

აკაკი გოჩოლეიშვილი,
ზურაბ ლებანიძე, დავით კუპატაძე

ბვირაბების მშენებლობის
თანამედროვე მეთოდები

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

აკაკი გოჩოლეიშვილი,
ზურაბ ლებანიძე, დავით კუპატაძე

გვირაბების მშენებლობის
თანამედროვე მეთოდები



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

თბილისი

2018

საღეჭი კურსში „გვირაბების მშენებლობის თანამედროვე მეთოდები“ განხილულია: პორიზონტალური და დახრილი გვირაბების გაყვანის პროცესის რაციონალური პარამეტრების გაანგარიშების მეთოდიკა; სამთო-გეოლოგიური და სამთო-ტექნიკური ფაქტორების გათვალისწინებით, ცალ-ცალკე, გვირაბების გაყვანის ტექნოლოგიები; გვირაბის მშენებლობის არსებული და თანამედროვე მეთოდები (ახალავსტრიული, ნორვეგიული, იტალიური); ღია წესით გაყვანილი გვირაბების სამაგრის სტატიკური გაანგარიშება; ფეთქებადი ნივთიერების მუხტების ინიცირების თანამედროვე სისტემები.

წიგნი დაეხმარება სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის სტუდენტებს საგნის ცოდნისა და გაცნობიერების ამაღლებაში.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი ნორინგ მოლოდინი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი ირაკლი გუჯაბიძე

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2018
ISBN 978-9941-28-136-5 (PDF)

<http://www.gtu.ge>

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

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.

ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიცია.



I თავი. მოსამზადებელი გვირაბების გაყვანა გვირაბების განივკვეთის უნიფიკაცია

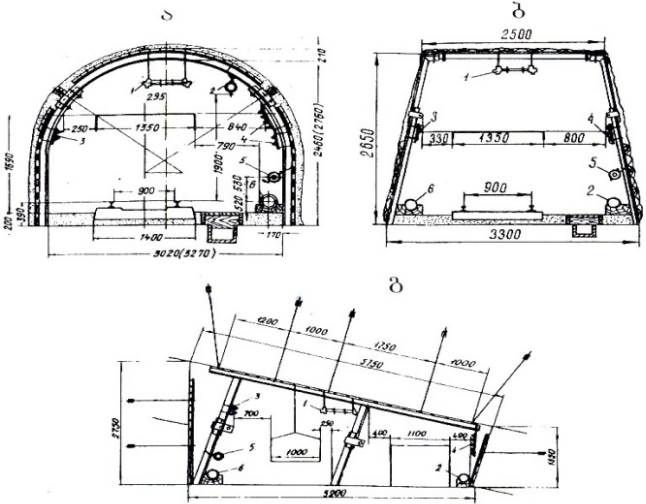
გვირაბის განივკვეთის ფორმა და ზომები შეირჩევა იმ მოთხოვნების გათვალისწინებით, რომ მან უზრუნველყოს მასში მოძრავი ტრანსპორტის უსაფრთხო და ნორმალური მოძრაობა, აგრეთვე, უზრუნველყოს მასში გამავალი ჰაერის მაქსიმალური რაოდენობის დასაშვები სიჩქარე. ეს ყველაფერი გათვალისწინებული უნდა იყოს გვირაბში გამოყენებული ლითონის სამაგრის დათმობის შემდეგ მიღებული განივკვეთის ფართობის პირობებში.

უნიფიკაციის თვალსაზრისით აქ განიხილება ოთხი ტიპური განივკვეთი, АП ტიპის სამსექციანი თაღური დამთმობი სამაგრის გამოყენებით, სამი ტიპური განივკვეთი АКП-5 ტიპის ხუთსექციანი თაღური სამაგრის და ორი ტიპური განივკვეთის МПК ტიპის ლითონის სამაგრი სწორხაზოვანი ელემენტებით, მართკუთხა და ტრაპეციული ფორმის გვირაბებისათვის (ცხრილი №1).

სამაგრის მუშაობის პირობების გასაუმჯობესებლად და მისი აეროდინამიკური წინააღმდეგობის შემცირების მიზნით АКП-5 ტიპის სპეციალური კოლოფისებური პროფილის ღია მხარე შეტრიალებული უნდა იყოს ქანის მიმართულებით.

ცხრილი №1

სამაგრის ტიპი	განიკვეთის ფართობი, მ ²		გაყვანაში $S_{გაყ.}$
	სინათლეში $S_{სინ.}$		
	ღატომობის შემდეგ	ღატომობამდე	
АП	7,1	8,5	10,6
АП	8,9	10,4	12,9
АП	11,2	12,8	15,7
АП	12,7	14,5	17,6
АКП-5	7,1	10,3	12,7
АКП-5	8,9	12,5	15,1
АКП-5	11,2	15,2	18,3
МПК	7,0	7,5	10,5
МПК	8,4	9,2	10,9



ნახ. №1. კომუნიკაციების განლაგება.

ა - АП ტიპის სამ სექციანო თაღური სამაგრის შემთხვევაში, ბ - МПК-ს სამაგრის შემთხვევაში, გ - МП-К-ს შემთხვევაში.

1–ლუმინესცენციური ნათურა, 2–სადეგაზაციო მილსადენი $\varnothing 150$ მმ, 3–სატელეფონო და სასიგნალო კაბელები, 4–ძალოვანი კაბელი ძაბვით 127, 660 და 6000 ვოლტი, 5–ხანძარსაწინააღმდეგო მილსადენი $\varnothing 100$ მმ, 6–კუმშული ჰაერის მილსადენი $\varnothing 200$ მმ.

II ტავი. გვირაბბაშყვანი მუქანიზმების შერჩევა

გვირაბის მშენებლობისას გამოყენებულ ტექნოლოგიის სახეობას (ბურღვა-აფეთქების ხერხი, კომბინირებული გაყვანის ხერხი) განსაზღვრავს სამთო-გეოლოგიური და სამთო ტექნიკური ფაქტორები.

სამთო-გეოლოგიური ფაქტორები ითვალისწინებს:

- პროფ. პროტოდიაკონოვის შკალის მიხედვით, გადასაკვეთი ქანების სიმაგრის კოეფიციენტს f ;
- ქანის აბრაზიულობის მაჩვენებელს a ;
- გვირაბის სანგრევეში ნახშირის ფენის შემცველობას (ქანის მიჯრის კოეფიციენტი) K_g ;
- ნახშირის ფენის დახრის კუთხეს α ;
- წყლის მოდინებას სანგრევეში $s_{წყ}$.

სამთო-ტექნიკურ ფაქტორებში, ძირითადად, გათვალისწინებულია:

- გვირაბის განივკვეთის ფორმა და ზომები S ;
- გასაყვანი გვირაბების სიგრძე L ;
- გვირაბის დახრის კუთხე α ;
- გვირაბის გაყვანის სიჩქარე v .

აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით განასხვავებენ გვირაბის მშენებლობის ორ ძირითად ტექნო-

ლოგიურ სქემას - ციკლურ-ნაკადურ და ციკლურ ტექნოლოგიას.

ციკლურ-ნაკადურ ტექნოლოგიაში გათვალისწინებულია ძირითადი საგამყვანო ოპერაციების მაქსიმალური ურთიერთშეთავსება დროში, რაც პრაქტიკულად განსაზღვრავს გვირაბის სანგრევის უწყვეტად გადაადგილებას. ასეთ ტექნოლოგიას მიეკუთვნება გვირაბის გაყვანის კომბაინური ხერხი, როცა კომბაინის მუშაობის პარალელურად შესაძლებელია გვირაბის გამაგრების და სხვა დამხმარე ოპერაციების წარმოება.

ციკლური ტექნოლოგიის გამოყენების შემთხვევაში სანგრევიდან სამთო მასის გამოზიდვის პროცესი მიმდინარეობს შესვენებებით, რაც გამოწვეულია სხვა სამუშაოების წარმოებით, რომლებიც უნდა შესრულდეს ძირითად პროცესთან გარკვეული თანმიმდევრობით. ციკლურ ტექნოლოგიას მიეკუთვნება, ძირითადად, გვირაბის მშენებლობა ბურღვა-აფეთქებითი ხერხით და ნაწილობრივ კომბაინით გაყვანის ხერხი, როცა სამაგრის ამოყვანის დროს საჭირო ხდება კომბაინის გაჩერება.

გვირაბგამყვანი კომბაინების ძირითადი ტექნიკური მაჩვენებლები და მათი გამოყენების პირობები მოცემულია ცხრილში №2.

ამ პირობების გათვალისწინებით, ტექნოლოგიურ სქემებში, რეკომენდებულია გვირაბგამყვანი კომბაინების შემდეგი ტიპები:

როცა: $f \leq 4$, $k_g \leq 0.5$, $a \leq 10$ მგ, $\alpha \pm 10^0$, $S_{გაყ} = 7 \div 16$ -მ, $L \geq 150$ მ, ПК-9P ტიპის ამორჩევითი მოქმედების კომბაინები;

გვირაბამყვანი კომბაინები

№	მასსიათებლები	განზ.	ПК-9P	4П-II-2	КП-25	4ПП-5	ПК-160	КРТ
1	გვირაბის დახრის კუთხე, α	გრად	±10	±10	±10	±10	±12	±10
2	გვირაბის განიკვეთის ფართობი გაყვანაში, S _{გაყ.}	მ ²	7-16	9-25	8-30	14-36	9-25	18
3	გვირაბის ზომები: სიგანე	მ	3-6,3	3,6-6	3,2-6,2	4,2-6,5	4,0-5,8	4,5
	სიმაღლე	მ	2,2-3,9	2,6-4	2,1-4,2	2,6-5	2,2-5,3	4,5
4	ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი, f	f	4	6	6-7	7	7	6-10
5	ქანის აბრაზიულობა, a	მგ	5	15	15	15	15	35
6	ტექნიკური მწარმოებლურობა	მ ³ /წთ	1,2	0,41	0,3	0,6	0,48	0,65
7	დამტვირთავი ორგანოს ტიპი		ხ ვ ე ტ ი ა თ ა თ ე ბ ი					როტორული
8	კომბაინის ძირითადი ზომები: სიგანე	მ	1,8	2,45	2,1	2,45	2,6	
	სიმაღლე	მ	1,83	2	1,65	2,1	2,0	
	სიგრძე	მ	7,7	9,1	9,4	13,6	11,0	22
9	კომბაინის მასა	ტ	30	38	32	75	65	130

როცა $f \leq 4$, $k_g \leq 0.6$, $a \leq 10$ მგ, $\alpha \leq +10^\circ \div 25^\circ$, $S_{გაყ.} = 4.7 \div 15$ მ, $L \geq 150$ მ, ПК ტიპის ამორჩევით მოქმედების კომბაინები;

როცა $f=4\div 6$, $k_g \leq 0.75$, $a \leq 15$ მგ, $\alpha \leq \pm 10^0$, $S_{\text{გაყ}}=9\div 18$ მ², $L \geq 250$ მ, 4ПП -2 ტიპის ამორჩევითი მოქმედების კომბაინები;

როცა $f=6\div 8$, $k_g \leq 1.0$, $a \leq 35$ მგ, $\alpha \leq \pm 10^0$, $L \geq 1000$ მ - როტორული ტიპის კომბაინები.

ზემოთ აღნიშნული პირობებისაგან განსხვავებულ შემთხვევაში, როგორც წესი გამოიყენება გვირაბის მშენებლობის ხერხი, ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების წარმოებით. საბურღი დანადგარების და დამტვირთავი მანქანების ძირითადი ტექნიკური მაჩვენებლები და გამოყენების პირობები მოცემულია №3 და №4 ცხრილში. ამ პირობის გათვალისწინებით რეკომენდებულია საბურღი დანადგარების და დამტვირთავი მანქანების შემდეგი კომბინაციები:

გვირაბებში, სადაც ზიდვა წარმოებს საელმავლო ტრანსპორტით – БУЭ-2 ტიპის საბურღი დანადგარები (როცა $f \leq 8$) და БУЭ-3, БКГ-2 (როცა $f \leq 16$) საბურღი დანადგარები, 1ППН-5 ტიპის დამტვირთავი მანქანები (პნევმატური ენერჯის შემთხვევაში შესაბამისად БУР-2 და ППМ-4П).

იმავე პირობებში გვირაბის მცირე განივკვეთის შემთხვევაში, როცა $K_g \leq 0.3$ იყენებენ ППМ-4 ტიპის დამტვირთავი მანქანას, აღჭურვილს МН-2 ტიპის მანიპულატორით, ასევე, ЭБГП ტიპის სვეტიან ბურღებს (როცა $f \leq 11$) და ხელის ელექტრობურღებს (СЭР-19Р), სუსტი გვერდითი ქანების (როცა $f \leq 4$) გასაბურღად.

ჰორიზონტალურ გვირაბებში ($S_{\text{გაყ}} > 6$ მ²), სადაც ზიდვა წარმოებს კონვეიერებით, იყენებენ – 2ПНБ2Б ($f \leq 12$) და 1ПНБ2Б ($f \leq 6$) ტიპის საბურღ-დამტვირთავ მანქანებს.

ამავე პირობებში, მაგრამ, გვერდითი ქანების სიმაგრის კოეფიციენტის ($f \leq 4$) შემთხვევაში (კომბაინის არ არსებობის შემთხვევაში) – იყენებენ 1ПНБ2Б ტიპის დამტვირთავი მანქანა და ხელის СЭР19 ელექტრობურ-ღებო:

აღმავალი გვირაბების გაყვანის შემთხვევაში ($\alpha \leq 8^\circ$) - МН2 მანიპულატორებით აღჭურვილი ППМ4 ტიპის დამტვირთავ მანქანებს; როცა $f \leq 6$, დასაშვებია 1ПНБ2У ტიპის დამტვირთავი მანქანის გამოყენება; დაღმავალი გვირაბების გაყვანის შემთხვევაში ($f \leq 8^\circ$), რეკომენდებულია 1ПНБ2Б და 2ПНБ2Б დამტვირთავი მანქანების გამოყენება.

ცხრილი №3

საბურღი დანადგარები

მახასიათებლები	განზ	НБ-1Э, БУЭ-1	НБ-1Э, БУЭ-2	БУЭ-3	ЭБГП	БКГ2	СЭР 19Р	НБ-1П, БУ 1	НБ-1П, БУ 2
ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი, f	-	≤ 8	≤ 8	8-16	≤ 11	≤ 16	≤ 4	8-16	8-16
ფუჭი ქანის შემცველობა, K_g	-	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 0,4$	$\leq 1,0$	$\leq 0,3$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$
გვირაბის კვეთი გაყვანაში, $S_{გაყ}$	მ ² ,	8-11	10-20	10-20	6-16	8-22	6-12	6-14	8-25
გვირაბის დახრის კუთხე, α	გრად	0 ⁰	0 ⁰	0 ⁰	-	0 ⁰	-	0 ⁰	0 ⁰

ქანსატვირთი მანქანები

მასხასათუბლები	განზო	11111-1c	11111-3a	111115	11111-4Y	11111-511	111113	111112	11111-2Y	211112	21111-2y	
		პირდაპირი განტვირთვის ჩასმა						ხვეტია თათები				
		ნებისმიერი	≤16	≤16	≤16	≤1	≤1	≤16	≤1	≤1		
ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი ბ. პროტოდიოკონოვის შკალით	f						6	6		6	6	
გვირაბის მინიმალური გაყვანაში	მ ²	6	7,5	6,5	6,5	6,5	8	6	6	6	6	
გვირაბის ზომები	მ											
სიგანე		2,15	2,3 5	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
სიმაღლე		2,35	2,4 5	2,35	2,35	2,35	2,9	1,8	1,8	1,8	1,8	
გვირაბის დახრის კუთხე	გრად .	±3	±3		18		±1 0	10	8- 18	±1 0	8	
ტექნიკური მწარმოებლობა	მპ/წთ	0,8	1,6	1,25	1,25	1,25	2,4	2,2	2,2	2,5	1,2 5	
საველი ნაწილის ტიპი		რეალსური					მუხლუხა					
ჩამჩის ტვეალობა	მ ³	0,2	0,3 2	0,32	0,32	0,25	1	-	-	-	-	
ძირითადი ზომები	მმ											
სიგანე		1250	13 50	1700	1800	1700	18 00	18 00	800	18 00	27 00	
სიმაღლე		2250	23 50	2250	2350	-	22 00	12 50	100 0	14 50	13 00	
სიგრძე		2250	25 50	7535	8200	-	52 00	72 80	235 0	78 00	90 00	
მასა	ტ	3,5	5	0,9	10	8,1	10	7,5	3	12	27	

ძირითადი და დამხმარე ტრანსპორტი

გვირაბების მშენებლობის პროცესში ქანის ტრანსპორტირება წარმოებს ძირითადი ტრანსპორტით. დამხმარე ტრანსპორტის დანიშნულებაა სანგრევის დროული მომარაგება მასალებითა და მექანიზმებით, საჭიროების შემთხვევაში კი ხალხის ტრანსპორტირება ამავე გვირაბში.

ძირითად ტრანსპორტად გვირაბების გაყვანის დროს შეიძლება გამოყენებული იქნეს:

- კონვეიერები (სპეციალური საგამყვანო კონვეიერები, ნახევრადსტაციონარული და სტაციონარული, უპირატესად ლენტური ტელესკოპური კონვეიერები, ხვეტია კონვეიერები);

- რელსური ტრანსპორტი;
- თვითმავალი (საბურავიანი სატვირთო ვაგონებით).

დამხმარე ტრანსპორტად ფართოდ ინერგება მონორელსური გზები. ზემოთ ჩამოთვლილ სატრანსპორტო საშუალებებს შეუძლიათ, აგრეთვე, შეასრულონ ყველა დამხმარე ოპერაციები.

პირველი ლენტური ტელესკოპური კონვეიერი გვირაბსაგამყვანო სამუშაოებისათვის 1ЛТП-80 იქნა გამოშვებული 1981 წელს. ტელესკოპურ მოწყობილობას შეუძლია, პერიოდულად, დააგრძელოს კონვეიერი 45მ-მდე ლენტის დაუგრძელებლად, დაგრძელების ბიჯი 2,85მ-ია. ლენტის დაგრძელება ხდება სარემონტო ცვლაში 4-5სთ-ის განმავლობაში.

ქვემოთ მოყვანილია ლენტური კონვეიერების ტექნიკური დახასიათება, რომელიც გამოიყენება გვირაბების გაყვანის დროს.

ცხრილი №5

ლენტური კონვეიერები

მახასიათებლები	1ЛТП-80 (1ЛТП-80γ)	2ЛТП-80γ	1ЛТ-80	1ЛТ-100
დანადგარის ტიპი	ნახევრად სტაციონარული			
მაქსიმალური მწარმოებლურობა, ტ/სთ	420	420	420	850
მაქსიმალური სიგრძე, მ	800	1500	600	1500(1200)
გვირაბის დახრის კუთხეები, გრადუსი	-10° ... +10°	-10° ... +10°	-3° ... +6°	-10° ... +10°
ლენტის მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ	2	2	2	2
ლენტის სიგანე, მმ	800	800	800	1000
ამძრავის ჯამური სიმძლავრე, კვტ	40(45)	110	40	220(330)
მიღების უბანი, მ ³ /წთ	8,15	8,15	8,15	16,5

კონვეიერული ტრანსპორტის, როგორც ძირითადის, ფართოდ გამოყენებამ გამოიწვია სპეციალური მოწყობილობების (მონორელსური გზები და თვითმავალი ვაგონეტები) დამხმარე ტრანსპორტად გამოყენების აუცილებლობა. მონორელსური გზა გაიყვანება გვირაბის მთელ სიგრძეზე და მისი საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა სახის ტვირთის და ხალხის ტრანსპორტირება. მათი ტექნიკური მახასიათებლები მოყვანილია (ცხრილი №6 და №7).

მცირე სიგრძის გვირაბების ($L_0 < 150\text{მ}$) გაყვანის დროს ეფექტური გამოყენება პოვა თვითმავალმა ტრანსპორტმა. იგი შედგება საბურავიანი სავალი ნაწილისაგან და მასზე დადგმული ბუნკერ-მატარებლისგან, რომლის ძირში დამონტაჟებულია ორჯაჭვიანი კონვეიერი. ვაგონი დატვირთული სამთო მასის ტრანსპორტირებას ახდენს მაქოსებური სქემით. ძარის უკანა ნაწილი მიმართულია სანგრევისაკენ, ხოლო წინა ღია ნაწილიდან ხდება მისი განტვირთვა. განტვირთვის დროს შესაძლებელია ძარის აწევა 1,4მ სიმაღლეზე. თვითმავალ ვაგონებს შეუძლიათ იმუშაონ, აგრეთვე, დამტვირთავ და საბურღ-დამტვირთავ მანქანებთან ერთად. ქვემოთ მოყვანილია თვითმავალი ვაგონების ტექნიკური დახასიათება.

ცხრილი №8

თვითმავალი ვაგონეტები

მახასიათებლები	5BC-15	5BC-15M	BC-15ჟ
ტვირთამწეობა, ტ	15	15	15
მოდრაობის სიჩქარე, კმ/სთ	9	9	9,7
განტვირთვის სიმაღლე, მმ	430-1445	450-1465	0-1400
დატვირთული ვაგონის მიერ შესაძლო გადალახვის კუთხის მაქსიმალური მნიშვნელობა, გრადუსი	15	15	15
მოსხვევის მინიმალური რადიუსი, მ	7,5	7,5	8,7
საკაბელო დოლის ტევადობა, მ	200	200	200
დენის ხასიათი	ცვლადი		
ძაბვა, ვ	660	660	660
ელექტროამპრაჟის დადგმული სიმძლავრე, კვტ	127	127	120
მასა, ტ	16	15,2	14,8

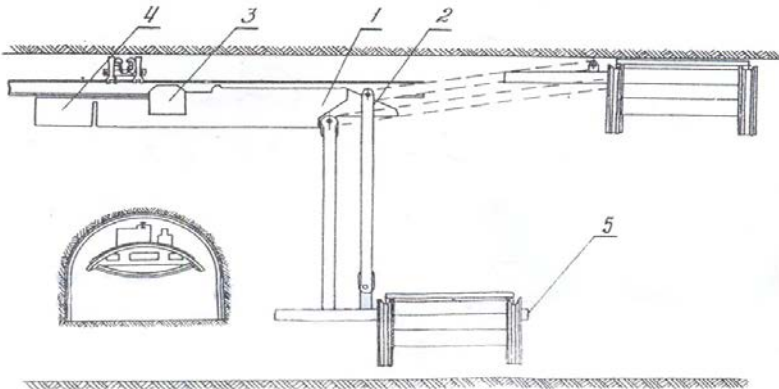
მონორელსური გზები

მასხასიათებლები	6ДМКУ	ДМКМ	ДКН-1-1	ДКН-2	ДКНЛ	ДНГ	ДКН-4-2	ДКН-4-3
გვირაბის მაქსიმალური დახრის კუთხე, გრადუსი	18	35	±6	±20	±10	±18	±20	±30
ტრანსპორტირების მაქსიმალური მანძილი, მ	2000	2000	2000	2000	1000	3000	2000	4000
გამწვევი ბაგირის დიამეტრი, მმ	15	16,5	51	16,5	15	16- 18	≥18	≥18
ელძრავის სიმძლავრე, კვტ	45	90	75	90	-	45	110	220
მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ	0,25- 1,26	0,3-2	0-2	0-2	-	1,19	0,2	0-3
სამგზავრო ურიკის რაოდენობა	4	4	3	3	-	-	-	-
ერთი ურიკის ტევადობა, კაც.	8	8	8	8	-	-	34	50

III თაზი. სამაგრის დასაყენებელი მექანიზმი КИМ

აღნიშნული მექანიზმის გამოყენებით, შესაძლებელია ლითონის თაღური სამაგრით გვირაბის გამაგრების ოპერაციის მექანიზაცია. მისი გამოყენება შესაძლებელია როგორც ჰორიზონტალური, ისე დახრილი ($\pm 18^\circ$ -მდე) გვირაბის გაყვანისას, რომელთა განივკვეთის ფართობი სინათლეში 10,4მ-ზე მეტია. სამაგრის დასაყენებელ მექანიზმის დანიშნულებაა, აგრეთვე, სანგრევისპირა სივრცის ჭერის გადახურვა, მონგრეული სამთო მასის აწმენდის დროს. იგი გამოიყენება, ძირითადად, გვირაბის სწორხაზოვან უბნებზე და მოსახვევებზე, რომელთა რადიუსი არა ნაკლებ 20მ-ია.

სამაგრის დასაყენებელი მექანიზმი КИМ (ნახ. №2) წარმოადგენს მონორელსზე გადასაადგილებელ ჰიდრავლიკურ ამწეს. მისი ძირითადი შემადგენელი ელემენტებია: 1-კორპუსი, 2-ამწე მექანიზმი, 3-გადაადგილების მექანიზმი, 4-მონორელსი, 5-გადახურვა.



ნახ. №2. სამაგრის დასაყენებელი მექანიზმი КИМ.

ძირითადი ტექნიკური მაჩვენებლები:

ტვირთამწეობა, კგ.....800

გადაადგილების სიჩქარე, მ/წმ.....	0,3
სიგრძე, მმ	6300
სიგანე (ზეთის სადგურის გათვალისწინებით), მმ..	1110
მონორელსის სიგრძე, მ.....	60
მასა (მონორელსის ჩათვლით), კგ.....	4400

IV თავი. საგამყვანო პროცესის რაციონალური პარამეტრების ანბარიში

საგამყვანო სამუშაოების შრომატევადობის ოპერაციობრივი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი

შრომატევადობის ოპერაციობრივი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი საშუალებას იძლევა საკმაოდ სიზუსტით ვიანგარიშოთ შრომითი დანახარჯები, საგამყვანო სამუშაოთა თვითეული ოპერაციის შესრულებისას. ამასთანავე, გათვალისწინებულია შრომითი დანახარჯები როგორც მექანიზირებულ, ასევე ხელის სამუშაოებზე.

$$T = \sum_{i=1}^n T_i = \sum_{i=1}^n (T_{მექ} + T_{ხელ}), \quad (4.1)$$

სადაც: T არის 1 მ³ სინათლეში გვირაბის გაყვანის სრული შრომატევადობა, კაც. წთ/მ³;

n - არის ოპერაციების რაოდენობა;

i არის თვითეული ოპერაციის ინდექსი.

