

თამაზ შარაშენიძე, გელა მაჩაიძე, დავით კუპატაძე

ქანების მასივის მდგომარეობის მართვა ღია  
წესით დამუშავების დროს

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თამაზ შარაშენიძე, გელა მაჩაიძე, დავით კუპატაძე

ქანების მასივის მდგომარეობის მართვა ღია  
წესით დამუშავების დროს



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

თბილისი

2018

საღეპციო კურსშიგაშუქებუღიქანების მასივის მდგომარეობის მართგა ღიქციო დამუშავებისას. ლექციებისკურსშიმოცემულიამოკლექციონებიქანებისდფორმაციისფორმების შესახებღიქციოდამუშავებისდროს; განხილულიქანებისდფორმაციაზემოქმედიფაქტორები; საფეხურის (ნაყარის) მდგრაღობისანგარიში. განმარტებულიაკარიერისგვერდებისდანაყარისმდგრაღობისუზრუნველყოფისხერხები.მოცემულიასაკარიეროველისდაშრობისტექნიკურისაშუაღებები.

გამოცემაგანკუთენიღია „ღიასამთოსამუშაოების“ სპეციღობისმაგისტრანტებისათვის, აგრეევესამთო-გეოლოგიურიფაკულტეტისსტუდენტებისათვის. იგიღიდასმარებსგაუწეესპრაქტიკულსაქმიანობაშისამთოსაწარმოთაინჟინერ-ტექნიკურპერსონაღს.

რეცენზენტები:საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ნავთობისა  
და გაზის ტექნოლოგიების დეპარტამენტის  
პროფესორი თეიმურაზ ბარაბაძე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სამთო  
ტექნოლოგიების დეპარტამენტის ასოცირებული  
პროფესორი ზურაბ ლებანიძე

© საგამომცემლო სახღი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2018

ISBN 978-9941-28-335-2 (PDF)

<http://www.gtu.ge>

ყვეღა უფღება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწიღის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, იღუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუაღებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიღლება გამომცემღის წერიღობითი ნებართვის გარეშე. საავტორო უფღებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანიღი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.

ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიღლება არ ემთხვეოღეს საგამომცემლო სახღის პოზიცია



## შ ე ს ა ვ ა ლ ი

სამთო სამუშაოები, ღია წესით დამუშავების დროს, დიდი სირთულითა და თავისებურებებით გამოირჩევა, განსაკუთრებით, სამუშაოთა სიღრმის გაზრდასთან ერთად. ქანების მასივი წარმოადგენს რთულ გარემოს და საბადოს მდგომარეობა დამუშავებასთან ერთად განუწყვეტლივ იცვლება დროსა და სივრცეში.

ღია დამუშავების დროს ქანების მასივში ადგილი აქვს რიგ ფიზიკურ პროცესებს: ძაბვების გადანაწილებას და ქანების დეფორმაციებს, მასივის გეოლოგიური სტრუქტურების რღვევას, ჩამოქცევებს, ჩამოზვავებებს, ჩამოშლებს, მეწყერულ მოვლენებს, უეცარ გამორტყორცნებს, აირგამოყოფას, წყლის გამოყოფას, ქანების ტემპერატურულ ცვლილებებს და სხვა.

ზემოთ ხსენებული მოვლენების ბუნების შესწავლასა და მათ პროგნოზირებას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ღია დამუშავების დროს. გარდა ამისა, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მიწისზედა გვირაბების, კარიერის გვერდებისა და ნაყარის მდგრადობას მათზე მოქმედი სამთო-გეოლოგიური და სამთო-ტექნიკური ფაქტორების გათვალისწინებით: გვერდების ხელოვნური გამაგრებისა და ნაყარის მდგრადობის გაზრდის მეთოდებს, კარიერების დაშრობისა და საკარიერო ველების დრენაჟის ხერხებს და სხვა. ამიტომ, მასივში მიმდინარე პროცესების შესწავლა ძალზე მნიშვნელოვანია სამუშაოების უსაფრთხოებისა და საბადოს ექსპლუატაციის ეფექტურობის თვალსაზრისით.

მასივსა და ნაყარში ქანების მდგრადობის, აგრეთვე კარიერის დაშრობისა და დრენაჟის საკითხები დიდი ხანია შესწავლისა და დაკვირვების საგანია. დაგროვილია დიდი მასალა და ჩატარებულია მისი თეორიული განზოგადება, რამაც სამთო მეცნიერება და პრაქტიკა გაამდიდრა ახალი დებულებებით, თეორიებით, ჰიპოტეზებითა და გაანგარიშების მეთოდებით. ამასთან, ჩამოყალიბდა მასივისა და ნაყარის მდგრადობის, კარიერების დაშრობისა და დრენაჟის მეცნიერულად დასაბუთებული გაანგარიშების მეთოდები და ხერხები.

წინამდებარე სახელმძღვანელოში, „ქანების მასივის მდგომარეობის მართვა ღია დამუშავების დროს“, მასალა დალაგებულია სასწავლო პროგრამის მიხედვით და იგი განკუთვნილია „ღია სამთო სამუშაოების“ სპეციალობის ბაკალავრებისა და მაგისტრანტებისათვის.

# 1. ქანების დეფორმაციის ფორმები ღია დამუშავების დროს

## 1.1. საერთო ცნობები

ღია დამუშავების დროს მასივის (ნაყარის) დეფორმაციაში ვგულისხმობთ მისი პირველადი ფორმის ნებისმიერი სახით ცვლილებებს. არაკლდოვან ქანებსა და ნაყარში დეფორმაცია იწყება გვირაბის ფორმირების თანავე მისი ექსპლუატაციის ვადაში. შეიძლება განვასხვაოთ უწყვეტი და წყვეტილი (ციკლური) დეფორმაციები, რომელთა დროსაც ქანების დეფორმაციები მიმდინარეობს, შესაბამისად, თანაბარი და არათანაბარი სიჩქარით. უწყვეტ დეფორმაციებს მიეკუთვნება: დაჯდომა, ჩამოშვავება, სუფოზური და ზედაპირული ჩამონაცური. წყვეტილ ანუ ციკლურ დეფორმაციებს - მეწყერი.

მეწყერი ციკლი მოიცავს ფერდის მოსახდვრე (მომიჯნავე) ქანების წონასწორობის მდგომარეობიდან არამდგრად და შემდეგ ახალი წონასწორობის მდგომარეობაში გადასვლის პროცესს.

ღია დამუშავების დროს გვირაბი ითვლება მდგრადად მანამ, სანამ მისი დეფორმაცია არ გადააჭარბებს დასაშვებ ნორმას, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია კარიერის ნორმალური ექსპლუატაცია. გვირაბის (ნაყარის) მდგომარეობის დარღვევა ნიშნავს მისი ნორმალური ექსპლუატაციის შეუძლებლობას დასაშვებზე მეტი სიდიდის დეფორმაციის გამო.

ზემოთ ჩამოთვლილი დეფორმაციები ძირითადად გამოწვეულია ქანების სიმძიმის ძალის ზეგავლენით. არჩევენ დეფორმაციების ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მდგენელებს; ხშირად დეფორმაციები გამოვლინდება ნაპრალების სახით, რომლის სიგანის გაზრდის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ მისი გამოვლინების ინტენსივობაზე. მეწყრული დეფორმაციების დროს ადგილი აქვს ქანების დაძვრას რღვევის ზედაპირის გასწვრივ.

## 1.2. ქანების დეფორმაციის თვისებები

ღია დამუშავების დროს ქანების დეფორმაციის მაგალითების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შეიძლება განვასხვაოთ დეფორმაციების სამი ტიპი, A - როდესაც დეფორმაციებს რღვევის ზედაპირი არ გააჩნია, B - რღვევის ზედაპირი ნაწილობრივ ან მთლიანად განპირობებულია ქანების განლაგების პირობებით, B - რღვევის ზედაპირი არაა განპირობებული ქანების განლაგების პირობებით. თითოეული ეს ტიპი დაიყოფა კლასებად, ხოლო ეს უკანასკნელი - ქვეკლასებად.

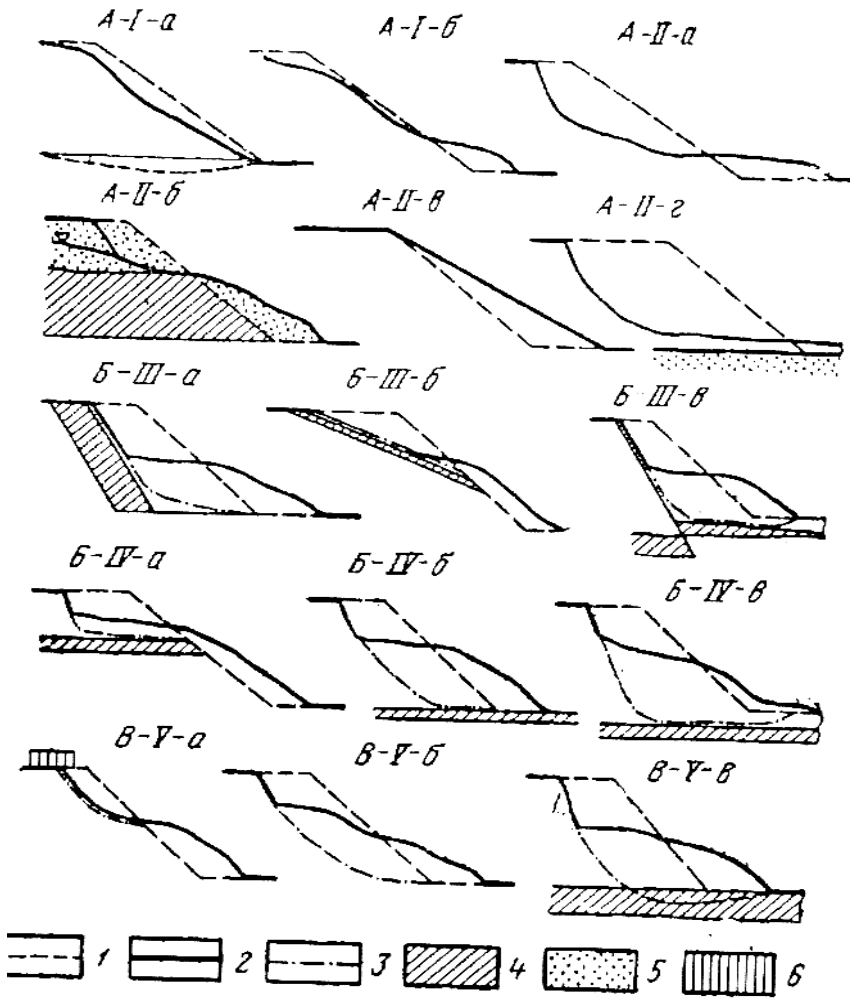
A - ტიპის დეფორმაციებისათვის დამახასიათებელია რღვევის სიბრტყეების უქონლობა. აქ შეიძლება ვილაპარაკოთ მხოლოდ დეფორმაციის ზონებზე, შესუსტების (რღვევის პოტენციალური ზედაპირი) სიბრტყეებსა და ზედაპირებზე. კონტაქტურ მეწყრებში შეიძლება დაემთხვეს ტექტონიკურ რღვევებს, ნაპრალებს, დაშრეების სიბრტყეებს და სუსტი ქანებისაგან შედგენილ შრეებს.

A-ტიპის დეფორმაციები (ცხრილი 1.1, სურ. 1.1) იყოფა ორ კლასად: საკუთრივ დაჯდომა (A-I) და ჩამოშვავება ანუ ჩამოცურება (A-II). პირველი იყოფა ორ ქვეკლასად (A-I-a და A-I-ბ), ხოლო მეორე - ოთხ ქვეკლასად (A-II-a, A-II-ბ, A-II-გ, A-II-დ)

A-I-a ქვეკლასის დეფორმაციებში ადგილი აქვს ნაყარი ქანებისა და კარიერის ძირის დაჯდომას. დაჯდომის სიდიდე პირდაპირპროპორციულია ნაყარის სიმაღლის, მისი წონის, ნაყარისა და კარიერის ძირის ქანების სიმტკიცის. სამთო - გეოლოგიური პირობების მიხედვით, დაჯდომა გამოვლინდება სხვადასხვანაირად მცირე (7-8 მეტრი) სიმაღლის საფეხურებში.

კლდოვანი ძირის შემთხვევაში დაჯდომა ხდება გაფხვიერებული ქანების ბუნებრივი შემკვრივების ხარჯზე. დამთმობი ძირის შემთხვევაში შემკვრივებულ დეფორმაციებს ემატება საგების დაწევის სიდიდე. ამასთან, ნაყარის ქანების სხვადასხვაობის გამო, ქანების შემკვრივება და საგების დაწევა ხდება არათანაბრად. პირველი 2-3-ჯერ აღემატება მეორეს. ქანების შემკვრივებას ხელს უწყობს მისი დატენიანება, აგრეთვე სატრანსპორტო და სხვა დანადგარებისაგან გამოწვეული დინამიკური დატვირთვები. თავდაპირველად ნაყარის შემკვრივება არ აღემატება მისი სიმაღლის 4-7%-ს, ხოლო ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში იგი შეიძლება გაიზარდოს 10-11%-მდე.





სურ. 1.1. ღია სამთო გამონამუშევრებისა და ნაყარის დეფორმაციის სქემები:

1. დახრა დეფორმაციამდე; 2. დახრა დეფორმაციის შემდეგ; 3. რღვევის ზედაპირი; 4. თიხა; 5. ქვიშა; 6. გარეგანი დატვირთვა.

ცხრილი 1.1

კლასი	ქვეკლასი	ინდექსი
ტიპი დეფორმაციებს რღვევის ზედაპირი არ გააჩნია		
ტიპი - I	-დაჯდომა (ნაყარის ქანებისა და კარიერის ძირის);	-I- a
	-დაჯდომა ნაყარის ქვევით განლაგებული ქანების ფერდოდან გამოჭყლეტვის (გამოჭირხენის) შედეგად.	-I- ბ
ჩამოშვავება (ჩამოცურება) - II	-საფეხურის ქანების (ნაყარის) ჩამოშვავება;	-II- a
	-საფეხურის ფერდზე ქანების სუფოზური ჩამოშვავება;	-II- ბ
	-ქანების ზედაპირული ჩამოშვავება მათი სანაყაროში მოთავსებისას;	-II- B
	-ნაყარის ძირში ქანების ჩამოშვავება.	-II-Г

ქანების არაერთგვაროვნების გამო სანაყარო ფრონტის გასწვრივ დაჯდომა ხდება არათანაბრად. ნაყარის ძირში თიხნარი ქანების განლაგების შემთხვევაში მათი მაღალი დეფორმაციების, ატმოსფერული ნალექებისა და მიწისქვეშა წყლების ზეგავლენით ხდება მათი გაჯირჯევა და ქანები კარგავს სიმაგრეს. ზემდებარე ქანების წონის გავლენით ხდება მათი დაჯდომა და გამოჭირხენა ფერდოსაკენ, რომლის დროსაც ხდება ძირის დეფორმირება (A-I-a) - ზედა მოედნის დაჯდომა წარბის მახლობლად. ზოგჯერ შეინიშნება ძაბრისებრი ფორმის ჩამოქცევა, არცთუ იშვიათად - გამოჭირხენა.

ქანებში შეიმჩნევა წარბის პარალელური 1 მ-დე სიღრმისა და 0,5 მ სიგანის საკმაოდ მკაფიო ნაპრალები მისი წყალშემცველობის და ნაყარის ძირის ფერდისაკენ დახრის შემთხვევაში, ასეთი სახის დეფორმაციებს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მცირე (6-14 მ) სიმაღლის ნაყარის შემთხვევაშიც. ამ სახის დეფორმაციები გვხვდება საკმაოდ მაღალი (30-50 მ) შიგა ნაყარის დროსაც. განსაკუთრებით ჭარბი თიხოვანი ქანების (55-60%) შემთხვევაში.

ნაყარის მდგრადობის დარღვევის თავიდან ასაცილებლად შედარებით ეფექტურად გვევლინება შემდეგი ღონისძიებები:

ქვეკლასი A-I-a – ქანების დაჯდომის შესამცირებლად სანაყაროზე მიზანშეწონილია ნაყარის ფუძეში დაყვაროთ კლდოვანი ქანები.

ქვეკლასი A-I-ბ – კარიერის ფუძესთან დაგროვებული წყლების მოცილება; ხოლო თუ ნაყარს ვქმნით ერთნაირი ექსკავატორით, მიზანშეწონილია ქანის სელექციური დაყრა.

A-II-a კლასის დეფორმაციები, ე.წ. ჩამოშვავება (ჩამოცურება), დამოკიდებულია ქანების ტიპებსა და დატენიანების ხარისხზე. ჰორიზონტალური ძირისა და ფერდოს დახრის შემთხვევაში ჩამოშვავების შედეგად შეიქმნება ძალზე დამრეცი ფერდო. ჩამოშვავების (ჩამოცურების) კუთხე იზრდება დეფორმაციის პროცესის სიჩქარის, ნაყარის ძირის დახრის კუთხის შემცირებასა და ქანების სიმტკიცის გაზრდასთან ერთად. განსაკუთრებით საშიშია A-II-a და A-II-რ ქვეკლასის ჩამოშვავება, რომლებიც იწვევენ მანქანა – დანადგარე-

ბისა და სატრანსპორტო კომუნიკაციების ავარიებს და მატერიალურ-ტექნიკურ ზარალს. ჩამოშვავებისათვის დამახასიათებელია მისი უეცარი გამოვლინება, გამაფრთხილებელი ნიშნების გარეშე. ამ დროს მიწისქვეშა წყლების დონე უმეტეს შემთხვევაში განლაგებულია ნაყარის ძირის ზევით. დეფორმაცია იწყება მიწისქვეშა წყლების კრიტიკული დონის მიღწევისას, რომელიც შეადგენს ნაყარის სიმაღლის დაახლოებით 1:13-ს, ჩამოშვავების სიჩქარე აღწევს რამდენიმე ასეულ მეტრს წუთში.

წვრილმარცვლოვანი ქანის ნაყარის ჩამოცურების თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა ნაყარში მიწისქვეშა წყლების დონის სისტემატური გაზომვა, ხოლო თუ მისი სიმაღლე მიაღწევს კრიტიკულ ზღვარს, საჭიროა წყლის დონის სასწრაფოდ დაწვევა.

სუფოზურ ჩამოშვავებას (A-II-c) ადგილი აქვს კარიერის რომელიმე ნაწილში მიწისქვეშა წყლების დონის დაწვევის დროს, როდესაც შეიქმნება ე.წ. ჰიდრაულიკური ქანობი ფერდოსაკენ წყლის გაუონვის ზონიდან გამოიტანება წვრილმარცვლოვანი ქვიშა და ხდება ქვედა ქანების ზედაპირის დატენიანება, რაც ბუნებრივად ხელს უწყობს დეფორმაციის პროცესს.

დაწნევით მიწისქვეშა წყლების ნაკადის კარიერის სამუშაო ბორტის ფერდოზე გამოსვლის დროს ხდება მასალის გამოტანა სიღრმივი ზონიდან, რაც შეიძლება გახდეს ზედაპირული კომპლექსების სტაციონალურ ნაგებობათა ავარიის მიზეზი. მდგომარეობა რთულდება იმითაც, რომ პროცესის სიღრმივი ხასიათის გამო ძნელია დეფორმაციის გამოვლინების ადგილის განსა-

ზღვრა. სამუშაო საფეხურის ბორტის ჩამოშვავება (ჩამოცურება) ხდება აგრეთვე ფერდოს გასწვრივ, წყლით გაჯერებული იზოლირებული ლინზების გახსნის შემთხვევაში. ასეთი დეფორმაციის თავიდან აცილების ერთ-ერთ ღონისძიებას წარმოადგენს ამგვარი ლინზების დროული აღმოჩენა, რაც შესაძლებელია რადიოტალღური მეთოდის მეშვეობით და მისი იმავდროული ამოშრობით.

ზედაპირულ ჩამოშვავებას A-II-c ადგილი აქვს თიხის შემცველი დაშრეკებული ქანების დატენიანების შემთხვევაში, უშუალოდ ფერდოზე განლაგებული თოვლის დნობის ან წვიმის დროს, ქანების ჩამოშვავება მიმდინარეობს შედარებით ნელა და არ წარმოადგენს ისეთ საშიშროებას, როგორც A-II-a, A-II-B და A-II-r ქვეკლასის დეფორმაციების დროს. ასეთი ტიპის ჩამოშვავებას ადგილი აქვს ქანების მაღალი (40-58%) ტენიანობის დროს; ამასთან, ქანების დაფერდების კუთხე დეფორმაციის შემდეგ გაცილებით მეტია, ვიდრე ბუნებრივი დაფერდების კუთხე ქვიშაქვებში.

დეფორმაციის თავიდან აცილების შედარებით ეფექტური ღონისძიებებია ქანების ამოშრობა, ზედაპირული წყლებისაგან დაცვა და ქანის სელექციური დაყრა სანაყაროში.

ქანების ჩამოცურება ნაყარის ძირში A-II-r ანალოგიურია A-II-a ქვეკლასის დეფორმაციების. ჩამოცურება ხდება მოულოდნელად; მიწისქვეშა წყლების დონე განლაგებულია ნაყარის საგებში მისი ძირის ქვემოთ 3-8მ-ზე. ჩამოცურებულ ქანებში იქმნება ღრმეულები, საიდანაც გამოედინება წყალი. ხელშემწყობ ფაქტორე-

ბად ითვლება რხევები, რომლებსაც ადგილი აქვს ვაგონების გაცლისა და შემადგენლობის გადაადგილების დროს, აგრეთვე ფერდოზე განლაგებული წყლის ჰიდროსტატიკური წნევის გაზრდას.

Б-III კლასის მეწყრებში (ცხრილი 12, სურ. 1.1) მასისაგან მოწყვეტის სიბრტყე ემთხვევა შესუსტების

**ცხრილი 12**

კლასი	ქვეკლასი	ინდექსი
ტიპი B - რღვევის ზედაპირი მთლიანად ან ნაწილობრივ განპირობებულია ქანების განლაგების პირობებით		
კონტაქტური მეწყრები, განპირობებულია შესუსტებული ზედაპირის საფეხურის (ნაყარის) ზედა ბაქანზე გამოსვლით Б-III	– შესუსტებული ზედაპირი გადის მხოლოდ საფეხურის (ნაყარის) ზედა ბაქანზე;	Б-III-ა
	– შესუსტებული ზედაპირი გადის საფეხურის ზედა ბაქანსა და ფერდოზე;	Б-III-б
	– შესუსტებული ზედაპირი გადის საფეხურის (ბორტის) ზედა ბაქანზე და განლაგებულია საგებ ქანებში.	Б-III-в
საფეხურისა (ნაყარის) და ძირის კონტაქტური მეწყრები Б-IV	– შესუსტებული ზედაპირი გადის საფეხურის (ბორტის) ფერდოზე ქვედა ბაქანს ზემოთ;	Б-IV-а
	– შესუსტებული ზედაპირი გადის საფეხურის (ნაყარის) ფერდოზე მის ქვედა წარბთან;	Б-IV-б
	– შესუსტებული ზედაპირი გადის საგებ ქანში.	Б-IV-в

სიბრტყეს, რადგან ეს უკანასკნელი, როგორც წესი, გადაკვეთს საფეხურის ან ნაყარის ზედა ბაქანს.

ამასთან, აღნიშნულ კლასებშიც შეიძლება გამოვეყოთ სამი ქვეკლასი: B-III-a - შესუსტების ზედაპირი გამოდის მხოლოდ საფეხურის (ნაყარის) ზედა ბაქანზე; B-III-ბ შესუსტების ზედაპირი გამოდის ზედა ბაქანზე და საფეხურის ფერდოზე; B-III-ვ - შესუსტების ზედაპირი გამოდის საფეხურის ზედა ბაქანზე და განლაგდება საგები გვერდის ქანებში. ამ სახის დეფორმაციების დროს ადგილი აქვს შესუსტებული ზონების დატენიანებას, ფერდოს თიხოვანი ქანები იწყებენ დაშლას. სუსტდება ქანების კონტაქტი, რაც იწვევს მათ დეფორმაციას. მეწყერს ხელს უწყობს აგრეთვე ძველი მიწისქვეშა გვირაბების სიახლოვე ფერდოსთან ახლოს, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში მეწყერს ხელს უწყობს ქანების ვიბრაცია სხვადასხვა საწარმოო პროცესის შესრულებისას დროს. ხელშემწყობ ფაქტორებად უნდა ჩაითვალოს ქანების გამოფიტვა და ტემპერატურის ცვალებადობა.

კარიერის ბორცის (საფეხურის) დახრის კუთხის მდგრადი მდგომარეობის შენარჩუნების შედარებით ეფექტურ ღონისძიებას წარმოადგენს დახრის კუთხის სწორი შერჩევა.

B-IV კლასის მეწყერებს ადგილი აქვს ქანების სხვადასხვა პირობებში განლაგების დროს. ამასთან, საფეხურის მასივში, შესუსტებული ზონები (სიბრტყეები) უპირატესად წარმოდგენილია თიხის შემცველი ქანებით. მეწყერის ხელშემწყობ ფაქტორებად გვევლინება ქანების დატენიანება, ფერდოს დიდი სიმაღლე და ძალზე ციცაბი დაქანება, მანქანა - დანადგარების მუშაობით გამოწვეული სტატიკური და დინამიკური

დატვირთვები, მიწისქვეშა სამთო სამუშაოების ზეგავლენა და სხვა.

დეფორმაციის რეგულირებისა და აღმოფხვრის ეფექტური ღონისძიებებია: ქანების ამოშრობა, სატრანსპორტო ბერმის ზომების სწორი შერჩევა, სამუშაო ფრონტის წინწაწევის სიჩქარის ზრდა, ნაყარშემქმნელი აგრეგატის მთელ ფრონტზე მუშაობა, ნაყარის სელექციური დაყრა, შიდა სანაყაროზე უარის თქმა და გარე სანაყაროს შექმნაზე გადასვლა და ა.შ.

B-V კლასის მეწერულ მოვლენებს (ცხრილი 1.3, სურ. 1.1) ადგილი აქვს საფეხურებზე, რომლებზედაც დამონტაჟებულია, სამთო და სატრანსპორტო საშუალებები და „სუფთა“ სახით ძალზე იშვიათად გვხვდება B-V-a.

**ცხრილი 1.3**

კლასი	ქვეკლასი	ინდექსი
ტიპი B რღვევის ზედაპირი არ არის განპირობებული ქანების განლაგების პირობებით		
საფეხურის (ნაყარის) და ძირის მეწყერები B-V	–რღვევის ზედაპირი გადის საფეხურის (ნაყარის) ფერდოში, მისი ქვედა ბაჟნის (ძირის) ზემოთ;	B-V-a
	–რღვევის ზედაპირი გამოდის საფეხურის (ნაყარის) ფერდოში მის ქვედა წარბთან;	B-V-ბ
	–რღვევის ზედაპირი განლაგებულია საგები გვერდის ქანებში.	B-V-B



B-V-ნ ქვეკლასის მეწერებისათვის დამახასიათებელია ნაპრალები ზედა წარბის მახლობლად, დაჯდომა და ნაპრალები ჩნდება მეწერული მოვლენების დაწყებამდე რამდენიმე საათით ან ერთ ორი დღით ადრე. რიგ შემთხვევებში ადგილი აგქვს მიწისქვეშა წყლების ღონის აწევას. ასეთი სახის მეწყერმა შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანთა დაღუპვა და მანქანა - დანადგარების ავარია. მეწერის მიზეზი შეიძლება შეიქმნას ქანების დატენიანება, ფერდოს დიდი სიმაღლე და ციცაბო კუთხე, სტაციონალური და დინამიკური დატვირთვები, შესუსტებული ქანები მიწის-ქვეშა გვირაბების არსებობის გამო, აგრეთვე ნაყარის გადაადგილების დიდი სიჩქარე.

დეფორმაციებს დიდად უწყობს ხელს საფეხურის (ნაყარის) ძირში მნიშვნელოვანი ოდენობის თიხის შემცველი ქანების არსებობა. ამ დროს ადგილი აქვს ქანების გამოჭირხვნას და საფეხურის დაჯდომას (B-V-B).

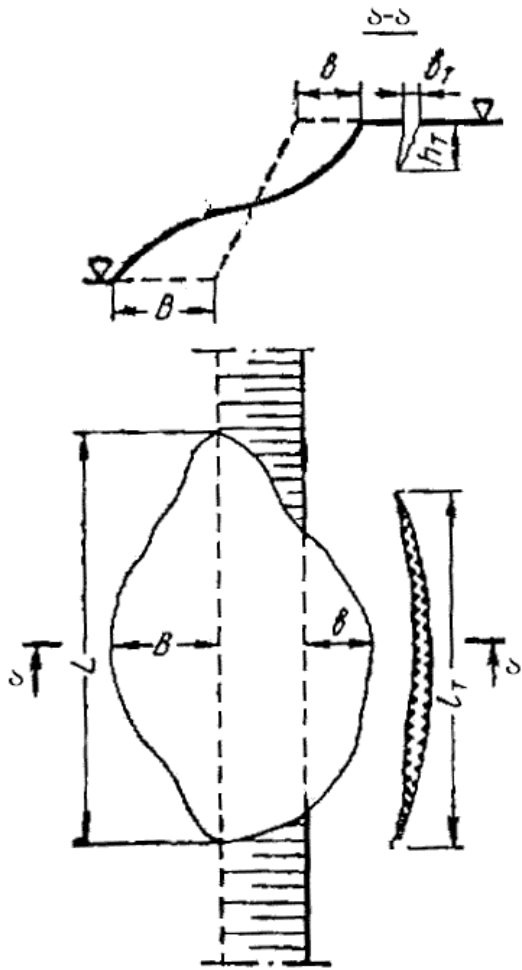
დეფორმაციების თავიდან აცილების შედარებით ეფექტურ ღონისძიებას წარმოადგენს ქანების დაშრობა და ფერდოს დაცვა ზედაპირული წყლებისაგან; დამუშავების სისტემის ელემენტების შეცვლა (სანაყარო ფრონტის წინწაწევის სიჩქარის გაზრდა, სანაყაროზე ქანის დაყრის თანამიმდევრობის შეცვლა); შიდა სანაყაროს დაშრობა სადრენაჟო არხების გამოყენებით და სხვა.

