

თეიმურაზ კოკაია

კონცენტრატის სინჯის ამღები და სატრანსპორტო
მოწყობილობების დამუშავება და კვლევა

(ჭიათურის ცენტრალური მამლიძრებელი ფაბრიკის მაგალითზე)

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო,
2008 წელი

საავტორო უფლება © 2008 წელი, კოკაია თეიმურაზ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით კოკაია თეიმურაზის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: “კონცენტრატის სინჯის ამღები და სატრანსპორტო მოწყობილობების დამუშავება და კვლევა”(ჭიათურის ცენტრალური მამლიძრებელი ფაბრიკის მაგალითზე) და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიურ ფაკულტეტზე სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი:

რეცენზენტი:

რეცენზენტი:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2008

ავტორი: კოკაია თეიმურაზი

დასახელება: “კონცენტრატის სინჯის ამდები და სატრანსპორტო
მოწყობილობების დამუშავება და კვლევა”

(ჭიათურის ცენტრალური მამდიდრებელი ფაბრიკის მაგალითზე)

ფაკულტეტი: სამთო-გეოლოგიური

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: თარიღი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ
ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით
მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა
და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ
უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და
არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების
გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია
ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო
უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა
(გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ
სპეციფიკურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს
მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა
მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

სასარგებლო წიაღისეულის გამდიდრების პროცესების ოპერატიული მართვის ეფექტურობის ამაღლებისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გასამდიდრებლად მიწოდებულ მასალაში სასარგებლო კომპონენტის შემცველობის შესახებ ინფორმაციის არსებობას. მნიშვნელოვანია აგრეთვე გამდიდრების შედეგად მიღებულ კონცენტრატში ძირითადი კომპონენტის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრა.

მოწილობის დამუშავება, რომელიც ხელს შეუწყობს გასამდიდრებლად მიწოდებული მადნის შედგენილობის შესახებ მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე გამდიდრების პროცესების ოპერატიულ მართვას, აქტუალური სამეცნიერო-ტექნიკური პრობლემაა. აღნიშნული პრობლემის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა სინჯის ამღები და მიმწოდებელი მოწილობის დამუშავება და კვლევა.

წარმოდგენილ დისერტაციაში სინჯის ამღები და მიმწოდებელი მოწილობის დამუშავება და კვლევა შესრულებულია ჭიათურის მანგანუმის №2 ცენტრალური მამდიდრებელი ფაბრიკის პირობებისათვის. ამ დროს გათვალისწინებულია როგორც მანგანუმის მადნის პროცენტული შემცველობის შესახებ მიღებული ინფორმაციის გადაცემა მამდიდრებელ მანქანაზე ოპერატორისათვის ხელით მართვისათვის, ასევე მისი გამოყენება გრაფიკაციული გამდიდრების პროცესის ავტომატიზებული მართვის სისტემაში.

ნაშრომში მინერალური ნედლეულის ელემენტური შედგენილობის ანალიზისთვის გამოყენებულია ნეიტრონ-აქტივაციური მეთოდი, კერძოდ აკად. ე. ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტში დამუშავებული მოწილობა, რომლის საშუალებით ხდება გაზომილი იმპულსების რაოდენობის გარდაქმნა მანგანუმის პროცენტულ შემცველობაში.

დასმული ამოცანის შესაბამისად ნაშრომში გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

- მანგანუმის წარმომადგენლობითი სინჯის მასის განსაზღვრა;
- სინჯის ამღები მოწილობის პარამეტრების დამუშავება;
- სინჯის მიმწოდებელი მოწილობის დამუშავება და მათი სტატიკური და დინამიკური პარამეტრების გაანგარიშება;
- ფიზიკის ინსტიტუტის აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიაში გამოყენებული „მამრავლებელ-1“-ის პნევმატიკური ხაზების მახასიათებლების გაუმჯობესების ღონისძიებების დამუშავება, მომსახურე ტექნიკური პერსონალის უსაფრთხოების საიმედოობის უზრუნველყოფის მიზნით.

ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებულია კვლევის თეორიული და ექსპერიმენტული მეთოდები ლაბორატორიულ და საწარმოო პირობებში, ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნების შესაბამისად.

სადისერტაციო ნაშრომის **პირველი თავი** ეძღვნება დასმული ამოცანის თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზს და ტექნიკური ლიტერატურის მიმოხილვას. ანალიზის საგანია ახალი იდეები და მათი გადაწ-

ყვეტისადმი შესაძლო მიდგომები, თემის ირგვლივ შესრულებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები.

მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატიზაციის სისტემების თანამედროვე მიდგომარეობის ანალიზი ცხადყოფს, რომ დასმული პრობლემატიკის მიმართულებით მიღებული შედეგები რეალიზებულია ჭიათურის მანგანუმის მამდიდრებელ ფაბრიკებში. გაანალიზებულია მანგანუმის გრავიტაციული გამდიდრების პროცესის მოდელი, განხილულია მადნის ანალიზისათვის განკუთვნილი სინჯის აღების და გადაცემის (ტრანსპორტირების) მოწყობილობები, კერძოდ ბაგირული გადაცემით და პნევმატიკური ამძრავების გამოყენებით. აღწერილია ნაშრომში გამოყენებული ნეიტრონულ მამრავლებელზე აგებული სინჯის ანალიზის მოწყობილობა.

მეორე თავში გადაწყვეტილია მანგანუმის მადნის სინჯის მასის განსაზღვრის ამოცანა. ნაჩვენებია, რომ ჭიათურის მადნების ძირითად სახეობებში მადნის ქიმიური შედგენილობა და სიმკვრივე არაერთგვაროვანია, რის გამოც გადამუშავების პროცესში მათი ერთად მოხვედრის შემთხვევაში გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესი არასრულყოფილად მიმდინარეობს. მადანში მანგანუმის პროცენტული შემცველობის შესახებ ექსპრეს-ინფორმაციის არსებობის შემთხვევაში შესაძლებელია გამდიდრების ტექნოლოგიურ პროცესში დროული ჩარევის გზით მისი მიმდინარეობის ეფექტურობის ამაღლება. ამ მიზნით გამოყენებული სინჯი უნდა იყოს წარმომადგენლობითი და რაც შეიძლება სრულად ასახავდეს საკვლევი მასალის თვისებებს, ამავე დროს მისი მასა უნდა იყოს ოპტიმალური.

დადგენილია სინჯის ოპტიმალური მასა, რომელიც შეადგენს 4500 ± 50 სმ³. დამუშავებულია, აგრეთვე, სინჯის ასაღებად და მისაწოდებად გამოყენებული ჭურჭლის ფორმა და ზომები.

გასამდიდრებლად მიწოდებულ მადანში მანგანუმის პროცენტული შემცველობის ცვლილების მიხედვით შეშფოთების პერიოდის შეფასებისას განისაზღვრა:

- მანგანუმის პროცენტული შემცველობის ცვალებადობა წლის ყოველი სეზონის (წელიწადის დროები) 5 დღე-ღამის განმავლობაში, 10 წუთის ინტერვალით;
- მათემატიკური მოლოდინი და დისპერსიები;
- წუნიანი პროდუქციის (დადგენილზე დაბალი ხარისხის მანგანუმის კონცენტრატის) მიღების ალბათობა.

დადგენილია რომ, შეშფოთების პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 15 წუთს. ამ დროში უნდა მოხდეს: სინჯის აღება, ტრანსპორტირება, პროცენტული შემცველობის განსაზღვრა და მიღებული ინფორმაციის რეალიზაცია.

მესამე თავში მოცემულია სინჯის ამღები და სატრანსპორტო მოწყობილობების სტატიკური და დინამიკური პარამეტრების კვლევა. განხილულია სხვადასხვა ტიპის გადაცემების გამოყენება. ჩატარებულია დამუშავებული სინჯის მოკვეთის, ტრანსპორტირების და ჭურჭლის დაცლის მოწყობილობების დეტალური გაანგარიშება, აგრეთვე სინჯის აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიიდან აღნიშნული მოწყობილობების მართვისა და ინფორმაციის გადაცემის შესაძლო ვარიანტი.

მეოთხე თავში მოცემულია სინჯის მიმწოდებელი ბაგირული საწვევლას დამუშავება და კვლევა. ბაგირული საწვევლას დამუშავება

განპირობებულია ჭიათურის №2 ცენტრალურ მამდიდრებელ ფაბრიკაში შექმნილი ამჟამინდელი მდგომარეობით. ფაბრიკაში ნაწილობრივ შეცვლილია გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა და მოწყობილობის განლაგება. მიზანშეწონილია აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიის სხვა ადგილზე გადატანა და, შესაბამისად, სინჯის მიმწოდებელი სატრანსპორტო ხაზის დამუშავება. აღნიშნულის გამო, ორი სატრანსპორტო ხაზის ნაცვლად შემოთავაზებულია ერთბაგირიანი ქანქარასებრი საწვეველა, რაც საგრძნობლად ამარტივებს სინჯის მოკვეთას და მიწოდებას.

სინჯის მიმწოდებელი ბაგირული საწვეველას დამუშავებული მათემატიკური მოდელი მოცემულია გადაცემის ფუნქციების სახით, საწვევი სისტემის შეყურსული პარამეტრებისა და მათი დროსა და სივრცეში განაწილების გათვალისწინებით. პრაქტიკაში მისაღები დაშვების საფუძველზე და საწვეველას მცირე სიგრძის გათვალისწინებით ორივე შემთხვევაში მიღებულია ორმასიანი სისტემის მოდელი განსხვავებული პარამეტრებით.

ჩატარებულია საწვეველას დინამიკური კვლევა, განსაზღვრულია ძრავას გამორთვით გამოწვეული შენელების პროცესში ჭურჭლის გადაადგილების სიჩქარე, მოძრაობის დრო, შეფასებულია ბაგირის დაჭიმულობა. ჭურჭლის რხევის თავიდან ასაცილებლად გათვალისწინებულია მაფიქსირებელი მოწყობილობის გამოყენება.

მეხუთე თავში განხილულია ნეიტრონულ მამრავლებელზე სინჯის მიმწოდებელი პნევმატიკური სატრანსპორტო ხაზების დინამიკური მახასიათებლების გაუმჯობესების ღონისძიებები. კერძოდ, შემოთავაზებული სპეციალური პნევმოტრანსპორტის ბაზაზე შემუშავებულია აქტივაციურ ზონაში სინჯის გაგზავნის და უკან დაბრუნების ერთიანი ავტომატური კომპლექსური სისტემა. ავტომატურ პნევმატიკურ ხაზზე დასხივების ზონაში სინჯი-კონტეინერის სტაბილური გაჩერების მიზნით დამუშავებულია დემპფერული მოწყობილობა და განსაზღვრულია მისი პარამეტრები.

Abstract

Tester manganese and Transporting Mechanism Research and Development

For raising the effectiveness of mineral resources upgrading the information on the useful component in the material forwarded is of a great importance. It is also very important to determine the basic component percent content in the concentrate obtained as a result of upgrading.

Development of the mechanisms (arrangements) that facilitate the upgrading process effective control on the basis of the information obtained is a scientific – technical problem. One of the important tasks of the problem is development and investigation of the tester and pickups.

In the present thesis investigation and development of the tester and pickups are carried out for Chiatura manganese central upgrading plant N2. Here both obtained information on the manganese transmission to the operator and its application in the automatic control system of the gravitation upgrading process are considered.

For the mineral raw material content analysis the neutron-activation method is applied in the work, in particular, the arrangement developed in the E. Andronicashvili (academician) institute of physics, by means of which the measured impulses amount is transduced into manganese percent content.

In accordance with the problems the following is solved in the work:

- determination of manganese test mass;
- development of the tester parameters;
- development of test pickup and calculation of their static and dynamic parameters;
- development of measures for improvement of “multiplier-1” pneumatic line characteristics to provide security reliability for the staff.

To solve the problems the theoretical and experimental methods of research have been applied in the laboratory and industrial conditions according to the normative documents demand.

Chapter I of the thesis deals with the analysis of the problem present state and review of the technical literature. The object of the analysis is new ideas and possible approaches to realize them, also results of the theoretical and experimental research concerning the theme. The analysis of the manganese upgrading technological process automatisisation system present day state shows that the results obtained are realized in the Chiatura manganese upgrading plants though there are a lot to be done.

The model of manganese gravitation upgrading process is analysed, the testers and pickups are discussed, in particular, by applying rope haulage and pneumatic drive. The test analysis is arrangement described on the neutron multipliers applied in the work.

In chapter 2 the manganese test mass determination is solved. It is shown that in the basic types of Chiatura ores the ore chemical composition and density are not uniform. That is why in case of their presence at a time while reprocessing the upgrading technological process is going on imperfectly. In case of express-information presence on the manganese percent content in the ore it is possible to raise the process by means of timely interference in the upgrading technological process. For this purpose the test should present the characteristics of the material and the mass should be optimal.

The optimal mass of the test is determined, that is $4500 \pm 50 \text{ sm}^3$. The cup size and form are also developed for testing and haulage.

According to the manganese percent content in the ore to be upgraded at the disturbance period evaluation it was determined:

- manganese percent content change at every season during 5 day-night, with 10 min interval;
- mathematical anticipation and dispersions;
- reception probability of the production with some drawback (below the determined degree of manganese concentrate).

It is stated that disturbance duration period is 15 min. During this period testing, haulage, determination of percent content and realization of the obtained information should be carried out.

Chapter 3 deals with the research of static and dynamic parameters of the tester and haulage equipments. Application of various types of haulage is discussed. The developed test cutting, hoisting and emptying detailed calculation have been carried out, also possible variant for the mentioned equipment control and information transition from the test activation analysis laboratory.

Chapter 4 deals with the test transmitting rope haulage, development and research. Development of rope haulage is carried out at Chiatura Central upgrading plant N2. The technological scheme of upgrading and equipment arrangement is partially changed. It is reasonable to move the activation analysis laboratory and accordingly to develop the test pickup line.

According to the mentioned instead of two transportation lines the single rope fly-wheel-like hoist is offered which considerably simplifies the test cutting off and transmission.

The mathematical developed model for the test pickup rope haulage is given by transmitting functions considering their concentrated parameters and their allocation in space and time. According to the acceptable admission and considering the rope haulage shortness two mass system models with different parameters have been accepted in both cases.

Dynamic research of the rope haulage has been carried out. The cup moving speed is defined in the retarding process caused by the engine switch-off also the period of movement, the rope strain are also evaluated. To avoid the cup shuttle the fixing equipment is considered to use.

Chapter 5 deals with the measures to improve the dynamic characteristics of the test pickup pneumatic transportation lines towards the neutron multiplier. In

particular, the automatic complex system has been worked out for the test forward and backward motion to activation zone on the basis of the proposed special pneumo-transport. For the test-container stable halt in the irradiation zone on the automatic pneumatic line the damping device has been developed and its parameters defined.

სარჩევი

შესავალი	16
თავი 1 საერთო მიმოხილვა	20
1.1 მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატიზაციის სისტემების თანამედროვე მდგომარეობის მიმოხილვა . . .	20
1.2 მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის მოდელების განხილვა	24
1.3 ანალიზისათვის განკუთვნილი სინჯის აღების და გადაცემის მოწყობილობები	27
1.4 სინჯის ტრანსპორტირება ბაგირული გადაცემის გამოყენებით .	29
1.5 პნევმატიკური ამძრავები, გამოყენებული სინჯის ტრანსპორტირებისათვის	32
1.6 ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის განსაზღვრის მოწყობილობები	35
თავი 2 მანგანუმის სინჯის მიმწოდებელი ავტომატური ხაზების პარამეტრების განსაზღვრა	39
2.1 წარმომადგენლობითი სინჯის მასის განსაზღვრის მეთოდები .	39
2.2 მანგანუმის შემცველობის ცვალებადობის პერიოდის პროგნოზირება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით . .	49
2.3 მანგანუმის და მისი გამდიდრების პროდუქტების სინჯის შეკვების სიზუსტის შედარებითი შეფასება	54
თავი 3 სინჯის მოკვეთის, ტრანსპორტირების, დაცლის და მიღებული ინფორმაციის ავტომატიზებული გადაცემა	60
3.1 სინჯის მოკვეთის, ტრანსპორტირების, სინჯით ავსებული ჭურჭლის დაცლის და ავტომატიზებული ხაზების გაანგარიშება	60
3.2 კონცენტრატსაზომიდან სინჯის მოკვეთის, ტრანსპორტირების და დაცლის ავტომატური ხაზების მართვა	77

3.3	აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიაში დამონტაჟებული კონცენტრატსაზომის ელექტრული სქემიდან ინფორმაციის ავტომატური გადაცემა	82
	თავი 4 ქანქარისებური ერთბაგირიანი სინჯის მიმწოდებელი საწვეველას დაგეგმარება	86
4.1	მანგანუმის მადნის სინჯის მიმწოდებელი საწვეველას მათემატიკური მოდელი	86
4.2	ერთბაგირიანი ქანქარისებრი სინჯის მიმწოდებელი საწვეველას დამუშავება და დინამიკური გაანგარიშება	92
	თავი 5 ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის მიმწოდებელი პნევმატური ხაზების დაგეგმარება	102
5.1	ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის მიმწოდებელი პნევმატიკური ავტომატიზებული ხაზების ზოგადი მიმოხილვა	102
5.2	პნევმოტრანსპორტის შემადგენლობის დამუხრუჭების პარამეტრების განსაზღვრა ნეიტრონულ გამამრავლებელზე	104
5.3	ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის ავტომატიზებული მიწოდების და უსაფრთხოების დაცვის ზოგიერთი საკითხი	110
	დასკვნა	114
	გამოყენებული ლიტერატურა	116

ცხრილების ნუსხა

83.

ცხრ. 2.1. მანგანუმის მადანში არსებული ძირითადი მინერალები. . . .	45
ცხრ. 2.2. ჭიათურის აუზის მანგანუმის მადნების ძირითადი სახეობები	46
ცხრ. 2.3. მანგანუმის შემცველობის ცვალებადობის გასაშუალოებული სიდიდეები.	53
ცხრ. 2.4. სინჯის შეკვეცის შედეგად მიღებული ქიმიური ანალიზის შედეგები	57
ცხრ. 2.5. ქიმიური ანალიზის შედეგები. I ვარიანტი.	58
ცხრ. 2.6. ქიმიური ანალიზის შედეგები. II ვარიანტი.	58
ცხრ. 3.1. ელექტრო-მექანიკური მოწყობილობის ჩართვა-გამორთვის რიგითობა	81
ცხრ. 3.2. ჭურჭლის გადაადგილების ინტერვალები	81
ცხრ. 3.3. კონცენტრატსაზომის ელექტრული სქემიდან სიგნალის გარ- დაქმნის რიგითობა	84
ცხრ. 4.1. $T_{\text{ფ}}$ და γ პარამეტრების მნიშვნელობები	91

ნახაზების ნუსხა

83.

ნახ. 1.1. მამლიძრებელი მანქანის სქემა	25
ნახ. 1.2. სინჯის ამღების სქემა	28
ნახ. 1.3. ქანქარისებური გზის სქემები	30
ნახ. 1.4. უკუმოქმედების პნევმო სარქველი	33
ნახ. 1.5. პოზიციონირების სქემა	35
ნახ. 1.6. პნევმოსატრანსპორტო სისტემა	37
ნახ. 2.1. დამოკიდებულება სინჯის წონისა და სასარგებლო კომპონენტის წონით კონცენტრაციას შორის	42
ნახ. 2.2. ფუნქციური დამოკიდებულება საიმედოობის და ალბათობის კოეფიციენტებს შორის	46
ნახ. 2.3. მეორე ხარისხის მანგანუმის კონცენტრაციის ცვალებადობა ერთი დღე-ღამის განმავლობაში	50
ნახ. 2.4. სინჯის შეკვეცის ექსპერიმენტული შერსრულების სქემა. ა) I ვარიანტი; ბ) II ვარიანტი	56
ნახ. 3.1. ჭიათურის №2 მამლიძრებელ ფაბრიკაში სინჯის ტრანსპორტირების ავტომატიზებული სახეების განლაგების სქემა	61
ნახ. 3.2. I-II ხარისხის კონცენტრატის სინჯის აღების ავტომატური სახის სქემა	62
ნახ. 3.3. ჭურჭლის 180 ⁰ -ით შემობრუნების სქემა	64
ნახ. 3.4. ბერკეტზე მოსული ძალა	66
ნახ. 3.5. III-IV ხარისხის კონცენტრატის სინჯის აღების ავტომატიზირებული სახის სქემა	69
ნახ. 3.6. ჭურჭლის დაცლის მექანიზმის სქემა	70
ნახ. 3.7. ჭურჭლის ფსკერზე დამაგრებული ღეროს და ჩამკეტი ბერკეტის გამორთვის სქემა	71
ნახ. 3.8. ნედლი მასალის სინჯის აღების ავტომატიზირებული სახის სქემა	73
ნახ. 3.9. ნედლი მასალის სინჯის ასადები ჭურჭელი	74

ნახ. 3.10. ნედლი მასალის ჭურჭლის ფსკერის შემობრუნების სქემა . .	75
ნახ. 3.11. სინჯის მიმწოდებელი მექანიზმებიდან სატრანსპორტო ხაზების მართვის სქემა	78
ნახ. 3.12. კონცენტრატსაზომზე განლაგებული სატრანსპორტო ხაზების ავტომატური ჩართვის მოწყობილობა	79
ნახ. 3.13. კონცენტრატსაზომის ელექტრონული სქემიდან ინფორმაციის გადაცემის სქემა	83
ნახ. 4.1. სინჯის მიმწოდებელი საწვევლას კინემატიკური სქემა	87
ნახ. 4.2. ამძრავი ბორბლის AKD უბანზე მოქმედი ძალების სქემა . . .	94
ნახ. 4.3. ჭურჭლის ფსკერის ჩამკეტი მოწყობილობა	95
ნახ. 4.4. ჭურჭლის ფსკერის გახსნის მოწყობილობა	97
ნახ. 4.5. დამჭიმავი მექანიზმი	98
ნახ. 4.6. ბაგირის დაჭიმულობის სქემა	99
ნახ. 4.7. დამჭიმ მოწყობილობაზე მოქმედი ძალების სქემა	100
ნახ. 4.8. დახრილ უბანზე მოქმედი ძალების სქემა	101
ნახ. 5.1. დანადგარ “გამამრავლებელ-1”-ის აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიაში განლაგების სქემა	102
ნახ. 5.2. აქტივაციურ ლაბორატორიაში განლაგებული დანადგარ “გამამრავლებელ-1”-ის პნევმოსატრანსპორტო სისტემის სქემა . .	103
ნახ. 5.3. დემფპერი	105
ნახ. 5.4. სინჯის მიმწოდებელი ავტომატური პნევმატიკური კომპლექსური სისტემის სქემა	111

მადლიერება

დიდ მადლობას ვუხდით ჩემ სადისერტაციო ნაშრომის ხელმძღვანელებს: ბატონ თამაზ შარაბიძეს და ბატონ თეიმურაზ ჯავახიშვილს გაწეული შრომისათვის და ყოველმხრივი უდიდესი დახმარებისათვის.

შესავალი

სინჯის მიმწოდებელი ხაზები შეადგენენ ერთ-ერთ რგოლს ანალიზური კონტროლის ავტომატიზებული სისტემაში - აკას. ჭიათურის აუზის მამდიდრებელ ფაბრიკებში დანერგილი აკას-ები ითვალისწინებს სინჯის მოკვეთას, ტრანსპორტირებას, აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიაში სინჯის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრას, მიღებული ინფორმაციის გადაცემას მამდიდრებელ მანქანაზე მომუშავე პერსონალისათვის და მის რეგულირებას. სისტემა ეფექტურია მაშინ, როცა აკას - ით მიღებული ინფორმაციის დრო არ აღემატება ტექნოლოგიური პროცესის შემაშფოთებელ პერიოდს, ამისათვის კი საჭირო იყო: წარმომადგენლობითი სინჯის ოპტიმალური მასის დადგენა, შეშფოთების პერიოდის პროგნოზირება, სინჯის მოკვეთის და ტრანსპორტირების ვარიანტების დამუშავება ტექნოლოგიური პროცესის შეშფოთების პერიოდის ფარგლებში. აღნიშნული საკითხების შესწავლა მოითხოვს სინჯის მიმწოდებელი ხაზების დინამიკური მახასიათებლების კვლევას.

კვლევები ჩატარებულია ჭიათურის აუზის მანგანუმის მამდიდრებელ №2 ფაბრიკაში და საქართველოს ეროვნული მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკის ინსტიტუტის აქტივაციურ ლაბორატორიის ნეიტრონულ გამამრავლებელზე.

კვლევის საფუძველზე წარმოდგენილია სინჯის მიმწოდებელი ავტომატური ხაზების სხვადასხვა ვარიანტი, კერძოდ, ბაგირული და პნევმატიკური.

თემის აქტუალურობა მდგომარეობს დასაგეგმარებელი ობიექტის საწარმოო პირობების გათვალისწინებით, შექმნილი იყო სინჯის ისეთი მოკვეთის და ტრანსპორტირების ავტომატური ხაზების დამუშავება და კვლევა, რომლებიც წარმოებისათვის იქნებოდა დასამზადებლად მარტივი და ეკონომიური.

ჩვენს მიერ განხილული ვარიანტებიდან მიგვაჩნია, რომ ბაგირები და პნევმოტრანსპორტი საუკეთესო საშუალებაა იმ იდეის განხორციელებისათვის, რაც წარმოების შიგა სატრანსპორტო გზების განვითარების საშუალებას იძლევა.

1. ბაგირით განხორციელებულ სატრანსპორტო საშუალებებმა - ბაგირგზებმა ფართო ადგილი დაიმკვიდრეს თანამედროვე ტრანსპორტის სახეობათა შორის. ამჟამად მსოფლიოში ექსპლუატაციაშია 30 000-ზე მეტი ბაგირგზა აშშ, კანადაში, იაპონიაში, ჩინეთში და სხვა. საქართველოს ბაგირგზების განვითარების მიხედვით მსოფლიოში მეხუთე ადგილი ეჭირა. სამწუხაროდ ჩვენში ბოლო 15-20 წლის განმავლობაში განვითარებული მოვლენების გამო, საჭირო ყურადღება ვერ ექცეოდა მის განვითარებას. მხოლოდ უკანასკნელ წლებში სამთო-სათხილამურო კურორტებზე შეიქმნა რამდენიმე გზა და ჭიათურის აუზში არსებულმა საბაგირო გზების შენარჩუნებამ იხსნა განადგურებისაგან. კვლავ გააღვივა სპეციალისტებისა და საზოგადოების ინტერესი ამ მხრივ. რაც საწინდარია სრულად იქნეს გამოყენებული ბაგირგზის შესაძლებლობები, გაიზარდოს მწარმოებლურობა, ამაღლდეს საიმედოობა და შემსუბუქდეს მემანქანის შრომა.

2. პნევმოტრანსპორტით განხორციელებულ სატრანსპორტო საშუალებებს თანამედროვე წარმოების განვითარებისათვის დიდი როლი აქვთ დაკისრებული. მათ გამოიყენებენ როგორც სამრეწველო რობოტებში, ასევე კომბინირებულ ამძრავებში, სადაც შერწყმულია ელექტრო, ჰიდრავლიკური, პნევმატიკური და სხვა ამძრავების ერთობლიობა. პნევმოტრანსპორტის გამოყენება უკანასკნელ ხანს მეტად გავრცელდა დიდ ქალაქებში ნაგვის და საწარმოო ნარჩენების ტრანსპორტირებისათვის, სახრეში ინერტული მასალის სამშენებლო ობიექტებზე ტრანსპორტირებისათვის, რეაქტორებში, მედიცინაში, გეოლოგიაში და სხვა. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ეძლევა მათ დანერგვას აქტივაციური გარემოს პირობებში მომუშავე პერსონალის ბიოლოგიური დაცვის უზრუნველსაყოფად.

ზემოთ აღნიშნული განსაზღვრავს დისერტაციაში დასმული სამეცნიერო პრობლემების აქტუალურობას – მოხდეს ბაგირგზების და პნევმატიკური სატრანსპორტო სახეების მუშაობის რეჟიმებისა და პარამეტრების ოპტიმიზაცია და მართვის სისტემის სრულყოფა, რაც შესაძლებელს გახდის სრულად იქნას გამოყენებული მათი შესაძლებლობა

არა მარტო ამ სახის თანამედროვე ტრანსპორტის განვითარებისათვის, არამედ მათ გამოყენებას სამრეწველო დანიშნულების მიზნითაც.

სადისერტაციო სამუშაოს სიახლე მდგომარეობს:

- ჭიათურის აუზის ყველა სახის მადნებისათვის წარმომადგენლობითი სინჯის მასის ოპტიმალური მასის განსაზღვრაში და ჭურჭლის გეომეტრიული ფორმის დადგენაში;
- მანგანუმის გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირების ოპტიმალური დროის დადგენაში;
- ქანქარისებრი ნახევრად ავტომატური ბაგირგზის სინჯის აღების, ტრანსპორტირების და დაცლის გაანგარიშების დინამიკური და სტატიკური მეთოდების დამუშავებაში;
- მამდიდრებელი მანქანის ძირითადი პარამეტრების ურთიერთდამოკიდებულების ანალიზის საფუძველზე აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიაში მიღებული ანალიზის შედეგებით გრავიტაციული გამდიდრების პროცესის ავტომატური მართვის შემუშავებაში;
- აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიაში მიღებული ინფორმაციის დანიშნულების ადგილზე ავტომატური გადაცემის სქემის შემუშავებაში და დანერგვაში;
- ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის მიმწოდებელი პნევმატიკური ავტომატური სახეების დინამიკური მახასიათებლების გაუმჯობესებაში.

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ მანგანუმის მადანში და მისი გამდიდრების პროდუქტებში მანგანუმის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრისათვის შექმნილია სინჯის მიმწოდებელი ავტომატიზებული სახეები, რომელიც მანგანუმის შემცველობის განმსაზღვრელ და მარეგულირებელ ერთიან ავტომატურ სისტემაში ერთ-ერთი რგოლია, და რომელიც გარვიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატური მართვის შესაძლებლობას იძლევა.

სამუშაოს რეალიზაცია. სინჯის სატრანსპორტო ხაზების საშუალებით აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიიდან მიღებული ინფორმაციის სამუშაო ადგილებზე გადაცემის შედეგად შესაძლებელი გახდა გაზრდილიყო მანგანუმის მადნის ტექნოლოგიური პროცესის გაუმჯობესება და პირველი ხარისხის მანგანუმის კონცენტრატის გამოშვება.

ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის მიწოდების პნევმატიკური ავტომატური ხაზების დინამიკური მახასიათებლის გაუმჯობესების გზით შექმნილია პირობები რათა სინჯის მიწოდება, დასხივება და გაზომვის პროცესი მასზე მომუშავე პერსონალისათვის ყოფილიყო უსაფრთხო.

სინჯის სატრანსპორტო ავტომატური ხაზები და კონცენტრატსა-ზომიდან მიღებული ინფორმაციის სამუშაო ადგილზე გადამცემი მოწყობილობა დანერგილი იყო ცენტრალურ მამდიდრებელ ფაბრიკა №2-ში (1985-1986 წ.წ).

სამუშაოს აპრობაცია. დისერტაციის მასალები მოხსენებული იყო: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორ-მასწავლებელთა სამეცნიერო ტექნიკურ კონფერენციაზე. თბილისი, 1993;

უწყვეტ ტანთა პრობლემების საერთაშორისო სიმპოზიუმზე. თბილისი, 1997.

დისერტაციის ირგვლივ მასალები ასახულია 10 სამეცნიერო ნაშრომში.

თავი I

საერთო მიმოხილვა

1.1. მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატიზაციის სისტემების თანამედროვე მდგომარეობის მიმოხილვა

მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემები მრავალ ქვეყანაში ფუნქციონირებს, მათ შორის წამყვანი ადგილი უჭირავს კანადას, ფინეთს, აშშ, იაპონიას და სხვა ქვეყნებს.

კანადაში ჯერ კიდევ 1977 წლის მონაცემებით გაფხვიერების და ფლოტაციის ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატიზებული სისტემები დანერგილი იყო რვა ფაბრიკაში [1].

ფინეთში დანერგილი იყო მართვის ავტომატიზებული სისტემა „პროსკონი“, რომელიც სპეციალურ მათემატიკურ უზრუნველყოფას შეიცავდა და ოპერატიული დისპეტჩერული მართვის პუნქტის საშუალებით ახორციელებდა ნედლეულის გაფხვიერებას და სასარგებლო პროდუქტის მიღების ავტომატიზაციას.

მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიურ პროცესის რეგულირებისათვის საჭიროა ტექნოლოგიური ხაზიდან ოპერატიული ინფორმაციის მიღება დროის მცირე მონაკვეთში. ასეთი ინფორმაციის ერთ-ერთ წყაროს წარმოადგენს რენტგენული ფლურესცენციური ანალიზი რვა. გავრცელებულია ასეთი ანალიზის სამი სისტემა, რომლებსაც უშვებენ ფირმები: „Auto Cumpu“ (ფინეთი), „ARLK“ (აშშ) და „Kikago“ (იაპონია) [1].

ამ სისტემების გამოყენებით შესაძლებელია 8-დან 24-მდე სინჯის ანალიზი, სადაც ანალიზის სუფთა დროა 20 წმ, ხოლო ციკლის სრული ხანგრძლივობა შეადგენს 7 წუთს.

აღნიშნული სისტემები იყენებენ ელექტრონული გამომთვლელი მანქანების სპეციალურ მათემატიკურ უზრუნველყოფას, რომლითაც ხორციელდება ანალიზის შედეგების გადამუშავება და ტექნოლოგიური პროცესის მართვა მოცემული პროგრამით.

აღნიშნულ სისტემებს შემდგომში დაემატა მადნის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზებული სისტემა, სადაც გაერთიანებულია სინჯის აღება, ტრანსპორტირება და ანალიზი. ასეთ სისტემას ეწოდება ანალიზური კონტროლის ავტომატიზირებული სისტემა აკას-ი [1].

აკას-ის გამოყენების ცნობები მამდიდრებელ ფაბრიკებში პირველად გამოჩნდა გასული საუკუნის სამოციან წლებში (ფაბრიკები „Laocnde“, „Mozenzi“, „Missien“ - ყველა აშშ-ში). ასეთი სისტემა ფართოდ დაინერგა ფინური ფირმა „Outokumpu“-ის მიერ გამოშვებულ დანადგარზე „Couziz 300“. ფირმის მონაცემებით ეს სისტემა დანერგილი იყო: ფინეთის, ავსტრალიის, კანადის, აშშ-ის, შვეციის, ირანის და სხვა ქვეყნის მრავალ მამდიდრებელ ფაბრიკებში [1].

არანაკლები ფართო პოპულარობა მოიპოვა აშშ-ის ფირმა „ARL“-ის მიერ დამუშავებულმა აკას-ის სისტემამ, რომელიც დაინერგა 25 მამდიდრებელ ფაბრიკაში და ავსტრალიის ფირმა „Amdel“-ის სისტემამ, რომელიც დაინერგა 14 მამდიდრებელ ფაბრიკაში [1].

აგრეთვე გავრცელებული იყო იაპონიის ფირმა „Rigaku Denki“-ის მიერ დამუშავებული ანალიზური კონტროლის ავტომატიზებული სისტემა ანალიზატორ „Floufl“-ის ბაზაზე.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში გამოიყენებოდა, როგორც უცხოური, ასევე ადგილობრივი წარმოების აკას-ები. საწარმოო გაერთიანება „ბურევესტნიკის“ მიერ ელექტრონული გამომთვლელი მანქანის M-6000-ის ბაზაზე შექმნილი იყო „CPM“ ტიპის აკას-ები.

აკას-ის გამოყენების მაღალი ეფექტურობა კარგად ჩანს ზირიანოვსკის ტყვიის კომბინატის მაგალითზე, სადაც საბადოს ხანგრძლივი ექსპლუატაციისა და მადანში ტყვიის, თუთიის და სპილენძის თითქმის 50%-მდე შემცირების მიუხედავად ტყვიის შემცველობა კონცენტრატში დარჩა საწყის დონეზე და რამდენჯერმე გაიზარდა კიდევ [1].

ეფექტურობით ხასიათდებოდა უკრაინის მანგანუმის მადანგადამამუშავებელ ფაბრიკებში დანერგილი აკას-ები რადიომეტრული ანალიზატორის ბაზაზე, რომლებიც დამონტაჟებული იყო კონვეიერულ ხაზზე და განუწყვეტლივ აწარმოებდნენ პროცენტული შემცველობის აღრიცხ-

ვას, თუმცა მაღალი სიზუსტით არ გამოირჩეოდნენ. გაზომვის სიზუსტის ცდომილება იყო $\pm 1\%$ -ზე მეტი.

მამდიდრებელ ფაბრიკაში გადასამუშავებლად შესული სასარგებლო წიაღისეულის პროცენტული შემცველობა პერიოდულად იცვლება, გამოშვებული პროდუქტი (კონცენტრატი) კი თავისი ხარისხობრივი მაჩვენებლით უნდა აკმაყოფილებდეს წაყენებულ მოთხოვნებს, ამიტომ ავტომატიზებული სისტემების ეფექტურობა მოითხოვდა სიზუსტის ამაღლებას $\pm 0,5\%$ - მდე.

გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატიზაცია დამოკიდებულია მადნიდან სასარგებლო მინერალის გამოყოფის ტექნოლოგიურ სქემაზე. გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემები ხშირად ეფუძნება გამდიდრების გრავიტაციული მეთოდის გამოყენებას.

გრავიტაციული მეთოდით ნედლეულში მინერალური მარცვლების განშრევა (განმხოლოვება-განცალკევება) დამყარებულია გარემოში ნედლეულის მარცვლების კლასის და სიმკვრივის არაერთგვაროვნებაზე, სადაც შეკუმშული ჰაერის პულსაცია იწვევს ნედლეულის დაყოფას, რის შედეგად ხდება გასამდიდრებელ მადანში სასარგებლო კომპონენტის განცალკევება.

გარემოდ, სადაც ხდება მინარევების განცალკევება, გამოიყენება წყალი, ჰაერი, მძიმე სუსპენზიები და სითხეები.

გრავიტაციული მეთოდით მამდიდრებელ მანქანაში ხდება სასარგებლო მინერალის და ფუჭი ქანების გაყოფა წყლის ნაკადში არეული მძიმე და მსუბუქი ნაწილაკების დალექვა – განცალკევებით.