$T_{მექ} + T_{ხელ}$ არის მექანიზირებული და ხელით შესასრულებელი სამუშაოების შრომითი დანახარჯები.

მექანიზებული სამუშაოების შრომითი დანახარჯები $T_{მეჯ}$ დამოკიდებულია გამოყენებული მექანიზმების სახეზე და მწარმოებლობაზე.

$$T_{მეჯ} = \frac{n}{R \cdot \Pi_K} \quad (4.2)$$

სადაც: R არის მექანიზმის ტექნიკური მწარმოებლობა, ე.ი. მექანიზმის მიერ მოცემულ ოპერაციებზე დახარჯული სამუშაოთა მოცულობა, დროის ერთეულში, რეალური საწარმოო პირობებისათვის.

n არის მექანიზმზე მომუშავე გამყვანთა რაოდენობა, კაცი.

Π_K არის კოეფიციენტი სისტემა, რომელიც აახლოებს მექანიზმის ტექნიკურ მწარმოებლობას ფაქტიურთან.

$$\Pi_K = K_{მან} \cdot K_{მზ} \cdot K_{გეოლ} \quad (4.3)$$

$K_{მან}$ არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს დროის დანახარჯების ნაწილს დამხმარე და მანევრული ოპერაციების მექანიზაციაზე.

$K_{მზ}$ არის გამოყენებული მექანიზმის მზადყოფნის კოეფიციენტი.

$K_{გეოლ}$ არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სამთო გეოლოგიური პირობების ცვალებადობას იმ პირობებთან შედარებით, რომელზედაც გათვლილია მექანიზმის ტექნიკური მწარმოებლობა.

ყველა კოეფიციენტების გათვალისწინებით, ზემოთ მოყვანილ ფორმულას ექნება სახე:

$$T_{მეჯ} = \beta \frac{n}{R \cdot K_{მეჯ} \cdot K_{მზ} \cdot K_{გეოლ}}, \quad (4.4)$$

სადაც: β გადაყვანის კოეფიციენტია თვითოეული ოპერაციის მიხედვით შესაბამისად შრომით დანახარჯებზე, მოსული 1 მ³ გამონამუშევარზე სინათლეში.

ქანის დატვირთვის პროცესისათვის:

$$\beta_{დატ} = \frac{S_{გაყ}}{S_{სინ}}, \quad (4.5)$$

სადაც, $S_{გაყ}$ არის გვირაბის განივკვეთის ფართობი გაყვანაში;

$S_{სინ}$ არის გვირაბის განივკვეთის ფართობი სინათლეში.

ბურღვის პროცესისათვის:

$$\beta_{ბურ} = l_{ბვ} \cdot \frac{S_{გაყ}}{S_{სინ}} \quad (4.6)$$

სადაც, $l_{ბვ}$ არის შპურების ხვედრითი სიგრძე 1 მ³ გამონამუშევარზე სინათლეში.

გამაგრების პროცესისათვის.

$$\beta_{გამ} = \frac{Z}{S_{სინ}}, \quad (4.7)$$

Z არის ჩარჩოების რაოდენობა 1 გრძივ მეტრზე.

ხელის სამუშაოების შრომითი დანახარჯები თვითოეულ ოპერაციაზე იანგარიშება ფორმულით:

$$T_{ხელ} = \beta \frac{N}{K_{ორგ} \cdot K_{გეოლ}},$$

(4.8)

სადაც, N არის შრომის დანახარჯების საშუალო მაჩვენებელი, გარკვეულ ორგანიზაციულ და სამთო-გეოლოგიური პირობებისათვის, კაც-წთ/სამუშაოთა ერთეულ მოცულობაზე.

$K_{ორგ}$ არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს შრომითი დანახარჯების ცვალებადობას, მუშების რაოდენობის მიხედვით.

მოსალოდნელი შრომითი დანახარჯები ერთი პროცესის შესრულებაზე იქნება:

$$T_{\text{გაყ}} = \left(\beta \frac{n}{R \cdot K_{\text{მან}} \cdot K_{\text{მზ}} \cdot K_{\text{გეოლ}}} + \beta \frac{N_r}{K_{\text{ორგ}} \cdot K_{\text{გეოლ}}} \right) \cdot \mu, \quad (4.9)$$

სადაც, $\mu=1,11-1,17$ – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს რეგლამენტირებულ შესვენების დროის ხანგრძლივობას.

შრომითი დანახარჯები 1 მ³ გვირაბის გაყვანისას შეადგენს თვითეული პროცესის შრომატევადობის ჯამს.

$$T = \sum_{i=1}^n \beta_i \left(\frac{n_i}{R_i \cdot K_{\text{მექ}} \cdot K_{\text{მზ}} \cdot K_{\text{გეოლ}}} + \frac{N_i}{K_{\text{ორგ}} \cdot K_{\text{გეოლ}}} \right) \cdot \mu, \quad (4.10)$$

ანგარიშის გასამართივებლად მიზანშეწონილია ვისარგებლოთ ტექნოლოგიური სქემის მზადყოფნის (საიმედობის) საშუალო მნიშვნელობით, რომელიც დამოკიდებულია თვითეულ მექანიზმის მზადყოფნის კოეფიციენტზე და მათი გამოყენების ტექნოლოგიაზე (მიმდევრობითი ან პარალელური მუშაობა).

ტექნოლოგიური სქემებისათვის, სადაც მექანიზმები პარალელურად მუშაობენ, $K_{\text{მზ.სქ}}$ გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{\text{მზ.სქ}} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^N \frac{1 - K_{\text{მზ.}i}}{K_{\text{მზ.}i}}} \quad (4.11)$$

სადაც, N არის შესასრულებელი ოპერაციების რაოდენობა;

$K_{\text{მზ.}i}$ არის i -ური პროცესის (ოპერაციის) მზადყოფნის კოეფიციენტი.

ტექნოლოგიური სქემების მზადყოფნის კოეფიციენტი, სადაც ოპერაციები მიმდევრობით სრულდება, გამოითვლება:

$$K_{\text{ფ.ბ.ჯ.}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{1 + \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{K_{\text{ფ.ბ.ი.}}}} \quad (4.12)$$

i -ური პროცესის (ოპერაციის) ხანგრძლიობა t_i გამოითვლება როგორც შესაბამისი სამუშაოთა მოცულობის შეფარდება, შესაბამისი სამუშაოს (პროცესის) შემსრულებელი მექანიზმის მწარმოებლურობასთან.

ხელის სამუშაოების მზადყოფნის კოეფიციენტი მიიღება 1-ის ტოლი. გამარტივებული ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$T = \frac{\mu}{k} \cdot \sum_{i=1}^6 \beta_i \left(\frac{n_i}{R_i \cdot K_{\text{მეჯ.}} \cdot K_{\text{გეოლ.}}} - \frac{N_i}{K_{\text{ორგ.}} \cdot K_{\text{გეოლ.}}} \right) \quad (4.13)$$

*ელმავლით ვაგონეტების მიმოცვლის დროს, სამუშაოთა შრომატევადობა მიმოცვლით ოპერაციაზე იანგარიშება:

$$T_{\text{მიმოცვ.}} = n_{\text{მიმოცვ.}} \times \frac{2L}{v} \times m \times \frac{1}{l_{\text{გოვ.}} \cdot S_{\text{სიწ.}}}$$

სადაც L – ზიდვის საშუალო მანძილია, m , v –შემადგენლობის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, მ/წთ;

m –რეისების რაოდენობა, რომელიც საჭიროა მონგრეული მასის ტრანსპორტირებისათვის.

$$\text{გამარტივებული ანგარიშისას } T_{\text{მიმოცვ.}} = \frac{10 m}{l_{\text{გოვ.}} \cdot S_{\text{სიწ.}}}$$

თუ ქანის დატვირთვაზე დაკავებულია არანაკლებ ოთხი კაცისა, მაშინ მექანიზირებული ოპერაციის ჯამური შრომატევადობა გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\sum T_1 = \left(\frac{T_{\text{მეჯ.დატ.}}}{n_{\text{მამანჯ.}}} + \frac{T_{\text{მიმოცვ.}}}{n_{\text{მიმოცვ.}}} \right) \times (n_{\text{მეჯან.}} + n_{\text{მიმოცვ.}}) \quad (4.14)$$

ვაგონეტების მიმოცვლაზე, ელმავლის გამოყენების შემთხვევაში, მიმოცვლის ოპერაციის შრომატევადობა განისაზღვრება:

$$T_{\text{მიმოც.}} = n_{\text{მიმოც.}} \times \frac{2L}{v} \times m \times \frac{1}{l_{\text{ცოკ.}} \cdot S_{\text{სიწ.}}} \quad (4.15)$$

სადაც L —ზიდვის საშუალო მანძილი, მ; v —ზიდვის საშუალო სიჩქარე, მ/წმ; m —მონგრეული მასის ტრანსპორტირებისათვის აუცილებელი რეისების რაოდენობა. გამართივებული გაანგარიშებისათვის

$$T_{\text{მიმოცვლ.}} = \frac{10 m}{l_{\text{ცოკ.}} \cdot S_{\text{სიწ.}}} \quad (4.16)$$

V თავი. მუშაობის ორგანიზაციის გრაფიკის შედგენა

მოსამზადებელი გვირაბების გაყვანისას მუშაობის რეჟიმი მიიღება ისეთივე, როგორიც საწმენდ სანგრევებშია: ოთხი ექვსსაათიანი სამუშაო ცვლა დღე-ღამეში, რომელთაგან ერთი სარემონტოა.

მუშაობის ორგანიზაციის ძირითად ფორმად მიღებულია კომპლექსური საგამყვანო ბრიგადა, რომელიც ასრულებს ყველა ძირითად და დამხმარე სამუშაოებს სანგრევეში. მექანიზმების პროფილაქტიკური სამუშაოები სრულდება სარემონტო ცვლაში.

მუშაობის ორგანიზაციის გრაფიკის შედგენა ხდება შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. დგება საანგარიშო საწყისი მონაცემები, რომელშიც შედის:

- ნახშირის და ქანის სიმაგრე ($f_{\text{ნახ.}}$, $f_{\text{ქან.}}$);
- ფუჭი ქანის შემცველობა სანგრევეში ($K_{\text{ქან.}}$) – (მიჭრის კოეფიციენტი);

- გვირაბის განივკვეთის ფართობი გაყვანაში და სინათლეში ($S_{გაყ.}; S_{სინ.}$);
 - სამაგრის სახეობა და ჩარჩოებს შორის მანძილი (r);
 - საგამყვანო მექანიზმების სახეობა.
2. ერთიანი ნორმებისა და განფასებების (EHuP) და $k_{გგ}$ და M -ს მიხედვით;
 3. იანგარიშება საგამყვანო ბრიგადის მინიმალური (აუცილებელი) და მაქსიმალური (შესაძლო) შემადგენლობა.

მინიმალური შემადგენლობა იანგარიშება იმ პირობით, რომ ამ რაოდენობამ უნდა უზრუნველყოს ტექნოლოგიურ სქემაში გამოყენებული მექანიზმების ნორმალური მომსახურება ან ხელის შრომატევადი ოპერაციების ნორმალური შესრულება. მაგ. ქანის მონგრევის და აწმენდის სამუშაოებზე გვირაბის კომბაინით გაყვანის შემთხვევაში, სადაც გამოყენებულია მექანიზმების სისტემა კომბაინი-გადამტვირთველ-კონვეიერი, აუცილებელია არა ნაკლებ სამი კაცი: კომბაინის მემანქანე, მისი დამხმარე და კონვეიერის ოპერატორი. ასეთივე რაოდენობაა, აგრეთვე, საჭირო ლითონის თაღური სამაგრი ჩარჩოს ხელით დაყენებისათვის თვითოეულ ელემენტის მნიშვნელოვანი წონის გამო. მცირე კვეთის გვირაბების გაყვანისას, სადაც გამოყენებულია უბრალო ტექნოლოგია, უსაფრთხოების წესების თანახმად სანგრევში უნდა იმყოფებოდეს არა ნაკლებ ორი კაცი: სა და ა.შ.

გამყვანათა მაქსიმალური (შესაძლო) რაოდენობის განსაზღვრა ხდება იმ პრინციპით, რომ შესაძლებელია საწარმოო ოპერაციები დაიყოს სამ კატეგორიად.

„ა“ კატეგორიის სამუშაოები, რომელთა შეთავსება ერთმანეთთან არ ხერხდება და რომელზედაც მუშების რაოდენობა მკაცრად რეგლამენტირებულია.

„ბ“ კატეგორიას მიეკუთვნება ოპერაციები, რომლებიც ვერ უთავსდება ერთმანეთს და „ა“ კატეგორიის ოპერაციებს და რომელთა შესრულებაზეც მუშების რაოდენობა რეგლამენტირებული არ არის (მაგრამ იგი არ უნდა აღემატებოდეს საწარმოო გამოცდილებით დადგენილ მაქსიმალურ რაოდენობას).

„გ“ კატეგორიას მიეკუთვნება ოპერაციები, რომელთა შეთავსება შეიძლება როგორც ერთმანეთთან, ისე „ა“ და „ბ“ კატეგორიის ოპერაციებთან.

მუშების რაოდენობის წილადი მნიშვნელობის მიღების შემთხვევაში მისი მნიშვნელობა მრგვალდება უახლოეს ნაკლებ მთელ როცხვამდე.

4. იანგარიშება საგამყვანო ციკლის მინიმალური ხანგრძლივობა გამყვანათა მაქსიმალური რაოდენობისათვის ამ დროის ხანგრძლივობას განსაზღვრავს „ა“ და „ბ“ კატეგორიის ოპერაციები.

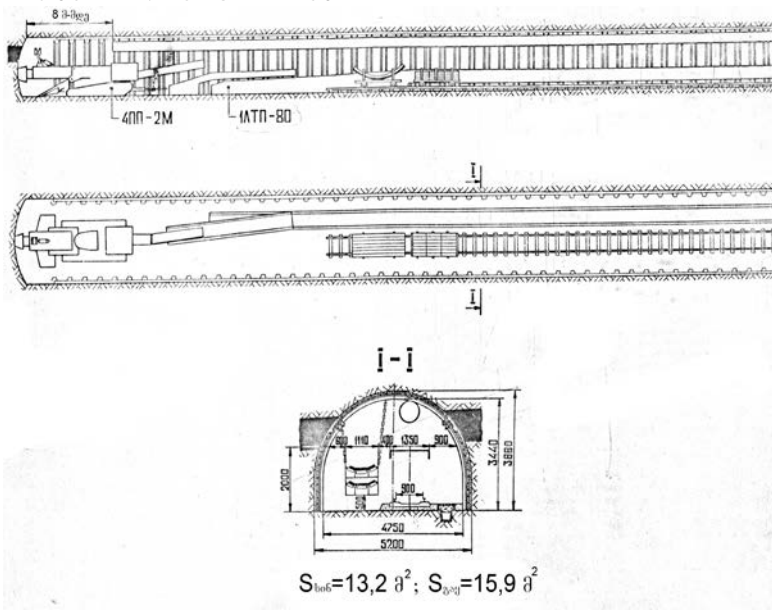
5. დგინდება გაყვანის მინიმალური და მაქსიმალური სიჩქარეები.

კომბინით გაყვანის შემთხვევაში ცვლის ხანგრძლივობას აკლდება 20 წთ., რეგლამენტირებულ შესვენებებისათვის (ტრეგ); ბურღვა-აფეთქებით გაყვანის შემთხვევაში რეგლამენტირებული შესვენების დრო უთავსდება სანგრევის განიხევების დროს.

იმისათვის, რომ ცვლაში შესრულდეს საგამყვანო ციკლის სრული რაოდენობა, დასაშვებია ოპერაციების ხანგრძლივობის მიღებული მნიშვნელობების უმნიშვნელო კორექტირება (5-10%-ით), სამთო-ტექნიკური ფაქტორების გათვალისწინებით (ჩარჩოებს შორის მანძილი, შპურების სიღრმე და ა.შ.).

6. თითოეულ შეთავსებულ ოპერაციაზე დასაქმებული მუშების რაოდენობათა ჯამი უნდა იყოს საგამყვანო ბრიგადის შემადგენლობის ტოლი.

მე-3 ნახაზზე ნაჩვენებია გვირაბის კომბინით გაყვანის ტექნოლოგიური სქემა



ნახ. №3. გვირაბის კომბინით გაყვანის ტექნოლოგიური სქემა.

ოპერაციები	კარგის რაოდენობა (ტონა)	ხანგრძლივობა (წელიწადი)	საბაზის წილი (ტონა)	საბაზის ღირებულება (ლ. ათასობით)	II ცეცხლი												III ცეცხლი												IV ცეცხლი												I ცეცხლი											
					ცეცხლის საათები																																															
					1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6																								
ხაუნაო მანათი		4-7	50	260	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25													
კომანის მუშაობა	მ	7.2	2	405	810	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75													
კომანის მანათურება		1-2	315	405	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250													
საბურთის ასეფანა	მ.ს.	9	1.4	865	2155	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175														
კონვეურის მანათურება		1	990	990	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200														
არჩის მწურვა	მ	7.2	3	30	90																																															
კონვეურის დანერგვა	მ	7.2	3	75	225																																															
დაბალარხის რეორგანიზაცია		3	215	645																																																
მაგლეს დანერგვა	მ	7.2	4	20	80																																															
უზის დანერგვა	მ	7.2	4	70	280																																															
ღერტის წაშლა	მ	7.2	4	35	140																																															
ჩხალის მონაგარი	მ.ს.	6.9	4	95	360																																															
რეალისტური/ეკოლოგიური შეფარვა		4-7	80																																																	

ნახ. №4. გვირაბის კომბინით გაყვანის მუშაობის ორგანიზაციის გრაფიკი.

VI თავი. ტუნელის მშენებლობის არსებული და თანამედროვე მეთოდები

ტუნელების აგების არსებული მეთოდებიდან საყურადღებოა:

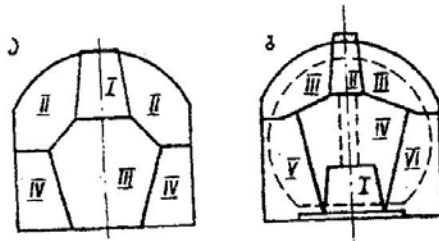
1. დაყრდნობილი თაღის ხერხი;
2. საყრდენი ბირთვის ხერხი;
3. მთლიანად გაშლილი კვეთის ხერხი.

დაყრდნობილი თაღის ხერხი

დაყრდნობილი თაღის ხერხის გამოყენებისას ჯერ ამუშავებენ ტუნელის კვეთის ზედა ნაწილს (კალოტას), შემდეგ ამოკყავთ თაღი, რომელიც დროებით ქანზე ეყრდნობა, და, ბოლოს, უკვე გამაგრებული ჭერის ქვეშ, აწარმოებენ კვეთის ქვედა ნაწილის ამოღებას და კედლების ამოყვანას. ამ ხერხის გამოყენება შეიძლება ისეთ ქანებში, რომლებიც თაღის საიმედო საყრდენად გამოდგება.

დაყრდნობილი თადის ხერხით ტუნელის გაყვანა შეიძლება ერთშტოლიანი ან ორშტოლიანი სქემით განხორციელდეს.

ერთშტოლიანი სქემის შემთხვევაში (ნახ. №5ა) მუშაობას იწყებენ ზედა მიმართველი შტოლნის (I) გაყვანით, მერე აგანიერებენ კალოტას (II), აყენებენ ქარგილებს და ქანზე დაყრდნობით თადი ამოჰყავთ; მისი გამაგრების შემდეგ ამუშავენ კვეთის ქვედა შუა ნაწილს (III) და ბოლოს აწარმოებენ გვერდითი ნაწილების (IV) რიგრიგობით გამოღებასა და კედლების წყობას.



ნახ. №5

ორშტოლიანი სქემის გამოყენებისას (ნახ. №5ბ) ჯერ გაჰყავთ ქვედა (I), ხოლო მერე, 30-35 მეტრზე ჩამორჩენით, ზედა (II) მიმართველი შტოლნები, რის შემდეგ აგანიერებენ კალოტას (III) და ამოჰყავთ თადი. როდესაც იგი საკმარისად გამაგრდება, გამოაქვთ კვეთის ქვედა შუა ნაწილი (IV) და ბოლოს გვერდითი ნაწილები (V) და (VI). სამუშაო მთავრდება კედლების ამოყვანით, რაც უბნებად წარმოებს. ზედა და ქვედა შტოლნის ყოველი 6-12 მეტრის გავლის შემდეგ, მათ ერთმანეთთან აერთებენ ვერტიკალური გვირაბებით

(ფურნელებით), რომლებითაც ქანს უშვებენ. ზედა შტოლნიში ზომაგრძელი მასალების მისაწოდებლად გაჰყავთ დახრილი შემაერთებელი გვირაბები, რომელთა შორის მანძილი 30 მეტრს არ უნდა აღემატებოდეს.

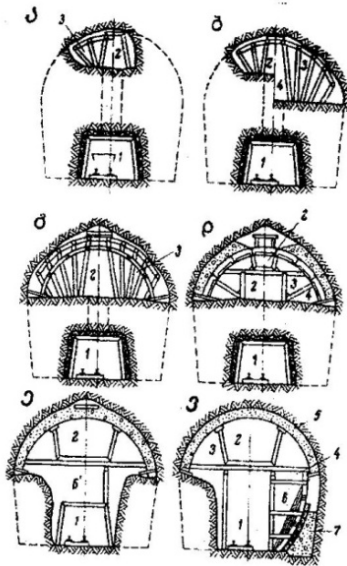
გაყვანის სქემის არჩევა ხდება ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საფუძველზე. ერთშტოლნიანი სქემა ნაკლებ ხარჯებს მოითხოვს, რადგან შტოლნის გაყვანა ყველაზე უფრო შრომეტევადი სამუშაოა. ზედა ნაწილის გაანგარიშება (კალოტის გაშლა) დაურღვეველ ზონაში ხდება და უფრო უსაფრთხოა. გაყვანის ტემპი ერთშტოლნიანი ხერხის გამოყენებისას შედარებით ნაკლებია.

ორშტოლნიანი სქემა უზრუნველყოფს უფრო ფართო სამუშაო ფრონტს და, ამის შემდეგ, გაყვანის მეტ სიჩქარეს. ქანის გამოზიდვა და მასალების მიწოდება ქვედა შტოლნით წარმოებს, რის გამოც ზედა ნაწილში, სადაც ძირითადი სამთო სამუშაოები მიმდინარეობს, მეტი თავისუფლებაა. ქვედა შტოლნი ხელს უწყობს დრენაჟს და, ამიტომ, თადის ამოყვანა მშრალ პირობებში ხდება. ამ ხერხის უარყოფითი მხარეა შედარებით მაღალი ღირებულება.

ორშტოლნიანმა სქემამ პრაქტიკაში ფართო გავრცელება ჰპოვა, განსაკუთრებით გრძელი ტუნელების აგების დროს. ერთშტოლნიანი სქემის გამოყენება უფრო ხელსაყრელად ითვლება მშრალ ქანებში მოკლე ტუნელების (300-400 მ) გაყვანისას.

დაყრდნობილი თადის ხერხით ტუნელის აგებისას ყველაზე მძიმე სამუშაოს კალოტის გაშლა და თადის ამოყვანა წარმოადგენს. კალოტის გაშლა მოითხოვს

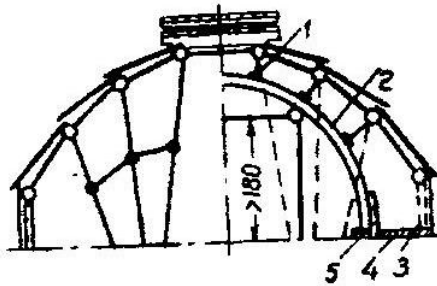
სპეციალური სახის სამაგრების გამოყენებას. უფრო ხშირად მარაოსებურ სამაგრს ხმარობენ (ნახ. №6); მას აქვს 2-6მ სიგრძის გრძივად დაყენებული უღლები (ლონგარინები), რომლებიც დაყრდნობილია დახრილ ბიგებზე (შტენდერებზე), სუსტ ქანებში ლონგარინებს ზემოდან ფიცრის მთლიანი ხიმე უკეთდება. მარაოსებური სამაგრის სიხისტე უზრუნველყოფილია განივი და გრძივი განბრჯენების საშუალებით, რომლებიც, შესაბამისად, ლონგარინებისა და დახრილ ბიგებს შორის თავსდება. სამაგრის ელემენტები ერთმანეთთან სათანადო ამონაჭრებითა და კავებით მაგრდება. თუ კალოტის გაშლა შრეებად წარმოებს, მაშინ საჭიროა დახრილი ბიგების შეცვლა სიმაღლის ზრდის შესაბამისად.



ნახ. №6

თაღური ნაწილის გაგანიერებას (კალოტის გაშლას) და მარაოსებური სამაგრის დაღმას 6-12 მ სიგრძის უბნებად (რგოლებად) აწარმოებენ (სიგრძე ქანის მდგრადობის შესაბამისად აიღება). ეს სამუშაოები შესაძლებელია ერთდროულად რამდენიმე უბანში სრულდებოდეს; ისინი ერთმანეთისაგან 1-2 უბნის სიგრძეზე უნდა იყვნენ დაცილებულნი. ასეთივე მანძილი აიღება შტოლნის სანგრევსა და უახლოეს უბანს შორის.