### 13. ქანების დეფორმაციის პარამეტრები

მასივისა და ნაყარის დეფორმაციის გეომეტრიული პარამეტრების დასახასიათებლად შემოღებულია შემდეგი აღნიშვნები: სამუშაო ფრონტის სიგრძე -  $L$ , პირმოღების განი -  $b$ , გავრცელების განი -  $B$ . დეფორმაციები ხშირად ნაპრალების სახით ვლინდება, რომელთა მახასიათებლებია: ნაპრალის სიმაღლე -  $h_n$ , ნაპრალის გახსნის სიგრძე -  $b_n$ , (ნახ. 1.2). ნაპრალის განფენილობა (სიგრძე) -  $l_n$ , ნაპრალის გაშლის სიჩქარის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ განვითარებადი დეფორმაციის სიჩქარეზე დროში მის საწყის სტადიაში. ნაპრალის გაშლის სიდიდის გაზრდასთან ერთად შეიძლება ვიმსჯელოთ მოწყვეტილი ბლოკის გადაადგილების სიჩქარეზე, რომელითაც იგი გამოეყოფა ძირითად მასივს.

მეწყრული დეფორმაციები, როგორც წესი, ხდება რღვევის სიბრტყის გასწვრივ სამუშაო ფრონტის მართობულად. თუ მდგრადობის დარღვევა ხდება მცირე ფრონტზე, მაშინ მნიშვნელობა ენიჭება დეფორმირებული ზონის ზომებსა და ფორმას გეგმაში.

დეფორმაციების ძირითადი პარამეტრები ცალკეული კლასების მიხედვით მოყვანილია 1.4. ცხრილში. როგორც ცხრილიდან ჩანს, დეფორმაციების ძირითადი პარამეტრები იცვლება მეტად დიდ დიაპაზონში და პრაქტიკულად რაიმე კანონზომიერების დადგენა შეუძლებელია.



ნახ. 1.2 საფეხურის დეფორმაციისა და ნაპრაღის გეომეტრიული ზომები

კლასი	პირმოდების განი b, მ	გაგრძელების განი B, მ	სამუშაო ფრონტის სიგრძე L, მ	საფეხურის (ბორტის) სიმაღლე დეფორმაციამდე $h_{საფ}$ , მ	სამუშაო ფრონტის სიგრძის დამოკიდებულება საფეხურის (ბორტის) სიმაღლესთან	ფერდოს დახრის კუთხე დეფორმაციამდე, გრად.	საგები გვერდის ქანების დახრის კუთხე (გვერდებისაკენ), გრად.
-I	9-10	4-80	24-1500	6-54	1-80	35-37	0-8
-II	3-600	2-1500	30-1000	7-80	1-32	16-80	0-7,5
B-III	12-120	50	120-1500	30-100	3-38	18-40	0-70
B-IV	3-111	10-500	25-800	10-100	1-16	8,5-85	0-80*
B-V	4-60	5-150	60-400	10-90	1-29	12-75	0-55**

შენიშვნა: \* - ცალკეულ შემთხვევებში საგები გვერდის ქანები დაქანებულია დამუშავების საწინააღმდეგო მიმართულებით 8 გარდუსამდე; \*\* - იგივე 20 გარდუსამდე.

## 2. ქანების დეფორმაციაზე მოქმედი ფაქტორები ღია დამუშავების დროს

### 2.1. საერთო ცნობები

კარიერების საფეხურებისა და ბორცების მდგრადობაზე, როგორც ცნობილია, მოქმედებს მრავალი ფაქტორი, რომლებიც შეიძლება გაერთიანდეს ორ ჯგუფში - ბუნებრივსა და სამთო-ტექნიკურში (ცხრილი 2.1). პირველი ჯგუფი მოიცავს შემდეგ ფაქტორებს: გეოლოგიურს (ქანების შემადგენლობა, აღნაგობა და ბუნებრივი თვისებები), ჰიდროგეოლოგიურს (კარსტები, შრეების საკონტაქტო სიბრტყეებისა და სტრუქტურულ აშლილობათა გაწყლოვანება, ქანების მასივში წყალშემცველი ჰორიზონტების არსებობა, ზედაპირული წყლები საკარიერო ველის ფარგლებში) და კლიმატურს (ქანების მასივის ტემპერატურული რეჟიმი, ქარების რეჟიმი, ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა).

სამთო-ტექნიკურ ჯგუფში გაერთიანებულია შემდეგი ფაქტორები: საკარიერო ველის გახსნის ხერხი (გამხსნელი გვირაბების დახრა, გამხსნელი გვირაბების მდებარეობა კარიერის კონტურის მიმართ, გამხსნელი გვირაბების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა), დამუშავების სისტემა და სამთო სამუშაოების რეჟიმი (სამთო სამუშაოების ინტენსივობა, სამთო სამუშაოების წარმოების მიმართულება გეგმასა და სიღრმეში), მიწისქვეშა გვირაბების არსებობა (კარიერის მდებარეობა მიწისქვეშა დამუშავების დროს ქანების დაძვრის ზონაში, მიწისქვეშა მასიური აფეთქებების

ზეგავლენა), ნაყარწარმოქმნა (ნაყარის სტატიკური დატვირთვა, ნაყარის მოთავსება გამომუშავებულ სივრცეში), ქანების გაფხვიერების ხერხი (მართვადი ჩამოქცევა, მასიური აფეთქების ზეგავლენა), კომპლექსური მექანიზაციის სტრუქტურა (სამთოსატრანსპორტო დანადგარების დინამიკური დატვირთვები, საფეხურის ფერდოს ფორმა), კარიერის გეომეტრიული პარამეტრები (კარიერის ბორტის პროფილი, კარიერის ბორტის დახრის კუთხე, კარიერის სიღრმე, კარიერის ფორმა გეგმაში).

ყველა ამ ფაქტორის ერთობლიობა განაპირობებს ქანების მასივის მდგრადობას ღია წესით დამუშავების დროს. სავსებით ცხადია, რომ მათი ზეგავლენის ხარისხი და მხედველობაში მისაღები რეკომენდაციები იქნება სრულიად სხვადასხვა.

საფეხურისა და ფერდოს მდგრადობის შეფასების დროს, ჩვეულებრივ, ხსნიან ორ ამოცანას:

1. განსაზღვრავენ რეალურად არსებული ფერდოს მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტს გარკვეული პარამეტრების (საფეხურის სიმაღლის –  $H$  და ფერდოს დახრის კუთხის –  $\alpha$ ) დროს. ფერდოს ზედაპირის განტოლებას ექნება სახე:  $\alpha = \varphi(H)$ .

2. განსაზღვრავენ რაიმე აბსტრაქტული ფერდოს პარამეტრებს. ამასთან, მიიღებენ მარაგის კოეფიციენტის გარკვეულ სიდიდეს და პარამეტრებს:  $\alpha_{მდგ}$  ან  $H_{მდგ}$ .



## კარიერის ბორტის მდგრადობის განმსაზღვრელი ფაქტორები

პირველი ამოცანა დაისმევა დამუშავების რომელიმე ეტაპზე (გახსნა, ექსპლუატაცია, ჩაქრობა), ხოლო მეორე – ახალ საბადოზე, კარიერის დაპროექტების დროს.

პირველ შემთხვევაში ჩვენ გაგვაჩნია ინფორმაცია ფერდოსა და საფესურის ფაქტობრივი მდგრადობის შესახებ, ქანების სტრუქტურასა და სიმაგრეზე და შეგვიძლია შევაფასოთ ქანების მდგრადობაზე მოქმედი ბუნებრივი და სამთო-ტექნიკური ფაქტორები კონკრეტულ პირობებში.

მეორე შემთხვევაში არსებითად გამოიყენება ანალოგიური ხასიათის მასალები. ამიტომ, ძირითადი ყურადღება უნდა დაეთმოს მასივის მექანიკურ-მათემატიკური მოდელის შერჩევას, მარაგის კოეფიციენტს და საკუთრივ საანგარიშო სქემას.

სავსებით ცხადია, რომ აღნიშნული ამოცანების გადაწყვეტის დროს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ზემოთ ჩამოთვლილ მრავალრიცხოვანი ბუნებრივი და სამთო-ტექნიკური ფაქტორების ყოველმხრივ და სწორ შეფასებას.



## 2.2. ბუნებრივი ფაქტორების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე

### 2.2.1. გეოლოგიური ფაქტორების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე

ქანების მდგრადობის კავშირი მათ მინერალოგიურ, ქიმიურ და გრანულომეტრიულ შემადგენლობასთან, ამჟამად ძირითადად ფასდება ქანების სიმაგრეზე აღნიშნული ფაქტორების ზეგავლენის ხარისხის მიხედვით. შეიძლება ჩათვალოს, რომ თიხოვანი ქანების თვისებები კონტროლდება მათში თიხოვანი მასალის შემადგენლობით და ფარდობითი შემცველობით, ქანში არათიხოვანი მინერალების შემადგენლობითა და ფარდობითი შემცველობით, ორგანული მასალის რაოდენობითა და ტიპით, გაცვლითი იონებისა და ხსნადი მარილების არსებობით.

თიხოვანი მასალის სიმტკიცეზე გავლენას ახდენს მისი შემადგენლობა და თიხოვანი მინერალების ფარდობითი შემცველობა.

მონტმორილონიტური თიხების შემთხვევაში წინაღობა ძვრაზე იცვლება გაცვლითი კათიონების შემადგენლობაზე დამოკიდებულებით, რომლებიც თიხების ძვრაზე წინაღობის ზრდის ხარისხის მიხედვით განლაგებულია შემდეგი თანმიმდევრობით: ნატრიუმი, კალციუმი, ალუმინი. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ მონტმორილონიტური თიხები ადვილად ღებულობს წყალს, ადვილად ხდება მათი გაჯირჯება და მცირდება წინაღობა ძვრაზე. მაშინ, როდესაც კაოლინიტი შედარებით ძნელად ღებულობს წყალს და, ამასთან

დაკავშირებით, მისი წინაღობა ძვრაზე სხვადასხვა ტიპის კათიონების შემთხვევაში მეტია.

მინერალური შემადგენლობა განსაკუთრებით მკვეთრად მოქმედებს კლდოვანი ქანების სიმტკიცეზე. ყველაზე მტკიცეა პორფირიტოვანი ბაზალტები, რომელშიც დიდი რაოდენობით გვხვდება პიროქსენი და პლაგიოკლაზები. დიდი რაოდენობით ვულკანური მინის შემადგენლობის ბაზალტებს ძალზე დაბალი სიმტკიცე აქვს.

ქანების მინერალურ შემადგენლობაზეა დამოკიდებული აგრეთვე მათი დრეკადობა. როგორც აღნიშნავენ მეცნიერები, ქანების სიმაგრის მახასიათებლებზე მათი მინერალური შემადგენლობის გავლენა აისახება ძირითადად მექანიკურად, სუსტი მინერალების უპირატეს რღვევაში, თუკი იგი წარმოადგენს მინერალების ძირითად შემადგენელ ნაწილს; აგრეთვე იმ შემთხვევაში, თუკი სუსტი მინერალები ასრულებს შემავსებლის როლს უფრო მტკიცე კომპონენტებისათვის.

ქანების მდგრადობაზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს აგრეთვე მათი სტრუქტურა, კერძოდ: ქანებში არსებული ნაპრალები, რომლებიც, ერთი მხრივ, ზეგავლენას ახდენენ მათ სიმტკიცეზე, მეორე მხრივ, ხელს უწყობენ მათ დეფორმაციას, როგორც ანიზოტროპიულ, ისე კვაზიანიზოტროპიულ გარემოში.

ბორტის მდგრადობის განსაზღვრის მიზნით საჭიროა განვასხვაოთ შემდეგი მახასიათებლები:

- შიგა ხახუნის კუთხე  $\varphi$  და ნიმუშში ქანების შეჭიდულობა;

- შიგა ხახუნის კუთხე  $\varphi'$  და ქანების შეჭიდულობა; შესუსტების ზედაპირზე;
- შიგა ხახუნის კუთხე  $\varphi''$  და მასივის შეჭიდულობა, როდესაც ფენის ჩამოქცევის ზედაპირი არ ემთხვევა შესუსტების ზედაპირს.

შიგა ხახუნის კუთხის სიდიდე შესუსტების ზედაპირზე –  $\varphi$ , დამოკიდებულია ძირითადად დანაპრალიანების ზედაპირის სისწორის ხარისხსა და შემავსებლის თვისებებზე.

კვლევების საფუძველზე რეკომენდებულია მივიღოთ შიგა ხახუნის კუთხის,  $\varphi'$ -ის შემდეგი მნიშვნელობები:

- არასწორი და ხორკლიანი ზედაპირის შემთხვევაში 1-3<sup>0</sup>-ით ნაკლებია ნიმუშში ქანების შიგა ხახუნის კუთხეზე ( $\varphi$ );
- სწორი და ხორკლიანი ზედაპირის შემთხვევაში 5-6<sup>0</sup>-ით ნაკლებია  $\varphi$ -ზე;
- სწორი და კლდოვანი ზედაპირის შემთხვევაში ( $\varphi'$ ) 8-10<sup>0</sup>-ით ნაკლებია  $\varphi$ -ზე.

შეჭიდულობის სიდიდე მთლიანი ნაპრალების შემთხვევაში შეადგენს (0.02-0.05) C.

შიგა ხახუნის კუთხე მასივში ( $\varphi''$ ), იმ მიმართულებით, რომლებიც არ ემთხვევა შესუსტების ზედაპირებს საკმაო სიზუსტით ( $\pm 2\%$  ფარგლებში), შეიძლება გაუვტოლოთ ნიმუშის შიგა ხახუნის კუთხეს ( $\varphi$ ).

მასივში შეჭიდულობის სიდიდეზე (C) ზეგავლენას ახდენს ქანების დანაპრალიანების ხარისხი და ქანების პრიზმის ზომები, რომელთა დეფორმაციაც ხდება. მისი

სიდიდე შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგი ემპირიული ფორმულით:

$$C'' = \lambda C ;$$

$$\lambda = \frac{1}{1 + a n \frac{H}{L}} ,$$

სადაც:  $\lambda$  არის სტრუქტურული შესუსტების კოეფიციენტი;

$H$  - ჩამოქცევის პრიზმის სიმაღლე, მ;

$L$  - ქანების სტრუქტურულ ბლოკების ზომები ანუ დანაპრალიანების ინტენსივობა, მ;

$a$  - მონოლითში ქანების დანაპრალიანებასა და სიბრტყეზე დამოკიდებულების კოეფიციენტი.

$\lambda$ -ს სიდიდე მერყეობს ფარგლებში:  $0,02 \leq \lambda \leq 1$ .

ნიმუშის სიმტკიცის მაჩვენებლებზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს აგრეთვე ქანების ტექსტურა. ლაბორატორიულ პირობებში ხდება ისეთი ნიმუშების გამოცდა, რომელთა ტექსტურა სხვადასხვა სახით ორიენტირებულია მძვრელი ძალების მიმართულებაზე. ამისათვის მონოლითის ნიმუშები უნდა დამზადდეს ისეთნაირად, რომ დაფენების სიბრტყე, ექსპერიმენტების სხვადასხვა ვარიანტში, მძვრელი ძალების მიმართ ქმნიდეს კუთხეებს ( $\theta$ ):  $0, 10, 20, 25, 30, 45, 60, 90^{\circ}$ . ამასთან, ნიმუშის გამოცდა უნდა ხდებოდეს ყოველმხრივ დაძაბულ მდგომარეობაში. შედეგებმა გვიჩვენა, რომ  $\varphi'_{\max}$  და  $C'_{\max}$  გვაქვს იმ შემთხვევაში როდესაც  $30^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$ , ხოლო  $\varphi'_{\min}$  და  $C'_{\min}$  – როდესაც  $0^{\circ} \leq \theta \leq 10^{\circ}$ .

კლდოვანი ქანების სიმაგრეზე დიდ ზეგავლენას ახდენს კრისტალების ფორმა და ზომა. წვრილმარცვლოვანი ქანები, სხვა თანაბარ პირობებში, გაცილებით მტკიცეა, ვიდრე მსხვილმარცვლოვანი (კრისტალებს შორის უფრო მეტი კავშირისა და ნაკლები დეფექტების გამო). მკაფიო საზღვრებით გამოხატული კრისტალური ქანები თანაბარი პირობების შემთხვევაში, ნაკლებად მტკიცეა, ვიდრე არასწორი ზედაპირის მქონე კრისტალებისაგან შედგენილი ქანები.

## 1.2.2 ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე

ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორები მოქმედებს როგორც ქანების მასივის სიმაგრეზე, ისე მათი დეფორმაციის პირობებზე. აღნიშნული ფაქტორების ინტენსივობა დიდად არის დამოკიდებული ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ხასიათსა და გარემოს პირობებზე.

ჰიდროგეოლოგიურ ფაქტორებს მიეკუთვნება ზედაპირული წყლები საკარიერო ველის რაიონში, წყალშემცველი პორიზონტები ქანების მასივში, შრეების კონტაქტებისა და სტრუქტურული აშლილობების წყალშემცველობა, კარსტული მოვლენები.

ზედაპირული წყლები ახდენს ქვიშა-თიხოვანი ქანებით შედგენილი საფეხურებისა და ფერდოს ჩამორეცხვას და მნიშვნელოვნად ამცირებს მათი მდგრადობის პირობებს; უფრო მეტიც, მდინარეების

ძველი კალაპოტებიც კი, რომლებიც განლაგებულია კარიერების ტერიტორიაზე და მასთან ახლოს, შეიძლება აღმოჩნდეს მეწყერული მოვლენების მიზეზი.

მიწისქვეშა წყლების ზემოქმედება გამოვლინდება მასივის თვისებების ცვლილებაში (დანაპრაღიანებული კარბონატული ქანების გამოტუტვაში, თიხოვანი ქანების გაჯირჯევაში და სხვა) და მის დაძაბულ მდგომარეობაში (ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური ძალების გამო). გარდა ამისა ჰიდროდინამიკური წნევის ზეგავლენით მოსალოდნელია ფერდოს ფილტრაციული რღვევა (ჩამოშვავება, სუფოზი და სხვა).

ამ ფაქტორის მავნე ზემოქმედების ლიკვიდაციისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საბადოს ამოშრობა, ფერდოს გამაგრება და დრენაჟები.

საკონტაქტო ზონებისა და სტრუქტურული აშლილობის წყლის შემცველობა იწვევს ფერდოს დეფორმაციას; კონტაქტებში სიმტკიცის მახასიათებლების შემცირებისა და წყლის უეცარი გამოხეთქვის გამო, ქანების მასივში კარსტების არსებობის შემთხვევაში მოსალოდნელია ფერდოს დეფორმაცია (დაჯდომა, ჩამოქცევა). ამასთან დაკავშირებით საჭიროა, დეფორმაციის პროგნოზირების მიზნით, განხორციელდეს კარსტული მოვლენების შესწავლა და აგეგმვა.

### 2.2.3. კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენა კარიერების მდგრადობაზე

საბადოსათვის, რომელიც მუშავდება რთულ კლიმატურ პირობებში, ძალზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქანების დეფორმაციის დამოკიდებულებას ატმოსფერული ნალექიანობის პერიოდულობასა და რაოდენობაზე, ტემპერატურულ რეჟიმსა და სხვა ფაქტორებზე. თუმცა, აღნიშნული ფაქტორების ზემოქმედების გათვალისწინება თეორიულ ანგარიშებში პრაქტიკულად შეუძლებელია ნალექების რაოდენობის მკვეთრი ცვლილების, ზემოქმედების ერთდროულობისა და სხვათა თვალსაზრისებით ამიტომ, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ფაქტიურ მონაცემებს, ამ ფაქტორივ დეფორმაციებზე ზემოქმედების შესახებ.

დადგენილია, რომ მეწყრების უმეტესობა რაოდენობა ხდება ძლიერი წვიმების დროს, როდესაც ადგილი აქვს ზედაპირული წყლების ინფილტრაციას, რაც იწვევს ქანების შეჭიდულობის შემცირებას მინიმუმამდე (ნულამდე). თეორიული ანგარიშისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლების ინფილტრაციის სიჩქარის დადგენას (ქანების ტიპისა და სტრუქტურისაგან დამოკიდებულებით).

ტემპერატურული გავლენა ქანების მასივის მდგრადობაზე ყველაზე ნათლად აისახება კარიერის მრავალწლიანი გამყინვარების ზონებში განლაგების დროს ამასთან, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მასივში ყინულოვანი ნაპრალების შემთხვევაში მოსალოდნელია ცალკეული საფეხურებისა და მთელი ბორცის დეფორ-

მაცია. გაყინვა-გაღვლის ციკლის განმეორებისას ადგილი აქვს ქანების მასივის სიმტკიცის შემცირებას. განსაკუთრებით საშიშია ყინულოვანი ნაპრალები, რომლებიც გავრცელებულია საფეხურის (ბორტის) პარალელურად ან მასთან ახლოს, და, ამასთან, დაქანებულნი არიან კარიერის მხარეს უფრო მეტად (ნ), ვიდრე შიდა ხახუნის კუთხეა ნაპრალის ზედაპირზე (ფ'); ე.ი.,  $n > \varphi'$ . სავსებით ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში ნაპრალების გასწვრივ მოხდება ქანების მასივის დაძვრა-ჩამოქცევა. მეწყერული მოვლენა შეიძლება აღმოჩნდეს განსაკუთრებით ინტენსიური და რეგიონალური, თუკი კარიერის ბორტის გათბობის ზონა ზაფხულის პერიოდში ჩააღწევს საკუთრივ ყინულიან ნაპრალს.

ყინულის გაღვლობამ ნაპრალში შეიძლება გამოიწვიოს მასივის დატენიანება, რაც შეამცირებს მის სიმტკიცეს და ხელს შეუწყობს დეფორმაციის პროცესებს. დიდი მასის მქონე ყინულის შემთხვევაში შეიძლება ქანებში შეიქმნას ე.წ. თერმოკარსტი, რასაც მოჰყვება კარიერის ბორტის ჩავარდნა, ჩაქცევა ან დაჯდომა. მრავალწლიანი გამყინვარების ზონაში მყოფი კარიერების ბორტების დეფორმაციასთან ბრძოლისთვის რეკომენდებულია სხვადასხვა სახის სამაგრების გამოყენება (ცემენტაცია, ძელური სამაგრი, რკინაბეტონის თხელი ფილები, თბო- და ჰიდრო-იზოლიაციური საფარი და სხვა).



## 2.3. სამთო-ტექნიკური ფაქტორების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე

### 2.3.1. კარიერების გეომეტრიული პარამეტრების ზეგავლენა ფერდოს მდგრადობაზე

კარიერის ბორტის მცირე სიმაღლის დროს ( $H_i < H$ ) იგი ინარჩუნებს მდგრადობას ფერდოს 90<sup>0</sup>-ით დახრის შემთხვევაშიც. ამასთან, H-ის მნიშვნელობა აღინიშნება H90<sup>0</sup>-ით და განისაზღვრება ფორმულით:

$$H90 = \frac{2c''}{\gamma} \cot\left(45 - \frac{\varphi''}{2}\right);$$

სადაც:  $C''$  და  $\varphi''$  არის შეჭიდულობის ძალა და შიგა ხახუნის კუთხე მასივში,  $\gamma$  – ქანების მოცულობითი წონა.

ფერდოს სიმაღლის ზრდასთან ერთად მისი მდგრადობა მცირდება. ანალოგიურად მოქმედებს ბორტის (საფეხურის) მდგრადობაზე დახრის კუთხე  $\alpha$ . ამასთან, ბორტის საფეხურის სიმაღლის გაზრდასთან ერთად  $\alpha$  კუთხე უნდა შემცირდეს.

პრაქტიკაში გვხვდება სხვადასხვა კონფიგურაციის მქონე კარიერები. კარიერის ბორტები გეგმაში შეიძლება იყოს სწორხაზოვანი ჩაზნექილი და ამოზნექილი, აგრეთვე კომბინირებული (სწორხაზოვანი და მრუდხაზოვანი უბნები). ანგარიშების დიდ უმრავლესობაში ამოცანა წყდება, როგორც ბრტყელი ფერდოს შემთხვევაში, რაც ნიშნავს, რომ ფერდოს გეგმაში აქვს სწორხაზოვანი ფორმა და უსასრულო გავრცელება, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ანგარიშის საიმედოობას. დადგენილია, რომ სხვა თანაბარ

პირობებში, თუ ფერდოს აქვს შეზნექილი ფორმა გეგმაში, გაცილებით მდგრადია, ვიდრე ანალოგიური ბრტყელი ფერდოს შემთხვევაში. იგივე ითქმის კომბინირებული ფორმის ფერდოს დროსაც. ამოზნექილი ფორმის ფერდოს იგივე მდგრადობა ახასიათებს, როგორც ბრტყელს.

კარიერის ბორტი საფეხურების რაოდენობის, მათი სიმაღლის, ფერდოს დახრის კუთხისა და ბერმის სიგანის მიხედვით შეიძლება იყოს ბრტყელი, ჩაზნექილი ან ამოზნექილი. დადგენილია, რომ ამ ფერდოებზე ქვედა და ზედა კიდეების დამთხვევის შემთხვევაში და დაძვრის ზედაპირის გავლისას ფერდოს ძირზე, ფერდოს მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტები სამივე ფორმისათვის ერთმანეთს ემთხვევა. ამასთან, ამოზნექილი ფორმის ფერდო მოცულობის თვალსაზრისით უფრო ეკონომიურია, ვიდრე ჩაზნექილი და ბრტყელი ფორმის.

### **2.3.2. კარიერის ველის გადახსნის, დამუშავების სისტემებისა და სამთო სამუშაოების რეჟიმის გავლენა ფერდოს მდგრადობაზე**

საბადოს გადახსნის ხერხი გარკვეულწილად მოქმედებს საფეხურებისა და ბორტების მდგრადობაზე. გამხსნელი გვირაბების განლაგებას კარიერის კონტურის მიმართ, მათი არსებობის ხანგრძლივობას და დახრის კუთხეს შეუძლია შექმნას დეფორმაციის ხელსაყრელი პირობები, მასივში გეოლოგიური პროცესებისა და ქანების ინტენსიური გამოფიტვის განვითარება.

რება. მაგალითად, სინკლინური სტრუქტურების შემთხვევაში გამსხნელი გვირაბების სინკლინის ღერძის გასწვრივ განლაგების დროს მოსალოდნელია მისი ინტენსიური დეფორმაცია, რადგან ქანები დაქანებული ტრანშეის ძირისაკენ. ამის გამო აღვილი ექნება მათ გამობერვას გამსხნელი გვირაბებისაკენ. გარდა ამისა, მოსალოდნელია კარიერის ბორტების დეფორმაცია.

დამუშავების სისტემებმა და სამთო სამუშაოების წარმოების არასწორად შერჩეულმა ხერხმა შეიძლება მოახდინოს შემდეგი სახის ნეგატიური ზეგავლენები კარიერის საფეხურისა (ფერდოს) და მთლიანად ბორტის მდგრადობაზე:

1. სამთო სამუშაოების წარმოების არახელსაყრელი შერჩევა გეგმისა და ვერტიკალური მიმართულებით შეიძლება აღმოჩნდეს მასივის დეფორმაციების ინიციატორი (შრეების კონტაქტებისა და ტექტონიკური რღვევების მოჭრა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ქანების დაცურება შესუსტების სიბრტყეებზე და სხვა);
2. სამთო სამუშაოების ინტენსივობის ხარისხი განსაზღვრავს სამუშაო საფეხურების მდგრადობის პარამეტრებს. სამუშაოთა ვიწრო ფრონტისა და მათი სწრაფი გადაადგილების ხარჯზე მასივში ვერ ასწრებს ფორმირებას დეფორმაციული პროცესები, რაც უზრუნველყოფს სამუშაო საფეხურების უფრო ციცაბო დაქანებას;
3. კარიერის ზღვრული კონტურის განრიდება ზედა ჰორიზონტებზე გამომუშავების დროს ხელს

უწეობს ამ კორიზონტებზე ქანების გამოფიტვას, ფერდობის გადამრეცებას, ბერმის ამოვსებას და სხვა;

4. გამომუშავებულ სივრცეში ნაყარის განლაგება ზრდის ბორცის წინალობას დაძვრისადმი და აუმჯობესებს მისი მდგრადობის პირობებს.

### **2.3.3. კომპლექსური მექანიზაციის საშუალებათა ზეგავლენა ფერდოს მდგრადობაზე**

კომპლექსური მექანიზაციის საშუალებები კარიერის მდგრადობაზე ორგვარად მოქმედებს: ერთი მხრივ, ქანების ექსკავაციის დროს, წინასწარი გაფხვიერების გარეშე, ფერდოს კონტური დამოკიდებულია ამოსაღები დანადგარის მასასა და მის პარამეტრებზე; მეორე მხრივ, სატრანსპორტო საშუალებები იწვევს ქანების მასივზე დამატებით სტატიკურ და დინამიკურ დატვირთვებს.

ამოსაღები დანადგარების მიხედვით რეკომენდებულია საფეხურის ფერდოს შემდეგი ფორმები: მექანიკური ნიჩბიანი ექსკავატორებისთვის – შეზნექილი; დრაგლაინს და მრავალჩაჩიანი ტიპის ექსკავატორებისთვის – სწორხაზოვანი; როტორულ ექსკავატორებისთვის - ფიგურული.

დადგენილია, რომ ექსკავატორების მუშაობის დროს მასივზე მოსული დინამიკური დატვირთვები შეიძლება რამდენჯერმე აღემატებოდეს სტატიკურ დატვი-

როგებს, რასაც შეიძლება მოჰყვეს ქანების დეფორმაცია და დანადგარების ავარია.

დიდი სამუშაოებია ჩატარებული კარიერების მდგრადობაზე მანქანა-დანადგარების ვიბრაციის ზემოქმედების ხარისხის დასადგენად. კერძოდ, დადგენილია, რომ სისშირის ყველაზე საშიში ინტერვალი, რომელიც იწვევს ქვიშა-თიხოვანი ქანების „გათხევადებას“ და შემდგომ შემკვრივებას, შეადგენს 500-2500 რხევას წუთში. დადგენილია აგრეთვე, რომ რხევის აჩქარების გაზრდასთან ერთად მნიშვნელოვნად მცირდება ქანების წინაღობა ჭრაზე. ეს უკანასკნელი მცირდება აგრეთვე რხევის ამპლიტუდის გაზრდასთან ერთად.

