

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო
ქუთაისის აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ყვავაძე მარეხი

**ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის საფუძველზე ხელოვნური აბრეშუმის
(აცეტატის) ძაფის შემზეთის დამუშავება და კვლევა**

სპეციალობა: 05.19.03 საფეიქრო მასალების ტექნოლოგია

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

**ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის
სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად**

მეცნიერ-ხელმძღვანელი: კანდელაკი ანზორ

**ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი**

ქუთაისი 2006

შინაარსი

შესავალი.

თავი 1. ლიტერატურული მიმოხილვა.

- 1.1. საფეიქრო დამხმარე ნივთიერებებად გამოყენებული შემზეთი კომპონენტების სხვადასხვა სახეები და მათი ემულსიებად ფორმირების ძირითადი საშუალებები.
- 1.2. ტრანსფორმატორის ზეთების სტრუქტურული ცვლილებები ექსპლოატაციის შედეგად და მათი დაძველების ხარისხის შეფასება.
- 1.3. ემულსირების პროცესი და მისი გავლენა ძაფის ფიზიკურ-მექანიკურ მაჩვენებლებზე.

თავი 2. მეთოდური ნაწილი.

- 2.1. კვლევის ობიექტებისა და დამხმარე მასალების მოკლე დახასიათება.
- 2.2. ექსპერიმენტის წარმართვის მეთოდიკა.

თავი 3. ექსპერიმენტალური ნაწილი.

- 3.1. მდგრადი ემულსიების ფორმირება ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის და წყლის ურთიერთდისპერგირებით.
- 3.2. აცეტატური ძაფების შემზეთი ემულსიის მიღება და მისი სტაბილიზაცია ტუტით.
- 3.3. მეორადი მინერალური ზეთების საფუძველზე მიღებული ძაფის შემზეთი ემულსიის მდგრადობის ხარისხის გამოკვლევა.
- 3.4. აცეტატური ძაფების შემზეთი ემულსიის მდგრადობისა და ტრიბომეტრული ხარისხის გამოკვლევა.

თავი 4. აცეტატური ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის კვლევა.

- 4.1. აცეტატური ძაფების ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ფაქტორების შერჩევა.
- 4.2. აცეტატური ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაციის პარამეტრების შერჩევა და დახასიათება.
- 4.3. ექსპერიმენტის ჩატარება (მატრიცის რეალიზაცია) ლაბორატორიულ პირობებში.
- 4.4. რეკომენდაციები აცეტატური ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პარამეტრების დასაწერად საწარმოო პირობებში.
- 4.5. დამუშავებული აცეტატური ძაფების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების კვლევა.

თავი 5. სავარცხლის კბილში ძაფის გამსხვილებული ადგილის გასვლის დროს აღძრული ძალის განსაზღვრა.

5.1. კავშირი სავარცხლის კბილის მიმართ ნასკვის გადანაცვლებასა და სავარცხლის კბილის გადაწევას შორის.

5.2. სავარცხლის კბილზე და ძაფის ნასკვზე მოქმედი ძალების განსაზღვრა.

საერთო დასკვნები.

ლიტერატურა.

დანართები.

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

თანამედროვე ეტაპზე, საბაზრო ურთიერთობების ჩამოყალიბების პერიოდში, კონკურენტუნარიანი პროდუქციის წარმოების მიზნით მსუბუქ მრეწველობაში ზოგადად და საფეიქრო მრეწველობაში, კერძოდ, განსაკუთრებულ ყურადღებას საჭიროებს მაღალხარისხოვანი და ნაკლებდეფიციტური დამხმარე, ქიმიურ ნივთიერებათა ახალ-ახალი ასორტიმენტის შემოტანა და მათი ტექნოლოგიური სრულყოფა.

გასული საუკუნის ბოლო წლებში დანერგილმა უმაქოო საქსოვმა დაზგებმა თითქმის მთლიანად შეცვალეს მანამდე არსებული, მორალურად გაცვეთილი ტიპის საქსოვი მოწყობილობანი, რამაც თავის მხრივ, წარმოშვა გარკვეული პრობლემები ქსელის და მისაქსელის ნართის სტაბილური და რაციონალური მიწოდების ციკლში. იმ კომპლექსურ ღონისძიებათა შორის, რომლებიც ტრადიციულად მიმართული იყო აღნიშნული პრობლემების დასაძლევად, თავიდანვე დიდი მნიშვნელობა აქვს ნედლეულის, ქსელის და მისაქსელის ემულსირებას უშუალოდ ქსოვის პროცესის დაწყების წინ. თუმცა, ამ უკანასკნელს წაყენებული აქვს ფრიად მკაცრი ტექნოლოგიური მოთხოვნებიც: ა) ემულსია თანაბრად უნდა ადსორბირებდეს ძაფის მთელ ზედაპირზე; ბ) შემზეთი კომპონენტი არ უნდა იწვევდეს გარემოს ეკოლოგიურ დაბინძურებას; გ) ემულსიის დასამზადებლად გამოყენებული უნდა იყოს იაფი, არასაკვები მასალები; დ) ხსნარის pH სასურველია ახლოს იყოს ნეიტრალურთან,

რათა არ გამოიწვიოს ნართის ქიმიური რღვევა; ე) ჩვეულებრივი საშუალებებით ადვილად შეიძლებოდა მისი მოცილება ქსოვილიდან.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები ცხადყოფენ, რომ ემპირიული შერჩევის გზით მიღებული მრავალკომპონენტური შემზავნი სისტემები არ შეისწავლება ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი სტანდარტული მახასიათებლების მიხედვით და, ამიტომაც, არაიშვიათად, ურთიერთკავშირი შედგენილობა-თვისებები ვერ გვაძლევს სასურველ შედეგს. მაგალითისათვის ისიც კმარა, რომ საფეიქრო წარმოებაში ამჟამად არსებული შემზავნი საშუალებები, რომლებიც მზადდება ალკილფენოლებისა და ოქსიეთილების კონდენსაციით, საკმაოდ შეზღუდულია, რადგან ჩამდინარე წყლებსა და წყალსატევებში აღნიშნული ინგრედიენტების სულ მცირე რაოდენობის მოხვედრაც კი მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ პრობლემებს უკავშირდება. ამიტომაც არის, რომ უკანასკნელ პერიოდში, სამამულო საფეიქრო მრეწველობა ძირითადად ორიენტირებულია დამხმარე ქიმიურ საშუალებათა იმპორტზე, რაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს პროდუქციის თვითღირებულების ზრდას.

ზემოთ აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის არანაკლებ მნიშვნელოვანი საკითხია მდგრადი, “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსიის მომზადება, რომელიც თანაბრად უნდა ადსორბირებდეს ძაფის მთელ ზედაპირზე. როგორც წესი, მიღებული მაღალდისპერსიული სისტემის სტაბილურობას განსაზღვრავენ სადისპერსიო არეში არსებული ფაზის კოალესცენციის ხარისხით. ჩვეულებრივ, უფრო სტაბილურია განზავებული ემულსიები, რომლებშიც განაწილებული წვეთების ურთიერთშეჯახების სტატისტიკური ალბათობა მცირეა და მოითხოვენ ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების (ზან) მცირე დანამატებს. ამ მხრივ საყურადღებოა მინერალური ზეთების საფუძველზე მომზადებული ემულსიები, რომელთა ორგანული იონების დიდი ზომებისა და აგრეთვე ჰიდროფობური ჯგუფების არსებობის გამო, როგორც ნეიტრალური მოლეკულები, აწესრიგებენ წყლის სტრუქტურას. გარდა ამისა, მინერალური ზეთები კარგად აღწევენ საფეიქრო მასალის მაკრო- და მიკროსტრუქტურებში და ამდენად, გამოდიან აქტიური პლასტიფიკატორის როლში. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს ნავთობის ფრაქციებისაგან მიღებული მეორადი ზეთები, რომელთა სპეციალური მეთოდებით გადამუშავების შედეგად შეიძლება განვახორციელოთ თავისთავადი ემულსირების

პროცესები გარედან ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების შეტანის გამორიცხვით.

ამრიგად, ქსელის და მისაქსელის ძაფის წინასწარი ემულსირების პროცესები მინერალური ზეთების სულ უფრო მზარდი გამოყენების გზით, რომლებიც შესამჩნევად ამცირებენ ბოჭკოთა მაკრომოლეკულების პოტენციალურ ბარიერს და ამით ხელს უწყობენ მათი ცვეთამედეგობის, დრეკადობის და ხანგამძლეობის შენარჩუნებას, შეიძლება ჩაითვალოს თანამედროვე საფეიქრო მრეწველობის ერთ-ერთ აქტუალურ ამოცანად.

თემის აქტუალობა. თანამედროვე ეტაპზე, საბაზრო ურთიერთობების ჩამოყალიბების პერიოდში, კონკურენტუნარიანი პროდუქციის წარმოების მიზნით, საფეიქრო მრეწველობაში განსაკუთრებულ ყურადღებას საჭიროებს მაღალხარისხოვანი და ნაკლებდეფიციტური დამხმარე ქიმიურ ნივთიერებათა ახალ-ახალი ასორტიმენტის შემოტანა და მათი ტექნოლოგიური სრულყოფა. ამჟამად არსებული შემზებით საშუალებების მოცულობა, რომლებიც შეიცავენ ალკილფენოლებისა და ოქსიეთილენის კონდენსაციის ნაწარმებს, საკმაოდ შეზღუდულია, რადგან ჩამდინარე წყლებსა და წყალსაცავებში აღნიშნული კომპონენტების სულ მცირე რაოდენობის მოხვედრაც კი მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ პრობლემებს უკავშირდება. ამიტომაც არის, რომ უკანასკნელ პერიოდში, სულ უფრო და უფრო დიდი ყურადღება ექცევა აღნიშნული მიმართულებით ახალი ეკოლოგიური და ეკონომიური ტექნოლოგიების შემუშავებასა და მათ დანერგვას. ამ მხრივ საყურადღებოა მინერალური ზეთების საფუძველზე მომზადებული ემულსიები, რომლებიც თანაბრად ნაწილდებიან საფეიქრო მასალების მაკრო და მიკრო სტრუქტურებში და ამდენად გამოდიან აქტიური პლასტიფიკატორის როლში. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს ნავთობის ფრაქციებისაგან მიღებული ნამუშევარი მინერალური ზეთები, რომელთა სპეციალური მეთოდებით გადამუშავების შედეგად შეიძლება განვახორციელოთ თავისთავადი ემულსირების პროცესი გარედან ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებათა შეტანის გამორიცხვით.

ამრიგად სხვადასხვა ასორტიმენტის ძაფის შემზებით საშუალებების შერჩევა და მათი წინასწარი ემულსირების პროცესის კვლევა, რომლებიც მნიშვნელოვნად ამცირებენ ბოჭკოთა მაკრომოლეკულების პოტენციალურ ბარიერს, შეიძლება ჩაითვალოს საფეიქრო მრეწველობის ერთ-ერთ აქტუალურ ამოცანად.