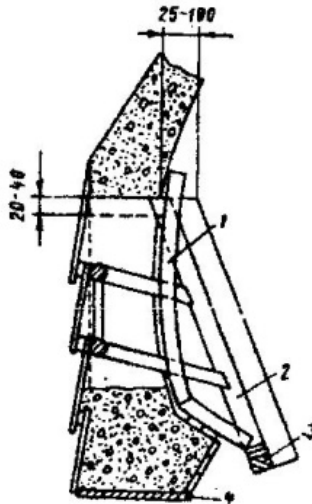
კალოტის გაშლის დამთავრების შემდეგ ამზადებენ თაღის საყრდენებს, რისთვისაც სათანადო ადგილზე 10-15სმ სისქის მჭლე ბეტონს აგებენ. ამას მოსდევს დამხმარე ბიგებზე ქარგილების დაყენება, რომლის სქემა ნაჩვენებია №7-ე ნახაზზე. ღონგარინები ქარგილს (2) მოკლე ბიგებით (1) ეყრდნობა (პუნქტირით ნაჩვენებია მარაოსებური სამაგრის მოხსნილი ბიგები). განაპირა ღონგარინების ქვეშ ბეტონის საბრჯუნები (3) იდგმება. ქარგილების მოხსნის გასაადვილებლად მათ ქვემოდან სოლები (5) უკეთდება.



ნახ. №7

ქარგილების დაყენებისთანავე იწყებენ თაღის წყობას, რაც ორივე საყრდენიდან (ნახ. №8) სიმეტრულად მიმდინარეობს. ბეტონს 20სმ შრეებად ათავსებენ და

სათანადოდ ტკეპნიან. თაღის ამოყვანისას მოკლე ბიგები თანდათან იხსნება. თაღის წყობის დამთავრებიდან 7 დღის გასვლის შემდეგ დასაშვებია მეზობელ უბანში კალოტის გაშლის სამუშაოების დაწყება. ტუნელის ქვედა ნაწილის გაყვანა-გამაგრებაზე წარმოდგენას იძლევა მე-6 ნახაზი (1 - ქვედა შტოლნი, 2-ზედა შტოლნი, 3 -კალოტა, 4 -კალოტის ქვედა შრე, 5 -თაღი, 6 - ტუნელის ქვედა ნაწილის შუა და ნაპირა უბნები, 7 - კედელი).



ნახ. №8

კედლების ამოყვანა ჭადრაკული განლაგებით ხდება. პირველ რიგში კედლები მეზობელ უბნების შეპირაპირების ადგილებზე შენდება. კედლის ამოყვანამდე ქვემოდან - გაშიშვლებული თაღის ქუსლები დროებით ქვესაბრჯენებით მაგრდება (ნახ. №8, 1 - თარგი, 2 - ქვესაბრჯენი, 3 - გრძივი ძელი, 4 - მკლე ბეტონის სა-

ფუძველი). კედლის შეერთება თაღის საყრდენთან რაც შეიძლება დიდი სიმჭიდროვის უნდა იყოს. ამისათვის კედლის ზედა ნაწილში (20-40 სმ) მჭლე ბეტონს ათავსებენ და საფუძველიანად ტკეპნიან.

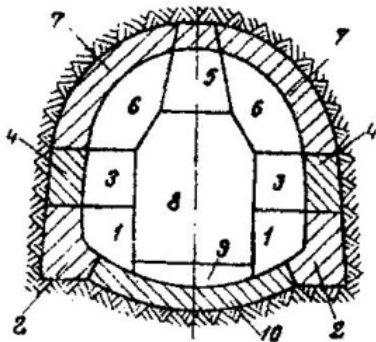
შებრუნებულ თაღს, თუ სამაგრის კონსტრუქციით გათვალისწინებულია, კედლების დაბეჭინების შემდეგ აკეთებენ. ამისათვის ტუნელის ნიადაგში ქანს მოკლე უბნებად იღებენ, კედლების გაშიშვლებულ ძირებს დროებითი ქვესაბრჯენით ამაგრებენ და ბეტონს აგებენ. ტუნელის მთელ პერიმეტრზე გამაგრების შემდეგ სამაგრსა და ქანს შორის ცემენტის ხსნარს ჭირხნიან.

ერთშტოლნიანი სქემით ტუნელის გაყვანისას გაძნელებულია ზედა ნაწილში გამოღებული ქანის გამოზიდვა და მასალების მიწოდება. ამ მიზნით ტუნელის მთელ სიგრძეზე ან ქვედა სანგრევიდან მხოლოდ 30-40 მეტრის მანძილზე, კიდულ გზებს აკეთებენ, რაც მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს აღნიშნული სამუშაო პროცესების შეუფერხებელ წარმოებას. სატრანსპორტო სამუშაოების გამარტივების მიზნით, შედარებით მოკლე ტუნელებში, უმჯობესად თვლიან ჯერ მთელ სიგრძეზე ზედა ნაწილის გაყვანას და შემდეგ მთელ კვეთზე გვირაბის გაფართოებას.

საყრდენი ბირთვის ხერხი

საყრდენი ბირთვის ხერხი გამოიყენება სუსტ ქანებში ტუნელების აგების დროს, როდესაც მნიშვნელოვანი სამთო წნევაა მოსალოდნელი. ამ ხერხს მიმართავენ, აგრეთვე, მდგრად ქანებში, დიდი სიგანის ტუნელების გაყვანის შემთხვევაში.

სამთო სამუშაოები შემდეგი თანმიმდევრობით წარმოებს (ნახ. №9) პირველ რიგში გაჰყავთ ქვედა გვერდითი შტოლნები (1) და მათში კედლები (2) ამოჰყავთ; ქვედა შტოლნებიდან ჭრიან ვერტიკალურ აღმაველებს (ფურნელებს), საიდანაც ზედა გვერდითი შტოლნებს (3) გადიან და შემდეგ კედლებს (4) აშენებენ. ზედა შტოლნებიდან ქანის გამოტანა და მათში მასალების შეზიდვა ფურნელებში გატარებით ხდება.



ნახ. №9

როდესაც ბეტონის კედლები საკმარის სიმტკიცეს მიიღებენ, იწყებენ ზედა შტოლნის (5) გაყვანას, რომლიდანაც კალოტს (6) შლიან. ამას მოსდევს ბეტონის თაღის (7) ამოყვანა, რომელიც გამზადებულ კედლებს ეყრდნობა. თაღის ქარგილების მოხსნის შემდეგ იღებენ ბირთვის (8) ქანებს. სამთო სამუშაოები, ტუნელის ძირში (9), ქანის ამოჭრითა და შებრუნებული თაღის (10) მოწყობით მთავრდება.

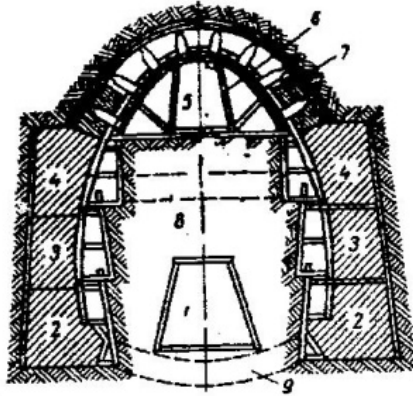
გვერდითი შტოლნების სიგანე საკმარისი უნდა იყოს კედლის წყობისა და ერთლიანდაგიანი გზისათვის,

ხალხის თავისუფალი გასასვლელის დატოვებით. მაგრამ, სუსტ ქანებში ასეთი შტოლნების გაყვანა ძნელდება და ამიტომ მათ სიგანეს კედლის სისქის ტოლს იღებენ (შტოლნის სიგანე აუცილებლად უნდა აკმაყოფილებდეს ერთლიანდაგიან ზიდვის პირობას). ამ შემთხვევაში საჭირო ხდება კედლის უკუსვლით ამოყვანა. კედელსა და საყრდენ ბირთვის შორის დარჩენილ სივრცეში განბრჯენები თავსდება ან ფუჭი ქანი იყრება, რაც ხელს უწყობს ბირთვის ქანების მდგრადობას. შტოლნები გაყვანისას ხის ჩვეულებრივი ჩარჩოებით მაგრდება.

კალოტის გაშლა და თაღის დაბეტონება წარმოებს უბნებად, რომელთა სიგრძე 4 მ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. თაღის ამოსაყვანი ქარგილები ბირთვის ქანებს ეყრდნობა (აქედანაა მიღებული სახელწოდება - საყრდენი ბირთვი). სამუშაოთა წარმოების ტექნოლოგია ისეთივეა, როგორც დაყრდნობილი თაღის შემთხვევაში.

საყრდენი ბირთვის ქანების დამუშავება გამაგრებული ჭერის ქვეშ ხორციელდება და რამდენიმე გამიშვლებული სიბრტყის პირობებში წარმოებს. ამ დროს შესაძლებელია სამუშაოთა სრული მექანიზაცია (საბურღი დანადგარებით ბურღვა, მონგრეული ქანის ექსკავატორით დატირთვა და ავტოთვიომცლევებით გამოზიდვა), რის გამოც შრომის მწარმოებლობა გაცილებით მეტია, ვიდრე შტოლნების გაყვანისა და კალოტის გაშლის შემთხვევაში. ამიტომ საყრდენი ბირთვის ხერხის გამოყენება მიზანშეწონილია განიერ ტუნელებში, სადაც ბირთვის ქანების კუთრი მოცულობა მნიშვნელოვანი გამოდის.

საყრდენი ბირთვის ხერხის ღირსებას შეადგენს არამდგრად ქანებში სამუშაოთა წარმოების უსაფრთხოება და საიმედოობა. ამ ხერხის ნაკლია გაყვანის მცირე ტემპები და შედარებით მაღალი ღირებულება.

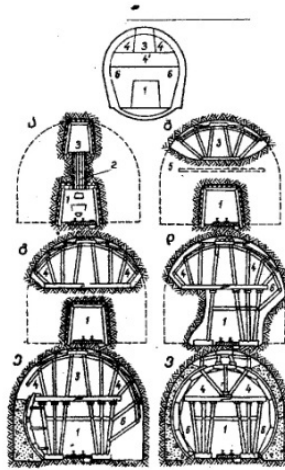


ნახ. №10

საყრდენი ბირთვის ხერხის დიდი სიგანის ტუნელებში გამოყენებისას მიზანშეწონილად თვლიან ქვედა ცენტრალურ შტოლნის გაყვანას, რაც სამთო სამუშაოთა ფრონტის გაზრდის საშუალებას იძლევა (ნახ. №10). ქვედა ცენტრალური შტოლნიდან (1) გაჰყავთ განივი გამკვეთები, საიდანაც გვერდით შტოლნებს (2) ჭრიან. ქანის გამოზიდვასა და მასალების მიწოდებას ცენტრალური შტოლნი ემსახურება (ზედა გვერდით შტოლნებთან (3) და (4) იგი დახრილი გამკვეთებით ერთდება). ეს შესაძლებელს ხდის გვერდითი შტოლნების მინიმალური სიგანით გაყვანას, რასაც მნიშვნელობა აქვს სუსტი ქანების შემთხვევაში (5-ზედა შტოლნი, 6-დროებითი სამაგრი, 7-ბეტონის თალი).

მთლიანი გაშლილი კვეთის ხერხი

მთლიანი გაშლილი კვეთის ხერხი გულისხმობს ქანის გამოღებას ტუნელის განივკვეთის ფართობზე და შემდეგ მუდმივი სამაგრის ამოყვანას. იგი გამოსადეგია შედარებით მცირე განივკვეთის (30-60 მ) ტუნელების გასაყვანად რბილ ქანებში, სადაც დიდი სამთო წნეეები არ ვითარდებიან.



ნახ. №11

პირველ რიგში გაჰყავთ ქვედა მიმმართველი შტოლნი (1) (ნახ. №11) მისგან გაჭრილი აღმავლებიდან (2) ან ტუნელის პორტალიდან გადიან ზედა შტოლნს (3). ქვედა და ზედა შტოლნები ყოველი 6-10მ მანძილზე ერთდება გამკვეთებით, რომლებითაც ქანის ჩამოშვება წარმოებს. ზედა შტოლნის გაყვანასთან ერთად ან მისი დასრულების შემდეგ, 6,0 მეტრამდე სიგრძის უბნებად ახდენენ კალოტის გაშლას, ჯერ ზედა (4) და მერე ქვედა (4) ნაწილში. კალოტის გაშლასთან ერთად

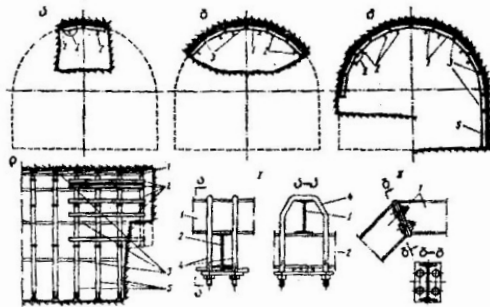
იდგმება მტკიცე მაროსებრი სამაგრი. როდესაც თაღური ნაწილის გამოღება დამთავრდება, იწყებენ ქვედა შტოლნის გვერდების (6) გაფართოებას, რითაც მთავრდება სანგრევის დამუშავება, ტუნელის განიკვეთის მთელ ფართობზე. ამის შემდეგ აყენებენ ქარგილებს და ორივე მხრიდან სიმეტრიულად ბეტონის სამაგრი ამოჰყავთ.

ზედა და ქვედა მიმმართველი შტოლნების კვეთი მინიმალური აიღება ეს შტოლნები ყოველ 50-100 მეტრზე ერთდება დახრილი სასველელებით, რომლებიც ზედა ნაწილში საჭირო მასალების მიწოდებას ემსახურება.

ამ ხერხით ტუნელის გაყვანისას დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს დროებითი სამაგრის წესიერ დადგმას. თაღურ ნაწილში მაროსებრი სამაგრის ბიგები ეყრდნობა სქელ განივ ძელებს (5), რომლებიც მცირე სიღრმის თხრილებში თავსდება, ერთმანეთისაგან 1,0-2,0 მეტრის დაშორებით. ქვედა ნაწილში ქანის გამოღების კვალდაკვალ განივ ძელებს ქვემოდან მტკიცე ბიგებს უყენებენ, რომლებსაც მჭიდროდ ჭეჭავენ. გვირაბის გვერდებს ამაგრებენ ქვესაბრჯენებით, რომლებიც განაპირა ბიგებს ეყრდნობა.

ბეტონის მუდმივი სამაგრის ამოყვანის დროს უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ქარგილების საჭირო სიმტკიცე. ამისათვის ქარგილსა და ბიგებს შორის განბრჯენებს ათავსებენ. ქარგილების ამოფიცვრა ხდება თანდათანობით, ბეტონის ჩასხმის შესაბამისად. ქარგილების დაყენებისა და მუდმივი სამაგრის ამოყვანის დროს იხსნება დროებითი სამაგრის განაპირა ელემენტები.

მთლიანად გაშლილი კვეთის ხერხის მთავარ ღირსებად თვლიან სამთო სამუშაოების გაშლილ ფრონტს, რაც - ტუნელის სწრაფი აგების საშუალებას და აგრეთვე, მუდმივი სამაგრის მონოლითურობას იძლევა. ძირითად ნაკლს წარმოადგენს დროებითი სამაგრის მაღალი ღირებულება, მისი დაყენების სირთულე და მნიშვნელოვანი დათმობა რასაც აუცილებლად მოსდევს ჭერის შესამჩნევი დაწვევა. ამიტომ, კაპიტალური ნაგებობების ქვეშ ტუნელების გაყვანისას ეს ხერხი რეკომენდებული არ არის.



ნახ. №12

სუსტ და დარღვეულ ქანებში შესაძლებელია აიგოს ტუნელი ლითონის გამოსაწევი კოჭებით. ეს ხერხი ტუნელის მთლიანი სანგრევით (ან მთლიანი გაშლილი კვეთის) გაყვანის სახესხვაობას წარმოადგენს (ნახ. №12). პირველ რიგში საბურღი ხარაჩოებიდან თანდათანობით ამუშავებენ სანგრევის ზედა ნაწილს (ბურღვა აფეთქებით ან მომნგრევი ჩაქუჩებით) და დროებითი სამაგრის ელემენტებს (1) აყენებენ, რომლებსაც ლითონის გამოსაწევი კოჭებით (2) იკავებენ. ერთი წინ-

წაწვევის სიღრმე 1,0-1,5 მეტრია. დროებითი სამაგრის თაღებს შუა გამბრჯენებს (3) ათავსებენ. გამოსაწვევი კოჭები ცალუღებით (4) მაგრდება, ადრე დაყენებული დროებითი სამაგრის თაღებზე. გამოსაწვევი კოჭებით დამაგრებული თაღი, სანგრევის ქვედა ნაწილის გამოღების შემდეგ, ვერტიკალურ ბიგებზე (5) ეყრდნობა. მუდმივი სამაგრის ამოყვანა სანგრევიდან რაც შეიძლება მცირე დაშორებით უნდა ხდებოდეს.

გამოსაწვევი კოჭებით სანგრევის დამუშავება მიზანშეწონილია ისეთ ქანებში, რომლებშიც სამთო წნევა არ ვლინდება, რამდენიმე ცვლის განმავლობაში. ამ ხერხს მიმართავენ სუსტი ქანების მცირე უბნების გასაველეად, როდესაც ტრასა, ძირითადად, მდგრად ქანებში გადის და ტუნელს მთლიანი სანგრევის ან ზედა საფეხურის გამოყენებით აგებენ.

დიდი განივკვეთის ტუნელების გასაყვანად, სუსტი ქანების უბნებში, ხმარობენ, აგრეთვე, გადასატან ლითონის ჩარჩოებს, რომელთა დაცვის ქვეშ ხდება ქანის დამუშავება და სამაგრის დადგმა. ჩარჩოების კონსტრუქცია სხვადასხვაგვარია.

VII თავი. გვირაბების მშენებლობა გუბონის მრავალშრიანი სამაგრის ამოყვანით

სამთო წესით გვირაბების მშენებლობის ისეთი მეთოდები, როგორცაა „დაყრდნობილი თაღის“, „საყრდენი ბირთვის“, „სანგრევის საფეხურებად დამუშავება“ და „ძველი ავსტრიული მეთოდი“, ხასიათდება რიგი ნაკლოვანებებით, კერძოდ, ქანების მონგრევა-დატვირთვის და მუდმივი სამაგრის ამოყვანის სამუშაოების ერთი და იმავე უბანზე წარმოების შეუძლებლობა

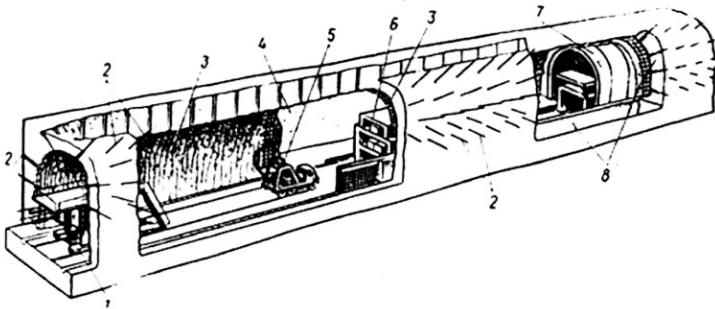
(სირთულე), ამავე დროს ბოლო პერიოდამდე გამოყენებული დროებითი სამაგრი იწვევდა კვეთის მნიშვნელოვან შემცირებას, რაც ფაქტიურად შეუძლებელს ხდიდა მაღალმწარმოებლური საგამყვანო და მუდმივი სამაგრის ამომყვანი მანქანა-მექანიზმების გამოყენებას. ამჟამად ფართოდ ინერგება გვირაბების მშენებლობის ახალი ტექნოლოგიური სქემები („ახალავსტრიული მეთოდი“, „გვირაბების გაყვანა დროებითი თაღოვანი ბეტონის სამაგრის მოწყობით“ და „დაყრდნობილი თაღის საყრდენი ბირთვის ახალი ვარიანტი“), რომლებიც საშუალებას იძლევიან სამუშაო ფრონტის სრულად გაშლისა და ისეთი დროებითი სამაგრის გამოყენების, რომელიც არ ხერგავს განივკვეთს და შესაბამისად არ ზღუდავს თანამედროვე გვირაბგამყვანი მექანიზმების გამოყენებას.

ახალავსტრიული მეთოდი (NATM)

ახალავსტრიული მეთოდით გვირაბების მშენებლობისას (ნახ. №11 და ნახ. №12), ძველისგან განსხვავებით, გამოიყენება დამთმობი დროებითი სამაგრი, რომელიც ეწყობა ლითონის ბადეებით არმირებული ნაშხეფ-ბეტონისაგან. მისი გაძლიერება, საჭიროების შემთხვევაში, ხდება ლითონის სხვადასხვა პროფილისაგან დამზადებული ჩარჩოებისა და ანკერების დახმარებით. იმავედროულად მიმდინარეობს დროებითი სამაგრის და გარემომცველი მასივის დაძაბული მდგომარეობის და დეფორმაციების სისტემური გაზომვები, რომელთა საფუძველზე ხდება დროებითი სამაგრის კონსტრუქციის კორექტირება. დროებითი სამაგრი უნდა მოეწიოს რაც

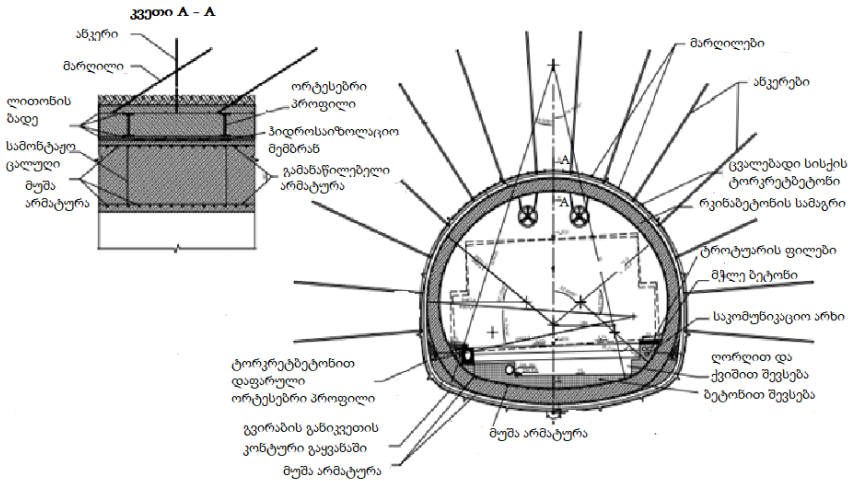
შეიძლება სწრაფად, მონგრეული ქანის აწმენდის შემდეგ, რათა ეფექტურად მოხდეს გარემომცველი ქანების ბუნებრივი მდგრადობის გამოყენება.

გვირაბების გაყვანის ტექნოლოგია, დროებითი თაღოვანი ბეტონის სამაგრის მოწყობით, ეფუძნება შეზღუდული დათმობის მქონე დროებითი სამაგრის გამოყენებას, რაც სამთო მასივის მზიდუნარიანობის გაძლიერების საშუალებას იძლევა. ამ მეთოდით გვირაბების მშენებლობისას უნდა მოხდეს ლითონის თაღოვანი სამაგრის დადგმა უშუალოდ სანგრევთან, რაც შეიძლება მცირე დროში; ამავე დროს ხის ხიმეები იცვლება მცირე სისქის ბეტონის შრით, რომლის მოწყობა ხდება ლითონის თაღოვან სამაგრსა და ქანთა მასივს შორის ნახ. №13. ასეთნაირად მოწყობილი შეზღუდული დათმობის მქონე დროებითი სამაგრი უზრუნველყოფს გვირაბის მდგრადობას მშენებლობის პროცესში, უშუალოდ ლითონის თაღოვანი ჩარჩოების დეფორმაციისა და ბეტონის დენადობის ხარჯზე, რომელიც მცირდება ბეტონის გამყარებასთან ერთად. ამ პერიოდში უნდა წარმოებდეს დროებითი სამაგრის დეფორმაციების გაზომვა.

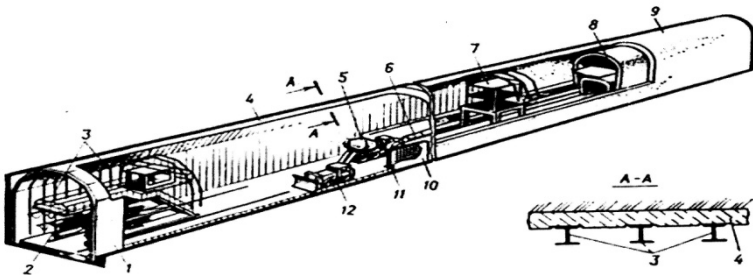


ნახ. №13. გვირაბის გაყვანის ახალავსტრიული მეთოდის ტექნოლოგიური სქემა

1. საბურღი დანადგარი, 2. ანკარები, 3. ლითონის ბადე, 4. ნაშხეფბეტონის შრე, 5. ნაშხეფბეტონის შრის დასატანი დანადგარი, 6. გამზომი ხელსაწყოებით აღჭურვილი ურიკა, 7. მექანიზირებული ქარგილი, 8. გვირაბის ბეტონის მუდმივი სამაგრი.



ნახ. №14. გვირაბების მშენებლობის ახალავსტრიული მეთოდით მრავალშრიანი სამაგრის მოწყობის სქემა.



