

ზ. არაბიძე

წილისეულთა გამდიდრების
გრაფიტაციული მეთოდები

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ზ. არაბიძე

წიაღისეულთა გამდიდრების გრაფიტაციული მეთოდები



რეგისტრირებულია სტუ-ს
სარელაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2009

უაკ. 622.775/77

სახელმძღვანელოში განხილულია წიადისეულთა გრავიტაციული გამდიდრების კლასიკური და თანამედროვე მეთოდები. მათი თეორიული საფუძვლები, პროცესში გამოყენებული გრავიტაციული მანქანა-დანადგარები, გამდიდრების პრაქტიკა და ტექნოლოგიური სქემები.

წინამდებარე სახელმძღვანელო პირველი ორიგინალური ნაშრომია ქართულ ენაზე. იგი შედგენილია პროგრამის მიხედვით და განკუთვნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სამთო-ტექნოლოგიის სპეციალობის ბაკალავრიატის, მაგისტრატურისა და უმაღლესი პროფესიული განათლების სტუდენტებისათვის. იგი აგრეთვე გარკვეულ დახმარებას გაუწევს გეოლოგიისა და სამთამადნო დარგში მომუშავე ახალგაზრდა სპეციალისტებს.

რეცენზენტი: პროფ. ა. აბშილავა

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-465-3

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



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

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

შესავალი

ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ბუნებრივი რესურსების ეფექტურ და კომპლექსურ გამოყენებას მრეწველობის სხვადასხვა დარგში.

მრეწველობის ყველა დარგის (მეტალურგია, ქიმიური, მანქანათმშენებლობა, სამშენებლო, ელექტროტექნიკური, სოფლის მეურნეობა და სხვა დარგები) განვითარება განპირობებულია სხვადასხვა მინერალური ნედლეულის გამოყენებითა და მარაგით.

მინერალური ნედლეულის მარაგების გადიდების მნიშვნელოვანი წყაროა ღარიბი და რთული შედგენილობის მადნების მოპოვება და მათი კომპლექსური გამოყენება. ამ რთული ამოცანის გადაწყვეტის საქმეში პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა ენიჭება მინერალური ნედლეულის გამდიდრების ტექნიკისა და ტექნოლოგიების შემდგომ სრულყოფასა და განვითარებას მეცნიერების თანამედროვე მიღწევების საფუძველზე, ურომლისოდაც ამ რთული და მნიშვნელოვანი პრობლემების გადაწყვეტა შეუძლებელია. გრავიტაცია წიაღისეულთა გამდიდრების ერთ-ერთი უძველესი და ფართოდ გავრცელებული მეთოდია.

გრავიტაციული მეთოდით გამდიდრებას ექვემდებარება წიაღისეულთა თითქმის ყველა სახეობა, როგორცაა: შავი, ფერადი, იშვიათი და კეთილშობილ ლითონთა მადნები, ნახშირები, სამშენებლო და სხვა არამადნეული წიაღისეული, რომელთა გამდიდრებისათვის გრავიტაცია, პრაქტიკულად, ეკონომიურად გამართლებული მეთოდია და მას სხვა ალტერნატივა არ გააჩნია.

წინამდებარე წიგნში განხილულია გრავიტაციული მეთოდის წარმოშობისა და განვითარების ისტორია, პრაქტიკაში არსებული გრავიტაციული პროცესების ყველა სახეობა და ახალი მიღწევები გრავიტაციული გამდიდრების თეორიაში, ტექნიკასა და ტექნოლოგიაში.

1. ზოგადი ცნობები გამდიდრების გრაფიტაციული მეთოდის არსისა და მისი განვითარების შესახებ

1.1 გამდიდრების გრაფიტაციული მეთოდის განვითარების მოკლე ისტორია

გრაფიტაცია, როგორც მინერალთა გაყოფის მეთოდი, უძველესი დროიდანაა ცნობილი. ადამიანმა ოქროს გამოყენება ჩვ. წ. ა. 6 ათასი წლის წინ დაიწყო, რაც არქეოლოგიური გათხრებითაა დადასტურებული. ამ პერიოდისათვის გამდიდრების პირველი ხერხი ხელით გარჩევა იყო, რომელიც შეცვალა მორეცხვამ.

ჩვ. წ. ა. VIII ს. შავი ზღვის სამხრეთ აღმოსავლეთი (საქართველოს ტერიტორია) ცნობილი იყო ლითონთა და მადნეულის სიმდიდრით, ხოლო აქ მცხოვრები ქართული ტომები ძველთაგანვე განთქმული იყვნენ ლითონების მოპოვებისა და გადამუშავების ოსტატობით.

არქეოლოგიური გათხრებით დადგენილია, რომ ჩვ. წ. ა. 2-3 ათასი წლის წინ საქართველოში, ეგვიპტეში, სამხრეთ ალტაისა და ურალის ტერიტორიაზე აწარმოებდნენ ოქროს ქვიშრობების გამდიდრებას მორეცხვით.

ჯერ კიდევ ჰეროდოტეს დროს (ძვ. წ. ა. V ს.) ოქროსშემცველ ქვიშრობების გასამდიდრებლად მცირე ზომის ღარებსა და რაბებს იყენებდნენ.

თუ დასაწყისში მომრეცხი აპარატურა იყო პრიმიტიული, XIV, XV ს. უკვე არსებულ მანქანებს ბევრი საერთო ჰქონდათ თანამედროვე მანქანებთან.

გამდიდრების გრაფიტაციული მეთოდის, როგორც მეცნიერულად დასაბუთებული საწარმო პროცესის განვითარება, მე-19 ს. II ნახევრიდან იწყება.

გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდის თეორიას საფუძვლად უდევს არქიმედეს (287-219 წ. ჩვ. წ. ა.) „წყლის ამომდები ძალისა“ და ნიუტონის (1673-1727 წწ.) „ითხეში მოძრავ ბურთულის წინააღმდეგობის ძალის“ კანონები.

გრავიტაციული გამდიდრების თეორიის ფუძემდებლად ითვლება გამოჩენილი მეცნიერები გ. სტოქსი (ინგლისი, 1850), პ. რიტინგერი (გერმანია, 1867), ა. მონრო (საფრანგეთი, 1888), რ. რიჩარდი (აშშ, 1908), გ. ჩეჩოტი (რუსეთი, 1924), რომლებმაც შექმნეს გრავიტაციული პროცესების თეორიის საფუძვლები.

გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდის თეორიისა და პრაქტიკის განვითარებაში დიდი ღვაწლი მიუძღვით მეცნიერებს პ. ლიაშენკოს, ი. ვერხოვსკის, ი. პლაქინსს, ი. ფომინსს, ვ. კლასენს, ს. მიტროფანოვს, პ.ხანკოკს, ა. ტაგარტს და სხვებს.

1.2 გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდის არსი და კლასიფიკაცია

ტექნიკის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ჩამოყალიბებულია გამდიდრების რამდენიმე მეთოდი (ფლოტაციური, მაგნიტური, ელექტრული, სპეციალური და სხვა), რომლებსაც საფუძვლად უდევს წიაღისეულის შემადგენელი მინერალების ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების სხვადასხვაობა.

ამ თვისებებს მიეკუთვნება: სიმკვრივე; მაგნიტური ამთვისებლობა; მინერალების ზედაპირული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები; ელექტროგამტარებლობა; ფერი და ელვარება; ფორმა; ხახუნისა და გაფართოების კოეფიციენტი; სიმაგრე; დრეკადობა და სხვა. აღნიშნული თვისებებიდან გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდი ემყარება მარგი წიაღისეულის შემადგენელი მინერალების ფორმის, ზომისა და სიმკვრივეების სხვადასხვაობას.

გამყოფ გარემოდ, რომელშიც წარმოებს მინერალურ მარცვალთა დაყოფა გრავიტაციული მეთოდით, შეიძლება იქნას გამოყენებული წყალი, მძიმე სითხე, მინერალური სუსპენზია და ჰაერი.

ნებისმიერ გარემოში სხეულის ვარდნა წარმოებს გრავიტაციული (სიმძიმის) ძალის მოქმედებით, რომელიც სიდიდით ტოლია სხეულის წონისა. სხეულის სიმძიმის ძალის განსაზღვრის დროს აუცილებელია გავითვალისწინოთ არქიმედეს კანონი – სითხეში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედებს ამომგდები ძალა, რომელიც სიდიდით ტოლია სითხეში ჩაძირული სხეულის მოცულობის სითხის წონისა. ე. ი. სითხეში მოთავსებული სხეული კარგავს მის მიერ გამოდევნილი სითხის წონის ტოლ წონა.

სითხეში მოთავსებული სხეულის წონა

$$G_0 = G - P_a$$

სადაც $G = V \delta g$ — სხეულის სიმძიმის ძალაა.

$P_a = V \Delta g$ — არქიმედეს ძალა.

V — მინერალის მოცულობა, მ³.

δ და Δ — მინერალისა და სითხის სიმკვრივე, კგ/მ³.

გამოსახულებაში ჩავსვათ მათი მნიშვნელობა. მივიღებთ

$$G_0 = V (\delta - \Delta) g,$$

სითხეში მოთავსებულ სხეულზე სიმძიმისა და ამომგდები ძალების მოქმედების დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სამ შემთხვევას:

1. როდესაც სიმძიმის ძალა აღემატება ამომგდებ ძალას, სხეული იძირება;
2. როდესაც სიმძიმის ძალა ტოლია ამომგდები ძალის, სხეული წონასწორობაშია და რჩება შეწონილ მდგომარეობაში;
3. როდესაც სიმძიმის ძალა ნაკლებია ამომგდებ ძალაზე, სხეული ტივტივებს სითხის ზედაპირზე.

როდესაც ვადარებთ არქიმედეს ძალას სხეულზე მოქმედ სიმძიმის ძალას, ფაქტობრივად ადგილი აქვს სითხისა და

სხეულის სიმკვრივეთა სიდიდეების შედარებას, ამიტომ ზემოთ განხილულ სამივე

შემთხვევას ადგილი ექნება მაშინ, თუ სათანადოდ დაცული იქნება პირობები:

1. $\delta > \Delta$
2. $\delta = \Delta$
3. $\delta < \Delta$

აღნიშნულიდან გამომდინარე გამყოფ გარემოში სხეულის ვარდნის სიჩქარეზე გავლენას ახდენს მისი სიმკვრივე, სიმსხო, ფორმა, გარემოს წინააღმდეგობისა და სხვა მექანიკური ძალები.

მაშასადამე, გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდი ეწოდება მინერალურ მარცვალთა ზომის, ფორმისა და სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფის პროცესს, რომელიც განხორციელებულია დენად გარემოში სიმძიმისა და ჰიდროდინამიკური წინააღმდეგობის ძალების მოქმედებით.

ცხრილი 1.1

გრავიტაციული მეთოდების თანამედროვე კლასიფიკაცია

კლასიფიკაციის ნიშანი	გრავიტაციული მეთოდის სახე
გამყოფი გარემო	ჰიდრაულიკური; პნევმატიკური; სუსპენზიური.
პულსირებული ნაკადი	დალექვა (ჰიდრაულიკური და პნევმატიკური); გამდიდრება: ვიბროლარებში, პულსატორებში, პნევმატიკური სეპარაცია.
დახრილ სიბრტყეზე ჩამდინარე წყლის ჭავლი	გამდიდრება: ჭავლურ კონცენტრატორებში, ღარებში, რაბებში, ხრახნულ სეპარატორებზე, საკონცენტრაციო მაგიდებზე.
ძალოვანი ველი	გამდიდრება: გრავიტაციულ ველში; ცენტრიდანულ ველში (ჰიდრო-ციკლონებში და ცენტრიფუგებში).
აღმავალი ნაკადი	კლასიფიკაცია (ჰიდრაულიკური და პნევმატიკური) მორეცხვა.

გრავიტაციული გამდიდრების სახეობებია: დალექვა, გამდიდრება მძიმე სუსპენზიებში, საკონცენტრაციო მაგიდებზე, რაბებში და ღარებში, გამდიდრება ჰიდროციკლონებში და სხვა.

გრავიტაციული გამდიდრების თანამედროვე კლასიფიკაცია მოცემულია ცხრილში 1.1.

2. მინერალებისა და გამყოფი გარემოს დახასიათება

2.1 მინერალების ფიზიკური თვისებები

მინერალები რამდენიმე ქიმიური ელემენტის ბუნებრივი ნაერთია. ბუნებაში ისინი გვხვდებიან ერთმანეთთან შეკავშირებული და დელამიწის ქერქში წარმოქმნიან წიაღისეულს ან მთის ქანს. დღეისათვის ცნობილია დაახლოებით 3000 მინერალი, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ქიმიური შემადგენლობით, ფიზიკურ-ქიმიური, ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით. აღნიშნული თვისებებიდან გამდიდრების გრავიტაციულ პროცესებში გამოყენებულია მინერალების სიმკვრივეების, სიმსხოსა და ფორმის სხვადასხვაობა. მინერალების ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლები მოცემულია დანართში.(ცხრ. 1.)

სიმკვრივე – ნივთიერების ერთეულოვანი მოცულობის მასას სიმკვრივე ეწოდება. ე.ი. მინერალის სიმკვრივე არის სიდიდე, რომელიც იზომება მასისა და მოცულობის ფარდობით.

$$\delta = \frac{m}{v}$$

სადაც:

δ - მინერალის სიმკვრივე, კგ/მ³;

m – მინერალის მასა, კგ;

v – მინერალის მოცულობა ფორების გარეშე, მ³.

მინერალის სიმკვრივე დამოკიდებულია მის შედგენილობაზე.

ზოგიერთი მინერალის სიმკვრივის მნიშვნელობა მოცემულია დანართში (ცხრ.1.)

რაც უფრო დიდია გასაყოფი მინერალების სიმკვრივეთა შორის სხვაობა, მით უფრო მაღალია გრავიტაციული გამდიდრების ეფექტურობა.

სიმსხო – მინერალის სიმსხო განისაზღვრება მისი ხაზოვანი ზომებით, როდესაც ხაზოვანი ზომები ერთმანეთს უახლოვდება, მაშინ მარცვლის ზომას საზღვრავენ სფეროს „ექვივალენტური დიამეტრით“. d_3 , რომლის მოცულობა

$$V = \frac{\pi d^3}{6}, d_3 = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi\delta}} = 1,24\sqrt[3]{\frac{m}{\delta}}.$$

გრავიტაციული მეთოდით შესაძლებელია გამდიდრდეს მსხვილმარცვლოვანი ჩაწინწკლულობის წიაღისეული მაქსიმალური ზომით (0.3 – 0.4) მ და მინიმალური 0.0001 მ.

ფორმა – მარცვლის ფორმა დამოკიდებულია მინერალის ბუნებაზე. ქვიშრობული საბადოს მადნის მინერალურ მარცვალს აქვს დამრგვალებული ფორმა. დანალექი საბადოს მადნის მინერალურ მარცვლებს აქვს უსწორმასწორო ფორმა, ზოგჯერ კრისტალის ფორმის მსგავსი. ნახშირს აქვს კუთხოვანი ფორმა, ფიქალს–ფირფიტოვანი, აზბესტს–ნემსისებური, მაგნეტიტს– კუბური. მარცვლის ფორმა ხასიათდება ფორმის კოეფიციენტით.

$$\varphi = \frac{S_s}{S} = \frac{4,87V^{2/3}}{S}$$

სადაც

φ - ფორმის კოეფიციენტი

S_s - სფეროს ზედაპირი

S - უსწორმასწორო ფორმის მარცვლის ზედაპირი.

მარცვლის ფორმის კოეფიციენტის მნიშვნელობები მოცემულია ქვემოთ:

სფერული ფორმის მარცვლისათვის $\varphi = 1$

დამრგვალებული ფორმის მარცვლისათვის $\varphi = 0,8-0,9$

კუთხოვანი ფორმის - „ $\varphi = 0,7-0,8$

ფირფიტოვანი ფორმის - „ $\varphi = 0,6-0,7$

ფირფიტოვანი ფორმის მარცვლის ვარდნის სიჩქარე შედარებით ნაკლებია, ვიდრე დამრგვალებულის, რაც გრავიტაციული გამდიდრების ერთ-ერთი განმასხვავებელი ნიშანია.

2.2 გარემოს რეოლოგიური თვისებები

მარგი წიაღისეულის გრავიტაციული გამდიდრების ეფექტურობა დამოკიდებულია გამყოფი გარემოს რეოლოგიურ პარამეტრებზე: სიმკვრივე; სიბლანტესა და მდგრადობაზე.

გამყოფი გარემოს სიმკვრივე (Δ) არის მისი მასის (m)

ფარდობა მის მოცულობასთან $\Delta = \frac{m}{v}$.

სიმკვრივესა და „კუთრი წონის“ ცნებებს შორის მჭიდრო კავშირია, რომელთა ერთმანეთთან

დამოკიდებულება შეიძლება დავადგინოთ ნიუტონის მეორე კანონიდან

$$G = m g$$

სადაც g სიმძიმის ძალის აჩქარებაა $g=9,81$ მ/წმ²

თუ ამ ტოლობას გავყოფთ V მოცულობაზე, მივიღებთ დამოკიდებულებას კუთრ წონასა და სიმკვრივეს შორის.

$$\rho = \Delta g$$

სადაც ρ - გარემოს კუთრი წონაა კგ/მ³

წყლის სიმკვრივე Δ - 1000 კგ/მ³, ჰაერის სიმკვრივე Δ - 1,23 კგ/მ³

მარგი წიაღისეულის გამდიდრებადობის შესასწავლად გამოიყენება სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობის მძიმე სითხეები, (ცხრილში 2.1.)

ცხრილში მოყვანილი მძიმე სითხეებიდან, რომლებიც კარგად იხსნებიან წყალში შესაძლებელია დამზადდეს სხვადასხვა სიმკვრივის ხსნარი. (ცხრილი 2.2.)

ორგანული მძიმე სითხეები და მარილთა ხსნარები ძვირად ღირებულია, ტოქსიკურია, რეგენერაცია რთულია, ამიტომ მათი გამოყენება წარმოებაში არარენტაბელურია, ისინი ძირითადად გამოიყენება ლაბორატორიული კვლევებისთვის ფრაქციული ანალიზის ჩასატარებლად.

ცხრილი 2.1

მძიმე სითხეების დახასიათება

№	მძიმე სითხე	ქიმიური ფორმულა	სიმკვრივე, კგ/მ ³	წყალში ხსნადობა	ხსნარის ფერი
1	ქლოროვანი თუთია	ZnCl ₂	2500	ხსნადი	უფერო
2	ქლოროვანი კალციუმი	CaCl ₂	2500	„ ---„	„ ---„
3	ბრომოფორმი	CHBr ₂	2890	„ ---„	„ ---„
4	ტულებს სითხე	HgI ₂ +KI	3170	„ ---„	„ ---„
5	რორბახის სითხე	BaI ₂ +HgI ₂	3500	„ ---„	ყვითელი
6	იოდოვანი მეთილინი	CH ₂ I ₂	3320	უხსნადი	უფერო
7	კლერიჩის სითხე	CH ₂ (COOTi) ₂ HCOON ₂	4250	ხსნადი	ყვითელი

სხვადასხვა სიმკვრივის $ZnCl_2$ -ს და ტულებს წყალხსნარები

წყალხსნარის სიმკვრივე, კგ/მ ³	წონითი შემცველობა, %		წყალხსნარის სიმკვრივე, კგ/მ ³	მოცულობითი შემცველობა, %	
	ქლოროვანი თუთია	წყალი		ტულებს სიოხე	წყალი
1300	31	69	1500	25	75
1400	39	61	2100	50	50
1500	46	54	2700	75	25
1600	52	48	3170	100	-
1700	58	48			
1800	60	40			
2000	72	28			
2500	100	-			

წიაღისეულის გამდიდრების პრაქტიკაში მძიმე გარემოდ გამოიყენება მინერალური სუსპენზია. სუსპენზია ორფაზოვანი სისტემაა. იგი წარმოადგენს წყლისა და წვრილად დაფქვილი მინერალური მარცვლების მექანიკურ ნარევს.

წყალში შეტივტივებულ მყარ მარცვლებს დამამძიმებელი, ანუ სუსპენზოიდი ეწოდება.

დამამძიმებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას: ფეროსილიციუმი, გალენიტი, მაგნეტიტი, ბარიტი, კვარცი და სხვა.

სუსპენზიის სიმკვრივე ერთეულოვანი მოცულობის სუსპენზიის წონას სიმკვრივე ეწოდება. სუსპენზიის სიმკვრივე დამოკიდებულია დამამძიმებლის სიმკვრივეზე და მის მოცულობით კონცენტრაციაზე. თუ სუსპენზიაში დამამძიმებლის სიმკვრივეს აღვნიშნავთ - δ -თი მის მოცულობით კონცენტრაციას C -თი, მაშინ სუსპენზიის სიმკვრივე

$$\Delta_{\Sigma} = C\delta + \Delta(1-C) = C(\delta - \Delta) + \Delta$$

$$C = \frac{\Delta_s - \Delta}{\delta - \Delta} \cdot 100\%$$

Δ - სუფთა წყლის სიმკვრივეა $\Delta = 1000$ კგ/მ³

სუსპენზიის სიბლანტე სითხის თვისებას გაუწიოს წინააღმდეგობა მოსაზღვრე შრეების ურთიერთგაადადგილებას, სიბლანტე ეწოდება. განასხვავებენ დინამიურ სიბლანტეს μ (პა.წმ) და კინემატიკურ სიბლანტეს, რომელიც ტოლია დინამიური სიბლანტის ფარდობისა წყლის სიმკვრივესთან.

$$\nu = \frac{\mu}{\Delta}$$

სუსპენზიის სიბლანტეზე გავლენას ახდენს არა მარტო სითხის ფენების ურთიერთგაადადგილების დროს წარმოშობილი ხახუნის ძალები, რომლებიც განპირობებულია მოლეკულათა ურთიერთმიზიდულობის ძალებით, არამედ ასევე სუსპენზიაში შეტივტივებული დამამძიმებლის მარცვლების ურთიერთმოქმედი ძალები.

რაც უფრო დიდია დამამძიმებლის მოცულობითი კონცენტრაცია სუსპენზიაში, მით მცირეა მყარ მარცვლებს შორის მანძილი და დიდია შესაბამისად ურთიერთმოქმედი ძალები. დამამძიმებლის დიდი მოცულობითი კონცენტრაციის დროს მარცვლები ისე უახლოვდება ერთიმეორეს, რომ წარმოქმნიან ერთ მთლიან აგრეგატს და სუსპენზია კარგავს დენადობის თვისებას. სუსპენზიის სიბლანტე ძირითადად დამოკიდებულია დამამძიმებლის მოცულობით კონცენტრაციაზე და მის გრანულომეტრულ შედგენილობაზე.

პრაქტიკაში მინერალური სუსპენზიის სიბლანტის საანგარიშოდ გამოიყენება აინშტაინისა და ვანდას ემპირიული ფორმულები

$$\mu = \mu_0 (1 + 2,5C)$$

$$\mu = \mu_0 (1 + 2,5 C + 7,349 C^2 + 16 \cdot 2 C^3 + \dots)$$

სადაც μ_0 – სუფთა წყლის სიბლანტეა. $\mu_0 = 0,001$ პა.წმ.

2.5 – აინშტაინის მუდმივა

C – დამამძიმებლის მოცულობითი კონცენტრაციაა სუსპენზიაში.

აინშტაინის ფორმულა გამოიყენება, როდესაც $C \leq 3 \div 5 \%$, ხოლო ვანდას – როდესაც $C \leq 40(50) \%$

აინშტაინისა და ვანდას ფორმულებით შესაძლებელია განისაზღვროს სუსპენზიის სიბლანტის მიახლოებითი მნიშვნელობა.

სუსპენზიის სიბლანტის აბსოლუტური სიდიდე, როგორც წესი, არ აღემატება 0.01 – 0.15პა.წმ.,

რაც შეესაბამება 40-მდე დამამძიმებლის მოცულობით კონცენტრაციას.

სუსპენზიის მდგრადობა სუსპენზიის თვისებას, შეინარჩუნოს ნებისმიერ შრეში მუდმივი სიმკვრივე, მდგრადობა ეწოდება.

სუსპენზია მდგრადობის მიხედვით იყოფა სამ ჯგუფად:

არამდგრადი (უხეშდისპერსიული სუსპენზია),

მდგრადი (კოლოიდური სუსპენზია),

სტაბილური (სუსპენზიის მდგრადობა შენარჩუნებულია სტაბილიზაციით).

გამდიდრების პრაქტიკაში ცნობილია სუსპენზიის სტაბილურობის შემდეგი ხერხი:

1. სუსპენზიის განუწყვეტელი არევა,

2. აღმავალი ნაკადის წარმოქმნა,

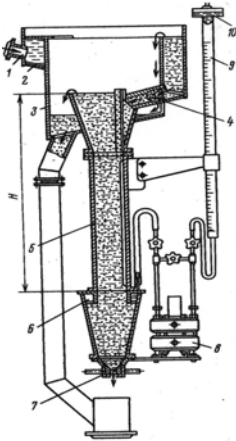
3. მასტაბილიზირებელი კოლოიდური ნივთიერებების დამატება,

4. მექანიკურად მდგრადი სუსპენზოიდის გამოყენება.

2.3 რეოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდები

გამყოფი გარემოს რეოლოგიურ პარამეტრებს მიეკუთვნება სიმკვრივე, სიბლანტე და მდგრადობა; მათი განსაზღვრის ამა

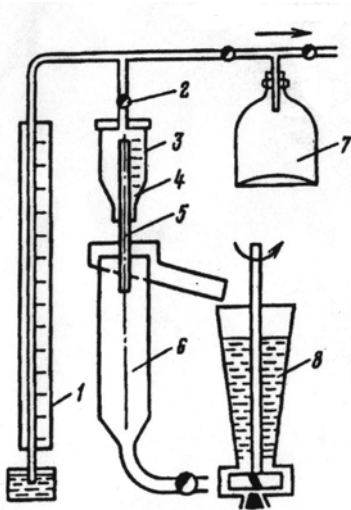
თუ იმ მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია მათ ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე. მძიმე სითხეების სიმკვრივეს საზღვრავენ არეომეტრით. პულპისა და სუსპენზიის სიმკვრივის გაზომვისათვის გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის ავტომატური სიმკვრივეზომები: წონითი, აერომეტრული, პიეზომეტრული, გიდროსტატიკური, მანომეტრული, ელექტრომაგნიტური და რადიომეტრული. ნახშირგამამდიდრებელ ფაბრიკებში ფართოდ გამოიყენება ПИСМ ტიპის მანომეტრული სიმკვრივეზომი (ნახ. 2.1)



**ნახ. 2.1 მანომეტრული
სიმკვრივეზომი ტიპი ПИСМ**

- 1, 4 – მილყელი;
- 2 – ჰაერგამანაწილებელი;
- 3 – შემკრები; 5 – გამზომი მილი;
- 6 – რგოლური კამერა; 7 –
გადანადენის ნაცმი; 8 –
დიფმანომეტრი;
- 9 – კომპენსატორის მილი;
- 10 – ჰიდრაულიკური კომპენსატორი.

სუსპენზიის განსაზღვრა ჩვეულებრივი ვისკოზიმეტრის საშუალებით შეუძლებელია დამამძიმებლის მარცვლების დალექვის გამო. გამდიდრების პარაქტიკაში გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის ვისკოზიმეტრი: კაპილარული, როტაციული, ელექტრომექანიკური. აღნიშნული ვისკოზიმეტრებიდან ყველაზე უფრო გამოიყენება მეხანობრის კაპილარული ვისკოზიმეტრი (ნახ. 2.2).



**ნახ. 2.2 მეხანობრის
კაპილარული ვისკოზიმეტრი**
 1 – მანომეტრი; 2 – სამსვლიანი
 ონკანი;
 3 – ვისკოზიმეტრის რეზერვუარი;
 4 – სუსპენზიის ღონის მზომი;
 5 – კაპილარული მილი;
 6 ,7 – რეზერვუარი; 8 – ზუმფი.

სუსპენზიის სიბლანტის განსაზღვრა შესაძლებელია აგრეთვე მარტივი, ამრევ მექანიზმიანი კაპილარული ვისკოზიმეტრით (ნახ.2.3.), რომელიც წარმოადგენს 100 სმ³ ტევადობის ცილინდრულ ჭურჭელს, კაპილარული მილით. ცილინდრულ მილში ისხმება გამოსაკვლევ სუსპენზია, იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ დამამძიმებლის მარცვლების დალექვა, წარმოებს სუსპენზიის განუწყვეტელი არევა.

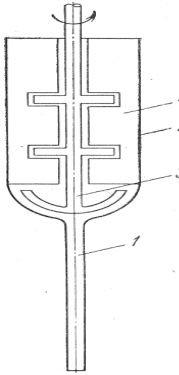
ცდის ჩატარების მეთოდიკა მდგომარეობს შემდეგში: ცილინდრულ მილში ათავსებენ სუფთა წყალს, და ინიშნავენ კაპილარული მილიდან წყლის გამოდინების დროს. ანალოგიურად ცდას იმეორებენ სუსპენზიისათვის. სუსპენზიის სიბლანტე იანგარიშება ფორმულით:

$$\mu_s = \mu_0 \frac{\Delta_s t_s}{\Delta_{\text{წყ}} t_{\text{წყ}}}$$

μ_0 – წყლის სიბლანტეა. $\mu_0 = 0,001$ პა.წმ.

$\Delta_s, \Delta_{\text{წყ}}$ – სუსპენზიისა და წყლის სიმკვრივე კგ/მ³;

$t_s, t_{\text{წყ}}$ – სუსპენზიისა და წყლის გამოდინების დრო, წმ.



**ნახ. 2.3 კაპილარული
ვისკოზიმეტრი**
1—კაპილარი; 2—რეზერვუარი;
3—ამრევი; 4—ამრიდი.

2.4 სუსპენზიის მომზადება

როგორც აღენიშნეთ, სუსპენზია ორფაზოვანი სისტემაა, რომლის ძირითად ფაზას წარმოადგენს დამამძიმებელი. დამამძიმებლის მომზადების ტექნოლოგიური სქემის სირთულე დამოკიდებულია შერჩეული მასალის სახეობაზე და მის საწყის ზომაზე. დამამძიმებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას მთელი რიგი ბუნებრივი მძიმე მინერალები და აგრეთვე სხვადასხვა წარმოების ნარჩენები. დამამძიმებელი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ძირითად მოთხოვნებს:

1. დამამძიმებლის ხვედრითი წონა, მინიმუმ, 2-ჯერ უნდა აღემატებოდეს სუსპენზიის სიმკვრივეს.

დამამძიმებლის მაქსიმალური მოცულობითი კონცენტრაცია სუსპენზიაში არ უნდა აღემატებოდეს 40-42 %-ს. თუ დამამძიმებლის კონცენტრაცია 40%-ზე მეტია, მაშინ სუსპენზია კარგავს დენადობის თვისებას და გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესებისადმი გამოუსადეგარია.

2.დამამძიმებელი პრაქტიკულად არ უნდა იხსნებოდეს წყალში. ქიმიურად ინერტიული უნდა იყოს და ახასიათებდეს მექანიკური მდგრადობა.

3.დამამძიმებელი უნდა იყოს შედარებით იაფი. ადვილი უნდა იყოს დამამძიმებლის რეგენერაცია ანუ აღდგენა, თუ დამამძიმებლად გამოიყენება ფეროსილიციუმი, რომლის ნატეხის ზომა 200-300 მმ-ს აღწევს. მაშინ მომზადების ტექნოლოგიურ სქემაში გათვალისწინებული უნდა იყოს ორსტადიური დამსხვრევა 15 მმ-მდე და წმინდა დაფქვა საკონტროლო კლასიფიკაციით. თუ დამამძიმებლად გამოიყენებულია მაგნეტიტი, რომელიც წარმოადგენს რკინის მამდიდრებელი ფაბრიკის კონცენტრატს, მაშინ ასეთი მასალა წარმოადგენს მზა სუსპენზიოდს.

მოცემული სიმკვრივის სუსპენზიის მოსამზადებლად აუცილებელია გაანგარიშებული იქნეს სუსპენზიოდისა და წყლის რაოდენობა. 1 მ⁻³ სუსპენზიის დასამზადებლად საჭირო სუსპენზიოდის და წყლის რაოდენობა გაიანგარიშება შემდეგი ფორმულებით:

სუსპენზიოდის რაოდენობა

$$T = \frac{\delta(\Delta - 1)}{\delta - 1}$$

წყლის რაოდენობა

$$W = 1000 - \frac{T}{\delta}$$

სადაც: T-არის სუსპენზიოდის რაოდენობა კგ.

δ - სუსპენზიოდის კუთრი წონა კგ/მ⁻³;

Δ - სუსპენზიის სიმკვრივე კგ/ მ⁻³.

სუსპენზიის მოცულობითი კონცენტრაცია
განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$C = \frac{\Delta - 1000}{\delta - 1000} \cdot 100 \%$$

სუსპენზიაში სუსპენზიის და წყლის წონითი რაოდენობა გაიანგარიშება აგრეთვე შემდეგი ემპირიული ფორმულებით:

სუსპენზიის რაოდენობა

$$T = W_b \delta C$$

წყლის რაოდენობა

$$W = W_b (1-C)$$

სადაც W_b -არის სუსპენზიის რაოდენობა მ³.

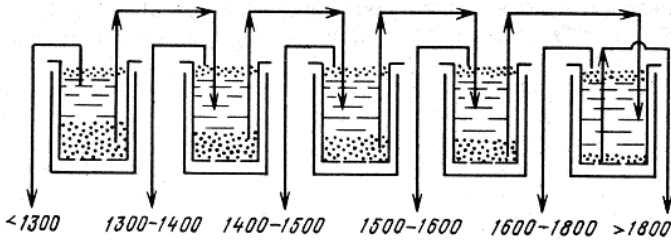
3. წიაღისეულთა გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლების განსაზღვრის მეთოდები და ეფექტურობა

3.1. წიაღისეულთა ფრაქციული ანალიზი

წიაღისეულთა გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლების თეორიული მნიშვნელობები განისაზღვრება ფრაქციული ანალიზის შედეგების საფუძველზე. ფრაქციული ანალიზი ეწოდება წიაღისეულთა სხვადასხვა სიმკვრივის ფრაქციებად დაყოფის პროცესს: ფრაქციული ანალიზისათვის აიღება სინჯი, რომლის წონა დამოკიდებულია მასალის სახეობაზე და სინჯში მაქსიმალური ნატეხის ზომაზე. საანალიზო სინჯს მორეცხავენ შლამების მოცილების მიზნით, გამოაშრობენ და ანშრევენ სხვადასხვა კუთრი წონის მქონე

მძიმე სითხეში. ნახშირების ფრაქციული ანალიზისათვის გამოიყენება $ZnCl_2$ -ის მარილის წყალხსნარი, ხოლო მადნების ფრაქციული ანალიზისათვის რორბახის და ტულეს მარილთა ხსნარები.

ფრაქციული ანალიზის ჩასატარებლად საანალიზო სინჯს ათავსებენ პერფორირებულ ფსკერიან ჭურჭელში, რომელსაც ათავსებენ თანმიმდევრულად სხვადასხვა კუთრ წონის მქონე მძიმე სითხეში. ნახშირების ფრაქციული ანალიზის ჩასატარებლად ამზადებენ 1300;1400; 1500; 1600; 1800 კგ/მ³ კუთრი წონის $ZnCl_2$ -ის მარილთა წყალხსნარს. პირველ რიგში საანალიზო სინჯს ათავსებენ 1300 კგ/მ³ სიმკვრივის სითხეში. მინერალები, რომელთა კუთრი წონა მცირეა სითხის სიმკვრივეზე, ატივტივდება, ხოლო მინერალები, რომელთა კუთრი წონაც აღემატება 1300-ს ჩაიძირება. ატივტივებულ ფრაქციას ამოიღებენ, მორეცხავენ ჯერ ცხელი, მერე ცივი წყლით, გააშრობენ, შეკვებენ და სინჯის ნაწილს გადასცემენ ქიმიურ ლაბორატორიას. ზემოთ აღნიშნული ფრაქციული ანალიზის ჩატარების პროცესი სქემატურად გამოისახება შემდეგი სახით (ნახ. 3.1).



ნახ. 3.1. მძიმე სითხეში ნახშირის განშრეგების სქემა.

ფრაქციული ანალიზის შედეგები შეიტანება სპეციალური ფორმის ცხრილში 3.1.

ფრაქციული ანალიზის შედეგები

ფრაქციის სიმკვრივე, კგ/მ ³	γ, %	A ^c , %	γ A ^c	მსუბუქი ფრაქცია			მძიმე ფრაქცია		
				Σγ, %	Σγ A ^c	A ^c _{ბაშ} , %	Σγ, %	Σγ A ^c	A ^c _{ბაშ} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-1300	55, 9	4,8	268,3	55,9	268,3	4,8	100,0	2306,0	23,0
1300- 1400	9,4	10,1	94,9	65,3	365,6	5,6	44,1	2033	46,1
1400- 1500	7,6	18,6	141,3	72,9	503	6,9	34,7	1940	55,9
1500- 1600	3,3	30,0	99	76,2	601,9	7,9	27,1	1797	66,3
1600-1800	3,1	45,9	142,2	79,3	745,4	9,4	23,8	1699	71,4
-1800	20, 7	75,2	1556,6	100	2300	23	20,7	1557	75,2
	100	23							

მე-5 გრაფა ივსება მსუბუქი ფრაქციის გამოსავალთა (გრაფა 2) თანმიმდევრული შეჯამებით.

$$\Sigma\gamma_{1300-1400} = 55,9 + 9,4 = 65,3$$

$$\Sigma\gamma_{1400-1500} = 65,3 + 7,6 = 72,9$$

მე-6 გრაფა ივსება მსუბუქი ფრაქციის გამოსავლისა და ნაცრიანობის ნამრავლთა თანმიმდევრული შეჯამებით.

მე-7 გრაფა ივსება შეჯამებული მსუბუქი ფრაქციის საშუალო ნაცრიანობის გათვლით

$$A_{\text{ბაშ}}^c = \frac{\Sigma\gamma A^c}{\Sigma\gamma} \%$$

ანალოგიურად გაითვლება მძიმე ფრაქციის პარამეტრები. ფრაქციული ანალიზის შედეგების საშუალებით განისაზღვრება გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლების თეორიული მნიშვნელობები (ცხრ.3.2). დავუშვათ, კონცენტრატული ფრაქციის გამყოფი სიმკვრივეა 1500 კგ/მ³, მაშინ კონცენტრატული ფრაქცია იქნება ნაკლები 1500 კგ/მ³, შუალედ პროდუქტიული ფრაქცია სიმკვრივით 1500-1800 კგ/მ³, ხოლო კულური ფრაქცია მეტი 1800 კგ/მ³

ცხრილი 3.2

გამდიდრების პროდუქტთა თეორიული ბალანსი

გამდიდრების პროდუქტები	გამოსავალი γ %	ნაცრიანობა A^c %
კონცენტრატი	72,9	6,9
შუალედური პროდუქტი	6,4	37,6
კუდები	20,7	75,2
საწყ. ნახშირი	100.0	23

3.2 წიაღისეულთა გამდიდრების შეფასება

გამდიდრების პროდუქტების ტექნოლოგიური მაჩვენებლების თეორიული მნიშვნელობების საფუძველზე ანუ ფრაქციული ანალიზის შედეგების საშუალებით განისაზღვრება ნახშირების გამდიდრების კატეგორია. ნახშირები გამდიდრებადობის მიხედვით იყოფა ოთხ კატეგორიად.

I. — თუ ფრაქციული ანალიზიდან შუალედი პროდუქტის გამოსავალი მცირეა 4 %-ზე, ასეთი ნახშირები მიეკუთვნება ადვილად გასამდიდრებელ ნახშირებს.

II. — თუ შუალედი პროდუქტის გამოსავალი ცვალებადობს 4-10 % მდე, მაშინ ასეთი ნახშირები მიეკუთვნება საშუალო გამდიდრებადობის ნახშირებს.

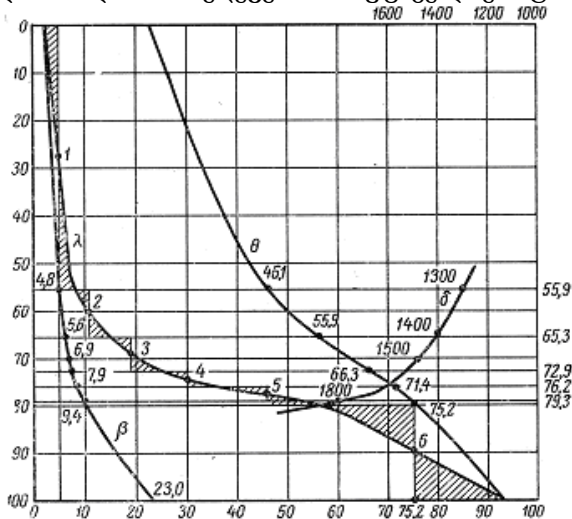
III. — თუ შუალედი პროდუქტის გამოსავალი ცვალებადობს 10-17 % მდე, მაშინ ასეთი ნახშირები მიეკუთვნება ძნელად გასამდიდრებელ ნახშირებს.

IV. — თუ შუალედი პროდუქტის გამოსავალი აღემატება 17%-ს, მაშინ ასეთი ნახშირები მიეკუთვნება ძალიან ძნელად გასამდიდრებელ ნახშირებს.

ჩვენს მიერ განხილულ მაგალითში შუალედური პროდუქტის გამოსავალი 6,4 %-ია. ე. ი. აღნიშნული ნახშირი მიეკუთვნება საშუალო გამამდიდრებადობის კატეგორიას.

ფრაქციული ანალიზის შედეგების გრაფიკულ გამოსახულებას გამდიდრებადობის მრუდები ეწოდება. გამდიდრებადობის მრუდებს აგებენ მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში მასშტაბით 200X200 მმ, ორდინატზე გადაიზომება გამოსავალი ზემოდან ქვემოთ, ხოლო აბსცისაზე—ფრაქციის ნაცრიანობა-მასშტაბით — 1 მმ შეესაბამება 0,50 ნაცრიანობას.

გამდიდრებადობის მრუდები (სურ. 3.2.) აიგება ფრაქციული ანალიზის შედეგების საფუძველზე. (ცხრ. 3.1)



ნახ. 3.2 გამდიდრებადობის მრუდები.

λ - გასამდიდრებელი მასალის მრუდი. β - მსუბუქი ფრაქციის მრუდი. ⊖ - მძიმე ფრაქციის მრუდი. δ - სიმკვრივის მრუდი.

საწყისი მასალის მრუდი აიგება ჯამურ გამოსავალსა და ელემენტარული ფრაქციის ნაცრიანობას შორის, რომელიც აღინიშნება λ ასოთი. მსუბუქი ფრაქციის მრუდი აიგება ჯამურ გამოსავალსა და მსუბუქი ფრაქციის საშუალო ნაცრიანობას შორის, აღინიშნება β -თი. მძიმე ფრაქციის მრუდი აიგება მძიმე ფრაქციის ჯამურ გამოსავალსა და საშუალო ნაცრიანობას შორის, აღინიშნება Θ -თი.

სიმკვრივის მრუდი აიგება ჯამურ გამოსავალსა და ფრაქციის სიმკვრივეებს შორის, აღინიშნება δ -თი.

გამდიდრების მრუდეების საშუალებით განისაზღვრება გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლების თეორიული მნიშვნელობები.

3.4. გრავიტაციული პროცესების ეფექტურობა

გრავიტაციული მეთოდით გამდიდრების ყველა აპარატურისათვის ტექნოლოგიური ეფექტურობის კრიტერიუმს წარმოადგენს წიაღისეულის სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფის სიზუსტე. პრაქტიკულად წიაღისეულის სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფის სიზუსტე განისაზღვრება გამდიდრების პროდუქტების ფრაქციული ანალიზის შედეგების საფუძველზე.

გამდიდრების პროდუქტების ურთიერთდანაგვიანება თვალსაჩინო წარმოდგენას იძლევა გამამდიდრებელი აპარატურის დაყოფის ხარისხზე, მაგრამ შეფასების ასეთი ხერხი აძნელებს სხვადასხვა მეთოდით ან სხვადასხვა რეჟიმით მომუშავე გამამდიდრებელი აპარატურის ტექნოლოგიური ეფექტურობის შედარებას.

გრავიტაციული გამდიდრების პროცესში წიაღისეულთა სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფის ეფექტურობა განისაზღვრება ჰენკოკ-ლუიკენის ფორმულით.

ჰენკოკ- ლუიკენის ფორმულა

$$E = \frac{\gamma_{\beta}(\beta_{\beta} - \alpha)}{\alpha(100 - \alpha)} \cdot 100$$

სადაც

- E — გამდიდრების პროცესის ეფექტურობა, %;
- γ — კონცენტრატის გამოსავალი, %;
- α — საწეის მასალაში სასარგებლო კომპონენტის შემცველობა, %;
- β — კონცენტრატში სასარგებლო კომპონენტის შემცველობა, %.

