

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ჩიტორელიძე ირმა რევაზის ასული

კომბინირებული ნართის მიღების ტექნოლოგიური პროცესების დამუშავება

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის
სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დისერტაცია

სპეციალობა 05.19.03 - საფეიქრო მასალების ტექნოლოგია

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ემირ ბაკურაძე

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
სრული პროფესორი

კონსულტანტი: მაყვალა გოგოლაძე

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი,
ასოცირებული პროფესორი

ქუთაისი

2006

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი.

1. სართავ-საგრებ მანქანაზე ნართის მიღების ტექნოლოგიის სრულყოფის და ძირითადი მიმართულებების ანალიზი.
2. პნევმომექანიკურ სართავ-საგრებ მოწყობილობაში კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესის თეორიული ანალიზი.
 - 2.1 . სართავ-საგრები მოწყობილობის გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრა.
 - 2.2. სართავ-საგრებ მოწყობილობის მატრანსპორტირებელ არხში ძაფის ფორმისა და დაჭიმულობის განსაზღვრა.**
3. პნევმომექანიკურ სართავ-საგრებ მოწყობილობაში კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესის ექსპერიმენტალური გამოკვლევა.
 - 3.1 ძაფის გეომეტრიული პარამეტრების ცვლილების გავლენა ნართის დაჭიმულობაზე.
 - 3.2 ნართის ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა ზედაპირზე მოძრაობისას.
 - 3.3 კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესის გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრა.⁴⁸
 - 3.4 ფაქტორების შერჩევა და გამომავალი პარამეტრების კვლევა.
 - 3.5 ექსპერიმენტის დაგეგმვა და რეალიზაცია.
 - 3.6 ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზი.
 - 3.7 კომბინირებული ნართის სტრუქტურის კვლევა.
4. მექანიკურ სართავ-საგრებ მოწყობილობაში კომბინირებული ძაფის მიღება.
 - 4.1 სართავ-საგრებ მანქანაზე კომბინირებული სტრუქტურის საპროექტო თვისებების ძაფების ფორმირება.
 - 4.2. ლენტის დამზადება მეტროს ესკალატორის სახელურისათვის. ძირითადი დასკვნები.
ლიტერატურა.
დანართი.
ტექნიკო-ეკონომიკური ეფექტურობის ანგარიში.

შესავალი

თემის აქტუალობა. საფეიქრო მრეწველობის პერსპექტივები ძირითადად დამოკიდებულია ახალი სახის და თვისებების ნედლეულის შექმნაზე, არსებულის თვისებების გაუმჯობესებაზე, ახალი ტექნოლოგიების ძიებასა და დანერგვაზე. აღნიშნული მიმართულებით მსოფლიო მასშტაბით მრავალი საწარმოო და საკვლევ-სამეცნიერო ხასიათის მუშაობა მიმდინარეობს.

სამრეწველო სფეროში ყოველი ახალი სახის ნედლეულის და მასალის შექმნა რევოლუციურ გარდაქმნებს იწვევს მრეწველობის და ტექნიკის მრავალ დარგში. ამიტომ ამ მიმართულებით დადებით შედეგებს მთლიანად დარგისათვის მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ტექნიკური დანიშნულების საფეიქრო მასალების პროექტირება და გამომუშავება უნდა მოხდეს ნედლეულის წინასწარ განსაზღვრული თვისებრივი მახასიათებლების მიხედვით, განსაკუთრებით საფეიქრო ფუძეზე დამზადებული კომპოზიციური მასლების წარმოებისას.

ამ მასალების გამოყენების სფერო კი, მათი უნიკალური თვისებების გამო, მოიცავს მრეწველობის და ტექნიკის ნებისმიერ დარგს, ბავშვთა სათამაშოებით დაწყებული, კოსმოსურ ტექნიკაში გამოყენებული მასალების ჩათვლით.

ზემოხსენებულიდან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომის თემა: „კომბინირებული ნართის მიღების ტექნოლოგიური პროცესების დამუშავება“, რომელიც ეძღვნება ახალი თვისებების მქონე შალის, ბამბის და ხელოვნური ბოჭკოსაგან კონკრეტული მიზნებისათვის გამოსაყენებელი კომბინირებული ნართის და ძაფების მიღებას საფეიქრო მრეწველობის სხვადასხვა სახის დანადგარებზე, მეტად აქტუალურ სამუშაოდ უნდა ჩაითვალოს.

კვლევის საგანს და პრობლემატიკას წარმოადგენს ნაშრომში მოდიფიცირებულ პნევმომექანიკურ და მექანიკურ სართავ-საგრეხ მანქანაზე კომბინირებული ნართის და ძაფის მიღების ხერხების ტექნიკური და ტექნოლოგიური სრულყოფის საშუალებები და მეთოდები, რაც განსაკუთრებით აქტუალურია ტექნიკური დანიშნულების საფეიქრო მასალის გამომუშავებისას. პნევმომექანიკური სართავ-საგრეხი მანქანის დაპროექტებისას გასათვალისწინებელი თეორიული საკითხები, როგორცაა ტექნოლოგიური პირობების გათვალისწინებით, პნევმომექანიკური სართავი მანქანის,

ლენტის ბოჭკოვან ნაკადად მაფორმირებელი კამერის გეომეტრიული პარამეტრების დაპროექტება.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. სამუშაოს მიზანია პნევმომექანიკურ და მექანიკურ სართავ-საგრებ მანქანებზე ახალი ტექნოლოგიებით, ბუნებრივი და ხელოვნური ბოჭკოების გამოყენებით, ახალი სტრუქტურის და შემადგენლობის კომბინირებული ძაფების ფორმირება, ფიზიკურ-მექანიკური, სამომხმარებლო და საექსპლუატაციო თვისებების გაზრდა, მათი გამოყენებით საყოფაცხოვრებო და ტექნიკური დანიშნულების სხვადასხვა სახის საფეიქრო მასალის გამომუშავებისათვის რეკომენდაციების დამუშავება.

სამუშაოს ძირითად ამოცანას წარმოადგენს, მოდერნიზირებულ სხვადასხვა სახის საფეიქრო დანადგარებზე ახალი ტექნოლოგიების დამუშავება-გამოყენება, რისთვისაც საჭიროა:

- პნევმომექანიკურ და მექანიკურ სართავ-საგრებ მანქანაზე კომბინირებული ნართის და ძაფის მიღების შესაძლებლობის კვლევა;
- შალის, ბამბის, ხელოვნური ბოჭკოს, სპანდექსის - რეზინის ძაფების, ნართის და ძაფების გამოყენებით ახალი სტრუქტურის კომბინირებული ნართის და ძაფების მიღების შესაძლებლობის მეცნიერულ-თეორიული დასაბუთება;
- კომბინირებული ნართის და ძაფის დაჭიმულობის ტექნოლოგიურად ოპტიმალური მნიშვნელობის მისაღწევად პნევმომექანიკურ სართავ-საგრებ მანქანაზე ბოჭკოს მატრანსპორტირებელი არხის და ნართმაფორმირებელი ძაბრის ურთიერთგანლაგების შერჩევა;
- კომბინირებული ნართის ფორმირებისას დაჭიმულობის და წყვეტიანობის შესამცირებლად ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრის მეთოდის გამოყენება და ნართის გამოშვების სიჩქარის შერჩევა;
- ახალი სტრუქტურის კომბინირებული ძაფების გამომუშავებისას მათი გარსის მაფორმირებელი მოწყობილობის კვანძის შექმნა;
- კომბინირებული ნართის და ძაფის გამოყენებით საფეიქრო მასალების გამომუშავება.

კვლევის მეთოდები. ჩვენს მიერ დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებული იქნა მათემატიკური მოდელირების, ოპტიმიზაციისა და გამოყენებითი

მექანიკის მეთოდები, ელექტროტენზომეტრიის და საფეიქრო აეროდინამიკის და დართვის მეთოდები.

ნართის და ძაფების სტრუქტურის და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევისათვის გამოყენებული იქნა მოწყობილობა OMCT, უსტერის ხელსაწყოები, TY-1M ოსცილოგრაფები, ტენზოგამამლიერებელი YT4-1.

ექსპერიმენტული მონაცემების დასამუშავებლად გამოყენებული იყო ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები. ექსპერიმენტული მონაცემები დამუშავებული იქნა კომპიუტერზე მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით.

კვლევის ობიექტებს წარმოადგენს კომბინირებული ნართის და ძაფების ფორმირების პროცესი და მათგან მიღებული ახალი სტრუქტურის საფეიქრო ნაწარმი, კერძოდ ქსოვილები და მათ ბაზაზე მიღებული კომპოზიტები.

მეცნიერული სიახლე.

- პნევმომექანიკურ და მექანიკურ სართავ-საგრებ მანქანაზე კომბინირებული ჰიბრიდული და ერთგვაროვანი ძაფის და ნართის ფორმირების ტექნოლოგია;
- გამომუშავებულია ტექნიკური დანიშნულების საფეიქრო მასალები (ქსოვილი ესკალტორის სახელურებისათვის და სხვა) ახალი სტრუქტურის კომბინირებული ნართის და ძაფისაგან;
- გამოკვლეულია ღერძულ და გარსულ სტრუქტურის ახალი ძაფებისგან გამომუშავებული ქსოვილის ადჰეზიური თვისებები, სპანდექსის გამოყენებით;
- შემოთავაზებულია ნართის მოძრაობისას ხახუნის კოეფიციენტის განსაღვრის ახალი მეთოდი;
- დამუშავებულია მაღალი სიმტკიცის ხარისხიანი ძაფის მიღების ახალი ტექნოლოგია, რომელშიც გამოყენებულია 15 პროცენტამდე კაპრონის ბოჭკო და ნატურალური უხეში შალის ბოჭკო სავარცხნ მანქანის ანავარცხნთან ერთად.
- მიღწეულია მანქანების მწარმოებლობის ამაღლება.

დაცვაზე გამოტანილი დებულებები:

- შალის, ბამბის, ხელოვნური ბოჭკოების და სპანდექსის გამოყენებით ახალი სტრუქტურის კომბინირებული ნართის და ძაფების გამომუშავების მეთოდები;
- ახალი სტრუქტურის ნედლეულის თვისებების კვლევის შედეგები;
- ახალი სტრუქტურის ნედლეულის გამოყენებით გამომუშავებული საფეიქრო მასალების თვისებების კვლევის შედეგები;
- ახალი სტრუქტურის ნედლეულის მიღების ტექნოლოგიების მათემატიკური მოდელები;
- ახალი ტექნოლოგიების დანერგვის სამეცნიერო და ტექნიკო-ეკონომიკური შედეგები;
- კომბინირებული ერთგვაროვანი და ჰიბრიდული ძაფების გამომუშავებისათვის პნევმომექანიკურ და მექანიკური სართავ-საგრები მანქანის კვანძების მოდერნიზება.

სამუშაოს შედეგების საიმედოობა და დასაბუთება. ნაშრომში წარმოდგენილი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების საიმედოობას უზრუნველყოფს კვლევის პროცესში თანამედროვე მეთოდების, დანადგარების და მოწყობილობების გამოყენება. მიღებული შედეგები არ ეწინააღმდეგება მსოფლიო მასშტაბით საფეიქრო მრეწველობის ტექნოლოგიაში არსებულ თეორიულ საფუძვლებს და დებულებებს. ახალი ტექნოლოგიების დამუშავება და მათი პრაქტიკული რეალიზაცია ანვითარებს და ამდიდრებს სხვადასხვა მეცნიერთა მიერ მიღებული კვლევის შედეგებს.

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება. კომბინირებული ახალი სტრუქტურის ნართის და ძაფის პნევმომექანიკურ და მექანიკურ სართავ-საგრებ მანქანებზე ფორმირების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები საშუალებას იძლევა:

- გაიზარდოს შრომის ნაყოფიერება 2. 2,5-ჯერ;
- გაიზარდოს მომსახურების ზონა 2-ჯერ;
- შემცირდეს გამომუშავებული მასალების თვითღირებულება 2-ჯერ.

სამუშაოს შედეგების რეალიზაცია. ახალი ტექნოლოგია დამუშავებული იქნა, სხვადასხვა წარმოშობის და ხაზობრივი სიმკვრივის კომბინირებული ნართის და ძაფების გამომუშავებისათვის, ქსტუ-ს საფეიქრო მრეწველობის ტექნოლოგიურ საწარმოო ლაბორატორიაში. მიღებული ნედლეულის გამოყენებით გამომუშავებული

იქნა საყოფაცხოვრებო და ტექნიკური დანიშნულების ტრიკოტაჟის და ქსოვილის ექსპერიმენტული ნიმუშები, მაგალითად მეტროს ესკალატორის სახელურის ლენტა. სპეცდანიშნულების ტექნიკური ქსოვილი გადაცემული იქნა ქუთაისის შ.პ.ს."დინა"-ში რეზინ-ქსოვილოვანი კომპოზიციური მასალის მისაღებად.

სამუშაოს აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოხსენებული და განხილული იყო: ქსტუ-ს “II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე (1998), ქსტუ-ს საფეიქრო მრეწველობის ტექნოლოგიის, მოწყობილობების და საქონელმცოდნეობის“ კათედრაზე (2004-2006.); ქსტუ-ს ტექნოლოგიური ფაკულტეტის “საფეიქრო მრეწველობის, ტექნოლოგიის, მოწყობილობების და საქონელმცოდნეობის” საბჭოს სხდომაზე (2006).

პუბლიკაციები. ნაშრომის შედეგები და საინფორმაციო მასალა გამოქვეყნებულია 6 სამეცნიერო სტატიაში.

სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა. დისერტაცია შედგება შესავლისაგან, ოთხი თავისაგან, ძირითადი დასკვნებისა და დანართისაგან. სამუშაო შეიცავს კომპიუტერზე ნაბეჭდ 111 გვერდს, 19 ცხრილს, 40 ნახაზს და 83 გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან.

1. სართავ-საგრეხ მანქანაზე ნართის მიღების ტექნოლოგიის სრულყოფის და ძირითადი მიმართულებების ანალიზი

ნატურალური და ქიმიური ბოჭკოების დართვის სფეროში არსებული ტექნოლოგია შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად :

- 1) ტექნოლოგია ნართის ფორმირების ტრადიციული მეთოდის გამოყენებით.
- 2) დართვის ახალი მეთოდის გამოყენებით.

თანამედროვე ეტაპზე საფეიქრო მრეწველობაში ტექნიკისა და ტექნოლოგიის სრულყოფა მიმდინარეობს ორი ძირითადი მიმართულებით: არსებული დანადგარების სრულყოფა, მისი ტექნოლოგიური შესაძლებლობის გაფართოებით და პრინციპულად ახალი ტექნიკისა და ტექნოლოგიის შექმნა, რამდენადაც პირველი მიმართულება უწყვეტად დაკავშირებულია უახლოეს პერსპექტივასთან, ამდენად მოითხოვს უმცირეს მატერიალურ დანახარჯებს და დაკავშირებულია არსებული წარმოების ტექნიკური ბაზის გამოყენებასთან. [7;8;9].

უფრო ნათლად, რომ წარმოვადგინოთ დარგში თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკური პროცესის მიმართულების აქტუალობა, განვიხილოთ არსებული დანადგარების ტექნოლოგიის სრულყოფის საკითხები.

სართავი წარმოების ტექნოლოგიურ დანადგართა განვითარების განსაკუთრებით საყურადღებო ტენდენციას წარმოადგენს პნევმომექანიკური და მექანიკური სართავ-საგრები მანქანების მოდერნიზება, რომლებზედაც შესაძლებელია სხვადასხვა სახის ნედლეულიდან საპროექტო თვისებების კომბინირებული ნართის და ძაფის მიღება.

ნაშრომები [10; 11] მიუთითებს მექანიკური სართავ-საგრები მანქანების იმ დიდ უპირატესობაზე, რომლებსაც ისინი ფლობენ დიდი ხაზობრივი სიმკვრივის, როგორც ერთგვაროვანი, ასევე ჰიბრიდული, კომბინირებული სტრუქტურის ნართის გამომუშავებისას. [2] აღნიშნული ტექნოლოგია აგრეთვე ფართოდ გამოიყენება ფასონური ნართის გამოსამუშავებლად. მაგრამ ამ დროს ხდება უთანაბრობის გაზრდა, რაც ტექნოლოგიის ნაკლს წარმოადგენს.

კომბინირებული ნართი მიიღება შეგრებვით, გამწელი მოწყობილობიდან გამოსული ფთილშლილის ნართთან შემოხვევით, ღრუ თითისტრის გავლით ეხვევა ბობინის სახით. მაღალი გაწელვის უზრუნველსაყოფად გამწელი მოწყობილობის ცილინდრის ბრუნვის მაღალი სიჩქარე იწვევს მათი საყრდენის გადახურებას. გამწელი მოწყობილობის გასაცივებლად მიწოდებული ჰაერის ნაკადი ქმნის გაიშვიათებას, რომელიც მიმართულია გაწვრილებული პროდუქტის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ და იწვევს გამოყოფილი ღინლის რაოდენობის გაზრდას. გამწელ მოწყობილობაზე გარსაცმის დაყენება საშუალებას გვაძლევს, გავზარდოთ პროდუქტის სიგლუვე.

ფირმა Spindelfabrik Süssen (გერმანია) უშვებს parafil 2000 მოდელის სართავ-საგრებ მანქანას [11; 12; 13], ქიმიური ძაფით ფორმირდება HS 2000 მოდელ მანქანაზე.

მანქანაზე ფორმირებული ნართი შედგება პარალელური ბოჭკოების გულარიდან, რომლის ზედაპირზე შემოეხვევა 1,3-16,7 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის ქიმიური ძაფი. ძაფის წილი გრებილ ნართში შეადგენს 1...5%. 25...50 ტექსი ხაზობრივი საიმკვრივის ნართის გამოშვების სიჩქარე შეადგენს 200-400 მ/წთ, თითისტრების რაოდენობა მანქანაზე 70-80 ცალი, (სექციაში 10-14) ნართი გამოიყენება გადასაფარებლების, ავეჯისა და დეკორატიული ქსოვილების, ტრიკოტაჟული ნაწარმის დასამზადებლად.

ფირმა Saurer–Allma (გერმანია) უშვებს ESP-x მოდელის სართავ-საგრებ მანქანებს [15;16], რომელიც აღჭურვილია ელექტრული მართვის მოწყობილობით, ნართის გამოშვების სიჩქარე შეადგენს 200 მ/წთ-მდე. გამოყებული ტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ გამოშვებული ნართის ღირებულება 60%-ით. შრომის მწარმოებლობა იზრდება 65%-ით, მცირდება მოთხოვნილი წარმოების ფართი 60%-ით, მცირდება ენერჯის ხარჯი 70%-მდე და მცირდება კაპიტალური დანახარჯები 35%-მდე. მანქანა საშუალებას გვაძლევს გამოვიძუშოთ ფართო ასორტიმენტის ფასონური ნართი. ნართი გამოიყენება ხალიჩების, ავტომობილის საჯდომის შემოსავლების, ქსოვილების, დრაფის ქსოვილების და სხვათა დასამზადებლად.

ამავე ფირმის მოდ. SM-6, SM-8 და SM-10 სართავ-საგრები მანქანები [20] განკუთვნილია 20...1667 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის გრებილი ნართის მისღებად, ხელის და მანქანური ქსოვისათვის, დეკორატიული და გადასაკრავი ქსოვილების წარმოებისათვის. მანქანა მუშაობს 200მ/წთ გამოშვების სიჩქარით. მანქანაზე განლაგებულია 60 ან 40 თითისტარი, მათ შორის დაშორება შეადგენს 233 და 350მმ-ს. მანქანის სიგრძე 15,54 მ კასრი ლენტებით ან მკვებავი ბობინა ფთილით განლაგებულია მანქანის მკვებავ გვერდზე 1,8 მ სიფართის მოედანზე. გამწელი მოწყობილობიდან გამოსული ფთილშლილი იღებს ცრუ გრებვას. ფთილშლილში ბოჭკოები ფიქსირდება მასზე შემოვლებული ძაფის ხარჯზე.

მანქანაზე დაყენებულია სამ ცილინდრიანი გამწელი მოწყობილობა, 50...220 ტექსი ნართის გამომუშავებისას.

გამწელ მოწყობილობაში გაწელვა 5...59-მდეა. გამწელი მოწყობილობა აღჭურვილია ფთილშლილის წყვეტიანობის კონტროლის ელექტრული სისტემით. თითისტრის არხში ძაფის პნევმატური გაწყობის გამოყენება ოპერაციის შესრულების ხანგრძლივობას ამცირებს 80%-მდე. თითისტრებს აქვს 30 000წთ⁻¹ ბრუნვის სიჩქარე.

ლენტის მაქსიმალური ხაზობრივი სიმკვრივე 8 ტექსია. გამოშვებულ ბობინის ჯვარედინ ნახვევს აქვს 320 მმ-მდე დიამეტრი და 8 კგ-მდე წონა. გამოყენებული კასრის მაქსიმალური დიამეტრი 610 მმ [18].

ძაფის გაწყვეტისას ფოტოელექტრული გადამწოდი გადააწოდებს სიგნალს გამწელ მოწყობილობაში ლენტის მიწოდების შეწყვეტაზე და თითისტარზე მყოფ ნახვევზე ნართის გაწყვეტისას მანქანა აღჭურვილია თითისტარზე გამომუშავებული

ნართის სწრაფად შესაცვლელი მოწყობილობით და ჰაერის ნაკადის დახმარებით ღრუ თითისტარში ძაფის გასაწყობად [17].

ფირმა Maschinenbau Weller (გერმანია) უშვებს ფასონური გრეხვის სართავ-საგრეხ მანქანას [25] სატრიკოტაჟო და ბუკლეს ნართის მისაღებად. გამოფენაზე ATME-I ფირმამ Maschinenbau Weller დემონსტრირება გაუკეთა ღრუ თითისტრებიან ENSI-1000 მოდელის მანქანას [21;22] 30...200 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის ფასონური და ჩვეულებრივი ნართის დასამზადებლად, ბოჭკოების გაწელვა წარმოებს ხუთ ცილინდრიანი გამწელი მოწყობილობით. გადასამუშავებელი ბოჭკოს სიგრძე 300 მმ-მდე, თითისტარზე დაყენებულია მასრხვეული 800გ წონით.

ნართის გამოშვების სიჩქარე მანქანაზე შეადგენს 200 მ/წთ ღრუ თითისტრების ბრუნვის სიხშირე 2400 წთ⁻¹-მდეა.

HSM მოდელის მანქანას აქვს სამი ან ოთხ ცილინდრიანი გამწელი მოწყობილობა 60-200მმ სიგრძის, 300-4500 მტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის ბოჭკოს გადასამუშავებლად. თითისტრების ბრუნვის რიცხვი 22000წთ⁻¹, გამოშვების სიჩქარე 200მ/წთ. გამოშვებული ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე 20÷2500 ტექსია.

Garl Hamel (შვეიცარია) ფირმის მიერ შექმნილი ფასონური ძაფის მისაღები 21019 GKH მოდელის საგრეხი მანქანა აღჭურვილია მართვის ელექტრონული სისტემით. ცილინდრის ამძრავი გამოყოფილია ღრუ თითისტრის ამძრავიდან და ემსახურება მას ინდივიდუალურად. ღრუ თითისტრებზე შეიძლება დავაყენოთ ნართი კომპლექსური ძაფით და ლითონური ძაფით. ფასონური ძაფის ფორმირება ხდება ღრუ თითისტრების ძაბრსა და გამომშვებ ცილინდრებს შორის მონაკვეთზე. ძაფის მოძრაობის მიმართულებით ღრუ თითისტრების შემდეგ დაყენებულია რგოლური თითისტარი [20].

Gemmel & Dunsmore (დიდი ბრიტანეთი) უშვებს MK2E და MK3E მოდელის ღრუ თითისტრებიან სართავ-საგრეხ მანქანას [50], რომელიც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ნართი, რომელიც გამოიყენება ტანსაცმლის, დრაფის და გადასაკრავი ქსოვილების დასამზადებლად. MK2E მანქანა აღჭურვილია 14 თითისტრით და მართვის ელექტრონული სისტემით. ის საშუალებას იძლევა სწრაფად შეცვალოთ ნართის გარეგნული სახე, რომლისთვისაც საწყის მასალად შეიძლება გამოყენებულ იქნას აკრილის, მატყლისა და პოლიპროპილენის და სხვა ბოჭკოები.

მანქანის საწარმო ექსპლუატაციის მოკლე დროში გამომუშავებულია 1000 ვარიანტზე მეტი სხვადასხვა სტრუქტურის, ფერის და ხაზობრივი სიმკვრივის ნართი. მანქანის მწარმოებლობა სამი ცვლისას საშუალოდ შეადგენს დაახლოებით 800 კგ დღე-ღამეში, თითისტრების 3000წუთ⁻¹ ბრუნვის სიხშირისა და ნართის გამოშვების 200მ/წთ სიჩქარისას. მანქანამ შეიძლება გადაამუშაოს განსხვავებული სიგრძის და ხაზობრივი სიმკვრივის ბოჭკო. თანამედროვე მათემატიკური მოდელის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს პრაქტიკულად შეუზღუდავად ვცვალოთ პროდუქციის ხარისხი და შესაძლებელია ოპერატიულად ვაწარმოოთ ნებისმიერი სტრუქტურა და ფერის ნართის გამომუშავება.

Gemmel & Dunsmore ფირმა [6] უშვებს Paraspil მანქანას, რომელიც განკუთვნილია ფასონური ნართის წარმოებისათვის, ის აღჭურვილია ღრუ თითისტრებით. მასზე ასევე შეიძლება გამოვიმუშაოთ განსხვავებული სტრუქტურის კომბინირებული ნართი, ასევე ელასტიური ნართი.

Gemmel Dunsmore ფირმამ წარადგინა საერთაშორისო ATME-I გამოფენაზე მილანში (იტალია) GDS ტიპის ღრუ თითისტრიანი საგრები მანქანა [15], რომელიც განკუთვნილია მოკლე და გრძელი ბოჭკოებიდან კომბინირებული ნართის გამოსამუშავებლად. თითისტრების ბრუნვის სიხშირე 3000წუთ⁻¹, ხოლო გაწევა 300. აღსანიშნავია, რომ GDS მანქანა განკუთვნილია 17...1700 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის ნართში ნებისმიერი სიგრძის ბოჭკოების გადასამუშავებლად.

ATMEL-I გამოფენაზე გრინვალში James macrie sons Ltd ფირმამ წარმოადგინა სართავ-საგრები მანქანის სამი მოდელი, რომელიც განკუთვნილია შალის, ქიმიური ბოჭკოების და მათი ნაზავისათვის [28].

იგივე ფირმა უშვებს TZ-88 და TZ-218 მოდელის სართავ-საგრებს მანქანებს, რომლებიც განკუთვნილია მცირე ხაზობრივი სიმკვრივის შალის და ქიმიური ბოჭკოების ნართის მისაღებად. მანქანა ერთმხრიულია.

ელემენტარული ძაფის ხაზობრივი სიმკვრივე შეადგენს 2,2; 4,4; და 7,7 ტექს. გამოსამუშავებელი ბოჭკოს სიგრძე 60...200 მმ დიაპაზონშია. ძაფის მასა მკვებავ მასრაზე შეადგენს 450 გ-მდე. ბობინის განი 152, 203 ან 254 მმ და წონა 7,5 კგ-მდე. ნართი გამოიყენება ხალიჩების, გზა -კვალას გამოსამუშავებლად.

Spinmack მოდელის სართავ-საგრებს მანქანაზე [27;28], 84 ტექსი ნართის გამოსამუშავებლად ფთილშლილი შემოიგრისება 2,4 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის

პოლიეფირულ ძაფს. ძაფის მასა შეადგენს მზა ნართის მასის 2,5%-ს. ნართი გამოიყენება ტრიკოტაჟის წარმოებაში. ბრუნვის სიხშირე შეადგენს 2800 წუთ⁻¹, ნართის გამოშვების სიჩქარე 126 მ/წთ. აღნიშნულია მასზე შალის ნართის ასორტიმენტის შექმნით მანქანის სპეციფიკური თვისებურების გაფართოება.

James Mackie ფირმამ დაამონტაჟა სართავ-საგრები მანქანა ტაფტინგური ხალიჩების ნართის წარმოებისათვის. [32] მან თავისი არჩევანი შეაჩერა ისეთ მანქანაზე, რომელიც საშუალებას იძლევა გამომუშავებულ იქნას ფართო ასორტიმენტის შალის ნართი. იგი განსხვავდება მაღალი სიმტკიცით, სიგლუვით, ნაწარმის მცირე წუნიალობით. მანქანაზე გამომუშავდება სინთეზური და შალის ბოჭკოებიდან სახალიჩე ნართი.

ცნობილია [10] დანადგარი Stonehase ფირმის სართავ ფაბრიკაში ვარცხნითი შალის წარმოების გასაფართოებლად, რომლებიც გამოიყენებულია ხალიჩების, საავჯე და გადასაკრავი ქსოვილებისათვის, გობელენის, წინდის და სხვა ნაწარმისათვის. ფაბრიკაში დადგმულია Maskie ფირმის სართავ-საგრები მანქანა კომბინირებული ნართის გამოსამუშავებლად, ნართის ნომენკლატურის 40 ტექსიდან და მაღლა გაფართოებისათვის.

შრომებში [30;31] აღნიშნულია, რომ სართავ-საგრები მანქანა, რომელიც გამოიყენებს ქიმიურ ძაფს მისაგრებად, ფართოდ გამოიყენება ევროპის ქვეყნების საფეიქრო მრეწველობაში. ამ მანქანებზე მიღებული ნართისაგან დამზადებული ნაწარმის ასორტიმენტი მოიცავს ხალიჩებს, ტრიკოტაჟულ ნაწარმს და სხვა.

James Maskie-ს ფირმის სართავი მანქანის მწარმოებლობა 6-ჯერ გაზრდილია რგოლებიანი სართავი მანქანის მწარმოებლობასთან შედარებით. აღსანიშნავია, ასევე ამ მანქანის გამოყენებით ბოჭკოს რთვის უნარიანობის გაზრდა. დასავლეთ ევროპის ქვეყნები ყოველთვიურად აწამობენ 2500 ტონა სახალიჩე ნართს, რომელიც გამომუშავდება სართავ-საგრები მეთოდით.

სართავ-საგრები მანქანები გამოიყენება ფართოდ სხვა სფეროში ფასონური შალის ნართის წარმოებისათვის.

მილანში საფეიქრო მანქანების საერთაშორისო გამოფენაზე დემონსტრირება გაუკეთდა RS-200 მოდელის სართავ-საგრები მანქანას, [10] რომელიც განკუთვნილია სინთეზური გულარიანი ნართის, ნატურალური და ქიმიური ბოჭკოების შემომხვევი ნართის გამოყენებით კომბინირებული ნართის გამოსაშვებად, რომელიც გამოიყენებას

პოულობს საკერავი ძაფის, ტექნიკური ქსოვილის და ზოგიერთი ტრიკოტაჟული ნაწარმის გამომუშავებისას.

ARCTinc ფირმა უშვებს PPIM მოდელის მანქანას კომბინირებული ძაფის წარმოებისათვის, [33;34] რომელიც შეიცავს ნატურალურ, ქიმიურ ან მინერალურ ბოჭკოებს კომპლექსური ძაფით. ნართის გამოშვების სიჩქარე 300მ/წთ.

სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს კომპონენტების წყვეტიანობის ლიკვიდაცია, რადგან ნართის ბოლოს შეგრეხვისას წარმოიქმნება მარყუჟი ღერძული ძაფიდან. ფორმირებული ნართის განივ კვეთში ბოჭკოების საერთო რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 120. კომბინირებულ ნართში ღერძული კომპონენტების წილის გაზრდა იწვევს ნართის წყვეტიანობის გაზრდას. ნართის გრეხვის შეცვლის და ღერძული კომპონენტის მიწოდების სიჩქარის ხარჯზე შეიძლება მივიღოთ სხვადასხვა სტრუქტურის ნართი. კომბინირებული ნართის წარმოებისას ღერძად შეიძლება გამოვიყენოთ მინის ძაფი, ლითონის მავთული და სხვა.

ITME გამოფენაზე გრინვალში (ა.შ.შ.) წარმოდგენილი იყო INVESTA ფირმის კომპლექსური ნართის გამოსამუშავებელი პნევმომექანიკური IIIM ტიპის სართავი მანქანა. [51] ქიმიური ძაფის შეცვლით, რომელიც შემოევლება შტაპელურ ბოჭკოებს. მკვებავი ჩარჩო ძაფიანი ბობინების მოსათავსებლად შეიძლება განლაგდეს მანქანის ზედა ან ქვედა ნაწილში. მანქანა აღჭურვილია მოწყობილობით ქიმიური ძაფის და ლენტის წყვეტიანობისას კვების შესწყვეტად. მანქანა PPIM განკუთვნილია კომბინირებული ნართის მისაღებად 60-120მმ სიგრძის შტაპელური ბოჭკოდან ქიმიური ძაფის გამოყენებით.

ცნობილია მაგალითი კომბინირებული ნართის დამზადების მეთოდის, რომელიც შემოგვთავაზა იაპონიამ. [35] შემოთავაზებული მეთოდი საშუალებას გვძლევს პნევმომექანიკური დართვის მოწყობილობის გამოყენებით დამზადდეს კომბინირებული ნართი, რომელიც შეიცავს გულარად სართავ კამერაში ფორმირებულ ნართს და ჩვეულებრივ კომპლექსურ ძაფს.

1,65 ტ და 38 მმ სიგრძის დისკრეტიზირებული პოლიაკრილონიტრილის ბოჭკო მიწოდება 30000წთ^{-1} მზრუნავ სართავ კამერებს. ფორმირებული ნართი გრეხვის კოეფიციენტით $\alpha=115$. ნართი იმყოფება კამერის შიგნით მილით მიეწოდება კომპლექტი პოლიაკრილონიტრილის ძაფი ხაზობრივი სიმკვრივით 8,25 ძაფის

გასწორების (წინსწორების) კოეფიციენტი 100...500%, რის გამოც ძაფის ზედაპირზე ვდებულობთ ქაოტურად განლაგებულ მარყუჟებს.