ნახ. №15 გვირაბების გაყვანის ტექნოლოგიური სქემა დროებითი თაღოვანი ბეტონის სამაგრის მოწყობით:

1. ბეტონის დროებითი თაღოვანი სამაგრი, 2. საბურღი ავრევატი, 3. ლითონის თაღოვანი სამაგრი ჩარჩოები, 4. ბეტონის საწყისი მოპირკეთება, 5. ტუმბოთი აღჭურვილი ბეტონის ხსნარის შემრევი, 6. სავენტილაციო მილი, 7. ტექნოლოგიური ურიკა ლითონის თაღებისათვის, 8. მექანიზირებული ქარგილი, 9. ბეტონის მუდმივი სამაგრი, 10. ბეტონის მუდმივი სამაგრის კედლების დაბეტონება, 11. კედლების ამოსაყვანი ქარგილი, 12. ბუღდოზერი.

თუ დეფორმაციები უმნიშვნელოა ან საერთოდ არ ხდება, შესაძლებელია ლითონის სამაგრი ჩარჩოების მოხსნა, შემდგომ მონაკვეთებზე გამოყენების მიზნით. ამ მეთოდით მოწყობილი დროებითი სამაგრი (ლითონის სამაგრი ჩარჩოებით ან მათ გარეშე) გამოიყენება მუდმივი მრავალშრიანი სამაგრის ამოყვანისათვის, როგორც პირველი შრე. ბეტონის მუდმივი სამაგრის მეორე შრის სისქე განისაზღვრება მრავალშრიანი სისტემის საექსპლუატაციო პერიოდის დატვირთვებზე (გრუნტის წყლების ჰიდროსტატიკური დატვირთვები, ნარჩენი სამთო წნევები, სეისმური ზემოქმედება და სხვა) გაანგარიშებით.

ამ მეთოდით გვირაბის მშენებლობის ტექნოლოგიურ პროცესში შედის შემდეგი ოპერაციები:

1. შპურების ბურღვა, აფეთქება და ქანის აწმენდა;
2. ლითონის დროებითი სამაგრი ჩარჩოების დაყენება, ქარგილის მოწყობა და ჩარჩოების უკან ბეტონის ჩასხმა;
3. დროებითი სამაგარის გადაადგილების გამზომი მოწყობილობის მონტაჟი, დეფორმაციების გაზომვა. აზომვის შედეგების მიხედვით ლითონის სამაგრი

ჩარჩოების მოხსნის ან დატოვების გადაწყვეტილების მიღება;

4. ბეტონის მუდმივი სამაგრის მეორე შრის ამოყვანა (დაბეტონება).

NATM უპირატესად გამოიყენება სუსტ ქანებში, დიდი ზომის არაწრიული კვეთის გვირაბისათვის. იგი მოიცავს შემდეგი ფაქტორების ერთობლიობას:

- არასრული კვეთით გაყვანა, აფეთქებით ან მექანიკური საშუალებებით (ფარის ან გვირაბის საბურღი მანქანის – TMB – ის გამოყენების გარეშე);

- პირველადი სამაგრი (initial support), რომელიც წარმოადგენს შხეფბეტონის, ანკერების, ფოლადის ბადეების ან კარკასების სხვადასხვა კომბინაციას, მათ დაყენებას სანგრევის პირას რაც შეიძლება ახლოს და მისი წინ წაწვევისთანავე;

- სანგრევის პირის დროებითი გამაგრებას შხეფბეტონის და, შესაძლოა, მინაბოჭკოს ანკერების საშუალებით;

- ქანების განმტკიცება (ტამპონაჟი, გაყინვა, გაუწყლოება და სხვა);

- საკონტროლო გაზომვები და მონიტორინგი. მათი სისტემატური გამოყენებას გვირაბის მდგრადობის და კონვერგენციის მინიმუზაციის უზრუნველსაყოფად. [2]

საბოლოო სამაგრი (final lining), ჩვეულებრივად, წარმოადგენს მონოლითური ბეტონის ან რკინაბეტონის კონსტრუქციებს. ხშირად, პირველად და საბოლოო სამაგრებს შორის თავსდება წყალგაუმტარი მემბრანა.

NATM გამოიყენებს გვირაბმშენებლობის ფაქტიურად ყველა მეთოდს. მისთვის დამახასიათებელია საკონტროლო აპარატურის და მონიტორინგის ფართო გამოყენება, როგორც მშენებლობის აუცილებელი და არსებითი ნაწილი. ტრადიციულად, მონიტორინგი მოიცავს შემდეგ საშუალებებს: კონვერგომეტრებს კედლების და ჭერის წერტილების გადაადგილებების რეგისტრაციისათვის; ჭაბურღილის მრავალპოზიციურ ექსტენზომეტრებს; შხეფბეტონში, ქანის და სამაგრის კონტაქტის წერტილებში, ანკერებში, ბადეებში, კარკასებში დინამომეტრულ მოწყობილობებს.

საკონტროლო აპარატურა და მონიტორინგი გამოიყენება იმისთვის, რათა შეფასებული იქნეს ქანისა და პირველადი სამაგრის მდგრადობა და დეფორმირებული მდგომარეობა, დატვირთვების და შიგა ძალების განვითარება სამაგრზე და მის ელემენტებში. იმ შემთხვევებში, თუ გადაადგილებები ვითარდება აჩქარებით, დატვირთვები აჭარბებენ სამაგრის მზიდუნარიანობას ან არამდგრადობა უკვე შესამჩნევია ვიზუალურად (ბზარები, რღვევები), გამოიყენება დამატებითი პირველადი სამაგრი. საბოლოო სამაგრი ფაქტიურად იდგმება მხოლოდ გადაადგილებების შეწყვეტის შემდეგ.

მონიტორინგის მიზნები და ინსტრუმენტული გაზომვების პროგრამა უნდა იყოს კარგად განმარტებული და დაგეგმილი. თუ მიღებული შედეგების დროული და ეფექტური ინტერპრეტაცია და გამოყენება შეუძლებელია, გაზომვებს აზრი არ აქვს. არ უნდა შეიქმნას ინ-

სტრუმენტული გაზომვების დისკრეტიზაციის რისკი, მათი უადგილო აღვილას გამოყენებით.

ამასთანავე, აღსანიშნავია სადაზვერვო, მოსამზადებელ და სხვა გვირაბებში კონვერგომეტრული გაზომვების დიდი მნიშვნელობა ქანების მასივის თვისებების და მდგომარეობის შეფასებისათვის ე.წ. ნატურალურ-ანალიზური მეთოდით. იგი მიზანშეწონილია საწყისი პარამეტრების დაზუსტების და პროექტის დროული კორექტირების მიზნით.

პირველადი სამაგრის ინტენსიურობა (ანკერების რაოდენობა, შხეფბეტონის სისქე და სხვა) განისაზღვრება დაკვირვების შედეგების საფუძველზე. განიკვეთის სრული ზომები გაყვანის დროს იცვლება, კედლების დეფორმირების გათვალისწინებით. უკუთავი შეიძლება გაყვანილი იყოს აგრეთვე, ზედმეტი მარაგით განივი ძალების დიდი მნიშვნელობებისას. ასევე, შესაძლოა შეიცვალოს გაყვანის თანამიმდევრობა, მაგალითად, საფეხუროვანი სისტემა – მრავალსანგრევიანი.

NATM წარმატებით იყო გამოყენებული ძალზე სუსტ ქანებში, შეკუმშული ჰაერის თანხლებით (ე.წ. კესონების საშუალებით), წყლის მოდინების და კედლების გადაადგილებების შესამცირებლად.

NATM – ის გამოყენება მოითხოვს ამ მეთოდით გათვალისწინებული სამუშაოების კარგ ცოდნას, გამოცდილებას და მაღალ საშემსრულებლო დისციპლინას. წინააღმდეგ შემთხვევაში NATM არ არის დაზღვეული წარუმატებლობისაგან. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ავარიებია აღრიცხული სანგრევის პირას ან მის მახლობლობაში. ეს ხშირად ხდება სუსტ ქანებში,

მცირე ჩაღრმავების გვირაბებში, გეოლოგიური და გრუნტის წყლების პირობების მოულოდნელი ცვლილებისას ან შესეფტონის არასაკმარისი სისქის ან სიმტკიცისას და სხვა.

სრული სანგრევით გაყვანის სქემების მოდელირებისათვის, ჩვეულებრივ, იყენებენ სასრული ელემენტების ან სასრულ სხვაობათა მეთოდებს და მათი საშუალებით ადგენენ ძაბვებს დრეკადი ან პლასტიკური ქანების მასივში და საბოლოო სამაგრში. ამასთანავე, გაჭიმვის ბზარების წარმოშობა არაარმირებული ბეტონის სამაგრის კვეთის შუაში დასაშვებადაა მიჩნეული.

ცენტრალურ ევროპაში გამოყენებული NATM აშშ-ში არ არის პოპულარული შემდეგი მიზეზების გამო:

- აშშ-ში ქანების მდგომარეობა მნიშვნელოვან წილად უკეთესია, ვიდრე ევროპის იმ ტერიტორიებზე, სადაც NATM გამოიყენება. ბოლო დროს აშშ-ში ადგილი ჰქონდა მისი გამოყენების მხოლოდ რამდენიმე შემთხვევას;

- აშშ-ში უპირატესობა ენიჭება მექანიზებულ გვირაბმშენებლობას, უფრო მაღალი სიჩქარითა და გამაგრების გეოლოგიური პირობების მიმართ შედარებით ნაკლებად მგრძობიარე, საპროექტო გადაწყვეტების გამოყენებით.

ეს არ ნიშნავს, რომ ეს მეთოდი არ უნდა იყოს გათვალისწინებული. მოკლე გვირაბები ან საკნები (მაგალითად, მეტროს სადგურები) სუსტ ქანებში, რომლებიც მოითხოვენ მყისიერ გამაგრებას, შეიძლება განხორციელდეს ამ მეთოდით.

”გაყვანა-გამაგრების დაკვირვებითი მეთოდი” (Observational Method).

გაყვანა-გამაგრების ეს მეთოდი შეიძლება მოიცავდეს NATM – ის რამდენიმე კომპონენტს, ხოლო ინსტრუმენტული კონტროლი და მონიტორინგი არ გამოიყენება ან თამაშობს მცირე როლს. სანაცვლოდ ამისა, მიღებულია გაყვანა-გამაგრების ერთი ან რამდენიმე უნიფიცირებული პროცედურა, გვირაბის მთელ სიგრძეზე და მის ცალკეულ უბნებზე. ამ მეთოდის ტიპური დამახასიათებელი ნიშნებია:

- გეოლოგიური და გეოტექნიკური მონაცემების საფუძველზე, გვირაბის მთელი სიგრძე ქანების ხარისხის მსგავსების ნიშნით დაიყოფა რამდენიმე სეგმენტად, სადაც გამოყენებულ უნდა იყოს შესაბამისი გამაგრების პროექტები;

- გაყვანის და საწყისი გამაგრების სქემები დაროექტებულია ყოველი სეგმენტისათვის. გაყვანას ახორციელებენ მთელი კვეთით, საფეხურებით ან მრავალი სანგრევით. საწყისი გამაგრების სპეციფიკაცია ახასიათებს მისი სანგრევიდან დაყენების მაქსიმალურ ჩამორჩენას დროსა და სივრცეში;

- მეთოდი უშვებს გაყვანა-გამაგრების სქემების დამუშავებას, ქანების კლასიფიკაციის გამარტივებული ვერსიების მიხედვით;

- გამაგრების ყოველი სქემა ფასდება ცალ-ცალკე განაცხადში. საბოლოო დანახარჯები შეიძლება განსხვავდებოდეს განცხადებული საწყისი ფასიდან იმის დამხედვით თუ რეალურად რა სიგრძეზე რომელი სქემა იქნა გამოყენებული.

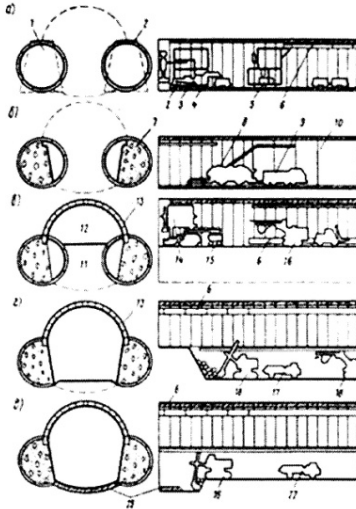
შხეფბეტონი უნდა ხასიათდებოდეს მაღალი საწყისი სიმტკიცით და გამონამუშევრის ზედაპირთან კარგი შეჭიდულობით, რათა ეწინააღმდეგებოდეს ჭერის და კედლების ლოკალურ (სოლურ თუ თაღურ) ჩამოქცევებს და ამცირებდეს გადაადგილებებს.

შხეფბეტონის სამაგრის გაანგარიშება შესაძლებელია თუ ცნობილი იქნება შესაბამისი დატვირთვები. ამასთანავე, მისი NATM – ის პირობებში გამოყენებისას საჭიროა გათვალისწინებული იყოს მასალის სიმტკიცის და დეფორმაციის მახასიათებლების ცვალებადობა დროში [3]. მაგრამ, როგორც ეს იქვეა აღნიშნული, ჯერჯერობით არც თაღის და არც მოწყვეტილი ბლოკების თეორიას არ ძალუძთ მოგვცეს მეტი, ვიდრე უხეში მიახლოება ძაბვების განსაზღვრისას "ახალგაზრდა შხეფბეტონის პირობებში" (enviroment of fresh shotcrete).

კიდევ უფრო რთულია მიწისქვეშა ნაგებობის საერთოდ და, კერძოდ, შხეფბეტონის პირველადი სამაგრის და სუსტი (ცოცვადი) ქანის მასივის "ერთობლივი დეფორმაციის რეჟიმის" ამსახველი ანალიზური აპარატი და მისი უცხოურ ლიტერატურაში გავრცელებული ანალოგი-"კონვერგენცია-შეზღუდვის მეთოდი" (Convergence-Confinement metod), რომელიც წარმოადგენს გვირაბებში და შახტებში სამაგრის მუშაობის რეჟიმის ამსახველ ძლიერ კონცეპტუალურ ინსტრუმენტს [3]. ამიტომ, NATM-ის შექმნა და პრაქტიკული გამოყენების დონეზე დაყვანა დღემდე წარმოადგენს მიწისქვეშა ნაგებობების მექანიკის აქტუალურ პრობლემას.

გვირაბების მშენებლობის “დაყრდნობილი თალის” ახალი ვარიანტი

გვირაბების მშენებლობის “დაყრდნობილი თალის” ახალი ვარიანტი (ნახ. №16) გამოიყენება მაშინ, როდესაც ქანების სიმაგრის კოეფიციენტი პროფესორ მ.მ პროტოდიაკონოვის მიხედვით შეადგენს $f=1.4$. ამ ტექნოლოგიის შესაბამისად, თავდაპირველად გასაყვანი გვირაბის ორივე გვერდში (კედლის მხარეს) გაჰყავთ მრგვალი ან ნალისებრი ფორმის საყრდენი გვირაბები, ერთ-ერთი სანგრევის წინსწრებით. საყრდენი გვირაბების გაყვანის შემდეგ ხდება ძირითადი გვირაბის კედლების დაბეტონება. ამის შემდეგ გაჰყავთ კალოტის ნაწილი და ამაგრებენ თაღურ ნაწილს, ანაკრები ან მონოლითური რკინაბერონის სამაგრიით.



ნახ. №16. დაყრდნობილი თალის ახალი ვარიანტით გვირაბების გაყვანის ტექნოლოგიური სქემა: ა) საყრდენი შტოლნების გაყვანა; ბ) ბეტონის კედლების ამოყვანა; გ)

თაღური ნაწილის გაყვანა; დ) ბირთვის დამუშავება; ე) უკუთადის მოწყობა. 1. საყრდენი შტოლნები; 2. ანაკრები სამაგრი; 3. ბლოკების ასაწყობი მოწყობილობა; 4. ქანის დამტვირთავი მანქანა; 5. მოპირკეთების უკან ბეტონის ხსნარის დასაჭირხნი ურიკა; 6. სავენტილაციო მიღგაყვანილობა; 7. ბეტონის გვერდითი კედლები; 8. ბეტონის პნევმოდამჭირხნი; 9. ელმავალი 10. კედლების ქარგილი; 11. ბირთვი; 12. გვირაბის კალოტი; 13. თაღოვანი ნაწილის მოპირკეთება რკინაბეტონის ანაკრები ბლოკებით; 14. თადის მოპირკეთების მომწყობი; 15. თვითმავალი ვაგონ-თვითმცლელი; 16. თვითმავალი საბურღი დანადგარი; 17. თვითმცლელი ავტომატარებელი; 18. საგვირაბე ექსკავატორი; 19. უკუთადი.

VIII თავი. დიდგანიგვეთიანი გვირაბების მშენებლობა სუსტ ქანებში

სატრანსპორტო დანიშნულების დიდგანიგვეთიანი გვირაბების მშენებლობა დაკავშირებულია არსებული სარკინიგზო და საავტომობილო მაგისტრალების რეალიზაციის რეკონსტრუქციასთან და ახლის გაყვანასთან. აღნიშნული გვირაბები უნდა იყოს ადჭურვილი ვენტილაციის, განათების, ტრანსპორტის მოძრაობის მართვის, რეგულირების და უსაფრთხოების თანამედროვე ევროპული სტანდარტების შესაბამისი მოწყობილობებით და აპარატურით. ახალავსტრიული მეთოდით NATM იქნა გაყვანილი გვირაბები თბილისის შემოსავლელი ახალ სარკინიგზო მაგისტრალზე. მეთოდის თანახმად გამონამუშევარს თავდაპირველად ამგრებენ ჩაკეტილი კონტურის მქონე ლითონის არმატურის ბადეებით, არმირებული ნაშხეფბეტონის პირველ-

დი სამაგრიო, რომლის გაძლიერება, საჭიროების შემთხვევაში, ხდება თვითმზურდი ანკერებით და ლითონის სხვადასხვა (ორტესებრი, შველერი და სხვა) პროფილის ძელებისგან დამზადებული ჩარჩოებით. სამთო წნევის და გვირაბის კონტურის დეფორმაციების სტაბილიზირების შემდეგ ამოჰყავთ ბეტონის ან რკინაბეტონის მუდმივი სამაგრი. პირველად და მუდმივ სამაგრს შორის აწყობენ ჰიდროსაიზოლაციო მემბრანას, რომელიც გამორიცხავს გვირაბში გრუნტის წყლის შემოდინებას.

ახალავსტრიული მეთოდმა NATM დასახელება მიიღო ძველი ავსტრიული მეთოდის სანაცვლოდ, რომელიც გასული საუკუნის 60-ან წლებამდე ლიტერატურაში იყო აღწერილი და გამოიყენებოდა გვირაბების გასაყვანად სუსტ არამდგრად ქანებში. მოგვიანებით მას უწოდეს გვირაბების სრული კვეთით გაყვანის მეთოდი. ძველი ავსტრიული მეთოდით გვირაბების მშენებლობისას, ისევე როგორც ახალი ავსტრიული მეთოდის გამოყენებისას, სანგრევის გახსნა და ქანის დამუშავება ხდებოდა ეტაპობრივად, საფეხურებად, რომელთა სანგრევის თადის და გვერდების გამაგრება, თავდაპირველად, ხდებოდა მარაოსებური ხის ჩარჩოებით, ხოლო მოგვიანებით ამოჰყავდათ ბეტონის მონოლითური სამაგრი მთელ კონტურზე. ახალავსტრიული მეთოდით გვირაბების მშენებლობისას, ძველთან განსხვავებით, გამოიყენება დამთმობი დროებითი სამაგრი, რომელიც ეწყობა ლითონის ბადეებით არმირებული ნაშხეფ-ბეტონისაგან, რომლის გაძლიერება საჭიროებისამებრ ხდება ლითონის სხვადასხვა პროფილისაგან

დამზადებული ჩარჩოებისა და ანკერების დახმარებით; იმავდროულად მიმდინარეობს დროებითი სამაგრის და გარემომცველი მასივის დაძაბული მდგომარეობის და დეფორმაციების სისტემატური ინსტრუმენტალური დაკვირვებები, რომელთა საფუძველზე ხდება დროებითი სამაგრის კონსტრუქციის კორექტირება.

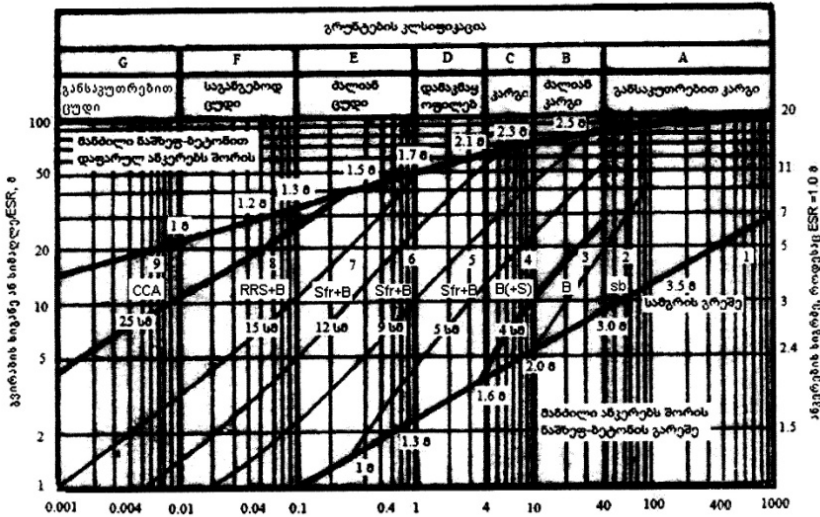
სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობის ნორვეგიული მეთოდი

სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობისას ნახევრადკლდოვან და სუსტ ქანებში ფართო გამოყენება ჰპოვა ნორვეგიულმა მეთოდმა (NTM), რომელიც თავდაპირველად დამუშავებული იყო გვირაბების გასაყვანად, ძლიერ დაბზარულ მაგარ კლდოვან ქანებში (4, 5, 6). ამ შემთხვევაშიც დამთმობი დროებითი სამაგრი ეწყობა ლითონის ბადეებით არმირებული სხვადასხვა სისქის ნაშხეფ-ბეტონისაგან. გასული საუკუნის ბოლოს მეთოდის გამოყენება წარმატებით დაიწყო გვირაბების მშენებლობისას სუსტ არამდგრად ქანებში, რასაც დიდად შეუწყო ხელი ფოლადის ფიბრით არმირებული ნაშხეფ-ბეტონის დანერგვამ. ამ უკანასკნელმა მნიშვნელოვნად შეამცირა არმირებული პირველადი ნაშხეფ-ბეტონის სამაგრის მოწყობის ხანგრძლივობა, რადგან ამ შემთხვევაში საჭირო აღარ არის ფოლადის არმატურის ბადეების მოწყობა. გვირაბების მშენებლობის ნორვეგიულ ხერხს საფუძველად უდევს Q-ტესტირების მეთოდი, რაც გულისხმობს ასაშენებელი გვირაბის გარემომცველი ქანთა მასივის გეოლოგიური და გეოტექნიკური მახასიათებლების ზედმიწევნით ზუსტ კლა-

სიფიკაციას RQD (Rock Quality Determination), ანუ ქანთა მასივის მდგომარეობის ზუსტ შეფასებას და შესაბამისი სამაგრი კონსტრუქციის შერჩევას. ნორვეგიის გეოტექნიკური ინსტიტუტის მეცნიერების მიერ მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობის მრავალრიცხოვანი მონაცემების ანალიზისა და სტატისტიკურად დამუშავების შედეგად შედგენილი იქნა ნორვეგიული მეთოდის Q – სისტემის ნომოგრამა ნახ. №17. RQD კლასიფიკაციის თანახმად, ქანთა მასივის ხარისხის შეფასება ხდება, ამ უკანასკნელში, გაბურღილი კერნების გამოსავალის რაოდენობის მიხედვით; ქანთა მასივში რაც მეტია კერნის გამოსავალი, მით ნაკლებია ბზარები, რღვევები და სიცარიელები. ქანთა მასივის მდგრადობის შესაფასებლად RQD-ს გარდა საჭიროა განისაზღვროს - ქანების მასივის ბზარიანობის ხარისხის მაჩვენებელი (Jn), ბზარების შემავსებელი მასალის მახასიათებელი (Jr), ქანების მასივის და სამაგრის კონტაქტზე შეუკავშირებელი ქანების მახასიათებელი (Ja), ქანების მასივის გაწყლოვანების და წყლის წნევის მახასიათებელი (Jw) და მასივის საწყისი დაძაბული მდგომარეობის მახასიათებელი (SRF). ჩამოთვლილი მახასიათებლებით განისაზღვრება Q-ს სიდიდე შემდეგი გამოსახულებით:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRE} \quad (8.1)$$

Q-ს მნიშვნელობა იცვლება საკმაოდ დიდ დიაპაზონში 0.001-დან (განსაკუთრებით სუსტი ქანებისათვის) 1000-მდე (მაგარი კლდოვანი დაუბზარავი ქანებისათვის).



ნახ. №17. ნორვეგიული მეთოდის Q-სისტემის ნომოგრამა:
 1-გამაგრების გარეშე; 2-ანკერები (მცირე რაოდენობით); 3-ანკერების სისტემა; 4-ანკერების სისტემა და ნაშხეფბეტონი; 5-7-ანკერების სისტემა და ფოლადის ფიბრით არმირებული ნაშხეფბეტონი; 8-ანკერების სისტემა, ფოლადის ფიბრით არმირებული ნაშხეფბეტონი და არმატურისგან დამზადებული თაღოვანი სამაგრი ჩარჩოები; 9-სანგრევის წინმსწრები სამაგრი მარდილები, ანკერების სისტემა, ფოლადის ფიბრით არმირებული ნაშხეფბეტონი და არმატურისგან დამზადებული თაღოვანი სამაგრი ჩარჩოები.