კვლევის მიზანი და ამოცანები: კვლევის მიზანს წარმოადგენს ისეთი შედარებით მარტივი და ხელმისაწვდომი შემზებითი მასალის (“ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსია) შემუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს უკანასკნელის თანაბარ განაწილებას ძაფის მთელ ზედაპირზე, შეამცირებს აცეტატური ძაფის მაკრომოლეკულების პოტენციალურ ბარიერს და საბოლოოდ ხელს შეუწყობს ძაფის ცვეთამედეგობისა და დრეკადობის შენარჩუნებას. აღნიშნულთან დაკავშირებით განხორციელდა შემდეგი სამუშაოები:

1. დამუშავებული იქნა ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთების საფუძველზე “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსიის მიღების ტექნოლოგია;
2. განისაზღვრა ის ძირითადი პარამეტრები, რომლებიც უზრუნველყოფენ შემზებითი მასალის თანაბარ ადსორბირებას ძაფის მთელ ზედაპირზე;
3. შემზებითი მასალის მოხმარების პირობებში შესწავლილია ძაფის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები;
4. გამოკვლეული იქნა გაემულსირებული ძაფების სტრუქტურული მახასიათებლების ცვლილებები.

მეცნიერული სიახლე. პირველადაა შემოთავაზებული ნამუშევარი მინერალური ზეთების საფუძველზე აცეტატური ძაფების შემზებითი ემულსიების მომზადების ტექნოლოგია, რომელიც გამოირჩევა თავისი სიმარტივით და დაბალი თვითღირებულებით. ემულსიის მიღების პროცესში არ გამოიყენება მაღალდეფიციტური კომპონენტები, ამასთან იგი ხასიათდება საკმაოდ მდგრადობის ხარისხით.

- ჩატარებულია ემულსირების პროცესის პარამეტრების ოპტიმიზაცია ექსპერიმენტის დაგეგმვის მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით აცეტატური ძაფების მაგალითზე.
- შესწავლილია შემზებითი ემულსიის გავლენა აცეტატური ძაფის ფიზიკურ-მექანიკურ მაჩვენებლებზე.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა. ექსპერიმენტული მონაცემებისა და მათი თეორიული ანალიზის საფუძველზე შემუშავებულია რეკომენდაციები აცეტატური ძაფის ემულსირების ტექნოლოგიური პარამეტრების საწარმოო პირობებში დასანერგად. ემულსირების აღნიშნული ხერხი დაცულია საქართველოს პატენტით. აღნიშნული მეთოდის პრაქტიკაში დანერგვა უზრუნველყოფს ხელოვნური და

სინთეზური ძაფების ჰომოგენურობის გაზრდას, მათი ცვეთამედეგობისა და დრეკადობის ამაღლებას, საბოლოო ჯამში კი საფეიქრო წარმოებაში საქსოვ დაზგაზე ქსელის ძაფების წყვეტიანობის მნიშვნელოვნად შემცირებას, ამავე დროს ახალი ტექნოლოგიით მიღებული ემულსიის თვითღირებულება მნიშვნელოვნად ნაკლებია ტრადიციულთან შედარებით.

პრაქტიკული რეალიზაცია: შესრულებული სამუშაოს შედეგები რეკომენდირებულია საქსოვი წარმოების მოსამზადებელ განყოფილებაში დასანერგად.

მეცნიერული შედეგების საიმედოობა: სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების საიმედოობას უზრუნველყოფს კვლევის პროცესში გამოყენებული სტანდარტებით გათვალისწინებული მეთოდების, ლაბორატორიული დანადგარებისა და მოწყობილობების გამოყენება. მიღებული შედეგები არ ეწინააღმდეგებიან იმ პრინციპებს, რომლებიც დამკვიდრებულია ხელოვნური და სინთეზური ძაფების შემზეთი ემულსიების ტექნოლოგიაში.

სამუშაოს აპრობაცია. დისერტაციის მასალები მოხსენებული იყო წსუ-ს საფეიქრო მრეწველობის, ტექნოლოგიის, მოწყობილობის და საქონელმცოდნეობის დეპარტამენტის და საფეიქრო მასალების ექსპერტიზის ლაბორატორიის გაფართოებულ სხდომაზე, ამავე უნივერსიტეტის გაფართოებულ სამეცნიერო სემინარზე.

პუბლიკაციები. დისერტაციის მასალები გამოქვეყნებულია სხვადასხვა სამეცნიერო კრებულში (სულ 4 სტატია), ავტორის მიერ მიღებულია ერთი სახელმწიფო პატენტი სასარგებლო მოდელზე.

დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა. დისერტაცია შედგება შესავალის, 5 თავის, დასკვნების, ციტირებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. დისერტაციის მოცულობა შეადგენს 125 გვერდს, 27 ნახაზს, 21 ცხრილს, 119 გამოყენებული ლიტერატურის დასახელებას.

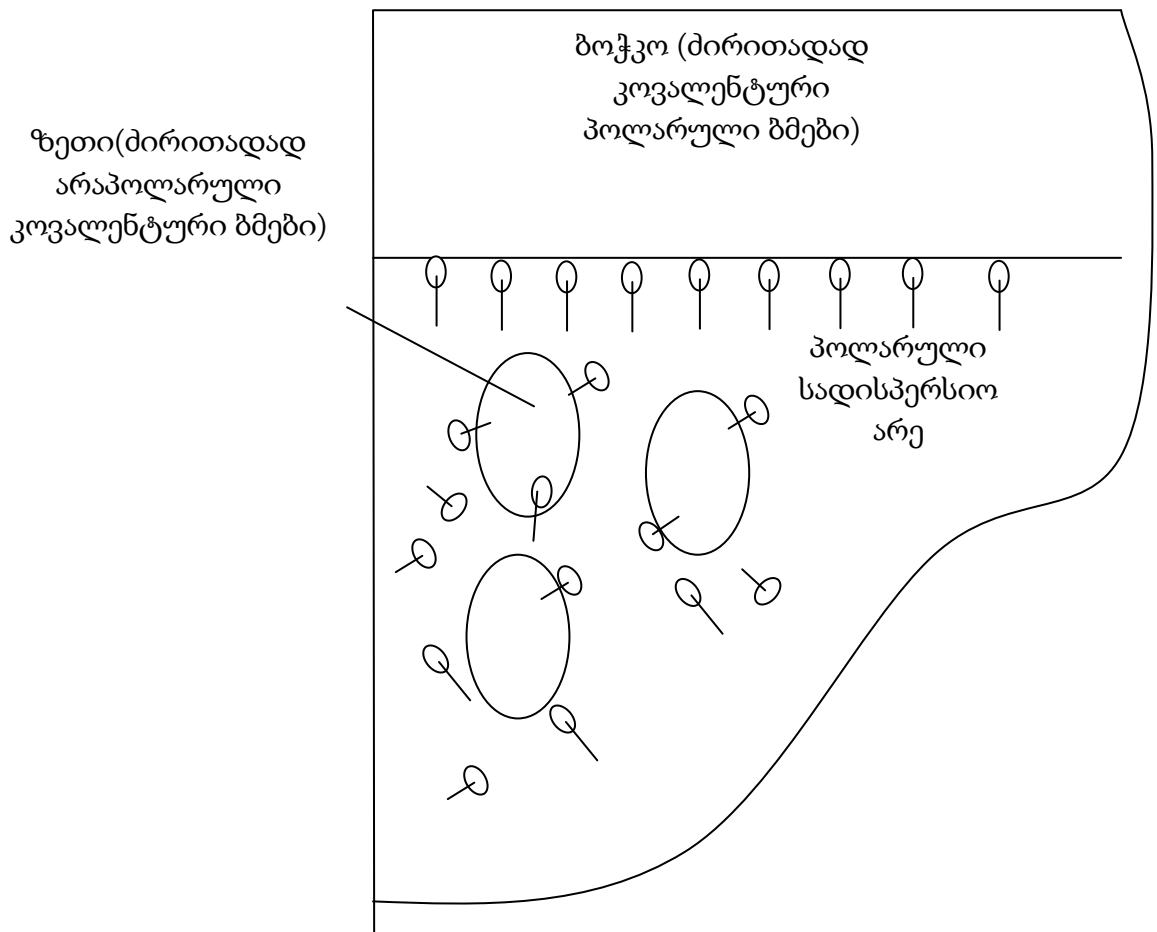
თავი 1. ლიტერატურული მიმოხილვა

1.1. საფეიქრო დამზარე ნივთიერებებად გამოყენებული შემზეთი კომპონენტების სხვადასხვა სახეები და მათი ემულსიებად ფორმირების ძირითადი საშუალებები

გასული საუკუნის ბოლო ათწლეულში საფეიქრო მრეწველობამ შესამჩნევი პროგრესი განიცადა, მაღალმწარმოებლური საქსოვი დაზგების მასობრივი დანერგვისა და შესაბამისი ტექნიკური გადაიარაღების მიმართულებით. შეიქმნა და ათვისებული იქნა საქსოვი წარმოების პრინციპულად ახალი ტექნოლოგიური ხაზები, რომლებმაც უზრუნველყვეს მომხმარებლის სულ უფრო და უფრო მზარდი მოთხოვნილების დაკმაყოფილება. ფართოდ დაინერგა უმაქოო საქსოვი დაზგები, რამაც შესაძლებელი გახადა პროდუქციის თვითღირებულების მნიშვნელოვანი შემცირება [28].

ზემოთ აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთ ძირითად საშუალებად, როგორც სამამულო, ასევე უცხოელი სპეციალისტების მიერ იმთავითვე მიჩნეული იქნა ძაფის ბოჭკოთაშორის სივრცეში დამატებით შემზეთი მასალის შეყვანა, ამით ძაფთაშორის ხახუნის კოეფიციენტის შემცირება, შესაბამისად მისაქსელის დრეკადი და ცვეთამედეგი თვისებების გადიდება [92].

ძაფი წარმოადგენს ბიფოროვან სორბენტს, რომელსაც გააჩნია როგორც მაკრო-, ასევე მიკროფორები, ე.ი. ფორების განლაგების მიხედვით ისინი ქმნიან ჰეტეროგენურ სისტემას. თუ მაკროფორების ენერგეტიკული ბარიერის დამლევა შემზეთი კომპონენტისათვის არ წარმოადგენს გადაულახავ ზღუდეს, ამას ვერ ვიტყვით მიკროფორების შესახებ, რომელთა კაპილარული სივრცე გაჯერებულია ჰაერით და ქმნის გარკვეულ წინააღმდეგობას. ამისათვის არსებობს ერთადერთი გამოსავალი – შემზეთ კომპონენტთან ერთად დამზადდეს ემულსია წყლის არეში, ხოლო შემდგომ მაღალი ტემპერატურის პირობებში სორბციის გზით თანაბრად წარიმართოს თანაბარი დასველების პროცესი. დასველება ხელს უწყობს ემულსიასა და კაპილარის კედელს შორის ზედაპირული დაჭიმულობის შემცირებას. ამ უკანასკნელს განაპირობებს ემულსიის შედგენილობაში არსებული ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები (ზან), რომლებიც აღწევენ რა ბოჭკოთაშორის სივრცეში, სორბირდებიან მათ კედლებზე და ამცირებენ ზედაპირულ დაჭიმულობას, ზრდიან კაპილარულ წნევას და ხელს უწყობენ დასველების პროცესს [3].



ნახ.1.1. პოლარული და არაპოლარული ურთიერთქმედებები ხელოვნური ბოჭკოს შეზეთვის პროცესში

ბოჭკოს ბუნების მიხედვით გამოიყენებიან სხვადასხვა ზეთები და მათ საფუძველზე დამზადებული ემულსიები, რომლებიც განაპირობებენ წყალში უხსნადი არაპოლარული სითხეების საფეიქრო მასალაზე დატანას. ესენია სხვადასხვა სახის მცენარეული, მინერალური ან სინთეზური ზეთები, რომელთა შერჩევის აუცილებელი პირობაა შემთავსებლობა და მდგრადი ემულსიის წარმოქმნის უნარი წყალთან.

ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს აქვთ ლოკალური აღნაგობა (ჰიდროფობური კუდი და ჰიდროფობური ან პოლარული თავი). ისინი ორიენტირდებიან გამყოფ ზედაპირზე ჰიდროფობური ნაწილით ზედაპირისკენ, ხოლო ჰიდროფილური ნაწილით – პოლარული სითხისაკენ. მათ გააჩნიათ უნარი მნიშვნელოვნად შეამცირონ ზედაპირული დაჭიმულობა ორი სითხის საზღვრის, ან სითხისა და მყარი სხეულის ზედაპირზე. იმისდამიხედვით, თუ როგორია მათი

ქიმიური აღნაგობა (R-OH უმაღლესი სპირტები; R-COOH ორგანული მჟავები; R-COOME ცხიმოვანი მჟავის მასალები; R-NH₂ ამინები; R-SO₃H სულფომჟავები, სადაც R ნახშირწყალბადოვანი რადიკალია) სხვადასხვა მამულგირებელი უნარც, რომელსაც ზოგადად ახასიათებენ ხოლმე ჰიდროფილურ-ლიპოფილური ბალანსის (ჰლბ) მიხედვით. აღნიშნული სკალა პირველად წარმოადგინა ჟ. გრიფინმა, რომელიც გამოთვლილია არა მარტო ემულგატორების მიმართ, არამედ მამულგირებელი ფაზის მიმართაც (ცხრილი 1.1.) [6].

ცხრილი 1.1.

ემულგატორისა და დისპერსიული ფაზის ჰიდროფილურ-ლიპოფილური ბალანსი
 “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსიებისათვის [6]

№	ემულგატორის სახე		№	დისპერსიული ფაზა	
	ნივთიერება	ჰლბ მნიშვნელობა		ნივთიერება	ჰლბ მნიშვნელობა
1	ოლეინის მჟავა	1,0	1	ბამბის ზეთი	6,0
2	მეთილის სპირტი	1,0	2	კერატინის ზეთი	14,0
3	გლიცერინი მონოსტეარატი	3,8	3	ფუტკრის ცვილი	9,0
4	ბუთანოლი	7,0	4	ვაზელინის ზეთი	7,5
5	ნატრიუმის ოლეატი	18	5	ბენზოლი	15
6	კალიუმის ოლეატი	20	6	ტოლუოლი	13

ჯერ კიდევ ანტიკურ ხანაში იცოდნენ, რომ ბოჭკოვანი მასალა ხასიათდებოდა ხორკლიანი, არათანაბარი, სხვადასხვა ზომის კაპილარების მქონე ზედაპირით, რომელთაგან ზოგიერთი ცუდად, ხოლო უმეტესი მათგანი ხარბად შთანთქავდა ტენს, გადაანგარიშებით, ჩვეულებრივ 1-დან 5%-მდე, ამიტომ, ბუნებრივია მკვლევართა ყურადღება გამახვილებული იყო სადისპერსიო არის, ამ შემთხვევაში წყლის მოლეკულების შთანთქმის უნარზე ამა თუ იმ ბოჭკოს მიმართ.

შემოთავაზებული იყო დასველების კრიტერიუმის ამსახველი განტოლებანი, რომელთა უმრავლესობა შეიძლება გამოისახოს ადჰეზიის და კოჰეზიის მუშაობის მიხედვით.

$$\cos \theta = \frac{2W_s - W_d}{W_d}$$

სადაც $\cos \theta$ - დასველების სასაზღვრო კუთხეა ბოჭკოს ზედაპირზე;

W_3 – ადჰეზიის მუშაობა, ჯოულებში;

W_3 – კოჰეზიის მუშაობა, ჯოულებში.

ვინაიდან ნართს გააჩნია რთული, გეომეტრიული ზედაპირი, ამიტომ ვენცელმა და დერიაგინმა [36] ამ მიზნით შემოიტანა ხორკლიანი ზედაპირის აღმნიშვნელი კოეფიციენტი Z_{Δ} -სახით.

ჰიდროფილური ზედაპირის შემთხვევაში $Z_{\Delta} \cos \theta > \cos \theta > 0$; და პირიქით, ჰიდროფობური ზედაპირის შემთხვევაში $Z_{\Delta} \cos \theta < \cos \theta < 0$.

აღნიშნული მეთოდის გათვალისწინებით [3] შესწავლილი იყო როგორც ჰიდროფილური, ასევე ჰიდროფობური ზედაპირების გავლენა დასველების ხარისხზე, რომელთა მნიშვნელობები პროპორციულ დამოკიდებულებაშია საკვლევ ზედაპირზე დამსველებადი სითხის წვეთის სასაზღვრო კუთხესთან (ცხრილი 1.2).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მასალათა რიგში ზემოდან ქვემოთ მნიშვნელოვნად ეცემა წყლით დასველების ხარისხი, რომელიც უშუალო კავშირშია მახასიათებელი ფუნქციონალური ჯგუფების შესაბამის შემცირებასთან. აღნიშნულის საილუსტრაციოდ შეიძლება გავიხსენოთ, რომ ცელოფანი მზადდება ვისკოზის ნედლეულისაგან, ხოლო ამ უკანასკნელს კი მრავალრიცხოვანი ჯგუფების შემცველობის გამო გააჩნია ტენშემ-თავსებლობის უნარი თითქმის 12%-მდე [85].

ცხრილი 1.2

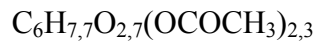
ზოგიერთი მყარი სხეულების წყლით დასველების პარამეტრები

(ვ.იაშინის მიხედვით) [85]

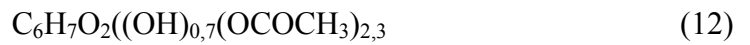
მასალის ზედაპირი	სასაზღვრო კუთხე	დასველების კრიტერიუმი $\cos \theta$
მინა	0	1,00
ცელოფანი	18	0,95
პოლიამიდური ფირფიტა	75	0,26
ფთოსოპლასტი	104	-0,24
პარაფინი	105	-0,26

თუ შესაზეთ მასალაში კლებულობს მახასიათებელი ფუნქციონალური ჯგუფების რიცხვი, მაშინ საქმე გვაქვს სხვა არაჰიდროფილური ჯგუფების ჩანაცვლებასთან, რაც თავის მხრივ ტენშემცველობის შემცირების მაჩვენებელია. მაგალითად აცეტილცელოლოზა, რომელიც თავის შედგენილობაში თითქმის არ შეიცავს ჰიდროქსილის ჯგუფებს. სამაგიეროდ, ისინი ჩანაცვლებული არიან აცეტილ ჯგუფებით, მნიშვნელოვნად ცვლის დასველებადობას წყლის მიმართ

(ტენშემცველობა 6,5 %-ია), ხოლო ცელულოზის აცეტილირების შემთხვევაში, როდესაც მიიღება შესაბამისი ფორმა



ანუ



ბოჭკოვანი მასალის ტენშემცველობა იზრდება მასში არსებული ჰიდროქსილიონების ხარჯზე [28].

ბოჭკოვანი მასალის შეზეთვის სიღრმე პერმანენტულ კავშირშია მთლიანად ემულსიის ანტისეპტიკურ თვისებებთან, რასაც უზრუნველყოფენ ხოლმე სხვადასხვა დანამატების ხარჯზე. მათ შორის უპირველეს ყოვლისა უნდა დავასახელოთ ისეთი კომპონენტები, როგორებიცაა OII-4; OII-7; OII-10; OII-18, სინტანოლი, სანტაბოლი, DC-10; OC-20 და სხვა რომლებიც მზადდება ალკონილფენოლების საფუძველზე. მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნული დანამატები ადვილად სპობენ ბოჭკოვან მასალაში არსებულ, სხვადასხვა შლამების მქონე მიკროორგანიზმებს, უკანასკნელ პერიოდში მათი მასობრივი მოხმარება საფეიქრო მრეწველობაში მკვეთრად შეზღუდულია, რადგან ზემოთ ჩამოთვლილი ინგრედიენტების სულ მცირე რაოდენობაც კი მნიშვნელოვნად აბინძურებენ გარემოს [98], [79]. ამიტომაც არის, რომ უკანასკნელ პერიოდში, მრავლად გაჩნდა იმპორტირებული დანამატები, როგორიცაა ცნობილი უცხოური ფირმების "Hoechst" და "Milloil" ანტისეპტიკური შემავსებლები Hostacar DT, Hoe S-2824, DB/21, Eaulan SC 9453X სახით [107]. ბუნებრივია, რომ მათი მასობრივი დანერგვა სამამულო მრეწველობაში საგრძნობლად ზრდის გამოშვებული პროდუქციის თვითღირებულებას, რომ არაფერი ვთქვათ წარმოების ან სასაქონლო ნიშნის პროდუქციაზე.

ნახ.1.2. აცეტილცელულოზის მაკრომოლეკულა

"ზეთი-წყალში" ტიპის ემულსიების დანიშნულებაა საფეიქრო ნედლეულზე წყალში უხსნადი არაპოლარული შემზეთი მასალების (მინერალური და ორგანული ზეთები) გადატანა. უმთავრესად მათ მოიხმარენ უშუალოდ დართვის წინ ბოჭკოების სართავი თვისებების ასამაღლებლად. თავდაპირველად ძაფსაღებ და სართავ

ფაბრიკებში იყენებდნენ ბამბისა და სელის ზეთებს, რომელთა ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები მოყვანილია ქვემოთ (ცხრილი 1.3) [5].

ცხრილი 1.3

ბამბისა და სელის ზეთის შედარებითი ფიზიკურ-ქიმიური დახასიათება [5]

№	ბამბის ზეთი		№	სელის ზეთი	
	მაჩვენებლები			მაჩვენებლები	
1	სიმკვრივე $\rho_{4^{20}}$	918-932	1	სიმკვრივე $\rho_{4^{20}}$	926-936
2	გარდატეხის მაჩვენებელი n_D^{20}	1,472-1,476	2	გარდატეხის მაჩვენებელი n_D^{20}	1,480-1,487
3	სიბლანტე, ჰა წმ	0,0592-0,0734	3	სიბლანტე, ჰა წმ	0,0527-0,0530
4	გამყარების ტემპერატურა $^{\circ}C$	-6-7	4	გამყარების ტემპერატურა $^{\circ}C$	-16-25
5	გასაჰნის რიცხვი	189-199	5	გასაჰნის რიცხვი	191,3-196,0
6	იოდის რიცხვი	101-116	6	იოდის რიცხვი	175-190
7	აცეტატური რიცხვი	12-15	7	აცეტატური რიცხვი	7-8

მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ პერიოდში, მიზანმიმართული განვითარება ჰპოვა მცენარეული ზეთების გადამუშავებამ მარგარინის მრეწველობაში, რამაც მკვეთრად შეცვალა ზემოთ მოყვანილი შემზეთი კომპონენტების გამოყენების ორიენტირები. სულ უფრო და უფრო იმატა არაკვებითი დანიშნულების ზეთების მოხმარებამ საფეიქრო მრეწველობაში, რომლებიც შეირჩევიან ხოლმე ბოჭკოების ბუნების მიხედვით (ცხრილი 1.4) [5].