კომბინირებული ნართის მიღების მეთოდის [36] თანახმად ღერძული ძაფი მიეწოდება მბრუნავ სართავ კამერას, ნართგამტარი ძაბრის მრუდხაზოვანი ზედაპირის ზონაში და უერთდებიან კამერაში ფორმირებულ ნართს. ამავე დროს ნართი შეეგრძობა ძაფს. ნართგამტარი ძაბრის გაფართოებულ ნაწილში ღერძული ნართის გასატარებლად ღერძში გაკეთებულია გამჭოლი ხვრელი. ძაფის გატარების ასეთი მეთოდი გამორიცხავს ძაფში ცალკეული ბოჭკოების მოხვედრას და მის გავლენას კამერაში ნართის ფორმირების პროცესზე ძაბრის ზედაპირზე მრუდხაზოვანი სპირალის მოთავსება საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ ნართის საერთო გრძობა.

იაპონიის მიერ [37] შემოთავაზებული ფასონური ნართის მიღების მეთოდის თანახმად, პნევომექანიკურ სართავ მანქანაზე გამომუშავდება ფასონური ნართი, რომელიც შედგება გულარისაგან, წარმოქმნილი დაუგრეხავი ბოჭკოებით, შემომხვევი დაგრეხილი ბოჭკოებით.

ცნობილია [38] კომბინირებული ნართის მიღების მეთოდი. მეთოდი დაფუძნებულია ბოჭკოების დისკრეტული ნაკადის სართავი კამერის შიგნით შესვლაზე, სიბრტყეში მათ მბრუნავ მოძრაობაზე, რომელიც პერპენდიკულარულია კამერის ღერძის და შეერთებულია არა ნაკლებ ორი ძაფით, რომელიც წარმოქმნილია ღეროდან და გადაეწოდება კამერის შიგნით მისი ღერძის გასწვრივ.

შემოთავაზებული მეთოდის გამოყენებით გამომუშავებულია შალის კომბინირებული ნართი 20 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის შტაპელური ბოჭკოდან, რომელიც გამოიყენება ორი ძაფის და შემოსაწნავის ფორმირებისათვის, რომელიც წარმოდგენილია წინასწარ დამუშავებული კომბინირებული ნართის ღეროთ 4,4 ტექსი პოლიამიდური კომბინირებული ძაფიდან და შემოსაწნავით 15,6 ტექსი შალის ბოჭკოდან. გამომუშავებული ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე შეადგენს 60 ტექსი. მეთოდი საშუალებას გვაძლევს გამოვიმუშაოთ ნართი 60 დან 300 ტექსამდე.

ამგვარად, ნაშრომთა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სართავ-საგრეხი მანქანები, მოხერხებულად აწარმოებს ნართს ნატურალურ ან ქიმიურ ბოჭკოებიდან, რომელიც კომბინირებულია ქიმიური ძაფით ან მისი მსგავსი მასალებით (ლითონის მავთული). ამჟამად ასეთ მანქანებს უშვებს 7 ქვეყნის 11 ფირმა მთელ მსოფლიოში.

კომბინირებულია ნართი, რომელსაც ახასიათებს მთელი რიგი უპირიტესობა, რგოლებიანი დართვით მიღებულ ნართთან შედარებით გამოიყენება ფართო ასორტიმენტის ტრიკოტაჟის და ქსოვილის ნაწარმის გამოსამუშავებლად. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ტექნიკური საფეიქრო მასალების წარმოებისათვის.

ამგვარად კომბინირებული ნართის წარმოების მეთოდები საშუალებას გვაძლევს მრავალჯერ გავზარდოთ მანქანის მწარმოებლობა ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით, ახალი სტრუქტურის ძაფების ფორმირების, მბრუნავ-მგრეხავ მაფორმირებელი ორგანოს სიჩქარის გაზრდის ხარჯზე: (ღრუ თითისტარი, სართავი კამერა და ა. შ).

განხილულთან შედარებით ყველაზე უფრო პერსპექტიულს წარმოადგენს კომბინირებული ნართის წარმოება უთითისტრო დართვის მეთოდის გამოყენებით [73], კერძოდ პნევმომექანიკურ კამერაში, რომელიც რეალიზებულია ППМ ტიპის მანქანაზე. მნიშვნელოვანი შედეგები ამ მიმართულებაში მიღწეული იყო ჩეხი სპეციალისტების მიერ. ამჟამად რუსეთში სერიულად უშვებენ პნევმომექანიკურ სართავ-საგრეხ მანქანებს. გარდა ამისა რიგ ქვეყნებში მიდის სამუშაოები ანალოგიური მანქანის შესაქმნელად.

შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ასეთი მანქანები თითქმის მთლიანად პასუხობს მსოფლიო დონეს და შეიძლება გამოვიყენოთ კომბინირებული ნართის წარმოებისათვის, თუმცა ამასთან კავშირში აუცილებელია გადაწყდეს საკითხი ნართის გამოშვების სიჩქარის გაზრდის სრულყოფის შესაძლებლობის შესახებ ე.ი.150 მ/წთ-დან 300 მ/წთ-მდე და უფრო მეტი, მადისკრეტირებელი დოლის და სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირის გაზრდის გარეშე, ხოლო ეს თავის მხრივ დაკავშირებულია პნევმომექანიკურ სართავი მანქანის მწარმოებლობის დაახლოებით 2-ჯერ გაზრდასთან.

ცნობილია კომბინირებული ნართის მიღება მოდიფიცირებულ სართავ-საგრეხ მანქანაზე [14] ფთილის გამოყენებით. მიღებულ ნართს აქვს ღერძი ბოჭკოების კონის სახით, რომელზეც სპირალურადაა დახვეული ძაფი. ღერძს წარმოადგენს ფთილა, სუსტად შეგრეხილი ბოჭკოების კონების სახით, როდესაც ღეროს ხაზობრივი სიმკვრივე 250-1000 ტექსია, ხოლო შეგრეხილი ძაფის სიმსხოა 2,2-22 ტ, მაშინ ძაფის ხვიათა რიცხვი ღეროზე შესაბამისად 25-300-მდე 1მ. მიღებულ ნართს ახასიათებს მოცულობითი ეფექტი, მაღალი სიმტკიცე და გამოყენებულია ხალიჩების,

გადასაფარებლების წარმოებისათვის და ასევე ხელით საქსოვი ძაფის მისაღებად. განსაკუთრებული ეფექტურობა აქვს ქეჩის წარმოებაში.

ცნობილია მუშაობის შედეგები კომბინირებული შალის ნართის შექმნაზე კომბინირებული ტექნოლოგიით. 10 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის პოლიეთერული ძაფიდან გამომუშავებული იქნა ღერძული კომპონენტი პევმომექანიკურ სართავ მანქანაზე ფირმა marata (იაპონია) [24] და გამოიყენება შალის ბოჭკოების შემოსაწნავად ნართის მიღებისათვის უკამერო პნევმომექანიკურ სართავ მანქანაზე მოდელი Dref-3. მიღებული ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე 30 ტექსია ფარდობითი სიმტკიცე 11,2 მნ/ტექსია. აღსანიშნავია ასევე შალის ბოჭკოების ღერძული კომპონენტის კარგი დაფარვა და (იგი ეწინააღმდეგება შერევას) მოყვანილია პროცესის ტექნოლოგიური პარამეტრები, პნევმატური და უკამერო პნევმომექანიკური სართავი მანქანისათვის.

შედარებისათვის დამუშავდა 2 ვარიანტი კომბინირებული ნართის რგოლებიან სართავ მანქანზე. [23; 29] აღსანიშნავია ამ ნართის უფრო მაღალი სიმტკიცე (45%-მდე) თუმცა გამოშვების სიჩქარე არ აღემატება 20 მ/წთ, მაშინ ღერძული კომპონენტი პნევმომექანიკურ მანქანაზე გამომუშავდა 200 მ/წთ გამომშვები სიჩქარისას, ხოლო კომბინირებული ნართი უკამერო პნევმომექანიკურ სართავ მანქანაზე გამომუშავდა 300 მ/წთ სიჩქარისას. აღსანიშნავია კარგი სითანაბრე "YCTEP"-ზე. მაგრამ კომბინირებული ნართს ახასიათებს ზედმეტი სიხისტე.

მოყვანილია გამოკვლევების შედეგები კომბინირებული ნართის მიღების შესაძლებლობაზე უკამერო პნევმომექანიკური დართვისას, რომელშიც შალის ბოჭკოები ლენტების დისკრეტიზაციის შემდეგ დაივარცხნება დოლით შედის პარაფინირებულ არხში და ჰაერის ნაკადის მოქმედების ქვეშ წარმოიქმნება ფორმირებული ნართი[39;40].

ცნობილია ჩრდილოეთ რეგიონში გამოკვლევების ცენტრში (ა.შ.შ) ჩატარებული გამოკვლევები [19] კომბინირებული შალის ნართის მისაღებად. ასეთი ნართის გამოსამუშავებლად მისი გულარი შედგებოდა პოლიეთერული ბოჭკოებისაგან, ხოლო შემოსაწნავი-შალის ბოჭკოებისაგან. შემოსაწნავი ნართი მტკიცედ არის დამაგრებული გულარზე და არ სრიალებს მის მიმართ, ნართის გამომუშავებისას და მისი ექსპლუატაციისას. ამ ნართს ახასიათებს მაღალი მექანიკური და ფუნქციონალური თვისებები: დიდი გამგლეჯი დატვირთვა, ექსპლუატაციის დროს, სტაბილურობა და წუნებისადმი მდგრადობა. შემოთავაზებული ნართი გამოიყენება ცეცხლმედეგი

ქსოვილების დასამზადებლად, რომელიც გამოყებულია ავეჯისათვის, ასევე ტანსაცმლის ქსოვილებისათვის და სამხედრო და ტექნიკური ქსოვილების დასამზადებლად.

ჩვენს შემთხვევაში კომბინირებული ნართის მისაღებად მოვახდინეთ არსებული მანქანების მოდერნიზაცია და ნედლეულად გამოვიყენეთ უხეში თუშური მატყლი, სავარცხნ მანქანაზე მიღებული ანავარცხნი და კაპრონის ბოჭკო. უხეში თუშური მატყლის მოპოვება შესაძლებელია საქართველოში, იგი თეთრი ფერისაა, კარგი ბზინვარების, სიმაგრისა და სიმტკიცის გამო ერთ-ერთი საუკეთესოა უხეს ჯიშებს შორის.

ანავარცხნი ეს არის სავარცხნ მანქანაზე მიღებული მოკლე ბოჭკოები, რომლებიც რგოლებიან სართავ მანქანაზე შემდგომ გადამუშავებას ადარ ექვემდებარება, ხოლო კაპრონის ბოჭკო-ეს არის ბოჭკო, რომელიც თავისი სიმტკიცით ერთ-ერთ საუკეთესოა სინთეზურ ბოჭკოებს შორის.

2. პნევმომექანიკურ სართავ-საგრეხ მოწყობილობაში კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესის ანალიზი

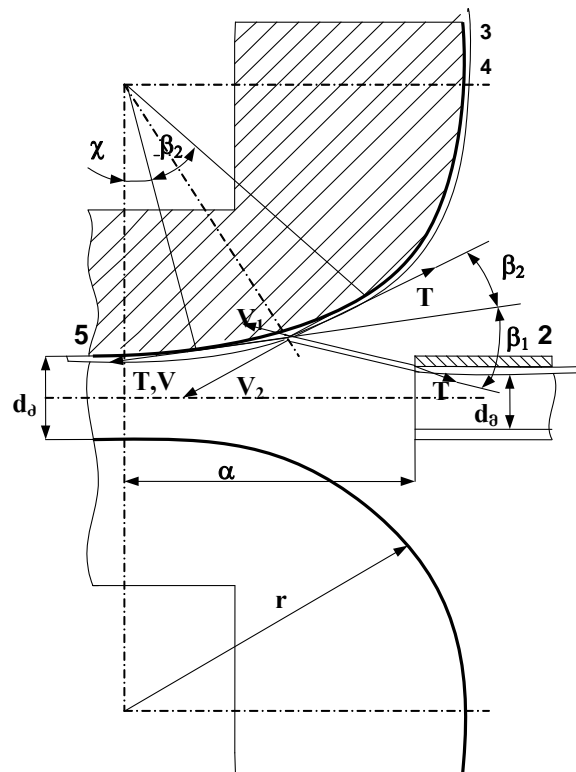
2.1 სართავ-საგრეხი მოწყობილობის გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრა

ერთ-ერთი ძირითად საკითხს წარმოადგენს პნევმომექანიკური მოწყობილობის გეომეტრიული ზომების გამოთვლის შესაძლებლობის თეორიული დასაბუთება, აღნიშნულ საგრეხ მოწყობილობაში გრეხილი ნართის ფორმირების პროცესის ტექნოლოგიური პარამეტრების გათვალისწინებით [41;42].

დადგენილია [50; 51], რომ გრეხილი ნართის სტრუქტურა დამოკიდებულია მისი ფორმირების პირობაზე, რაც გამოიხატება ცალწვერა გრეხილი ძაფის დაჭიმვისა და სიჩქარის თანაფარდობაში. თუმცა მოცემულ შემთხვევაში აუცილებელია გავითვალისწინოთ ძაფის ზემოქმედება დეტალის ზედაპირთან, რომელიც მონაწილეობს ცალწვერა ნართის გრეხვასა და ფორმირებაში.

ასეთ დეტალებს პნევმომექანიკურ სართავ-საგრეხ მოწყობილობაში წარმოადგენს ძაბრი და მატრანსპორტირებელი არხი. განვიხილოთ ძაფის

ურთიერთგანლაგების სქემა გრეხვისას, რომელიც წარმოდგენილია 2.1 სურათზე. მოწყობილობაში წინასწარ ფორმირებული ნართი შედის დასაგრებად d დიამეტრის მქონე შესასვლელი ხვრელის საშუალებით, მატრანსპორტირებელ არხში 2, V_1 სიჩქარით და T_1 დაჭიმულობით, სადაც შეერთდება დასართავ ძაფთან 3, რომელიც მოძრაობს ძაბრში r რადიუსთან მხებად, V_2 სიჩქარით და T_2 დაჭიმულობით. ორივე ცალწვერა ძაფი წარმოქმნის გრეხილ ძაფს 5, რომელიც მოძრაობს V სიჩქარით და T დაჭიმულობით d დიამეტრის ძაბრში.



ნახ.2.1 ძაფების ურთიერთგანლაგების სქემა გრეხვისას
პნევმომექანიკურ სართავ საგრებ მანაქანაზე

ამ დროს მატრანსპორტირებელი არხი მდებარეობს გარკვეულ α მანძილზე ძაბრის გამოსასვლელიდან. ცალწვერა ძაფები განლაგებულია გრეხილი ძაფის ღერძთან β_1 და β_2 გარკვეული კუთხით. ასეთი განლაგება უზრუნველყოფს ბუნებრივი გრეხვის სამკუთხედის წარმოქმნას, რომელშიც T_1 ძალის მოქმედებით, გრეხვის ადგილი, უნდა იყოს გარკვეულ δ მანძილზე ძაბრის ზედაპირიდან, ხოლო ცალწვერა ძაფი 3 და გრეხილი ძაფის 5 უბნები განლაგებული იქნება მათ მხებთან. ამგვარად ძაფი კარგავს

კონტაქტს ძაბრის ზედაპირთან β_2 კუთხეზე, ხოლო გრებილი ძაფის შესვლის ადგილი ზედაპირთან უნდა იყოს დაცილებული გამოსასვლელი ხვრელიდან γ კუთხით.

დაკვირვებიდან ჩანს, რომ α სიდიდის შეცვლით იცვლება სხვა პარამეტრებიც, მათ შორის კუთხე γ . ამგვარად დასმული ამოცანის გადაწყვეტა დაიყვანება აღნიშნული სიდიდის ურთიერთკავშირის განსაზღვრაზე.

დავადგინოთ დამოკიდებულება დასაგრები ძაფის სიჩქარესა, დაჭიმულობასა და გრებვის კუთხეებს β_1 და β_2 შორის. განვიხილოთ გრებილი ძაფის ფორმირების სქემა T დაჭიმულობა და V სიჩქარით ცალწვერა ძაფიდან T_1 და T_2 დაჭიმულობით და V_1 და V_2 სიჩქარით.

დავაგეგმილებთ რა ძალებს ღერძზე, გრებილი ძაფის ღერძის მართობულად, მივიღებთ:

$$T_1 \cdot \sin \beta_1 - T_2 \sin \beta_2 = 0$$

სადაც

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1}$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ $T_1 \cos \beta_1 + T_2 \cos \beta_2 = T$

როცა $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ და $T_1 = T_2 = T_0 =$ გვექნება

$$T = 2 T_0 \cdot \cos \beta \quad (2.1)$$

განვიხილოთ გრებილი ძაფის უბნის ფორმირების პროცესი, რომელიც მოძრაობს V სიჩქარით.

გამოვსახოთ გრებილი ძაფის მოძრაობის სიჩქარე შესაბამისი ცალწვერა ძაფის სიჩქარით და გრებილი ძაფის ღერძთან მათი დახრის კუთხით, მივიღებთ:

$$V = V_1 \cdot \cos \beta_1$$

$$V = V_2 \cdot \cos \beta_2$$

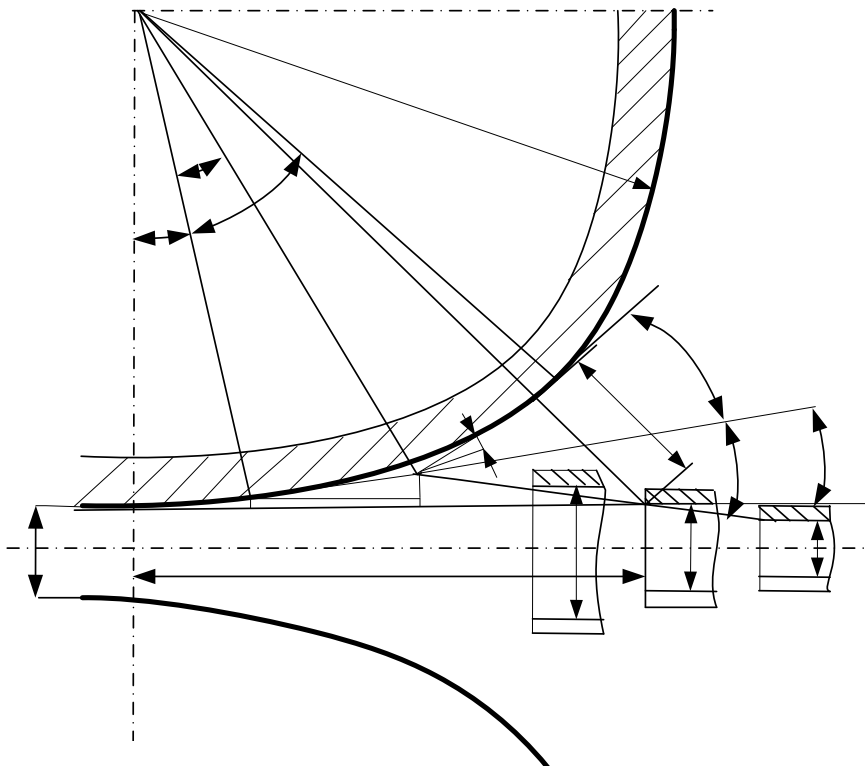
საიდანაც $V_1 \cdot \cos \beta_1 = V_2 \cdot \cos \beta_2$ ან $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \quad (2.2)$

მიღებული გამოსახულება (2.2.) ადგენს გრებვის კუთხის დამოკიდებულებას გრებილი ძაფის დაჭიმვასა და სიჩქარეს შორის. მცირე კუთხე შეესაბამება დიდ დაჭიმულობას და მცირე სიჩქარეს. საჭიროა ავლნიშნოთ, რომ გრებილი ნართის ფორმირებისას შეიძლება მივიღოთ $V_1 = V_2 = V_0$

დავადგინეთ ზღვრული პირობები. პირობა სურათზე 2.2 წარმოდგენილი სქემის მიხედვით.

1. $\gamma = 0$, ამ მდგომარეობაში გრეხილი ძაფის სწორხაზოვანი უბანი AB განლაგდება ძაბრის ზედაპირის მხებდად. ამასთან A და B წერტილები იქნება MN წრფეზე. მატარანსპორტირებელი არხის გამოსასვლელი შეიძლება მდებარეობდეს მინიმალურ მანძილზე ძაბრის გამოსასვლელი ხვრელიდან.
2. $\gamma = \beta$, ამ შემთხვევაში ძაფი შეიძლება გამოვიდეს მატარანსპორტირებელი არხიდან MN წრფის პარალელურად, ამისათვის არხის გამოსასვლელი ხვრელი ძაბრიდან შეიძლება იყოს დაშორებული დიდი მანძილით.

განვსაზღვრეთ დაშორება Δ (ღრეჩო) ცალწვერა ძაფის შეერთების (შეგრეხვის) წერტილებსა და ძაბრის ზედაპირს შორის.



ნახ. 2.2 სართავ-საგრეხი მოწყობილობის გეორეტრიული პარამეტრების სქ

r

განვიხილოთ OA-ისა და β საშუალებით, ნახაზიდან $\delta = OA - r \frac{r}{\cos \beta_2 / 2} =$ მივიღებთ

β

$$\delta = r \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta_2}{2}} \right) - 1 \quad (2.3)$$

გამოვთვალეთ მანძილი A წერტილიდან MN -მდე.

$$AA^I = BB^I + AA^{II}$$

სადაც $BB^I = r - r \cos \gamma = r(1 - \cos \gamma)$,

$$AA^{II} = AB \cdot \sin \gamma$$

რადგან $AB = r \cdot \operatorname{tg} \beta_2 / 2$ $AA^{II} = r \cdot \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \cdot \sin \gamma$

საბოლოოდ იქნება: $AA^I = r(1 - \cos \gamma) + r \cdot \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \cdot \sin \gamma$

ან $AA^I = r(1 - \cos \gamma) + \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \cdot \sin \gamma \quad (2.4)$

მიღებული გამოსახულების გამოყენებით (2.4) შეიძლება განისაზღვროს მატარნსპორტირებელი არხის d დიამეტრის მაქსიმალური მნიშვნელობა მის განაპირა მდგომარეობაში ყოფნისას ფორმულით

$$d_{\text{მატმაქ}} = d_{\text{მაბ}} + 2r(1 - \cos \gamma + \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \cdot \sin \gamma) \quad (2.5)$$

როცა $\gamma = 0$ $d_{\text{მატმაქ}} = d_{\text{მაბ}}$

და $\gamma = \beta_2$ $d_{\text{მატმაქ}} = d_{\text{მაბ}} + 2r(1 - \cos \beta_2 + \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \cdot \sin \beta_2)$

დავადგინოთ γ კუთხის დამოკიდებულება მატარნსპორტირებელი არხის დიამეტრის ძაბრის გამოსასვლელი ხვრელის დიამეტრთან დამოკიდებულებით. $d_{\text{მატ}} = d_{\text{მაბ}}$ გამოვსახოთ მანძილი ED, γ და β კუთხით ე.ი. $\alpha = ED = EB^I + A^I B^I + A^I D$,

სადაც $EB^I = r \cdot \sin \gamma$

$$A^I B^I = AB \cdot \cos \gamma = r \cdot \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \cdot \cos \gamma$$

$A^I D = \frac{AA^I}{\operatorname{tg}(\beta_1 - \alpha)}$ (2.4) გამოსახულების გათვალისწინებით

$$AD^I = \frac{r(1 - \cos \alpha + \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \sin \beta)}{\operatorname{tg}(\beta_1 - \alpha)}$$

საბოლოოდ

$$\alpha = r \sin \alpha + r \cdot \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \cdot \cos \alpha + r \frac{1 - \cos \alpha + \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \sin \alpha}{\operatorname{tg}(\beta_1 + \alpha)}$$

ან $\alpha = r \left[\sin \alpha + \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \cdot \cos \alpha + \frac{1 - \cos \alpha + \operatorname{tg} \beta_2 / 2 \sin \alpha}{\operatorname{tg}(\beta_1 + \alpha)} \right] \quad (2.6)$

თუ მატრანსპორტირებელი არხის გამოსასვლელი ხვრელის დიამეტრი და ნართის გამომტანი ძაბრის დიამეტრი არ არის ტოლი, მაშინ α სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

როცა $d_{\text{მატ}} > d_{\text{მაბ}}$

$$\alpha = ED - \frac{d_T - d_\beta}{2\text{tg}(\beta_1 - \alpha)}, \quad (2.7)$$

როცა $d_{\text{მატ}} < d_{\text{მაბ}}$

$$\alpha = ED + \frac{d_\beta - d_T}{2\text{tg}(\beta_1 - \alpha)}, \quad (2.8)$$

მიღებულ გამოსახულებაში (2,7,8) ED სიდიდე განისაზღვრება ფორმულით (2.6) განვსაზღვრეთ მანძილი (ღრეჩო) Δ მატრანსპორტირებელი არხის გამოსასვლელ ხვრელსა და ნართის მაფორმირებელი ძაბრის ზედაპირს შორის

როცა

$$d_{\text{მაბ}} = d_{\text{მატ}}, \quad \Delta = OD - r \quad \text{ან} \quad \Delta = \sqrt{r^2 + a^2} - r \quad (2.9)$$

სადაც α განისაზღვრება (2.6) ფორმულით, როცა

$$d_{\text{მატ}} > d_{\text{მაბ}}, \quad \Delta = OE - r \quad (2.10)$$

$$\text{ან} \quad \Delta = \sqrt{\left(r - \frac{d_T - d_\beta}{2}\right)^2 + \alpha^2} - r$$

როცა $d_{\text{მატ}} < d_{\text{მაბ}}, \quad \Delta = OG - r$

$$\Delta = \sqrt{\left(r - \frac{d_\beta - d_T}{2}\right)^2 + \alpha^2} - r \quad (2.11)$$

მიღებული ფორმულის პრაქტიკული გამოყენების მიზნით შეიძლება შემოთავაზებული იქნას მათი გრაფიკული ანალიზის მეთოდი. უნდა აღინიშნოს, რომ დასმული ამოცანის რამდენიმე ვარიანტი შეიძლება გამოითვალოს ეტაპობრივად.

განვიხილოთ მაგალითი. დავუშვათ მოცემული ნართის მაფორმირებელი ძაბრის პარამეტრებია $r = 7$ მმ და $d_a = 2$ მმ, მატრანსპორტირებელი არხის გამომსვლელი ხვრელის დიამეტრი $d_a = 2$ მმ, ღრეჩო $\Delta = 0,2r = 1,4$ მმ. ცნობილია გრეხვის პროცესის ტექნოლოგიური პარამეტრები, ცალწვერა ძაფის და გრეხილი ნართის მოძრაობის სიჩქარეთა თანაფარდობა $V_0/V = 1,01...1,03$. განვსაზღვრეთ მანძილი α , მატრანსპორტირებელი არხის გამომსვლელ ხვრელსა და მაფორმირებელ ძაბრს შორის

Δ ღრეჩოზე დამოკიდებულებით, β კუთხის ცვლილებისას ვადგენთ გრეხვის კუთხის მნიშვნელობასა და ცალწვერა და მიგრეხილი ნართის სიჩქერესთან დამოკიდებულებით მოცემულ ზღვრებს ფორმულით:

$$\cos \beta = \frac{1}{1,01} = 0,9901; \quad \beta = 8^{\circ}06';$$

$$\cos \beta = \frac{1}{1,02} = 0,9804; \quad \beta = 11^{\circ}24';$$

$$\cos \beta = \frac{1}{1,03} = 0,9709; \quad \beta = 13^{\circ}50';$$

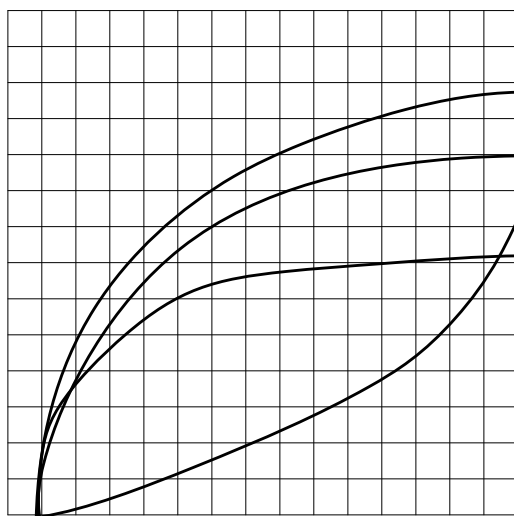
გამოთვლები α და Δ პარამეტრების r რადიუსთან დამოკიდებულებაში მოყვანილია 2.1. ცხრილში.

ცხრილი 2.1

პარამეტრების α და Δ მაჩვენებლები

γ°	α/r			Δ/r		
	β=8°06'	β=11°24'	β=13°50'	β=8°06'	β=11°24'	β=13°50'
0	0.708	0.1016	0.1213	0.0025	0.0051	0.0073
1	0.0995	0.1202	0.1489	0.0049	0.0072	0.0110
2	0.1346	0.1606	0.1790	0.0090	0.0128	0.0158
3	0.1802	0.1980	0.2137	0.0161	0.0194	0.0225
4	0.2422	0.2434	0.2539	0.0289	0.0289	0.0317
5	0.3422	0.2273	0.3010	0.0569	0.0433	0.0443
6	0.5264	0.3696	0.3579	0.1301	0.0661	0.0621
7	1.0307	0.4699	0.4294	0.4368	0.1049	0.0883
8	11.6799	0.6182	0.5211	10.7226	0.1756	0.1276
9		0.8778	0.6476		0.3306	0.1913
10		1.4492	0.8398		0.7607	0.3058
11		3.8905	1.1586		3.0169	0.5304
12			1.8265		-	1.0823
13			4.1132			3.2330

სურათზე 2.3 მოყვანილია მრუდები 1, 2 და 3,



რომელიც ახასიათებს γ კუთხის ცვლილებას α მანძილთან დამოკიდებულებაში. ყველა შემთხვევაში α მნიშვნელობის ზრდისას γ კუთხე იცვლება ცნობილ ზღვრამდე, რომელიც ტოლია შეგრეხვის β კუთხის. მე-4 მრუდი ახასიათებს Δ ღრეჩოს დამოკიდებულებას α მანძილთან. წარმოდგენილი მრუდები საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ ისინი ნომოგრამებად. მაგლითად, თუ დავაყენებთ Δ ღრეჩოს განსაზღვრულ სიდიდეს ძაფის ხაზობრივ სიმკვრივესთან დამოკიდებულებაში, შეიძლება მოვძებნოთ შესაბამისი α მანძილის სიდიდე და კუთხე γ ცალწვეროვანი და გრეხილი ნართისთვის სიჩქარის თანაფარდობისას.

ამგვარად: -დადგენილია გრეხვის სამკუთხედის პარამეტრებს, ნართის მაფორმირებელი ძაბრის და მატრანსპორტირებელი არხის დეტალებს შორის კავშირი. -შემოთავაზებულია გრაფიკული მეთოდი, რომელიც განსაზღვრავს ძირითადი დეტალების ურთიერთგანლაგებას, კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესში.

2.2 სართავ-საგრეხ მოწყობილობის მატრანსპორტირებელ არხში ძაფის ფორმისა და დაჭიმულობის განსაზღვრა

როგორც წინა პარაგრაფში იყო აღნიშნული, პნევმომექანიკურ სართავ-საგრეხ მოწყობილობაში კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესში [77; 83] უშუალოდ მონაწილეობს ძაბრი და მატრანსპორტირებელი არხი, ურთიერთქმედებაშია ძაფთან, რომელიც მოძრაობს რა მათ ზედაპირზე.

ძაფის მოძრაობის კანონზომიერება ნართის მაფორმირებელი ძაბრის ზედაპირზე საკმარისადაა გამოკვლეული სამუშაოებში [41;42;43;44;46;51] და არ მოითხოვს დამატებით ანალიზს. ამასთან ერთად საინტერესოა ბალონის ფორმის და პნევმომექანიკური სართავ-საგრეხი მოწყობილობის მატრანსპორტირებელ არხში ძაფის დაჭიმულობის თეორიული განსაზღვრა.

ნართის ფორმირების პნევმომექანიკური კამერული მეთოდის ერთ-ერთ განსაკუთრებულს წარმოადგენს პროცესის პარამეტრების უშუალოდ გაზომვა [61; 62; 78; 80]: ბალონის ფორმა და მატრანსპორტირებელ არხში ძაფის დაჭიმულობა, რომელიც უძრავადაა დამაგრებული სართავი მბრუნავი კამერის ხვრელში.

საინტერესოა მბრუნავი მოძრაობის თეორია ძაფის სხვადასხვა მდგომარეობის დროს. ძაფის მოძრაობის დროს იგი გადაითრევა (ტრანსპორტირდება) მუდმივი სიჩქრით $U = V_T$ ცილინდრული უძრავი არხის შესასვლელი ხვრელის საშუალებით და განლაგდება მის შიგა ზედაპირზე. ძაფი, რომელიც მიიზიდება ბრუნვით ნართმაფორმირებელი ძაბრის საგრეხ ზედაპირზე, აქვს მუდმივი ფარდობითი სიჩქარე. შედეგზე მოქმედებს ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა, ინერციის ძალა, ხახუნის ძალა ძაფის მოძრაობისას ზედაპირზე, რომელიც მოძრაობისას იღებს ორმაგი მრუდის ფორმას, რომელსაც ეწოდება ბალონი.

ბალონის თეორიაზე მუშაობდა მრავალი მეცნიერი, პირველად შეისწავლა ა.კ.მინაკოვმა [61; 62] და მას მიეძღვნა ბიბლიოგრაფია. [53; 11; 63; 70; 71]

შემოვიღოთ მბრუნავი OXYZ კოორდინატის სისტემა, უძრავი Z ღერძით, რომლითაც ბრუნავს ძაფი, ხოლო X და Y ღერძები განლაგებულია მის მართობულად. ამასთან ვთვლით რომ ძაფი არის იდეალურად მოქნილი და გაუჭიმავი. ინერციის ძალები უგულებელყოფილია.

ძაფის ბრუნვის მიმართულების არჩევისას და მისი ფარდობითი მოძრაობისას გვექნება

$$\vec{\omega} = -\omega_k, \quad \vec{u} = -u_T$$

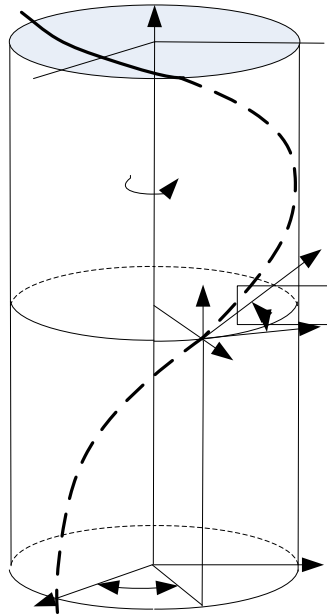
სადაც ω და u შესაბამის სიჩქრეთა მოდულია

k-z-ღერძებია

τ -ძაფის მხების ღერძია.