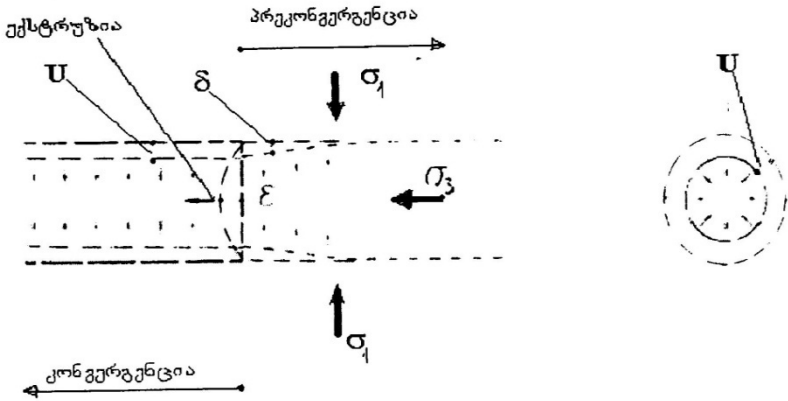
გვირახის სამაგრის კონსტრუქციის დაზუსტებისას გვირახის სიგანის ან სიმაღლის კორექტირება ხდება ESR სიდიდეზე გაყოფით. ამ უკანასკნელის რიცხვითი მნიშვნელობის სიდიდე დამოკიდებულია მიწისქვეშა

ნაგებობის ექსპლუატაციის უსაფრთხოების დონეზე და შეადგენს - მიწისქვეშა ატომური ელექტროსადგურებისათვის, რკინიგზის სადგურებისათვის და გაზის მაგისტრალური მილსადენებისათვის – 0.5-0.8; მაგისტრალურ ტრასებზე ასაშენებელი სარკინიგზო და საავტომობილო გვირაბებისათვის – 0.9-1.1 და მეორე ხარისხოვანი გზებისათვის და დამხმარე გვირაბებისათვის – 1.2-1.3.

ნორვეგიული მეთოდის გამოყენებისას, როგორც მსოფლიო გამოცდილება აჩვენებს, მნიშვნელოვნად იზრდება გვირაბების მშენებლობის ტემპი და, შესაბამისად, მცირდება ფინანსური ხარჯები.

სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობის იტალიური მეთოდი ADECO-RS

მეთოდი რომელიც ფართოდ გამოიყენება იტალიაში დიდგანიგვეთიანი სატრანსპორტო გვირაბების სუსტ ქანებში, მშენებლობისათვის მთლიანი კვეთით ე.წ. "ADECO-RS" მეთოდი დაფუძნებულია გვირაბების გარემომცველი ქანების დეფორმაციების და დაძაბულობების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებზე (7). გვირაბის გარემომცველი ქანების დეფორმაციები იწყება გვირაბის სანგრევის ხაზზე, ვრცელდება მასივის სიღრმეში და მოიცავს ექსტრუზიას, პრეკონვერგენციას და კონვერგენციას. იხილეთ ნახ. №18.

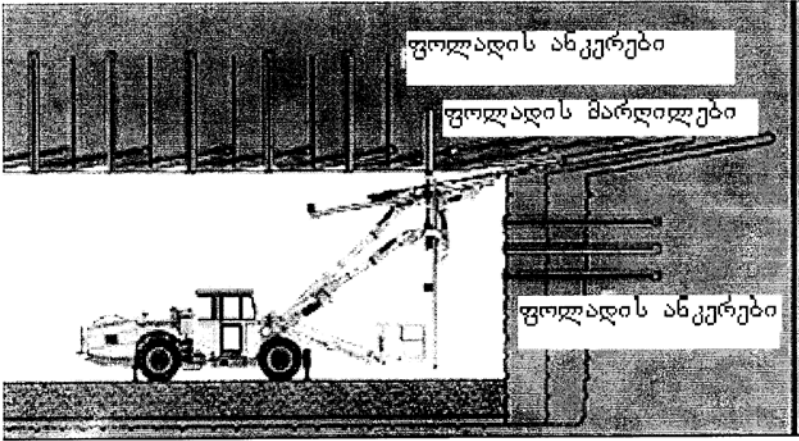


ნახ. №18. გვირაბის გარემომცველი ქანთა მასივის დეფორმაცია.

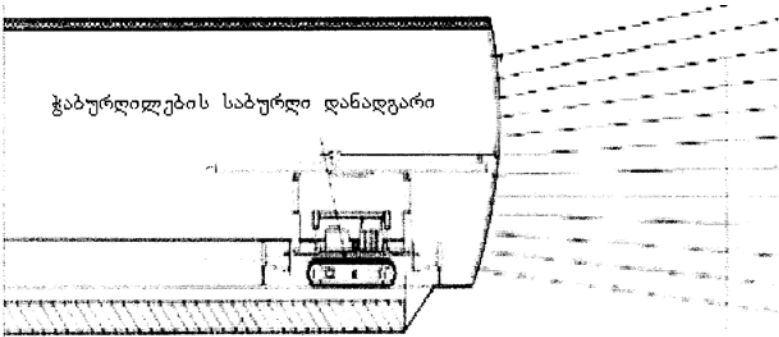
1 - ექსტრუზია (ϵ), 2 - პრეკონვერგენცია, (δ)

3 - კონვერგენცია (U).

გვირაბის სანგრევის შუა ნაწილის დეფორმაციულ მახასიათებლებს (ექსტრუზია, პრეკონვერგენცია) და ქანთა მასივის დეფორმაციულ მახასიათებელს (კონვერგენცია) შორის მეთოდის, დამუშავებულთა აზრით არსებობს პირდაპირი კავშირი, ანუ უკანასკნელი ახდენს გავლენას პირველზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე გარემომცველი მასივის დეფორმაციული სურათის შეფასება შესაძლებელია სანგრევის ხაზზე ქანების დეფორმაციის (ექსტრუზია, პრეკონვერგენცია) მონიტორინგის შედეგების მიხედვით. სუსტ ქანებში გვირაბების მშენებლობა, რომელიც ხასიათდება ქანთა მასივის მეტად რთული დაძაბული მდგომარეობით, კონვერგენცია წარმოადგენს დეფორმაციის ბოლო საფეხურს,



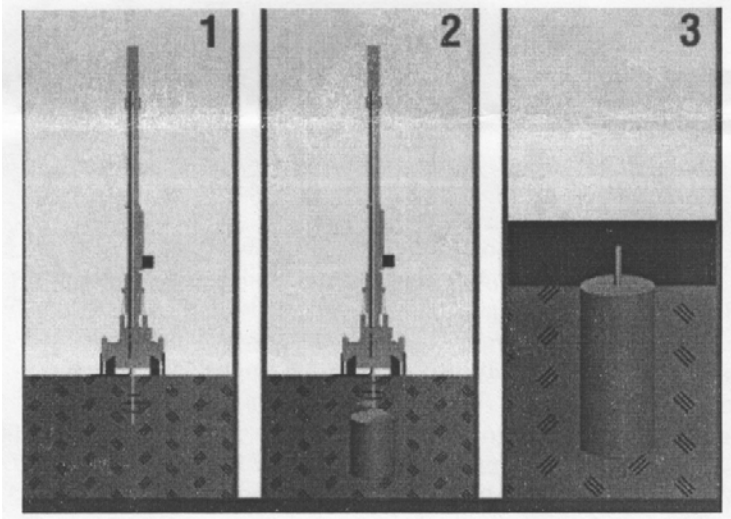
ნახ. №19. გვირაბის სანგრევის სიახლოვეს მიმდებარე სუსტი ქანების გაძლიერება ფოლადის მარდილებით და ანკერებით.



ნახ. №20. მინაბოჭკოვანი ანკერები.



ნახ. №21. გვირაბის სანგრევის მინაბოჭკოვანი ანკერებით გაძლიერება.



ნახ. №22. სუსტი გრუნტების გაძლიერება ჭავლური ცემენტაციით (Jet-grouting).

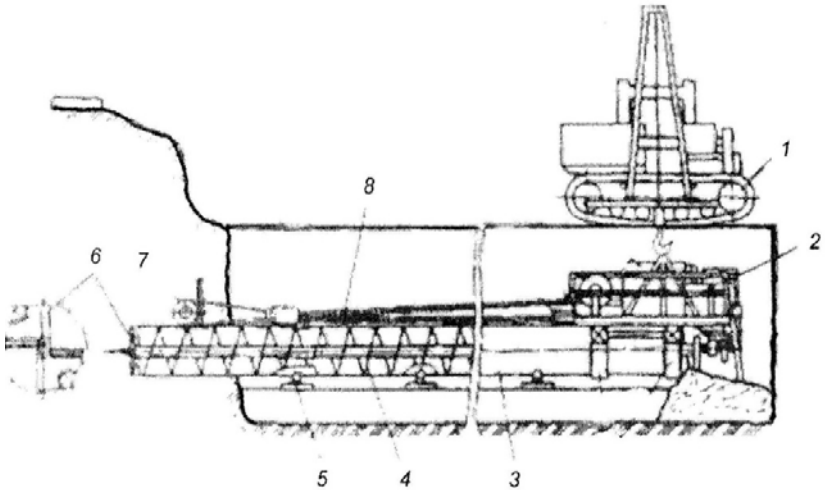
ამდენად იგი შედარებით უკონტროლო მოვლენაა. რაც შეეხება ექსტრუზიას, ის ახასიათებს დეფორმაციის პირველ საფეხურს, შესაბამისად, მისი კონტროლის და სათანადო პრევენციული ღონისძიების გატარების შემთხვევაში შესაძლებელია განვითარდეს ძირითადად პრეკონვერგენციული პროცესები და არა გვირაბის ჩამოქცევა. ექსტრუზიის დროს შესაძლებელია პრევენციული ღონისძიებების გატარება, ანუ "ADECO-RS" მეთოდის თანახმად სანგრევის ხაზზე ქანების გაძლიერებით შესაძლებელია გარემომცველი ქანების არასასურველი დეფორმაციების აღკვეთა. სანგრევის ხაზზე ქანების გაძლიერება შესაძლებელია სხვადასხვა ხერხით, როგორცაა: ფოლადის მარდილების ან მინაბოჭკოვანი ანკერების საშუალებით, ჭავლური ცემენტაციით და სხვა. ნახ. №18-22. დიდგანიგვეთიანი გვირაბების მშენებლობისას, ზემოთ განხილული მეთოდებიდან, დღეისათვის ყველაზე ხშირად გამოიყენება ახალავსტრიული და ნორვეგიული მეთოდები, რომლებიც ზრდიან სატრანსპორტო გვირაბების საგამყვანო სამუშაოების უსაფრთხოებას და მნიშვნელოვნად ამცირებენ მშენებლობის ხანგრძლივობას და გაწვეულ დანახარჯებს.

IX თავი. კოლექტორების ბაჟვანა ტრანშიის ბარეში

ამჟამად, მსოფლიოს მრავალი განვითარებული ქვეყნის ქალაქი-მეგაპოლისების კომუნალური სამსახურები სხვადასხვა დანიშნულების მილსადენების, კაბელების და სხვა საინჟინრო ქსელების გასაყვანად, მეტწილად, ირჩევენ ისეთ ტექნოლოგიებს, რომლებიც არ საჭირო-

ებენ ღია ტრანშეის მოწყობას. კოლექტორების ტრანშეის გარეშე გაყვანის ოპტიმალური მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია გასაყვანი კოლექტორის (მილსადენის) გეომეტრიულ ზომებზე, მოწყობის სიღრმეზე, ტრასის გასწვრივ არსებული გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე და სხვ. ასეთ ტექნოლოგიებს მიეკუთვნება: ჰორიზონტალურად მიმართული ბურღვა, ბურღვა საბურღი შნეკების გამოყენებით, გაჩხვლეტის მეთოდი, ჩაჭყლეტის მეთოდი და მიკროტუნელირების მეთოდი. განვიხილოთ თითოეული ცალკე.

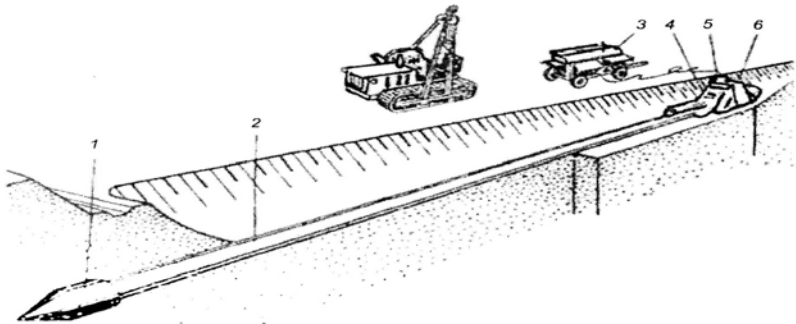
ჰორიზონტალურად მიმართული ბურღვის ტექნოლოგიის გამოყენებით წარმოებს კომუნიკაციების გაყვანა ტრანშეების გარეშე (ნახ. №23), რაც გამორიცხავს



ნახ. №23. ჰორიზონტალურად მიმართული ბურღვის დანადგარი. მიღების ჩამწყობი ამწე; 2. შიგაწვის ძრავი; 3. გარცმის მილი; 4. შნეკი; 5. მიმართველი ურიკა; 6. ფრეზის საბურღი თავი; 7. გამწევი ჯალამბარი; 8. ტრანსმისია.

ლანდშაფტის, არსებული კომუნიკაციების და ნაგებობების დაზიანებას. ჭაბურღილის დიამეტრი 25-30%-ით უნდა აღემატებოდეს მასში გასატარებელი კომუნიკაციის დიამეტრს. 800მმ-მდე დიამეტრის მილების გაჩხვლეტის მეთოდით გაყვანა ხორციელდება გრუნტის გამოღების გარეშე ჰიდრაულიკური დომკრატების, დარტყმითი და ვიბრაციული დანადგარების გამოყენებით (ნახ. №24) გაჩხვლეტის პროცესში ქანის მასივის გახვრეტა ხორციელდება კონუსური ბუნიკით, რომელიც მდებარეობს გარცმის მილის წინა ნაწილში.

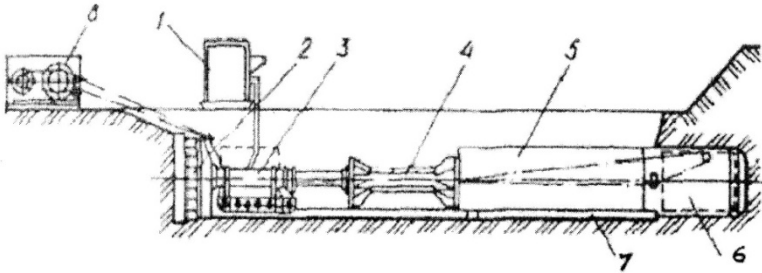
გაჩხვლეტის მეთოდის გამოყენებისას გარცმის მილის ბოლოზე სტატიკური დაწოლასთან ერთად ხდება მილის ღერძის გასწვრივ მიმართული ვიბრაციული იმპულსების ზემოქმედება. დიდი სიგრძის მქონე მილების გაყვანისას გამოიყენება რამოდენიმე დომკრატისაგან შედგენილი მოწყობილობა, რომელიც ანვითარებს 10000კნ-ზე მეტ დატვირთვას.



ნახ. №24. გარცმის მილის გაყვანა გაჩხვლეტის მეთოდით.

1 – კონუსური ბუნიკი (თავაკი); 2 – გარცმის მილი; 3 – გადასატანი გენერატორი; 4 – ვიბრაციული დანადგარის კორპუსი; 5 – ელექტრული ძრავა; 6 – პორტალური ჩარჩო.

ჩაჭყლეტის მეთოდით ხდება 529-1720მმ დიამეტრის მილების გაყვანა I-III კატეგორიის გრუნტებში. ამ ტექნოლოგიის გამოყენებისას ხდება გარცმის მილის წრიული დანით აღჭურვილი ღია ბოლოს ჩაჭყლეტა გრუნტში. გრუნტის დამუშავება და გამოღება ხდება მექანიზირებული წესით (ნახ. №25). საგამყვანო სამუშაოები იწყება 13მ სიგრძის და 3მ სიგანის მქონე ტრანშეის მოწყობით, რომელშიც ეწყობა საყრდენი კედელი და ჰიდროლომკრატი. გარცმის მილის ჩაჭყლეტისათვის გამოიყენება 500-3400ტ. ტვირთამწეობის მქონე სატუმბუსადომკრატე მოწყობილობები. დომკრატები გასაყვან მილებს აწვება უკანა ტორსზე და გადაადგილებს (ჩაჭყლეტს) მას გრუნტების მასივში დომკრატის შტოკის სვლის სიგრძეზე (1000მმ). შემდეგ ხდება მაქოსებური თავის გრუნტთან ერთად გამოღება და გაცლა. შემდეგ ციკლი კვლავ მეორდება საჭირო სიგრძის კოლექტორის მოწყობამდე.



ნახ. №25. გარცმის მილის გაყვანა ჩაჭყლეტის მეთოდით.

1 – ჰიდროამძრავი; 2 – საყრდენი კედელი; 3 – ჰიდროლომკრატი; 4 – დამწოლი მილყელი; 5 – გარცმის მილი; 6 – მაქოსებური თავი; 7 – მიმმართველი; 8 – ჯალამბარი.

კოლექტორების ტრანშეის გარეშე გაყვანის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი მეთოდია მიკროტუნელირება, რომლის გამოყენებით ხდება მცირე განიკვეთის მქონე გვირაბების (ტუნელების) ავტომატიზირებული გაყვანა მიკროფარების გამოყენებით, სანგრევში გვირაბგამყვანების მუშაობის გარეშე (ნახ. №26). ამ მეთოდით საკოლექტორო გვირაბის გაყვანის პროცესში წარმოებს მოპირკეთებული ბეტონის მილების სამაგრი კონსტრუქციის ჩაწნევა გრუნტის მასივში, ერთმანეთისაგან 100-120მ-ით დაშორებულ სადგურებს შორის, სპეციალური დომკრატებით. სადგურებს შორის მანძილის გაზრდა შესაძლებელია შუალედური დომკრატების გამოყენებით.



ნახ. №26. ქალაქის პირობებში კოლექტორის გაყვანა მიკროტუნელირების მეთოდის გამოყენებით.

მიკროტუნელირების მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია როგორც საქალაქო კომუნალური მშენებლობის, ასევე სხვა სფეროების მრავალი საკითხის გადაწყვეტა, კერძოდ როგორცაა:

- ქალაქების მიწისქვეშა კომუნიკაციების (წყალმომარაგების ქსელები, კანალიზაციის კოლექტორები,

გაზის მილსადენები, ელექტრო და ოპტიკური კაბელები და სხვა) მშენებლობა;

- თვითმფრინავების დასაფრენ-ასაფრენი ბილიკების, რკინიგზის და ავტომაგისტრალების გადაკვეთა სხვადასხვა კომუნიკაციებით, მათი ფუნქციონირების შეუწყვეტად;
- მდინარეების და წყალსატევების გადაკვეთა სხვადასხვა კომუნიკაციებით;
- საპილოტე, მცირე განივკვეთის გვირაბის გასაყვანად დიდი განივკვეთის მქონე გვირაბების მშენებლობის დაწყებამდე.

ჩამოთვლილი ამოცანების გადასაწყვეტად მიკროტუნელირების მეთოდის გამოყენებას აქვს უღაო უპირატესობა იქ, სადაც ჩვეულებრივი მეთოდებით მათი გადაწყვეტა გართულებულია ან საერთოდ შეუძლებელია.

მიკროტუნელირების მეთოდის გამოყენებისას, თავდაპირველად, მოსამზადებელ ეტაპზე ეწყობა ორი ქვაბული (სასტარტო და მიმღები), რომელთა შორის მანძილი შეადგენს 50-500მ-ს. ნახ. №27-ზე ნაჩვენებია სასტარტო ქვაბულის მიმდებარე მოედანი.



ნახ. №27. სასტარტო ქვაბულის მიმდებარე მოედანი.

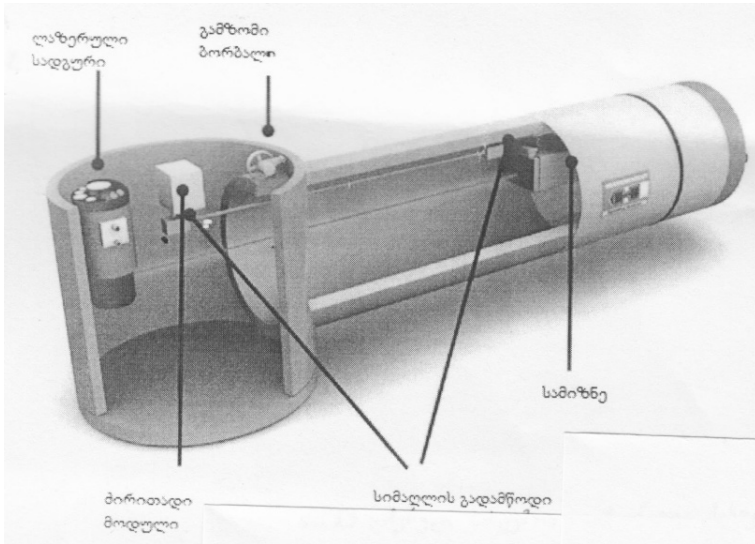
სადომკრატე სადგური ეწყობა სასტარტო ქვაბულში (ნახ. №28). 200მ-ზე მეტი სიგრძის მილსადენის გაყვანისას, ძირითადათ, ერთად გამოიყენება შუალედური სადომკრატე სადგური. გეგმაში ქვაბულებს შესაძლებელია ჰქონდეთ წრიული ან მართკუთხა ფორმა, რომლის გვერდების სიგრძემ, საგამყვანო მიკროფარის ზომებიდან გამომდინარე, შესაძლებელია შეადგინოს ნმ-მდე. გრუნტის დამუშავება (მონგრევა) ხორციელდება საგამყვანო ფარის მჭრელი ორგანოს საშუალებით. მონგრეული ქანი ერევა სანგრევში მილსადენით მიწოდებულ წყალში და პულპის სახით მიეწოდება სასტარტო ქვაბულთან მოწყობილ საღექარში. მიკროფარი ადჭურვილია მართვის ავტომატური სისტემით, რომლის საშუალებით შესაძლებელია მიკროფარის გადა-



ნახ. №28. სადომკრატე სადგური.

ადგილების, შესაბამისად კოლექტორის გაყვანის მიმართულების შეცვლა. მიკროფარი შეიძლება გადაიხაროს რამდენიმე გრადუსით, როგორც ვერტიკალურ, ასევე ჰორიზონტალური მიმართულებით. კოლექტორის გაყვანის მიმართულების ზუსტად დაცვა მიიღწევა მიკროფარის ლაზერული სისტემით აღჭურვილი მართვის კომპიუტერული კომპლექსით (ნახ. №29). ბურღვის პროცესს აკონტროლებს ოპერატორი, მიწის ზედაპირზე განლაგებული ნავიგაციის კომპლექსის საშუალებით.

მიკროფარით კოლექტორის გაყვანა სრულდება მიმდებ ქვაბულში, რის შემდეგ იწყება მისი დემონტაჟი. ამ ტექნოლოგიით შესაძლებელია კოლექტორების მშენებლობა განსხვავებული კატეგორიის ქანებში (წყლით გაჯერებული ქვიშებიდან დაწყებული კლდოვანი ქანების ჩათვლით) გაყვანის საკმაოდ მაღალი სიჩქარით – 15მ-მდე დღე-ღამეში.



ნახ. №29. ლაზერული სისტემით აღჭურვილი მართვის კომპიუტერული კომპლექსი.

აქედან გამომდინარე შესაძლებელია შემდეგი საერთო დასკვნების გაკეთება:

- კოლექტორების გაყვანისას ტრანშეის გარეშე არ ირღვევა მიწის ზედაპირის მთლიანობა და მასზე არსებული საინჟინრო ნაგებობების (საავტომობილო გზები, სარკინიგზო მაგისტრალები და სხვა) ნორმალური ფუნქციონირება;
- 60%-მდე მცირდება მიწის სამუშაოები, მათი შესრულების ვადები და ღირებულება;
- შესაძლებელია როგორც საქალაქო კომუნალური მშენებლობის, ასევე სხვა სფეროების მრავალი საკითხის გადაწყვეტა;

- შესაძლებელია კოლექტორების მშენებლობა განსხვავებული კატეგორიის ქანებში (წყლით გაჯერებული ქვიშებიდან დაწყებული კლდოვანი ქანების ჩათვლით);
- მიიღწევა გაყვანის საკმაოდ მაღალი სიჩქარეები – 15 მ-მდე დღეღამეში.

X თავი. ღია წესით გაყვანილი გვირაბის სტატიკური ბაზანგარიშება

ერთმალნიანი გვირაბის სტატიკური ბაზანგარიშება

სატრანსპორტო, სასაწყობო და სხვა დანიშნულების გვირაბები და ნაგებობები ხშირად გაიყვანება ღია წესით. ამგვარად გაყვანილი სატრანსპორტო ნაგებობის ძირის მაქსიმალური ჩაღრმავება მიწის ზედაპირიდან, როგორც წესი, არ აღემატება 18-20მ-ს. თუმცა, არის შემთხვევები, როცა სხვა, სპეციალური დანიშნულების ნაგებობის ჩაღრმავების სიღრმეს 30 მეტრისთვის და მეტისთვისაც მიუღწევა [8].