ლიტერატურული მონაცემების ანალიზი, გრუნტზე მოსული დატვირთვის შესახებ მომუშავე მანქანა-დანადგარების მიერ, იძლევა შემდეგი დასკვნის შესაძლებლობას:

1. სამთო-სატრანსპორტო დანადგარების დინამიკური დატვირთვები წარმოადგენს ქვიშა-თიხოვან ქანებში საფეხურის ძირისა და ფერდოს დეფორმაციის ერთ - ერთ მიზეზს;
2. დანადგარების ვიბრაციის ზემოქმედების შედეგად ხდება გარკვეულ ზონაში განლაგებული ქანების ჭრაზე წინაღობის შემცირება. ამასთან, ამ უკანასკნელის სიდიდე დიდად არის დამოკიდებული რხევების ამპლიტუდაზე, სისშირესა და, საბოლოო ჯამში, აჩქარებაზე; ხოლო შემცირებული სიმტკიცის ზონის ზომები – ქანების თვისებებზე, კერძოდ, მათ მიერ რხევის ენერგიის შთანთქმის უნარზე;

3. დინამიკური დატვირთვის ეფექტი ქანებზე გამოვლინდება სხვადასხვანაირად და დამოკიდებულია დანადგარის ტიპზე, მისი საყრდენი ნაწილის ფორმასა და ზომებზე, კარიერის ფერდოს პარამეტრზე, საფეხურის ზედა კიდიდან ექსკავატორების საყრდენ ნაწილამდე მანძილსა და ქანების ამტანუნარიანობაზე;
4. ანალიტიკური გზით მიღებული მონაცემები დინამიკური დატვირთვის განსაზღვრისას იძლევა არასარწმუნო შედეგებს; ამიტომ უპირატესობას ანიჭებენ ექსპერიმენტულ მონაცემებს. მოვიტანოთ სკოჩინსკის სახელობის სამთო საქმის ინსტიტუტის მიერ საწარმოო პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები: ვიბრაციის პარამეტრები ЭП-14/75 და ЭКГ-4,6 ტიპის ექსკავატორებისათვის რიცხობრივად ძალზე განსხვავებულია. ყველაზე მაღალ ვიბრაციას ადგილი აქვს ექსკავატორის ჩამჩის აგსების მომენტში, ხოლო ყველაზე დაბალ ვიბრაციას – ჩამჩის გაცლისას. მომუშავე ექსკავატორებისაგან მოშორებით ქანების მასივის რხევის ამპლიტუდა და სიხშირე თანდათან კლებულობს. ექსკავატორის ქვეშ განლაგებული გრუნტის ნაწილაკებს გააჩნია რხევის უმნიშვნელო აჩქარება. დრაგლანის ტიპის ექსკავატორზე ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად დადგენილია, რომ ექსკავატორის ბაზის წინა ნაწილის დატვირთვა გრუნტზე იწვევს ზრდას აჩამჩვის ოპერაციის დროს და აღწევს თავის მაქსიმუმს ჩამჩის შევსებისა და მიწიდან მისი ატაცვის მომენტში. აგსებული ჩამჩით ექსკა-

ვატორის შემობრუნების პროცესში გრუნტზე დატვირთვა მასალის გაცლამდე იქნება მუდმივი. ჩამჩის განტვირთვის შემდეგ ადგილი აქვს გრუნტზე მოსული დატვირთვის შემცირებას სტატიკური დატვირთვის დონემდე. ექსკავატორის დინამიკური დატვირთვის მაქსიმალური სიდიდე შეიმჩნევა აჩამჩვის მომენტში წერტილში, რომელიც განლაგებულია ბაზის კიდის შუაში ჩამჩის მხრიდან.

დინამიკური დატვირთვის მაქსიმალური სიდიდე  $\Sigma\alpha-14/75$  და  $\Sigma\alpha\Gamma-4,6$  ტიპის ექსკავატორებისათვის იგივეა რაც დრაგლაინებისათვის და შეადგენს  $5,30-5,76$  კგძ/სმ<sup>2</sup>-ს. საორიენტაციო ანგარიში გვიჩვენებს, რომ აღნიშნული ექსკავატორებისათვის მინიმალური მანძილი ბაზის კიდიდან ძალების მოდების წერტილამდე შეადგენს  $2,34$  მ-ს. ხოლო მანძილი ნულოვანი დატვირთვიდან ბაზის კიდემდე (მუხლუხამდე)  $a=5,6$  მ.

### **2.3.4. ქანების გაფხვიერების ხერხების ზეგავლენა ფერდოს მდგრადობაზე**

როგორც ცნობილია, კარიერებზე ქანების გაფხვიერების ერთადერთი ძირითადი ხერხია ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოები. ცალკეული თიხოვანი ქანების მასივისაგან მოცილებისას გარკვეული გავრცელება ჰპოვა მართვადი ჩამოქცევის ხერხმა. განვიხილოთ ორივე მათგანი: ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოები. კარიერებზე, საგრძნობ გავლენას ახდენს ქანების სიმაგრეზე და, შესაბამისად, მდგრადობაზე. ცალკეული საფეხურების ან საფეხურთა ჯგუფის ჩამოქცევა

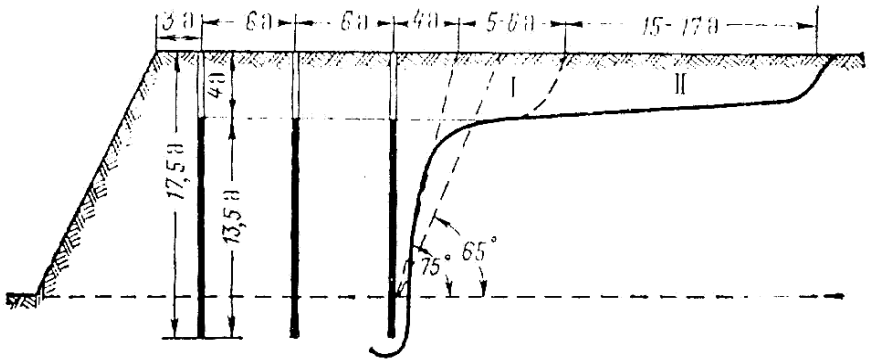
ხშირად გამოწვეულია იმით, რომ ზღვრულ კონტურთან მიახლოებისას არ ხდება ფეთქებადი სამუშაოების დეფორმაციის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა გატარება.

ფერდოს აფეთქების შემდგომ დეფორმაციას ადგილი აქვს ძირითადად ცალკეული ბლოკების ჩამოქცევის დროს, უმცირესი წინაღობის სიბრტყეების გასწვრივ არსებულ და აფეთქების შედეგად გაფართოებულ ნაპრალებზე. განსაკუთრებით აქტიურია ის ნაპრალები, რომლებიც დაქანებულნი არიან სანგრევისაკენ და აქ დაქანების კუთხე  $\theta$  მერყეობს ფარგლებში:  $\alpha > \theta > \varphi_i$  სადაც  $\alpha$  ფერდოს დახრის კუთხეა, გრად;  $\varphi_i$  – შიდა ხახუნის კუთხე შესუსტებული სიბრტყის გასწვრივ, გრად.

ნაპრალიანობის მიმართულებას, ჭაბურღილების დახრის კუთხესა და ფერდოს დაქანებას შორის არსებობს გარკვეული თანაფარდობა. კერძოდ, ნაპრალების დაქანებისას გამომუშავებული სივრცისაკენ  $45^0$ -ზე ნაკლები კუთხით ჭაბურღილების დახრა არ მოქმედებს საფეხურის ფერდოს დახრის კუთხეზე ნაპრალების  $56^0$ -დან  $70^0$ -მდე დახრის დროს. დახრილი ჭაბურღილების ( $70$ - $80^0$ ) გამოყენება იძლევა საშუალებას, რომ მიღებულ იქნეს საფეხურები ფერდოთი, რომელიც განლაგებული იქნება ნაპრალების პარალელურად. ვერტიკალურად განლაგებული ჭაბურღილები მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ციცაბო ნაპრალების შემთხვევაში ( $71$ - $90^0$ ). ამ დროს საფეხურის ფერდო ემთხვევა ნაპრალების მიმართულებას. ფერდოს დეფორმაციებზე ჩატარებულმა დაკვირვებებმა აჩვენა,



რომ აფეთქების შემდეგ მასივში შეიძლება გამოიყოს ორი ზონა – დანაპრაღიანებისა და რყევის (ნახ. 2.1).



ნახ. 2.1 რღვევის ზონების განაწილება საფეხურის მასივში:  
I - დანაპრაღიანების ზონა; II - რყევის ზონა.

დანაპრაღიანების ზონა იწყება საფეხურის კიდიდან და ხასიათდება ქანების ინტენსიური ნაპრაღიანობით (ღია ნაპრაღების შექმნით და ცალკეული ბლოკების გადაადგილებით). აღნიშნული ზონის საზღვარი ვერტიკალური 245 მმ-მდე დიამეტრის ჭაბურღილების დროს 5-6 მ-ზეა, ხოლო დახრილი 155 მმ-მდე დიამეტრის ჭაბურღილების დროს – 3-4 მ-ზე საფეხურის ზედა კიდიდან.

დანაპრაღიანების ზონას ესაზღვრება მეორე, ე.წ. რყევითი ზონა, სადაც განვითარებას ჰპოვებს მიკრო ნაპრაღები და მცირდება ქანების სიმკვრივე. ამ ზონაში ადგილი აქვს ქანების შეკუმშვას მასივის სიღრმისკენ. მისი სიგრძე შეადგენს 15-17 და 10-12 მ-ს, შესაბამისად, ვერტიკალური და დახრილი ჭაბურღილების შემთხვევაში.

ქანების მართვადი ჩამოქცევის მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ქანების მასივისაგან მოცილებისა და გაფხვიერების მიზნით გამოყენებულ იქნეს გრავიტაციული ძალები, რაც გამორიცხავს მკაცრ დამოკიდებულებას საფეხურის სიმაღლესა და ამოსაღებ-დამტვირთავი დანადგარების პარამეტრებს შორის. ეს უზრუნველყოფს შედარებით მცირეგაბარიტიანი მანქანა-დანადგარების გამოყენებას შედარებით მაღალ საფეხურებზე, ამცირებს სატრანსპორტო ჰორიზონტებს და ზრდის სამთო სამუშაოების კონცენტრაციასა და ინტენსიფიკაციას, აგრეთვე მნიშვნელოვნად ზრდის შრომის ნაყოფიერებას და ამცირებს პროდუქციის თვითღირებულებას.

აღნიშნული ტექნოლოგიის სახესხვაობებია: ნაწილობრივი ჩამოქცევა, ვერტიკალური ბლოკების ჩამოქცევა და მაღალი საფეხურების ჩამოქცევა. კარიერის ბორტის მასივში შესუსტებული ზედაპირების არსებობის შემთხვევაში, რომლებიც უპირატესად დაქანებულნი არიან სანგრევისაკენ, მასივის დამუშავება მართვადი ჩამოქცევით თავისთავად ხელს უწყობს ამ შემთხვევაში მოსალოდნელ მეწყრებთან ბრძოლას.

ქვეგამომუშავებული საფეხურის დეფორმაცია მიმდინარეობს სამ ეტაპად:

1. დაფარული, რომლის დროსაც ადგილი აქვს მასივის მიკროგადაადგილებებს (მაგალითად, საფეხურის ზედა ნაწილში). როდესაც დეფორმაცია მიაღწევს მაქსიმალურ ზღვარს, იწყება ქანების ჩამოქცევა. კვლევებით დადგენილია, რომ ქვიშნარისა და თიხნარისათვის ზღვრული დეფორმაცია,

რომლის დროსაც ხდება ქანების ჩამოქცევა, შეადგენს 200-250 მმ-ს. ხოლო დეფორმაციის სიჩქარე – 150-170 მმ/დღ. დეფორმაციით მოცულ ზონას აქვს 17-18 მ სიგანე და 25-30 მ საფეხურის სიმაღლე.

2. აქტიური, რომელიც იწყება სრიალის (დაძვრის) ზედაპირის ფორმირებით და მთავრდება საფეხურის ჩამოქცევით. ამ სტადიაზე მასივი იძვრის გაცილებით სწრაფად. მასივის გადაადგილების სიჩქარე უშუალოდ ექსკავატორის სანგრევში არ აღემატება 3 მ/დღ.
3. მიღევადი ეტაპი განპირობებულია იმით, რომ ქანის ამოღება ხდება დამეწერილი მასივიდან ექსკავატორით. საფეხურის ფერდოს საერთო კუთხე ქანის ამოღებასთან ერთად უახლოვდება ზღვრულს, რაც იწვევს საფეხურის წონასწორობის დარღვევას და მის ჩამოქცევას. საფეხურის შემდგომი რღვევა დროებით ჩერდება. ექსკავატორის მიერ ჩამოქცეული ქანების გარკვეული ნაწილის აღების შემდეგ ხდება ახალი ჩამოქცევა და ა.შ.

მეოთხეული ქვიშებისა და თიხნარებისთვის თუ საფეხურის სიმაღლე არ აღემატება 25-30 მ-ს, ჩამოქცეული პრიზმის სიგანე შეადგენს 0,28-0,30 H-ს, ხოლო დარჩენილი ჩამოქცეული ქანების მოცულობა, რომლის დროსაც ხდება ახალი ჩამოქცევა, შეადგენს 0,5-0,6 V-ს. სადაც V არის მეწერული მასის პირველადი მოცულობა.

### 2.3.5. მიწისქვეშა გვირაბების გავლენა ფერდოს მდგრადობაზე

პრაქტიკაში ცნობილია ე.წ. კომბინირებული დამუშავების (მიწისქვეშა და ღია წესით ერთდროული დამუშავება) წესი, რომელიც იყოფა სამ ჯგუფად:

- თავდაპირველად დამუშავება მიმდინარეობს ღია წესით და შემდეგ გადადიან მიწისქვეშა დამუშავებაზე (მაგ. დეგტიარის, ტყიბულისა და სხვა საბადოები);
- თავდაპირველად გამოიყენება მიწისქვეშა დამუშავება, შემდეგ კი გადადიან ღია დამუშავებაზე (მაგ., „უგოლნი რუჩი“ – ნორილსკი-1, „იუნაიტედ ვერდე“-აშშ და სხვა);
- ერთდროულად მიმდინარეობს ღია და მიწისქვეშა წესით დამუშავება (მაგ., „მედვეჟი რუჩი“ – ნორილსკი-1, „ერტბურგ“ – ავსტრია და სხვა).

კომბინირებული დამუშავების დროს, როგორც წესი, ზედა ჰორიზონტების დამუშავება ხდება ღია, ხოლო ქვედა ჰორიზონტებისა–მიწისქვეშა წესით. სამუშაოები მიმდინარეობს საბადოს სართულებად დაყოფის შემდეგ.

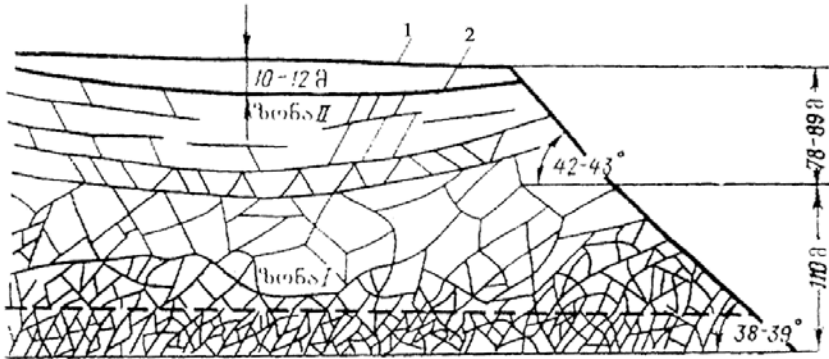
სავსებით ცხადია, რომ მიწისქვეშა გვირაბების გავლენა კარიერებზე განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს. ამასთან დაკავშირებით, გარკვეულ ინტერესს წარმოადგენს ის მონაცემები, რომლებიც დაგროვდა მიწისქვეშა დამუშავების კარიერებზე ზეგავლენის შესახებ. მაგალითად, ლითონიანი მადნეულის

საბადოების მიწისქვეშა დამუშავების დროს ე.წ. ბლოკური ჩამოქცევით, დადგენილია, რომ:

- ზედაპირის მაქსიმალური დაწვევა (დაჯდომა) შეადგენს ბუდობის 1/3-1/2 სიდიდეს;

- ზედაპირზე ნაპრალები წარმოიქმნება თანდათანობით და მისი სიგანე აღწევს 1-2 მ-ს.

- თავდაპირველად ჩამოქცევა გამომუშავებული ბუდობის ჭერი მსხვილ ბლოკებად 30-35 მ-ის სისქეზე (დაახლოებით ბუდობის სისქეზე), შემდეგ ჩამოქცევა გრძელდება 100 მ სიმაღლემდე (ბუდობის სისქის 3-4 ჯერად სიდიდემდე). ამის შემდეგ ხდება ზემდებარე ქანების ჩალუნვა ჩამოქცევის ზონაში (I ზონა) და არსებული ქანების რამდენადმე შემჭიდროება. ამასთან, ქანების გაფხვიერების კოეფიციენტი შეიძლება მერყეობდეს 1,05-1,10 ფარგლებში. ჩალუნვის ზონაშიც (II ზონა), ცხადია, ხდება ქანების დანაპრალიანება. ქანების დეფორმაციის გამარტივებული სურათი მოცემულია ნახაზზე 2.2 საბადოს მიწისქვეშა დამუშავების დაწყებამდე ზედაპირის კონტურია „1“, ქანების ძვრის პროცესის ბოლოს ზედაპირი დებულობს „2“ მდგომარეობას. მასივის სტრუქტურა კარიერის იმ უბნებში, რომლებიც მოხვდებიან მიწისქვეშა დამუშავების გავლენის სფეროში, თავდაპირველი სტრუქტურისაგან განსხვავდება რამდენადმე გაზრდილი ნაპრალიანობით.



ნახ. 2.2. ქანების მასივი გამომუშავებული სივრცის თავზე ძვრის პროცესის დამთავრების შემდეგ: 1 - მიწის ზედაპირის მდგომარეობა ძვრის პროცესის დაწყებამდე; 2 - იგივე, ძვრის პროცესის დამთავრების შემდეგ.

მიახლოებით შეიძლება მივიღოთ, რომ თუ დამუშავებული ფენის (ბუდობის) სისქე აღწევს 20 მ-ს, მაშინ ჩამოქცევის ზონის სიმაღლე მიაღწევს  $\approx 10$  მ-ს, ხოლო ჩალუნვის ზონის სიმაღლე 90 – მ-ს. მკვეთრი საზღვარი აღნიშნულ ზონებს შორის არ არსებობს.

კარიერის ბორცის მდგრადობის ანგარიშის დროს მიახლოებით შეიძლება მივიღოთ, რომ ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლები ზედა ზონაში ახლოსაა ანალოგიურ მონაცემებთან ხელუხლებელ მასივში. მოსალოდნელი შეცდომების კომპენსაცია, ქანების სიმტკიცის შემცირების გამო, შესაძლებელია მდგრადობის კოეფიციენტის გაზრდის ხარჯზე. ქვედა ზონაში მოხვედრილი ქანების მდგრადობა განისაზღვრება შიდა წინააღობის კუთხით მასივში ( $\varphi''$ ) და შედარებით ნაკლებად – შეჭიდულობით ( $C''$ ). ეს მაჩვენებლები შეიძლება

მიღებულ იქნეს ნაყარისათვის დამახასიათებელი მაჩვენებლების ანალოგიურად.

ამრიგად, კარიერის ბორტის მდგრად კონტურს კომბინირებული (მიწისქვეშა-ღია) დამუშავების დროს ექნება ჩაზნექილი ფორმა, დამრეცი – ქვედა ნაწილში და უფრო ციცაბო – ზედა ნაწილში.

### **3. საფეხურის (ნაყარის) მდგრადობის ანგარიში**

#### **3.1. საწყისი მონაცემები ანგარიშისათვის**

**გეოლოგიური აღნაგობა (წყობა).** საკარიერო ველის ფარგლებში გამოიყოფა ერთგვაროვანი უბნები და ყოველი მათგანისათვის აიგება განივი ჭრილი, რომლებზეც დაიტანება შრეების მდგომარეობა, დაძვრის პოტენციალურად საშიში სიბრტყეები და საკუთრივ კარიერის კონტური. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს სუსტი კონტაქტების გამოყოფას, მსხვილ ტექტონიკურ რღვევებს და სუსტ შრეებს.

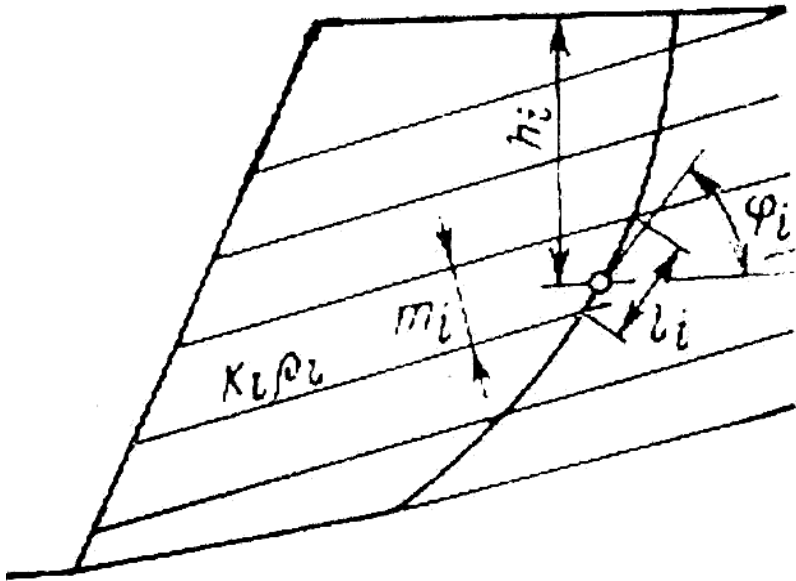
**ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.** ქანების სიმკვრივის (სიმტკიცის) ძირითადი საანგარიშო მაჩვენებლებია. ზღვრული წინაღობის მრუდები დაძვრაზე და ხანგრძლივი სიმტკიცის მრუდები (მუდმივი ბორტებისათვის), რომლებიც ხასიათდებიან შეჭიდულობითა და შიდა ხახუნის კუთხით, განისაზღვრება ლაბორატორიული ან ნატურალური გამოცდის შედეგად, ბორტის ქანების ლითოლოგიურ სახესხვაობათა მიხედვით.

მდგრადი ფერდის პარამეტრების განსაზღვრის დროს საჭიროა ვიცოდეთ ძვრის (სრიალის) სიბრტყის

გასწვრივ გაშუალდებული მონაცემები ფიზიკურ თვისებებზე (ნახ. 3.1). კერძოდ, ქანების სიმკვრივე

$$\gamma_{საშ} = \frac{\gamma_1 m_1 + \gamma_2 m_2 + \dots + \gamma_i m_i}{m_1 + m_2 + \dots + m_i}, \quad (3.1)$$

სადაც  $\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_i$  ქანის ცალკეულ სახესხვაობათა სიმკვრივეებია;  $m_1, m_2 \dots m_i$  – ქანების სისქე ჩამოქცევის პრიზმის ფარგლებში.



ნახ. 3.1. ქანის თვისებების საშუალოდ შეწონილი მნიშვნელობების განსაზღვრა მდგრადობის გამოსათვლელად



შიგა ხახუნის კუთხე

$$tgp_{\text{საშ}} = \frac{tgp_1\sigma_1l_1+tgp_2\sigma_2l_2+\dots+tgp_i\sigma_il_i}{\sigma_1l_1+\sigma_2l_2+\dots+\sigma_il_i} \quad (3.2)$$

სადაც  $p_1, p_2, \dots, p_i$  ქანების სახესხვაობათა შიგა ხახუნის კუთხეებია;  $\sigma_1, \sigma_2 \dots \sigma_i$  – ნორმალური ძაბვები კუმშვაზე;  $l_1, l_2 \dots l_i$  – სრიალის სიბტყეში ქანების სახესხვაობათა სიგრძეები.

ქანების შეჭიდულობა

$$K_{\text{საშ}} = \frac{k_1l_1+k_2l_2+\dots+k_il_i}{l_1+l_2+\dots+l_i}, \quad (3.3)$$

სადაც  $k_1, k_2, \dots, k_i$  ცალკეული ქანების შეჭიდულობაა.

ძვრის სიბრტყის გასწვრივ ქანებზე მოსული ნორმალური დაძაბულობა შეიძლება განვსაზღვროთ ფორმულით:

$$\sigma_i = \gamma_{\text{საშ}} \sum h'_i \cos^2 \varphi_i, \quad (3.4)$$

სადაც  $h'_i$  არის შრის სისქე ელემენტარული ბლოკის ფარგლებში, რომელიც ეყრდნობა ძვრის სიბრტყის  $i$ -ური შრის ფარგლებში;  $\varphi_i$  – ძვრის სიბრტყეს დახრის კუთხე საძიებო (i) შრის ფარგლებში.

თითოეული შრის შეჭიდულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_i = \frac{k_i - k_i'}{1 + a \ln m_i \omega} \quad (3.5)$$

სადაც  $k_i$  არის ქანის შეჭიდულობა ნიმუშში, პა;  $k_i'$  – ქანის  $i$ -ური შრის ბზარებს შორის შეჭიდულობა, პა;  $\omega$  – ბზარიანობის საშუალო ინტესივობა (ბზარების საშუალო რაოდენობა, რომელიც მოდის 1 მ-ზე,  $i$ -ური შრის ფარგლებში, 1/მ;  $a$  – კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ღია ბზარიანობის ხარისხსა და ნიმუშში შეჭიდულობაზე.

ქანების მასივის შეჭიდულობა დანაპრალიანებული ქანების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად განსხვავდება ნიმუშების გამოცდის დროს მიღებული მონაცემებისაგან, ამიტომ, მასივის შეჭიდულობის ძალა შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს გამოსახულებით:

$$K_{i\partial\partial} = K_{i\text{ნოშ}} \cdot \lambda, \quad (3.6)$$

სადაც  $\lambda$  არის სტრუქტურული შესუსტების კოეფიციენტი და მიიღება მასივის დანაპრალიანების ხარისხის მიხედვით  $\lambda=0,3-0,8$ -ის ფარგლებში;  $K_{i\text{ნოშ}}$  – ნიმუშის შეჭიდულობის ძალა და მიიღება ქანების ლითოლოგიური შემადგენლობის მიხედვით (ცხრილი 3.1).

ცხრილი 3.1

N	ქანების სახესხვაობა	შეჭიდულობა მონოლითში; $10^6$ პა	კოეფიციენტი; $\alpha$
1	ქვიშა-თიხოვანი სუსტად შემკვრივებული ქანები	0.39-0.83	0.5
2	ქვიშა- თიხოვანი შემკვრივებული ქანები	4.9-7.85	2
3	მაგარი, დაშრევებული ქვიშა - თიხოვანი ქანები	9.81-14.71	3
4	მაგარი, მასიური ქანები ნორმალური ნაპრაღიანობით	29.42 და მეტი	7
5	მაგარი, ამონთხეული ქანები ირიბი ნაპრაღიანობით	19.61 და მეტი	10

**ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორები.** განივ ჭრილებზე უნდა დავიტანოთ მიწისქვეშა წყლების დონეები, განისაზღვროს წყლის მოდენის კოეფიციენტი (ფილტრაციის კოეფიციენტი), მოდენილი წყლის ნაკადი და სხვა. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს კარიერის ძირში დაწნევის ჰორიზონტის არსებობას.

საკონტაქტო შრეების ან სტრუქტურული რღვევების წყალშემცველობა, მათში გაჯირჯევისადმი მიდრეკილი ქანების არსებობის დროს, გათვალისწინებული უნდა იქნეს კონტაქტებში შიგა ხახუნის კუთხის საანგარიშო მაჩვენებლების შემცირების გზით.

**კლიმატური ფაქტორები.** ანგარიშში პირდაპირ გვიხდება ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის გათვალისწინება. კარიერის ფერდოს მდგრადობის გაზრდის მიზნით, ჩვეულებრივ, ცდილობენ ნალექებით გამოწვეული ზედაპირული წყლები დაიჭირონ და გადადენონ სხვა მიმართულებით, კონტურს გარეთ. გამყინვარების რეჟიმი კი გათვალისწინებულია საკუთრივ გაყინული ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით.

**სამთო-ტექნიკური ფაქტორები.** ანგარიშში აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს გამოყენებული მანქანა-დანადგარების მასა და დინამიკური დატვირთვები, აგრეთვე ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე.

**სეისმური ფაქტორები.** ანგარიშში გათვალისწინებულია ამ მოვლენისათვის დამახასიათებელი სეისმური აჩქარება.

### 3.2. მარაგის კოეფიციენტი კარიერის მდგრადობის განსაზღვრისას

კარიერის ფერდოს მდგრადობის ხარისხი, ჩვეულებრივ, ფასდება შემკავებელი და მძვრელი ძალების ფარდობით, რომელსაც უწოდებენ მდგრადობის კოეფიციენტს:

$$\eta = \frac{tgp \sum_{i=1}^n N_i + KL}{\sum_{i=1}^n T_i}, \quad (3.7)$$

სადაც  $tgp$  შიგა ხახუნის კუთხეა;  $N_i$  – ნორმალური ძალა  $i$ -ურ ფართობზე;  $T_i$  – მხები ძალა  $i$ -ურ ფართობზე;  $K$  – შეჭიდულობა;  $L$  – ძვრის სიბრტყის სიგრძე.

ამჟამად მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდები საანგარიშო კოეფიციენტის დასადგენად ფაქტობრივად არ არსებობს. ამიტომ, მარაგის გათვალისწინების მიზნით, ეს გარემოება ასახულია ქანების სიმტკიცის (სიმაგრის) მახასიათებლებში მათზე არსებული მონაცემების გაზრდის ხარჯზე; კერძოდ, მიჩნეულია, რომ მოსალოდნელმა ცდომილებამ, საწყისი მონაცემების მცდარი შერჩევის გამო, შეიძლება მიაღწიოს: ქანების სიმტკიცის მიხედვით – 7-8%-ს, დროის ფაქტორის მიხედვით 20-30%-ს, დანაპრალიანება მცდარი ინტერპრეტაციით – 35-40%-ს, მანქანა-დანადგარებისა და ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების დინამიკური დატვირთვების მიხედვით 15-20%-ს და სხვა. ბუნებრივია აღნიშნული ფაქტორებისათვის დამახასიათებელი კოეფიციენტების შესაბამისი სიდიდით გაზრდის შედეგად თავისთავად შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ანგარიში მდგრადობაზე ჩატარებულია სათანადო მარაგით.