დალექვა წარმოადგენს რთულ ტექნოლოგიურ პროცესს და დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე, რომელიც შეეხება, როგორც პროცესის პარამეტრებს, ასევე გასამდიდრებელი ნედლეულის თვისებებს.

აკას-ში შემავალი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რგოლია სინჯის აღება და ტრანსპორტირება. სინჯის აღება საჭიროა მზა პროდუქციაში შემავალი სასარგებლო კომპონენტის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრისათვის. ხშირ შემთხვევაში კი პროცენტული შემცველობის დადგენა გამოყენებულია ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისათვის. აღებული სინჯის ტრანსპორტირება ხდება სხვადასხვა მეთოდებით, როგორცაა სინჯის გადაადგილება საწვეი ჯაჭვისა და ბაგირის გამოყე-

ნებით. დღესდღეობით ფართო გავრცელება ჰპოვა სინჯის გადაადგილება პნევმატიკური ტრანსპორტით.

სააქციო საზოგადოება „ჭიათურმანგანუმის“ მამდიდრებელ ფაბრიკებში გასული საუკუნის ოთხმოციან წლებში დანერგილი იყო მანგანუმის ავტომატური კონცენტრატსაზომი (ავტორები თ. შარაბიძე, ვ. გვახარია, ე. კირკესალი, ე. გეორჯიანი) და სინჯის მიმწოდებელი ავტომატური ხაზები (ავტორები თ. შარაბიძე, თ. კოკაია). აღნიშნული დანადგარების დანერგვის შედეგად მიღებული ეკონომიკური ეფექტი წელიწადში შეადგენდა 50 ათას მანეთს [2].

მანგანუმის კონცენტრატზომი განკუთვნილია ფხვიერ მასალებში მანგანუმის შემცველობის ექსპრესულ-ავტომატური განსაზღვრისათვის ტექნოლოგიური პროცესის კონტროლისა და რეგულირების მიზნით.

კონცენტრატზომი შეიძლება გამოყენებულ იქნას აგრეთვე მეტალურგიულ და ქიმიურ მრეწველობაში.

დანადგარის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია ნეიტრონულ-აქტივაციური ანალიზის მეთოდზე. მანგანუმის მადნის სინჯი სითბური ნეიტრონების ნაკადში დასხივების შედეგად აქტიურდება. ამასთან, სინჯის აქტიურობა პროპორციულია მასში მანგანუმის პროცენტული რაოდენობის.

მანგანუმის კონცენტრატზომი შედგება: შემწელებელში მოთავსებული ნეიტრონული წყაროს კონტეინერისაგან, გამოსხივების დეტექტორისაგან, სინჯების მიმწოდებელი მოწყობილობისაგან, გაზომვის, მართვის, ინდიკაციისა და რეგისტრაციის ელექტრონული სქემებისაგან.

სინჯების მიმწოდებელი მოწყობილობა განკუთვნილია სამუშაო ოპერაციების: სინჯის ჩატვირთვის, დასხივების, გაზომვისა და დაცლის ავტომატურად შესრულებისათვის. სინჯებისათვის განკუთვნილი ოთხი ჯამი ამ ოპერაციების ერთად შესრულების შესაძლებლობას იძლევა.

მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად: უშუალოდ ტექნოლოგიური ხაზიდან მუდმივი მოცულობით აღებული სინჯი იყრება ჯამში, ერთდროულად მოსწორდება და იწნეხება, შემდეგ ჯამი გადაინაცვლებს კონტეინერში, სადაც დასხივდება 2,5-3 წუთის განმავლობაში. დასხივებული სინჯი გადადის დეტექტორზე და მისი აქტიურობა იზომება იგივე

დროის განმავლობაში. გაზომვის დამთავრების შემდეგ ჯამი დაიცლება, გაირეცხება, ხოლო გაზომვის შედეგები პროცენტებში გადაიცემა ტაბლოზე.

ოთხი ჯამი მონაცვლეობით მუშაობს ციკლში: იმ დროს, როცა ერთი მათგანი ავსებული სინჯით სხივდება, მეორე, ადრე დასხივებული, იზომება და ა. შ., რაც დანადგარის მწარმოებლურობას ორჯერ ზრდის.

დანადგარი განკუთვნილია დღეღამური მუშაობისათვის მთელი სამუშაო კვირის განმავლობაში. მას გააჩნია გამოსავალი ელექტრონულ-გამომთვლელ მანქანაზე და შეიძლება გამოყენებული იქნას მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში ექსპრესული ინფორმაციის გადამწოდ-ად.

კონცენტრატმზომის ექსპლუატაცია მარტივია. მას ემსახურება ოპერატორი და ლაბორანტი.

ტექნიკური მახასიათებლები: ანალიზის დრო – 7 წთ; დანადგარის მწარმოებლურობა – 16 ანალიზი; სინჯის მოცულობა – 4500+100 სმ³; მასალის სიმსხო – 0-16 მმ; დასაშვები ტენიანობა – 18%-მდე; მანგანუმის შემცველობის საზღვრები 0-60%; გაზომვის სიზუსტე ± 5 აბსოლუტური; ნეიტრონული წყაროს სიმძლავრე – 5×10^6 ნეიტრონ/წამი.

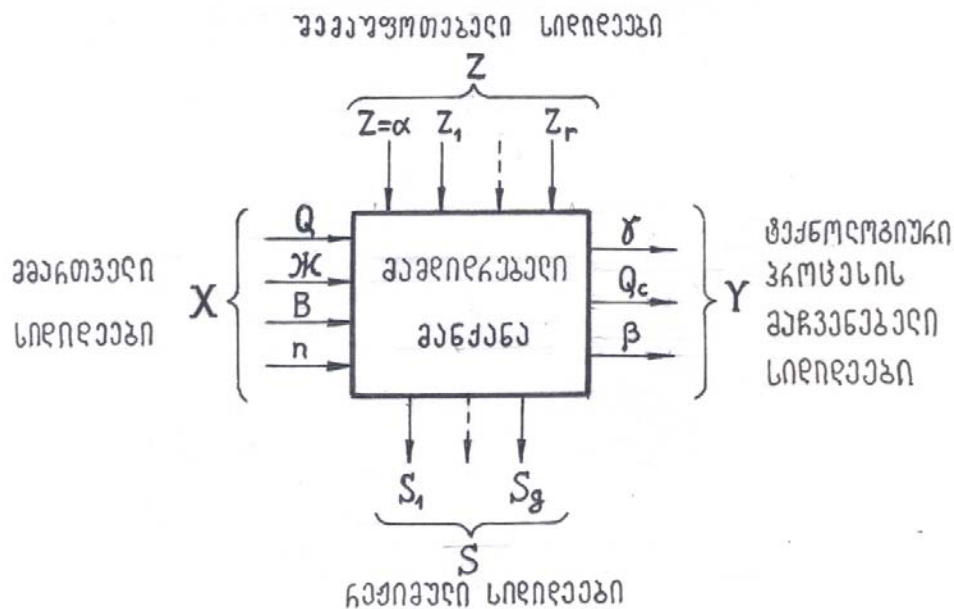
დანადგარზე მიღებულია საავტორო მოწმობა №1123369.

12. მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის მოდელების განხილვა

ტექნოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელები მრავალ ნაშრომშია განხილული. პროცესის თანამედროვე მათემატიკური აპარატით აღწერა მოითხოვს ტექნოლოგიური პროცესის ღრმა ცოდნას და დიდი რაოდენობით ექსპერიმენტული მონაცემების დაგროვებას.

ჭიათურის აუზის მანგანუმის მამდიდრებელ ფაბრიკებში მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესები განხილულია შრომებში სადაც ობიექტი დახასიათებულია დიდი რაოდენობის შესავალი და გამოსავალი სიდიდეებით [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

მამდიდრებელი მანქანის სქემა, სადაც მიმდინარეობს მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესი მოცემულია ნახ. 1.1. იგი წარმოდგენილია როგორც მართვის ობიექტი. შესავალი სიდიდეები დაყოფილია X - მმართველ და Z - შემაშფოთებელ სიდიდეებად.



ნახ. 1.1. მამდიდრებელი მანქანის სქემა:

α - მადანში გასამდიდრებლად მიწოდებული მანგანუმის პროცენტული შემცველობა; Q - მიწოდებული მადნის რაოდენობა; γ - კონცენტრატის გამოსავალი; β - კონცენტრატის ხარისხი; \mathcal{K} - მიწოდებული წყლის რაოდენობა; S - საგების რხევის ამპლიტუდა; n - შეკუმშული ჰაერის რხევის სიხშირე; Q_c - მწარმოებლურობა კონცენტრატის მიხედვით; B - ჰაერის ხარჯი

მმართველი სიდიდეების შერჩევით მიიღწევა ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმალურ რეჟიმში მოქცევა, შემაშფოთებელი სიდიდეები კი გავლენას ახდენენ პროცესის მიმდინარეობაზე და იწვევენ სარეგულირებელი პარამეტრის პროგრამული მნიშვნელობიდან გადახრას.

მამდიდრებელ მანქანაში დაღეჟვის პროცესის მიმდინარეობის დროს X მმართველ სიდიდეებად მიჩნეულია: მანქანაში გასამდიდრებელი მიწოდებული მასალის რაოდენობა, წყლის ხარჯი, შეკუმშული ჰაერის ხარჯი და რხევის სიხშირე.

გამდიდრების პროცესის ეფექტურობა დამოკიდებულია აგრეთვე გასამდიდრებელი მასალის კლასზე, სატრანსპორტირებელი წყლის ხარჯზე და სხვა.

Z – შემაშფოთებელ სიდიდეებს წარმოადგენს ნედლი მასალის გრანულომეტრიული მახასიათებლები, რომლებიც მოქმედებენ პროცესის მიმდინარეობაზე.

გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატური მართვის პრინციპი მდგომარეობს შემაშფოთებელი სიდიდისაგან დამოკიდებით მმართველი სიდიდეების ისეთი რეგულირება, რომელიც უზრუნველყოფს ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების დაკმაყოფილებას.

ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების არჩევა დამოკიდებულია კვლევის შედეგებზე: მამდიდრებელი მანქანის პარამეტრების ინფორმაციის შეგროვებაზე, მათემატიკური მოდელის არჩევაზე და ამოცანის გადაწყვეტის უზრუნველყოფაზე [1].

ს.ს. “ჭიათურმანგანუმის” მამდიდრებელ ფაბრიკებში გრავიტაციული ტიპის მამდიდრებელ მანქანებზე ჩატარებული იყო საფუძვლიანი გამოკვლევები ოთხივე ჯგუფის პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობების დასადგენად. აგრეთვე ჩატარდა ამ მონაცემების კორელაციური ანალიზი, რომლის შედეგად დადგინდა საკმაოდ მჭიდრო კავშირი შესავალ (α, Q, n) და გამოსავალ (S, γ, β) სიდიდეებს შორის. n – შეკუმშული ჰაერის რხევის სიხშირე, რხევა/წთ; S – რხევის ამპლიტუდა (განშრევების მახასიათებელი), დმ. [5, 6].

თეორიული მიდგომის საფუძველზე შემუშავდა მამდიდრებელი მანქანის მართვის ალგორითმების რამდენიმე ვარიანტი. ძირითადი საწყისი პარამეტრის α -ს შესახებ ექსპერიმენტული ინფორმაციის უქონლობის გამო ხდებოდა ერთდროულად რამდენიმე პარამეტრის შეცვლა მანქანის რეჟიმის სტაბილიზაციის მიზნით.

მანგანუმის პროცენტული შემცველობის ექსპრესანალიზის ავტომატური კონცენტრატსაზომის გამოყენება ძირეულად ცვლის სიტუაციას. პირდაპირ ტექნოლოგიური ხაზიდან აღებული წარმოდგენილი სინჯების ანალიზი ყოველ 7-8 წუთში მამდიდრებელი მანქანის მუშაობის რეჟიმის მართვის გაცილებით უფრო ეფექტურ შესაძლებლობას იძლევა.

დანადგარს გააჩნია გამოსავალი კომპიუტერზე, რაც უზრუნველყოფს საშემსრულებლო მექანიზმებთან უშუალო ავტომატურ კავშირს.

აქტივაციური ანალიზის გამოყენებით ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ გრავიტაციული ტიპის მამდიდრებელი მანქანის გამოსავალზე კონცენტრატის ხარისხი შეიძლება შეიცვალოს ყოველ 15 წუთში. ამდენად, თუ კონცენტრატსაზომში მადნის პროცენტული შემცველობის ანალიზისათვის საჭირო დრო 15 წუთზე ნაკლებია, მაშინ იგი უზრუნველყოფს პარამეტრების რეგულირების ეფექტურობას [2].

1.3. ანალიზისათვის განკუთვნილი სინჯის აღების და გადაცემის მოწყობილობები

საკონტროლო სინჯის აღება და ლაბორატორიაში მიტანა ხდება გარკვეული წესით, რომელიც მდგომარეობს რონოდის სხვადასხვა წერტილებიდან სპეციალური ხელის ნიჩაბით გარკვეული რაოდენობის სინჯის აღებაში და ჭურჭელში ჩაყრაში.

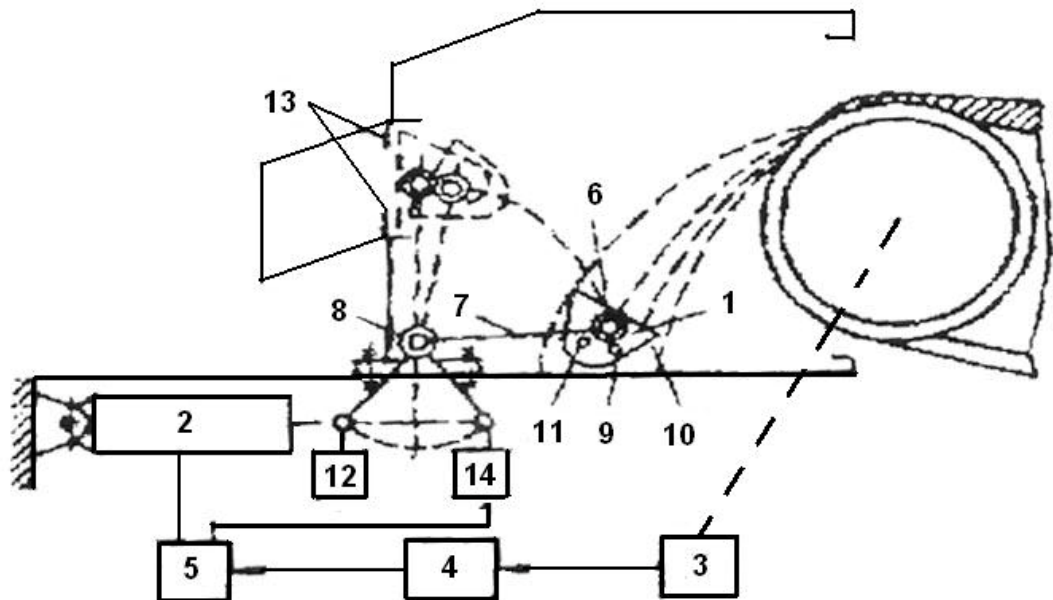
თუ სინჯი ლითონის ბალანსის შედგენისათვის არის საჭირო მაშინ, მასის აღება ხდება ფაბრიკის სხვადასხვა წერტილიდან, კონვეიერიდან ან მილგაყვანილობიდან. სინჯის აღება ხდება კონვეიერიდან გადმოყრილი ნაკადიდან მისი მოკვეთის გზით.

სინჯის აღების ავტომატიზაციის განსახორციელებლად გამოიყენება სხვადასხვა მექანიზმი, რომელთა ამძრავები შეიძლება იყოს პნევმატიკური, ჰიდრაულიკური, ელექტრომაგნიტური და სხვა, ხოლო სინჯის ტრანსპორტირება შეიძლება განხორციელებული იყოს ჯაჭვებით, ბაგირებით, ე. წ. პნევმოფოსტით, შეეული ან დახრილი მილგაყვანილობით და სხვა.

ჭიათურის ახალი დარკვეთის და კარბონატული მადნის მამდიდრებელ ფაბრიკებში დანერგილი იყო ინსტიტუტ მეხანობრის მიერ დამუშავებული სინჯის აღები ციცხვი პნევმატიკური ამძრავით, სადაც სინჯის აღება და მილგაყვანილობაში ჩაყრა წარმოებდა კონვეიერის დატვირთვის შესაბამისად გადამწოდის გამოყენებით (ნახ. 1.2) [1].

ინფორმაციის გადამცემი მოწყობილობა წარმოადგენს მარტივ ხელსაწყოს, რომელიც შედგება გადამცემ და მიმღებ ბლოკებისაგან. მას

შემდეგ, რაც პრეპარატორს აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიიდან მიღებული იმპულსების რაოდენობა გრადუირების მრუდის საშუალებით გადაყავდა მანგანუმის პროცენტულ შემცველობაში, მიღებული ინფორმაციის გადაცემა ხდებოდა გადამცემი ბლოკის საშუალებით. გადამცემი ბლოკი შედგება კონტაქტორების ნაკრები ბლოკისაგან, სადაც შეიძლება სამი ციფრის აკრება ინფორმაციის მიმღებ ბლოკზე გადასაცემად. მიმღები ბლოკი შედგება იგივე განლაგების ელექტრონათურებისაგან და ინთება ის ნათურა, რომლის შესაბამისი კონტაქტორი არის ჩართული.



ნახ. 12. სინჯის ამღების სქემა:

1 - ციცხვი; 2 - ციცხვის ამძრავი; 3 - კონვეიერის მწარმოებლურობის გადამწოდი; 4 - დაყოვნების მექანიზმი; 5 - მართვის აპარატურა; 6 - სახსრული შეერთება; 7 - საბრუნო ბერკეტი; 8 - ციცხვის ამძრავი ლილევი; 9 - ციცხვის სიმბიმის ცენტრი; 10 - სინჯი; 11 - ციცხვის ზღუდარი; 12 და 14 - ბოლო ამომრთველები; 13 - განმტვირთავი მოწყობილობის საყრდენი

მიმღები ბლოკი მოთავსებული არის თვალსაჩინო ადგილზე. მამდიდრებელ მანქანაზე მომუშავე პერსონალისათვის მასზე ასახული ინფორმაციის მიხედვით ხდება მამდიდრებელი მანქანის რეგულირება.

14. სინჯის ტრანსპორტირება ბაგირული გადაცემის გამოყენებით

ბაგირული გადაცემა ფართოდ გამოიყენება ამწესატრანსპორტო მანქანებში, ბაგირგზებში, კონვეიერებში სინჯის მიმწოდებელ მოწყობილობებში, მგზავრების გადასაყვანად ან ტვირთის გადასაზიდად და სხვა.

ბაგირული გადაცემა შედგება წამყვან და მიმყოლ ბორბლებისა და მათ შორის დამაკავშირებელი ბაგირისაგან, სადაც ბორბლებზე განსაზღვრული რადიუსით შემოხვეული ბაგირი დაჭიმული უნდა იყოს, რათა მოხდეს მაბრუნე მომენტის გადაცემა, რომელიც ხორციელდება დამჭიმი მოწყობილობის გამოყენებით.

ბაგირული გადაცემის დამახასიათებელ ნიშნად ითვლება წვევის სახე, ის ძირითადად გავლენას ახდენს ბაგირული გადაცემის კონსტრუქციაზე და განსაზღვრავს ბაგირული გადაცემის სახის შერჩევას [10].

სამგზავრო კიდული საბაგირო გზის მშენებლობები დაიწყო ძირითადად 1890 წლიდან [11].

საქართველოში პირველი სამგზავროსაბაგირო გზა ინჟ. გ. ფანცულაიას პროექტის მიხედვით აშენდა 1945 წელს.

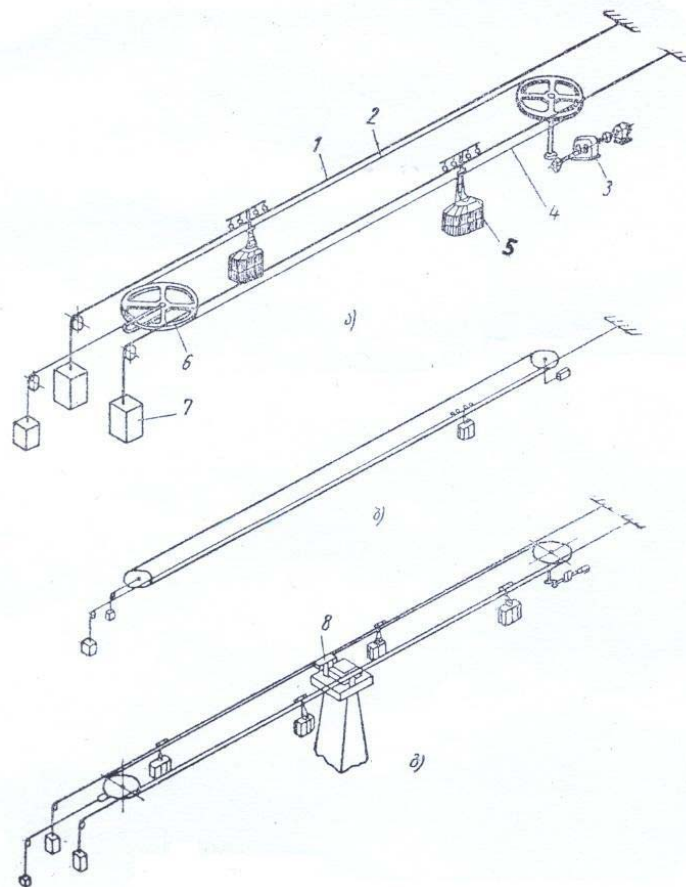
მთიან და ძნელადმისასვლელ ადგილებში ნაკლებად ათვისებული დიდი ტერიტორიების არსებობა ფართო პერსპექტივებს სახავს სამგზავრო-სატვირთო კიდული საბაგირო გზების განვითარების საქმეში.

არის ორი ტიპის საბაგირო გზა: პირველ შემთხვევაში, უძრავ ბაგირზე ხდება ვაგონის სავალი ურიკის გადაადგილება, რომელზეც საკიდრის საშუალებით მიერთებულია ვაგონის ძარა. მეორე შემთხვევაში, საკიდარი მომჭერის საშუალებით მიუერთდება მოძრავ ბაგირს, რომელიც ამასთანავე საწვეი ორგანოს ფუნქციას ასრულებს (ერთბაგირიანი გზა).

კიდული საბაგირო გზის უძრავ ლიანდაგად, უმეტეს შემთხვევაში გამოყენებულია ერთი ბაგირი, რომელსაც სარელსო ბაგირი ეწოდება. სარელსო ბაგირიან გზებზე წვევა თითქმის ყოველთვის ხორციელდება დამატებითი საწვეი ბაგირის საშუალებით (ორბაგირიანი გზა).

ფართოდ განვითარდა საბაგირო გზების მშენებლობა საწვევი ბაგირით. საბაგირო გზები (როგორც ერთბაგირიანი, ისე ორბაგირიანი) მოძრაობის ხასიათის მიხედვით განიხილება: ქანქარისებრი, სადაც საწვევ ბაგირზე მუდმივად დამაგრებული ვაგონი (ერთი, ორი ან ოთხი) უკუქცევით-გადატანით მოძრაობას ასრულებს და რგოლური, სადაც ვაგონები განუწყვეტლივ, ერთი მიმართულებით მოძრაობენ.

ამჟამად, ძირითადად, გავრცელებულია ორბაგირიანი ქანქარისებრი გზები ერთი (ნახ. 13, ა) ან ორი (ნახ. 13, ბ) ვაგონით. როცა აუცილებელია გამტარუნარიანობის გაზრდა, გრძელ გზებს ყოფენ ორ ან



ნახ. 13 ქანქარისებრი გზის სქემები:

- 1 – სარელსო ბაგირი; 2 – თავბაგირი; 3 – ამძრავი; 4 – ბოლო საწვევი ბაგირი;
- 5 – ვაგონი; 6 – საწვევი ბაგირის დამჭიმავი მოწყობილობა; 7 – სარელსო ბაგირის დამჭიმავი მოწყობილობა; 8 – შუალედი გადასასხდომი სადგური

მეტ უბნად. ამგვარი დაყოფა აუცილებელია აგრეთვე სარელსო ბაგირის წონის შესამცირებლად, რომელიც მიღებული წესების თანახმად, ერთი უბნისაგან უნდა შედგებოდეს, 2-2,5 კმ სიგრძის დროს კი სარელსო ბაგირის წონა 25-30 ტონას აღწევს.

გზის ცალკეულ უბნებს უმეტეს შემთხვევაში დამოუკიდებელი ამძრავები აქვთ და ფაქტიურად ცალკეულ გზებს წარმოადგენენ. არსებობს აგრეთვე ორი უბნისაგან შემდგარი გზები, რომელთაც ერთი საწვეი ბაგირი და საერთო ამძრავი აქვთ (ნახ. 1.3, გ), რითაც მცირდება მექანიზმებისა და მომსახურე პერსონალის რიცხვი. ასეთი სისტემა რაციონალურია, როცა არსებობს ორივე უბნის ერთდროული მუშაობის საჭიროება და მათზე მგზავრთა რაოდენობაც ერთნაირია.

ერთბაგირიანი გზების გამოყენება მიზანშეწონილია ხალხის ან ტვირთის მცირე ნაკადის პირობებში.

ამჟამად კიდული საბაგირო გზები აშენებულია ქალაქებში: თბილისში, ქუთაისში, ჭიათურაში, ბორჯომში და სხვა.

განსაკუთრებით საინტერესოა ქ. ჭიათურის ცენტრალურ ადგილზე აშენებული სადგური, საიდანაც სამი დამოუკიდებელი სამგზავრო-საბაგირო გზა მიემართება ქალაქის ძნელად მისადგომ განაპირა შემადლებულ საცხოვრებელ უბნებისაკენ.

საბაგირო გზები ფართოდ გამოიყენება ტურისტთა და მოთხილამურეთა გადასაყვანად. ორბაგირიანი ქანქარისებრი გზები ყველაზე ძნელად მისაწვდომი სამთო რაიონების ათვისების საშუალებას იძლევა მთიან რაიონებში წარმოებულ მშენებლობებზე, აგრეთვე მაღაროდან გამოტანილი მადნის მამდიდრებელ ფაბრიკებში ტრანსპორტირებისათვის, ხე-ტყის საზიდად მთიან და ჭაობიან რაიონებში და სხვა.

ბაგირებით გადაცემა (საბაგირო გზები) მრავალ შემთხვევაში კონკურენციას უწევს სხვა გზებს, მათთან შედარებით შემდეგი უპირატესობების გამო [10]:

1) მათი დამონტაჟება დამოკიდებული არ არის რელიეფის პროფილზე, რაც შესაძლებელს ხდის მიწის სამუშაოების, ხიდების და ესტაკადების მშენებლობის თავიდან აცილებას. შესაძლებლობას იძლევა უმოკლესი სვლაგეზით (განსაკუთრებით სამთო პირობებში) მნიშვნელოვნად შემცირდეს გზის სიგრძე;

2) არ არის დამოკიდებული კლიმატის პირობებზე, გზა უსაფრთხოა და დაცული ნიაღვრებისა და ზვავებისაგან. მისი ფუნქციონირება შესაძლებელია აგრეთვე მაღალმთიან პირობებში (საბაგირო გზა ცხრაწყაროს უღელტეხილზე ზღვის დონიდან 3500 მ);

3) საბაგირო გზები არა მარტო უზრუნველყოფენ მგზავრების ან ტვირთის გადაადგილებას ერთი ადგილიდან მეორემდე, არამედ შეუძლიათ ერთდროულად ნებისმიერ სიმაღლეზე მათი გადაყვანა;

4) ბაგირებით გადაცემის ერთ-ერთ სახეობას - მონორელსურ საკიდზე დამონტაჟებულ კონვეიერულ სისტემას ფართო გამოყენება აქვს საწარმოთა ტერიტორიებზე ტვირთის გადაადგილების განსახორციელებლად.

ბაგირებით გადაცემის უარყოფითი მხარე ის არის, რომ ვაგონების ან ციცხვის დიდი სიჩქარით მოძრაობის შემთხვევაში, ამძრავის გამორთვის ან დამუხრუჭების შემთხვევაში წარმოშობილი ინერციული ძალების გავლენით ხდება სახსრულად დაკიდული ვაგონების (ტვირთის) რხევა, რის გათვალისწინება აუცილებელია გადაცემის დაპროექტების დროს.

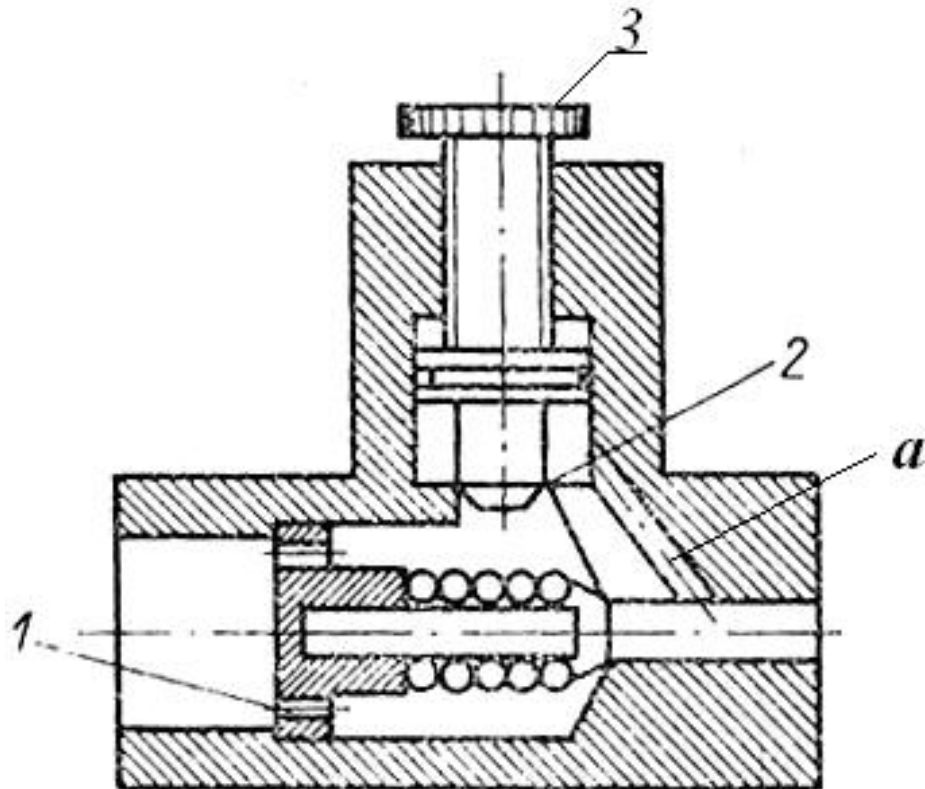
საწარმოო პირობებში ბაგირული გადაცემით შესაძლებელია არა მარტო მაღაროდან მანძის მამდიდრებელ ფაბრიკაში გადატანა, არამედ მათი საშუალებით შეიძლება განხორციელდეს სინჯის მოკვეთა და ტრანსპორტირება სინჯის ადების ადგილიდან აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიამდე.

1.5. პნევმატიკური ამძრავები, გამოყენებული სინჯის ტრანსპორტირებისათვის

თანამედროვე სამრეწველო დანიშნულების ამძრავებში გამოყენებულია ელექტროული, ჰიდრაულიკური, პნევმატიკური და კომბინირებული ამძრავები, რომლებიც აღჭურვილნი არიან გამარტივებული კინემატიკური სქემებით. ეს განპირობებულია იმით, რომ ასეთი ამძრავები ასრულებენ უმარტივეს ფუნქციებს, ახასიათებთ დიდი გამძლეობა მუშაობისას და დაბალი ფასი. კერძოდ, პნევმატიკური ამძრავების გამოყენება განპირობებულია გრძელ სვლიანი ცილინდრების და მბრუნავი პნევმო-

ამძრავების არსებობით, რის გამოც უზუღვებელყოფილია შუალედური მექანიზმების გამოყენება.

პნევმატიკური ამძრავები აგრეთვე გამოიყენება სხვადასხვა დანადგარებში სინჯების მიწოდებისათვის. მაგალითად, აქტივაციური ლაბორატორიის დასხივების ზონაში იგი მომსახურე პერსონალის უსაფრთხოების გარანტიაა. პნევმოამძრავებში მოხვედრილი ჰაერის რაოდენობის ცვლილება განაპირობებს მისი სიჩქარის რეგულირებას, ამისათვის გამოყენებულია უკუმოქმედების *ПДК* ტიპის სარქველები. ჰაერის მიწოდების ან გამოდენის დროს სიჩქარის რეგულირება ხდება სარეგულირებო ხრახნის - 3 ისეთ მდგომარეობაში დაყენებით, რომელიც აღნიშნულია 14 ნახაზ-ზე. ჭარბი ჰაერი მიეწოდება ხვრელიდან 1, რის შემდეგ ზამბარა აწევა კონუსურ სარქველს. იმ შემთხვევაში, როცა ჭარბი დაწინებილი ჰაერი მიაწევა დრეჩო 2-ს, ჰაერი *a* ხვრელის საშუალებით გაედინება ატმოსფეროში [12].

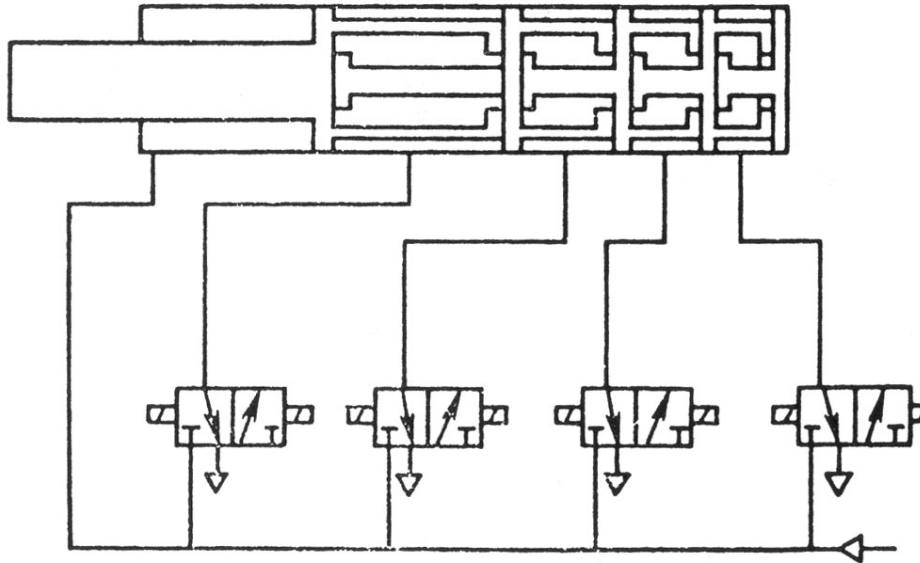


ნახ. 14. უკუმოქმედების პნევმატიკური სარქველი:
 1 - ჰაერის მიწოდებელი ხვრელი; 2 - კონუსური სარქველის დრეჩო; 3 -
 სახელური; *a* - ჭარბი ჰაერის გასასვლელი ხვრელი

უკუქმედების პნევმატიკურ სარქველში ჰაერი შესვლამდე მუშავდება. დანადგარის კვების ბლოკში შედის ჰაერის მომზადების აპარატურა და რედუქტორი. ჰაერის მომზადების აპარატურა შედგება სინესტის განმანცალკავებელისაგან და ზეთის მფრქვევანასაგან. ჰაერი ჯერ გაივლის სინესტის განმანცალკავებელ სისტემას, რომელიც შეკუმშულ ჰაერს ათავისუფლებს სინესტისაგან და 0,05 მმ-ის ზომის მექანიკური მინარევებისაგან. შემდეგ ჰაერი გადადის ზეთისმფრქვეველ სისტემაში, რომელსაც შეაქვს შეკუმშულ ჰაერში ზეთის ნაწილაკები პნევმოსისტემის მოძრავი ნაწილების შესახეთად. კვების წნევას უზრუნველყოფს რედუქტორის გამართვა [13].

არსებული პნევმოამძრავები, ციკლური მართვის და პოზიციის ფიქსირების შეზღუდული რიცხვით, პოზიციის არჩევას ახერხებენ ჩამონტაჟებული დემპფერული მოწყობილობის ხარჯზე. საყრდენების გამოყენება განპირობებულია ზემოაღნიშნული დანადგარის მდგრადობისათვის პნევმოამძრავის მაღალი სიჩქარის გამო. პნევმატიკური აპარატურის გამოყენების დროს, როცა პნევმოძრავის სიჩქარეა 1 მ/წმ და გაჩერებათა შორის ინტერვალი 100 მმ-ია. ასეთი პარამეტრების გამო გაჩერების რაოდენობა შეზღუდულია 6-9 - მდე. პოზიციის ფიქსირების რაოდენობის გაზრდა შესაძლებელია პოზიციონერების გამოყენებით (გადაადგილების სიდიდის მიხედვით). პოზიციონერის რიცხვის გაზრდა შესაძლებელია, თუ გამოყენებულია პოზიციონერები (მიმდევრობით შეერთებული სხვადასხვა სვლიანი პნევმოცილინდრები), რადგანაც პოზიციონერი შედგება სამი ცილინდრისაგან, აქვს პოზიციონირების 8 წერტილი. პოზიციონერის სქემა მოყვანილია ნახ. 1.5.-ზე. საწარმოო პნევმოამძრავებში, სადაც გამოიყენება პოზიციონერები უნდა გავითვალისწინოთ, რომ დისკრეტულობის შემთხვევაში, რაც ტოლია პოზიციონერის ბიჯის (ცილინდრის მინიმალური სვლა) გამორიცხულია ფიქსირებული წერტილების რეგულირება [12].

პოზიციური პნევმატიკური მართვის სისტემის დაპროექტებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს პნევმატიკური ძრავა, გამანაწილებელი კვანძი და რეგულირების აპარატურა, ასევე კვების ბლოკი.



ნახ. 15. პოზიციონირების სქემა

დღეისათვის ძირითადად აწარმოებენ პნევმოამძრავებს პოზიციური მართვით, მაგრამ მოცემული პნევმოამძრავების დამუშავების სირთულე შექმნილია შეკუმშული ჰაერის თვისებების გამო, რომელიც მუდამდებია ჰაერის თვისებების ცვალებადობით დატვირთვის ზემოქმედებისას.