გარდა აღნიშნული ფორმულებისა დაყოფის ეფექტურობა განისაზღვრება გრაფიკულად. გამდიდრების პროდუქტებში სხვადასხვა სიმკვრივის ფრაქციების განაწილების ტრომპ-გერას მრუდის საშუალებით (ნახ. 3.3) რომელიც აიგება გამდიდრების პროდუქტების (კონცენტრატის $\gamma_1 = 54.4\%$ და კულები $\gamma_2 = 45.6\%$) ფრაქციული ანალიზის შედეგების საფუძველზე (ცხრ. 3.3)

ცხრილი 3.3

გამდიდრების პროდუქტების ფრაქციული ანალიზის შედეგები

ფრაქციის სიმკვრივე, კგ/მ ³	ფრაქციის საშუალო სიმკვრივე, მ.წ. კგ/მ ³	გამოსავალი γ %	კონცენტრატი $\gamma = 54.4\%$		კულები $\gamma_2 = 45.6\%$	
			კონცენტრატული ფრაქციის გამოსავალი, γ_{β} %	ამოკრეფა, ϵ_{β} %	კულების ფრაქციის გამოსავალი, γ_{β} %	ამოკრეფა, ϵ_{β} %
1	2	3	4	5	6	7
1200-1300	1250	34.99	64.22	99.86	0.10	0.14
1300-1400	1350	17.30	31.63	99.48	0.20.	0.52

ცხრილი 3.3 - გაგრძელება

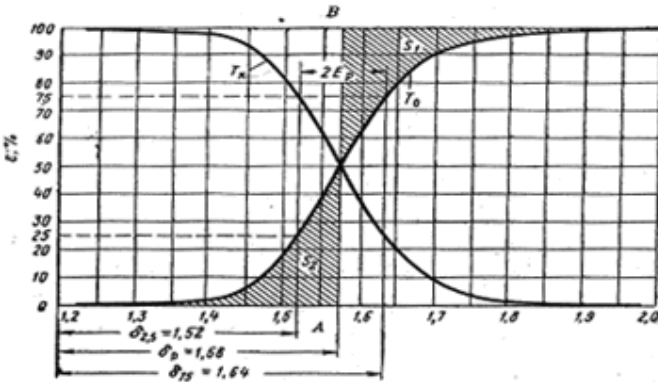
1	2	3	4	5	6	7
1400-1500	1450	1.96	3.43	95.41	0.20	4.59
1500-1600	1550	0.46	0.52	60.87	0.40	39.13
1600-1800	1700	0.98	0.20	11.20	1.93	89.80
1800-2200	2000	44.31	-	-	97.17	100.00
		100.0			100.0	-

კონცენტრატში და კულებში ცალკეული ფრაქციის ამოკრეფა (გრაფიკა 5 და 7) განისაზღვრება შესაბამისი ფორმულებით

$$\varepsilon_{\text{კნ}} = (\gamma_{\text{კნ}} \cdot \gamma_1) / \gamma \% ; \quad \varepsilon_{\text{კლ}} = (\gamma_{\text{კლ}} \cdot \gamma_2) / \gamma \% ;$$

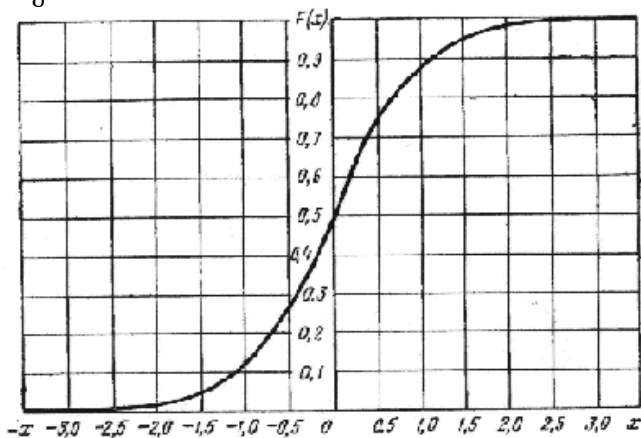
$$\text{მაგალითად: } \varepsilon_{\text{კნ } 1200-1300} = \frac{64.22 \cdot 54.4}{34.99} = 99.86\% ;$$

$$\varepsilon_{\text{კლ } 1200-1300} = \frac{0.1 \cdot 45.6}{34.99} = 0.14\%$$



ნახ. 3.3 გამდიდრების პროლექტებში ფრაქციების განაწილების მრუდი.

ტრომპის განაწილების მრუდის შესწავლის საფუძველზე ფრანგმა მკვლევარმა გერამ დაადგინა აღნიშნული მრუდის მსგავსება გაუსის ალბათობის ინტეგრალურ მრუდთან (ნახ. 3.4) და შემოიღო ცნება „საშუალო საალბათო გადახრა“ $E_{\text{გ}}$, ხოლო მკვლევარებმა ბელუგუმ (საფრანგეთი) — დაყოფის ცლომილება J , რომელთა საშუალებით შესაძლებელია წიაღისეულთა გამდიდრებისა და მისი დაყოფის ეფექტურობის დახასიათება.



ნახ. 3.4 გაუსის ინტეგრალური მრუდი

საშუალო საალბათო გადახრა და დაყოფის ცლომილება (პროცესის არასრულყოფილების კოეფიციენტი) განისაზღვრება დაყოფის მრუდის საშუალებით. (ნახ.3.3)

საშუალო საალბათო გადახრა $E_{\text{გ}}$

$$E_{\text{გ}} = (\delta_{75} - \delta_{25})/2$$

დაყოფის ცლომილება J

$$J = E_{\text{გ}} / (\delta_{\text{გ}} - \Delta)$$

სადაც δ_{75} და δ_{25} — სიმკვრივის ის მნიშვნელობებია, რომელთაც შეესაბამება ფრაქციის 75 და 25 % ამოკრეფა.

$\delta_{\text{ღ}}$ — დაყოფის (ზღვრული) სიმკვრივე, რომელსაც შეესაბამება ფრაქციის 50% ამოკრეფა.

Δ — თხევადი ფაზის სიმკვრივე. წყლისათვის $\Delta = 1000$ კგ/მ³

გამდიდრების ეფექტურობა მით უფრო მაღალია, რაც უფრო მცირეა $E_{\text{ღ}}$ და λ მნიშვნელობები. იდეალური დაყოფის დროს ტრომპის განაწილების მრუდი მიიღებს ვერტიკალურ სწორხაზოვან ფორმას. მაშინ $E_{\text{ღ}} = 0$ ე.ი. ფრაქცია, რომლის სიმკვრივე ნაკლებია დაყოფის ზღვრულ $\delta_{\text{ღ}}$ სიმკვრივეზე გადავა მსუბუქ პროდუქტში, ხოლო $\delta_{\text{ღ}}$ სიმკვრივეზე მეტი მძიმეში.

4. გამდიდრების გრავიტაციული პროცესების თეორიული საფუძვლები.

გამდიდრების გრავიტაციული პროცესების თეორიული საფუძვლები ემყარება გარემოში განსაზღვრული ზომისა და სიმკვრივის მინერალურ მარცვალთა მოძრაობის კანონზომიერებებს, რომლებსაც საფუძვლად უდევს სტატისტიკური-ალბათობის, კლასიკური მექანიკის, ჰიდრაულიკისა და ფიზიკის ჰიდროდინამიკური თეორიის კანონები.

4.1. მინერალურ მარცვალთა თავისუფალი ვარდნა

უსაზღვრო გარემოში ცალკეულ მარცვალთა ვარდნას თავისუფალი ეწოდება. როდესაც გარემოში ვარდნილ მარცვლეულთა შორის დაშორება 10-20-ჯერ აღემატება მარცვლის დიამეტრს, პრაქტიკულად ეს პირობა დაკმაყოფილებულია, როდესაც სითხისა და მყარის წონითი ფარდობა აღემატება 8-ს ე.ი. $n / m \geq 8 : 1$

ნებისმიერ გარემოში ვარდნილი მინერალურ მარცვალთა ვარდნის სიჩქარე განისაზღვრება მასზე მოქმედი სიმძიმის, ამომგდები (არქიმედეს) და სითხის ჰიდროდინამიკური ძალების თანაფარდობით.

სიმძიმის ძალა – $G=V\delta g$

სადაც V – მარცვლის მოცულობაა, $მ^3$;

δ - მარცვლის სიმკვრივე, $კგ/მ^3$;

g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, $g=9.81 მ/წმ^2$.

სფერული ფორმის მარცვლისათვის სიმძიმის ძალა,

$$G = \frac{\pi d^3}{6} \delta g$$

არქიმედეს ძალა – R

$$R = \frac{\pi d^3}{6} \Delta g$$

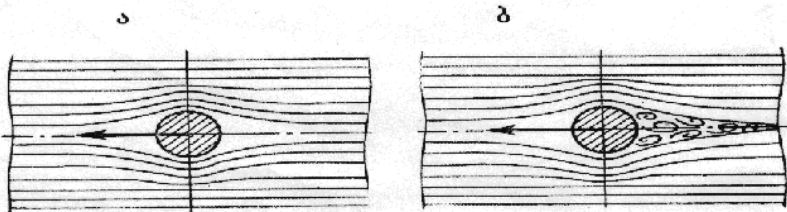
სადაც d – სფერული ფორმის მარცვლის დიამეტრია, $მ^3$;

Δ - სითხის სიმკვრივე, $კგ/მ^3$.

გრავიტაციული ძალა – G_0

$$G_0 = G - R = \frac{\pi d^3}{6} (\delta - \Delta) g$$

ჰიდროდინამიკური წინააღმდეგობის ძალა F დამოკიდებულია ვარდნილი მინერალების ზედაპირზე სითხის გარშემოდინების რეჟიმზე. განასხვავებენ სითხის მოძრაობის ლამინარულ და ტურბულენტურ რეჟიმს. (ნახ. 4.1. ა.ბ.)



ნახ.4.1. სითხის მოძრაობის რეჟიმი

ა – ლამინარული;

ბ – ტურბულენტური.

ლამინალურ რეჟიმში მოძრავ მარცვლის ზედაპირზე სითხის შრის ფენები მდორედ იშლება და ერთდება მარცვლის წინა და უკანა ნაწილში (ნახ. 4.1.ა.) ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს სითხის სიბლანტურ წინააღმდეგობის ძალეს, რომელიც განპირობებულია სახუნის ძალებით და წარმოიქმნება სითხის ფენების სხვადასხვა სიჩქარით მოძრაობის შედეგად.

ლამინალურ რეჟიმში მოძრავ სხეულებზე მოქმედი სიბლანტური წინააღმდეგობა შესწავლილი იქნა ინგლისელი ფიზიკოსის გ. სტოქსის მიერ.

სტოქსის კანონიდან გამომდინარე სითხის სიბლანტური წინააღმდეგობის ძალა F_s

$$F_s = 3\pi\mu v d$$

სადაც

μ – სითხის დინამიკური სიბლანტეა, პა. წმ;

v – მარცვლის მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ;

d – მარცვლის დიამეტრი, მ.

ექსპერიმენტალურად დადგენილია, რომ სიბლანტურ წინააღმდეგობას ადგილი აქვს ბლანტ არეში 0.1 მმ-ზე მცირე ზომის მარცვალთა მოძრაობის დროს.

ტურბულენტურ რეჟიმში მოძრავ მინერალურ მარცვლის უკანა მხარეს წარმოიქმნება გრივალეები, რომლებიც წარიტაცება სითხის მიერ და წარმოიქმნება შემცირებული წნევების სივრცე (ნახ. 4.1. ბ.)

წნევათა სხვადასხვაობა მარცვლის წინა და უკანა ნაწილში განაპირობებს დინამიკური წინააღმდეგობის ძალის წარმოქმნას. დინამიკური წინააღმდეგობა შესწავლილი იქნა ნიუტონის მიერ.

ნიუტონის კანონიდან გამომდინარე დინამიკური წინააღმდეგობის ძალაა $E_{\text{დ}}$

$$E_{\text{დ}} = KS \frac{1}{2} v^2 \Delta$$

სადაც K – პროპორციულობის კოეფიციენტია. რიტინგერის მიხედვით, $K = 1/2$;

S – მარცვლის გეგმილის ფართია. სფერული ფორმის მარცვლისათვის, $S = \frac{\pi d^2}{4}$;

მაშინ

$$F_{\text{ღ}} = \frac{\pi}{16} v^2 d^2 \Delta$$

ექსპერიმენტალურად დადგენილია, რომ როდესაც სითხეში მოძრაობენ 2-მმ-ზე დიდი ზომის მარცვლები წარმოიქმნება დინამიკური წინააღმდეგობა.

სითხის დინების სიჩქარული რეჟიმები შეისწავლა ინგლისელმა მეცნიერმა რეინოლდსმა, რომლის საპატივცემულოდ შემოღებული იქნა რეინოლდსის პარამეტრი - Re

$$Re = \frac{vd\Delta}{\mu}$$

რეინოლდსის პარამეტრის სიდიდის მნიშვნელობა განსაზღვრავს სითხის დინების სიჩქარული რეჟიმის ხასიათს.

როდესაც $Re < 1$ სითხის ნაკადის დინება ლამინარულია;

$Re > 1000$ ტურბოლენტური;

$1 < Re < 1000$ ნაკადი მოძრაობს გარდამავალ რეჟიმში.

გარდამავალ რეჟიმში მინერალურ მარცვალთა (0.1 – 2 მმ) მოძრაობის დროს ადგილი აქვს სიბლანტურ და დინამიკურ წინააღმდეგობის ძალების მოქმედებას, რომლის სიდიდე ალენის მიხედვით

$$F_{\text{ა}} = \frac{10}{\sqrt{Re}} \cdot F_{\text{ღ}} = \Psi_{\text{ა}} v^2 d^2 \Delta$$

$$\Psi_{\text{ა}} = \frac{10}{\sqrt{Re}} \cdot \frac{\pi}{16} = \frac{5\pi}{8\sqrt{Re}}$$

ჰიდროდინამიკური წინააღმდეგობა ზოგადი სახით გამოისახება შემდეგი ფორმულით

$$F = \psi v^2 d^2 \Delta$$

სადაც

ψ — ჰიდროდინამიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი

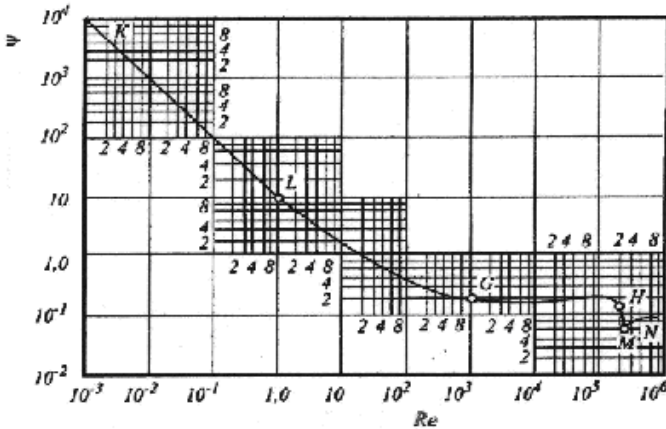
როდესაც $F_{\text{ღ}} > F_{\text{ს}}$; $\psi = \psi_{\text{ღ}} = \pi/16$ დინამიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

როდესაც $F_{\text{ღ}} < F_{\text{ს}}$; $\psi = \psi_{\text{ს}} = 3\pi/Re$ სიბლანტური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

$$\text{როდესაც } F_{\text{ღ}} \approx F_{\text{ს}}; \quad \psi = \psi_{\text{ა}} = \frac{5\pi}{8\sqrt{Re}}$$

წინააღმდეგობის კოეფიციენტი სიბლანტის და დინამიკური წინააღმდეგობის გათვალისწინებით.

ინგლისელმა მეცნიერმა რეინოლდსმა და რელეიმ შესძლეს დაემყარებინათ ორ წინააღმდეგობებს შორის კავშირი (ნახ. 4.2.).



ნახ. 4.2 წინააღმდეგობის ψ კოეფიციენტსა და Re -ს შორის დამოკიდებულება

მინერალურ მარცვალთა ლამინალურ რეჟიმში ($Re < 1$) მოძრაობის დროს წინააღმდეგობის კოეფიციენტი $\psi = 3\pi / Re$, გარდამავალ რეჟიმში ($1 < Re < 10^3$) მოძრაობის

დროს $\psi = 5\pi/8\sqrt{\text{Re}}$, ხოლო ტურბულენტურ რეჟიმში ($\text{Re} > 10^3$) მოძრაობის დროს $\psi = \pi/16$.

სითხეში ვარდნილი მინერალური მარცვალი მოძრაობს გრავიტაციული ძალის მოქმედებით, თავდაპირველად მოძრაობს აჩქარებულად, როდესაც სიმძიმის ძალა გაუწონასწორდება სითხის ჰიდროდინამიკურ წინააღმდეგობას, აჩქარება გაუტოლდება ნულს და მარცვალი იწყებს მუდმივი სიჩქარით ვარდნას, რომელსაც ვარდნის საბოლოო სიჩქარეს უწოდებენ. მაშასადამე, 0.1 მმ-ზე მცირე ზომის სფერული მარცვლისათვის სამართლიანია ტოლობა

$$\frac{\pi d^3}{6}(\delta - \Delta)g = 3\pi\mu vd$$

ლამინარული რეჟიმისათვის ($\text{Re} < 1$, $d < 0.1$ მმ) წყალში მარცვლის თავისუფალი ვარდნის საბოლოო სიჩქარე განისაზღვრება სტოქსის ფორმულით

$$v = \frac{g}{18} d^2 \frac{(\delta - \Delta)}{\mu}$$

წყლისათვის - $\Delta = 1000$ კგ/მ³, $\mu = 0.001$ პა.წმ.

$$v = 545d^2(\delta - 1000)$$

ჰაერისათვის - $\Delta = 1.23$ კგ/მ³, $\mu = 0.000018$ პა.წმ.

$$v = 30278d^2(\delta - 1.23)$$

გარდამავალი რეჟიმისათვის ($1 < \text{Re} < 10^3$, $d = 0.1 - 0.2$ მმ) მარცვლის თავისუფალი ვარდნის საბოლოო სიჩქარე ანალოგიურად განისაზღვრება $G = F$,

$$\frac{\pi d^3}{6}(\delta - \Delta)g = \frac{5\pi}{8\sqrt{\text{Re}}} v^2 d^2 \Delta$$

$$v = 0.89d\sqrt[3]{\frac{(\delta - \Delta)^2}{\mu\Delta}} \quad - \text{ალენის ფორმულა.}$$

ტურბულენტური რეჟიმისათვის ($\text{Re} > 10^3$, $d > 2$ მმ)
 $G = F_{\text{ფ}}$

$$\frac{\pi d^3}{6}(\delta - \Delta)g = \frac{\pi}{16}v^2 d^2 \Delta$$

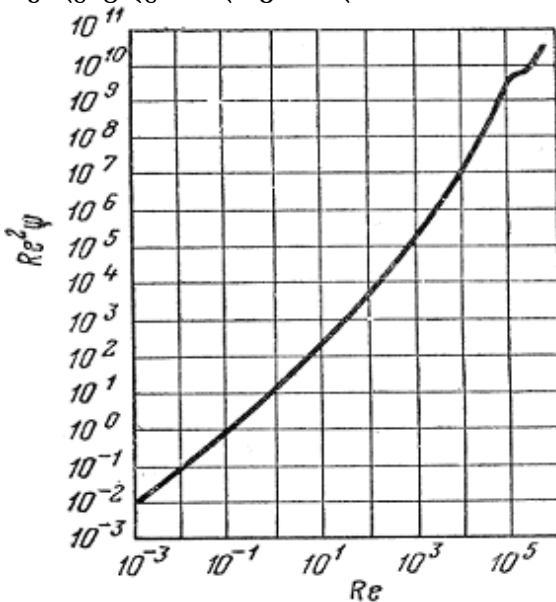
$v = 1.63 \sqrt{d(\delta - \Delta)g/\Delta}$ – რიტინგერის ფორმულა

სტოქსის, რიტინგერისა და ალენის ფორმულები გამოიყენება განსაზღვრული ზომის მინერალურ მარცვალთა ვარდნის საბოლოო სიჩქარის საანგარიშოდ.

ნებისმიერი ზომისა და სიმკვრივის მინერალურ მარცვალთა საბოლოო სიჩქარის საანგარიშოთ ლიაშენკომ შემოგვთავაზა, რეინოლსის პარამეტრიდან გამომდინარე უნივერსალური მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს ორივე სახის წინააღმდეგობას.

$$v = Re \mu / d\Delta$$

Re-ს მნიშვნელობა განისაზღვრება $Re^2\psi$ -სა და Re-ს დამოკიდებულებას დიაგრამიდან (ნახ. 4.3.)



ნახ. 4.3 რეინოლსის რიცხვს და $Re^2\psi$ პარამეტრს შორის დამოკიდებულების დიაგრამა

მაშასადამე, ვარდნის სიჩქარე დამოკიდებულია რეინოლდსის რიცხვის მნიშვნელობაზე, გამყოფი გარემოს სიბლანტესა და სიმკვრივეზე და ვარდნილი მარცვლის დიამეტრზე.

თავისუფალი ვარდნის სიჩქარეზე გავლენას ახდენს მარცვალთა ზომა, სიმკვრივე, ფორმა, სითხის ტემპერატურა და სხვა.

როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, ერთი და იგივე ზომის და სიმკვრივის მარცვლები ხასიათდება სხვადასხვა ვარდნის სიჩქარეებით.

თუ სფერული ფორმის მარცვლის სიჩქარეს აღვნიშნავთ $V_{სფ}$, მაშინ ოთხკუთხა ფორმის მქონე მარცვლების ვარდნის სიჩქარე ტოლია.

$$V_{ოთხ} = 0,87 V_{სფ}$$

წაგრძელებული ფორმის მარცვლებისათვის

$$V_{წაგ} = 0,77 V_{სფ}$$

სითხის ტემპერატურა თავისუფალი ვარდნის სიჩქარეზე გავლენას ახდენს იმ შემთხვევაში, როდესაც მარცვალი მოძრაობს ლამინალურ რეჟიმში, თუ რეინოლდსის რიცხვის მნიშვნელობა მეტია 200-ზე, ამ შემთხვევაში სითხის ტემპერატურა არავითარ გავლენას არ ახდენს.

4.2 თანაბრად ვარდნილი მარცვლები და თანაბარვარდნის კოეფიციენტი

თანაბარვარდნილი მარცვლები ეწოდებათ ერთნაირი ვარდნის სიჩქარის მქონე სხვადასხვა სიმკვრივისა და ზომის მინერალურ მარცვლებს, ხოლო მსუბუქი და მძიმე მინერალურ მარცვალთა დიამეტრთა ფარდობას თანაბარვარდნის კოეფიციენტი e , განმარტების თანახმად

$$e = \frac{d_{მს}}{d_{მძ}} \quad ; \quad v_{მს} = v_{მძ} \quad ;$$

სხვადასხვა ზომის მინერალურ მარცვალთა თანაბარვარდნის კოეფიციენტი განისაზღვრება შესაბამისი ვარდნის საბოლოო სიჩქარის ფორმულის გამოყენებით, $d < 0.1$ მმ-ზე მცირე ზომის მინერალურ მარცვალთა თანაბარვარდნის კოეფიციენტი განისაზღვრება სტოქსის ფორმულით $v = 545d^2\delta - \Delta$ ამ შემთხვევაში მარცვლები მოძრაობენ ლამინალურ რეჟიმში $Re < 1$

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{K_2(\delta_2 - \Delta)}{K_1(\delta_1 - \Delta)}} = \sqrt{\frac{\delta_2 - 1000}{\delta_1 - 1000}}$$

გარდამავალი რეჟიმისათვის ($d = 0.1 - 2$ მმ $1 < Re < 10^3$) გამოიყენება ალენის ფორმულა

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \frac{K_2}{K_1} \sqrt[3]{\left(\frac{\delta_2 - \Delta}{\delta_1 - \Delta}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{\delta_2 - 1000}{\delta_1 - 1000}\right)^2}$$

ტურბოლენტური რეჟიმისათვის ($d > 2$ მმ $Re > 10^3$) გამოიყენება რიტინგერის ფორმულა

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \frac{K_2(\delta_2 - \Delta)}{K_1(\delta_1 - \Delta)} = \frac{\delta_2 - 1000}{\delta_1 - 1000}$$

სადაც

K_1 და K_2 – მსუბუქი და მძიმე მინერალების ფორმისა და გარემოს რეოლოგიური პარამეტრების გავლენის კოეფიციენტი $K_1 \approx K_2$.

d_1 და d_2 მსუბუქი და მძიმე მინერალების მარცვალთა დიამეტრია, მ.

თანაბარვარდნის კოეფიციენტის გამოყენებით განისაზღვრება სამანქანო კლასის ზომები გრავიტაციული გამდიდრებისათვის.

4.3 ვარდნილ მარცვალთა მუდმივ სიჩქარეზე მისაღწევად საჭირო დრო

სითხეში ვარდნილი მარცვალი თავდაპირველად მოძრაობს აჩქარებულად, განსაზღვრული დროის შემდეგ მისი აჩქარება გაუტოლდება ნულს და მარცვალი იწყებს მოძრაობას მუდმივი სიჩქარით.

სითხეში სფერული მარცვლის მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას შემდეგი სახე აქვს:

$$m \frac{dv}{dt} = G_0 - P$$

სადაც

m – მარცვლის მასაა, $m = \pi \delta d^3 / 6$;

G_0 – მარცვლის წონაა სითხეში, $G_0 = \pi d^3 g (\delta - \Delta) / 6$;

P – სითხის წინააღმდეგობის ძალაა, $P = \psi V^2 d^2 \Delta$.

თუ შევიტანთ გამოსახულებაში G_0 და P -ს შესაბამის მნიშვნელობებს და გავყოფთ ტოლობის ორივე მხარეს მასაზე $m = \pi \delta d^3 / 6$ -ზე, მივიღებთ:

$$\frac{dV}{dt} = g \frac{\delta - \Delta}{\delta} - \frac{6\psi V^2 \Delta}{d\pi\delta}$$

საწყის მდგომარეობაში, როდესაც სიჩქარე $V = 0$, მარცვალი მოძრაობს საწყისი აჩქარებით $g_0 = g (\delta - \Delta) / \delta$, ე.ი. მარცვლის საწყისი აჩქარება დამოკიდებულია მხოლოდ მინერალისა და სითხის სიმკვრივეზე

$$\frac{dV}{dt} = g_0 - \frac{6\psi V^2 \Delta}{d\pi\delta} .$$

საწყის მომენტში, როცა სითხეში სხეულის მოძრაობის სიჩქარე $V = 0$, მაშინ $P = 0$ და სხეულის აჩქარება $dV / dt = g_0$

როდესაც მარცვლის მოძრაობის სიჩქარე V გახდება მუდმივი V_0 , ამ შემთხვევაში აჩქარებაა გაუტოლდება ნულს $dV/dt = 0$, ე.ი.

$$g_0 - \frac{6\psi V^2 \Delta}{d\pi\delta} = 0$$

აქედან მარცვლის მოძრაობის სიჩქარე

$$V_0 = \sqrt{\frac{g_0 \pi \delta d}{6\psi \Delta}}$$

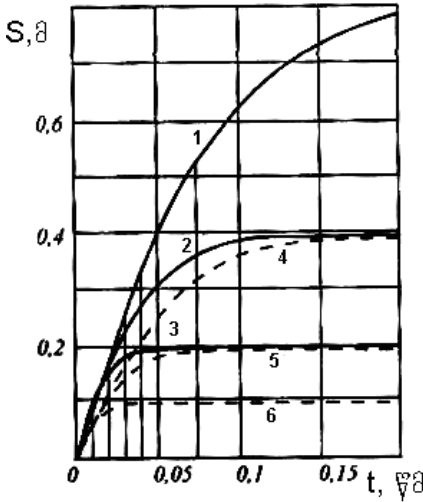
თუ აღნიშნულ გამოსახულებას გამოვსახავთ ინტეგრალით ზღვრებში, როცა ვარდნის ხანგრძლივობა იცვლება $0 \div t$ – მდე, ხოლო მოძრაობის სიჩქარე $0 \div V_0$ და განვსაზღვრავთ t -ს მიმართ, მივიღებთ მარცვლის მუდმივ სიჩქარემდე მისაღწევად საჭირო დროის საანგარიშო ფორმულას:

$$t = \frac{2,5V_0}{g_0},$$

ხოლო, t დროის განმავლობაში მარცვლის მიერ განვლილი გზა:

$$S = \frac{1,8V_0^2}{g_0}.$$

მაშასადამე, მუდმივ სიჩქარემდე მისაღწევად მარცვლის მიერ განვლილი გზის სიდიდე დამოკიდებულია ვარდნის საწყის სიჩქარეზე, ე.ი. მის ზომაზე და სიმკვრივეზე (ნახ. 4.4).



ნახ. 4.4. სხვადასხვა
სიძსხოსა და სიძკვრის
მარცვლის ვარდნის სიჩქარის
ცვლილება დროის მიხედვით

$\delta = 7,5$ - მრული 1,2,3;

$\delta = 2,65$ - მრული 4,5,6.

1 - $d = 10$ მმ; 2 - $d = 4$ მმ;

3 - $d = 1$ მმ; 4 - $d = 16$ მმ;

5 - $d = 4$ მმ; 6 - $d = 1$ მმ.

მაგ. განვსაზღვროთ 0,01 მმ-იანი კვარცის მარცვლებისათვის საბოლოო ვარდნის სიჩქარის მიღწევისათვის საჭირო დრო.

$$\text{მოც. } \delta = 2650 \text{ კგ/მ}^3$$

$$d = 0,01 \text{ მმ} = 0,00001 \text{ მ}$$

$$V = 0,545 \frac{\delta - 1000}{0,001} = 0,545 \cdot \frac{2650 - 1000}{0,001} = 0,08 \text{ მ/წმ}$$

$$g = \frac{\delta - \Delta}{\delta} \quad g = \frac{1650}{2650} \cdot 9,81 = 6,7$$

$$t = \frac{2,5 \cdot 0,8}{6,7} = 0,3 \text{ წმ}$$

4.4. მინერალურ მარცვალთა შეზღუდული ვარდნა

მინერალურ მარცვალთა ერთობლივ მოძრაობას, რომელთა შორის დაშორება 10-20–ჯერ მცირეა მათ დიამეტრზე – შეზღუდული ეწოდება.

პრაქტიკულად შეზღუდული ვარდნა განხორციელებულია გრავიტაციული გამძიდრების ნებისმიერ პროცესში, როდესაც სითხის და მყარის წონითი ფარდობა ($\lambda/\mu < 8:1$) 8-ზე მცირეა.

მინერალურ მარცვალთა შეზღუდული ვარდნა შესწავლილი იქნა გერმანელი მეცნიერის რ. რიჩარდის მიერ. ექსპერიმენტების შედეგების საფუძველზე იგი ასკვნის, რომ მარცვალთა შეზღუდული ვარდნა ანალოგიურია თავისუფალი ვარდნისა იმ გარემოში, რომლის სიმკვრივესაც უკავია შუალედი მდგომარეობა მყარ სხეულსა და სითხის სიმკვრივეებს შორის.

რიჩარდის მიხედვით

$$v_{\text{შ}} = k \sqrt{d(\delta - \Delta)}$$

სადაც k – რიტინგერის ფორმულის რიცხვითი კოეფიციენტი;

d – მარცვალთ დიამეტრი, მ;

δ – მარცვლის სიმკვრივე, კგ/მ³;

$\Delta_{\text{ს}}$ – სითხის საშუალო სიმკვრივე, კგ/მ³;

$$\Delta_{\text{ს}} = (\delta + \Delta)/2$$

სადაც Δ – წყლის სიმკვრივეა, კგ/მ³;

პროფ. ლიაშენკომ მინერალურ მარცვალთა შეზღუდული მოძრაობის კანონზომიერების თეორიული და ექსპერიმენტული შესწავლის საფუძველზე შეადგინა შეზღუდული ვარდნის საანგარიშო ემპირიული ფორმულა

$$v_{\text{შ}} = v_0 \sqrt{\theta^n}$$

სადაც v_0 – თავისუფალი ვარდნის სიჩქარე, მ/წმ;

θ – მასალის გაფხვიერების კოეფიციენტი;

n – ხარისხის მაჩვენებელი $n = 5 \div 7.5$.

$$\theta = (v - v_1) / v$$

სადაც v – მყარი და თხევადი ფაზის მიერ დაკავებული მოცულობა, მ³;

v_1 – მყარი ფაზის მოცულობა, მ³;

პროფ. ვ. ოლევესკის მიხედვით შეზღუდული ვარდნის სინქარე

$$v_{\text{შ}} = v_0 \left(1 - \frac{T}{T_{\text{გ}}} \right)$$

სადაც T და $T_{\text{გ}}$ – არის პულბაში მყარის წონითი შემცველობა.

შეზღუდული მოძრაობის სინქარე დამოკიდებულია პულბაში მყარის კონცენტრაციაზე, რაც უფრო მეტია კონცენტრაცია, მით მცირეა შეზღუდული ვარდნის სინქარე.

4.5 მინერალურ მარცვალთა დაღეჭვის ჰიპოთეზები.

მინერალურ მარცვალთა დაღეჭვის პროცესის განმარტებისათვის არსებობს შემდეგი ჰიპოთეზები: სინქარული, სტატიკური და ენერგეტიკული.

სინქარული ჰიპოთეზა ჩამოყალიბებული იქნა რიტინგერის მიერ, რომლის მიხედვით წყლის პულსირებულ ნაკადში განხორციელებულია მასალის ფრაქციებად დაყოფა. რიტინგერის ჰიპოთეზის მიხედვით თანაბარი ზომის სხვადასხვა სიმკვრივის ($\delta_1 < \delta_2$) მინერალების მარცვლები განლაგდება ცხავის ზედაპირზე, საგების ქვედა შრეში – მძიმე მინერალები, ხოლო მსუბუქი მინერალის მარცვლები – საგების ზედა შრეში $V_{\text{მძ}} > V_{\text{მს}}$. სინქარული ჰიპოთეზის მიხედვით დაღეჭვის პროცესში შესაძლებელია მხოლოდ ვიწროდ კლასიფიცირებული მასალის ფრაქციებად დაყოფა. კლასს, რომლის ზედა ზღვარის შეფარდება ქვედა ზღვართან

არ აღემატება თანაბარი ვარდნის კოეფიციენტს, ვიწრო კლასი ეწოდება.

პრაქტიკაში ძირითადად მდიდრდება ფართო კლასიფიკაციის სკალით მომზადებული მასალა. ამ შემთხვევაში მასალის ფრაქციებად განშრეგებაზე დიდ გავლენას ადხენს სხვადასხვა სიჩქარით ვარდნილი მინერალურ მარცვალთა მასიური მოძრაობით გამოწვეული ურთიერთ ხახუნის ძალები. ამიტომ თავისუფალი ვარდნის სიჩქარეზე დაყრდნობით, მასალის განშრეგების პროცესის მექანიზმის ახსნა არასრულყოფილია.

დალექვის სიჩქარულმა ჰიპოთეზამ უკანასკნელ წლებში დიდი განვითარება ჰპოვა და საბოლოოდ ჩამოყალიბებული იქნა შემდეგნაირად, რომ მინერალების მარცვალთა ვარდნის სხვადასხვა სიჩქარეების მიხედვით მასალის ფრაქციებად განშრეგებაზე გავლენას ახდენს მარცვლების ზომა, ფორმა და გარემოს წინააღმდეგობის ძალები. ამ დებულებიდან გამომდინარე დალექვის პროცესში სფერული ფორმის მარცვლების მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას შემდეგი სახე აქვს.

$$m \frac{dV}{dt} = G - P_a \pm P \pm P_m$$

სადაც

m -მარცვლის მასაა, კგ.;

$\frac{dV}{dt}$ - მარცვლის აჩქარებაა, მ/წმ²;

G - მარცვლის წონა, კგ;

P_a - ამომდეგები ძალა, ნ.

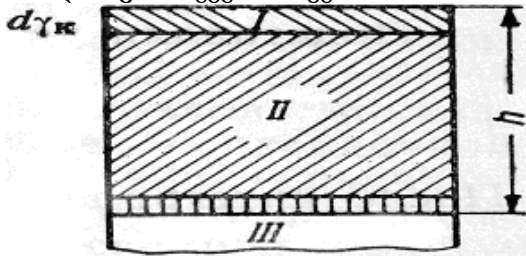
P - გარემოს წინააღმდეგობის ძალა, ნ.

P_g - მარცვლთა ურთიერთმოქმედი მექ. ძალა, ნ.

განტოლებიდან ჩანს, რომ მარცვალი მოძრაობს ცვლადი აჩქარებით, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია მარცვლის სიმკვრივეზე, ზომაზე და სიჩქარეზე.

დალექვის სტატიკური ჰიპოთეზა. სტატიკური ჰიპოთეზის მიხედვით დალექვა განიხილება, როგორც მასიური პროცესი, რომლის მიმდინარეობა იცვლება დროის მიხედვით, ვინოგრადოვის მიხედვით დალექვის პროცესის ტექნოლოგიური პარამეტრები დამოკიდებულია პროცესის კინეტიკაზე.

ვინოგრადოვი დალექვის კინეტიკის განსაზღვრისათვის აწარმოებდა ნახშირების დალექვას სხვადასხვა ხანგრძლივობით და იღებდა სინჯებს ფრაქციული ანალიზისათვის. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, განსაზღვრული დროის შემდეგ სალექ განყოფილებაში წარმოიქმნება სამი შრე. ქვედა მძიმე ფრაქციის შრე, ზედა მსუბუქი ფრაქციის შრე და შუა შუალედური ფრაქციის შრე. თითოეულ შრეთა შორის მოთავსებულია გარდამავალი შრეები. დალექვის ხანგრძლივობის ზრდასთან ერთად იზრდება საბოლოო პროდუქტის შრეთა სისქე, მაგრამ მთლიანად არ ისპობა შერეული შრე, რაც აიხსნება მარცვალთა ურთიერთქმედებით. ვინოგრადოვმა შეადგინა დალექვის პროცესში დროის მიხედვით მასალის განშრეების სქემა (ნახ 4.5)



ნახ. 4.5. დალექვის პროცესში მასალის განშრეების სქემა.

h – საგების სიმაღლე; I – კონცენტრატის შრის სისქე
II – გამყოფი ზონა; III- სალექი ცხავი

დაუშვათ დალექვის t დროის შემდეგ სალექ განყოფილებაში წარმოიქმნილი კონცენტრატის ფრაქციის შრის სისქე აღვნიშნოთ γ_k , მასში მსუბუქი ფრაქციის შემცველობა

აღნიშნოთ F_3 -თი, საწყის მასალაში მსუბუქი ფრაქციის შემცველობა— F_3 , მაშინ კონცენტრატული ფრაქციის შრეში გადასული მსუბუქი ფრაქციის რაოდენობა

$$F = (F_3 - F_3) \gamma_3.$$

გამყოფი ზონიდან კონცენტრატულ ფრაქციის შრეში დროის ერთეულში გადასული მსუბუქი ფრაქციის რაოდენობა აღნიშნოთ F'

$$F' dt = (F_3 - F_3) dY_3$$

აქედან:
$$d\gamma_3 = \frac{F' dt}{F_3 - F_3}$$

F' -ის განსაზღვრისათვის ვინოგრადოვმა გამოიყენა მასათა ურთიერთქმედების კანონი, რომელიც მოცემული შემთხვევისათვის ჩამოაყალიბა შემდეგი სახით: გამყოფი შრიდან კონცენტრაციულ ფრაქციულ შრეში გადასული მსუბუქი ფრაქციის რაოდენობა პროპორციულია გამყოფ შრეში დარჩენილი იგივე ფრაქციის რაოდენობისა.

$$\frac{dF_3}{dt} = KF_3$$

სადაც F_3 -გამყოფ ზონაში მსუბუქი ფრაქციის შემცველობაა.

K -პროპორციულობის კოეფიციენტი, აღნიშნული გამოსახულების ინტეგრირებით მივიღებთ

$$\ln F_3 = Kt + C$$

ინტეგრალის მუდმივა განისაზღვრება საწყისი პირობიდან, როცა $t = 0$ მაშინ,

$$F_3 = F_3$$

$$C = \ln F_3$$

ჩავსვათ C -ს მნიშვნელობა განტოლებაში, მივიღებთ

$$\ln \frac{F_3}{F_3} = -Kt$$

აქედან

$$F_3 = F_3 e^{-kt}$$

განტოლება გამოსახავს დალექვის t დროის შემდეგ გაყოფის ზონაში დარჩენილი მსუბუქი ფრაქციის რაოდენობას. იგივე დროში კონცენტრატული ფრაქციის შრეში გადასული მსუბუქი ფრაქციის რაოდენობა

$$F_{\beta} = F_{\alpha} - F_{\gamma}$$

$$F_{\beta} = F_{\alpha} - F_{\alpha} e^{-kt}$$

დროის ერთეულში გადასული მსუბუქი ფრაქციის სიდიდე

$$F' = \frac{dF_{\beta}}{dt} = K F_{\alpha} e^{-kt}$$

შევიტანოთ F' მნიშვნელობა მივიღებთ

$$d\gamma_k = \frac{KF_{\alpha} e^{-kt}}{F_{\beta} - F_{\alpha}} dt$$

ამოსახულების ინტეგრირებით მივიღებთ

$$\gamma_{\beta} = \frac{F_{\alpha}}{F_{\beta} - F_{\alpha}} e^{-kt} + C$$

ინტეგრალის მუდმივა განვსაზღვროთ საწყისი პირობიდან $t=t_1$ ე.ი. დალექვის პროცესის დასაწყისში კონცენტრატის შრე არ არის წარმოქმნილი, $\gamma_{\beta}=0$

$$\text{მაშინ } e = - \frac{F_{\alpha}}{F_{\beta} - F_{\alpha}} e^{-kt_1}$$

ჩავსვათ C მნიშვნელობა და მივიღებთ კონცენტრატის ფრაქციის რაოდენობის საანგარიშო ფორმულას

$$\gamma_{\beta} = \frac{F_{\alpha}}{F_{\beta} - F_{\alpha}} (e^{-kt} - e^{-kt_1})$$

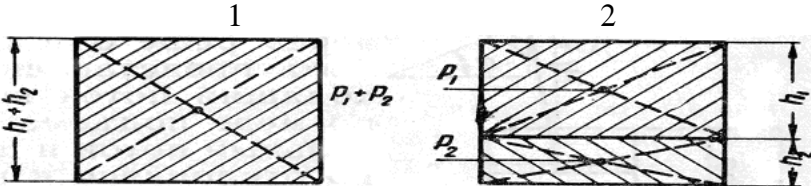
ანალოგიურად მიიღება მძიმე ფრაქციის საანგარიშო ფორმულა.

ამრიგად, როგორც ფორმულიდან ჩანს, დალექვის პროცესში წარმოქმნილი კონცენტრატის რაოდენობა დამოკიდებულია არა მარტო საწყის მასალაში

კონცენტრატული ფრაქციის რაოდენობაზე, არამედ აგრეთვე დალექვის პროცესის ხანგრძლივობაზე.

დალექვის ენერგეტიკული ჰიპოთეზა. დალექვის ენერგეტიკული ჰიპოთეზა ჩამოაყალიბა მაიერმა, რომლის მიხედვით დალექვის პროცესში მასალის ფრაქციებად დაყოფა განპირობებულია მარცვალთა პოტენციალური ენერგიების სხვადასხვაობით.

დავუშვათ, დასალექი მასალა შედგება P_1 წონის მსუბუქი და P_2 წონის მძიმე მინერალების ნარევისაგან. ნარევის საერთო სიმაღლე აღვნიშნოთ $h_1 + h_2$, h_1 და h_2 მსუბუქი და მძიმე ფრაქციათა შრეების სისქეა. (ნახ. 4.6)



ნახ. 4.6 დალექვის პროცესში მასალის განშრეების სქემა.

1- განშრეებაამდე 2- განშრეებული

დალექვის პროცესში წარმოებს მასალის განშრეება ფრაქციებად. განშრეებაამდე მასალის პოტენციალური ენერგია ტოლია

$$E_1 = (P_1 + P_2) \frac{h_1 + h_2}{2}$$

განშრეებული მასალის პოტენციალური ენერგია იქნება

$$E_2 = P_1 \frac{h_2}{2} + P_2 \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$$

განშრეებაამდე და განშრეების შემდეგ პოტენციალური ენერგიების სხვაობა განსაზღვრავს დაყოფის პროცესს

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 0,5 \cdot (p_2 h_1 - P_1 h_2)$$

მაიერის მიხედვით, რაც მეტია მინერალების სიმკვრივეებს შორის სხვაობა, მით მეტია პოტენციალური

ენერგიათა სხვაობა და უფრო ეფექტურია განშრეკება, განხილულ ჰიპოთეზებიდან პრაქტიკულად ყველაზე მეტი გავრცელება ჰპოვა სინქარულმა ჰიპოთეზამ, რომელიც სხვა ჰიპოთეზებთან შედარებით სრულყოფილად ასახავს დალექვის პროცესს.

5. კლასიფიკაცია

5.1. კლასიფიკაციის პროცესის არსი და მისი გამოყენების სფერო

გამყოფ გარემოში მინერალურ მარცვლათა სიმსხოს მიხედვით დაყოფის პროცესს კლასიფიკაცია ეწოდება. წიაღისეულთა გამდიდრების პრაქტიკაში გამყოფ გარემოდ გამოიყენება წყალი ან ჰაერი, შესაბამისად – კლასიფიკაცია შეიძლება იყოს ჰიდრაულიკური ან პნევმატიკური.

სითხეში მინერალურ მარცვალთა სიმსხოს მიხედვით დაყოფის პროცესს ჰიდრაულიკური კლასიფიკაცია ეწოდება, ხოლო ჰაერის გარემოში – პნევმატიკური.

ჰიდრაულიკური კლასიფიკაციის პროცესში მასალის სიმსხოს მიხედვით დაყოფა განხორციელებულია სითხეში მარცვალთა ვარდნის სინქარების სხვადასხვაობის საფუძველზე, ხოლო პნევმატიკური კლასიფიკაციის პროცესში კი – ჰაერის გარემოში.

კლასიფიკაცია, როგორც მინერალური ნედლეულის გადამუშავების ტექნოლოგიური პროცესი შეიძლება იყოს დამოუკიდებელი, მოსამზადებელი და დამხმარე.

კლასიფიკაცია დამოუკიდებელია, როდესაც დაყოფის პროდუქტები წარმოადგენენ საბოლოო სასაქონლო პროდუქტებს.

კლასიფიკაციის პროცესი მოსამზადებელია, როდესაც მასალის სიმსხოს მიხედვით მომზადება წარმოებს

გრავიტაციული, ფლოტაციური, ელექტრო მაგნიტური და სხვა გამდიდრების წინ.

კლასიფიკაცია დამხმარეა, როდესაც წარმოებს გამდიდრების პროდუქტების გაუწყლოება, ე. ი. წყლისა და მყარის განცალკევება.

საკლასიფიკაციო მასალის ზომა არ უნდა აღემატებოდეს მადნების შემთხვევაში 4-6 მმ, ხოლო ნახშირებისათვის 6-13 მმ.

კლასიფიკაციის პროცესში გამოყენებულ აპარატებს კლასიფიკატორები ეწოდება.