### 3.3. კარიერის მდგრადობის გათვლის საინჟინრო მეთოდები

#### 3.3.1. საერთო ცნობები

როგორც ცნობილია, ფხვიერ-ბმულ (ფხვიერ-შეკრული) გარემოს ზღვრული წონასწორობის ძირითად პირობას წარმოადგენს:

- მძვრელი და შემკვრელი მომენტების ტოლობა სრიალის რკალის ცენტრის მიმართ:

$$\sum M_{\theta\theta} = \sum M_{\theta\theta}^0; \quad (3.8)$$

- მძვრელი და შემკავებელი ძალების ჰორიზონტალური მდგენელების პროექციის ტოლობა:

$$\sum P_x = 0; \quad (3.9)$$

- მძვრელი და შემკავებელი ძალების ვერტიკალური მდგენელების ტოლობა:

$$\sum P_y = 0. \quad (3.10)$$

მაგრამ აღნიშნული პირობები საინჟინრო გათვლებში ნაწილობრივ ვერ სრულდება. ამიტომ, საინჟინრო გათვლების დროს გამოიყენება რიგი კერძო დასკვნებისა ზღვრული, დაძაბული მდგომარეობის თეორიიდან. გარდა ამისა, ითვალისწინებენ მასივის სტრუქტურის თავისებურებებს, წყალშემცველობას და სხვა ფაქტორებს.

### 3.3.2. ფერდოს მდგრადობის შეფასება სრიალის ბრტყელი ზედაპირის დროს

თუ საფეხური შედგება ერთგვაროვანი ქანებისაგან, ფერდოს საორიენტაციო ანგარიშისთვის პროფ ა. მ. ციმბარევიჩი სრიალის სიბრტყეს თვლის ბრტყელ სიბრტყედ, რომელიც დახრილია ჰორიზონტისადმი  $\theta$

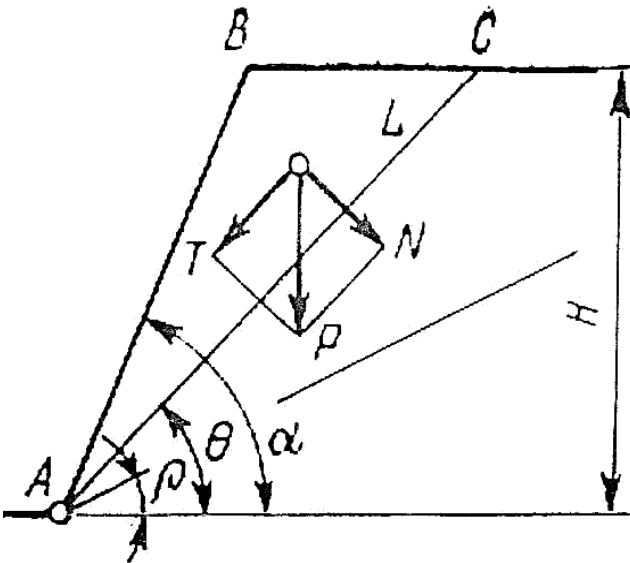
კუთხით (ნახ 3.2). ზღვრული წონასწორობის მომენტისათვის ABC პრიზმის წონის P-ს.

ტანგენციალური მდგენელი T ტოლი იქნება AC სიბრტყის გასწვრივ არსებული შეჭიდულობისა და ხახუნის ძალების ჯამის:

$$P \sin \theta = \overline{KAC} + P \cos \theta \tan p, \quad (3.11)$$

სადაც P არის ABC პრიზმის მასა;  $p$  – შიგა ხახუნის კუთხე, გრად.; ABC პრიზმის მასა

$$P = \gamma \frac{\overline{AB \cdot AC}}{2} \cdot \sin(\alpha - \theta). \quad (3.12)$$



ნახ. 3.2 დაფერდების გამოთვლის სქემა სრიალის ბრტყელი ზედაპირის დროს

$AB = \frac{H}{\sin\alpha}$ . ჩავსვათ  $\overline{AC}$ -ს მნიშვნელობა (3.11) ფორმულიდან 3.12 ფორმულაში და ამოვხსნათ უტოლობა  $\frac{k}{\gamma}$ -ს (შეჭიდულობის კოეფიციენტის) მიმართ.

$$\begin{aligned} \overline{AC} &= \frac{P(\sin\theta - \cos\theta \operatorname{tg} p)}{K} \\ P &= \gamma \frac{H \cdot P(\sin\theta - \cos\theta \operatorname{tg} p) \cdot \sin(\alpha - \theta)}{\sin\alpha \cdot K \cdot 2} \\ \frac{K}{Y} &= \frac{H(\sin\theta - \cos\theta \frac{\sin p}{\cos p}) \sin(\alpha - \theta)}{2 \sin\alpha} = \frac{H(\sin\theta \cos p - \cos\theta \sin p) \sin(\alpha - \theta)}{2 \sin\alpha \cos p} = \\ H \frac{\sin(\theta - p) \cdot \sin(\alpha - \theta)}{2 \sin\alpha \cos p} & \quad (3.13) \end{aligned}$$

აღვნიშნოთ  $\alpha - \theta = \alpha_1 - p$ , საიდანაც  $\theta = \alpha - \alpha_1$ , მაშინ

$$\frac{k}{y} = H \frac{\sin\alpha_1 \cdot \sin(\alpha - \alpha_1 - p)}{2 \sin\alpha \cos p}. \quad (3.14)$$

$\overline{AC}$  სიბრტყის გასწვრივ შეჭიდულობის ძალა მაქსიმალურია, ე.ი  $\frac{k}{y} = \max$  მაქსიმუმის პირობიდან გამომდინარე,  $\alpha_1 = \frac{\alpha - p}{2}$ . ჩავსვათ  $\alpha_1$ -ის მნიშვნელობა (3.14) ფორმულაში, გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ:

$$H = \frac{2k \cdot \sin\alpha \cos p}{\gamma \cdot \sin^2 \frac{\alpha - p}{2}}. \quad (3.15)$$

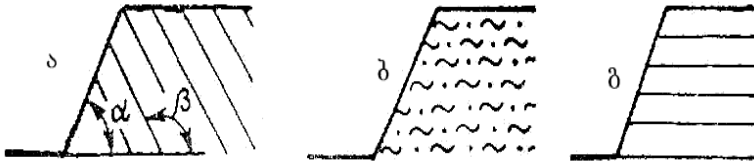


შერჩევის გზით ფერდოს მოცემული სიმაღლისათვის შეიძლება მივიღოთ  $\alpha$ -კუთხის მნიშვნელობა მაშინ, როდესაც მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი  $r=1$ . მდგრადობის გაზრდის მიზნით საჭიროა  $K$ -სა და  $p$ -ს საწყის მონაცემებში გავითვალისწინოთ მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი. თუ მივიღებთ, რომ  $\alpha=90^{\circ}$ , მაშინ:

$$H_{90} = \frac{2k \cdot \cos p}{\gamma \cdot \sin^2\left(45 - \frac{p}{2}\right)} \quad (3.16)$$

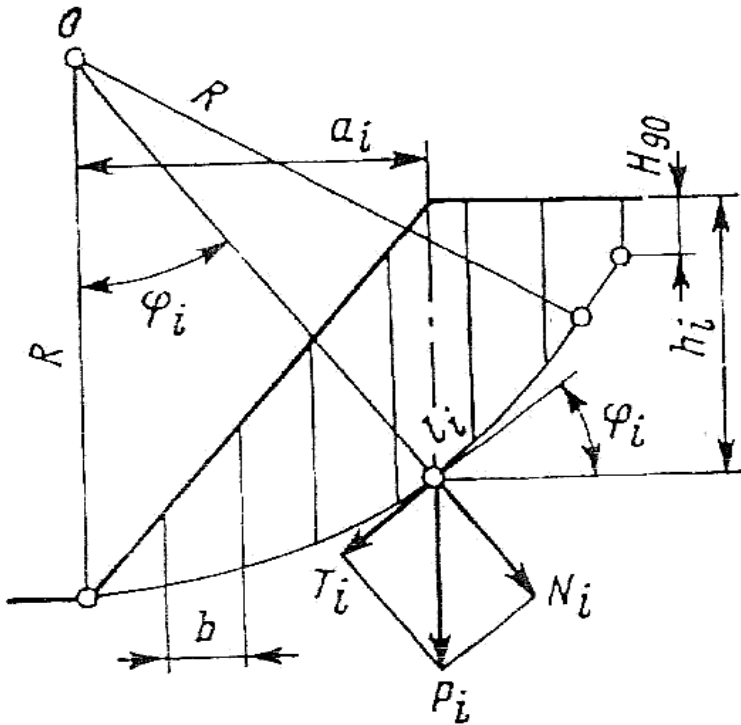
### 3.3.3. ფერდოს მდგრადობის შეფასება სრიალის (ძვრის) მრგვალ-ცილინდრული ან ნარნარა მრუდხაზოვანი ზედაპირის დროს

მრგვალ-ცილინდრული ან ნარნარა მრუდხაზოვანი ძვრის ზედაპირები, ჩვეულებრივ, შეიქმნება ერთგვაროვან ქანებში (ნახ. 3.3, ა), ჰორიზონტალური განლაგების დროს, როდესაც ქანების სიმტკიცის მახასიათებლები თანაბლია (ნახ. 3.3, ბ) და ქანების უკუდაქანების დროს მასივისაკენ (ნახ. 3.3, გ).



ნახ. 3.3. მრგვალ-ცილინდრული ან ნარნარა მრუდხაზოვანი ძვრის ზედაპირების შექმნა

ამ დროს მოძრავი მასა განიხილება როგორც, ხისტი სოლი, რომელიც გადაადგილდება ფერდოს პარალელური ღერძის ირგვლივ. ბრტყელი ამოცანის გადაწყვეტის დროს ძვრის სიბრტყე გადაიქცევა წრეწირის რკალად, ხოლო ბრუნვის ღერძი –  $O$  წერტილად (ნახ 3.4).



ნახ. 3.4. ფერდოს მდგრადობის შეფასება სრიალის მრგვალ-ცილინდრული ზედაპირის დროს

ძალთა ბრუნვის მომენტი  $M_{\partial\partial}$  ცდილობს გადასადგილებელი ქანების მასივი მოაბრუნოს O წერტილის ირგვლივ. სავსებით ცხადია, რომ

$$M_{\partial\partial} = P \cdot A, \quad (3.17)$$

სადაც  $P$  არის მოძრავი მასა (ე.წ. „ხისტი სოლის“ წონა);  $A$  – ჰორიზონტალური მანძილი ხისტი სოლის სიმძიმის ძალის ცენტრსა და ბრუნვის O ცენტრს შორის.

მოძრავი მასის გათვლის მიზნით მოსალოდნელი ძერის პრიზმას ყოფენ თანაბარი სიგანის ბლოკებად. თითოეული ბლოკის ფართი ( $S_i = h_i b$ ), გამრავლებული ქანების სიმკვრივეზე, იძლევა ბლოკის მასას,  $P_i$ -ს. ძერის პრიზმის სიგანე ბრტყელი ამოცანის გადაწყვეტის დროს მიიღება 1 მ-ის ტოლად:

$$P_i = S_i \cdot y \cdot 1 = h_i \cdot b \cdot y, \quad (3.18)$$

სადაც  $h_i$  არის  $i$ -ური ბლოკის სიმაღლე,  $b$  – ბლოკის სიგრძე,  $1$  – ბლოკის სიგანე.

ელემენტარული ბლოკის მასის მოდების ცენტრსა და ბრუნვის ცენტრს შორის მანძილი აღვნიშნოთ  $a_i$ -ით; მაშინ ბლოკის მიერ შექმნილი მომენტი იქნება

$$M_{\partial\partial i} = P_i \cdot a_i. \quad (3.19)$$

ნახაზიდან ცხადია, რომ  $a_i = R \sin \varphi_i$ ; აქედან:

$$M_{\partial\partial} = \sum_{i=1}^n M_{\partial\partial i} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot R \sin\varphi_i. \quad (3.20)$$

ცხადია, რომ  $P_i \sin\varphi_i = T_i$  წარმოადგენს ელემენტარული ბლოკის მასის მხებ მდგენელს, ამიტომ

$$M_{\partial\partial} = R \cdot \sum_{i=1}^n T_i. \quad (3.21)$$

მასის ჩამოქცევას ხელს უშლის ძვრის სიბრტყის გასწვრივ არსებული ხახუნის ძალა ( $N_i tgp$ ) და შეჭიდულობის ძალა ( $Kl_i$ ). ამრიგად, ელემენტარული ბლოკის ფარგლებში მასივის შემაკავებელი ძალა ტოლია:

$$F_{\partial\partial i} = N_i tgp + Kl_i \quad (3.22)$$

რადგან  $N_i = P_i \cos\varphi_i$ , მივიღებთ, რომ

$$F_{\partial\partial i} = P_i tgp \cos\varphi_i + Kl_i;$$

ხოლო იმ ძალების ბრუნვის მომენტი, რომლებიც ახდენენ მასივის შეკავებას:

$$M_{\partial\partial\partial} = R tgp \sum_{i=1}^n P_i \cos\varphi_i + RK \sum_{i=1}^n l_i, \quad (3.23)$$

სადაც  $R$  არის ძვრის ყველაზე საშიში სიბრტყის რადიუსი, მ.

ზღვრული წონასწორობის შემთხვევაში, ცხადია, მძვრელი და შემაკავებელი ძალების მომენტი ერთმანეთის ტოლია:

$$M_{\partial\partial} = M_{\partial\partial\partial} \quad (3.24)$$

$$\frac{\operatorname{tg} p \sum_{i=1}^n P_i \cos \varphi_i + RK \sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n P_i \sin \varphi_i} = 1 = \eta \quad (3.25)$$

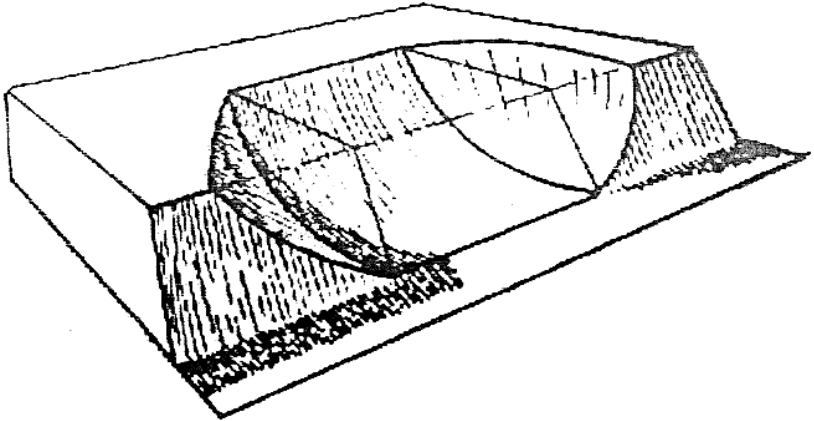
რაც წარმოადგენს (3.8) გამოსახულების ამსახველს, მასივის ზღვრული წონასწორობის დროს, აღნიშნული ძერის სიბრტყეზე. ამასთან ერთად სტატისტიკის ორი სხვა გამოსახულება, (3.9 და 3.10) არ სრულდება.

თუ მასივი იმყოფება ზღვრულამდელ მდგომარეობაში, მაშინ შემაკავებელი ძალები ჭარბობს მძვრელ ძალებს, რაც ნიშნავს, რომ მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი  $\eta > 1$ ; ამ შემთხვევაში არ სრულდება სტატისტიკის სამივე (3.8, 3.9 და 3.10) პირობა.

ზემოთ ვეულისხმობდით, რომ ერთგვაროვანი სამთო მასის დაძვრა ხდება მრგვალ-ცილინდრული ზედაპირის გასწვრივ. ფაქტობრივად ეს ზედაპირი უფრო რთულია. ჩამოცურება, ჩვეულებრივ, ხდება არა მთელი ფერდოსი, არამედ მისი ნაწილის, რომელიც შესუსტებულია. ჩამოქცევის სიბრტყე შედგება ძერის აქტიური სიბრტყისადა გვერდების მრუდხაზოვანი სიბრტყეებისაგან (ნახ 3.5).

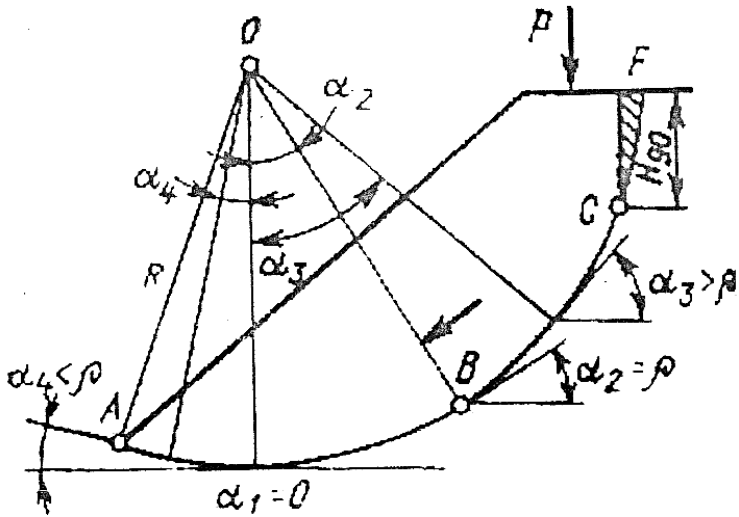
ანგარიშებში ძერის ყველაზე საშიშ ზედაპირად თვლიან რკალს, რომელიც შემოიხაზება O ცენტრიდან R რადიუსით (ნახ 3.6). სასარგებლოა ვიცოდეთ, რომ ნებისმიერი დატვირთვა სრიალის მრუდის უბანზე სადაც  $\alpha > p$  იწვევს ფერდოს მდგრადობის შემცირებას (უბანი BCF); როდესაც  $\alpha = p$ , უზრუნველყოფილია ნეიტრალური მდგომარეობა (წერტილი B), ხოლო

როდესაც  $\alpha > p$ , ფერდოს მდგრადობა იზრდება. ამრიგად, ყველაზე არახელსაყრელმა ძერის (სრიალის)



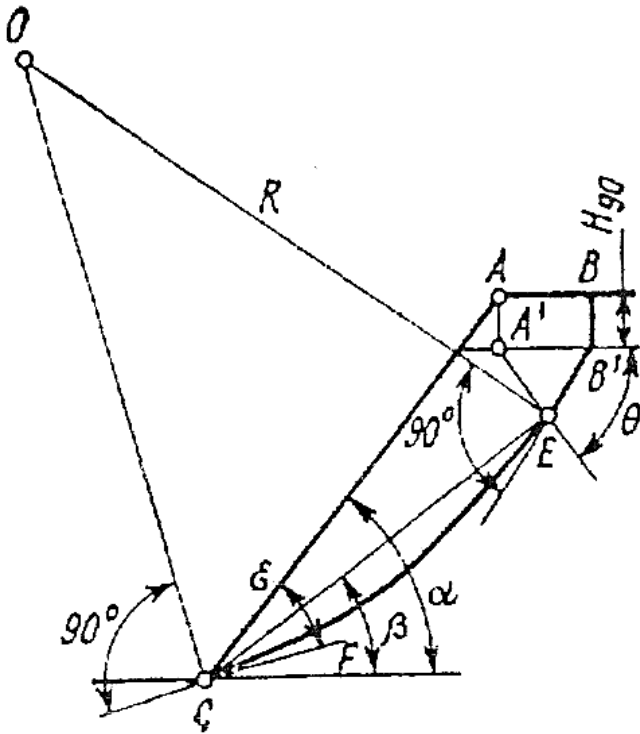
ნახ. 3.5. სრიალის ზედაპირის ფორმა მეწყერის დროს

სიბრტყემ BCF უბანზე უნდა წაიტაცოს ქანების ყველაზე დიდი, ხოლო BA უბანზე – ყველაზე მცირე მოცულობები. შეჭიდულობის ძალის ( $k$ ) შემცირებასთან ერთად სიმრუდის რადიუსი იზრდება, ხოლო როდესაც  $k=0$ , მიისწრაფვის უსასრულობისაკენ. ამავე დროს, ძერის ზედაპირი მიისწრაფვის სიბრტყისაკენ, რომელიც დაქანებულია შიგა ხახუნის კუთხის ტოლი სიდიდით. ამასთან, ფერდო ცდილობს მიიღოს ვერტიკალური მდგომარეობა საფეხურის ნებისმიერი სიმაღლისას.



ნახ. 3.6. საანგარიშო სქემა სრიალის მრგვალ-ცილინდრული ზედაპირის დროს

ყველაზე საშიში ძვრის სიბრტყეების დასადგენად სარგებლობენ სხვადასხვა ავტორის რამოდენიმე მეთოდით. ამასთან, შემუშავებულია ძვრის ცილინდრული ზედაპირის აგების გამარტივებული ხერხი, რომელიც იძლევა საკმაოდ კარგ შედეგს. მისი არსი მდგომარეობს შემდეგში (ნახ. 3.7): განისაზღვრება  $H_{90}$ -ის მნიშვნელობა და საფეხურის ზედა კიდიდან (A) გაიყვანება ვერტიკალი AA'. A' წერტილიდან  $\theta = \frac{\varphi}{2} + 45^\circ$  კუთხით გაატარებენ სწორ ხაზს, ხოლო საფეხურის ქვედა კიდიდან C წერტილიდან  $\beta = \frac{\alpha + p}{2}$  კუთხით გაატარებენ სწორ ხაზს (CE) A'E-ს გადაკვეთამდე. სწორედ E წერტილიდან გაატარებენ მრუდ BB'E-ს AA'E მრუდის სიმეტრიულად.



ნახ. 3.7. სრიალის მრგვალ-ცილინდრული ზედაპირის აგების გამარტივებული სქემა

ფერდოს ძირში აგებენ კუთხეს  $\varepsilon = 45^\circ - \frac{\rho}{2}$  და C და E წერტილებში გაატარებენ CF და B'E მონაკვეთების პერპენდიკულარებს ერთმანეთის გადაკვეთამდე O წერტილში, საიდანაც R რადიუსით შემოიხაზება რკალი CE; BB' EC წარმოადგენს სწორედ ძვრის ზედაპირს;



### 3.3.4. კარიერის ბორტის (ქიმის) პარამეტრების განსაზღვრა ჰორიზონტალური ან მცირედ დაქანებული დაშრევებული ქანების დროს

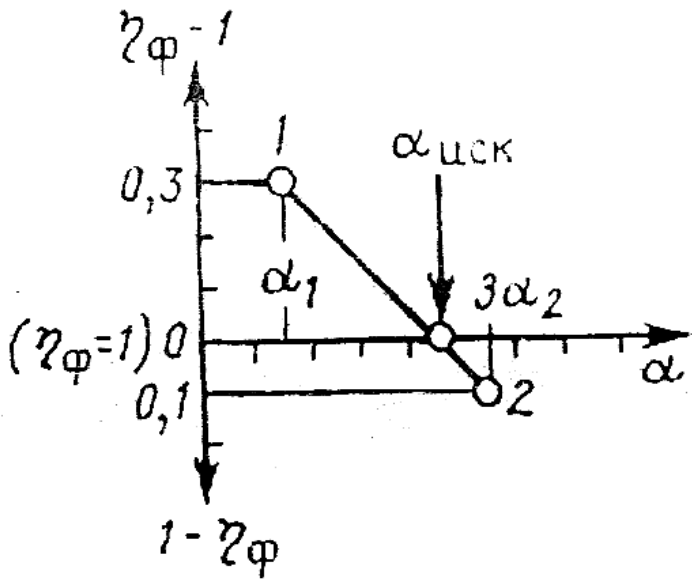
დასაწყისში განსაზღვრავენ,  $k_{საშ}$ ,  $p_{საშ}$ ,  $\gamma_{საშ}$  პარამეტრების საშუალო შეწონილ მნიშვნელობებს. მარაგის კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობების მხედველობაში მიღებით განსაზღვრავენ საანგარიშო მახასიათებლებს:

$$H_{90}; k_{საან} = \frac{k_{საან}}{\eta_{საშ}}; \text{tg}p_{საან} = \frac{\text{artgp}_{საშ}}{\eta_{საან}}; \gamma_{საან} = \gamma_{საშ}. \quad (3.26)$$

შესაძლებელია გაანგარიშების ორი ვარიანტი. ერთ შემთხვევაში ცნობილია კარიერის სიღრმე (H), საჭიროა განისაზღვროს კარიერის ბორტი, მეორე შემთხვევაში ცნობილია ფერდოს დახრის კუთხე, უნდა განისაზღვროს მისი მდგრადი სიმაღლე.

დასაწყისში განისაზღვრება ფერდოს დაყვანილი სიმაღლე  $H_{\varnothing} = HH_i$ ; შემდეგ ღებულობენ გადაწყვეტილებას ბორტის პროფილის შესახებ. ამის შემდეგ ერთ-ერთი ცნობილი მეთოდით განსაზღვრავენ ყველაზე საშიში ძერის ზედაპირის მდგომარეობას, რომლის დროსაც  $\eta_{\varnothing} \rightarrow \min$ . საჭიროა განისაზღვროს ფერდოს პროფილი, რომლის დროსაც  $\eta_{\varnothing} = 1$ . თუ ანგარიშის შედეგად მივიღებთ, რომ  $\eta_{\varnothing} < 1$ , მაშინ საჭიროა ფერდო უფრო დამრეცი გაეხადოთ და ხელახლა ავაგოთ ძერის ზედაპირი, აგრეთვე, განვსაზღვროთ მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი. თუ  $\eta_{\varnothing} > 1$ , მაშინ გადაწყვეტილებას

ღებულობენ გრაფიკულად (ნახ. 3.8). ორდინატთა ღერძზე გადაზომავენ  $\eta_{\text{ფ}}=1$ , ხოლო აბსცისთა ღერძზე – კუთხეს ( $\alpha$ ). ავაგებთ რა ორ წერტილს (1 და 2), შევადერთებთ მათ სწორი ხაზით და გავიგებთ აბსცისთა ღერძზე საძიებო წერტილს (3), რაც, ფაქტობრივად, გვაძლევს  $\alpha$ -ს საძიებო მნიშვნელობას.

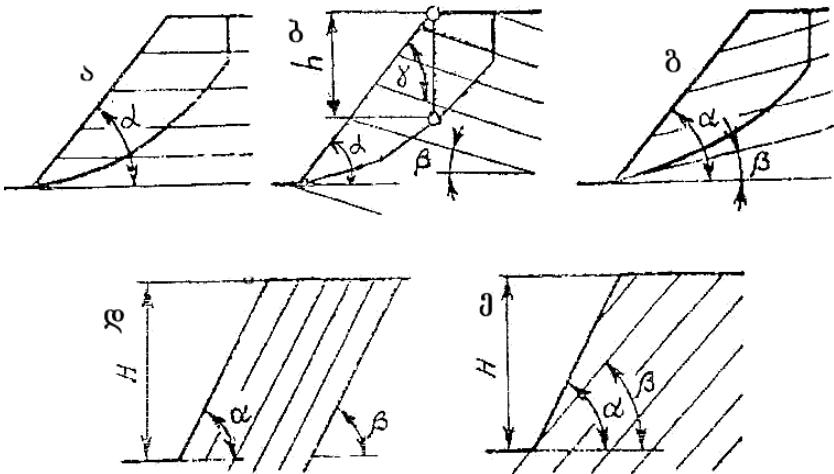


ნახ. 3.8. დახრის კუთხის განსაზღვრა

### 3.3.5. ფერდოს მდგრადობის ანგარიში შესუსტებული ზედაპირების არსებობისას

მასივის შრეობრივი აღნაგობის დროს შრეებს შორის კონტაქტები შეიძლება აღმოჩნდეს შესუსტებული. ზედაპირის ჩამოსაყალიბებლად, თუ კონტაქტებზე შიგა ხახუნის კუთხე ( $\rho$ ) და შეჭიდულობა ( $K'$ ) მნიშვნელოვნად ნაკლებია ვიდრე ქანების შრეებში.

თუ შრეები ჰორიზონტალური ან მცირედ დაქანებულია, მაშინ ძვრის ზედაპირი შეიძლება ჩაითვალოს, როგორც ცილინდრული კონფიგურაციის და ანგარიში გაწარმოთ შემდეგნაირად (ნახ. 3.9):



ნახ. 3.9. შრეების ჰორიზონტალური, დახრილი და კარიერის მხარეს დამრეცი დაქანების სქემები

- შრეების ჰორიზონტალურ განლაგების შემთხვევაში (ნახ. 3.9, ა) P და K საშუალო შეწონილი მნიშვნელობებით მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტის გათვალისწინებით;

- შრეების დამრეცი, მასივისაკენ დაქანების შემთხვევაში (ნახ. 3.9, ბ), როდესაც ფერდისა და შრეების დაქანებას შორის კუთხე  $\alpha < 90^0 < \varphi$  ( $\varphi$  ძვრის კუთხეა კონტაქტში):

$$\varphi' = \arctg \left( tgp'_{საან} + \frac{k'_{საან}}{\sigma_{საშ}} \right), \quad (3.27)$$

სადაც  $p'_{საან}$  დაშრეების სიბრტყეში შიგა ხახუნის კუთხის საანგარიშო მნიშვნელობაა:

$$p'_{საან} = \frac{\arctg'}{\eta_{საან}}; \quad (3.28)$$

$k'_{საან}$  - შეჭიდულობის საანგარიშო მნიშვნელობა დაშრეების ზედაპირზე;

$\sigma_{საშ}$  - ნორმალური დაძაბულობის საშუალო სიდიდე განხილულ კონტაქტში:

$$\sigma_{საშ} = \frac{1}{2} \arctg p^2 \beta, \quad (3.29)$$

სადაც:  $\beta$  კონტაქტების დახრის კუთხე ჰორიზონტთან;  $h$  - ძვრის ზედაპირზე ყველაზე დაძაბული წერტილის განლაგების სიღრმე;

- შრეების დამრეცი დაქანების დროს კარიერის მხარეს (ნახ. 3.9, გ), როდესაც  $\alpha > \beta$ , ხოლო  $\beta < 15 < 20^0$ , ანგარიში შრეების კონტურებზე წარმოებს და პარამეტრების მიხედვით;

- თუ  $\beta > 15 - 20^0$  და  $\beta > p$ , მაშინ, ხშირად ფერდოს ათავსებენ კონტაქტის სიბრტყეების გასწვრივ. ე. ი.,  $\alpha = \beta$  (ნახ. 3.9 დ). მდგრადი ფერდოს სიმაღლე:

$$H = H_{90} \left( \frac{1}{1 - ctg \alpha tg \varphi'_{საან}} \right), \quad (3.30)$$

სადაც  $\varphi'_{საან}$  შრეების კონტაქტებში ძვრის კუთხე, განისაზღვრება 3.27 ფორმულით;

- მდგრადი ფერდოს სიმაღლე, როდესაც  $\alpha > \beta$  (ნახ. 3.9, ე) და ხდება დაშრეების სიბრტყის გადაკვეთა ფერდოთი, განისაზღვრება ფორმულით:

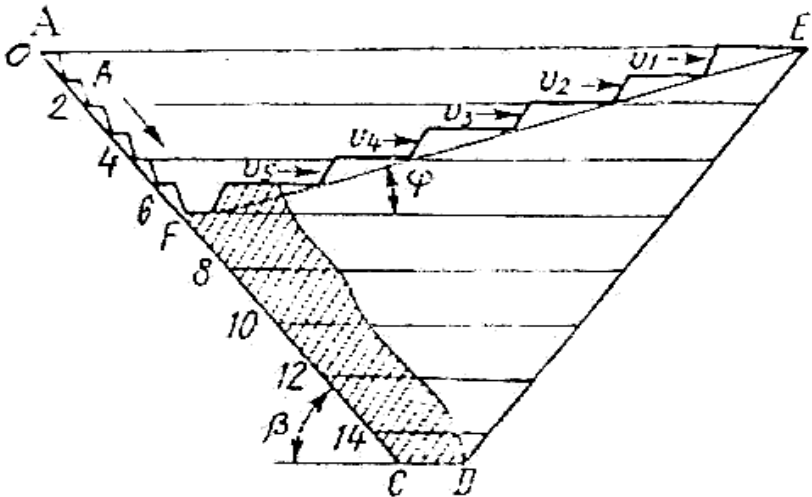
$$H = \frac{2k'_{საან} \cdot \sin \alpha \cdot \cos p'_{საან}}{\gamma \cdot \sin(\alpha - \beta) \sin(\beta - p')}, \quad (3.31)$$

სადაც  $\gamma$  ქანების ხვედრითი წონაა.