როგორც ცხრილი 1.4-ის მონაცემები გვიჩვენებენ მცენარეული ზეთისაგან განსხვავებით ყურადღებას იმსახურებს ისეთი საკონტროლო მაჩვენებლები, როგორცაა მჟავური რიცხვი, აფეთქების ტემპერატურა და გოგირდის შემცველობა. აღნიშნული ზეთები, ისევე როგორც დანარჩენი შემადგენელი ინგრედიენტები საბოლოო ჯამში განაპირობებენ მაღალდისპერსიული “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსიის მიღებას. თვით ემულსიის მაღალდისპერსიულობა განპირობებულია დაწილადების სხვადასხვა მიდგომით, როგორებიცაა არევა, ცირკულაცია, ულტრაბგერა, დარტყმითი ტალღა, საქშენი და სხვა [102].

სამეცნიერო-ტექნიკურ ლიტერატურაში არ გვხვდება კვლევები ნამუშავარი მეორადი ზეთების გამოყენების პერსპექტივების შესახებ, თუმცა მათი მრავალრიცხოვანი ნარჩენები დღითიდღე მატულობს რესპუბლიკის სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის საერთო მოცულობაში. საფეიქრო მრეწველობისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთები, რომლებიც

სრულად პასუხობს გარემოს დაცვის მკაცრ მოთხოვნებს და რომლის მიზანმიმართული გამოყენება დღემდე გადაუჭრელ ამოცანად რჩება.

ცხრილი 1.4.

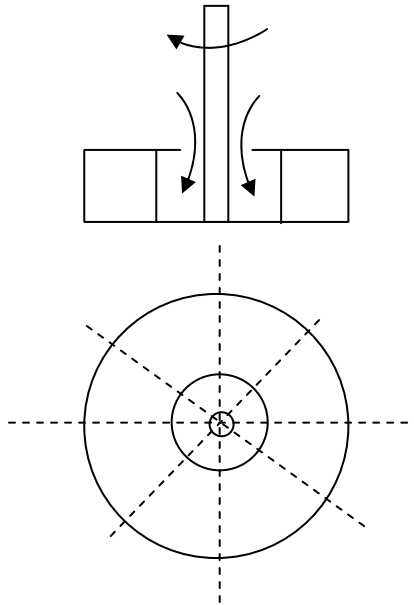
მინერალური ზეთების ფიზიკურ-ქიმიური დახასიათება [5]

№	მაჩვენებლები	მინერალური ზეთების ნაკრები		
		აცეტატური ძაფის	ტრიაცეტატური ძაფის	ნებისმიერი ბოჭკოსათვის
1	სიმკვრივე გ/სმ ³	0,840-0,850	0,870-0,880	0,870
2	გარდატეხის მაჩვენებელი	1,4640-1,4700	1,4800-1,4860	-
3	კინემატიკური სიბლანტე, სსტ 20°C 50°C	21-22	18,5-20,0	18,2-23,6
		7,5-8,0	6,5-7,0	5,1-85
4	გამყარების ტემპერატურა, °C	-42-45	-50-53	-20
5	აფეთქების ტემპერატურა, °C (დახურულ ტიგელში)	160-163	150-155	125
6	მჟავური რიცხვი მგ KOH 1 გ ზეთზე იოდის რიცხვი მგ I ₂ 100 გ ზეთზე	0,007-0,01	0,01-0,02	0,04
7	გოგირდის შემცველობა, %	3-5	3-5	5
8		0,03-0,05		0,06

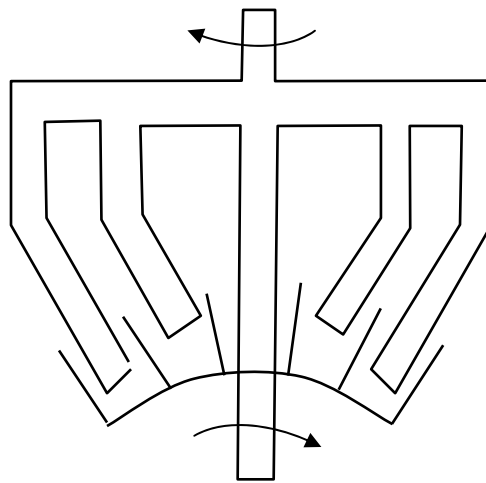
“ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსიების მისაღებად იყენებენ სხვადასხვა სახის შემრევ მოწყობილობებს , რომელთა კონსტრუქცია დამოკიდებულია პროცესის სიღრმეზე, ზეთების ქიმიურ, რეოლოგიურ მაჩვენებლებზე და შერევის ინტენსივობაზე.

იმის მიხედვით, თუ როგორია შერევის წესი, ამჟამად ფართოდ მოიხმარება სხვადასხვა კონსტრუქციის შემრევები, რომლებიც ძირითადად გვხვდება სითხეთა ტანგენციალური, აქსიალური, რადიალური და პლანეტარული დინების რეჟიმებით.

პოლარული და არაპოლარული სითხეების უსაფრთხო განაწილების პროცესის განხილვის და მისი აპარატურული გაფორმებისათვის შემოაქვთ ცნება ურთიერთშერევის ინტენსივობის შესახებ. მასში გულისხმობენ იმ პროცესის ხანგრძლივობას, რომელიც საჭიროა მოცემული დისპერსიული ფაზის განაწილების, მოცემულ სადისპერსიო არეში მიზანდასახული ეფექტის მისაღებად.



ნახ.1.3. ტურბორადიალური მოქმედების სარეველა



ნახ.1.4. ჰირსკოპული შემრევი მოწყობილობა

უკანასკნელ პერიოდში, ტრადიციულ მეთოდებთან ერთად ფართოდ გამოიყენება ემულსირების მაღალი დისპერსიულობის მქონე ტურბო-რადიალური (ნახ.1.3) და ჰირსკოპული შემრევი მოწყობილობები (ნახ.1.4). ნებისმიერი სიბლანტის “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსიის მისაღებად საჭიროა შეირჩეს შესაბამისი სხვადასხვა სამუშაო პარამეტრები, რომლებიც ზოგადად ექვემდებარებიან განტოლებას:

$$\frac{dM}{d\tau} = K(1 - M),$$

სადაც M – დანაწილების ხარისხია;

τ - შერევის დრო, წმ;

$\frac{dM}{d\tau}$ - შერევის სიჩქარე, მ/წმ;

K - მუდმივა, რომელიც დამოკიდებულია შემრევი აპარატის კონსტრუქციასა და სადისპერსიო ნივთიერების ბუნებაზე.

მაღალდისპერგირებული ემულსიების მისაღებად, ჩვეულებრივ გამოიყენება შერევის ტურბულენტური რეჟიმი ($Re > 10^5$) რომლის დროსაც აპარატის სიმძლავრის კრიტერიუმი K პრაქტიკულად დამოკიდებულია Re რიცხვზე და უმნიშვნელოდ ფრუდის კრიტერიუმზე:

$$K = AR_e^\alpha Fr^\beta,$$

სადაც A , α , β – მუდმივი კოეფიციენტებია, რომლებიც განისაზღვრება ექსპერიმენტულად, ხოლო ფრუდის კრიტერიუმი:

$$Fr = n^2 \frac{d}{g},$$

სადაც n – სარეველას ბრუნთა რიცხვია წამი, ბრ/წმ;

d - სარეველას დიამეტრი, მ;

g - სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ².

როგორც თეორიული ანალიზი გვიჩვენებს, ემულსიის მისაღებად დახარჯული მუშაობა დამოკიდებულია სითხეთა დინამიური სიბლანტის კოეფიციენტსა და სიმკვრივეზე, თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაზე, სარეველას ბრუნთა რიცხვზე, აპარატის და სარეველას დიამეტრზე. აპარატის სითხით შევსების სიმაღლეზე და სარეველას აწევის სიმაღლეზე ჭურჭლის ფსკერის მიმართ.

1.2. ტრანსფორმატორის ზეთების სტრუქტურული ცვლილებები ექსპლოატაციის შედეგად და მათი დაძველების ხარისხის შეფასება

თანამედროვე ფუნდამენტალური გამოკვლევები [7, 8, 10] ცხადყოფენ, რომ ტრანსფორმატორის ზეთების დაძველებას ძირითადად განაპირობებს გარემო არეში არსებული ტემპერატურული დიაპაზონი და ჟანგბადის გარკვეული რაოდენობა,

რომლებიც ჯამში იწვევენ ზეთების საექსპლოატაციო თვისებების მნიშვნელოვან დაქვეითებას (ცხრილი 1.2) [8].

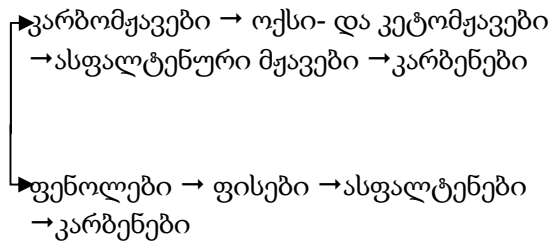
ცხრილი 1.2

ტრანსფორმატორის ზეთების საწყისი და ნამუშავარი სინჯების შედარებით დახასიათება [8].

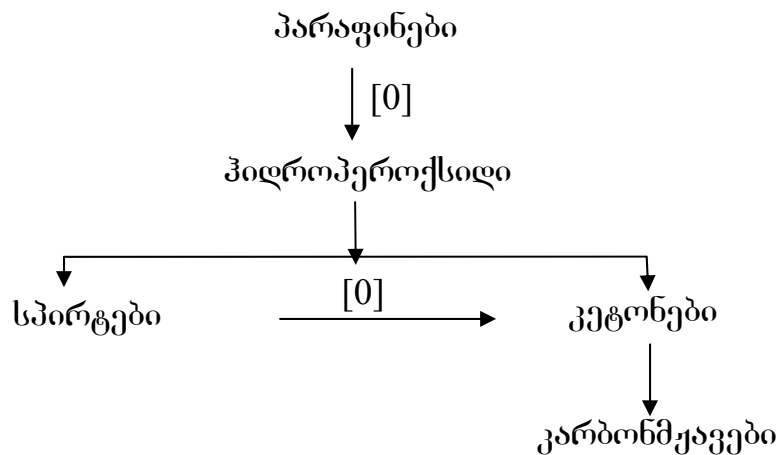
№	ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები	მაჩვენებლები	
		საწყისი	ექსპლოატაციის შემდეგ
1	სიმკვრივე, ρ_4^{20}	0,918	0,955
2	კინემატიკური სიბლანტე, სსტ	30	23,64
	20°C	-	7,25
	50°C		
3	მჟავური რიცხვი მგ KOH 1 გ ზეთზე	0,05	0,37
4	აფეთქების ტემპერატურა ღია ტიგელში, °C		
5	აფეთქების ტემპერატურა დახურულ ტიგელში, °C	145	113
	ტიგელში, °C	135	107
	-- ტემპერატურა, °C	-45	-40
6	წყალში ხსნადი მჟავები და ტუტეები		
7	გამჭვირვალება, 5°C	არა	+
8	დაკოქსვის ხარისხი, %	სრულად	არა
9	მექანიკური მინარევები, % მას.	0,07	
10	გარდატეხის მაჩვენებელი, η_{p20}	არა	0,06
11	ქიმიური შედგენილობა:	1,4950	1,5490
12	პარაფინული ნახშირწყალბადები, მას %		
	ნაფთენური ნახშირწყალბადები, მას %	17,5	14,3
	არომატული ნახშირწყალბადები, მას %	54,6	58,2
	ფისოვანი ნახშირწყალბადები, მას %	26,6	19,0
		1,3	3,5