1.6. ნეიტრონულ მამრავლებელზე სინჯის განსაზღვრის მოწყობილობები

მადნის გამდიდრების პროცესის დროს სინჯის აღების გაუმჯობესებული მეთოდიკა ითვალისწინებს მასში სასარგებლო წიაღისეულის % შემცველობის განსაზღვრას, რაც გადამწყვეტ რგოლს ასრულებს წარმოებაში მანგანუმის მიღების გაუმჯობესებისათვის. აუმჯობესებს ფერადი ლითონების მიღებისას მოპოვების დანაკარგების შემცირებას და მის რაციონალურ გამოყენებას სახალხო მეურნეობაში.

მადნის მოპოვების მოცულობის გაზრდა გამოწვეულია მოპოვებული ლითონების მოთხოვნილების გაზრდით. მანგანუმზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილება შესაძლებელია არა მარტო გამდიდრების პროდუქციის ხარისხის ამაღლებით, არამედ მადნიდან ამოღებული მანგანუმის რაოდენობის გაზრდით. ეს პროცესი კი მოითხოვს ახალი ტექნოლო-

გიების დანერგვას, თანამედროვე მოწყობილობა-დანადგარების დაპროექტებას და სხვა.

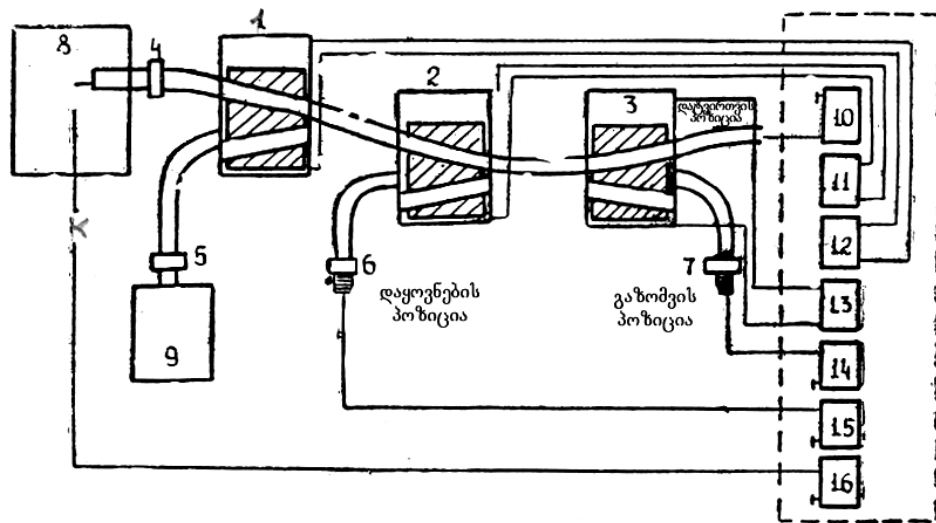
ს.ს. “მადნეულის” წარმოებაში მადანს ფლოტაციური მეთოდით ამდიდრებენ ძირითად სამ ელემენტს – ოქროს, სპილენძს და ბარიუმს, ამიტომ მადანში ამ ელემენტების შემცველობის ცოდნა აუცილებელია ტექნოლოგიური პროცესების წარმოებისათვის. მაგალითად, სპილენძის და ბარიუმის შემცველობის ანალიზის ჩატარება აუცილებელია მოხდეს ყოველ 30-35 წთ-ში, მაგრამ გამოყენებული მეთოდები, რომელიც მოიცავს ქიმიურ და რენტგენოსპექტრულ ანალიზს, იძლევა შედეგს 4-6 სთ-ის განმავლობაში, რაც თითქმის შეუძლებელს ხდის დროულ ჩარევას გამდიდრების პროცესის რეგულირებაში. ოპერატიული კონტროლის არარსებობა არღვევს და აუარესებს გამოშვებული პროდუქციის ხარისხს და ზრდის დანაკარგს. ამრიგად, პროცესის მიმდინარეობის გაუმჯობესებისათვის საჭიროა უფრო ეფექტური გზების მოძიება.

გასული საუკუნის 70-იან წლებში მადნეულის სამთო მამდიდრებელ კომბინატებში ამ პროცესის გაუმჯობესებისათვის გამოყენებული იქნა ნეიტრონულ აქტივაციური მეთოდი, რომელიც ემყარება სითბურ ნეიტრონების ანალიზის მეთოდს. გამოსხივების წყაროდ გამოყენებული იქნა ნეიტრონული გამამრავლებელი ПС-1, სადაც ნეიტრონების ნაკადი აღწევს $3.8 \cdot 10^{-6}$ ნ/სმ². წმ.

ნეიტრონული გამამრავლებელი აღჭურვილია პნევმოსატრანსპორტო სისტემით, რომლის მეშვეობით ხდება სინჯების მიწოდება საექსპერიმენტო არხებში და ნეიტრონული გამამრავლებელზე დასხივების შემდეგ ნიმუშის გამოკვლევა და დასხივებული ნიმუშის შენახვის კონტეინერში გადატანა [14, 15, 16, 17].

პნევმოსატრანსპორტო სისტემა შედგება 5 საექსპერიმენტო არხისაგან (პნევმოფოსტა), დიამეტრი - 12, 28 და 50 მმ. 12 მმ-იანი 2 პნევმოფოსტა გამოიყენება საანალიზო ნიმუშის და ეტალონის ერთდროული გადაადგილებისათვის. ისინი აერთიანებენ დასხივების ზონას, რომელიც აერთიანებს ვერტიკალურ საექსპერიმენტო არხებს დასხივების ზონასთან, აგრეთვე განზომილების არეს და გარეთ გამომტან არხებს გადაყრის ყუთთან-კონტეინერთან (ნახ.1.6.).

ნიმუშების ტრანსპორტირება ხორციელდება გამანაწილებელი მექანიზმების მეშვეობით. გამანაწილებელი მექანიზმი წარმოადგენს ლითონის დრუ ცილინდრს აღჭურვილს დგუშებით, რომლებიც შეიცავენ ორ რადიალურ მრუდე არხს. დგუშის გადაადგილება ცილინდრში და მისი გარკვეულ პოზიციაში დაფიქსირება ხდება მიკროგამომრთველის საშუალებით, ხოლო სინჯების გადაადგილება არხებში კონტროლდება ფოტოგადამწოდების საშუალებით.



ნახ. 1.6. პნევმოსატრანსპორტო სისტემა:

1 - III მანაწილებელი; 2 - II გამანაწილებელი; 3 - I გამანაწილებელი ; 4, 5, 6, 7 - ფოტოგადამწოდები; 8 - *ИТС-1* ქვეკრიტიკული ანაკრები; *K* - გადაყრის კონტეინერი; 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 - ჰაერგამანაწილებლები

ორი 28 მმ პნევმოფოსტა მუშაობს ავტომატურ რეჟიმში და აქვს შეყოვნების რეჟიმი. 50 მმ პნევმოფოსტა განლაგებულია ჰორიზონტალურ ექსპერიმენტულ არხში და აქვს იგივე კონსტრუქცია რაც 28 მმ-იანს. ექსპერიმენტისათვის გამოიყენება 28 მმ-იანი პნევმოფოსტა.

კაპსულებში მოთავსებული სინჯების ტრანსპორტირება პნევმოგამტარებში ხდება შეკუმშული ჰაერის მეშვეობით. ჰაერი არხებში შეედინება ჰაერმანაწილებლიდან, იგი კონსტრუქციულად შედგება რამდენიმე ელექტრომაგნიტური პნევმოსარქვლებისგან, რომლის თითოეული მათგანი დაკავშირებულია ჰაერგამტარი არხთან პნევმომანაწილებლის ბოლო პოზიციებით. კონსტრუქციის მართვა ხდება

პულტის მეშვეობით, ასევე შესაძლებელია განხორციელდეს კომპიუტერული სისტემის გამოყენებით, სათანადო პროგრამის დამუშავების შემდეგ. ტექნიკურ ლიტერატურაში განხილული მაგალითები საფუძვლად დაედო დისერტაციაში წამოჭრილ საკითხებს, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ დამუშავებული იქნა სინჯის ახალი მიმწოდებელი მექანიკური და პნევმატიკური ხაზები.

თავი II

მანგანუმის სინჯის მიმწოდებელი ავტომატური ხაზების პარამეტრების განსაზღვრა

2.1. წარმომადგენელი სინჯის მასის განსაზღვრის მეთოდები

წიაღისეულის შემცველობის განსაზღვრის ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდია ქიმიური ანალიზის მეთოდი, რომელიც მოითხოვს სინჯის წინასწარ ხანგრძლივ მომზადებას, ამიტომ იგი გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისათვის არ გამოდგება. საჭიროა ისეთი მეთოდის შემუშავება, რომელიც იქნებოდა უფრო სწრაფი - ექსპრესიული და სინჯის წინასწარი მომზადებისათვის არ მოითხოვდა დიდ დროს.

ასეთ მეთოდად შერჩეული იყო ფართოდ გავრცელებული ნეიტრონულ-აქტივაციური ანალიზის მეთოდი, სპეციალურად დამუშავებული მანგანუმის ნედლეულში, მანგანუმის % შემცველობის განსაზღვრისათვის საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკის ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ ჭიათურის მამდიდრებელი ფაბრიკებისათვის.

აღნიშნული მეთოდის დამუშავება მოითხოვდა ჭიათურის მანგანუმის მადნების ძირითად სახეობებში შემაჯავალი მინერალების ქიმიური შედგენილობის, კუთრი წონის და სხვა მახასიათებლების დადგენას, ტექნოლოგიური ხაზებიდან აღებულ სინჯში შემაჯავალი წყლის გავლენის განსაზღვრას სითბური ნეიტრონების შთანთქმასზე და ნიმუშის ოპტიმალური მასის განსაზღვრას [18].

დამუშავებული მეთოდი ქიმიურ მეთოდთან შედარებით არა მარტო ამცირებს ანალიზისათვის საჭირო დროს, არამედ გამორიცხავს ნიმუშის წინასწარი მომზადებით გამოწვეულ ყველა ცდომილებას, რომელიც შეიძლება გამოწვეული იყოს ნიმუშის გაყოფით, დაფქვით, დაფქვის დროს გამოწვეული სხვა ნიმუშების შერევით, გადაშრობით ან ზედმეტი სინოტივით მოხრეშვის დროს, ნიმუშის გადაწვით ან პირიქით არასრული სინოტივით, აწონვით გამოწვეული ცდომილებებით და სხვა.

დამუშავებული ნეიტრონულ-აქტივაციური მეთოდი მანგანუმის მადანში მანგანუმის პროცენტული შემცველობის 0-დან – 60%-მდე ფარგ-

ლებში, სიზუსტით არ ჩამოუვარდება ქიმიურ ანალიზის მეთოდს და აღნიშნულ ინტერვალში მისი აბსოლუტური ცდომილება არ აღემატება $\pm 0,5\%$ -ს.

ჭიათურის აუზის მანგანუმის მადნების ძირითად სახეობებში მანგანუმის პროცენტული შემცველობა არაერთგვაროვანია, ამიტომ წარმომადგენლობითი სინჯის მასა უნდა აკმაყოფილებდეს, როგორც მდიდარი, ასევე ღარიბი მადნებიდან არსებული ნიმუშების განსაზღვრის შესაძლებლობას. იმისათვის, რომ სინჯის წარმომადგენლობითი მასა გამოყენებული ყოფილიყო ჭიათურის აუზის ყველა სახეობის მადნებისათვის, საჭირო იყო სინჯის ოპტიმალური მოცულობის დადგენა.

მინერალური გამოკვლევებისათვის აღებული სინჯი სწორად უნდა ასახავდეს მთლიანი მასიდან აღებული სინჯის ნივთიერ შემცველობას. იგი უნდა იყოს ყველა იმ თვისების მატარებელი, რაც ახასიათებს ნედლეულს: მინერალური შედგენილობა, ნატეხებში სასარგებლო მინერალის ჩაწინწკვლები, სტრუქტურული თვისებები და სხვა.

წარმომადგენლობითი სინჯის მინიმალური მასა, რომელიც უზრუნველყოფს მასალის მთელი მასის თვისებას, განისაზღვრება შემდეგი პარამეტრებით [19]:

1. მადანში შემავალი მსხვილი ნატეხების რიცხვით, ფორმით და ზომებით;
2. მადანში შემავალი ნატეხებში მინერალის ჩაწინწკვლის მასხასიათებლით;
3. მასალაში შემავალი საძიებელი კომპონენტის საშუალო შემცველობით;
4. მინერალში შემავალი ფასეული ელემენტის შემცველობით;
5. მინერალში შემავალი კომპონენტების კუთრ წონათა სხვაობით;
6. ანალიზის ცდომილებათა დაშვების სიდიდით;
7. მთლიანი მასიდან სინჯის განსაზღვრული რაოდენობის აღების მეთოდით.

წარმომადგენლობითი სინჯის სრულფასოვნების დადგენა განპირობებულია მასში შემავალი სასარგებლო წიაღისეულით. თუ მთლიანი სინჯის მასიდან ავიღებთ განსაზღვრულ ნაწილს და გავყოფთ, მაშინ გაყოფის დროს თუ გაყოფილ ნაწილებში არასაკმარისია ფასეული კომ-

პონენტის ნაწილაკების შემცველობა, მაშინ ერთ ნაწილში იქნება მეტი, ვიდრე მეორეში. რაც მეტია ერთ-ერთ ნაწილში ადებულ მასალაში საშუალო ნატეხების სიმსხო, მით მეტია შესაძლო განსხვავება.

სინჯის მასალის საერთო წონის გაზრდით, ე.ი. საშუალო ნატეხების რაოდენობის გაზრდით, (ისე რომ გასაყოფ ნაწილებში ფასეული კომპონენტის მეტნაკლებობა მთლიან რაოდენობასთან შედარებით არ ასრულებდეს არსებით როლს) ნატეხებს შორის განსხვავების ცვალებადობა მცირდება.

რაც მეტია მასალაში ფასეული კომპონენტის შემცველობა, მით ნაკლებია სინჯში საშუალო ცდომილება, გამოწვეული ფასეული კომპონენტის შემცველობით.

მადანში შემავალი ფასეული კომპონენტის შემცირების შემთხვევაში სინჯის მასა უნდა გაიზარდოს.

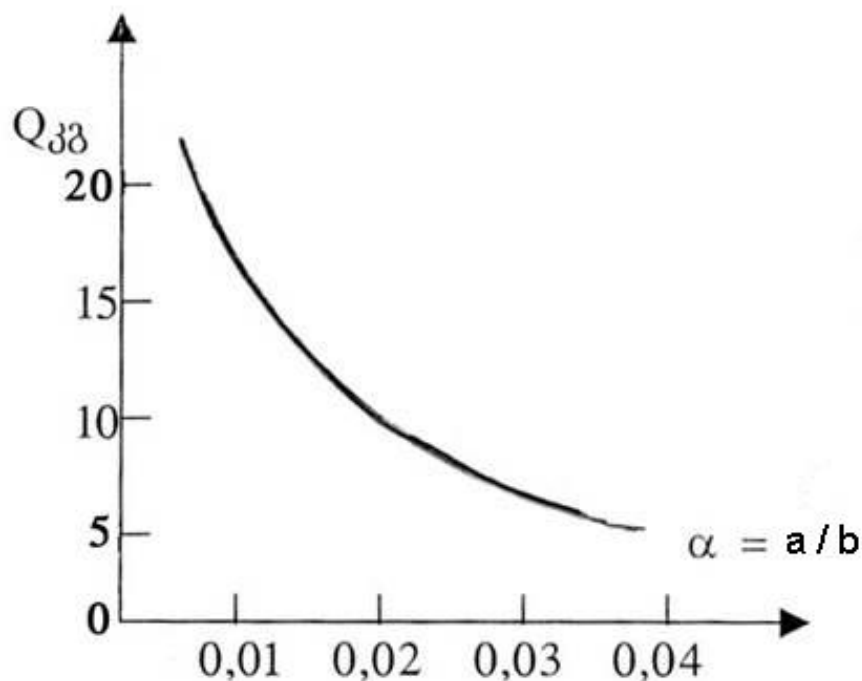
დიდ როლს თამაშობს აგრეთვე მინერალში შემავალი ფასეული კომპონენტის ნატეხების საშუალო შემცველობა მადნის მთლიანი მასასთან შედარებით. თუ კომპონენტის შემცველობა მინერალში დიდია, ხოლო საშუალო ნატეხების შემცველობა მადანში მცირე, მაშინ მასის არათანაბარი განაწილების ალბათობა სინჯში იზრდება და წარმომადგენლობითი სინჯის მასა უნდა გაიზარდოს.

ექსპერიმენტებით მიღებული სინჯის მასისა Q და მასში სასარგებლო კომპონენტის α -ს დამოკიდებულების გრაფიკი მოცემულია 2.1. ნახაზზე [20].

დამოკიდებულების გრაფიკიდან ჩანს, რომ წარმომადგენლობითი სინჯის მასასა Q -ს და სინჯში სასარგებლო კომპონენტის წონითი შემცველობას $\alpha = a/b$ - შორის (სადაც a – სასინჯ მასალაში ლითონის შემცველობაა, ხოლო b – მინერალში ლითონის შემცველობა). როგორც ნახ. 2.1. – დან ჩანს, α -ს გაზრდასთან ერთად წარმომადგენლობითი სინჯის მასა მცირდება.

სინჯის მასაზე აგრეთვე მოქმედებს სასარგებლო მინერალის თითოეულ ნატეხში ჩაწინწკელის ზომა. რაც ნაკლებია ჩაწინწკელის ზომა, მით ერთგვაროვანია მასალა დაფქვის შედეგად და სინჯის მასაც შეიძლება იყოს ნაკლები. მადანში შემავალი მინერალების კუთრ წონათა

განსხვავება ხელს უწყობს მასალის სეგრეგაციას. რაც მიიქმეა სასარგებლო მინერალი ფუჭ ქანებთან შედარებით, მით ძნელდება მისი თანაბარი გადანაწილება სინჯში, და ამდენად სინჯის წონა უნდა გაიზარდოს.



ნახ. 2.1. დამოკიდებულება სინჯის მასასა და სასარგებლო კომპონენტის წონით შემცველობას შორის

სინჯის მასა უკუპროპორციულია სინჯის ადებით გამოწვეული დასაშვებ ცდომილებათა სიდიდის კვადრატის. რაც ნაკლებია დასაშვები ცდომილებების სიდიდე, მით მეტი უნდა იყოს სინჯის მასა [21].

თუ გავითვალისწინებთ ზემოთ თქმულს, ცხადია, რომ წარმომადგენლობითი სინჯის მასის დადგენაზე ბევრი ფაქტორი მოქმედებს და ყველა ამ ფაქტორის გათვალისწინება საკმაოდ რთულია, ამიტომ უმრავლეს შემთხვევაში სარგებლობენ მიახლოებითი ფორმულებით. მათ შორის უფრო გავრცელებულია რიჩარდ-ჩეჩოტის ფორმულა [22]

$$q = kd^2, \quad (2.1)$$

სადაც, q - წარმომადგენლობითი სინჯის მასა, კგ;

d - სინჯში არსებული მაქსიმალური სიდიდის ნატეხების ზომა, მმ;

k - კოეფიციენტი რომელიც დამოკიდებულია მასალის სინჯის ერთგვაროვნებაზე. ამ კოეფიციენტის სიდიდე სხვადასხვა ტიპის მადნე-ბისათვის სხვადასხვაა და იცვლება 0,05-დან 1-მდე. მანგანუმის მადნე-ბისათვის, რომლებიც ერთგვაროვნად ითვლება, მიღებულია $k=0,1$ [22].

ეს ფორმულა რეკომენდებულია სახელმწიფო სტანდარტით ქიმიური ანალიზისათვის სინჯის მინიმალური მასის დასადგენად. ფორმულა ზოგად ხასიათს ატარებს და სრულიად სხვადასხვა მასალებისათვის იძლევა სინჯის ერთნაირ წონებს. აქედან გამომდინარე, წარმომადგენლობითი ნიმუშების წონა არ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ რომელი მინერალი ჭარბობს მადანში.

მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისათვის ამ ფორმულით მიღებული შედეგი მიუღებელია. ეს მოსაზრება არაერთხელ გამოითქვა შრომებში, სადაც განხილულია ბირთვულ-ფიზიკური და ბირთვულ-ქიმიური ანალიზის მეთოდები. თუ რიჩარდ-ჩენოტის ფორმულის სიმარტივე სინჯის აღების ყოველდღიური გამოყენებისათვის გამართლებულია, სამეცნიერო კვლევისათვის, რაც მოითხოვს უფრო ზუსტ მიდგომას, იგი გაუმართლებელია, რადგან არ ითვალისწინებს მთელ რიგ ფაქტორებს [23].

ნაშრომში მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენების საფუძველზე სასარგებლო წიაღისეულის გამდიდრების თავისებურებების გათვალისწინებით, დამუშავებულია სინჯის მასის შერჩევის შედარებით უფრო უნივერსალური მეთოდი და მოცემულია ფორმულა მისი განსაზღვრისათვის [24].

ფხვიერი მასალების სფეროში ჩატარებული საცდელი მონაცემების და კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე დადგენილია, რომ ანალიზის შედეგებში შემთხვევით ცდომილებათა სიდიდეების გაზრდა სრულიად კანონზომიერია და ექვემდებარება ნორმალური განაწილების კანონს. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით შეიძლება განისაზღვროს სინჯში შემავალი სასარგებლო კომპონენტის მარცვლების განაწილების ალბათობა.

სინჯის მასის ანგარიშისათვის აუცილებელია განისაზღვროს მისი წარმომადგენლობა მოცემულ სინჯში შემავალი მანგანუმის მადნე-ბის თავისებურებათა და ძირითად სახეობებში მინერალების შემცვე-

ლობის გათვალისწინებით. ამ მიზნით ცხრილებში 2.1 და 2.2 მოყვანილია ჭიათურის აუზის მადნების ძირითადი სახეობები და მანგანუმის მადნების საშუალო შემცველობები, კუთრი წონა და ა. შ. როგორც ცხრ. 2.1. - დან ჩანს, მანგანუმის მადნების საშუალო შემცველობა არაერთგვაროვანია, რაც გავლენას ახდენს სინჯის წონის შერჩევაზე.

ზემოჩამოთვლილი ფაქტორების გათვალისწინებით, ჩვენს მიერ თეორიულად მიღებული და ექსპერიმენტალურად შემოწმებულია წარმოდგენილი სინჯის მასის განმსაზღვრელი ფორმულა:

$$Q = 10 \left(\frac{C}{C+1} \right)^3 D^3 \frac{t^2}{m_\alpha^2} \left(\frac{r\beta}{r-(1-\beta)} - \alpha \right), \quad (2.2)$$

სადაც - Q - სინჯის მასა, კგ; C - მასალის გრანულომეტრული მახასიათებელი, რომელიც აჩვენებს, როგორია მასში საშუალო მარცვლების წილი. თუ $d_{\text{საშ}} = 0,5D_{\text{მაქ}}$, მაშინ $C = 1$. $d_{\text{საშ}}$ - მარცვლების საშუალო ზომა სმ; $D_{\text{მაქ}}$ - მარცვლების მაქსიმალური ზომა სმ;

m_α - სინჯის აღების დანიშნული ფარდობითი სიზუსტე,

$$m_\alpha = \frac{\Delta 100}{\alpha} \% ;$$

Δ - სინჯში სასარგებლო კომპონენტის განსაზღვრის სიზუსტეა;

α - სინჯში კომპონენტის წონითი წილი, $\alpha = \frac{a}{b}$, სადაც α - სინჯში მანგანუმის შემცველობა, b - მინერალში მანგანუმის შემცველობა;

$$r - \text{ჩაწინწკვლის ზომის კოეფიციენტი, } r = \frac{D}{d_{\text{ჩაწ.}}}$$

$d_{\text{ჩაწ.}}$ - მინერალის ჩაწინწკვლის ზომაა; β - მინერალის მსხვილ მარცვლებში არათანაბარი ჩაწინწკვლის კოეფიციენტი. ის რიცხობრივად დიდი ზომის ნატეხებში სასარგებლო მინერალის რაოდენობის ტოლია $\beta = D$;

t - ალბათობის პარამეტრია, რომელიც განსაზღვრავს სინჯის მიღების სარწმუნო ხარისხს. სარწმუნო ალბათობის ძირითადი ფორმულები და ცხრილები მოცემულ ნაშრომში, სადაც საშუალო კვადრატული სარწმუნო ალბათობა α გამოითვლება ლაპლასის ფორმულით, სტიუდენტის კოეფიციენტის გათვალისწინებით [25].

მანგანუმის მადნის ძირითადი მინერალები

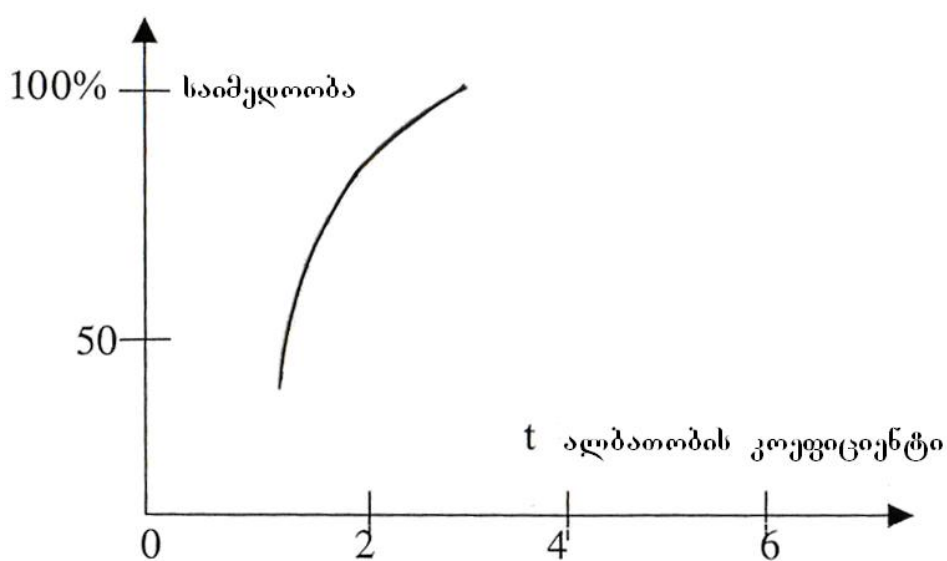
ცხრილი 2.1.

დასახელება	ქიმიური ფორმულა	საშ. % შემცველობა	ფერი	კუთრი წონა, გრ/სმ ³
პსილომელანი	$m\text{MnOMnO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	60	შავი	4,4-4,7
პიროლუზიტი	MnO_2	63,2	შავი-მოლურჯო	4,3-5,0
მანგანიტი	$\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	62,4	შავი-მურა	4,2-4,4
გაუსმანიტი	Mn_3O_4	72	შავი	4,7-4,9
ბრაუნიტი	Mn_2O_3 ან $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3$	69,5	შავი	4,7-5,0
როდონიტი	$(\text{Mn}, \text{Ca})\text{SiO}_3$	42	მოვარდისფრო ნაცრისფერი	3,4-3,75
როდოხროზიტი	MnCO_3	47,7		
ბერნადიტი	$\text{MnO}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$	45	მოშაო-ყავისფერი	2,3-2,5
რაპსეიდი	$(\text{Mn}, \text{Ca})\text{OmnOH}_2\text{O}$	30-57	შავი-მონაცისფრო	3,4-4,4
კალციუმი	შენარევი MnCO_3 და CaCO_3	40	ნაცრისფერი თეთრი	3,5-3,8
როდოხროზიტი	მინარევი MnCO_3			
მანგან-კალციტი	$(\text{Mn}, \text{Ca})\text{CO}_3$	25,5	მონაცისფრო-თეთრი	2,9-3,4

ჭიათურის აუზის მანგანუმის მადნების ძირითადი სახეობები

ცხრილი 2.2

მადნის სახეობა	მანგანუმის საშუალო შემცველობა, %	მარაგი მლნ ტონა	მოპოვება, ათასი ტონა
		1987 წ. მონაცემებით	
უანგეული	24,8	53,8	1831
კარბონატული	17,3	51,8	1238
„მწვარი“	25,8	0.8	13
უანგეული	38,1	30.3	416
სილიანი მანგანუმი	16,1	0.06	
უანგეულ-კარბონატული	25,6	36.6	458



ნახ. 2.2. ფუნქციური დამოკიდებულება საიმედოობის და ალბათობის პარამეტრს შორის

ნახაზ. - ზე 2.2 მოცემულია ფუნქციური დამოკიდებულება საიმედოობისა და ალბათობის პარამეტრს შორის. როცა ალბათობის პარამეტრი $t=2$, მაშინ საიმედოობა შეადგენს 95,45%; როცა $t=2,58$ საიმედოობა 99%-ის ტოლია; როცა $t=3$, საიმედოობა 99,73%-ის ტოლია [19].

სასარგებლო წიაღისეულის წარმოდგენილობითი სინჯის მასის ანგარიში ბირთვულ-ფიზიკური მეთოდით დამუშავებისას უნდა აკმაყოფილებდეს ყველა იმ პირობას, რა პირობებიც აუცილებელია ქიმიური ანალიზისათვის.

ჭიათურის აუზის საბადოების მანგანუმის მადანში და მის გამდიდრების პროდუქტებში გამდიდრების ეს პროცესი მიმდინარეობს არა უმეტესი 16 მმ-იანი კლასის ნიმუშებზე. წარმომადგენელი სინჯის მასის საანგარიშო ფორმულა (2.1) გვაძლევს შედეგს - 25,6 კგ-ს. აქ არ არის გათვალისწინებული არც მანგანუმის შემცველობა მინერალში, არც მასის მინერალოგიური შედგენილობა, არც ის თუ რა სიზუსტით იზომება ნიმუში, არც სხვა მთლიანი ტექნოლოგიური პროცესისათვის საჭირო თავისებურებანი.

(2.2) ფორმულის გამოყენებამ საშუალება მოგვცა გაგვესაზღვრა წარმომადგენლობითი სინჯის მასის უფრო ზუსტი მნიშვნელობა.

განვიხილოთ ფორმულაში (2.2) შემავალი პარამეტრების მნიშვნელობები და განვსაზღვროთ ისინი მანგანუმის მადნის წარმომადგენლობითი სინჯის მასის შესარჩევად.

მანგანუმის მადანი ითვლება ერთგვაროვნად, თუ საშუალო დიამეტრის ნატეხების რაოდენობა დაახლოებით უდრის საშუალო დიამეტრის ნატეხების რაოდენობის ნახევარს ანუ

$$d_{საშ} = 0,5D_{მაქს} \quad C=1,$$

სადაც, ნატეხების მაქსიმალური ზომა $D=16$ მმ.

გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის საკონტროლოდ და რეგულირებისათვის სრულიად საკმარისია შემოვიფარგლოთ საიმედო შედეგით 95,45%-ით, მაშინ $t=2$ (ნახ. 2.2).

ქანგეულ მადნებში მანგანუმის მინერალები ძირითადად წარმოდგენილია პიროლუზიტით და პსილომელანით, სადაც საშუალო შემადგენლობა დაახლოებით ტოლია $b = 60\%$, $a = 19,5\%$, მაშინ

$$\alpha = \frac{a}{b} = 0,31.$$

მანგანუმის მადნები წარმოადგენენ ეგრეთწოდებული ოლითურ მადნებს, რომლის ცალკეული მარცვლების ზომები იცვლება 2-დან 8 მმ-მდე ზღვრებში. მივიღოთ მინერალის ჩაწინწკელის საშუალო ზომა $d_{ჩაწ.} = 5$ მმ, მაშინ

$$r = \frac{D}{d_{ჩაწ.}} = 3,2.$$

მანგანუმის მადნის შემცველობის განსაზღვრა ნეიტრონულ - აქტივაციური მეთოდით საშუალებას გვაძლევს გაზომვის სიზუსტე უზრუნველყოფილი იყოს $\pm 0,5\%$ აბსოლუტური სიზუსტით, ამიტომ $\Delta = 0,5\%$ მაშინ

$$m_{\alpha} = \frac{\Delta \cdot 100}{\alpha} = 1,21.$$

გამოთვლილი სიდიდეების ჩასმით (2.2) ფორმულაში, მივიღებთ ქანგეული მანგანუმის მადნის წარმომადგენლობითი სინჯის მინიმალური წონის მნიშვნელობას $Q = 9,3$ კგ. რადგანაც კონვეიერიდან სინჯის მოკვეთის დროს მოცულობითი რაოდენობის განსაზღვრა უფრო ხელსაყრელია, ვიდრე წონითის, ამიტომ სინჯის წონა გადაყვანილია მოცულობითში, რომელიც შეადგენს 4500 ± 50 სმ³.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ კარბონატულ მადნებში მანგანუმის საშუალო პროცენტული შემცველობით (47,7%), მასში შემაჯავალ ძირითად მინერალებში როდოხროზიტში და მანგანოკალციტში მანგანუმის საშუალო შემცველობა დაახლოებით 37% - ია, მაშინ აღმოჩნდება რომ კარბონატულ მადნებისათვის წარმომადგენლობითი სინჯის მასა 9,3 კგ-ზე უფრო ნაკლებია საჭირო, რადგან წიაღისეულში მადნის შემცველობის და ჩაწინწკელის ზომები შემცირებულია.

რაც შეეხება მანგანუმის გამდიდრების პროდუქტებს, მათში მანგანუმის შემცველობის განსაზღვრასთან ერთად მცირდება მასალის სიმსხო და წარმომადგენლობითი მასა მათთვის იგივე რჩება.

მანგანუმის მადნების და მათი გამდიდრების პროდუქტებისათვის ასეთი მეთოდით განსაზღვრული მასა უეჭველად უზრუნველყოფს ჭიათურის აუზის ყველა სახეობის მადნის ანალიზისათვის აღებულ სინჯის წარმომადგენლობითობას. იგი მისაღებია ტექნოლოგიური პროცესის სარეგულირებლად და არ იკარგება დრო მის შეკვცა-შემცირებაზე.

2.2. მანგანუმის შემცველობის ცვალებადობის პერიოდის პროგნოზირება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით

ჭიათურის მამდიდრებელ ფაბრიკებში მანგანუმის მადნის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის მართვა მამდიდრებელ მანქანებზე მომუშავე პერსონალის მიერ წარმოებდა ინტუიციით. მადნის ფერის მიხედვით ხდებოდა მამდიდრებელი მანქანის ცხაურის ამპლიტუდის რეგულირება.

საჭირო იყო დაგვედგინა დრო, თუ რა ინტერვალში იყო საჭირო პროცესის რეგულირება, რაც შესაძლებელი იყო მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდის გამოყენებით გარკვეული დროის დაკვირვების შედეგად დაგროვილი მონაცემების გაანალიზებით.

შეშფოთების ცვალებადობის პერიოდის ქვეშ იგულისხმება დროის ის ინტერვალი, როდესაც მანგანუმის შემცველობა კონცენტრატში გადასცდება დადგენილ ზღვრულ მნიშვნელობას მატებით ან კლებით. ორივე ასეთი გადახრა არახელსაყრელია ფაბრიკისათვის. პირველ შემთხვევაში არის საფრთხე, რომ მაღალი ხარისხის პროდუქცია გაიყიდოს დაბალ ფასში, მეორე შემთხვევაში კი მოსალოდნელია პროდუქციის რეკლამაციით გამოწვეული ზარალი.

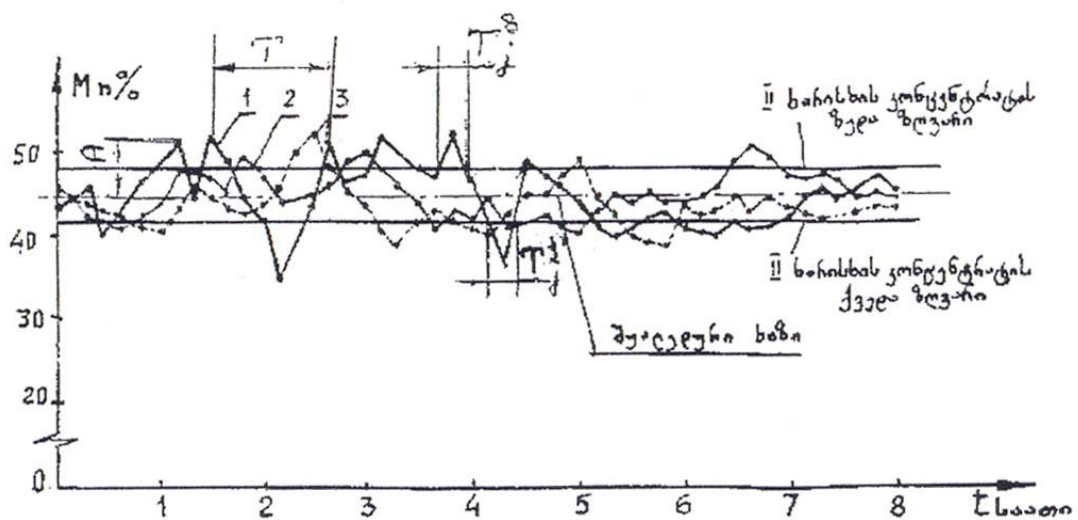
შეშფოთების ცვალებადობის პერიოდი დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთაგან აღსანიშნავია:

- მადნის გადამუშავების წინ ჩატარებული მოსამზადებელი სამუშაოების: დამტვრევის, დაფქვის და დაქუცმაცების სრულყოფა;

- სხვადასხვა უბნებიდან მოპოვებული წიაღისეულის შერევის შედეგად სასარგებლო კომპონენტების გასაშუალოება და მის მარაგში სასარგებლო კომპონენტის შემცველობის განსაზღვრა;
- მამდიდრებელ მანქანებში დაღეჟვის ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმალური პირობების შექმნა;
- მამდიდრებელ მანქანებში მომუშავე პერსონალის კვალიფიკაცია.

ყველა ამ ფაქტორის კრიტიკული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გამოშვებული პროდუქციის ვარიაცია დამოკიდებულია ორ ძირითად ფაქტორზე: ნედლი მასალის შემცველობის ვარიაციასა და ამ ვარიაციის მიხედვით ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებაზე [26].

შეშფოთების პერიოდის ცვალებადობის შესასწავლად ჩატარებული იყო ექსპერიმენტი ერთი წლის ყოველი სეზონის ოთხივე დროში 5 დღე-ღამის განმავლობაში. თითოეულ ცვლაში ყოველ 10 წუთში იზომებოდა სათაო სინჯის პროცენტული შემცველობა და გამოშვებული პროდუქციის კონცენტრაცია. საილუსტრაციოდ (ნახ. 2.3) მოცემულია მეორე ხარისხის მანგანუმის კონცენტრაციის ცვალებადობა ერთი დღე-ღამის განმავლობაში, სადაც პირველ, მეორე და მესამე მრუდებზე მოცემულია სამ ცვლაში მიღებული შედეგები.