რამდენიმე შესუსტებული სიბრტყის არსებობის დროს ყველაზე მეტად დაძაბული ზედაპირი ემთხვევა შესუსტებულ სიბრტყეებს და განიკვეთში აქვს ტეხილი ხაზის ფორმა.

### 3.3.6. დროის ფაქტორის გავლენა ფერდოს მდგრადობაზე

ეს ფაქტორი მეტად მნიშვნელოვანია, რადგან ფერდოს მდგრადობაზე ინტენსიურად მოქმედებს ატმოსფერული ფაქტორები (ტემპერატურა, ნალექები, ქარი), მუდმივი აფეთქებები, სატრანსპორტო საშუალებებით გამოწვეული დინამიკური დატვირთვები და სხვა. ამასთან, ქანები, როგორც დრეკად-პლასტიკური მასივი, განიცდის დეფორმაციებს, რომელიც ვითარდება დროში. და, ბოლოს, დროის ფაქტორი იწვევს კარიერის სიდრმის გაზრდას და ეს, თავის მხრივ, ზრდის არასამუშაო ფერდოს სიმაღლეს დროში, რაც, ცხადია, გათვალისწინებული უნდა იქნეს დაპროექტების დროს (ნახ. 3.10).



ნახ. 3.10. კარიერის დროში განვითარების სქემა

აღნიშნული კარიერის ზედა ნაწილი უნდა ინარჩუნებდეს მდგრადობას კარიერის არსებობის მთელი დროის (T) განმავლობაში, სულ ქვედა ნაწილი კი – მხოლოდ საფეხურის არსებობის პერიოდში (1-დან რამდენიმე წლამდე); მოპირდაპირე კიდე კი უნდა არსებობდეს კარიერის ვადის ნახევრის განმავლობაში, რადგან მისი ფორმირება დაიწყება მაშინ, როდესაც კარიერი ჩაღრმავდება F წერტილამდე (ნახევარ სიღრმეზე). საკვებით ცხადია, რომ კარიერის ბორცის მდგრადობის კოეფიციენტი უნდა იზრდებოდეს სიღრმის ზრდასთან ერთად. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ სიღრმის გაზრდასთან ერთად შეიცვლება როგორც შეჭიდულობის კოეფიციენტი, ისე შიგა ხახუნის კუთხე რაღაც მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე. თუ მხედველობაში მივიღებთ მის საშუალო მნიშვნელობას, მაშინ ერთ შემთხვევაში მივდივართ გარკვეულ რისკზე, ხოლო მეორე შემთხვევაში მდგრადობას ვანგარიშობთ გარკვეული მარაგით. აღნიშნული კოეფიციენტების მინიმალური სიდიდის მიღების დროს, ფაქტობრივად უზრუნველყოფთ მაქსიმალურ მდგრადობას, მაგრამ ვაგებთ სხვა სფეროში, კერძოდ, მნიშვნელოვნად ვზრდით გადახსნის კოეფიციენტს და, მაშასადამე ვამცირებთ ეკონომიკურ ეფექტს. კოეფიციენტების მაქსიმალური სიდიდის დროს მივდივართ დიდ რისკზე, რის გამოც მოსალოდნელია მაღალი ეფექტი, თუმცა რეალურად ამან შეიძლება არ გაამართლოს.

### 3.3.7. დამატებითი დატვირთვების განსაზღვრა

ფერდოს მდგრადობაზე ზემოთ ხსენებული ფაქტორების გარდა ზეგავლენას ახდენს რიგი სხვა ძალები, რომლებიც აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ გამოთვლების დროს. საერთო შემთხვევაში, დამატებითი დატვირთვების ანგარიში წონასწორობის ძირითად უტოლობაში შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$\eta_{\text{ფ}} = \frac{tgp \sum_{i=1}^n (p_i + F_i) \cos \varphi_i + \sum_{i=1}^n kl_i}{\sum_{i=1}^n (P_i + F_i) \sin \varphi_i}. \quad (3.32)$$

უმეტეს შემთხვევაში დამატებითი დატვირთვები ამცირებს წონის ნორმალურ მდგენელებს და ზრდის მხებ მდგენელებს, რითაც აუარესებს მდგრადობის პირობებს. როგორც წესი, დამატებითი დატვირთვების სიდიდე არ არის დიდი და მნიშვნელოვანია აქვს მხოლოდ ცალკეული საფეხურების მდგრადობისათვის და არა მთელი ბორცისათვის. დანადგარების მასის მხედველობაში მიღებისას უნდა გვახსოვდეს, რომ მასივზე მოსული დატვირთვები დანადგარების მუშაობის დროს შეიძლება 10-12-ჯერ აღემატებოდეს გრუნტზე მოსულ საპასპორტო ხვედრით დატვირთვას.

აფეთქების შედეგად მოსული დატვირთვები, ხანმოკლე დროით მოქმედების მიუხედავად, გაცილებით ინტენსიურად მოქმედებს, ვიდრე დანადგარებით გამოწვეული დატვირთვები. ამასთან, მასივზე აფეთქების ზეგავლენის ზუსტი სურათის უცოდინარობის გამო

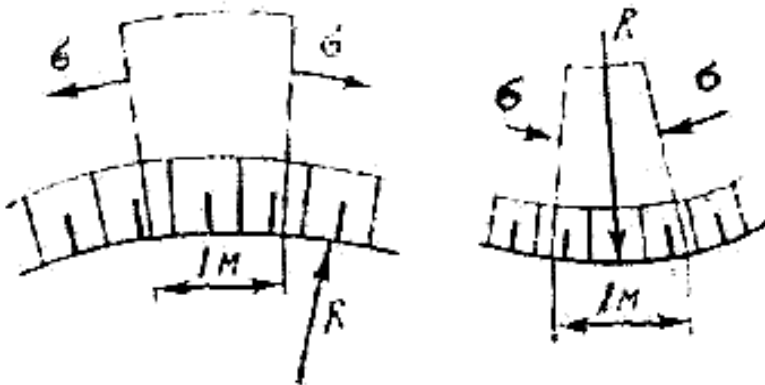


იძულებულნი არიან აფეთქებითი დატვირთვების განსაზღვრა მოახდინონ დიდი მარაგით.

გაწყლოვანებული ფერდოს მდგრადობის ანგარიშის დროს ითვალისწინებენ ჰიდროსტატიკური წნევის ძალებს. ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველაზე არახელსაყრელი პირობები მდგრადობის თვალსაზრისით იქმნება ფერდოზე, რომლის სიმაღლის  $1/3$  დატბორილია ( $\eta_{\text{ფ}}$  მცირდება 10-25%-ით). ფერდოს მთლიანი დატბორვის შემთხვევაში  $\eta_{\text{ფ}}$  იზრდება 25-40%-ით, დაუტბორავ ფერდოსთან შედარებით.

### 3.3.8. კარიერის ბორტის სიმრუდის ზეგავლენა ფერდოს მდგრადობაზე

მრუდხაზოვანი ბორტის შემთხვევაში ელემენტარული პრიზმების გვერდებზე მოქმედებს დაძაბულობები: მკუშშავი – ჩაზნექილი ბორტის და გამჭიმავი – ამოზნექილი ბორტის შემთხვევაში (ნახ. 3.11). პირველ



ნახ. 3.11. მრუდხაზოვანი ბორტის შემთხვევაში ელემენტარული პრიზმების გვერდებზე მოქმედი დაძაბულობები

ვარიანტში ადგილი აქვს მასივის შეკავებას, ხოლო მეორეში მის შესუსტებას. რაც უფრო მცირეა სიმრუდის რადიუსი ( $R$ ), მით უფრო დიდია ჩაჭიდების გავლენა მასივის მდგრადობაზე. ამასთან, წონასწორობის მდგრადობის ცვლილება დიდად არის დამოკიდებული ბორტის სიმაღლესა და დახრის კუთხეზე. დადგენილია, რომ აღნიშნული ფაქტორი განსაკუთრებით საგრძნობლად მოქმედებს მაშინ, როდესაც სიმრუდის რადიუსი აღემატება კარიერის სიღრმეს და ნაკლებია მის გაორკეცვულ სიდიდეზე ( $R \leq 2H, R = H$ ).

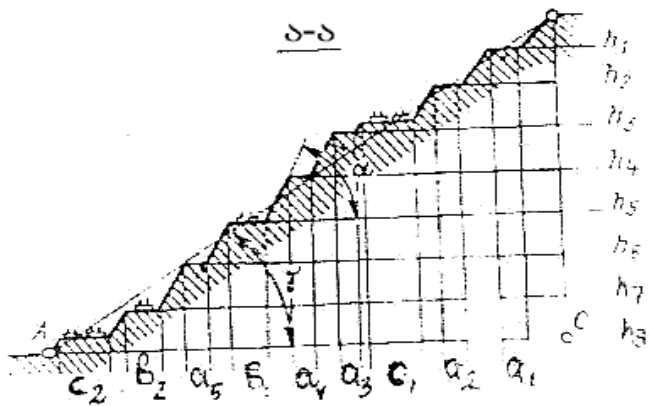
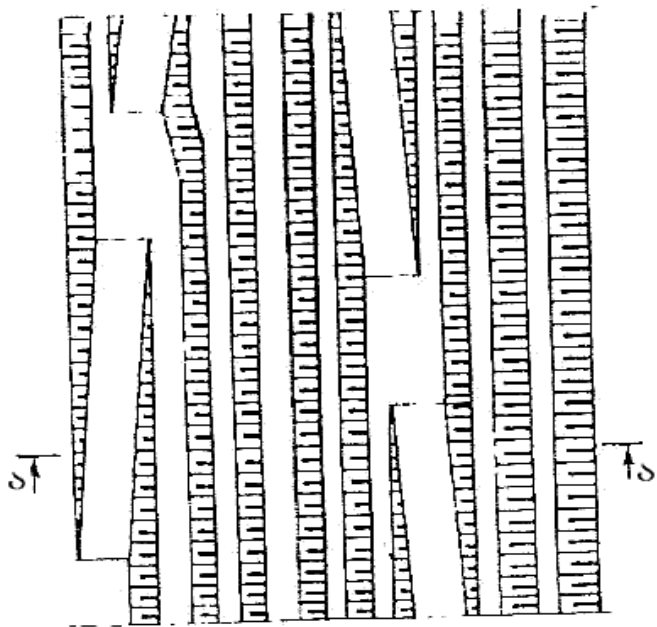
### 3.3.9. კარიერის ბორტის კონსტრუირება

საბოლოო გადაწყვეტილების მისაღებად საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს ორი ძირითადი ფაქტორი: ბორტის (ფერდოს) დახრის კუთხის მნიშვნელობა და გადახსნის მიღებული ხერხი.

კარიერის ბორტი შედგება საფეხურების ფერდებისა და ბაქნებისაგან. არასამუშაო ბორტზე განლაგებულია დამცავი და სატრანსპორტო ბერმები, დახრილი გადასასვლელი, ჩიხური ან მარყუჟული შესასვლელი (ნახ. 3.12).

კარიერის არასამუშაო ბორტის ფერდოს დახრის კუთხე გრადუსებში ტოლია:

$$tgy = \frac{BC}{AC} = \sum_i^n h_i ctg\alpha_i + \sum_i^{n1} a_i + \sum_i^{n2} b_i + \sum_i^{n3} C_i, \quad (3.33)$$



ნახ. 3.12. კარიერის არასამუშაო გვერდის სქემა

სადაც  $n$  საფეხურების რაოდენობაა;  $h_i$  – საფეხურების სიმაღლე,  $m$ ;  $a_i$  – არასამუშაო საფეხურის ფერდოს დახრის კუთხე;  $n_i$  – დამცავი ბერმების რაოდენობა ბორტის მოცემულ კვეთში;  $b_i$  – სატრანსპორტო ბერმის სიგანე;  $n_2$  – გადასასვლელების რიცხვი აღნიშნულ ჭრილში;  $C_i$  – გადასასვლელების სიგანე;  $n_3$  – სატრანსპორტო ბერმების რაოდენობა;  $a_i$  – დამცავი ბერმების სიგანე.

ამ ფორმულის ყველა ელემენტი დამოკიდებულია საპროექტო გადაწყვეტასა და საკარიერო ველის გადასხნის ხერხზე. უმრავლეს შემთხვევაში კარიერის ბორტის ჩაქრობის კუთხე ბერმის განლაგების პირობის მიხედვით შეადგენს 30-40<sup>0</sup>-ს, რაც გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე მდგრადობის პირობიდან აღებული კუთხე. კონკრეტულ პირობებში საჭიროა ყველა იმ ფაქტორის გათვალისწინება და გარკვეული შედეგის მიღება, რაც უზრუნველყოფს საფეხურის მდგრადობას.

### 3.3.10. ნაყარის მდგრადობის ანგარიში

კლდოვანი, ნახევრადკლდოვანი და ქვიშიანი ქანებისაგან ფორმირებული ნაყარის მდგრადობა განისაზღვრება  $p$  მასის მქონე ქანების ბლოკის წონასწორობის პირობიდან. ფერდოზე, რომლის დაქანების კუთხე ტოლია  $\alpha$ -სი, ხახუნის ძალა  $Ptgpcosa$  უნდა გაწონასწორდეს მასის მხები მდგენელით  $Psina$ . აქედან გამომდინარე ფერდოს წონასწორობის პირობა შეუკა-

ვმირებელი ქანებისათვის ( $k=0$ ) შეიძლება დაიწეროს ასეთნაირად:  $\alpha \leq p$ .

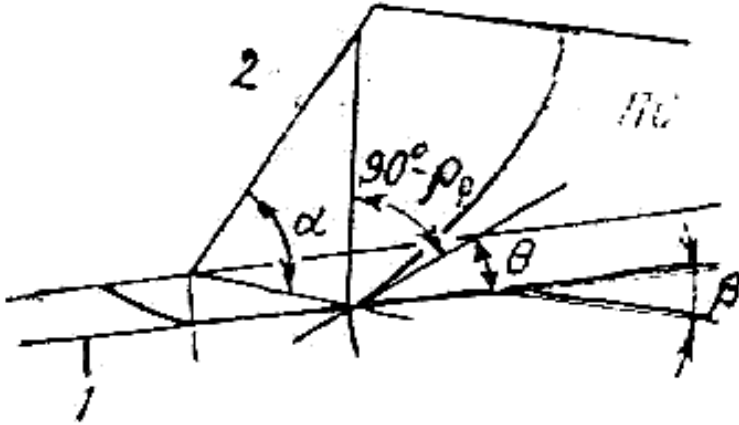
დადგენილია, რომ მყარი ქანების ნაყარი მდგრადი ფუძის შემთხვევაში ინარჩუნებს მდგრადობას ნაყარის ნებისმიერი სიმაღლის დროს ფერდოს (34-36<sup>0</sup>) დახრის შემთხვევაში.

სუსტი ქანებისაგან შედგენილი ნაყარის ან სუსტ-ქანებიანი ფუძის შემთხვევაში ნაყარის მდგრადობა განსაზღვრული უნდა იქნეს სათანადო ანგარიშის საფუძველზე.

სუსტ (თიხოვანი) ქანებში, მდგრად ფუძეზე, ფერდოს ქვედა ქიშთან გადაიკვეთება რიგი ძერის ზედაპირები. ზედა ნაწილში ეს ზედაპირი დახრილია  $45^0 + \frac{p_0}{2}$  კუთხით და წარმოადგენს მდორე მრუდხაზოვან ზედაპირს. სუსტი ქანების ნაყარში მოთავსებისას კარგავენ ბუნებრივი შეჭიდულობის ძალას. დატკეპნის შედეგად ისინი კვლავ იძენენ გარკვეულ შეჭიდულობას, რაც დამოკიდებულია საკუთვრივ ქანების თვისებებსა და ნაყარის სიმაღლეზე (ნორმალური დაძაბულობის სიდიდეზე). ანგარიშს აწარმოებენ ნაყარისათვის ამოზნექილი ფორმის მინიჭების საფუძველზე (ნახ. 3.13).

ამოზნექილი მრუდის დახრის კუთხე ნაყარის ქვედა ნაწილში ( $1/3H$ ) მიიღება ბუნებრივი დაფერდების კუთხის ტოლად და შემდეგ, ნაყარის ზედა ნაწილში, ხდება მისი გადახრა.  $H=5,14\tau_{\text{მაკს}}/\gamma$  სიმაღლეზე ნაყარი დებულობს ჰორიზონტალური მოედნის სახეს. ამის შემდეგ ხდება მიღებული პროფილის შემოწმება ცნობილი მეთოდებით.

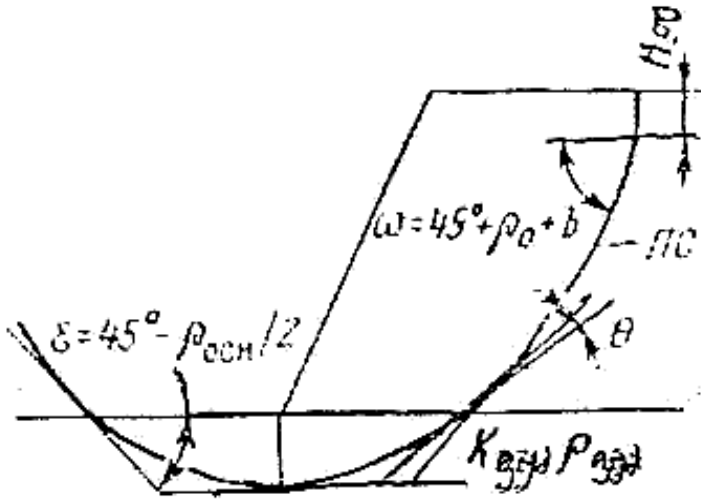




ნახ. 3.14. ნაყარის მდგრადობის გამოსათვლელი სქემა შრეობრივი ფუძის შემთხვევაში: 1 - სუსტი კონტაქტი ( $p, k$ ); 2 - აქტიური წნევისა და საყრდენი პრიზმის საზღვარი.

შრე, მაშინ მოსალოდნელია იატაკქვეშა (ფუძისქვეშა) მეწყერი (ნახ. 3.15). ნაყარის ქანებში სრიალის პოტენციალურ ზედაპირს აქვს მრგვალ-ცილინდრული ფორმა. სუსტი ქანების შრეში ხდება სრიალის სიბრტყის  $\theta$  კუთხით გადატეხვა, იგი ღებულობს უკუდაქანებას ფუძის დატვირთული ნაწილის გარეთ და გამოდის ფუძეში კუთხით  $\varepsilon = 45^\circ - p_{\theta}/2$ , სადაც,  $p_{\theta}$  ფუძის ქანების შიგა ხახუნის კუთხეა.

მრავალიარუსიანი ნაყარი დახრილ შრეობრივ ფუძეზე ინარჩუნებს მდგრადობას ფერდოს  $\alpha = 18-25^\circ$ -იანი დახრის დროს. ქვედა იარუსის სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს 25 მ-ს, ხოლო დატენიანებული თიხოვანი ქანების შემთხვევაში - 15 მ-ს.



ნახ. 3.15. ნაყარი, რომელსაც ფუძეში აქვს პორიზონტალურად განლაგებული სუსტი შრე

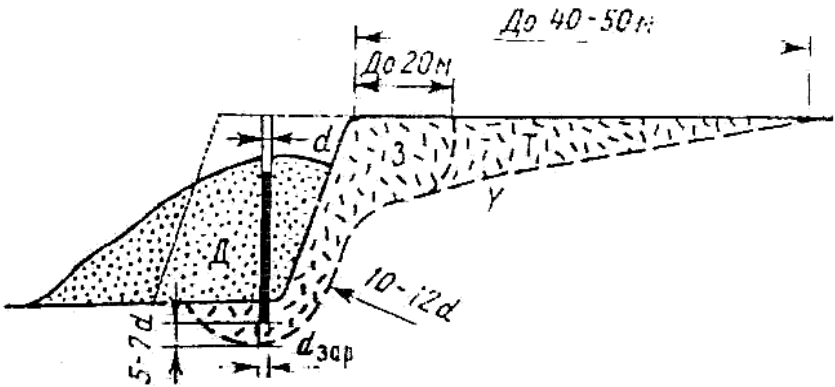
სუსტი თიხნარი ქანების შემთხვევაში ნაყარი მდგრად ფუძეზე უნდა განლაგდეს ფერდოს მიმართ 18-25<sup>0</sup>-იანი დახრით. ყოველი იარუსის სიმაღლე, დატენიანების ხარისხის მიხედვით, ქვიშა-თიხოვანი ქანების შემთხვევაში, შეიძლება მერყეობდეს 10-30 მ-ის ფარგლებში.



#### 4. კარიერის გვერდებისა (ქიმების) და ნაყარის მდგრადობის უზრუნველყოფის ხერხები

##### 4.1. კარიერის ფერდოს მდგრადობის უზრუნველყოფა სამთო სამუშაოების წარმოების დროს

საწარმოო პროცესებიდან ფერდოს მდგრადობაზე ყველაზე მეტად, ღია დამუშავების დროს, ბუნებრივია, მოქმედებს ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოები. აფეთქების შედეგად ხდება უშუალოდ ფეთქებადი ნივთიერების მუხტის მოსაზღვრე ქანების დამსხვრევა (ნახ. 4.1, ზონა D). ინტენსიური ნაპრაღწარმოქმნის ზონაში (3) იქმნება ახალი ან იხსნება დახურული და პრაქტიკულად უხი-



ნახ. 4.1. აფეთქების ზეგავლენა ქანების მასივზე

ლავი ბზარები. ადგილი აქვს ქანების ბლოკების ურთიერთგადაადგილებას. ზოგჯერ კარიერის ზედა ბაქანზე,

იქმნება ნაპრალები (იხ. წყვეტილი ხაზი). ზონაში ქანების ბლოკები ძირითადად შეკავებულია ხახუნის ძალებისა და საკუთრივ ბლოკების უსწორმასწორო ზედაპირის გამო. T ზონაში ადგილი აქვს უხილავი ნაპრალების გახსნას. ამ ზონის სიგანე აღწევს 40-50 მ-ს. რადგან აფეთქების დროს ქანები გადაადგილდება გამომუშავებული სივრცისაკენ და ზევით, განსაკუთრებით საშიში მდგომარეობა იქმნება მაშინ, როდესაც ქანები დაქანებულნი არიან მასივისაკენ 32-36<sup>0</sup>-ზე მეტი კუთხით. ამ დროს შეიძლება მოხდეს აფეთქების გამო მოჭრილი ბლოკების მოულოდნელი ჩამოქცევა-ჩამოცურება. უფრო ღრმა ზონაში (y) ადგილი აქვს ქანების ღრეკად დეფორმაციებს. ამ ზონის ზომები დამოკიდებულია მუხტის სიდიდესა და ქანების თვისებებზე. საფეხურის ზღვრული წონასწორობის პირობებში მოსალოდნელია ქანების რღვევა მუხტიდან საკმაოდ დიდ მანძილზე.

საფეხურის მდგრადობაზე აფეთქების მანვე ზეგავლენის თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა: შეიზღუდოს ერთდროულად ასაფეთქებელი მუხტის სიდიდე; დახრილი ჭაბურღილებით კონტურული აფეთქების გამოყენება; დაყოვნებული აფეთქების დიაგონალური სქემების დანერგვა; საფეხურის ფერდოს ჩაჭრა ნაპრალების კარიერისაკენ დაქანების დროს და სხვა.

აფეთქების დროს ფერდოს გასწვრივ ადგილი აქვს ქანების რხევას. რხევის დროს მასივის დასაშვები სიჩქარე, რომლის დროსაც არ უნდა ველოდოთ საფეხურის დაშლას, მერყეობს დიდ ფარგლებში და ძირითადად დამოკიდებულია ქანების თვისებებსა და აფეთ-

ქების ჯერადობაზე. ერთჯერადი აფეთქების დროს დასაშვები სიჩქარე წყალშემცველი ქვიშების შემთხვევაში არის 12 სმ/წმ, ნაკლებად შეკავშირებული და არახელსაყრელად ორიენტირებული ნაპრალების დროს – 48 სმ/წმ, ხოლო მაგარ ქანებში – 96 სმ/წმ. მრავალჯერადი აფეთქებების დროს ეს სიდიდე უნდა შემცირდეს 2-ჯერ მაინც უნდა შემცირდეს.

ერთდროულად ასაფეთქებელი მუხტის სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს მნიშვნელობას:

$$Q_{\text{მუხტ}} = \frac{V_{\text{მუხტ}} y^3}{K^2},$$

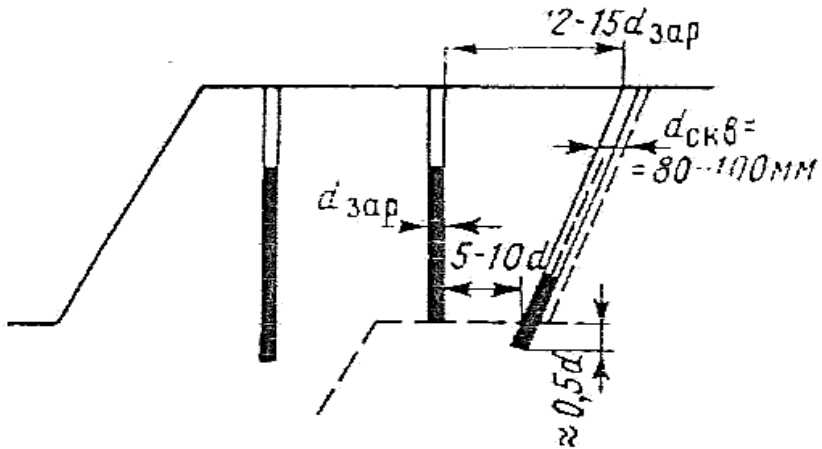
სადაც  $V$  ქანების რხევის დასაშვები სიჩქარეა, სმ/წმ;  $y$  – მანძილი აფეთქების ადგილამდე, მ;  $K$  – ქანების ზეგავლენის კოეფიციენტი.  $K$ -ს სიდიდე წყალშემცველ ქვიშებში შეიძლება ავიღოთ 450-600, ნაკლებად შემკვრივებული ქანებისა და ნაპრალების არახელსაყრელი განლაგების დროს – 300-450, ხოლო მკვრივი ქანების დროს 200-300, შესაბამისად ერთჯერადი და მრავალჯერადი აფეთქებისას.

მცირედ დაყოვნებული აფეთქების დროს, მომდევნო სერიის ზემოქმედება წინასთან გამორიცხებულია. დაყოვნების ინტერვალის დრო

$$T_{\text{დავ}} \geq 2 \sqrt{\frac{Sy}{q}}$$

სადაც  $S$  არის საფეხურის ზედაპირის ფართი, რომელიც მოდის ერთ ჭაბურღილზე,  $y$  – ქანების სიმკვრივე, ტ/მ<sup>3</sup>;  $q$  – ფეთქებადი ნივთიერების ხვედრითი ხარჯი, კგ/მ<sup>3</sup>. კონტურული ასაფეთქება (ნახ. 4.2) გამოიყენება

საფეხურის საბოლოო მდგომარეობაში დაყენების დროს (მაგ., კარიერის საზღვართან), როდესაც აფეთქებას მინიმალური ზეგავლენის მოხდენა შეუძლია ფერდოს მდგრადობაზე. ეს ეფექტი მიღწეული იქნება



ნახ. 42. კონტურული აფეთქების სქემა

ბოლო რიგში მუხტის სიდიდის შემცირებით. ფერდოს საპროექტო კონტურის გასწვრივ 0,8-2 მ-ის ინტერვალში იბურდება დახრილი ჭაბურღილები, უმჯობესია, შემცირებული დიამეტრის და ფერდოს საპროექტო დახრის კუთხით. ჭაბურღილები დაიტენება შესუსტებული მუხტით. ჭაბურღილსა და მუხტის კედელს შორის უნდა იყოს თავისუფალი დრეჩო. კონტურული აფეთქებისათვის მუხტი მზადდება ფეთქებადი ნივთიერების ვაზნების გირლიანდის სახით, სადეტონაციო ზონარის მეშვეობით. საფეხურის საბოლოო მდგომარეობის დაყენების დროს ქანების ჩატრა უნდა განხორციელდეს მაშინ, როდესაც

ნაპრალები კარიერისაკენ დაქანებულია 40<sup>0</sup> იანი დამეტი კუთხით. ჩაჭრა ხორციელდება ნაპრალების პარალელურად ან სხვადასხვა სიმაღლეზე გაბურღული ვერტიკალური ჭაბურღილების აფეთქების შედეგად. საბოლოო კონტურთან ქანების ასაფეთქებლად ჭაბურღილების გადამეტებული ბურღვა არ არის საჭირო. ბორტის მდგრადი პროფილი, ჩვეულებრივ, განისაზღვრება გამოთვლებით, მარაგის აუცილებელი კოეფიციენტის გათვალისწინებით. ამასთან, პროფილში უნდა ჩაიწეროს ტექნოლოგიურად აუცილებელი საფეხურები და ბერმები. ყოველი საფეხურის ფერდოს სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს ზღვრულ სიდიდეს. კარიერის ბორტის ზღვრული კუთხის სიდიდე მაგარი ქანების შემთხვევაში შეადგენს 50-60<sup>0</sup> და 40-45<sup>0</sup>-ს შესაბამისად, ზომიერი და ინტენსიური დანაპრალიანების დროს; ფიქლების შემთხვევაში – 38-45<sup>0</sup>, 30-40<sup>0</sup> და 25-30<sup>0</sup>-ს შესაბამისად; კარიერის მხარეს დაქანებული შესუსტებული სიბრტყეების არარსებობის, სამაგიეროდ, შესუსტებული სიბრტყეების არსებობისა და ფენების მუდღისებრი დაქანების დროს, სუსტი ქანების შემთხვევაში – 25-30<sup>0</sup> და 20-25<sup>0</sup>-ს, როდესაც კარიერის ძირთან გეხვდება შესუსტებული სიბრტყეები.