მინერალური ზეთების დაჟანგვის შედეგად მიღებული პროდუქტები შეიძლება დავეყოთ ორ კლასად: ნეიტრალური და მჟავა ბუნების ორგანული ნაერთები. ნეიტრალურ კლასს მიეკუთვნებიან სპირტები, ალდეჰიდები, კეტონები, რთული ეთერები, ფისები და ასფალტენები, ხოლო მჟავური ბუნების წარმონაქმნებს მიეკუთვნებიან კარბონ მჟავები, კეტო და ოქსიმჟავები და ფენოლები (კარბოლის მჟავა). დღესდღეობით დადგენილია მოლეკულური ჟანგბადის მეშვეობით ზეთებში არსებულ ნახშირწყალბადების გარდაქმნის ორი ძირითადი მიმართულება:

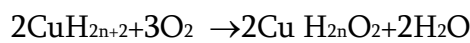
ზეთების დაჟანგვა → პეროქსიდები →



ორგანული მჟავების წარმოქმნა ითვლება მინერალური ზეთების დაჟანგვის ძირითად მიმართულებად; ამ დროს ადგილი აქვს როგორც დაბალმოლეკულური, ასევე მაღალმოლეკულური მჟავების წარმოქმნას პარაფინული, ნაფთენური და ალკილჩანაცვლებული არომატული ნახშირწყალბადების ღრმა გარდაქმნის შედეგად. მაგალითად, მინერალურ ზეთებში შემავალი პარაფინების (უპირატესად სტეარინისა და პალმტინის) ჟანგვის მექანიზმი შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:



ხოლო ჟანგვითი რეაქციის სტექიომეტრული გამოსახულება ასეთია:



ს. კრეინისა და ნ. ჩერნოჟუკოვის გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ზეთებში ნახშირწყალბადების სხვადასხვა ჯგუფები განიცდიან მოლეკულური ჟანგბადის მოქმედებას სხვადასხვა ხარისხით:

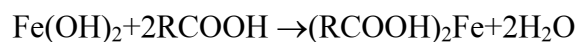
1. პარაფინური ნახშირწყალბადები;

2. ნაფთენური ნახშირწყალბადები ჟანგბადის ატმოსფეროში იჟანგებიან მით უფრო, რაც მეტია მათში ციკლების რაოდენობა, ამასთან ეს პროცესი შეინიშნება უპირატესად მოლეკულაში მესამეული ნახშირბად-ატომის არსებობის შემთხვევაში და პოლიციკლური ნაერთების გვერდით ჯაჭვებში. აღნიშნული ნახშირწყალბადების

კლასის ღრმა დაჟანგვის პარალელურად მიმდინარეობს აგრეთვე პოლიმეთილენური რგოლების რღვევა, ხოლო ჟანგვის ძირითად პროდუქტებად გვევლინებიან ოქსი- და კეტომჟავები, კეტონები, მცირე რაოდენობით კი მკვრივი პროდუქტები;

3. არომატული ნივთიერებები, რომლებიც შეიცავენ მეთილის ჯგუფით დაკავშირებულ არომატურ ბირთვებს ან ალიფატურ გვერდით ჯაჭვებს, სხვადასხვაგვარი ხარისხით იჟანგებიან ჩვეულებრივ პირობებში. მათი ოქსიდირების ძირითად პროდუქტებს შეადგენენ სხვადასხვა ნაერთები, რომლებიც მიიღებიან ნახშირწყალბადთა ჟანგვით პოლიმერიზაციის შედეგად (ფისები, ასფალტინები, კარბონები). თუ ამ კლასში შესაბამისად შემცირებულია გვერდითი ჯაჭვები, მაშინ ჟანგვით პროდუქტებში ვხვდებით ორგანულ მჟავებს, რთულ ეთერებს და სხვა;

4. არაიშვიათად ტრანსფორმატორის ზეთის ჟანგვით პროდუქტებში ვხვდებით მაღალი სიმკრივის მქონე შლამსაც, რომელიც ჩვეულებრივ ილექება ფსკერზე. ისინი, ავტორთა მონაცემებით მიიღებიან შემდეგი რეაქციების განხორციელების კვალობაზე:



ვინაიდან ეს უკანასკნელი უხსნადია, ამიტომ ბუნებრივია, ადგილი აქვს ბლანტი ნალექის წარმოქმნას.

განხილულიდან ცხადი ხდება, რომ მოლეკულური ჟანგბადის მოქმედებით ტრანსფორმატორის ზეთებში უპირველესად ადგილი აქვს ორგანული მჟავების წარმოქმნას, რომელშიც განიხილება ალიფატური და ციკლური კარბონმჟავები, ფენოლები, ასევე მჟავები ბუნების სხვა ჟანგბადშემცველი ნაერთებით, მიღებული ლიოფილური ჯგუფების შემცველი ორგანული მჟავების საკმაო ($\approx 4\%$ -მდე) რაოდენობის წარმოქმნით კი შესაბამისად, ზეთი-წყლის გამოყოფ საზღვარზე იქმნება მდგრადი ჰიდროფილური ემულგატორის მიღების რეალური წინაპირობები.

შესაზეთი მასალების მიმართ წაყენებული დიაგნოსტიკების მეთოდები, მათი საექსპლოატაციო უნარის განსაზღვრისათვის, მათი მუშაობის პირობების მიხედვით, შეიძლება ითქვას, ტრადიციული და საყოველთაოა. ასეთებია, სიმკრივე, გარდატეხის მაჩვენებელი, სიბლანტე, მჟავური რიცხვი, შემზეთი მასალების დაბალი და მაღალტემპერატურული თვისებები, ფისოვანი ნივთიერებების შემცველობა.

აღნიშნული მეთოდების შეზღუდული შესაძლებლობების პირობებში იყენებენ აგრეთვე სხვა დამატებით საკონტროლო სიდიდეებსაც, რომლებიც მკაცრად რეგლამენტირებული არიან სახელმწიფო სტანდარტული ნორმატივებით ან ტექნიკური პირობებით.

ნავთობპროდუქტების და კერძოდ, ზეთების სიმკვრივე ერთ-ერთ ძირითად მახასიათებლებს წარმოადგენს, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$\rho_t = 1000\rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}}(t - 20) - \frac{[t - 1200(\rho_4^{20} - 0,68)]}{1000}(t - 20),$$

სადაც, ρ_t - საანალიზო ტემპერატურის დროს განსაზღვრული ფარდობითი სიმკვრივეა, კგ/მ³;

ρ_4^{20} - ფარდობითი სიმკვრივეა 20°C კგ/მ³;

t - საანალიზო ტემპერატურა, °C.

თავის მხრივ, ფარდობითი სიმკვრივეს საზღვრავენ ფორმულით:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - \chi (t - 20)$$

სადაც χ - შემასწორებელი კოეფიციენტია მოცემულ ტემპერატურაზე.

ამერიკის შეერთებულ შტატებსა და ინგლისში ფართოდ იყენებენ საანალიზო გამოსახულებას

$$\rho_4^{20} = \rho_{15,56}^{15,56} - 5 \chi$$

რეფრაქციის ანუ გარდატეხის მაჩვენებელს, დიდი მნიშვნელობა აქვს ზეთების თვისებათა გამოკვლევების დროს. მას განიხილავენ, როგორც ელექტრული პოლარიზაციის სიდიდეს, რომელიც დაკავშირებულია მოლეკულაში ელექტრონთა რხევის სიხშირესთან.

გარდატეხის მაჩვენებელი, როგორც წესი, განისაზღვრება 20°C ნატრიუმის ყვითელი ზოლის მიმართ, რომელსაც შეესაბამება ტალღის სიგრძე 589,3 ნმ, ხოლო აღნიშნული სიდიდის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე გამოისახება ფორმულით:

$$n_D^{20} = n_D^t - \alpha (20 - t)$$

სადაც n_D^t - გარდატეხის მაჩვენებელია საანალიზო ტემპერატურაზე, °C;

α - შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომლის ყოველ 1°C შეესაბამება 0,004;

t - საანალიზო ტემპერატურა, °C.

გარდატეხის მაჩვენებლის მკვეთრი ცვლილება ზეთებში მიგვანიშნებს ფიზიკური ცვლილებების შესახებ, მაგ. კარბონების, უკარბომოდების, ფისების წარმოქმნის შესახებ.

მინერალური ზეთების ძირითად ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებს წარმოადგენს მათი სიბლანტე, ანუ შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი, რომელზედაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტემპერატურული ფაქტორი. იგი შეიძლება გარკვეულ პირობებში იმდენად გადიდდეს, რომ საერთოდ შეუძლებელი გახდეს ზეთის მიწოდება საზეთ ზედაპირზე, სიბლანტეზე ტემპერატურის გავლენის შესაფასებლად შემოღებულია ცნება - “სიბლანტის ტემპერატურული მახასიათებელი”, რომლის გამოსათვლელად იყენებენ ფორმულას:

$$\lg T - \lg \lg(v+0,8) = 2,96(3,696 - \lg T) \left(1 + \frac{t_{\text{ფულ}}}{100}\right) - 4,763$$

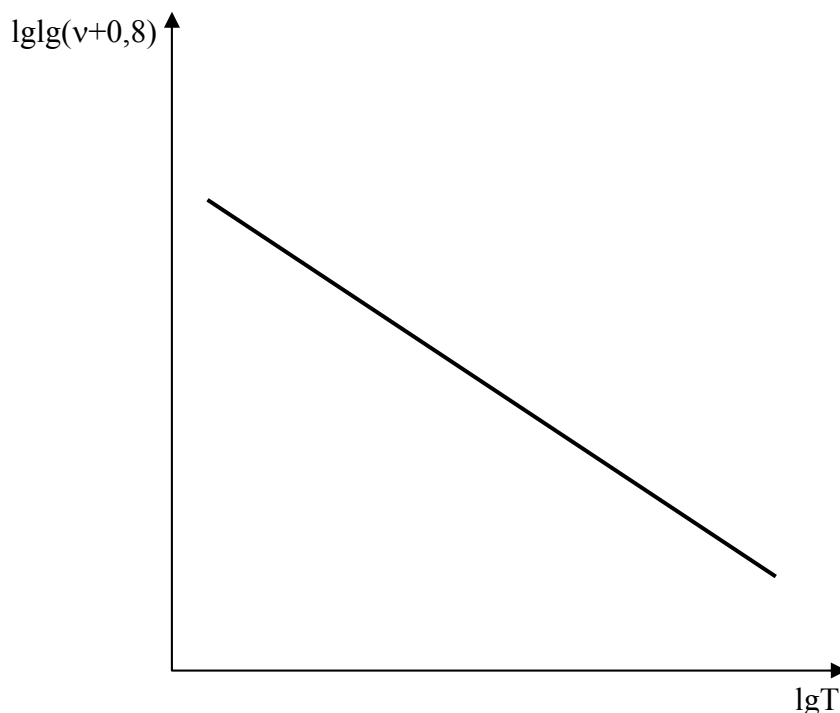
სადაც v_1 – სიბლანტეა მოცემულ ტემპერატურაზე, მმ²/წმ;

$t_{\text{ფულ}}$ - ფრაქციის დუდილის ტემპერატურა, °C;

T - ტემპერატურა, °K.