ამოცანის გადაწყვეტა ბევრადაა დამოკიდებული კოორდინატული სისტემის შერჩევაზე და მოცემულ შემთხვევაში მიზანშეწონილია შევირჩიოთ მბრუნავი ცილინდრული სისტემის კოორდინატები r, φ, z . სურათზე 2.4 ნაჩვენებია ეს კოორდინატები და პარამეტრები e_r, e_φ და e_z მიმართული საკოორდინატო ღერძებზე.

B



ნახ.2.4 მატრანსპორტირებელ არხში მბრუნავი ძაფის დაჭიმულობა

ძაფის წონასწორობის დიფერენციალური განტოლება კოორდინატთა ცილინდრულ სისტემაში

$$\begin{aligned} \frac{d}{ds} \left(T^* \frac{dr}{ds} \right) - T^* \left(\frac{d\varphi}{ds} \right)^2 + P_r^* &= 0 \\ \frac{d}{ds} \left(T^* r^2 \frac{d\varphi}{ds} \right) + r P_\varphi^* &= 0 \\ \frac{d}{ds} \left(T^* r^2 \frac{dz}{ds} \right) + P_z &= 0 \end{aligned} \quad (2.12)$$

ამ განტოლებაში

$$T^* = T - \mu u^2 \quad (2.13)$$

T- (მოძრავი) მხვევადი ძაფის დაჭიმულობაა.

X

და P_r^* , P_φ^* , P_z^* შესაბამისი გეგმილი P^* ყვალა ძალის ტოლქმედი, რომელიც შედის

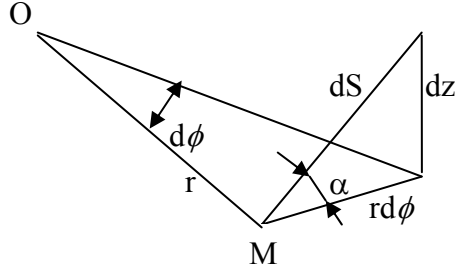
A

(2.12) განტოლებაში ინერციის ძალების ჩათვლით.

ცილინდრული კოორდინატების r, φ, z წერტილები წრფეზე უნდა აკმაყოფილებდეს არა წრფივ კავშირს

$$\left(\frac{dr}{ds} \right)^2 + r^2 \left(\frac{d\varphi}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dz}{ds} \right)^2 = 1 \quad (2.14)$$

საკოორდინატო ღერძის მიმართულებაზე ვექტორის გეგმილი (ღერძებზე) განისზღვრება ტოლობით (გან. სურ 2.5)



ნახ. 2.5 ძაფზე მოქმედი ძალები

$$\bar{\tau}_r = \frac{dr}{ds} = 0; \quad \bar{\tau}_\phi = r \frac{d\phi}{ds} = \cos \alpha; \quad \bar{\tau}_z = r \frac{dz}{ds} = \sin \alpha; \quad (2.15)$$

შემოტანილი α კუთხის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ პარამეტრები z , ϕ , α ავტომატურად აკმაყოფილებს კავშირის ტოლობებს (2.14)

ახალ დამოკიდებულ ცვალებად კოორდინატად შემოვიღოთ z და შემოვიღოთ დიფერენციალური ოპერატორი.

$$\frac{d}{ds} = \sin \alpha \frac{d}{dz} \quad (2.16)$$

განტოლების (2.15)-ის მეორე და მესამე ტოლობების გამოყენებით ვიპოვიოთ

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\phi}{dz} &= \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{r} \\ \frac{ds}{dz} &= \frac{1}{\sin \alpha} \end{aligned} \right\} \quad (2.17)$$

განტოლებების (2.15.17) დახმარებით გარდაიქმნება (2.12) სისტემა. გვექნება

$$\begin{aligned} \sin \alpha \frac{d}{dz} (T^* r \cdot \cos \alpha) + r P_\phi^* &= 0 \\ \sin \alpha \frac{d}{dz} (T^* \sin \alpha) + r P_z^* &= 0 \end{aligned} \quad (2.18)$$

განტოლება (2.18) შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი ფორმულით

$$\begin{aligned} \sin \alpha \left[r \left\{ \cos \alpha \frac{dT^*}{dz} + T^* \cdot r \frac{d}{dz} (\cos \alpha) \right\} + r P_\phi^* \right] &= 0 \\ \sin \alpha \left[\sin \alpha \frac{dT^*}{dz} + T^* \frac{d}{dz} (\sin \alpha) \right] + P_z^* &= 0 \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\begin{cases} \sin \alpha r \cdot \cos \alpha \frac{dT^*}{dz} + T^* \cdot \sin \alpha \frac{d}{dz} (\cos \alpha) + P_\phi^* = 0 \\ \sin \alpha \frac{dT^*}{dz} + T^* \cdot \sin \alpha \frac{d}{dz} (\sin \alpha) + P_z^* = 0 \end{cases} \quad (2.20)$$

მხედველობაში მივიღებთ, რომ

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dz}(\cos \alpha) &= -\sin \alpha \frac{d\alpha}{dz} \\ \frac{d}{dz}(\sin \alpha) &= \cos \alpha \frac{d\alpha}{dz} \end{aligned} \right\} \quad (2.21)$$

გათვალისწინებით (2.20) და (2.21)-ის მივიღებთ

$$\left\{ \begin{aligned} \sin \alpha \cdot (\cos \alpha) \frac{d}{dz} - T^* \cdot \sin^2 \alpha \frac{d\alpha}{dz} (\cos \alpha) + P_\phi^* &= 0 \\ \sin^2 \alpha \frac{dT^*}{dz} + T^* \sin \alpha \cos \alpha \frac{d\alpha}{dz} + P_z^* &= 0 \end{aligned} \right. \quad (2.22)$$

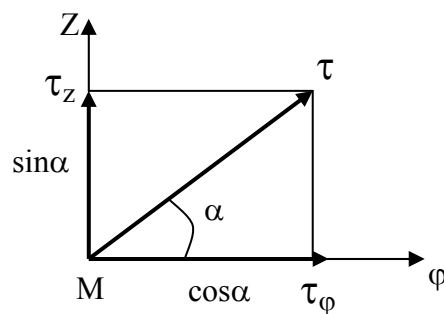
პირველი განტოლება(2.22)-ის გავყოთ $\sin \alpha$ და გავამრავლოთ $\cos \alpha$ ორივე განტოლების შედარებით, მივიღებთ

$$\left\{ \begin{aligned} \cos^2 \alpha \frac{dT^*}{dz} - T^* \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \frac{d\alpha}{dz} + P_\phi^* - \text{ctg} \alpha &= 0 \\ \sin^2 \alpha \frac{dT^*}{dz} + T^* \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \frac{d\alpha}{dz} + P_z^* &= 0 \end{aligned} \right. \quad (2.23)$$

ანალოგიური შედეგები უნდა იქნეს განტოლებიდან

$$\frac{dT^*}{ds} + \bar{P}_\tau = 0$$

სადაც P გარე ძალების გეგმილია τ მიმართულებაზე (გან.სურ.2.6)



ნახ. 2.6 ძაფზე მოქმედი ძალები

$$\bar{P}_\tau = P_\phi^* \cdot \cos \alpha + P_z^* \cdot \sin \alpha$$

ან გათვალისწინებით

$$\sin \alpha \frac{dT^*}{dz} = -P_\phi^* \operatorname{ctg} \alpha - P_z^* \sin \alpha \quad (2.24)$$

განტოლების (2.24)-ის $\sin \alpha$ -ზე გაყოფით, მივიღებთ

$$\frac{dT^*}{dz} - P_\phi^* \operatorname{ctg} \alpha - P_z^*$$

მეორე განტოლების (2.22) $\sin \alpha$ -ზე გაყოფით და $\cos \alpha$ -ზე გამრავლებით, გამოვთვალოთ პირველიდან და ა.შ.

$$\sin \alpha \cdot \cos \alpha \frac{dT^*}{dz} - T^* \sin^2 \alpha \frac{d\alpha}{dz} + P_\phi^* = 0$$

$$\sin \alpha \cdot \cos \alpha \frac{dT^*}{dz} + T^* \cos^2 \alpha \frac{d\alpha}{dz} + P_z^* \operatorname{ctg} \alpha = 0$$

გვექნება

$$T^* \sin^2 \alpha \frac{d\alpha}{dz} - P_\phi^* + T^* \cos^2 \alpha \frac{d\alpha}{dz} + P_z^* \operatorname{ctg} \alpha = 0$$

ან

$$T^* \frac{d\alpha}{dz} = P_\phi^* - P_z^* \operatorname{ctg} \alpha$$

საბოლოოდ

$$\frac{d\alpha}{dz} = \frac{P_\phi^* - P_z^* \operatorname{ctg} \alpha}{T^*} \quad (2.25)$$

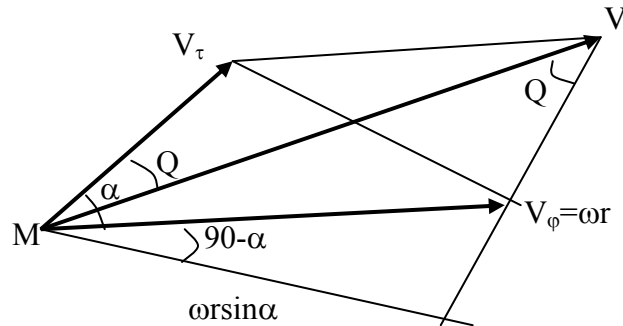
ამგვარად (2.12) და (2.14) არაწრფივი განტოლებიდან მიღებულია სამი პირველი რიგის განტოლება

$$\left. \begin{aligned} \frac{dT}{dz} &= -P_\phi^* - \operatorname{ctg} \alpha - P_z^* \\ \frac{d\phi}{dz} &= \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{r}; \\ \frac{d\alpha}{dz} &= \frac{P_\phi^* - P_z^* \operatorname{ctg} \alpha}{T^*} \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

განვიხილოთ ძალები, რომელიც შედის P^* -ში, ამისათვის შემოვიღოთ შემდეგი დაშვება: რომ ინერციის და დაჭიმვის ძალები შეიძლება უგულებელვყოთ, მაშინ ძაფზე უნდა იმოქმედოს ცენტრიდანულმა ძალამ, რომელიც რიცხობრივად ტოლია $\mu w^2 r$ და მიმართულია r რადიუსის გასწვრივ მბრუნავი ღერძიდან, ნორმალური წნევის ზედაპირის მხრიდან, რომელიც ზღვრული წონასწორობის შემთხვევაში ტოლია $\mu w^2 r$ ასევე მიმართულია რადიუსის გასწვრივ, მაგრამ საწინააღმდეგო მიმართულებით;

ხახუნის ძალა, რომელიც მიმართულია m წერტილის მოძრაობის v სიჩქარის ვექტორის საწინააღმდეგო მიმართულებით და ტოლია $-k\mu w^2 r$.

M წერტილის მოძრაობის v სიჩქარე (გან.სურ.2.7) ვიპოვოთ, როგორც



ნახ. 2.7 ძაფზე მოქმედი ძალები

$$\vec{V} = \vec{V}_\tau + \vec{V}_\phi$$

სადაც v_r ძაფის ზღვრული მოძრაობის სიჩქარე

v ძაფის მოძრაობის სიჩქარე ბრუნვისას w სიხშირით

$$V_\phi = wr$$

წერტილის მოძრაობის სიჩქარე შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი სახით

$$V = \sqrt{(wr + V_\tau \cdot \cos \alpha)^2 + V_\tau^2 \cdot \sin^2 \alpha}$$

ან

$$V = \sqrt{(wr)^2 + 2wrV_\tau \cdot \cos \alpha + V_\tau^2} \quad (2.27)$$

ვიპოვოთ ტოლქმედის გეგმილები

$$P_z^* = -k\mu w^2 r \cdot \sin(\alpha - \theta)$$

$$P_\phi^* = -k\mu w^2 r \cdot \cos(\alpha - \theta) \quad (2.28)$$

სადაც Q ხახუნის ძალის დახრის კუთხეა M წერტილის მხების მიმართულებიდან

დავუშვათ $\alpha - \theta = \psi$

$$\sin \psi = \frac{v_\tau \cdot \sin \alpha}{v}$$

$$\cos \psi = \frac{wr + v_\tau \cdot \cos \alpha}{v} \quad (2.29)$$

შემოვიტანოთ (2.28) გეგმილის მნიშვნელობა (2.29) გათვალისწინებით (2.26)-ში გვექნება

$$\frac{dT^*}{dz} = k\mu w^2 r \cdot \frac{wr + v_\tau \cdot \cos \alpha}{v} \cdot \operatorname{ctg} \alpha + k\mu w^2 r \frac{v_\tau \sin \alpha}{v}; \quad \frac{d\varphi}{dz} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{r};$$

$$\frac{dT^*}{dz} = \left(-k\mu w^2 r \cdot \frac{wr + v_\tau \cdot \cos \alpha}{v} + k\mu w^2 r \frac{v_\tau \sin \alpha}{v} \operatorname{ctg} \alpha \right) \frac{1}{T^*} \quad (2.30)$$

ამოცანის სრული ამოხსნისათვის დავაყენოთ ზღვრული პირობა $\alpha = \alpha_0$; $\varphi = 0$; $z = 0$; $T^* = T_0^*$ A წერტილში.

ამოცანა შეიძლება გავამარტივოთ, შემოვიღოთ $v_\tau = 0$ ეს დაშვება საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ამოცანის ანალიზური გადაწყვეტა, რომელიც მოსახერხებელია მოდელის გამოსაკვლევად.

ამ შემთხვევაში (2.30) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\frac{dT^*}{dz} = k\mu w^2 r \cdot \operatorname{ctg} \alpha; \quad \frac{d\varphi}{dz} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{r}; \quad \frac{dT^*}{dz} = \frac{k\mu w^2 r}{T^*}; \quad (2.31)$$

გარდაქმნებით (2.31) მესამე განტოლებას ექნება შემდეგი სახე

$$dz = -\frac{T^*}{k\mu w^2 r} - d\alpha; \quad (2.32)$$

(2.3)-ის ჩასმით შემდეგ (2.31)-ის პირველ განტოლებაში მივიღებთ

$$\frac{dT^*}{d\alpha} + T^* \operatorname{ctg} \alpha = 0$$

ე.ი. წრფივი დიფერენცირებული განტოლება მარჯვენა ნაწილის გარეშე, მიიღებს სახეს

$$T^* = c \cdot e - \int_{\alpha_0}^{\alpha} \operatorname{ctg} \alpha d\alpha$$

გამოითვლება რომ

$$C = T_0^*, \quad e = \frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha}$$

მივიღებთ

$$T^* = T_0^* \cdot \frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha} \quad (2.33)$$

ჩავწეროთ მესამე განტოლება (2.31) (2.32)-ის გათვალისწინებით:

რომელიც მოსახერხებელია ინტეგრირებისათვის, მივიღებთ

$$dz = -\frac{T_o^*}{k\mu w^2 r} \cdot \frac{\sin \alpha_o}{\sin \alpha} \cdot d\alpha \quad (2.34)$$

განტოლების (2.34) ინტეგრირებით იქნება

$$z = -\frac{T_o^* \cdot \sin \alpha_o}{k\mu w^2 r} \int_{\alpha_o}^{\alpha} \frac{d\alpha}{\sin \alpha}$$

ან

$$z = -\frac{T_o^* \cdot \sin \alpha_o}{k\mu w^2 r} \operatorname{entg} \frac{\alpha}{2} - \operatorname{entg} \frac{\alpha_o}{2}$$

საიდანაც

$$\alpha = z \operatorname{arctg} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha_o}{2} e^{\frac{zk\mu w^2 r}{T_o^* \cdot \sin \alpha_o}} \right)$$

ჩავიწეროთ (2.31)-ის მეორე განტოლება (2.34)-ის გათვალისწინებით მივიღებთ

$$d\varphi = -\frac{T_o^* \cdot \sin \alpha_o}{k\mu w^2 r^2} \cdot \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sin \alpha} \cdot d\alpha \quad (2.35)$$

განტოლების (2.35) ინტეგრირებით იქნება

$$\varphi = -\frac{T_o^* \cdot \sin \alpha_o}{k\mu w^2 r^2} \int_{\alpha_o}^{\alpha} \frac{\cos \alpha}{\sin^2 \alpha} d\alpha$$

ზღვრების პირობა $\varphi=0$ როცა $z=0$ გათვალისწინებით

$$\varphi = -\frac{T_o^* \cdot \sin \alpha_o}{k\mu w^2 r^2} \left(-\frac{1}{\sin \alpha} + \frac{1}{\sin \alpha_o} \right) = -\frac{T_o^* \cdot \sin \alpha_o}{k\mu w^2 r^2} \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \quad (2.36)$$

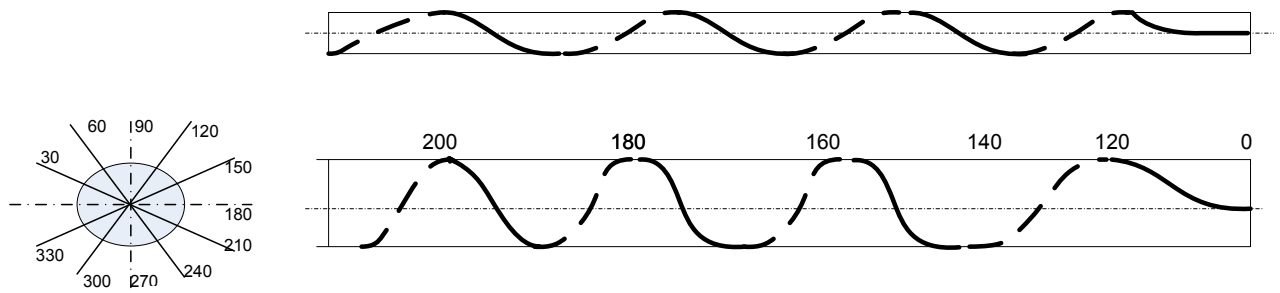
მიღებული შედეგები ნაჩვენებია ცხრილი 2.2-ში

ცხრილი 2.2

ბალონის ფორმის და პნევმომექანიკურ სართავ-საგრები მოწყობილობის მატრანსპორტირებელ არხში ძაფის დაჭიმულობის მაჩვენებლები.

Z მმ	T* გ	φ		α რად
		რად	°C	
0.0000	1.00000	0.00000		1.57079
0.01000	1.00000	1.10001	5.73	1.53080
0.02000	1.00320	0.40021	22.9	1.49088
0.03000	1.00720	0.90108	51.5	1.45108
0.04000	1.01282	1.60341	91.7	1.41147
0.05000	1.02006	2.50834	143.0	1.37211
0.06000	1.02893	3.61731	206.8	1.33306
0.07000	1.03945	4.93210	282.4	1.29438
0.08000	1.05163	6.45480	9.6	1.25612
0.09000	1.06350	8.18786	108.7	1.21832
0.10000	1.08107	10.13405	220.4	1.18105
0.11000	1.09837	12.29648	344.2	1.14434

გრაფიკული გამოსახულება ძაფის მოძრაობისა პნევმომექანიკური მოწყობილობის მატრანსპორტირებელ არხში ნაჩვენებია ნახ. 2.7



ნახ. 2.8 პნევმომექანიკურ მანქანაზე მატრანსპორტირებელ არხში ძაფის მოძრაობა

3. პნევმომექანიკურ სართავ-საგრებ მოწყობილობაში კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესის ექსპერიმენტალური გამოკვლევა

3.1 ძაბრის გეომეტრიული პარამეტრების ცვლილების გავლენა ნართის დაჭიმულობაზე

ნართის მაფორმირებელი მოწყობილობის ზედაპირის კონსტრუქციის თავისებურებამ შეიძლება მოახდინოს არსებითი გავლენა პნევმომექანიკური ნართის თვისებების და ფორმირების პროცესზე [43;44]. ამავე დროს ნართის მაფორმირებელი მოწყობილობის ზედაპირისა და მასზე მოძრავი ნართის ურთერთქმედების მექანიზმი, რომლებთა შორის ყველაზე მეტად მნიშვნელოვანი და ხელმისაწვდომია გასაზომად დაჭიმულობა. [45;46;50;51]

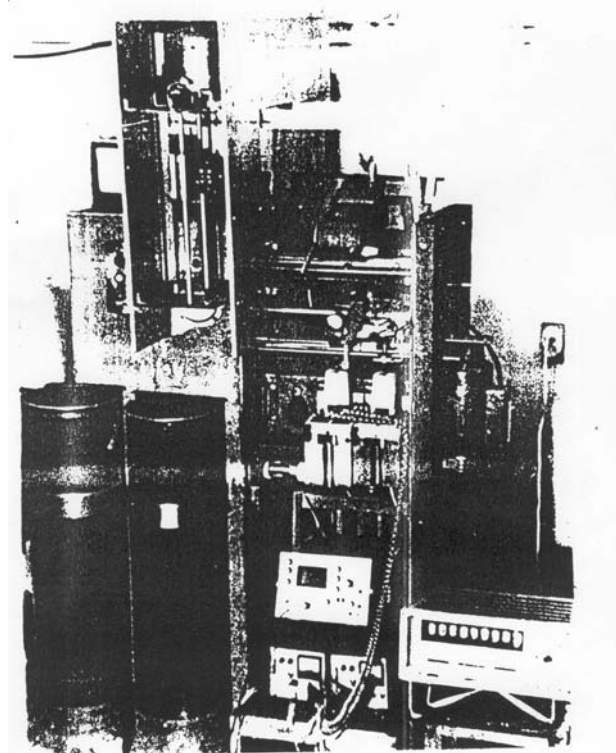
ჩვენი მიზანია განვსაზღვროთ სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირის და ნართის მაფორმირებელი მოწყობილობის კონსტრუქციული შესრულების ზედაპირის ხასიათის და ხარისხის გავლენა ნართის დაჭიმულობაზე. ნართის ფორმირებას ვახდენთ ПИМ მანქანის პნევმომექანიკურ სართავ მოწყობილობაში, ერთგამომშვებიან ექსპერიმენტალურ სტენდზე, მკვებავ ლენტად გამოყენებულია შალის ბოჭკოს ლენტა (უხეში თუშური მატყლი და ანავარცხნი). სტენდის გაწყობის პარამეტრები მოყვანილია ცხრილში 3.1.

ცხრილი. 3.1

მანქანა ППМ-ის ერთგამომშვებიან სტენდის გაწყობის პარამეტრები

პარამეტრები	განზომილება	ზომა
სართავი კამერის დიამეტრი	მმ	54
სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირე	10^3 წთ^{-1}	40...60
ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე	ტექსი	25
ნართის გრეხვის კოეფიციენტი	-	50
ბოჭკოს შტაპელური სიგრძე	მმ	32

საერთო სახე ექსპერიმენტალური სართავ-საგრები სტენდის წარმომადგენელია 3.1 სურათზე.



სურ. 3.1. პნევმომექანიკური სართავ-საგრები მანქანის სტენდი

სართავი კამერის ბრუნვის სიჩქარის შეცვლა ხორციელდება ნართის გამოშვების სიჩქარის ცვლილებისას. ნართის მაფორმირებელი მოწყობილობის კონსტრუქციის ვარიანტი მოყვანილია ცხრილში 3.2

ცხრილი 3.2

მანქანის ნართგამყვანი მოწყობილობის პარამეტრები

	ზედაპირის ხასიათი	ზედაპირის რადიუსი, მმ	სპირალის რადიუსი, მმ	შესვლის რიცხვი
1	გლუვი (სწორი)	4		
2	გლუვი	8		
3	სპირალით	4	0,5	2
4	სპირალი	8	0,5	4

1 და 2 ვარიანტისათვის გამოვიყენეთ ППМ მანქანის სერიული ნართის მაფორმირებელი მოწყობილობა. 3 და 4 ვარიანტი წარმოადგენს ექსპერიმენტს,

რომელიც განკუთვნილია შესაბამისად პნევმომექნიკურ სართავ მოწყობილობაში ცალწვერა და გრეხილი ნართის წარმოებისათვის.

დაჭიმულობის გაზომვას ვაწარმოებთ გამომშვები ლილვის წინა უბანზე ტენზომეტრული გადამწოდის დახმარებით, რომელშიც ჩართულია გამამლეიერებელი YT-4 ჩაწერა მოვახდინეთ 50 მ/წმ თვითმწურით.

გაზომვის შედეგების სტატისტიკური დამუშავების შედეგად მიღებულია რეგრესიის განტოლება, რომელიც ახასიათებს დაჭიმულობის ცვლილებისას, სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირეზე დამოკიდებულებით ΠΠМ ტიპის მანქანის ნართის მაფორმირებელი მოწყობილობის ზედაპირის კონსტრუქციული შესრულების განსხვავებული ვარიანტისათვის:

$$Y_{P1}=97,82-39,3X+5,56X^2$$

$$Y_{P2}=205,8-81,8X+10X^2$$

$$Y_{P3}=111,5-45,86X+6,72X^2$$

$$Y_{P4}=45,73-19,48X+4,16X^2$$

სადაც $Y_{P1}... Y_{P4}$ – ნართის დაჭიმულობის საანგარიშო მნიშვნელობაა გ-ში.

X- სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირე 10^4 წმ⁻¹.

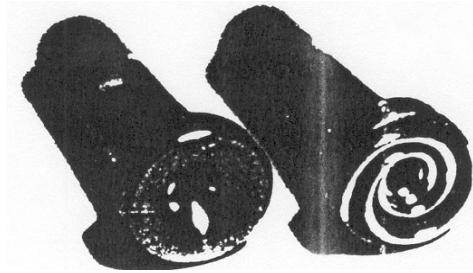
ნართის დაჭიმულობის ფაქტიური და მათი შესაბამისი საანგარიშო მნიშვნელობა წარმოდგენილია ცხრილში 3.3.

ცხრილი 3.3

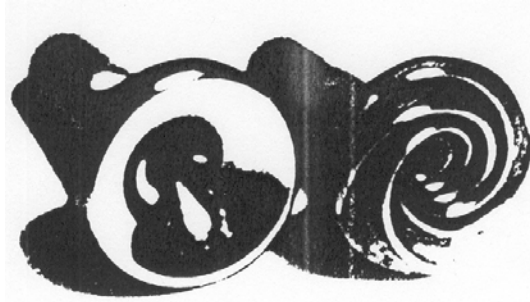
მოწყობილობაში ნართის დაჭიმულობის ცვლილების შედეგები

კამერის ბრუნვის სიხშირე, წმ ⁻¹	ნართის დაჭიმულობა, გ. კამერის სიჩქარის ცვლილებასთან							
	1		2		3		4	
	ფაქტ.	საანგ.	ფაქტ.	საანგ.	ფაქტ.	საანგ.	ფაქტ.	საანგ.
40000	28,0	29,5	37,0	38,6	36,0	35,6	32,5	34,2
45000	37,5	33,5	45,0	40,2	40,0	41,2	43,5	42,3
50000	38,0	40,3	42,0	46,8	51,0	50,1	55,0	52,3
55000	49,0	49,8	60,0	58,4	62,5	62,5	63,0	64,4
60000	63,0	62,1	75,0	75,0	78,0	78,2	78,0	78,6

დავადგინეთ დაჭიმულობის სიდიდეებს შორის მნიშვნელობა 1 და 2, 2 და 4, 3 და 4 ვარიანტისათვის $50\ 000$ წმ⁻¹ სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირისას, სტიუდენტის კრიტერიუმის დახმარებით.

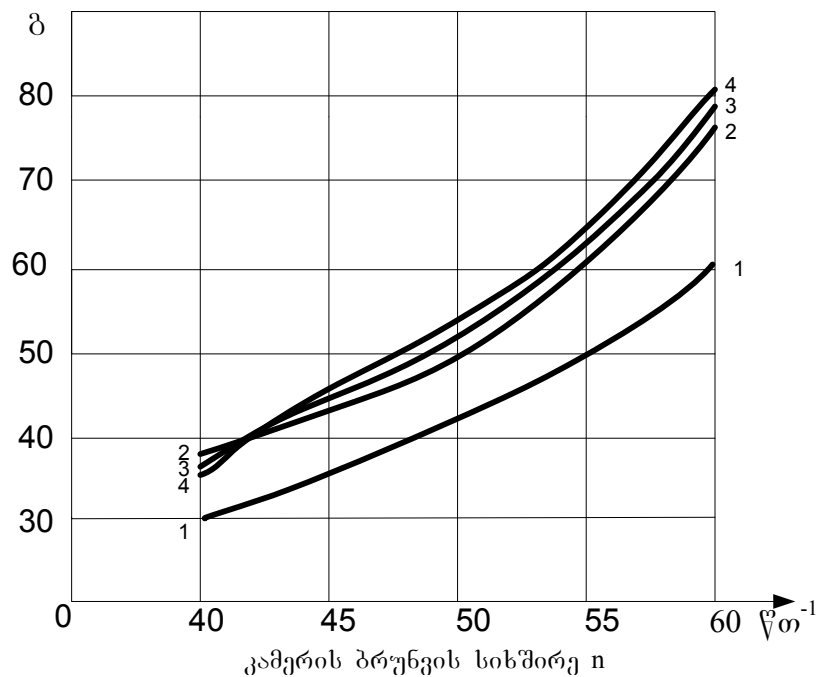


სურ. 3.3 ნართმაფორმირებელი მოწყობილობა (1.3 ვარიანტი)



სურ. 3.3 ნართმაფორმირებელი მოწყობილობა (2.4 ვარიანტი)

ამგვარად ექსპერიმენტალურად დადგენილია ნართის დაჭიმულობის პარაბოლური ხასიათის ნახ. 3.4



ნახ.3.4 ძაფის დაჭიმულობის დამოკიდებულება სართავი კამერის ბრუნთა რიცხვთან

დამოკიდებულება სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირეზე, ამისათვის 40-დან 60 ათასი წთ⁻¹ – მდე ბრუნვის სიხშირის ცვლილებით დაჭიმულობა იზრდება დაახლოებით 2-ჯერ. დაჭიმულობის გაზრდა მიმდინარეობს შესასვლელი ხვრელის

რადიუსის გაზრდისას 1 და 2 ვარიანტში, მაგრამ მისი მნიშვნელობა მცირდება სპირალის არსებობისას 3 და 4 ვარიანტში. გადასვლა გლუვი (სწორი) ზედაპირის გამოსასვლელი ხვრელიდან სპირალურზე იწვევს დაჭიმულობის უფრო დიდი მნიშვნელობით გაზრდას 1 და 3 ვარიანტში.

მამასადამე, ნართის დაჭიმულობის მუდმივობის შესანარჩუნებლად ნართის მაფორმირებელი მოწყობილობის გლუვი ზედაპირიდან სპირალურზე გადასვლისას, აუცილებელია სართავი კამერის ბრუნვის რიცხვის შემცირება.

მირებული ნართის ფიზიკო მექანიკური თვისებები ორივე შემთხვევაში ნაჩვენებია ცხრილი 3.4-ში

ცხრილი 3.4

ნართის ფიზიკო მექანიკური თვისებები

თვისებები	ნართის მაფორმირებელი					
	გლუვი			სპირალური		
ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე ტექსი	15,4	18,5	25,0	15,4	18,6	25,0
ნართის გრესვის კოეფიციენტი	50,6	50,6	50,6	46,5	46,5	46,5
ფარდობითი გამგლეჯი დატვირთვა გნ/ტექსი	6,94	7,04	8,0	6,35	7,5	8,5
ვარიაციის კოეფიციენტები სხვადასხვა დატვირთვისას,%	15,4	16,2	13,7	21,0	16,7	15,6
ფარდობითი წაგრძელება,%	4,5	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8
ვარიაციის კოეფიციენტი წაგრძელებისას	16,0	14,3	13,5	13,5	13,5	13,0
უთანაბრობა უსტერზე	21,0	20,7	20,0	18,0	18,6	19
გაწვრილებული ადგილების რიცვი	30,0	30,0	24,0	28,0	22,0	14,0
გამსხვილებული ადგილების რიცხვი	73,0	56,0	59,0	60,0	50,0	38,0
ნაკვეთის რიცხვი	236,0	184,0	128,0	141,0	125,0	122,0

$$n=50000 \text{ წთ}^{-1}$$

3.2 ნართის ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა ზედაპირზე მოძრაობისას

ცნობილია ხახუნის კოეფიციენტის დამოკიდებულება სხვადასხვა ფაქტორებზე, რომელიც განსაზღვრავს ძაფის ზედაპირის და ძაბრის ურთიერთქმედების ხასიათს [56; 57]. დიდი მნიშვნელობა აქვს ძაფის მოძრაობის სიჩქარეს. განასხვავებენ უძრაობის ხახუნის კოეფიციენტს და მოძრაობისას ხახუნის კოეფიციენტს გარე ძალების მოქმედებისას.

პნევმომექანიკური სართავი მოწყობილობის ერთ-ერთ ძაფგამტარს წარმოადგენს ნართმაფორმირებელი ძაბრი. რის გამოც ძაფის მოძრაობის სიჩქარის აბსოლუტური მნიშვნელობა დაახლოებით შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით

გლუვი ზედაპირისათვის
$$V = \sqrt{V^2 \phi + u^2} = \sqrt{u^2 + W^2 r^2}$$

სპირალურისათვის
$$V = \sqrt{(ctg \cdot wr_0 \rho^{ctg\alpha-wt} + u)^2 + w^2 r^2}$$

სადაც u - ძაფის მოძრაობის ღერძული სიჩქარე. (გამოშვების სიჩქარე)

v - ძაფის მოძრაობის წრიული (ტორსული) სიჩქარე კამერის ბრუნვისას

α - სპირალის აწევის კუთხე.

აშკარაა, რომ α კუთხის სიდიდის ნებისმიერი მნიშვნელობისას ნართის მოძრაობის სიჩქარე სპირალურ ზედაპირზე იქნება უფრო მაღალი ვიდრე გლუვზე.

გარდა ამისა გასათვალისწინებელია, რომ ძაბრის გლუვი შესასვლელი ხვრელიდან გადასვლისას სპირალურზე შესაბამისად მცირდება ზედაპირთან ნართის კონტაქტი ე.ი. შესაბამისად იცვლება კუთრი წნევა და ხახუნის კოეფიციენტი.

ჩვენს მიერ ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის შექმნილია ორიგინალური მოწყობილობა.