ბერმის სიგანე შეიძლება გამოვთვალოთ შემდეგი გამოსახულებით:

$$B = B_0 + (a+b)t$$

სადაც  $B_0$  არის ბერმის სიგანე ტექნოლოგიური დანიშნულებისათვის (მაგ., სატრანსპორტო ზოლის სიგანე უსაფრთხო ზოლის სიგანის ჩათვლით), მ;  $a$ ,  $b$  –

ჩამონაშალის განვითარების ინტენსივობა, მ/წმ; t – ბერძნის არსებობის ვადა, წელი.

ფერდოს მდგრადობის თვალსაზრისით უადრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს საკარიერო ველის დამუშავების თანმიმდევრობას. ამ დროს, პირველ რიგში, გათვალისწინებული უნდა იქნეს შესუსტების შესაძლო ზონები (საკუთრივ, შესუსტების სიბრტყეები, ტექტონიკური აშლილობანი და სხვა). გარე გამხსნელი გვირახები უნდა განლაგდეს მდგრად ქანებში, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს საიმედო შენახვა კარიერის არსებობის პერიოდში.

შიდა სტაციონარული გადასასვლელები (ჩასასვლელები) გადახსნის დროს სასურველია, განლაგებული იყოს სახურავი გვერდის ქანებში, რადგან ამ დროს ქანები ამულავნებს მაქსიმალურ მდგრადობას კარიერისაგან მასივისაკენ დაქანების გამო.

კარიერებზე უმჯობესია პირველ რიგში დამუშავდეს შედარებით მდგრადი, შემდეგ კი – უფრო სუსტი ქანებისაგან წარმოდგენილი უბნები.

მულდასებრ განლაგებული ფენების დამუშავება უმჯობესია განხორციელდეს ორივე მხრიდან შემხვედრი სანგრევეებით (ნახ. 4.3). კარიერების ასეთი განლაგება უზრუნველყოფს არა მარტო ქანების მაქსიმალურ მდგრადობას, არამედ გადახსნის მინიმალურ კოეფიციენტს ექსპლუატაციის საწყის ეტაპზე და შემდეგ მის თანდათანობით გაზრდას.

შერჩეული უნდა იქნეს საბადოს გამომუშავების ისეთი წესი, რომ მუდმივმა ბორტმა არ გადაკვეთოს

შრეები, რომლებიც დაქანებული იქნება კარიერისკენ კონტაქტის შიგა ხახუნის კუთხეზე მეტი კუთხით.



ნახ. 4.3. მულდისებრ განლაგებული ქანების დამუშავების თანმიმდევრობა

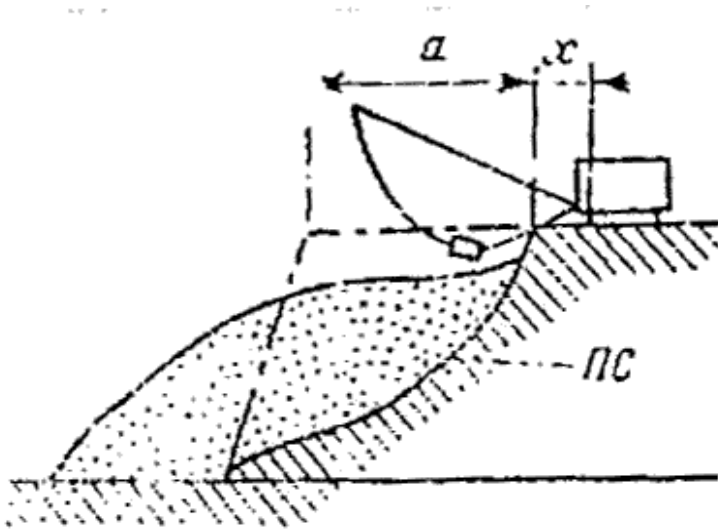
კარიერის არამდგრადი უბნების დამუშავება უნდა განხორციელდეს ისეთი ინტენსივობით, რომ დამუშავებისათვის განკუთვნილ დროში არ განვითარდეს ქანების დეფორმაციის აქტიური ფაზა.

კარიერის ზღვრულ კონტურთან მიახლოების დროს უმჯობესია დამუშავება განხორციელდეს განივი სპირაჯოებით. ამასთან, დამუშავების ეს წესი უზრუნველყოფს ფერდოს საიმედო და იოლ ჩაჭრას.

მეტად მნიშვნელოვანია სამთო სამუშაოების წარმოების თავისებურება მეწყრულ უბნებზე. უნდა აღინიშნოს, რომ უმრავლეს შემთხვევებში მეწყერ საშიშ უბნებზე დეფორმაციების თავიდან აცილება არ ხერხდება არსებული მეთოდებით. ასეთ უბნებში ქანების ამოღება და დატვირთვა უნდა განხორციელდეს საკმაოდ მობილური დანადგარებითა და მექანიზმებით. სამუშაო ბაქნებმა უნდა უზრუნველყოს დანადგარების ავარიული ევაკუაცია. რაც შეიძლება საკმარისი სიგანისა და ქანების ნაყარისაგან განთავი-

სუფლების პირობები. მეწყერსაშიშ უბნებზე უნდა მიმდინარეობდეს მეწყერის განვითარების თავადან აცილების მიზნით. ეს კი შესაძლებელია, პირველ რიგში, მეწყერის გამომწვევი მიზეზების აღმოფხვრით.

ამისათვის საჭიროა, პირველ რიგში, აღმოფხვრას ფერდოს გაწყლოვანების მიზეზები და დაიგეგმოს მეწყერი, ზედაპირული წყლების ჩასადინებლად. მეწყერის ფორმირება მზადდება დრაგლაინის მეშვეობით, რომელიც განლაგებულია საფეხურის ზედა ბაქანზე. მეწყერული მასის განტვირთვა ხდება ასევე დრაგლაინის მეშვეობით აქტიური წნევის პრიზმის წვეროდან (ნახ. 4.4). ამასთან, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მეწყერის ფუძის მდგრადობას და



ნახ. 4.4. მეწყერული მასის განტვირთვა:

$a$  - საფეხურის მეწყერული ნაწილის სიგანე;  $x$  - მანძილი საფეხურის ზედა წარბიდან დრაგლაინის მუხლუხომდე.

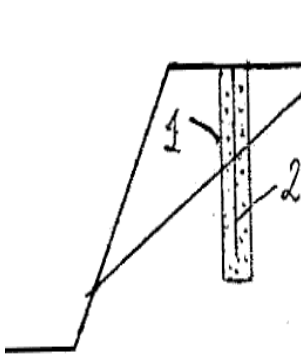


საშიში დეფორმაციების შემთხვევაში დრაგლანი გამოყვანილ იქნეს უსაფრთხო ზონაში. მეწერის შემდგომი განვითარების თავიდან აცილების მიზნით, შესაძლებელია პრიზმის ზედა ნაწილიდან მოცილებული ქანის ალების გამო შექმნილ სიცარიელეში კლდოვანი ქანების ჩაყრა, რაც ხელს შეუწყობს აგრეთვე ზედაპირული წყლების გაფილტვრას.

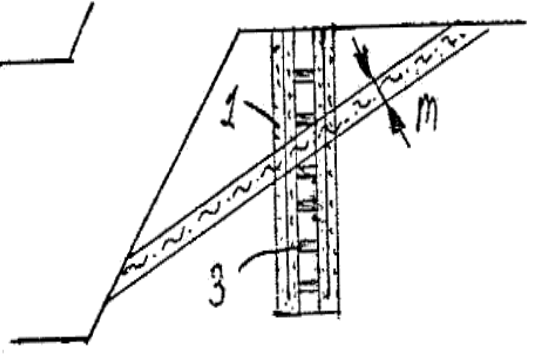
## 4.2. ფერდოს ხელოვნური გამაგრება

ღია წესით დამუშავების ტექნოლოგიაში ცნობილია ფერდოს გამაგრების მექანიკური და ფიზიკურ-მექანიკური მეთოდები.

მექანიკური გამაგრებისა ყველაზე მარტივსა და საიმედო წესს წარმოადგენს ხიმინჯებით გამაგრება. ეს წესი განსაკუთრებით საიმედოა უბნებზე, სადაც გვხვდება დაშრევებული ქანები, ტექტონიკური ნაპრალები და რღვევები. ნახ. 4.5, 4.6-ნახაზებზე ილუსტრირებულია ხიმინჯებით გამაგრების სახეები. ხიმინჯის ეფექტიანობა მიღწეულია მისი მნიშვნელოვანი ჩაღრმავებით შესუსტებული ანუ დეფორმაციის სიბრტყის ქვევით. ხიმები შეიძლება იყოს რკინაბეტონის, ანკერული ბეტონის ან მის გარეშე, გარსოვანი ხიმე მოქნილი არმატურით და სხვა. ნახაზზე 1 არის ჭაბურღილი შევსებული ბეტონით, 2 – ხისტი ხიმე, 3 – მოქნილი არმატურა. ძალზედ დანაპრალიანებული ქანების გამაგრების შემთხვევაში მიზანშეწონილია



ნახ.4.5



ნახ. 4.6

განხორციელდეს ქანების ცემენტაცია ხიმეს ირგვლივ, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ჩამაგრების ეფექტს. მანძილი ხიმეებს შორის თანაბარია და მერყეობს რამდენიმე მეტრის ფარგლებში. ხიმეების საანგარიშო რაოდენობა

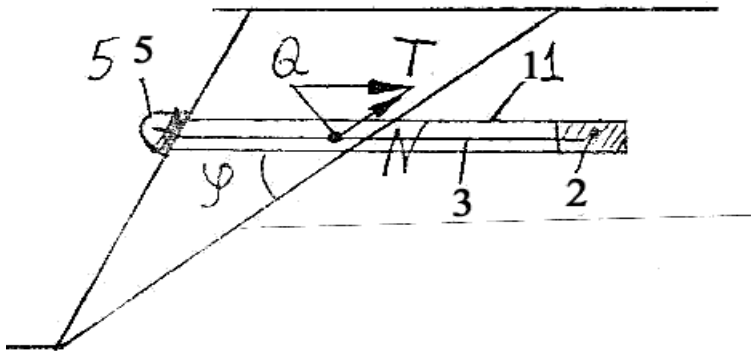
$$N = Ml: M_{\ell} ,$$

სადაც  $M$  ქანების შესაძლო ჩამოქცევის პრიზმის მღუნავი მომენტია;  $l$  – ფერდოს უბნის სიგრძე;  $M_{\ell}$  – ხიმეს გადამტანი ღუნვის მომენტი.

ხიმეს ჩაჭედვის სიღრმე შესუსტებული ზედაპირიდან შეადგენს 1.5-2.0, 2-3 და 3-4 მ-ს, შესაბამისად, კლდოვან, ნახევრადკლდოვან და ფხვიერ ქანებში.

ძალზედ დანაპრაღიანებულ ქანებში, ჭაბურღილებში ათავსებენ არმატურას, ყრიან მათში ღორღს და შემდეგ ახდენენ მის და მასივის ცემენტაციას.

ღია დამუშავების დროს ფართოდ იყენებენ ე.წ. ძელებს და მოქნილ გვარლისებრ ჭიმს, რომელებიც უზრუნველყოფენ დაშრევებული ქანების შეკვრას. ამასთან, გასამაგრებელი ფერდოს ზედაპირიდან მცირე მანძილზე განლაგებული უნდა იყოს მონოლითური ქანები, რომლებშიც საიმედოდ ჩამაგრდება, როგორც ძელები, ისე ჭიმები, შესაბამისად, 5-6 და 30 მ-ზე. ასეთი ქანების არარსებობის შემთხვევაში უნდა განხორციელდეს ქანების ცემენტაცია ჩამაგრების ზონაში. ჭიმე დაჭიმული იქნება  $Q$  ძალით, რომლის ნორმალური მდგენელი  $N$  იწვევს ხახუნს შესუსტების



ნახ. 4.7

(სრიალის) სიბრტყეზე  $T$  ძალით. სწორედ ეს ძალა უზრუნველყოფს ქანების დაძვრას და, შესაბამისად, მათ შეკავებას.

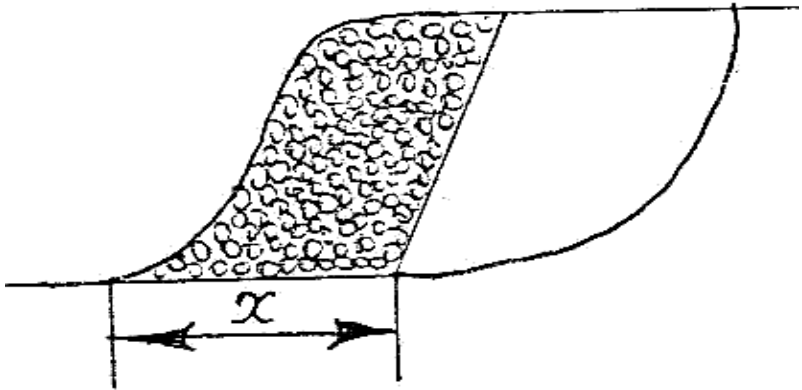
ქანების შეკავება საფეხურის ზედაპირზე შეიძლება განხორციელდეს აგრეთვე ლითონის ბადის დაგებით და მისი გამაგრებით შტანგებით ან გვარლისებური ჭიმებით. განსაკუთრებით რთულ პირობებში შეიძლება

განხორციელდეს ბადეების დაფარვა ტორკრეტ ბეტონის მეშვეობით.

მეწყრების თავიდან აცილების მიზნით გამოიყენებენ აგრეთვე ე.წ. ქანების კონტროფორსებს (გვერდით სამაგრს). ჩვეულებრივ, იღებენ კლდოვან ქანებს, რომლებიც განლაგებულია ფერდოს გასწვრივ, ახდენენ საფეხურზე გვერდით დატვირთვას და უზრუნველყოფენ მის მდგრადობას, რაც იძლევა მეწყრული მოვლენების თავიდან აცილების საშუალებას. ქანების რაოდენობა შეიძლება წინასწარ გამოითვალოს ფორმულით:

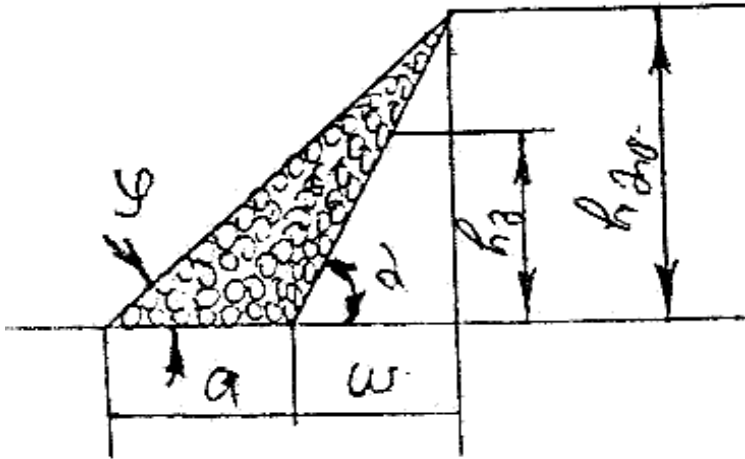
$$p_3 = F : \operatorname{tg} p_3,$$

სადაც  $F$  არის მეწყრის გამომწვევი ქანების დატვირთვა;  $p_3$  – ქანების ხახუნის კოეფიციენტი.



ნახ. 4.8

ქანების ჩამოშვავების თავიდან აცილების მიზნით ზოგჯერ აწყობენ ე.წ. კონტრბანკეტს (ნახ. 4.9). მისი პარამეტრები დამოკიდებულია წყალშემცველი ქანების ფილტრაციის კოეფიციენტზე  $k_f$ , წყლის ხვედრით ხარჯზე  $q$  და ფერდოს ქვედებულზე.



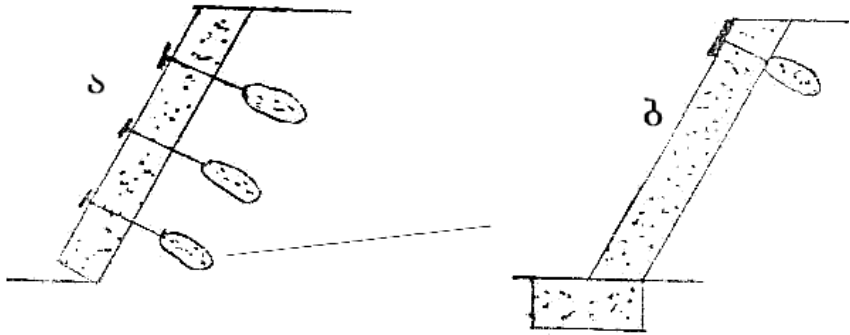
ნახ. 4.9

დ კლდოვანი ქანების მიტვირთვის სიმაღლე  $h$  მეტი უნდა იყოს წყლის გამოდინების დონეზე  $h_g$  (0,5-1 მ-ით).

კლდოვანი ქანები გვერდითი სამაგრის მოწყობის პროცესში უნდა განლაგდეს მაშინვე, საფეხურის ფორმირებისთანავე, რადგან დაყოვნებამ აქ შეიძლება გამოიწვიოს მეწყერი ან ქანების ჩამოშვავება.

შეიძლება აიგოს აგრეთვე გვერდითი რკინაბეტონის საყრდენები ან დამცავი კედელი (ნახ. 4.10, ა და ბ), მაგრამ ასეთი კონსტრუქციის საყრდენები პრაქტიკუ-

ლად არ გამოიყენება, მცირე მზიდუნარიანობისა და დიდი შრომითი და მასალების დანახარჯების გამო.

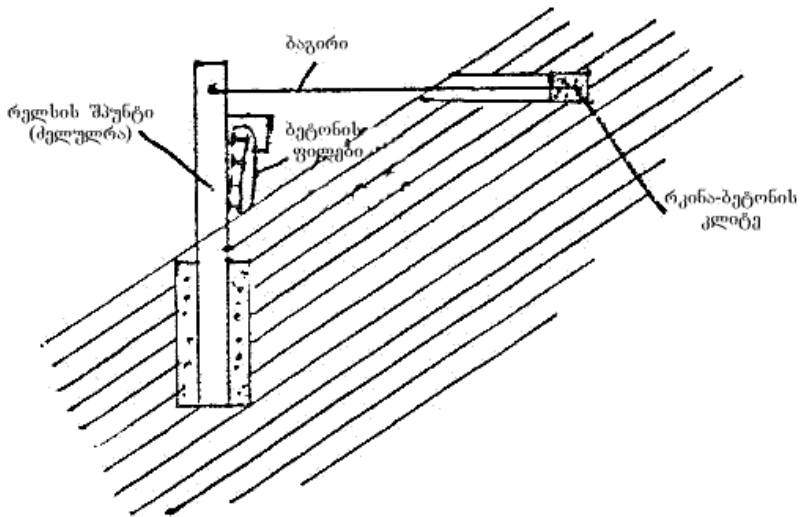


ნახ. 4.10

ცალკეულ შემთხვევებში იძულებულნი არიან შექმნან განსაკუთრებული სიმაღლის ნაყარი. ამ შემთხვევაში შეიძლება უზრუნველყოფილ იქნეს ნაყარის სიმდგრადე ე.წ. დამჭერი ბერმების აგების გზით (ნახ. 4.11), რომელიც წარმოადგენს დაანკერებულ შპუნტურ კედელს, რაც, ბუნებრივია, ხელს შეუწყობს და უზრუნველყოფს ნაყარის სიმაღლის გაზრდას.

ცხადია, შეიძლება შემუშავებულ იქნეს ფერდოს დამაგრების სხვა ორიგინალური ხერხებიც. ამ პრობლემას, საზოგადოდ, დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს და მას განსაკუთრებულ ყურადღებას უნდა უთმობდეს კარიერზე მომუშავე პერსონალი.

ფერდოს მექანიკური გამაგრების ხერხების გარდა ცნობილია ხერხები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ფხვიერი ან სუსტი მასივის გამაგრებას ფიზიკურ-მექანიკური მეთოდებით.



ნახ. 4.11

ქანების განმტკიცება აუცილებელია შესუსტებულ უბნებში მასივის სიმტკიცის გასაზრდელად. ეს შეიძლება მიღწეულ იქნეს ნაპრალებში ისეთი ნივთიერების შეყვანით, რომლებიც შეკვრის შემდეგ მნიშვნელოვნად ზრდიან მასივის წინაღობას ძვრაზე. შემკვრელის შეყვანა დანაპრალიანებულ მასივში შეიძლება მოხდეს წნევის ქვეშ. შემკვრელად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ცემენტის ხსნარი, პოლიმერული ფისები და სილიკატები.

ცემენტის ხსნარი, ჩვეულებრივ, შეიყვანება მასივში ჭაბურღილების მეშვეობით; მას უნდა ჰქონდეს შემკვრივების პერიოდი, რომელიც უზრუნველყოფს მის შეღწევას საპროექტო სიღრმემდე. სწრაფად შემკვრივებადი ცემენტი შეიყვანება ძალზე

დანაპრაღლიანებულ ქანებში, ხოლო წვრილი ნაპრაღლების შემთხვევაში ცემენტის ხსნარის შეკვრა უნდა მოხდეს შედარებით გვიან. შეკვრის პერიოდი შეიძლება ვარგეულიროთ, თუ ხსნარს დაუჟმატებთ სოღას, ქლორიან კალციტს და სხვა ნივთიერებებს, რომლებიც ამცირებენ შემკვრივების პერიოდს.

ცნობილია აგრეთვე ნაპრაღლიანი ქანების შემკვრივების ელექტროქიმიური და ელექტროფიზიკური ხერხები. პირველ შემთხვევაში ქანებში ხდება ნატრიუმ-სილიკატისა და ქლორიანი კალციის შეყვანა, მეზობელ ჭაბურღილებში სხვადასხვა სიღიდის ელექტრული ძაბვების შექმნის ხარჯზე.

ელექტროფიზიკური მეთოდის დროს მეზობელ ჭაბურღილებში შეიყვანება მუდმივი დენი, ანოდისა და კათოდის მოთავსების შედეგად. ეს იწვევს მასივში არსებული წყლის გადაადგილებას და მის გამოსრობას, რაც თავისთავად გამოიწვევს მასივის განმტკიცებას. ამ ხერხით ქანების გამაგრების დროს მანძილი ჭაბურღილებს შორის არ უნდა აღემატებოდეს 1-1,5 მ-ს, რის გამოც ძალზე დიდია გაწეული შრომითი და ფულადი დანახარჯები.

ღია დამუშავების დროს ზოგჯერ საჭიროა უზრუნველყოფილ იქნეს ფერდოს იზოღაცია, განსაკუთრებით, ღრმა კარიერებზე მისი ხანგრძლივი არსებობის დროს. საიზოღაციო საფარად, ჩვეულებრივ, გამოიყენება პოლიმერული მასალები, ბეტონი, ბითუმი და სხვა. პოლიმერებმა დიდი სიძვირის გამო ვერ ჰპოვა გამოყენება. დაბოლოს, ფერდოს გამაგრების მიზნით ზოგჯერ გამოიყენებენ ე.წ. ბიოლოგიურ მეთოდებს,



მაგალითად, მცენარეულ საფარს. ყველაზე ადვილად ხერხდება ეს თიხის და ქვიშის, აგრეთვე თიხნარისა და ქვიშნარის შემთხვევაში.

#### 4.3. ნაყარის მდგრადობის უზრუნველყოფის მეთოდები

ნაყარის მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით პირველ რიგში საჭიროა განხორციელდეს საფეხურის ძირის (ფუძის) მომზადება.

თუ ნაყარის ფუძეში განლაგებულია სუსტი ქანების თხელი ფენა (ტორფის, პლასტიკური თიხების და სხვა), ხოლო ქვევით – მაგარი და მდგრადი ქანები, მაშინ უმჯობესია ქანების ნაყარში განლაგების წინ განხორციელდეს რბილი ქანების აღება.

საგრძნობი სისქის (3-5 მ) რბილი ქანების შემთხვევაში საჭიროა განხორციელდეს ქანების ნაყარში განლაგების რეგულირება ფართისა და სიმაღლის მიხედვით ისეთნაირად, რომ, მაგალითად, ტორფის შემკვრივება და მასში ფორული წნევა იყოს მინიმალური, რომლის დროსაც ხდება ტორფის კონსოლიდაცია, ხოლო ნაყარით გამოწვეული დატვირთვა არ იწვევს ფუძის ინტენსიურ დეფორმაციას. ასეთ შემთხვევაში ნაყარის საწყისი სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს 3-5 მ-ს. ნაყარის სიმაღლის შემდგომი გაზრდა არ უნდა იწვევდეს დეფორმაციების ზრდას. ტორფის კონსოლიდაციის დრო, ნაყარის საწყისი სიმაღლე და, ძირითადად, იარუსის სიმაღლე განისაზღვრება ექსპერიმენტულად ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში.

ამასთან, ნაყარის საწყის სიმაღლეში უმჯობესია განვალაგოთ მფილტრაჟი (მჟონაჟი) მასალა.

თუ სუსტი ქანები შედგება პლასტიკური თიხები-საგან, მაშინ საჭიროა განხორციელდეს გადმოყრის რიგის ვარირება.

თუ ფუძეში განლაგებულია წყალშემცველი ქანები, მაშინ ნაყარის ქვედა ნაწილი დატენიანდება და მასში განვითარდება დეფორმაციები. ასეთ შემთხვევაში გრუნტის წყლების დონის დასაწევად უმჯობესია გაყვანილ იქნეს, მოწინავე სადრენაჟო ტრანშეა ნაყარის პერიმეტრზე, რომელიც შეესებულები იქნება მფილტრაჟი მასალით და ექნება 2<sup>0</sup>-იანი დახრა წყლის დასაწრეტად. სანაყერე სამუშაოების ფრონტის განვითარებასთან ერთად გაიყვანება ახალი სადრენაჟო არხები 2<sup>0</sup>-იანი დახრით და შეივსება მფილტრაჟი მასალით.

ბორცვისებრ რელიეფზე ნაყარის განლაგების დროს უზრუნველყოფილ უნდა იქნეს წყლის დაწრეტა ჩაწეული უბნებიდან სადრენაჟო თხრილების მეშვეობით.

თუ ფუძეში განლაგებულია წყალგამძლე ქანები, მის ქვეშ კი – წყალშემცველი ჰორიზონტი (განსაკუთრებით, წნევით), ფუძის მომზადება უნდა მოიცავდეს აღნიშნული ჰორიზონტის დრენაჟსაც, ე.წ. წყლის დამწევი ჭების მეშვეობით, რომლებიც გაიბურდება სანგრევის გადაადგილებასთან ერთად.

შიდა ნაყარის საგებ გვერდზე განლაგების, აგრეთვე საგებში წყალგამძლე ქანების ჩაწოლის დროს საჭიროა წყალშემცველი ჰორიზონტის გახსნა. თუ ეს

გარემოება იწვევს დიდ წყალმოდენას, უმჯობესია, საერთოდ არ მოხდეს მისი გახსნა, ე.ი., დარჩეს ხელუხლებელი და შემდეგ განხორციელდეს ფუძის დატვირთვა შიგა ნაყარებით.

ნაყარის გაწყლოვანების ერთ-ერთ წყაროს წარმოადგენს ატმოსფერული ნალექები. ნაყარის ზედაპირიდან წყლის არინებისა (გადაგდების) და მისი ინფილტრატის თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა განხორციელდეს ნაყარის მოშანდაკება-მოსწორება წყალშემკრები ღარებისაკენ 2-3<sup>0</sup>-იანი დახრით. წყალშემკრები ღარები საჭიროა გაყვანილ იქნეს ნაყარის ზედაპირზე ყოველი 400-500 მ-ის მანძილზე 2<sup>0</sup>-იანი დახრით, რაც უზრუნველყოფს ატმოსფერული წყლების მოცილებას ნაყარის კონტურის გარეთ.

თანამედროვე კარიერებზე განუწყვეტლივ იზრდება გადახსნის კოეფიციენტი. ეს კი მოითხოვს სულ უფრო მეტი ფართობის კონსერვირებას ნაყარის განსათავსებლად. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად ცდილობენ შეძლებისდაგვარად გაზარდონ ნაყარის სიმაღლე და გამოიყენონ უფრო მძლავრი ტექნიკა ნაყარის ფორმირებისათვის. ასეთ პირობებში ნაყარის სიმდგრადე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ნაყარში ქანების მოთავსების ტექნოლოგიაზე, პირველ რიგში, სანაყარე სპირაჯოს შევსების სიჩქარეზე, ქანების გადაყრის რიგზე (წესზე), თვით სპირაჯოს ზომებზე და სხვა. ამასთან, აღნიშნული პარამეტრები შეიძლება ძალიან ადვილად შეიცვალოს, რაც საშუალებას იძლევა დადგინდეს ნაყარშექმნის ოპტიმალური ტექნოლოგია და პარამეტრები.

ნაყარის სიმდგრადის საუკეთესო პირობების შექმნის პრინციპია ქანების განთავსების ისეთი თანამიმდევრობის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს ნაყარის ქანების წინააღმდეგობის გაზრდას ზვედიან ქვევით.