აღნიშნული ფორმულა წარმოადგენს სწორი ხაზის განტოლებას და მისი აგებისათვის კოორდინატებში $\lg T - \lg \lg(v+0,8)$ საჭიროა კინემატიკური სიბლანტის მნიშვნელობების განსაზღვრა ორი სხვადასხვა ტემპერატურის დროს (ნახ.1.4).

როგორც ნახ.1.4 გვიჩვენებს, მიღებული სწორის მეშვეობით შეიძლება ადვილად განისაზღვროს ზეთების სიბლანტის ვარდნის დინამიკა.



ნახ.1.4. ზეთის სიბლანტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

აღსანიშნავია, რომ ზემოთ მოცემული ფორმულა იძლევა დამაკმაყოფილებელ შედეგებს ტემპერატურის ინტერვალში 20-130 °C –მდე.

ტრანსფორმატორის ზეთების შემადგენლობაში შედიან პარაფინული და პოლიციკლური ნახშირწყალბადები, რომლებიც ტემპერატურის თანდათანობით შემცირებისას არაიშვიათად გამოიყოფიან მყარი კრისტალების სახით. კრისტალიზაციის პროცესში დგება მომენტი, როდესაც სიბლანტე იმდენად იზრდება, რომ ზეთი სრულად კარგავს დენადობას, აღნიშნულ წერტილს კი ძგიფვის ტემპერატურას უწოდებენ.

ტრანსფორმატორის ზეთების დაძველების ძირითად პარამეტრს წარმოადგენს მისი მჟავიანობა. მას განიხილავენ, როგორც KOH–ის რაოდენობას მილიგრამებში 100 მლ ზეთის სინჯის გასატიტრად, ხოლო “მჟავური რიცხვი” იანგარიშება KOH–ის იმ რაოდენობით მილიგრამებში, რომელიც საჭიროა 1 გრამი ზეთის გატიტვრისათვის:

$$\text{მ.ჟ. რიცხვი} = \frac{v \cdot T}{m}$$

სადაც v – 0,05 KOH სპირტ-ხსნარის მოცულობაა, რომელიც იხარჯება გატიტვრაზე, მლ;

T - ხსნარის ტიტრი;

m - ზეთის სინჯის მასაა გრამებში.

არსებობს ტრანსფორმატორის ზეთის დაძველების ხარისხის განმსაზღვრელი პარალელური მეთოდებიც, მათ შორის ცნობილი მკვლევარების ი. პინკვეიჩის, კ.პაპოვის, ს. ვოლაროვიჩის და სხვა. მათ შორისაა მაგალითად, დიაგნოსტიკის ისეთი ხერხები, როგორებიცაა ზეთოვნება, რითაც ახასიათებენ ხოლმე მოლეკულური ძალების შეჭიდულობას შესაზეთ ზედაპირსა და ზეთის თხელ, ადსორბირებულ ფენას შორის.

ზოგიერთი ორგანული მჟავა, რომლებიც პრაქტიკულად არ მოქმედებენ თუჯსა და ფოლადზე აგრესიულობას იჩენენ ფერადი ლითონების მიმართ. სწორედ აღნიშნული ეფექტის განმსაზღვრელია ი. პინკვეიჩის მეთოდი. გარდა ორგანული მჟავებისა, კოროზიის პროცესზე არსებით გავლენას ახდენს აგრეთვე პეროქსიდული ნაერთებიც, რომლებიც თანდათანობით გროვდებიან ზეთების ექსპლუატაციის დროს.

გამოსაცდელი ზეთის კოროზიული თვისებები განისაზღვრება ტყვიის ფირფიტების მასის დანაკლისით, რომელსაც ანგარიშობენ გრამობით 1 მ² ფართის სიდიდეზე.

ტრანსფორმატორის ზეთების საიზოლაციო თვისებების დაქვეითების შესაფასებლად ფართოდ გამოიყენება მათი დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის სიდიდე პროცენტებში (სსტ 6581-75).

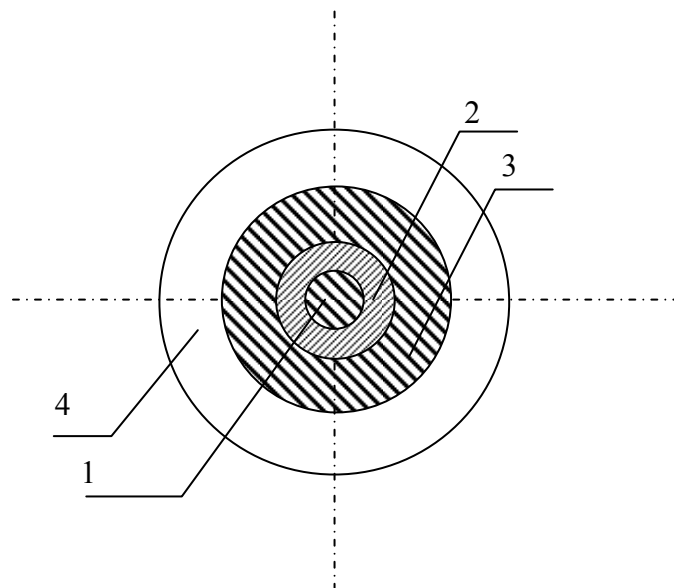
მინერალური ზეთების მეორადი მასების რაციონალური მოხმარების საკითხებს უდიდეს ყურადღებას უთმობენ მსოფლიოს მაღალგანვითარებული ქვეყნები, როგორებიცაა ამერიკის შეერთებული შტატები, იაპონია, საფრანგეთი, გერმანია, ჰოლანდია, დიდი ბრიტანეთი, კანადა, იტალია, შვეიცარია და სხვები. ამ ქვეყნებში მუდმივად რეალიზდება სამთავრობო კომპლექსური ღონისძიებანი მოხმარებული ზეთების შემდგომი გადამუშავებისა და მრეწველობის სხვა დარგებში გამოყენების მიმართულებით.

თანამედროვე წარმოდგენებით, ნავთობი და ნავთობპროდუქტები წარმოადგენენ მაღალმოლეკულურ რთულ ნაერთებს, რომლებიც განსაზღვრულ პირობებში ასოცირდებიან დაბალმოლეკულურ ნივთიერებებად. ნავთობის მაღალმდულარე ფრაქციებში ნახშირწყალბადების გარდა შედიან ფისები და ასფალტენები, ხოლო ნავთობის გადამუშავების პროდუქტები კიდევ დამატებით შეიცავენ კარბენებსა და კარბოიდებს. სხვადასხვა ნავთობების ნარჩენები: გუდრონები, ასფალტენები, კრეკინგ-ნარჩენები, ზეთების წმენდის ექსტრაქტები, მძიმე ბითუმები წარმოადგენენ დისპერსიულ სისტემებს, რომელშიდაც დისპერსიული ფაზის როლს ასრულებენ ასფალტენები, კარბენები ან კარბოიდები, ხოლო დისპერსიულ არედ გვევლინება ნახშირწყალბადები და ფისები.

მოლეკულათშორისო ურთიერთქმედების ძალის გავლენით ნავთობდისპერსიულ სისტემებში შესაძლებელია ცალკეული მოლეკულების ასოციაცია, რომელიც განაპირობებს გარემოლეკულური სტრუქტურების წარმოქმნას. რთულ, მრავალკომპონენტთან ნავთობდისპერსიულ სისტემებში მიმდინარეობს მაღალ- და დაბალმოლეკულური ნაერთების კოლექტიური ურთიერთქმედება, რასაც თან მოჰყვება ხოლმე რთული სტრუქტურული ერთეულების (რსე) წარმოქმნა. ასეთი ერთეულების ანუ ასოციატების წარმოქმნა ძირითადად გამოწვეულია ვან-დერ-ვაალსის ძალების გავლენით, თუმცა შესაძლებელია უფრო სუსტი ქიმიური

ურთიერთქმედებებიც მოლეკულებს შორის წყალბადური ბმების ხარჯზე. ფისოვანი ნივთიერებების სწრაფვა ასოციატების წარმოქმნისადმი დაკავშირებულია პოლარული ჯგუფების რაოდენობრივ მატებასთან და მათში ჰეტეროატომების (S, N, O) ჯამური რაოდენობის ზრდასთან, რაც ითვლება სისტემის დისპერსიულ ნაწილაკად. იგი წარმოადგენს სფერული ფორმის სტრუქტურულ ელემენტს, რომელსაც მოცემულ პირობებში შეუძლია დამოუკიდებლად არსებობა.

რთულ სტრუქტურულ ერთულში განასხვავებენ ბირთვს და მის გარეთა სოლვატურ გარსს. ბირთვი ანუ შიგა უბანი წარმოადგენს დისპერსიულ ფაზას რომელსაც შეიძლება შეადგენდეს ასფალტენები, ან კიდევ ასფალტენო-კარბოიდური ასოციატები. ნავთობის ნარჩენებში დისპერსიულ ფაზად შეიძლება მოგვევლინოს მხოლოდ ასფალტენები. ნავთობ-დისპერსიულ სისტემებში არ არსებობს მკვეთრი საზღვარი დისპერსიულ ფაზასა და დისპერსიულ არეს შორის, რადგან მათ შორის განლაგებულია ბირთვის სოლვატური გარსი. ეს უკანასკნელი განაპირობებს ბირთვის ჭარბი ზედაპირული ენერგიის კომპენსაციას (ნახ.1.5).



ნახ.1.5. ნავთობ-დისპერსიული სისტემების სტრუქტურული ერთეულის სქემა.

1-ბირთვი, 2-სოლვატური გარსი, 3-გარდამავალი ზონა, 4-სადისპერსიო არე.

ნავთობ-დისპერსიული სისტემების ნაწილაკთა ზომები სხვადასხვაა, ე.ი. ისინი წარმოადგენენ პოლიდისპერსიულ სისტემებს. რენტგენოსტრუქტურული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ნავთობში შედიან ნაწილაკები ზომით 2,3 ნანომეტრიდან 12 ნანომეტრამდე.

ასოციატების წარმოქმნისადმი განსაკუთრებულ მიდრეკილებას ამჟღავნებენ ასფალტენები და ფისები, რადგან მრავლად შეიცავენ არომატიზირებულ ფრაგმენტებს. ნაკლებად არომატიზირებული ფისები განლაგებული არიან სადისპერსიო არეში, ხოლო ძლიერ არომატიზირებული ფისები, რომელთაც გააჩნიათ დიდი მოლეკულური მასა, კონცენტრირდებიან ბირთვის გარე სოლვატურ შრეში. თვით ბირთვი ანუ დისპერსიული ფაზა წარმოადგენს ასფალტენებს ან ასფალტენო-კარბოიდურ ასოციატებს.

ნავთობ-დისპერსიულ სისტემებში შემავალი ასფალტენების დისპერსიულობის მაღალი ხარისხი ქმნის ზედაპირული ენერჯის სიჭარბეს, რის გამოც ასეთი სისტემები თერმოდინამიკურად არმდგრადი სისტემებია. სხვადასხვა ნახშირწყალბადოვანი შედგენილობის ნავთობ-დისპერსიული სისტემები დიდად განსხვავდებიან ერთმანეთსაგან თავიანთი კოლოიდური მდგომარეობით. მაგალითად, პარაფინულ-ნაფთენური ნახშირწყალბადების შემცველი სისტემები ადვილად განიცდიან კოაგულაციას, მაღალი სიბლანტის მქონე ნავთობები ხასიათდებიან ასფალტენების აგრეგაციით და საბოლოო ჯამში ასოციატების წარმოქმნით.