მოწყობილობა შედგება მართვის და საზომი ბლოკისაგან. მართვის ბლოკს აქვს რევერსული ელექტროძრავი, მისი ლილვის ერთ ბოლოზე დადგმული საცვლელი ბლოკით 31.83 მმ დიამეტრის ღარით. ღარის დიამეტრი გაანგარიშებულია იმგვარად, რომ მის ერთ ბრუნზე მიმდინარეობს გადაადგილება 0.1 მ-ზე ან 100 წთ⁻¹ ბრუნვის სიხშირეზე, რომელიც უზრუნველყოფს სიჩქარის მოძრაობას 110 მ/წთ.

ელექტროძრავის როტორის მაქსიმალური ბრუნვის სიხშირისას (8000წთ⁻¹) წარმოიქმნება პნევმოქანიკურ სართავი მანქანის ნართგანყვანი ძაბრის მუშაობის სიჩქარული რეჟიმი. ბლოკი შეიცავს ტახომეტრულ ფოტოგადამწოდს, ბლოკის ბრუნვის სიხშირის შესაცვლელად, ტრანსფორმატორს, ტენზომეტრულ მილამწოდს ჩამჭერით ძაფის ფიქსაციისათვის, ვოლტმეტრს ბლოკის ბრუნვის სიხშირის გასაზომად, ვოლტმეტრს გამოსასვლელი სიგნალის სიდიდის გასაზომად, რომელიც შეესაბამება ძაფის დაჭიმულობას, ელექტროძრავის ბრუნვის მიმართულების გასაზომ ტუმბლერს და სასიგნალო ნათურას.

გამზომ ბლოკად გამოიყენება ტენზოგამამღიერებელი YT-4, რომლის ხიდურ სქემაში ჩაირთვება მართვის ბლოკის ტენზომეტრული გადამწოდი. მოწყობილობა შედგება შემდეგი ბლოკებიდან.

ძრავის ბლოკი, ობტიურატორით (შემზღუდვით) ლილვის უკანა ბოლოზე და მის წინა ბოლოზე, სიხშირის საზომი ბლოკი ფოტოგადამწოდით და

ტენზოგამამლიერებელი ბლოკი ისრული მოწყობილობით. ძრავის ბლოკი შედგება საკუთარი-ძრავისაგან, უნივერსალური YOA ტიპის მარეგულირებადი უნივერსალური ძრავისაგან, რომელიც იმართება AATP ტიპის ავტოტრანსფორმატორით. ლილვის უკანა ბოლოზე დამაგრებულია აბტიურატორი შემზღუდი ხვრელით, რომელიც ემსახურება სიხშირის იმპულსურ გადამწოდს.

სიხშირის საზომი ბლოკი შედგება ფოტოგადამწოდის ნათურისაგან და ფოტოდიოდისაგან, რომელიც ანალოგიურია სიხშირის საზომი ტრანზისტორის. ტრანზისტორი I საწყის მდგომარეობაში დაკეტილია. ფოტოდიოდზე სინათლის მოხვედრისას ტრანზისტორი გაიღება და რეზისტორზე წარმოიქმნება დადებითი იმპულსი. ის დიფერენცირდება ჯაჭვით, რომელიც შედგება კონდენსატორისაგან C_3 და ტრანზისტორის შემავალი ჯაჭვის წინაღობისაგან. ტრანზისტორი იღება ძაბვით სიხშირის გამოსასვლელზე პრაქტიკულად ძრავის ბრუნვის სიხშირის პროპორციულად.

ტენზოგამამლიერებელი ბლოკი შედგება ტენზოგადამწოდიდან და საკუთრივ YT-4 ტიპის ტენზოგამამლიერებლისაგან ისრული მოწყობილობით.

ტენზოგადამწოდი შედგება ორი ტენზისტორისაგან, რომელიც ჩართულია ნახევარხიდური სქემით და მიერთებულია ტენზოგამამლიერებელი. ტენზოგამამლიერებელი საკუთარ მოწყობილობაზე დიდ შკალიანი მიკროამპერმეტრის P_2 დამატებით აუმჯობესებს ჩვენების წაკითხვას. P_2 მოწყობილობის მგრძნობიარობის რეგულირებისათვის აქვს ცვლადი რეზისტორი.

ძაფის დაჭიმულობის გაზომვის დაწყების წინ ხორციელდება მოწყობილობის ტარირება ვოლტმეტრის ჩვენების ფიქსირების შესაბამისად გამომავალი სიგნალის მნიშვნელობის გასაზომად, რომლის მიხედვითაც ვაგებთ ტარირების მრუდს.

ტარირების დროს მართვის ბლოკი შემობრუნდება 90° იმგვარად, რომ ძაფი, რომელიც ჩამაგრებულია ტენზომეტრული გადამწოდის ჩამჭერში განლაგდება სწორხაზოვნად, ისე რომ ბლოკმა არ განიცადოს დეფორმაცია.

ხახუნის კოეფიციენტის ცვლილების გაზომვის მეთოდიკა რადის მოძრაობისას მდგომარეობს შემდეგში: გამოსასვლელი ძაფის საზომი უბანი ფიქსირდება ტენზომეტრული გადამწოდის ჩამჭერის ერთ ბოლოში, შემოეხვევა ბლოკის ღეროს 90° კუთხით, ხოლო ძაფის მეორე ბოლოზე მაგრდება განსაზღვრული წონის ტვირთი, რომელიც ქმნის დაჭიმულობას T და განსაზღვრავს ბლოკში დაწოლას. ჩაერთვება

ელექტროძრავი ტრანსპორტირების დახმარებით, ვოლტმეტრის ჩვენების მიხედვით დადგინდა ბლოკის აუცილებელი ბრუნვის მეორე ვოლტმეტრის ჩვენებისა და ტარირების გრაფიკის მეშვეობით განისაზღვრება ძაფის დაჭიმულობა T მოძრაობისას ხახუნის კოეფიციენტი გაიანგარიშება ეილერის ფორმულის გამოყენებით $T_2 = T_1 e^{K\phi}$ საიდანაც

$$K = \frac{\ln T_2 - \ln T_1}{\phi}$$

სადაც K – ხახუნის კოეფიციენტი მმ.

ϕ - ძაფის ღუნვის კუთხე

T - ძაფის დაჭიმულობა

უნდა აღინიშნოს, რომ ბლოკის უძრაობისას ხახუნის კოეფიციენტი არ იზომება.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენს 25 ტექსი (40) ხაზობრივი სიმკვრივის შალის ნართი, ბლოკის მასალას წარმოადგენს ნახშირბადოვანი ფოლადი, რომელიც გამოიყენება ნართგამტარი მოწყობილობის დასამზადებლად, ყოველი დისკრეტული გაზომვისას ნართის უბანი განახლდება.

მოძრაობის ხახუნის კოეფიციენტის გაზომვის შედეგებში მოყვანილი მეთოდით მიღებულია მისი მნიშვნელობა ძაფის წნევისა და მოძრაობის სიჩქარეზე დამოკიდებულებით, რომელიც წარმოდგენილია 3.4 ცხრილში

ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება (3.1) ფორმულაში.

მიღებული შედეგების ანალიზი ამყარებს ემპირიულ დამოკიდებულებას ხახუნის კოეფიციენტს, ძაფის დაწოლას და ძაფგამომტან ძაბრის ზედაპირს შორის 100,200,300 და 400 მ/წთ მოძრაობის სიჩქარისას:

V=100მ/წმ,	K=1,143 P ^{-0.5533} ;
V=200მ/წმ,	K=1,143 P ^{-0.4632} ;
V=300მ/წმ,	K=1,143 P ^{-0.4382} ;
V=400მ/წმ,	K=1,143 P ^{-0.3870} ;

ცხრილი (3.4)

ხახუნის კოეფიციენტის თეორიული მნიშვნელობა ძაფის წნევისა და მოძრაობის სიჩქარეზე დამოკიდებულებით

მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ.	წნევა, ძ.				
	5	10	20	30	40
100	0,4413	0,3251	0,2270	0,1692	0,1522

200	0,4413	0,3251	0,2502	0,2121	0,1623
300	0,4413	0,3251	0,2502	0,2121	0,1727
400	-	-	-	0,2271	0,1727
500	-	-	-	0,2271	0,1832
600	-	-	-	0,0271	0,1932

მიღებული დამოკიდებულების დახმარებით განსაზღვრულია ხახუნის კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობა ძაფის დაწოლასა და მოძრაობის სიჩარეზე დამოკიდებულებით, რომელიც წარმოდგენილია (3.5) ცხრილში

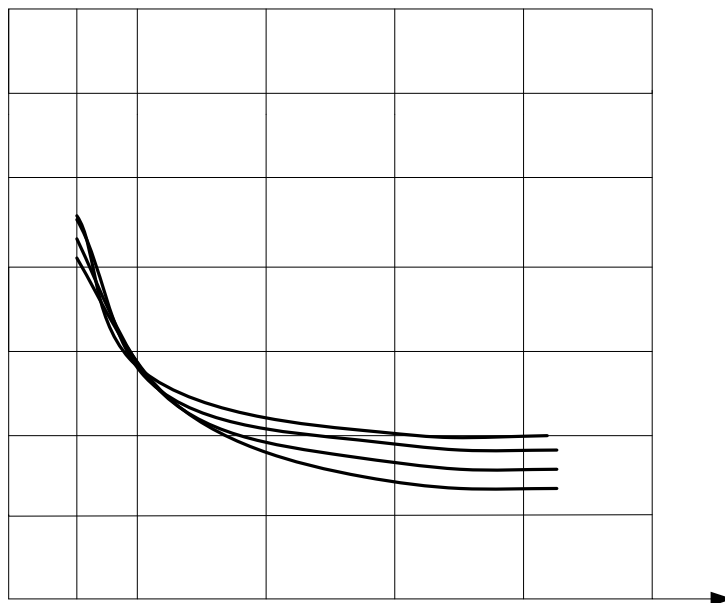
ცხრილი (3.5)

ხახუნის კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობა ძაფის წნევისა და მოძრაობის სიჩქარესთან დამოკიდებულებით

მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ.	წნევა,ა.				
	5	10	20	30	40
100	0,4687	0,3193	0,2175	0,1737	0,1481
200	0,4548	0,3299	0,2393	0,1383	0,1735
300	0,4469	0,3299	0,2435	0,2038	0,1797
400	0,4314	0,3298	0,2523	0,2156	0,1929

3.6 სურათზე ხახუნის კოეფიციენტის გრაფიკული დამოკიდებულება ძაფის წნევისა და მოძრაობის სიჩქარეს შორის.

მიღებული ექსპერიმენტალური დამოკიდებულების ადეკვატურობის შემოწმება ხორციელდება ფიშერის კრიტერიუმის დახმარებით,



ნახ.3.6 ხახუნის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ძაფის დაწოლობასა და სიჩქარესთან

რომლის საანგარიშო და ცხრილური მნიშვნელობა წარმოდგენილია 3.6 ცხრილში.
დისპერსიის მნიშვნელობის კვლავწარმოება $S^2\{Y\}=0,001293$

ცხრილი (3.6)

ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო და ცხრილური მნიშვნელობა

სიჩქარე მ/წმ	$S^2\{Y\}$	F	F
100	0,0002878	1,762	8,66
200	0,0001599	1,237	3,10
300	0,0000419	3,086	3,10
400	0,0000876	1,476	8,66

ხახუნის კოეფიციენტის განსხვავებული სიდიდის მნიშვნელობის შემოწმება შესრულებულია 40 გრ წნევის სიდიდისას 200-300 მ/წმ და 300-400 მ/წმ სიჩქარისათვის. სტიუდენტის კრიტერიუმმა საანგარიშო მნიშვნელობისას შეადგინა $P_{\alpha}=0,98$ და $t_{\alpha}=2,594$, ცხრილური მნიშვნელობისას კრიტერიუმი $P_{\alpha}=0,95$ $t_{\alpha}=2,308$

გამოკვლევების შედეგების შეჯერებით დადგენილ იქნა ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ნართის მოძრაობისას ძაბრის ზედაპირზე.

ამასთან ერთად თუ შევადარებთ წინა პარაგრაფის შედეგებს ამ პარამეტრების ცვლილება ძაბრის შემავალი ხვრელის რადიუსის გაზრდისას ხდება წნევის შემცირებისა და მის შესაბამისად ხახუნის კოეფიციენტის გაზრდის ხარჯზე.

3.3 კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესის გეომეტრული პარამეტრების განსაზღვრა

პნევმომექანიკურ სართავ-საგრებ მოწყობილობაში კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესის თავისებურებას წარმოადგენს მისი ყველა პარამეტრების სტაბილურობა, მათ რიცხვში გრეხილი ძაფის დაჭიმულობა და მოძრაობის სიჩქარე [70;72].

მნიშვნელოვან ტექნოლოგიურ მომენტს წარმოადგენს კომბინირებული ნართის ფორმირების პროცესის პარამეტრების ექსპერიმენტალური შედარება. უშუალოდ სართავ-საგრებ მოწყობილობაზე მათ შორის:

T₁-ქიმიური ძაფის დაჭიმულობა, რომელიც მიეწოდება სართავ კამერაში.

V₁-მოწოდებული ძაფის მოძრაობის სიჩქარე.

T₂-ნართის რადიალური უბნის დაჭიმულობა, რომელიც განლაგებულია სართავ კამერაში.

V₂-ნართის რადიალური უბნის მოძრაობის სიჩქარე.

T-კომბინირებული ნართის დაჭიმულობა.

V-კომბინირებული ნართის გამოშვების სიჩქარე.

გრეხილი ძაფის დაჭიმულობის განსაზღვრა, როგორც იყო დასმული 2.1. და 2.2. მიზანშეწონილია განხორციელდეს მხოლოდ გრეხვის ზონაში, ე.ი. უშუალოდ სართავ კამერაში, მაგრამ დაკავშირებულია მნიშვნელოვან სიძნელეებთან. ტექნიკურად ძნელია გაიზომოს ნართის რადიალური უბნის დაჭიმულობა. როცა ბრუნვის სიხშირე 40000 წთ⁻¹- დან 60000 წთ⁻¹- მდეა და მატრანსპორტირებელი არხიდან გამოსული ძაფი მცირე სიგრძის უბანია.

უფრო მიზანშეწონილია განისაზღვროს ძაფის მოძრაობის წრფივი სიჩქარე, მისი უცვლელი სიგრძის შემთხვევაში, გაზომვის ნებისმიერ უბანზე.

ცნობილია [54] რომ ნართის მოძრაობის სიჩქარე (გამოშვების სიჩქარე) პნევმომექანიკურ სართავ მოწყობილობაში შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$V = d_3 (n_{\infty} - n_3) \quad (3.1)$$

სადაც d_3 - სართავი კამერის ღეროს დიამეტრია.

n_{∞} - ბოჭკოვანი, ლენტის მოხსნის წერტილის ბრუნვის სიხშირე.

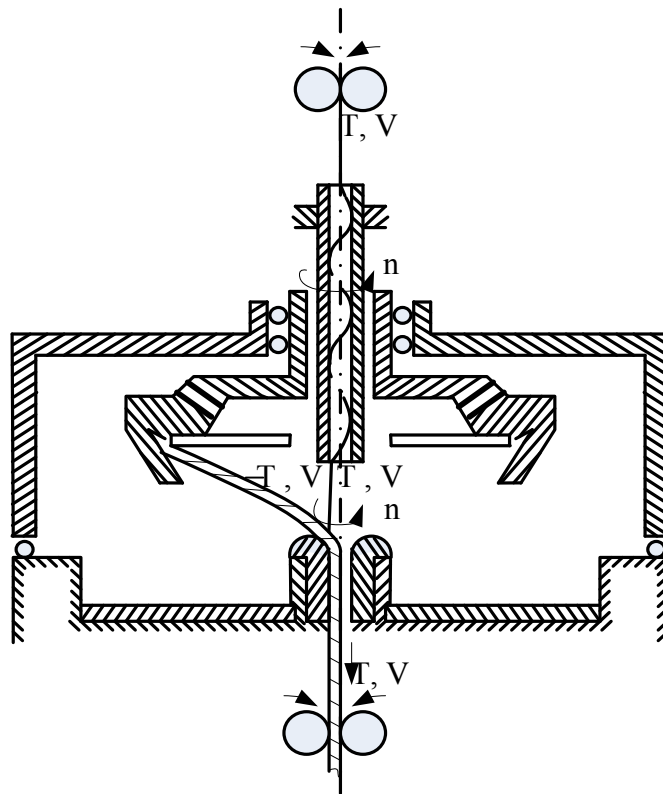
n_3 - სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირე.

ამგვარად სართავ კამერაში განლაგებული რადიალური უბნის ნართის მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრა, დაიყვანება მის ბრუნვის სიხშირის განსაზღვრამდე.

ჩვენს შემთხვევაში სართავი კამერის დიამეტრი შეადგენს 54 მმ, ე.ი. $V_2 = 0,16964 (n_{\infty} - n_3)$

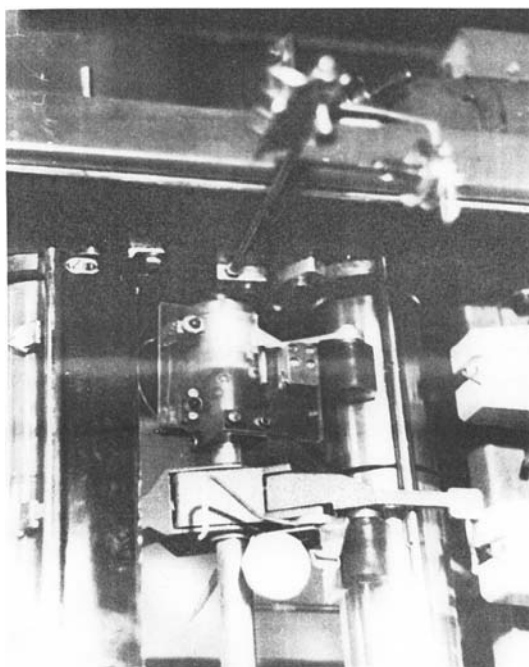
განხილული ნართის მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრა შესაძლებელია სინქრონული გაზომვის მეთოდით შექმნილი იქნა გამზომი მოწყობილობა, რომლის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია-სურათზე 3.8. მოწყობილობა წარმოადგენს ППМ მანქანის სართავ ბლოკს, რომელიც მოწყობილია კომბინირებული ნართის წარმოებისათვის.

ნართის რადიალური უბნის ბრუნვის სიხშირის და კამერის საზომ გადამწოდად გამოყენებულია ორი ელექტრონული წყვილი, (სურ.3.9,10) რომელიც დამაგრებულია სართავი ბლოკის კორპუსზე

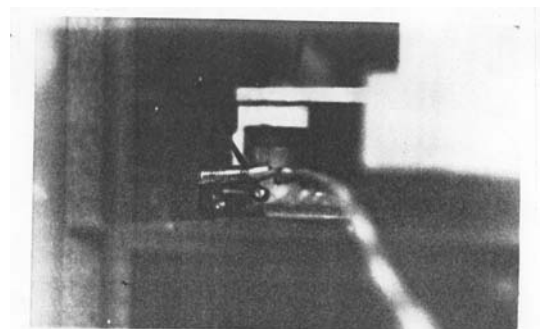
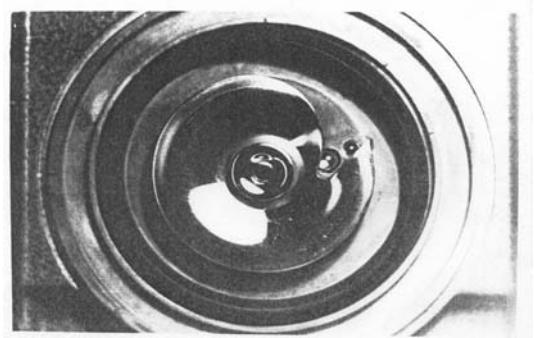


ნახ.3. 8 სართავი კამერის სქემა

იმპულსი, რომელიც შეესაბამება რადიალური უბნის ერთ ბრუნს,

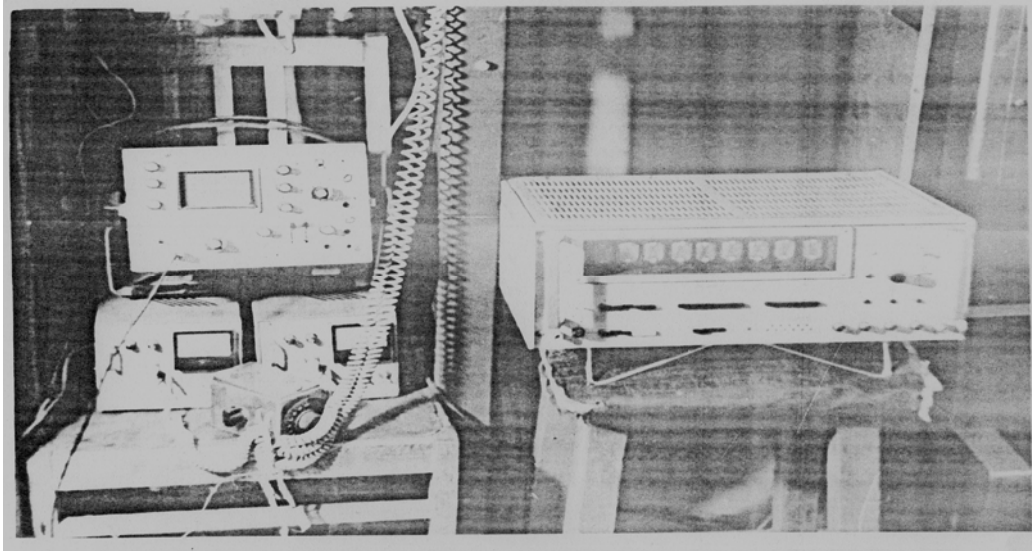


სურ.3.9. მკვებავი წყვილი და ძაფდამჭერი



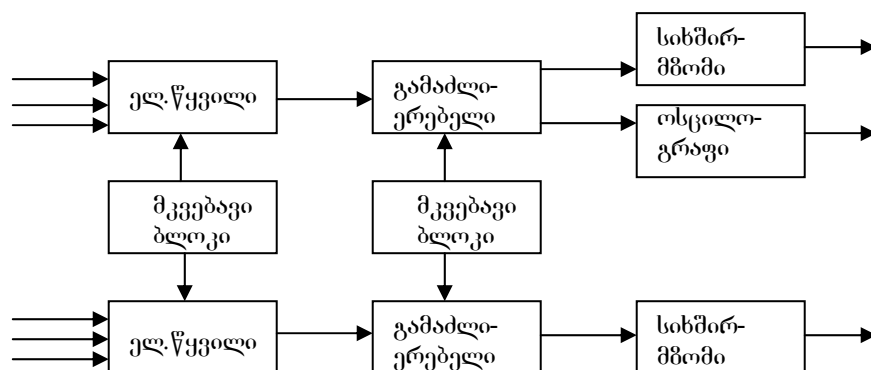
სურ.3.10. ელექტრონული წყვილი

წარმოიქმნება მისი გასვლისას ოპტოელექტრონული წყვილის სინათლის ნაკადის ანარეკლში. ფოტოგადამწოდის მგმრნობიარობის გაზრდის მიზნით სართავი კამერის ძირში დაყენებულია ეკრანი მცირე ანარეკლით ფართო რგოლის სახით მასალა - ეკრანი, შავი ქაღალდი არჩეულია ექსპერიმენტულად



სურ. 3. 11 ბრუნვის სიხშირის საზომი მოწყობილობა

სურათზე 3.11 წარმოდგენილია ბრუნვის სიხშირის საზომი ხელსაწყო ბლოკ-სქემა, რომელიც შედგება: ტოპაზის ტიპის კვების ბლოკიდან, ნომინალური გამოსასვლელი ძაბვით-6 ვოლტი; ორი ოპტოელექტრონული წყვილით, მუდმივი დენის KIYXT401 გამაძლიერებელით (გამოყენებულია დენის 400-4500 გამაძლიერების კოეფიციენტით 2,8 გამოსავალი ძაბვით ელექტრონული სიხშირის მზომით ქრონომეტრი -5080 და ოსცილოგრაფი C-67 (სურ: 3.12)ბლოკ-სქემა მუშაობს შემდეგნაირად.



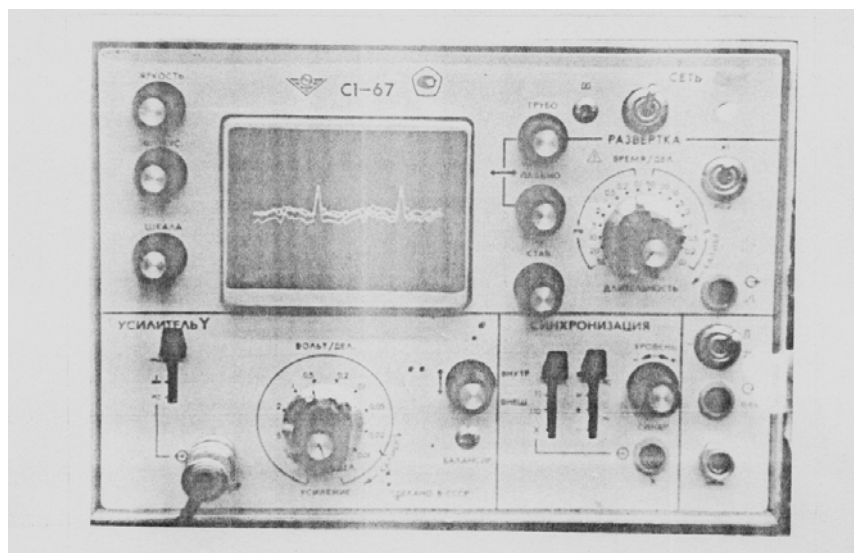
სურ.3.12. საზომი მოწყობილობების ბლოკ-სქემა

რადიალური უბნის ნართის ბრუნვის სიხშირის ცვლილებისას და მისი გადასვლით სინათლის ნაკადში არეკლილი სიხშირით იმპულსის სახის სიგნალი

მიეწოდება ელექტრონული გადამწოდებიდან, რომელიც შედგება გამოსხივების წყაროსაგან, სინათლის დიოდით და ფოტოდოდით, რომელიც გადაეწოდება გამამძლიერებელზე, რომლის შემდეგ რეგისტრირდება ოსცილოგრაფით და სიხშირის მზომით (სურ 3.13) ანალოგიურად ხორციელდება სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირის გაზომვა.

ამგვარად ნართის რადიალური უბნის სიჩქარის გაზომვა ხორციელდება სიხშირმზომის ჩვენებების ერთდროული ათვლით და ფორმულის 3.1 საშუალებით.

საინტერესოა იმ პირობის პოვნა, რომელიც უზრუნველყოფს მაქსიმალური სიმტკიცის კომბინირებული ნართის წარმოებას. ამ ამოცანის კლასიკური გადაწყვეტა ექსპერიმენტის გეგმას გულისხმობს. თანაც ეს ძალიან შრომატევადი სამუშაოა შემოთავაზებულთან შედარებით.



სურ. 3.13. ძაფის ბრუნვის სიხშირის ცვლილება

ცნობილია [41;42;43], რომ დაგრებილი ძაფის მაქსიმალური სიმტკიცე შეიძლება უზრუნველყოფილი იქნეს მისი კომპონენტების ღერძების დახრის კუთხეების ტოლობისას ან დაგრების ადგილზე მისი კომპონენტების სიჩქარეების ტოლობისას.

აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას, რომ პნევმომექანიკური სართავ-საგრები მოწყობილობის გაწყობისას $n=const$ $v=const$

მაშინ v სიდიდის ცვლილება შესაძლებელია v სიდიდის შესაბამისი ცვლილებით.

შემოთავაზებული მეთოდიკით ექსპერიმენტის რეალიზაციის შედეგები მოცემულია ცხ-ში 3.8.

ექსპერიმენტის ჩატარებისას მიიღებოდა ბოჭკოვანი კომბინირებული ნართი 25 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივით 16,5 ტ. კაპრონი (მონოძაფი). სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირე $n=36000$ გრების კოეფიციენტი $\alpha=30$ $v=60$ მ/წმ

ცხრილი 3.8

ექსპერიმენტული ნართის გამგლეჯი დატვირთვა

	ბრინვის სიხშირე კამერაში, წმ ⁻¹	მომრაობის სიჩქარე, მ/წმ.		ფარდობითი გამგლეჯი დატვირთვა, გ.
		V ₁	V ₂	
1	600	60	61,92	11,8
2	600	60,6	61,68	12,0
3	600	61,2	61,14	12,4
4	600	61,8	60,72	11,9
5	600	62,4	60,24	11,1

ნართის რადიალური უნზის W ბრუნვის სიხშირის განსაზღვრისას. გაანგარიშებული იქნა 1 წმ-ში ინტერვალით გაზომილი 10 ანათვალის საშუალო მნიშვნელობა ანუ ნართის ყოველი 10 მეტრი. მარეგულირებელი ელექტროსადენის მეშვეობით სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირე შენარჩუნებული იყო ერთ დონეზე რეგულირებადი ელექტრო გადამცემის საშუალებით.

ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზიდან ჩანს, რომ ფარდობითი გამგლეჯი დატვირთვის მაქსიმალური მნიშვნელობა სრულ შესაბამისობაშია დართული ძაფის სიჩქარეთა ტოლობის პირობასთან.

ამგვარად, შემუშავებულია მეთოდიკა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ნაგრები ნართის ფორმირების გეომეტრიული პარამეტრები.

3.4 ფაქტორების შერჩევა და გამომავალი პარამეტრების კვლევა

პნევმომექანიკურ სართავ-საგრეხ მოწყობილობაში გრეხილი ნართის ფორმირება ხორციელდება ჩვენს მიერ ზემოთ [62;64;71;76;78] მოყვანილ შრომებში.

გრეხილი ძაფის თვისებასა და სტრუქტურაზე გავლენას ახდენს შესაბამისი კომპონენტების მოძრაობის სიჩქარე, ან მათი დაჭიმულობა. გრეხილი ნართის წარმოებისას, რომელსაც აქვს გამგლეჯი დატვირთვის მაქსიმალური მნიშვნელობა, უზრუნველყოფილი უნდა იქნას გრეხილი ძაფების სიჩქარესა და დაჭიმულობის შესაბამისობა.

ძაფის დაჭიმულობის ან სიჩქარის დონის ცვლილება მოცემულ შემთხვევაში შეიძლება განხორციელდეს შემდეგნაირად: დაგრეხილი კომპონენტების მოძრაობის სიჩქარის შესაცვლელად შეიძლება გამოყენებული იქნას შუალედური მკვებავი წყვილი, რომლის სიჩქარეც იზომება და რეგულირებადია [40]. ძაფის მოძრაობის სიჩქარის მინიჭებისას მისი შესაბამისი დაჭიმულობის ხარჯზე შეიძლება გამოყენებული იყოს განსხვავებული ტიპის ძაფდამჭერები სართავ-საგრეხი მოწყობილობის კამერაში ნართის დაჭიმულობა დამოკიდებული მის ხაზობრივ სიმკვრივესა და კამერის ბრუნვის სიხშირეზე. თუმცა რადიალური უბნის ნართის დაჭიმულობის გაზომვა, რომელიც უშუალოდ მოთავსებულია კამერაში, დაკავშირებულია მნიშვნელოვან სიძნელეებთან.

პნევმომექანიკურ სართავ მოწყობილობაში ნართის ფორმირების ექსპერიმენტული გამოკვლევების პრაქტიკაში [50] ცნობილია სართავი მოწყობილობიდან გამოსვლისას ნართის დაჭიმულობის გაზომვის მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს ურთიერთქმედებას ნართის მაფორმირებელი ძაბრის ზედაპირსა და მატრანსპორტირებელი არხის ზედაპირებს შორის რადიალური მიმართულებით ნართის დაჭიმულობა ხდება უფრო მეტი.

ცნობილია [41; 42; 58] თანაფარდობა გრეხილი ნართის დაჭიმულობის, მის კომპონენტებსა და მათი მოძრაობის სიჩქარეს შორის, ამიტომ მოცემულ შემთხვევაში ნართის რადიალური უბნის დაჭიმულობა შეიძლება გაიზომოს, როგორც იზომება ბოქკოვანი ლენტის მოხსნის წერტილის სიჩქარე. გაზომვის მოწყობილობა და მეთოდიკა განხილულია მესამე თავში.

გრეხილი ძაფის სიმტკიცე განისაზღვრება გრეხვის პროცესის ინტენსივობით, რომლის ინტენსივობის ფარდობითი შეფასება არის –გრეხვის კოეფიციენტი. ამ ფაქტორის დონე შეიძლება ავირჩიოთ ერთი მხრივ ნართის ოპტიმალური ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მიღწევებიდან გამომდინარე (მაგ: გამგლეჯი დატვირთვის მაქსიმალური მნიშვნელობა), ხოლო მეორეს მხრივ ექსპერიმენტული მოწყობილობის ტექნიკური შესაძლებლობის ზღვარის დადგენის მიზნით (მაგ: მაქსიმალური მწარმოებლობა).

ჩამოთვლილი ფაქტორები, როგორც ადასტურებს გამოკვლევები [39;62;67] ყველაზე მნიშვნელოვანია პრევმომექანიკურს სართავ-საგრეხ მოწყობილობაში გრეხილი ნართის ფორმირების პროცესისათვის და შეიძლება გამოყენებული იქნას ამჟამინდელი გამოკვლევებისათვის.

უმნიშვნელოვანესია ცვლილებების დადგენა ხაზობრივი სიმკვრივის ცვლილებასთან დაკავშირებით.

ამგვარად ფაქტორები, რომლებიც განსაზღვრავს პნევმომექანიკური კომბინირებულ ნართს გრეხვის ფორმირების პირობას წარმოადგენს: x_1 ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე დიაპაზონში 18,6 (№54)-დან 31,4 ტექსი (№32)-მდე, თანაც პირველი მნიშვნელობა წარმოადგენს მინიმალურად შესაძლებელს, ხოლო მთელი დიაპაზონი მოიცავს ნართის ასორტიმენტის დიდ ნაწილს, რომელიც გამომუშავებულია პნევმომექანიკურ სართავ მანქანაზე. ხაზობრივი სიმკვრივის შეცვლა ხორციელდება საერთო გაწელვის ცვლილებით. $x_2 - \alpha_2$ გრეხვის კოეფიციენტი 20-დან 50-მდე დიაპაზონში, სადაც მეორე მნიშვნელობა არის რეკომენდირებული ჩვეულებრივი პნევმომექანიკური ნართისათვის.