ნახ. 2.3. მეორე ხარისხის მანგანუმის კონცენტრაციის ცვალებადობა ერთი დღე-ღამის განმავლობაში

ნახაზიდან გამომდინარე, ყოველ ცვლაში ჩანს მანგანუმის შემცველობის პერიოდული ცვლა დროში, ხოლო სხვადასხვა ცვლაში მიღებული მაქსიმუმები და მინიმუმები ერთმანეთისგან წანაცვლებულია.

მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები დამუშავებული იქნა მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდის გამოყენებით. ყოველი ცვლის, სეზონის და წლის მიხედვით გამოთვლილი იქნა მათემატიკური მოლოდინი და დისპერსიები:

კონცენტრატში მანგანუმის შემცველობის $M(c)$, $\sigma^2(c)$; მისი რხევის პერიოდების $M(T)$, $\sigma^2(T)$; რხევის ამპლიტუდების $M(A)$, $\sigma^2(A)$; შემფოთების პერიოდების ქვედა და ზედა ზღვრების $M(T_j)$, $\sigma^2(T_j)$ და შემფოთების პერიოდში პროცესის სარეგულირებო t დროის განსაზღვრისათვის საჭიროა შემდეგი ფორმულების გამოყენება:

$$M(c) = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}; \quad (2.3)$$

$$\sigma^2(c) = \frac{\sum_{i=1}^n [M(c) - C_i]^2}{n(n-1)}; \quad (2.4)$$

$$M(T) = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}; \quad (2.5)$$

$$\sigma^2(T) = \frac{\sum_{i=1}^n [M(T) - T_i]^2}{n(n-1)}; \quad (2.6)$$

$$M(A) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}; \quad (2.7)$$

$$\sigma^2(A) = \frac{\sum_{i=1}^n [M(A) - A_i]^2}{n(n-1)}; \quad (2.8)$$

$$M(T_j^{\text{d}}) = \frac{\sum_{i=1}^n (T_j^{\text{d}})}{K_1}; \quad M(T_j^{\text{b}}) = \frac{\sum_{i=1}^n (T_j^{\text{b}})}{K_2}, \quad (2.9)$$

სადაც K_1 და K_2 შემფოთების პერიოდების რიცხვებია

$$\sigma^2(T_j^d) = \frac{\sum_{i=1}^n [M(T_j^d) - T_j^d]^2}{n(n-1)}; \quad \sigma^2(T_j^b) = \frac{\sum_{i=1}^n [M(T_j^b) - T_j^b]^2}{n(n-1)}; \quad (2.10)$$

$$t = \frac{[M(T_j^d) + 3\sigma(T_j^d)] + [M(T_j^b) + 3\sigma(T_j^b)]}{4}. \quad (2.11)$$

გამოთვლილი იქნა აგრეთვე მეორე ხარისხის მანგანუმის კონცენტრაციისათვის წუნის მიღების ალბათობა

$$P_1 = \frac{n_1(C_i < 42)}{N_1}. \quad (2.12)$$

მეორე ხარისხის პირველ ხარისხში გამოშვების ალბათობა

$$P_2 = \frac{n_2(C_i > 48)}{N_2}. \quad (2.13)$$

დათვლილ იქნა 5 დღეში სეზონის მიხედვით ცვლაში, გამოშვებულ კონცენტრატში წუნის მიღების და მეორე ხარისხის პირველ ხარისხში 99%-ით გადასვლის სარწმუნო ინტერვალები შემდეგი ფორმულის გამოყენებით:

$$M(C) - 3\sigma(C) \leq 42. \quad (2.14)$$

$$M(C) + 3\sigma(C) \leq 48. \quad (2.15)$$

ცხრილში 2.2. მოცემულია გამოთვლების შედეგები გასაშუალოებული სიდიდეებისათვის. მიღებული შედეგების მიხედვით შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

- ექსპერიმენტის მსვლელობაში ცვლაში და წლის განმავლობაში, მართალია, ცვლის ცალკეულ მონაკვეთებში მანგანუმის შემფოთების პერიოდი სცილდებოდა ზედა ან ქვედა ზღვრებს, მაგრამ გამოშვებული პროდუქციის საბოლოო შედეგი არ გამოდიოდა სტანდარტული მონაცემების ზღვრიდან;
- ცვლის დასაწყისში და ბოლოში მონაცემები იყო უფრო სტაბილური, ვიდრე შუა პერიოდში;
- სეზონების მიხედვით ზამთარში მამდიდრებელი მანქანის რეგულირება ხდებოდა უფრო იშვიათად და გაბნევა იყო უფრო მეტი;

- შეშფოთების პერიოდის პიკების ზედა ზღვარი ჭარბობდა ქვედას, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ადგილი ჰქონდა გამოშვებული პროექციის ზრდის ტენდენციას;

მანგანუმის შემცველობის ცვალებადობის გაშუალდებული სიდიდეები

ცხრილი 2.3.

ცვლაში	წელიწადში	აღნიშვნა	გასაშუალოებული სიდიდეების დასახელება
45,39	44,1	$M(C)$	მანგანუმის % შემცველობის საშუალო მნიშვნელობა
0,035	0,09	$\sigma^2(C)$	მანგანუმის % შემცველობის საშუალო კვადრატული გადახრა
43,63	42,1		რხევის პერიოდის საშუალო მნიშვნელობა, რხევა/წთ
4,54	3,9	$\sigma^2(T)$	რხევის პერიოდის საშუალო კვადრატული გადახრა, რხევა/წთ
5,05	4,8	$M(A)$	რხევის ამპლიტუდის საშუალო მნიშვნელობა, რხევა/წთ
0,117	0,2	$\sigma^2(A)$	რხევის ამპლიტუდის საშუალო კვადრატული გადახრა, რხევა/წთ
21,66	20,9	$M(T_j^d)$	შეშფოთების პერიოდის საშუალო მნიშვნელობის ქვედა ზღვარი, რხევა/წთ
17,16	16,8	$M(T_j^b)$	შეშფოთების პერიოდის საშუალო მნიშვნელობის ზედა ზღვარი, რხევა/წთ
10,91	9,2	$\sigma^2(T_j^d)$	შეშფოთების პერიოდის საშუალო კვადრატული გადახრის ქვედა ზღვარი, რხევა/წთ

4,91	4,1	$\sigma^2(T_j^*)$	შეშფოთების პერიოდის საშუალო კვადრატული გადახრის ზედა ზღვარი, რხევა/წთ
21,57	15,5	t	შეშფოთების პერიოდის რეგულირების ოპტიმალური დრო, წთ.

- ფაბრიკის მონაცემების მიხედვით აკას-ის დანერგვამ ჭიათურის №2 ცენტრალურ მამდიდრებელ ფაბრიკაში შეამცირა წუნის მიღების ალბათობა;
- ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდის გამოყენებით დადგინდა მამდიდრებელი მანქანის ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირების ოპტიმალური დრო.

ამრიგად, აკას-ის დანერგვა ფაბრიკებში საშუალებას იძლევა შემოსული მადნის და გამოშვებულ პროდუქტებში მანგანუმის შემცველობის გაზომვის და მმართველი ელექტრო-გამომთვლელი მანქანის საშუალებით დარეგულირდეს მამდიდრებელი მანქანის კამერებში შეკუმშული ჰაერის პულსაციის სიხშირე, რათა მიღებული პროდუქციის 99%-ი აუცილებლად აკმაყოფილებდეს სტანდარტით გათვალისწინებულ ნორმებს.

2.3. მანგანუმის და მისი გამდიდრების პროდუქტების სინჯის შეკვეცის სიზუსტის შედარებითი შეფასება

სინჯის აღების ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავება მოითხოვს ეტალონების დამზადებას, რათა მოხდეს აქტივაციური და ქიმიური ანალიზის ერთმანეთთან შედარება, რისთვისაც საჭიროა დადგინდეს თუ როგორი სინჯის შეკვეცის საშუალება ავირჩიოთ. ამისათვის სინჯის შეკვეცის სიზუსტის დასადგენად ჩატარებული იყო ექსპერიმენტი [21].

კომპონენტის განსაზღვრის საერთო ცდომილება შედგება რამდენიმე შემადგენლის ცდომილებისაგან, საერთო ცდომილება კი განისაზღვრება ფორმულით

$$S_{j, \text{მ.ვ.}} = \sqrt{S_{\text{ვ.ვ.}}^2 + S_{\text{მ.ვ.}}^2 + S_{\text{ა.ვ.}}^2} / \sqrt{S_{\text{ვ.ვ.}}^2 + \sum_{i=0}^n (S_{\text{მ.ვ.}, i}^2 + S_{\text{ვ.ვ.}, i}^2) + S_{\text{ა.ვ.}}^2}, \quad (2.16)$$

სადაც $S_{j, \text{მ.ვ.}}$ არის მადანში სასარგებლო კომპონენტის შემცველობის განსაზღვრის დროს დაშვებული ცდომილება;

$S_{\text{ვ.ვ.}}$ – სინჯის ალების ცდომილება;

$S_{\text{ა.ვ.}}$ – ანალიზის განსაზღვრის ცდომილება;

$S_{\text{მ.ვ.}}$ – სინჯის შეკვების ცდომილება;

$S_{\text{ვ.ვ.}, i}$ – სინჯის დამსხვრევასთან დაკავშირებული ცდომილება.

სინჯში სასარგებლო კომპონენტის განსაზღვრის ერთ-ერთი შემადგენელი ცდომილება არის სინჯის შეკვების ცდომილება, რის შემცირებაც საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ $S_{j, \text{მ.ვ.}}$ - ის ცდომილება.

სინჯის ალება შეიძლება როგორც პრეპარატორის მიერ ხელით ასევე ავტომატურად, კონვეიერიდან მოკვეთით ანალიზისათვის. სინჯის მომზადების ტექნოლოგია აქტივაციური ანალიზის მეთოდით ამ ეტაპზე ითვალისწინებდა სინჯის ხელით ალებას და მიტანას ლაბორატორიაში. სინჯის მომზადება ქიმიური ანალიზისათვის ძირითადად შეიცავს გაუწყლოების ოპერაციას და შეკვებას საჭირო მასამდე (დამტვრევის და დანამცეცების ოპერაციები), ხოლო აქტივაციური ანალიზის ჩასატარებლად ანალიზი უკეთდება უშუალოდ კონვეიერიდან მოკვეთილ 0-16 მმ კლასის სინჯს, რაც არის ნეიტრონულ-აქტივაციური ანალიზის უპირატესობა სხვა ანალიზებთან შედარებით.

შეკვების ცდომილება საერთო შემთხვევაში განისაზღვრება ფორმულით [21]

$$S_C^2 = 2\bar{\rho}S_K^2 - d^{-3}(1/m_n - 1/m_0) + \sum_{i=1}^n S_{Hi}^2, \quad (2.17)$$

სადაც $\bar{\rho}$ – მიღებული სინჯის საშუალო სიმკვრივეა;

S_K^2 - დისპერსიის განსაზღვრული შემცველობის ნიშანი საშუალო სიმსხოს ნაჭრებში;

d – ნატეხის საშუალო დიამეტრი;

m_0, m_n – სინჯის მასა შეკვებამდე და შეკვების შემდეგ;

S_{Hi} – ცდომილება i -ური შეკვეცის ოპერაციისას, რაც დაკავშირებულია არაიდეალურ არევასთან.

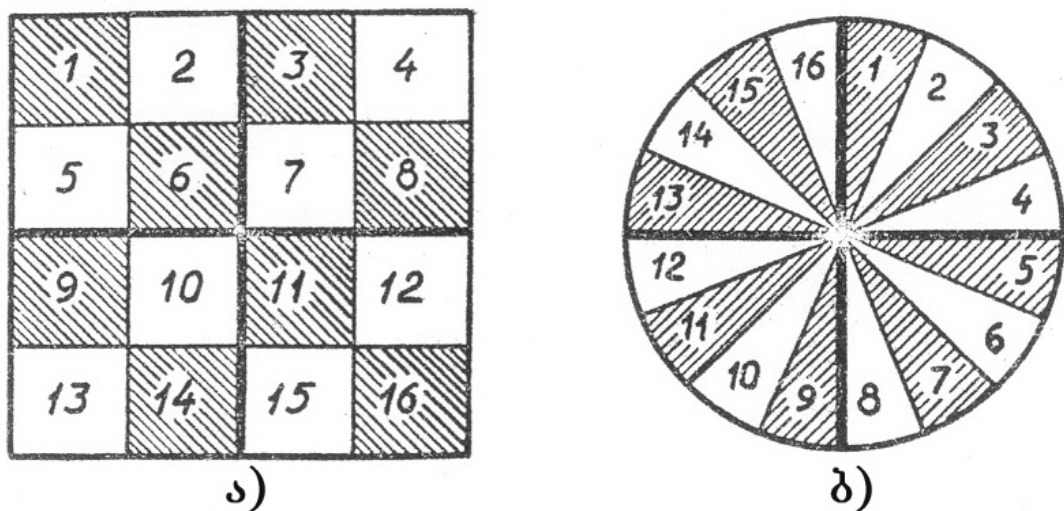
სინჯის შეკვეცისათვის განვიხილოთ ორი ვარიანტი:

1. როცა ჭიათურის №2 ცენტრალურ მამლიძრებელ ფაბრიკაში 16 კლასის სინჯის 10 კგ მასა აღებული იყო კონვეიერიდან და მოთავსებული იყო 600 მმ სიგრძის გვერდის მქონე კვადრატული ძირის და 15 მმ სიმაღლის პრიზმულ ფორმად;

2. წაკვეთილი კონუსის 600 მმ დიამეტრის ფორმის სინჯი სიმაღლით 15 მმ (ნახ. 2.4 ა, ბ).

ექსპერიმენტს ექვემდებარებოდა მანგანუმის კონცენტრატი, მიღებული ჭიათურის ცენტრალურ მამლიძრებელ ფაბრიკაში №2. მასალის სიმსხო 0-3 მმ, მასა – 10 კგ.

ფორმულაში 2.16 ჩვენი შემთხვევისათვის მეორე შესაკრები $S_{ს.გ.}$, მისი სიდიდე S_{Hi} განისაზღვრება შეკვეცის წინ გულმოდგინედ არევის ოპერაციით, რადგანაც ტარდება შეკვეცის ერთი ოპერაცია. ამიტომ შესაკრები $S_{ს.გ.}$ შეიძლება დავიყვანოთ მინიმუმამდე. (2.17) ფორმულის პირველ შესაკრებში d და m_n სიდიდეები იცვლება იდეალურ საზღვრებში. ექსპერიმენტი უნდა შეიცავდეს ამ სიდიდეების მთლიან დიაპაზონის მონაცემებს. ნაშრომში განხილულია მხოლოდ კერძო ვარიანტი.



ნახ. 2.4. სინჯის შეკვეცის ექსპერიმენტალური სქემა:
 ა) I ვარიანტი; ბ) II ვარიანტი

2.4. ა) და ბ) ნახაზზე მოყვანილია ექსპერიმენტის შესრულების სქემა. განვიხილოთ ნახ. 2.4 ა, სადაც დაოთხვა (ოთხ ნაწილად გაყოფა) შედარებულია დაკვადრატებასთან. აღებული სინჯის არევა ხდება რგოლის და კონუსის მეთოდებით.

სინჯის შეკვეცის შედეგად მიღებული ქიმიური ანალიზის შედეგები
ცხრილი 2.4.

კვადრატის №	მანგანუმის შემცველობა, %	კვადრატის №	მანგანუმის შემცველობა, %	სექტორის №	მანგანუმის შემცველობა, %	სექტორის №	მანგანუმის შემცველობა, %
1	43,78	9	47,39	1	45,81	9	47,75
2	42,80	10	44,88	2	48,12	10	48,27
3	42,80	11	45,73	3	50,00	11	48,39
4	44,64	12	45,00	4	49,68	12	48,37
5	42,68	13	43,54	5	48,65	13	48,13
6	45,12	14	43,17	6	50,10	14	47,22
7	45,12	15	43,78	7	47,09	15	47,35
8	44,39	16	46,17	8	48,12	16	49,10

მიღებული წაკვეთილი პრიზმა იყოფა კვადრატებად (16 ცალი).

განვიხილოთ ნახ. 2.4., ბ, სადაც აღებული სინჯი აირევა რგოლისა და კონუსის მეთოდით. როგორც პირველი ექსპერიმენტის დროს წაკვეთილი კონუსური ფორმის სინჯი იყოფა 16 სექტორად.

სინჯში მანგანუმის შემცველობა სქემაზე ნაჩვენები დანაწილების მიხედვით განისაზღვრება. ქიმიური ანალიზის შედეგები მოყვანილია ცხრ. 2.5 - ში.

დაოთხვა – მოცემული სინჯის მოცულობის გაყოფა ოთხ ნაწილად (ნახაზზე ნაჩვენებია გამუქებული ხაზებით);

დაკვადრატება – თითოეული დაოთხვილი ნაწილის ოთხად გაყოფა (წვრილი ხაზებით).

ცხრილი 2.5

ვარიანტი I

დაკვადრატება	1-3-6-8-9-11-14-16	$Mn \% = 44,86\%$
	2-4-5-7-10-12-13-15	$Mn \% = 44,01\%$
დაოთხვა	1-2-5-6-11-12-15-16	$Mn \% = 44,42\%$
	3-4-7-8-9-10-13-14	$Mn \% = 44,49\%$

ცხრილი 2.6

ვარიანტი II

სექტორის შეკვეცა	1-3-5-7-9-11-13-15	$Mn \% = 47,90\%$
ერთი რიგის	2-4-6-8-10-12-14-16	$Mn \% = 48,22\%$
გამოშვებით		
სექტორის შეკვეცა	1-2-3-4-9-10-11-12	$Mn \% = 48,30\%$
დაოთხვით	5-6-7-8-13-14-15-16	$Mn \% = 48,22\%$

პირველ და მეორე ექსპერიმენტის შედეგების შედარების სქემა მოყვანილია ცხრილებში 2.5 და 2.6.

სინჯში მანგანუმის შემცველობის ზუსტი განსაზღვრა I ვარიანტში მიიღება ყველა აღებული სინჯის გასაშუალებული მნიშვნელობებით $Mn\%(I) = 44,456\%$. აქედან შეკვეცის ცდომილება დაოთხვებით ტოლია 0,081%-ის, დაკვადრატების მეთოდით კი შესაბამისად 0,908%-ის, ე.ი. დაკვადრატების მეთოდის სიზუსტე ერთი ხარისხით მაღალია.

მეორე ვარიანტისათვის (ცხრ. 2.6) მოყვანილია ანგარიში მანგანუმის სინჯებში შემცველობის ზუსტი მნიშვნელობები, რომელიც ტოლია $Mn\%(II) = 48,259$, ამასთან მანგანუმის შემცველობის სიზუსტის განსაზღვრა მეორე ვარიანტისათვის დაოთხების დროს ტოლია 0,085%.

სეგმენტებით შეკვეცისას ერთი სეგმენტის გამოშვებით შესაბამისად ტოლია 0,744%-ის, ე.ი. დაკვადრატების მეთოდის სიზუსტე ერთი ხარისხით მაღალია ვიდრე სინჯის შეკვეცის ერთ სეგმენტის გამოშვებით.

მანგანუმის კონცენტრატის 0-3 მმ კლასის და 10 კგ მასის სინჯის შეკვცა დაკვადრატების მეთოდით ერთი ხარისხით მეტია, ვიდრე დაოთხება და შეკვცა ერთი სეგმენტის გამოშვებით, ამიტომ რეკომენდებულია ამ შემთხვევაში დაოთხვის მეთოდის გამოყენება. სინჯის შეკვცა აღნიშნული მეთოდით რეკომენდებულია იმ შემთხვევაში, თუ გამოყენებული იქნებოდა სინჯის ტრანსპორტირება პნემოსისტემით. მაშინ წარმომადგენელი სინჯის მასიდან (10 კგ) აიღება მინიმალური სინჯი (300 გ), რაც აადვილებს სინჯის მიწოდებას აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიაში.

ამრიგად, წარმომადგენელი სინჯის ოპტიმალური მასის განსაზღვრა შესაძლებლობას იძლევა დამუშავებული იყოს ჭურჭელი სინჯის ტრანსპორტირებისათვის.

თავი III

სინჯის მოკვეთის, ტრანსპორტირების, დაცლის და მიღებული ინფორმაციის ავტომატიზებული გადაცემა

3.1. სინჯის მოკვეთის, ტრანსპორტირების, სინჯით ავსებული ჭურჭლის დაცლის და ავტომატიზებული ხაზების გაანგარიშება

მანგანუმის მადნის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის ერთიანი ავტომატიზებული სისტემის დამუშავების მიზნით საჭიროა გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის შემოფოთების პერიოდის დროის ფარგლებში მოხდეს არა მარტო მანგანუმის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრა, არამედ სინჯის მოკვეთის, ტრანსპორტირების და აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიაში მიწოდების (სინჯის მოსამზადებელი პერიოდის) იმავე დროის ინტერვალში განხორციელება.

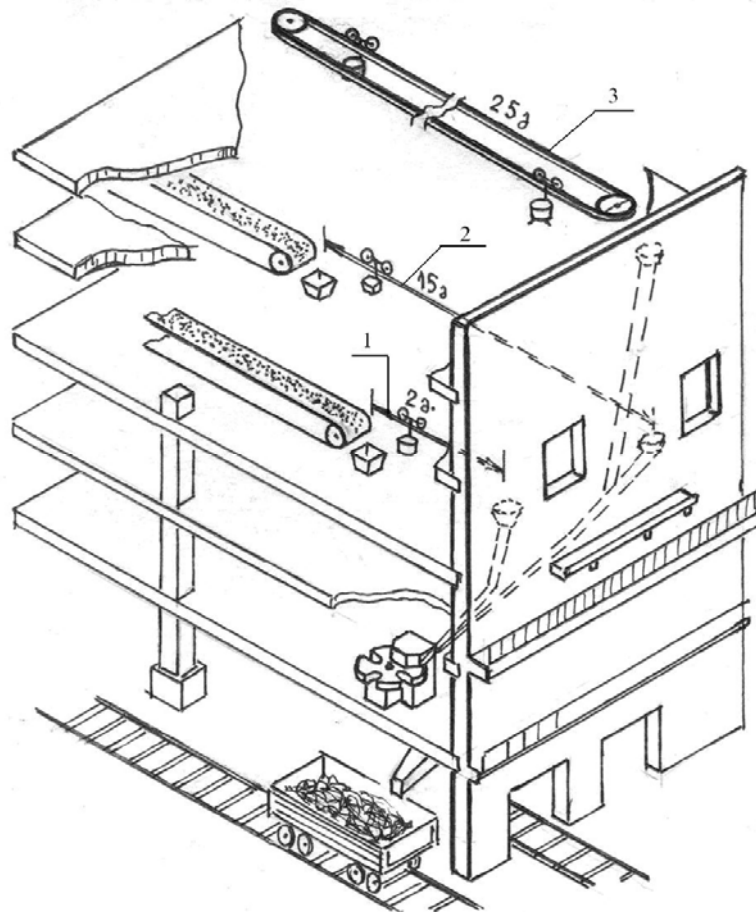
ჭიათურის №2 მამდიდრებელ ფაბრიკაში სინჯის აღების ობიექტები სხვადასხვა მანძილით არიან დაშორებული აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიასთან, სადაც დამონტაჟებულია კონცენტრატსაზომი, ამიტომ სხვადასხვა სიჩქარით უნდა განხორციელდეს სინჯის მიწოდება.

3.1. ნახაზზე ნაჩვენებია ს.ს. „ჭიათურმანგანუმის“ ცენტრალურ მამდიდრებელ №2 ფაბრიკაში განლაგებული ნედლი მასალის და სხვადასხვა ხარისხის მანგანუმის კონცენტრატების სინჯის აღების, ტრანსპორტირების და დაცლის ავტომატური ხაზების განლაგების სქემა.

სინჯის ტრანსპორტირება სხვადასხვა მანძილით დაშორებული ობიექტებიდან საჭიროებდა სინჯის ჰორიზონტალურ და შვეულ გადაადგილებას. სინჯის ჰორიზონტალურად გადაადგილებისათვის გამოყენებული იყო ჭიათურის №2 მამდიდრებელ ფაბრიკაში 1985-87 წწ. სხვადასხვა კონსტრუქციის ავტომატიზებული ხაზები, ხოლო შვეული გადაადგილებისათვის შერჩეული იყო სათანადო კვეთის მილგაყვანილობა [27].

ავტომატიზებული ხაზების პარამეტრების განსაზღვრისათვის ჩვენს მიერ დადგენილ იქნა კონვეიერებიდან გადმოყრილი მადნის შესა-

ბამისად სინჯისათვის განკუთვნილი ჭურჭლის განიგვეთი (ნახ. 3.2, ჭრილი ა - ა), რის შემდეგ შემუშავებული იყო სინჯით სავსე ჭურჭლის



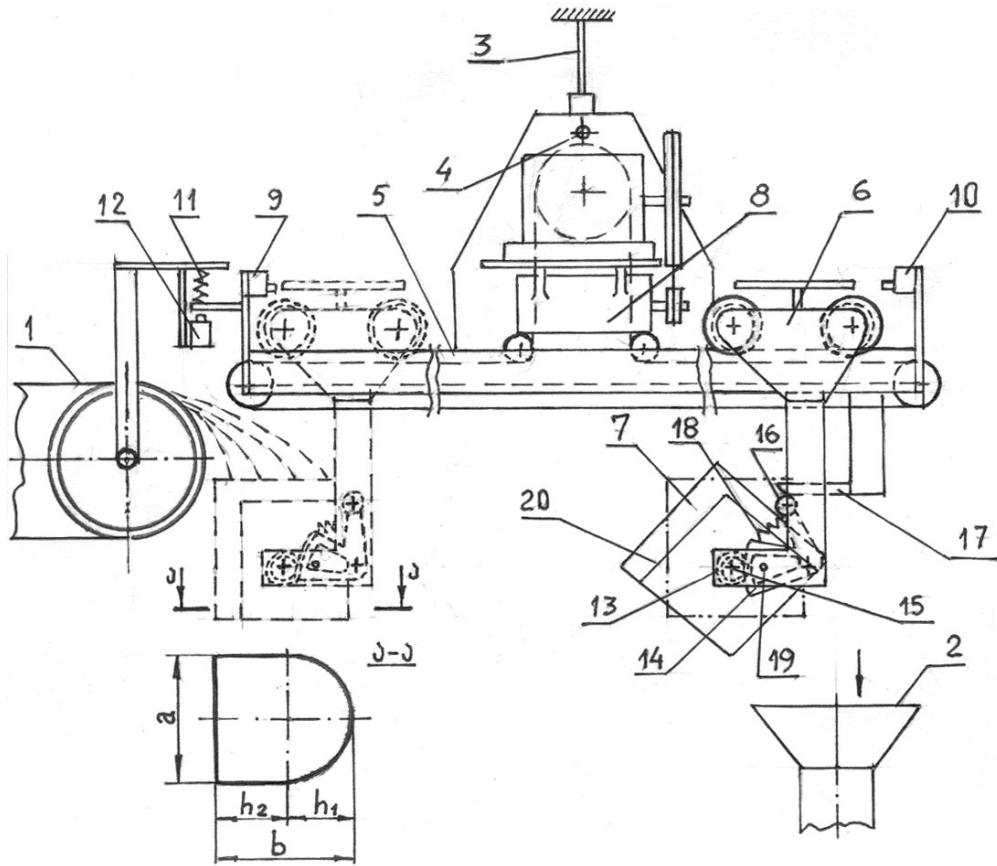
ნახ. 3.1.1. ჭიათურის №2 მამლიძრებელ ფაბრიკაში სინჯის ტრანსპორტირების ავტომატიზებული ხაზების განლაგების სქემა:

- 1 - I-II ხარისხის მარგანეცის სინჯის მოკვეთის და ტრანსპორტირების ხაზი;
- 2 - III-IV ხარისხის მარგანეცის სინჯის მოკვეთის და ტრანსპორტირების ხაზი;
- 3 - ნედლი მასალის მოკვეთის და ტრანსპორტირების ხაზი

დაცლის მექანიზმები და თითოეული სინჯის ტრანსპორტირების და დაცლის ავტომატიზებული ხაზები.

ა) განვიხილოთ I-II ხარისხის მოკვეთილი კონცენტრატის სინჯის ტრანსპორტირების და დაცლის ავტომატიზებული ხაზი (ნახ. 3.2), რომლის ჩართვა-გამორთვა მონორელსის წონასწორობაზეა დამყარებული.

2 მეტრის სიგრძის სატრანსპორტო ხაზი მოთავსებულია კონვეიერსა 1 და ბუნკერის 2 შუაში, სადაც კრონშტეინზე 3 სახსრის 4 საშუალებით ჩამოკიდებულია შველერი 5, შველერზე მოძრაობს ურიკა 6 და ურიკის 7 სინჯის მომკვეთი ჭურჭელი 8. ამძრავს 9, 10 ბოლო გამომრთველები; 11 - ზამბარა; 12 - ჩართვის კონტაქტორი; 13 - კბილანა; 14 - კბილა სეგმენტი; 15 - კბილანას დერძი; 16 - გორგოლაჭი; 17 - შეზღუდვა თითი; 18 - სეგმენტის ზამბარა; 19 - ზღუდარი; 20 - გარსაცმი



ნახ. 3.2. I-II ხარისხის კონცენტრატის სინჯის აღების ავტომატური ხაზის სქემა:

- 1 - კონვეიერი; 2 - ბუნკერი; 3 - კრონშტეინი; 4 - სახსარი; 5 - შველერი; 6 - ურიკა; 7 - სინჯის მომკვეთი ჭურჭელი; 8 - ამძრავი; 9, 10 - ბოლო გამომრთველები; 11 - ზამბარა; 12 - ჩართვის კონტაქტორი; 13 - კბილანა; 14 - კბილა სეგმენტი; 15 - კბილანას დერძი; 16 - გორგოლაჭი; 17 - შეზღუდვა თითი; 18 - სეგმენტის ზამბარა; 19 - ზღუდარი; 20 - გარსაცმი

6 მასზე დამონტაჟებულ ჭურჭელთან 7 ერთად, ურიკას გადაადგილება ხდება ამძრავით 8, რომელიც შეიცავს ელექტროძრავას (რომელიც რედუქტორს ამძრავებს დვედური გადაცემით), ქუროს, ჭიანჭრის გადაცემას და ჯაჭვური გადაცემის წამყვან და ამყვან ვარსკვლავებს. ურიკას გადაადგილება კონვეიერიდან ბუნკერისაკენ და პირიქით შეზღუდულია ბოლო გამომრთველებით 9, 10. ჭურჭლის სინჯით ავსების შედეგად სიმძიმის ძალა დაძლევს ზამბარას 11, შველერი დაიწევს, კონტაქტორი 12 ჩართავს ამძრავს და ურიკა ჭურჭლით

გადაადგილდება ბუნკერისაკენ. გადაადგილების დრო არ აღემატება 3,5 წუთს. ჭურჭლის დაცლა ხდება სეგმენტური კბილანა გადაცემის საშუალებით. იგი შედგება კბილანასაგან 13 და კბილანა სეგმენტისაგან 14. კბილანას ღერძი 15 შედუღებულია ჭურჭელთან და სახსრულად შეერთებულია ურიკას კარკასთან, ხოლო კბილა სეგმენტი ბერკეტით და გორგოლაჭით 16 ასევე სახსრულად შეერთებულია ურიკას კარკასთან. სეგმენტური კბილანა გადაცემა მოქმედებაში მოდის, როცა გორგოლაჭი წამოედება თითს 17 და ჭურჭელს 180⁰-ით გადააბრუნებს.

ჭურჭლიდან სინჯის დაცლის შემდეგ ურიკა ჩერდება ბოლო გამომრთველის 10 მოქმედების შედეგად, ვიდრე კონცენტრატსაზომიდან მიღებული სიგნალი რევერსიული გადამრთველის საშუალებით არ ჩართავს ამძრავს საწინააღმდეგო მიმართულებით. კონვეიერისაკენ ურიკას გადაადგილების საწყის ეტაპზე გორგოლაჭი გამოდის თითის მოდებიდან და ზამბარა 18 სეგმენტური კბილანა გადაცემის საშუალებით ჭურჭელს აბრუნებს საწყის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. კბილანა სეგმენტის შემობრუნება შეზღუდულია ზღუდარით 19 განსაზღვრული დიაპაზონის ფარგლებში. კონცენტრატის მარცვლების მოხვედრის თავიდან აცილების მიზნით სეგმენტური კბილანა გადაცემა მოთავსებულია გარსაცმში 20.

ნახ. 3.2. - ზე პუნქტირით ნაჩვენებია ურიკას პოზიცია ჭურჭლის ავსების მომენტში. ჭურჭლის განივკვეთის ზომები იანგარიშება კონვეიერიდან გადმოყრილი კონცენტრატის მარცვლების გაბნევის შესაბამისად. მარცვლების გაბნევის ფართობი ტოლია:

$$S = 0,7h_1 \cdot a + h_2 \cdot a,$$

სადაც a მადნის სინჯის ჭურჭლის სიგანეა; h_1 და h_2 – მართკუთხედის და სეგმენტის სიმაღლე; ჩვენი შემთხვევისათვის, $h_1 + h_2 \cong b$, ამიტომ ჭურჭლის განივკვეთი შეგვიძლია განვსაზღვროთ ფორმულით

$$S = 1,7 \cdot a \cdot b \quad , \quad (3.1)$$

ჭურჭლის მოცულობა ტოლი იქნება

$$V = 1,7a \cdot b \cdot \lambda \quad , \quad (3.2)$$

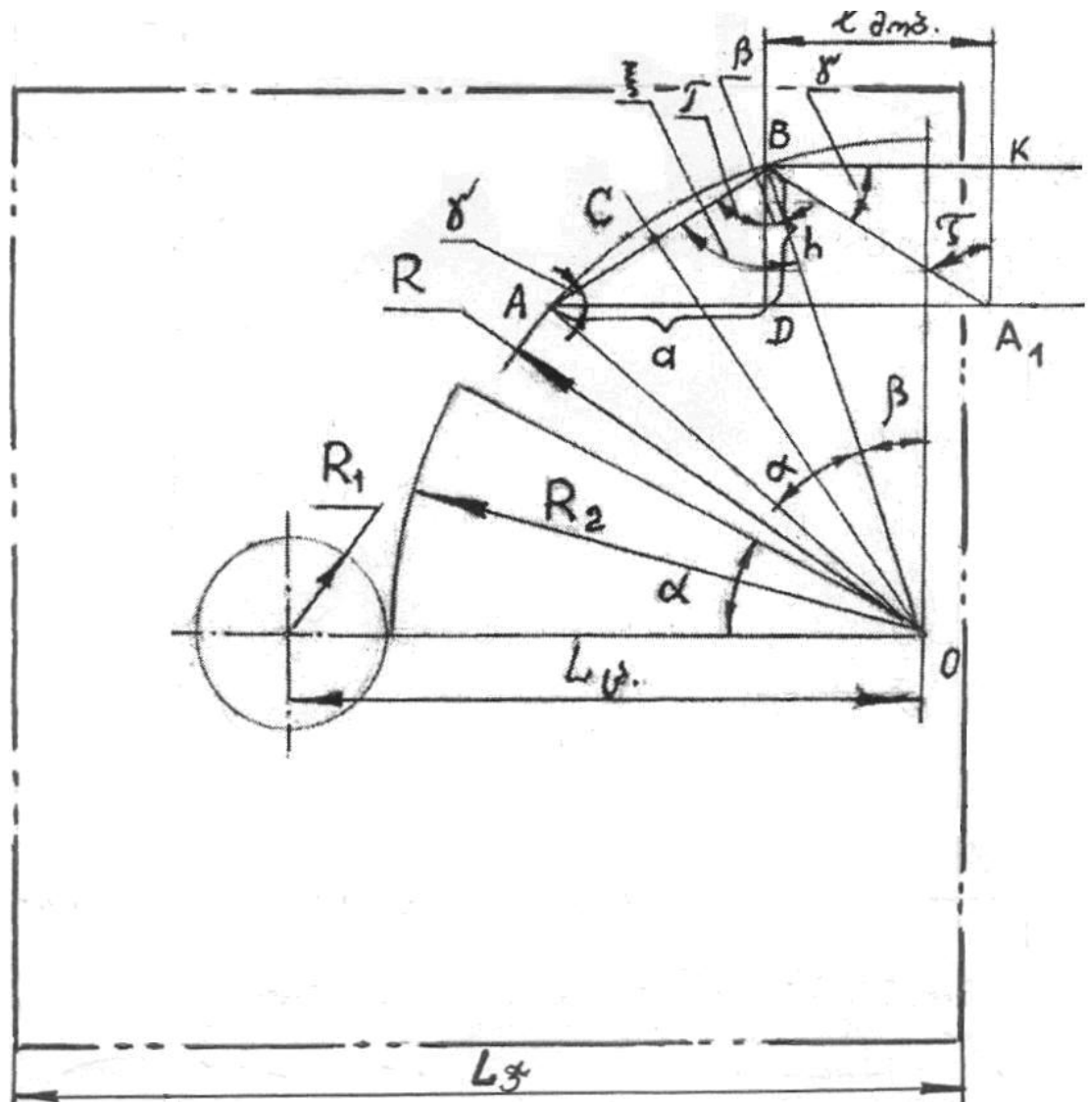
სადაც λ ჭურჭლის სიმაღლეა;

კონსტრუქციული მოსაზრებით ჭურჭლის 180⁰-ით შემობრუნების მექანიზმის 13, 14 დეტალების გადაცემათა რიცხვი ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ მიღებული მექანიზმის გაბარიტები მეტი არ იყოს ჭურჭლისაზე (ნახ. 3.2). აღნიშნული პირობის გათვალისწინებით

$$L_6 + R_1 < L_3, \quad (3.3)$$

სადაც $L_6 = R_2 + R_1, \quad (3.4)$

R_1 – კბილანას რადიუსი; R_2 – კბილანა სეგმენტის რადიუსი; L_6 – ღერძების ცენტრთაშორისი მანძილი; L_3 – ჭურჭლის სიგრძე.