ნავთობ-დისპერსიული სისტემების სტრუქტურისადმი ახლებური მიდგომა, ბირთვისა და გარე სოლვატური გარსის ფაზური გადასვლის კინეტიკის შესწავლა, სოლვატური გარსის ექსტრემალურ ზომამდე დაყვანა შესაძლებლობას იძლევა დავსახოთ აღნიშნული ბუნებრივი ნედლეულის გადამუშავების სრულყოფისა და ინტენსიფიკაციის გზები [6, 9].

1.3. ემულსირების პროცესი და მისი გავლენა ძაფის ფიზიკურ-მექანიკურ მაჩვენებლებზე

განხილული მასალიდან ჩანს, რომ ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის, დიდი რესურსი, როგორც ენერგეტიკული მრეწველობისათვის უკვე უვარგისი, ნამუშევარი

მასა, შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული საფეიქრო მრეწველობაში, კერძოდ, ხელოვნური ან სინთეზური ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიაში.

მივიჩნიეთ რა სადისერტაციო ნაშრომში საჭიროდ კვლევათა გაგრძელება ამ მიმართულებით, უპირველესად ვხელმძღვანელობდით ნებისმიერი ტექნოლოგიური პროცესისათვის გენერალური პრინციპებით:

1. სათბობ-ენერგეტიკული, მატერიალური და ნედლეული რესურსების რაციონალური ხარჯვა;
2. კომპლექსური ძაფისა და ნართის დამუშავების ღირებულების მნიშვნელოვანი შემცირება;
3. დამუშავებული ტექნოლოგიის ეკოლოგიური უსაფრთხოება.

ქსოვის პროცესში ქსელის ძაფზე მოქმედებენ გამჭიმავი, მღუნავი და ხახუნის ძალები [52, 73, 82]. ამ ძალების მოქმედებით იცვლება ძაფის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რაც აისახება მის უნარზე წინააღმდეგობა გაუწიოს მრღვევ ზემოქმედებას. სწორედ აქ უნდა გამოვლინდეს საფეიქრო მასალის სტანდარტული მაჩვენებლები, რადგანაც კომპლექსური ძაფი ან ნართი წარმოადგენს საკმაოდ რთულ სისტემას თავისი ზედაპირის მიკრო- და მაკროსტრუქტურებით. ამიტომ ქსელის ძაფების წინააღმდეგობა შეიძლება შემცირდეს ისე, რომ მოხდეს მისი რღვევა, განსაკუთრებით ინტენსიურად კი მის სუსტ ადგილებში. ეს იწვევს წყვეტიანობის ზრდას, შრომისნაყოფიერების შემცირებას და ქსოვილის ხარისხის გაუარესებას. ქსელის ძაფების მაღალსიჩქარიან უმაქო დაზგებზე გადამუშავების დროს ზემოქმედება ქსელის ძაფებზე იზრდება, ჩვეულებრივ მაქოიან დაზგაზე მის გადამუშავებასთან შედარებით. ეს ხდება ნართის უფრო ინტენსიური გაცვეთის შედეგად, რაც გამოწვეულია ქსელის ძაფების მაღალი დაჭიმვით, ნართის გადაადგილების მაღალი სიჩქარით [1].

ნართის უნარი წინააღმდეგობა გაუწიოს ზემოქმედებას, რომელიც არღვევს სტრუქტურას, განისაზღვრება მთელი რიგი ფიზიკურ-მექანიკური და ტექნოლოგიური თვისებებით, რომლებიც დამოკიდებულია როგორც ნედლეულის ხარისხზე, ასევე ნართის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის დონეზე. ამ პროცესებს შორის მნიშვნელოვანს წარმოადგენს გახამება ან ემულსირება.

გახამების პროცესი დღესდღეობით საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი. გახამების პროცესის შესწავლას ეძღვნება მრავალი ნაშრომი, როგორც დსთ-ს, ასევე

საზღვარგარეთის ქვეყნებში. ამავე დროს, ემულსირების პროცესი რჩება ნაკლებად შესწავლილად, დღემდე არ არის გამოკვლეული მისი მრავალრიცხოვანი ფაქტორების გავლენა ნართის ტექნოლოგიურ და ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე.

დღეს ემულსიები ფართოდ გამოიყენება მეცნიერებისა და ტექნიკის მრავალ დარგში.

ემულსიები წარმოადგენენ ორი ან მრავალი სითხისაგან შემდგარ დისპერსიულ სისტემებს, რომელიც შეეზავება ერთმანეთთან ნაწილობრივ ან საერთოდ შეიზავება. როგორც წესი, ემულსიები შედგება ორი ძირითადი კომპონენტისაგან - ზეთისა და წყლისაგან, აგრეთვე მესამე – ემულგირებად კომპონენტისაგან.

საფეიქრო მრეწველობაში ემულსირების მიზანს წარმოადგენს ხაოიანი ძაფებისათვის მაღალი ელასტიურობის მინიჭება, რაც უზრუნველყოფს წინააღმდეგობას სხვადასხვა დატვირთვების მიმართ (ძაფების ერთმანეთთან ხახუნი და საქსოვი დაზვის ძაფგამტარ ორგანოებთან ხახუნი, დინამიკური ზემოქმედება, მრავალციკლური დატვირთვები და ა.შ.) ამის შედეგად ქსელის ძაფის წყვეტიანობა მცირდება.

გარდა ამისა, ემულსირებული ქსელის ნართის მაღალი ტენიანობა, რიგი მკვლევარების დასკვნების თანახმად [25, 50, 110], განაპირობებს მის ზოგიერთ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებების მკვეთრ შეცვლას, კერძოდ, გამგლეჯი წაგრძელების და გამგლეჯი დატვირთვის ზრდას. ეს ცვლილებები დადებითად აისახება ნართის გამძლეობაზე.

ამრიგად, ქსელის ნართის ემულსირება დადებით გავლენას ახდენს ქსოვის ტექნოლოგიურ პროცესზე და მოითხოვს გულდასმით შესწავლას.

საფეიქრო მრეწველობაში ქსელის ნართის ემულსირებას, ძირითადად გამოიყენებენ საქსოვ საწარმოებში. ემულსირების გამოყენება საშუალებას იძლევა შემცირებული იქნას ქსელის ძაფების წყვეტიანობა ქსოვის პროცესში.

ემულსიის დასამზადებლად გამოიყენებენ პოლიაკრილამიდის და სხვადასხვა ანტისეპტიკის ნარევეს. ემულსირებული ქსელის ნართი ტენიანობით 15-20% შეიძლება ინახებოდეს საფეიქრო წარმოების პირობებში 28°C-მდე 25-30 დღის განმავლობაში [58]. მაუდის ქსოვაში აპარატული რთვის ქსელების ემულსირების პროცესი, რომელიც ხორციელდება გახამების ნაცვლად, ასევე უზრუნველყოფს ქსელის ნართის ხარისხის გაუმჯობესებას და წყვეტიანობის შემცირებას.

დაკვირვების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ აპარატული ქსელის ნართის ემულსირებისას შეიმჩნეოდა, დასართავი წუნის გამო ქსელის ნართის წყვეტიანობის შემცირება.

დღესდღეობით შემუშავებულია საემულსიო დანადგარების კონსტრუქციები ლენტური საქსელე მანქანებისათვის, აპარატული ნართის ემულსირების პროცესის ტექნოლოგიური რეჟიმი და ემულსიის რეცეპტი.

კალინინის და ივანოვოს კამვოლის კომბინატები, რომლებიც გადაამუშავებენ სინთეზური ბოჭკოების ტერილენის და ლავსანის შემცველ ნახევრადშალის ნართს და ფრუნზეს მაუდის-კამვოლის კომბინატი ნიტრონის ბოჭკოს შემცველი ნახევრადშალის ნართის გადაამუშავებისას, ქსელის ძაფების გახამება შეცვალეს ანტისტატიკური დამუშავებით, პრეპარატით OC-20. ცდებმა აჩვენა, რომ აპარატული დართვის ქსელის ნართის ემულსირების პროცესი რამოდენიმეჯერ ზრდის მის სიმტკიცეს (4-5 %) და წაგრძელებას გაგლეჯისას 15-20% მაშინ, როცა იგივე ნართის გახამება ზრდის მის სიმტკიცეს 15-20 %-ით, მაგრამ ამცირებს მის წაგრძელებას გაგლეჯისას 10 %-ით. ამავე დროს, ემულსირებული ნართის წყვეტიანობა საქსოვ დაზგებზე იყო 20-30%-ით ნაკლები, ვიდრე გახამებული ნართის წყვეტიანობა, რაც ხელს უწყობს საქსოვი დაზგის ნაყოფიერების ზრდას ემულსირებული ქსელების გადაამუშავებისას 4-6%-ით [56].

კვლევების [12] საფუძველზე დადგინდა, რომ სუფთა შალის ნართის ემულსირება საშუალებას იძლევა გაზრდილი იქნას ნართის მნიშვნელოვანი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები:

- გამძლეობა მრავალჯერად დატვირთვების მიმართ 2-ჯერ, ცვეთამედეგობა, საშუალოდ 26%-ით;
- გამგლეჯი წაგრძელება, საშუალოდ 32%-ით, ამავე დროს გამგლეჯი დატვირთვა მნიშვნელოვნად არ იცვლება.

ნართის მნიშვნელოვანი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების ზრდა ემულსირების შემდეგ ხელს უწყობს ქსელის ნართის წყვეტიანობის შემცირებას საქსოვ დაზგებზე. გახამების ემულსირებით შეცვლის შედეგად ქსელის ნართის წყვეტიანობა საქსოვ დაზგაზე შემცირდა 0,495-დან 0,325-მდე 1 მ ქსელის ძაფებზე [74].

ემულსია მზადდებოდა შემდეგნაირად 5 ლ ცხელ წყალში აზავებენ 600 გრ. სტეარინს და 40 გრ. კაუსტიკს სიმაგრით 42Be. ქსელს ემულსირებას უკეთებენ ცხელ

და ცივ ემულსიებში. ცხელი ემულსიის გამოყენებამ უზრუნველყო საუკეთესო ეფექტი [49].

კუპავინის ფაბრიკის და სვერდლოვის სახელობის ფაბრიკების მონაცემების მიხედვით შალის აპარატული ნართის და შალისა და ქიმიური ბოჭკოების ნარევი აპარატული ნართის ემულსირება უზრუნველყოფს ქსელის ძაფების წყვეტიანობის მნიშვნელოვან შემცირებას. ეს განპირობებულია იმით, რომ ემულსიის არსებობა ნართში ამცირებს ხახუნს ძაფებს შორის ქსოვილის ფორმირების პროცესში და ქსელის ძაფების ხახუნს საქსოვი დაზგის მიმმართველ ორგანოებზე.

ევროპისა და აზიის ბევრ ქვეყნებში, მათ შორის დსთ-ს ქვეყნებშიც სინთეტიკური ძაფის მოსამზადებლად და გადამუშავებისათვის ფართოდ იყენებენ შეზეთვის პროცესს.