სანაყარე მეურნეობაში მსხვილი მანქანა-დანადგარების გამოყენების დროს, ქვიშა-თიხოვანი ქანების ამოღება იწვევს ნაყარის ფორმირების სპეციფიკურ თავისებურებას. თიხნარი ქანები დიდი სიმაღლიდან ჩამოყრის დროს ძალზე წვრილმანდება, მათი სტრუქტურა იშლება და იქმნება ნაყარის ფუძეზე თიხის შემცველ პლასტად, რომლის გასწვრივ შეიძლება განვითარდეს მეწვერი. ქვიშნარი და თიხნარი ქანების ნაყარში განთავსების დროს პირველი მათგანი იმსხვრევა უფრო ადვილად, ვიდრე მეორე, ეს კი იწვევს თიხნარის შემცველი ნატეხების განლაგებას ნაყარის ქვედა ნაწილში, რაც ასუსტებს ნაყარის ფუძეს. ნაყარის სიმდგრადე შეიძლება გაიზარდოს ქანების სელექციური ამოღებისა და განთავსების დროს. უნდა ვიზრუნოთ, რომ ნაყარის ქვედა ნაწილში განლაგებული იყოს მდგრადი ქანები, ხოლო ზვევით – უფრო სუსტი. მნიშვნელოვანია აგრეთვე გაიზარდოს ნაყარის სპირაჯოს სიგანე. თუ ნაყარის სიმაღლის ზრდის სიჩქარე და ნორმალური ძაბვების ზრდის სიჩქარე აჭარბებს წყლის ფორებიდან უკუდენის სიჩქარეს, ნაყარის სიმდგრადე უარესდება და შეიძლება განვითარდეს ფუძის ქვედა და ფუძის ზედა ტიპის მეწვერი. ნაყარში ქანების მოთავსების სიჩქარის შემცირების დროს ხდება ფორებში არსებული წნევის გაბნევა და უზრუნველყოფილია ნაყარის სიმდგრადე.

ეს შეიძლება მიღწეულ იქნეს გადამხსნელი კომპლექსის მწარმოებლობის შემცირებით, სანაყარე სპირაჯოების ფართობის გაზრდით ნაყარის საწყისი სიმაღლის შემცირების ხარჯზე 4-6 მ-მდე. ამასთან, საწყის ეტაპზე მიზანშეწონილია განლაგდეს ნაყარში ადვილად საფილტრაჟი მასალა.

## 5. საკარიერო ველების დაშრობა

### 5.1. ძირითადი ცნობები

მიწისქვეშა წყლები ქანებზე მექანიკური, ქიმიური და ელექტროქიმიური ზემოქმედების წყაროა. ეს ზემოქმედება განსაკუთრებით მკაფიოდ გამოხატულია თიხის შემცველი ქანების შემთხვევაში, რომდესაც ნაწილაკებს შორის იქმნება განსაკუთრებული, ე.წ. წყალ-კოლოიდური ტიპის კავშირი.

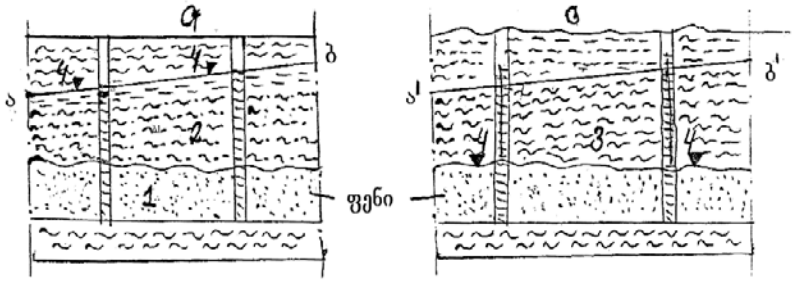
წყალი ქანებში შეიძლება იყოს ბმულ (შეკრულ) და თავისუფალ მდგომარეობაში. ბმული წყალი განსაკუთრებით გავრცელებულია თიხნარ გრუნტებში და უშუალოდ მოქმედებს ქანების სტრუქტურაზე. ქანების ტენიანობა, განსაზღვრული ბმული წყლის მაქსიმალური რაოდენობით, იწოდება მაქსიმალურ მოლექულურ ტენშემცველობად. თიხნარში იგი შეიძლება შეადგენდეს რამდენიმე ათეულ პროცენტს, მაშინ, როდესაც ქვიშნარ გრუნტებში, ჩვეულებრივ, ის შეადგენს მხოლოდ რამდენიმე პროცენტს.

თავისუფალი წყალი ავსებს ქანის ფორებს, რომლებიც არაა დაკავებული ბმული წყლით და იყოფა ორ ჯგუფად: გრავიტაციულ და კაპილარულ წყლებად.

პირველი მათგანი გადაადგილდება წონის ძალით და ქმნის ჰიდროსტატიკურ წნევას, რომლის სიდიდე ნებისმიერ სიღრმეზე განისაზღვრება პიეზომეტრიული სიმაღლით.

ნახ. 5.1-ზე მოცემულია წყალშემცველი ქანების განლაგების ორი შემთხვევა. ერთ შემთხვევაში წყალშემცველი ქვიშების თავზე განლაგებულია ნაკლებ შეღწევადი ქვიშები. წყლის დონე ჭაბურღილებში რჩება ქვიშნარში არსებული წყლის დონეზე, რის გამოც (1) ფენს ამ შემთხვევაში უწოდებენ უდაწნევო ფენს (5.1, a). მეორე შემთხვევაში წყალშემცველი ქვიშების თავზე განლაგებულია წყალგამძლე თიხები. წყლის დონე ჭაბურღილებში აიწევს წყალშემცველ ფენის ზევით და დადგება ე.წ. პიეზომეტრიული ზედაპირის დონეზე (ნახ. 5.1, b), ფენს კი ამ შემთხვევაში უწოდებენ დაწნევით ფენს. ცხადია, ჭაბურღილებში წყლის დონე იქნება გაცილებით მაღლა დაწნევით ფენზე, ე.წ. პიეზომეტრიული ზედაპირის დონეზე.

ბმული და თავისუფალი წყლის მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც შეიძლება მოთავსდეს ქანებში და რომელიც გამოისახება ფენის წონის %-ით, ცნობილია ქანის ტენტევალობის სახელწოდებით. მოცულობის თვალსაზრისით იგი უახლოვდება ქანების ფორმირების მაჩვენებელს.



ნახ. 5.1. ფენების განლაგების სქემა: ა - უდაწნევო; ბ - დაწნევითი.  
 1-ფენი; 2-წყალშემცველი ქვიშნარი; 3-წყალგამძლე თიხა; 4-ნიშნული, რომელზეც გამოჩნდება წყალი ჭაბურღილში; ა, ბ- გრუნტის წყლის დონე; ა', ბ'-წყლის დონე ჭაბურღილში.

გრუნტის წყლების დონის ქვევით ქანები იმყოფება სრული ტენტევალობის მდგომარეობაში და ჰიდროსტატიკური წნევა აქ ჭარბობს ატმოსფერულს. ამ დონის ზევით გრავიტაციული წყალი არ არსებობს, ხოლო თავისუფალი წყალი იმყოფება კაპილარულ მდგომარეობაში. წყალი ფორებში ისეთნაირად მოძრაობს, როგორც კაპილარებში, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან წყლის რეზერვუართან. ქანების ტენიანობა მაღალია და ცოლია სრული ტენიანობისა. უფრო ზევით, აერაციის ზონაში, ქანებში ჩნდება მე-3 ფაზა (ჰაერი) და კაპილარული წყალი იკავებს მხოლოდ ფორების განაპირა უბნებს. ტენიანობა აქ გაცილებით ნაკლებია სრულ ტენიანობასთან შედარებით.

კაპილარული წყალი ადის გრუნტის წყლების დონეზე და მასში ჰიდროსტატიკური წნევა ნაკლებია ატმოსფერულზე, რაც ხელს უწყობს ქანების ბმულობის გაზრდას (შემჭიდროებას). ზედაპირზე

წყლის დაგროვების შედეგად ეს უკანასკნელი გადადის გრავიტაციულ მდგომარეობაში.

საზოგადოდ, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ქვიშა ძირითადად შეიცავს გრავიტაციულ წყალს, ხოლო თიხა თითქმის არ შეიცავს გრავიტაციულ წყლებს. ამასთან, ქანში არსებული წყლის სახეობა განსაზღვრავს დრენირების მიზანშეწონილობასა და შესაძლებლობას.

სადრენაჟო გვირაბებში შეიძლება თავისუფალი წყლის მხოლოდ ერთი ნაწილის ჩადინება; თიხნარში კი თავისუფალი წყლის დიდი ნაწილი იმყოფება ე.წ. „მობილიზებულ“ მდგომარეობაში და შეიძლება ნაწილობრივ იქნეს განდევნილი ქანიდან დამატებითი დატვირთვის წყალობით.

წყლის მოცილება გამოდევნილი ქანიდან დეპრესიული ან პიეზომეტრიული ზედაპირის დაწვევის ხარჯზე ახასიათებს მის მოცულობით თვისებებს. ამასთან, წყალი შეიძლება თავისუფლად დაიწრიტოს ან განიდევნოს დამატებითი დატვირთვის შედეგად (ე.წ. დრეკადი მოცულობა).

შემოტანილია ცნება ე.წ. ფენის გრავიტაციული წყალგაცემის კოეფიციენტისა –  $\eta$ , რომელიც რიცხობრივად ტოლია გამოთავისუფლებული წყლის მოცულობის ფარდობისა ქანის მოცულობასთან (იხ. ცხრილი 5.1).

წყალგაცემის დრეკადი კოეფიციენტის შემოღების საჭიროება განპირობებულია იმით, რომ ჰიდროსტატიკური წნევის შემცირების შედეგად (მიწისქვეშა წყლების ზედაპირის დონის დაწვევის დროს) ქანი დამატებით შემკვრივდება, ხოლო წყალი,



პირიქით, ფართოვდება, რის გამოც წონასწორობა ფორებსა და წყლის მოცულობებს შორის ირღვევა და ზედმეტი წყალი გამოიწნეხება (ქანი მაინც რჩება წყალგაჯერებული). წყლის რაოდენობა, მიღებული ფენის ერთეული ფართიდან მასში დაწნევის 1 მ-ზე შემცირებით, ცნობილია ფენის დრეკადი წყალგაცემის კოეფიციენტის სახელწოდებით ( $\mu_1$ ). დრეკადი მოცულობა გვხვდება როგორც უდაწნევო, ისე დაწნევით ფენებში.

### ცხრილი 5.1

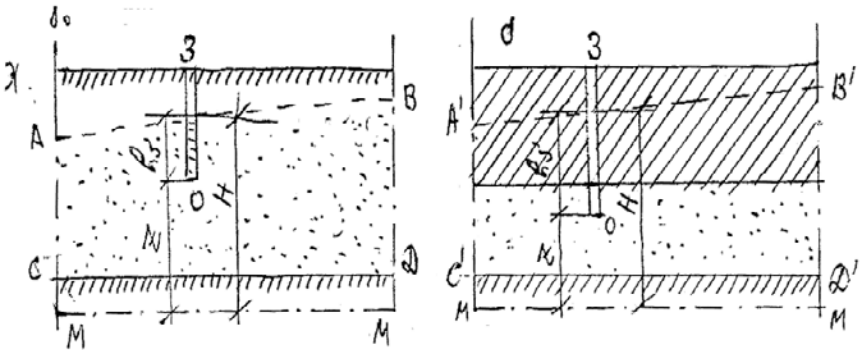
	ქანები	წყალგაცემის კოეფიციენტი	
		გრავიტაციული	დრენაჟი (ფენის სისქის 1 მ-ზე $\mu_1$ )
1	მსხვილმარცვლოვანი ქვიშები	0,30-0,35	$1 \cdot 10^{-4}$
2	საშუალო მარცვლოვანი ქვიშები	0.25-0.30	$1 \cdot 10^{-4}$
3	წვრილმარცვლოვანი ქვიშები	0.15-0.20	$1 \cdot 10^{-4}$
4	ქვიშნარი	0.10-0.15	$1 \cdot 10^{-3}$
5	თიხნარი	0.01-0.05	$1 \cdot 10^{-3}$
6	კარსტიანი კირქვები	0.01-0.03	$1 \cdot 10^{-4}$ $1 \cdot 10^{-3}$
7	ძლიერ გამოფიტული ამონთხეული და მეტამორფული	0.01	$1 \cdot 10^{-5}$
8	მკვრივი ამონთხეული და მეტამორფული	<0.005	$1 \cdot 10^{-5}$ $1 \cdot 10^{-6}$

## 5.2. მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის ძირითადი თავისებურება

მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციის (მოძრაობის) მიზეზს წყალგაჯერებული ქანების ფორებსა და ნაპრალებში წარმოადგენს სიმძიმის ძალა და ჰიდროსტატიკური წნევა. შესაბამისად, მიწისქვეშა წყლების ნაკადის ენერჯის მაჩვენებელია მათი წნევა, რომელიც გამოისახება მ-ში და ტოლია:

$$H = Z + h_z = Z + \frac{h}{\gamma_0}, \quad (5.1)$$

სადაც  $Z$  არის წერტილის ორდინატა, რომელშიც განისაზღვრება  $P$  წნევა. ე.ი.,  $Z$  განსაზღვრავს ენერჯიას, რომელიც განპირობებულია სიმძიმის ძალით;  $h_z$  – პიეზომეტრული სიმაღლე,  $h_z = h/\gamma_0$ ;  $\gamma_0$  – წყლის ხვედრითი წონა.



ნახ. 5.2.

ნაკადის ენერგია იხარჯება წინაღობის ძალის,  $f$  გადასალახავად. როგორც კვლევები გვიჩვენებს, წყლის მოძრაობა ფორებსა და ნაპრალებში ლამინარულია. ენერგიის დანაკარგი  $l$  მ მანძილზე შეადგენს წნევის დანაკარგის  $\Delta H$  და ტოლია წინაღობის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობის –  $fl$ -ისა, რაც პროპორციულია  $VI$  სიდიდის, სადაც  $V$  ფილტრაციის სიჩქარეა და ტოლია წყლის ხარჯის ფილტრაციული ფენის ერთეული განიკვეთისა.

დახის კანონის საფუძველზე:

$$V = KTV \quad (5.2)$$

სადაც  $K$  არის ფილტრაციის კოეფიციენტი, მ/დღ;  $l = \Delta H/l$  – წნევის უგანზომილებო გრადიენტი, რომელიც ტოლია წნევის დანაკარგის ( $\Delta H$ ) ფარდობისა ფილტრაციის მანძილზე ( $l$ ).

როგორც დავრწმუნდით, ფილტრაციის კოეფიციენტი ახასიათებს წყლის მოძრაობის წინაღობის ძალას. მისი საორიენტაციო მნიშვნელობა ქანებისათვის შემდეგია:

სუფთა კენჭები, ღორღი მსხვილი ქვიშით, კარსტული კირქვები – 100-1000 მ/დღ და მეტი;

კენჭები და ღორღი სილის შემავსებლით, მსხვილ-მარცვლოვანი სილა, იტენსიურად დანაპრალიანებული კარბონატები – 20-100 მ/დღ;

წვრილმარცვლოვანი და საშუალომარცვლოვანი ქვიშები, კენჭები თიხნარი და ქვიშნარი შემავსებლით, დანაპრალიანებული კარბონატული ქანები, დანაპრალი-

ანებული ამონთხეული და მეტამორფული ქანები – 5-20 მ/დღ;

წვრილმარცვლოვანი ქვიშები, ქვიშაქვები თიხიან ცემენტით, მცირედ დანაპრალიანებული ამონთხეული და მეტამორფული ქანები – 0.5-5 მ/დღ;

ქვიშნარი – 0.1-1.0 მ/დღ;

თიხნარი – 0.01-0.1 მ/დღ;

ქვიშიანი თიხები – 0.01-0.001 მ/დღ;

რბილი პლასტიკური თიხები –  $<0.001$ .

ქანები, რომელთა  $K < 1$ , ითვლება სუსტად შეღწევად ქანებად და ძნელად ატარებენ წყალს. დანაპრალიანებულ მაგარ ქანებს შეიძლება ჰქონდეთ დაბალი  $K$  მაგრამ გააჩნდეს დრენირების კარგი უნარი.

ფენის წყალგამტარიანობის უნარის დახასიათების მიზნით ხშირად ხმარობენ აგრეთვე ე.წ. წყალგამტარიანობის კოეფიციენტს  $T = Km$  მ<sup>2</sup>/დღ, სადაც  $m$  ფენის სისქეა.

მიწისქვეშა წყლების სადრენაჟო გვირაბებით მოძრაობის სურათი შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად: წყალშემცველი ჰორიზონტის გახსნა სადრენაჟო ნაგებობებით (გვირაბებით, ჭაბურღილებით, ჭით, თხრილით) ფენში შექმნის დაბალი წნევის არეს, რაც იწვევს წყლის ნაკადის მოძრაობას სადრენაჟო გვირაბისკენ. პირველად გვირაბში წყალი მოედინება უახლოესი უბნებიდან, გრავიტაციული ან დრეკადი მოცულობებიდან. ამასთან, თანდათან მცირდება წნევის დონე, რომელიც თანდათან შორდება სადრენაჟო გვირაბს და შეიქმნება ე.წ. დეპრესიული (პიეზომეტრიული) დრეკადი სადრენაჟო გვირაბის გავლენის ზონაში. ამ

გავლენის განვითარების სიჩქარე დამოკიდებულია ე.წ. დონის გამტარიანობის ანუ პიეზოგამტარიანობის კოეფიციენტზე:  $a=T/\mu$ , და იზომება მ<sup>2</sup>/დღ-ში.

სადრენაჟო გვირაბის გავლენის ზონა პროპორციულია  $\sqrt{at}$ -სი, სადაც  $t$  არის დრო პროცესის დაწყებიდან (ცხრილი 5.1). თუ გავლენის ზონა მიაღწევს წყალშემცველი ჰორიზონტის კვების რომელიმე წყაროს (მაგ. მდინარეს ან წყალსაცავს), მაშინ იწყება დამატებითი წყლის მოდენა აღნიშნული კერიდან. წყლის ნაკადი თანდათან იზრდება და დგება მომენტი, როდესაც ჯამური დამატებითი ნაკადი და სადრენაჟო გვირაბებიდან გამავალი ნაკადი გაუტოლდება ერთმანეთს. ამის შემდეგ წნევის სიდიდე ფენში აღარ ეცემა და მყარდება მუდმივი ფილტრაციის რეჟიმი.

ცნობილია მიწისქვეშა წყლების ნაკადის სადრენაჟო გვირაბებისაკენ მოძრაობის გათვლის მეთოდები, რომლებიც აღწერილია სპეციალურ ლიტერატურაში.

### 5.3. საკარიერო ველების დრენაჟის საერთო საკითხები

კარიერების დრენაჟი გათვალისწინებულია მუშაობის ნორმალური პირობების შესაქმნელად, წიაღისეულის სინოტივის შესამცირებლად, ფერდოს, ბორტებისა და ნაყარის სიმდგრადის გასაზრდელად და სხვა.

დრენაჟისადმი წაყენებული მოთხოვნები დიდადაა დამოკიდებული საბადოს დამუშავების ხერხებსა და

სქემებზე. ასე, მაგალითად, შიგა ნაყარის უქონლობის შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნეს ე.წ. ღია დრენაჟი და კარიერიდან გაყვანილი სხვადასხვა სადრენაჟო მოწყობილობა. შიდა ნაყარის გამოყენება მნიშვნელოვნად ზღუდავს დრენაჟის გამოყენების შესაძლებლობას, განსაკუთრებით, მრავალჩამჩიან ექსკავატორების სატრანსპორტო-სანაყარო ხიდებისა და კონსოლური ნაყარშემქმნელი დანადგარების გამოყენების დროს. წყალშემცველი ქვიშების მექანიკური ნიჩბებით დამუშავების დროს საჭირო იქნება უფრო ინტენსიური დრენაჟის უზრუნველყოფა, ვიდრე მრავალჩამჩიანი ექსკავატორით მუშაობის დროს. ჰიდრომექანიზაციის საშუალებათა გამოყენებისას ღია დამუშავების დროს მიწისქვეშა წყლები ხელსაყრელი ფაქტორია. დრენაჟის დანიშნულება ამ შემთხვევაში შემოიფარგლება მოთხოვნით – ფერდოს ისეთი მდგრადობის უზრუნველყოფა, რომელიც ხელს არ შეუშლის ზევით განლაგებული საფეხურების მდგრადობას.

კარიერების დრენაჟის საკითხების გადაწყვეტის დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა გაგამახვილოთ საბადოს ჰიდროგეოლოგიურ თავისებურებებზე. რთულ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში უნდა განხორციელდეს საიმედო ურთიერთკავშირი სამთო და სადრენაჟო სამუშაოებს შორის. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს საბადოს გადახსნის სქემებისა და დამუშავების სისტემების, აგრეთვე დანადგარების შერჩევის საკითხს, საბადოს გამომუშავების თანმიმდევრობას დროსა და სივრცეში.

ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება აუცილებლად უნდა მოიცავდეს აგრეგე დრენაჟის ვარიანტებსაც.

ასე, მაგალითად, გადახსნის საწყისი უბნის შერჩევის დროს აუცილებლად უნდა განხორციელდეს დასამუშავებელი ველის ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევა. ცნობილია მაგალითები, გამხსნელი ტრანშეების განლაგებისა და მოწყობის, რომლის დროსაც რთული ჰიდროგეოლოგიური პირობების კერძოდ, დიდი წყალმოდენის ან ინტენსიური ფილტრაციული მეწყერწარმოქმნის გამო გაძნელებულია კარიერის შემდგომი ექსპლუატაცია; ცალკეულ შემთხვევებში კი პირველად გადასახსნელი და დასამუშავებელი უბნის ხელსაყრელი შერჩევის პირობებში შეიძლება განხორციელდეს საბადოს ეფექტური დაშრობა (ამოშრობა).

ბორტების მდგრადობის გაზრდის თვალსაზრისით დრენაჟის ძირითადი დანიშნულებაა ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური ძალების შემცირების უზრუნველყოფა. დრენაჟი იქნება საკმაოდ ეფექტური, თუკი ის იწვევს წნევის შესამჩნევ შემცირებას შესაძლო დამეწყერების პრიზმის ფარგლებში.

ქვეშა-თიხოვანი ქანებისაგან შედგენილი არამუშა საფეხურების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის შიდასაკარიერო დინების ორგანიზაციას. საფეხურების მოედნებზე წყლის დაგროვების თავიდან აცილება ამცირებს ჰიდროდინამიკურ და ჰიდროსტატიკურ ძალებს, ზღუდავს ფერდოს გაჯირჯენისა გადარეცხვის საშიშროებას და ქანების

დეფორმაციებს; ამასთან ერთად, მიზანშეწონილია ფერდოს მფილტრავ (მჟონავ) ნაწილზე მოეწყოს მიტვირთვა მსხვილმარცვლოვანი მასალისაგან (სადრენაჟო პრიზმა).

განსაკუთრებული მოთხოვნები წაყენება მარილიანი ქანების საფეხურებს. ამ დროს საჭიროა მიწის ქვეშა წყლების სრული დაჭერა და ატმოსფერული წყლების ეფექტური არინება (გადაგდება) საფეხურების მოედნებიდან.

ნაყარის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად ფუძეში წყლის დონე (ფერდოს სიახლოვეს) უნდა იყოს ნაყარის ფუძიდან 0,5-1 მ-ით ქვევით (წყლის კაპილარული აღმასვლის დონე). უნდა გატარდეს ღონისძიებები აგრეთვე ატმოსფერული წყლების ანირების მიზნით, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია წვრილმარცვლოვანი ქანებისათვის. თიხოვანი ქანების მაღალ ნაყარში, რომელშიც შეიძლება შეიქმნას გადამეტებული ფოროვანი წნევა, სასურველია პერიოდულად განთავსდეს ქვიშები, რაც ხელს შეუწყობს წნევის შემცირებას.

ჰიდრონაყარზე საჭიროა განხორციელდეს ფერდოს დრენაჟის ღონისძიებები, რაც თავიდან აგვაცილებს ფილტრაციულ დეფორმაციებს.

დაბოლოს, უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალ საბადოზე მიზანშეწონილია განხილულ იქნეს ღია დრენაჟის შესაძლებლობა თვით, კარიერის მეშვეობით მისი დაშრობის საკითხის გადასაწყვეტად.



#### 5.4. კარიერების დაშრობის ტექნიკური საშუალებები

კარიერების დაშრობის მიზნით ამჟამად უფრო მეტად გამოიყენება სიღრმივი ტუმბოებით აღჭურვილი ჭაბურღილები, მიწისქვეშა გვირაბები – სადრენაჟო შტრეკები ფილტრებითა და ჭებით, სადრენაჟო ზუმფები, ტრანშეები, თხრილები და ღია დრენაჟის სხვა საშუალებები.

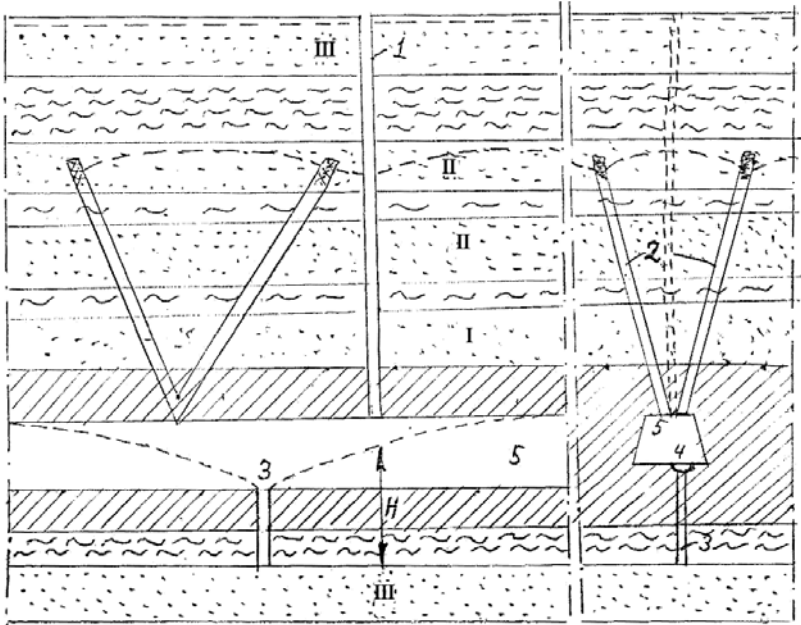
ჭაბურღილებით დაშრობის ხერხის უპირატესობებია: არა საჭირო დიდი მოცულობის კაპიტალური დანახარჯები; წყალდამშრობი ნაგებობები ტექნიკურად მარტივია, ჭაბურღილების ექსპლუატაციაში შესვლა ადვილია და მცირე დროს მოითხოვს.

ამ მეთოდის ნაკლია მისი მცირე ეფექტურობა შედარებით სუსტად წყალშედწევადი ქანების დროს ( $K < 3-5$  მ/დღ), აგრეთვე მრავალი ტუმბოს ერთდროულად მუშაობის საჭიროება, რაც მოითხოვს დიდი რაოდენობის პერსონალს და ამნელებს მათ ცენტრალიზებულ მართვას; ეს კი, თავისთავად, ზრდის ექსპლუატაციის ხარჯებს,

ამასთან, ამ ხერხს გააჩნია მნიშვნელოვანი რეზერვი ტუმბოების კონსტრუქციების გაუმჯობესებასა და მათი ავტომატური რეგულირების შესაძლებლობებთან დაკავშირებით.

მიწისქვეშა გვირაბების სისტემებით კარიერების დაშრობის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 5.3.-ზე აქ I, II და III წყალშემცველი ფენებია. სადრენაჟო შტრეკი 5 შეიძლება განლაგებულ იქნეს წყალშემცველი ფენების ქვევით (I, II) ან ზევით (III). შტრეკიდან შეიძლება

გაყვანილ იქნეს აღმავალი (2) ან დაღმავალი (3); თვითამოსადგურელი ჭაბურღილები ან ჭები (იატაკში 4); ჭაბურღილები შტრეკის მიმართულებით შეიძლება გაყვანილ იქნეს აგრეთვე ზედაპირიდან (იხ. პუნქტირი ჭრილში).



ნახ. 53.

დრენაჟის მიწისქვეშა სისტემის უპირატესობებია: წყალქცევის ცენტრალიზებული შესაძლებლობა ნებისმიერ ქანში, დრენაჟის უზრუნველყოფა, ექსპლუატაციის შედარებით დაბალი დანახარჯები. თუმცა ამ ხერხს გააჩნია მნიშვნელოვანი ნაკლიც: დიდი კაპიტალური დანახარჯები, სადრენაჟო შტრეკების გაყვანა რთულ სამთო-გეოლოგიურ პირობებში, ექსპლუატაციის

პროცესში მოსალოდნელი წყლის მოულოდნელი გამოხეთქვა და სხვა.

ზოგჯერ პრაქტიკაში, ხელსაყრელ პირობებში, კარიერის ძირში ან ბორცისპირა ზონებში გაიბურღება ე.წ. თვითამოსადვრელი ჭაბურღილები, რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის გადაშვებას ზედა ჰორიზონტიდან ქვედა ჰორიზონტზე.

ყველა ზემოთ განხილული ხერხი განკუთვნილია ე.წ. სიღრმევი დრენაჟისთვის. მათ გარდა ცნობილია ღია დრენაჟის ხერხები, რომლის დროსაც წყალს ღებულობენ კარიერის ფერდოთი ან ძირით, მაგალითად, ზუმფების ან ტრანშეების მეშვეობით, ჰორიზონტალური თვითდინებადი ჭაბურღილებით, წყალგაუმტარი ფარდით (თიხით ან ცემენტაციის გზით) და სხვა.

საერთოდ, უნდა აღინიშნოს, რომ ღია დამუშავების დროს წყლის მისაღებად ხშირად იყენებენ თვითგამონამუშევრს (კარიერის გამკვეთ ტრანშეის), რაიმე განსაკუთრებული გართულების გარეშე.

### **5.5. სამთო-მომპოვებელ რაიონებში მიწისქვეშა წყლების დაცვისა და რაციონალური გამოყენების საკითხები**

ღია სამუშაოები, ჩვეულებრივ, მიმდინარეობს ისეთ რაიონებში, სადაც მიწისქვეშა წყლების დაცვასა და რაციონალურ გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. ამასთან დაკავშირებით, დაპროექტების დროს

უაღრესად მნიშვნელოვანია საბადოს დრენაჟისა და კარიერების წყალქცევის საკითხების გადაწყვეტა.