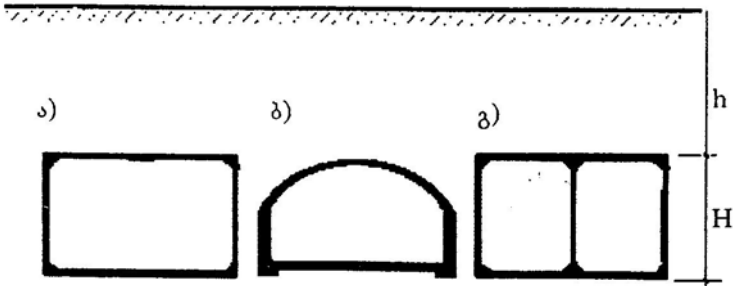
განიკვეთის საჭირო ზომების, ჩაღრმავების და სხვა ფაქტორების შესაბამისად მათი მზიდი კონსტრუქცია, ჩვეულებრივად, შეიძლება წარმოადგენდეს [9, 10] მონოლითური ან ქარხნული წესით დამზადებულ ერთ ან ორმალნიან ჩაკეტილი (ან ღია) სივრცით ჩარჩოვან კონსტრუქციას, განსაზღვრული სიხისტის კვანძებით და სწორხაზოვანი ან მრუდხაზოვანი ელემენტებით (იხ. ნახ. №30). ამასთანავე, განსაკუთრებული ყურადღების საგანს წარმოადგენს კვანძების სიხისტის კონსტრუქ-

ციული უზრუნველყოფა, რადგანაც ეს მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული გაყვანა-გამაგრების ტექნოლოგიაზე. შედარებით ადვილია კვანძების საჭირო თანაბარი სიხისტის უზრუნველყოფა, მაგალითად, მონოლითური რკინაბეტონის ფილოვანი ჩარჩოების შემთხვევებში და უფრო ძნელი - ანაკრები და წინასწარ დაძაბული კონსტრუქციების და კოჭოვანი ფილების გამოყენებისას. მეორე მხრივ, სრულიად ცხადია ხისტი კვანძების უპირატესობა, რაც გამოიხატება ჩარჩოს მზიდი ელემენტების მდუნავი მომენტების და ჩაღუნვების შემცირებაში და, ბოლოს, კონსტრუქციის ეკონომიკურობაში.

გვირაბის სახურავი და კედლები მუშაობს მოცემული დატვირთვის რეჟიმში ზემდებარე ქანების და კონსტრუქციის საკუთარ წონებზე და განბრჯენის ძალებზე, ზედაპირზე არსებული უძრავი თუ მოძრავი ობიექტებიდან გამოწვეული ძირითადი დატვირთვების კომბინაციებზე და სხვა ბუნებრივი და ხელოვნური წარმოშობის კვაზისტატიკურ და დინამიკურ დამატებით დატვირთვებზე. დარსაძირკველი გაანგარიშებული უნდა იქნეს კედლებიდან გადაცემულ საყრდენ რეაქციებზე და ფუძის უკუწნევაზე, როგორც დრეკად ფუძეზე მდებარე ფილა.

როგორც აღნიშნულია აშშ-ს სახელმწიფო გზების და ტრანსპორტის დეპარტამენტის ფედერალური ადმინისტრაციის გზების ნაციონალური ინსტიტუტის (FHWA-NHI-10-034) სახელმძღვანელო დოკუმენტში [9], „ღია (Cut and Cover) წესით გასაყვანი გვირაბის კონსტრუქციის სტრუქტურული ანალიზი რეკომენდებულია ჩატარდეს ძალთა და გადაადგილებათა კლასიკუ-

რი მეთოდების გამოყენებით. შეიძლება გამოყენებული იყოს აგრეთვე სხვა რიცხვითი მეთოდებიც. მაგრამ მათი გამოყენებისას ხანდახან მიიღება შედეგი, რომელიც მნიშვნელოვნად განსხვავდება ხსენებული კლასიკური მეთოდების რეზულტატებისაგან.“



ნახ. №30. ღია წესით აგებული მიწისქვეშა ნაგებობების ტიპური განივკვეთის ფორმები.

ეს დებულება სრულიად სამართლიანია არა მხოლოდ ღია წესით, არამედ სხვა მეთოდებით გაყვანილი გვირაბების (და არა მარტო მათი) გაანგარიშებისათვისაც. ამოცანები, რომელთა ამოხსნა შესაძლებელია ანალიზურად, უმჯობესია ამოიხსნას სამშენებლო მექანიკის კლასიკური მეთოდებით (რა თქმა უნდა კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით). ხოლო რიცხვით მეთოდებზე დაფუძნებული ე.წ. კომერციული კომპიუტერული პროგრამები გამოყენებული უნდა იყოს სამუშაოს გასაიოლებლად და დასაჩქარებლად, სპეციალისტების მიერ, რომლებმაც კარგად იციან კლასიკური მეთოდები.

ღია წესით გაყვანილი ერთმალიანი, სწორხაზოვანი ელემენტებიანი გვირაბის სტატიკური გაანგარიშები-

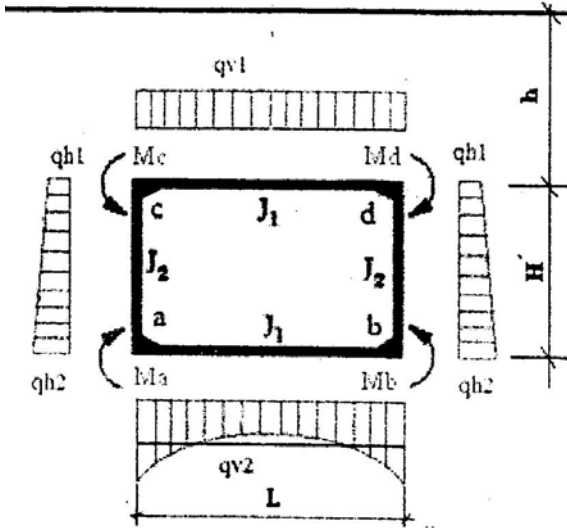
სათვის საჭირო საწყისი მონაცემები მოცემულია მე-8 ცხრილში.

ცხრილი №8

გვირაბის სახურავის ჩაღრმავება მიწის ზედაპირიდან	h (მ)
გვირაბის სიგანე (შიგა)	Lin (მ)
გვირაბის სიმაღლე (შიგა)	Hin (მ)
გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე	j (რად)
ფუძის ქანების დეფორმაციის მოდული	E (მეგპა)
წყლიანი გრუნტის მოცულობითი წონა	γ_{gr} (კნ/მ)
ბეტონის მოცულობითი წონა	γ_c (კნ/მ)
გადატვირთვის კოეფიციენტი გრუნტის დატვირთვაზე	m1
გადატვირთვის კოეფიციენტი კონსტრუქციის საკუთარ წონაზე	m2
არმატურის ნორმატიული წინაღობა	Ra (მეგპა)
კედლების საორიენტაციო სისქე	dw (მ)
ჭერის საორიენტაციო სისქე	dsil (მ)
იატაკის საორიენტაციო სისქე	dfl (მ)
გვირაბის სიგანე (დერძებში)	L (მ)
გვირაბის სიმაღლე (დერძებში)	H (მ)
დამცავი შრის სისქე	a (სმ)

ქვემოთ მოცემულია ღია წესით აგებული მიწისქვეშა ნაგებობის (ნახ. №31) წარმოდგენილი განივკვეთის ფორმის შესაბამისი საანგარიშო სქემა და სტატიკური გაანგარიშებისათვის საჭირო ფორმულები, რომლებიც მიღებულია სამშენებლო მექანიკის ძალთა და გადაადგილებათა მეთოდების გამოყენებით. ამასთანავე, ღია წესით აგებული მიწისქვეშა ნაგებობის, ისევე, როგორც ჩვეულებრივი, სამთო წესით გაყვანილი გვირა-

ბების შემთხვევებში, სივრცითი ამოცანები, როგორც ცნობილია, დაიყვანება ბრტყელი დეფორმაციების სქემებზე, რადგან როგორც ნაგებობის გეომეტრია, ასევე დატვირთვებიც გვირახის საანგარიშო მონაკვეთის მანძილზე ითვლება უცვლელად. გრძივი და განივი ზომების შეფარდება, როგორც წესი დიდია. ხოლო თუ კერძო შემთხვევაში ეს ზომები ერთმანეთს უახლოვდება ნაგებობის „ბრტყელი საანგარიშო სქემა“ განაპირობებს მხოლოდ მისი მზიდუნარიანობის მარაგს.



ნახ. №31 ჩარჩოს საანგარიშო სქემა.

ერთმადიანი, რკინაბეტონის სწორხაზოვანი ელემენტებიანი გვირახის სტატიკური და ზღვრულ მდგომარეობებზე კონსტრუქციული გაანგარიშებისათვის საჭიროა შემდეგი საწყისი მონაცემები:

მიწის ზედაპირიდან h სიღრმეზე ღია წესით გაყვანილი ერთმადიანი ნაგებობის ერთეულოვანი სივრცის

ჩარჩოს საანგარიშო სქემა მოცემულია (№31 ნახაზზე), სადაც J1 და J2 შესაბამისად ჭერის, იატაკის და კედლების წინასწარ აღებული საორიენტაციო კვეთების ინერციის მომენტები, ხოლო Ma ... Md შესაბამის კვანძებში მოქმედი რეაქტიული მომენტებია.

როგორც მიწისქვეშა ნაგებობათა მექანიკის საფუძვლებიდანაა ცნობილი, ასეთი ტიპის, ზედაპირთან ახლოს განლაგებული ნაგებობის თავზე მოსულ ვერტიკალურ საანგარიშო დატვირთვას, იმ შემთხვევაში, თუ სხვა რაიმე სტატიკური თუ დინამიკური ზემოქმედება არაა მოსალოდნელი, განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$q_{v1} = m_1 h \gamma_{gr} + m_2 d_{sil} \gamma_c \quad (10.1)$$

გვირაბის კედლების თავზე და ძირზე მოქმედი თარაზული დატვირთვები განისაზღვრება შესაბამისად დამოკიდებულებებით:

$$q_{h2} = (q_{v1} + H\gamma)(1 - \sin \varphi) / (1 + \sin \varphi) \quad (10.2)$$

$$q_{h2} = (q_{v1} + H\gamma)(1 - \sin \varphi) / (1 + \sin \varphi) \quad (10.3)$$

ჩარჩოს ძირი წარმოადგენს კედლების საყრდენი რეაქციის ძალებით ბოლოებზე დატვირთულ კოჭს „დრეკად ფუძეზე“. ფუძეზე მოქმედი ვერტიკალური რეაქტიული დატვირთვა, წარმოდგენილი გასაშუალებული სახით, რაც მიდის იატაკის კონსტრუქციის სიმტკიცის მარაგში, გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$q_{v2} = q_{v1} + 2m_2 h d_w \gamma_b / (L + d_w) \quad (10.4)$$

კონსტრუქციის გაანგარიშებისათვის საჭიროა ელემენტების ფარდობითი სიხისტეების ცოდნა.

$$k = I_{sil} H / I_w L,$$

სადაც I_{sil} და I_w – შესაბამისად ჩარჩოს ერთეულოვანი სიგრძის სახურავის და კედლების განივკვეთის ინერციის მომენტებია დაყვანილი E_k დრეკადობის მოდულის მქონე ერთ მასალაზე.

ასეთი ტიპის ხისტ კვანძებიანი ჩარჩო, როგორც ეს სამშენებლო მექანიკიდანაა ცნობილი, სამჯერ სტატიკურად ურკვევადი სისტემაა, რომლის ელემენტებში შიგა ძაღვების განსაზღვრისათვის საჭირო იქნება ძალთა და დეფორმაციათა მეთოდების გამოყენება, რაც აღებული სქემისათვის გამოიხატება შემდეგში.

იმ შემთხვევაში, როცა სახურავსა და კედლებს შორის სახსრული კავშირია, ანუ, როცა სახურავი წარმოადგენს ორ საყრდენზე მდებარე კოჭს, მასზე მოქმედი მხოლოდ ვერტიკალური დატვირთვისაგან მაქსიმალური ჩაღუნვა მალის შუაში და კვეთის მობრუნების კუთხე კოჭის ბოლოებში, შესაბამისად, გამოიხატება მასალათა გამძლეობის [11] ცნობილი ფორმულებით:

$$y_{cd}^{qv1} = \frac{5q_{v1}L^3}{384E_kI_1} ; \quad (10.6) \quad Q_{cd}^{qv1} = \frac{q_{v1}L^3}{24E_kI_1} \quad (10.7)$$

მაგრამ, რადგანაც კვანძები ხისტია, მათში იმოქმედებს საძიებელი მომენტები M_c და M_d , რომლებიც იმის გამო, რომ აღებული საანგარიშო სქემა სიმეტრიულია ვერტიკალური ღერძის მიმართ, $M_c=M_d$. მათი მოქმედებით კვეთის მობრუნების კუთხე კოჭის ბოლოებში იქნება:

$$Q_{c,d}^{Mc} = \frac{M_cL}{3E_kI_1} + \frac{M_dL}{6E_kI_1} + \frac{M_cL}{2E_kI_1} \quad (10.8)$$

შესაბამისად, სახურავის კოჭის ბოლოების ჯამური მობრუნება მხოლოდ ვერტიკალური დატვირთვით და

კვანძური მომენტებით მიიღება (10.5)-ის და (10.6)-ის ალგებრული შეკრებით.

$$Q_{c,d} = Q_{cd}^{qv1} - Q_{c,d}^{Mc} = \frac{q_{v1}L^3}{24E_kI_1} - \frac{M_cL}{2E_kI_1} \quad (10.9)$$

ანალოგიურად ჩარჩოს სახურავის კედლების ბოლოების მხოლოდ M_d კვანძური მომენტებით გამოწვეული მობრუნების კუთხე –

$$Q_{d,b}^{Md} = \frac{M_dH}{2E_kI_2} \quad (10.10)$$

ხისტ კვანძში გაერთიანებული სახურავის და კედლის ბოლოების მობრუნების კუთხეების ტოლობის პირობას კი ექნება სახე

$$\frac{q_{v1}L^3}{24E_kI_1} + \frac{M_cL}{2E_kI_1} = \frac{M_dH}{2E_kI_2} \quad (10.11)$$

აქედან, მხოლოდ სახურავზე მოსული ვერტიკალური საანგარიშო დატვირთვისა და იატაკის რეაქციისაგან გამოწვეული მღუნავი მომენტები სახურავის c და d კვანძებში გამოისახება ფორმულით:

$$M_{c,d} = \frac{q_{v1}L^2}{12} \frac{1}{1+k}, \quad (10.12)$$

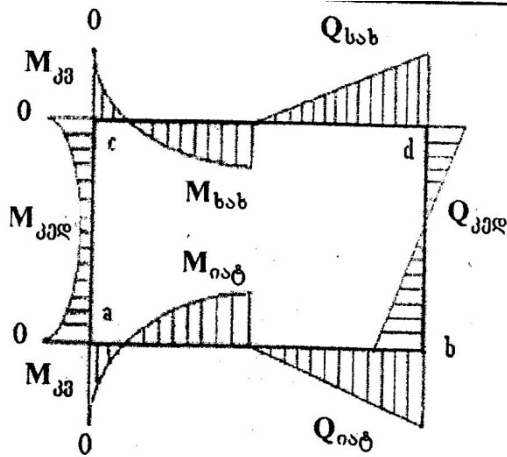
სადაც ჩარჩოს სიხისტის მაჩვენებელი – $k = I_{sil}H / I_wL$.

ანალოგიური მიმდევრობით განისაზღვრება კვანძური მომენტები, კედლებზე მოქმედი საანგარიშო დატვირთვებით. მათი შეკრებით (10.12)-თან მიიღება ერთეულოვანი სიგრძის ჩარჩოს სახურავის c და d კვანძებში მოქმედი მღუნავი მომენტების საანგარიშო ფორმულა

$$M_{c,d} = \frac{1}{1+k} \left[\frac{q_{v1}L^2}{12} + \frac{(q_{h1}+q_{h2})H^2k}{24} \right] \quad (10.13)$$

და ასევე, მღუნავი მომენტების გამოსახულებები იატაკის a და b კვანძებში –

$$M_{a,b} = \frac{1}{1+k} \left[\frac{q_{v2}L^2}{12} + \frac{(q_{h1}+q_{h2})H^2k}{24} \right] \quad (10.14)$$



ნახ. №32 მღუნავი მომენტების და განივი ძალების ჩარჩოში განაწილების სქემატური სურათი.

ჩარჩოში მოქმედი შიგა ძალების ძალთა მეთოდის გამოყენებით მიღებულ გამოსახულებებს ექნებათ შემდეგი სახე:

– ნორმალური ძალები ჩარჩოს კედლის თავში და ძირში, სახურავში და იატაკში:

$$\begin{aligned} N_{ca} &= 0,5Lq_{v1}, \\ N_{ac} &= 0,5Lq_{v1} - Hd_w\gamma_c, \\ N_{sil} &= 0,5Hq_{h1} + H(q_{h2} - q_{h1})/6, \\ N_{fl} &= 0,5Hq_{h1} + H(q_{h2} - q_{h1})/3. \end{aligned} \quad (10.14)$$

მაქსიმალური მღუნავი მომენტები სახურავის, იატაკის და კედლების შუაში:

$$\begin{aligned} M_{\text{sil}} &= N_{\text{ca}}L/2 - q_{v1}L^2/8 - M_c, \\ M_{\text{fl}} &= N_{\text{ac}} + q_{v2}L^2/8 - M_a, \\ M_w &= -(q_{h1} + q_{h2})H^2/16 + M_a. \end{aligned} \quad (10.15)$$

მღუნავი მომენტი სახურავის c კვანძიდან დაშორებულ x კვეთში –

$$M_{(x)} = \frac{q_{v1}Lx}{2} - \frac{q_{v1}x^2}{2} - M_c \quad (10.16)$$

შესაბამისად, კოჭის გაღუნული ღერძის დიფერენციალურ განტოლებას ექნება სახე

$$E_k I_1 \frac{d^2 y}{dx^2} = \pm \left(\frac{q_{v1}Lx}{2} - \frac{q_{v1}x^2}{2} - M_c \right), \quad (10.17)$$

საიდანაც სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით კოჭის ჩაღუნვის ისარი x კვეთში

$$y_{(x)} = \pm \frac{1}{E_k I_1} \left[-\frac{q_{v1}x^4}{24} + \frac{q_{v1}Lx^3}{12} - \frac{x^2}{2} M_c - \left(\frac{q_{v1}L^3}{24} - \frac{M_c L}{2} \right) x \right], \quad (10.18)$$

ხოლო მაქსიმალური ჩაღუნვა ძალის შუაში

$$y_{(x)=L/2} = \frac{1}{E_k I_1} \left(\frac{5q_{v1}L^4}{384} - \frac{L^2}{8} M_c \right), \quad (10.19)$$

სადაც M_c განსაზღვრულია (10.13) დამოკიდებულებით.

ანალოგიურად განისაზღვრება გადაადგილებები იატაკსა და კედლებში.

მღუნავი მომენტები და განივი ძალები სახურავის, იატაკის და კედლების კვანძებიდან ათვლილ კვეთებში, შესაბამისად გამოისახება ფორმულებით:

$$\begin{aligned} M_{\text{sil}} &= 0.5q_{v1}(Lx - x^2) - M_c, \\ M_{\text{fl}} &= -0.5q_{v2}(Lx - x^2) + M_a, \\ M_w &= -0.25(q_{h1} + q_{h2})(Hx - x^2) + M_a, \\ Q_{\text{sil}} &= 0.5q_{v1}(L - 2x), \end{aligned} \quad (10.20)$$

$$Q_{fl} = -0.5q_{v2}(L - 2x),$$

$$Q_w = -0.25(q_{h1} + q_{h2})(H - 2x).$$

ხოლო, მათი ეპიურები სქემატურად მოცემულია ნახაზზე №32.

ამრიგად, მიღებულია სრული ანალიზური აპარატი ღია წესით გაყვანილი ერთმალიანი გვირაბის სწორხაზოვან ელემენტებიანი ჩარჩოს სტატიკური გაანგარიშებისათვის სიმტკიცეზე და გადაადგილებებზე. [12]

ღია წესით გაყვანილი ორმალიანი გვირაბის სტატიკური გაანგარიშება

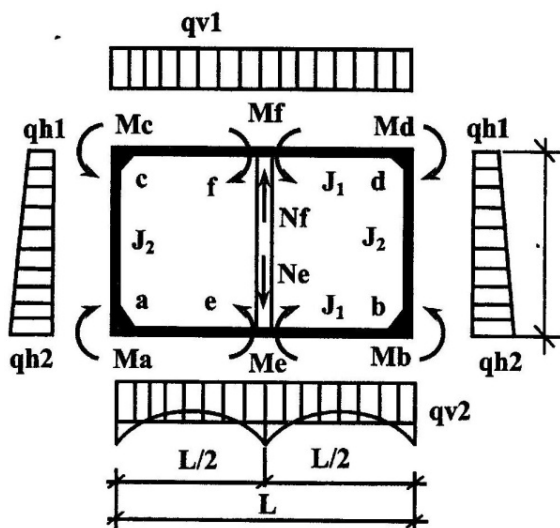
ღია წესით გაყვანილი ორმალიანი, სწორხაზოვან ელემენტებიანი გვირაბის სტატიკური გაანგარიშებისათვის საჭიროა შემდეგი საწყისი მონაცემები:

- გვირაბის სახურავის ჩაღრმავება მიწის ზედაპირიდან h , მ
- გვირაბის სიგანე (ღერძებში) L , მ
- გვირაბის სიმაღლე (ღერძებში) H , მ
- სამაგრის ერთ მასალაზე დაყვანილი დრეკადობის მოდული E_k , მგპა
- წყლიანი გრუნტის მოცულობითი წონა γ_{gr} , კნ/მ
- ბეტონის მოცულობითი წონა γ_{gr} , კნ/მ
- გადატვირთვის კოეფიციენტი გრუნტის დატვირთვაზე m_1
- გადატვირთვის კოეფიციენტი კონსტრუქციის საკუთარ წონაზე m_2
- გარე კედლების საორიენტაციო სისქე d_{ac} , მ

- შიგა კედლის საორიენტაციო სისქე d_{ef} , მ
- ჭერის საორიენტაციო სისქე d_{cd} , მ
- იატაკის საორიენტაციო სისქე d_{ab} , მ

ორმალიანი ჩარჩოს საანგარიშო სქემას აქვს №33-ე ნახაზზე მოცემული სახე, სადაც J1 და J2 შესაბამისად ჭერის, იატაკის და კედლების წინასწარ აღებული ერთ მასალაზე დაყვანილი საორიენტაციო კვეთების ინერციის მომენტებია, ხოლო $M_a \dots M_d$ შესაბამის კვანძებში მოქმედი რეაქტიული მომენტებია. ერთმალიანი სქემისაგან ის განსხვავდება შუა კედლის არსებობით, რომლის სიხისტე და მზიდუნარიანობა პრაქტიკულად ანულებს სახურავის შუა წერტილის ფარდობით ჩაღუნვას, გარე კედლების თავების მიმართ.

ხისტი კვანძებისას ასეთ ჩარჩოში, რომელიც ექვსჯერ სტატიკურად ურკვევადია, შიგა ძაღვების განსაზღვრისათვის სტატიკის განტოლებები, რა თქმა უნდა, საკმარისი არ არის. საჭიროა გამოყენებული იქნეს გადაადგილებების და ძალთა მეთოდები და მათი დამოუკიდებელი მოქმედების პრინციპი, ანუ შესაძლებელია მოხდეს ერთმალიანი ჩარჩოსათვის განსაზღვრული გარე დატვირთვებისაგან გამოწვეული გადაადგილებებისა და შიგა ძაღვების შეკრება (სუპერპოზიცია) შიგა კედლის რეაქციით გამოწვეულ ფაქტორებთან [12]. ამ უკანასკნელის დამოუკიდებელი მოქმედების შეფასებით და მისი სიდიდის დადგენით, უნდა იქნეს დაწყებული ამ ამოცანის ამოხსნა.



ნახ. №33. ორმალიანი ჩარჩოს საანგარიშო სქემა.

ჩარჩოს ერთეულოვანი სიგრძის მონაკვეთის შიგა კედლის რეაქტიული N_e და N_f ძალები განისაზღვრება, სახურავისა და იატაკის ძალების შუა კვანძების, გარე დატვირთვების მოქმედებით გამოწვეული გადაადგილებების კომპენსაციის პირობით.

ჩარჩო რომ სახსრული იყოს, ანუ სახურავი და იატაკი რომ წარმოადგენდნენ ორ საყრდენზე მდებარე კოჭებს, მათზე მოქმედი მხოლოდ N_f საძიებელი შეყურსული, ვერტიკალური ძალით გამოწვეული მაქსიმალური ჩაღუნვა ძალის შუაში და კვეთის მობრუნების კუთხე კოჭის ბოლოებში, შესაბამისად, გამოსახება მასალათა გამძლეობის ცნობილი ფორმულებით:

$$y_{cd}^N = \frac{N_f L^3}{48 E_k I_1}; \quad Q_{cd}^N = \frac{N_f L^2}{16 E_k I_1}, \quad (10.20)$$

სადაც E_k - კონსტრუქციის ერთ-ერთი მასალის დრეკადობის მოდული, I_1 - ამ მასალაზე დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი.