კლასიფიკაციის პროცესში ორი პროდუქტი გამოიყოფა: შედარებით მსხვილი ფრაქცია – სილები და წვრილი – გადანადენი.

მამდიდრებელ ფაბრიკებში გამოყენებული კლასიფიკატორები ამა თუ იმ ნიშნის მიხედვით შეგვიძლია დაგვით შეძლეგ ძირითად ჯგუფებად:

1. გამყოფი გარემოს სახეობის მიხედვით:

- ა. ჰიდრაულიკური
- ბ. პნევმატიკური

2. გამყოფი ველის სახეობის მიხედვით:

- ა. გრავიტაციული
- ბ. ცენტრიდანული

3. გამყოფი პროდუქტების განტვირთვის სახეობის მიხედვით:

- ა. თვითდინებადი
- ბ. მექანიკური

კლასიფიკატორების მუშაობა ხასიათდება; გაყოფის ეფექტურობით %; გადანადენში მზა კლასის (0.074 მმ) შემცველობით %; გადანადენში მყარის შემცველობით გრ/ლ; კუთრი წარმადობით მ³/სთ.მ²; და სხვა მაჩვენებლებით.

5.2 სელიმენტაცია

სელიმენტაცია (ლათ. დალექვა) – წმინდადისპერსიული მასალის სიმსხოს განსაზღვრის ანალიზის მეთოდია. სელიმენტაციური ანალიზისათვის გამოიყენება საბანინის ხელსაწყო (ნახ. 5.1)

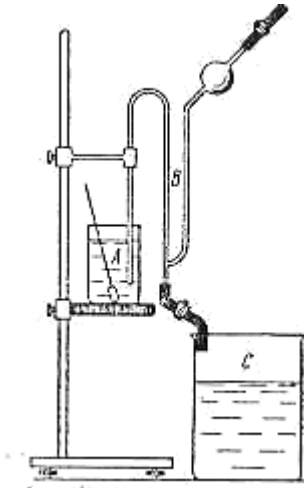
დაგრაღირებულ ჭურჭელში მოათავსებენ გამოსაკვლევ მასალას წყალთან ერთად განზავებით 1:10 ან 1:15, რომელშიც ჩაშვებულია სიფონი განსაზღვრულ სიმაღლეზე.

სტოქსის ფორმულით განისაზღვრება სხვადასხვა ზომის მარცვლების თავისუფალი ვარდნის სიჩქარეები

$$V_0 = 545d^2(\delta - 1)$$

შემდეგ თითოეული $d_1, d_2 \dots d_n$ ზომის მარცვლებისათვის გამოითვლება დალექვის ხანგრძლივობა.

$$t_1 = h/V_1, t_2 = h/V_2, t_3 = h/V_3.$$



ნახ. 5.1. საბანინის ხელსაწყო.

t_1, t_2, t_3 და ა. შ. განსაზღვრული დროის შემდეგ h სიღრმიდან გადმოსხმება პულპა, რომელიც ცალ-ცალკე გამოშრება, აიწონება და განისაზღვრება ცალკეული კლასის % რაოდენობა.

5.3. გრავიტაციული ველით გამყოფი ჰიდრაულიკური კლასიფიკატორები.

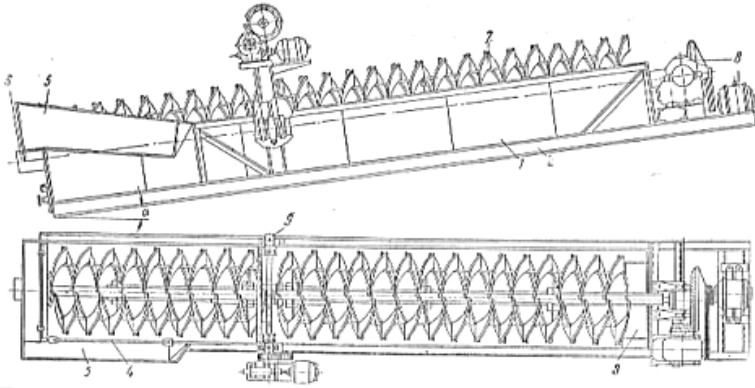
გრავიტაციული ველით გამყოფი ჰიდრაულიკური კლასიფიკატორები სილების განტვირთვის მიხედვით ორი სახისაა:

1. მექანიკური განტვირთვის (სპირალური, საფხეკებიანი, ფალიანი, ლარტყებიანი, ელევატორული (ბაგერ-ზუმფი), და რადიალური შემსქელებელი);

2. თვითდინებითი განტვირთვის სხვადასხვა კონსტრუქციის მექანიკური სალექარები (კონუსური, პირამიდალური, ერთკამერიანი და მრავალკამერიანი).

გრავიტაციული ველით გამყოფ ჰიდრაულიკურ კლასიფიკატორებში მინერალურ მარცვალთა სიმსხოს მიხედვით დაყოფა განხორციელებულია წყალში სიმძიმის ძალის მოქმედებით. მსხვილმარცვლოვანი მასალა (სილები) დაილექება, ხოლო ატივტივებული წვრილმარცვლოვანი მასალა ნაკადით გადაიტანება გადანადენში. გრავიტაციულ კლასიფიკატორებში დაყოფის ეფექტურობა მცირეა და შეადგენს 35-65 %. მრავალი კონსტრუქციის გრავიტაციული კლასიფიკატორებიდან საწარმოო მნიშვნელობა შეინარჩუნა სპირალურმა, კონუსურმა და მრავალკამერიანმა ჰიდრაულიკურმა კლასიფიკატორებმა, რომლებიც გამოირჩევა კონსტრუქციის სიმარტივით და დიდი წარმადობით. დანარჩენი ტიპის კლასიფიკატორები შემორჩენილია ძველ და არარეკონსტრირებულ მამდიდრებელ ფაბრიკებში.

სპირალური კლასიფიკატორი (სურ. 5.2) წარმოადგენს 12-18⁰ კუთხით დახრილ ნახევრად ცილინდრული ფორმის ვარცლს, რომლის ცენტრალურ ნაწილში მოთავსებულია ლილვი. მასზე დამაგრებულია რამდენიმე სექციისაგან შემდგარი სპირალი. მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს:



ნახ. 5.2. სპირალური კლასიფიკატორი 1-KCH

1—კლასიფიკატორის კორპუსი; 2—სპირალი; 3—სილების განმტვირთი ღარი; 4—გადანადენის ზღურბლი; 5—სპირალის ამწე მექანიზმი.

კლასიფიკატორს საკლასიფიკაციო მასალა წყალთან ერთად მიეწოდება მისი სიგრძის 1/3 ნაწილზე. სპირალის ბრუნვის შედეგად საკლასიფიკაციო ზონაში წარმოიქმნება აღმავალი ჭავლი, რომლის საშუალებით წარმოებს მასალის სიმსხოს მიხედვით დაყოფა. წვრილი მარცვლები, რომელთა შეზღუდული ვარდნის სიჩქარე ნაკლებია კლასიფიკატორში წარმოქმნილი აღმავალი ჭავლის სიჩქარეზე, ატივტივდება და კლასიფიკატორიდან გამოიყოფა გადანადენის სახით, ხოლო მძიმე მარცვლები, რომელთა შეზღუდული ვარდნის სიჩქარე მეტია კლასიფიკატორში წარმოქმნილი აღმავალი ჭავლის სიჩქარეზე, დაილექება კლასიფიკატორის ვარცლში და სპირალების ბრუნვის შედეგად გადაადგილდება ზედა განმტვირთი თავისკენ. სპირალური კლასიფიკატორები შეიძლება იყოს ერთი ან ორ სპირალიანი. სახეობის მიხედვით გამოყოფენ ჩაყვინთულ და ჩაუყვინთავ სპირალიან კლასიფიკატორებს. ჩაყვინთულ სპირალიანი კლასიფიკატორი გამოიყენება იმ შემთხვევაში, თუ საჭიროა, მიღებულ იქნას გადანადენი, წმინდა კლასის (-0.074 მმ) დიდი შემცველობით.

ჩაუყვინთავი სპირალიანი კლასიფიკატორები გამოიყენება უხეში კლასიფიკაციისათვის და გაუწყლოების პროცესში.

სპირალური კლასიფიკატორების მწარმოებლობა გადანადენის მიხედვით იანგარიშება შემდეგი ემპირიული ფორმულით:

$$\text{ჩაყვინთულ სპირალიანის } Q = mk_1k_2(75D^2 + 10D) \text{ ტ დღ}$$

ჩაუყვინთავ სპირალიანის

$$Q = mk_1k_2(94D^2 + 16D) \text{ ტ დღ}$$

სადაც

Q – გადანადენში გადასული მყარი მასალის წონითი რაოდენობაა m - სპირალების რიცხვია. $m = 1$ ან 2 -ს.

K_1 -საკლასიფიკაციო მასალის სიმკვრივის შემასწორებელი კოეფიციენტია

$$K_1 = 1 + 0.005(\delta - 2700)$$

K_2 – გადანადენში 0.074 მმ-ანი კლასის შემცველობის შემასწორებელი კოეფიციენტია

$$K_2 = 1.41 + 0.025(65 - \beta 74) \text{ ჩაუყვინთავ სპირალიანი}$$

კლასიფიკატორებისათვის, ხოლო ჩაყვინთულ სპირალიანი კლასიფიკატორებისათვის $K_2 = 0.054(101.8 - \beta 74)$

D —კლასიფიკატორის სპირალის დიამეტრია, მ;

$\beta 74$ —გადანადენში საანგარიშო კლასის (0.074 მმ)

შემცველობაა, %;

δ —საკლასიფიკაციო მასალის სიმკვრივეა, კგ/მ³

თუ ცნობილია გადანადენში გადასული მყარი მასალის წონითი რაოდენობა, შეგვიძლია ვიანგარიშოთ კლასიფიკატორის დიამეტრი.

– ჩაყვინთულისათვის:

$$D = \left[0,115 \sqrt{\frac{Q}{mk_1k_2}} - 0.07 \right] \text{ მ}$$

ჩაუყვინთავისათვის:

$$D = \left[0,103 \sqrt{\frac{Q}{mk_1k_2}} - 0,08 \right] \text{ მ}$$

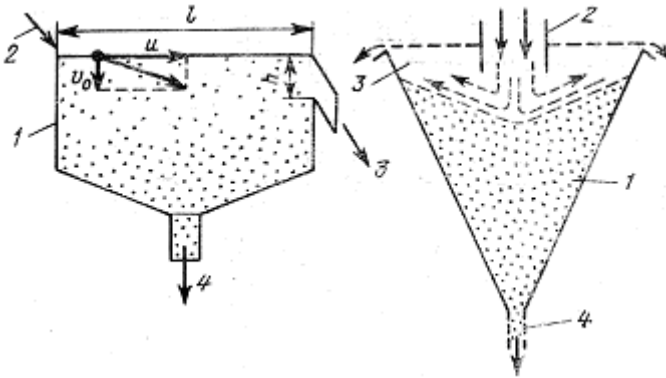
კლასიფიკატორის მწარმოებლობა სილების მიხედვით იანგარიშება ფორმულით

$$Q = 135 \text{ მნ } D^3 \text{ K1 ტ/დღ.}$$

სადაც

n - სპირალის ბრუნთა რიცხვია, ბრ/წთ.

მექანიკური სალექარები სხვადასხვა კონსტრუქციისაა, (ნახ. 5.3) მზადდება ერთი ან მრავალ სექციური.



ნახ.5.3 ჰორიზონტალურ ნაკადიანი ჰიდრავლიკური კლასიფიკატორების სქემა

1-კორპუსი; 2-კვება; 3-გადანადენი; 4-სილები.

აღნიშნული კონსტრუქციის კლასიფიკატორებში პულპის ნაკადი მოძრაობს ჰორიზონტალურად, რაც წარმოადგენს მათ საერთო თვისებას.

სალექარის სიგრძე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$L = \frac{Q}{B(V_0 - U)} \text{ მ}$$

სადაც Q - პულპის რაოდენობა, მ3/წმ;

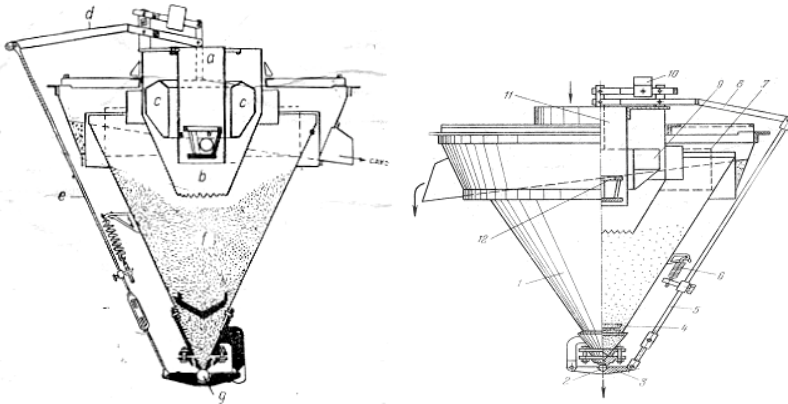
B - კლასიფიკატორის სიგანე, მ-ში;
 V_0 - მარცვლების ვარდნის სიჩქარე, მ/წმ;
 U - აღმავალი ნაკადის სიჩქარე, მ/წმ.

$$U = 0,0782 \frac{V}{H}$$

V - პულპის მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ.

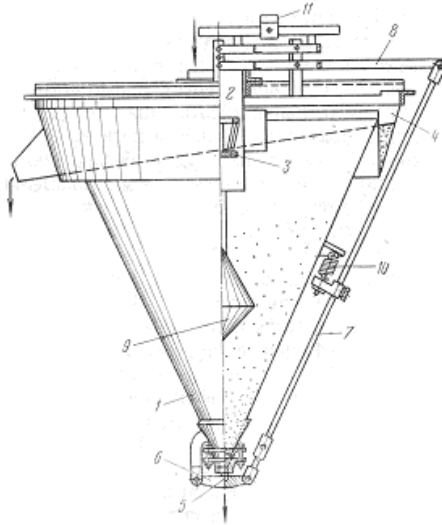
ნებისმიერი კონსტრუქციის სალექარები დაბალი ეფექტურობის გამო გამოიყენება მხოლოდ გაუწყლოებისა ან გაუშლამების პროცესში.

გრავიტაციული გამდიდრების პრაქტიკაში კლასიფიკაციის პროცესში აღნიშნული ტიპის კლასიფიკატორებიდან უფრო გავრცელებულია სილის $KK II$ (ნახ.5.4.) და შლამის $KK III$ (ნახ.5.5) ტიპის კონუსური კლასიფიკატორები



ნახ.5.4. კონუსური კლასიფიკატორი $KK II$

- 1-კორპუსი; 2-ბურთულას სარქველი; 3,5,8-დამჭიმი ბერკეტი;
 4-დიაფრაგმა; 6-ზამბარა; 7-რედუქციული რგოლი; 9-ტივტივა;
 10-საპირწონე; 11-ჩამტვირთი მილი; 12-გამანაწილებელი.



ნახ.5.5 შლამის კონუსური კლასიფიკატორი ККШ

1—კორპუსი; 2—ჩამტვირთი მილი; 3—გამანაწილებელი; 4—გადანადენის რგოლური ღარი; 5—ბურთულას სარქველი; 6,7,8—დამჭიმი ბერკეტი; 9—ტივტივა; 10—ზამბარა; 11—საპირწონე.

5.4 ცენტრიდანული ველით გამყოფი ჰიდრაულიკური კლასიფიკატორები

ცენტრიდანული ველით გამყოფ კლასიფიკატორებს მიეკუთვნება: ჰიდროციკლონები და ცენტრიფუგები, რომლებშიდაც გრავიტაციული აჩქარების ნაცვლად

წარმოიქმნება ცენტრიდანული აჩქარება $\frac{V^2}{R} = \omega^2 R$, რომლის

საშუალებით განსორციელებულია მინერალურ მარცვალთა სიმსხოს მიხედვით დაყოფა. ცენტრიდანული და გრავიტაციულ აჩქარებათა ფარდობას უწოდებენ დაყოფის ფაქტორს $F_{დ}$

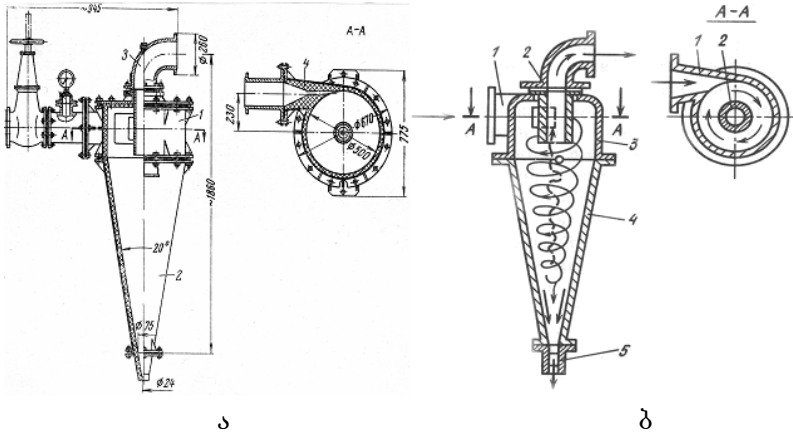
$$F_{დ} = \frac{V^2}{Rg} = \left(\frac{\pi R n}{30} \right)^2$$

ჰიდროციკლონი (ნახ.5.6.) შედგება ცილინდრული და კონუსური ნაწილისაგან.

ცილინდრულ ნაწილში ტანგენციალურად მიერთებულია მკვებავი მილი, რომელსაც პულპა მიეწოდება 0.03–0.25 მპა წნევით. პულპის მოძრაობის სიჩქარის გაზრდის მიზნით მკვებავი მილი შეერთების ადგილას შევიწროებულია. ცილინდრულ ნაწილში პულპა მოძრაობს რთულ ტრაექტორიაზე, ამ დროს წარმოქმნილი ცენტრიდანული ძალით განხორციელებულია მასალის სიმსხოს მიხედვით დაყოფა. მსხვილი მარცვლები, რომელთა მიერ განვითარებული ცენტრიდანული ძალა დიდია, გაიტყორცნება პერიფერიისაკენ და კონუსის ქვედა ნაწილიდან განიტვირთება. ხოლო წვრილი მარცვლები თავს იყრის ცენტრალურ ნაწილში და განიტვირთება გადანადენის მილყელიდან (ნახ.5.6. ბ) მამდიდრებელ ფაბრიკებში ჰიდროციკლონები გამოიყენება კლასიფიკაცია-დეშლამაცია-გაუწყლოებისათვის.

ჰიდროციკლონების ცილინდრული ნაწილის დიამეტრი და მიწოდებული პულპის წნევა დამოკიდებულია მის დანიშნულებაზე. დეშლამაცია-გაუწყლოებისათვის გამოიყენება ჰიდროციკლონები დიამეტრით 150 – 500 მმ, ხოლო მიწოდებული პულპის წნევა ცვალებადობს 0.15-დან 0.25 მპა.

კლასიფიკაციისათვის გამოიყენებულ ჰიდროციკლონებში მიწოდებული პულპის წნევა ცვალებადობს 0,03 –0.1 მპა-მდე, ხოლო ჰიდროციკლონის დიამეტრი 350-1000 მმ-დე.



ნახ.5.6. ა-ჰიდროციკლონის საერთო ხედი. ბ-მუშაობის სქემა.

ა) 1-ცილინდრული ნაწილი; 2-კონუსური ნაწილი; 3-გადანადენის მილყელი; ბ) 1-მკვებავი მილი; 2-გადანადენის მილყელი; 3,4-კორპუსი; 5-სილების ნაცმი.

ჰიდროციკლონების მოცულობითი მწარმოებლობა

$$V = 0.93 \cdot 10^4 K_a K_D K_v K_g \sqrt{10H} \text{ მ}^3/\text{სთ}$$

სადაც

K_D -ჰიდროციკლონის დიამეტრის შემასწორებელი კოეფიციენტია

როდესაც D 0.15; 0.25; 0.35; 0.5; 0.7; 1; 1.4; 2.

K_D 1.28; 1.14; 1.06; 1; 0.95; 0.91; 0.88; 0.86.

K_a -კონუსურობის შემასწორებელი კოეფიციენტია, როდესაც $\alpha=20^\circ$, $K_a=1$

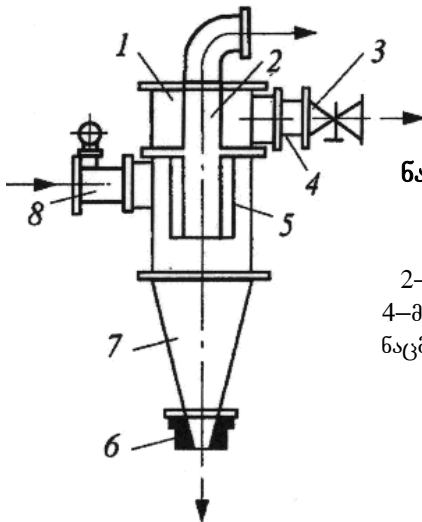
$d_{მკვ}$, $d_{გად}$ - მკვებავი და გადანადენი მილის დიამეტრია სმ-ში. $d_{მკვ}=(0.08 \div 0.25)$ D; $d_{გად}=(0.7 \div 0.4)$ D; $d_{სილ}=(0.15 \div 0.8)$

$d_{გად}$

g -თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაა $g = 9,81 \text{ მ/წმ}^2$

H -მიწოდებული პულპის წნევაა მ.პა

გამამდიდრებელ ფაბრიკებში გამოყენებული ჰიდროციკლონები რამდენიმე სახისაა: ორპროდუქტიანი, სამპროდუქტიანი, შეწყვილებული, ცილინდრულ-კონუსური ჰიდროციკლონები და ტურბო ციკლონები.(ნახ. 5.7.)



ნახ. 5.7. სამპროდუქტიანი ჰიდროციკლონი

- 1—ცილინდრული ნაწილი;
- 2—გადანადენის ნაცმი; 3—ქურო;
- 4—მილი; 5—შუალედური ფრაქციის ნაცმი; 6—სილის ნაცმი; 7—კონუსი;
- 8—მკვებავი მილყელი.

გამამდიდრებელ ფაბრიკებში ძირითადად გამოიყენება ორპროდუქტიანი ჰიდროციკლონები კონუსურობის კუთხით $\alpha = 10 - 140^\circ$. ასეთი ჰიდროციკლონები იდგმება როგორც ცალკე, ასევე ბატარეის სახით.

ჰიდროციკლონების ბატარეა გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც მიწოდებული პულპის დებიტი დიდია.

ბატარეაში ჰიდროციკლონები შეიძლება ჩართული იყოს, როგორც მიმდევრობით, ისე პარალელურად. პარალელურად ჩართვის დროს წრიულად განლაგებულ ჰიდროციკლონებს პულპა მიეწოდება ერთი საერთო გამანაწილებელი მილის საშუალებით. ამ შემთხვევაში თითოეული ჰიდროციკლონის დიამეტრი ტოლია და პულპა მიეწოდება ერთნაირი წნევით.

როცა საჭიროა მოიღებულ იქნას სუფთა გადანადენი, აწარმოებენ ჰიდროციკლონების მიმდევრობით ჩართვას. ასეთი ჩართვის დროს პირველი საფეხურის ჰიდროციკლონისაგან

მიღებული გადანადენი მიეწოდება უფრო მცირე დიამეტრის მეორე ჰიდროციკლონს.

ჰიდროციკლონის გადანადენში გადასული მარცვლის ნომინალური ზომა

$$d_6 = 15 \sqrt{\frac{D d_3 \beta}{K D d_1 \sqrt{H} (\delta - 1)}}$$

სადაც

D – ჰიდროციკლონის დიამეტრია, მ,

d_1, d_3 – სიღებისა და გადანადენის ნაცმის

დიამეტრი, მ,

β – მყარის შემცველობა კვებაში, %,

δ – მყარის სიმკვრივე, ტ/მ³.

ჰიდროციკლონის ცილინდრული ნაწილის დიამეტრი

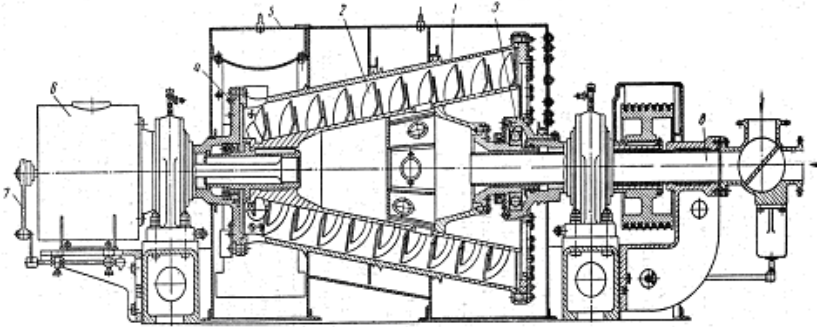
$$D = \frac{0,01 \left(\frac{d_{\text{ბოლ}}}{d_{\text{ბად}}} \right) \sqrt{H_u} (\rho - \rho) (d_{3,6})^2}{T_u}$$

სადაც d_1, d_3 – ჰიდროციკლონის სიღებში და გადანადენში ნომინალური მარცვლის ზომათა ფარდობა აიღება 0,3–0,6-ის ტოლი.

ცენტრიფუგები (ნახ. 5.8) ფართოდ გამოიყენება გამამდიდრებელ ფაბრიკებში მასალის კლასიფიკაცია – გაუწყლობისათვის. იგი შედგება კონუსური ფორმის მქონე როტორისაგან, რომლის შიგნითაც მოთავსებულია შნეკი. როტორი და შნეკი ბრუნავს ერთი და იგივე მიმართულებით, მაგრამ ბრუნვის სიჩქარე რამდენადმე ჩამორჩება როტორის ბრუნვის სიჩქარეს. როტორის ღრუ კონუსურ ნაწილში მოთავსებულია წრიული ფანჯრები. საკვალიფიკაციო პულპა ცენტრიფუგას მიეწოდება ცენტრალური მილის საშუალებით.

როტორის მიერ განვითარებული ცენტრიდანული ძალის საშუალებით პულპა გაიტყორცნება პერიფერიისაკენ. როტორის

შიგა ზედაპირზე დალეკილი მასალა შნეკის საშუალებით განიტვირთება სპეციალური ფანჯრიდან.



ნახ.5.8. დამლეკი ცენტრიფუგა.

- 1-კონუსური როტორი; 2-შნეკი; 3,4-პოჭოჭიკი; 5-კორპუსი;
6-პლანეტარული რელექტორი; 7-მკვებავი მილი.

კლასიფიკაციის პროცესის ეფექტურობა შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ფორმულით

$$E = \frac{10000(\beta - \alpha)(\alpha - \theta)}{\alpha(100 - \alpha)(\beta - \theta)}\%$$

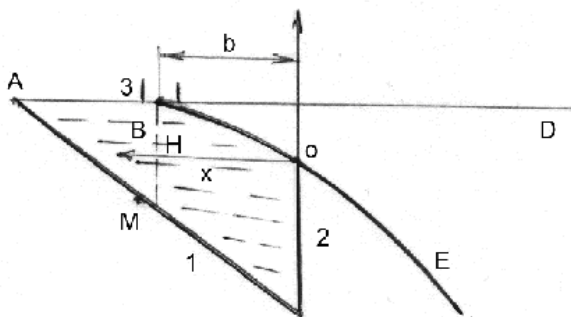
სადაც α, β და θ - საანგარიშო კლასის (-74 მკმ) შეცველობაა საწყის მასალაში, გადანადენში და სილებში.

მექანიკური კლასიფიკატორების ეფექტურობა საშუალოდ 43÷45%-ია.

5.5. კლასიფიკატორის გადანადენში მასალის სიმსხოს განსაზღვრა

კლასიფიკატორში მასალის სიმსხოს მიხედვით დაყოფის პროცესი შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით (ნახ.5.9.). მასალა B წერტილიდან O-საკენ მოძრაობს, ჰორიზონტალური და ასევე ვერტიკალური ცვალებადი სიდიდის სიჩქარით, რაც განპირობებულია სითხის დაწნევით. ამ ორი სიჩქარის ტოლქმედი მიმართულია ჰორიზონტისადმი

განსაზღვრული კუთხით. მარცვლები, რომელთა ზომა რამდენიმე მიკრონს არ აღემატება, არ იძირება პულპაში და მოძრაობენ პულპის სარკისებური ზედაპირის AD სიანლოვეს BOE ტრაექტორიით. დიდი ზომის მარცვლები სწრაფად იძირება პულპაში MB ტრაექტორიით. შუალედი ზომის მარცვლების მოძრაობის ტრაექტორია გამოისახება BO მრუდით, რომელიც პულპას ყოფს ორ ნაწილად, მარცვლები, რომელთა მოძრაობის ტრაექტორია მოთავსებულია BO მრუდის ზემოთ, გადადიან გადანადენში, ხოლო მარცვლები, რომელთა მოძრაობის ტრაექტორია მოთავსებულია BO-ს ქვემოთ, ილექება კლასიფიკატორში და წარმოადგენს სილის ფრაქციას.



ნახ.5.9 კლასიფიკატორიდან პულპის გადანადენის სქემა.

- 1- კლასიფიკატორის ვარცლი, 2- გადანადენის ზღურბლი,
3- პულპის მიმწოდებელი მილი.

გადანადენში მარცვლის სიმსხოს განსაზღვრისათვის საჭიროა შემოვიღოთ შემდეგი დაშვებები:

1) მასალის მოძრაობის კორიზონტალური სიჩქარე გავუტოლოთ პულპის მოძრაობის კორიზონტალურ სიჩქარეს.

2) მარცვლის მოძრაობის ვერტიკალური სიჩქარე მივიღოთ ტოლი ამავე მარცვლების შეზღუდული ვარდნის სიჩქარისა, რომელიც დამოკიდებულია მარცვლების ზომაზე და მყარის პროცენტულ შემცველობაზე. გაანგარიშება წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით:

1) განისაზღვრება პულპის ხვედრითი დებიტი

$$q = \frac{V}{B}$$

V – პულპის დებიტია, მ³/წმ;

B – კლასიფიკატორის სიგანეა, მ.

2) გამოითვლება პულპის ნაკადის ჰორიზონტალური სიჩქარე

$$V = \frac{q}{0,85H}$$

3) იანგარიშება კლასიფიკატორში სითხის დაწნევა.

$$H = 0,6 \sqrt[3]{q^2}$$

4) განისაზღვრება დრო, რომელიც საჭიროა მასალის B-დან 0-მდე გადაადგილებისათვის

$$t = \frac{b}{V}$$

5) განსაზღვრული t დრო გაუტოლდება იმ დროს, რომელიც საჭიროა მასალის B –დან 0-მდე ჩაძირვისათვის და შესაბამისად განისაზღვრება შეზღუდული ვარდნის სიჩქარე

$$\omega_{\text{შეზ}} = \frac{H}{t}$$

6) შეზღუდული ვარდნის სიჩქარის მიხედვით განისაზღვრება თავისუფალი ვარდნის სიჩქარე

$$\omega_{\text{შეზ}} = \omega_{\text{შეზ}} - \left(1 - \frac{T}{T_{\text{კუბ}}}\right)$$

$$\omega_{\text{თავ}} = \frac{\omega_{\text{შეზ}}}{1 - \frac{T}{T_{\text{კუბ}}}}$$

T – მყარის პროცენტული შემცველობაა პულპაში.

T_{კუბ} – მყარის ზღვრული პროცენტული შემცველობაა პულპის კუბური ფორმის ნაწილში.

$$T_{კუბ} = \frac{100 \delta}{(\delta - 1) + \frac{6}{\pi}}$$

δ- მყარი მასალის სიმკვრივეა ტ/მ³

კლასიფიკატორის გადანადენში გადასული მყარი მასალის სიმსხო განისაზღვრება ფორმულით:

$$d = \sqrt{\frac{\omega_{თავ}}{5450 (\delta - 1)}}$$

5.6. პნევმატიკური კლასიფიკაცია

ჰაერის გარემოში მინერალურ მარცვალთა სიმსხოს მიხედვით დაყოფას, პნევმატიკური კლასიფიკაცია ანუ ასპირაცია ეწოდება.

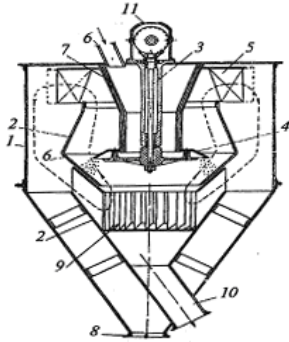
პნევმატიკური კლასიფიკაცია გამოიყენება არატენტევადი წიაღისეულის მშრალი წესით გამდიდრების დროს, ან როდესაც წიაღისეული უნდა გამდიდრდეს მხოლოდ მშრალი წესით, რადგან დასველება ცვლის მინერალების ფიზიკო-ქიმიურ თვისებებს.

პნევმატიკური კლასიფიკაციის პროცესში მინერალების სიმსხოს მიხედვით დაყოფა განხორციელებულია გრავიტაციულ ან ცენტრიდანული ველით.

გრავიტაციული ველით დამყოფი კლასიფიკატორები მუშაობენ ჰაერის ნაკადის მიწოდების ჰორიზონტალური, ვერტიკალური და კომბინირებული პრინციპით.

ცენტრიდანული კლასიფიკატორის (ნახ. 5.10.) კორპუსის (1) ცილინდრული ნაწილი ბოლოვდება კონუსური კამერით (8), საიდანაც განიტვირთება მტკვერი.

ნახ. 5.10. ცენტრიდანული კლასიფიკატორი.



1,2 – გარე და შიგა კორპუსი;
3–ლილვი; 4–დისკო; 5-
ვენტილიატორის ბორბალი; 6–მიმღები
ლარი; 7–მიმღები ძაბრი; 8–მტკერის
განმტვირთი ხვრელი; 9-ჟალუზი; 10-
კლასიფიცირებული მასალის
განმტვირთი ხვრელი; 11–ამძრავი.

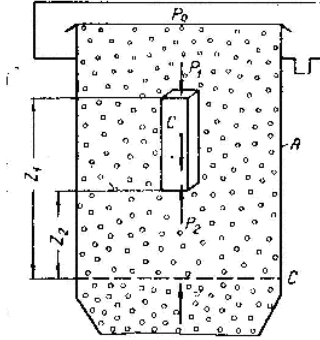
კორპუსის შინით მოთავსებულია ორმაგი კონუსური კამერა (2). კორპუსის ზედა ნაწილში ჰაერის ნაკადის წარმოსაქმნელად დამონტაჟებულია ვენტილატორის მუშა თვალი (5), კონუსური კამერის შიგნით დამონტაჟებულია ლილვი (3), რომელზედაც დამაგრებულია დისკო (4). საკლასიფიკაციო მასალა ლარის (6) და ძაბრის (7) საშუალებით მიეწოდება მბრუნავ დისკოს. მასალა ცენტრიდანული ძალით გაიტყორცნება პერიფერიაზე. მსხვილმარცვლოვანი მასალა კორპუსზე დაჯახების შემდეგ ჩაცურდება განმტვირთ კამერაში (10), ხოლო წვრილმარცვლოვანი მასალა, რომელთა ვარდნის სიჩქარე ნაკლებია ჰაერის აღმავალი ჭავლის სიჩქარეზე, წარიტაცება ჰაერის ნაკადის მიერ და განიტვირთება მტკერის სახით.

6. მძიმე გარემოში გამდიდრება

6.1. მძიმე გარემოში გამდიდრების არსი და გამოყენების სფერო

მძიმე გარემოში მინერალურ მარცვალთა სიმკვრივეების მიხედვით ფრაქციებად დაყოფის პროცესს – მძიმე გარემოში გამდიდრება ეწოდება. თუ სხვადასხვა სიმკვრივის მარცვალთა ნარევეს მოვათავსებთ გარემოში, რომლის სიმკვრივეს უკავია შუალედი მდგომარეობა მსუბუქ და მძიმე მინერალთა შორის, მაშინ იწარმოებს მოცემული ნარევის დაყოფა შემადგენელ კომპონენტებად, მინერალები, რომელთა კუთრი წონა აღემატება მძიმე გარემოს სიმკვრივეს, ჩაიძირება, ხოლო უფრო მსუბუქი – ატივტივდება. მძიმე გარემოდ გამოყენებულია: ერთგვაროვანი ორგანული სითხეები, მძიმე ლითონის მარილთა წყალხსნარები და მძიმე სუსპენზიები.

დამამძიმებლის მოცულობითი კონცენტრაცია სუსპენზიაში არ უნდა აღემატებოდეს 40-42%-ს. მეტი კონცენტრაციის შემთხვევაში სუსპენზიის სიბლანტე მკვეთრად მატულობს და ტექნოლოგიური პროცესებისათვის გამოუსადეგარი ხდება. სუსპენზიაში შეიძლება გავამდიდროთ მხოლოდ მსხვილმარცვლოვანი მასალა. მადნების–5-მმ-ზე უფრო მსხვილი კლასი, ნახშირები–10 მმ-ზე უფრო მსხვილი კლასი, ცენტრიდანული ველის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს, შევამციროთ გასამდიდრებელი მასალის ქვედა ზღვარი. მძიმე სუსპენზიაში მინერალთა დაყოფის არსი განისაზღვრება სითხის ჰიდროდინამიკური წონასწორობის პირობიდან (ნახ.6.1.)



ნახ. 6.1. სითხეში მყარი სხეულის ჰიდროდინამიკური წონასწორობა

დავუშვათ, მიღს ქვემოდან ეწოდება სითხე V სიჩქარით, თუ აღმავალი ნაკადის V სიჩქარე მეტია სითხეში მოთავსებული მყარი მარცვლების ვარდნის სიჩქარეზე, ამ შემთხვევაში მყარი ნაწილაკები იქნებიან შეტივტივებულ მდგომარეობაში. მყარი მასალის დიდი მოცულობითი კონცენტრაციის დროს შეგვიძლია მივიღოთ, რომ სითხე ერთგვაროვანია და მარცვლებიც მოძრაობენ იგივე V სიჩქარით. ერთგვაროვანი სითხეებისათვის სამართლიანია ბერნულის განტოლება.

$$\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2g} = const$$

სადაც $\frac{P}{\gamma}$ - ნაკადის პიეზომეტრული სიმაღლეა. გამოსახავს

გარკვეული სიმაღლის ნაკადის დაწნევის ძალას;

Z - z . სიმაღლეზე მყოფი სხეულის პოტენციალური ენერგიაა;

$\frac{V^2}{2g}$ - V სიჩქარით მოძრავი ნაკადის კინეტიკური

ენერგიაა.

თუ მივიღებთ, რომ ნაკადის მოძრაობის სიჩქარე მუდმივია $V = \text{const}$, მაშინ გამოსახულება $\frac{V^2}{2g} = \text{const}$ და

$$\text{შესაბამისად } \frac{P}{\gamma} + Z = \text{const}$$

ამრიგად, მუდმივი სიჩქარის მქონე დამყარებული ნაკადის დინამიური წონასწორობა ტოლფასოვანია მშვიდი არის დინამიური წონასწორობისა.

სუსპენზიის მოცულობაში პირობითად გამოვყოთ ერთეულოვანი ფართის მქონე პრიზმა, რომლის განივი კვეთი $F=1$; გამოყოფილ პრიზმაზე ყოველი მხრიდან მოქმედებს სითხის წნევა. ძალები, რომლებიც მოქმედებენ პრიზმის ღერძის პერპენდიკულარულად, ერთმანეთს აბათილებს. პრიზმის მოძრაობა განპირობებულია 1 და 2 ძალების ტოლქმედით, რომელიც მათი სხვაობის ტოლია. რადგანაც სითხე წარმოადგენს დამყარებულ ნაკადს, შეგვიძლია დავწეროთ

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \text{const}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 = \text{const}$$

$$\text{ამრიგად } \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2$$

$$\text{აქედან } P_2 - P_1 = \gamma (Z_1 - Z_2) = \gamma \cdot h$$

h – პრიზმის სიმაღლეა.

როგორც ვიცით, პრიზმის წონა $G = \gamma \cdot F \cdot h = \gamma h$

ამრიგად, პრიზმაზე მოქმედი ტოლქმედი ძალის მნიშვნელობა პრიზმის წონის ტოლია. ეს უკანასკნელი სამართლიანია დამყარებული ნაკადისათვის. თუ პრიზმაში მოვათავსებთ მყარ სხეულს, რომლის სიმკვრივე ტოლია სუსპენზიის სიმკვრივისა, სხეული იქნება შეტივტივებულ

მდგომარეობაში თუ სხეულის სიმკვრივე $\gamma_1 > \gamma_{\text{სუსკ}}$. ამ შემთხვევაში სხეულის წონა $h(\gamma_1 - \gamma)$ სიდიდით მეტია ტოლქმედი ძალის სიდიდეზე და სხეული იწეებს ჩაძირვას სითხეში, ხოლო, თუ სხეულის სიმკვრივე ნაკლებია სუსპენზიის სიმკვრივეზე, ატივტივდება.

მინერალურ სუსპენზიაში წიაღისეულთა გამდიდრება ხასიათდება მაღალი ეფექტურობით, რაც განპირობებულია იმით, რომ მძიმე გარემოში არქიმედეს კანონის თანახმად ჩაძირული სხეულის წონის დანაკარგი მეტია, ვიდრე წყლის გარემოში, ხოლო ვარდნილი სხეულის სიმძიმის ძალის აჩქარება მცირეა. მძიმე გარემოში გამდიდრების პროცესში გამოყენებულ მოწყობილობას სუსპენზიური სეპარატორი ეწოდება.

6.2 სუსპენზიური სეპარატორები

წიაღისეულთა მძიმე გარემოში გამდიდრების პროცესში გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის სუსპენზიური სეპარატორები.

სუსპენზიური სეპარატორები კონსტრუქციული ნიშნის მიხედვით იყოფა რამდენიმე ჯგუფად.

1. სეპარატორის მდგომარეობის მიხედვით: მოძრავი, უძრავი.

2. აბაზანის ფორმის მიხედვით: პირამიდალური, დოლური, კონუსური, ვარცლისებური.

3. მძიმე ფრაქციის განმტვირთი მოწყობილობის სახეობის მიხედვით: ერლიფტური, შნეკური, ელევატორის თვლიანი.

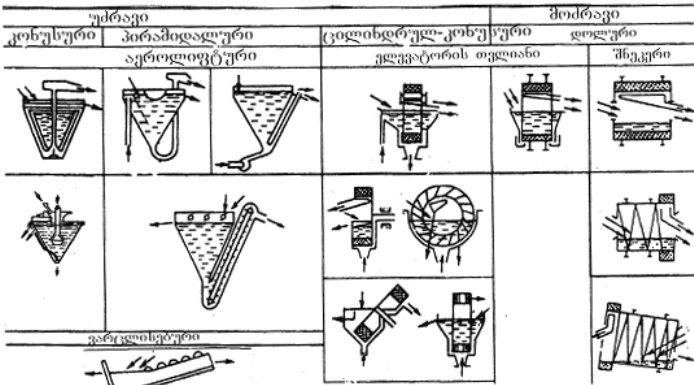
4. აბაზანაში სუსპენზიის მოწოდების მიმართულებით: ჰორიზონტალური, ვერტიკალური, და კომბინირებული მიწოდების.

5. გამოყოფილი პროდუქტის რაოდენობის მიხედვით: სამ პროდუქტიანი და ორპროდუქტიანი.

6. მინერალურ მარცვალთა გამყოფი ველის მიხედვით: ცენტრიდანული და გრავიტაციული.

სუსპენზიური სეპარატორების კლასიფიკაცია და სქემატური ნახაზები მოცემულია ნახ. 6.2.

გრავიტაციული ველით გამყოფ სუსპენზიურ სეპარატორებში გასამდიდრებელი მასალის მაქსიმალური ზომა ნახშირებისათვის 300 მმ-ია, ხოლო მადნებისათვის—150. ქვედა ზღვარი ნახშირებისათვის 6-10 მმ-ია, ხოლო მადნებისათვის—3-5 მმ. ნახშირებისა და მადნების წვრილი კლასის გასამდიდრებლად გამოიყენება ცენტრიდანული ველით გამყოფი სუსპენზიური სეპარატორები —ჰიდროციკლონები და ცენტრიფუგები.

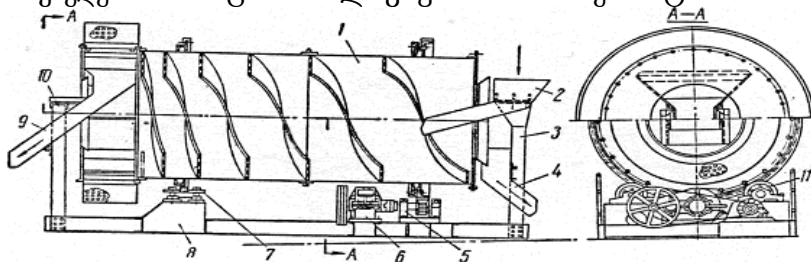


ნახ. 6.2. სუსპენზიური სეპარატორების კლასიფიკაცია

დოლური სუსპენზიური სეპარატორები ორი სახისაა: სპირალური სეპარატორი CBC ტიპის (ნახ. 6.3.) და დოლური სეპარატორი ელექტორული განტვირთვით СБЭ ტიპის. (ნახ. 6.4.)

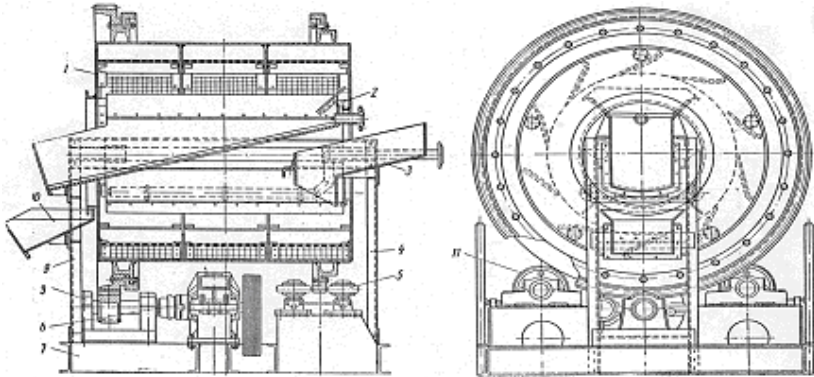
СБС გამოიყენება ფერადი, შავი და არალითონური მადნების გამდიდრებისათვის: შედგება დოლისაგან (1), რომელიც დამონტაჟებულია საყრდენ გორგოლაჭებზე (7, 11). დოლის შიგნით დამონტაჟებულია სპირალი, რომლის საშუალებითაც წარმოებს მძიმე ფრაქციის გადაადგილება.