ნახ. 3.3. ჭურჭლის 180⁰-ით შემობრუნების სქემა

$$\text{შევადგინოთ პროპორცია } \frac{180^\circ}{\alpha} = \frac{R_2}{R_1}, \quad (3.5)$$

სადაც 180° – კბილანას შემობრუნების კუთხეა; α – კბილანა სეგმენტის შემობრუნების კუთხე. ჭურჭლის ფორმა ნაჩვენებია პუნქტირით.

3.3 ნახაზზე ნაჩვენებია გორგოლაჭის და მონორელსზე დამონტაჟებული თითის მოდების სქემა, სადაც A და B წერტილები ბერკეტისა და თითის მოდების საწყისი და ბოლო წერტილებია. R კბილანა სეგმენტის ბერკეტის რადიუსია. β – კუთხეა O და B წერტილების შემადგენელი ხაზისა და შევეულ ხაზს შორის.

გავატაროთ ΔABO -ს O წვეტილიდან ბისექტრისა, რომელიც AB მონაკვეთს შუაზე გაყოფს C წერტილში. A წვეტილიდან დაშვებული პერიზონტალური და B წვეტილიდან გატარებული შევეული ხაზები ერთმანეთს D წერტილში გადააკვეთს.

$$\text{ავღნიშნოთ: } h = BD; a = AD; \angle ABD = \tau;$$

$$\angle BAD = \gamma;$$

ΔABD -დან

$$h = AB \cos \tau; \quad (3.6)$$

$$\Delta OCB \text{ -დან } CB = R \sin \frac{\alpha}{2}; 2CB = AB;$$

$$AB = 2R \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (3.7)$$

$$\text{მეორე მხრივ } \Delta ABO \text{ -დან } \xi = \tau + \beta;$$

$$\Delta CBO \text{ -დან } \xi = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}.$$

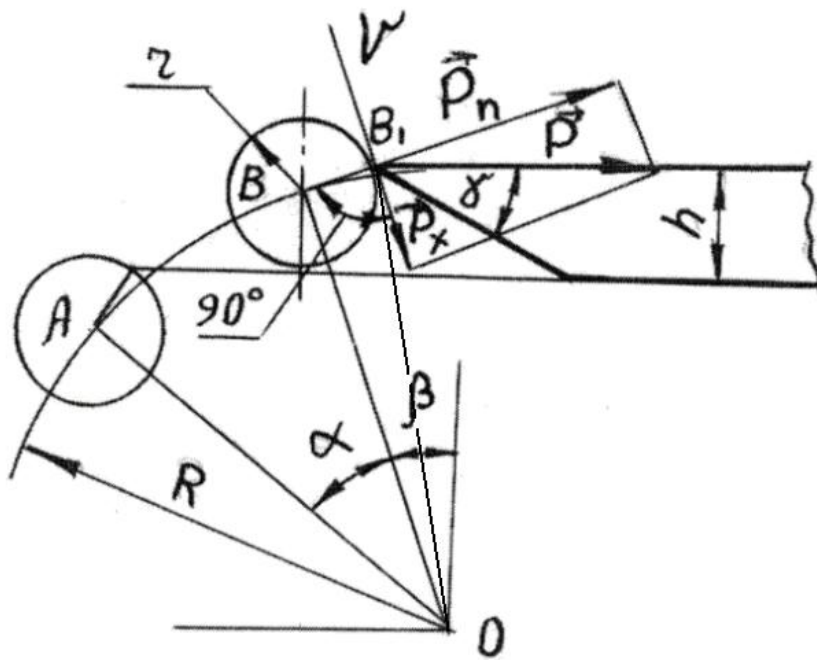
გავეტოლოთ ξ -ის მნიშვნელობები ერთმანეთს და განვსაზღვროთ კუთხე τ .

$$\text{მივიღებთ } \tau = \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) - \beta. \quad (3.8)$$

ჩავსვათ (3.7) და (3.8) ფორმულების მნიშვნელობები (3.6) ფორმულაში. მივიღებთ თითის - 17 სიმაღლეს h , ბერკეტის α – კუთხით შემობრუნების დროს (ნახ. 3.2):

$$h = 2R \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left[\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) - \beta \right]. \quad (3.9)$$

სახუნის შემცირების მიზნით ბერკეტის ზედა ნაწილში სახსრულად დამაგრებულია გორგოლაჭი r – რადიუსით. ბერკეტზე მოდებული P ძალა, რომელიც გამოწვეულია ურიკას გადაადგილებით, დაიშლება მხებ და ნორმალურ მდგენელებად, როგორც ნაჩვენებია ნახ. 34. - ზე. წინააღმდეგობის დაძლევის მიზნით ძალის ნორმალური მდგენელი ν -მხების მიმართულების სიბრტყესთან 90° -ზე ნაკლებ კუთხეს უნდა შეა-



ნახ. 34. ბერკეტზე მოსული ძალის საანგარიშო სქემა

დგენდეს. ამ შემთხვევაში გორგოლაჭი თითის დახრის ქვეშ შედის და ადგილიდან ადვილად იძვრება. აღნიშნულის გათვალისწინებით (3.9) ფორმულაში რადიუსის ნაცვლად უნდა შევიდეს B_1O ჰიპოტენუზის მნიშვნელობა, რომელიც ΔBB_1O -დან ტოლია

$$B_1O = \sqrt{R^2 + r^2}; \quad (3.10)$$

ბიძგის გარეშე გორგოლაჭის ადვილად გადაგორების მისაღწევად გათვალისწინებული კუთხე β გამოვსახოთ კუთხე α -ს და თითის დახრის γ კუთხის მეშვეობით.

ΔBKA_1 -დან (ნახ. 3.3)

$$\gamma = 90^\circ - \tau.$$

ჩავესვათ τ -ს მნიშვნელობა (3.8) ფორმულიდან, მივიღებთ

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} + \beta, \quad (3.11)$$

საიდანაც

$$\beta = \gamma - \frac{\alpha}{2}. \quad (3.12)$$

ჩავესვათ (3.9) ფორმულაში (3.10) და (3.12) ფორმულების მნიშვნელობები. გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ

$$h = 2\sqrt{R^2 + r^2} \sin \frac{\alpha}{2} \sin \gamma. \quad (3.13)$$

მიღებული ფორმულიდან ჩანს, რაც უფრო ნაკლებია კუთხე γ , მით მცირდება თითის სიმაღლე და იზრდება მობრუნების წინააღმდეგობა ერთი და იგივე სიჩქარით ურიკას გადაადგილების დროს. კუთხე γ -ს გაზრდით კი მატულობს მობრუნების წინააღმდეგობა.

მექანიზმის წარმოებაში დანერგვამ და გამოცდის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ თითის დახრის კუთხის ოპტიმალური დიაპაზონია $25^\circ - 30^\circ$.

ჭურჭლიდან სინჯის დაცლის მექანიზმის ზუსტი მუშაობა დამოკიდებულია თითის სიმაღლის h -ის ზუსტ განსაზღვრაზე. თუ თითის h სიმაღლე საჭიროზე მეტია, კბილანა და კბილანა სეგმენტი გამოვა მოდებიდან და დააზიანებს ზღუდარს.

ჭურჭლის გადმოსაყირავებელი მექანიზმის პარამეტრების გაანგარიშების მიმდევრობა შემდეგია

მოცემულია ჭურჭლის გაბარიტებია 160×170

ა) ჭურჭლის ზომების მიხედვით შევარჩიოთ სეგმენტური მექანიზმის გადაცემათა რიცხვი i , რომელიც უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას

$$L_3 \geq L_6 + R_1.$$

კონკრეტულ შემთხვევაში, თუ

$$i = \frac{R_2}{R_1} = 6; R_2 = 120 \text{ მმ}; R_1 = 20 \text{ მმ}; L_6 = R_1 + R_2 = 20 + 120 = 140 \text{ მმ}.$$

ჭურჭლის 180° -ით შემობრუნებისათვის განესაზღვროთ კბილანა ბერკეტის შემობრუნების კუთხე

$$\alpha = \frac{180^\circ}{i} = 30^\circ.$$

თითის დახრის კუთხის განსაზღვრისათვის შევარჩიოთ დარტყმის გარეშე, მდოვრედ გადაგორების კუთხე $\beta = 10^\circ$ და ჩავსვათ (3.11) ფორმულაში.

მივიღებთ

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} + \beta = \frac{30^\circ}{2} + 10^\circ = 25^\circ.$$

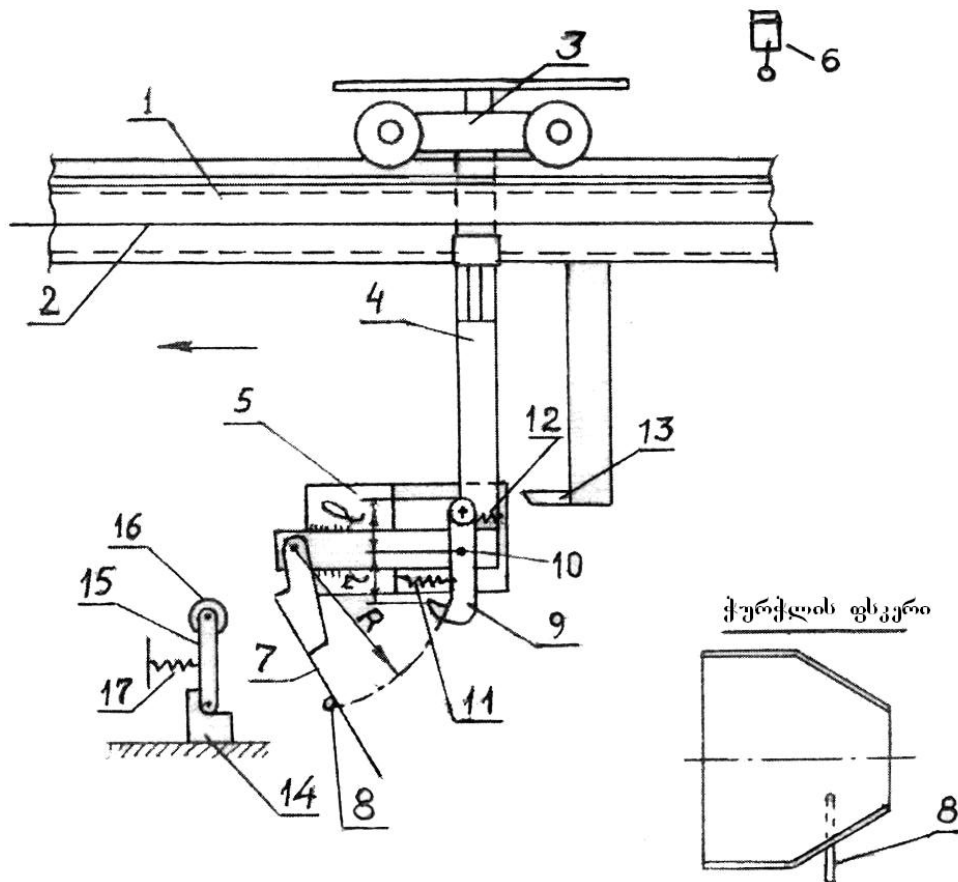
შევარჩიოთ ბერკეტის სიგრძე $R = 100$ მმ, მასზე სახსრულად დამაგრებული გორგოლაჭის რადიუსი $r = 11$ მმ და განვსაზღვროთ თითის სიმაღლე (3.13) ფორმულით, მივიღებთ

$$h = 2\sqrt{R^2 + r^2} \sin \frac{\alpha}{2} \sin \gamma = 2\sqrt{100^2 + 11^2} \sin 15^\circ \sin 25^\circ = 201,206 \cdot 0,2588 \cdot 0,4226 = 22 \text{ მმ}.$$

ბ) განვიხილოთ III-IV ხარისხის კონცენტრატის სინჯის აღების, ტრანსპორტირების და დაცლის ავტომატური ხაზი. ნახ. -3.5 - ზე ავტომატური ხაზის სიგრძე 15 მეტრია. მისი მუშაობის პრინციპი შემდეგია: მონორელსზე 1 საწვევი ბაგირის 2 საშუალებით კონვეიერის მიმართულებით ამძრავის ჩართვის შედეგად გადაადგილდება ურიკა 3 და მის კარკასზე 4 დამონტაჟებული სინჯის მომკვეთი ჭურჭელი 5. მისი გაჩერება კონვეიერის გასწვრივ ხდება ურიკაზე დამონტაჟებული შვერილის შეხებით ბოლო გამომრთველთან 6. ბოლო გამომრთველთან ერთად ერთდროულად ირთება დროის რელე, რომლის ამოქმედების დრო ტოლია (მეტია, ნაკლებია) ჭურჭლის ავსების დროზე. აღნიშნული დროის გასვლის შემდეგ დროის რელე ჩართავს ამძრავს რევერსიული გადამრთველის საშუალებით და ავსებული ჭურჭელი ურიკასთან ერთად გადაადგილდება საწინააღმდეგო მიმართულებით.

სინჯის დაცლის მექანიზმი შედგება ჭურჭელზე სახსრულად დამაგრებული ფსკერისაგან 7, მის ძირზე დამაგრებული ღეროსა 8 და ჩამკეტი ბერკეტისაგან 9, ჩამკეტი ბერკეტი სახსრულად დამაგრებულია კარკასზე მიღუღებულ ღერძთან 10 და ზამბარების 11, 12 საშუალებით შევეულ მდგომარეობაში იმყოფება. ურიკას გადაადგილების მომენტში,

ვიდრე ის არ გაჩერდება ბოლო გამომრთველის ჩართვის შედეგად, თითი 13 მოედება გორგოლაჭს, გასწევს ჩამკეპ ბერკეტს, კაპიდან ამოვარდება ღერო და ფსკერი გაიხსნება. ცარიელი ჭურჭლის ფსკერის დაკეპვისათვის გათვალისწინებული მოწყობილობა შედგება კრონშტეინისაგან 14, მასზე სახსრულად დამაგრებული ბერკეტისა 15, გორგოლაჭისა 16 და ზამბარისაგან 17, კრონშტეინის კონსტრუქცია ზღუდავს ბერკეტის



ნახ. 3.5. III-IV ხარისხის კონცენტრატის სინჯის აღების ავტომატიზებული ხაზის სქემა:

- 1 – მონორელსი; 2 – საწვევი ბაგირი; 3 – ურიკა; 4 – კარკასის საკიდი; 5 – სინჯის მომკვეთი ჭურჭელი; 6 – ბოლო გამომრთველი; 7 – ჭურჭლის ფსკერი; 8 – ღერო; 9 – ჩამკეპი ბერკეტი; 10 – ღერძი; 11, 12 – ზამბარები; 13 – შემზღუდავი თითი; 14 – კრონშტეინი; 15 – ბერკეტი; 16 – გორგოლაჭი; 17 – ზამბარა

მობრუნებას ზამბარის მხარეს, ამიტომ ურიკას კონვეიერის მიმართულებით მოძრაობისას მოწყობილობა კეტავს ჭურჭლის ფსკერს, ხოლო საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობის შემთხვევაში ჩამკეპი ატარებს ჭურჭელს და ზამბარის მეშვეობით საწყის პოზიციას უბრუნდება.

ჭურჭლის დაცლის მექანიზმის სქემა შედგენილია მექანიზმის კომპაქტურობის, სინჯის დაცლის სისწრაფის და ფსკერის გვერდებზე, სიხისტის წიბოების გათვალისწინებით. დაცლის მექანიზმის გაბარიტები უნდა თავსდებოდეს ჭურჭლის გაბარიტებში. ჩამკეტი ბერკეტი, რითაც მაგრდება ჭურჭლის ფსკერი, მოთავსებული უნდა იყოს ფსკერის დონის მაღლა. სინჯის სწარფი დაცლისათვის და ფსკერის ქვეშ მიდუღებულმა დერომ უნდა უზრუნველყოს ფსკერის სიხისტე. ზემოთქმულიდან შეგვიძლია დავწეროთ:

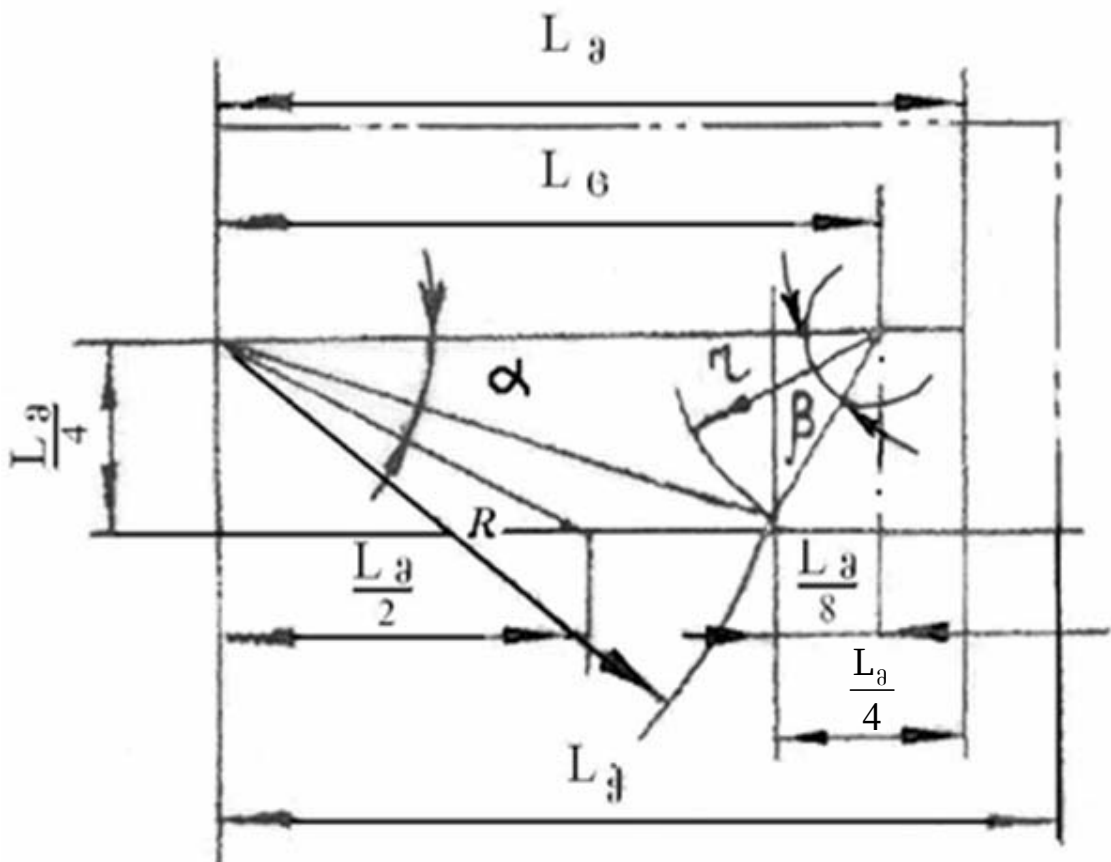
$$L_a < L_{\frac{3}{4}}; \quad (3.14)$$

$$L_G = L_a - \frac{L_a}{8} = \frac{7 \cdot L_a}{8}, \quad (3.15)$$

სადაც $L_{\frac{3}{4}}$ არის ჭურჭლის სიგრძე (იხ. ნახ. 3.6);

L_a – მექანიზმის სიგრძე, რომელშიც ჩამაგრებულია სინჯის ასაღები ჭურჭელი;

L_G – მანძილი მექანიზმის სახსრების ცენტრებს შორის;



ნახ. 3.6. ჭურჭლის დაცლის მექანიზმის სქემა

$\frac{L_a}{8}$ – ჭურჭლის ფსკერზე მიმაგრებული ღეროს დაშორება ჩამკეტი ბერკეტის ღერძამდე;

$L_a/4$ – დაშორება ფსკერიდან ფსკერის სახსრამდე და ფსკერზე მიმაგრებული ღეროდან მექანიზმის სიგრძემდე.

ჭურჭლის ფორმა ნაჩვენებია პუნქტით.

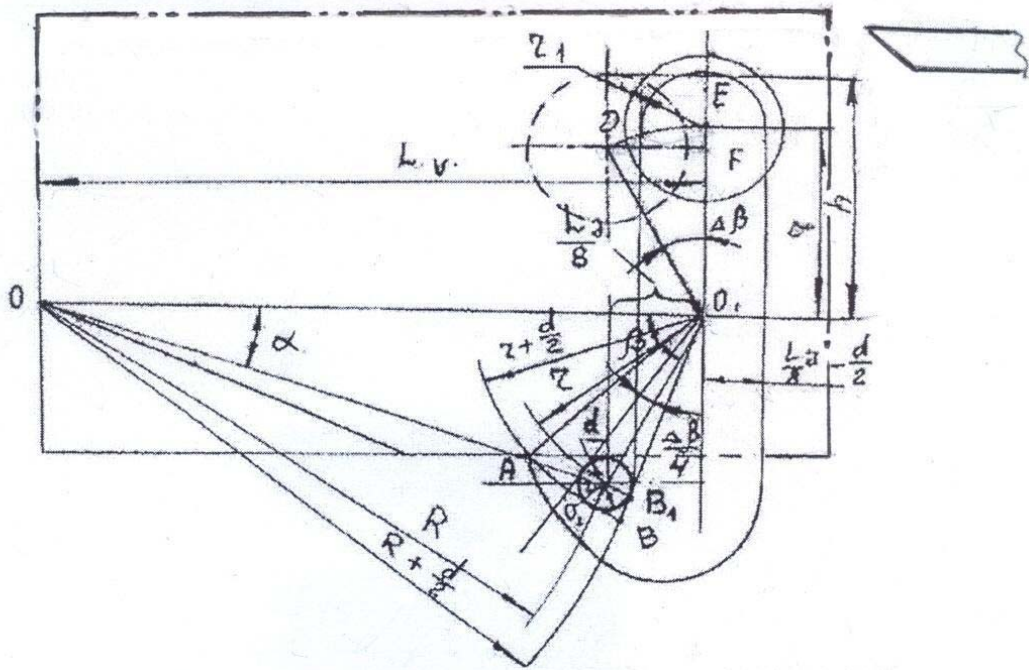
ნახ. 3.6-ზე წარმოდგენილ სქემაზე გათვალისწინებულია მექანიზმის დაგეგმარების პირობები.

წარმოდგენილი სქემის მიხედვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ R და r რადიუსები და α და β კუთხეები.

$$R = \sqrt{\left(L_0 - \frac{L_a}{8}\right)^2 + \left(\frac{L_a}{4}\right)^2} = \frac{L_a}{4} \sqrt{10}; \quad (3.16)$$

$$r = \sqrt{\left(\frac{L_a}{4}\right)^2 + \left(\frac{L_a}{8}\right)^2} = \frac{L_a}{8} \sqrt{5}; \quad (3.17)$$

$$\cos \alpha = \frac{L_0 - \frac{L_a}{8}}{R}; \quad (3.18)$$



ნახ. 3.7. ჭურჭლის ფსკერზე დამაგრებული ღეროს და ჩამკეტი ბერკეტის გამორთვის სქემა

$$\cos \beta = \frac{L_a}{8r}. \quad (3.19)$$

ნახ. 3.7 - ის მიხედვით ფსკერზე დამაგრებული ღერო ჩამკეტის კაპიდან გამოდის მაშინ, როდესაც A წერტილი გადაინაცვლებს B_1 წერტილში, $AB_1 \geq 2d$ მანძილით. ბერკეტმა ეს მანძილი რომ გაიაროს, უნდა შემობრუნდეს $\Delta\beta$ კუთხით.

$$\frac{d}{2} \text{ მანძილის გავლის შემდეგ კი, იგი შემობრუნდება } \frac{\Delta\beta}{4}$$

კუთხით, რომელიც $\Delta O_2 O_1 B_1$ -დან განისაზღვრება

$$\operatorname{tg} \frac{\Delta\beta}{4} = \frac{d}{2r}. \quad (3.20)$$

ბერკეტის $\Delta\beta$ კუთხით შემობრუნებისას თითის დამონტაჟების ადგილის დასაგენად შევარჩიოთ λ მონაკვეთის სიგრძე $\lambda > r + r_1$ (სადაც r ცენტრებს შორის მანძილია, r_1 გორგოლაჭის რადიუსია), მაშინ $\Delta O_1 F D$ -დან $O_1 F = r \cos \Delta\beta$ რადიუსის r_1 დამატების და $\Delta\beta$ კუთხით შემობრუნების შემდეგ

$$h = l \cos \Delta\beta. \quad (3.21)$$

გაანგარიშების მიმდევრობა შემდეგია.

ა) მოცემულია ჭურჭლის გაბარიტები: სიგრძე $\lambda_3 = 260$ მმ, სიმაღლე $H = 100$ მმ. მოცემული პარამეტრების მიხედვით შევარჩიოთ მექანიზმის გაბარიტები:

სიგრძე $\lambda_3 \geq L_a = 240$ მმ, სიმაღლე ძირიდან სახსრამდე $\frac{L_a}{4} = 60$ მმ,

სახსრებს შორის ცენტრთაშორისი მანძილი $L_6 = L_a - \frac{L_a}{8} = 240 - 30 = 210$

მმ და ღეროს დიამეტრი $d = 10$ მმ.

შერჩეული ზომების მიხედვით განვსაზღვროთ რადიუსები და კუთხეები:

$$R = \frac{L_a}{4} \sqrt{10} = \frac{240}{4} \cdot 3,165 = 189,9;$$

$$r = \frac{L_a}{8} \sqrt{5} = \frac{240}{8} \cdot 2,24 = 67;$$

$$L_{\text{G}} = L_{\text{a}} - \frac{L_{\text{a}}}{4};$$

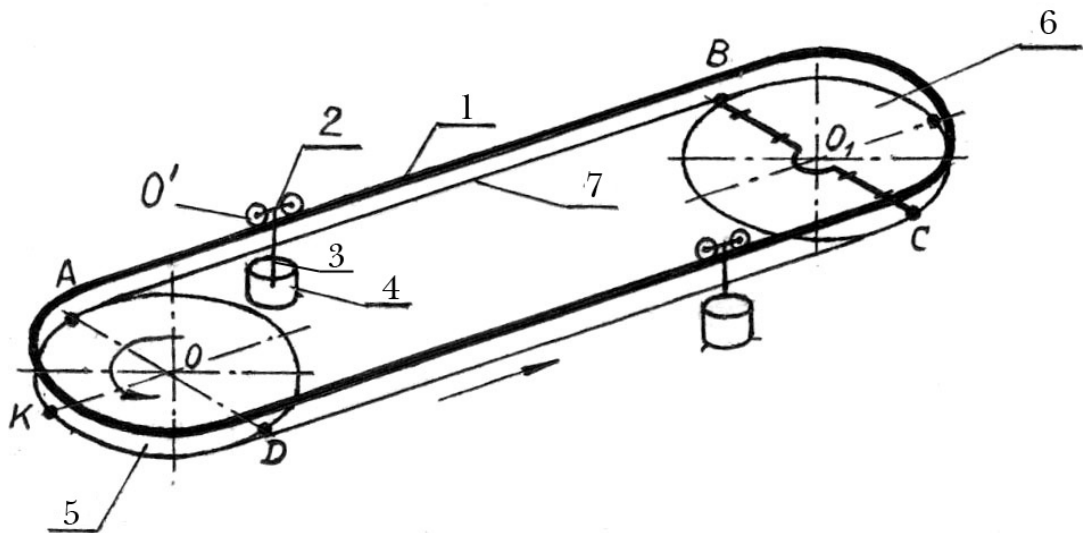
$$\cos \alpha = \frac{L_{\text{G}} - \frac{L_{\text{a}}}{8}}{R} = \frac{240 - 30}{189,9} = 0,9478; \quad \alpha = 18^{\circ}36';$$

$$\cos \beta = \frac{L_{\text{a}}}{8r} = \frac{240}{8 \cdot 67,2} = 0,4478; \quad \beta = 63^{\circ}24'.$$

ღეროს დიამეტრის მიხედვით განვსაზღვროთ $\Delta\beta$ კუთხე

$$\operatorname{tg} \frac{\Delta\beta}{4} = \frac{d}{2 \cdot r} = \frac{10}{2 \cdot 67,2} = 0,0746; \quad \frac{\Delta\beta}{4} = 4^{\circ}15'.$$

ბ) განვიხილოთ ნედლი მასალის სინჯის აღების, ტრანსპორტირების და დაცლის ავტომატური ხაზი. ავტომატურ ხაზზე ორი მიმდევრობით განლაგებული ურიკა მოძრაობს. როდესაც ურიკაზე დამონტაჟებული ერთი ჭურჭელი იწყებს ავსებას, მეორე იცლება. გადაადგილების მანძილი ნედლი მასალის ჩასატვირთი მილიდან ბუნკერამდე 25 მეტრია. გადაადგილების დრო არ აღემატება 3,5 წუთს [28, 29].

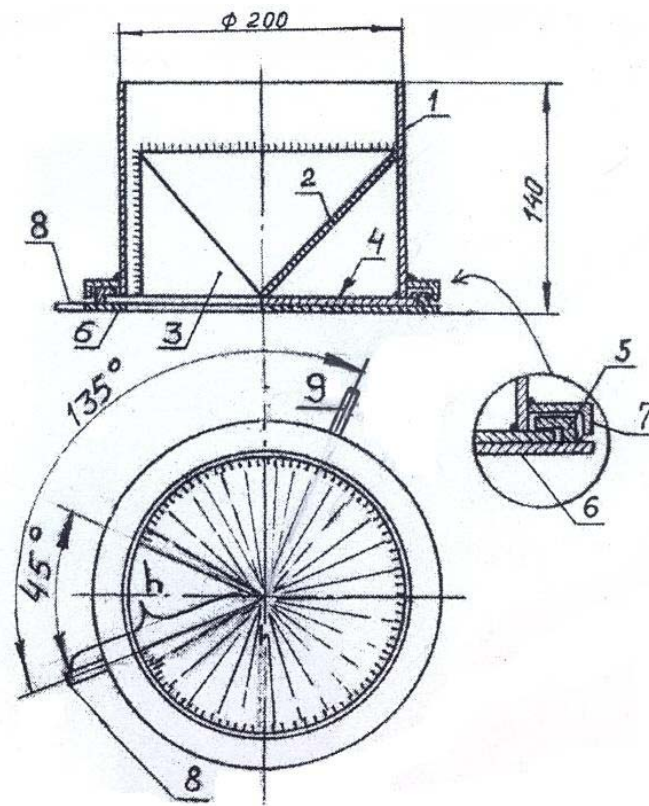


ნახ. 3.8. ნედლი მასალის სინჯის აღების ავტომატიზებული ხაზის სქემა: 1 – მონორელსი; 2 – ურიკა; 3 – კარკასი; 4 – სინჯის მომკვეთი ჭურჭელი; 5 – წამყვანი ბორბალი; 6 – ამყოლი ბორბალი; 7 – ბაგირი

წარმოდგენილი სქემის (ნახ. 3.8) მიხედვით, მონორელსზე 1 დაკიდებულია ორი ურიკა 2, ურიკას კარკასზე 3 დამონტაჟებულია ჭურჭელი 4. წამყვან 5 და ამყოლ 6 ბორბლებზე დაჭიმული ბაგირი 7, გადაა-

დგილებს ურიკას ამძრავის საშუალებით. ბორბალი 6 შედგება ორი ნაწილისაგან, რომლის ერთი ნახევარი ბაგირის დაჭიმვის წინ იხსნება, ხოლო გამთლიანების შემთხვევაში ჭიმავს ბაგირს.

ჭურჭლის ფორმა მოცემულია ნახ. 3.9 - ზე. იგი წარმოადგენს ცილინდრს 1, რომლის დიამეტრი ნედლი მასალის გასატარებელი მილის დიამეტრის ტოლია. ცილინდრის შიგნით მოთავსებულია გადმობრუნებული კონუსი 2, რომლის ერთი მერვედი სეგმენტი შვეულად ჩაჭრილია, შევსებულია ფირფიტებით 3 და შედუღებულია ამოჭრილ კონუსთან და ცილინდრის ფსკერთან 4. ჭურჭლის ფსკერი, ცილინდრის დიამეტრთან



ნახ. 3.9. ნედლი მასალის სინჯის ასაღები ჭურჭელი:
 1 - სინჯის მომკვეთი ჭურჭელი; 2 - კონუსური ფსკერი; 3 - ფირფიტა; 4 -
 ჭურჭლის ფსკერი; 5 - რგოლი; 6 - მოძრავი ძირი; 7 - გარსაცმი; 8, 9 -
 გამლები და ჩამკეტი ბურკეტი

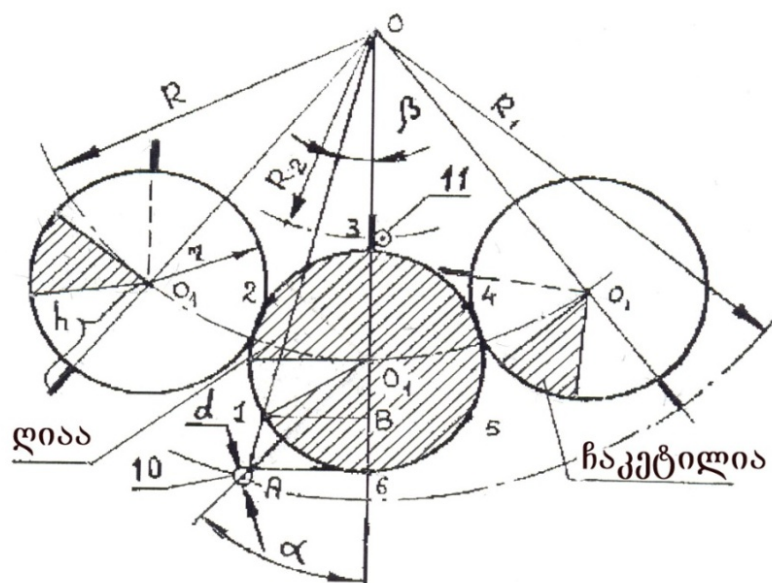
შედარებით ოდნავ დიდია, მასზე ზემოდან დაყრდნობილ რგოლზე 5 დამაგრებულია მოძრავი ძირით 6. რგოლსა და ფსკერის მოსრიალე ზედაპირებს შორის მანგანუმის მარცვლების მოხვედრის თავიდან აცილების მიზნით იგი დაცულია გარსაცმით 7. სინჯის დაცლის მიზნით ძირზე იგივე ფართობის სეგმენტი ამოჭრილი, ფსკერს ქვემოდან დამონტაჟე-

ბული აქვს გამღები 8 და ჩამკეტი 9 ბერკეტები. როცა გამღები ბერკეტი 8 წამოედება ზღუდარს 10, მოხდება ჭურჭლის ფსკერის გაღება, ხოლო როცა ჩამკეტი ბერკეტით წამოედება ზღუდარს 11, მოხდება ჭურჭლის ფსკერის ჩაკეტვა.

განვიხილოთ ჭურჭლის მოძრაობის ტრაექტორია მისი ფსკერის გახსნის და ჩაკეტვის დროს (ნახ. 3.10).

აღვნიშნოთ: r -ით ჭურჭლის რადიუსი, R -ით – მონორელსზე ჭურჭლის შემობრუნების რადიუსი, d -თი ზღუდარის დიამეტრი.

ჭურჭლის შემობრუნების ტრაექტორიის განხორციელებისათვის დაცული უნდა იყოს პირობა $R > r$ -ზე.



ნახ. 3.10. ნედლი მასალის ჭურჭლის ფსკერის შემობრუნების სქემა:
10, 11 – გამღები და ჩამკეტი ზღუდარი

ჭურჭლის ფსკერის გახსნის მომენტში ჭურჭელში ამოჭრილი სემენტის ერთი წიბო განლაგებული უნდა იყოს $O O_1$ -ის ხაზიდან მართობულად, ხოლო მეორე დაშტრიხული - უბნის მეორე მხარეს.

ჩაკეტილ ჭურჭელზე გამღები ბერკეტი 8 მოთავსებული უნდა იყოს $O O_1$ შემაერთებელი ხაზის გაგრძელებაზე.

ჭურჭლის ფსკერის გაღების და ჩაკეტვის მოწყობილობის პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით სქემაზე r რადიუსით შემოხაზული წრე-

ხაზი დაეყოთ ექვს ტოლ ნაწილად. მიღებული წერტილები აღვნიშნოთ რიცხვებით 1-დან 6-მდე. O წერტილი შევუერთოთ 1 წერტილს, გავაგრძელოთ, ვიდრე არ გადაკვეთს მე-6 წერტილიდან ჰორიზონტალურად გატარებულ ხაზს, მივიღებთ A წერტილს. პირველი წერტილიდან დავუშვათ მართობი O_1 ხაზზე, მივიღებთ B წერტილს.

$\triangle AO_1B \sim \triangle O_1B$ სამკუთხედების მსგავსობიდან შეგვიძლია დავწეროთ

$$\frac{O_1B}{OB} = \frac{AO_1}{O_1B},$$

სადაც $O_1B = R + r$.

$\triangle O_1B$ -დან $O_1B = r \cos 60^\circ = 0,5r$; $OB = r \sin 60^\circ = 0,866r$ და $OB = R + 0,5r$.

ჩავსვათ მნიშვნელობები შედგენილ პროპორციაში, მივიღებთ

$$\frac{R+r}{R+0,5r} = \frac{AO_1}{0,866 \cdot r}, \quad (3.22)$$

საიდანაც $AO_1 = \frac{0,866 \cdot r(R+r)}{R+0,5r}$.

$\triangle AO_1B$ -დან h ბერკეტის სიგრძე და ფსკერზე მისი განლაგების ადგილი იქნება:

$$h = \sqrt{(AO_1)^2 + r^2} = \sqrt{\left(\frac{0,866 \cdot r(R+r)}{R+0,5r}\right)^2 + r^2}; \quad (3.23)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AO_1}{r} = \frac{0,866(R+r)}{R+0,5r}. \quad (3.24)$$

ზღუდარის 10 დამონტაჟების ადგილის განსაზღვრისათვის, $\triangle AO_1B$ -დან β კუთხე განისაზღვრება

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{AO_1}{R+r} = \frac{0,866(R+r)}{R+0,5r}, \quad (3.25)$$

მაშინ ზღუდარის 10-ის დამონტაჟების ადგილი იქნება რადიუსი R_1 -ის და O_1A ხაზის გადაკვეთაზე.

$$\triangle AO_1B\text{-დან} \quad OA = (R+r) \operatorname{Sec} \beta + 0,5d. \quad (3.26)$$

ზღუდარის 11 დამონტაჟების ადგილი იქნება რადიუსის R_1 -ის და O_1O ცენტრების შემაერთებელი ხაზების გადაკვეთის წერტილიდან მარჯვნივ $0,5r$ მანძილით დაშორებულ კორდინატზე

$$R_2 = (R - r) - 0,5d . \quad (3.27)$$

გაანგარიშების მიმდევრობა შემდეგია:

ნედლი მასალის მილის შესაბამისად ვირჩევთ ჭურჭლის რადიუსს $r = 100$ მმ.; ზღუდარის დიამეტრს $d = 10$ მმ; $R = 3r = 300$ მმ.

ვიანგარიშით ბერკეტის სიგრძე O_1 წერტილიდან.

ფორმულა (3.23) - ის მიხედვით:

$$h = \sqrt{\left(\frac{0,866 \cdot 100(300 + 100)}{300 + 0,5 \cdot 100}\right)^2 + 100^2} = 100,5.$$

გამღები ბერკეტის დაყენების კუთხე O_1 წერტილიდან.

ფორმულა (3.24) - ის მიხედვით

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,866(300 + 100)}{300 + 0,5 \cdot 100} = 0,9897, \quad \alpha = 45^\circ .$$

ბერკეტებს შორის კუთხე იქნება

$$180^\circ - \alpha = 135^\circ .$$

გამღები ზღუდარის დაყენების კუთხე β , ფორმულა (3.25) - ის მიხედვით ტოლია

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{0,866 \cdot 100}{300 + 0,5 \cdot 100} = 0,2474, \quad \beta = 14^\circ .$$

გამღები ზღუდარის დაყენების რადიუსი O ცენტრიდან ფორმულა (3.26) - ის მიხედვით ტოლია

$$R_1 = (300 + 100) \operatorname{Sec} 14^\circ + 0,5 \cdot 10 = 417.$$

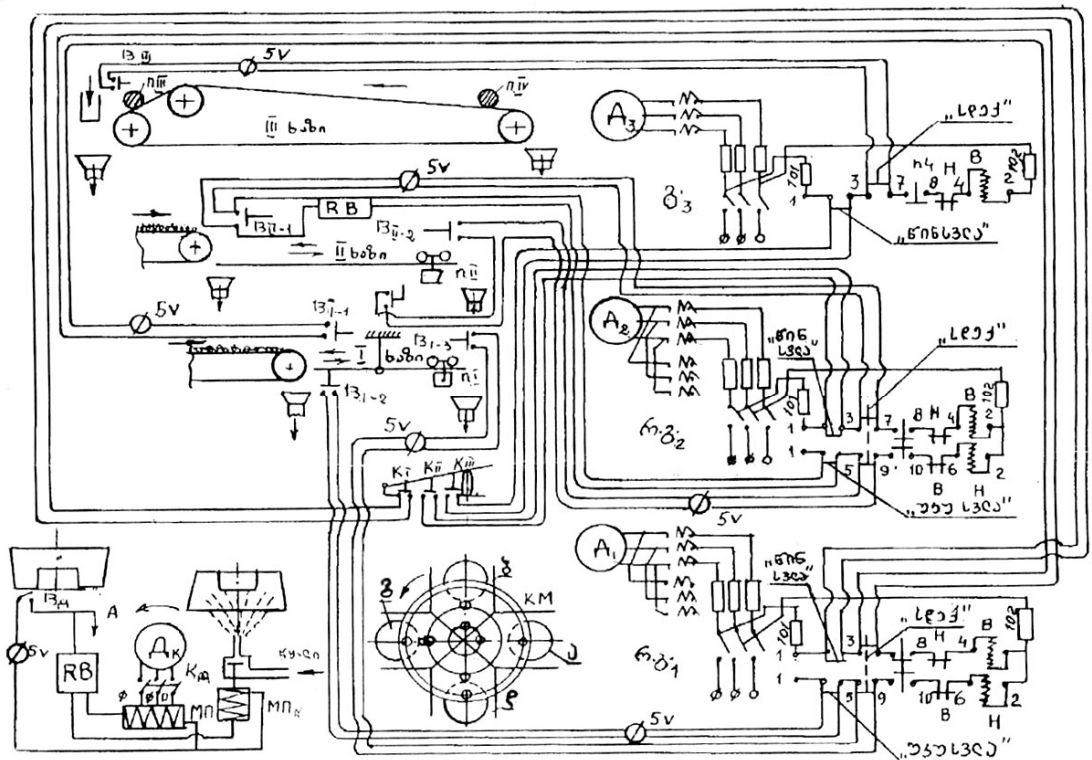
დამკეტი ზღუდარის დაყენების რადიუსი O ცენტრიდან ფორმულა (3.24) - ის მიხედვით ტოლია

$$R_2 = (R - r) - 0,5 \cdot 5 = 197,5.$$

შემოთავაზებული ავტომატიზებული ხაზების კონსტრუქციული ვარიანტების დაგეგმარება და წარმოებაში დანერგვა შესაძლებლობას იძლევა შეიქმნას მანგანუმის მადნის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირების ერთიანი ავტომატიზებული სისტემა

3.2. სინჯის აღების ტრანსპორტირების და ჭურჭლის დაცლის ხაზების ავტომატიზებული მართვა

კონვეიერიდან სინჯის მოკეთის, სინჯის ასაღები ჭურჭლით ტრანსპორტირების და დაცლის ავტომატიზებული ხაზების და კონცენტრატსაზომის ურთიერთშეთანხმებული მუშაობის დასამყარებლად შემუშავდა სხვადასხვა სატრანსპორტო ხაზებიდან კონცენტრატსაზომისადმი სინჯების მიწოდების (რიგითობის) თანმიმდევრული ჩართვა-გამორთვის სქემა, რომელიც წარმოდგენილია ნახაზ-ზე 3.11 [30].



ნახ. 3.11. სინჯის მიმწოდებელი სატრანსპორტო ხაზების მართვის სქემა

A_1 , A_2 , A_3 -ით აღნიშნულია სატრანსპორტო ხაზების ელექტროძრავები;

KM -ით კონცენტრატსაზომის სინჯის მიმწოდებელი მექანიზმი;

A_K -ით კონცენტრატსაზომის ელექტროძრავა;

რ.გ.1 და რ.გ.2 -ით რევერსული გადამრთველები, გ.3-ით გადამრთველი;

K_I, K_{II}, K_{III} -ით რევერსული გადამრთველების ჩასართავი კონტაქტორები;

K_{II} -ით კონცენტრატსაზომის ძრავას ჩართვა-გამორთვის კონტაქტორი; RB -ით დროის რელე;

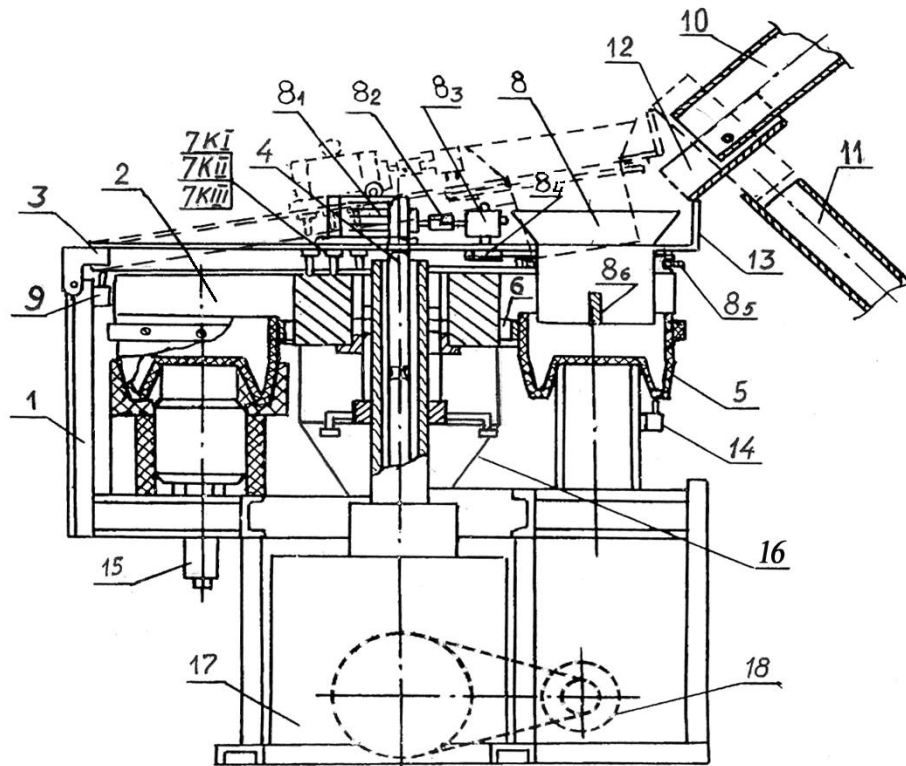
$B_{I-1}, B_{I-2}, B_{I-3}, B_{II-1}, B_{II-2}, B_{III}$ -ით სატრანსპორტო ხაზების ბოლო გამომრთველები;

$\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$ -ით კონვეიერიდან სინჯის ასაღები ჭურჭელი;

BD -ით დასხივების ხანგრძლივობის ჩასართავი კონტაქტორი;

ა, ბ, გ, დ – ით კონცენტრატსაზომის ჯამები;

MP -ით ელექტრომაგნიტური გადამრთველები.



ნახ. 3.12. კონცენტრატსაზომზე განლაგებული სატრანსპორტო ხაზების ავტომატური ჩართვის მოწყობილობა:

1 - კარკასი; 2 - მბრუნავი ბადრო; 3 - ბერკეტი; 4 - ღერძი; 5 - ჯამი; 6 - ჯამების ჯვარედინა საყრდენი; 7 - სინჯის სატრანსპორტო ხაზების ჩართვის კონტაქტორები $7k_I, 7k_{II}, 7k_{III}$; 8 - სინჯის გამასწორებელი მოწყობილობა (81 ელ. ძრავა, 82 გადაბმულობის ქურო, 83 რედუქტორი, 84 ღვედური გადაცემა, 85 გორგოლაჭი, 86 ხვიშირა გამასწორებელი); 9 - ხვიშირა გამასწორებლის ჩართვის კონტაქტორი; 10 - მიღგაყვანილობა; 11 - სინჯის განმტვირთავი მილი; 12 - დამცავი ფარი; 13 - მიმმართველი; 14 - დასხივების და გაზომვის ხანგრძლივობის ჩასართავი კონტაქტორი; 15 - დასხივების დეტექტორი; 16 - გასარეცხი მოწყობილობა; 17 - გადაცემის ავტომატური გადართვის რედუქტორი; 18 - კონცენტრატსაზომის ელ. ძრავა.

ნახაზ. - ზე 3.12 ნაჩვენებია კონცენტრატსაზომის სინჯის მიმწოდებელი მექანიზმი, მასზე განლაგებული კონტაქტორით, საიდანაც ხორციელდება სინჯის სატრანსპორტო ხაზების მართვა.

საწყის პოზიციაში კონცენტრატსაზომის სინჯის მიმწოდებელი მექანიზმი, შვეულად მოძრავი ღერძი 4 და მასთან ერთად ბერკეტი 3 აწეულია ზევით (ნაჩვენებია პუნქტორით).

კონცენტრატსაზომის ელექტრონულ სქემაზე ნაჩვენები კონტაქტორი K_n - ჩართავს ელექტროძრავას D_n . გადაცემათა გადართვის ავტომატური რედუქტორის 17 საშუალებით ღერძს 4 და მასთან ერთად ბერკეტს 3 ჩაწევს ქვევით. ბერკეტზე დამაგრებული სამი კონტაქტორიდან (7KI, 7KII, 7KIII), ერთ-ერთი დაეყრდნობა მაგიდის ზედაპირს, მისი მეშვეობით ჩაირთვება სინჯის სატრანსპორტო ხაზის ელექტროძრავა, ხოლო დანარჩენი ორი კონტაქტორი შვევა მაგიდაზე ამოჭრილ ხვრელში.

კონტაქტორების ჩართვის რიგითობა (თანამიმდევრული ჩართვა-გამორთვა) მბრუნავი ბადროს 90⁰-ით შემობრუნების დასრულებისას ბადროზე ნახვრეტების განლაგებაზეა დამოკიდებული. კონცენტრატსაზომში თითოეული ოპერაციის შესრულების შედეგად რიგრიგობით ირთვება მასთან დაკავშირებული სინჯის სატრანსპორტო ხაზები.

სინჯის სატრანსპორტო ხაზების და კონცენტრატსაზომის სინჯის მიმწოდებელი მექანიზმის ელექტრომექანიკური ჩართვა-გამორთვის თანამიმდევრობა მოყვანილია ცხრილში 3.1.

სინჯის ასაღები ჭურჭლიდან დაცლილი სინჯი მიღგაყვანილობით ხვდება კონცენტრატსაზომის სინჯის მიმწოდებელი მექანიზმის ჩასაყრელ მოწყობილობაში.

სინჯის მილში სწრაფი გადაადგილების მიზნით მიზანშეწონილია მილის დიამეტრი შეირჩეს კონვეიერზე დაყრილი ფხვიერი მასის განიკვეთის შესაბამისად.

სინჯის სატრანსპორტო ავტომატური ხაზების კონცენტრატსაზომის მუშაობის რეჟიმთან კორდინირებისათვის საჭიროა სინჯის მოსამზადებელი პერიოდი არ აღემატებოდეს დასხივებაზე და გაზომვაზე დახარჯულ დროს.

ჩატარებული იყო ექსპერიმენტები, მოსამზადებელი პერიოდის (უქმი სვლის, სინჯის აღების, გადაადგილების და დაცლის) ინტერვალების დასადგენად, რომელიც მოყვანილია ცხრილში 3.2. მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მოსამზადებელი პერიოდის დრო არ აღემატება 3,5 წუთს – დასხივების და გაზომვის დროის ინტერვალს

$$t_a = t_{11} + t_6 + t_{12} + t_{13} \leq 3,5 \text{ წთ.}$$

ელექტრომექანიკური მოწყობილობის ჩართვა-გამორთვის რიგითობა

ცხრილი 3.1.

I საზი	ჩართვა.	K _I -რ _{გ1} “წინსვლა”			B _{I2} -რ _{გ1} “უკუსვლა”		
	გადაადგილება		← Π ₁		Π ₁ ↓		→ Π ₁
	გამორთვა			B _{II1} -რ _{გ1} “სდექ”		B _{I3} -რ _{გ1} “სდექ”	იერება ა-ჯამში
II საზი	ჩართვა.	K _{II} -რ _{გ2} “წინსვლა”			RB- რ _{გ2} “უკუსვლა”		
	გადაადგილება		← Π ₂				→ Π ₂
	გამორთვა			B _{III1} -რ _{გ2} “სდექ”		K _{II2} -რ _{გ2} “სდექ”	იერება ბ-ჯამში
III საზი	ჩართვა.	K _{III} -ბ _გ “წინსვლა”			K _{III} -ბ _გ “წინსვლა”		
	გადაადგილება		← Π ₃		იერება გ-ჯამში		← Π ₄
	გამორთვა			B _{III1} -ბ _გ “სდექ”		B _{III} -ბ _გ “სდექ”	სინჯი იერება დ-ჯამში

სინჯის სატრანსპორტო ხაზების და კონცენტრატსაზომის უავარიო მუშაობის უზრუნველსაყოფად გათვალისწინებულია საავარიო სიტუაციების თავიდან აცილების საშუალებები.

ჭურჭლის გადაადგილების ინტერვალები

ცხრილი 3.2.

№	გადაადგილების ინტერვალები	I საზი	II საზი	III საზი	
				n _{III}	n _{IV}
t ₁₁	საწყისი პოზიციიდან კონვეიერამდე ჭურჭლის გადაადგილების დრო, წმ	60	60	–	–
t ₆	კონვეიერიდან ჭურჭელში სინჯის ჩაყრის დრო, წმ	80	80	80	80

t_{12}	ავტომატიზებულ ხაზზე სინჯის გადაადგილების დრო, წმ	60	60	110	110
t_{13}	მილგაყვანილობაში სინჯის გადაადგილების დრო, წმ	10	10	20	20
t_9	სინჯის მოსამზადებელი დრო, წთ	2,5	2,5	3,5	3,5

მაგალითად, თუ სინჯი მილგაყვანილობაში განსაზღვრულ დროზე ადრე ბერკეტის ჩაწევამდე ჩაიყარა, დამცავი ფარი 12 ელობება ფხვიერ მასას და ატარებს მას 11 განმტვირთავ მილში (ნახ. 3.12).

თუ მეორე სატრანსპორტო ხაზის ჭურჭლის ძირი არ დაიხურა, იგი შეეხება გამომრთველს, გაწყვეტს წრედს და შეწყდება მისი გადაადგილება. ოპერატორი ღებულობს სიგნალს საავარიო სიტუაციის შესახებ.

კონცენტრატსაზომის ძრავის გამორთვა ($t_i - t_6$) დროის მონაკვეთით განისაზღვრება, სადაც t_i არის დასხივების და გაზომვის დრო.

t_6 – რედუქტორში ღერძის 4 ქვედა მდგომარეობაში ყოფნის დრო.

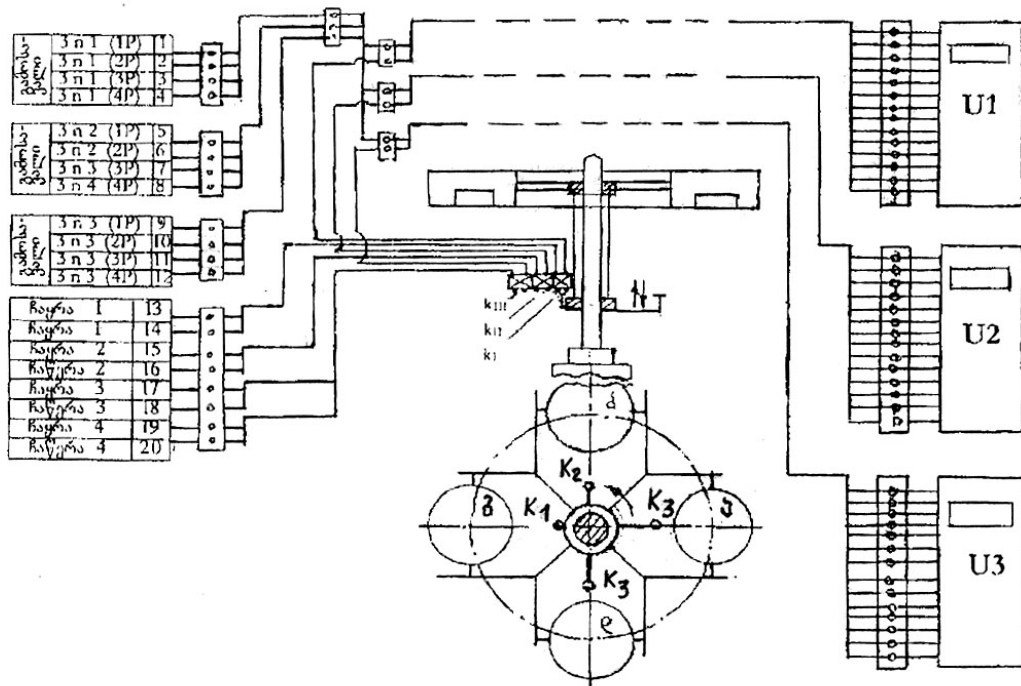
$(t_i - t_6)$ დროის გასვლის შემდეგ დროის რელე ჩართავს რედუქტორის ელექტრო ძრავას მომდევნო ოპერაციის განხორციელებისათვის.

სინჯის სატრანსპორტო ხაზებსა და კონცენტრატსაზომის სინჯის მიმწოდებელ მექანიზმს შორის განხორციელებული ელექტრომექანიკური კავშირი ოპტიმალურს ხდის მოსამზადებელ პერიოდს სინჯის აღებული მანგანუმის პროცენტული შემცველობის გაზომვამდე.

3.3. აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიიდან ინფორმაციის ავტომატური გადაცემა

მანგანუმის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისათვის მანგანუმის პროცენტული შემცველობის ინფორმაციის სწრაფ გადაცემას კონცენტრატსაზომიდან ისეთივე დიდი მნიშვნელობა აქვს, როგორც მანგანუმის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრას.

გათვალისწინებულია მანგანუმის კონცენტრატსაზომიდან იმპულსების გადაყვანა პროცენტულ შემცველობაში. გათვალისწინებულია აგრეთვე ელექტრონული მოწყობილობის სქემიდან გამოსავალი ინფორმაციის სიგნალის გადაცემა, საინფორმაციო ტაბლოზე მანგანუმის პროცენტული შემცველობის ჩვენება [30].



ნახ.3.13. კონცენტრატსაზომის ელექტრონულ სქემიდან ინფორმაციის გადაცემის სქემა

ამ მიზნით შემუშავდა კონცენტრატსაზომიდან მანგანუმის პროცენტული შემცველობის ინფორმაციის ავტომატური გადამცემი. იგი შედგება ინფორმაციის გადამცემი და მიმღები ბლოკებისაგან. გადამცემი ბლოკის დანიშნულებაა სიგნალის გაძლიერება და 14-სადენიანი კაბელისა და მიმღების საინფორმაციო ტაბლოს მეშვეობით მამლიძრებელ მანქანაზე მომუშავე პერსონალისათვის ინფორმაციის გაცნობა.

წარმოების სხვადასხვა წერტილიდან სინჯის სატრანსპორტო ხაზებით კონცენტრატსაზომზე მიწოდებული მანგანუმის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრის შემდეგ ინფორმაციის ჩვენება დანიშნულების ადგილზე უნდა დაფიქსირდეს, სანამ იგი არ შეიცვლება ამავე წერტილიდან მიღებული ახალი ინფორმაციით, ამიტომ ინფორმაციის მიწოდ-

დება კონცენტრატსაზომიდან დანიშნულების სხვადასხვა ადგილზე რიგრიგობით უნდა მოხდეს. ინფორმაციის გადართვა ხორციელდება კონცენტრატსაზომის სინჯის მიმწოდებელი მექანიზმის რედუქტორის ზედა ნაწილში დამონტაჟებული გამანაწილებელი ბლოკით. გამანაწილებელი ბლოკი შედგება სამი კონტაქტორისაგან (KI, KII, KIII). მასში, როდესაც ერთერთი კონტაქტორი ირთვება, ადრე ჩართული ავტომატურად გამოირთვება. შედეგების ჩაწერის განაწილების სქემა წარმოდგენილია ნახ. 3.13 - ზე. როდესაც სინჯის გაზომვა მთავრდება, ჯვარედინა საყრდენი და მასზე განლაგებული ჯამები ვერტიკალურად ზემოთ იწევენ, მასთან ერთად იწევენ რედუქტორის ღერძზე მოსრიალე მილისა, რომლის ოთხ მხარეს დამონტაჟებულია სხვადასხვა სიგრძის კრონშტეინები, რომლებიც ისეა განლაგებული, რომ ჯვარედინა საყრდენის 90⁰-ით შემობრუნების, ქვევით ჩაწევის, დაყოვნების და შემდგომ ზემოთ აწევის მომენტში, როცა მანგანუმის პროცენტული შემცველობის გაზომვა ჯამში დამთავრებულია, ჩაირთვება გამანაწილებელი ბლოკის კონტაქტორი K_I , შემდგომი შემობრუნების შემდგომ K_{II} , ადრე ჩართული

კონცენტრატსაზომის ელექტრონული სქემიდან სიგნალის გარდაქმნის რიგითობა

ცხრილი 3.3.

ჯამი	კონტაქტორი	მახსოვრობის რეგისტრი	საინფორმაციო ტაბლო
ა	K_I	P_1	U_1
ბ	K_{II}	P_2	U_2
გ	K_{III}	P_3	U_3
დ	K_{III}	P_3	U_3

კი ავტომატურად გამოირთვება, რის გამოც ინფორმაცია რიგრიგობით გადაეცემა P_1 , P_2 , P_3 ინფორმაციის მახსოვრობის რეგისტრებს, მანგა-

ნუმის პროცენტული შემცველობის U_1 , U_2 , U_3 ციფრულ ინდიკატორებზე ასახვისთვის.

ცხრილში 3.3. მოყვანილია კონცენტრატსაზომის ელექტრონული სქემიდან სიგნალის გარდაქმნის რიგითობის გადაცემა დანიშნულების ადგილზე ციფრული ინდიკატორის საშუალებით, რაც შესაძლებლობას იძლევა მამდიდრებელ მანქანაზე მომუშავე პერსონალმა, რეგულირება გაუკეთოს მიმდინარე ტექნოლოგიურ პროცესს.

თავი IV

სინჯის მიმწოდებელი ქანქარისებრი საწვევლას დამუშავება

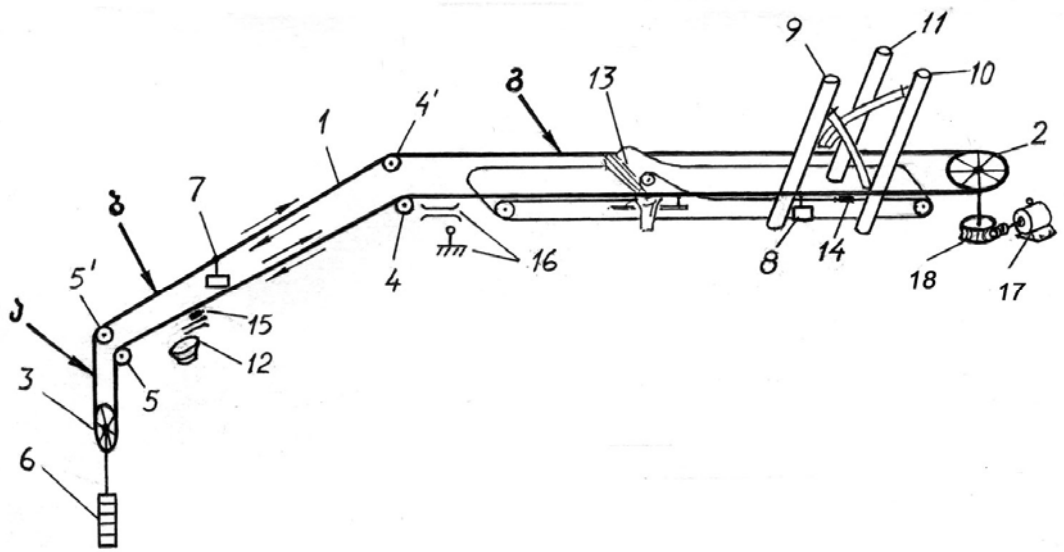
III თავში განხილული იყო 1985-86 წლებში დამუშავებული და დანერგილი სინჯის მიმწოდებელი I და II ავტომატიზებული ხაზების მოწყობილობები, რომელიც იმართებოდა კონცენტრატმზომიდან ფაბრიკაში დასმული ამოცანების შესასრულებლად. 1991-92 წწ. ცნობილი მოვლენების გამო აღნიშნული დანადგარი ამჟამად გაძარცულია და მოითხოვს აღდგენას. კონცენტრატსაზომის და სინჯის მიმწოდებელი ხაზების აღდგენა მიზანშეწონილია განახლებული სახით, რადგან ჭიათურის №2 მამდიდრებელ ფაბრიკაში შეიცვალა ტექნოლოგიური ხაზების განლაგება და მადნის დამუშავება იმ რაოდენობით აღარ წარმოებს, როგორც ადრეულ წლებში. გავითვალისწინეთ რა ფაბრიკის ხელმძღვანელობის მოთხოვნა, საკითხის გადაწყვეტა მოითხოვდა ახლებურ მიდგომას. ფაბრიკის ხელმძღვანელობასთან კონსულტაციის შემდეგ რეკომენდებულია გადატანილ იყოს აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორია ახალ ადგილზე და დამუშავდეს სინჯის მიმწოდებელი სატრანსპორტო ავტომატიზებული ხაზები ახალი მოთხოვნების გათვალისწინებით.

4.1. საწვევლას მათემატიკური მოდელი

ნახ. 4.1.-ზე მოცემულია ამოცანის გადაწყვეტის ის ვარიანტი, რომელიც ითვალისწინებს ლაბორატორიის გადატანას ცალკე სათავსში და მანგანუმის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრისათვის მოკვეთილი სინჯის საწვევლას საშუალებით ტრანსპორტირებას.

საწვევლას, როგორც მართვის ობიექტის ერთ-ერთი ძირითადი თავისებურებაა რთული საწვევი სისტემა, რომელიც შედგება შედარებით დიდი სიგრძის მზიდსაწვევი ბაგირისა და მასთან დაკავშირებული მასებისაგან.

ქვემოთ ობიექტის მათემატიკური მოდელი დამუშავებულია ორი შემთხვევისათვის:



ნახ. 4.1. სინჯის მიმწოდებელი საწვეველას კინემატიკური სქემა:

ა - შვეული უბანი; ბ - დახრილი უბანი; გ - ჰორიზონტალური უბანი;

1 - მზიდსაწვევი ბაგირი; 2 - ამძრავი ბორბალი; 3 - დამჭიმი ბორბალი; 4 - 4', 5-5' მიმმართველი ბორბლები; 6 - დამჭიმი მოწყობილობა; 7 - 8 - ვაგონეტი (სინჯის მიმწოდებელი ჭურჭელი); 9 - I და II ხარისხის მიმწოდებელი მილი სინჯის მომკვეთით; 10 - III და IV ხარისხის მადნის მიმწოდებელი მილი სინჯის მომკვეთით; 11 - შუალედური ხარისხის მიმწოდებელი მილი მომკვეთით; 12 - ბუნკერი; 13 - კონვეიერზე მოძრავი გამანაწილებელი ურიკა; 14 - 15 - ბოლო ამომრთველი; 16 - მიმმართველი და ჩამკეტი, 17 - ძრავა; 18 - რედუქტორი.

- საწვევი სისტემის შეყურსული პარამეტრების გათვალისწინებით (დისკრეტული მოდელი);
- საწვევი სისტემის პარამეტრების დროში და სივრცეში განაწილების გათვალისწინებით (უწყვეტი მოდელი).

ობიექტის დისკრეტული მათემატიკური მოდელის დამუშავებისას მიღებულია შემდეგი დაშვებები:

- საწვეველას დეფორმირებად ელემენტს წარმოადგენს მხოლოდ მზიდსაწვევი ბაგირი;
- ბაგირის ორივე შტოს სიხისტეები მუდმივი და ერთმანეთის ტოლია;

- ვაგონეტს, რომელიც ფაქტიურად წარმოადგენს სინჯის მიმწოდებელ ჭურჭელს, აქვს ერთი თავისუფლების ხარისხი;
- ვაგონეტები განლაგებულია ამძრავი და დამჭიმი ბორბლების სიახლოვეს;
- დანაკარგები სახუნზე არ არსებობს.

მაშინ სისტემის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები გამოისახება ფორმულებით 4.1. და 4.2 [31]:

$$E_{kin} = 0,5 \left[m_1(\dot{x}_1)^2 + m_2(\dot{x}_2)^2 + 0,3m_{hr} \left((\dot{x}_1)^2 + (\dot{x}_1)\dot{x}_2 + (\dot{x}_2)^2 \right) \right]; \quad (4.1)$$

$$E_{pot} = c(x_1 - x_2)^2, \quad (4.2)$$

სადაც m_1 არის ამძრავი ბორბალის ფერსოზე დაყვანილი ჯამური მასა; m_2 -დამჭიმი ბორბლის და მეორე ვაგონეტის ჯამური დაყვანილი მასა; m_{hr} - მზიდსაწვევი ბაგირის მასა; c -ბაგირის სიხისტე; x_1 და x_2 ამძრავი და დამჭიმი ბორბლების გადაადგილებები, შესაბამისად.

სისტემის მოძრაობის განტოლებებს აქვს სახე

$$a_{11}\ddot{x}_1 + a_{12}\ddot{x}_2 + c_{11}\dot{x}_1 + c_{12}\dot{x}_2 = F(t); \quad (4.3)$$

$$a_{21}\ddot{x}_1 + a_{22}\ddot{x}_2 + c_{21}\dot{x}_1 + c_{22}\dot{x}_2 = 0,$$

სადაც $F(t)$ არის ამძრავ ბორბალზე მოდებული მამოძრავებელი ძალა;

$$a_{11} = m_1 + 0,3 \cdot m_{hr}; \quad a_{12} = a_{21} = 0,1(6) \cdot m_{hr}; \quad a_{22} = m_2 + 0,3 \cdot m_{hr};$$

$$c_{11} = c_{22} = 2c; \quad c_{12} = c_{21} = -2c.$$

ნულოვანი საწყისი პირობებისათვის (4.3)-ს ოპერაციულ სახეში ჩაწერით და ელემენტარული გარდაქმნებით მივიღებთ საწვევლას გადაცემის ფუნქციებს (შესავალ სიგნალს წარმოადგენს ძრავას ელექტრომაგნიტური მომენტი $M(t)$, ხოლო რგოლების გამოსავალი სიდიდეები გამოსახულია ძრავას და დამჭიმი ბორბლის კუთხური სიჩქარეებით):

$$W_{01p}(p) = \frac{\omega_m(p)}{M(p)} = \frac{1 + \gamma T_{ev}^2 p^2}{Jp(1 + T_{ev}^2 p^2)}; \quad (4.4)$$

$$W_{02p}(p) = \frac{\omega_{bp}(p)}{\omega_m(p)} = \frac{K_1(1 - \tau_{ev}^2 p^2)}{1 + T_{ev}^2 p^2}, \quad (4.5)$$

სადაც $T_{sv} = \sqrt{\frac{12m_1m_2 + 4m_{hr}(m_1+m_2) + m_{hr}^2}{24cm}}$ არის დრეკადი რხევების დროის მუდმივა;

$$\gamma = 1 + \frac{12m_2(m_2 + m_{hr}) + 3m_{hr}^2}{12m_1m_2 + 4m_{hr}(m_1+m_2) + m_{hr}^2};$$

$$m = m_1 + m_2 + m_{hr}; \quad K_1 = \frac{R_1}{iR_2}; \quad \tau_{sv}^2 = m_{hr}/12c; \quad J = \frac{mR_1^2}{i} \quad -$$

დაყვანილი ინერციის მომენტი; $\omega_m(p)$, $\omega_{bp}(p)$ -შესაბამისად, ძრავას და დამჭიმი ბორბლის კუთხური სიჩქარეების ლაპლასის გამოსახულებები; R_1 და R_2 ამძრავი და დამჭიმი ბორბლების რადიუსები; i - რედუქტორის გადაცემის რიცხვი.

ამრიგად, საწვეველა მოცემულ შემთხვევაში გამოისახება ზოგადი სახის ორმასიანი სისტემის კლასიკური მოდელით იმ განსხვავებით, რომ ობიექტის საწვევი სისტემა შეიცავს მდგრად (რხევების ჩაქრობის თვალსაზრისით) არამინიმალურ ფაზურ რგოლს, რაც გამოწვეულია მისი თავისებურებით.

დრეკადელემენტებიანი საწვევი სისტემის მქონე ობიექტების უწვეტი მათემატიკური მოდელი ზოგადი სახით, როდესაც ბაგირზე მოთავსებული ძირითადი მასების რაოდენობა სამს არ აღემატება [32].

თუ ჩავთვლით, რომ შესავალი სიგნალი (ამძრავის მამოძრავებელი ძალა) მიეწოდება ამძრავ ბორბალს, ხოლო გამოსავალ სიდიდეებს წარმოადგენს ვაგონტების სიჩქარეები, საწვევი სისტემის ნორმირებულ გადაცემის ფუნქციებს აქვს ასეთი სახე:

$$\bar{W}(0,0,\bar{p}) = \frac{K(ch\bar{p} + C\bar{p}sh\bar{p})}{sh\bar{p} + A\bar{p}ch\bar{p} + B\bar{p}^2sh\bar{p}}; \quad (4.6)$$

$$\bar{W}(l,0,\bar{p}) = \frac{K}{sh\bar{p} + A\bar{p}ch\bar{p} + B\bar{p}^2sh\bar{p}}, \quad (4.7)$$

სადაც, ფარდობითი მასები $A = (m_1 + m_2)/m_{hr}$; $B = m_1m_2/m_{hr}^2$;

$C = m_2/m_{hr}$; l - საწვეველას სიგრძე; $K = 1/2a$; a - გასწვრივი დრეკადი

ტალის გავრცელების სიჩქარე ბაგირის ჩაკიდულობის გათვალისწინებით; $\bar{p} = p\tau$ - ნორმირებული ლაპლასის ოპერატორი; $\tau = l/a$ - ტალის გავრცელების დრო.

საწვევლას მათემატიკური მოდელის (4.6) და (4.7) პირდაპირი გამოყენება ვერ მოხერხდება, რადგან იგი შეიცავს უსასრულო ჯამებს და კვაზიპოლინომებს. ამიტომ, საჭირო ხდება მიღებული ტრანსცენდენტური გადაცემის ფუნქციების აპროქსიმაცია სასრული განზომილების მოდელით.

ტრანსცენდენტური გადაცემის ფუნქციების წილადურ-რაციონალური გადაცემის ფუნქციებით გამოსახვა საპასუხისმგებლო ამოცანაა, რომლის გადაწყვეტისას უპირველესი ყურადღება უნდა დაეთმოს მიღებული სასრული განზომილების მოდელის ადეკვატურობას საწვევი სისტემის უსასრულო განზომილების მოდელთან. ამ დროს მნიშვნელოვანია აგრეთვე მიღებული წილადურ-რაციონალური გადაცემის ფუნქციების ზოგადი ხასიათი და სიმარტივე, რადგანაც ძალზე მაღალი რიგის მოდელი, რაც არ უნდა ზუსტი იყოს იგი, სირთულის გამო შეიძლება ისევე გამოუსადეგარი აღმოჩნდეს, როგორც საწყისი ტრანსცენდენტური გადაცემის ფუნქციები.

აპროქსიმაციის მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია საწვევლას პარამეტრებზე. რადგანაც მას აქვს მცირე სიგრძე, შეიძლება დავუშვათ $shp\tau = p\tau$ და $chp\tau = 1$. თუ $\omega\tau \leq 0,45$ (p შეცვლილია $j\omega$ -თი). ასეთი დაშვებით მიღებული შეცდომა არ აღემატება 10,3%-ს. უკეთესი შედეგის მისაღებად, როდესაც $\omega\tau \leq 0,8$, ჰიპერბოლური კოსინუსის აპროქსიმაცია მიზანშეწონილია მოვახდინოთ უფრო ზუსტად $chp\tau = 1 + 0,5p^2\tau^2$ (აპროქსიმაციის შეცდომა არ აღემატება 11%-ს). ორივე შემთხვევაში (4.6) და (4.1.7)-დან მიიღება ორმასიანი მართვის ობიექტის გადაცემის ფუნქციები

$$W_{01lp}(p) = \frac{\omega_m(p)}{M(p)} = \frac{1 + \gamma T_{ev}^2 p^2}{Jp(1 + T_{ev}^2 p^2)}; \quad (4.8)$$

$$W_{02lp}(p) = \frac{\omega_{bp}(p)}{\omega_m(p)} = \frac{K_1}{1 + T_{ev}^2 p^2}, \quad (4.9)$$

სადაც დრეკადი რხევების დროის მუდმივას T_{dr} და მუდმივ კოეფიციენტს γ აქვთ ზემოთაღნიშნულთან შედარებით განსხვავებული მნიშვნელობები, რომელიც მოცემულია (4.1) ცხრილში (მათ შორის იმ შემთხვევისათვის, როდესაც სიმცირის გამო უგულებელყოფილია m_2 მასა).

T_{dr} და γ პარამეტრების მნიშვნელობები

ცხრილი 4.1.

ჰიპერბოლური ფუნქციების არგუმენტის მნიშვნელობები		დრეკადირხევების დროის მუდმივა T_{dr}	კოეფიციენტი γ
$\omega \tau \leq 0,45$	$m_2 = 0$	-	-
	$m_2 \neq 0$	$\tau \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m m_{\text{nr}}}}$	$\frac{m}{m_1}$
$\omega \tau \leq 0,8$	$m_2 = 0$	$\tau \sqrt{\frac{m_1}{2(m_1 + m_{\text{nr}})}}$	$\frac{(m m_1 + m m_{\text{nr}})}{m_1}$
	$m_2 \neq 0$	$\tau \sqrt{\frac{(m_1 + m_2) m_{\text{nr}} + 2 m_1 m_2}{2 m m_{\text{nr}}}}$	$\frac{m(2 m_2 + m_{\text{nr}})}{(m_1 + m_2) m_{\text{nr}} + 2 m_1 m_2}$

მიღებული შედეგიდან ირკვევა აგრეთვე, რომ ობიექტის აბსოლუტურად ხისტი მოდელია

$$W(p) = \frac{\omega_{bp}(p)}{M(p)} = \frac{K_1}{Jp}. \quad (4.10)$$

რომელსაც ფართოდ იყენებენ პრაქტიკაში, რადგან მარტივად მიიღება განაწილებულპარამეტრებიანი საწვევი სისტემის მოდელიდან $shpr = pr$, $chpr = 1$ და $m_2 = 0$ დაშვებებით.

4.2. საწვევლას დამუშავება და დინამიკური გაანგარიშება

ერთბაგირიანი ქანქარისებრი საწვევლას ხაზი შედგება: ა – ვერტიკალური, ბ – დახრილი და გ – ჰორიზონტალური უბნებისაგან. ჩავატაროთ ერთბაგირიანი საწვევლას ნაწილობრივი დინამიკური გაანგარიშება. კერძოდ, განვსაზღვროთ შემდეგი პარამეტრები:

- ჭურჭლის მოძრაობის სიჩქარე;
- ამძრავის გამორთვის შემდეგ ჭურჭლის გაჩერებისათვის საჭირო დრო;
- ჭურჭლის მიერ გავლილი მანძილი;
- ბაგირის დაჭიმულობები საწვევლას სხვადასხვა უბანზე.

სისტემის კინეტიკური ენერჯის თეორემის თანახმად, სისტემის კინეტიკური ენერჯის ცვლილება ტოლია სისტემაზე მოქმედი ძალების მიერ შესრულებული მუშაობის ე.ი. $T - T_0 = \sum_{i=1}^n A$, რადგანაც სისტემა უძრაობის მდგომარეობიდან იწყებს მოძრაობას, ამიტომ $T_0 = 0$.

T_0 არის საწყისი კინეტიკური ენერჯია [33].

სისტემის კინეტიკური ენერჯია ტოლია მასში შემავალი ელემენტების კინეტიკური ენერჯიების ალგებრული ჯამის ე.ი.

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, \quad (4.11)$$

შედაც, T_1 – ცარიელი ჭურჭლის და ბაგირის საერთო კინეტიკური ენერჯი;

T_2 – მანგანუმით დატვირთული ჭურჭლის კინეტიკური ენერჯი ბაგირთან ერთად;

T_3 – დამჭიმავი ტვირთის კინეტიკური ენერჯი;

T_4 – ამძრავი ბორბლის კინეტიკური ენერჯი.

თუ განვიხილავთ ჭურჭლისა და ბაგირის მოძრაობას ერთობლივად, მაშინ, ორივეს კინეტიკური ენერგია ტოლი იქნება:

$$T^* = T_{\text{ცენტრისკენ}} + T_{\text{ბაგირის}}, \quad (4.12)$$

სადაც

$$T_{\text{ბაგირის}} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)V_1^2.$$

დატვირთული ჭურჭლის კინეტიკური ენერგიაა; m_1 – ცარიელი ჭურჭლის მასა; m_2 – დატვირთული ჭურჭლის მასა; V_1 – ჭურჭლის სიჩქარე.

ხოლო დამჭიმავი ტვირთის კინეტიკური ენერგია იქნება

$$T_3 = \frac{1}{2} J_0 \omega_3^2 = \frac{1}{2} \omega_3^2 m_3 R_3^2. \quad (4.13)$$

ამძრავი ბორბლის კინეტიკური ენერგია $T_4 = T_{\text{ბორბლის}} = \frac{1}{2} \cdot I_x \omega_2^2$

სადაც $\omega_2 = \omega_1$ არის ამძრავი ბორბლის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე.

ბოლოს მთლიანი მოწყობილობის კინეტიკური ენერგია

$$T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)V_1^2 + \frac{1}{4}m_2\omega_2^2 \cdot i_{2x}^2 + \frac{1}{2}\omega_2^2 \cdot m_3 R^2 + \frac{1}{2}m_4 V_1^2 + \frac{1}{2}I_0 \omega_2^2$$

სადაც $I_0 = \frac{1}{2}m_4 R^2$ – ბაგირის ინერციის მომენტი;

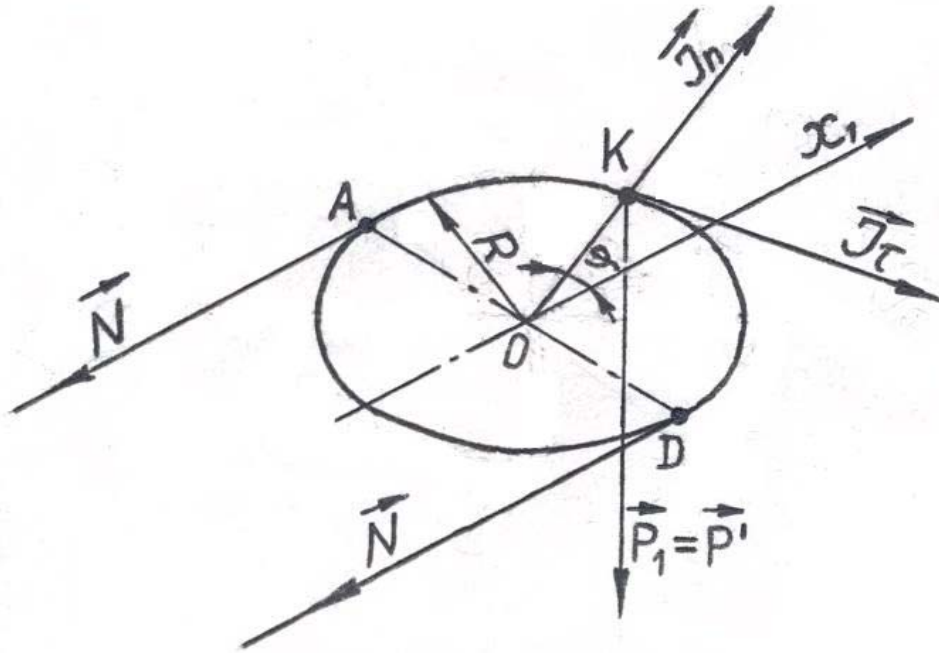
R – ამძრავი ბორბლის რადიუსი; i_{2x} – ინერციის რადიუსი X ღერძის მიმართ.

1) გამოვთვალოთ მუშაობა ამძრავი ბორბლის და ბაგირის უბანზე (ნახ. 4.2). ამ დროს მათზე მოქმედებს ბორბლის სიმძიმის \vec{P}_1 ძალა, ბაგირის \vec{N} დაჭიმულობის ძალა, ინერციის \vec{I} ძალა, ხახუნის $\vec{F}_{\text{ხახ.}}$ ძალა, ბაგირის სიმძიმის \vec{P}' ძალა. ვინაიდან სიმძიმის \vec{P}_1 ძალა და ბაგირის \vec{P}' ძალა მოძრაობის მართობულად არიან მიმართულნი, ამიტომ მათ მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია. მაშინ დაჭიმულობის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ასე გამოისახება

$$A(\vec{N}) = N \cdot \pi R$$

ინერციის ძალა იშლება მხები და ნორმალურ ძალებად, ხოლო ნორმალური ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია. რადგან იგი გადაადგილების მართობია, ამიტომ მხები ინერციის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ტოლი იქნება

$$A(\vec{J}) = A(J_n) + A(J_\tau) = m_1 \frac{dv}{dt} \cdot \pi R = m_1 \epsilon R^2$$



ნახ. 4.2. ამძრავი ბორბლის AKD უბანზე მოქმედი ძალების სქემა

აქ ϵ - არის ამძრავი ბორბლის კუთხური აჩქარება.

გორვის ხახუნის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ტოლი იქნება

$$A(F_{\text{ხახუნ}}) = \delta m_1 g \varphi,$$

სადაც, φ არის ბორბლის მობრუნების კუთხე.

საბოლოოდ მუშაობა უბანზე

$$A_1 = A(\vec{N}) + A(\vec{J}) + A(F_{\text{ხახუნ}}) = N \cdot \pi R + m_1 \epsilon R^2 - \delta m_1 g \varphi, \quad (4.14)$$

δ - გორვის ხახუნის კოეფიციენტი.

2) მუშაობა კორიზონტალურ უბანზე ტოლი იქნება

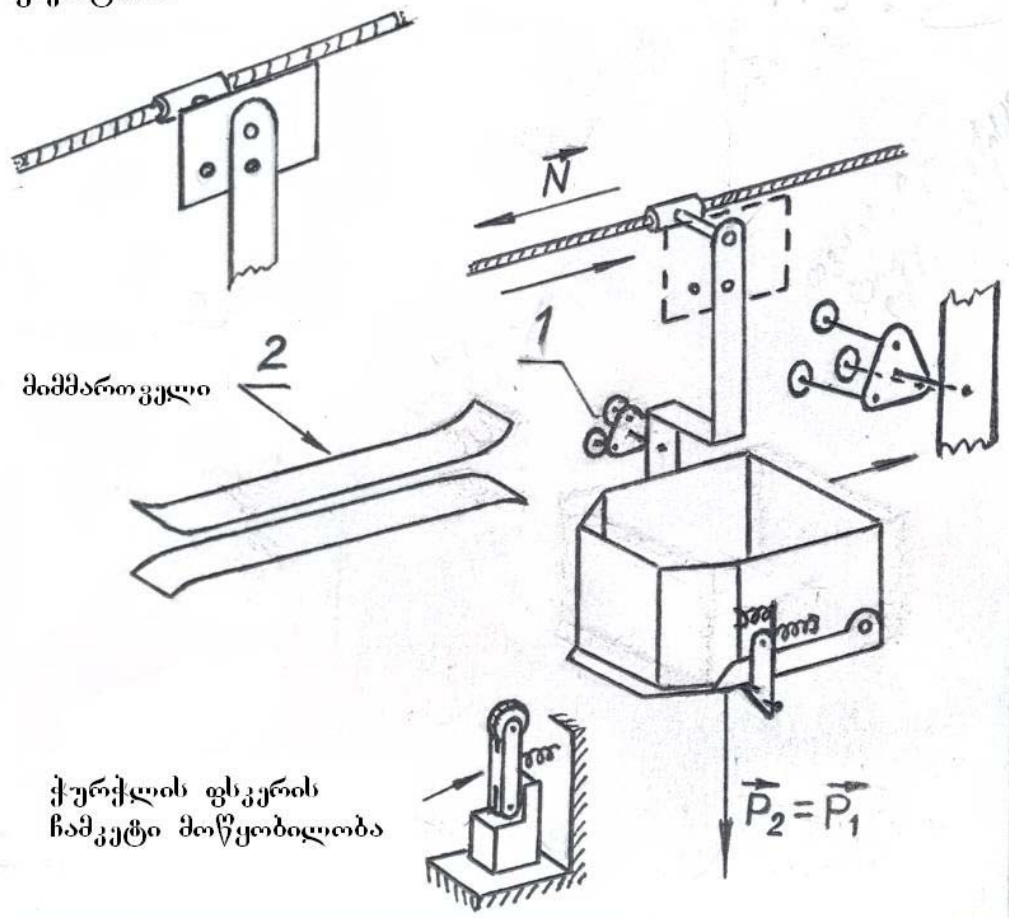
$$A_2 = A(\vec{N}) + A(\vec{P}^1) + A(\vec{P}_2),$$

სადაც, \vec{P}_2 არის ჯამის წონა, ვინაიდან \vec{P}_2 ძალა და ბაგირის წონა \vec{P}_1 - არიან მოძრაობის მიმართულების მართობული, მათ მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია, მაშასადამე მუშაობა ტოლია

$$A_2 = A(\vec{N}) = N \lambda_1, \quad (4.15)$$

სადაც λ_1 არის კორიზონტალური უბნის სიგრძე.

ფიქსატორი



ნახ. 4.3. ჭურჭლის ძირის ჩამკეტვის მოწყობილობა

ერთბაგირიანი ქანქარისებრი სინჯის მიმწოდებელი საწვეველას ბაგირზე სახსრულად დაკიდებული ჭურჭლის საშუალებით ხდება მანგანუმის სინჯის ავსება, ტრანსპორტირება და დაცლა. ჭურჭლის ფსკერი ავტომატურად იღება ხვიმირასთან მიახლოებისას ჭურჭლის ფსკერის გამღები თითით და მიმმართველის დახმარებით. მიმმართველი აფიქსირებს საკიდს, რათა გახსნის მომენტში უკან გადაიხაროს ვერტიკალური მდგომარეობიდან. ასევე, როდესაც მანგანუმისაგან დაცლილი ჭურჭელი უკან ბრუნდება დახრილი უბნიდან ჰორიზონტალურ უბანზე, ამ დროს ხდება ჭურჭლის ფსკერის ავტომატური დაკეტვა ჩამკეტი მოწყობილობით. მიმმართველი აფიქსირებს ჭურჭლის საკიდს მასზე მიმაგრებული ბორბლების საშუალებით (იხ. ნახ. 4.3 და 4.4). როდესაც მანგანუმით სავსე ჭურჭელი ჰორიზონტალური უბნიდან გადადის დახრილ

უბანზე. ინერციული ძალის ზეგავლენით იგი იწვევს რხევას ბაგირის გასწვრივ მიმართულებით, რაც აუცილებელია დროულად ჩაიხშოს. ამ მიზნით საკიდზე დამონტაჟებული რგოლები 1 შედის რა მიმართველში 2, აფიქსირებს საკიდის ვერტიკალურ მდგომარეობას გადაადგილების პროცესში.

3) განვიხილოთ დახრილ უბანზე მოქმედი ძალების მიერ შესრულებული მუშაობა. ამ უბანზე მოქმედებს ბაგირის დაჭიმულობის (\vec{N}_1) ძალა, ბაგირის სიმძიმის \vec{P}^1 ძალა, ჭურჭლის სიმძიმის \vec{P}_2 ძალა, ბაგირის დახრის კუთხე ჰორიზონტთან ავლნიშნოთ α -თი. ამ ძალების მიერ შესრულებული მუშაობა ტოლი იქნება:

$$A_3 = A(N_1) + A(\vec{P}_2) + A(\vec{P}_1);$$

$$A(\vec{N}_1) = N_1 \cdot \lambda_2, \quad A(P_2) = P_2 \lambda_2 \cdot \sin \alpha;$$

$$A(P^1) = P^1 \cdot \lambda_2 \cdot \sin \alpha.$$

ბოლოს, მუშაობა

$$A_3 = N_1 \lambda_2 + P_2 \lambda_2 \sin \alpha + P^1 \lambda_2 \sin \alpha, \quad (4.16)$$

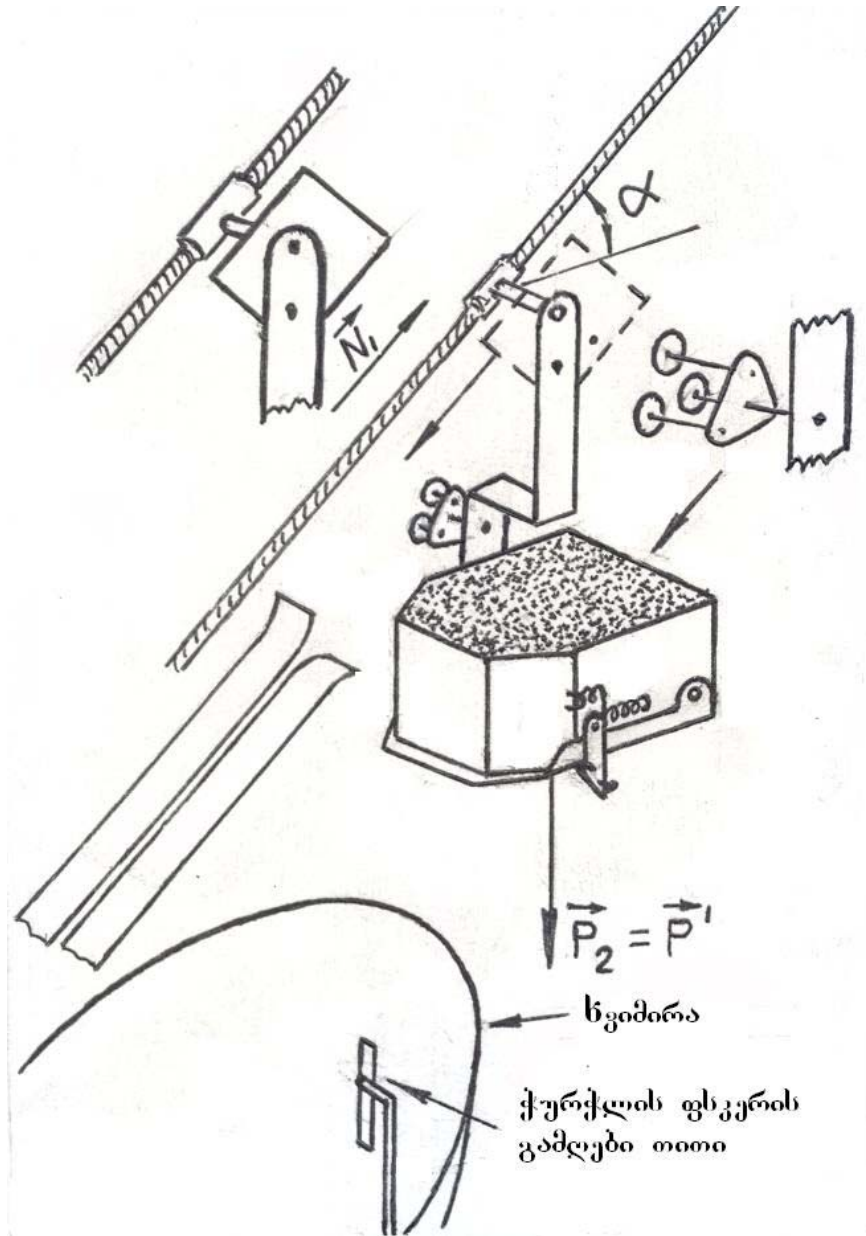
სადაც, N_1 არის ბაგირის დაჭიმულობა დახრილ უბანზე.

4) განვიხილოთ ვერტიკალურ უბანზე მოქმედი ძალების მიერ შესრულებული მუშაობა. აქ მოქმედებს დაჭიმულობის $F_{\text{დაჭ.}}^1$ ძალა, ტვირთის (საპირწონე) წონა \vec{P} და ბორბლის წონა. მუშაობას ასრულებს მხოლოდ $F_{\text{დაჭ.}}^1$ ძალა. დანარჩენი ძალების მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია. მაშასადამე, $A_4 = A(F_{\text{დაჭ.}}^1) = F_{\text{დაჭ.}} \cdot \lambda_3$; სადაც λ_3 არის ბაგირის სიგრძე ვერტიკალურ უბანზე, მთლიანი სისტემის საბოლოო მუშაობა იქნება:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = N \cdot \pi R + m_1 \varepsilon R^2 - \delta m_1 g \varphi + N \cdot \lambda_1 + N_1 \lambda_2 + P_2 \lambda_2 \sin \alpha + P^1 \lambda_2 \sin \alpha + F_{\text{დაჭ.}} \lambda_3 \quad (4.17)$$

ამის შემდეგ შევიტანოთ $T = \sum_{i=1}^n A_i$ ამ ფორმულაში მათი მნიშვნელობები

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)V_1^2 + \frac{1}{4}m_2\omega^2 \cdot i_{2x}^2 + \frac{1}{2}\omega^2 \cdot m_3R^2 + \frac{1}{2}m_4V_1^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2 = N \cdot \pi R + m_1\epsilon R^2 - \delta m_1 g \varphi + N\lambda_1 + N_1\lambda_2 + P_2\lambda_2 \sin \alpha + P_1\lambda_2 \sin \alpha + F_{\text{ფკ}} \cdot \lambda_3 \quad (4.18)$$



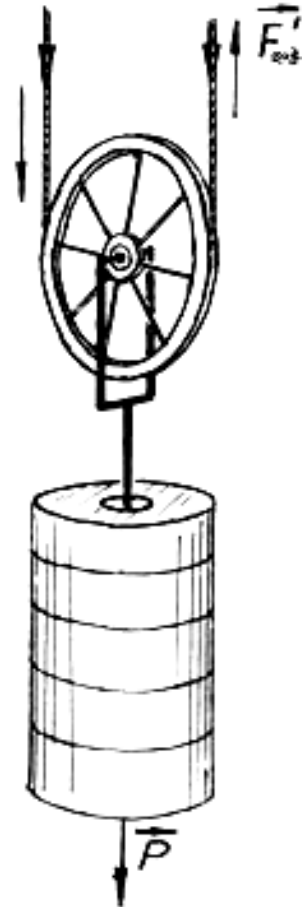
ნახ. 4.4. ჭურჭლის ძირის დამცლელი მექანიზმი

აქედან განისაზღვრება ჭურჭლის სიჩქარე V_1 .

განვსაზღვროთ დრო, რომელიც საჭიროა ამძრავის გამორთვის შემდეგ ჯამის გაჩერებამდე. ამ დროს ხდება მოძრაობის რაოდენობის ცვლილება, ამიტომ შეგვიძლია დავწეროთ

$$mV - mV_1 = Pt^* - F_{\text{გ.ბ.}} \cdot t^* - F_{\text{ინერც.}} \cdot t^*.$$

სისტემის გამორთვის შემდეგ სიხქარე $V = 0$,



ნახ. 4.5. დამჭობი მექანიზმი

ამიტომ

$$-mV_1 = Pt^* - F_{\text{გ.ბ.}} \cdot t^* - F_{\text{ინერც.}} \cdot t^*, \text{ სადაც } t^* = t_0 - t_1;$$

მაშასადამე

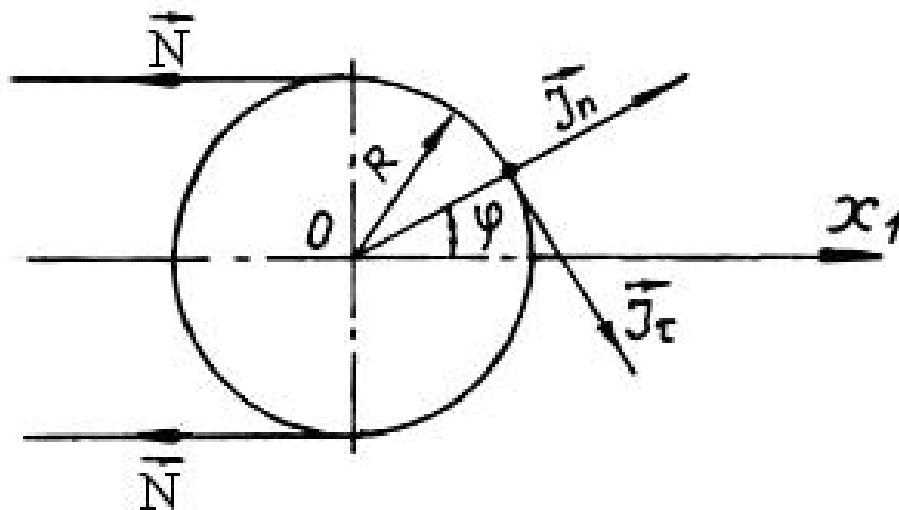
$$V_1 m = t^* (F_{\text{გ.ბ.}} - mg + F_{\text{ინერც.}}) \text{ აქედან } t^* = \frac{mV_1}{F_{\text{გ.ბ.}} - mg + F_{\text{ინერც.}}}. \quad (4.19)$$

t^* დროში S გადაადგილება შეადგენს:

$$S = V \cdot t^*. \quad (4.20)$$

ახლა განვსაზღვროთ ბაგირის დაჭიმულობის ძალა ამძრავ ბორბალზე.

განვიხილოთ მასზე მოქმედი ძალების წონასწორობა. მოქმედი ძალები დავაგეგმილოთ ox_1 ღერძზე (ნახ. 4.6). მივიღებთ წონასწორობის განტოლებას



ნახ. 4.6. ბაგირის დაჭიმულობის სქემა

$$N_{\text{დაჭ.}} + I_n \cos \varphi - I_\tau \sin \varphi - F_{\text{გ.ბ.}} = 0.$$

სადაც, $N_{\text{დაჭ.}}$ ბაგირის დაჭიმულობის ძალის სიდიდე ამძრავ ბორბალთან; I_n ნორმალური ინერციის ძალა; I_τ - მხები ინერციის ძალა; $F_{\text{გ.ბ.}}$ - გორვის ხახუნის ძალა.

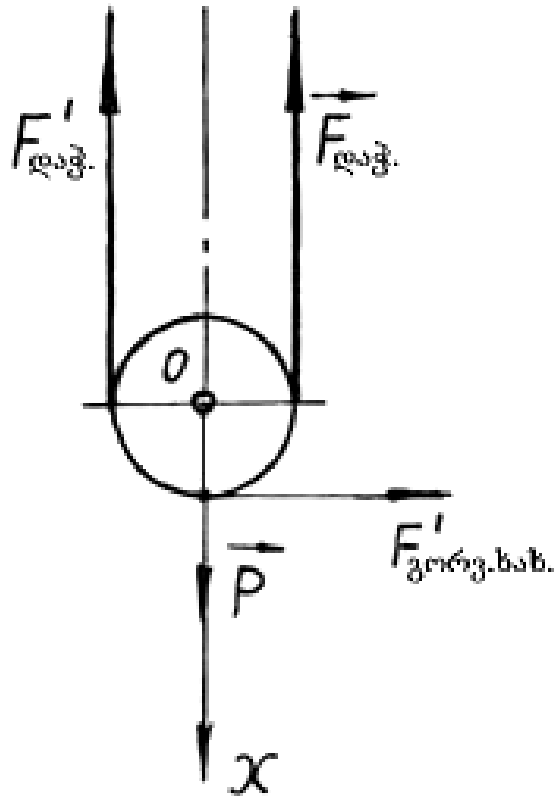
ამრიგად, დაჭიმულობის ძალის სიდიდე ტოლი იქნება

$$N_{\text{დაჭ.}} = F_{\text{გ.ბ.}} + m \left(\frac{dV}{dt} \sin \varphi - \frac{V^2}{R} \cos \varphi \right). \quad (4.21)$$

ახლა განვსაზღვროთ დამჭიმ მექანიზმზე მოდებული ბაგირის დაჭიმულობის $\vec{F}_{\text{დაჭ.}}$ ძალის სიდიდე. განვიხილოთ მასზე მოქმედი ძალთა წონასწორობა. ნახ. 4.7 - იდან მასზე მოქმედებს $\vec{F}_{\text{დაჭ.}}$ და $\vec{F}'_{\text{დაჭ.}}$ ბაგირის დაჭიმულობის ძალები, გორვის ხახუნის $F_{\text{გ.ბ.}}$ ძალა და სიმძიმის \vec{P} ძალა. ამ ძალებისაგან შევადგინოთ წონასწორობის განტოლება, რისთვისაც ისინი დავაგეგმილოთ ვერტიკალურ ox ღერძზე. მივიღებთ

$$P - F'_{\text{ლაჭ.}} - F'_{\text{ლაჭ.}} = 0 \text{ აქედან } F'_{\text{ლაჭ.}} = \frac{P}{2} \text{ ანუ } F'_{\text{ლაჭ.}} = \frac{m_1 g}{2}. \quad (4.22)$$

ამ დროს გორვის ხახუნის ძალა მართობია ox ღერძის, ამიტომ მისი გეგმილი ამ ღერძზე ნულის ტოლია.



ნახ. 4.7. დამჭიმავ მოწყობილობაზე მოქმედი ძალების სქემა

(4.17) და (4.18) გამოსახულებების შედარებისას ჩანს, რომ ბაგირის დაჭიმულობა ამძრავ ბორბალთან უფრო მეტია ვიდრე დამჭიმავ მექანიზმთან, ე.ი. $F_{\text{ლაჭ.}}^{\text{ამძ.}} > F'_{\text{ლაჭ.}}$.

გამოვთვალოთ დახრილ უბანზე ჭურჭლის მოძრაობისას ბაგირის დაჭიმულობის ძალა $F''_{\text{ლაჭ.}}$, მასზე მოქმედებს ჭურჭლის წონა P_1 , ბაგირის წონა P_2 და დაჭიმულობის $F''_{\text{ლაჭ.}}$ ძალა.

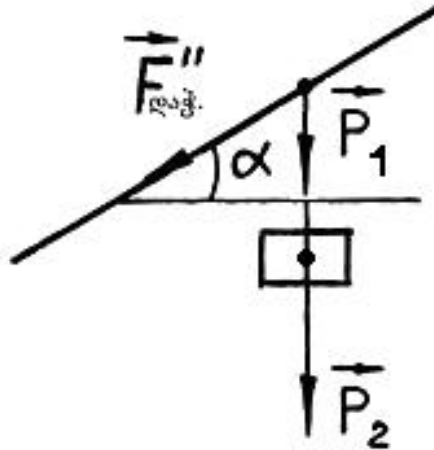
განვიხილოთ წონასწორობა და შევადგინოთ წონასწორობის განტოლება. ეს ძალები დავაგეგმილოთ ბაგირის გასწვრივ ღერძზე (ნახ. 4.8). მივიღებთ

$$F''_{\text{დაჭ.}} + P_2 \sin(90^\circ - \alpha) + P_1 \sin(90^\circ - \alpha) = 0;$$

აქედან

$$F''_{\text{დაჭ.}} = -(P_1 + P_2) \cos \alpha, \quad (4.23)$$

სადაც P_1 არის ბაგირის წონა, P_2 – ჭურჭლის წონა.



ნახ. 4.8. დახრილ უბანზე მოქმედი ძალების სქემა

(4.11), (4.12) და (4.13) ფორმულების შედარებისას ჩანს, რომ ბაგირის დაჭიმულობა უფრო მეტია ამძრავ ბორბალთან, რის შემდეგ თანდათან სუსტდება. დახრილ უბანზე შედარებით ნაკლებია, ხოლო უფრო ნაკლებია ვერტიკალურ უბანზე ანუ დამჭიმავ ბორბალთან.

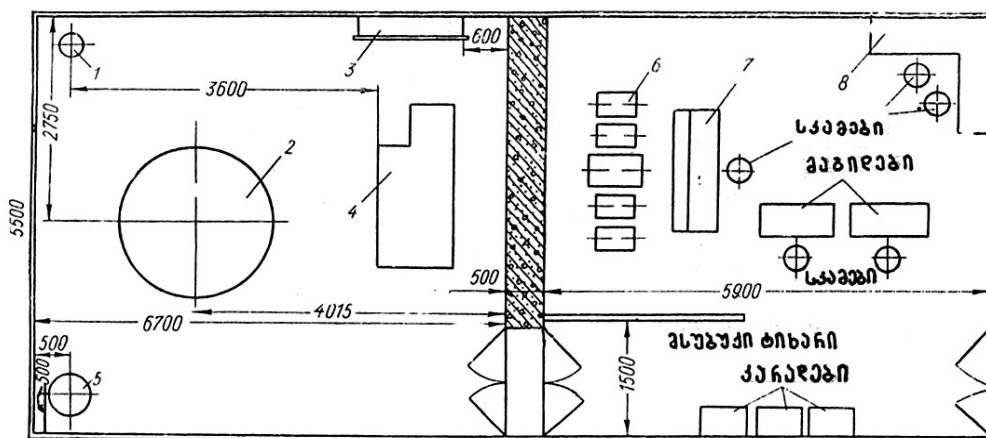
თავი V

ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის მიმწოდებელი პნევმატური ხაზების დამუშავება

5.1. ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის მიმწოდებელი პნევმატიკური ავტომატიზებული ხაზების მიმოხილვა

ამჟამად, საქართველოს ეროვნული აკადემიის ე. ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტში ნეიტრონულ „გამამრავლებელ-1-ის“ ბაზაზე ფუნქციონირებს ნეიტრონულ-აქტივაციური ლაბორატორია (ნახ. 5.1).

ნეიტრონული გამამრავლებელი მოსახერხებელია და საიმედო ექსპლუატაციისათვის თუ დაცულია მასზე მომუშავე მომსახურე პერსონალის რადიაციული უსაფრთხოება, რასაც ემსახურება ავტომატიზებული პნევმატიკური ხაზები, რის საშუალებითაც ნეიტრონულ წყაროს მიეწოდება სხვადასხვა დანიშნულებისათვის განკუთვნილი სინჯები.

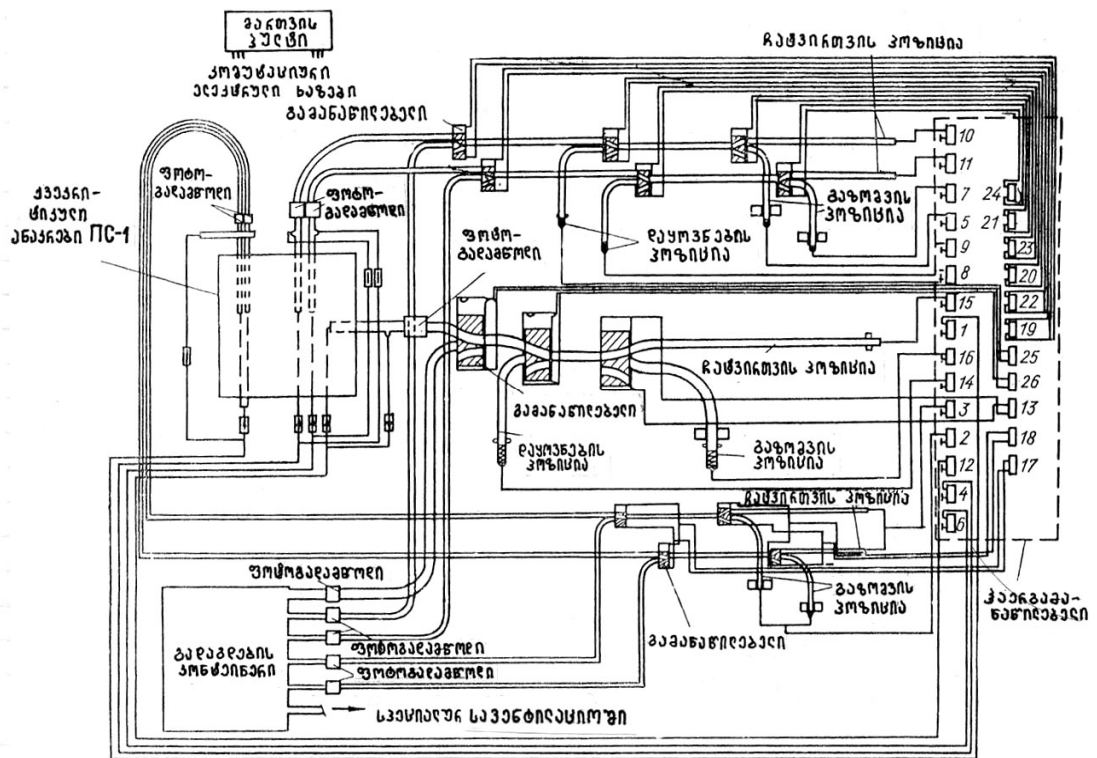


ნახ. 5.1. დანადგარ „მამრავლებელ-1“-ის აქტივაციური ანალიზის
ლაბორატორიაში განლაგების სქემა:

1 – გადაგდების კონტეინერი; 2 - ქვეკრიტიკული ანაკრები ПС-1; 3 –ჰაერმანაწილებელი; 4 - მანაწილებელი მექანიზმები; 5 - გადატვირთვის კონტეინერი; 6 - გაზომვის პოზიცია; 7 - მართვის პულტი; 8 -მარეგისტრირებელი აპარატურა

სპეციალური ავტომატიზებული პნევმატიკური საზები საშუალებას იძლევა აქტივაციურ ზონაში გაგზავნილ და უკან დაბრუნებულ იქნეს სპეციალურ კაფსულაში მოთავსებული სინჯი [34, 35, 36].

ნახ. 5.1. - ზე ნაჩვენებია აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორიის სქემა. მარცხენა ოთახში მოთავსებულ PC-1 ქვეკრიტიკულ ანაკრებში 2 ხდება სინჯის დასხივება, კომპრესორის, ჰაერმანაწილებლის 3 მართვის სქემის და საშემსრულებლო მექანიზმის 4 საშუალებით. დასხივებული სინჯი იზომება დეტექტორზე 6 მართვის პულტის მეშვეობით 7 და ფიქსირდება მარეგისტრირებელ აპარატურაზე 8.