რეალურად, ჩარჩოს ხისტ კვანძებში, მისი კედლების დრეკადობის გამო, იმოქმედებს საძიებელი მომენტები $M_c=M_d$, რომელთა მოქმედებით სახურავის კოჭის ბოლოების მობრუნების კუთხეების აბსოლუტური სიდიდეები იქნება:

$$Q_{c,d}^{Mc} = \frac{M_c L}{2E_k I_1}, \quad (10.21)$$

ხოლო, სახურავის კოჭის ბოლოების ჯამური მობრუნების კუთხეები, შუა კედლის რეაქციის ძალით და კვანძური მომენტებით -

$$Q_{c,d} = Q_{cd}^N - Q_{c,d}^{Mc} = \frac{N_f L^2}{16 E_k I_1} - \frac{M_c L}{2E_k I_1}, \quad (10.22)$$

ჩარჩოს კედლების ბოლოების, მხოლოდ ჯერჯერობით უცნობი, კვანძური მომენტებით გამოწვეული მობრუნების კუთხეები კი იქნება:

$$Q_{c,a}^{Mc} = \frac{M_c H}{2E_k I_2}; \quad (10.23)$$

შესაბამისად, ხისტ კვანძებში გაერთიანებული სახურავის და კედლის ბოლოების მობრუნების კუთხეების ტოლობის პირობას ექნება სახე -

$$\frac{N_f L^2}{16 E_k I_1} - \frac{M_c L}{2E_k I_1} = \frac{M_c H}{2E_k I_2}; \quad (10.24)$$

საიდანაც განისაზღვრება მხოლოდ შუა კედლის N_f რეაქციით გამოწვეული კვანძური მომენტები $M_{c,d}$ და მდუნავი მომენტი M_x სახურავის ძალის x კვეთში.

$$M_{c,d} = \frac{N_f L}{8} \frac{1}{1+k}, \quad (10.25) \quad M_{(x)} = -\frac{N_f}{2} + M_c. \quad (10.26)$$

სადაც ჩარჩოს სიხისტის მაჩვენებელი - $k=I_1H/I_2L$. შესაბამისად, კოჭის გაღუნული ღერძის დიფერენცი-
ალურ განტოლებას ექნება სახე -

$$E_k I_1 \frac{d^2 y}{dx^2} = \pm M(x) = \frac{N_f}{8} \left(\frac{L}{1+k} - 4x \right); \quad (10.27)$$

ამ განტოლების ამოხსნისას ინტეგრირების პირველი მუდმივი კოეფიციენტი განისაზღვრება მაღის შუაში კვეთის მობრუნების კუთხის ნულთან ტოლობით, რაც გაპირობებულია ძირითადი სქემის ვერტიკალური ღერძის მიმართ სიმეტრიულობით, ხოლო მეორე მუდმივა - საყრდენებზე ჩაღუნვების არ არსებობის პირობებით. ამრიგად მიიღება, შუა კედლის არ არსებობისას, სახურავის კოჭის მაღის შუაში ფარდობითი ჩაღუნვის კომპენსაციისათვის საჭირო N_f - ის ტოლი, შეეყურსული ძალით გამოწვეული კოჭის გაღუნული ღერძის განტოლება, რომელიც კვანძიდან ათვლილი x -ის ფუნქციაში შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$y(x) = \frac{N_f}{4E_k I_1} \left[-\frac{x^3}{3} + \frac{Lx^2}{4(1+k)} + \frac{L^2}{4} \frac{kx}{1+k} \right]; \quad (10.28)$$

შესაბამისად, აღუნვის ისარი მაღის შუაში

$$y_{x=L/2}^{N_f} = \frac{N_f L^3}{192 E_k I_1} \frac{1+4k}{1+k}. \quad (10.29)$$

ერთმალიანი გვირაბის ანალიზის თანახმად შუა კედლის არ არსებობის შემთხვევაში იგივე კვეთის ჩაღუნვას, ძირითადი გარე დატვირთვებისაგან, აქვს შემდეგი სახე [1]:

$$y_{x=L/2}^q = \frac{L^2}{384 E_k I_1} \left\{ 5q_{v1} L^2 - \frac{1}{1+k} [4q_{v1} L^2 + 2(q_{h1} + q_{h2}) H^2 k] \right\} \quad (10.30)$$

ამ ჩაღუნვის აღდგენისათვის საჭირო შუა კედლის რეაქციის მნიშვნელობა მიიღება 10.29 და 10.30-ის

ფორმულის ურთიერთგატოლებით და მიღებული გამო-
სახულების N_f -ის მიმართ ამოხსნით.

$$N_f = \frac{1+k}{L(1+4k)} \left\{ 2.5q_{v1}L^2 - \frac{1}{1+k} [2q_{v1}L^2 + (q_{h1} + q_{h2})kH^2] \right\}. \quad (10.31)$$

მართკუთხა ხისტი ჩარჩოს სახურავის და იატაკის
შუა მალეებში მოქმედი, შეყურსულ N_f ძალებით გამოწ-
ვეული კვანძური მღუნავი მომენტების მნიშვნელობა
მოცემულია ს.ტიმოშენკოს მიერ [3], აქ მიღებული აღ-
ნიშვნებისას ექნება შემდეგი სახე -

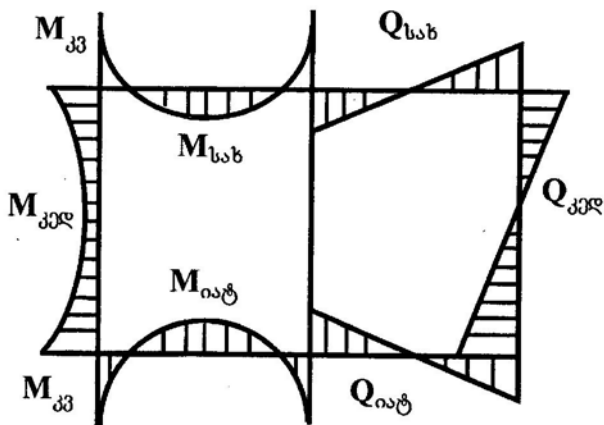
$$M_{N_f} = \frac{N_f L}{8} + \frac{1}{1+k} \quad (10.32)$$

ამ უკანასკნელში 10.32 ფორმულის ჩასმით და შეკ-
რებით, ძირითადი დატვირთვებისაგან გამოწვეულ ერ-
თმალიანი გვირაბის კვანძურ მომენტებთან [12], მივი-
ღებთ საყრდენი მღუნავი მომენტების ჯამურ აბსოლუ-
ტურ მნიშვნელობებს, ორმალიანი გვირაბის სახურავის
გარე კედლებთან შეერთების კვანძებში, რომლებსაც
ექნებათ სახე -

$$M_c = -M_d = \frac{1}{6(1+4k)} [2q_{v1}L^2 + (q_{h1} + q_{h2})H^2k] - \frac{5q_{v1}L^2}{16+64k}; \quad (10.33)$$

ჯამური საყრდენი მღუნავი მომენტები ორმალიანი
გვირაბის იატაკის გარე კედლებთან შეერთების კვან-
ძებში კი იქნება:

$$M_a = -M_b = \frac{1}{6(1+4k)} [2q_{v1}L^2 + (q_{h1} + q_{h2})H^2k] - \frac{5q_{v2}L^2}{16+64k}; \quad (10.34)$$



ნახ. №34. მღუნავი მომენტების და განივი ძალების განაწილების გრაფიკული გამოსახულება.

ნორმალური ძალები ჩარჩოს გარე კედლებში (სახურავთან) განისაზღვრება დამოკიდებულებით -

$$N_{ac} = N_{bd} = 0.5(Lq_{v1} - N_f). \quad (10.35)$$

ნორმალური ძალები ჩარჩოს სახურავში და ძირში კი, შესაბამისად:

$$\begin{aligned} N_{cd} &= 0.5Hq_{h1} + H(q_{h2} - q_{h1})/6; \\ N_{ab} &= 0.5Hq_{h1} + H(q_{h2} - q_{h1})/3. \end{aligned} \quad (10.36)$$

მღუნავი მომენტები და განივი ძალები სახურავის, იატაკის და კედლების კვანძებიდან ათვლილ კვეთებში, გამოისახება ფორმულებით:

$$\begin{aligned} M_{sil} &= -N_{ac}x + 0.5q_{v1}x^2 + M_a, \\ M_w &= -0.25(q_{h1} + q_{h2})(Hx - x^2) + M_a, \end{aligned} \quad (10.37)$$

$$\begin{aligned} M_{fl} &= -(N_{ac} + hd_w \gamma_b)x + 0.5q_{v2}x^2 + M_a, \\ Q_{sil} &= -N_{ac} + q_{v1}x, \\ Q_w &= -0.25(q_{h1} + q_{h2})(H - 2x), \end{aligned} \quad (10.38)$$

$$Q_{fl} = -(N_{ac} + hd_w \gamma_b) + 0.5q_{v2}x.$$

ხოლო, მათი ეპიურები სქემატიური სახით მოცემულია №34-ე ნახაზზე. ამრიგად, მიღებულია ანალიზური აპარატი ღია წესით გაყვანილი ორმალიანი გვირაბის სწორხაზოვან ელემენტებიანი ჩარჩოს სტატიკური გაანგარიშებისათვის სიმტკიცეზე და გადაადგილებებზე.

XI თაზი. თანამედროვე საშახტო ანკერები

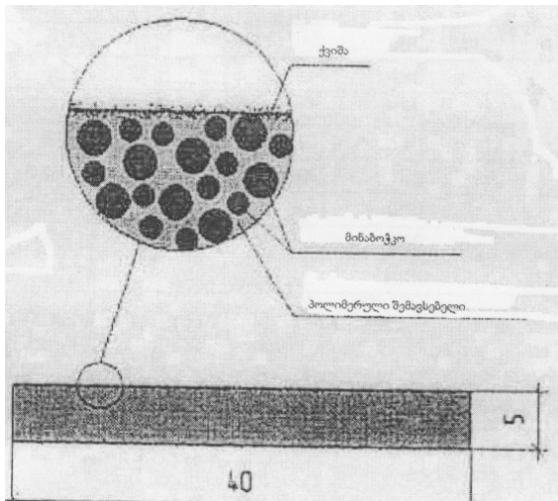
სამთო დარგის სხვადასხვა დანისნულების ობიექტების მშენებლობისას, დღეისათვის, ფართოდ გამოიყენება ბაზალტის, ნახშირბადის, მინაპლასტიკის და მინაბოჭკოსაგან დამზადებული არმატურა, ანკერები და სხვა კონსტრუქციები, რომლებიც ხასიათდებიან მცირე წონით, მაღალი სიმტკიცით და აგრესიული გარემოს მიმართ მდგრადობით.

ბოლო პერიოდში ტრადიციულ ლითონის ანკერებთან ერთად ფართო გამოყენება პოვა მინაბოჭკოვანი მასალისაგან დამზადებულმა ფიბერგლასურმა ანკერებმა. საინტერესოა მინაბოჭკოვანი მასალისაგან დამზადებული წრიული და მართკუთხა ფორმის ფიბერგლასური ანკერების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები და მათ გამოყენებასთან დაკავშირებული საკითხები.

წრიული ფორმის მინაბოჭკოვანი მასალისაგან დამზადებულ ფიბერგლასურ ანკერებს, მართკუთხასთან შედარებით, გააჩნია მაღალი გრძივი სიხისტე, რაც ამარტივებს ჭაბურღილში ჩამონტაჟებას, თუმცა გართულებულია მათი ბუხტებად დახვევა. შესაბამისად, მათი ტრანსპორტირება შესაძლებელია ძირითადად 13-14მ

სიგრძის მონატრების სახით. მართკუთხედის ფორმის კვეთის მქონე ბაფთისებურ ანკერებს ამზადებენ 100მ სიგრძის მონატრების სახით. ტრანსპორტირების მიზნით მათ ახვევენ 1,5-2მ დიამეტრის მქონე ბუხტებად. დამონტაჟების წინ, უშუალოდ საამშენებლო მოედანზე შესაძლებელია ნებისმიერი სიგრძის ანკერების დამზადება, ქუროების და შედუღებით გადაბმების გარეშე.

პოლიმერული მასალით შემკერივებული მინაბოტკოსგან დამზადებული წრიული და მართკუთხა ფორმის ფიბერგლასური ანკერები წარმოდგენილია №35-ე ნახაზზე. ანკერის ზედაპირი დაფარულია წვრილი ქვიშით, რაც აუმჯობესებს მის ცემენტთან შეჭიდულობას.



ნახ. №35. მინაბოტკოს გამოყენებით დამზადებული წრიული და მართკუთხა ფორმის ფიბერგლასური ანკერები.

მინაბოტკოვანი მასალის, პოლიმერული შემამკრივებლის და ფიბერგლასური ანკერების მახასიათებლები, მოცემულია მე-9 ცხრილში.

ცხრილი №9

№	მახასიათებელი	განზომილება	მინა-ბოჭკო	პო-ლი-მერუ-ლი შემ-კერე-ლი	ფი-ბერ-გლა-სური ანკე-რები
1	სიმკვრივე	გრ/სმ	2.55	1.15	1.9
2	სიმტკიცე გაგლეჯვაზე	მპა	2000	50	1000
3	დრეკადობის მოდული	მპა	70	-	40000
4	მინაბოჭკოს შემცველობა	%	100	-	70
5	სიმტკიცე განივ ძვრაზე	მპა	-	-	200

ანკერების ზედაპირის დასაფარად გამოყენებული ქვიშის მარცვლების სიმსხო იცვლება 0.15-0.3მმ ფარ-გლებში.

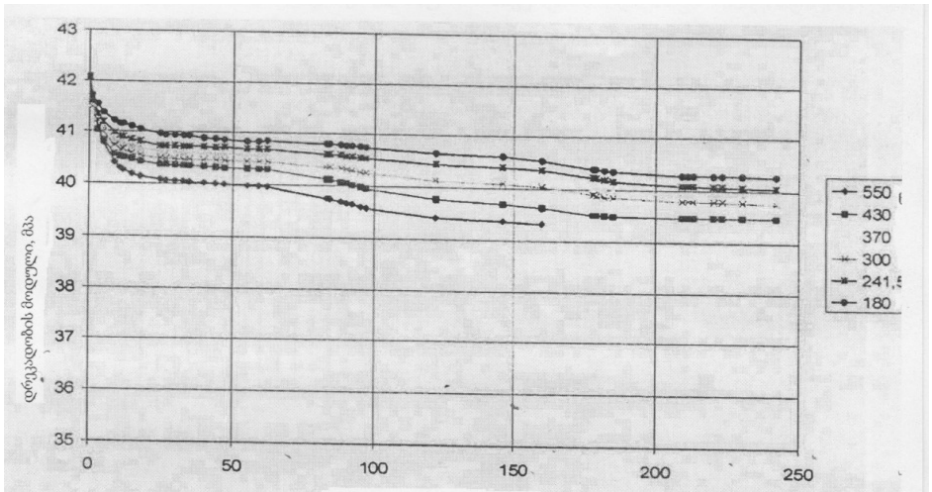
მე-10-ე ცხრილში მოცემულია ზღვრული დატვირ-თვების მნიშვნელობები, მართკუთხა ფორმის განივი კვეთის მქონე ფიბერგლასური ანკერებისათვის, კვეთის ზომებზე დამოკიდებულებით.

ცხრილი №10

№	ანკერის გა-ნივი კვეთის ზომები, მმ	გაჭიმვაზე ზღვრუ-ლი დატვირთვის მნიშვნელობა	შენიშვნა
1	40×5	400	
2	40×6	480	
3	40×7	560	
4	40×8	640	
5	40×9	720	
6	40×10	800	
7	40×12	960	
8	40× 15	1200	

კვლევებმა აჩვენა, თუ ზღვრული დატვირთვა შეადგენს 600 ნიუტონს, ფიბერგლასური ანკერების მასალას ახასიათებს მნიშვნელოვანი ცოცვადობა; ასეთ შემთხვევაში ნიმუშების ფარდობითმა დეფორმაციამ შეიძლება მიაღწიოს 6-8 %-ს.

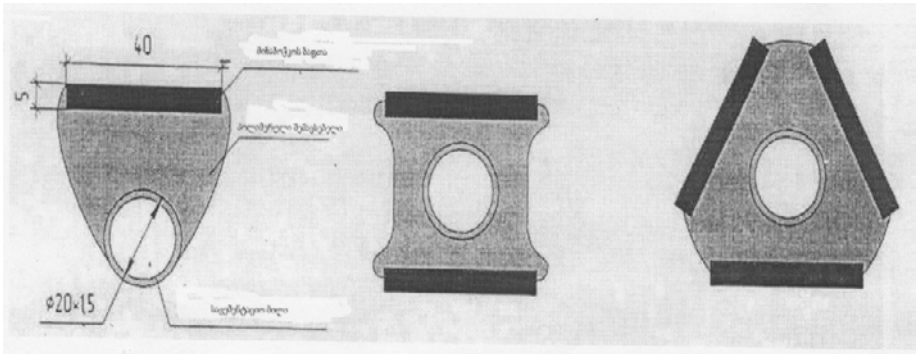
მრავალმხრივმა კვლევამ აჩვენა, რომ დეფორმაციებსა და ძაბვებს შორის არსებობს პროპორციული დამოკიდებულება. მიღებული შედეგების ანალიზით (ნახ. №36) დგინდება, რომ ერთი თვის განმავლობაში დეფორმაციის მოდული შემცირდა 2.5-5.0% ფარგლებში, ხოლო, დაკვირვების შემდეგი პერიოდის განმავლობაში მოდულის მნიშვნელობა მცირდება 4-6%-ით. აღსანიშნავია, რაც მაღალია დატვირთვის დონე, მით უფრო მნიშვნელოვანია დეფორმაციის მოდულის შემცირება.



გამოკვლევის ხანგრძლივობა, დღე-ღამე
 ნახ. №36 ფიბერგლასური ანკერების იუნგის მოდულის ცვლილება დროში.

პრაქტიკამ აჩვენა, რომ ფიბერგლასური ანკერების გამოყენება შესაძლებელია როგორც დროებითი, ასევე მუდმივი სამაგრის სახით, ისეთ პირობებში, როდესაც დასაშვები დატვირთვა არ აღემატება ზღვრული დატვირთვის 25-30%-ს.

მინაბოჭკოს მართკუთხედის ფორმის ბაფთების გამოყენებით დამზადებული ფიბერგლასური ანკერების სხვადასხვა კონსტრუქცია ნაჩვენებია ნახ.37-ზე.

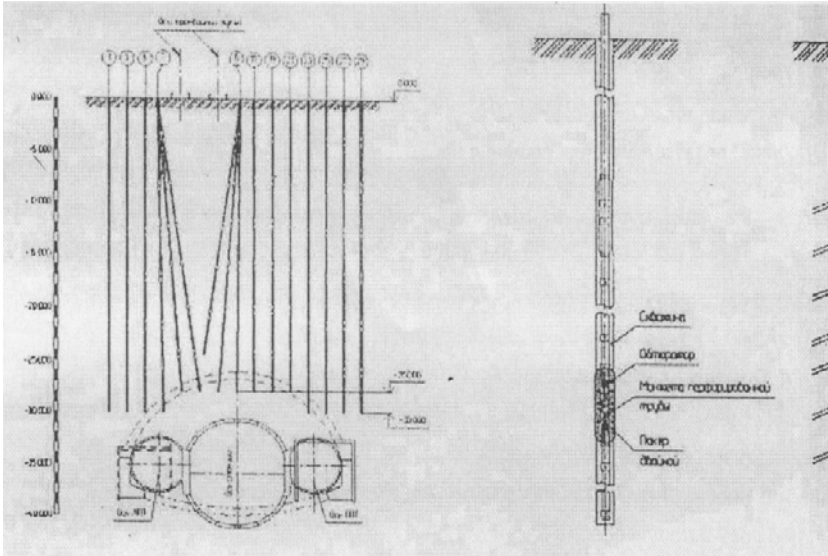


ნახ. №37. ა) ერთბაფთიანი, ბ) ორბაფთიანი და გ) სამბაფთიანი ფიბერგლასური ანკერები.

ფიბერგლასური ანკერების დამონტაჟების ტექნოლოგია, კონსტრუქციიდან გამომდინარე, მოიცავს - საჭირო დიამეტრის და სიღრმის ჭაბურღილის ბურღვას, რომელშიც თავსდება შერჩეული კონსტრუქციის ფიბერგლასური ანკერი, რომლის საინექციო მილის საშუალებით ხდება ჭაბურღილის შევსება ცემენტის წყალხსნარით. ბოლო ეტაპზე წარმოებს ფიბერგლასური ანკერების დაჭიმვა სპეციალური დომკრატებით.

№38-ე ნახაზზე ნაჩვენებია, ზოგადად, მეტროს გვირაბების მშენებლობისას, ძლიერ დაბზარული სამთო

მასივის ფიბერგლასური ანკერების საშუალებით გაძლიერების მაგალითი.



ნახ. №38. მეტროს გვირაბების თავზე არსებული დაზარალებული (დაშლილი) სამთო მასივის გაძლიერება ფიბერგლასური ანკერებით.

XII თავი. შეთქვაბალი ნივთიერების მუხტების ინიცირების თანამედროვე სისტემები

სახდვარგარეთის პრაქტიკაში, საშპურე და საჭაბურდილე მუხტების აფეთქებისას, სულ უფრო ფართო გამოყენებას პოულობს ინიცირების ახალი სახის არაელექტრული სისტემები, რომლებიც გამოირჩევიან უსაფრთხოების მაღალი დონით და მოხმარების სიმარტივით. ამ სისტემებიდან ყველაზე დახვეწილად „ნონელი“ მოისაზრება. [14]

ინიცირების არაელექტრული სისტემა „ნონელი“ შექმნილა შვედური ფირმის „ნიტრო-ნობელი AB“-ს მიერ (ამჟამად ფირმას „დინო-ნობელი AB“ ეწოდება).

ხსენებულ სისტემას საფუძვლად უდევს პლასტმასის ღრუ მილაკი (ზონარი) - ტალღასატარი, რომლის შიგა ზედაპირი დაფარულია ფნ-ის თხელი შრით. ამ უკანასკნელის ინიცირებისას წარმოქმნილი ჰაერის დარტყმითი ტალღა, რომელიც იკვებება ფნ-ის დაშლის პროცესში გამოყოფილი ენერგიით, მილაკში ვრცელდება 2000მ/წმ სიჩქარით და უზრუნველყოფს ტალღასატარის ბოლოში დამაგრებული სპეციალური კაფსულ-დეტონატორის აფეთქებას. ამასთანავე, ფნ-ის მასა იმდაგვარადაა შერჩეული, რომ დარტყმითი ტალღა არ იწვევს მილაკის რღვევას. იგი ასრულებს მხოლოდ სიგნალის გამტარის როლს.

სადეტონაციო ზონართან შედარებით, „ნონელ“-ის ტიპის ინიცირების არაელექტრული სისტემების უპირატესობებია: ფნ-ის ნაკლები ხარჯი და მილაკში დარტყმითი ტალღის გადაადგილებისას ტალღასატარის გარსის მიერ თავდაპირველი მდგომარეობის შენარჩუნების უნარი, რაც გამორიცხავს წაგრძელებული მუხტის ნებისმიერ წერტილში ინიცირებისას მისი სტრუქტურის დაზიანებასა და ფნ-ის ამოწვას. გარდა ამისა, ინიცირების არაელექტრული სისტემები ამარტივებენ ასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟს და, ამასთანავე, შესაძლებელს ხდიან, შეიქმნას მცირედდაყოფნებული აფეთქების სქემები ფართო დიაპაზონის დაყოფნებების ინტერვალებით.

სისტემა „ნონელ“-ის ძირითადი შემადგენელი ელემენტებია: კაფსულ-დეტონატორი (კაფსული), გარკვეული სიგრძის ტალღასატარი და რეზინის მილისი - მამჭიდროვებელი. იგი შეიცავს, აგრეთვე, ჯგუფური ინიცირების მოწყობილობას, რომელსაც გააჩნია შემაერთებელი ბლოკი. ამ უკანასკნელში მოთავსებულია №8 კაფსულ-დეტონატორის 1/3 სიმძლავრის მქონე შუალედური მინი-დეტონატორი. მისი დანიშნულებაა ტალღასატარების ინიცირება. შემაერთებელი ბლოკის კონსტრუქცია იმდაგვარია, რომ წრედში მილაკების ჩართვისას ტალღასატარის ბოლო ყოველთვის დამცავი მოწყობილობით ეხება მინი-დეტონატორს. ამის წყალობით მიიღწევა სტანდარტული ხარისხის შეერთება, რაც დამოკიდებული არ არის ამფეტქებლის კვალიფიკაციაზე. როდესაც დარტყმითი ტალღა ზონარ-ტალღასატარის გავლით აღწევს შემაერთებელ ბლოკს, ხდება მინი-დეტონატორის აფეთქება (მყისიერად ან მილიწამიანი დაყოვნებით), რაც იწვევს ბლოკში შემავალი ზონრების ინიცირებას.

სისტემა „ნონელი“ განკუთვნილია ღია და მიწისქვეშა სამუშაოებისათვის, მათ შორის მეთანის მხრივ საშიში შესტებისათვის. საპასუხისგებლო სამუშაოების ჩატარებისას საჭიროა ქსელის დუბლირება. ასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟისას აუცილებელია გათვალისწინებული იქნეს არამარტო კაფსულ-დეტონატორის დაყოვნება, არამედ ზედაპირული და შიგასაჭაბურდილე ზონრების სიგრძეთა გავლენა ფნ-ის მუხტების დეტონაციის დაყოვნებაზე, ვინაიდან ზონარ-ტალღასატარში

დარტყმითი ტალღის სიჩქარე თვითონ ქმნის სისტემაში 0,55 მლწმ დაყოვნებას.

არაელექტრული ინიცირების ხსენებული სისტემის გამოყენებისას, ასაფეთქებელი ქსელის სქემები დამოკიდებულია დამაყოვნებლების განლაგების ხერხზე. დამაყოვნებლები შეიძლება მოთავსდეს როგორც შიდა საჭაბურღილე ზონარზე, ასევე ზედაპირული მაგისტრალის ხაზზე. უკანასკნელ შემთხვევაში, ე.ი. როდესაც საჭაბურღილე მუხტების აფეთქებათა შორის საჭირო ინტერვალი მიიღწევა, შემაერთებელ ბლოკში არსებული მცირედდაყოვნებული მოქმედების კაფსულ-დეტონატორით, ჭაბურღილებში ათავსებენ H სერიის ზონარებს, სპეციალური კაფსულ-დეტონატორებით, რომელთაც ერთი და იგივე დაყოვნების ინტერვალი - 500მწმ აქვთ. ეს საშუალებას იძლევა ზედაპირიდან მცირედდაყოვნებული ინიცირებისას გამოირიცხოს ცალკეულ მუხტებში დეტონაციის მტყუნების რისკი. [15]

რადგან ტალღასატარში ჰაერის დარტყმითი ტალღის მოქმედების მხრივ შეზღუდვები არ არის, ასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის გამარტივების მიზნით, ზედაპირული მაგისტრალური ხაზი შეიძლება შესრულდეს რგოლურად განლაგებული დაბალი ენერგეტიკული მახასიათებლების მქონე სადეტონაციო ზონრით, რომელსაც უერთდება საჭაბურღილე „ნონელ“-ის ზონრები, მცირედდაყოვნებული მოქმედების კაფსულ-დეტონატორებით. „ნონელ“-ის ზონრების სადეტონაციო ზონართან შეერთება ხდება მარტივი მომჭერებით.