გასამდიდრებელი მასალა სეპარატორს მიეწოდება ჩამტვირთი ლარიდან (2). მსუბუქი ფრაქცია სეპარატორიდან განიტვირთება გადანადენის სახით ლარიდან (4). მძიმე ფრაქცია ელევატორის საშუალებით განიტვირთება ლარიდან (9). დოლი ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას. ამძრავი მექანიზმის საშუალებით. სეპარატორის მოქმედების პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: გასამდიდრებელი მასალა სუსპენზიასთან ერთად მიეწოდება სეპარატორს ჩამტვირთი ლარის საშუალებით. მინერალები, რომელთა კუთრი წონაც აღემატება სუსპენზიის კუთრი წონას, ჩაიძირება, ხოლო მინერალები, რომელთა კუთრი წონაც მცირეა სუსპენზიის კუთრი წონაზე, ატივტივდება და განიტვირთება გადანადენის სახით ლარიდან. ჩაძირული მძიმე ფრაქცია დოლის შიგა ზედაპირზე დამონტაჟებული სპირალების საშუალებით გადაადგილდება ელევატორამდე, რომლის საშუალებით განიტვირთება ლარიდან. ცეფ ტიპის დოლური სეპარატორის მოქმედების პრინციპი ანალოგიურია ცსც სეპარატორისა.



ნახ. 6.3. დოლური სუსპენზიური სეპარატორი ცსც

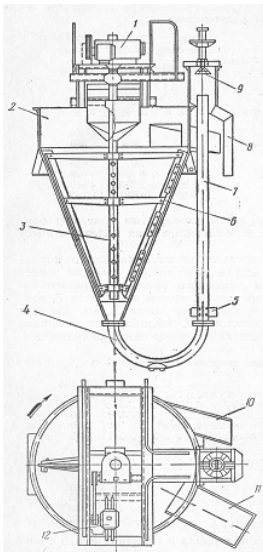
1. დოლი; 2. ჩამტვირთი ლარი; 3, 10 – საყრდენი;
4. მსუბუქი ფრაქციის განმტვირთი ლარი; 5. კბილანა;
6. ამძრავი; 7. საყრდენი გორგოლაჭი.



ნახ. 6.4 დოლური სუსპენზიური სეპარატორი ცფთ

1. დოლი; 2. მძიმე ფრაქციის განმტვირთი ღარი; 3. ჩამტვირთი ღარი; 4,9. საყრდენები; 5,11 საყრდენი გორგოლაჭები; 6. ამძრავი; 7. სადგარი; 8. კბილანები; 10. მსუბუქი ფრაქციის განმტვირთი ღარი.

კონუსური სეპარატორი CK-3 . გამოიყენება ლითონური და არალითონური მადნების გასამდიდრებლად. (ნახ. 6.5.)



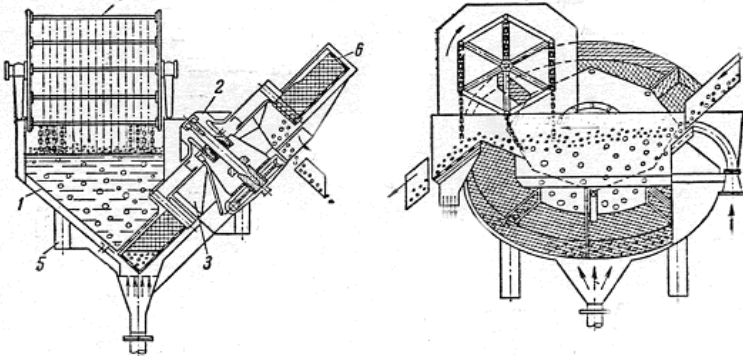
ნახ. 6.5 კონუსური სეპარატორი CK-3

- 1-რედუქტორი; 2-კორპუსი; 3-ღრუ ლილვი; 4- მუხლა ლილვი; 5-ფრქვევანა; 6-ამრევი; 7- ერლიფტის მილი; 8-ერლიფტის განმტვირთი კამერა; 9-ამრეკლი ფარი; 10-მსუბუქი ფრაქციის განმტვირთი ღარი; 11-მასალის ჩამტვირთი ღარი; 12-ამძრავი.

სეპარატორის კორპუსი (2) შედგება ცილინდრული და კონუსური ნაწილისაგან. სეპარატორის ცილინდრულ ნაწილში მიეწოდება გასამდიდრებელი მასალა. კონუსურ ნაწილში დამონტაჟებულია

სუსპენზიის ამრევი მექანიზმი (6), რომელიც ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას ამძრავი მექანიზმის (12) საშუალებით. სეპარატორიდან მძიმე ფრაქცია განიტვირთება (7)ერლიფტით. ერლიფტი სეპარატორთან დაკავშირებულია მუხლა მილის (4) საშუალებით. ერლიფტი წარმოადგენს ვერტიკალურ მილს (7), რომლის ქვედა ბოლოში დამონტაჟებულია მფრქვევანა (5), რომელსაც მიეწოდება შეკუმშული ჰაერი.

ელევატორის თვლიანი სეპარატორი (ნახ. 6.6.) CK ტიპის გამოიყენება ქვანახშირის გასამდიდრებლად. სეპარატორი შედგება პირამიდალური კორპუსისაგან (1), რომელიც დამონტაჟებულია საყრდენებზე. სეპარატორიდან მძიმე ფრაქციის განტვირთვა განხორციელებულია ელევატორული თვალის (3) საშუალებით. მსუბუქი ფრაქცია გამოიყოფა გადანადნის სახით.



ნახ. 6.6 ელევატორის თვლიანი სეპარატორი CK-1

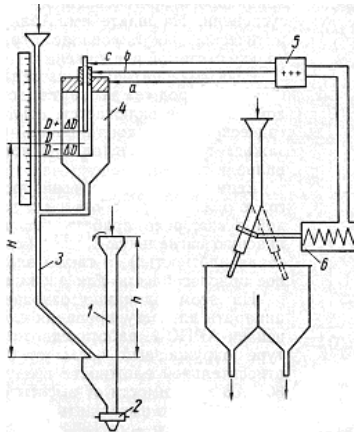
- 1- აბაზანა; 2- თვალის ამძრავი; 3- ელევატორის თვალი;
4- მსუბუქი ფრაქციის განმტვირთი მოწყობილობა.

6.3. სუსპენზიის სიმკვრივის ავტომატური რეგულატორი

სასარგებლო წიაღისეულთა მძიმე გარემოში გამდიდრების ეფექტურობა ძირითადად დამოკიდებულია

სუსპენზიის სიმკვრივის მუდმივობაზე, სუსპენზიის სიმკვრივის კონტროლი და რეგულირება განხორციელებულია სხვადასხვა მეთოდით: 1. სუსპენზიის განუწყვეტელი აწონით, 2. არემეტრიული მეთოდით, 3. ჰიდროსტატიკური მეთოდით, 4. პიეზომეტრული მეთოდით, 5. ელ. მაგნიტური ხერხით, 6. რადიოიზოტოპული გამოსხივებით.

სუსპენზიის სიმკვრივის ავტომატური რეგულატორი (ნახ. 6.7.) შედგება დენსიმეტრისაგან (1), რომელსაც ბოლო ნაწილში უკეთდება ნაცმი (2) მანომეტრისაგან (3), დეტექტორული მილაკისაგან (4), ელექტროგადამწოდისაგან (5) და ელექტრომაგნიტური სისტემისაგან (6).



ნახ.6.7. სიმკვრივის ავტომატური რეგულატორის სქემა

სუსპენზიის სიმკვრივის ავტომატური რეგულირების მოქმედების პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს. სუსპენზიურ სეპარატორიდან მუშა სუსპენზიის ნაწილი განუწყვეტლივ მიეწოდება ცილინდრულ ჭურჭელს (1), ცილინდრულ ჭურჭელს უკავშირდება მანომეტრის მილი, რომელშიდაც

განუწყვეტლივ მიეწოდება სუფთა წყალი სიმკვრივით 1000 კგ/მ³.

დენსიმეტრში სუსპენზიისა და წყლის სვეტი გაწონასწორებულია ნახაზზე ნაჩვენები H –ის მნიშვნელობის დროს. აღნიშნულ მდგომარეობაში წრედი შეკრულია გადამწოდის a და b კონტაქტებს შორის. ასეთ შემთხვევაში ანთებულია თეთრი ნათურა, რაც მაჩვენებელია, რომ სუსპენზია კონდიციურია, ხოლო როდესაც მანომეტრის ჩვენება D+ΔD გადამწოდის abc კონტაქტები ჩაირთვება და აინთება წითელი ნათურა, ეს მაჩვენებელია, რომ სუსპენზიის სიმკვრივე კონდიციურ მნიშვნელობას აღემატება. ასეთ შემთხვევაში ჩაირთვება ელ. მაგნიტური სისტემა (6) და წყალი მიეწოდება სუსპენზიის ავზს, ხოლო როდესაც მანომეტრის ჩვენება არის D-ΔD, ასეთ შემთხვევაში გაითიშება abc კონტაქტები და აინთება მწვანე ნათურა, ე.ი. სუსპენზიის სიმკვრივე კონდიციურზე მცირეა. აღნიშნულ შემთხვევაში ემატება კონდიციური სუსპენზია.

6.4. სუსპენზიის რეგენერაცია

განშრეების პროცესში სუსპენზია ნაგვიანდება გასამდიდრებელი მასალის წვრილმარცვლოვანი ფრაქციით, რაც იწვევს სიბლანტიის გაზრდას და დაყოფის ეფექტურობის შემცირებას.

აგრეთვე განშრეების პროცესში სუსპენზიის გარკვეული რაოდენობა მიჰყვება მძიმე და მსუბუქ ფრაქციას.

სუსპენზიის თვისებების შენარჩუნებისა და სუსპენზიის ხარჯის შემცირების მიზნით აწარმოებენ სუსპენზიის აღდგენას –რეგენერაციას.

სუსპენზიის რეგენერაცია ითვალისწინებს სუსპენზიოდის გამოყოფას გამდიდრების პროდუქტებიდან.

გამდიდრების პროცესში სუსპენზიის რეგენერაცია წარმოადგენს ყველაზე საპასუხისმგებლო და რთულ ოპერაციას.

განზავებულ და მუშა სუსპენზიიდან დამამძიმებლის გამოყოფა წარმოებს რამდენიმე მეთოდით, რაც დამოკიდებულია დამამძიმებლის ფიზიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. სუსპენზიის რეგენერაცია შეიძლება განვახორციელოთ მაგნიტური მეთოდით (მაგნიტური თვისებების მქონე დამამძიმებლის გამოყენებისას), ჰიდრაულიკური კლასიფიკაციით და ფლოტაციური მეთოდით.

ზემოთ ჩამოთვლილი ერთი რომელიმე მეთოდით გამოყოფილ დამამძიმებელს საჭირო რაოდენობის წყალს ურევენ იმ ანგარიშით, რომ მიიღონ მოცემული სიმკვრივის სუსპენზია. ამის შემდეგ მომზადებულ სუსპენზიას უმატებენ მუშა სუსპენზიას, რომელიც ცირკულირებს პროცესში.

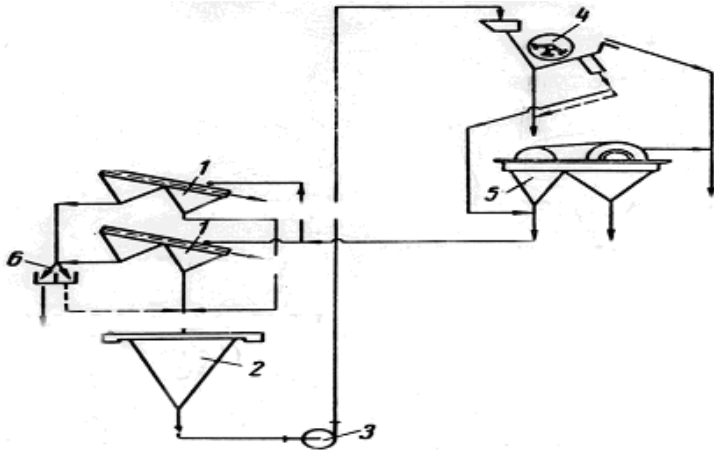
დამამძიმებლის რეგენერაციის პროცესში ადგილი აქვს დანაკარგებს, ისინი დამოკიდებულია დამამძიმებლის ხარისხზე, რეგენერაციის ხერხსა და რეგენერაციის პროცესის ავტომატიზაციის სრულყოფაზე. დანაკარგთა შევსება წარმოებს ახლად დამზადებული დამამძიმებლის პროცესში შეყვანით.

დამამძიმებლის ხარისხს და მის საცრულ შედგენილობას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მძიმე სუსპენზიაში გამდიდრების შედეგებზე.

მაგნეტიტური სუსპენზიის რეგენერაცია განხორციელებულია მაგნიტური მეთოდით, რადგან მაგნეტიტის

– Fe_3O_4 მინერალები ხასიათდება ძლიერმაგნიტური ამოვისებლობით.

მაგნეტიტური სუსპენზიის რეგენერაციის სქემა მოცემულია ნახ.6.8. სუსპენზიური სეპარატორიდან მსუბუქი და მძიმე ფრაქცია მიეწოდება გამაუწყლოებელ ცხრილს. ცხრილის პირველ განყოფილებაში წარმოებს სუსპენზიის დრენაჟი, საიდანაც გამოიყოფა კონდიციური სუსპენზია, რომელიც უერთდება მუშა სუსპენზიას სეპარატორში.



ნახ. 6.8. მაგნეტიტური სუსპენზიის რეგენერაციის სქემა.

1– ცხრილი; 2– ზუმფი; 3– ტუმბო; 4– დოლური მაგნიტური სეპარატორი; 5– ლენტური მაგნიტური სეპარატორი; 6– გამანაწილებელი ღარი.

ცხრილის მეორე განყოფილებაში წყლის საშუალებით წარმოებს მძიმე და მსუბუქი ფრაქციის მორეცხვა, საიდანაც გამოიყოფა განზავებული, არაკონდიციური სუსპენზია, რომელიც ტუმბოს საშუალებით მიეწოდება რეგენერაციის პირველ სტადიაზე დოლურ მაგნიტურ სეპარატორს.

სეპარატორიდან არამაგნიტური ფრაქცია – შლამიანი წყალი მიეწოდება რეგენერაციის მეორე სტადიაზე, ლენტურ მაგნიტურ სეპარატორს. რეგენერაციით მიღებული მაგნიტური ფრაქცია—სუსპენზიოდი გამოიყენება კონდიციური სუსპენზიის მოსამზადებლად.

7. დალექვა

7.1. დალექვის პროცესის არსი და გამოყენების სფერო

წყლის პულსირებულ ნაკადში მინერალურ მარცვალთა სიმკვრივეების მიხედვით ფრაქციებად დაყოფის პროცესს დალექვა ეწოდება. დალექვის პროცესში წყლის პულსირებულ (აღმავალ–დაღმავალი) ნაკადში წარმოებს მინერალურ მარცვალთა განშრეება. წყლის აღმავალი–დაღმავალი ჭავლის მოქმედებით საგები, რომელიც შედგება გასამდიდრებელი მასალისაგან, პერიოდულად გაფხვიერდება და შემჭიდროვდება. რის შედეგადაც მძიმე მინერალები კონცენტრირდება საგების ქვედა შრეში, მსუბუქი მინერალები— საგების ზედა შრეში. ხოლო შუალედური სიმკვრივის მინერალები—საგების შუა შრეში. დავუშვათ, სალექი მანქანის ცხავის ზედაპირზე მოთავსებულია სხვადასხვა სიმკვრივის მინერალთა თანაბარი ზომის მარცვლები. მსუბუქი მინერალის თავისუფალი ვარდნის სიჩქარე აღვნიშნოთ $V_{მს}$ მძიმე მინერალის თავისუფალი ვარდნის სიჩქარე $V_{მძ}$. წყლის აღმავალი ჭავლის სიჩქარე $W_{აღ}$, ხოლო დაღმავალის $W_{დაღ}$. დალექვის სინუსოიდალური ციკლის დროს $W_{აღ} = W_{დაღ}$, და შესაბამისად, მოქმედების დროც

ერთმანეთის ტოლია და უდრის $\frac{t}{2}$. აღმავალ ნაკადში მძიმე მინერალების მოძრაობის ფარდობითი სიჩქარე ტოლი იქნება $W_{\text{აღ}} - V_{\text{მძ}}$, ხოლო მსუბუქ მინერალების $W_{\text{აღ}} - V_{\text{მს}}$. მძიმე მინერალების მიერ გავლილი მანძილი აღმავალი ჭავლის მოქმედების დროს $h_1 = (w_{\text{აღ}} - V_{\text{მძ}}) \frac{t}{2}$, ხოლო მსუბუქი მინერალის $h_2 = (w_{\text{აღ}} - V_{\text{მს}}) \frac{t}{2}$, ამ ტოლობებიდან $h_2 > h_1$, რადგან $V_{\text{მძ}} > V_{\text{მს}}$.

ამრიგად, აღმავალი ჭავლის მოქმედებით მძიმე მინერალთა მარცვლები ცხავის ზედაპირიდან ატივტივდება მცირე სიმაღლეზე ვიდრე მსუბუქი მინერალის მარცვლები. დაღმავალ ჭავლში მძიმე მინერალის მარცვალთა მოძრაობის ფარდობითი სიჩქარე ტოლი იქნება $W_{\text{დაღ}} + V_{\text{მძ}}$. ხოლო მსუბუქი მინერალის მარცვალთა $W_{\text{დაღ}} + V_{\text{მს}}$. ცხავის ზედაპირზე მძიმე და მსუბუქი მინერალის მარცვალთა დალექვის საჭირო დრო

$$t_1 = \frac{h_1}{W_{\text{დაღ}} + V_{\text{მძ}}}$$

$$t_2 = \frac{h_2}{W_{\text{დაღ}} + V_{\text{მს}}}$$

აღნიშნული ტოლობების შედარებით მივიღებთ, რომ $t_1 < t_2$.

ამრიგად, დალექვის ერთი ციკლის დროს მძიმე მინერალის მარცვლები მოთავსდება ქვედა შრეში ცხავის ზედაპირზე, ხოლო მსუბუქი მინერალის მარცვლები—ზედა შრეში.

გამდიდრების პრაქტიკაში დალექვის პროცესი გამოიყენება მსხვილმარცვლოვანი მასალის გასამდიდრებლად. დალექვით გასამდიდრებელი მასალის სიმსხო მაღლებისათვის—50-0,25 მმ. ხოლო ნახშირებისათვის—100-0,5

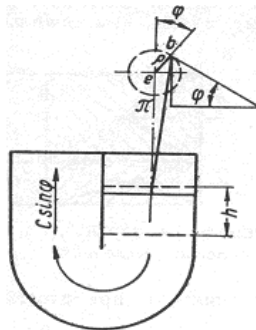
მმ. უფრო მსხვილი ან წვრილი მასალის გამდიდრება დალექვით არაეფექტურია.

7.2. ნაკადის კინემატიკური სტრუქტურა

დალექვის პროცესში მასალის სხვადასხვა სიმკვრივის ფრაქციებად დაყოფა წარმოებს წყლის პულსირებულ ნაკადში.

სალექ განყოფილებაში წყლის აღმავალი ნაკადი დეფორმირდება ჰორიზონტალური ნაკადის მოქმედებით და გადაიხრება მისი დინების მიმართულებით, რაც განაპირობებს სალექ განყოფილებაში განშრევებული მასალის გადაადგილებას.

განვიხილოთ დგუშიანი სალექი მანქანის კინემატიკური სქემა. (ნახ. 7.1.)



ნახ.7.1 სალექი მანქანის კინემატიკური სქემა

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ექსცენტრისიტეტი $\rho = ob$, დგუშის სვლის სიგრძე $h = 2\rho$

φ არის ექსცენტრისიტეტის შემობრუნების კუთხე. მრუდხარას მუდმივი წრიული სიჩქარე აღვნიშნოთ C -თი. რომლის ვერტიკალური გეგმილი მიმართულია აღმავალი ნაკადის სიჩქარის საწინააღმდეგოდ და ტოლია

$$U = C \sin \varphi$$

$$C = \frac{\pi \rho n}{30} = \frac{\pi h n}{60}$$

სადაც n – სვლათა რიცხვია წთ-ში.

დგუშის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე

$$V = \frac{2hn}{60}$$

ამ ორი ფორმულიდან მივიღებთ, რომ

$$\frac{C}{V} = \frac{\pi}{2}$$

საიდანაც $C = 1,57 V$

ამრიგად მოძრაობის წრიული სიჩქარე 1,57-ჯერ აღემატება დგუშის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეს. წყლის აღმავალი ნაკადის მაქსიმალური სიჩქარე

$$U_{\max} = -\beta C \sin \varphi$$

მინუს ნიშანი გვიჩვენებს, რომ აღმავალი ნაკადის მიმართულება დგუშის მოძრაობის მიმართულების საწინააღმდეგოა.

β - წინააღმდეგობის კოეფიციენტი.

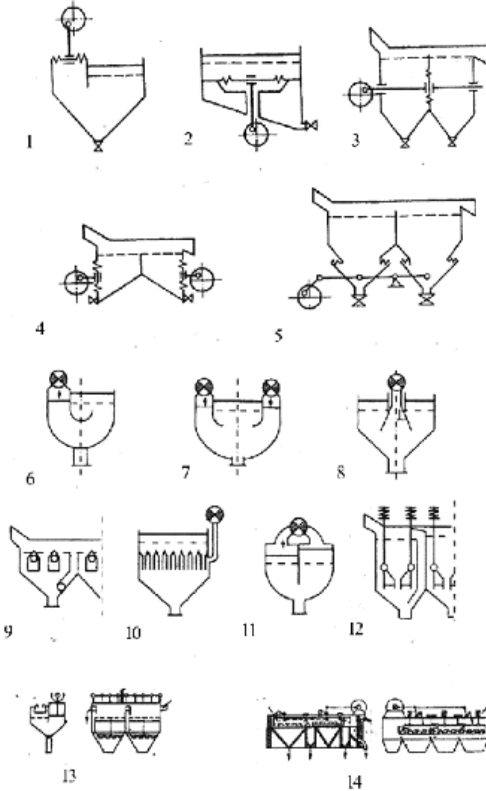
დგუშიანი სალექი მანქანებისათვის $\beta < 1$ ხოლო დიაფრაგმულისათვის $\beta = 1$.

φ - არის ექსცენტრისიტეტის შემობრუნების კუთხე.

C – მრუდხარის წრიული სიჩქარეა

7.3. სალექი მანქანები

სასარგებლო წიაღისეულის დალექვის პროცესში გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის სალექი მანქანები, რომელთა კლასიფიკაცია განხორციელებულია მათი კონსტრუქციული ძირითადი ნიშნის მიხედვით (ნახ.7.2.)



**ნახ. 7.2. საღები
მანქანების სქემები:**

1.2.3.4.5— დიაფრაგმული;
6.7.8.9.10.11.12— უღეუშო; 13—
ღეუშისანი; 14—მოძრავცხვანი

1. გამყოფი გარემოს სახეობის მიხედვით: ჰიდრავლიკური და პნევმატიკური.

2. პულსაციის წარმომქმნელი მექანიზმის სახეობის მიხედვით: მოძრავ ცხრილიანი; დიაფრაგმული და უღეუშო (ჰიდრო და პნევმო პულსატორი)

3. გამდიდრების პროდუქტების განტვირთვის სახეობის მიხედვით: შიბერული, უშიბერო და როტორული.

4. კამერათა რიცხვის მიხედვით: ერთკამერიანი; ორკამერიანი, სამკამერიანი და მრავალკამერიანი.

5. პულსაციის წარმომქმნელი მექანიზმის (ღეუშის, დიაფრაგმის, საჭაერო კამერის) განლაგების მიხედვით:

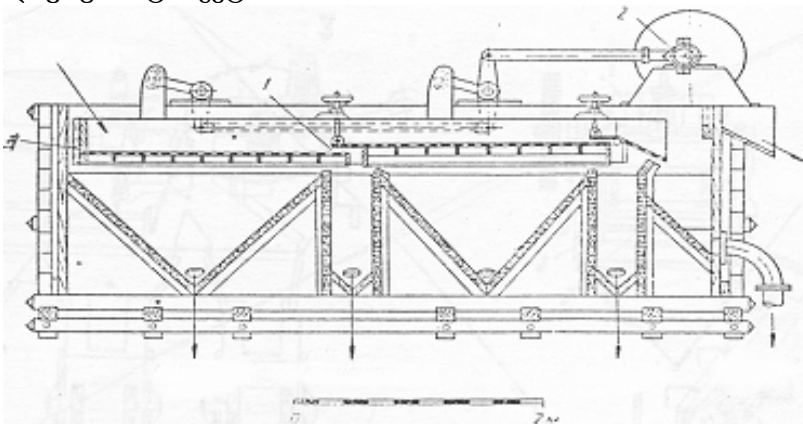
– დღუშინი სალექი მანქანები დღუშის გვერდითი და ცხავქვეშა განლაგებით;

– დიაფრაგმული სალექი მანქანები, დიაფრაგმის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური განლაგებით;

– უდღუშო სალექი მანქანები საჰაერო კამერის გვერდითი, ცენტრალური, ცხავქვეშა და ცხრილზედა განლაგებით.

აღნიშნული კონსტრუქციის სალექი მანქანებიდან თანამედროვე გამამდიდრებელ ფაბრიკებში ძირითადად გამოიყენება უდღუშო სალექი მანქანები, რომლებიც ხასიათდება მარტივი კონსტრუქციით, მუშაობის პროცესში რეგულირებით და მაღალი ეფექტურობით.

მოდრავ ცხავიან სალექ მანქანაში (ნახ. 7.3.) ცხავი (1) მრუდხანა-ბარბაცა მექანიზმის (2) საშუალებით მოძრაობის ელიფსური ტრაექტორიით.



ნახ. 7.3. მოძრავ ცხავიანი სალექი მანქანა (შტაუხი)

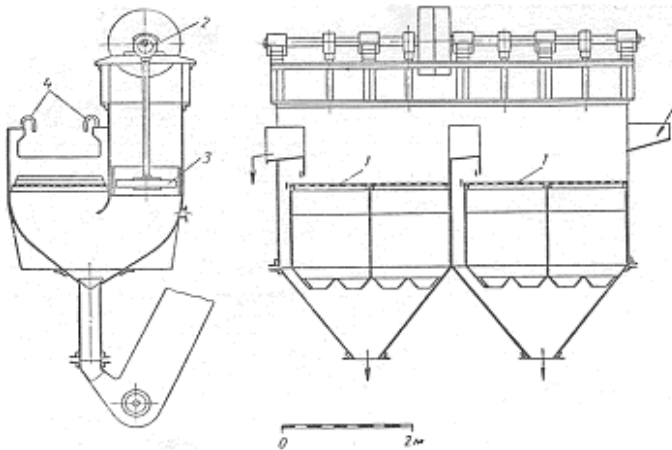
1—ღამლექი ცხავი; 2— ამძრავი მექანიზმი.

ცხრილის მოძრაობით წარმოიქმნება წყლის პულსირებული (აღმავალი - დაღმავალი) ნაკადი, რომლის საშუალებითაც წარმოებს გასამდიდრებელი მასალის სიმკვრივეების მიხედვით განშრეება. აღმავალი ჭავლის

მოქმედებით მსუბუქი ფრაქცია ატივტივდება და განიტვირთება სალექი მანქანიდან წყალთან ერთად გადანადენის სახით, ხოლო ცხავის ზედაპირზე საიდანაც დალექილი მძიმე ფრაქცია განიტვირთება კამერაში.

ასეთი ტიპის სალექი მანქანით შესაძლებელია მივიღოთ სამი პროდუქტი: კონცენტრატი, შუალედი პროდუქტი და კუდები.

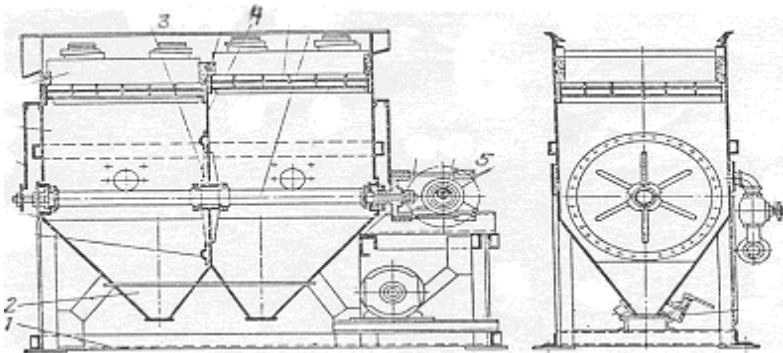
დგუშიანი სალექი მანქანა (ნახ.7.4.) შედგება ორი განყოფილებისაგან: სალექი და დგუშის განყოფილება. სალექი განყოფილებაში განსაზღვრულ სიმაღლეზე დამონტაჟებულია ცხავი (1), ხოლო დგუშის განყოფილებაში მრუდხარა ბარბაცა მექანიზმის (2) საშუალებით დგუში (3) ვერტიკალურ სიბრტყეში ასრულებს წინსვლით-უკუმოქცევით გადატანით მოძრაობას. დგუშის მოძრაობით სალექი განყოფილებაში წარმოიქმნება წყლის პულსირებული ნაკადი, რომლის საშუალებითაც წარმოებს გასამდიდრებელი მასალის ფრაქციებად დაყოფა. სალექი მანქანებიდან მსუბუქი ფრაქცია განიტვირთება წყალთან ერთად გადანადენის სახით, ხოლო ცხავის ზედაპირზე დალექილი მძიმე ფრაქცია განიტვირთება კამერაში.



ნახ.7.4. დგუშიანი სალექი მანქანა
1-ცხავი; 2-ამძრავი მექანიზმი; 3- დგუში.

დიაფრაგმული სალექი მანქანები (ნახ. 7.5–7.6–7.7) მაღალსიხშირიანი (200-500 რხ/წთ) სალექი მანქანებია, რომლებიც გამოიყენება წვრილმარცვლოვანი მადნების გასამდიდრებლად. სალექი მანქანები დიაფრაგმის განლაგების მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად: დიაფრაგმის ჰორიზონტალურ სიბრტყეში განლაგებით $MO\Delta$ ტიპის და ვერტიკალურ სიბრტყეში განლაგებით OBM –ტიპის.

OBM - ტიპის დიაფრაგმული სალექი მანქანა (ნახ. 7.5) გამოიყენება 3 მმ-ზე მცირე ზომის მადნების გასამდიდრებლად. სალექი მანქანის კორპუსი (1) შედგება ორი კამერისაგან: კამერები ბოლოვდება პირამიდალური (2) ნაწილით. კამერების გამყოფ ტიხარზე(4), რომელიც წარმოადგენს ლითონის ფირფიტას, დამაგრებულია რეზინის დიაფრაგმა (3). იგი ასრულებს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში რხევით მოძრაობას. მრუდხარა მექანიზმის(5) საშუალებით. სალექი განყოფილებაში დამონტაჟებულია ცხავი, ცხავზე კი საგების გამყოფი ჩარჩო.

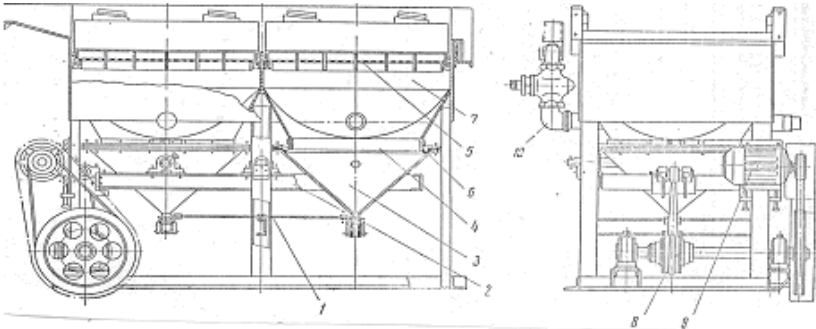


ნახ. 7.5. სალექი მანქანა 2-OBM-1

- 1–სადგარი; 2–პირამიდული ნაწილი; 3–რეზინის დიაფრაგმა;
4–გამყოფი ტიხარი; 5–ამძრავი მექანიზმი.

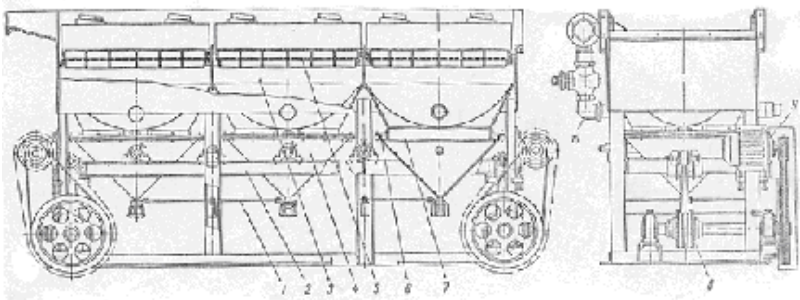
სალექი განყოფილებაში დიაფრაგმის რხევითი მოძრაობით წარმოიქმნება წყლის პულსირებული ნაკადი, რომლის

საშუალებითაც წარმოებს გასამდიდრებელი მასალის სიმკვრივეების მიხედვით ფრაქციებად განშრევება. მსუბუქი ფრაქცია სალექი მანქანიდან განიტვირობება წყალთან ერთად გადანადენის სახით, ხოლო მძიმე ფრაქცია დალექვის პროცესში გადაადგილდება ხელოვნური საგების მარცვლებს შორის და განიტვირობება კამერებში ცხავის სვრეტებიდან.



ნახ.7.6. დიაფრაგმული სალექი მანქანა MOI-2

- 1—ფირფიტისებური ზამბარა; 2—ჩარჩო; 3—კამერის კონუსური ნაწილი;
- 4—რეზინის დიაფრაგმა; 5—დამლექი ცხავი; 6—კამერის პირამიდალური ნაწილი; 7—მრულხარაბარბაცა მექანიზმი; 8—ელ. ძრავი.



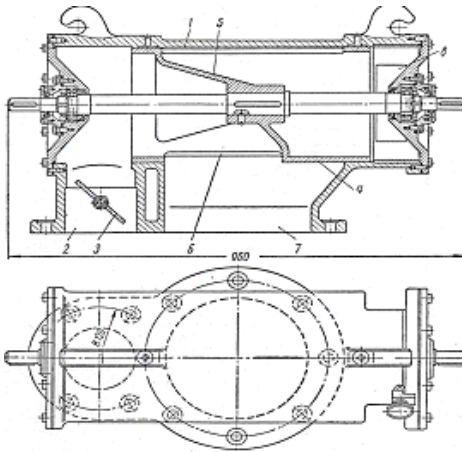
ნახ. 7.7. დიაფრაგმული სალექი მანქანა MOI-3.

- 1—ფირფიტისებული ზამბარა; 2—ჩარჩო; 3—კორპუსის პირამიდული ნაწილი;
- 4—კონუსური ნაწილი; 5—ცხავი; 6—რეზინის სამაჯერი; 7—კორპუსი;
- 8—მრულხარაბარბაცა მექანიზმი; 9—ელძრავი.

МОД ტიპის დიაფრაგმული სალექი მანქანები გამოიყენება 15 მმ-ზე მცირე ზომის მანქანების გასამდიდრებლად. ნახ.4.8. მოცემულია МОД-2 ტიპის სალექი მანქანა, რომელიც შედგება ორი კამერისაგან. კამერის ზედა ნაწილები პირამიდალური ფორმისაა, რომელიც ბოლოვდება კონუსური ფორმის ნაწილით(3).

კონუსური ნაწილი კამერის მუშა ნაწილთან დაკავშირებულია რეზინის დიაფრაგმის საშუალებით. კონუსური ნაწილები ერთმანეთთან შეერთებულია ფირფიტისებური ზამბარით(1) და დამაგრებულია ჩარჩოში(2), რომელიც ასრულებს რხევით მოძრაობას მრუდხარა ბარბაცა მექანიზმის(7) საშუალებით. სალექ მანქანაში განსაზღვრულ სიმაღლეზე დამონტაჟებულია ცხავი(5), რომელზედაც დამაგრებულია ჩარჩო ხელოვნური საგებისათვის. კონუსურ და პირამიდულ ნაწილს შორის მოთავსებული დიაფრაგმები ვერტიკალურ სიბრტყეში ასრულებს რხევით მოძრაობას, რაც იწვევს წყლის პულსაციას, ამ უკანასკნელის საშუალებით კი განხორციელებულია გასამდიდრებელი მასალის სიმკვრივეების მიხედვით განშრევა. სალექი მანქანიდან მსუბუქი ფრაქცია განიტვირთება გადანადენის სახით, ხოლო მძიმე ფრაქცია გადაადგილდება ცხავის ზედაპირზე და განიტვირთება ხვრეტებიდან კამერებში. სამკამერიანი დიაფრაგმული მანქანა МОД-3 მოცემულია ნახ. 7.7.

უდგუშო სალექი მანქანები გამოიყენება ნახშირებისა და მანქანების ნებისმიერი ზომის კლასის გასამდიდრებლად. უდგუშო სალექ მანქანებში წყლის პულსირებული ნაკადი წარმოიქმნება საჭაერო განყოფილებაში შეკუმშული ჰაერის პერიოდული მიწოდებით. ეს უკანასკნელი განხორციელებულია პულსატორების საშუალებით. როტორული პულსატორის კინემატიკური სქემა მოცემულია ნახ. 7.8.

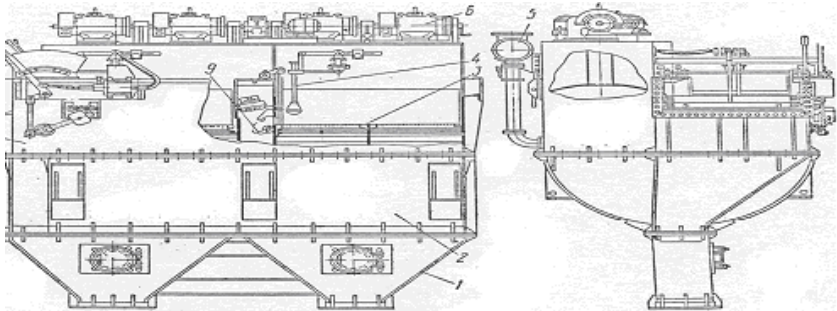


ნახ. 7.8. როტორული პულსატორი PIB-4

1—კორპუსი; 2—ჰაერის მიწოდებელი კამერა; 3—დროსელური მკვეთარა;
4—როტორი; 5—დიაგონალური ტიხარი; 6,7,8. ფანჯრები.

პულსატორის კორპუსი (1) არხის (2) საშუალებით დაკავშირებულია ჰაერშემკრებთან. მიწოდებული ჰაერის რეგულირება განხორციელებულია დროსელური მკვეთარას (3) საშუალებით. კორპუსის შიგნით დამონტაჟებულია ღრუ როტორი (4), რომელიც გაყოფილია დიაგონალური ტიხრით (5)—ორ ნაწილად, რომელთაც გააჩნიათ ფანჯარა (6), რომელიც დაკავშირებულია საჰაერო განყოფილებასთან და ფანჯარა (8) რომლის საშუალებითაც დაკავშირებულია ატმოსფეროსთან. როტორი ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას, ე.ი. როტორის ბრუნვის ნახევარ პერიოდში შეკუმშული ჰაერი მე-6 ფანჯრიდან მე-7 არხით შედის საჰაერო განყოფილებაში, ხოლო მეორე ნახევარ პერიოდში საჰაერო განყოფილებაში არსებული შეკუმშული ჰაერი მე-7 ხვრელსა და მე-8 ფანჯრის საშუალებით გადის ატმოსფეროში. როტორული პულსატორის აღნიშნული მუშაობის პრინციპით წარმოებს შეკუმშული ჰაერის პერიოდული მიწოდება საჰაერო განყოფილებაში, რაც იწვევს წყლის პულსირებულ ნაკადის წარმოქმნას.

ნახ. 7.9. მოცემულია მბომ (მოდერნიზებული უდგუშო სალექი მანქანა) ტიპის სალექი მანქანა, რომელიც გამოიყენება ნახშირების გასამდიდრებლად.



ნახ. 7.9. უდგუშო სალექი მანქანა მბომ.

1—განტვირთი კამერა; 2—კორპუსის ქვედა ნაწილი; 3—შპალტისებური ცხავი; 4—ტივტივა გადამწოლი; 5—წყლის კოლექტორი; 6—პულსატორი; 7—კორპუსის ზედა ნაწილი; 8—ხელით სარეგულირო ბერკეტი; 9—შიბერი.

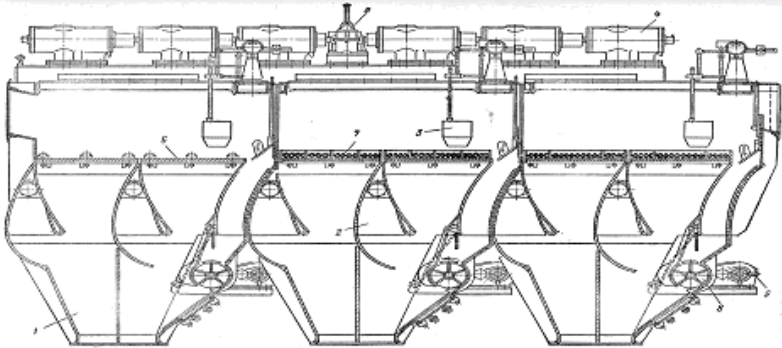
სალექი მანქანის კორპუსი შედგება ორი განყოფილებისაგან: სალექი და საჰაერო.

სალექი განყოფილებაში განსაზღვრულ სიმაღლეზე დამონტაჟებულია შპალტისებური ცხავი (3), ხოლო საჰაერო განყოფილებაში—როტორული პულსატორები (6), რომლის საშუალებითაც საჰაერო განყოფილებას მიეწოდება ჰაერის პულსირებული ნაკადი, რაც იწვევს წყლის პულსაციას, წყლის პულსირებული ნაკადის საშუალებით წარმოებს გასამდიდრებელი მასალის ფრაქციებად განშრეკება. მსუბუქი ფრაქცია განიტვირთება წყალთან ერთად გადანადენის სახით, ხოლო მძიმე ფრაქცია დაილექება ცხავის ზედაპირზე, სადაც სპეციალური განმტვირთი მოწყობილობით განიტვირთება სალექი მანქანის კამერაში. ცხავის ზედაპირზე დალექილი საგები შრის სისქის რეგულირება განხორციელებულია ტივტივა გადამწოდის (4) საშუალებით. როდესაც ცხავზე დალექილი მძიმე ფრაქციის შრის სისქე გადააჭარბებს

მოცემულ ზღვარს, ტივტივა აიწევა, გახსნის შიბერს და მძიმე ფრაქცია განიტვირთება კამერაში.

ნახშირების მსხვილი და წვრილი კლასის გასამდიდრებლად ძირითადად გამოიყენება

OM-ტიპის სალექი მანქანები. (ნახ. 7.10)



ნახ.7.10. სალექი მანქანა OM-12

- 1—განმტვირთი კამერა; 2—საჰაერო კამერა; 3—ტივტივა გადამწოდი;
- 4—პულსატორი; 5—პულსატორის ამძრავი; 6—ცხავი; 7—საგები;
- 8—როტორული განმტვირთი; 9—რელუქტორი.

„პიკის“ ფირმის სალექი მანქანა (ნახ.7.11.) გამოიყენება ნახშირების წვრილი კლასის გასამდიდრებლად, შემდეგი რამდენიმე სექციისაგან. თითოეულ სექციაზე დამონტაჟებულია პულსატორი და საგების გამფხვირებელი ავტომატური რეგულიატორი (ნახ. 7.12.), რომლის საშუალებით ავტომატურად რეგულირდება კამერაში მიწოდებული ჰაერის რაოდენობა ტივტივა გადამწოდით საგების შრის სიმაღლის სიდიდის მიხედვით.

ხელოვნური საგებიდან მძიმე ფრაქციის განტვირთვის ავტომატიზაცია მიღწეულია ჰაერის ხარჯის ცვალებადობით.

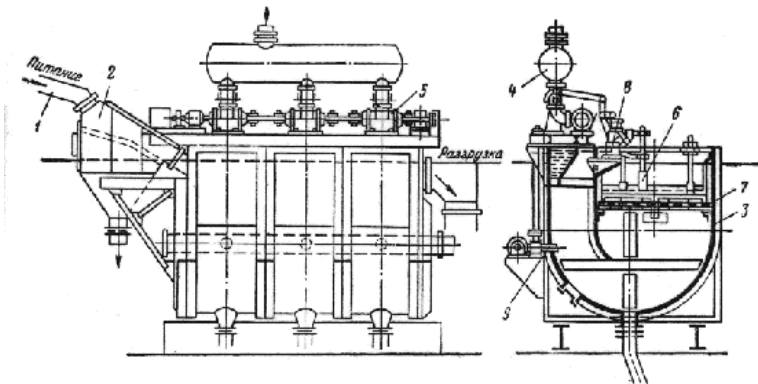
„პიკის“ ფირმის სალექი მანქანები გამოირჩევა მაღალი ტექნოლოგიური ეფექტურობით, მათი ხვედრით წარმადობა არ აღემატება 7 ტ/სთმ³, ხოლო წყლის ხარჯი შეადგენს 5-7 მ³/ტ. სალექი მანქანის სექციათა რაოდენობა დამოკიდებულია

მოთხოვნილ მწარმოებლობაზე. „პიკის“ ფორმის მანქანის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები მოცემულია ცხრლ. 7.1.

ცხრილი.7.1.