უპირველეს ყოვლისა, საბადოსა და კარიერის დრენაჟს შეიძლება მოჰყვეს პრობლემები მიმდებარე რაიონის წყალმომარაგებაში, წყლის მარაგის შემცირების გამო. ცალკეულ შემთხვევებში, ღია დამუშავების დროს, შეიძლება აღმოცენდეს მსხვილი ჰიდროტექნიკური ნაგებობები (წყალსაცავები, გუბურები, კუდების საცავები და სხვა), რაც გარკვეულ ზეგავლენას ახდენს წყალმომარაგებაზე, როგორც პოზიტიურს, ისე ნეგატიურს. სადრენაჟო წყლები შეიძლება შეიცავდეს მავნე მინარევებს და მათმა ჩადინებამ მდინარეებსა და წყალსატევებში შეიძლება მნიშვნელოვანი პრობლემები გააჩინოს. ყველა ეს გარემოება გათვალისწინებული უნდა იყოს ღია დამუშავების დაპროექტების პროცესში.

## **5.6. საბადოების კლასიფიკაცია მათი დაშრობის პირობების მიხედვით**

საბადოს დაშრობის პროექტირების დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მათ კლასიფიკაციას დაშრობის პირობების მიხედვით. ასეთი კლასიფიკაცია პროფესორ ფისენკოს მიხედვით მოცემულია 5.2 ცხრილში.

წარმოდგენილი კლასიფიკაციის გათვალისწინებით ღია წესით დამუშავების დროს გამოყოფენ საბადოთა სამ ტიპს: A ტიპის საბადოებზე ჭარბობს შემდეგი სამთო-გეოლოგიური პირობები – თიხოვანი, სუსტი თიხოვანი და არაბმული ქანები, უპირატესად მათი

ჰორიზონტალური განლაგების შემთხვევაში; B ტიპის საბადოებში ჭარბობს საშუალო სიმკვრივის დანალექი, მეტამორფული ქანების წყალშემცველი კომპლექსები და მკვრივი თიხოვანი ქანების კომპლექსები, მათი დახრილი განლაგების დროს; C ტიპის საბადოებში ჭარბობს მაგარი, საკმაოდ წყალმდევი, დანაპრალიანებული ქანები.

საბადოს დრენირების საკითხების გადაჭრის დროს საჭიროა, პირველ რიგში გათვალისწინებულ იქნას სადრენაჟო კომპლექსების წყალშემცველობა A ტიპის საბადოებისათვის სუსტი გაწყლოვანების შემთხვევაში.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, პირველ რიგში გათვალისწინებულია ქანების თვისებები, შემდეგ კი მათი წყალშემცველობა - წყალგამტარობა.

საშუალოდ გაწყლოვანებულ საბადოებზე სიღრმივი დრენაჟი აუცილებელია მხოლოდ წყალშემცველი ჰორიზონტების გადახსნის პირველ პერიოდში, 2-4 წლის განმავლობაში, ხოლო გაწყლოვანებულ საბადოებზე სიღრმივი დრენაჟი საჭიროა საბადოს ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

**ცხრილი 52**

ქანების ჯგუფი	მათი საერთო დახასიათება	ძირითადი სახეები	ძირითადი მახეუნებლები დრენირებისა და სიმდგრადის მიხედვით (გაწყლოვანებულ ფერდოზე)
კლდოვანი და ნახევრად-კლდოვანი	მკვრივი და ნახევრად-მკვრივი ნაპრალოვანი	მაგმური და მეტამორფული (ქვიშები, კირქვები, ფიქლები და სხვა) ქანები	ყველაზე მჭტი წყალშემცველობა გააჩნია კარსტულ უბნებში, ტექტონიკური რღვევებისა და გამოფიტვის ზონებში; გადავიღებულია ჭაბურღილებით

			დრენაჟი; დანაპრაღიანების შემთხვევაში არ ხდება მათი დასველება და წყლით გაჯერება.
თიხოვანი	მკვრივი	მთლიანად დეზინტეგრირებული მაგმური და მეტამორფული ქანები, ალევილიტები, არგილიტები, მკვრივი ნაპრაღიანი თიხები, თიხოვანი ქვიშაქვები, დანალექი ქანები	ნაპრაღოვნება და გაწყლოვნება თანაბარია, დრენირება დამაკმაყოფილებელი, სველდება საფეხურების ფილტრაციის უბნებში, აგრეთვე საფეხურების მოუდანზე წყლის დაგროვების დროს.
	რბილი	ცხიმოვანი ან სუსტქვიშოვანი პლასტიკური თიხები, არგილიტები	წყალგამძლე ფერდოს ხედაპირზე და წყალშემცველი ქანების კონტაქტზე გაჯირჯება, ძლიერ კუმშვადი.
სუსტი თიხოვანი ქვიშაქვები	სუსტი შეჭიდულობის	ქვიშოვანი თიხები, ქვიშნარი, თიხიანი ქვიშაქვები, სუსტი ალევილიტები.	საგრძნობლად ხდება დრენირება მხოლოდ ღია საშოთ და სადრენაჟო გვირაბებით; აგრეთვე ქვედა ფენებში წყლის ღონის დაწვევის დროს, შეჭიდულობის არა- შქონე და დანაპრაღიანებული მფილტრავი ქანების დროს; ფერდოში სველდება, გაიჯირჯება და შემდეგ ჩამოიშლება.
არაბმული	შეჭიდულობა არ გააჩნია	ხრეში, ქვიშები, ღორღი, კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი დანაპრაღიანებული ქანები	კარგად ხდება დრენირება ჭაბურღილებით (მტვრიანი ქვიშების გარდა) და ტრანშეებით. არ სველდება და არ გაიჯირჯება. ქვიშები ჩამოშვავდება 10-16 <sup>0</sup> -ით დახრილ ფერდოზე.
თანამედროვე ღამი	შემკვრივებული წყლის აუზების	თანამედროვე ღამიან -თიხოვანი ქანები ტბებსა და	დრენირება ხდება მხოლოდ თხრილებითა და ტრანშეებით;

	თანამედროვე დანალექი	ჭაობებში, წყალგაჯერებულ ნიადაგებში, ტორფოვანი ნალექები	ფერდოზე ძალზე არამდგრადი და ძალზე კუმშვადი.
--	----------------------	--	---

B ტიპის საბადოებზე დრენაჟზე გაწეული ხარჯები დიდად არის დამოკიდებული არა საკუთრივ წყლის მოდენის სიდიდეზე, არამედ კონკრეტულად ბორცის პირა ზონაში წყლის წნევის მნიშვნელოვნად შემცირების მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილების აუცილებლობაზე.

და ბოლოს, C ტიპის საბადოებზე დრენაჟის მეთოდები და საშუალებები უპირველესად დგინდება მათი ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასების შედეგად, საერთო წყალმოდენის მიხედვით.

### 5.7. საკარიერო ველების დაშრობის სქემები

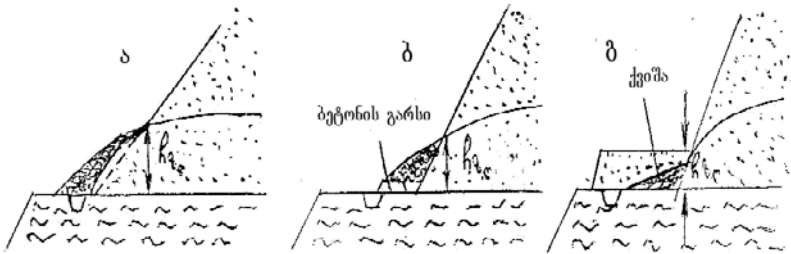
წყალშემცველი წყალგაუმტარი ქანების ჰორიზონტალური განლაგების დროს გრავიტაციული წყლის სრული დრენაჟი შეუძლებელია. ამისათვის პროექტირების დროს პირველ რიგში უნდა დადგინდეს ძირითად წყალშემცველ ჰორიზონტებზე ფერდოს ზედაპირზე წყლის მოდენის დასაშვები ზღვრული სიდიდე და მიწისქვეშა ნაკადის გადაკეტვის კოეფიციენტი.

განვიხილოთ საკარიერო ველების დაშრობის სქემები ცალკეული საბადოებისათვის:

#### A ტიპის საბადოების დრენაჟი

ფენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს კარიერის არამუშა ბორტის დრენაჟის ამოცანაა კარიერის ბორტებში მიწისქვეშა წყლების დინებისა და გამოდინების ზონების შუალედებში ფილტრაციული დეფორმაციების აღკვეთის უზრუნველყოფა. არამუშა საფეხურების მდგრადობის უზრუნველყოფის უნივერსალური ხერხია დრენაჟი ჰორიზონტალური ბორტის გასწვრივ (ნახ. 5.4, ა,ბ,გ), რომელიც შედგება ხრემ-ლორდიანი პრიზმისა და ადგილობრივი შიდასაკარიერო წყალშემკრებისაგან დაქანებით გაყვანილი წყლის მიმღები თხრილისაგან. თხრილში დამონტაჟებულია სადრენაჟო მილსადენები. დაბალი ტემპერატურის მქონე რაიონებში ხდება დრენაჟის ჩაფლობა ქვიშის შრეში (ნახ. 5.4, გ).

წყალუხვი ჰორიზონტებისათვის ხშირად უპირატესობას ანიჭებენ ბორტის პირა დრენაჟის შეთავსებას ჰორიზონტალურ სადრენაჟო ჭაბურღილებთან.



ნახ. 5.4.

უნდა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ არასამუშაო ბორტზე დრენაჟი უფრო ადვილია, ვიდრე მუშა



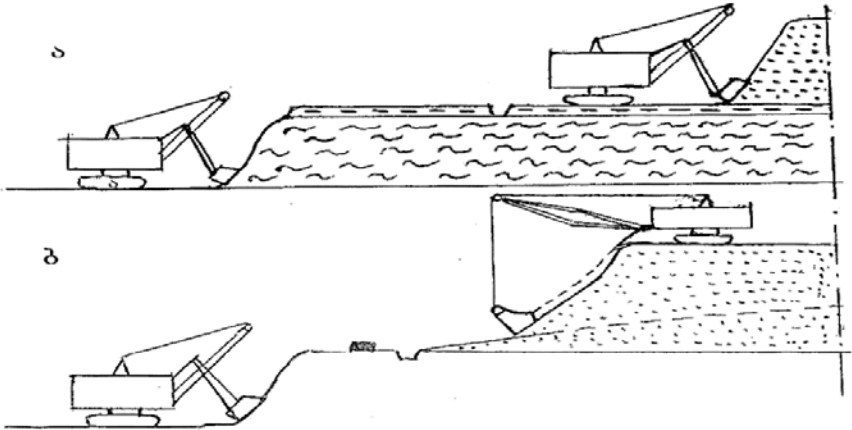
ბორტზე. ამის გამო სასურველია წყლის მოდენის ძირითადი ნაკადის მხარეს შექმნისდაგვარად მოეწყოს არამუშა ბორტი. განსაკუთრებით გაადვილებულია არამუშა ბორტზე დრენაჟის მოწყობა, როდესაც ამ უკანასკნელის ნიშნული დაემთხვევა წყალშემცველი ჰორიზონტის ძირის ნიშნულს.

მუშა ბერმაზე დრენაჟის მოწყობამ უნდა უზრუნველყოს არა მარტო ფერდოს მდგრადობა, არამედ სამთო-სატრანსპორტო დანადგარების მუშაობის საიმედო პირობები მექანიკური ნიჩბებით და მრავალჩამჩიანი ექსკავატორებით მუშაობის დროს. წყლის მაქსიმალური მოდენა ფერდოს ყოველ 100 მ-ზე არ უნდა აღემატებოდეს 20მ<sup>3</sup>/დღ-ს, მტვრის მსგავსი სილების შემთხვევაში – 40-200 მ<sup>3</sup>/დღ-ს, საშუალო მარცვლოვანი და მსხვილმარცვლოვანი ქვიშების შემთხვევაში – 150-400 მ<sup>3</sup>/დღ-ს; დრაგლაინებისა და როტორული ექსკავატორების გამოყენების შემთხვევაში წყლის მოდენის დასაშვები სიდიდე გაცილებით დიდია და დამოკიდებულია მანქანების ზომებზე.

თუ წყალშემცველი ჰორიზონტის იატაკი ჩატრილია საფეხურით, მაშინ წყლის მოდენის ზემოთ მოტანილი კრიტიკული სიდიდე უნდა შემცირდეს 1,5-2-ჯერ. პირიქით, თუ გასაფილტრ ქანებში მიწისქვეშა წყლები მიიღება არა უშუალოდ სანგრევში, არამედ სადრენაჟო ტრანშეებში (თხრილები), მაშინ წყლის მოდენის კრიტიკული მნიშვნელობა შეიძლება გაიზარდოს 2-3-ჯერ.

მუშა ბერმაზე სადრენაჟო ტრანშეების მოწყობის პრინციპული სქემა მექანიკური ნიჩბით ან მექანიკური

ნიჩბით და დრაგლინით მუშაობის დროს, შესაბამისად, მოცემულია ნახ. 5.5, ა და ბ-ზე. სანგრევის გადაადგილებასთან ერთად ხდება ახალი ტრანშეის გაყვანა; მათ შორის მანძილი განისაზღვრება სპირაჯოს სიგანის შესაბამისად, რაც დამოკიდებულია ექსკავატორის აჩამჩვის რადიუსზე.



ნახ. 5.5

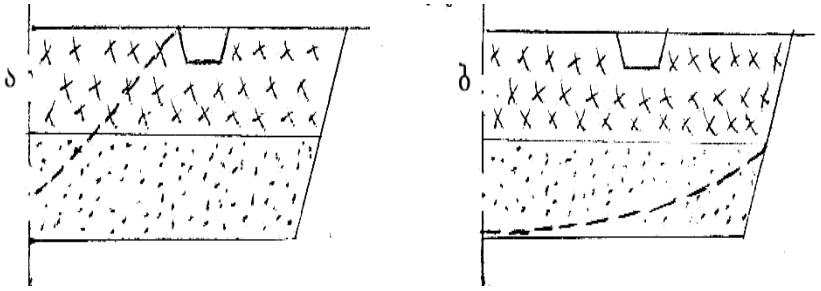
აღნიშნული სქემა განსაკუთრებით მიზანშეწონილია სუსტად შეღწევადი ქანების დამუშავების დროს ( $K < 0,5 \div 1$  მ/დღ). ასეთ ქანებში, თუ ღია დრენაჟი არ იძლევა შედეგს, მექანიკური ნიჩბებით ან როტორული ექსკავატორებით მუშაობის დროს საჭიროა განხილული იქნეს ჰიდრომონიტორებით ან დრაგლინებით მუშაობის შესაძლებლობა. ჰიდრომონიტორებით მუშაობის დროს წყალმოდენის კრიტიკული სიდიდე კარიერის ბორტის ყოველ 100 მ-ზე არ უნდა აღემატებოდეს: წვრილმარცვლოვანი ქვიშების შემთხვევაში 200-400 მ<sup>3</sup>/დღ-ს; საშუალომარცვლოვან ქვიშებში 1000/დღ-ს და მსხვილმარცვლოვან ქვიშებში – 2000 მ<sup>3</sup>/დღ-ს.

სავსებით ცხადია, რომ მკაცრ კლიმატურ პირობებში ( $t^0 < -25-30^0$ -ზე) ღია ღრენაჟის პერსპექტივები ძალზედ შეზღუდულია.

პროექტირების დროს არცთუ იშვიათად ღია ღრენაჟი არ გამოიყენება კარიერებზე, რომლებზეც ახდენენ ქვიშა-თიხოვანი წყალშემცველი ჰორიზონტების გადახსნას. ასეთი მიდგომა არამართებულად უნდა ჩაითვალოს. მოთხოვნა – არ დაუშვან მიწისქვეშა წყლების გამოდენა ფერდოზე, დიდ დანახარჯებთან და, პრაქტიკულად, მისი დაკმაყოფილება შეუძლებელია.

თუ წყლის მოდენის საპროგნოზო სიდიდე ადემატება კრიტიკულს, მაშინ მის შესამცირებლად საჭიროა განხორციელდეს სიდრმითი ღრენაჟი (ჭაბურღილების ან მიწისქვეშა გვირაბების სისტემით).

განვიხილოთ ჰორიზონტალურად განლაგებული ფენის ღრენაჟის შესაძლო სქემები. თუ ფენის თავზე განლაგებულია წყალგამძლე (წყალგაუმტარი) ქანები ან თუ ფენას აქვს უფრო მეტი წყალშედწევადობა, ვიდრე მის თავზე განლაგებულ ქანებს, მაშინ სასარგებლო წიაღისეული შეიძლება მნიშვნელოვნად იქნეს დრენირებული (ნახ. 5.6, ა). თუ წიაღისეულის ფენის წყალგამტარობა ნაკლებია მის თავზე განლაგებული ქანების წყალგამტარობაზე, მაშინ წყალდამრობის საშუალებებში უნდა გამოვიყენოთ მხოლოდ წყალშემცველი კონტაქტური შრეების ღრენაჟი (ნახ. 5.6, ბ).



ნახ. 5.6.

პირუკუ პროდუქტიული წყების (ფენის) ქვევით წყალგაუმტარი ქანების განლაგებისას მისი დრენაჟისათვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ კონტაქტური სადრენაჟო სისტემები, რომლებიც ეწყობა მუშა ბორტზე გადასახსნელი ქანების გაუწყლოების მიზნით, თუმცა ამ დროს სანგრევის სრული გაუწყლოება არ მოხდება.

დასასრულ, უნდა აღინიშნოს, რომ ღია დამუშავების დროს საკმაოდ შედეგიანი შეიძლება იყოს კარიერების მშენებლობის მომენტში გადამხსნელი ტრანშეის გაყვანის დროს განხორციელებული დრენაჟი. შეიძლება განვიხილოთ ორი შემთხვევა: დრენაჟი ექსკავატორებით საბადოს გახსნის დროს და დრენაჟი საბადოს ჰიდრომექანიზაციის საშუალებით გადახსნის დროს.

ექსკავატორებით საბადოს გადახსნის დროს, თუ გამხსნელ ტრანშეებში წყლის საანგარიშო ხვედრითი მონადენი აჭარბებს კრიტიკულს 1,5-2 წლის განმავლობაში, უმჯობესია ჩატარდეს წინასწარი გაუწყლოება წყლის დონის დასაწევი ჭაბურღილების კონ-

ტურული სისტემის მეშვეობით. ფერდოდან მოდენილი წყლის ამოსაქაჩად კი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ღია ამოტუმბვის საშუალებები, თუ წყლის ხვედრითი მოდენა არ აღემატება კრიტიკულს.

წყალშემცველი ჰორიზონტის გადახსნის შემდეგ შეიძლება განხორციელდეს თანდათანობითი გადასვლა ექსპლუატაციისათვის გათვალისწინებულ სადრენაჟო სისტემებზე.

გაწყლოვანებული სიზრქეების ექსკავატორებით გადახსნა წინასწარი გაუწყლოების გარეშე შეიძლება განხორციელდეს მოწინავე სადრენაჟო ტრანშეების კარიერის ძირში დრაგლაინებით გაყვანის გზით.

ჰიდრომექანიზაციის საშუალებათა გამოყენების შემთხვევაში დრენაჟის მიზანია შეზღუდოს ბორტებისა და ფერდოს დეფორმაცია დასაშვებ სიდიდემდე. ეს ხერხი განსაკუთრებით მიზანშეწონილია გაუწყლოვანებული ფხვიერი ქანების გახსნის დროს.

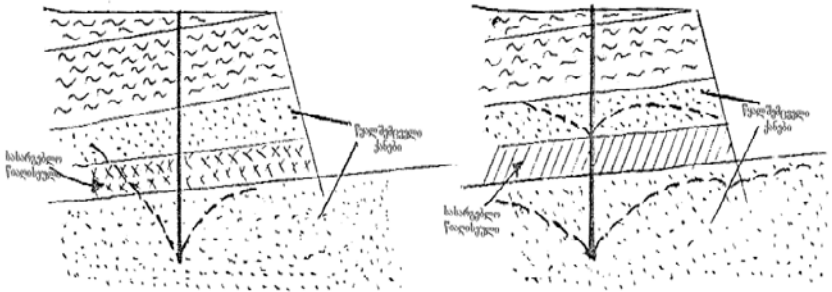
იმ კარიერებზე, რომლებზეც წარმოებს სქელი გაწყლოვანებული სიზრქეების გადახსნა, მიზანშეწონილია განხორციელდეს წყლის წნევის წინასწარი დაცემა იმ დონემდე, რომელიც გამორიცხავს მის მოულოდნელ გამოხეთქვას. სუსტად შეღწევად ქანებში ( $K < 1-2$  მ/დღ) ეს ხერხიც გამოუსადეგერია, ნებისმიერი სიზრქის ქანებისათვის.

ცალკეულ რაიონებში კარიერების დაშრობასთან ერთად ძალზე დიდ მნიშვნელობას იძენს რაიონის წყალმომარაგების პრობლემა სასმელი ან ტექნიკური წყლით; ამიტომ სადრენაჟო სისტემების შერჩევის დროს აუცილებელად უნდა იქნეს გათვალისწინებული

ეს გარემოებაც. კერძოდ, სასმელი წყლით მომარაგებისათვის უპირატესობა შეიძლება მიენიჭოს დახურულ სისტემებს, ხოლო ტექნიკური წყლით უზრუნველყოფა შეიძლება განხორციელდეს ღია სისტემებით. ამასთან, ნებისმიერ შემთხვევაში განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს წყლის მინერალოგიურ შემადგენლობას.

აღნიშნული საბაღოების დრენაჟის თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ ქანების სიღრმისაკენ დახრილი ჩაწოლის გამო შესაძლებელი ხდება განხორციელდეს მიწისქვეშა წყლების სრული დინება და შედეგად სადრენაჟო გვირაბებისაკენ თავიდან იქნება აცილებული წყლის გამოდენა კარიერის მუშა ფერდოზე (ნახ. 5.7).

მეორე მხრივ, დაწნეითი წყლების გამო საგებ გვერდში მოსალოდნელია დიდი სიღრმითი მეწყერები. არამუშა ბორცებსა და შიდა ნაყარში წნევის დასაშვები სიდიდე განისაზღვრება სპეციალური ანგარიშით საგები გვერდის ქანების მდგრადობის უზრუნველყოფის პირობიდან გამომდინარე.



ნახ. 5.7

ზემოთ ხსენებულიდან გამომდინარე, სახურავი გვერდის ქანებსა და წიაღისეულში, ჩვეულებრივ, ეფექტურია წინსწრებითი დრენაჟი წყლის დონის დამწვევი ჭაბურღილების საზოგადოებრივი სისტემით. მანძილი ჭაბურღილებსა და რიგებს შორის უნდა შეადგენდეს სამუშაო ფრონტის წლიური გადაადგილების 5-7-ჯერად სიდიდეს. სინკლინური ჩაწოლის დროს ჭაბურღილები შეიძლება განლაგდეს სინკლინის დერძის გასწვრივ (თუ სინკლინის სიგანე არ აღემატება 1-2 კმ-ს).

მცირე დაქანების (3-5<sup>0</sup>) დროს, აგრეთვე ფენების აღმავლობით დამუშავებისას უფრო მიზანშეწონილია წიაღისეულში სადრენაჟო შტრეკების გაყვანა, საიდანაც საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება გაყვანილი იქნას სადრენაჟო ჭაბურღილები. აღმავლობით დამუშავების დროს შეიძლება აგრეთვე განხორციელდეს ქანების ღია დრენაჟი.

საგები გვერდის წყალშემცველი ქანების დრენაჟი კი ყოველთვის მიზანშეწონილია განხორციელდეს წინასწარ, კარიერის მშენებლობის საწყის ეტაპზე. ცხადია, რომ აღნიშნული ჭაბურღილებით უნდა მოხდეს აგრეთვე ჭერში განლაგებული ქანების დრენაჟი. დახრილი და ციცაბო ფენების დაღმავალი წესით დამუშავების დროს შეიძლება გამოყენებულ იქნეს დონის დამწვევი და თვითამოსადგრელი დახრილი სადრენაჟო ჭაბურღილები, რომლებიც გაიყვანება საფეხურის მოედნიდან ან კარიერის ძირიდან. დიდი რაოდენობის წყალშემცველი ჰორიზონტების შემთხვევაში შეიძლება კარიერის ძირში ფენების ჯვარედინად გაყვანილ იქნეს მიწისქვეშა სადრენაჟო გვირაბები

(კვერშლაგები). აღნიშნული გვირაბებიდან შეიძლება გაყვანილ იქნეს აგრეთვე ფენის განვრცობით სადრენაჟო შტრეკები, ხოლო ამ უკანასკნელიდან – სადრენაჟო აღმაავალი ჭაბურღილები.

მაგარი და საშუალო სიმაგრის დანაპრაღიანებული ქანების დრენაჟის თავისებურებაა მათი სუსტი დეფორმაციები ფერდოში წყლის ზეგავლენით. ამასთან დაკავშირებით, არ უნდა იყოს საშიში წყლის თავისუფლად გამომდინარება ღია გვირაბებში. მეორე თავისებურებაა დანაპრაღიანების ფართო დიაპაზონი, რის გამოც ძალიან იცვლება მათი წყალშემცველობა და წყლის გაცემის უნარი. ამიტომ, ასეთი ტიპის საბადოების დამუშავების დროს შეიძლება შეგვხვდეს აბსოლუტურად მშრალი ან დიდი წყალშემცველობის მნიშვნელოვანი უბნები (ტექტონიკური აშლილობით, კარსტული ღრმულები და სხვა). ასეთ პირობებში უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ღია დრენაჟებს.



## ბამოყენებული ლიტერატურა

1. Теория и практика Открытых разработок. Под редакцией акад. Н.В. Мельникова, издание второе, переработанное, Москва, «НЕДРА», 1979.
2. Н.В. Мельников, Краткий справочник по открытым горным работам, Москва, «НЕДРА», 1982.
3. В.В. Ржевский, Открытые горные работы, часть 2, Москва, «НЕДРА», 1985.
4. П.И. Томаков, И.К. Наумов, Технология механизации и организации открытых горных работ, Москва, «НЕДРА», 1978.
5. Н.Н. Мослов, Основы инженерной геологии и механики грунтов, м. высшая школа, 1982.
6. მ. ლაპიაშვილი, „საინჟინრო გეოლოგია, საინჟინრო გეოდინამიკა“. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2014 წ.

ს ა რ ჩ ე მ ვ 0

შესავალი-----4

1. ქანების დეფორმაციის ფორმები ღია დამუშავების დროს-----6

1.1. საერთო ცნობები-----6

1.2. ქანების დეფორმაციის თვისებები-----7

1.3. ქანების დეფორმაციის პარამეტრები-----18

2. ქანების დეფორმაციაზე მოქმედი ფაქტორები ღია დამუშავების დროს-----21

2.1. საერთო ცნობები-----21

2.2. ბუნებრივი ფაქტორების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე-----25

2.2.1. გეოლოგიური ფაქტორების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე-----25

2.2.2. ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე-----29

2.2.3. კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენა კარიერების მდგრადობაზე-----31

2.3. სამთო-ტექნიკური ფაქტორების ზეგავლენა ქანების მდგრადობაზე-----33

2.3.1. კარიერების გეომეტრიული პარამეტრების ზეგავლენა ფერდოს მდგრადობაზე-----33

2.3.2. კარიერის ველის გადახსნის, დამუშავების სისტემების და სამთო სამუშაოების რეჟიმის გავლენა ფერდოს მდგრადობაზე-----34

2.3.3. კომპლექსური მექანიზაციის საშუალებათა ზეგავლენა ფერდოს მდგრადობაზე-----36

2.3.4. ქანების გაფხვიერების ხერხების ზეგავლენა ფერდოს მდგრადობაზე-----39

2.3.5. მიწისქვეშა გვირაბების გავლენა ფერდოს მდგრადობაზე-----	44
3. საფეხურის (ნაყარის) მდგრადობის ანგარიში-----	47
3.1. საწყისი მონაცემები ანგარიშისათვის-----	47
3.2. მარაგის კოეფიციენტი კარიერის მდგრადობის განსაზღვრისას-----	52
3.3. კარიერის მდგრადობის გათვლის საინჟინრო მეთოდები-----	53
3.3.1. საერთო ცნობები-----	53
3.3.2. ფერდოს მდგრადობის შეფასება სრიალის ბრტყელი ზედაპირის დროს-----	54
3.3.3. ფერდოს მდგრადობის შეფასება სრიალის (ძვრის) მრგვალ-ცილინდრული ან ნარნარა მრუდხაზოვანი ზედაპირის დროს-----	57
3.3.4. კარიერის ბორტის (ქიმის) პარამეტრების განსაზღვრა ჰორიზონტალური ან მცირედ დაქანებული დაშრეკებული ქანების დროს-----	65
3.3.5. ფერდოს მდგრადობის ანგარიში შესუსტებული ზედაპირების არსებობისას-----	67
3.3.6. დროის ფაქტორის გავლენა ფერდოს მდგრადობაზე-----	70
3.3.7. დამატებითი დატვირთვების განსაზღვრა-----	72
3.3.8. კარიერის ბორტის სიმრუდის ზეგავლენა ფერდოს მდგრადობაზე-----	73
3.3.9. კარიერის ბორტის კონსტრუირება-----	74
3.3.10. ნაყარის მდგრადობის ანგარიში-----	76
4. კარიერის გვერდებისა (ქიმების) და ნაყარის მდგრადობის უზრუნველყოფის ხერხები-----	81

4.1. კარიერის ფერდოს მდგრადობის უზრუნველყოფა სამთო სამუშაოების წარმოების დროს-----	81
4.2. ფერდოს ხელოვნური გამაგრება-----	89
4.3. ნაყარის მდგრადობის უზრუნველყოფის მეთოდები-----	97
5. საკარიერო ველების დაშრობა-----	101
5.1. ძირითადი ცნობები-----	101
5.2. მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის ძირითადი თავისებურება-----	106
5.3. საკარიერო ველების დრენაჟის საერთო საკითხები-----	109
5.4. კარიერების დაშრობის ტექნიკური საშუალებები---	113
5.5. სამთო-მომპოვებელ რაიონებში მიწისქვეშა წყლების დაცვისა და რაციონალური გამოყენების საკითხები-----	115
5.6. საბადოების კლასიფიკაცია მათი დაშრობის პირობების მიხედვით-----	116
5.7. საკარიერო ველების დაშრობის სქემები-----	119
გამოყენებული ლიტერატურა-----	129

რედაქტორი ნ. ბალიაშვილი

გადაეცა წარმოებას 25.07.2018. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 16.10.2018.  
ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 8.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,  
კოსტავას 77