სისტემა „ნონელ“-ის გამოყენებით მიწისქვეშა გვირაბებში აფეთქების დაყოვნებათა ინტერვალებს იღებენ 100მწმ და მეტს. საშუაურ მუხტების ინიცირება წარმოებს „ნონელ“-ის ზონრებით, რომლებზეც კაფსულდეტონატორებია დამაგრებული. ზონრები კონებად იკრიბება. თითოეულ კონაში მიზანშეწონილია შპურების პირიდან გამომავალი 1,5-2მ სიგრძის 20-მდე ზონრის თავმოყრა. კონა ორ ადგილზე (30სმ-ის დაცილებით) საიზოლაციო ზონრით მაგრდება, რის შემდეგ ხდება კონის შემოჭერა იმ სადეტონაციო ზონრის ორმაგი მარყუჟით, რომელიც შემაერთებელი ბლოკის გავლით, „ნონელ“-ის მაგისტრალურ ზონარს უერთდება.

მუხტების ინიცირების საშუალებებთან შედარებით აფეთქების არაელექტრულ სისტემებს აქვთ შემდეგი უპირატესობები: ასაფეთქებელი ელექტროქსელი არ საჭიროებს სათანადო გათვლას, მოხეტიალე დენების, ელექტროსტატიკური მუხტებისა და რადიოსიხშირის დიაპაზონში ელექტრომაგნიტური ველების მიმართ უგრძობლობა; აფეთქებითი სამუშაოების ნაკლები დირებულება, მაღალი საიმედოობა (აფეთქების არაელექტრულ სისტემების გამოყენებისას შესაძლებელია შეერთებების სისწორის ვიზუალური შემოწმება, რაც ელექტროდეტონატორებით მუშაობის შემთხვევაში რთული გასაკეთებელია).

ფეთქებადი ნივთიერების მუხტების ინიცირების ახალი არაელექტრული “ნონელ“-ის სისტემა სრულად პასუხობს აფეთქებითი სამუშაოების ჩატარების თანამედროვე მოთხოვნილებებს.

როგორც სამთამადნო მრეწველობის გვირაბების, ასევე სატრანსპორტო ტუნელების გაზსაცავების და ნავთობსაცავების და სხვა ობიექტების, მშენებლობის 10%-ზე მეტი, ბურღვა-აფეთქებით წარმოებს.

”ნონელი“-ს სისტემის უამრავი დადებითი თვისებების გამო, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მისი გამოყენება სრულიად უსაფრთხოს ხდის აფეთქებით სამუშაოებს როგორც გაზის (მეთანის) და ნახშირის მტვრის აფეთქების მხრივ საშიშ შესტებში, ასევე ნებისმიერ სასარგებლო წიაღისეულის მომპოვებელ სამთო საწარმოში. საჭიროა საწარმოები გადავიდნენ აფეთქების საშუალებათა თანამედროვე მეთოდებზე.

აღსანიშნავია, რომ ფირმა „დინო-ნობელი AB“ პრაქტიკულად ყველა სახის ასაფეთქებელ საშუალებას უშვებს კაფსულ-დეტონატორით, რომელიც არ შეიცავს პირველად (ინიციატორულ) ფნ-ს. მისი ძირითადი მუხტია ჰექსოგენი. დეტონატორებში აფეთქების იმპულსისათვის გამოიყენება ტენისა და პიროტექნიკური ნივთიერებების ნარევი, რომელიც ფოლადის ხუფშია ჩაწეხილი (ხუფს ძირში აქვს ხვრელი). საჭაბურდილე (სამპურე) მუხტების ინიცირებისათვის განკუთვნილ კაფსულ-დეტონატორებში ძირითადი მუხტის მასა 1გ-ზე ნაკლები არ აიღება, ხოლო სისტემა „ნონელი“-ს ასამოქმედებლად განკუთვნილ დეტონატორებში იგი 0,6–0,7გ-ის ტოლია. კაფსულ-დეტონატორებში დამაყოვნებელი ელემენტი შესრულებულია ალუმინის სქელკედლიანი მილაკის სახით, რომელიც პიროტექნიკური შედგენილობით არის შევსებული. დაყოვნების საჭირო დრო სათანადო წვის სიჩქარის მქონე შედგენილობისა

და დამაყოვნებელი ელემენტის სიგრძის შერჩევით მიიღება.

ფირმა „დინო-ნობელი AB“-ს მიერ მდამზადებული ორი სახე სხვაობის ტალღსატარი „ნონელი“: 3 L - სტანდარტული და 3 LHD - განმტკიცებული. ორივე მილაკის გარსი შეიცავს პლასტიკის 3 შრეს, რომლებსაც განსხვავებული თვისებები გააჩნიათ: შიგა შრე კარგი ადჰეზიური თვისებებით ხასიათდება და ამასთანავე საკმაოდ დიდი რადიალური სიმტკიცე გააჩნია, რაც გამორიცხავს მილაკში დარტყმითი ტალღის გავრცელებისას მის დაზიანებას. გარე შრე მედეგია აბრაზიული მოქმედების მიმართ.

შვედეთში გამოდის 3 ჯგუფის არაელექტრული ინციტირების სისტემა „ნონელი“ MS, HL და იუნიდენტი (Unidet) „ნონელი“. MS გამოიყენება ნებისმიერ პირობებში, სადაც საჭიროა მილიწამიანი დაყოვნება. დაყოვნების სერიათა რიცხვია 18, დაყოვნების დრო-75-დან 500მწმ-მდე, 25მწმ-ის ინტერვალით. „ნონელი“ HL განკუთვნილია გვირაბების გაყვანისას მუხტების ინციტირებისათვის. იგი შეიძლება გამოვიყენოთ სხვა სახის მიწისქვეშა სამუშაოებზეც. დაყოვნების სერიათა რიცხვია 56, დაყოვნების დრო 25-დან 6000მწმ-მდე. „ნონელი“ იუნიდენტი შედგება საჭაბურღილე დეტონატორებისა და ზედაპირული შემაერთებელი ბლოკისაგან. საჭაბურღილე დეტონატორებს მაღალი სიზუსტის დიდი დაყოვნებები აქვთ (400-დან 500მწმ-მდე 25მწმ-ის ინტერვალით). ყველა ჭაბურღილში ერთი და იმავე დაყოვნების დეტონატორები თავსდება, ხოლო მუხტების ინცი-

ირების საჭირო თანმიმდევრობის უზრუნველყოფა ზედაპირული შემაერთებელი ბლოკების დამაყოვნებლებით ხდება.

„ნონელი“-ს მსგავს ინიცირების არაელექტრულ სისტემებს მრავალ ქვეყანაში ამზადებენ (აშშ, ესპანეთი, ავსტრია, რუსეთი, უკრაინა, ჩინეთი და სხვა).

XIII თავი. ელექტრული მცირედ დაყოვნებული აფეთქება

ცეცხლოვანი აფეთქება ფ.ნ.-ის მუხტების ინიცირების სხვა ხერხებთან შედარებით საგრძნობლად საშიშია და საამფეთქებლო სამუშაოების დაბალი მაჩვენებლით ხასიათდება. დადგენილია ისიც, რომ ელექტრულ მცირედ დაყოვნებულ აფეთქებას, ყველა დანარჩენ ხერხებთან შედარებით, მნიშვნელოვანი უპირატესობა გააჩნია. მიუხედავად ამისა, მთელ რიგ მაღაროებში მიწისქვეშა გვირაბებში საშპურე მუხტების აფეთქება მხოლოდ ცეცხლოვანი ხერხით წარმოებს.

მართალია აფეთქების ელექტრული ხერხი მრავალი დადებითი მხარით ხასიათდება, მაგრამ, მას ნაკლოვანებებიც გააჩნია: შესრულების სირთულე, ტრადიციული ელექტროდეტონატორების გამოყენებისას, რომელთა უსაფრთხო დენი 0,15-0,18 ა-ს შეადგენს, მოხეტიალე და სხვა დენების მავნე გავლენისაგან მათი დაცვისათვის დამატებითი ღონისძიებების გატარების აუცილებლობა და სხვა. ამიტომ, თავდაპირველად უნივერსალური ხელსაწყოს II-35-ს საშუალებით საჭიროა განისაზღვროს როგორც პოტენციალთა სხვაობის, ისე მოხეტიალე დენების ძალები.

მადაროს მიწისქვეშა გვირაბებში მოხეტიალე დენების ძალა ჭარბობს ტრადიციული ელექტროდენატორების უსაფრთხო დენის სიდიდეს (ელექტრომაგლის მოძრაობისას მოხეტიალე დენების ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა 0,32 ა-ის ტოლია). ეს იმაზე მიანიშნებს, რომ ასეთ პირობებში მუხტების მცირედ დაყოვნებული აფეთქებისათვის $\Xi DK3-15$ და $\Xi DK3-25$ მარკის ელექტროდენატორების გამოყენებისას, საამფეთქებლო სამუშაოების უსაფრთხო წარმოება მოითხოვს დამატებითი ღონისძიებების შესრულებას, რაც დაკავშირებულია გარკვეულ ორგანიზაციულ და ტექნიკურ სირთულეებთან. [16]

ამიტომ, საჭიროა ისეთი ტიპის ელექტროდენატორების შერჩევა, რომელთა გამოყენებისას, მოცემულ პირობებში, უზრუნველყოფილი იქნება საამფეთქებლო სამუშაოების უსაფრთხო წარმოება, ყოველგვარი დამატებითი ღონისძიებების გატარების გარეშე.

ელექტრული აფეთქების ზემოთ ხსენებული უარყოფითი მხარეების დასაძლევად, საზღვარგარეთის სპეციალისტების მიერ ბევრია გაკეთებული და მიღებულია ყურადსაძღები შედეგები. მათი ჩანერგვით მიღწეულია მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტი და გაზრდილია საამფეთქებლო სამუშაოების წარმოების უსაფრთხოება.

აშშ, შვედეთი, ინგლისი და სხვა ქვეყნები სერიულად უშვებენ სხვადასხვა დანიშნულების ელექტროდენატორების ფართო ასორტიმენტს, მათ ასაფეთქებელ ხელსაწყოებს და საზომ-საკონტროლო აპარატურის ნაირსახეობებს. [14]

აშშ-ის სხვადასხვა ფირმის მიერ მიერ დამზადებული ყველა სახის ელექტროდეტონატორების გამტარების ბოლოები მოხეტიალე დენებიდან დაცვის მიზნით, აღჭურვილია შუნტებით.

კომპანია "დიუპონი"-ს შუნტი წარმოადგენს ალუმინის აფსკს, რომლის ერთი მხარე ცელოფანითაა დაფარული. შუნტი დახვეულია გამტარების გაშიშვლებულ ბოლოებზე ისე, რომ ალუმინის აფსკი უშუალო შეხებაშია გამტარების გაშიშვლებული ბოლოების ზედაპირთან. შუნტი 3 მმ-ით სცილდება გამტარების ბოლოებს. ასეთი "დაეკრანებული" შუნტი უზრუნველყოფს გამტარების მთელი გაშიშვლებული ნაწილის იზოლაციას. შუნტებს ხსნიან ელექტროასაფეთქებელ ქსელში ელექტროდეტონატორების ჩართვის მომენტში. ეს ოპერაცია მარტივად სრულდება და პრაქტიკულად გაფლენას ახდენს ელექტროასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის ხანგრძლივობაზე.

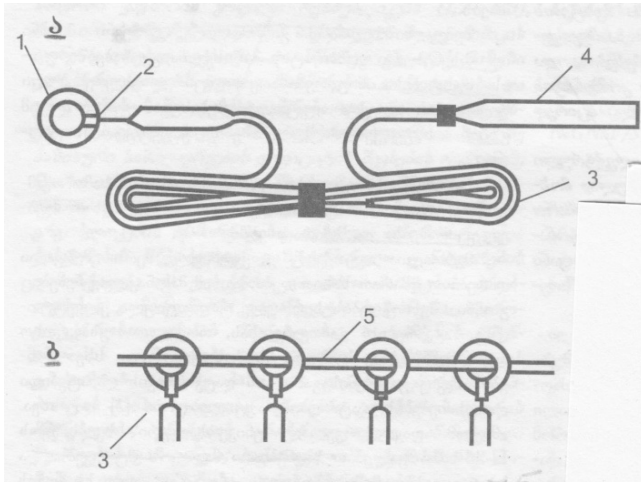
ელექტროასაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის გამარტივებისა და ქსელში სხვადასხვა სახის გარე დენების მოხვედრისას, მათი ზემოქმედებით მუხტების ნაადრევი აფეთქების შესაძლებლობის გამორიცხვის თვალსაზრისით, განსაკუთრებულ მიღწევად უნდა ჩაითვალოს დიდი ბრიტანეთის ფირმა "აი-სი-აი – ნობელ იქსკლუზივი"-ს მიერ შემუშავებული ელექტრული ინიცირების სისტემა "მაგნადეტი" (იხ. ნახ. №39).

გამტარის ხეიბები ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილებს წარმოადგენს, ხოლო პირველადი გრაგნილი ფერიტულ რგოლში მაგისტრალური ან საუბნო გამტარის ერთჯერადი გატარებით მიიღება. ფერიტული

რგოლი, რომლის გარე და შიგა დიამეტრი შესაბამისად 20 და 10მმ-ა, მეორეულ გრაგნილთან ერთად პლასტიკურ გარსშია მოთავსებული. ამ უკანასკნელს მაგისტრალური გამტარის გასატარებლად აქვს ცენტრალური ხვრეტი. დაყოვნებული მოქმედების დეტონატორების დაყოვნების ინტერვალია 0,5მწმ, ხოლო მცირედ დაყოვნებული დეტონატორების – 25 და 30მწმ.

”მაგნადენტი-ს“ ინიცირება სპეციალური ასაფეთქებელი მანქანით ხდება, რომელიც 15-25 ჰერცის სიხშირის ცვლად დენს იძლევა. ამასთანავე სისტემის პარამეტრები იმდაგვარად არის შერჩეული, რომ 10-ზე ნაკლები და 30-ზე მეტი ჰერცის სიხშირისას დეტონატორის ინიცირება არ ხდება.

”მაგნადეტი“-ს გამოყენება, თითქმის, 5-ჯერ ამცირებს ელექტროსაფეთქებელი ქსელის მონტაჟის ხანგრძლივობას, ვინაიდან იგი არ მოითხოვს დიდი რაოდენობის გამტარების მექანიკურ შეერთებასა და მათი იზოლაციას. გარდა ამისა, ინდუქციური კავშირისა და მაინიცირებელი დენის სიხშირის მცირე დიაპაზონის გამო, ”მაგნადეტი“ მოხეტიალე დენების მიმართ მგრძობიარე არ არის. იგი უსაფრთხოა ელექტროსტატიკური განმუხტვის მიმართაც, რასაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს ავ-დს-ს ტიპის ფეთქებადი ნარეგების მექანიზმებზე და მუხტვისას.



ნახ. №39. სისტემა ”მაგნადეტი“-ს ძირითადი ელემენტები: ა-დეტონატორი, ბ-მაგისტრალურ გამტართან ”მაგნადეტი“ დეტონატორების შეერთება: 1 - ფერიტული რგოლი, 2 - დეტონატორის გამტარები, 3 - გამტარის რამდენიმე ხვია (ჩვეულებრივი სამი ხვია), 4 - სტანდარტული დეტონატორი, 5 - მაგისტრალური გამტარი.

”მაგნადეტი“-ს სისტემა თავიდან გვაცდილებს, იზოლაციის დაზიანებისას, დეტონატორის გამტარიდან დენის გადინებით განპირობებულ საჭაბურდილე მუხტების მტყუნებას, რასაც ხშირად ადგილი აქვს ჩვეულებრივი ელექტრული სისტემებით ინიცირების შემთხვევაში.

ამრიგად, ”მაგნადეტი“-ს სისტემა შესაძლებელს ხდის არა მარტო გაიზარდოს უსაფრთხოება, არამედ ფ.ნ.-ის მუხტების მტყუნების მინიმუმამდე დაყვანით მნიშვნელოვნად შემცირდეს საამფეთქებლო სამუშაოებზე გასაწევი ხარჯები (მტყუნებული საჭაბურდილე

მუხტის ლიკვიდაცია საფრთხილო შესასრულებელია და ძვირად ღირებული).

ამჟამად, სერიულად მზადდება როგორც ტრადიციულ, ისე ახალი სახის ელექტროდეტონატორები: ЭД-1-8-Т; ЭД-1-3-Т; ЭД-3-Н, ЭДКЗ-ОН, ЭДКЗ-35П, ЭДКЗ-ПК აქედან პირველი სამი მარკის დეტონატორები განკუთვნილია ღია სამთო სამუშაოებისათვის, აგრეთვე, აირისა და მტვრის მხრივ უსაფრთხო მაღაროებში გამოსაყენებლად, ხოლო დანარჩენები – მცველი თვისებების მქონე ელექტროდეტონატორებია. მათი მოხმარება შესაძლებელია როგორც კარიერებზე, ისე აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ შესტებში.

მეისიერი (ЭД-1-8-Т) და დაყოვნებული (ЭД-1-3-Т) მოქმედების დეტონატორებს შემცირებული მგრძობიარობა აქვთ. მათი უსაფრთხო და საგარანტიო დენის ძალა შესაბამისად 1,0 და 5,0 ამპერის ტოლია.

მოხეტიალე და სხვა დენების მავნე გავლენისაგან კიდევ უფრო დაცულია ელექტრული ინიციირების სისტემა, რომელიც შეიცავს დამცავ ტრანსფორმატორულ კვანძს, მაღალსიხშირიან საფეთქებელ მოწყობილობას – YBB-1M-სა და ПКБЭ-1 მარკის მაკონტროლებელ ხელსაწყოს. ამ სისტემის გამოყენება რეკომენდებულია მხოლოდ სპეციალური სამუშაოებისათვის. [17]

საჭიროა აღინიშნოს, აგრეთვე, ახლად შექმნილი ელექტრული დაყოვნების ელექტროდეტონატორი (ЭДЭЗ). იგი პრინციპულად განსხვავდება სხვა სახის ელექტროდეტონატორებისაგან იმით, რომ ელექტრული დენის ფორმირება ხდება დეტონატორში განლაგებული კონდესატორის განმუხტვისას. ЭДЭЗ-ის იმართება

გარკვეული თანმიმდევრობის იმპულსური სიგნალებით, რაც შესაძლებელს ხდის დავიცვათ იგი როგორც მუდმივი, ისე ცვლადი დენის წყაროებისაგან. ამ ტიპის დეტონატორებით შესაძლებელია 1კმ-ზე მეტი სიგრძის ორგამტარიანი ხაზით მოხდეს 200-ზე მეტი მუხტის ჯგუფური აფეთქება. დაყოვნების დროის დიაპაზონი შეადგენს 1მწმ-დან 10წმ-დე 1მწმ-ს დისკრეტულობით. კომპიუტერული ტექნიკის საშუალებით შესაძლებელია თითოეული მდმ-ს ინდივიდუალური ამოქმედების დროის დაპროგრამება, ასაფეთქებელი ქსელისა და დეტონატორების გამართულობის შემოწმება. [18]

ლიტერატურა:

1. ელიზბარ ცისკარიშვილი. მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობის ტექნოლოგია. I ნაწილი. ”განათლება“ თბილისი 1974 წ.
2. Engineering and Design of Tunnels and Shafts in Rock. U.S. Army Corps of Engineers. Wasington DC 20314-1000. EM 1110-2-2901. 1997.
3. Deer D.U., and Deer D.W. ”The Rock Quality Designation (RQD) Index in practice, in Rock Clasification Sigtem for Engineering Purposes“ L. Kirkaldic, cd, ASTM 1984, New york 1988.
4. Ю.Ч. Фролов, Ю.А. Мордвиников. Современные методы сооружения тоннелей горным способом в слабых скальных и полускальных грунтах. Метро и тоннели №2 2006г.
5. Borton. N., Lien, R. and Lunde, J. “Engineering Classification Of Rock Masses For The Design Of Tunnel Support”, 1974.
6. Grimstad, E. and Barton, N. “Updating Of The Q System For NATM” 1993.
7. Linardi, P The Bologna to Florence high speed rail Connection. Design and construction aspects of the underground works. Gallerie Grandi Opere in Soterreneo, no 54. Florence to Bologna at high speed, Tunnels and Tunnelling international, April 1999.
8. Technical Manual for Design and Constraction of Road Tunnels-Civil Elementus. U.S Department of Transportation. Federal Highway Administration. Pullication NO. FHWA-NHJ-10-034 December 2009. pp. 5-25

9. ლ. ჯაფარიძე. მიწისქვეშა ნაგებობათა მექანიკა. "განათლება", თბილისი, 1984წ. 281 გვ.

10. Инновационные конструктивно - технологические решения в транспортном тоннелестроении. Федеральное дорожное агентство МТ рф. Обзорная информация. Москва, 2005. 60 с.

11. Тимошенко. Курс сопротивления материалов. Москва-Ленинград, 1988 г. 387

12. ლ. ჯაფარიძე. ღია წესით გაყვანილი გვირაბის სტატიკური გაანგარიშება. სამთო ჟურნალი №2(31) 2013 წ.

13. ლ. ჯაფარიძე. ღია წესით გაყვანილი ორმალიანი გვირაბის სტატიკური გაანგარიშება. სამთო ჟურნალი №1(32) 2014 წ.

14. Барон В.Л., Кантор В.С. Техника и технология взрывных работ в США . "Недра" Москва 1989. 420 с.

15. თ.შარაშენიძე, ა.გოჩოლავიშვილი, ზ.ღებანიძე. ფეთქებადი ნივთიერების მუხტების ინიცირების ახალი არაელექტრული სისტემები. "სამთო ჟურნალი" №1(38) 2017 წ. გვ. 126-129

16. ვ.ლორთქიფანიძე, ღ.ხადური, გ.თხელიძე ჭიათურის სამთო-მამდიდრებელი კომბინატის მიწისქვეშა გვირაბებში ელექტრული მცირედ დაყოვნებული აფეთქების გამოცდის შედეგები. "სამთო ჟურნალი" №2(25) 2010 წ. გვ. 69-73

17. Ефремов Э .И, Кутузов В.Х., Быков Е.К, Швидько П.В, Чернокур И.Г., Фурман А.И. Шуман Л.Н. Выбор рациональных способов инициирования скражинных зарядов. М. Горный журнал, №8. 2000 г. с. 25-28

18. Андреев ВВ, Нифонтов В.И., Тягунов С.Т., Игнатенко А.Г., Пеньков А.В., Неклюдов А.Г., Зыков А.В., А.В., Тимошин И.В. Взрывание скважинных зарядов с применением электродетонаторов электронным замедлением. М. Горный журнал, №1, 2003 г. с. 40-41

სარჩევი

I თავი. მოსამზადებელი გვირაბების გაყვანა-----	3
გვირაბების განივკვეთების უნიფიკაცია-----	3
II თავი. გვირაბგამყვანი მექანიზმების შერჩევა-----	5
ძირითადი და დამხმარე ტრანსპორტი-----	11
III თავი. სამაგრის დასაყენებელი მექანიზმი KИM-----	15
IV თავი. საგამყვანო პროცესის რაციონალური პარამეტრების ანგარიში-----	16
საგამყვანო სამუშაოების შრომატევადობის ოპერაციობრივი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი-----	16
V თავი. მუშაობის ორგანიზაციის გრაფიკის შედგენა-----	21
VI თავი. ტუნელების მშენებლობის არსებული და თანამედროვე მეთოდები-----	25
დაყრდნობილი თაღის ხერხი-----	25
საყრდენი ბირთვის ხერხი-----	31
მთლიანი გაშლილი კვეთის ხერხი-----	35
VII თავი. გვირაბების მშენებლობა ბეტონის მრავალშრიანი სამაგრის ამოყვანით-----	38
ახალავსტრიული მეთოდი (NATM)-----	39
”გაყვანა-გამაგრების დაკვირვებითი მეთოდი” (Observational Method)-----	47
გვირაბების მშენებლობის “დაყრდნობილი თაღის” ახალი ვარიანტი-----	49
VIII თავი. დიდგანივკვეთიანი გვირაბების მშენებლობა სუსტ ქანებში-----	50
სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობის ნორვეგიული მეთოდი-----	52

სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობის იტალიური მეთოდი ADECO-RS-----	55
XI თავი. კოლექტორების გაყვანა ტრანშეის გარეშე--	59
X თავი. ღია წესით გაყვანილი გვირაბის სტატიკური გაანგარიშება-----	68
ერთმალიანი გვირაბის სტატიკური გაანგარიშება--	68
ღია წესით გაყვანილი ორმალიანი გვირაბის სტატიკური გაანგარიშება-----	78
XI თავი. თანამედროვე საშახტო ანკერები-----	85
XII თავი. ფეთქებადი ნივთიერების მუხტების ინიცირების თანამედროვე სისტემები-----	90
XIII თავი. ელექტრული მცირედ დაყოვნებული აფეთქება-----	97

რედაქტორი ლ. კვინიკაძე

გადაეცა წარმოებას 21.05.2018. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
20.06.2018. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბაზი 7.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“,
თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent