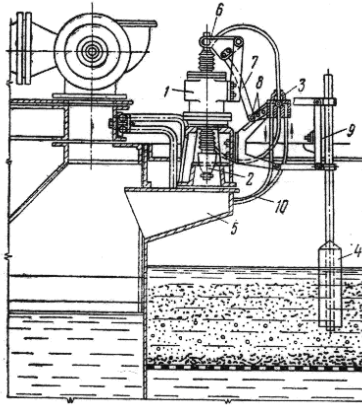
წვრილი ნახშირის გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლები

ფრაქციის სიმკვრივე, კმ/მ ³	გამოსავალი, %		
	კონცენტრატი	შუალედი პროდუქტი	კულები
<1500	97.86	30.11	0.38
1500–1800	2.07	55.52	5.15
>1800	0.008	13.87	94.47



ნახ. 7.11 „პიკის“ ფორმის სალექი მანქანა (საფრანგეთი)

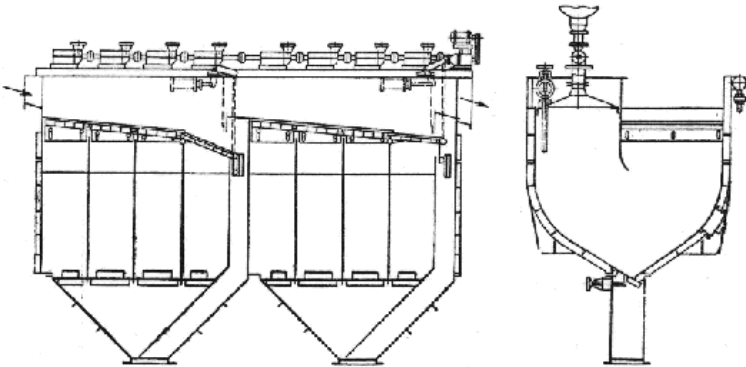
- 1—ჩამტვირთი ღარი; 2— ჩამტვირთი მოწყობილობა; 3—კორპუსი;
- 4—პერსექრები; 5—პულსატორი; 6—ტივტივა; 7—ცხავი;
- 8—ავტორეგულიატორი; 9— მილყელი ცხრილქველა წყლისათვის.



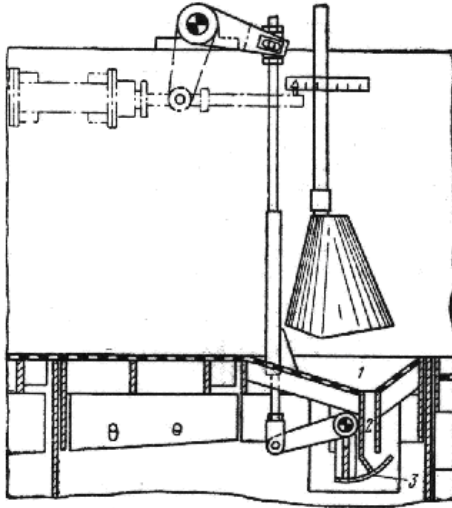
ნახ. 7.12. ავტომატური რეგულიატორი

1—ზეთის ცილინდრი; 2—დგუშის ჭოკი; 3—ზეთის ონკანი; 4—ტივტივა;
5—საჰაერო კამერა; 6,7,8—ზეთის ონკანის გადამრთველი ბერკეტული
სისტემა; 9—სადგარი; 10—რეზინის მილი.

„ველაგის“ ფირმის სალექი მანქანა (ნახ.7.13.)
გამოიყენება ნებისმიერი ზომის ნახშირების გასამდიდრებლად.

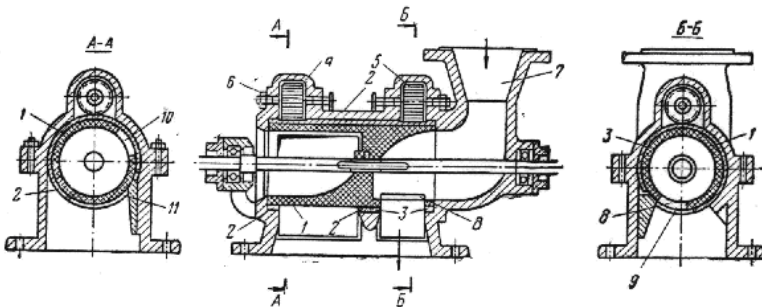


ნახ. 7.13. „ველაგის“ ფირმის სალექი მანქანა (გერმანია)



ნახ. 7.14. „ველაგის“ სალექი მანქანის მძიმე ფრაქციის გამტვირთი მოწყობილობა

1-ხერელი; 2-განმტვირთი კამერა; 3-შიბერი.

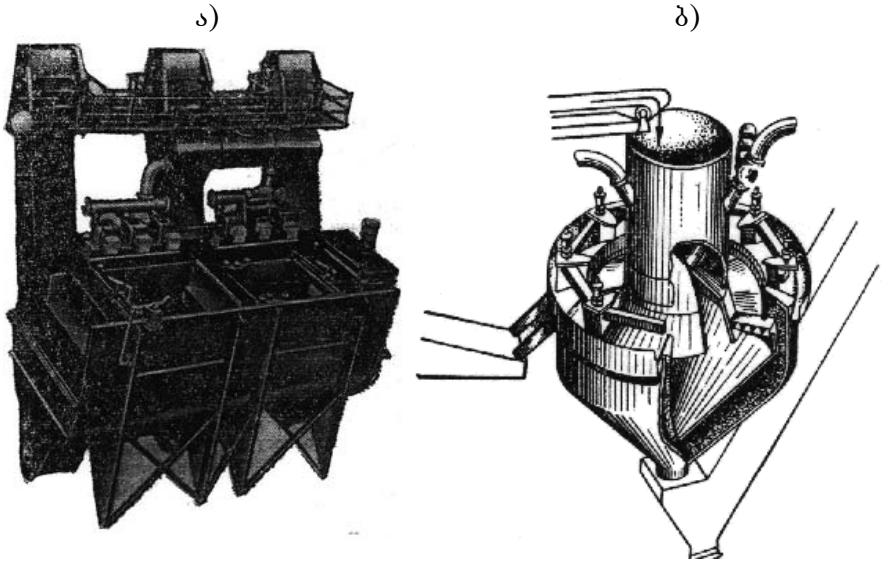


ნახ. 7.15. „ველაგის“ ფირმის როტორული პულსატორი.

1-როტორი; 2-ჰაერის ციკლის სარეგულირო ჭიქა; 3-ჰაერის შემშვები ჭიქა; 4,5-კბილა თვალი; 6-ჭიქების სამაგრი; 7-ჰაერის მიმწოდებელი კამერა; 8,9,10,11-საჰაერო განყოფილებაში შეკუმშული ჰაერის შემშვები და გამომშვები ფანჯრები.

„ნორტინის“ ფირმის სალექი მანქანები (ნახ.7.16.ა)
 მზადდება სამი მოდიფიკაციით, რომლებიც გამოიყენება

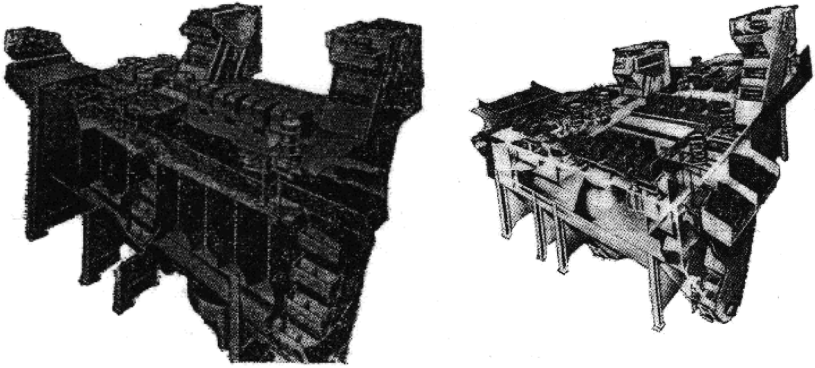
სხვადასხვა ზომისა და კატეგორიის ნახშირების გასამდიდრებლად.



ნახ. 7.16. „ნორტონისა“ და „აკოს“ ფირმის სალექი მანქანები (ინგლისი)

„აკოს“ ფირმის კონუსური სალექი მანქანა (ნახ. 7.16. ბ) ორიგინალური კონსტრუქციისაა. მას გააჩნია წრიული ფორმის ცხავი, რომელსაც საწყისი ნახშირი მიეწოდება მანქანის ცენტრიდანულ ნაწილში ჩამტვირთი ცილინდრიდან, კამერის ცენტრიდანულ ნაწილში დამონტაჟებული როტორული პულსატორით განხორციელებულია საგების რხევითი პულსაცია მთლიან ფართზე.

„მაკნელი-მოგიულ“ და „მაკნელი-დუაინეტ“ სალექი მანქანები (ნახ. 7.17.) გამოიყენება ნებისმიერი ზომის ფართოკლასიფიცირებული ნახშირების გასამდიდრებლად. აღნიშნული მანქანები გამოირჩევა მაღალი მწარმოებლობითა (500–1000 ტ/სთ) და ტექნოლოგიური ეფექტურობით.



ნახ. 7.17. „მაკ-ნელი-მოგიულ“ და „მაკ-ნელი-დუაინეტ“
სალექი მანქანები (ა.შ.შ.)

7.4 მძიმე ფრაქციის განმტვირთი მოწყობილობანი

სალექი მანქანების ეფექტურობა დამოკიდებულია მძიმე ფრაქციის შრის სისქის სიდიდეზე. მძიმე ფრაქციის შრის სისქის რეგულირება განხორციელებულია სხვადასხვა ტიპის ავტომატური რეგულატორების საშუალებით. სალექ მანქანებში მძიმე ფრაქციის განმტვირთვისათვის გამოყენებულია შიბერული, უშიბერო და როტორული განმტვირთი მოწყობილობანი.

შიბერული განმტვირთი მოწყობილობა (ნახ. 7.18.) შედგება ტივტივა გადამწოდისა (1) და პნევმოცილინდრისაგან (9). პნევმაცილინდრში წინსვლით-უკუმოქცევა გადატანით მოძრაობას ასრულებს დგუში (10), ეს უკანასკნელი ბერკეტების (5) საშუალებით დაკავშირებულია სექტორულ საკეტთან (11), როდესაც ცხავის ზედაპირზე დალექილი მძიმე ფრაქციის შრის სისქე გადააჭარბებს მოცემულ სიდიდეს, ტივტივა გადამწოდი (1) აიწევს, გახსნის მკვეთარას (3) და შეკუმშული ჰაერი ჰაერმილსადენების საშუალებით მიეწოდება პნევმოცილინდრს (9). შეკუმშული ჰაერის მოქმედებით

ცილინდრში დგუში (10) გადაადგილდება ვერტიკალურ სიბრტყეში, რომელიც შემობრუნებს სექტორულ საკეტს და გახსნის განმტვირთ ხვრელს, საიდანაც განიტვირთება მძიმე ფრაქცია სალექი მანქანის კამერაში. როდესაც მძიმე ფრაქციის შრის სისქე გახდება მოცემული სიდიდის ტოლი, ტივტივა გადამწოდი დაუბრუნდება განსაზღვრულ მდგომარეობას და შეწყდება პნევმოცილინდრში შეკუმშული ჰაერის მიწოდება და ჩაიკეტება განმტვირთი ხვრელი სექტორული საკეტით.

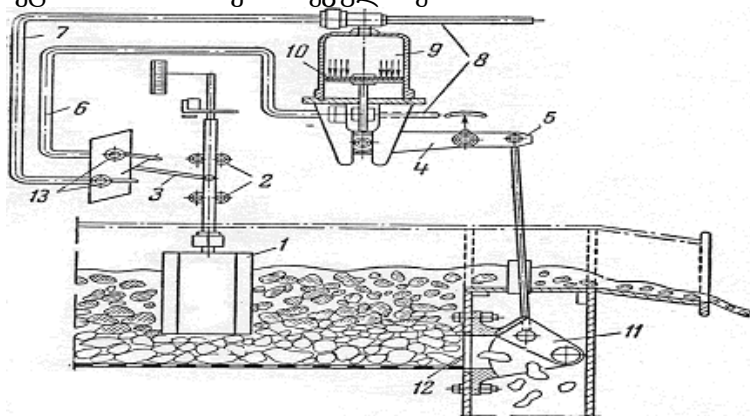
როტორული განმტვირთი მოწყობილობა (ნახ. 7.19.) შედგება ტივტივა გადამწოდის (1), სარქველის (2), ჰაერშემკრების (3), მემბრანული რელეს(4), როტორული საკეტის (5), ჰაერ გამწმენდისა (6) და მანომეტრისაგან(7). როდესაც სალექი მანქანის ცხავის ზედაპირზე დალექილი მძიმე ფრაქციის შრის სისქე გადააჭარბებს მოცემულ სიდიდეს, აიწევა ტივტივა გადამწოდი, რომელიც გახსნის სარქველს(2) და ჰაერშემკრებიდან (3) ჰაერგამწმენდის (6) გავლით ჰაერი მიეწოდება მემბრანულ რელეს (4), რომელიც ჩართავს მძიმე ფრაქციის განმტვირთი მოწყობილობის (5) ამძრავს. როტორული განმტვირთი მოწყობილობის ბრუნვის შედეგად განიტვირთება ცხავის ზედაპირზე დალექილი მძიმე ფრაქციის განსაზღვრული რაოდენობა. როდესაც მძიმე ფრაქციის შრის სისქე გაუტოლდება მოცემულ სიდიდეს, ტივტივა—გადამწოდის საშუალებით ჩაიკეტება სარქველი და კვება შეუწყდება როტორული განმტვირთის ამძრავს.

ნახ.7.20—ზე მოცემულია უშიბერო განმტვირთი მოწყობილობა, ხოლო ნახ.7.21.—ზე მძიმე ფრაქციის გამტვირთი ავტომატური რეგულატორის კინემატიკური სქემა. აღნიშნული ტიპის რეგულატორით განხორციელებულია OM ტიპის სალექი მანქანებში შრის სისქის ავტომატური რეგულირება.

ავტომატური რეგულატორი შედგება ხუთი ძირითადი კვანძისაგან: I—ტივტივა გადამწოდი და გამზომი ხელსაწყო (1). II—გამშვებმარეგულირებელი მოწყობილობა (2), სიჩქარის

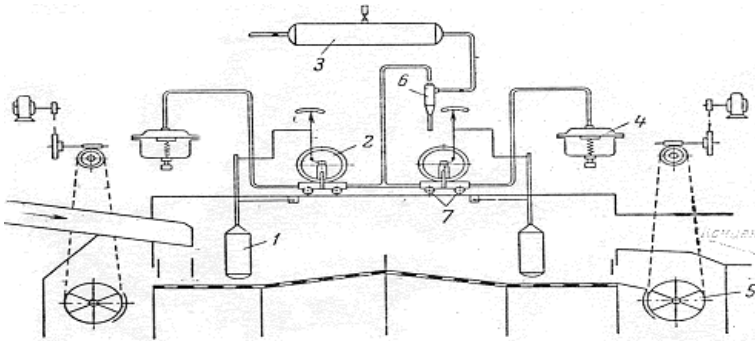
რეგულატორი –რევერსული ძრავით(3), მაგნიტური გამშვები(7) და ავტომატური ჩამრთველი (6), III–მაგნიტური გამაძლიერებელი (8), IV–მართვის პულტი (9). V–მუდმივი დენის ძრავი (10) და რელუქტორი (11), ჯაჭვური გადაცემით.

როდესაც მძიმე ფრაქციის შრის სისქე გადააჭარბებს ზღვრულ სიდიდეს, ტივტივა გადამწოდის საშუალებით იმპულსი გადაეცემა ელექტრონულ გამზომ ხელსაწყოებს. ეს უკანასკნელი კი იმპულსს გადასცემს ელექტრონულ მარეგულირებელ ხელსაწვოს(2), რომელიც ჩართავს სინქარის რეგულატორის რევერსულ ძრავს(10). სინქარული რეგულატორის საშუალებით განხორციელებულია მძიმე ფრაქციის განმტვირთი მოწყობილობის ანუ როტორის ცვლადი სინქარით ბრუნვა, რომლის საშუალებითაც წარმოებს მძიმე ფრაქციის შრის სისქის რეგულირება.



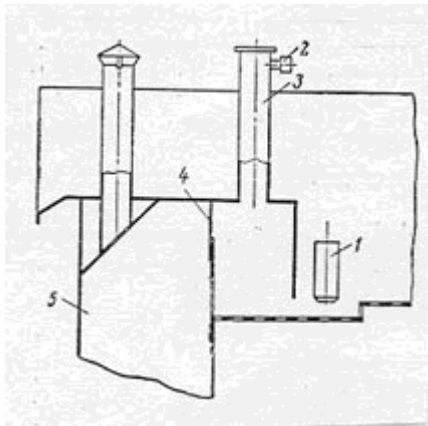
ნახ. 7.18. მძიმე ფრაქციის შიბერული განმტვირთი მოწყობილობა.

1–ტივტივა; 2–მიმართველი გორგოლაჭი; 3,4,5–ბერკეტები;6,7,8 – ჰაერგამტარი მილები; 9–ჰნეემოცილინდრი; 10–დგუში; 11–სექტორული საკეტი-შიბერი.



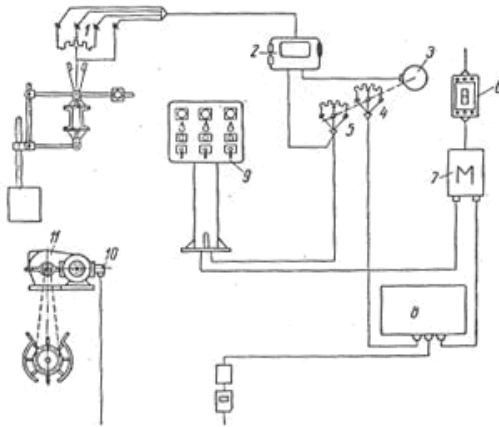
ნახ. 7. 19. როტორული ტიპის განმტვირთი მოწყობილობა.

1-ტივტივა გადაშვლი; 2-სარქველი; 3-ჰაერშემკრები; 4-მემბრანული რელე; 5-როტორული საკეტი; 6-ჰაერის ფილტრი; 7-მანომეტრი.



ნახ. 7.20. უშიბერო განმტვირთი მოწყობილობა.

1-ტივტივა გადამშვლი; 2-სარქველი; 3-ჰაერის მიმწოდებელი მილი; 4-ტიხარი; 5-განმტვირთი კამერა.



ნახ. 7.21. ცვლადი სიჩქარით მბრუნავ როტორიანი განმტვირთი მოწყობილობის კინემატიკური სქემა.

1—შრის სისქის გამზომი ხელსაწყო; 2—გამშვებმარეგულირებელი ხელსაწყო; 3—რევერსული ძრავი; 4,5—სიჩქარის რეოსტატი; 6—ავტომატური ჩამრთველი; 7—მაგნიტური გამშვები; 8—მაგნიტური გამაძლიერებელი; 9—მართვის პულტი; 10— მუდმივი დენის ძრავი; 11. რელექტორი.

7.5 დალექვის ციკლები

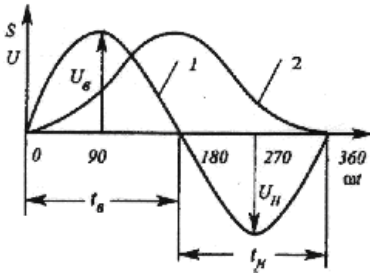
დალექვის ციკლი ეწოდება წყლის პულსირებული ნაკადის ვერტიკალური გადაადგილების კანონზომიერებას რხევის ერთ პერიოდში.

$$\text{ერთი ციკლის ხანგრძლიობა } T = \frac{60}{n}$$

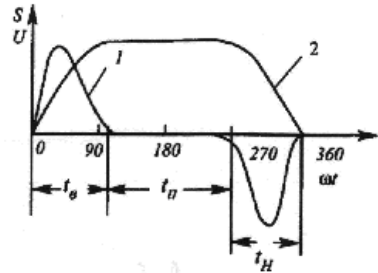
n - არის წყლის პულსაციის სიხშირე წუთში.

დალექვის პროცესის ეფექტურობა დამოკიდებულია ციკლის სახეობაზე. დალექვის პროცესში გამოყენებულია შემდეგი ძირითადი ციკლები: ჰარმონიული (სინუსოიდური), მაიერის, ტომასის და ბერდას ციკლები, (ნახ. 7.22.). ციკლები

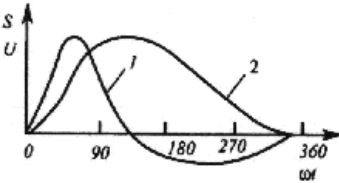
ერთმანეთისგან განსხვავდება აღმავალ-დაღმავალი სიჩქარითა და მოქმედების ხანგრძლივობით.



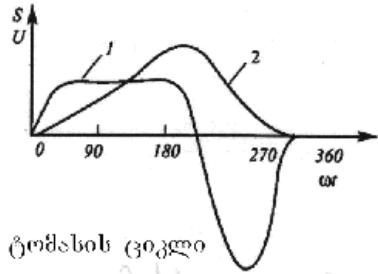
ჰარმონიული ციკლი



მაიერის ციკლი



ბერდას ციკლი



ტომასის ციკლი

ნახ.7.22. დალექის ციკლები.

დალექის ჰარმონიული (სინუსოიდური) ციკლისათვის დამახასიათებელია თანაბარი სიჩქარისა და ხანგრძლივობის წყლის აღმავალი და დაღმავალი ნაკადი.

$$V_s = V_d \text{ და } t_s = t_d$$

სინუსოიდური ციკლის დროს წყლის გადაადგილება S და სიჩქარის V ცვლილება დროში გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$S = 0.5L(1 - \cos \omega t)$$

$$V = 0.5L\omega \sin \omega t$$

სადაც

L - რხევის ამპლიტუდაა;

ω - კუთხური სიხშირე, $\omega = \frac{2\pi n}{60}$;

V - წყლის გადაადგილების სიჩქარე;

t - ციკლის დაწყების დრო;

n - რხევის სიხშირე.

მაიერის ციკლი ხასიათდება მცირე ხანგრძლივობის აღმავალი და დაღმავალი ნაკადებით და დიდი დაყოვნებით $t_{\text{ს}} = t_{\text{ღ}}$

მაშასადამე, სწრაფმოქმედ აღმავალ და დაღმავალ ნაკადებს შორის წყალი იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში განსაზღვრული დროის შუალედში, რომლის დროსაც წარმოებს მასალის განშრევა.

ბერდას ციკლი ხასიათდება დიდი სიჩქარისა და მცირე ხანგრძლივობის აღმავალი და მცირე სიჩქარისა და დიდი ხანგრძლივობის დაღმავალი ნაკადით.

ე.ი. $U_{\text{ს}} = U_{\text{ღ}}$ ხოლო $t_{\text{ს}} < t_{\text{ღ}}$

ტომასის ციკლი ხასიათდება მცირე სიჩქარისა და ხანგრძლივი მოქმედების აღმავალი ნაკადით, ვიდრე დაღმავალი ნაკადი, როგორც მახსიათებლიდან ჩანს, აღმავალი ნაკადის სიჩქარე განსაზღვრული დროის შუალედში მუდმივია.

აღნიშნული ციკლებიდან ყველაზე მეტი გავრცელება ჰპოვა სინუსოიდურმა ციკლმა. დალექვის ციკლი არსებით გავლენას ახდენს მასალის განშრევაზე. უდგუშო სალექი მანქანის ციკლი ჩვეულებრივ ფასდება შეკუმშული ჰაერის შეშვება, დაყოვნება და გამოშვების პერიოდთა თანაფარდობით; მაგალითად 30-10-60 ციკლი ნიშნავს, ციკლის ერთი პერიოდის 30% განმავლობაში საჰაერო განყოფილებას მიეწოდება შეკუმშული ჰაერი 10% დაყოვნება და 60% გამოშვება.

7.6 სალექი მანქანის ტექნოლოგიური პარამეტრები

სალექი მანქანის ტექნოლოგიურ პარამეტრებს მიეკუთვნება: მწარმოებლობა, საგების შრის სისქე, გადანადენის ზღუდარის სიმაღლე, წყლის ხარჯი, ცხავის ხერეტის ზომა, წყლის რხევის ამპლიტუდა, პულსაციის რიცხვი, საგები მარცვლის ზომა და სხვა. სალექი მანქანის მწარმოებლობა იანგარიშება ემპირიული ფორმულით:

$$Q = Fq \text{ ტნ/სთ}$$

სადაც F სალექი განყოფილების ფართია მ²-ში, Q – სალექი მანქანის მწარმოებლობა, q –სალექი მანქანის ხვედრითი მწარმოებლობა ტ/მ² სთ.

ცხრილი.7.2.

სალექი მანქანების ხვედრითი მწარმოებლობა

წიაღისეულის სახეობა	გასამდიდრებელი მასალის ზომა, მმ.	ხვედრითი მწარმოებლობა,ტ/მ ³ სთ.
რკინის მადანი	50-8	8-10
	8-3	6-8
	3-0	4-8
მანგანუმის მადანი	60-8	6-8
	8-3	4-6
	3-0	3-4
ოქროსშემცველი ქვიშრობები	3-0	11-16
ფერადი ლითონის მადნები	8-3	6-6
	3-0	2-6
იშვიათი ლითონები	+8	7-12
	3-0	4-6
ადვილად გასამდიდრებელი ნახშირები	მსხვილი კლასი +10	15-20
	წვრილი კლასი -10	14-17
საშუალო და ძნელად გასამდიდრებელი ნახშირები	მსხვილი კლასი +10	12-15
	წვრილი კლასი -10	10-14

წყლის რხევის ამპლიტუდის სიდიდე დამოკიდებულია გასამდიდრებელი მასალის სიმსხოზე და სალექი მანქანის კონსტრუქციაზე. დიაფრაგმულ სალექ მანქანებში, რომლებიც გამოიყენება წვრილი მასალის გამდიდრებისათვის, ამპლიტუდის სიდიდე ცვალებადობს $5 \div 20$ – მმ-დე. ღგუშიან სალექ მანქანებში ამპლიტუდის სიდიდე გასამდიდრებელი მასალის სიმსხოს მიხედვით ცვალებადობს $50 \div 140$ მმ-მდე. იმისათვის, რომ ადგილი ჰქონდეს სალექ მანქანებში მასალის სიმკვრივეების მიხედვით განშრეებას, დაცული უნდა იქნეს შემდეგი უტოლობა $U > V_{\text{შვს}}$.

U-სალექ განყოფილებაში აღმავალი ნაკადის max-ური სიჩქარეა, $V_{\text{შვს}}$ -გასამდიდრებელ მასალაში ყველაზე დიდი სიმკვრივისა და ზომის მარცვლის შეზღუდული ვარდნის სიჩქარეა. როგორც ვიცით: $U = C \sin \varphi$. თუ მივიღებთ, რომ სალექ განყოფილებაში მასალის ატივტივებას ადგილი აქვს ექსცენტრიული ლილვის $1/8$ ნაწილით შემობრუნების დროს, მაშინ

$$\varphi = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4}$$

და შესაბამისად $\sin \varphi = 0,7$;

მაშინ მივიღებთ $U = 0,7C$.

როგორც ვიცით, ექსცენტრიული ლილვის წრიული სიჩქარე

$$C = \frac{\pi n h}{60}, \text{ მაშინ } U = \frac{0,7 \pi n h}{60}$$

შევიტანოთ ზედა უტოლობაში U-ს მნიშვნელობა და განვსაზღვროთ სალექ განყოფილებაში პულსაციის რიცხვი n.

$$0,7 \frac{\pi n h}{60} > V_{\text{შვს}}, \quad n > 27,3 \frac{V_{\text{შვს}}}{h}$$

h – რხევის ამპლიტუდის სიდიდეა.

დალექვის პროცესში წყლის ხარჯი დამოკიდებულია გასამდიდრებელი მასალის სახეობაზე, ზომაზე და პროცესში

გამოყენებული სალექი მანქანის კონსტრუქციაზე. 1 ტონა გასამდიდრებელ მადანზე წყლის ხარჯი ცვალებადობს 2,5-3,5 მ³/სთ., აქედან 20% მოეწოდება გასამდიდრებელ მადანთან ერთად, 60% სალექი მანქანის I-კამერას, ხოლო 20% II კამერას.

უდგუშო სალექ მანქანებში შეკუმშული ჰაერის ხარჯი 1მ² სალექ ფართზე ცვალებადობს 3-7,5 მ³/წთ. დალექვის პროცესში, თუ გამოყენებულია ხელოვნური საგები, მაშინ მისი სიმაღლე აიღება 3-4-ჯერ მეტი, ვიდრე საგები მარცვლების მაქსიმალური ზომაა. თავის მხრივ საგები მარცვლების ზომა მინიმუმ 3-ჯერ აღემატება გასამდიდრებელი მასალის ნატეხის მაქსიმალურ ზომას და ცვალებადობს 25-35 მმ. ამ შემთხვევაში ცხავის ხერეტის ზომა აიღება 2,5 მმ-ით მეტი გასამდიდრებელი მასალის მარცვლის სიმსხოზე. უდგუშო სალექ მანქანაში აღმავალი ჭავლის სიჩქარე ცვალებადობს 0.13-0.15 მ/წმ. ხოლო შეკუმშული ჰაერის წნევა 0.14-0.25 მ. პა.

უდგუშო სალექი მანქანებისათვის აღმავალი ჭავლის მაქსიმალური სიჩქარე იანგარიშება ფორმულით:

$$U_{\text{მაქ}} = \varphi \sqrt{2gH} \text{ მ/წმ}$$

სადაც

g – სიმძიმის ძალის აჩქარებაა, მ/წმ²;

H - შეკუმშული ჰაერის წნევა, მ.პა.;

φ - წნევის კარგვის კოეფიციენტი, φ=0,05-0,06.

8. დახრილ სიბრტყეზე მოძრავ წყლის ნაკადში გამდიდრება

8.1. დახრილ სიბრტყეზე წყლისა და მინერალურ მარცვალთა მოძრაობის კანონზომიერება

დახრილ სიბრტყეზე მოძრავი წყლის ნაკადში მინერალურ მარცვალთა სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფა განხორციელებულია საკონცენტრაციო მაგიდებზე, რაბებზე, ხრახნულ სეპარატორებზე და მოძრეცხ ღარებში. მცირე სიღრმის ნაკადში, რომლის ზომა არ აღემატება მაქსიმალური მარცვლის 10-ჯერად ზომას, დაყოფის სიზუსტე დამოკიდებულია წყლის მოძრაობის კინემატიკურ სტრუქტურაზე. ჟუკოვსკის მიხედვით, დახრილ სიბრტყეზე მოძრავი ნაკადის კინემატიკური სტრუქტურა დამოკიდებულია წყლის გრიგალური მოძრაობის ხასიათზე, რომელიც გამოწვეულია ფსკერის რელიეფით.

მინერალური მარცვლების შეტივტივება დახრილ სიბრტყეზე მოძრავ ნაკადში განპირობებულია გრიგალების ვერტიკალური მდგენელებით. კელიკანოვის გამოკვლევების მიხედვით წარმოქმნილი გრიგალები ბრუნვით მოძრაობენ. ამ შემთხვევაში გრიგალებს შორის სივრცეში წარმოიქმნება როგორც აღმავალი, ასევე დაღმავალი ნაკადები.

დახრილ სიბრტყეზე მოძრავი ნაკადის საშუალო სიჩქარე

$$V_{საშ} = \frac{2}{3} V_{ზედ}$$

სადაც

$V_{ზედ}$ - ნაკადის ზედა შრის მოძრაობის სიჩქარეა.

ნაკადის შრე, რომელსაც მოძრაობის საშუალო სიჩქარე აქვს, დაშორებულია ფსკერიდან h მანძილით.

$$h = 0,0423 H$$

H - ნაკადის მთლიანი სიმაღლეა.

მოძრაობის დროს წარმოქმნილი გრიგალების ვერტიკალური სიჩქარე

$$U = K V_{\phi}$$

K – კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ნაკადის მოძრაობის სიჩქარეზე.

$$K = 0,055 \div 0,165$$

როდესაც $V = 0,5 \div 3$ მ/წმ.

დახრილ სიბრტყეზე მოძრავ ნაკადში მოთავსებულ მარცვლებზე მოქმედებს შემდეგი ძალები:

1. სიმძიმის ძალა $G = m g_0$;

2. ნაკადის დინამიური ძალა $\rho_{\text{დინ}} = \psi (V_{\text{საშ}} - V)^2 d^2 \Delta$;

სადაც $V_{\text{საშ}}$ - ნაკადის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა, მ/წმ;

V მყარი სხეულის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, მ/წმ;

$V_{\text{საშ}} - V$ - წარმოადგენს სითხეში სხეულის მოძრაობის ფარდობით სიჩქარეს, მ/წმ;

d - სფერული ფორმის მარცვლის დიამეტრი, მ;

Δ - წყლის სიმკვრივე, კგ/მ³;

ψ - წინააღმდეგობის კოეფიციენტი.

3. ვერტიკალური სიჩქარის ამპტივტივებელი ძალა

$$\rho_u = \psi U^2 d^2 \Delta$$

სადაც U- ნაკადის მოძრაობის დროს წარმოქმნილი გრიგალების ვერტიკალური სიჩქარეა, მ/წმ;

სიმძიმის ძალა G შეგვიძლია დავშალოთ ორ მდგენელად: ნორმალური მდგენელი $G \sin \alpha$ და ვერტიკალური მდგენელი $G \cos \alpha$. მყარი სხეულის დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობის მამუხრუჭებელი ძალაა F

$$F = (G \cos \alpha - \rho_u) f$$

სადაც f – ხახუნის კოეფიციენტია.

მყარი სხეულის სითხეში მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას ჩვენი შემთხვევისათვის ექნება შემდეგი სახე:

$$m \frac{dV}{dt} = \rho_{\phi} + G \sin \alpha - F$$

როდესაც სხეულის მოძრაობის სიჩქარე გაუტოლდება მუდმივ სიდიდეს, მაშინ $\frac{dV}{dt} = 0$ და მივიღებთ:

$$\rho_{\text{გ}} + G \sin \alpha - F = 0$$

შევიტანოთ სათანადო მნიშვნელობანი, მივიღებთ:

$$\psi(V_{\text{საშ}} - V)^2 d^2 \Delta + mg_0 \sin \alpha - (mg_0 \cos \alpha - \psi U^2 d^2 \Delta) f = 0$$

აქედან

$$V_{\text{საშ}} - V = \sqrt{\frac{mg_0 \sin \alpha}{\psi d^2 \Delta}} = \sqrt{\frac{mg_0}{\psi d^2 \Delta}} (\cos \alpha \cdot f - \sin \alpha) - U^2 f$$

სიდიდე $\frac{mg_0}{\psi d^2 \Delta}$ წარმოადგენს თავისუფალი ვარდნის სიჩქარის კვადრატს (რიტინგერის) მიხედვით. მართლაც, თუ შევიტანთ შესაბამის მნიშვნელობებს, $m = \frac{\pi d^3}{6} \delta$, $g_0 = \frac{\delta - \Delta}{\delta} g$, მივიღებთ:

$$\frac{\frac{\pi d^3 \delta}{6} \cdot \frac{\delta - \Delta}{\delta} \cdot g}{\psi d^2 \Delta} = \frac{\pi g}{6\psi} \cdot d \frac{\delta - \Delta}{\Delta} = V_0^2$$

მაშინ მივიღებთ: $V_{\text{საშ}} - V = \sqrt{V_0^2 (\cos \alpha f - \sin \alpha) - U^2 f}$

აქედან დახრილ სიბრტყეზე მოძრავ ნაკადში მარცვლების მოძრაობის სიჩქარე:

$$V - V_{\text{საშ}} = \sqrt{V_0^2 (\cos \alpha f - \sin \alpha) - U^2 f}$$

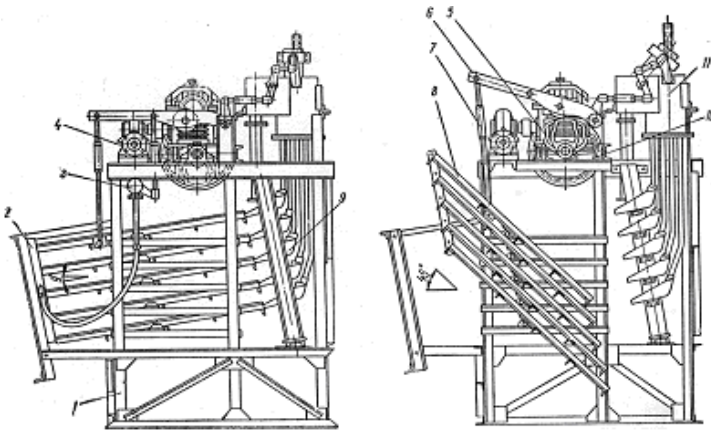
8.2 რაბეზზე გამდიდრება

რაბი წარმოადგენს დახრილ ვიწრო ღარს, რომელიც გამოიყენება ოქროს ქვიშრობებისა და მძიმე ლითონების შემცველი მადნების გასამდიდრებლად. რაბები შეიძლება იყოს: ორქიმიანი და სამქიმიანი.

რაბი წარმოადგენს პერიოდული მოქმედების აპარატს, რომლის ძირშიც დაფენილია სპეციალური დაღარული ზედაპირის მქონე რეზინი ან ქსოვილი. გასამდიდრებელი მასალა რაბებს მიეწოდება წყალთან ერთად. მძიმე ფრაქცია, რომელთა სიმკვრივე მეტია თანმხლები ფუჭვი ქანის მარცვლების სიმკვრივეზე, დაილექება რაბის ფსკერზე ტრაფარეტის ძირში, ხოლო მსუბუქი ფრაქცია ჩაირიცხება წყალთან ერთად. დაგროვილი მძიმე ფრაქციის განტვირთვა რაბებიდან წარმოებს პერიოდულად.

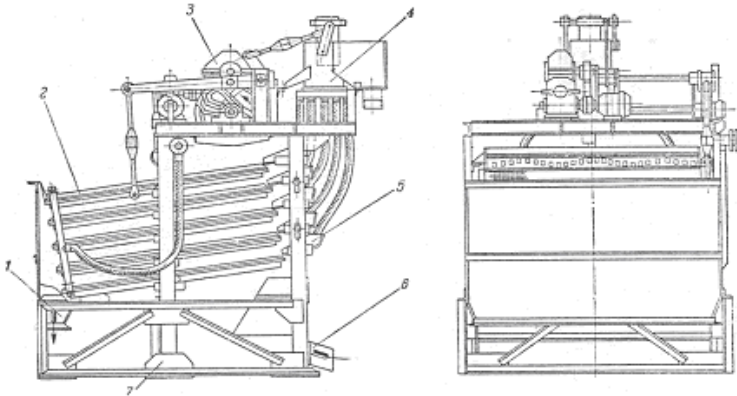
13 მმ-ზე უფრო მსხვილი მასალის გამდიდრება წარმოებს ღრმა გავსების რაბებზე, ხოლო უფრო მცირე ზომის მასალის გამდიდრება—მცირე გავსების რაბებზე.

დიდი სიმკვრივის წვრილმარცვლოვანი მასალის (0,3 მმ-მდე) გამდიდრებისათვის გამოიყენება ავტომატური რაბი, IIIA-1M (ნახ. 8.1.) იგი შედგება ჩარჩოზე (1) დამაგრებული ხუთი ცალი დეკასაგან (8), დეკები გამანაწილებელი სახელურების (9) საშ-ით დაკავშირებულია პულპის გამანაწილებელთან (11), მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: 9⁰-ით დახრილ დეკის ზედაპირს, რომლის ძირშიდაც დაფენილია დაღარულ ზედაპირიანი რეზინა, პულპის გამანაწილებლიდან მიეწოდება გასამდიდრებელი მასალა. მძიმე ფრაქცია ილექება რეზინის ტიხრებს შორის, ხოლო მსუბუქი ფრაქცია ჩაირიცხება წყლის ჭავლის საშუალებით. ყოველი 4 წთ-ის შემდეგ დეკები ამძრავი მექანიზმის საშუალებით შემობრუნდება 45⁰-ით და დეკის ზედაპირს ონკანის (3) საშუალებით მიეწოდება წყალი, რომელიც იწვევს დალექილი მძიმე ფრაქციის ჩარეცხვას. ავტომატური რაბი IIIA-1M გამოიყენება ოქროს, პლატინის, კალისა და ვოლფრამის ქვიშრობების გამდიდრებისათვის, (ნახ. 8.2.) მოცემულია 34-KC მარკის ავტომატური რაბი.



ნახ. 8.1. ავტომატური რაბი 3A-1M

1—სადგარი; 2—საშხევი; 3—ონკანი; 4—ამძრავი მექანიზმი; 5—ამძრავი მექანიზმის მუშტა; 6—ამძრავი მექანიზმის ბერკეტი; 7—საწევი; 8—დეკი; 9—გამანაწილებელი ღარი; 10—კბილათვალი; 11—პულპის გამანაწილებელი.



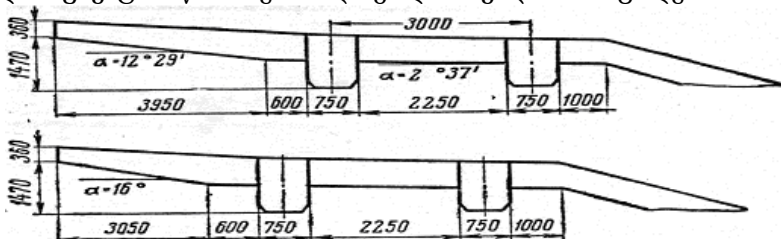
ნახ. 8.2. ავტომატური რაბი 34-KC

1—კულების განმტვირთი კამერა; 2—დეკი; 3—ამძრავი; 4—პულპის გამანაწილებელი; 5—გამანაწილებელი ღარი; 6—კონცენტრატის განმტვირთი კამერა; 7—სადგარი.

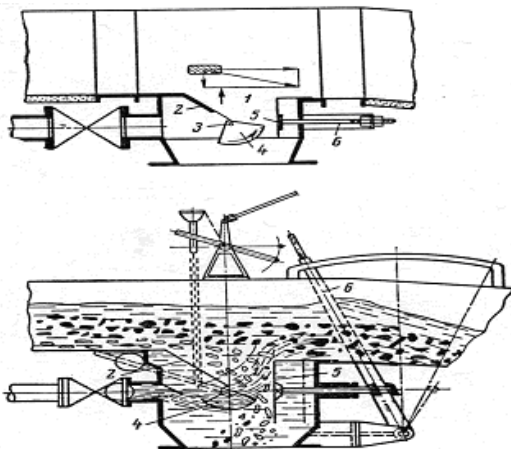
მომრეცხი ღარი (ნახ. 8.3.) გამოიყენება ქვანახშირის გამდიდრებისათვის. რაბებისაგან განსხვავებით მომრეცხ ღარებში განუწყვეტლივ წარმოებს მძიმე ფრაქციის

განტვირთვა. მომრეცხი ღარების მუშაობის მაჩვენებელი დიდადაა დამოკიდებული ღარებში წყლის ნაკადის მოძრაობის სიჩქარეზე, რომლებიც განაპირობებს ნახშირების შეტივტივების სიმაღლეს. მომრეცხ ღარის ფსკერზე დამონტაჟებულია განმტვირთი კამერები. (ნახ. 8.4.)

მომრეცხ ღარებში ნახშირების გამდიდრების დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ზღურბლის სიმაღლეს, რომელიც იდგება განმტვირთი კამერის შემდეგ ღარის მთელ სიგრძეზე. მსუბუქი ფრაქცია ღარში მოძრაობის დროს ატივტივდება ვერტიკალური გრივალების მიერ, ხოლო მძიმე ფრაქცია მოძრაობს წყალთან ერთად ღარის ძირში და განიტვირთება კამერის საშუალებით. კამერაში ნახშირის დამატებითი კლასიფიკაცია წარმოებს აღმავალი ნაკადის საშუალებით.



ნახ. 8.3. მომრეცხი ღარის სქემა



ნახ.8.4 კამერიდან მძიმე ფრაქციის განმტვირთი მოწყობილობა.

- 1—ხრელი; 2—ფირფიტა;
- 3—ღერძი; 4—რხევალი
- სექტორული საკეტი;
- 5—გადასადგილებელი
- საფარი; 6—სახელური.

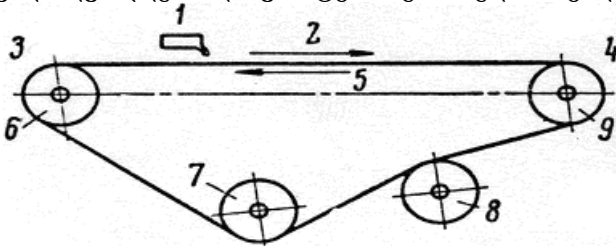
8.3 საკონცენტრაციო მაგილებზე გამდიდრება

საკონცენტრაციო მაგილები გამოიყენება წვრილ-მარცვლოვანი მადნებისა და ნახშირების გამდიდრებისათვის საკონცენტრაციო მაგილები ორი სახისაა:

1. უძრავი საკონცენტრაციო მაგილები,
2. მოძრავი საკონცენტრაციო მაგილები – ლენტური და რხევადი.

უძრავი საკონცენტრაციო მაგილები- მიეკუთვნება პერიოდულად მოძუშავე აპარატურას. გამოიყენება ოქროს ქვიშრობებისა და სხვა დიდი სიმკვრივის მქონე მეტალების გამდიდრებისათვის.

მოძრავი ლენტური მაგიდის (ნახ. 8.5.) ლენტი დადგმულია მცირე დახრით და მოძრაობს დახრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ლენტის ზედა თავთან წარმოებს გასამდიდრებელი მასალის წყალთან ერთად მიწოდება (1). მსუბუქი ფრაქცია (4) ჩაირეცხება წყლის ჭავლის (2) მიერ დახრის მიმართულებით, ხოლო მძიმე ფრაქცია (3) ლენტთან ერთად გადაადგილდება და განიტვირთება ზედა თავიდან.

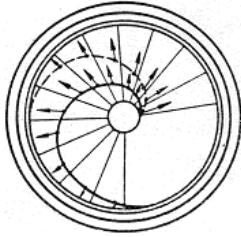


ნახ. 8.5. ლენტური საკონცენტრაციო მაგიდის სქემა.

1,2-მასალის და წყლის მიწოდება; 3-კონცენტრატორი; 4-კულები; 5-ლენტის მოძრაობის მიმართულება; 6-წამყვანი გორგოლაჭი; 7,8-დამჭიმი გორგოლაჭები; 9-მიმყოლი გორგოლაჭი.

წრიული მაგიდა (ნახ. 8.6.) წარმოადგენს კონუსურ ზედაპირს დიამეტრით $5 \div 10$ მ-დე, რომელსაც პულპა მიეწოდება კონუსის წვერში. კონუსის ბრუნვის შედეგად წარმოებს პულპის განაწილება ზედაპირზე. მსუბუქი ფრაქციის

მოძრაობის ტრაექტორია აღნიშნულია წყვეტილი ხაზით, ხოლო მძიმე ფრაქციის უწყვეტი ხაზით. მაგიდიდან საბოლოო პროდუქტების განტვირთვა წარმოებს ღარების საშუალებით.

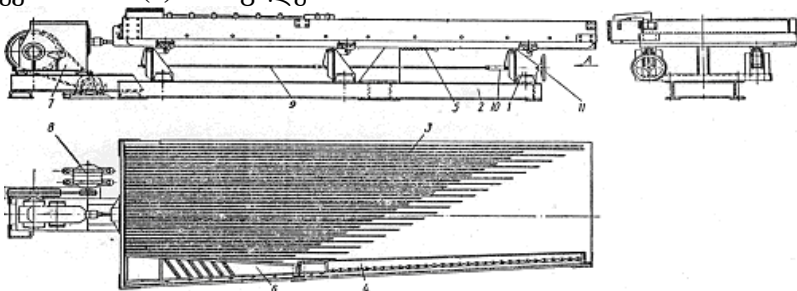


ნახ. 8.6. წრიულ მაგიდაზე მასალის განაწილების სქემა.

რხევადი საკონცენტრაციო მაგიდები CK-ტიპის ფართოდ გამოიყენება წვრილმარცვლოვანი მასალის გამდიდრებისათვის. მაგიდის რხევის მიმართულება თანამედროვე საკონცენტრაციო მაგიდებში პერპენდიკულარულია მაგიდის ზედაპირზე ჭავლის მოძრაობის მიმართულებისა.

რხევადი საკონცენტრაციო მაგიდები მზადდება გლუვ-ზედაპირიანი (შლამების გამდიდრებისათვის) და დაღარულ ზედაპირიანი (მარცვლოვანი მასალის გამდიდრებისათვის).

საკონცენტრაციო მაგიდის (ნახ.8.7) დეკა (5)–საყრდენი, გორგოლაჭების (3) საშუალებით დამონტაჟებულია სადგარზე. დეკას რხევითი მოძრაობა განხორციელებულია ამძრავი მექანიზმის (1) საშუალებით.

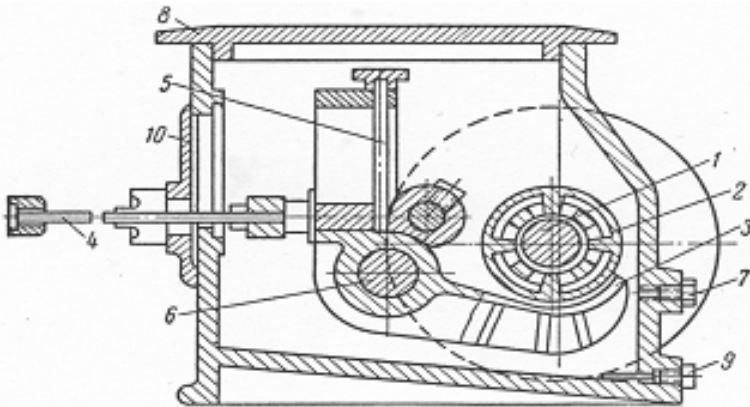


ნახ. 8.7. რხევადი საკონცენტრაციო მაგიდა CK-1.

1,2–მაგიდის სადგარი; 3–რეზინის ღარები; 4,6– მასალისა და წყლის მიმწოდებელი ღარი; 5–დეკა; 7,8–ამძრავი მექანიზმი; 9,10,11–დეკას დახრის სარეგულირო მექანიზმი.

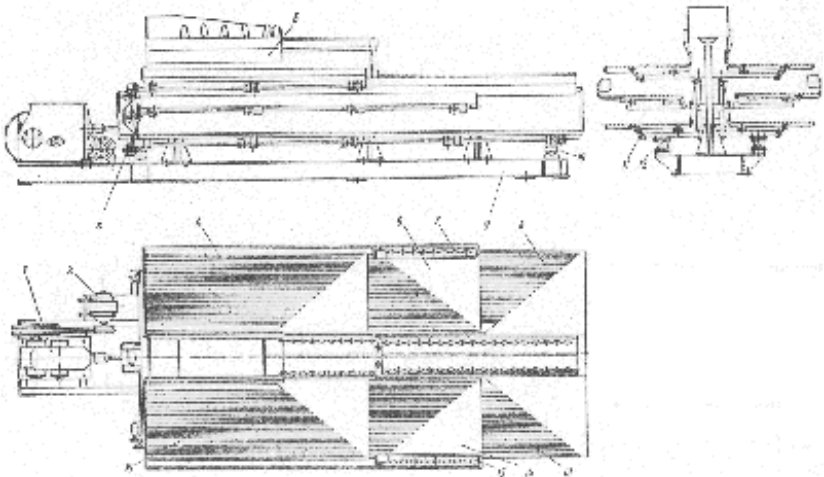
დეკას ზედაპირზე დაწებებულია რეზინის ღარები. დეკას ღარის რეგულირება წარმოებს სარეგულირო მექანიზმის (4) საშუალებით. წვრილი მასალის გამდიდრებისას საკონცენტრაციო მაგიდების დეკას ღარის კუთხე შეადგენს $4-6^{\circ}$ -ს, ხოლო მსხვილი მასალის გამდიდრებისას $6-10^{\circ}$ -ს. დეკას რხევითი მოძრაობა განხორციელებულია ამძრავი მექანიზმიდან (ნახ.8.8.). ექსცენტრული ლილვის (1) ბრუნვის შედეგად ჭოკის (4) საშუალებით რხევითი მოძრაობა გადაეცემა საკონცენტრაციო მაგიდის დეკას.

საკონცენტრაციო მაგიდის დეკას სვლის სიგრძის რეგულირება წარმოებს სარეგულირო მექანიზმის (5) საშუალებით.



ნახ. 8.8. რხევითი საკონცენტრაციო მაგიდის ამძრავი მექანიზმი.

1—ექსცენტრული ლილვი; 2—გორგოლაჭი; 3—მუხლა ბერკეტი; 4—ჭოკი; 5—სარეგულირო ხრახნი; 6—მუხლა ბერკეტის ექსცენტრული ლილვი.



8.9. სამ იარუსიანი საკონცენტრაციო მაგიდა ЯСК-1Б

1,2—ამძრავი მექანიზმი; 3—სამაგრი მექანიზმი; 4,16—ზედა მარჯვენა და მარცხენა დეკა; 5—პულპისა და წყლის მიმწოდებელი ცენტრალური ღარი; 6,14—შუა მარცხენა და მარჯვენა დეკა; 7,15 წყლის მიმწოდებელი ღარი; 8,13 ქვედა დეკები; 9—სადგარი; 10,11,12—სარეგულირო მექანიზმი.

სამ იარუსიანი საკონცენტრაციო მაგიდა (ნახ.8.9.) შედგება თორმეტი ცალი დეკასაგან (4, 6, 8, 13, 14, 16). გასამდიდრებელი მასალა მიეწოდება ზედა დეკას გამანაწილებელი ღარის საშუალებით.

ცვალებადი მიმართულებით რხევადი საკონცენტრაციო მაგიდის დეკას ზედაპირზე მოთავსებული მარცვალ მოძრაობას იწყებს იმ შემთხვევაში, როდესაც ინერციის ძალის სიდიდე გადააჭარბებს ხახუნის ძალას.

$$m\alpha > G_0 f$$

G_0 სხეულის წონაა სითხეში.

როგორც ვიცით:

$$G_0 = \frac{\pi d^3}{6} (\delta - \Delta) g$$

აქედან სხეულის აჩქარებაა $\alpha \geq \frac{G_0}{m} f$

სხეულის მოძრაობის სიჩქარე საკონცენტრაციო მაგიდის ზედაპირზე განპირობებულია ორი ძირითადი ფაქტორით: წონითა და ხახუნის კოეფიციენტით.

რაც უფრო მეტია სხეულის წონა, მით უფრო მეტია მოძრაობის სიჩქარე.

საკონცენტრაციო მაგიდეზე გამდიდრებისათვის მასალა მზადდება ჰიდრაულიკური კლასიფიკაციით. ჰიდრაულიკური კლასიფიკაციის შედეგად მიღებულ ფრაქციებში გვაქვს ერთი და იგივე თავისუფალი ვარდნის სიჩქარის მქონე მსუბუქი და მძიმე მინერალის მარცვლები. მსუბუქი მინერალი წარმოდგენილია დიდი ზომის, ხოლო მძიმე მინერალი შედარებით მცირე ზომის მარცვლებით.

დეკას რხევის შედეგად მსუბუქი და მძიმე მინერალის მარცვლები იწყებენ მოძრაობას სხვადასხვა აჩქარებით: რადგანაც მძიმე მინერალების წონა და ხახუნის კოეფიციენტი მეტია, ამ შემთხვევაში მეტია მათი საწყისი აჩქარებაც. ჩამრეცხი წყლის ჭავლის საშუალებით მსუბუქი მინერალები (დიდი მოცულობის გამო) იმოძრავენ უფრო დიდი სიჩქარით, ვიდრე მძიმე მინერალის მარცვლები. ორივე ამ სიჩქარის ერთობლივი მოქმედების შედეგად მსუბუქი და მძიმე მინერალების მარცვლების მოძრაობის სიჩქარის ვექტორები დახრილია ჰორიზონტისადმი სხვადასხვა კუთხით. მძიმე მინერალის მარცვლები განიტვირთება საკონცენტრაციო მაგიდის დეკას ჩამტვირთი თავიდან მოშორებით, ხოლო მსუბუქი მინერალის მარცვლები ჩამტვირთი თავთან ახლოს.

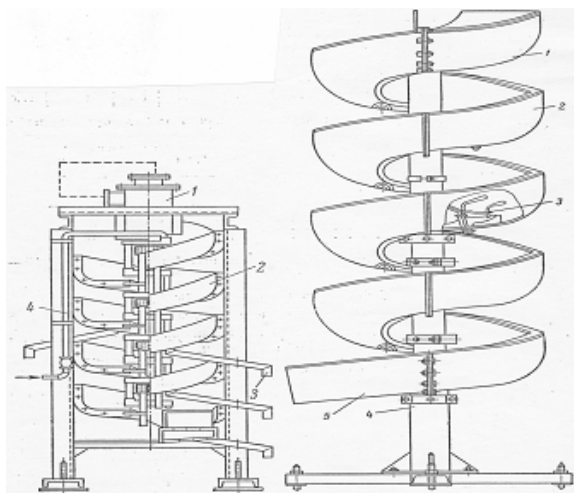
8.4 ხრახნულ სეპარატორებზე გამდიდრება

ხრახნულ სეპარატორებში წიალისეულის სიმკვრივის მიხედვით დაყოფა წარმოებს ცენტრიდანული ძალის საშუალებით.

ხრახნული სეპარატორი (ნახ. 8.10.) შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: პულპის მიმღები (1), ხრახნული ღარი (2), გამდიდრების შედეგად მიღებული პროდუქტების მომკვეთი (3).

გასამდიდრებელი მასალა მიეწოდება ხრახნული ღარის ზედა ნაწილს. მასალის სიმკვრივის მიხედვით დაყოფა წარმოებს ცენტრიდანული ძალის, სიმძიმის ძალის, ჰიდრაულიკური ძალისა და ხახუნის ძალების ერთობლივი ზემოქმედების შედეგად.

ერთობლივი ზემოქმედების შედეგად მძიმე მინერალის მარცვლები თავს იყრის ღარის ცენტრალურ ნაწილში და განიტვირთება მომკვეთის (3) საშუალებით. მსუბუქი მინერალის მარცვლები მოძრაობს პერიფერიაზე. ხრახნული სეპარატორები გამოიყენება 4 მმ-ზე უფრო წვრილი მასალის გამდიდრებისათვის.



ნახ. 8.10. ხრახნული სეპარატორი.

1—პულპის მიმღები; 2—ხრახნული ღარი; 3—მძიმე ფრაქციის განმტვირთო ღარი; 4—წყლის მიმწოდებელი მილი; 5—გადანადენის ღარი.

9. ცენტრიდანულ კონცენტრატორებში გამდიდრება

ტრადიციული ტექნოლოგიური პროცესების (საკონცენტრაციო მაგიდები, ხრახნული სეპარატორები, სალექი მანქანები და რაბები) გამოიყენებით შეუძლებელია წვრილმარცვლოვანი კეთილშობილი და იშვიათი ლითონების ამოკრეფის პრობლემის გადაწყვეტა.

უკანასკნელ წლებში ოქროსშემცველი მადნების გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური პროგრესის განვითარებასთან დაკავშირებულია ცენტრიდანული კონცენტრატორების შექმნა, რომლებშიდაც სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფა განხორციელებულია ჰიდროდინამიკური, ცენტრიდანული, გრავიტაციული და არქიმედეს ძალების ურთიერთმოქმედებით.

ცენტრიდანული კონცენტრატორები გამოიყენება მინერალური ნედლეულის წვრილმარცვლოვანი დისპერსიული მასალის გასამდიდრებლად, რომელთა შემცველობა, მაგალითად ოქროს ქვიშრობულ მადნებში საშუალოდ 40-60 %-ია, ზოგჯერ 80-90%-ს აღწევს. აღნიშნული ზომის მასალის სიმკვრივეების მიხედვით გრავიტაციული ველით დაყოფა არაეფექტურია, რაც გამოწვეულია მარცვალთა მცირედ განსხვავებული ვარდნის სიჩქარეების გამო. ცენტრიდანულ კონცენტრატორებში წვრილმარცვლოვანი მასალის გამდიდრება ეფექტურია, რადგან მათში გაყოფის ფაქტორი გრავიტაციულ ველთან შედარებით 100-ჯერ და მეტად იზრდება.

ცენტრიდანული კონცენტრატორები პულპის მიწოდების მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად:

1. დაწნევითი – ციკლონები (მოკლექონუსური და ჩვეულებრივი)
2. არადაწნევითი – ცენტრიფუგები („ოროკინი“, „კენელსონი“, „ფალკონი“, „იტომაკი“ და სხვა)

მსოფლიოში ოქროსშემცველი მადნების გამდიდრების პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება „კნელსონის“, „ფალკონის“, „გულდფელდის“, „ოროკონის“, „იტომაკის“ კონცენტრატორები, ККГЦ მოკლევანუსური ჰიდროციკლონები და ცენტრიდანული სალექი მანქანები.

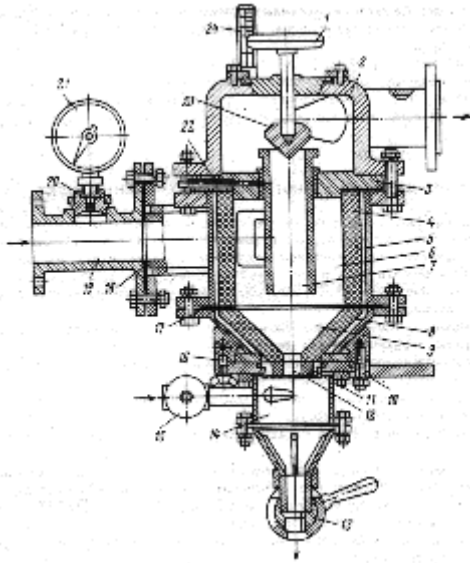
ცენტრიდანული კონცენტრატორების ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრებია ჩამრეცხი წყლის წნევა და როტორის ბრუნვის სიჩქარე. ჩამრეცხი წყლის წნევა დამოკიდებულია გასამდიდრებელი მასალის ზომაზე და ცვალებადობს 0.01–0.05 მ.პა.

ცენტრიდანული კონცენტრატორები გამოირჩევა დიდი ხვედრითი მწარმოებლობით და ეფექტურობით, მცირე ელექტრო ენერგიის ხარჯით, წონით და გაბარიტული ზომებით.

9.1. ციკლონებში გამდიდრება.

სამთამადნო მრეწველობაში ციკლონები (კონუსურობის კუთხით 10-20⁰)ჩვეულებრივ გამოიყენება კლასიფიკაციისა და გაუმლაძების პროცესში. ცნობილია, რომ კლასიფიკაციის პროცესში მარცვლის სიმკვრივე მცირე გავლენას ახდენს სიმსხოს მიხედვით მათ დაყოფაზე.

მეცნიერული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ კონუსურობის კუთხის 90-140⁰-მდე გაზრდით ჰიდროციკლონებში დაყოფა წარმოებს არა სიმსხოს მიხედვით არამედ სიმკვრივეების მიხედვით.



ნახ. 9.1. მოკლევადიანი კონუსური ჰიდროციკლონი

- 1—მქნევარა; 2—გადანადენის კამერა; 3—დიაფრაგმა; 4—5—8—ამონავი; 6—კორპუსის ცილინდრული ნაწილი; 7—გადანადენის ნაცმი; 9—კონუსური ნაწილი; 10—რგოლი; 11—18—საგები; 12—სილების ნაცმი; 13—სილების საკეტი; 14—ვორტექსი; 15—ვენტილი 16—დამჭიმი მოწყობილობა; 17—შუასადები; 19—მკვებავი მილყელი; 20—მემბრანა; 21—მანომეტრი; 22—ხრახნი; 23—სარქველი; 24—დგარი.

ჰიდროციკლონები კონუსურობის კუთხით 90-140⁰-ი (ნახ.9.1) გამოიყენება წვრილმარცვლოვანი მასალის გასამდიდრებლად.

გამამდიდრებელი ჰიდროციკლონის მუშაობაზე დიდ გავლენას ახდენს კონსტრუქციული (დიამეტრი, კუთხე, კონუსის პროფილი, ცილინდრული ნაწილის სიმაღლე, მკვებავი, გადანადენი და სილების ნაცმის დიამეტრის ზომები) და ტექნოლოგიური (საწყისი მასალის ზომა, პულპის წნევა და განზავება) პარამეტრები.

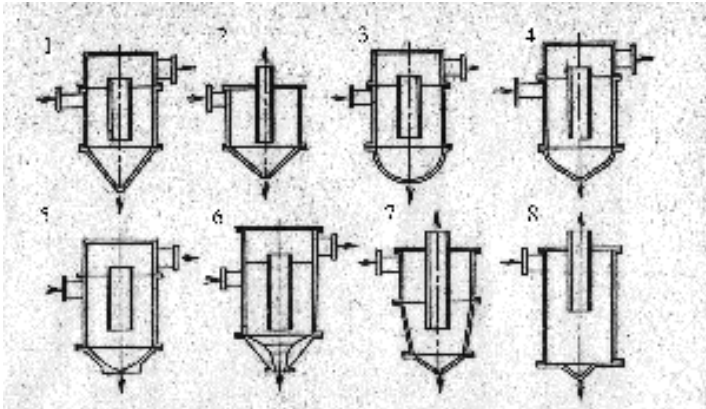
ციკლონის დიამეტრი უნდა შეესაბამებოდეს გასამდიდრებელი მასალის ზომასა და მწარმოებლობას. ცენტრიდანული კლასიფიკაციის თეორიის მიხედვით გასაყოფი

მასალის სიმსხო პროპორციულია სიდიდის \sqrt{D} , ე.ი. გადანადენში წმინდა მასალის გამოყოფა შესაძლებელია პატარა დიამეტრის ჰიდროციკლონებში, მოკლექონუსიან ჰიდროციკლონებში დიამეტრის ზრდასთან ერთად იზრდება, როგორც წმინდა, ასევე მსხვილმარცვლოვანი მასალის გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლები. ეს ეფექტი არ აიხსნება მასალის ცენტრიდანული დაყოფის პოზიციიდან, რადგან ჰიდროციკლონის დიამეტრის გაზრდით მცირდება ცენტრიდანული აჩქარება და იზრდება ნაკადის ტურბოლენტობა, რაც დაკავშირებულია კონუსურ ნაწილში სეპარაციის პროცესის თავისებურებაზე, რაც, ჯერჯერობით, სრულყოფილად არ არის შესწავლილი.

კონუსურობის კუთხის გაზრდით მცირდება სილების გამოსავალი და მასალის კლასიფიკაციის ეფექტურობა, მაგრამ გამდიდრების ეფექტურობა იზრდება.

უხეშდისპერსიული მასალის გასამდიდრებლად მიზანშეწონილია $120-140^0$ კუთხის კონუსი, ხოლო წვრილმარცვლოვანი (74-44 მიკრონზე მცირე) მასალისათვის ეფექტურია $90-120^0$ კონუსურობის კუთხის ჰიდროციკლონები.

კონუსის პროფილი სხვადასხვა ტიპის ჰიდროციკლონებში სხვადასხვაა, ცნობილია მოკლექონუსური ჰიდროციკლონები კონუსური ნაწილის სხვადასხვა პროფილით – ერთსაფეხურიანი და სამსაფეხურიანი კონუსით, ნახევრადსფერული და კომბინირებული (ნახ.9.2).



ნახ. 9.2. სხვადასხვა კონსტრუქციის მოკლევადიანი პიდროციკლონები

1-3-5-6-7-ა.შ.შ. 2-რუსეთი; 4-პოლონეთი; 8-გერმანია;

კანადის პრაქტიკული მონაცემებით ოქროს ქვიშრობული მადნების გასამდიდრებლად სამსაფეხურიანი პროფილის კონუსის გამოყენება საშუალებას იძლევა გავზარდოთ თავისუფალი ოქროს ამოკრეფა.

ცილინდრული ნაწილის სიმაღლის გაზრდა მუდმივი მწარმოებლობის დროს იწვევს წნევისა და საგების მარცვალთა გადაადგილების სიჩქარის შემცირებას. მაშასადამე, მცირდება საგების ფორიანობა და სეპარაციის ეფექტურობა. გ. ლოპატინის ექსპერიმენტალური მონაცემებით ცილინდრული ნაწილის ოპტიმალური სიმაღლე მისი დიამეტრის 1-1.5-ია ე.ი. $H = (1-1.5)D$, ხოლო გადანადენის მილყელის სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს ცილინდრის სიმაღლეს.

მკვებავი, გადანადენის მილყელისა და სილების ნაცმის დიამეტრი გავლენას ახდენს გამდიდრების ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებზე, ოპტიმალური მნიშვნელობის გაზრდით ან შემცირებით უარესდება გაყოფის ეფექტურობა, ოპტიმალური მნიშვნელობა დამოკიდებულია პიდროციკლონის დიამეტრზე, ხოლო მათი თანაფარდობა—მიწოდებული პულპის წნევაზე.

მკვებავი მილტუჩის დიამეტრი $d_{მკვ} = 0.2D$

გადანადენის მილყეელის დიამეტრი

$$d_{გად} = (0.232 - 0.256)D$$

$$(d_{გად} / d_{მკვ})^2 = 3 - 1.67H$$

სადაც H - მიწოდებული პულპის წნევა $H = 0.08 \pm 0.12$ მ.პა. გამამდირებელი ჰიდროციკლონებისათვის, რომლებსაც პულპა მიეწოდებათ 0.08-0.1 მ.პა. წნევით, რეკომენდირებულია გადანადენისა და მკვებავი მილტუჩის დიამეტრთა შემდეგი ოპტიმალური თანაფარდობა

$$d_{გად} / d_{მკვ} = 1.16 \pm 1.28$$

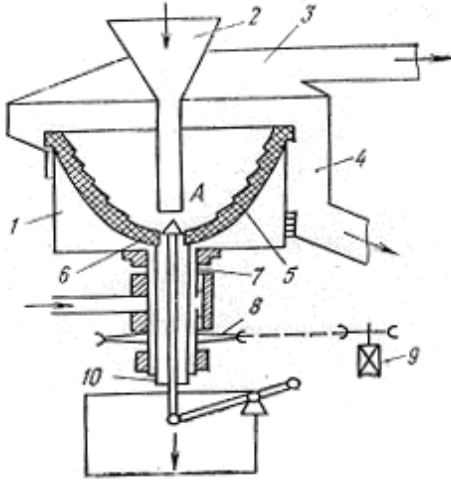
ხოლო სილებისა და გადანადენის დიამეტრთა თანაფარდობა ცვალებადობს

$$d_{ს} / d_{გად} = 0.15 - 0.4$$

მაშასადამე, გამამდირებელ ჰიდროციკლონებში მინერალის მარცვალთა დაყოფის ეფექტურობა დამოკიდებულია გადანადენისა და სილების ნაცმის ზომებზე, რომელთა ოპტიმალური მნიშვნელობების დადგენა წარმოებს ექსპერიმენტების საშუალებით.

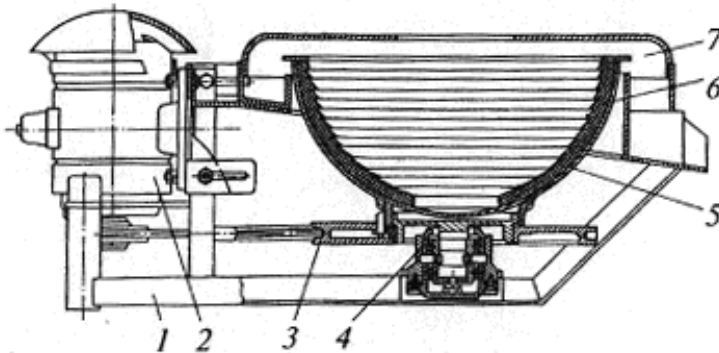
9.2. ცენტრიფუგებში გამდირება.

არადაწნევითი ცენტრიდანულ კონცენტრატორებში (ნახ.9.3.) ცენტრიდანული ძალა წარმოიქმნება კონუსური პერფორირებული როტორის ბრუნვის შედეგად, რომელიც წარმოადგენს მის მუშა ნაწილს. კონცენტრატორები ერთმანეთისგან მასალის გაფხვიერების ხერხის მიხედვით განსხვავდებიან.



ნახ.9.3. ცენტრიდანული კონცენტრატორის სქემა

1—ცილინდრული კორპუსი; 2—მკვებავი მილი; 3—ხუფი; 4—გადანადენის ღარი; 5,6—პერფორირებული ჯამბი; 7—ლილვი; 8,9—ამძრავი; 10—კონცენტრატორის განმტვირთი მილი.

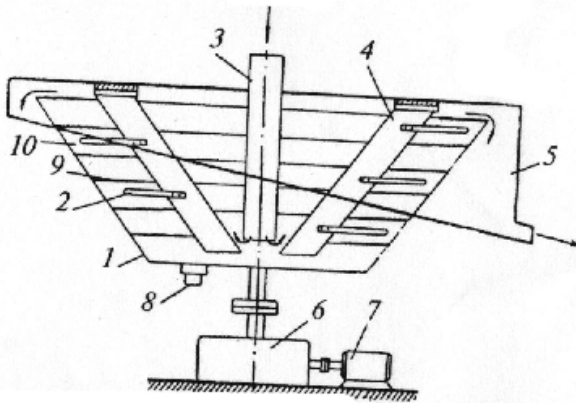


ნახ.9.4. კონცენტრატორ-ცენტრიფუგა

1—სადგარი; 2—ელძრავი; 3—შეკივი; 4—საკისარი; 5,6—პერფორირებული ჯამბი; 7—ხუფი.

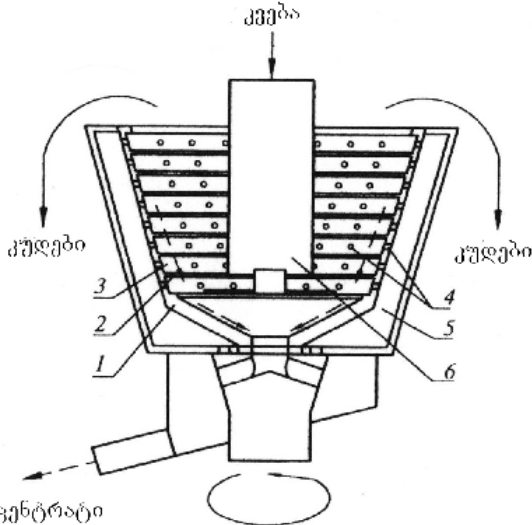
ცენტრიფუგები — საგების გაფხვიერების გარეშე (ნახ. 9.4.), საგების მექანიკური გაფხვიერებით — („ოროკონი“)

(ნახ. 9.5) საგების ჰიდრომექანიკური გაფხვიერებით „კნელსონი“, „ფალკონი“, „იტომაკი“ და სხვა.



ნახ.9.5. ცენტრიდანული კონცენტრატორი „ოროკონი“

1-კონუსური როტორი; 2-გამფხვიერებლები; 3-მკვებავი მილი; 4-კონსოლი; 5-გადანადენის ღარი; 6-რელუქტორი; 7-ელძრავი; 8-ხრახნული საცობი; 9-წრიული ტიხარი; 10-წრიული ღარები.

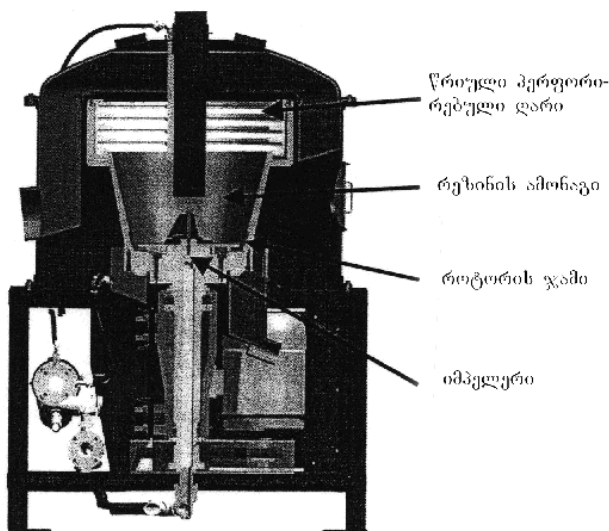


ნახ. 9.6. ცენტრიდანული კონცენტრატორი „კნელსონი“ (კანადა)

1-როტორი; 2-წრიული ტიხარი; 3-წრიული ღარი; 4-ხვრელი; 5-ჩამრეცი წყლის კოლექტორი; 6-მკვებავი მილი.

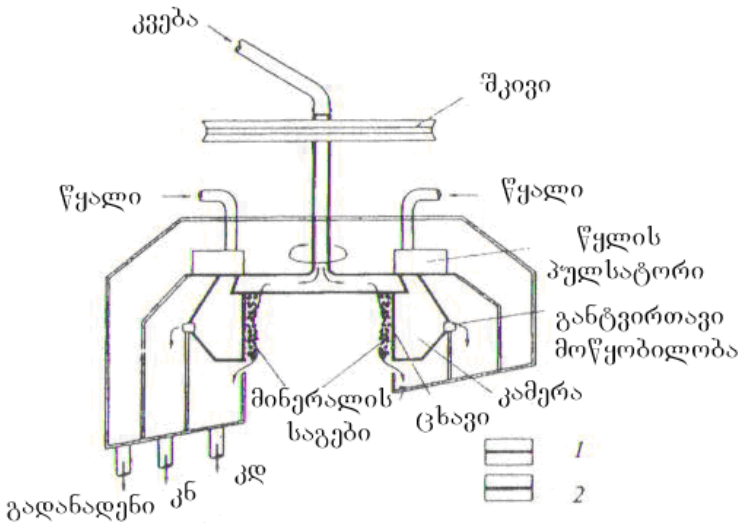
ცენტრიდანული კონცენტრატორი „კნელსონი“ (ნახ. 9.6) შედგება პერფორირებული კონუსური როტორისაგან (1), რომლის შიგა ზედაპირი წრიულად არის დაღარული (3), ღარები ერთმანეთისაგან განხოლოებულია წრიული ტიხრებით (2), საგების გაფხვიერება განხორციელებულია კოლექტორში წნევით მიწოდებული წყლის ნაკადით. კონცენტრატორს გასამდიდრებელი მასალა (2÷6 მმ) წყალთან ერთად მიეწოდება მკვებავი მილის (6) საშუალებით. როტორის ბრუნვის (60 გ) შედეგად წარმოქმნილი ცენტრიდანული ძალით მსუბუქი მინერალები წარიტაცება და განიტვირთება გადანადენის სახით, ხოლო მძიმე ფრაქცია (კონცენტრატი) დაილექება წრიულ ღარებში, განსაზღვრული დროის შემდეგ ღარებში დალექილი მძიმე ფრაქცია განიტვირთება წყლის ნაკადით. კნელსონის კონცენტრატორები მზადდება 6 ტიპის როტორის დიამეტრით 76-დან 1250 მმ-მდე.

კონცენტრატორ „ფალკონს“ (ნახ.9.7) გააჩნია განსაკუთრებული თავისებურებანი: როტორი დამზადებულია წრიული ტიხრების გარეშე, ცვეთაგამძლე რეზინის ამონაგით; მაღალი ცენტრიდანული აჩქარება (300 გ). გასამდიდრებელი მასალა მაქსიმალური ზომით- 2მმ-მდე წყალთან ერთად მყარის 45% შემცველობით მიეწოდება კონცენტრატორს. აღნიშნული ტექნოლოგიური პარამეტრებით შესაძლებელია მძიმე მინერალების უფრო ღრმა გამდიდრება და შეღარებით დაბალი ხარისხის კონცენტრატორის მიღება.



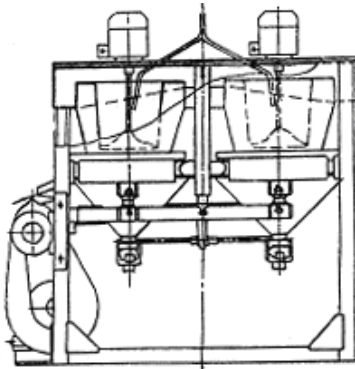
ნახ.9.7. ცენტრიდანული კონცენტრატორი „ფალკონი“
(კანადა)

ცენტრიდანული სალექი მანქანა „Campbell“ (ნახ.9.8.) შედგება სალექ კამერაში 100 გ აჩქარებით მბრუნავ ცილინდრული ცხრილისაგან, რომელსაც გასამდიდრებელი მასალა მიეწოდება ღრუ ლილვიდან. საგების გაფხვიერება განხორციელებულია ცხრილქვედა წყლის ნაკადით. მსუბუქი ფრაქცია განიტვირთება ცხრილზედა კლასის სახით, ხოლო მძიმე ცხრილქვედა. დალექვის პროცესი რეგულირდება : ამპლიტუდის, პულსაციის სიხშირისა და ცილინდრული ცხრილის ბრუნვის სიჩქარის ოპტიმალური მნიშვნელობის შერჩევით. „Campbell“ დამამზადებელი კომპანიის („Tranz Maz“) ინფორმაციით ოქროსშემცველი წმინდა ფრაქციის გადაშუშავებისას სალექი მანქანა უზრუნველყოფს 80-90% ლითონის ამოკრეფას.



ნახ. 9.8. ცენტრიდანული სალექი მანქანის სქემა (ა.შ.შ.)
 1—მბრუნავი ნაწილი; 2—უმრავი ნაწილი.

ცენტრიდანული სალექი მანქანა ЦОМ (ნახ.9.9) შედგება ვერტიკალურად მბრუნავი ორი ცილინდრული სალექი კამერისაგან. კამერის მუშაობა შესაძლებელია პარალელურად ან მიმდევრობით რეჟიმში. საგების გაფხვიერება განხორციელებულია დიაფრაგმის რხევით ანალოგიურად მოძტიპის სალექი მანქანებისა.



ნახ. 9.9.
 ცენტრიდანული სალექი მანქანის სქემა (რუსეთი)

ცენტრიდანული კონცენტრატორებში მინერალური ნედლეულის გამდიდრების ეფექტურობა დამოკიდებულია საწყის მასალაში სასარგებლო კომპონენტის მარცვლის ზომაზე და გაყოფის ფაქტორზე. (ცხრ.9.1; 9.2)

ცხრილი № 9.1.

კონცენტრატორის ტიპი	გაყოფის ფაქტორის მნიშვნელობა, F_{α} .		EK
	ოპტიმალური	მაქსიმალური	
ოროკონი (ა.შ.შ)	8	10-15	0.25
კნელსინი (კანადა)	60	100	0.65
ფალკონი (კანადა)	200	300	0.40
MGS(დიდი ბრიტანეთი)	5-15	15	1.0
კელსეუ(ავსტრალია)	6	100	0.85

ცხრილი № 9.2.

მძიმე მარცვლი ს ზომა, მ.მკ.	ფეროსილიციუმის ამოკრეფა, %.		ვოლფრამის ამოკრეფა, %.	
	ЦБК-10 0	„კნელსონი“- 3	ЦБК-10 0	„კნელსონი“- 3
160	75.5	99.8	99.5	99.9
130	90.1	99.2	99.8	99.9
100	98.1	99.1	99.9	99.9
70	99.5	94.2	99.9	99.9
40	94.5	84.2	99.7	99.6
20	81.7	60.7	96.2	95.1
15	66.7	28.3	84.3	85.0
10	39.0	15.1	65.5	62.3

10. მადნეულის მორეცხვა

10.1 მორეცხვის პროცესის არსი და დანიშნულება

დანალექი და ქვიშრობული საბადოების მადნებში მინერალები შეცემენტებულია ერთმანეთთან თიხის საშუალებით. თიხა, პლასტიკური დანალექი ქანია, რომლის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტია: S_iO_2 (30 – 70%); Al_2O_3 (10 – 40%) და H_2O (5 – 10%). ასეთი მადნების გამდიდრებისათვის აუცილებელია მათი წინასწარი მორეცხვა. მორეცხვის შედეგად წარმოებს სასარგებლო კომპონენტისა და ფუჭი ქანის მარცვლების ერთიმეორესთან დაშორება (დეზინტეგრაცია). ზოგიერთ შემთხვევაში მორეცხვის საშუალებით წარმოებს მადნების ნაწილობრივი გამდიდრება, ფუჭი ქანისა და თიხების მოშორების ხარჯზე. მოსარეცხ მადნებს მიეკუთვნება: რკინის, მანგანუმის, ქრომის, ფერადი და ზოგიერთი იშვიათი ლითონების შემცველი მადნები, სამშენებლო მასალები და სხვა.

მორეცხვის ინტენსივობა დიდად არის დამოკიდებული შემკვრელი თიხოვანი მასალის პლასტიურობაზე. პლასტიურობა აღინიშნება კოეფიციენტით K და ტოლია:

$$K = \beta_1 - \beta_2$$

სადაც β_1 - თიხის ის ზღვრული სინესტეა, რომლის დროსაც გარეგანი ძალების ზემოქმედების გარეშე თიხა იწყებს დაშლას (დენადობას). β_2 - თიხის ის ზღვრული სინესტეა, რომლის დროსაც მექანიკური ძალების მოქმედების შედეგად წარმოებს თიხის დაშლა.

თიხაშემცველი მადნები მორეცხვის სიძნელის მიხედვით იყოფა სამ ძირითად ჯგუფად: ძნელი, საშუალო და ადვილად მოსარეცხი.

აღნიშნული კატეგორია დამოკიდებულია მორეცხვის ხანგრძლივობაზე, ელექტრო ენერჯის ხვედრით ხარჯზე,

წყლის ხვედრით ხარჯზე და პლასტიკურობის კოეფიციენტზე.
(ცხრილი 10.1)

ცხრილი № 10.1.

მადნების კლასიფიკაცია მორეცხვის მიხედვით

მადნის კატეგორია	პლასტიკურობის რიცხვი	მორეცხვის ხანგრძლი-ობა, წთ	ელ. ენერგიის ხვ. ხარჯი, კვტ სთ/ტ	წყლის ხარჯი, მ ³ /ტ	რეკომენდებული მომრეცხი აპარატი
ადვილად მოსარეცხი	1-7	0-3	0.25	1-2	ბუტარა სპირალური კლასიფიკატორი
საშუალოდ მოსარეცხი	7-15	3-6	0.25-0.5	2-4	ჰორიზონტალური და დახრილვარცლიანი
ძნელად მოსარეცხი	>15	>6	0.5-1	3-4	სკრუბერი, ვიბრო მომრეცხი

10.2. მომრეცხი მანქანები

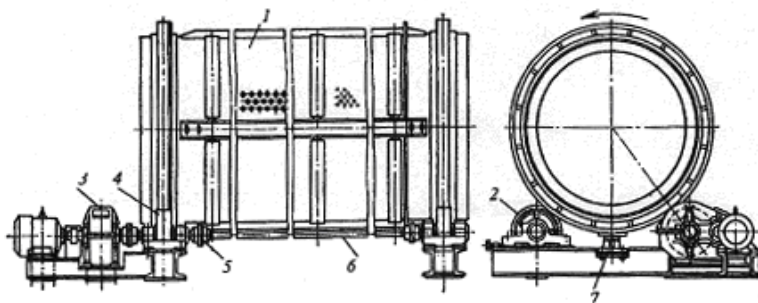
თიხაშემცველი მადნების მოსარეცხად გამოიყენება სხვადასხვა კონტრუქციის მანქანა-დანადგარები, დოლური (ცხრილი, ბუტარა, სკრუბერი), ვარცლისებრი (დახრილი და ჰორიზონტალური) კომბინირებული, ფიალისებრი, ჰიდრაულიკური და კოშკური.

დოლური და ჰიდრაულიკური მომრეცხი აპარატურა გამოიყენება ადვილად მოსარეცხი მადნებისათვის. კომბინირებული და კოშკური – ძნელად მოსარეცხი მადნებისათვის, ხოლო ვარცლისებრი და ფიალისებრი – საშუალო მორეცხვის მადნებისათვის.

ჰიდრაულიკური ღარები გამოიყენება მცირე წარმადობის ოქროს ან კალის შემცველ ქვიშრობების მამდიდრებელ ფაბრიკებში. მორეცხის პროცესში დეზინტეგრაცია მიღწეულია

ღარში მოძრავი ნატეხის ურთიერთ შეჯახებით. წყლის ხარჯი დამოკიდებულია ქვიშრობის სახეობაზე და აღწევს 10 მ³/ტ.

ბუტარა (ნახ.10.1.) გამოიყენება ადვილად მოსარეცხი მადნებისათვის, იგი წარმოადგენს დოლურ ცხრილს, რომლის შიგა ზედაპირზე დამაგრებულია რკინის კუთხოვნები, რომელთა საშუალებით წარმოებს მასალის დეზინტეგრაცია.



ნახ. 10.1. დოლური ცხრილი (ბუტარა).

1—დოლი; 2—გორგოლაჭი; 3—ამძრავი; 4—ამძრავი გორგოლაჭი;
5—ქურო; 6—ლილვი; 7—საყრდენი გორგოლაჭი.

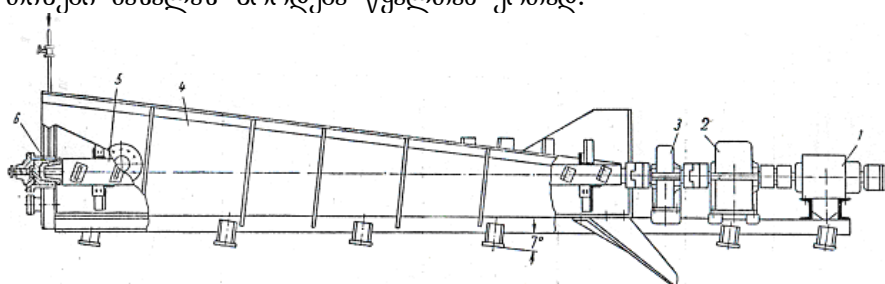
მოსარეცხი მასალის მაქსიმალური სიმსხოა 300-350 მმ. წყლის ხარჯი შეადგენს 4-10 მ³/ტ. მორეცხილი მასალა გამოიყოფა გარკვეული ზომის კლასების სახით.

ვარცლისებრი მოძრეცხი (ნახ.10.2.) შედგება ვარცლისაგან (4), რომელშიდაც მოთავსებულია ლილვი (5). ლილვზე დაცმულია ფირფიტები. ლილვის ბრუნვის შედეგად წარმოებს მოსარეცხი მასალის დეზინტეგრაცია. მორეცხილი მასალა განიტვირთება ღარის საშუალებით, რომელიც მოთავსებულია ამძრავი მექანიზმის მხარეს.

„სკრუბერ-ბუტარი“, (ნახ.10.3.) გამოიყენება იშვიათი ლითონების შემცველი ქვიშრობების მორეცხვა—დეზინტეგრაციისათვის. შედგება ცილინდრული ფორმის მქონე დოლისაგან (1), რომლის გამტვირთავ თავზე მიდრეკილია წაკვეთილი კონუსის მქონე ბუტარა (5). ცილინდრული დოლი

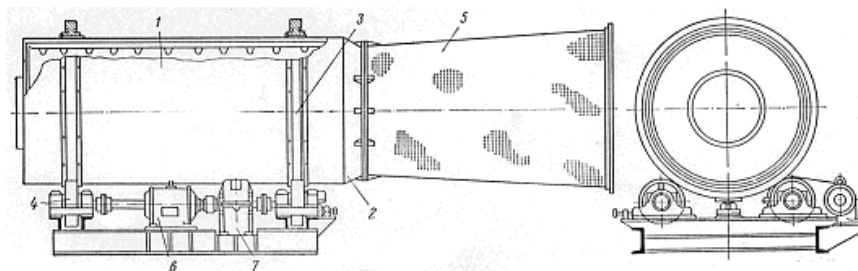
დაყრდნობილია (4) საკისარზე. ამძრავი მექანიზმების (6, 7) საშუალებით ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას. მასალის მოძრაობის გადაადგილების მიზნით დოლი დახრილია $3,5^{\circ} \pm 6^{\circ}$ -ით.

მორეცხილი მასალა გამოიყოფა ბუტარებიდან გაუწყლოებული გარკვეული ზომის კლასის სახით. შლამი და თიხები მასალას შორდება წყალთან ერთად.



ნახ. 10.2. ვარცლისებრი მომრეცხი 0-93.

1-ელძრავი; 2,3-რელექტორი; 4-ვარცლი; 5-ლილვი; 6-საკისარი.



ნახ. 10.3. სკრუბერ-ბუტარა СБ-1.3.

1-დოლი (სკრუბერი); 2-დოლის კონუსური ნაწილი; 3-არტახი;
4-გორგოლაჭი; 5-ბუტარა; 6-ელძრავი; 7. რელექტორი.

განსაკუთრებით დიდი რაოდენობის თიხების შემცველი მადნების მორეცხვა წარმოებს კომპლექსურ მომრეცხვ აპარატურაში, რომელიც წარმოადგენს ცილინდრს კონუსური ძირით. კომპლექსურიდან მიეწოდება შეკუმშული ჰაერი. მოსარეცხი მადანი

მიეწოდება ზემოდან და არევა წარმოებს წყლისა და შეკუმშული ჰაერის ერთობლივი ქმედების შედეგად.

მომრეცხი აპარატურის მწარმოებლობა იანგარიშება ელ. ენერჯიის ხვედრითი ხარჯის მიხედვით

$$Q = \frac{NE}{\ell}$$

სადაც

Q- მომრეცხი აპარატის მწარმოებლობა, ტ/სთ;

N - არის შერჩეული მომრეცხი აპარატის სიმძლავრე,

კვტ;

E - ელძრავიდან მომრეცხ აპარატზე სიმძლავრის გადაცემის მ.კ.კ. E= 0.95-0.97;

ℓ - ელ. ენერჯიის ხვედრითი ხარჯი, კვტ.სთ/ტ.

11. პნევმატიკური გამდიდრება

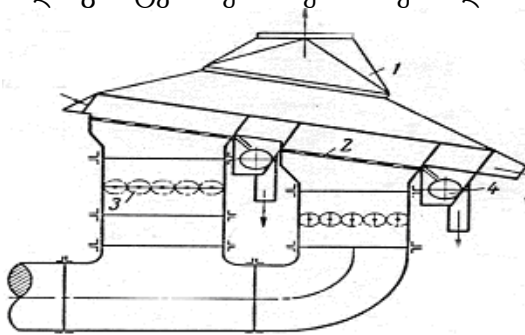
ჰაერის გარემოში მარგი წიაღისეულის სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფის პროცესს პნევმატიკური გამდიდრება ეწოდება. შეკუმშული ჰაერის პულსირებულ ნაკადში მარგი წიაღისეულის სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფა ხასიათდება მცირე ეფექტურობით, ამიტომ პნევმატიკური გამდიდრება პრაქტიკაში იშვიათად გამოიყენება. ძირითადად პნევმატიკური გამდიდრება გამოიყენება მცირე ტენტევალი ნახშირების, აზბესტის და მცირე კუთრი წონის მქონე წიაღისეულთა გასამდიდრებლად. ჰაერის გარემოში სიმკვრივეების მიხედვით დაყოფის თეორიული საფუძვლები მარგი წიაღისეულისა იგივეა, რაც წყლის გარემოში გამდიდრების დროს. ჰაერის გარემოში მინერალების თავისუფალი ვარდნის სიჩქარეები განისაზღვრება წყლის გარემოში ვარდნის სიჩქარეების საანგარიშო ფორმულებით.

ჰაერის სიმკვრივე $\Delta = 1,233 \text{ მ}^3$, ხოლო სიბლანტე $\mu = 0,00018$.

11.1 პნევმატიკური გამდიდრების აპარატურა

პნევმატიკური გამდიდრებისათვის გამოიყენება პნევმატიკური სალექი მანქანები, აეროსუსპენზიური სეპარატორები და პნევმატიკური მაგიდები.

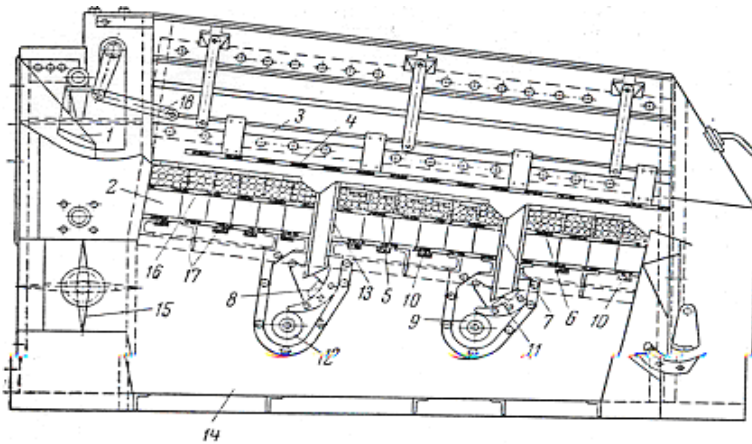
პნევმატიკური სალექი მანქანის (ნახ. 11.1.) კორპუსი, რომლის ზედა ნაწილი ბოლოვდება ქოლგისებური ფორმით (1) შედგება სალექი ცხავისაგან (2), მძიმე ფრაქციის განმტვირთი შნეკისაგან (4) და მბრუნავი სარქველისაგან (3). სალექი მანქანის მოქმედების პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: სალექი მანქანას მიეწოდება შეკუმშული ჰაერი განსაზღვრული წნევით დამლექი ცხავის ქვემოდან. მინერალები, რომელთა ვარდნის სიჩქარე აღემატება შეკუმშული ჰაერის მიწოდების სიჩქარეს, დაილექება ცხავის ზედაპირზე, ხოლო მინერალები, რომელთა ვარდნის სიჩქარე მცირეა შეკუმშული ჰაერის სიჩქარეზე ატივტივდება და განიტვირთება ჰაერთან ერთად.



ნახ. 11.1. პნევმატიკური სალექი მანქანა.

1-ქოლგა; 2-ცხავი; 3-მბრუნავი სარქველი; 4-განტვირთი შნეკი.

პნევმატიკური სალექი მანქანა POM-1, რომელიც გამოიყენება 13 მმ-იანი კლასის ადვილი და საშუალო გამდიდრებადობის ნახშირების გასამდიდრებლად, მოცემულია ნახ. 11.2.

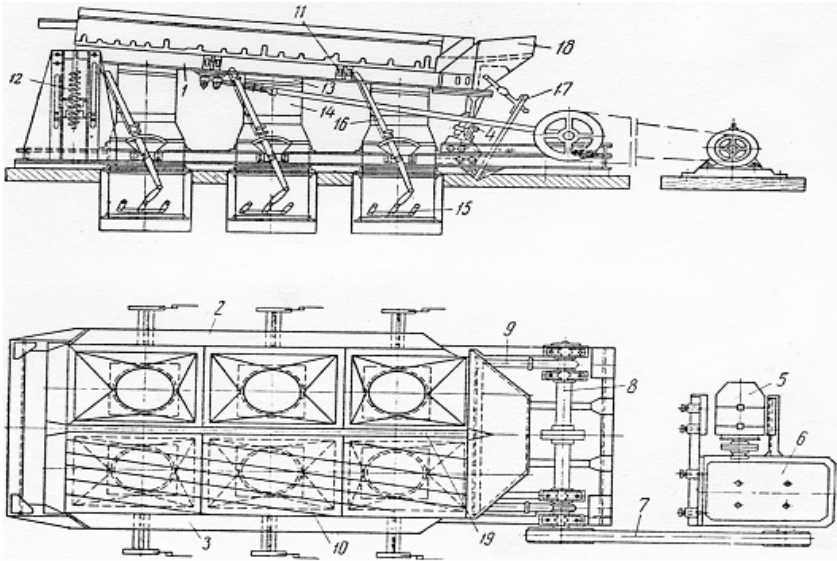


ნახ. 11.2 პნევმატიკური სალექი მანქანა ПОМ-1.

1—ქანქარა მკვებავი; 2,5,6—უძრავი დეკები; 3—მიმართველი; 4— ცხავი; 7,13—განმტვირთი კამერები; 8,11—სექტორული საკეტები; 9,12—ხრახნული კონვეიერები; 10—საკეტი; 14—გამანაწილებელი კამერა; 15—პულსატორი; 16—ცხავი; 17—ტიხარი; 18—ამძრავი.

პნევმატიკური სეპარატორი VIII-3 (ნახ. 11.3.) შედგება კორპუსისაგან (1), რომელშიც დეკები (2,3) დამაგრებულია დახრილ დანისებურ საყრდენებზე (4), დეკების რხევითი მოძრაობა განხორციელებულია ელექტროძრავი (5), სიჩქარის ვარიატორის (6), ღველური გადაცემის (7), ექსცენტრიული ლილვისა (8) და წყვილი მრუდხარას (9) საშუალებით.

პნევმატიკური სეპარატორის რეგულირება განხორციელებულია დეკას დახრის კუთხის, დანისებური საყრდენების, დეკას რხევათა რიცხვის და შეკუმშული ჰაერის ხარჯის ცვალებადობით. აღნიშნული სეპარატორი გამოიყენება ნახშირების გასამდიდრებლად.

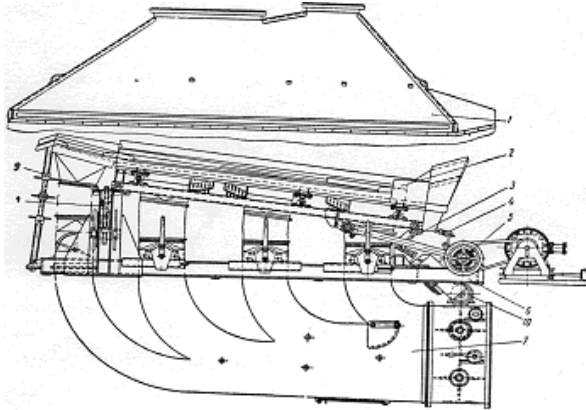


ნახ. 11.3. პნევმატიკური სეპარატორი YIII-3.

- 1-მუშა კამერა; 2, 3-დეკა; 4-დახრილი საყრდენი; 5-ელძრავი;
 6-სიჩქარის ვარიატორი; 7-ღვედური გადაცემა; 8-ექსცენტრიული ლილვი;
 9-წვრილი მრუდხარა; 10, 11- ღარი; 12- ხრახნული მექანიზმი; 13-
 შეპრევი; 14, 16- სახელური; 15-დროსელური ფარი; 17-ამორტიზატორი;
 18-ჩამტვირთი ღარი.

პნევმატიკური სეპარატორი CIK-40 (ნახ. 11.4.) შედგება ქოლგისებური შემწოვისაგან (1), მუშა ყუთი (2), წინა დანისებური საყრდენი (3), ამორტიზატორი (4), წამყვანი ლილვი (5), ჩარჩო (6), ჰაერის პულსატორები (7), ყუთთა ამწევი მექანიზმი (8), მძიმე ფრაქციის განმტვირთი მექანიზმებისაგან (9) და ჯაჭვური ბადეებისაგან (10).

აღნიშნული სეპარატორი გამოიყენება 50 მმ-ღე ზომის ქვანახშირისა და მურა ნახშირების გასამდიდრებლად.



ნახ. 11.4. პნევმატიკური სეპარატორი CHK-40.

- 1—შემწოვი ქოლგა; 2—მუშა კამერა; 3—საყრდენი; 4—ამორტიზატორი;
 5—წამყვანი ლილვი; 6—სადგარი; 7—პულსატორი; 8,9—ამწე მექანიზმი;
 10—ჯაჭვური გადაცემა.

12. გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემები

ტექნოლოგიური სქემისა და ცაკლეული ოპერაციების შერჩევა წარმოებს კვლევითი სამუშაოების და ანალოგიური პროცესით მომუშავე მოწინავე გამამდიდრებელი ფაბრიკების პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე. შესადარებელი ვარიანტების წინასწარი შერჩევა წარმოებს პრაქტიკისა და გამდიდრების თეორიის ზოგადი პრინციპების საფუძველზე. შემდეგ აწარმოებენ შესაბამის ტექნიკურ-ეკონომიკურ გაანგარიშებებს, რომელთა საფუძველზედაც წარმოებს გასამდიდრებელი წიაღისეულის ტექნოლოგიური პროცესის ყველაზე ეკონომიური ვარიანტის შერჩევა.

12.1. გრავიტაციული გამდიდრების პრაქტიკა

გამდიდრების გრავიტაციული პროცესები ფართოდ გამოიყენება მსხვილმარცვლოვანი ჩაწინწკლოლობის ლითონური, არალითონური და საწვავი წიაღისეულის გამდიდრების პრაქტიკაში.

მძიმე სუსპენზიებში გამდიდრება ეფექტურად გამოიყენება ნებისმიერი გამდიდრებადობის მსხვილი კლასის (300-13(10) მმ) ნახშირებისა და (150-6 მმ) მადნების გასამდიდრებლად.

შედარებით წვრილმარცვლოვანი (6-0,2მმ) წიაღისეულის გამდიდრება შესაძლებელია ცენტრიდანული ველით დამყოფ სუსპენზიურ სეპარატორებში.

მძიმე სუსპენზიებში წიაღისეულის წინასწარი გამდიდრებით შესაძლებელია 25-დან 80 % -მდე სუფთა კუდების გამოყოფა, რაც 1,5-2-ჯერ ზრდის არსებული გამამდიდრებელი ფაბრიკის წარმადობას და 25-30%-ით ამცირებს წიაღისეულის გადამუშავების თვითღირებულებას.

პროცესის დაყოფის სიზუსტე და ტექნოლოგიური ეფექტურობა საშუალებას გვაძლევს გავამდიდროთ ღარიბი მადნები და ზოგიერთი გრავიტაციული ფაბრიკის დასაწყობებული კუდები.

დალექვის პროცესით შესაძლებელია 50-0,25 მმ სიმსხოს მადნებისა და 120-0,5 მმ ზომის ნახშირების გამდიდრება. მადნების დალექვა განხორციელებულია ვიწრო კლასიფიკაციის სკალით.

საკოქსე ნახშირებს ორ სამანქანო კლასად + 13(10)მმ და -13(10)მმ ყოფენ, ხოლო ენერგეტიკული ნახშირების გამდიდრებისას განხორციელებულია არაკლასიფიცირებული დალექვა.

დახრილ სიბრტყეზე მოძრავ წყლის ნაკადში გამდიდრება (საკონცენტრაციო მაგიდები, რაბები, ხრახნული სეპარატორები, ჭავლური, ვიბრაციული და ცენტრიდანული კონცენტრატორები) ფართოდ გამოიყენება ქვიშრობული მადნების გამდიდრების პრაქტიკაში. გრავიტაციული გამდიდრების პრაქტიკული მონაცემები მოცემულია ცხრილებში 12.1–12.7.

ცხრილი 12.1.

ჭიათურის მანგანუმის მამლიძრებელ ფაბრიკებში გამოყენებული სალექი მანქანების მუშაობის რეჟიმი.

ფაბრიკა	მანქანის მარკა	მასალის ზომა, მმ	მანქანის მუშაობის რეჟიმი					ელ. ენერგიის ხარჯი კვტ.სთ/ტ	შემცველობა, %		ამოკრეფა, %
			ამბლდელუტა მმ	პულსაციის სიხშირე, რხ/წთ	საგების სიმაღლე, მმ	ხვედრითი წარმადობა ტ/მ ² .სთ	წყლის ხარჯი, მ ³ /ტ		კონცენტრაცი რატი	კუდები	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ც.გ.ფ. (ჭიათურა)	მოდრავ ცხრილიანი	-16+12	35-45	90-140	130-170	6-8	3.5-5	0.4- 0.55	49.7	7.4	85
№25-ბის (ჭიათურა)	მოდრავ ცხრილიანი	„—“ -25+12	40-50	100- 105	120-180	5-7.5	3.5-5.8	0.5- 0.75	46-47	14.2	85
№29 ფ. (ჭიათურა)	მოდრავ ცხრილიანი	„—“ -20+10	55-60	90	160	„—“	3-3.5	„—“	51.9	10.8	86
ა.გ.ფ. „ღარკვეთი“ (ჭიათურა)	მოდრავ ცხრილიანი	„—“ 35+20	80	75	150-160	9-12.5	5-6	0.35- 0.45	48.3	10.5	80
„გრუმესკის“ (ნიკოპოლი უკრაინა)	მოდრავ ცხრილიანი	„—“ -35+3	38	150	150-160	5.5	4	0.6	43.5	6.8	70
ც.გ.ფ. (ჭიათურა)	ОВМ-5	„—“ -3+0	3-4	400	ხელ.საგ. 6-10მმ 70-100	4-5	2.5-3.0	0.45	49.6- 50.8	16.6	83.4
ც.გ.ფ. (ჭიათურა)	МОД-3	-2+0	4-5	350	35-40	4-5	3.0	0.5-0.6	51.5	8.6	70
25-ბის (ჭიათურა)	МОБК-6 P-0.2 ატ.	-25+12	180	30	ხელ.საგ. 6-8მმ	7.5-9	5.5-6.6	—	46.8	—	92.8

ცხრილი .12.2

უღვეუშო სალექ მანქანებში ნახშირების გამდიდრების პროდუქტების ფრაქციული შედგენილობა

ნახშირის ზომა,მმ	ფრაქციის სიმკვრივე, კგ/მ ³	გამოსავალი %		
		კონცენტრატი	შუალედი პროდუქტი	კულები
13-0	<1500	97.5	30.4	0.5
	1500-1800	2.0	46.2	4.6
	>1800	0.5	23.4	94.9

ცხრილი 12.3

სუსპენზიურ ჰიდროციკლონებში ნახშირის (13-0 მმ) გამდიდრების შედეგები

ჰიდროციკლონების ტექნოლოგიური პარამეტრები			სუსპენზიის სიმკვრივე, კგ/მ ³	ფრაქციის სიმკვრივე, კგ/მ ³	საწყისი ნახშირი		კონცენტრატი			შუალედი პროდუქტი		
ვიდროციკლონის დატვირთვა მპ/სთ	ნაცმის დიამეტრი, მმ				გამოსავალი, %	ნაცრიანობა, %	გამოსავალი % ოპერაციიდან,	გამოსავალი % საწყისიდან,	ნაცრიანობა, %	გამოსავალი % ოპერაციიდან,	გამოსავალი % საწყისიდან,	ნაცრიანობა, %
	გადაადენი	სიღების										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
300-350	150	70	1.35	<1500	63.5	6.5	90.5	54.7	6.2	22.3	8.8	8.4
				1500-1800	8.7	24.3	5.1	3.1	16.8	14.2	5.6	28.4
				>1800	27.8	80.4	4.6	2.8	60.1	63.5	25.0	82.7
საწყისი					100	28.6	100	60.6	9.2	100	39.4	58.4

**სხვადასხვა კონუსურობის კუთხის ჰიგროციკლონებში
ნახშირის (<3მმ) გამდიდრების შედეგები**

კონუსურობის კუთხე, გრადუსი	საწყისი ნახშირის ნაცრიანობა, %	კონცენტრატი		კულები		გაყოფის ცდომილება, გრ/სმ ³	ეფექტურობის კოეფიციენტი
		გამოსავალი, %	ნაცრიანობა, %	გამოსავალი, %	ნაცრიანობა, %		
20	20.3	32.6	6.8	67.4	26.5	0.28	6.3
30	20.8	34.2	6.2	65.8	28.7	0.22	8.2
60	21.4	55.9	6.1	44.1	40.8	0.12	21.1
80	21.4	61.8	5.2	38.2	47.5	0.09	30.9
120	20.1	72.2	5.5	27.8	56.8	0.06	49.2

**მოკლეკონუსურ ჰიდროციკლონში ნახშირის გამდიდრების
შედეგები (ა.შ.შ.)**

მასალის ზომა, მმ	კვება			გაღანადენი			სილები		
	გამოსავალი, %	ნაცრიანობა, %	გოგორდის შემცველობა, %	გამოსავალი, %	ნაცრიანობა, %	გოგორდის შემცველობა, %	გამოსავალი, %	ნაცრიანობა, %	გოგორდის შემცველობა, %
-0.883+0.589	8.11	7.8	2.14	6.52	3.2	0.82	17.71	24.5	7.44
-0.589+0.417	11.46	9.6	3.44	10.35	3.6	0.91	17.47	41.4	15.28
-0.417+0.295	11.75	10.7	4.09	13.37	3.8	0.93	18.79	49.2	19.44
-0.295+0.208	13.99	9.9	4.19	12.79	4.2	0.98	15.32	54.6	22.28
-0.208+0.147	11.33	9.8	4.39	9.99	4.5	1.03	12.10	57.3	29.22
-0.147+0.104	7.07	9.2	3.96	8.06	5.5	1.34	7.18	56.9	31.7
-0.104+0.074	7.32	9.5	3.80	6.97	6.4	1.72	5.44	55.4	34.12
-0.074+0.043	6.36	9.2	3.60	8.02	9.9	2.40	3.34	53.3	33.5
-0.043+0	22.61	12.7	1.86	23.93	12.9	1.64	2.65	30.5	13.0
სულ	100.0	10.29	3.34	100.0	6.84	1.31	100.0	45.8	20.20

საკონცენტრაციო მაგიდის ტექნოლოგიური პარამეტრების მნიშვნელობები

მასალის მაქსიმალური ზომა, მმ	ამპლიტუდა, მმ	რხევის სიხშირე, წთ	მასალის მაქსიმალური ზომა, მმ	ამპლიტუდა,მ მ	რხევის სიხშირე, წთ
3.0	24	200	0.8	17	262
2.5	23	208	0.6	16	277
2.36	22	210	0.5	15	287
2.15	22	215	0.4	14	300
2.0	21.5	217	0.3	13	319
1.5	20	230	0.2	12	315
1.4	20	234	0.1	10	396
1.2	19	239	0.07	9	426
1.0	18	250	0.04	8	470

CK–ტიპის საკონცენტრაციო მაგიდაზე იშვიათ ლითონთა მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლები

მაგიდის ტექნოლო- გიური პარამეტრები			მასალის ზომა,მმ	პროდუქტი	გამოსავალი, %	შემცველობა, %	ამოკრეფვა, %
ამპლიტუდა, მმ	რხევის სიხშირე,წთ	წარმადობა ტ/სთ					
18- 20	300	8- 10	- 2+0 .8	კონცენტრატი შუალედი პროდუქტი კუდები საწყისი მადანი	25 50 25 100	15 2 1 5	75 20 5 100

12.2. ნახშირის გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემები

ნახშირის გამდიდრების სქემის შერჩევისათვის ძირითადი ფაქტორებია გამდიდრების მეთოდები, გამდიდრების სიღრმე, ნახშირის გამდიდრებადობის უნარი, გამდიდრების საბოლოო პროდუქტებისადმი მომხმარებლის მიერ წაყენებული მოთხოვნები.

მოგვეყავს საკოქსე და ენერგეტიკული ნახშირების გამდიდრების ზოგიერთი ტიპური სქემები*:

*ტექნოლოგიური სქემების ნახაზებზე მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

კ-კონცენტრატი, მკ-მსხვილი კონცენტრატი, წკ-წვრილი კონცენტრატი, ფკ-ფლოტაციური კონცენტრატი, შპ-შუალედი პროდუქტი, შ-შლამი, კლ-კუდები, ფქ-ფუჭი ქანი; შწ-შლამიანი წყალი, დწ-დაწმენდილი წყალი, შშ-შესქელებული შლამი, წშ-წვრილი შლამი; ნ-ნალექი, ფ-ფუგატი, ფლ-ფილტრატი.

სარეცხ ღარებში გამდიდრების ტექნოლოგია
ითვალისწინებს ადვილგამდიდრებადი რიგითი ნახშირის წინასწარ გაცხრილვას, მსხვილი კლასის 50მმ დამსხვრევას, ორ სამანქანო კლასად კლასიფიკაციას, თითოეულის სარეცხ ღარებში გამდიდრებას და შლამების ფლოტაციას.

პნევმატიკური გამდიდრება გამოიყენება არატენტევადი მშრალი ნახშირების გასამდიდრებლად. დამსხვრევის შემდეგ ნახშირს ყოფენ ორ-სამ სამანქანო კლასად, რომლებსაც ცალ-ცალკე ამდიდრებენ, მხვილ კლასს-პნევმატიკურ სეპარატორებში, ხოლო წვრილს-პნევმატიკურ სალექ მანქნებში.

სალექ მანქანებში გამდიდრების წინ რიგითი ნახშირიდან წინასწარი გაცხრილვით გამოყოფენ >80 (100,125) მმ-ზე უფრო მსხვილ ნატეხებს, რომლებსაც ამსხვრევენ და დანარჩენ ნახშირთან შერევის შემდეგ ცხრილზე ყოფენ მსხვილ და წვრილ სამანქანო კლასად. თითოეულ კლასს ცალ-ცალკე

ამდიდრებენ ჰიდრაავლიკურ სალექ მანქანებში. მსხვილ შუალედ პროდუქტს ამსხვრევენ და წვრილ შუალედ პროდუქტებთან ერთად ამდიდრებენ საკონტროლო სალექ მანქანებში, ხოლო შლამებს—ფლოტაციური მეთოდით.

იყენებენ, აგრეთვე, არაკლასიფიცირებული ნახშირების დალექვის მეთოდით გამდიდრებას, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს გამდიდრების ტექნოლოგიურ პროცესს და ამცირებს გამდიდრების თვითღირებულებას.

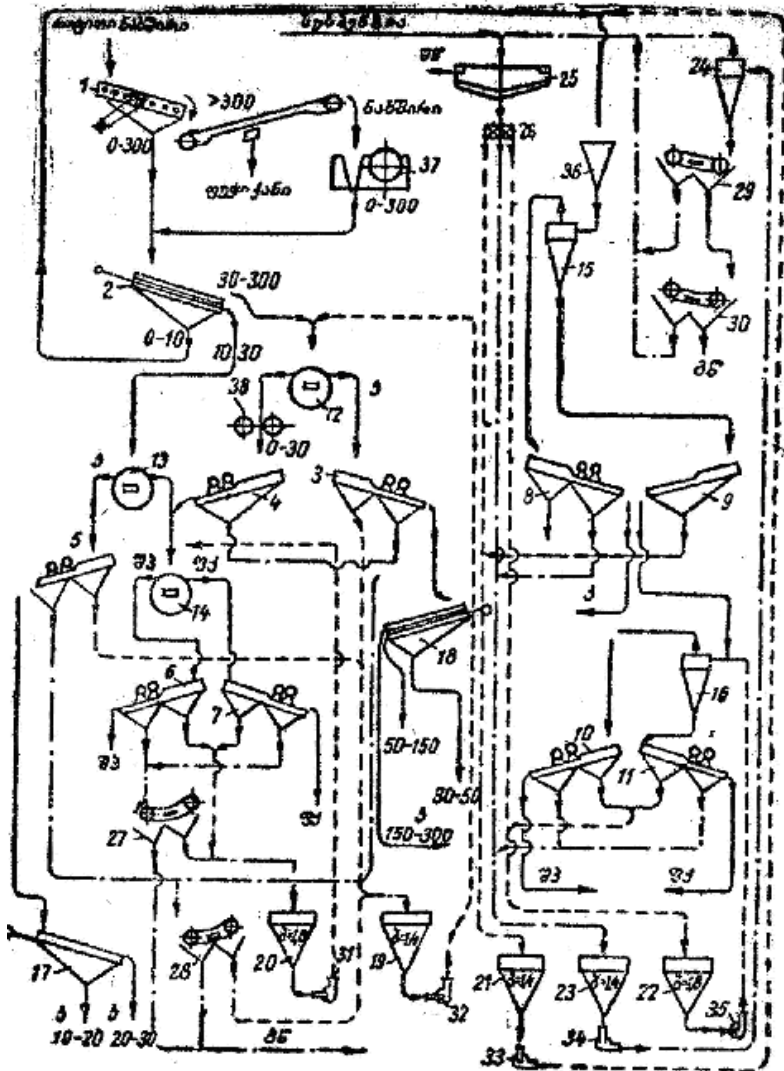
გრავიტაციულ კონცენტრატებს აუწყლოებენ ცხრილებსა და ცენტრიფუგებში, ხოლო ფლოტაციურ კონცენტრატებს ფილტრებში.

მძიმესუსპენზიან სეპარატორებში ნახშირის გამდიდრება არის გამდიდრების ყველაზე ეფექტური თანამედროვე მეთოდი. ამ მეთოდით ნახშირის გამდიდრების პრაქტიკული მაჩვენებლები უახლოვდება თეორიულად შესაძლებელ მაჩვენებლებს. ეს მეთოდი განსაკუთრებით ეფექტურია ძლენელადგამდიდრებადი ნახშირების გამდიდრებისათვის.

მძიმესუსპენზიან სეპარატორებში ნახშირის გამდიდრების უპირატესობა გრავიტაციული გამდიდრების სხვა მეთოდებთან შედარებით ის არის, რომ ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა გამდიდრებულ იქნეს ნებისმიერი კატეგორიის ნახშირი.

მძიმესუსპენზიაში გასამდიდრებელი ნახშირის სიმსხოს ზედა ზღვარი მაღალია (200-600მმ), რაც საშუალებას იძლევა ეს მეთოდი გამოვიყენოთ აგრეთვე მხვილი რიგითი ნახშირიდან (სამთო მასიდან) ქანების ამორჩევის პროცესის მექანიზაციისათვის.

ნახშირის გამდიდრების პრაქტიკაში მძიმე სუსპენზიანი სეპარატორები ძირითადად გამოიყენება 300–13 მმ სიმსხოს კლასის გამდიდრებისათვის. რაც შეეხება ნახშირის უფრო წვრილი კლასების მძიმე სუსპენზიაში გამდიდრებას, პრაქტიკაში ჯერ იშვიათად იყენებენ და ისიც ცენტრიდანულ ველში (ჰიდროციკლონებში, ცენტრიფუგებში და სხვა.).



ნახ. 12.1. მბიმესუსპენზიან სეპარატორებში ნახშირის გამდიდრების აპარატა ჯაჭვის სქემა

1—ცხრილი რიგითი ნახშირისათვის; 2—ცხრილი სამანქანო კლასებად კლასიფიკაციისათვის; 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 —ცხრილები გაუწყლოებისა და გამდიდრების პროექტებიდან სუსპენზიის მოცილებისათვის; 12, 13, 14—სეპარატორები ელევატორული ბორბლით

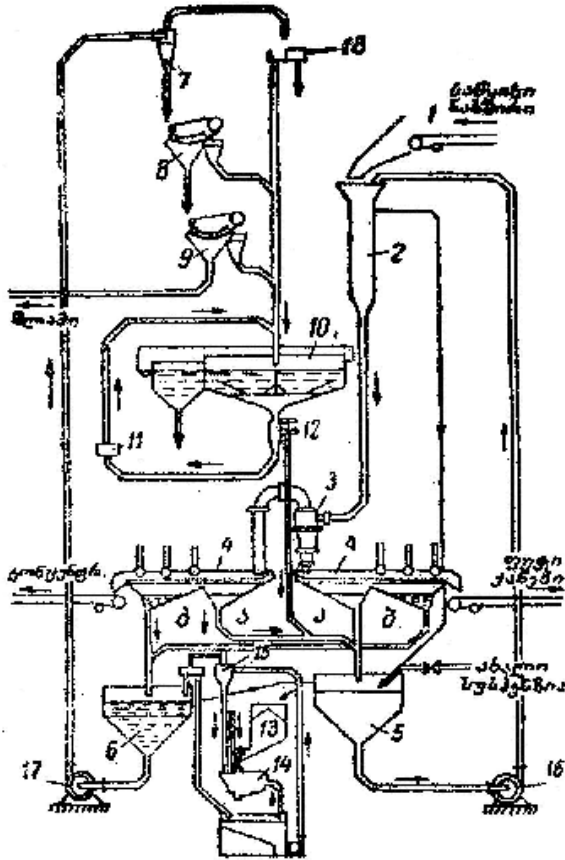
მსხვილი ნახშირის გამდიდრებისათვის; 15, 16— სეპარატორები ჰიდროციკლონები წვრილი ნახშირის გამდიდრებისათვის; 17, 18—ცხრილები კონცენტრატის კლასიფიკაციისათვის; 19, 20, 21, 22—მუშა სუსპენზიის ავზები; 23—განზავებული სუსპენზიის ავზები; 24—ჰიდროციკლონი სუსპენზიის შესქელებისათვის; 25—შემასქელებელი სუსპენზიისათვის; 26—სუსპენზიის სიმკვრივის რეგულატორი; 27, 28, 29, 30 — მაგნიტური სეპარატორები; 31, 32, 33, 34, 35 — ტუმბოები სუსპენზიის გადასატუმბად; 36—კონუსური ავზი; 37, 38—სამსხვრეველები.

მძიმესუსპენზიაში გამდიდრება წარმოებს სუსპენზიის გადატანითი და ბრუნვითი მოძრაობის სეპარატორებში. სუსპენზიის გადატანითი მოძრაობის სეპარატორებში ნახშირისა და ფუჭი ქანების ნატეხების დაყოფა წარმოებს სიმძიმის ძალის გავლენით, ხოლო სუსპენზიის ბრუნვითი მოძრაობის სეპარატორებში—ცენტრიდანული ძალების ზემოქმედებით. პროცესის პირველ სახესხვაობას იყენებენ მსხვილი ($>6(10)\mu\text{მ}$) ნახშირის გამდიდრებისათვის, ხოლო მეორე სახესხვაობას—წვრილი $[10(6)-0.5(2)\mu\text{მ}]$ ნახშირის გამდიდრებისათვის.

მძიმეგარემოიან სეპარატორების სამრეწველო დანადგარების მუშაობის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ნახშირის სიმსხოს ქვედა ზღვარი, რომელსაც სუსპენზიებში სტატიკურ პირობებში ამდიდრებენ, 10 მმ—ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. 10 მმ—ზე ნაკლები სიმსხოს ნახშირი მიზანშეწონილია გამდიდრდეს სალექ მანქანებში, რადგან წვრილი ნახშირის მძიმე სუსპენზიაში გამდიდრებისას საკმაოდ ზუსტი დაყოფის მიღწევა პრაქტიკულად გართულებულია.

წვრილი ნახშირის გამდიდრება სუსპენზიან ციკლონ—სეპარატორებში შესაძლებელია განხორციელდეს ნებისმიერ მძიმე სუსპენზიაში (მაგნეტიტის, ბარიტის ან სხვა დამამძიმებლის გამოყენებით).

წვრილი ნახშირის (0–10 მმ სიმსხოს) ციკლონ—სეპარატორში მაგნეტიტურსუსპენზიან გარემოში გამდიდრების სქემა მოცემულია 12.2. ნახაზზე.



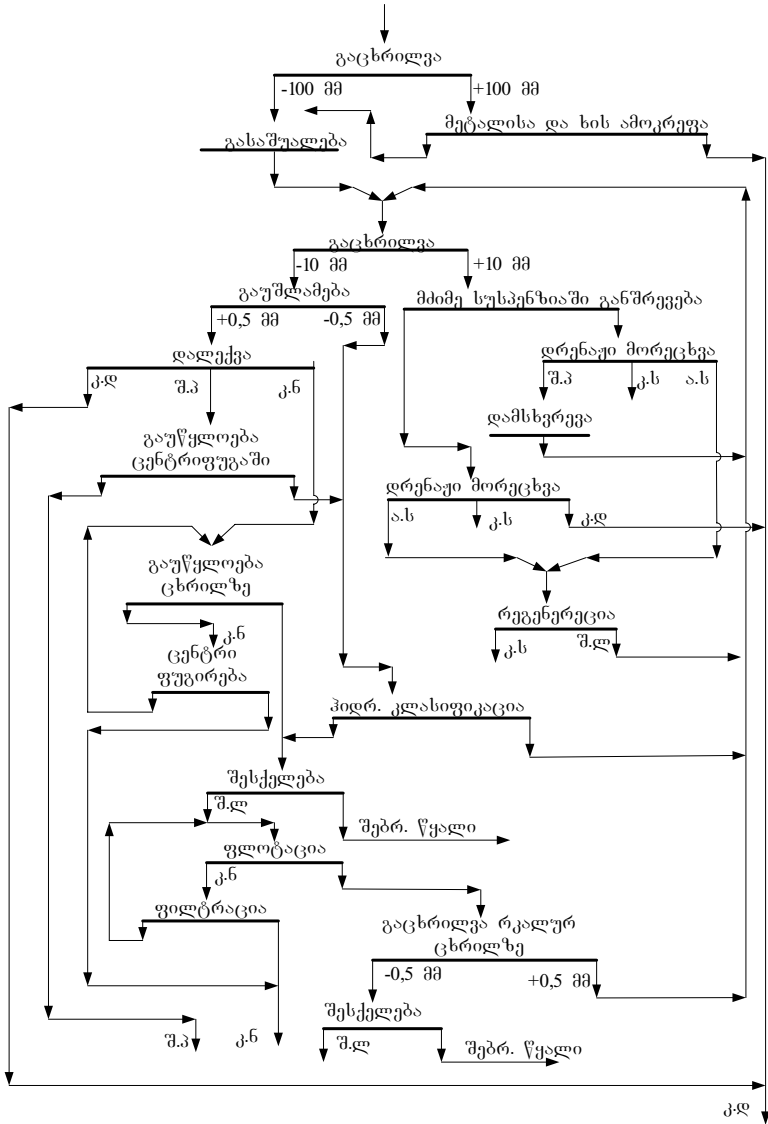
ნახ. 12.2. ჰიდროციკლონში წვრილი ნახშირის გამდიდრების აპარატთა ჯაჭვის სქემა:

- 1—კონვეიერი; 2—შემრევი; 3—ჰიდროციკლონ—სეპარატორი;
 4—ცხრილები გამდიდრების პროდუქტების გაუწყლოებისა და მორეცხვისათვის; 5—სალექარი ძაბრი მუშა სუსპენზიისათვის; 6—სალექარი ძაბრი განზავებული სუსპენზიისათვის; 7—ჰიდროციკლონ—შემასქელებელი;
 8 და 9—ლენტური მაგნიტური სეპარატორები; 10—რადიალური შემასქელებელი; 11—დიფრაგმირებული ტუმბო; 12—ავტომატური რეგულირების სარქველი; 13—ბუნკერი მაგნიტიტისათვის; 14—ბურთულებიანი ფისქილი;
 15—ჰიდროციკლონ—კლასიფიკატორი; 16 და 17—ტუმბოები; 18—სუფთა წყლის ავზი.

გამდიდრების წინ კონვეიერის (1) საშუალებით ნახშირი მიეწოდება შემრევს (2), სადაც წარმოებს მისი შეზავება სუსპენზიასთან, ხოლო შემდეგ საჭირნი მილგაყვანილობით მიეწოდება ჰიდროციკლონ–სეპარატორს (3), ციკლონში ცენტრიდანული ძალის და მძიმე გარემოს მოქმედების შედეგად წარმოებს ნახშირის დაყოფა მძიმე და მსუბუქ ფრაქციებად, რომლებიც შემდეგ მიეწოდება გამაუწყლოებელ ცხრილებზე (4). ცხრილების პირველ ნახევარზე გამდიდრების პროდუქტებიდან სიმძიმის ძალის გავლენით გამოიყოფა კონდიციური სუსპენზია, ხოლო მეორე ნახევრიდან დამამძიმებელს ჩამორეცხავენ წყლით, რომლის რეგენერაცია განხორციელებულია მაგნიტური მეთოდით.

გამდიდრების კომბინირებული სქემები. (ნახ. 12.3)
ითვალისწინებს ნახშირის მძიმეგარემოიან (მინერალურ-სუსპენზიან) სეპარატორებში, სალექ მანქანებსა და შლამების ფლოტაციურ მანქანებში გამდიდრებას, იყენებენ ძნელად-გამდიდრებადი ნახშირებისათვის. ფაბრიკებში სადაც ასეთი სქემებია გამოყენებული, მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა გამდიდრების პროცესის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები, ნახშირის გაუწყლოების პროცესი და განხორციელდა წყალ–შლამის მეურნეობის შეკრული ციკლი.

თანამედროვე მაღალმწარმოებლურ მამდიდრებელ ფაბრიკებში ნახშირის გასაშუალება წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ტექნოლოგიურ ოპერაციას. იმის გამო, რომ ცენტრალურ მამდიდრებელ ფაბრიკებს ნახშირი მიეწოდება რამდენიმე შახტიდან (კარიერიდან) სხვადასხვა ხარისხობრივი მახასიათებლით, ამიტომ სტაბილური ხარისხის კონცენტრატის მიღებისათვის საჭიროა სხვადასხვა შახტის ნახშირის ეფექტური შერევა გარკვეული პროპორციით.



ნახ12.3 ნახშირის გამდიდრების კომბინირებული სქემა

მამდიდრებელ ფაბრიკებში გამასაშუალოებელი მოწყობილობა ჩვეულებრივ შედგება მთელი რიგი სააკუმულაციო ბუნკერებისაგან, რომელთა ჩატვირთვა და განტვირთვა წარმოებს გარკვეული წესით. ნახშირების მოცულობითი წილი, რომელიც მიეწოდება თითოეული ბუნკერიდან რეგულირდება სადოზავი მოწყობილობით. თანამედროვე ფაბრიკებში ეს ოპერაცია ავტომატიზებულია. სააკუმულაციო ბუნკერების საერთო ტევადობა სხვადასხვა ფაბრიკებში ცვალებადობს ერთი დღე-ღამის მარაგიდან ორი საათის მარაგამდე.

განხილული ტექნოლოგიური სქემების ანალიზის საფუძველზე შეგვიძლია გამოვყოთ გამდიდრების ძირითადი ტექნოლოგიური ოპერაციები, რომლებიც თანამედროვე მამდიდრებელ ფაბრიკებშია გამოყენებული.

1. ნახშირების მომზადება—გასაშუალოება, სველი კლასიფიკაცია, გაუშლამება;

2. გამდიდრება—მსხვილი კლასებისათვის მძიმეგარემოიანი სეპარაცია, წვრილი კლასებისათვის—დალექვა, ნახშირის შლამებისათვის—ფლოტაცია;

3. გაუწყლოება—კონცენტრატებიდან წყლის მოცილება ცხრილებზე, ელევატორიან ბაგერ—ზუმფებში; წვრილი კლასებისათვის ცენტრიფუგვა, ფილტრაცია; ფლოტოკონცენტრატის გაშრობა, ფლოტაციური კულების ფლოკულაცია და შესქელება.

ამრიგად, უნდა ვიფიქროთ, რომ ნახშირების გამდიდრების ტექნოლოგიურ სქემებში

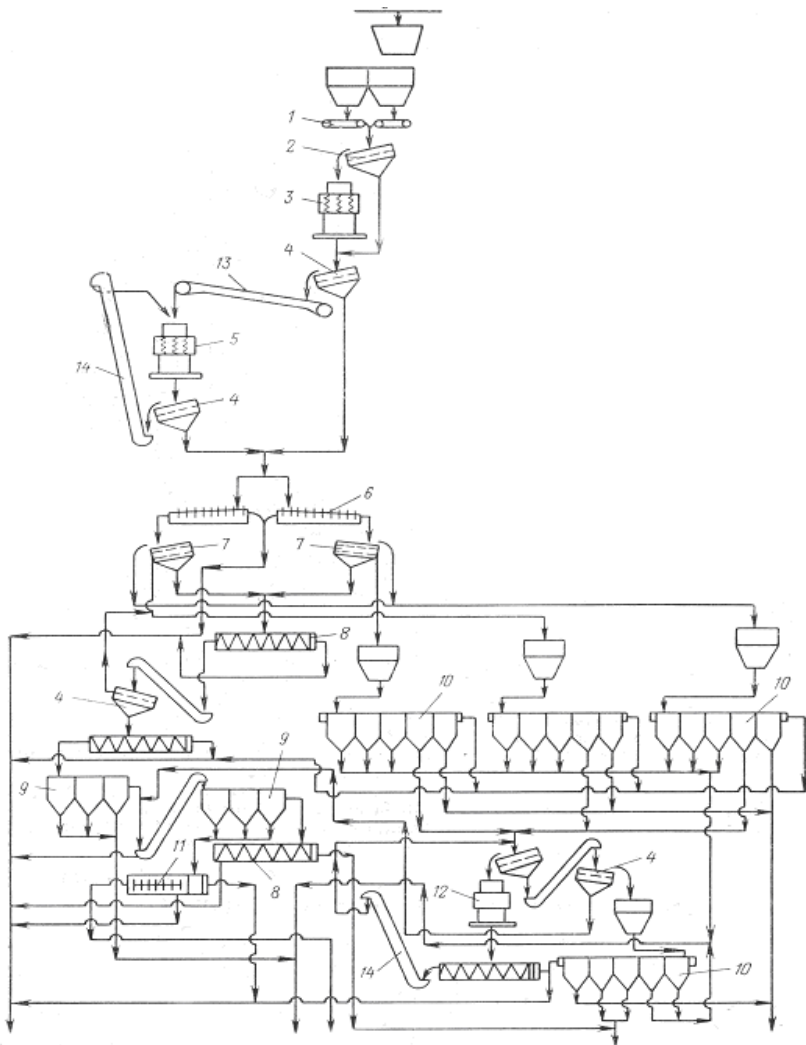
დალექვა და მძიმეგარემოიანი სეპარაცია წამყვან როლს შეინარჩუნებენ.

12.3. მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემები.

მადნების გამდიდრების პრაქტიკაში ძირითადად გამოიყენება კომბინირებული სქემები, რომლებიც ჩვეულებრივ მოიცავენ სხვადასხვა პროცესებს—კომბინირებულია სხვადასხვა მადნების გამდიდრებისას, ზოგჯერ მსხვილი კლასისათვის გამოიყენება მძიმე გარემო და დალექვა, წვრილი მასალისათვის საკონცენტრაციო მაგიდები, ცენტრიდანული კონცენტრატორები და ფლოტაცია. ტექნოლოგიურ სქემაში რამოდენიმე პროცესის შერწყმა სასარგებლო კომპონენტის მაქსიმალური ამოკრეფისა და მადნის კომპლექსური გამოყენების საშუალებას იძლევა.

