრეწველობისათვის მზადდება ორი ტიპის საჭრისები — PV (ნახ. 137, ა) ნახშირში სამუშაოდ და PI (ნახ. 137, ბ)



ნახ. 138. ბრუნვა-დარტყმითი ბურღვის სამუშაო ინსტრუმენტი

ფუჭი ქანებისათვის. საჭრისის შემაღგენელი 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 სანგრევისაკენ.

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

არსებობს სხვა გეომეტრიული ფორმის საჭრისებიც, მაგალითად



საში და ოთხი მჭრელი პიჩით, მილისებრი ფორმისა და სხვ. საჭრისების ახალი კონსტრუქციების ძიების მიზანია ბრუნვითი ბურღვის მწარმოებლურობისა და მისი გამოყენების არის გაფართოება.

ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვის დროს გამოყენებული სამუშაო ინსტრუმენტი ნაჩვენებია 138-ე ნახაზზე. მისი ნაწილებია: მოსახსნელი კუდი 1 კონუსური ბუდით, მრგვალი კვეთის მქონე შტანგი 2, რომლის კონუსური ბოლო კუდის ბუდეში თავსდება, და მოსახსნელი გვირგვინი 3.

შტანგას, რომლის სიგრძეა 3 მეტრი და დიამეტრი 32 მმ, მთელ სიგრძეზე აქვს გამოსარეცხი არხი ( $d=9$  მმ).

მოსახსნელი გვირგვინი სპეციალური სატეხისებრი ფორმისაა. მას აქვს ასიმეტრიულად ალესილი საჭრისი, რომელიც დაარმატურებულია სალი შენადნობის ორი ფირფიტით (ზოგჯერ სალი შენადნობის მანჭვლისებრი ელემენტით).

ლიტერატურა

1. Физика взрыва, под редакцией К. П. Стануковича. М., Физматгиз, 1975.  
Друксваჩიი მ. ფ. ბუროვზრვნიე რაბოთი ია კარьерაჲ. მ., «Недра», 1978.
3. Дубнов Л. В. Бахаревич Н. С., Романов А. И. Промышленные взрывчатые вещества. М., «Недра», 1973.
4. Единные правила безопасности при взрывных работах. М., «Недра», 1970.
5. Кутузов Б. Н. Взрывное и механическое разрушение горных пород. М., «Недра», 1973.
6. Лурье А. И. Электрическое взрывание зарядов. М., «Недра», 1973.
7. Милдсеп Э. С. Разрушение горных пород. М., «Недра», 1974.
8. Остроушко И. А. Бурение твердых горных пород. М., «Недра», 1966.
9. Покровский Г. И., Федоров М. С. Действие удара и взрыва в деформируемых средах. М., Промстройиздат, 1957.
10. Ржевский В. В., Новик Г. Н. Основы физики горных пород. М., «Недра», 1973.
11. Поздняков З. Г., Росси Б. Д. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. М., «Недра», 1977.
12. Светлов Б. А., Яроманко Н. Е. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. М., «Недра», 1973.
13. Справочник по буровзрывным работам. М., «Недра», 1976.
14. Таранов П. Я., Гудзь А. Г. Буровзрывные работы. М., «Недра», 1976.
15. Шрейер Л. А. Физические основы механики горных пород. М., Госгортехиздат, 1950.
16. Зельдович Я. Б., Компанеец Л. С. Теория детонации. М., Госгортехиздат, 1955.
17. Компанеец Л. С. Ударные волны. М., Физматгиз, 1963.
18. Машини и оборудование для угольных шахт (справочник). М., «Недра», 1979.
19. Методы и средства взрывной отбойки руд. М., «Недра» 1977.
20. Ассопов В. А. Взрывные работы. М., Углетехиздат, 1958.
21. Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. М., Оборонгиз, 1960.
22. Вопросы теории разрушения горных пород взрывом. М., изд-во АН СССР, 1958.
23. Бандуряк М. К., Гукис Л. Г. Сборник задач по теории взрывчатых веществ М., Оборонгиз, 1959.
24. ე. ცისკარიშვილი. ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოები. თბ. „განათლება“, 1965.
25. ე. ცისკარიშვილი. მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობის ტექნოლოგია. თბ. „განათლება“, 1974.

## ს ა რ ჩ ი ვ ი

### შენსავალი

- |  |    |
|--|----|
| § 1. ქანების კლასიფიკაცია                        | 4  |
| § 2. ზოგადი ცნობები აფეთქებით ქანების დანგრევაზე | 11 |

### თ ა ვ ი I

#### აფეთქების თეორიის საფუძვლები

- |   |    |
|---|----|
| § 3. აფეთქების მოვლენა.                                       | 16 |
| § 4. ფეთქებადი ნივთიერებების ზოგადი დახასიათება               | 13 |
| § 5. საწყისი იმპულსი და ფეთქებადი ნივთიერებების მგრძობიარობა  | 24 |
| § 6. აფეთქების სიჩქარე და ფორმები                             | 29 |
| § 7. აფეთქების ბალანსი  | 35 |
| § 8. ფეთქებადი გარდაქმნის რეაქცია                             | 37 |
| § 9. აფეთქების შხამიანი აირები                                | 40 |
| § 10. აფეთქების ძირითადი მახასიათებლები                       | 43 |
| § 11. აფეთქების ენერჯის ბალანსი და მარგი ქმედების კოეფიციენტი | 52 |
| § 12. ძირითადი ცნობები დეტონაციის თეორიიდან                   | 61 |
| § 13. დეტონაციის მდგრადობის პირობები                          | 75 |
| § 14. კუმულაციის მოვლენა                                      | 82 |
| § 15. დეტონაციის აღძვრა მანძილზე                              | 87 |

### თ ა ვ ი II

#### ფეთქებადი ნივთიერებანი

- |  |     |
|--|-----|
| § 16. სამრეწველო ფეთქებადი ნივთიერებების კლასიფიკაცია  | 90  |
| § 17. ფეთქებადი ქიმიური ნაერთები   | 95  |
| § 18. ფეთქებადი ნივთიერებები ღია სამუშაოებისათვის. (I კლასი)   | 112 |
| § 19. ფეთქებადი ნივთიერებები ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებისათვის (გარდა აირისა და მტერის მხრივ საფრთხილო შახტებისა) | 192 |
| § 20. ზოგადი ცნობები მცველი ფეთქებადი ნივთიერებების თეორიიდან  | 132 |
| § 21. მცველი ფეთქებადი ნივთიერებები  | 138 |
| § 22. ოქსილიკიტები, ქლორატიტები და პერქლორატიტები, დენთები   | 144 |
| § 23. უალო აფეთქების ვაზნები   | 150 |

### თ ა ვ ი III

#### მუხტის ასაფეთქებელი საშუალებანი

- |   |     |
|---|-----|
| § 24. კაფსულ-დეტონატორები                             | 153 |
| § 25. ელექტროდეტონატორები                             | 157 |
| § 26. ცეცხლგამტარი ზონარი და მოსაკიდებელი საშუალებანი | 162 |
| § 27. სადეტონაციო ზონარი                              | 167 |

### თ ა ვ ი IV

#### მუხტების აფეთქების ზერზობი

- |                           |     |
|---------------------------|-----|
| § 28. ცეცხლოვანი აფეთქება | 171 |
| § 29. ელექტრული აფეთქება  | 177 |

§ 30. სადეტონაციო ზონრით აფეთქება	213
<b>თ ა ვ ი V</b>	
მუხტის აფეთქების მოქმედება გარემოში	
§ 31. მუხტის სახეობანი	217
§ 32. მუხტის მოქმედების გამოვლინების ფორმები	218
§ 33. აფეთქებით ქანის დანგრევის მექანიზმი	221
§ 34. ქანის დანგრევა მუხტების ერთდროული აფეთქებისას	230
§ 35. აფეთქების სეისმური მოქმედება. პაერის დარტყმითი ტალღა	236
§ 36. მუხტების გაანგარიშების ზოგადი პრინციპები	240
<b>თ ა ვ ი VI</b>	
ასაფეთქებელი სამუშაოების მეთოდები და ტექნოლოგია	
§ 37. გარე მუხტების მეთოდი	247
§ 38. საშპურე მუხტების მეთოდი	249
§ 39. კაბურღილების მეთოდი	268
§ 40. კამერული მუხტების მეთოდი	292
§ 41. ფეთქებადი ნივთიერების დამუხტვის მექანიზაცია	289
<b>თ ა ვ ი VII.</b>	
უსაფრთხოების ტექნიკის ძირითადი საკითხები	
§ 42. ფეთქებადი მასალების შენახვა და გადაზიდვა	295
§ 43. ფეთქებადი მასალების გამოცდა და მოსპობა	300
§ 44. უსაფრთხო მანძილები	307
§ 45. ასაფეთქებელი სამუშაოები აირისა და მტერის მხრივ საშიშ მალაროებში	311
<b>თ ა ვ ი VIII</b>	
შპურების ბურღვა	
§ 46. დარტყმითი ბურღვის თეორია	314
§ 47. დარტყმითი საბურღი მანქანები	326
§ 48. პნევმატიკური საბურღი ჩაქუჩების მუშაობის დამახასიათებელი სიდიდეები	339
§ 49. ბრუნვითი ბურღვის თეორია	345
§ 50. ბრუნვითი ბურღვის მანქანები	348
§ 51. ბრუნვით-დარტყმითი ბურღვა	353
§ 52. საბურღი ინსტრუმენტი	354
ლ ი ტ ე რ ა ტ უ რ ა	364

**ИБ № 757**

რედაქტორი ი. გოგუაძე  
მხატვრული რედაქტორი ო. მესხი  
ტექნიკური თ. მანჯგალაძე  
უფრ. კორექტორი ნ. ნადარაია  
კორექტორი ნ. ქაფიანიძე  
გამომშვეები ლ. გაბარაშვილი

გადაეცა წარმოებას 18. IV. 80 წ., ხელმოწერილია დასაბუქდად 27. VIII. 80 წ.,  
ქალაქის ზომა 60X90 1/16; საბუქდი ქალაქი № 1; ნაბუქდი თაბახი 23, საარტი-  
ხვო-საგამომცემლო თაბახი 20, 79.

უე 00422

ტირაჟი 2000

შეკვეთა № 947

შ ა ს ი 1 მ ბ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, მარჯანშვილის ქ. № 5.  
Издательство «Ганатлеба», Тбилиси, ул. Марджаншвили № 5.

1980

---

სპი-ს სტამბა, თბილისი, ლენინის ქ. № 69.  
Типография ГПИ. Тбилиси. ул. Ленина № 69