გრეხვის დიაპაზონი დადგენილია ტექნოლოგიური შესაძლებლობის რეზერვის გათვალისწინებით ნართის ფორმირების პროცესის ნორმალური მიმდინარეობისას, რაც გვადლევს საშუალებას გაიზარდოს მანქანის მწარმოებლობა 2,5 –ჯერ. გრეხვის ცვლილება ხორციელდება ნართის გამოშვების სიჩქრის ხარჯზე: x_3 სართავ კამერაში ნართის რადიალური უბნის დაჭიმულობა, რომლის სიდიდე განისაზღვრება კამერის ბრუნვის სიხშირესთან დამოკიდებულებით 40000 წთ⁻¹-დან 50000წთ⁻¹-მდე დიაპაზონში. ქვედა დონე დადგენილია, როგორც მინიმალური მნიშვნელობა სართავი კამერის 54 მმ დიამეტრისას, ხოლო ზედა მაქსიმალური მნიშვნელობას უზრუნველყოფს სართავი კამერის გაზრდილი ბრუნთა რიცხვი-60000 წთ⁻¹.

დაჭიმულობის გაზომვა სართავი კამერის ღრუში ხორციელდება ბოჭკოვანი ლენტის მოხსნის წერტილის ხაზობრივი სიჩქარის გაზომვით: x_4 მისაგრები ქიმიური მონო ძაფის კომპონენტების დაჭიმულობის მაქსიმალური მნიშვნელობა განსაზღვრულია ნართის რადიალური ნაწილის დაჭიმულობის დამოკიდებულებით.

კვლევის პროცესის გამომავალ პარამეტრებად შეიძლება გამოყენებული იქნას ნართის თვისების ტრადიციული ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლები. მათ რიცხვში:

Y_1 -ფარდობითი გამგლეჯი დატვირთვა გ.

Y_2 -კვადრატული უთანაბრობა გამგლეჯი დატვირთვის მიხედვით %.

Y_3 - ფარდობითი წაგრძელება,%

Y_4 - კვადრატული უთანაბრობა წაგრძელებისას,%.

Y_5 -კვადრატული უთანაბრობა ხაზობრივი სიმკვრივის მიხედვით,%.

მაჩვენებლები, რომლებიც ახასითებს ძაფის სტრუქტურას და ტექნოლოგიურ პროცესს:

Y_6 -ძაფის დიამეტრი, მმ.

Y_7 -მიწოდებული ძაფის გაქანების სიდიდე, %

Y_8 -ძაფის ცვეთამედეგობის სიდიდე, ციკლები.

ჩვენი გამოკვლევების ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ განისაზღვროს პნევმომექანიკური კომბინირებული ძაფის გრეხვის თვისებების დამოკიდებულება სართავ-საგრები სტენდის გაწყობის პარამეტრებზე. შეუდარდეს ეს თვისებები ტრადიციული ტექნოლოგიით მიღებული ნართის თვისებებს, განისაზღვროს ექსპერიმენტალური ნართის გამოყენების შესაძლებლობის სფერო.

3.5. ექსპერიმენტის დაგეგმვა და რეალიზაცია

ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმაციის ამოცანის გადასაწყვეტად უფრო მეტად მისაღებია B_4 ოპტიმალური გეგმა, რომელიც ფლობს სივრცით ფაქტორებში წერტილის სიმეტრიულ განლაგებას და იძლევა ყველა კოეფიციენტის დამოუკიდებელ შეფასებას. ჩვენს შემთხვევაში:

მრავალფაქტორული ადეკვატური რეგრესიის მოდელი წარმოადგენს მთლიან მეორე რიგის პოლინომს

$$Y_R = b_0 + \sum_{i=1}^M b_i X_i + \sum_{\substack{i=j=1 \\ j \neq 1}}^M b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^M b_{ij} X_i^2 \quad (3.2)$$

მოდელის ასაგებად გამოყენებულია –ტიპის ოპტიმალური გეგმა, რომელიც 6 ცდაში იძლევა ეკონომიას, ან საცდელი სამუშაოების შემცირებას 25%-ით.

წინასწარ ექსპერიმენტის შედეგად განსაზღვრულია ფუნქციის არე და I ფაქტორის ინტერვალში ფაქტორების დონეების ძირითადი მნიშვნელობა, რომელიც მოყვანილია ცხრილში 3.9.

ცხრილი 3.9.

I ფაქტორის ინტერვალში ფაქტორების დონეების ძირითადი მნიშვნელობა

ფაქტორები		ვარიების დონე			
ნიშანი	საზომი ერთეული	-I	0	+I	I _i
X ₁ (T)	ტექსი	18.6	25.0	31.4	6.4
X ₂ (α _T)	-	20	35	50	15
X ₃ (n _k)	წთ ⁻¹	40000	45000	50000	5000
X ₄	გ(სნ)	0	5	10	5

ექსპერიმენტის გაფართოებული მატრიცა წარმოდგენილია ცხრილი 3.10-ში.

ექსპერიმენტის რეალიზაციის შედეგები მატრიცის ყველა ცდებისათვის წარმოდგენილია ცხრილი 3.11.

რეგრესიის კოეფიციენტის და მათი დისპერსიის ანგარიში ხდება შემდეგი ფორმულით.

$$\begin{aligned}
 b_0 &= q_1 \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u + q_2 \sum_{i=1}^M \sum_{u=1}^N X_{iu}^2 \bar{Y}_u; \\
 b_i &= q_3 \sum_{u=1}^N X_{iu} \bar{Y}_u; \\
 b_{ij} &= q_4 \sum_{u=1}^N X_{iu} X_{ju} \bar{Y}_u; \\
 b_{ij} &= q_5 \sum_{u=1}^N X_{iu}^2 \bar{Y}_u + q_6 \sum_{i=1}^M \sum_{u=1}^N X_{iu}^2 \bar{Y}_u - q_2 \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u;
 \end{aligned} \quad (3.3)$$

ფორმულებით 3.2 და 3.3 რეგრესიის განტოლების და მათი დისპერსიის კოეფიციენტის განსაზღვრავად გამოიყენება კოეფიციენტის შემდეგი მნიშვნელობები:

ცხრილი 3.10

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₁ X ₄	X ₂ X ₃	X ₂ X ₄	X ₃ X ₄	X ₁ ²	X ₂ ²	X ₃ ²	X ₄ ²
--	----------------	----------------	----------------	----------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
3	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+
4	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
5	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
6	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+
7	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
8	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+
9	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+
10	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
11	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+
12	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
13	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
14	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+
15	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
16	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0
18	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0
19	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0
20	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0
21	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
22	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
23	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
24	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+

ცხრილი 3.11

u	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈
1	+	+	+	+	11.99	5.23	6.34	10.52	16.07	0.255	1.25	230
2	-	+	+	+	14.0	9.11	7.33	11.26	18.35	0.176	0.83	141
3	+	-	+	+	8.06	10.4	5.03	16.92	18.25	0.37	0.31	135
4	-	-	+	+	10.44	9.71	6.45	12.68	17.99	0.229	0.21	63
5	+	+	-	+	12.05	5.14	6.98	11.05	17.49	0.26	1.54	368
6	-	+	-	+	13.49	11.47	7.88	12.07	18.04	0.176	0.72	149
7	+	-	-	+	7.51	15.02	6.65	9.71	18.37	0.321	0.48	30
8	-	-	-	+	10.03	10.25	7.6	12.08	18.29	0.246	0.31	24
9	+	+	+	-	11.19	4.82	4.64	11.18	18.67	0.255	0.35	372
10	-	+	+	-	13.84	8.75	7.24	16.45	18.53	0.185	2.55	189
11	+	-	+	-	8.5	5.99	5.2	11.79	17.6	0.369	0.24	153
12	-	-	+	-	0.99	11.02	6.27	10.9	18.25	0.299	0.79	69
13	+	+	-	-	11.49	5.65	6.32	11.52	16.01	0.308	3.75	296
14	-	+	-	-	13.32	8.12	7.02	10.81	18.44	0.202	0.94	111

15	+	-	-	-	7.86	10.21	6.44	12.85	16.35	0.328	0.31	43
16	-	-	-	-	10.17	8.94	7.2	12.33	18.33	0.246	0.67	29
17	+	0	0	0	11.19	7.28	6.23	7.32	18.03	0.317	1.01	237
18	-	0	0	0	13.2	10.27	7.04	12.07	18.14	0.158	0.36	139
19	0	+	0	0	11.82	9.9	6.73	12.91	18.18	0.246	3.33	317
20	0	-	0	0	9.2	8.99	7.74	11.71	18.84	0.343	0.15	79
21	0	0	+	0	11.2	10.11	6.38	9.74	18.23	0.290	1.32	183
22	0	0	-	0	11.28	9.4	7.3	11.33	19.25	0.246	1.37	179
23	0	0	0	+	11.15	10.7	6.95	10.61	17.47	0.308	0.67	179
24	0	0	0	-	11.89	7.9	6.59	8.99	19.3	0.261	2.71	203

$$q_1=0,22917; q_2=0,0625; q_3=0,05556; q_4=0,0625;$$

$$q_5=0,5; q_6=0,10417; q_7=q_5+q_6=0,39583$$

ცხრილი 3.12-ში მოყვანილია b_0 , b_i , b_{ij} და b_{ii} კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობა Y_1 - Y_8 ყველა გამოსასვლელი პარამეტრებისათვის.

ცხრილი

3.12

Y_i	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{14}	b_{12}	b_{13}
Y_1	11.325	-1.12	1.773	0.141	-0.053	0.078	-0.057
Y_2	9.506	-1.011	-1.225	-0.52	0.852	-1.163	-0.568
Y_3	6.982	-0.563	0.102	-0.469	0.242	-0.066	-0.169
Y_4	10.237	-0.405	-0.178	0.399	0.004	-0.6	0.08
Y_5	18.887	-0.651	-0.127	0.121	-0.053	-0.177	0.147
Y_6	0.2731	0.481	-0.0382	0.0053	-0.0062	-0.0018	0.0008
Y_7	1.448	0.271	0.823	0.048	-0.5	0.344	-0.163
Y_8	201.39	56.116	89.34	20.33	-4.78	35.0	4.0
b_H	b_{23}	b_{24}	b_{34}	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{44}
0.09	-0.139	0.168	0.013	0.87	-1.33	-0.08	0.17
0.357	0.283	-0.369	-0.299	-0.73	-0.068	-0.242	-0.208
0.058	0.139	0.164	-0.017	-0.346	0.254	0.136	-0.206
0.204	-0.085	-0.536	0.229	-0.287	0.073	0.553	-0.437
0.152	-0.194	-0.004	-0.091	-0.802	-0.372	0.358	-0.502
0.0032	-0.0126	-0.0004	0.0002	-0.0356	-0.0214	-0.0046	0.0104
-0.076	0.082	-0.348	-0.111	-0.763	-0.297	-0.073	0.247
1.25	-14.12	1.38	15.37	-13.4	-3.4	-20.4	-10.4

რეგრესიის კოეფიციენტის მნიშვნელობის შესამოწმებლად განსაზღვრულია სტიუდენტის კრიტერიუმის ცხრილური და საანგარიშო მნიშვნელობა. კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით.

$$t_R = \frac{b_i}{s\{b_i\}} > t_T \quad (3.4)$$

სადაც $tr\{b_i\}$ - კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობა:

t_T - სტიუდენტის კრიტერიუმის ცხრილური მნიშვნელობა, რომელიც განსაზღვრულია თავისუფლების ხარისხის და სანდოობის ალბათობის დონისას.

$$t_T [P_u=0,95; f [s^2]=5-1]=2,78$$

$s\{b_i\}$ - რეგრესიის განტოლების დისპერსია, კოეფიციენტები განისაზღვრება ფორმულებით:

$$\begin{aligned} s^2\{b_0\} &= q_1 s^2\{\bar{Y}\} \\ s^2\{b_i\} &= q_3 s^2\{\bar{Y}\} \\ s^2\{b_{ij}\} &= q_4 s^2\{\bar{Y}\} \\ s^2\{b_{ii}\} &= q_7 s^2\{\bar{Y}\} \end{aligned} \quad (3.5)$$

ხარისხის დისპერსია ან ექსპერიმენტის გამოსავლელი პარამეტრების დისპერსია განისაზღვრება ფორმულით

$$s^2\{Y\} = s_y^2\{Y\} = \frac{1}{N_y - 1} \sum_{u=1}^{N_y} (Y_{uy} - Y_y)^2 \quad (3.6)$$

ექსპერიმენტის ცენტრში გამოსავლელი პარამეტრების და მათი დისპერსიის მნიშვნელობა წარმოდგენილია ცხრილი 3.13-ში.

მოდელის ადეკვატურობის გაზრდით და მისი ინტერპტერაციით შემსუბუქების მიზნით ც ვ.ა. ვოზნესენსკი [45] გვთავაზობს, რომ მიმდევრობით გამოპვიცხოთ წევრები b_{ij} (დაწყებული მინიმალურიდან) უმნიშვნელო კოეფიციენტებით b_0 b_{ij} დარჩენილი კოეფიციენტის გაანგარიშებებით და მათი დისპერსიით $s^2\{b_{ij}\}$ და $s^2\{b_0\}$ ფორმულით (3.3), (3.5), რომელშიც q_1 , q_2 , q_6 და q_7 კოეფიციენტების მნიშვნელობა იცვლება დარჩენილი კოეფიციენტის N_k რიცხვთან დამოკიდებულებაში. b_4 მატრიცისათვის კოეფიციენტების მნიშვნელობა წარმოდგენილია ცხრილ 3.14-ში.

ცხრილი 3.13

u_{ii}	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8
1	11.86	9.31	7.06	11.38	17.21	0.348	0.92	189
2	0.87	7.73	6.37	10.63	18.12	0.221	1.28	174
3	11.19	10.58	6.53	10.12	17.67	0.273	1.43	216
4	11.44	8.33	6.68	12.51	19.23	0.289	1.02	198
5	10.72	8.52	6.21	11.17	13.28	0.252	0.77	184
	11.216	8.99	6.61	11.16	18.10	0.277	1.084	192.6
$s^2\{y\}$	0.2078	1.1162	0.09385	0.8084	0.5717	0.00224	0.07193	252.4
$s\{b_0\}$	0.2132	0.5058	0.1466	0.4304	0.2619	0.22665	0.12839	7.6054
$s\{b_i\}$	0.1074	0.249030	0.7221	0.2119	0.1782	0.01116	0.06322	3.7448
$s\{b_{ij}\}$	0.11396	0.26413	0.07659	0.2247	0.18903	0.01183	0.06705	3.9718
$s\{b_{ij0}\}$	0.2868	0.6647	0.19274	0.5657	0.4757	0.2978	0.016874	9.9953

ცხრილი 3.15

b_4 მატრიცისათვის კოეფიციენტების მნიშვნელობები

№	T ₁ (q ₁)	T ₂ (q ₂)	T ₃ (q ₆)	T ₇ (√q ₁)	T _q (√q ₇)	Tq ²	q ₁
4	0.22917	0.06250	-0.10417	0.47872	0.62120	0.62915	0.39583
3	0.21930	0.07895	-0.13158	0.46830	0.60700	0.60698	0.36842
2	0.20238	0.10714	-0.17857	0.44987	0.56695	0.566947	0.32143
1	0.16667	0.16667	-0.27778	0.40825	0.47140	0.471402	0.22222
0	0.04167	0	-0.50000	0.20412	0	0	0

აღსანიშნავია, რომ კოეფიციენტების გამოთვლისას ჯამის და ნამრავლის ანგარიში ხორციელდება მათი მნიშვნელობის გამორიცხვით, რომელიც შეესაბამება უგულებელყოფილ b_{ii} კოეფიციენტს.

ფარდობითი გამგლეჯი დატვირთვისათვის $P(Y_1)$ სტიუდენტის საანგარიშო კოეფიციენტის მნიშვნელობა b_{33} და b_{44} მოდელის კოეფიციენტისათვის გაცილებით ნაკლებია ვიდრე ცხრილური, ამიტომ მოდელიდან მათი გამორიცხვით იანგარიშება:

$$b_0 = 11.3425$$

$$b_{11} = 0.9017$$

$$s^2\{b_{ii}\} = 0.06679$$

$$s\{b_{ii}\} = 0.2584$$

$$b_{22} = -1.2833$$

კვადრატული უთანაბრობისათვის ფარდობითი გამგლეჯი დატვირთვის მიხედვით მიზანშეწონილია ვაწარმოოთ b_0 და b_{ii} კოეფიციენტის ანგარიში.

ამგვარად ამ უკანასკნელს სტიუდენტის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობა წარმოდგენს უმნიშვნელო კოეფიციენტის შორის უდიდეს ე.ი.

$$b_0 = 9.5002$$

$$b_{11} = -0.7411$$

$$s^2\{b_{ii}\} = 0.24804$$

$$s\{b_{ii}\} = 0.49804$$

$$t_R = \frac{0.7411}{0.49804} = 1.488 < t_T = 2.776$$

ასე, რომ კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობა კოეფიციენტის გამოთვლის შემდეგ არ აღემატება ცხრილურს, ე.ი. b_0 კოეფიციენტის საბოლოო მნიშვნელობა

$$b_0 = 8.9457$$

ნართის ფარდობითი $\varepsilon(Y_3)$ წაგრძელებისათვის სტიუდენტის კრიტერიუმის უდიდესი მნიშვნელობა განსაზღვრულია b_{ii} -სას, ამიტომ

$$b_0 = 6.9502$$

$$b_{11} = -0.3997$$

$$s^2\{b_{ii}\}=0.02086$$

$$s\{b_{ii}\}=0.14441$$

$$t_R = \frac{0.3997}{0.14441} = 2.7678 \approx t_T = 2.2776$$

აქ მიღებული კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობა უმნიშვნელოდ მცირეა ცხრილურზე.

ფარდობითი წაგრძელების კვადრატული უთანაბრობის ყველა კოეფიციენტი უმნიშვნელოა. მაქსიმალური მნიშვნელობა გვაქვს, როდესაც სტიუდენტის საანგარიშო კრიტერიუმია b_{22} , მაშასადამე

$$b_0 = 10.1769$$

$$b_{22} = 1.9741$$

არ ვახდენთ დისპერსიის გადაანგარიშებას, რამდენადაც ახალი კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობა მცირეა ცხრილურზე.

კვადრატულ უთანაბრობას $CV(Y_5)$ ხაზობრივი სიმკვრივის მიხედვით აქვს კრიტერიუმის უდიდესი მნიშვნელობა b_{11} .

$$b_0 = 18.7121$$

$$b_{22} = -1.0916$$

$$s^2\{b_{ii}\}=0.12704$$

$$s\{b_{ii}\}=0.35643$$

$$t_R = \frac{1.0916}{0.35643} = 3.06259 > t_T = 2.776$$

ე.ი. b_{11} -კოეფიციენტის მნიშვნელობაზე გადაანგარიშების შემდეგ არ იცვლება ჰიპოტეზა,

მაფის დიამეტრი

$$b_0 = 0.28215$$

$$b_{11} = -0.02109$$

$$s^2\{b_{ii}\}=0.0004978$$

$$s\{b_{ii}\}=0.02231$$

$$t_R = \frac{0.02109}{0.02231} = 0.9453 < t_T = 2.776$$

ბოლოს

$$b_0 = 0.2664$$

გვექნება $H(Y_7)$

$$b_0=1.4831$$

$$b_{11}=-0.70378$$

$$b_{22}=0.35122$$

$$s^2\{b_{ii}\}=0.023120$$

$$s\{b_{ii}\}=0.15205$$

$$t_R\{b_{11}\} = \frac{0.70378}{0.15205} = 4.6286$$

$$t_R\{b_{22}\} = \frac{0.35122}{0.15205} = 2.3099 < t_T = 2.776$$

$$b_0 = 1.600$$

$$b_{ii}=-0.5090$$

ამგვარად b_0 და b_{ii} კოეფიციენტი არის მნიშვნელოვანი. ციკლის რიცხვი ჩამჭერებში (Y_8)

$$b_0 = 198.44$$

$$b_{11}=-18.26$$

$$b_{33}=-25.26$$

$$s^2\{b_{ii}\}=81.1289$$

$$s\{b_{ii}\}=9.0072$$

$$t_R\{b_{11}\} = \frac{18.26}{9.0072} = 2.027 < t_T = 2.776$$

ე.ი. კოეფიციენტი უმნიშვნელოა.

$$b_0=192.337$$

$$b_{ii}=-35.463$$

ამგვარად უმნიშვნელო კოეფიციენტის გამორიცხვის და დანარჩენი b_0 და b_{ii} კოეფიციენტის გაანგარიშებისას ბოლოს რეგრესიის განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს

$$Y_1=11.34-1.12X_1+1.77X_2+0.9X_1^2-1.28X_2^2 \quad (3.7)$$

$$Y_2=8.95-1.01X_1-1.23X_2+0.85X_4-1.116X_1X_2 \quad (3.8)$$

$$Y_3=6.95-0.56X_1-0.47X_2+0.24X_4-0.4X_1^2 \quad (3.9)$$

$$Y_4=10.18+1.97X_2^2 \quad (3.10)$$

$$Y_5=18.71-0.65X_1-1.09X_1^2 \quad (3.11)$$

$$Y_6=0.266+0.048X_1-0.038X_2 \quad (3.12)$$

$$Y_7=1.6+0.27X_1+0.82X_2-0.5X_4+0.34X_1X_2+0.35X_2X_4-0.51X_1^2 \quad (3.13)$$

$$Y_8=192.3+56.1X_1+89.3X_2+20.3X_3+35X_1X_2-14.1X_2X_3+15.4X_3X_4-35.5X_3^2 \quad (3.14)$$

მიღებული ექსპერიმენტალური განტოლების ადეკვატურობის განსაზღვრა ხორციელდება ფიშერის კრიტერიუმის დახმარებით, რომელიც შეესაბამება არა ადეკვატური $s^2\{Y\}$ დისპერსიის ფარდობას ცდის ცდომილების დისპერსიასთან $s_{II}^2\{Y\}$

ადეკვატურობის შეფასება განისაზღვრება შესადარებელი დისპერსიის თავისუფლების ხარისხის რიცხვისას

$$f \{s^2\{Y\}\} = N - N_{II} - 1$$

$$f \{s^2 Y\} = N - 1$$

ჰიპოთეზა ადეკვატური მოდელის შესახებ ფიშერის კრიტერიუმის მიღებულ საანგარიშო და ცხრილური მნიშვნელობის შედარების შედეგად არა უკუგდებული გამოსასვლელი პარამეტრებისათვის $Y_1 - Y_5, Y_7$ $F_R < F_T$ მოდელი შეიძლება მივიღოთ პირობითად ადეკვატურად უმნიშვნელო განსხვავებით შესაბამისად 5.8% და 5.93%-ზე მნიშვნელობებისათვის.

3.6 ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზი

ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკური დამუშავების შედეგად მიღებულია მეორე რიგის რეგრესიული მრავალფაქტორული მოდელი [62;63;64], რომელიც ადეკვატურად აღწერს, რომ გამოსასვლელი პარამეტრების ფაქტორების სივრცის ზღვრებში მათემატიკური მოდელის გეომეტრიული ინტერპრეტაცია წარმოადგენს ზედაპირს, რომელიც გამოხატავს გამოსასვლელი პარამეტრების ცვლილებას ნებისმიერი ფაქტორების წყვილების ურთიერთქმედებისას. ამგვარად, მიზანშეწონილია ჩატარდეს მათემატიკური მოდელის ანალიზი მოცემული ზედაპირისას.

Y_1 ფარდობითი გამგლეჯი დატვირთვისათვის დადგენილია დამოკიდებულება X_1 (ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე) და X_2 (გრეხვის კოეფიციენტი) ფაქტორების. მოცემულ შემთხვევაში $b_{12}=0$, $b_{11}>0$ და $b_{22}<0$ -სს გეომეტრიულ ზედაპირის სახეს წარმოადგენს ჰიპერბოლურ პარაბოლოიდი. ფუნქციის ექტრემუმის საპოვნელად განისაზღვრება კერძო წარმოებულები.

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_1} = -1,12 + 2,09 X_1; \quad \frac{\partial Y_1}{\partial X_1} = 0; \quad -1,12 + 2,09 X_1 = 0$$

და

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_2} = 1,77 - 2 \cdot 1,28X_2; \quad \frac{\partial Y_1}{\partial X_2} = 0; \quad 1,77 - 2 \cdot 1,28X_2 = 0$$

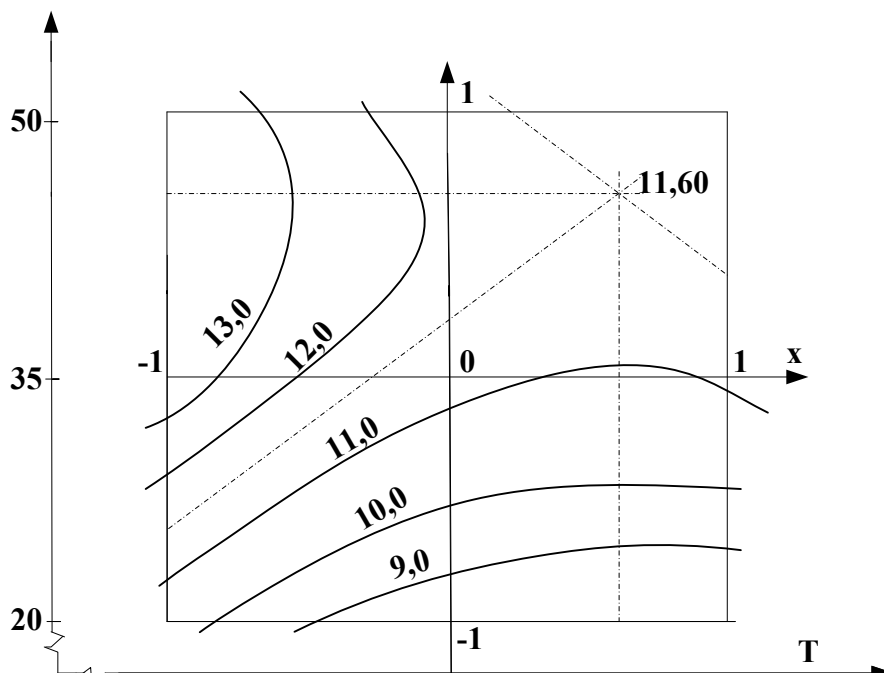
საიდანაც $X_1 = \frac{1,12}{2,09} = 0,6222$ და $X_2 = \frac{1,77}{2 \cdot 1,28} = 0,6914$

ფაქტორების ნაპოვნი მნიშვნელობისას ფუნქციის მნიშვნელობა

$$Y_1 = 11,34 - 1,12 \cdot 0,6222 + 1,77 \cdot 0,6914 + 0,9 \cdot (0,6222)^2 - 1,28 \cdot (0,6914)^2 = 11,34 - 0,6968 + 1,2238 + 0,3484 - 0,6119 = 11,60 \text{ გს/ტექსი}$$

მოცემული ზედაპირის იზოხაზური კვეთი Y_1 (ფარდობითი გამგლეჯი დატვირთვა) გამოსასვლელი პარამეტრებისათვის წამოდგენილია 3.14 სურათზე, რომლის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი.

ფარდობით გამგლეჯ დატვირთვაზე უდიდეს გავლენას გვიჩვენებს ნართის - გრეხვის ინტენსივობა, რომლის გაზრდისას იცვლება გამგლეჯი დატვირთვა პარაბოლური კანონით.



ნახ.3.14 ნართის ხაზობრივი სიმკვრივისა და გრეხვის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ფარდობით გამგლეჯ დატვირთვასთან

ამასთან, შეიძლება განისაზღვროს $\alpha_{გრ}$, რომელსაც შეესაბამება გრეხვის კრიტიკული ინტენსივობა, ასე მაგალითად: $25 \cdot 0,6222 \cdot 6,4 = 28,92$ ხაზობრივი სიმკვრივის ნართისათვის $35 \cdot 0,6914 \cdot 15 = 45,37$ დარჩენილი მნიშვნელობისათვის ხაზობრივი სიმკვრივის მნიშვნელობა α_T სახელობით არის შენარჩუნებული ე.ი. არ არის

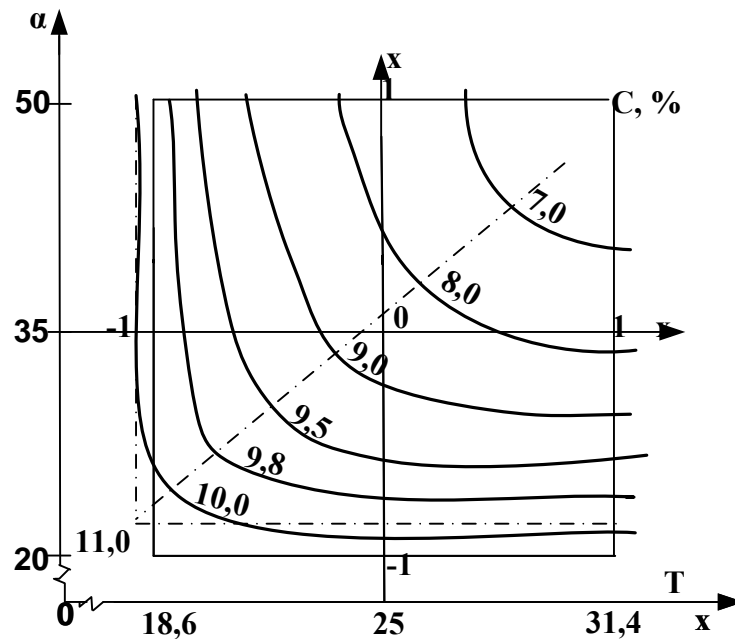
დამოკიდებული მათზე. ინტერესს იწვევს P ფარდობითი მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება $\alpha_T=20$ უმცირეს მნიშვნელობას. ამ შემთხვევაში ეს მნიშვნელობა განსაზღვრულია 18.6 ტ-10.5 გს/ტ, 25 ტ და 3.4 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივისათვის, რაც შეესაბამება ცალწვერა პნევმომექანიკური ნართის ფარდობით გამგლეჯ დატვირთვის III მანქანაზე, რომელიც გამომუშავებულია 50000 წთ⁻¹-მდე სართ კამერის ბრუნვის სიხშირესა და $\alpha_T=50$ გრეხვის კოეფიციენტისას. ამგვარად გვაქვს შესაძლებლობა გავზარდოთ მანქანის მწარმოებლობა ნართის სიმტკიცის შეუმცირებლად 2-2.5-ჯარ გრეხვის შემცირების ხარჯზე ან შეიძლება გავზარდოთ სიმტკიცე 1.2-1.5-ჯერ გრეხვის შეუმცირებლად. სიმტკიცე მცირდება ნართის ხაზობრივი სიმკვრივის გაზრდით. ე.ი. მცირდება თანაფარდობა ნართის და ქიმიური ძაფის ხაზობრივ სიმკვრივეს შორის, მასაშადამე, არმირებული ნართის წარმოების მეთოდის ეფექტურობა ამ მხრივ იზრდება ნართის მცირე ხაზობრივი სიმკვრივის ხარჯზე.

კვადრატული უთანაბრობისათვის გამგლეჯი დატვირთვის მიხედვით Y_2 დადგენილია კოეფიციენტის მნიშვნელობა $X_1 = X_2$ და X_4 ა.შ. ფაქტორებისას ე.ი. $X_1 X_2$ ფაქტორების ზემოქმედებისას

ზედაპირის იზოხაზური კვეთის ანალიზი, როცა $X_4=0$ წარმოდგენილია 3.15 სურათზე, რომელიც გვიჩვენებს, რომ ზედაპირის გეომეტრიულ სახეს წარმოადგენს ჰიპერბოლური პარაბოლოიდი.

კერძო წარმოებულები

$$\frac{\partial Y_2}{\partial X_1} = 1,01 - 1,16X_2; \quad \frac{\partial Y_2}{\partial X_1} = 0; \quad 1,01 - 1,16X_2 = 0$$



ნახ.3.15 ნართის ხაზობრივი სიმკვრივისა და გრეხვის კოეფიციენტის დამოკიდებულება

$$\frac{\partial Y_2}{\partial X_2} = -1,23 - 1,16X_1; \quad \frac{\partial Y_2}{\partial X_2} = 0; \quad -1,23 - 1,16X_1 = 0$$

საიდანაც $X_2 = -\frac{1,01}{1,16} = -0,8707$ და $X_1 = -\frac{1,23}{1,16} = -1,0603$

ფაქტორების ნაპოვნ მნიშვნელობებზე ფუნქციის მნიშვნელობა

$$Y_2 = 8,95 + 1,01 \cdot 0,8707 + 1,23 \cdot 1,0603 - 1,16 \cdot 0,8707 \cdot 1,0603 = 8,95 + 0,8794 + 1,3042 - 1,0703 = 10,0627 \text{ uc/ntmcb}$$

ვათანაბრებთ რა კვადრატულ უთანაბრობას გამგლეჯი დატვირთვისათვის შეიძლება აღინიშნოს:

– ხაზობრივი სიმკვრივის გაზრდით, ნართის უთანაბრობა სიმტკიცის მიხედვით მცირდება წრფივი კანონით.

– გრეხვის ინტენსივობის გაზრდით უთანაბრობა ასევე სიმტკიცის მიხედვით მცირდება წრფივი კანონით. ამასთან უთანაბრობის ინტენსივობა იცვლება მაჩვენებელი ფაქტორების შემცირებასთან დამოკიდებულებაში გრეხვისა და ხაზობრივი სიმკვრივის შემცირებისას. ამგვარად უთანაბრობა რჩება პრაქტიკულად მუდმივი $\alpha_1 = 20$ ნართისათვის ხაზობრივი სიმკვრივის მთელ დიაპაზონში და 18.6 ტ ნართისათვის გრეხვის მთელ დიაპაზონში უთანაბრობის დამოკიდებულება მიწოდებულ ქიმიურ მონომაფის დაჭიმულობის გაწყობის სიდიდესთან ატარებს წრფივ ხასიათს, რის გამოც

დაჭიმულობის ზრდით იზრდება უთანაბრობაც. ეს უთანაბრობის ცვლილება დაჭიმულობასთან დამოკიდებულებაში ჩვენს ექსპერიმენტში არ აღემატება 20%-ზე მეტს.

გარდა ამისა, ექსპერიმენტული ნართის უთანაბრობის აბსოლიტური მნიშვნელობა მაგალითად: 25 ტექს $\alpha_T=50$ ნორმალური გრეხვისა და დაახლოებით 2-ჯერ ნაკლებია ჩვეულებრივ ნართთან შედარებით, ხოლო $\alpha_T=20$ გრეხვისას ეს ფარდობა შეადგენს 1,3.

ნართის ფარდობითი წაგრძელება განისაზღვრება X_1 ხაზობრივ სიმკვრივესთან, X_3 სართავი კამერის ბრუნვის რიცხვთან და X_4 გასაწყობ დაჭიმულობასთან დამოკიდებულებაში. პოლინომი შეიცავს წრფივ b_1, b_3 და b_4 ეს კვადრატული ეფექტი $b_{11}<0, b_2=0$, მაგრამ $b_{ij}=0$.

ამ შემთხვევაში ზედაპირი წარმოადგენს ქვევით ამოზნექილ ($b_{11}<0$) პარაბოლურ ცილინდრს. მოცემულ შემთხვევაში ეს ზედაპირი მოხერხებულად წარმოგვიდგება პარაბოლათა ოჯახის სახით (იხ. სურ. 3.16)

კერძო წარმოებული

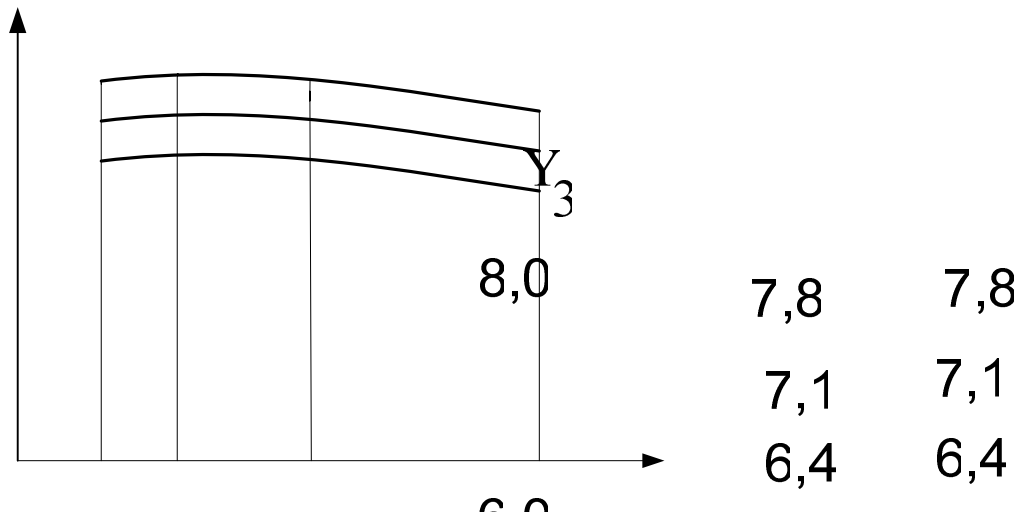
$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = -0,56 - 2 \cdot 0,4 X_1; \quad \frac{\partial Y_3}{\partial X_1} = 0; \quad -0,56 - 2 \cdot 0,4 X_1 = 0$$

სადაც
$$X_1 = -\frac{0,56}{2 \cdot 0,4} = -0,7$$

ფუნქციის მნიშვნელობა როცა $X_1=-0,7; X_2=0; X_4=0$ იქნება

$$Y_{303} = 6,95 + 0,58 \cdot 0,7 - 0,4 \cdot (0,7)^2 = 6,95 + 0,392 - 0,196 = 7,146 \text{ გს/ტექსი}$$

უდიდეს ხარისხს წარმოადგენს წაგრძელების პარაბოლურ დამოკიდებულება ხაზობრივ სიმკვრივეზე. ამასთან შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ხაზობრივი სიმკვრივის გაზრდით მცირდება წაგრძელება. აქვე შეიძლება შემოთავაზებული იქნას ჰიპოთეზა წაგრძელების რამოდენიმე მნიშვნელობაზე, რომელიც შეესაბამება განსაზღვრულ ქიმიურ ძაფსა და ნატურალურ ბოჭკოების წილს, რომლებმაც შეიძლება მოითხოვონ დამატებითი შემოწმება. გარდა ამისა, წაგრძელება იზრდება წრფივად X_3 კამერის ბრუნვის შემცირებით და გასაწყობი დაჭიმულობის გაზრდით. ექსპერიმენტული ნართის ფარდობითი წაგრძელების აბსოლიტური მნიშვნელობა ჩვეულებრივ ნართთან შედარებით 20%-ით მაღალია.

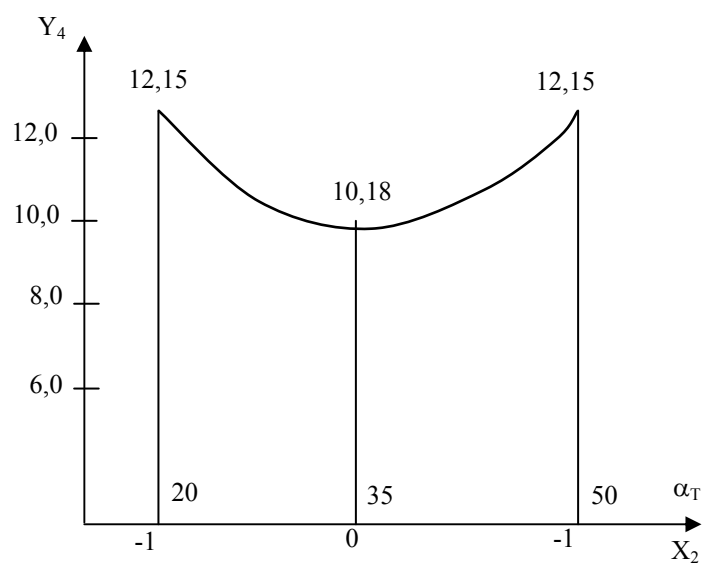


ნახ.3.16 წართის ხაზობრივი სიმკვრივის დამოკიდებულება ფარდობით წაგრძელებასთან

ფარდობითი წაგრძელების უთანაბრობა Y_4 , მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია $\alpha_T(X_2)$ წართის გრეხვის ინტენსივობით და ეს დამოკიდებულება ატარებს პარაბოლურ ხასიათს (იხ. სურ. 3.17)

2,0

0 18,6
-1



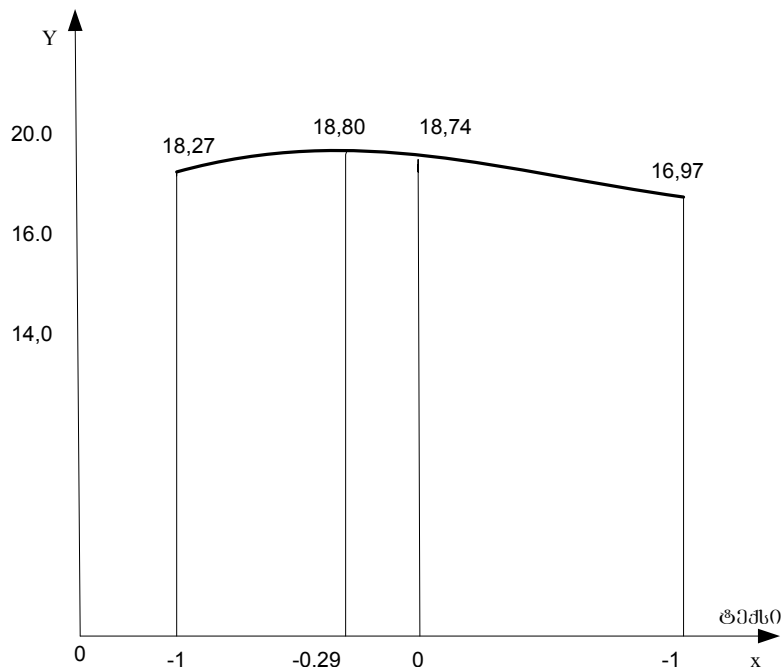
ნახ. 3.17 წართის გრეხვის კოეფიციენტის დამოკიდებულება კვადრატულ უთანაბრობასთან

ფუნქციის კერძო წარმოებული

$$\frac{\partial Y_4}{\partial X_2} = 2 \cdot 1,97 X_2; \quad \frac{\partial Y_4}{\partial X_2} = 0; \quad 2 \cdot 1,97 X_2 = 0$$

მაშასადამე, C_ε მინიმალური მნიშვნელობა აქვს $X_2=0$ ($\alpha_T=35$) მნიშვნელობისას. კვადრატული უთანაბრობის ცვლილება ფარდობითი წაგრძელების მიხედვით ექსპერიმენტიში შეადგენს 22,8%. უთანაბრობის ექსპერიმენტული მნიშვნელობა, ექსპერიმენტის საზღვრებში, როგორც წინა შემთხვევაში, გვთავაზობს ჰიპოტეზას გრეხვის კრიტიკული მნიშვნელობის შესახებ, რომელიც განსაზღვრავს ძაფის ოპტიმალურ სტრუქტურას. წაგრძელების მიხედვით ექსპერიმენტული და ჩვეულებრივი ნართის უთანაბრობის შესაბამისი მნიშვნელობების შედარება გვიჩვენებს მის შემცირებას 1,5-ჯერ.

კვადრატული უთანაბრობა $C(Y_5)$ ხაზობრივი სიმკვრივის მიხედვით USTER მოწყობილობაზე იცვლება პარაბოლური დამოკიდებულებით (4.10) X_1 ხაზობრივი სიმკვრივე დამოკიდებულებით. C მახასიათებლებს ცვლილებების გრაფიკული გამოსახულება წარმოდგენილია ნახ.3.18-ზე



ნახ.3.18 ნართის ხაზობრივი სიმკვრივის დამოკიდებულება კვადრატულ უთანაბრობასთან

ფუნქციის კერძო წარმოებული

$$\frac{\partial Y_5}{\partial X_1} = -0,64 - 2 \cdot 1,09 X_1; \quad \frac{\partial Y_5}{\partial X_1} = 0; \quad -0,64 - 2 \cdot 1,09 X_1 = 0$$

საიდანაც
$$X_1 = -\frac{0,65}{2 \cdot 1,09} = -0,2982$$

ფუნქციის მაქსიმალური მნიშვნელობა

$$Y_{5\max} = 18,71 - 0,65(-0,2982) - 1,09(-0,2982)^2 = 18,7 + 0,1938 - 0,0969 = 18,807$$

შეიძლება აღინიშნოს, რომ უთანაბრობის შემცირების ტენდენცია ხაზობრივი სიმკვრივის გაზრდისას მიღწეულია ბოლო 20 ტექსამდე მნიშვნელობისას: შემდეგ ეს შეიძლება აიხსნას, ქიმიური და ნატურალური ბოჭკოების კრიტიკული თანაფარდობის წილზე.

უთანაბრობის აბსოლიტური მნიშვნელობა ხაზობრივი სიმკვრივით რამდენამდე მცირეა (20%) შესაბამის მაჩვენებლებზე ППМ მანქანაზე მიღებული ჩვეულებრივი ნართისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენ შემთხვევაში ე.ი. კომბინირებული გრეხილი ნართისათვის არ არის დადგენილი დამოკიდებულება უთანაბრობისა და გრეხვის ინტენსივობას შორის, რაც დამახასიათებელია ჩვეულებრივი ნართისათვის.

Y_6 ძაფის დიამეტრის დამოკიდებულება X_1 (ხაზობრივი სიმკვრივე) და X_2 (გრეხვის კოეფიციენტი), გრაფიკულად გამოსახული ნახ. 3.19-ზე უნდა აღინიშნოს, რომ ხაზობრივი სიმკვრივის გაზრდით და გრეხვის შემცირებით იზრდება ძაფის დიამტრი. ექსპერიმენტში ძაფის დიამეტრის ცვლილება ხაზობრივი სიმკვრივისთვის შედაგენს 37,5-53,3% გრეხვის ინტენსივობისათვის 27,5-42,2%. ექსპერიმენტში ძაფის დიამეტრის აბსოლიტური ცვლილება შეადგენს 95,5%.

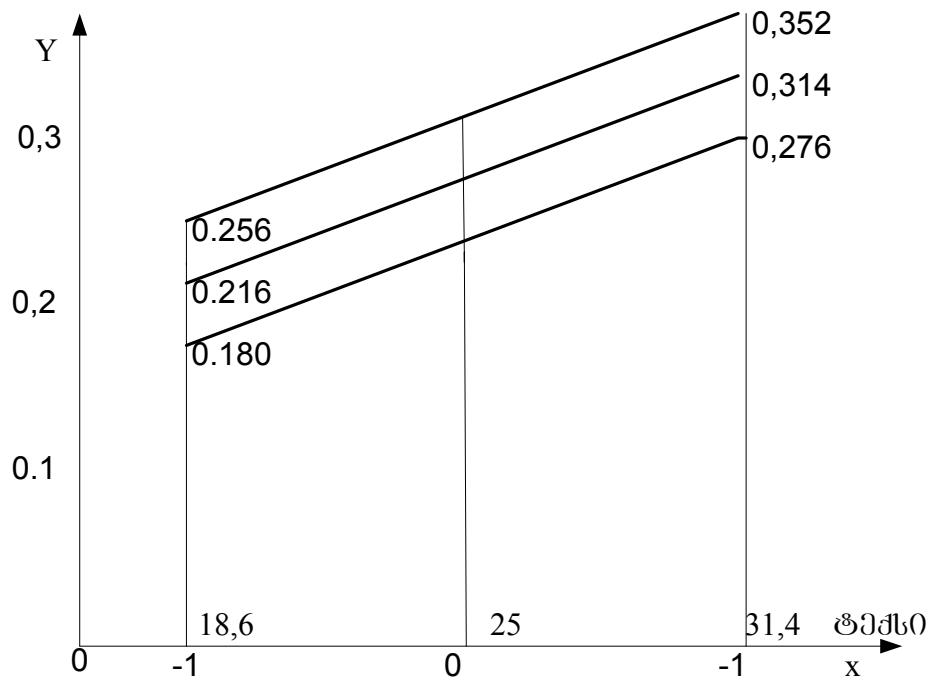
(3.12) მოდელის ანალიზისას Y_7 (გახრის სიდიდე) გამოსასვლელი პარამეტრისათვის უდიდეს ინტერესს წარმოადგენს მისი დამოკიდებულება X_1 (ხაზობრივი სიმკვრივე) და X_2 (გრხ. კოეფიციენტი) ფაქტორებზე.

აქ შედაპირის $b_{12} > 0$ და $b_{11} > 0$ გეომეტრიულ სახეს წარმოადგენს ჰიპერპოლური პარაბოლოიდი.

ფუნქციის კერძო წარმოებული

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_1} = 0,27 + 0,34 X_1 - 2 \cdot 0,51 X_1; \quad \frac{\partial Y_1}{\partial X_1} = 0; \quad 0,27 + 0,34 X_1 - 2 \cdot 0,51 X_1 = 0$$

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_2} = 0,82 + 0,34 X_1; \quad X_1 = 0; \quad \frac{\partial Y_1}{\partial X_2} = 0; \quad 0,82 + 0,34 X_1 = 0$$



ნახ.3.19 ნართის ხაზობრივი სიმკვრივის დამოკიდებულება ნართის დიამეტრთან

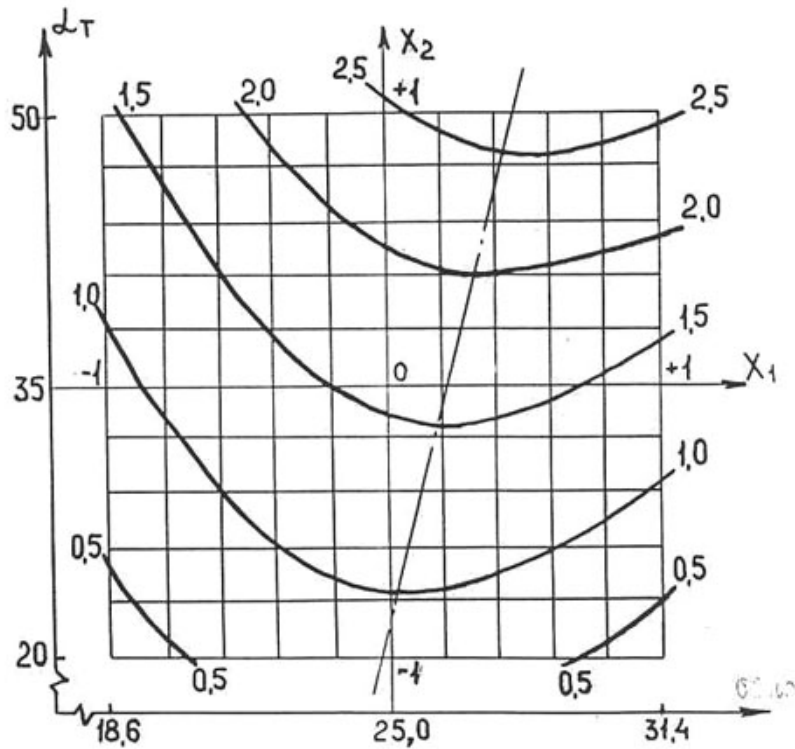
საიდანაც
$$X_1 = -\frac{0,82}{0,34} = -2,4118$$

$$X_2 = \frac{2 \cdot 0,51(-2,4118) - 0,27}{0,34} = -6,4413$$

მიღებული ფაქტორების მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება ფუნქციის "მინიმუმს", გვიჩვენებს წაგრძელების მნიშვნელობას ექსპერიმენტის არიდან: ნაპოვნი ექსტრემუმი მოცემულ შემთხვევაში პრაქტიკულად არ არის მიზანშეწონილი (ნახ.3.20).

გაქანების სიდიდის დამოკიდებულება ხაზობრივ სიმკვრივესთან ატარებს პარაბოლურ ხასიათს, რომელიც ნარჩუნდება ექსპერიმენტის ზღვრებში, α_T გრეხვის ინტენსივობის შეცვლისას.

გადახრის სიდიდის დამოკიდებულება გრეხვის ინტენსივობასთან ატარებს ჰიპერბოლურ ხასიათს, რომელიც ახლოსაა წრფევთან



ნახ.3.20 დამოკიდებულება ხაზობრივი სიმკვრივის, გრეხვის ინტენსივობისა და გაქანების სიდიდებს შორის.

ნართის ხაზობრივ სიმკვრივესა და გრეხვის ინტენსივობაზე გაქანების გრაფიკული დამოკიდებულება შეიძლება გამოყენებული იქნას, როგორც კომბინირებული ნართის წარმოების დროს ქიმიური ძაფის გამოყენებით.

ნახაზზე 3.21 წარმოდგენილია ზედაპირის კვეთის იზოხაზები გრეხვის ინტენსივობასა და მონომადის გასაწყობ დაჭიმულობას შორის.

კერძო წარმოებული

$$\frac{\partial Y_1}{\partial Y_2} = 0,82 - 0,34 X_4; \quad \frac{\partial Y_1}{\partial X_2} = 0; \quad 0,82 - 0,34 X_4 = 0$$

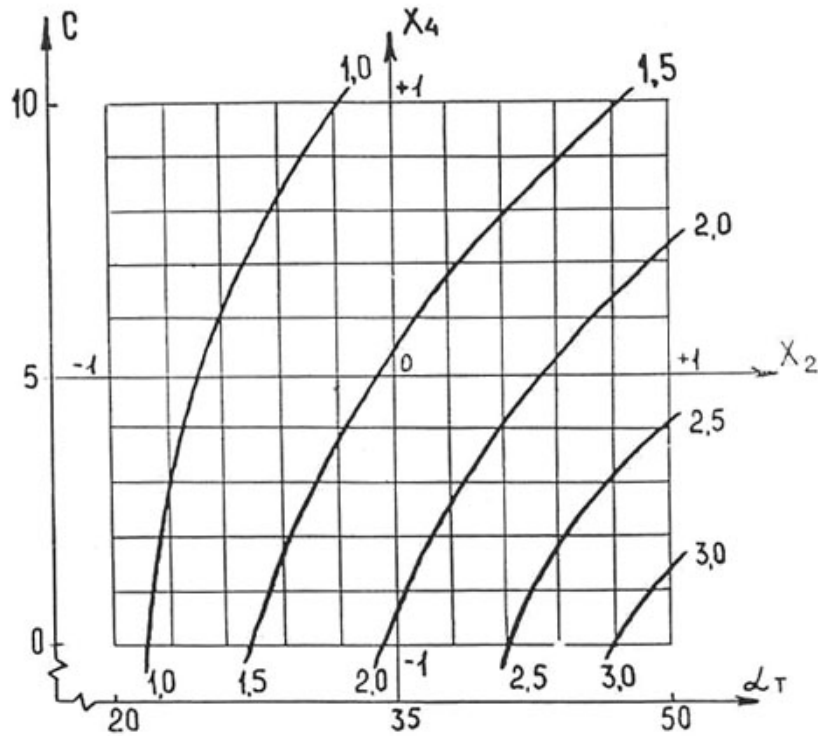
$$X_1 = -\frac{0,82}{0,35} = 2,3429$$

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_4} = -0,5 - 0,35 X_2; \quad \frac{\partial Y_1}{\partial X_4} = 0; \quad -0,5 - 0,35 X_2 = 0$$

$$X_2 = \frac{0,5}{0,35} = -1,4285$$

ამგვარად "მინიმალის" მნიშვნელობა ექსპერიმენტის ზღვრებიდან შორსაა და მისი მოძებნა არ არის მიზანშეწონილი.

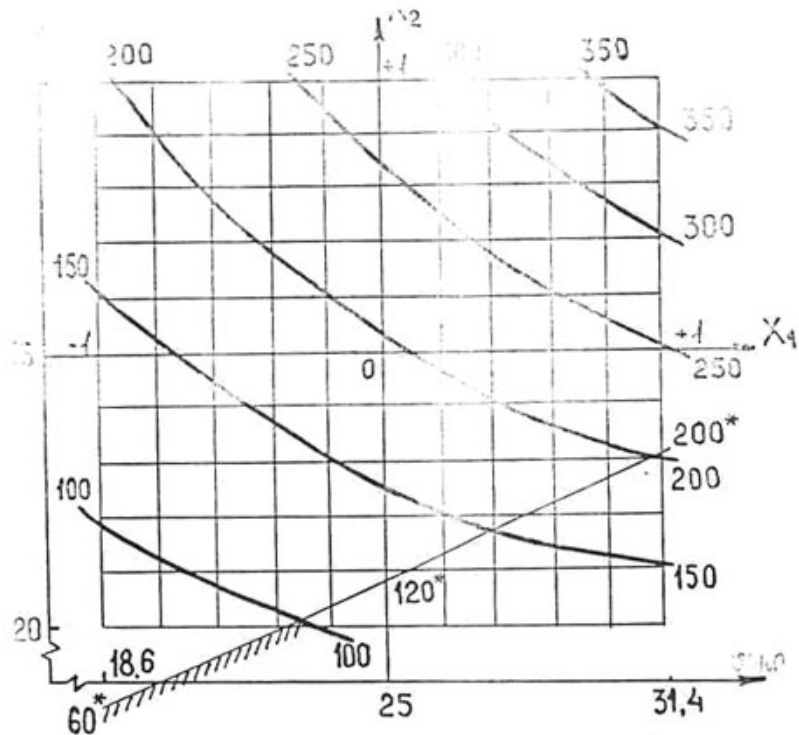
გაქანების ინდივიდუალური დამოკიდებულება X_2 და X_4 განხილულ ფაქტორებზე ატარებს წრფივ ხასითს, ამასთან მისი მნიშვნელობა იზრდება α_T გრეხვის ინტენსივობის გაზრდისა და დაჭიმულობის შემცირებისას. მცირე ხაზობრივი სიმკვრივის მნიშვნელობისას გაქანების ცვლილების დამოკიდებულება დაჭიმულობასთან მცირე ინტენსივობით იზრდება.



ნახ.3.21 დამოკიდებულება გრეხვის კოეფიციენტის, გამგლეჯი დაჭირთისა და გაქანების სიდიდის შორის.

გაქანების გრეხვის ინტენსივობისა და ძაფის დაჭიმულობაზე გრაფიკული დამოკიდებულება შეიძლება გამოყენებული იქნას ნომოგრამად სართავ-საგრები მოწყობილობის გაწყობის ანგარიშისათვის, ძაფის მიწოდებით თავისუფალი დახვევისას, დამოკიდებულების გამოკვლევა მიზანშეწონილია მოცემული ზედაპირის კვეთის ანალიზის საფუძველზე X_1X_2 , X_2X_3 და X_3X_4 ფაქტორების ურთიერთქმედებისას, როცა დანარჩენის დონე ნულის ტოლია.

ნახაზზე 3.22 წარმოდგენილია ზედაპირის კვეთის იზოხაზები, რომელიც წარმოდგენს ძაფმიმართველში გახეხვის სიმტკიცის ნართის ხაზობრივი სიმკვრივისა და გრეხვის ინტენსივობაზე დამოკიდებულების გეომეტრიულ სახეს.



ნახ.3.22 დამოკიდებულება გრეხვის ინტენსივობასა და გამგლეჯ დაკრძირთვას შორის.

$$X_2 = -\frac{89,3}{35} = -2,551$$

როცა წარმოებული $X_3=0$ $X_4=0$

$$\frac{\partial Y_8}{\partial X_1} = 56,1 + 35X_2; \quad \frac{\partial Y_8}{\partial X_1} = 0; \quad 56,1 + 35X_2 = 0$$

$$X_2 = -\frac{5,61}{35} = -1,603$$

$$\frac{\partial Y_8}{\partial X_2} = 89,3 + 35X_1; \quad \frac{\partial Y_8}{\partial X_2} = 0; \quad 89,3 + 35X_1 = 0$$

ამ ფაქტორების მნიშვნელობა შეესაბამება "მინიმუმის" მნიშვნელობას", რომელიც მდებარეობს ექსპერიმენტის ზღვრების გარეთ და მისი ძეგნა მიზანშეწონილია, მოცემულ შემთხვევაში იზოხაზები წარმოადგენს ჰიპერბოლის ოჯახს.

ცვეთამედეგობის სიმტკიცის დამოკიდებულება ხაზობრივ სიმტკიცესა და გრეხვის ინტენსივობაზე, ერთის ფიქსირებული მნიშვნელობისას, ატარებს ხაზობრივ ხასიათს, რომელიც იზრდება ხაზობრივ სიმკვრივესა და გრეხვის ინტენსივობის ზდრისას.

ექსპერიმენტის ზღვრებში ციკლის რიცხვის აბსოლიტური ცვლილება ხაზობრივ სიმკვრივის ცვლილებას შეესაბამება 51,5...95,6% შესაბამისად $\alpha_T=20...50$ გრეხვის ინტენსივობისათვის.

ექსპერიმენტისათვის ზღვრებში ციკლის რიცხვის აბსოლიტური ცვლილება ინტენსივობას და გრეხვის ცვლილებისას შეადგენს 132,6...2000,3% ციკლის რიცხვის საერთო ცვლილება შეადგენს 4,55-ს.

ექსპერიმენტული და ჩვეულებრივი ნართის შედარებისას დადგენილია ცვეთამოდეგობის სიმტკიცის გაზრდა გრეხვის ერთნაირი ინტენსივობის დროს $\alpha_T=50$ 3.17...1.86-ჯერ, ნართის ხაზობრივი სიმკვრივისათვის შესაბამისად 18.6...31.4 ტექსი.

ნახაზზე. 3.23 წარმოდგენილია გეომეტრიული დამოკიდებულება ცვეთამოდეგობასა და სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირეს შორის, როცა

წარმოებული $X_1=0$ და $X_2=0$

$$\frac{\partial Y_8}{\partial X_2} = 89,3 - 14,1X_3; \quad \frac{\partial Y_8}{\partial X_2} = 0; \quad 89,3 - 14,1X_3 = 0$$

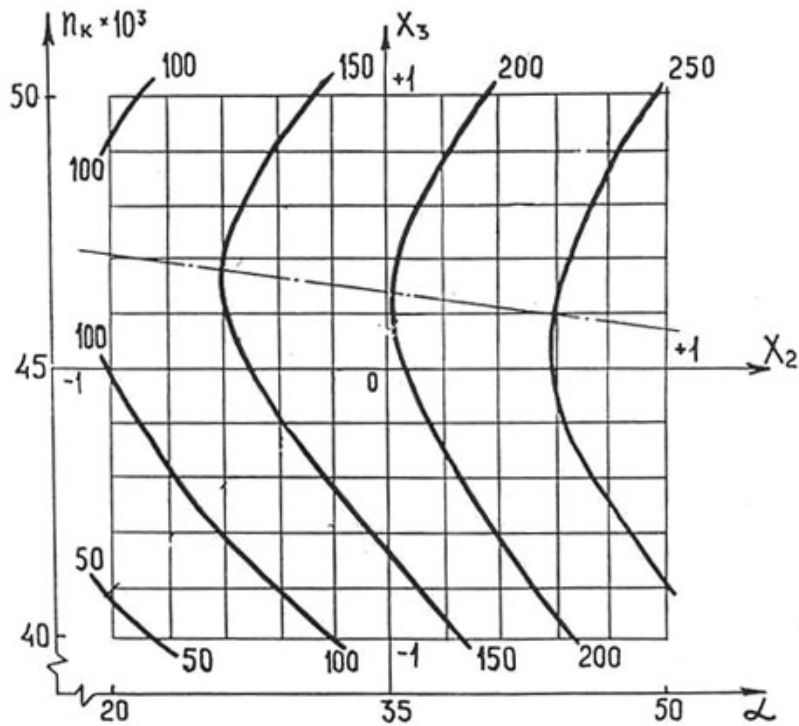
$$X_3 = \frac{89,3}{14,1} = 6,333$$

$$\frac{\partial Y_8}{\partial X_3} = 20,3 - 14,1X_2 - 2 \cdot 35,5X_3; \quad \frac{\partial Y_8}{\partial X_3} = 0; \quad 20,3 - 14,1X_2 - 2 \cdot 35,5X_3 = 0$$

$$X_2 = \frac{-20,3 + 2 \cdot 35,5 \cdot 6,333}{14,1} = -30,44$$

შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მოცემულ შემთხვევაში იზოხაზები წარმოადგენს ჰიპერბოლის ოჯახს "მინიმალის" მდგომარეობის ექსპერიმენტის ზღვრებს გარეთ.

ციკლის რიცხვის დამოკიდებულება კამერის ბრუნვის სიხშირეზე ატარებს ჰიპერბოლურ ხასიათს,



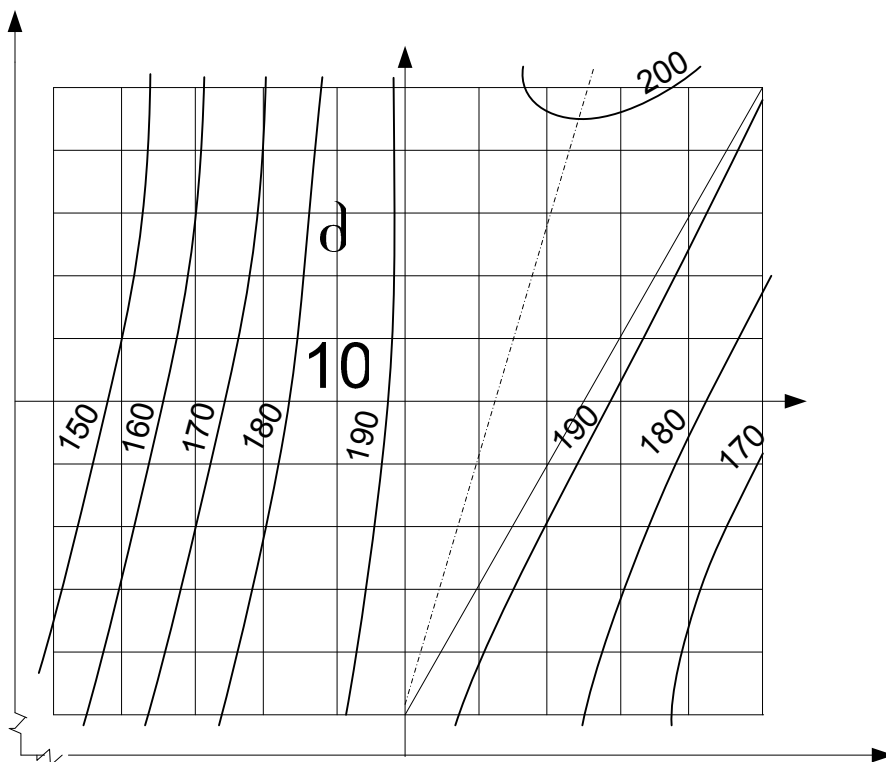
ნახ.3.23 დამოკიდებულება გრეხვის ინტენსივობას, სარტავი კამერის ბრუნვის სიხშირისა და კვითამედიცობას შორის.

ამასთან მაქსიმუმის მნიშვნელობა მიახლოებით შეესაბამება ექსპერიმენტის ცენტრს, ე.ი. $n=45000\text{წთ}^{-1}$. როგორც ჩანს, ეს ვითარება დამოკიდებულია ნართის სტრუქტურის არაწრფივობასთან, ნაჩვენებ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით. შემდეგში 45000წთ^{-1} კამერის ბრუნვის სიხშირე შეიძლება ჩაითვალოს ოპტიმალურად კომბინირებული ნართის წარმოებისას. თუმცა კამერის ბრუნვის სიხშირის გავლენა წინა ფაქტორებთან შედარებით ყველაზე მცირეა.

ნახაზზე 3.24 წარმოდგენილია კვეთის ზედაპირის იზოხაზები, რომელიც წარმოადგენს ცვეთამედეგობის სიმტკიცის დამოკიდებულების გეომეტრიულ სახეს, X_3 კამერის ბრუნვის სიხშირისა და X_4 ქიმიური ძაფის გასაწყობ დაჭიმულობასთან, როცა წარმოებული $X_1=0$ $X_2=0$

$$\frac{\partial Y_8}{\partial X_3} = 20,3 + 15,4X_4 - 2 \cdot 35,5X_3; \quad \frac{\partial Y_8}{\partial X_3} = 0; \quad 20,3 + 15,4X_4 - 2 \cdot 35,5X_3 = 0$$

$$\frac{\partial Y_8}{\partial X_4} = 15,4X_3; \quad \frac{\partial Y_8}{\partial X_4} = 0; \quad 15,4X_3 = 0; \quad X_3 = 0$$



$$X_4 = -\frac{-20,3}{15,4} = -1,318$$

ნახ.3.24 დამოკიდებულება სართავი კამერის ბრუნვის სიხშირეს, დაჭიმულობასა და ცვეთამედიგობის სიდიდეებს შორის.

ფუნქციის მნიშვნელობა ფაქტორების ნაპოვნის მნიშვნელობისას $Y_8=192,3$ ჩვენს შემთხვევაში იზოხაზი წარმოადგენს ჰიპერბოლის ოჯახს.

ციკლის რიცხვის დამოკიდებულება გაწყობის დაჭიმულობაზე ატარებს ექსპერიმენტის ზღვრებში ხასიათს, რომელიც ახლოსაა წრფევთან. თუნცა მცირე ბრუნვის სიხშირისას იზრდება ცვეთამედეგობა. არდსებობს რამოდენიმე ოპტიმალური თანაფარდობა მიწოდებული ძაფის დაჭიმულობასა და კამერის ბრუნვის სიხშირეს შორის, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში უზრუნველყოფს მაქსიმალურ გახეხვის მედეგობას. ეს თანაფარდობა აღიწერება ჰიპერბოლის ოჯახის ღერძული ხაზის განტოლებით, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას პროგრამად სართავ-საგრებ მოწყობილობის გაწყობის ანგარიშისას კომბინირებული ნართის წარმოებისათვის.

3.7 კომბინირებული ნართის სტრუქტურის კვლევა

გამოკვლევების შედეგებით, რომელიც ნაჩვენებია იყო მეორე და მესამე თავებში, გრეხილი ძაფის ფორმირებისას პნევმომექანიკური სართავ-საგრები მეთოდის გამოყენებით (მათ რიცხვში არსებული ნართის გრეხვა) შესაძლებელია შეიცვალოს და გაკონტროლდეს გრეხვის პროცესის ძირითადი პარამეტრები:

შეგრებილი ძაფების მოძრაობის სიჩქარე და მათი დაჭიმულობა, რაც მნიშვნელოვნად განასხვავებდა არსებული ტიპის სართავ-საგრები დანადგარებიდან, რომელიც განხილულია პირველ თავში. ამასთან უგულებელყოფილია შეტოლების პროცესის განხორციელების აუცილებლობა, რომელიც შეიძლება უზრუნველყოფილი იქნას უშუალოდ პნევმომექანიკური სართავ-საგრები მოწყობილობაში. პნევმომექანიკური სართავ-საგრები მეთოდის კიდევ ერთ განსაკუთრებულ თავისებურებას წარმოადგენს განსხვავებული სტრუქტურის და დანიშნულების კომბინირებული ნართის წარმოების შესაძლებლობა, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესია:

- ქიმიური ძაფის გულარის შტაპელური ბოჭკოებით მთლიანი დაფარვა (ნახ. 3.25)
- თანაბარი სიგრძის კომპონენტები მაქსიმალური გამგლეჯი დატვირთვით (ნახ. 3.26)
- ქიმიური ძაფის განლაგებით შტაპელური ბოჭკოების გულარის ზედაპირზე შემოწვნის სახით.

ჩვენი გამოკვლევების მიზანს წარმოადგენს იმ პირობების განსაზღვრა, რომელიც აუცილებელია შემოთავაზებული სტრუქტურის ნართის ფორმირებისათვის. ძირითადი პარამეტრები, რომლებიც განსაზღვრავს პნევმომექანიკურ კომბინირებული ნართის აგებულებას წარმოდგენილია 4.12,13,14 ნახაზებზე.

სადაც:

K - შეგრებილი ძაფის აბსოლუტური გრეხვის ინტენსივობა გრ/მ.

h - გრეხილი ძაფის სიგრძე, რომელიც შეესაბამება ერთი გრეხვა მმ (გრეხვის ბიჯი)

$$h = \frac{1000}{k}$$

d₁ - კომბინირებული ნართის დიამეტრი მმ.

d₂ - შტაპელური ბოჭკოს ნართის განივი კვეთის დიამეტრი, მმ.

m₁ - კომბინირებული ძაფის კვეთში ბოჭკოების რიცხვი.

m₂ - შტაპელური ბოჭკოების ნართის კვეთში ბოჭკოების რიცხვი.

S - კომბინირებული ძაფის და ნართის განივი კვეთის ფართი.

β_1 - კომბინირებული ძაფის დახრის კუთხე გრეხილი ძაფის ღერძთან.

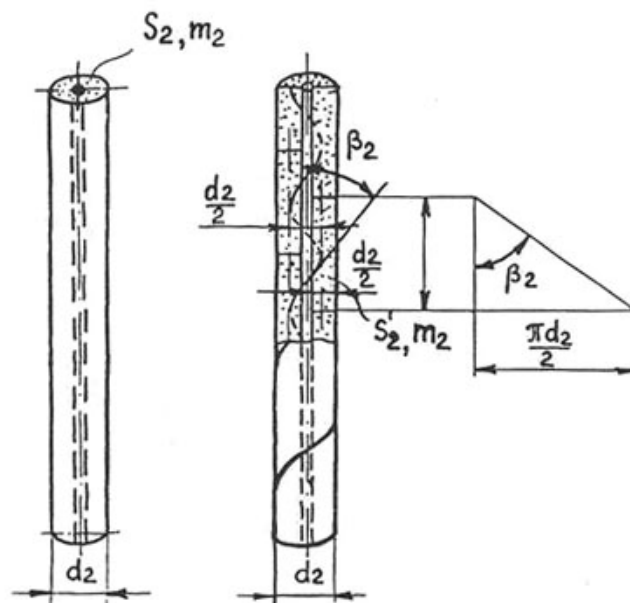
β_2 - შტაპელური ბოჭკოების ნართის ღერძის დახრის კუთხე გრეხილი ძაფის ღერძთან.

γ - შტაპელური ბოჭკოების ნართის ღერძის დახრის კუთხე გრეხილი ძაფის ღერძთან.

γ_0 - შტაპელური ბოჭკოების ნართის ბოჭკოების გარე შრის დახრის კუთხე მის ღერძთან.

ქიმიური ძაფის გულარის შტაპელური ბოჭკოებით მთლიანი დაფარვისათვის მისი ფორმირების აუცილებელი პირობა შეიძლება განისაზღვროს შემდეგნაირად.

დავუშვათ, რომ კომბინირებული ნართის სტრუქტურა, რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 3.25 წარმოადგენს ექვივალენტს.



ნახ.3.25 კომბინირებული ძაფის სტრუქტურა ქიმიური ძაფის მთლიანი დაფარვით.

განსხვავება გამოიხატება შტაპელური ბოჭკოებიდან შრის ფორმირების მეთოდში. სტრუქტურა ნახ.3.25 (ა) წარმოდგენილია ბოჭკოების თანაბარი განლაგებისას ნართის მთელ პერიმეტრზე შეგრეხვისას. სტრუქტურა ნახ. 3.25 (ბ) წარმოდგენილია კომბინირებული ძაფის ბოჭკოების შრის შეგრეხვისას ლენტის სახით, რაც ხდება

პნევმომექანიკური სართავ-საგრები მეთოდით ნართის ფორმირებისას ვივარაუდოთ, რომ ორივე სტრუქტურის ძაფის თანაბარი დიამეტრისას ლენტის კვეთს აქვს მართკუთხედის ფორმა. მაშინ ნართის და ლენტის კვეთში ბოჭკოების თანაბარი სიმჭიდროვის დაშვებისას გვექნება

$$\text{ე.ი.} \quad \frac{m_2}{s_2} = \frac{m_1}{s_1} \quad \text{ან} \quad s_2 = s_1'$$

სადაც s_1' -ლენტის კვეთის ფართობია და გვექნება

$$s_2 = \frac{\Pi d_2^2}{4} \quad s_1' = h \frac{d_2}{2}$$

$$\text{საიდანაც} \quad h = \frac{\Pi d_2^2}{2} = 1,57 d_2^2 \quad (3.16)$$

ვიპოვოთ შესაბამისი გამოსახულება ნართის შტაპელური ბოჭკოებიდან გრეხვის კუთხისა და გაქანების სიდიდისათვის.

ამ შემთხვევაში, როცა $h_1=0 \quad \beta = 0_1$ გაქანების სიდიდე (ნახ. 3.24)

$$H_2 = \frac{1}{\cos \beta_2} - 1$$

და გრეხვის კუთხე

$$\cos \beta_2 = \frac{h}{\sqrt{h^2 + \frac{\Pi^2 d_2^2}{4}}} \quad (3.17)$$

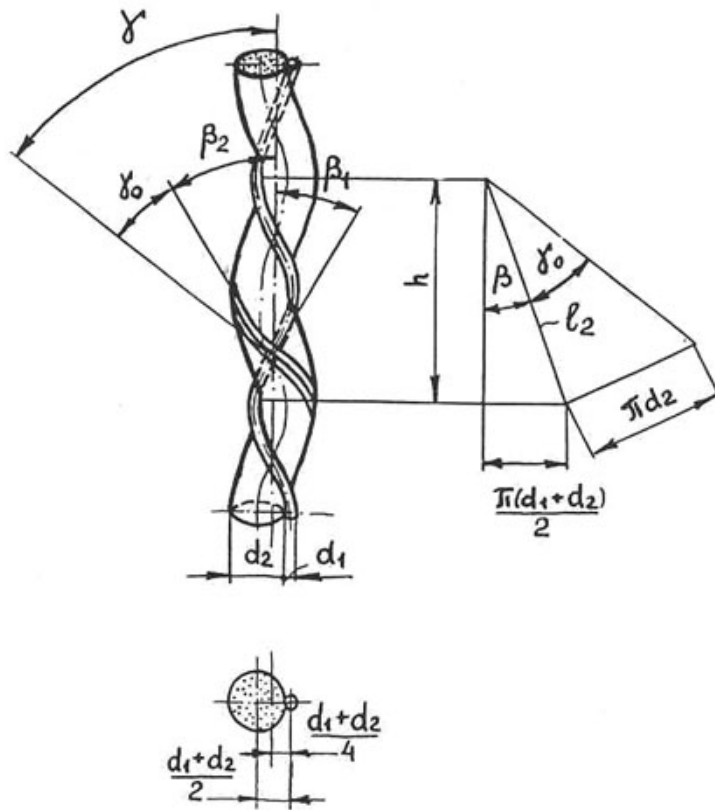
ანალოგიურად შეიძლება განსაზღვრული იქნას ნართის სტრუქტურის მახასიათებლები ერთნაირი სიგრძის გრეხილი კომპონენტებით. ამ შემთხვევაში (ნახ. 3.26)

$$H_1 = H_2 = H \quad \beta_1 = \beta_2 = \beta$$

$$\text{მაშინ} \quad H = \frac{1}{\cos \beta} - 1 \quad (3.18)$$

$$\cos \beta = \frac{h}{\sqrt{h^2 + \frac{\pi^2 (\alpha_1 + \alpha_2)^2}{4}}}$$

თუმცა აღსანიშნავია, რომ აქ უფრო მიზანშეწონილია ვივარაუდოთ შტაპელური ბოჭკოების ნართის წრიული კვეთის ფორმა.



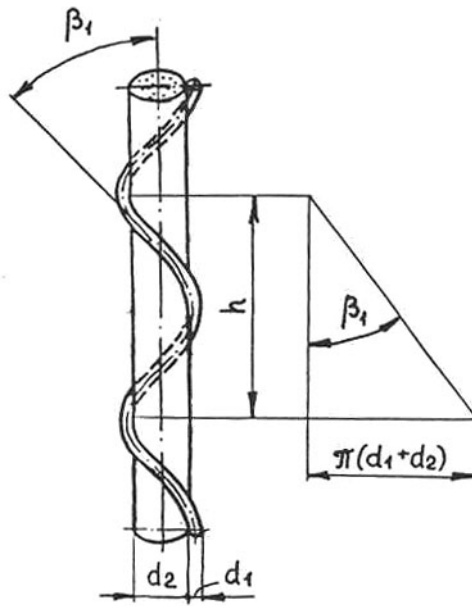
ნახ.43.26 თანაბარკომპონენტებიანი კომბინირებული ძაფის სტრუქტურა.

შტაპელური ბოჭკოების გულარიან ზედაპირზე (სურ. 3.27) შემოწნული სახით ქიმიური ძაფის ნართისათვის გვაქვს, როცა $X_2=0$ $\beta_2=0$

$$X_1 = \frac{1}{\cos \beta_1} - 1$$

$$\cos \beta_1 = \frac{h}{\sqrt{n^2 + \pi^2 (\alpha_1 + \alpha_2)^2}} \quad (3.19)$$

საინტერესოა განისაზღვროს შტაპელური ბოჭკოებისაგან მიღებული ნართის გრეხვის ინტენსივობის სიდიდე და შესაბამისად ნართის ზედაპირზე ბოჭკოების დახრის კუთხე ნახ. 3.26 შემთხვევაში.



ნახ.3.27 კომბინირებული ძაფის სტრუქტურა ზედაპირზე ქიმიური ძაფის შემოწვნით.

ცნობილია, რომ 3.1 ორი ძაფის შეგრეხვის დროს ერთერთი მათგანის გრეხვის ინტენსივობის სიდიდე შეიძლება განვსაზღვროთ ფორმულით

$$K_2 = K \cdot \sin^2 \beta_2 = \frac{100}{h} \cdot \sin^2 \beta_2$$

ან

$$K_2 = \frac{1000}{l_2}$$

საიდანაც (იხ. ნახ. 4.13)

$$l_2 = \frac{\sqrt{h^2 + \pi^2(\alpha_1 + \alpha_2)^2}}{4} = \frac{h}{\sin^2 \beta} \quad (3.20)$$

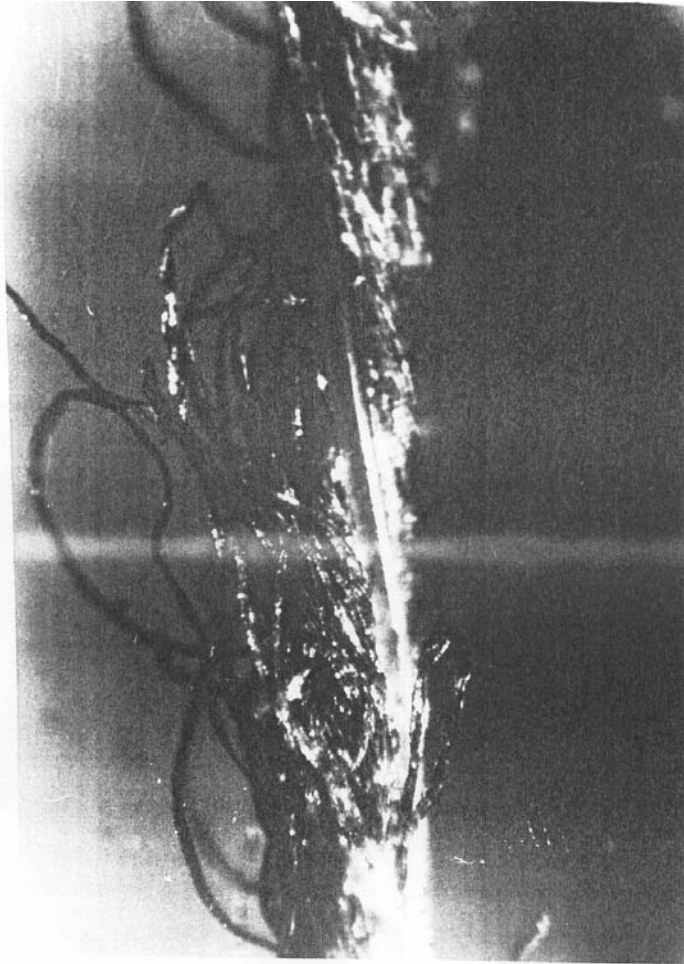
ნართის გარე შრის ბოჭკოების დახრის კუთხე (3.20) განისაზღვრება ფორმულით

$$\cos \chi_0 = \frac{l_2}{\sqrt{\frac{h^2 + \pi^2(\alpha_1 + \alpha_2)^2}{4} + \pi^2 \alpha^2}} \quad (3.21)$$

$$\chi = \beta_2 + \chi_0$$

ცნობილია, რომ ექსპერიმენტის გამოსასვლელ პარამეტრებს წარმოადგენს კომბინირებული ნართის დიამეტრის (მმ) მნიშვნელობა და H (%) გადახრის სიდიდე.

ნართის დიამეტრი იზომება პოლიზაციურ მიკროსკოპზე МИН-4-ზე, მიკროფოტოსადგომით МФН-1. კომბინირებული ძაფის სახე მიკროსკოპიული ხედვით წარმოდგენილია სურათზე 3.28



ნახ.3.28 კომბინირებული ძაფის სახე მიკროსკოპში

გაქანების სიდიდე განისაზღვრება მხოლოდ ქიმიური ძაფისათვის ერთდროულად კომბინირებული ნართის დიამეტრის გაზომვით. მხედველობაში იქნა მიღებული გაქანების გაზომვის ორი მეთოდი ნართის წრფივი ზომების გაზომვისას (გრეხვის ბიჯი და ამპლიტუდა) და β_2 გადახრის კუთხის გაზომვისას

$$H = \frac{\sqrt{H_{\beta} - 4\pi^2 A^2 - H_{\beta}}}{H_{\beta}} \cdot 100\%$$

სადაც H_{β} - ნახვევის სიმაღლე (გრეხვის ბიჯი) დაყოფა;

$2A$ - პარამეტრები, რომელიც შეესაბამება 3.18 ფორმულაში $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$

მეორე შემთხვევაში

$$H = \left(\frac{1}{\cos \beta} - 1 \right) \cdot 100\%$$

საკონტროლო გაზომვების შედეგები წარმოდგენილია 3.15 ცხრილში

საკონტროლო გაზომვების შედეგები

№	ხვიის სიმაღლე,მმ (დანაყოფის რიცხვი)			fvgkbnelf (დანაყოფის რიცხვი)		uflf[hbc res[t uhfl+			H, %	
	H ₁	H ₂	H ₁ -H ₂	$\alpha=2d$	πd	φ_1	φ_2	B	[fp+	res[+
1	99	36	63	4	12.54	131.1	123.1	8.0	1.962	0.983
2	89	25	64	4	12.54	130.2	121.8	8.4	1.901	1.011
3	93	30	63	5	15.7	129.3	118.0	11.3	3.058	1.977
4	95	28	67	4	12.54	128.9	121.7	7.2	1.736	0.725
5	91	30	61	4	12.54	129.6	121.5	8.1	2.091	1.008
cfi+									2.149	4.155

მიღებული შედეგების შედარებისას მივდივართ დასკვნამდე, რომ ბიჯის გაზომვისას დასაშვები ცდომილება შეადგენს 1,86. ფორმულიდან (3.19) შესაბამისად გამოითვლება გრეხვის კოეფიციენტი

4. მექანიკურ სართავ-საგრეხ მანქანაზე კომბინირებული მაფების მიღება

4.1 კომბინირებული სტრუქტურის საპროექტო თვისებების მაფების და საფეიქრო მასალების ფორმირება

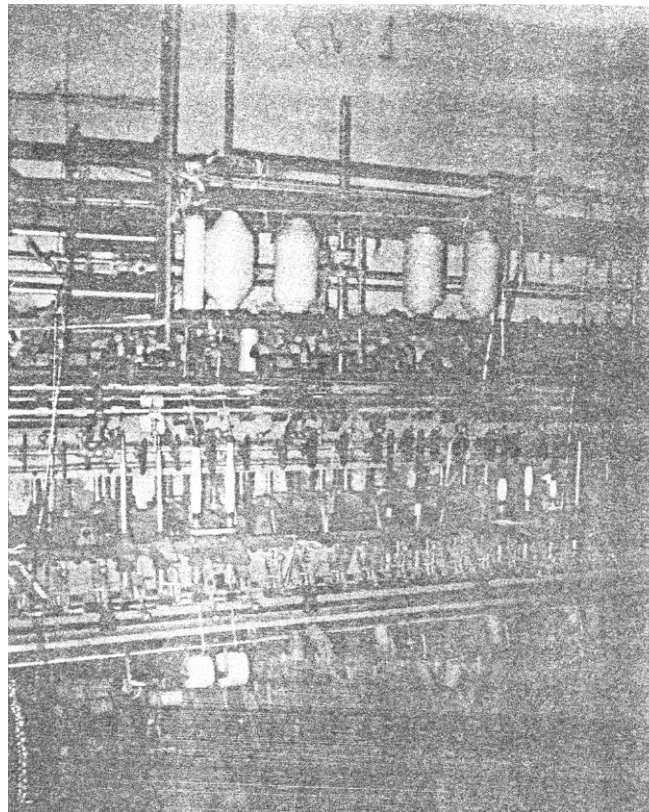
ჩვენს მიერ პნევომექანიკურ მანქანაზე [74;76] ფორმირებული ძაფი სხვა ძაფთან ერთად გამოვიყენეთ მექანიკურ სართავ საგრეხ მანქანაზე. როგორც ცნობილია ტრადიციულად მექანიკური სართავ-საგრეხი მანქანის დანიშნულებაა ფთილშლილის და ნართის ურთიერთშეგრეხვით მარტივი სტრუქტურის ნართის ფორმირება. ტექნიკური მიზნებისათვის გამოყენებულ ნედლეულს წაეყენება სხვადასხვა საპროექტო მოთხოვნები, რომლის აუცილებელი რეალიზაცია მოითხოვს ტექნოლოგიური პროცესების და დანადგართა მიზნობრივ მოდერნიზება-სრულყოფას. ჩვენს მიერ დამუშავებული ტექნოლოგიით და მოდერნიზებული დანადგარებით შესაძლებელია სართავ-საგრეხ მანქანაზე საპროექტო მახიასიათებელი თვისებების კომბინირებული ძაფის ფორმირება. ძაფის ღერძულ და გარსულ შემადგენლობათა ვარიანტებით შესაძლებელია დაკმაყოფილებული იქნას ურთულესი საექსპლუატაციო პირობები, როგორცაა სიმტკიცე, თერმო და აგრესიულ

გარემოსადმი მდგარადობა, დიელექტრიკული, თბოსაიზოლაციო, ადგეზიური, ანტიკოროზიული თვისებები და სხვა. [1;2;3]

მეთოდის მნიშვნელობა იმითაცაა საყურადღებო, რომ ძაფის ფორმირებისას მაქსიმალურადაა შენარჩუნებული მისი ღერძულ შემადგენლობათა საწყისი ფიზიკო-მექანიკური თვისებები (რომლის შენარჩუნებაც ტრადიციული მეთოდით ძაფის ფორმირებისას შეუძლებელია). აღნიშნული განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი საფეიქრო მასალების გამომუშავებისას, რომელიც წარმოადგენს მზიდ ელემენტს კომპოზიციური მასალებისათვის, როგორცაა სხვადასხვა სახის ტრანსპორტიორის ლენტები, ამძრავი ღვედები და სხვა სატრანსპორტო საშუალებები.

ნაშრომში [56;60] მიუთითებენ სხვადასხვა მეთოდით ფორმირებულ ძაფებში ბოჭკოთა და ელემენტარულ ძაფთა საწყისი სიმაგრის შენარჩუნების სიდიდეებს. სართავ-საგრები [74;75;77] მანქანის მიზნობრივ მოდერნიზებით ვახდენთ სასურველი შედეგის რეალიზებას.

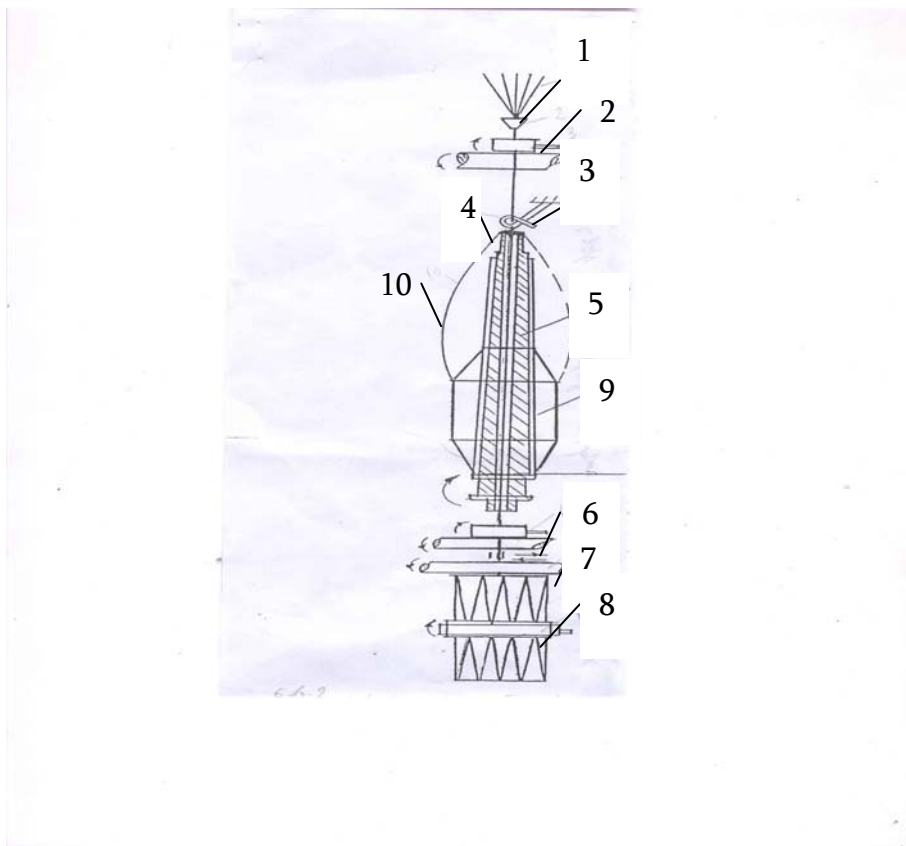
ჩვენი მეთოდით სართავ-საგრებ მანქანაზე სურ 4.1



სურ 4.1. სართავ -საგრებ ПК-100 მანქანაზე კომბინირებული ძაფის ფორმირება

კომბინირებული ძაფის ფორმირება მიმდინარეობს შემდეგნაირად:

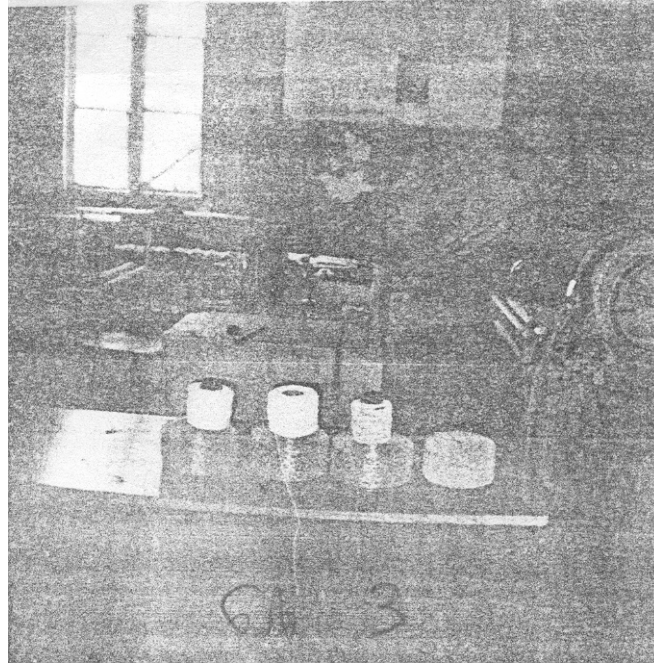
სპეციალურ თაროზე მოთავსებულ ნახვევიდან 1, ხდება ღერძული ძაფებით მანქანის კვება, მათი რაოდენობა, სახე და სტრუქტურა დამოკიდებულია ძაფის საპროექტო მახასიათებლებზე. ძაფები გაივლიან ძაბრს 2, მკვებავ ლილვაკებს 3, მიმმართველ თვალს 4 და ტარდება ღრუ თითისტარის 5 სიღრმეში. თითისტრიდან გამოსული ძაფი გაივლის გამომშვებ წყვილს 6 და ამხვევი ლილვაკის 7 საშუალებით ეხვევა კოჭაზე 8, ცილინდრული ნახვევის სახით. თითისტრის ბრუნვის გამო მასზე დასმული მასხვეულიდან 9, მიწოდებული ძაფი 10, შემოეხვევა ღერძულ ძაფებს და ფორმირდება ღერძულ-გარსულ სტრუქტურის ძაფი. ღერძული 1 და გარსული 9 ძაფების შერჩევით ვახდენთ საპროექტო მახასიათებელ თვისებების ძაფს ფორმირებას. თითისტრის ბრუნვის სიხშირის და ძაფის გამოშვების სიჩქარეთა რეგულირებით შესაძლებელია მივიღოთ ძაფის სტრუქტურის დიდი დიაპაზონი, რომელიც ერთერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია ღერძულ მდგენელთა საწყისი სიმტკიცის მაქსიმალურად შესანარჩუნებლად და ძაფის გარსული ეფექტის ფორმირებისათვის.



ნახ. 4.2. სართავ-საგრებ ПК-100 მანქანაზე ღერძულ-გარსული ძაფის ფორმირება

ს ექსპერიმენტალური ნიმუში სურ. 4.3

ა) ბამბის ფთილშლილისაგან ბ) შალის ფთილშლილისაგან, გ) ბამბის ნართის და სპანდექსისაგან. ბამბის ფთილისაგან ფორმირებული ძაფის ღერძულ შემადგენლად გამოყენებული იყო 800ტ 1,800ტ 2 და 800ტ3 სტრუქტურის ფთილა

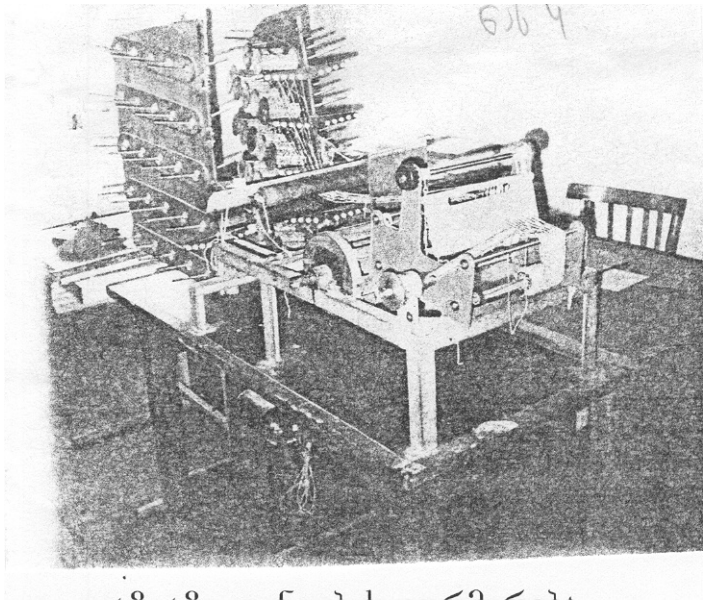


სურ 4.3. კომბინირებული სტრუქტურის ძაფები

გარსული ბ.ნ 40ტ 1, აღნიშნული ნიმუშები გათვალისწინებული იყო მოცულობითი ეფექტის ქსოვილის გამოსამუშავებლად.კონვეიერის ლენტისთვის ფორმირებული იყო: ბამბის ნართისაგან 50ტ.2.4+60ტ.1.4 სპანდექსის, გარსულ-სპანდექსი 60ტ.1.2. ღერძულ-გარსული სტრუქტურის ძაფი.

აღნიშნული ნედლეულის გამოყენებით ლაბორატორიულ პირობებში გამომუშავებული იქნა სხვადასხვა სტრუქტურის ქსოვილის ლენტები.

ლაბორატორიულ დაზგაზე ლენტების ფორმირება ნაცვენებია სურათ 4.4-ზე.



სურ. 4.4 ლაბორატორიულ დაზგაზე ლენტების ფორმირება

საწარმო პირობებში ქსოვილის ლენტების დასამზადებლად შერჩეული იქნა უმაქო ლენტსაქსოვი დაზგა ТЛБ-80.

რომელიც აღჭურვილია ჩვენი კონსტრუქციის ქსელის ძაფების მიმწოდებელი თაროთი ნახ. 6., რომლის საშუალებითაც ვახდენთ საქსოვი დაზგის ქსელის ძაფებით ინდივიდუალურ კვებას. აღნიშნული აუცილებელია მინიმალური წაგრძელების და მაქსიმალურად დაჭიმული ქსელის ძაფებით მუშაობისათვის.

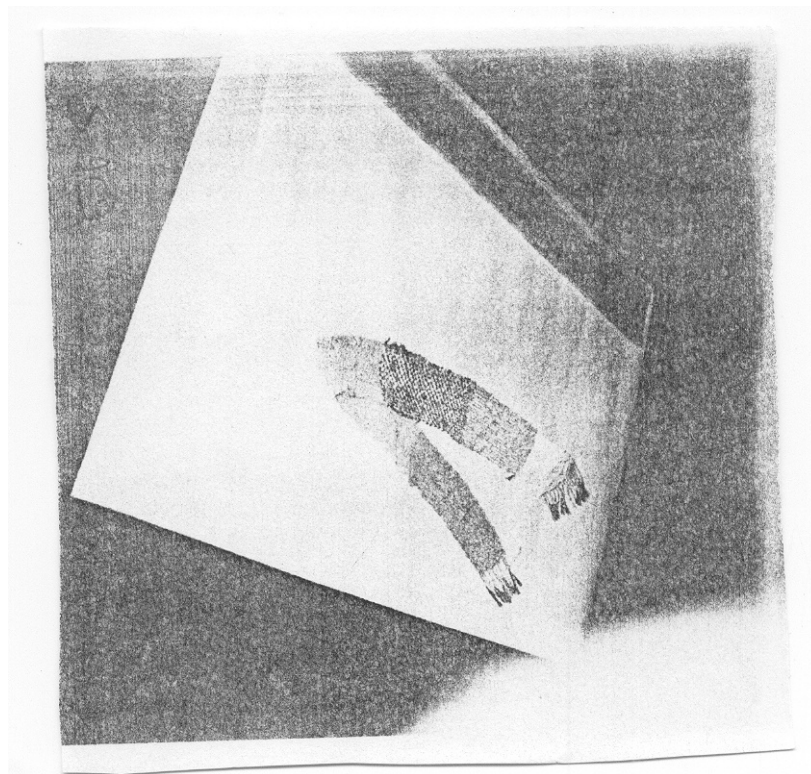
თაროდან ქსელის ძაფების მიწოდება და დამუხრუჭება ხდება შემდეგანირად სპეციალური კონსტრუქციის თაროზე, დამაგრებულ სარჭებზე ვათავსებთ კოჭებს, დახვეული ქსელის ძაფებით, კოჭებში მჭიდროდ არიან ჩასმული ღრუ ლილვაკები, რომლებიც თაროს მხარეს ბოლავდებიან სამუხრუჭე რგოლებით. მათზე მოქმედებს სამუხრუჭე თასები, თითოეული სამუხრუჭე თასმა წყვილდება მეზობელთან, განიცდის ერთი დამამუხრუჭებელი ძალის მოქმედებას და ა.შ. საბოლოოდ ძალთა ასეთი შეკრება გვამღევს დამამუხრუჭებელი ძალის მოდების ერთ წერტილს, რომელზეც ბერკეტი საშუალებით მოქმედებს ტვირთი. ქსელის ძაფთა დამუხრუჭების ძალის მუდმივობის შესანარჩუნებლად, კოჭაზე ნახვევის დიამეტრის შემცირების პარალელურად ვახდენთ ბერკეტზე ტვირთის გადაადგილებას. დამუხრუჭებული ქსელის ძაფები, შემოუვლიან მიმმართველ ლილვაკს და მიემართებიან უმაქო

ლენტსაქსოვ დაზგა ТЛБ-80 ლენტის ფორმირების ზონისაკენ ქსოვილი არ განიცდის გამოყვანას, ამიტომ ხამი ქსოვილის განი B_b და მზა B_a ქსოვილის სიგანეები ტოლია $B_b = B_a$

ქსოვილის ლენტი იქსოვება უნაწიბუროდ (ტრიკოტაჟული მეთოდით ნაწიბურის წარმოქმნით) ქსოვილს გამოვიმუშავებთ ტილოს ხლართით ორ დგიმზე. ტილოს ხლართი შევირჩიეთ იმიტომ, რომ ტილოს ხლართის ქსოვილები ხასიათდებიან ზომების სტაბილურობით და მაქსიმალური სიმტკიცით, რაც აუცილებელია კომპოზიციური მასალების დამზადებისათვის.

ქსოვილის ნიმუშები გამომუშავებული იქნა ჩვენს მიერ ქუთაისის

სახელმწიფო უნივერსიტეტის საფეიქრო მრეწველობის ტექნოლოგიურ ლაბორატორიაში. სურათი 4.5



სურ. 4.5. ტექნიკური ქსოვილები

4.2 ლენტის დამზადება ესკალატორის სახელურისათვის

ჩვენს მიერ მიღებული ძაფებით გამომუშავებული იქნა ლენტი ესკალატორის სახელურისათვის, რომლის ტექნოლოგია ითვალისწინებს შემდეგ საფეხურებს:

- ქსოვილის ლენტებად დაჭრა და დახვევა
- ქსოვილის ზედაპირზე თერმო-მექანიკური დაწნევით ნედლი რეზინის ფენის დატანა.

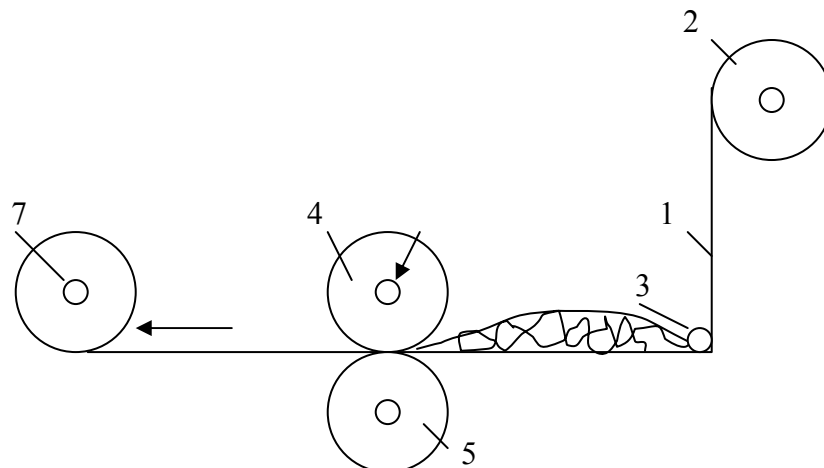
საჭირო სიგრძის მორეზინებულზედაპირიანი ქსოვილის რულონებისაგან პარტიის დაკომპლექტება (ფენათა რაოდენობა პარტიაში დამოკიდებულია საპროექტო პირობებზე და ქსოვილის სტრუქტურაზე). როდესაც ქსოვილი ერთფენიანია, ფენათა რაოდენობა პარტიაში მაქსიმალურია, როდესაც ფორმირებული ქსოვილი ფენანახევრიანი, მაშინ ბელტინგი იქნება შუალედური რაოდენობის, ხოლო ორფენიანი ქსოვილების შემთხვევაში კი მინიმალური.

-თერმოწმენდ ფორმაში ლენტების შეერთება და რეზინის ფენით დაფარვა-ვულკანიზაცია.

-ნამზადის რულონის სახით დახვევა.

ექსპერიმენტალური ქსოვილის ლენტა გამომუშავებული იქნა ТЛБ-80 დაზგაზე, რომელსაც აქვს როგორც დადებითი ისევე უარყოფითი მხარე. დაზგაზე ქსოვილის ფორმირების მაქსიმალური სიგანეა 80მმ. ქსოვილის ფორმირების სიგანის გასაზრდელად საჭიროა დაზგას ჩაუტარდეს მოდერნიზება. დადებითია ის, რომ ქსოვილი ორივე მხარეს მიიღება ჩაკეტილი-დახურული ნაწიბურით.

იმისათვის, რომ გამომუშავებულმა ქსოვილმა სიგანეში დააკმაყოფილოს სახელურები რეკომენდაციას ვუწევთ აგრეთვე უმაქოო საქსოვ დაზგა СТБ-ზე მის გამომუშავებას. იმისათვის, რომ გამარტივდეს ტექნოლოგიური პროცესი ქსოვილის ლენტებად დაჭრას და რეალურად დახვევას ვახდენთ უმაუალოდ СТБ დაზგაზე თერმოკონტაქტორის და ინდივიდუალური ამომხვევის საშუალებით ТЛБ-80 დაზგის ანალოგიურად. ქსოვილის ლენტის რეზინით დაფარვა მიმდინარეობს შემდეგნაირად



ნახ. 4.6. ქსოვილის ლენტით რეზინის დაფარვა

ქსოვილის ლენტი 1. რულონიდან 2, მიეწოდება მიმართველის 3 გავლით, ორ დამწნებ 4,5 ლილვაკებს შორის, ქსოვილის და ლილვაკთა ურთიერთქმედების ზონაში ხდება ნედლი რეზინის 6 მიწოდება, რომელიც დამწნები ლილვაკით დაიტანება ლენტის ზედაპირზე რეზინის თხელი ფენის სახით, მორეზინებული ქსოვილი, რომელიც მზადაა ულკანიზაციისათვის რულონის სახით აიხვევა ლილვაკებზე 7.

ვულკანიზირება მიმდინარეობს რამოდენიმე ლენტის ერთდროულად, ნაკეთობის ტექნიკური პირობებიდან და ქსოვილის სტრუქტურაზე გამომდინარე კონვეიერის ძირითადი მახასიათებელია მისი სიმტკიცე და ზომების სტაბილურობა. სიმტკიცეს განაპირობებს ქსოვილის სტრუქტურა და ნამზადის ადგეზია. ვულკანიზირების დროს ადგეზია განაპირობებს ფენათა შორის კავშირს. იმისათვის, რომ გაგვეზარდა მასალის ადგეზიის უნარიანობა, როგორც წინა პარაგრაფში [4;53] გვქონდა აღნიშნული დამზადებული იქნა ბამბა-სპანდექსის ღერძული არსებული ძაფი, რომლის გამოყენებით დამზადებული ქსოვილის ადგეზია იგივე მახასიათებელი თვისებების ჩვეულებრივ ქსოვილთან შედარებით მაღალია, რადგან თვით ქსოვილის ქსელის და მისაქსელის ძაფის ღერძული და გარსული შემადგენლობა შეიცავს რეზინის ძაფებს-სპანდექსს. ასეთი სახის მორეზინებული ქსოვილის ვულკანიზაციის დროს უფრო მაღალია ადგეზია, როგორც ცალკეული ქსოვილის ფენაში ასევე ფენათა შორის, რაც გარკვეული სიდიდით ზრდის კონვეიერის მედეგობას და საექსპლუატაციო ხანგრძლივობას.

ექსპერიმენტალური ქსოვილის ნიმუშიდან დამზადებული სახელურის ლენტის ლაბორატორიული გამოცდის შედეგები გვაჩვენებს, რომ ბამბა სპანდექსით ფორმირებული ქსოვილიდან დამზადებული კომპოზიციის ადგეზიის მაჩვენებელი 1,5-ჯერ მაღალია ჩვეულებრივ მეთოდით დამზადებულ სახელურთან შედარებით.

მეთოდი შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული სხვადასხვა ტიპის კონვეიერის ლენტის და ამძრავი ღვედების დამზადებისას.

ძირითადი დასკვნები

1. დამუშავებულია ამაღლებული სიმტკიცის ხარისხიანი ძაფის მიღების ახალი ტექნოლოგია შალის ნარჩენებისაგან ქიმიური ბოჭკოს დამატებით პნევმომექანიკურ სართავ-საგრებ მანქანაზე.
2. დამუშავდა და დაინერგა ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას იძლევა გაიზარდოს მანქანის მწარმოებლობა თითქმის 2-ჯერ, ნართის სიმტკიცისა და გამოშვების სიჩქარის ზრდის ხარჯზე.
3. უზრუნველყოფილია კომბინირებული ნართის ფორმისა და ძაფის დაჭიმულობის ტექნოლოგიურად ოპტიმალური მნიშვნელობა პნევმომექანიკურ სართავ-საგრებ მანქანაზე მატრანსპორტირებელი არხისა და ნართმაფორმირებელი ძაბრის ურთიერთგანლაგების რეგულირების ხარჯზე.
4. ექსპერიმენტულად დადგენილია დამოკიდებულება ნართის დაჭიმულობასა და კამერის ბრუნთა რიცხვს შორის ძაბრის სხვადასხვა კონსტრუქციისას.
5. ექსპერიმენტულად დადგენილია კომბინირებული ნართის ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებსა და მანქანის პარამეტრებს შორის დამოკიდებულებები. შემოთავაზებულია მათი აპროქსიმაცია პოლინომინალური სახით.
6. დამუშავებული იქნა სხვადასხვა ხაზობრივი სიმკვრივის ღერძულ-გარსული კომბინირებული ძაფების მიღების ტექნოლოგია მოდერნიზებულ ΠΚ -100 სართავ-საგრებ მანქანაზე.
7. პირველად იქნა გამომუშავებული მაღალი ადჰეზიური ეფექტის მქონე ტექნიკური დანიშნულების საფეიქრო მასალები, მაგალითად მეტროს ექსკალატორის სახელურის ლენტები შემოთავაზებული ღერძულ-გარსული სტრუქტურის ძაფების გამოყენებით.

ტექნიკო-ეკონომიკური ეფექტურობის ანგარიში

როგორც მრავალრიცხოვან ნაშრომთა ანალიზიდან ჩანს, საფეიქრო წარმოების ტექნოლოგიურ დანადგართა სრულყოფისათვის ჩატარებული მრავალი მიმართულების სამუშაოთა რეალიზაციის მიუხედავად, ტექნოლოგიური დანადგარები და ოპერაციები ჯერ კიდევ მოითხოვს გაუმჯობესებას, რომელთა მოქმედება არსებით გავლენას ახდენს ძაფთა წყვეტიანობაზე, დანადგართა ნაყოფიერებაზე, გამოსამუშავებელი პროდუქციის სტრუქტურასა და ხარისხზე.

აღნიშნულ სამუშაოთა შორის ერთერთ ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა, ახალი სტრუქტურის ძაფების შექმნა.

სამუშაოები უფრო მეტად მნიშვნელობანი და აქტუალური ხდება, სხვადასხვა სტრუქტურის ტექნიკური დანიშნულების საფეიქრო მასალების გამომუშავებისას, სადაც აუცილებლობის გამო ვიყენებთ მაღალი ხაზობრივი სიმკვრივის, როგორც ერთგვაროვან, ასევე სხვადასხვა წარმოშვების ჰიბრიდულ ნედლეულს –ძაფს და ნართს.

როგორც აღნიშნული გვექონდა დაზგების საერთო მოცდენის უდუდესი ნაწილი მოდის ძაფთა წყვეტიანობაზე. აქედან ნათელია ამ სიდიდეთა რამოდენიმე ერთეულით შემცირება რა დიდი ეკომომიკური ეფექტურობის მომტანი იქნება საფეიქრო მრეწველობისათვის.

ჩვენი ნაშრომის მიზანს წარმოადგენდა, საფეიქრო სხვადასხვა ტექნოლოგიურ გადასვლებში, ახალი ტექნოლოგიების დამუშავება, გამოსაყენებელი ნედლეულის ფიზიკო-მექანიკური და თერმული თვისებების ამაღლება, მათი სტრუქტურული სრულყოფა. ჯამში აღნიშნული სამუშაოთა რეალიზაცია, ძაფები წყვეტიანობის შემცირებით განაპირობებს დანადგართა ნაყოფიერების ამაღლებას, გამოსამუშავებელი პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესებას. ვიზიარებთ რა მრავალ მკვლევართა აზრს, ჩვენც განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ვანიჭებთ ტექნოლოგიური ოპერაციების სრულყოფას, რომელთა შედეგები საბოლოო ანგარიშში აისახება ეკონომიკურ სფეროში.

უსარგებლო დაჭიმულობას, რომელიც ძირითადი ფაქტორია ძაფის წყვეტიანობის, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ტექნოლოგია მინიმუმამდე ამცირებს.

ძაფზე მომქედი ტექნოლოგიურად უსარგებლო დაჭიმულობის მოხსნისათვის შემქნილი პნევმომექანიკურ მანქანზე კომბინირებული ძაფების და მექანიკურ მანქანზე მაღალი სიმკვრივის ღერძულ-გარსული ძაფების ფორმირება, თავიდან გვაცილებს ძაფების დამატებით წყვეტიანობას და დიდი მოცდენებს.

მეტროს ესკალატორის უნიფიცირებული სახელურებში, მზიდი ელემენტის ღერძულ-გარსული ძაფებისაგან შექმნილი ტექნიკური ლენტის გამოყენება, კონსტრუქციისაგან ათავისუფლებს ძვირადღირებულ ფოლადის ბაგირებს. ამასთან ერთად უმჯობესდება სახელურის საექსპლუატაციო მახასითებლებიც, რადგან იზრდება რეზინთან ქსოვილის ლენტის ადჰეზია.

გამოყენებული ტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ ოთხი ტექნოლოგიური გადასვლა ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით, და შესაბამისად ვიღებთ ეკონომიკურ ეფექტს.

ტრადიციული მეთოდით რომ მიგველო მეტროს ესლკალატორის სახელური, ამ ქსოვილისათვის 50·1·4·2.(400ტ) ხაზობრივი სიმკვრივის ძაფის ფორმირებისათვის საჭიროა შემდეგი ტექნოლოგიური გადასვლები:

1. 50 ტექსი ხაზობრივი სიმკვრივის ნართის ოთხ წვერად დატოლება ცილინდრული ნახვევის ფორმირებით.
2. საგრეხ მანქანაზე 50 · 4 ნართისათვის Z გრეხილობის მინიჭება. (K = 200 გრ/მ). მასრაზე $G_{\pi} = 250$ გრ ra $L_{\pi} = 1250$ მ მასრხვეულის ფორმირებით.
3. მასრხვეულიდან ცილინდრული ფორმის ნახვევის ფორმირება,
 $G_{\sigma} = 2000$ გრ. $L_{\sigma} = 10000$ მ ერთი ნახვევის ფორმირებისათვის საჭირო მასრხვეულთა რაოდენობა. $n_{\pi} = L_{\sigma}/L_{\pi} = 10000/1250 = 8$ მასრხვეული
4. მეორადი S გრეხილობის (K = 200 გრ/მ) მინიჭება, საგრეხ მანქანაზე 50·1·4·2.(400 ტექსი) ხაზობრივი სიმკვრივის ნაგრეხი ნართის მასრაზე ($G_{\pi} = 250$ გრ ra $L_{\pi} = 625$ მ) ერთი ბობინის მისაღებად საჭირო მასრხვეულთა რაოდენობა $n_{\pi} = L_{\sigma}/L_{\pi} = 5000/625 = 8$

სატოლებელი მაქანის ნაყოფიერება საათში.

$$A = V \cdot 60T \cdot \frac{K\Pi B}{10^6} \text{ კვ.}$$

სადაც V-გადახვევის ხაზობრივი სიჩქარე მ/წთ

T- ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე ტექსებში.

K.Π.B. – მანქანის ს.დ.კ.

ცვლაში $A = 6,30 \cdot 8 = 50,72$

1000კვ ნართის გადასამუშავებლად საჭირო იქნება $n = 1000/50,72 = 19,72$

დამხვევი დოლი, ვიღებთ 20 დოლიან მანქანას.

ერთ თვეში გამომუშავებული ნართის რაოდენობა ტოლი იქნება

$$G = A \cdot 20 \cdot 22 = 22316 \text{ კვ.}$$

ერთ დოლიან მანქანის მიერ დახარჯული ელ. ენერგია ტოლია

$$0,18 \cdot 20 = 3,69 \text{ ვტ/სთ}$$

ცვლაში მანქანის მიერ დახარჯული ელ. ენერგია ტოლია $3,6 \cdot 8 = 633,6 \text{ კვტ.}$

რაც ღირებულებაში შეადგენს 63,36ლარს.

საგრები მაქანის ნაყოფიერება

$$A = \frac{n \cdot 60 \cdot T}{10^6 \cdot K} \cdot K_{\text{пб}} \text{ კგ}$$

n– თითისტრის ბრუნთა სიხშირეა წთ⁻¹.

T– ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე ტექსტში.

K– გრეხვის რაიოდენობა მეტრზე

K.П.В.–ს.დ.კ.

$$A = 0,360 \text{ კგ/სთ}$$

შესაბამისად ცვლაში ტოლი იქნება $A = 0,360 \cdot 8 = 2,88 \text{ კგ}$.

ცვლაში 1000კგ ნართის გამოსამუშავებლად საჭირო თითისტართა რაოდენობა

$$n = 1000/2,88 = 348$$

ვიღებთ ორ მანქანას თითეულს 168 თითისტრით.

მანქანის მიერ თვეში გამომუშავებულია ნართის რაოდენობა

$$G = 168 \cdot 2 \cdot 22 \cdot 2,88 = 21289 \text{ კგ}$$

მანქანებს ემსახურება ორი მგრეხავი.

მანქანის მიერ თვეში დახარჯული ელ. ენერჯის რაოდენობა

13 ·

$$2 \cdot 8 \cdot 22 = 45776 \text{ კვტ.}$$

რაც თანხებში იქნება 457,6 ლარი.

გადამხვევი მაქანის ნაყოფიერება:

$$A = \frac{v \cdot 60 \cdot T}{10^6 \cdot K} \cdot K_{\text{ПП}} \text{ კგ}$$

ცვლაში

$$A = 50,68 \text{ კგ}$$

ცვლაში 1000კგ ნართის გადასახვევად დამხვევ დოლთა რაოდენობა

$$n = 19,317$$

ვიღებთ 20 დოლიან ერთ მანქანას. მანქანის მიერ ერთ თვეში გადასამუშავებელი ნართის რაოდენობა $A = 22317 \text{ კგ}$

მანქანას ემსახურება ორი მხვეველი, თითეული 10 დოლზე მუშაობით. ელ.ენერჯის ხარჯი შეადგენს 528კვტ. რაც ღირებულებაში შეადგენს 52,8 ლარს

საგრები მაქანის ნაყოფიერება:

$$A = \frac{n \cdot 60 \cdot T}{10^6 \cdot K} \cdot K_{\text{PIB}} \text{ კგ}$$

n– თითისტრის ბრუნთა სიხშირეა წთ⁻¹.

T– ნართის ხაზობრივი სიმკვრივე ტექსტში.

K– გრეხვის რაიოდენობა მერზე

K.Π.B.–ს.დ.კ.

ცვლაში $A = 2,28 \text{ კგ}$

1000კგ ნართის გამოსამუშავებლად საჭირო იქნება $1000/2,28=347$ თითისტარი ანუ საჭიროა ორი მანქანა მანქანების მიერ გამომუშავებული ნართის რაოდენობა იქნება $A = 21985 \text{ კგ}$

მანქანის მიერ თვეში დახარჯული ელ.ენერგია

$$13 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 22 = 4576 \text{ კვტ.}$$

ანუ $497,6 \text{ ლარი}$

მანქანას ემსახურება ოთხი მგრეხავი კარუსელური სისტემით.

ნართის ბობინაზე გადამხვევი მანქანის ნაყოფიერება $A = 6,3 \text{ კგ.}$

ცვლაში $A = 50,4 \text{ კგ}$

1000კგ ნართის გამოსამუშავებლად $A = 22176$

მანქანის მიერ დახარჯული ელ. ენერგია $3 \cdot 8 \cdot 22 = 528 \text{ კვტ.}$

რაც შეესაბამება 52,8 ლარს

50·1· 4·2.(400 ტექსი) ხაზობრივი სიმკვრივის ნაგრები ნართის გამოშვების ძირითადი ხარჯები

ცხრილი 1

N	ოპერაცია	პროფესია	რაოდენობა	თვიური ხელსაფი	1კგ. ნართზე განეული ხარჯები
1	დატოლება	მხვეველი	1	80	0,010
2	პირველადი გრეხვა	მხვეველი	2	120	0,011
3	დახვევა	მხვეველი	2	80	0,010
4	მეორადი გრეხვა	მგრეხავი	4	120	0,021
5	გადახვევა	მხვეველი	4	80	0,014
6		ოსტატი		150	0,010
7	ელ. ენერგია				0,050
8	სოც. ანარიცხები				0,023
					Σ 0,149

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ ოთხი ტექნოლოგიური გადასვლა (დატოლება, პირველადი გრეხვა და ორჯერადი გადახვევა), რაც ეკონომიკური თვალსაზრისით მეტად სასარგებლოა.

ახალი ტექნოლოგიით 50·1·4·2.(400 ტექსი) ხაზობრივი სიმკვრივის ნაგრები

ნართის გამოშვების ძირითადი ხარჯები

ცხრილი 2

ოპერაცია	პროფესია	რაოდენობა	თვიური ხელფასი ლარებში	1კგ. ნართზე გაწეული პირდაპირი ხარჯები, ლარი
დატოლება-გრეხვა, დახვევა	მგრეხავი	2	100	0,011
	ოსტატი	1	150	0,01
სოც ანარიცხები				0,01
ელ.ენერგია				0,01
				Σ 0,041

დიდი ტექნოლოგიური ეფექტის გარდა 1.კგ ნაგრებ ნართზე ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს

$$\Xi = 0,149 - 0,041 = 0,108 \text{ ლარს.}$$

ლიტერატურა

1. ბაკურაძე ე., გოგოლაძე მ., ღერძულ-გარსული სტრუქტურის ძაფის გამომუშავების ახალი მეთოდი. / ჟურნალი “მეცნიერება და ტექნოლოგიები”, № 1. თბილისი, 2003. - წგვ.93.-95.
2. ებაკურაძე ე., თ.ხაზარაძე თ., გოგოლაძე მ. ჰიბრიდული სტრუქტურის ნახვევის ფორმირების მეთოდი. / საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, № 7(444). თბილისი, 2002.
3. ბაკურაძე ე., თოდუა რ. საფეიქრო კონსტრუქციული კომპოზიტებისათვის ტექნიკური ქსოვილი შ.პ.ს “დინას”პროექტირების ძირითადი მომენტები . / ჟურნალი “ინტელექტი”, № 3(14). - თბილისი, 2002. - გვ.41-43.
4. ბაკურაძე ე. მეტროს ესკალატორის სახელურისათვის ახალი სახის ტექნიკური ქსოვილის გამომუშავების ძირითადი პარამეტრები. / ქუთაისის ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, №2(11). – ქუთაისი, 2002. - გვ.9-11

5. ხვადაგიანი ა., ბაკურაძე ე., თოდუა რ. გაუმჯობესებული თვისებების კომპოზიტის გამომუშავება. / ჟურნალი "ინტელექტი," № 2(13). – თბილისი, 2002. - გვ.53-55.
6. ATME: neue Spinnverfahren./ Chemiefasern Textilindustrie, 32/84, №12. – 1982. – P.860-862.
7. ATME-1-82. Advances in wrap-spinning technology a major-feature. at Greenville. /Wool Rec. 141, №3458. – 1982. – P.37-45.
8. Care Yarn Spinner. / Canadian Textile Journal, 100, №4. – 1983. – P.61.
9. Egberg G. Stand der Entwicklung in der Spinnerei. / Chemiefasern Textilindustrie, 32/84, №12. – 1982. - P.858-860
10. Fischer J. Parafil, ein neues Spinnsystem. / Textil-Praxis International, 37, №12. – 1982. - P.1244-1245.
11. First GDM hallow spindle units installed at Ware Novelty. / Knitting Int. 53, №6. – 1984. - P.50-52
12. Hangbook composites George Lubin. - New -York, 1988. - 446 P.
13. Hohlspindel-Spinnmaschine fur umwindegarne. / Textil-Praxis International, 39, №1. – 1984. - P.84-86.
14. Hohlspindel-Effectswirnmachine mit electronischer Steuerung. / Int. Text.- Bull. Garnherstellung, №3. – 1983.- P.111-112.
15. Hollow Spindle equipment for tufting yarns: a user's wiew. / Tafting Yearb. - Manchester, 1983. - P.39-40.
16. Hans Ziegler, Hans Brauchli. Fadenreibung in Abzugsdusen. / Melliand Textilberichte, №3. – 1988. - P.169-199.
17. ITMA-83: filature. / L'industrie textile, №136-137. – 1983.
18. ITMA-83 Preview 2. Yarn production. / Textile Asia, 14, №9. -1983. - P.50-56, 74-78.
19. Krause H. Spinning systems: a great diversity. / Text. Horiz, 3, №8. – 1983. - P.26-27
20. Knitting Internacional. 90, №1077. -1993. - P.120-122.
21. Kuiawski Zenon, Pacholski Jon, Szczepanski Zdzistaw. Sposob wytwarzania przedzy.
Патент ПНР 117638, заявл. 15.09.78, № 209635, опубл. 10.03.83. МКИ Д02 Г3/36, Д01 H1/13.
22. Lappage J. Spinnign and Jarn making. / Wool, 7, №5. – 1984. - P.36-37, 39, 41
23. Lunenschoß J., Soll-Tartosa L..Einfluß des Falschstrahteffektes und der Rotorasfuehrung auf Spinnver haffen und Eigenschaffen der DE-Rotorspinnanne. / Textil Industrie, - 1984. - P.917-923,1013-1017.
24. Maag F. Techische Moglitheiten zur rationellen Herstellung von Umwindegarnen. chemiefasern. / Textilindustrie, №3. -1983. - P.174,177-178, 181-183.
25. Maschinen des Jahres. / Textil-Praxis International, 37, №12. – 1982. - P.1259-1269.

26. Matériels textiles français. / L'industrie textile, №1130. – 1983. - P.116-126.
27. Novelty Yarns. / Knitting Int., 89, №1065. – 1982. - P.73.
28. Parafil demonstrating of Sussen's new spinning method. / Knitting Int. 89, №1068. -1982.- P.84-85.
29. Pohl Gerhard, Luedtke Helmut. Verfahren zur Herstellung von Spinnzwirnen nach der offenen Spinn-technik. Патент 205701, заявл. 10.03.82 № 2380317, опублик. 04.01.84. МКИ Д 01 М 1/12.
30. Rey L. ITMA-83: preparation et filature. une augmentation constante de productivité. / L'industrie textile, №1138. -1983.- P.1037-1038, 1040-1041.
31. Rationelle Erzeugung von Umwindgarnen. Textilbetriebe, 101, №10-11. -1983.- p. 22-23.
32. Ridgway Bernard. Wrap spinning progress. / Text. Asia, 14, №12. – 1983. - P.134.
33. Schmidt Roland. saurer-Allma: ESP-X hollow-spindle spin-twister. / Textile World, 134, №4. – 1982. - P.70-73.
34. Spinnmaschine für die Herstellung von Umwindgarnen. / Int. Text.-Bull. Garnherstellung, №3. -1983.
35. Spinnmaschine zur Herstellung grober Umwindgarne. / Int. Text.-Bull. International. Spinn., №3. -1982. - P.323-324.
36. Strydom M.A. Some recent development in spinning technology and their relevance to the wool spinning sector. / JAWIRI Bulletin, 16, №1. – 1982. - P.14.
37. Sleidel L.E. An answer to spun-like yarns. / Textile Industries, №3. -1989.
38. Spinnmaschine für variables Spinnverfahren. / Int. Text.-Bull. Garnherstellung, №4. – 1992. - P.15-16.
39. The hollow spindle revolution. / Textil Month, - 1982. - P.39-40, 42-44, 50.
40. Umwindspinnmaschine für Parallel- und Effectgarne. / Int. Text.-Bull. Garnherstellung, №4. - 1983. - P.29-30.
41. Ангерев Е.И. Роль нитеотводной воронки в пневмомеханических прядильных устройствах. – В сборнике «Машиностроение для текстильной промышленности.» / Серия А, №8. -1993.- С. 13-16.
42. Боев К.К. Исследование пневмомеханического способа формирования крученой пряжи. Дисс. . . . канд. техн. наук. – Москва: МТИ, 1984. – 169 с.
43. Бакурадзе Е.И., Баровская Н., Каландия М. Выработка термостойкого волокна из производственных отходов, / Материалы конференции научно-технического прогресса в легкой промышленности. - Кутаиси, 1986.

44. Бакурадзе Е.И., Бакурадзе К.Е, Гургенидзе М.Г Новое текстильное сырье. / Тезисы докладов международной научно-технической конференции актуальные проблемы пищевой, легкой промышленности и сферы обслуживания.- Ганджа, - 1999.
45. Букаев П.Т. Справочник по хлопкоткачеству. – Москва: Лёгкая промышленность, 1982.- 562 с.
46. Беркович Н.Ю., Липвиц Н.В. Шерстеткачество. – Москва: Легкая индустрия, 1988. – 488с.
47. Власов П.В. Проектирование ткацких фабрик. – Москва: Лёгкая индустрия, 1981.- 486 с.
48. Власов П.В. Проектирование ткацких фабрик. – Москва: Лёгкая промышленность, 1984. – 300 с.
49. Валишвили Н.В. Методы расчета оболочек вращения на ЭЦВМ. – Москва: - Машиностроение, 1986. – 278 с.
50. Вакс Е. Э. Измерение натяжения нити. – Москва: Легкая индустрия, 1996. – 230 с.
51. Гоголадзе М.Ш., Крупенчиков А.В. Исследование влияния конструкций пряжевыводных устройств на натяжение пряжи. / В сборнике научно-исследовательских трудов МТИ. - 1984. -114 с.
52. Гордеев В.Л. Ткацкие переплетения и анализ тканей. - Москва: Лёгкая индустрия, 1989. -9с.
53. Инструкция по техническому обслуживанию и текущему ремонту поручней эскалаторов метрополитенов и установок для их вулканизации. – Москва: - Транспорт, 1998. – 30 с.
54. Кадзита Кодзи, Наказма Такаси, Ягамата Сейити, Торе К.К. Заявка 58-8143, Япония, заявл. 08.07.81. № 56-105709, опублик. 18.01.83.МКИ Д 02 Г 3/22.
55. Корицкий К.И. Основы проектирования свойств пряжи. –Москва: Гизлегпром, 1983. - 24 с
56. Каган В.М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 119 с.
57. Каган В.М., Левашов В.И. Исследование движения нити в прядильной камере под действием воздушного потока. / В сборнике научно-исследовательские трудов ВНИИЛ - текмаш, № 18. – Москва, 1988.
58. Кразельцкий У.Б. Трение волокнистых веществ. -Москва: Гизлегпром, 1981.-127 с
59. Кавокин С.Г. Некоторые условия выработки суконных тканей из толстой пряжи на бесчелночных станках СТБ-2-216. / Информац. тисток «Шерстяная промышленность» №2 Москва: ЦНИИТЭИ легпром, - 1984. – С.37.

60. Любина Дж. Справочник по композиционным материалам, т.2. - Москва: Машиностроение, 1988. - 573с.
61. Минаков А.П. О форме баллона и натяжении нити в крутильных машинах. / Известия Московского текстильного института, т.2.-1939.
62. Минаков А.П. Основы механики нити. / В сборнике научно-исследовательских трудов Московского текстильного института, - Москва, 1941. С.1-83.
63. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. - Москва: Наука, 1980. -240 с.
64. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. - Москва: Легкая индустрия, 1980. – 159 с.
65. Николаев В.С. Основы механики нити. – Москва: Наука, 1991. – 192 с.
66. Нотон Б. Применение композиционных материалов в технике, т.3. Перевод с английского – Москв: Машиностроение, 1988. - 503 с.
67. Новиков Н. Строение и проектирование ткани с помощью геометрического метода. / журнал «Текстильная промышленность». № 2,4,5,6,11,12. - 1984.
68. Оников Э. А. и др. Справочник по хлопкоткачеству. – Москва: Лёгкая индустрия, 1979. – 487 с.
69. Потягалов А.В. Техника построения тканей. - Ярославль, 1989. - 143 с.
70. Павлов Г.Г. Аэродинамика технологических процессов и оборудования текстильной промышленности. –Москва, 1985. – 145 с.
71. Пилипенко В.А. Пневматические механизмы прокладывания нити. – Москва: Легкая индустрия, 1987. – 139 с.
72. Разработка технологии и оборудования для производства крученой пряжи в два сложения на пневмомеханических прядильных машинах. Отчет по теме 5 кб-11-83, № гос. регистрации 018.40.000.360. – Москва: МТИ, 1984. -127 с.
73. Роглена В., Боушек А. Безверетенное прядение. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 294с.
74. Руководство по монтажу, наладке и эксплуатации машины ПК-100. – Москва: -. Ташкент, 1985. - 86 с.
75. Разумовский С.И. Справочник по шерстеткачеству. – Москва: Лёгкая индустрия, 1985. – 424 с.
76. Руководство по монтажу, наладке и эксплуатации машины ПК-100М. Ташкент, - 1985. – 86с.
77. Соколов Г.Б. Теория кручения волокнистых материалов. – Москва: Легкая индустрия, 1992. -14 с.

78. Севастьянов А.Т., Шетлер В.В. Методы расчета заправки пневмомеханических прядильных машин. – Москва: Легкая индустрия, 1996. – 36 с.
79. Справочник по хлопкопрядению. - Москва: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. - 40с.
80. Севастьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. - Москва: Легкая индустрия, 1980. – 392 с.
81. Хвальковский Н.Б. Трение текстильных нитей. - Москва: Гизлегпром, 1991.- 242 с.
82. Чу. Т.В и Ко Ф. Тканые конструкционные композиты. – Москва: Мир, 1991. - 430 с.
83. Якубовский Ю.В., Живов В. Основы механики нити. - Москва: Легкая индустрия, 1983. – 264 с.