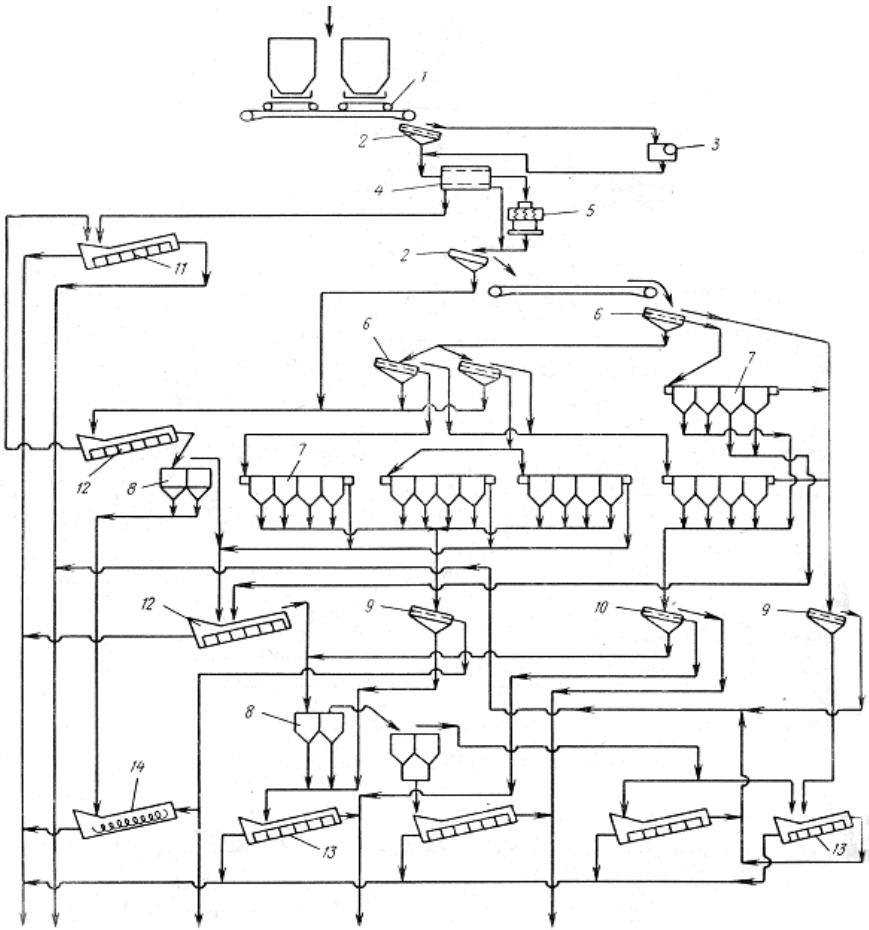
მე-12.4 და 12.5 ნახაზებზე მოცემულია ჭიათურის მანგანუმის მადნების (ჟანგეული, პეროქსიდული) გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემები. საწყისი მადნები დამსხვრევა, მორეცხვა, კლასიფიკაციის შემდეგ მდიდრდება დალექვით—მსხვილი კლასები მოძრავცხავიან (შტაუხი), ხოლო წვრილი დიაფრაგმულ სალექ მანქანებზე.

მე-12.6 ნახაზზე მოცემულია ოქროსშემცველი ქვიშრობული მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს საწყისი მადნების დეზინტეგრაციას, ჰიდროციკლონებში კლასიფიკაციას, სილების დალექვას და გადანადენის მოკლექონუსურ ჰიდროციკლონებში გამდიდრებას. დალექვისა და ჰიდროციკლონების უხეში კონცენტრატების გადაწმენდას კნელსონის ცენტრიდანულ კონცენტრატორებში.



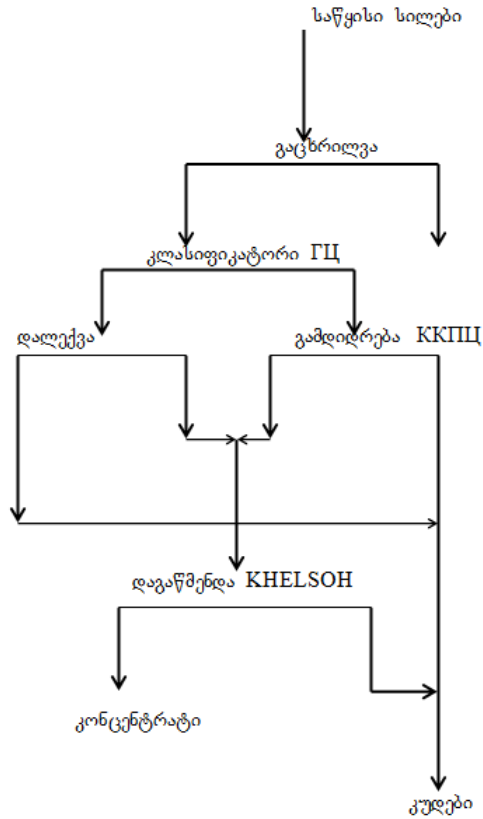
ნახ. 12.4 მანგანუმის მადნის გამდიდრების აპარატთა ჯგუფის სქემა

1—ფირფიტისებური მკვებავი; 2,4,7—ვიბრაციული ცხრილი;
 3,5,12—კონუსური სამსხვრეველა; 6—მომრეცხი აპარატი; 8,11—სპირალური
 კლასიფიკატორი; 9,10—სალექი მანქანა;
 13—ლენტური კონვეიერი; 14—ელევატორი.



**ნახ. 12.5 პეროქსიდული მადნის გამდიდრების აპარატთა
ჯაჭვის სქემა**

1—ფორფიტისებური მკვებავი; 2—ვიბრაციული ცხრილი; 3—ყბებიანი
სამსხვრეველა; 4—მომრეცხი ბუტარა; 5—კონუსური სამსხვრეველა;
6—ვიბრაციული ცხრილი; 7,8—სალექი მანქანა; 9,10—ვიბრაციული ცხრილი;
11,12,13,14—სპირალური კლასიფიკატორი.



ნახ. 12.6. ოქროს შემცველი სილების გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა.

დ ა ნ ა რ თ ი

ცხრილი 1.

მინერალების ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლები

№	მინერალი	ქიმიური ფორმულა	სიმკვრივე, კგ/მ ³	სასარგებლო კომპონენტი	სასარგებლო კომპონენტის შემცველობა, %
1	ოქრო	Au	19 300	ოქრო	100
2	გალენიტი	PbS	7400-7600	ტყვია	86,6
3	მოლიბდენიტი	MoS ₂	4300-5000	მოლიბდენი	59,94
4	პირიტი	FeS ₂	4900-5200	რკინა; გოგირდი	46,55; 53,5
5	სფალერიტი	ZnS	3900-4100	თუთია	67,1
6	ქალკობრიტი	CuFeS ₂	4100-4300	სპილენძი	34,36
7	კასიტერიტი	SnO ₂	6100-7300	კალა	78,8
8	კვარცი	ScO ₂	2650	სილიციუმი	46,7
9	ილმენიტი	(Mg,Fe)TiO ₃	4400-5000	ტიტანი	31,6
10	მაგნეტიტი	Fe ₃ O ₄	4500-5300	რკინა	72,4
11	კალციტი	CaCO ₃	2700-2730	კალციუმის ჟანგი	56,0
12	მაგნეზიტი	MgCO ₃	3000	მაგნიუმის ჟანგი	47,6
13	სიდერიტი	FeCO ₃	3500-3900	რკინა	48,3
14	ბარიტი	BaSO ₄	4300-4500	ბარიუმის ჟანგი	65,7
15	შელიტი	CaWO ₄	6000	ვოლფრამი	80,6
16	ჰემატიტი	Fe ₂ O ₃	5000-5200	რკინა	70,0
17	პიროლუზიტი	MnO ₂	4820	მანგანუმი	63,2
18	ბრაუნიტი	Mn ₂ O ₃	4700-5000		60-69
19	ჰაუსმანიტი	Mn ₃ O ₄	4700-4900	„ ----- “	65-72
20	მანგანიტი	MnO ₂ . Mn(OH) ₂	4200-4300	„ ----- “	60-62
21	ფსილომელანი	MnO.MnO ₂ .n H ₂ O	3700-4700	„ ----- “	45-60
22	როდოქროზიტი	Mn CO ₃	3400-3600	„ ----- “	40-45
23	ვერნადიტი	MnO ₂ .nH ₂ O	2300-3000	„ ----- “	40-45
24	მანგანოკალციტი	(Ca,Mn)CO ₃	3000-3400	„ ----- “	20-25
25	ნახშირი	C	1300-1800	ნახშირი	-

**მინერალურ მარცვალთა თავისუფალი და შეზღუდული
ვარდნის სიჩქარეები (ტ. ფომენკოს მიხედვით)**

კვარცი 2650 კგ/მ ³			კასიტერიტი 6920 კგ/მ ³			გალენიტი 7650 კგ/მ ³		
მარცვლის ზომა, სმ	V ₀ სმ/წ	V _ა სმ/წ	მარცვლის ზომა, სმ	V ₀ სმ/წ	V _ა სმ/წ	მარცვლი ს ზომა, სმ	V ₀ სმ/წ	V _ა სმ/წ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.266	-	7.28	0.164	26.60	10.86	0.266	-	17.72
0.228	16.7	7.28	0.137	24.53	9.09	0.228	44.20	18.10
0.185	14.7	6.15	0.117	22.54	7.06	0.185	37.00	11.65
0.155	12.7	6.03	0.095	19.37	6.52	0.155	33.05	10.04
0.137	11.8	5.33	0.074	16.65	6.08	0.137	29.51	9.71
0.119	10.6	4.26	0.061	-	4.53	0.119	27.01	7.20
0.104	9.4	3.64	0.041	11.57	4.06	0.104	25.25	6.61
0.091	8.4	3.30	0.034	9.53	3.05	0.091	22.75	6.50
0.076	7.7	2.81	0.027	6.89	1.67	0.076	20.78	5.98
0.060	-	2.46	0.023	5.97	1.43	0.060	-	4.78
0.051	5.27	1.99	0.019	5.07	1.29	0.051	16.04	4.49
0.041	4.10	1.44	0.016	4.01	1.02	0.041	12.61	4.67
0.032	3.20	1.02	0.014	3.26	0.83	0.032	10.31	4.26
0.026	-	0.73	0.012	2.76	0.70	0.023	-	3.03
0.022	-	0.61	0.010	-	0.53	0.022	-	3.05
0.0175	-	0.52				0.0175	-	1.95
						0.0135		1.505

ცხრილი 2 გაგრძელება

ოქრო 17000 კგ/მ ³			ნახშირი 1 350 კგ/მ ³			ანტრაციტი 1 550 კგ/მ ³		
მარცვლის ზომა, სმ	V ₀ სმ/წ	V _წ სმ/წ	მარცვლის ზომა, სმ	V ₀ სმ/წ	V _წ სმ/წ	მარცვლის ზომა, სმ	V ₀ სმ/წ	V _წ სმ/წ
0.20	114.0	78.60	1.24	17.93	10.02	1.11	17.16	8.67
0.10	62.0	24.15	1.18	16.30	8.30	0.868	14.90	7.10
0.07	45.20	16.85	0.914	14.86	6.72	0.747	14.02	6.35
0.05	33.00	10.43	0.761	13.40	5.54	0.564	11.50	5.95
0.03	20.00	6.81	0.529	10.97	5.00	0.443	10.63	4.19
0.02	15.0	3.98	0.441	8.86	4.50	0.344	8.61	3.88
0.015	10.52	2.65	0.360	8.74	3.36	0.227	7.40	2.93
0.010	6.60	1.50	0.229	5.84	2.92	0.164	5.17	2.60
-	-	-	0.146	4.48	1.47	0.088	3.70	1.28
-	-	-	0.095	3.17	1.20	0.085	3.56	1.23
-	-	-	0.079	2.64	0.90	0.042	2.29	0.70
-	-	-	0.042	1.53	0.47	0.032	1.75	0.51
-	-	-	0.032	1.15	0.38	0.027	1.43	0.47
-	-	-	0.027	0.95	0.30	0.023	1.14	0.30
-	-	-	0.023	0.83	0.23	0.018	0.88	0.24
			0.018	0.74	0.20	0.013	0.52	0.13
-	-	-	0.013	0.35	0.11	0.009	0.31	0.08
			0.009	0.21	0.04	0.007	0.18	0.04
			0.007	0.14	0.03	0.005	0.13	0.03
			0.005	0.11	0.022			

გრაფიტაციული აპარატურის ტექნიკური მახასიათებლები

ცხრილი 3

სპირალური კლასიფიკატორების ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	1KCH-20M	1KCH-24M	1KCH-24M	1KCH-30M	2KCH-30M	1KCH-12M	2KCH-12M	1KCH-15M	2KCH-15M	1KCH-20M	2KCH-20M	1KCH-24M	2KCH-24M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
სპირალის დიამეტრი მმ.	2000	2400	2400	3000	3000	1200	1200	1500	1500	2000	2000	2400	2400
ვარცლის სიგრძე, მმ	8400	9200	9200	12500	12500	8400	8400	10100	10100	13000	13000	14000	14000
ვარცლის დახრის კუთ. გრ	18	18	18	18	18	15	15	15	15	15	15	15	15
სპირალების რაოდენობა	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2
სპირალის ბრუნვის სიხშირე ბრ/წთ	5	4	1,5-3,6	3	1,5-3,6	8	4,15-8,3	6,5	3,5-7	5	2,5-6,7	4	1,5-3,6
მწარმოებლობა ტ/სთ: სილის მიხედვ. გადანაღენის	220 37	300 51	600 102	360 31,8	440 75	85 13	170 26	130 24	260 48	240 38	480 76	330 53	630 106
ძრავის სიმძლავრე კვტ.	11	18,5	2x18,5	30	2 x 30	5,5	2 x 5,5	7,5	2 x 7,5	16	2 x 16	18,5	2 x 18,5
გაბარიტული ზომები, მმ სიგრძე სიგანე სიმაღლე	11500 2700 4500	12000 3100 5000	12900 5700 4500	15020 3740 7100	15900 6800 5500	10500 1800 4000	11500 3350 4500	13200 2300 4500	13700 4500 6000	15500 3500 6500	16500 6000 6700	16500 4000 6500	17500 6700 7500
წონა, კგ	16000	23500	39000	40350	70000	7500	13800	12500	25200	22000	46000	34000	49600
დამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი												

ჰიდროციკლონის ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	ГЦ-25	ГЦ-50	ГЦ-75	ГЦ-150	ГЦ-250	ГЦ-360	ГЦ-500	ГЦ-710	ГЦ -1000	ГЦ-1400	ГЦ-2000
ჰიდროციკლონის დიამეტრი, მმ	25	50	75	150	250	360	500	710	1000	1400	2000
კონუსურობის კუთხე გრად.	10	10	10	10/20	20	20	20	20	20	20	20
მკვებავი მილტუნას ეკვივალენტური დიამეტრი, მმ	6	12	17	38	65	90	130	150	210	300	400
გადანადენის დიამეტრი, მმ	7	13	22	50	80	115	150	200	250	380	500
სიღების ნაცმის დიამეტრი, მმ	4; 6; 8;	6; 8; 12;	8; 12; 17;	12; 27; (20) 24; 34;	34; 34; 48; 75;	34; 48; 75; 96;	48; 75; 96; 150;	48; 75; 150; 200	75; 150; 200; 250	150; 200 250; 300 360	250; 300 360; 500
წნევა, მპა		0,01-0,02			0,03-0,25				0,06-0,45		
მწარმოებლობა მ ³ /სთ	0,7	2,5	5,0	15/20	50	95	180	260	470	900	1600
გაბარიტული ზომები, მმ											
სიგრძე	120	230	300	500	600	700	900	1200	1500	2100	-
სიგანე	70	100	350	450	650	750	1000	1400	1600	200	-
სიმაღლე	250	400	600	1200	1400	1900	2500	3500	4500	6200	-
წონა, კგ	2	5	20	100	200	300	450	1450	2400	4500	-
დამამზადებელი	უ კ რ ა ი ნ ა										

ცხრილი 5

**მრავალკამერიანი ჰიდრაულიკური კლასიფიკატორის ტექნიკური
მახასიათებლები**

პარამეტრები	КГ-4P	КГ-6P
მწარმოებლობა ტ/სთ	30	40
კვებაში მაქსიმალური ზომ, მმ	2,5-0	2,5-0
კამერების რიცხვი	4	6
აღმავალი ნაკადის წნევა, მპა	0,05-0,07	0,05-0,07
წყლის ხარჯი, მ ³ /ტ	2,5-4,0	2,5-4,0
გაბარიტული ზომები, მმ		
სიგრძე	3450	5450
სიგანე	2250	2500
სიმაღლე	2850	2850
წონა, კგ	2520	4200
ღამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი	

ცხრილი 6

**სკრუბერებისა და სკრუბერ-ბუტარების ტექნიკური
მახასიათებლები**

პარამეტრები	C-12	СБ-12	КМК-2,6	КМК-3,3	სკრუბერები	
1	2	3	4	5	6	
მწარმოებლობა მ ³ /სთ	60	40	100	250	400	250
დოლის ზომები მმ დიამეტრი	1300	1300	2605	3350	2720	3600
სიგრძე	3000	3000	4110	10770	6000	7800
წყლის ხარჯი მ ³ /ტ	1-2	1-3	2-4	2-4	1-2	1-3
მადნის მაქსიმალური ზომა, მმ	150	150	-	-	-	300

ცხრილი 6 - გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	
ელ.ძრავის სიმძლავრე, კვტ	13	17	215	500	200	100
გაბარიტული ზომები, მმ						
სიგრძე	3810	5520	6900	1200	10000	13600
სიგანე	2155	2155	3400	6300	4500	5120
სიმაღლე	2250	2230	4800	5600	4500	4610
წონა, ტ.	5,5	5,95	40,4	15,4	40,0	85,2
დამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი					

სუსპენზიური სეპარატორების ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	კონუსური		თ კ ლ ი ა ნ ი							
	Д-3,5	Д-6,0	CKB-20	CKB-32	CKBД-32	CTT-20	CTT-32	«ტესკა-5»	«ველაგი»	«დესა-3»
მწარმოებლობა ტ/სთ	100-180	400-700	190-240	300-380	300-400	190-240	300-380	1000	200	230-400
კონუსის დიამეტრი მმ.	3500	6000								
ელევატორის თვალის დიამეტრი, მმ			4000	5450	5450	2Ð4000	2Ð5450	6500	4300	4700
საწყისი მანძის ზომა, მმ	-100+6	-100+6	300Ð 300Ð 600	300Ð 300Ð 900	300Ð 300Ð 900	-300	-300	1200	10-150	10-250
სეპარატორის მუშა მოცულობა, მ³	17,2	84,0	8	18	18	2Ð8	2Ð18	-	-	1-10,5 2-9,5
ელექტრო ძრავის სიმძლავრე კვტ	4,5	7	7,7	13,2	13,2	17,6	32,2	14,0	4,4	5,1
გაბარიტული ზომები, მმ										
სიგრძე	4175	6640	4400	5500	5495	7800	9800		2800	
სიგანე	3720	6500	4500	6000	5850	4800	6000		4620	
სიმაღლე	7740	12070	4200	5700	5700	4500	5900		5380	
წონა, ტ.	7,1	27,1	16,5	27,5	30,0	37,0	60,0		17,6	30,0
დამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი		უ კ რ ა ი ნ ა						გერმა.	პოლონ.

დიაფრაგმული სალექი მანქანების ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	МОД-02	МОД-1М1	МОД-2М1	МОД-3М1	МОД -3	МОД -6ПР	МОД -6	МОД -12
მწარმოებლობა, ტ/სთ	0,9	10	25	30	0,05-45	100-150		200
ბუშა ფართი	0,18	1	2	3	3	6	6	12
მადნის მაქსიმალური ზომა მმ	8	15	15	15	25	25	25	20
კამარის რიცხვი	2	2	2	3	2	2	2	2
დიაფრაგმის გადაადგილების სიდიდე, მმ	21	40	40	40	43		43	
პულსაციის სიხშირე, წთ	210-380	130-350	130-350	130-350	125-331		124-331	
ელექტრო ძრავის სიმძლავრე	4	1,1	2,2	4,4	3,0	7,5	7,5	
გაბარიტული ზომები, მმ								
სიგრძე	1090	2160	3000	4350	3200	4613	4000	7470
სიგანე	800	960	1260	1260	1520	2480	1900	3370
სიმაღლე	920	2400	2300	2300	2300	2523	2700	3550
წონა, კგ	190	1005	1300	2900	2000	5130	4000	13300
დამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი							

უღვუშო სალექი მანქანების ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	ОПМ-12	ОПМ-13	ОПМ-14	ОПМ-15	ОПМ-22	ОПМ-23	ОПМ-24	ОПМ-25	ОПМ-35	МОБК-BC
კამერის ზომები სიგანე სიგრძე	1250 1000	1250 1000	1250 1000	1250 1000	2000 1000	2000 1000	2000 1000	2000 1000	3000 1000	2000 1000
ცხავის ფართი მ ²	2,5	3,75	5	6,25	4,0	6,0	8,0	10,0	15,0	8,0
კამერის რიცხვი	2	3	4	5	2	3	4	5	5	2
წყლის პულსაც. სიხშ. წთ ⁻¹	110-350	110-350	110-350	110-350	142	176	227	316	50-300	57,0; 63; 71;
წყლის ამპლიტუდია, მმ	150	150	150	5-100	3-60	3-60	3-60	3-60	60	250
წნევა კპა	20-50	20-50	20-50	20-50	30-35	30-35	30-35	30-35	30	35-40
ზარჯი, მპ/სთ ჰაერის წყლის	600 60	900 80	1400 90-140	1400 130	1600 150	2400 200	3200 230	4000 270	4000 350	4000 200-400
ცხავის სვრეტის ზომა, მმ	3(5)	3(5)	3(5)	3(5)	3	3	3	3	3; 6;	6×20 10(12)
მადნის სიმკვრივე, მმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	60
მწარმოებლობა ტ/სთ	25	40	50	55	40	60	60	75	90-125	70-120
ძრავის სიმძლავრე კვტ.	1,5	1,5	1,5	1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	1,5	2,2
გაბარიტული ზომები, მმ სიგრძე სიგანე სიმაღლე	2790 2480 3300	3810 2480 3300	4830 2480 3300	5840 2480 3300	3300 3100 4300	4327 3100 4300	5350 3100 4300	6370 3100 4300	6420 4340 3240	5610 3270 4140
წონა, კგ	4,7	6,5	8,30	9,75	6,14	8,61	11,0	13,54	17,5	19,0
დამამზადებელი	უ კ რ ა ი ნ ა				რ უ ს ე თ ი					

BOM ტიპის სალექი მანქანების ტექნიკური მახასიათებლები

1	2	3	4	5	6
პარამეტრები	MBOM-K6	MBOM-K8	MBOM-K10	MBOM-M10	MBOM-M16
მწარმოებლობა ტ/სთ	80	100	175	140	300
გასამდიდრებელი ნახშირის ზომა, მმ	13-125		0,5-125	0,5-13	
სალექი განყოფილების ფართი, მ ²	6	8	10	10	16
1	2	3	4	5	6
შეკუმშული ჰაერის წნევა, მმ. წყ. სვ.	1400-1600	1800-1900	1400-1600	1800-1900	
ჰაერის ხარჯი მ ³ /წთ.	36	30	32	60	
პულსაციის სიხშირე, წთ ⁻¹	61	36; 42; 51; 57; 67;	84	36; 42; 51; 57; 67;	
ელექტროძრავები სიმძლავრე, კვტ.	KOM 31-6 2,8	KOM 31-6 CB-11 2,8; 1,2	KOM 31-6 2,8	CB-11 2,8; 1,2	
გაბარიტული ზომები, მმ					
სიგრძე	5530	5980	6400	6610	7420
სიგანე	3800	3800	4510	3700	4510
სიმაღლე	5790	5790	6335	5790	6335
წონა, კგ	18,9	20,7	33,8	21,8	39,8

საკონცენტრაციო მაგილების ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	CKO-0,5	CKO-1-3,5M2	CKO-2	CKO-1-7,5	CKO-7,5TIII	CKO-15M1	CKO-22
მწარმოებლობა ტ/სთ	0,05	0,5-1,5	0,3-1	0,5-5,0	0,2-0,5	2,0-7,0	3,0-10-0
გასამდიდრებელი მასალის ზომა, მმ	- 3,0+0,04	-1,0+0,02	-3,0-0,04	-0,4	0,1-0,01	-3,0-0,04	-3,0-0,04
დეკას ფართი, მ ²	0,5	3,5	2	7,5	7,5	15	22,5
დეკას რიცხვი	1	1	1	1	1	2	3
დეკას რხევის სიხშირე, წთ ⁻¹	280-400	225-350	280-400	225-350	280-350	280-350	280-350
ამპლიტუდა	4-16	12-20	10-26	12-20	8-16	10-120	10-20
ელექტრო ძრავის კვტ.	0,37	2,2	0,55	2,0	2,2	2,2	2,2
გაბარიტული ზომები, მმ							
სიგრძე	1550	4500	3000	6000	5200	5400	5400
სიგანე	660	2000	1250	1850	2300	2300	2300
სიმაღლე	660	1300	1000	1200	1700	1700	2300
წონა, კგ	100	2900	450	1500	1550	2400	3000
დამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი						

ზრახნული სეპარატორების ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	CB 2-750	CB 2-1000	CB 3-1500	CB 2-2000
ლარის დიამეტრი, მ	0,75	1,0	1,5	2,0
ლარის ბიჯი, მ	0,50	0,6	1,0	1,0
ლარის რაოდენობა	2	2	3	2
ზრახნის რაოდენობა	4	4	3	3
გასამდიდრებელი მასალის ზომა, მმ	0,07-1,0	0,07-2,0	10,07-3,0	2-5
მყარის შემცველობა, %	15-40	15-40	15-40	15-40
წყლის ხარჯი, მ ³ /სთ	0,5	0,6	0,9	-
მწარმოებლობა ტ/სთ	1-5	3-8	18-30	40-60
გაბარიტული ზომები, მმ				
სიგრძე	3,7	4,0	5,2	5,0
სიგანე	0,9	1,1	1,6	2,2
სიმაღლე	0,9	1,1	1,6	2,2
წონა, ტ	0,3	0,6	2,4	3,0
დამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი			

ხრახნული რაბების ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	IIIБ 2-750	IIIБ 2-1000	IIIБ 3-1250	IIIБ 5-1500	IIIБ 5-2000
ღარის დიამეტრი მმ.	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00
ღარის ბიჯი, მ	0,5	0,55	0,65	1,2	1,2
ღარის რაოდენობა	2	2	3	5	5
თითოეულ ღარზე ხრახნის რაოდენობა	3	4	4	3	4
მასალის სისქე, მმ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
მყარის შემცველობა, %	15-40	15-40	15-40	15-40	15-40
წყლის ხარჯი, მ ³ /სთ	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-1,0	1,0-1,8	1,0-1,8
მწარმოებლობა ტ/სთ ზომის მიხედვით, მმ:					
0,2-0,5	1,1-1,5	1,5-2,0	3-4,5	7-15	10-20
0,07-0,2	0,5-0,6	0,7-0,8	1,5-2,0	4-8	5-10
0,04-0,07	0,3-0,5	0,4-0,6	1,0	3-6	5-7
0,02-0,04	0,1-0,2	0,2-0,3		0,8-1	1-1,5
გაბარიტული ზომა, მ					
სიგრძე		3,10	3,86		6,3
სიგანე		1,10	1,30		2,2
სიმაღლე		1,10	1,30		2,2
წონა, ტ		0,60	0,80	2,8	2,4
დამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი				

უწყვეტი მოქმედების „კნელსონის“ კონცენტრატორების
ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	KC-CVD6	KC-CVD20	KC-CVD32	KC-CVD42	KC-CVD42
მწარმოებლობა ტ/სთ	0,5 4	15-35 75	30-80 170	40-120 250	40-120 250
ჩამრეცხი წყალი მ ³ /სთ	1,1-2,7	4,5-9,1	16-36	14-23	16-36
კვებაში მყარის შემცველობა %	0-50	0-50	0-50	0-50	0-50
მასალის ზომა: მაქსიმალური მინიმალური	3,2 1,7	3,2 1,7	3,2 1,7	3,2 1,7	3,2 1,7
კონცენტრატის რაოდენობა % მოცულობითი წონითი	მიწ.მას.1-50 მიწ.მას.1-50	მიწ.მას.1-50 მიწ.მას.1-50	მიწ.მას.1-50 მიწ.მას.1-50	მიწ.მას.1-50 მიწ.მას.1-50	მიწ.მას.1-50 მიწ.მას.1-50
ელ. ძრავის სიმძლავრე კვტ.	1,1	11	30	30	30
წონა კგ.	230	2500	6800	7000	7100
დამამზადებელი	კ ა ნ ა ლ ა				

პერიოდული მოქმედების „ენელსონის“ კონცენტრატორების ტექნიკური
მახასიათებლები

პარამეტრები	KC- MD3	KC- MD4,5	KC- MD7,5	KC- CD10	KC- CD12	KC- CD20	KC- CD30	KC- CD20	KC- CD30	KC- CD40	KC- CD48	KC- CD70
მწარმოებლობა: ტ/სთ მპ/სთ	0- 0,045 8ლ/წთ	0-0,275 18ლ/წთ	0-0,680 95ლ/წთ	0,9- 0,8 10	6-20 15	10-5 70	50- 100 135	15-80 110	75- 150 200	125- 250 340	200- 400 550	300- 1000 1360
ჩამრეცხი წყალი მპ/სთ	0,7-4 ლ/წთ	11-19 ლ/წთ	45-68 ლ/წთ	3,4- 4,5	4,1- 5,7	8-20	17-36	8-20	14-36	27-68	41-90	68-125
მუშა ფართი სმ ²	48	157	322	770	1044	1982	7115	2982	7115	10300	13941	32044
მასალის ზომა: მაქსიმალური მინიმალური	1,7	1,7	4,7	6 1,7	6 1,7	6 1,7	6 1,7	6 1,7	6 1,7	6 1,7	6 1,7	6 1,7
კონცენტრატის რა-ოდენობა % მოცულობა ლ. წონა კგ.	58მლ. 80- 150გრ.	0,18 200- 350გრ.	0,5 0,7-1,0	1,2 2-3,8	1,6 2,5- 4,5	5 7-10	12 20-27	5 7-10	12 20-27	13 38-43	20 45-80	52 100- 140
ელ. ძრავის სიმძ- ლავრე კვტ.	0,11	0,56	0,56	1,1	1,5	5,5	11	55	11-19	30-55	30-75	150- 375
წონა კგ.	25	113	113	201	263	900	1565	1000	1724	4100	5680	18150
დამამზადებელი	კ ა ნ ა ლ ა											

ცხრილი 16

**ცენტრიდანული კონცენტრატორის “ფალკონის” ტექნიკური
მანუსიათებლები**

პარამეტრები	SB 40	SB 250	SB 750	SB 1350	SB 2500	SB 5200
მწარმოებლობა ტ/სთ	0-0.25	1-4.5	4.5-32	23-63	36-113	90-215
ლ/წთ	38	285	1325	2365	4730	9085
მუშა ზედაპირის ფართი სმ ²	285	1710	5320	8710	17,445	32,615
G-ს მნიშვნელობა						
მაქსიმალური	300	200	200	200	200	200
მინიმალური	50	50	50	50	50	50
ელექტრო ძრავის სიმძლავრე, კვტ	0,2	2,2	5,6	15	30	75
ჩამრეცხი წყალი, ლ/წთ	4-20	45-70	135-210	230-340	450-680	855-1275
გაბარიტული ზომები, სმ						
სიგრძე	49	112	122	155	185	236
სიგანე	31	76	117	155	185	236
სიმაღლე	51	150	195	225	265	365
წონა, კგ	37	365	920	2955	4545	10,900
დამამზადებელი	კ ა ნ ა ლ ა					

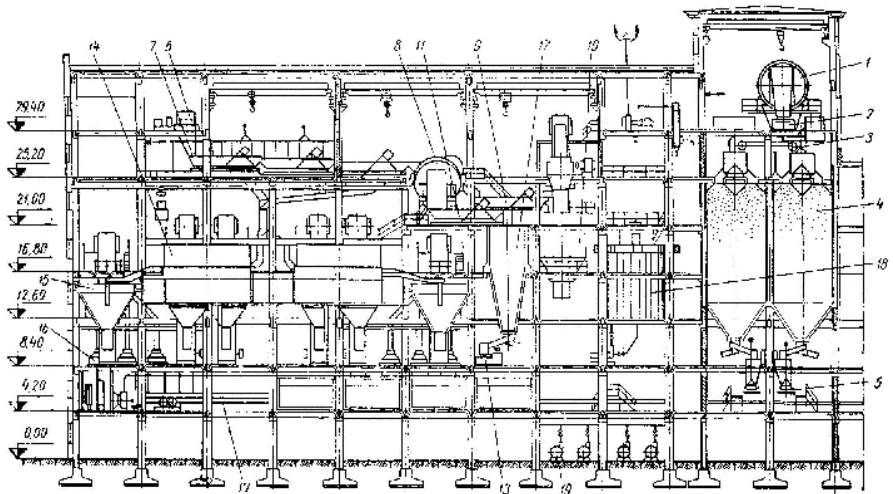
ცხრილი 17

**„იტომაკის” ტიპის კონცენტრატორების ტექნიკური
მანუსიათებლები**

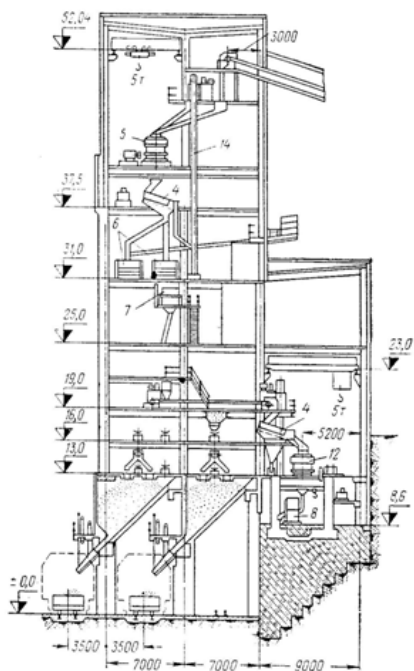
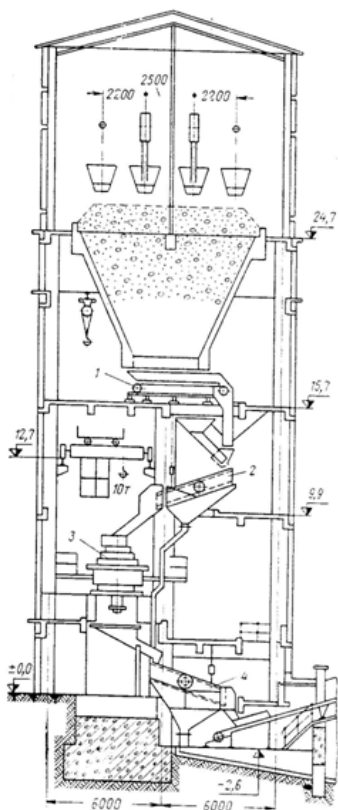
პარამეტრების	КГ-30-ГМ	КГ-40-ГМ
მწარმოებლობა ტ/სთ	30	40
კვ/სთ	65	70
ჩამრეცხი წყლის ხარჯი მ ³ /სთ	30	60
კვებაში მყარის შემცველობა %	0-75	0-75
მასალის მაქსიმალური ზომა,მმ	1	1
კონცენტრატის რაოდენობა		
ლ.	30	40
კგ.	-	100
როტორის ბრუნვის სიხშირე, ბრ/წთ	450	450
ელ. ძრავის სიმძლავრე, კვტ.	7.5	11
გაბარიტული ზომები,მმ		
სიგრძე	1600	2320
სიგანე	1500	1580
სიმაღლე	1700	1750
წონა	1500	1700
დამამზადებელი	რუსეთი	

ცენტრიდანული სალექი მანქანის ტექნიკური მახასიათებლები

პარამეტრები	ЦОМ-1	ЦОМ-2	ЦОМ-3
მწარმოებლობა ტ/სთ	20	50	70
გასამდიდრებელი მასალის ზომა, მმ	3	3	3
როტორის დიამეტრი, მმ	370	630	860
კამერის რიცხვი	2	2	2
ელექტრო ძრავის სიმძლავრე, კვტ	12,1	32,2	49,5
გაბარიტული ზომები, მმ			
სიგრძე	2035	2770	3200
სიგანე	1630	1950	2200
სიმაღლე	2370	2900	2800
წონა, კგ	1700	3000	4500
დამამზადებელი	რ უ ს ე თ ი		



ნახ. 1. ნახშირის მამლიძრებელი ფაბრიკის ძირითადი კორპუსი
 1—დოლური სამსხვრევველა შერჩევით დამსხვრევვისათვის; 2—კონვეიერი ფუჭი ქანისათვის; 3—კონვეიერი ნახშირისათვის; 4—საკუმულაციო ბუნკერი; 5,6—კონვეიერი ნახშირისათვის; 7—ცხილი კლასიფიკაციისათვის; 8— მძიმესუსპენზიანი სეპარატორი CK-3; 9—გამაუწყლოებელი ცხრილი; 10—ბაგერ—ზუმფი ელევატორით; 11—გამაუწყლოებელი ცხრილი ფუჭი ქანისათვის; 12—ბუნკერი ქანისათვის; 13—კონვეიერი ქანისათვის; 14—სალექი მანქანები; 15— ბაგერ—ზუმფი ელევატორით წვრილი კონცენტრატისათვის; 16— ცენტრიფუგები კონცენტრატის გაუწყლოებისათვის; 17— კონვეიერი კონცენტრატისათვის; 18—ჰიდრაულიკური კლასიფიკატორი სუსპენზიისათვის; 19—ტუმბოები სუსპენზიისათვის.



ნახ.2 მანგანუმის მამლიდრებელი ფაბრიკის სამსხვრევი და
ძირითადი კორპუსი
1-8, 12 და 14 იხ. ნახ. 12.4.

ლიტერატურა

1. Акопов М.Г., Благов И.С., Бунин Г.М. Гравитационные и специальные методы обогащения мелких классов углей.-М. Недра, 1975.-245 с.
2. Барский М.Д. Гравитационная классификация зернистых материалов. - М. Недра, 1974. -С. 232.
3. Барский М.Д. Фракционирование порошков. - М. Недра, 1980. -327. С.
4. Бедранъ Н.Г. Переработка и качество полезных ископаемых. - М. Недра, 1986. -272 с.
5. Берлинский А.И. Разделение минералов. - М. Недра, 1988.- 282 с.
6. Берт Р.Ою Технология гравитационного обогащения.-М. Недра,19990.- 576. С.
7. Белогай П.Д., Заборожный В.П. Конусные сепараторы для обогащения россыпей и руд.- М. Недра, 1968.
8. Богатов А.Д., Зубынин Ю.Л. Разделение минералов во взвесенесущих потоках малой толщины. М. Недра, 1973.
9. Верхотуров М.В.Гравитационные методы обогащения. Москва: макс-прес, 2006. -348 с.
10. გომელაური ნ.გ. ნახშირგამამდიდრებელი ფაბრიკების დაპროექტება. თბილისი: განათლება, 1972. - 565 გვ.
11. Замятин, О.В. Обогащение золотосодержащих песков и конгломератов. -М. Недра, 1957. -264 с.
12. Иванов В.Д. Винтовые аппараты для обогащения руд и песков в России. -М.:изд-во <<ДАК-СИ>>, 2000.-240 с.
13. Карамзин В.И. Процессы и машина для обогащения полезных ископаемых. - М. Недра, 1974. -С. 560.

14. Кизевальтер Б.В. Теоретические основы гравитационных процессов [Текст] / Б.В. Кизевальтер.- М. Недра, 1979.-295 с.
15. Ковлеков,И.И. Техногенное золото Якутии. – М.:изд-во Моск. гос. гор. ун-та, 2002.-303 с.
16. Лопатин, А.Г. Центробежное обогащение руд и песков.- М.: Недра, 1986.-272 с.
17. Лященко П.В. Гравитационные методы обогащения.- М.-Л.:Гостопиздат, 1940. С. 356
18. митрофанов С.И. Определение скоростей падения минеральных частиц в тяжелой суспензии . Цветные металлы, 1949ю- С. 35-37.
19. Олевский В.А. Гравитационные методы обогащения.- М.: Metallurgizdat, 1953.
20. Оборудование для обогащения угля.- М.: Недра, 1979.-336 с.
21. Поваров А.И. Гидроциклоны на обогатительных фабриках.- М., Недра, 1978.
22. Полькин С.И., Абамов Э.В. Обогащение руд цветных и редких металлов.- М., Недра, 1975.
23. Разумов К.А., Перов В.А. Проектирование обогатительных фабрик. -М., Недра,1982.
24. Райвич И.Д. Отсадка крупнокусковых руд. - М., Недра, 1988.
25. Самылин Н. А., Золотко А. А., Починок В.В. Отсадка.- М., Недра,1976.
26. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы.- М., Недра,1982.
27. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик. Книга 1.2. - М., Недра, 1988.

28. Справочник по обогащению руд. Основные процессы.- М., Недра, 1983. -381 с.
29. Справочник по обогащению руд Черных металлов. - М., Недра, 1980. -527 с.
30. Справочник по обогащению углей.- М., Недра, 1974. -488 с.
31. Тихонов О.Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. - М., Недра, 1984. – 208 с.
32. Тихонов О.Н. Теория и практика комплексной переработки полезных ископаемых в странах Азии, Африки и Латинской Америки. - М., Недра, 1989. – 302 с.
33. Троицкий В.В. Промывка полезных ископаемых. - М., Недра, 1988.
34. Тихонов О.Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. - М., Недра, 1984.
35. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования. - М., Недра, 1990.
36. Фаменко Т.Г. Бутовецкий В.С., Погарцева Е.М. Технология обогащения углей. Справочное пособие. - М., Недра, 1985.
37. Фоменко Т. Г. Гравитационные процессы обогащения полезных ископаемых. - М., Недра, 1966. – С. 332.
38. Шохин В.Н. Гравитационные методы обогащения. - М.: Недра, 1980. – С. 400.
39. Шохин В.Н. Новое в теории и технологии обогащения руд в суспензиях. - М., Недра, 1977.
40. Шохин В.Н., лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения М.: Недра, 1993. -350с.

სარჩევი

შესავალი.....	3
1. ზოგადი ცნობები გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდის არსისა და მისი განვითარების შესახებ.....	4
1.1 გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდის განვითარების მოკლე ისტორია.....	4
1.2 გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდის არსი და კლასიფიკაცია.....	5
2. მინერალებისა და გამყოფი გარემოს დახასიათება.....	8
2.1 მინერალების ფიზიკური თვისებები.....	8
2.2 გარემოს რეოლოგიური თვისებები.....	10
2.3 რეოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდები.....	14
2.4 სუსპენზიის მომზადება.....	17
3. წიაღისეულთა გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლების განსაზღვრის მეთოდები და ეფექტურობა.....	19
3.1 წიაღისეულთა ფრაქციული ანალიზი.....	19
3.2 წიაღისეულთა გამდიდრების შეფასება.....	22
3.4 გრავიტაციული პროცესების ეფექტურობა.....	24
4. გამდიდრების გრავიტაციული პროცესების თეორიული საფუძვლები.....	28
4.1 მინერალურ მარცვალთა თავისუფალი ვარდნა.....	28
4.2 თანაბრად ვარდნილი მარცვლები და თანაბარვარდნის კოეფიციენტი.....	35
4.3 ვარდნილ მარცვალთა მუდმივ სიჩქარემდე მისაღწევად საჭირო დრო.....	37
4.4 მინერალურ მარცვალთა შეზღუდული ვარდნა.....	40
4.5 მინერალურ მარცვალთა დალექვის ჰიპოთეზები.....	41
5. კლასიფიკაცია.....	47
5.1 კლასიფიკაციის პროცესის არსი და მისი გამოყენების სფერო.....	47
5.2 სელიმენტაცია.....	49

5.3. გრავიტაციული ველით გამყოფი ჰიდრავლიკური კლასიფიკატორები	50
5.4 ცენტრიდანული ველით გამყოფი ჰიდრავლიკური კლასიფიკატორები	55
5.5. კლასიფიკატორის გადანადენში მასალის სიმსხოს განსაზღვრა.....	60
5.6. პნევმატიკური კლასიფიკაცია.....	63
6. მძიმე გარემოში გამდიდრება	65
6.1. მძიმე გარემოში გამდიდრების არსი და გამოყენების სფერო	65
6.2 სუსპენზიური სეპარატორები.....	68
6.3. სუსპენზიის სიმკვრივის ავტომატური რეგულატორი.....	72
6.4. სუსპენზიის რეგენერაცია.....	74
7. დალექვა.....	77
7.1. დალექვის პროცესის არსი და გამოყენების სფერო...	77
7.2. ნაკადის კინემატიკური სტრუქტურა	79
7.3. სალექი მანქანები	80
7.4 მძიმე ფრაქციის განმტვირთი მოწყობილობანი	94
7.5 დალექვის ციკლები.....	98
7.6 სალექი მანქანის ტექნოლოგიური პარამეტრები.....	101
8. დახრილ სიბრტყეზე მოძრავ წყლის ნაკადში გამდიდრება	104
8.1. დახრილ სიბრტყეზე წყლისა და მინერალურ მარცვალთა მოძრაობის კანონზომიერება.....	104
8.2 რაბებზე გამდიდრება	106
8.3 საკონცენტრაციო მაგიდებზე გამდიდრება	110
8.4 ხრახნულ სეპარატორებზე გამდიდრება.....	114
9. ცენტრიდანულ კონცენტრატორებში გამდიდრება.....	116
9.1. ციკლონებში გამდიდრება.	117
9.2. ცენტრიფუგებში გამდიდრება.....	121
10. მადნეულის მორეცხვა	128
10.1 მორეცხვის პროცესის არსი და დანიშნულება	128

10.2. მომრეცხი მანქანები.....	129
11. პნევმატიკური გამდიდრება.....	132
11.1 პნევმატიკური გამდიდრების აპარატურა.....	133
12. გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემები...136	136
12.1. გრავიტაციული გამდიდრების პრაქტიკა.....	137
12.2. ნახშირის გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემები...142	142
12.3. მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემები. ...150	150
დ ა ნ ა რ თ ი	154
ლიტერატურა.....	173

იმატლება ამრორის მიერ შარმოდგენილი სახით

გადაცეა წარმოებას 01.05.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 07.05.2009. ქადალდის
ზონა 60X84 1/8. პირობათ: ნაბეჭდი თაბახი 9. ტირაჟი: 100 ეგზ.

ნაგამონცემელი: სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილდისი, კოსტავას 77