ნახ. 5.2. აქტივაციურ ლაბორატორიაში პნევმოსატრანსპორტო სისტემის სქემა

ნახ. 5.2 - ზე ნაჩვენებია ლაბორატორიაში განლაგებული პნევმოსატრანსპორტო სისტემის სქემა. სინჯი, რომელიც წინასწარ ჩატვირთული არის კაფსულა-კონტეინერში, თავსდება სპეციალურ ჩატვირთვით უთში, საიდანაც დაწნეხილი ჰაერის საშუალებით იგზავნება დასხივებისათვის ნეიტრონულ გამამრავლებელზე. ფოტოგადამწოდის სპეციალური პროგრამის საშუალებით ხდება სინჯის დასხივების პოზიციაში

დაყოვნება, შემდეგ კი გაზომვის ოპერაციაზე გადატანა. “გამამრავლებელი – ПС -1” წარმოადგენს სპეციალურ ნეიტრონულ-აქტივაციური ანალიზის დანადგარს, სადაც ხდება სინჯების ტრანსპორტირება ორი ვერტიკალური და ერთი ჰორიზონტალური მილგაყვანილობის საშუალებით. დასხივებული სინჯის გადატანა ხდება პნევმოსისტემის საშუალებით შემნახავ (გადაგდების) კონტეინერში.

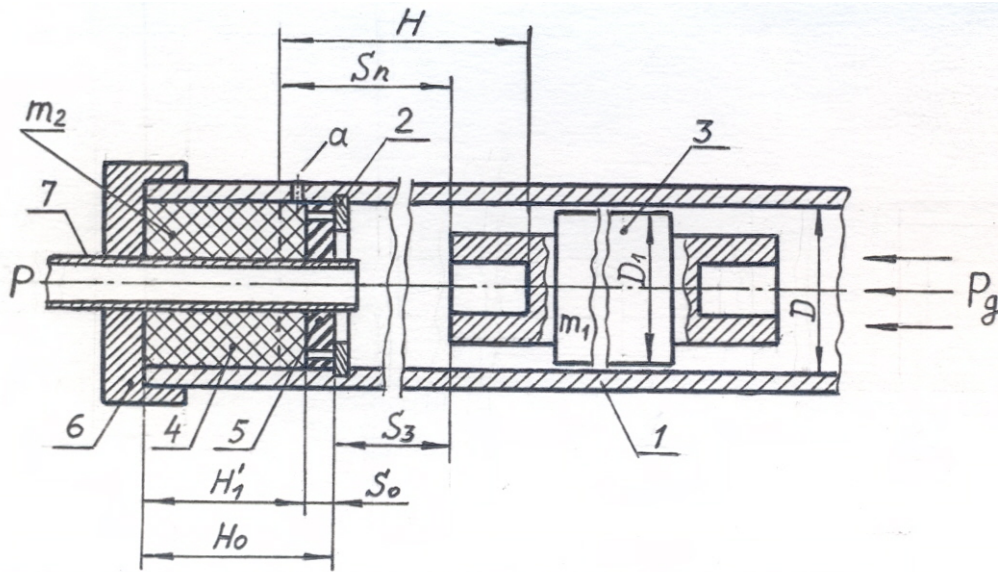
5.2. პნევმოტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის დამუხრუჭების პარამეტრების განსაზღვრა

ავტომატურ პნევმატიურ ხაზზე მიწოდებული შეკუმშული ჰაერის გამორთვის შედეგად კაპსულა (შიგ მოთავსებული სინჯით) გადაადგილება ინერციული ძალების ზეგავლენით. იმისათვის, რომ სინჯის გადაადგილების ბოლო ეტაპზე დასხივების ზონაში მოხდეს სტაბილური გაჩერება, დაგეგმარებული იყო დემფერული მოწყობილობა, რომლის პარამეტრების განსაზღვრა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, მათ შორის ინერციულ ძალებზე. ამიტომ ქვემოთ მოცემულია დემფერული მოწყობილობის პარამეტრების განსაზღვრა ინერციული ძალების გათვალისწინებით.

ნაშრომში მოყვანილია კაპსულიანი პნევმოტრანსპორტის შემადგენლობის დამუხრუჭების პარამეტრების განსაზღვრა ხახუნის გაუთვალისწინებლად, სადაც კაპსულა-კონტეინერი სატრანსპორტო მილში გადაადგილდებოდა გორგოლაჭების საშუალებით. ამ შემთხვევაში, რადგანაც ადგილი აქვს გორვის ხახუნს, მისი სიმცირის გამო, იგი არ იყო გათვალისწინებული დამუხრუჭების პარამეტრების გათვლის დროს. ჩვენს შემთხვევაში ადგილი აქვს სრიალის ხახუნს, ამიტომ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია გაანგარიშებაში სრიალის ხახუნის კოეფიციენტის გათვალისწინება [34, 36].

განვიხილოთ დემფერული მოწყობილობა (ნახ. 5.3), სადაც სატრანსპორტო მილი 1 შეკუმშული ჰაერი წნევით გადაადგილებს კაფსულა-კონტეინერს – 3-ს. ჰაერის მიწოდების შეწყვეტის შემდეგ ინერციული ძალების ზეგავლენით კაფსულა-კონტეინერი განაგრძობს მოძრაობ-

ას. კაფსულის გაჩერების სტაბილურობისათვის დემპფერის ბოლო ნაწილში მოთავსებულია რეზინის ფირფიტა – 5, რომელიც დაფიქსირებულ-



ნახ. 5.3. დემპფერი:

1 – სატრანსპორტო მილი; 2 - ზამბარული საყელური; 3 - კაფსულა-კონტეინერი; 4 - ღრუბლოვანი რეზინა (პარალონი); 5 - რეზინის ფირფიტა; 6 - სახურავი; 7 - მილი; P - კვების არხი; α - ატმოსფეროსთან დამაკავშირებელი არხი.

ია ერთი მხრიდან ზამბარული საყელური – 2, ხოლო მეორე მხრიდან ღრუბლოვანი რეზინით (პარალონი). კაფსულის რეზინის ფირფიტასთან შეხების შემდეგ, შეკუმშავს რა ღრუბლოვან რეზინას, გამოდევნის მასში მოთავსებულ ჰაერს, რომელიც ჯერ რეზინის ფირფიტის ოთხი ხვრელიდან, შემდეგ კი მილში არსებული α ხვრელის გავლით გაედინება ატმოსფეროში.

ნახაზზე 5.3 მოყვანილი სქემის მიხედვით აღვნიშნოთ კაფსულის დიამეტრი - D_1 -ით, მილის D -თი. გავითვალისწინოთ, რომ $D > D_1$, ანუ მათ შორის არსებობს ღრეჩო, რომლის საშუალებითაც ხდება ჰაერის გადინება. მანძილი კაფსულის შუბლსა და დემპფერული მოწყობილობის რეზინას 5 შორის აღვნიშნოთ S_3 -ით, ხოლო ინერციით გამოწვეული კაფსულის გადაადგილება S - ით. ჰაერის საწყისი წნევის ძალა აღვნიშნოთ P_0 -ით. მაშინ მიმდინარე პროცესში K ადიაბატურობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით შეკუმშული ჰაერის წნევის ძალა იქნება

$$P = \frac{P_0 H^K}{(H - S)^K} \quad , \quad (5.1)$$

სადაც, k არის შეკუმშული ჰაერის ადიაბატური პროცესის მასა-სიათებელი პარამეტრი-კოეფიციენტი.

აღნიშნოთ კონტეინერის მასა - m_1 -ით, სამუხრუჭო მოწყობილობის მასა - m_2 -ით, საწყისი სიჩქარე დამუხრუჭების მომენტში V_0 -ით, ხოლო დამუხრუჭების მომენტიდან რეზინის ფირფიტასთან 5 შეხებაამდე სიჩქარე V_1 -ით, H - საწყისი დაშორება დამუხრუჭების დროს, კაფსულის სიღრუესა და შეკუმშული ღრუბლოვანის ზედაპირს შორის, S_n - კაფსულის დამუხრუჭების დროს საწყისი გასავლელი მანძილი, H_1^1 - ღრუბლოვანის სისქე, $S_0 \approx H_1$ დამუხრუჭების დროს მცირე გასავლელი მანძილი, H_0 - ღრუბლოვანის და რეზინის ფირფიტის სისქე ერთად.

კინეტიკური ენერჯიის ცვლილება, გორვის ხახუნის გათვალისწინებით იქნება

$$\frac{m_1 V_0^2}{2} - \frac{m_1 V_1^2}{2} = \frac{P_o H^K}{(K-1)(H-S_1)^{K-1}} - \frac{P_o H}{K-1} - P_g S + F_{g.b.} \cdot S_1, \quad (5.2)$$

სადაც, S_1 - ინერციით გავლელი მანძილი, P_g - ჰაერის ნაკადის მიერ წარმოშობილი მამოძრავებელი ძალა; $F_{g.b.} = fmg$.

თუ გავითვალისწინებთ პლასმასის ხახუნის კოეფიციენტს f -ს, მაშინ (5.2) ფორმულა შემდეგნაირად დაიწერება

$$\frac{m_1 V_0^2}{2} - \frac{P_o H^K}{(K-1)(H-S)^{K-1}} + \frac{P_o H}{K-1} + P_g S - fm_1 g S = \frac{m_1 V_1^2}{2},$$

საიდანაც განისაზღვრება V_1 - სიჩქარე, მივიღებთ

$$V_1 = \sqrt{V_o^2 - \frac{2P_o H^K}{m_1(K-1)(H-S)^{K-1}} + \frac{2P_o H}{m_1(K-1)} + \frac{2PgS}{m_1} - 2gSf}. \quad (5.3)$$

იმისათვის, რომ გავიგოთ კონტეინერის ინერციით გადაადგილებისას მანძილი - S_1 და დამატებითი გადაადგილების ცდომილება ΔS_1 , გამოწვეული ჰაერის გადინებით, ღრეხოს ფართობი აღნიშნოთ - ω -თი. შესაბამისად ფორმულა (5.2)-ში გადაადგილება - S_1 -ს მივცეთ მცირე მნიშვნელობა S_{1i} და განვსაზღვროთ მისი შესაბამისი სიჩქარე V_{1i} (5.2.3) ფორმულის მეშვეობით, სანამ არ მივიღებთ ტოლობას $V_{1i} = V_1$. მაშინ, მანძილი S_1 -ის გავლის t_1 დრო შეგვიძლია განვსაზღვროთ ფორმულით

$$t_i = \frac{2S_{li}}{V_1(i-1) + V_{li}}, \quad (5.4)$$

P_{li} - წნევის ძალის სიდიდე სამუხრუჭო კამერაში შეესაბამება გადაადგილებას S_{li} .

სენ-ვენანის ცნობილი ფორმულით განვსაზღვროთ ღრეხოდან გადინებული ჰაერის სიჩქარე [36]:

$$V_i^* = \sqrt{2g \frac{K}{K-1} \frac{P_{li}}{\gamma} \left[1 - \left(\frac{P_o}{P_{li}} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]}, \quad (5.5)$$

სადაც, P_{li} - ცილინდრის შიგნით არსებული კუთრი წნევა; γ - არსებული ჰაერის მოცულობა ცილინდრში; g - სხეულის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება.

დამატებითი გადაადგილების ცდომილება - ΔS_{li} t_i დროში განისაზღვრება ფორმულით

$$\Delta S_{li} = \frac{4V_{ისაშ}^* \omega t_i}{\pi D_1^2}, \quad (5.6)$$

სადაც
$$V_{ისაშ}^* = \frac{V_{i-1}^* + V_{ისაშ}^*}{2}. \quad (5.7)$$

კონტეინერის მიერ გავლილი სრული გზა მოცემულ t_i დროში ტოლი იქნება $S_{li} + \Delta S_{li}$;

მთლიანი დრო $t_1 = \sum_{i=1}^n t_i$,

ხოლო სრული გზა, გავლილი t_1 დროში იქნება

$$\sum_{i=1}^n (S_{li} + \Delta S_{li}) = S_1 + \Delta S_1.$$

სარქველის გასხნისას კონტეინერის მოძრაობის განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს

$$m_1 \cdot \frac{dV}{dt} = -P_g, \quad \text{ანუ} \quad m_1 \dot{V} = \dot{F}. \quad (5.8)$$

ინტეგრირების შემდეგ მივიღებთ:

$$V_2 = V_1 - \frac{P_g}{m_1} t; \quad (5.9)$$

$$t = \frac{(V_1 - V_2)m_1}{P_g}; \quad (5.10)$$

$$S_2 = V_1 t - \frac{P_g}{m_1} \cdot \frac{t^2}{2}. \quad (5.11)$$

გამოსახულებებში, სარქველის გახსნისას კონტეინერის მოძრაობის საწყისი სიჩქარეა V_1 , ხოლო კონტეინერის საბოლოო სიჩქარეა V_2 ; S_2 - კონტეინერის არსებული გადაადგილებაა.

განვსაზღვროთ არსებული სამუხრუჭო მანძილი S_0 , დიაფრაგმის 5 და კონტეინერი 3 შუბლს შორის, კამერაში არსებული P_1 წნევის გათვალისწინებით, რისთვისაც გამოვიყენოთ ფორმულა – (5.2). საწყისი წნევა არის P_0 , ხოლო საწყისი სამუხრუჭე მანძილი (დაშორება) დიაფრაგმის 5 და კონტეინერის შუბლს შორის არის H_0 , მაშინ

$$S_0 = H_0 \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} \right].$$

შემდეგ განვსაზღვროთ დრო t_2 , სარქველის გახსნის მომენტიდან კონტეინერის დიაფრაგმასთან დაჯახების მომენტამდე, აგრეთვე დაჯახების სიჩქარე - V_2 ღრეჩოდან ჰაერის გადინების გათვალისწინებით.

ამისათვის მოვიშველიოთ ტოლობები:

$$\left. \begin{aligned} \Delta S_2 &= \frac{4V_{საშ}^* \cdot \omega t_2}{\pi D_1^2}; \\ S_2 &= V_1 \cdot t_2 - \frac{P_g}{m_1} \cdot \frac{t_2^2}{2}; \\ S_2 + \Delta S_2 &= H - (S_1 + \Delta S_1 + H_0 - S_0). \end{aligned} \right\}$$

საიდანაც t_2 -ის განსაზღვრის შემდეგ ფორმულა (5.9)-ის საშუალებით განისაზღვრება აგრეთვე V_2 . კონტეინერის დაჯახება სამუხრუჭო დიაფრაგმასთან გამოიწვევს ენერჯიის დაკარგვას და მისი სიჩქარე შემცირდება. დაჯახების შემდეგ მიღებული სიჩქარე U_0 განისაზღვრება ტოლობით

$$U_0 = \frac{m_1 V_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 V_2}{m}. \quad (5.12)$$

კონტეინერის სამუხრუჭო დიაფრაგმასთან დაჯახების დამუხრუჭება ხდება დიაფრაგმას 5 და კონტეინერის 3 წინა კედელს შორის არსებული ჰაერის შეკუმშვის დროს წარმოქმნილი წინააღმდეგობით და კონტეინერის მოძრაობისას კინეტიკური ენერჯის ცვლილება ტოლი იქნება

$$\frac{mU_0^2}{2} - \frac{mV^2}{2} = \frac{P_1 H_1^K}{(K-1)(H_1 - S_3)^{K-1}} - \frac{P_1 H_1}{K-1} - P_g S_3. \quad (5.13)$$

სადაც, V კონტეინერის მიმდინარე სიჩქარეა.

განტოლება (5.13) - დან რიცხობრივი მეთოდით შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ S_3 -ს მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება $V=0$ -ს, როცა კონტეინერის სრული სამუხრუჭო მანძილი, დამუხრუჭებიდან დაწყებული მის სრული გაჩერებამდე იქნება

$$S_n = S_1 + \Delta S_1 + S_2 + \Delta S_2 + S_3 .$$

(5.13) ფორმულიდან თუ გამოვთვლით S_3 -ს, სადაც $m = m_1 + m_2$ და აღნიშნულ ფორმულაში ჩავსვათ შერჩეულ პარამეტრებს $U_0 = 0,2$ სმ/წმ; $P_1 = 0,3$; $P_g = 1,5$; $H_1 = 0,02$ სმ; $K = 2$, მაშინ მივიღებთ:

$$\frac{2,4 \cdot 0,2^2}{2} = \frac{0,3 \cdot 0,02^2}{0,02 - S_3} - \frac{0,3 \cdot 0,02}{1} - 1,5S_3;$$

$$1,2 \cdot 0,04 = \frac{0,006}{0,02 - S_3} - 0,006 - 1,5S_3;$$

$$0,048 + 0,006 = \frac{0,006 - 1,5S_3(0,02 - S_3)}{0,02 - S_3};$$

$$0,054 \cdot (0,02 - S_3) = 0,006 - 0,3 \cdot S_3 + 1,5S_3^2;$$

$$0,00108 - 0,054S_3 - 0,006 + 0,3S_3 - 1,5S_3^2 = 0;$$

$$1,5S_3^2 - 0,246S_3 + 0,00492 = 0.$$

მიღებული კვადრატული განტოლების ამონახსნი იქნება

$$(S_3)_1 = 14 \text{ სმ.}$$

ამ კერძო რიცხობრივი მაგალითის შემთხვევაში მიღებული ორი ამონახსნიდან მეორე იმდენად მცირეა, რომ შეგვიძლია უგულებელვყოთ

და მივიღოთ მხედველობაში პირველი. სხვა რიცხობრივი მონაცემებით სხვა შედეგი იქნება. ეს დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე.

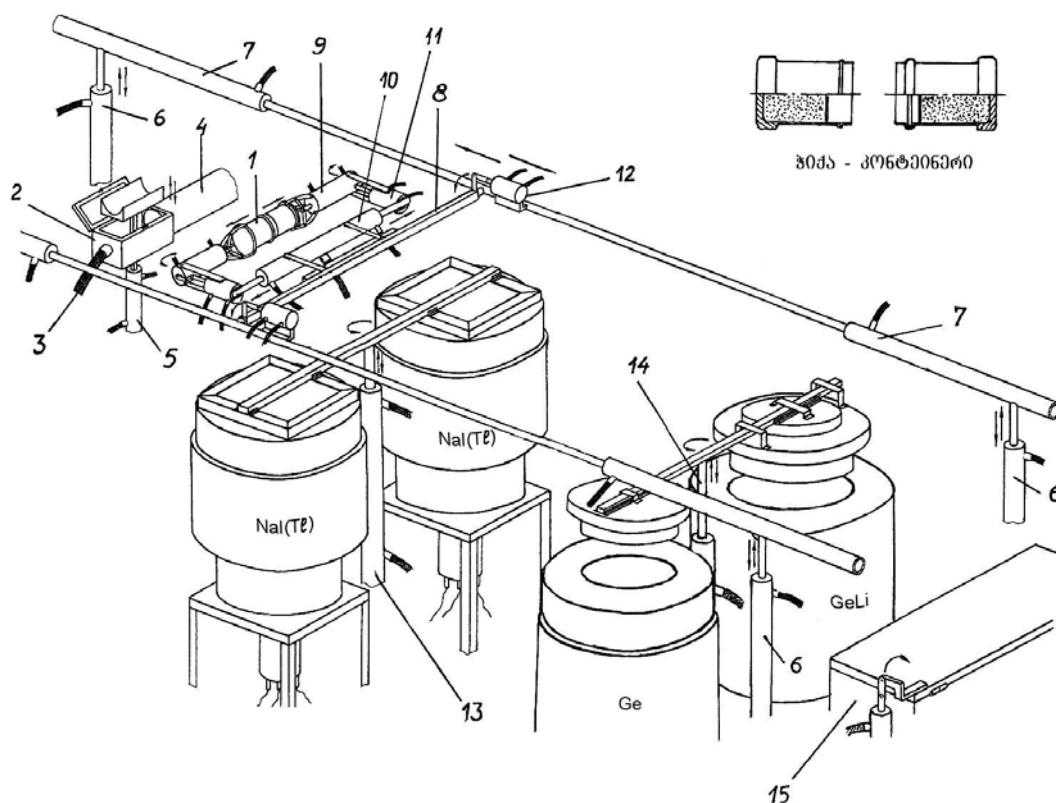
5.3. ნეიტრონულ გამრავლებელზე სინჯის ავტომატიზებული მიწოდების და უსაფრთხოების დაცვის ზოგიერთი საკითხი

სინჯის ავტომატიზებული მიწოდების და უსაფრთხოების დაცვის მიზანია დაგეგმარებული იქნეს სინჯის აქტივაციურ ზონაში მიმწოდებელი და უკან დასაბრუნებელი ავტომატიზებული ხაზების მანიპულატორებისაგან შემდგარი კომპლექსური სისტემა.

ამჟამად ფიზიკის ინსტიტუტში ფუნქციონირებს ნეიტრონულ-აქტივაციური ანალიზის ლაბორატორია, რომელიც შეიქმნა ნეიტრონული გამამრავლებლის „Размножитель-1“-ის ბაზაზე. ნეიტრონული გამამრავლებელი შედგება ქვეკრიტიკული ნაკრებისაგან PC-1, რომელიც წარმოადგენს სითბური ნეიტრონების წყაროს, პნევმოსატრანსპორტო სისტემისაგან და ნიშნების აქტიურობის მზომ კომპლექსში შედის: ტალიუმით აქტივირებული ნატრიუმ-იოდის სცინტილაციური დეტექტორები ***Nal(Tl)***. გერმანიუმ-ლითიუმის (***GeLi***) და ***Ge*** სუფთა გერმანიუმის ნახევარგამტარული დეტექტორები, აგრეთვე მრავალარხიანი ანალიზატორები ***AU – 1024*** და ***InSpector – 2000***, თავისის პროგრამული უზრუნველყოფით ***Gamma – 2000***.

გამამრავლებლის პნევმოსატრანსპორტო სისტემა არ არის მოწყობილი ისე, რომ ნახევარგამტარულ დეტექტორებზე ჩატარებული გაზომვები განვახორციელოთ აღნიშნული პნევმოსისტემის გამოყენებით. ამიტომ ექსპერიმენტის ჩასატარებლად საჭიროა სრული პროცედურა: ნიმუშის დასხივების მიზნით მისი მოთავსება დეტექტორზე, დასხივების შედეგად წარმოქმნილი მეორადი გამოსხივების გაზომვისათვის და გაზომვის შემდგომ ნიმუშის გადატანა შესანახ კონტეინერში, რაც ამჟამად ხელით ხორციელდება. ამრიგად, ლაბორატორიის წინაშე დასმული ანალიტიკური ამოცანების შესასრულებლად საჭირო პროცედურების განხორციელება მოითხოვს დასხივებულ ნიმუშებთან უშუალო კონტაქტს, რაც, რა თქმა უნდა, არასასურველია. აღნიშნული გარემოების გამოს

წორებისა და ჩატარებული სამუშაოების უსაფრთხოების გაზრდის მიზნით შემოთავაზებული იქნა სინჯის აქტივაციურ ზონაში მიმწოდებელი და უკან დასაბრუნებელი ავტომატური ხაზები - კომპლექსური სისტემა, რაც ექსპერიმენტის ჩატარებისას, გარდა უსაფრთხოებისა, საშუალებას მოგვცემს, ზუსტად იქნეს დაცული ყოველი კონკრეტული ამოცანის გადასაწყვეტად შერჩეული დროითი რეჟიმები, რაც კიდევ უფრო გაზრდის ჩატარებული გაზომვების სიზუსტეს.



ნახ. 5.4. პნევმატიკური ტრანსპორტის სქემა:

- 1 – ჭიქა-კონტეინერი; 2 – მიმღები და გამწეები კოლოფი; 3 – შეკუმშული ჰაერის მილი; 4 – კონტეინერის მილგაყვანილობა; 5, 6 – ვერტიკალური პნევმო დგუში; 7 – ჰორიზონტალური პნევმო დგუში; 8 – კონტეინერის ჩარჩო; 9 – დამჭერი თითები; 10 – ჭიქის გამსხნელი; 11 – მკლავები; 12 – შემობრუნების პნევმო დგუში; 13, 14 – სახურავის გამღები პნევმო დგუში; 15 – შენახვის კონტეინერი

ნახაზ-ზე 5.4 განხილულია სინჯის მიმწოდებელი კომპლექსური სისტემა, სადაც პლასტმასის კაფსულა-კონტეინერის ერთ ნაწილში თავსდება ცელოფანში შეხვეული სინჯი, ხოლო მეორეში ცელოფანში შეხვეული ეტალონი. კონტეინერის ორი ცილინდრული ჭიქა ერთმანეთთან

შეერთებულია ჩამკეტი ნაზოლით. კონტეინერი 1 იღება მიმღებ კოლოფში 2, რომელსაც ეხურება სახურავი. სახურავი იკეტება ავტომატური შიგა ჩამკეტით, კოლოფს მიეწოდება შეკუმშული ჰაერი მილით 3 და პნევმოდგუშის დახმარებით მიღვაყვანილობით 4 იგზავნება გამამრავლებელზე 1 დასასხივებლად. გარკვეული დროის შემდეგ დასხივებული სინჯი-კონტეინერი, იგივე ჭიქა-კონტეინერი, უკან ბრუნდება მიმღებ კოლოფში, შემდეგ ჩაირთვება დგუში 5 და თაროზე დადებული სინჯი-კონტეინერი მიაწვება შიგა ჩამკეტს და სახურავი იხსნება. ჩაირთვება კომპლექსური ავტომატური სისტემის შეუულად განლაგებული პნევმო-დგუში 6 და ასწვევს სისტემას განსაზღვრულ სიმაღლეზე, რის შემდეგ ჩაირთვება ჰორიზონტალურად განლაგებული პნევმო-დგუში 7, რაც გადაადგილებს სისტემას სინჯი-კონტეინერის ასაღებად. კონტეინერზე 8 დამონტაჟებული დამჭერი თითები 9, კონტეინერის გამხსნელი 10 და მკლავების 11 საშუალებით ხდება ორი ნაწილისაგან შემდგარი კონტეინერის დაშორიშორება.

დასმული ამოცანის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, უმჯობესია გაზომვების ჩატარება $Nal(Tf)$ სცინტილაციური დეტექტორების გამოყენებით რომლებიც ამ შემთხვევაში ძალიან მაღალი ეფექტურობით გამოირჩევიან.

პნევმო-დგუში 7 საშუალებით გადაადგილდება $Nal(Tf)$ დეტექტორებისაკენ, ჩაირთვება პნევმო-დგუში 12 მკლავები, მობრუნდება შეუულ მდგომარეობაში. ამავე დროს დგუშის 13 საშუალებით იხსნება $Nal(Tf)$ დეტექტორების სახურავები და დეტექტორები მზად არიან სინჯი-კონტეინერების მისაღებად, ხოლო დგუშის 6 საშუალებით ავტომატური კომპლექსური სისტემის დაბლა დაწვევით ხდება კონტეინერის მთვლელის ზედაპირზე დადება. ზემოთ აღნიშნული დგუშები 6,9,10,11 საწვეის მდგომარეობაში დაბრუნდება, ხოლო დგუშის 13 საშუალებით სახურავის დაფარება და არსებული სპეციალური პროგრამების საშუალებით სინჯის მონაცემების დამუშავება, შემდეგ ისევ ჩაირთვება პნევმო-დგუში 13, რომელიც ზემოთ ასწვევს მთვლელების სახურავებს, შემობრუნდება 90⁰-ით დგუშის ღერძის გარშემო. შემობრუნებული მიმდევრობით ჩაირთვება კომპლექსური სისტემის დგუშები, ამოიღებს სინჯი-კონ-

ტენერს მოვლელებიდან და დგუშების 6, 7 დახმარებით გადაიტანს გაზომილ ნიმუშებს შესანახ კონტეინერზე 15.

მრავალ ელემენტთან ანალიტიკური ამოცანების გადაწყვეტისას სინჯის გაზომვებს ატარებენ მაღალი გარჩევითობის მქონე ნახევარგამტარული დეტექტორების გამოყენებით, რომლის გაზომვის შედეგები აისახება კომპიუტერის მონიტორზე. მაშინ კომპლექსური სისტემა გადაადგილდება **Field** და **Fix** ნახევარგამტარულ დეტექტორებზე და სისტემის პნევმოდგუშები ასრულებენ ანალოგიურ რეჟიმში მუშაობას, როგორც წინა აღწერილ შემთხვევაში.

ამჟამად ლაბორატორიაში მომუშავე პერსონალს, ძველი სისტემის უმოქმედობის გამო, ხელთ უხდებათ ნიმუშების გადაადგილება, რაც იწვევს პერსონალის მიმართ უსაფრთხოების ტექნიკის უხეშ დარღვევას. ამიტომ დღის წესრიგში დადგა აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტა კომპლექსური სისტემის საშუალებით.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული სინჯის აქტივაციურ ზონაში მიმწოდებელი და უკან დასაბრუნებელი ავტომატიზებული ხაზების კომპლექსური სისტემის დაგეგმარების შედეგად მოხდება აქტივაციურ ლაბორატორიაში მომუშავე პერსონალის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, რასაც ანხორციელებს მანიპულატორებისაგან შემდგარი კომპლექსური სისტემა.

დასკვნა

სადისერტაციო ნაშრომი მიზნად ისახავდა მანგანუმის გადამამუშავებელი მრეწველობის ფაბრიკების აქტივაციურ ლაბორატორიებისათვის ავტომატიზებული სინჯის მიმწოდებელი სისტემების შექმნას. ამასთან დაკავშირებით ჩატარდა თეორიული, ექსპერიმენტული და საკონსტრუქტორო სამუშაოები, რომელთა ძირითადი შედეგების შედეგად შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი ძირითადი დასკვნები:

1. სინჯის მიმწოდებელი ავტომატიზებული სისტემის ძირითადი პარამეტრების შემუშავებისათვის განსაზღვრულია სინჯის ოპტიმალური წარმომადგენლობითი მასა და ანალიზისათვის საჭირო მინიმალური დრო.
2. შესწავლილია მანგანუმის გრავიტაციული გამდიდრების ძირითადი მახასიათებელი პარამეტრების (მანგანუმის კონცენტრაცია მადანში, ჰაერის წნევის, წყლის ხარჯის, დატვირთვის, რხევების სიხშირის და ა.შ.) ურთიერთდამოკიდებულება და მათი რეგულირების შესაძლებლობა.
3. ჭიათურის ცენტრალურ №2 მამდიდრებელ ფაბრიკაში შექმნილი და დანერგილია გრავიტაციული ტექნოლოგიის მართვის ავტომატური სისტემა, რომელიც შეიცავდა ტექნოლოგიური ხაზიდან სინჯის ავტომატური მოკვეთის მოწყობილობას, სინჯების ტრანსპორტირებას აქტივაციურ ლაბორატორიაში და ლაბორატორიაში მიღებული ინფორმაციას გადასცემს დანიშნულების ადგილზე.
4. დამუშავებულია ერთბაგირიანი ქანქარისებრი სინჯის მიმწოდებელი ახალი ხაზი, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს სინჯის მიწოდების არსებულ სქემას.
5. მომსახურე პერსონალის უსაფრთხოების მიზნით ფიზიკის ინსტიტუტის ნეიტრონული გამამრავლებელზე შემუშავებულია პნევმატიკური სინჯის მიწოდების ავტომატიზებული სისტემის სრულყოფის სამუშაოები.
6. სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებული მეთოდები და სინჯის მიმწოდებელი ავტომატური ხაზების კონსტრუქციული ვარიანტები შეიძლება გამოყენებული იყოს არა მარტო

მანგანუმის მადნის მამდიდრებელ სხვა ანალოგიურ ფაბრიკებში,
არამედ სხვადასხვა მადნების გადამუშავებისას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Кошарский Б. Д., Симковский А. Я., Красномовец А. В., Рабинович Г. А., Сусский Е. П., Кошарский В. Б., Карелии М. Б. Автоматизация управления обогатительными фабриками. Под редакции Б. Д. Кошарского и А. Я. Симковского. М., Недра, 1977. с. 22-24.
2. Барский Л. А., Козин В.З. Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. М., Недра, 1978. с. 486.
3. Барский Л.А., Плаксин И. М. Критерии оптимизации разделительных процессов. М., Недра, 1967, с. 118.
4. Белоприлецкий В.И. Об эффективности процессов обогащения //Известия ВУЗ-ов. М., Горный Журнал, №5. 1982. с. 110-117.
5. Буцхрикидзе Г.Д. Модель влияния управляющей величины на показатели технологического процесса обогащений. Научные Труды ГПИ. Горная электроника и автоматика. Тб., 1980. №9 (23). ст. 5 -10.
6. Буцхрикидзе Г.Д. К теории экстремальных зависимостей процессов обогащения с точки зрения управления. Сборник докладов международной конференции по горной автоматике «УСАМС». Острава, ЧССР, 1977. с. 88-96.
7. Сорокер Л.В., Куликова А.М. К вопросу определения оптимальных показателей обогащения руд. Известия ВУЗ-ов. Горный журнал, №6, М., 1975. с. 17-176.
8. Зуянов Г.Г., Мелких В.И. Критерий оптимизации для флотации углей. Известия ВУЗ-ов, Горный журнал, №8, М., 1979. с. 170-174.
9. Тихонов О.Н. Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках. Учебник для ВУЗ-ов М., Недра, 1985ю с.272.
10. Дукельский А.И.. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. «Машиностроение», М., - Л., 1966. с. 15 – 45.

11. კ. ბარამიძე, ი. კოგანი სამგზავრო კიდული საბავირო გზები. გამბა “განათლება”, თბილისი, 1969. გვ. 9 – 18.
12. Юричев Е.И., Аветиков Б.Г., Корыков О.Б., Андрианов Ю.Д., Королев В.А., Савин В.Г. Устройство промышленных роботов. Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. 333 с.
13. Элементные и устройства пневмоавтоматики высокого давления. Каталог НИИмаш, М., 1978. с. 20-42.
14. Гурьев В.П., Погорелов В.И. Гидравлические объемные передачи. М., - Л., Машгиз, 1964.
15. Джагаров А.Г., Чхаидзе Р.Ш. Автоматизация процесса изменения проб облученных на нейтронном размножителей, нейтронно-активационный анализ и его применение в народном хозяйстве. Тб., Мецниереба, 1989. с. 77 – 85.
16. Полькин С.И., Адамов Э.В., Обогащение руд цветных металлов. Недра, М., 1983. с. 40 – 65.
17. Атомная энергия, т. 36, вып. 3, М., 1974. с. 235.
18. Гвахария В.В., Киркесали Е.К., Дзеджелავა И.Г., Гергаული И.В., Гецадзе Т.С., Кобидзе Н.А., Чаквадзе Г.Г. Физические основы нейтронно-активационного анализа проб большого объема. Сб. Нейтронно-активационный анализ и его применение в народном хозяйстве. Вып.1, Мецниереба, Тбилиси, 1980. с. 5-45.
19. Шарабидзе Т.И., Гвахария В.В., Киркесали Е.И., Кокаия Т.И. Определение оптимальных параметров пробооборота для марганцевых руд и продуктов обогащения. Научные труды ГПИ, Горная автомвтика и электромеханика. №2(231). Тбилиси, 1987. с. 77-79.
20. Локов М.Ф. Опробование на обогатительных фабриках. ГосГорТех. Издат. М., 1961. с. 276.

21. Кокаия Т.И., Шарабидзе Т.И., Вардпатрикян В.А. Сравнительная оценка точности сокращения продуктов обогащения марганца. Марганец-реферативный сборник, Тбилиси, 1988. с. 8-13.
22. Козин В. З. Выбор оптимальных значений качества концентрата для параллельно работающих обогатительных аппаратов. Известия ВУЗ-ов. Горный журнал, №5, М., 1971. с. 178-181.
23. Авалиани М. Г. Пероксидные марганцевые руды Чиатурского месторождения (геология, минералогия, генезис). ТГУ, Тбилиси, 1987. с. 38.
24. Краснов Д.А. Теоретические основы и расчетные формулы определения веса проб. Недра, М., 1969. с. 124.
25. Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. Наука, Ленинградская отделение. 1976. с. 78.
26. თ. შარაბიძე მანგანუმის შემწვოთების პერიოდის ცვალებადობის პროგნოზირება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით. თბილისი: სტუ. უწყვეტ ტანთა მექანიკის პრობლემებზე საერთაშორისო სიმპოზიუმების თეზისები. თბილისი, 1997. გვ. 88.
27. თ. შარაბიძე, თ. კოკაია მანგანუმის სინჯის დაცლის მექანიზმების გაანგარიშების მეთოდები. სტუ-ს შრომები. №2(426), თბილისი, 2000. გვ. 74-79.
28. თ. შარაბიძე, თ. კოკაია მანგანუმის ნედლი მასალის სინჯის დაცლა ჭურჭლის ფსკერის შემობრუნებით. თბილისი: სტუ-ს შრომები, №2 (433) თბილისი, 2001
29. თ. კოკაია ბაგირული ტიპის სინჯის მიმწოდებელი ავტომატური ხაზის დინამიკური კვლევა. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა., N3. თბილისი, 2007. გვ. 46-52.
30. თ. შარაბიძე, თ. კოკაია, შ. ობგაიძე მანგანუმის სინჯის სატრანსპორტო ხაზების ავტომატური მართვა. სტუ-ს შრომები, №2(430), თბილისი, 2000. გვ. 104-108.

31. Джавахишвили Т. Л., Песвианидзе Д. А. Исследование динамических сил при торможении ПКД. Труды ГТУ. №1(406), Тбилиси, 1995. с. 50-56.
32. T. Javakhishvili Mathematical model of finite dimensionality of a ropeway as a control object. Trans. GTU, 2003. #3(449), pp. 65-68.
33. თ. შარაბიძე, თ. კოკაია, შ. მანასაშვილი ნეიტრონულ გამამრავლებლებზე პნევმოტრანსპორტის შემადგენლობის დამუხრუჭების პარამეტრების განსაზღვრა. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა. №3, თბილისი, 2007. გვ. 64-70.
34. თ. შარაბიძე, თ. კოკაია ნეიტრონულ გამამრავლებელზე სინჯის მიმწოდებელი პნევმატიკური ავტომატური საზების დინამიკური მახასიათებლების გაუმჯობესების საკითხი. საქართველოს ნავთობი და გაზი, თბილისი. №21. თბილისი, 2007, №21, გვ. 123.
35. Джавахишвили О.И., Бархатов И.И., Мегрелишвили К. Я., Соселия А.А., Имнадзе П.М. Продуктивный стенд «Размножитель-1» в задачах нейтронно-активационного анализа на Маднеульском горнообогатительном комбинате. Нейтронно-активационный анализ и его применение в народном хозяйстве. Мецниереба, Тбилиси, 1987. с. 63-89.
36. Кахетелидзе Т.В., Джanelидзе В.В. Определение параметров торможения состав капсульного пневмоустройства. Труды ГПИ, №4 (193), Тбилиси