გერმანელი მეცნიერების აზრით [111, 114, 115, 116, 117], სინთეზური ძაფების და ბოჭკოების დამზადების და გადამუშავების ხარისხი და ეკონომიურობა დამოკიდებულია სპეციალური შემზეთი მასალების გამოყენებაზე. ამავე დროს ძირითად ფაქტორებად, რომელიც აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას შემზეთების გამოყენებისას და დამუშავებისას, მიჩნეულია შემდეგი: შემზეთის სტაბილურობა, ტექნოლოგიური პარამეტრები, ძაფის ფრაქციული თვისებები, ელექტროსტატიკური მუხტი, კოროზიული ქცევა, გარემოს დაცვა და შრომის დაცვა.

შემზეთები გამოიყენება ან ზეთების სახით ან ემულსიების სახით, რომელიც სტაბილურია და მარტივად დასამზადებელი. ყველა სინთეზური ძაფი იმ პროცესებში, რომელიც დაკავშირებულია ხახუნთან, იმუხტება სტატიკური ელექტრობით, რაც იწვევს ძაფის ქვემოდან დახვევას და მარყუჟების წარმოქმნას, ასევე წყვეტიანობის ზრდას ბოჭკოვანი მასალების გადამუშავებისას. სტატიკური ელექტრობის არსებობა უარყოფით გავლენას ახდენს სინთეზური ძაფიდან დამზადებული ნაწარმის სამომხმარებლო თვისებებზე: იზრდება დაბინძურება, მცირდება ცვეთამედეგობა და კომფორტულობა. ორხოვისებრ ნაწარმში იქმნება "ელექტრული შოკის" საშიშროება ნაპერწკალის წარმოქმნა ფეთქებადსაშიშ სადგომებში, მგრძობიარე ელექტრომომწიფობილობებში დაბრკოლებების გაჩენა.

ცდილობენ თავიდან აიცილონ სტატიკური ელექტრობა და გარდა ამისა, რაც შეიძლება სწრაფად იქნას აცილებული შექმნილი მუხტი შემზეთის ელექტროგამტარიანობის გაზრდის გზით. ამ მიზნით შემზეთში ამატებენ

ანტისტატიკებს. ასე მაგალითად, პოლიამიდური ძაფების დამუშავებისას განსაკუთრებულად ეფექტური ანტისტატიკების გამოყენება ამცირებს ზედაპირულ წინააღმდეგობას 10^{12} -დან 10^7 -მდე.

შემზეთების გამოყენებისას აუცილებელია მიღებული იქნას შრომის ჰიგიენის და ბუნების დაცვის ზომები.

ქსელის ძაფების ტექნოლოგიური თვისებების გასაუმჯობესებლად ემულსირებასთან ერთად გამოიყენება მათი დამუშავების უფრო მარტივი სახე გასანთვლა და პარაფინირება.

ცვილი და მისი მოდიფიკაციები, აგრეთვე ცვილისებრი მასალები ბოლო დროს გამოიყენება მრეწველობის 200-ზე მეტ დარგში. პლასტიკურობა, სიმყარე, ბზინვა, ემულგირების უნარი, ატმოსფერული და ბაქტერიოლოგიური ზემოქმედების მიმართ მდგრადობა, კარგი დიელექტრული მახასიათებლები და ცვილის და ცვილისებრი მასალების სხვა თვისებები საშუალებას იძლევა გაფართოებული იქნას მათი გამოყენების სფერო.

ქსელის ძაფების გასანთვლა ხდება საქსელავ, გადასახვევ-საემულსიო ან სახამებელ მანქანებზე. სახამებელ მანქანაზე ეს პროცესი ხორციელდება, ძირითადად, ქსელების საქსოვ ღერძზე დახვევისას (ქსელები, რომლებიც არ მოითხოვენ გახამებას ან ექვემდებარებიან მსუბუქ გახამებას) შემდეგნაირად: ცვილისებრი პროდუქტები დაიტანება ზემოდან გამავალ ძაფებზე ჩაყვინთული ლილვაკის საშუალებით. ეს განაპირობებს ძირითადად ნაგრეხი ძაფისაგან შემდგარი ქსელების გადამუშავების უნარის გაუმჯობესებას. როგორც წესი, გასანთვლა ხორციელდება წყალში გაზავებული ცვილისებრი პროდუქტების საშუალებით. აგრეთვე გამოიყენება ზეთისებრი პროდუქტები, რომლებიც შეიძლება იყოს წყალში ემულგირებული. ამისათვის საჭირო კომპონენტები ჩაიდება გრძელ ვარცლში, რომელიც თბება ელექტროდენით ან ორთქლით.

ნაგრეხი ბამბის ნართისაგან შემდგარი ქსელების გასანთვლისათვის გამოიყენებენ გამდნარ ცვილს ემულგატორთან ერთად. გასანთვლა ზრდის ნართის ცვეთამდეგობას, ამცირებს მტვრის გამოყოფას, ქსელს ანიჭებს სიგლუვს.

"ნოი-გერცლორთ"-ის (გერმანია) საწარმოში ქსელების გასანთვლისათვის ყველა სახამებელი მანქანები აჭურვილია შესაბამისი მოწყობილობებით, რომელიც მზადდება საწარმოს სახელოსნოში სპეციალური თუნუქისაგან. ისინი თავსდება

სახამებელი მანქანის საშრობ კამერასა და ველს შორის. გასანთვლისათვის გამოიყენებენ ახალ ნივთიერებას Chemisap PS, რომელიც მუშავდება საწარმოს მიერ. ეს ნივთიერება კარგად ცილდება ქსოვილის ზედაპირიდან გამოყვანის პროცესში. პრეპარატის Veb Fettchemie-ის გამოყენება საკმაოდ ეფექტურია: ნაკლებად იკვანძება ნასკვი, მცირდება ქსელის შეწებება, უმჯობესდება მაქოს ფრენა, მცირდება მტვრისა და ღილღლის გამოყოფა. ქსოვის პროცესში წყვეტის საერთო დონე მცირდება 50%-ით. ამასთანავე, საქსოვი დაზვის ნაყოფიერება იზრდება 11 %-ით [118].

თანამედროვე საფეიქრო წარმოების მოთხოვნებია, რომ ცვილი არ უნდა იყოს მწებარე, უნდა უზრუნველყოს გლუვი ცხიმოვანი ზედაპირი და უნდა ჰქონდეს ანტისტატიკური მოქმედება. გარდა ამისა, ის იოლად უნდა სცილდებოდეს რეცხვისას. ხანგრძლივი კვლევების შემდეგ ფირმა Grunau შეიმუშავა ისეთი ცვილი, რომელიც პასუხობს მითითებულ მოთხოვნებს.

დღეს აშშ-ში და ევროპის ქვეყნებში გასანთვლისათვის გამოიყენებენ შემდეგ პროდუქტებს: Seyco-Suncote extro (იაპონია), Polyox-Tupen, Union Carbide and Carbon Corp, Varpol-Waw (აშშ), Soluble-Wax-NWS, Piedmont Chemical Ind (ინგლისი), Crinau-Wacha FL, Wacho (გერმანია), Chemisap PS, VEB Fettchemie (გერმანია).

სამამულო საფეიქრო მრეწველობაში ქსელის ძაფის დამუშავების დროს გამოიყენებენ პარაფინირებას სრიალის თვისების გაუმჯობესების მიზნით და მაშასადამე, საქსოვ დაზგაზე ქსელის ძაფის გადამუშავების უნარის გაზრდისათვის. ძირითადად გამოიყენება მყარი პარაფინირება. რომლის დროსაც ძაფი გადის პარაფინის ტანზე. მექანიკური ცვეთის შედეგად მცირე მყარი პარაფინის ნაწილაკები ეწებება ძაფს.

1967-68 წლებში ხერსონის ბამბულის კომბინატში მუშავდებოდა ქსელის ფერადი ცალწვერა ძაფის ემულსირების მეთოდი. კვლევის პროცესში შემუშავებული იყო განშრევებისადმი მდგრადი ემულსიის კონცენტრაცია და შემადგენლობა, ჩატარებული იყო ემულგატორების შერჩევა, დაპროექტებული და დამზადებული იყო დანადგარი ემულსიის მისაღებად ულტრაბერითი ჰიდროდინამიკური გენერატორის საშუალებით. ქსელის შეღებილი ნართის შეზეთვისათვის შემუშავებული იყო ემულსია პირდაპირი ტიპის "ზეთი-წყალში" შემდეგი შემადგენლობით: სათითისტრე ზეთი -70; სტეაროკსი – 6 ან საყოფაცხოვრებო ზეთი - 2,0-2,5 (28-27,5); წყალი – 27-28. ემულსიის დამზადება არ არის რთული. ემულსია

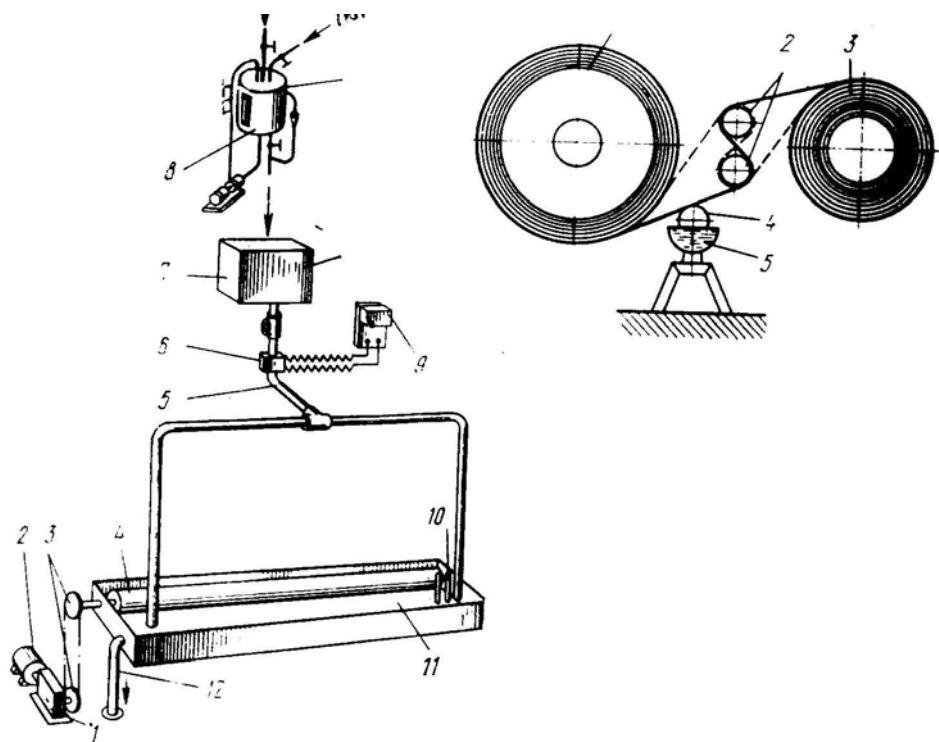
განშრევებისადმი მდგრადია ხანგრძლივი შენახვისას. კომბინატის თანამშრომლების მიერ საბოლოოდ დადგინდა, რომ

1. ძაფის დამუშავება ზეთოვანი ემულსიით უშუალოდ საღებავ აპარატში ნართს ანიჭებს სირბილეს და ამუჯობებს მის ფიზიკო-მექანიკურ მაჩვენებლებს;

2. შეღებილი ძაფის ზეთოვანი ემულსიით დამუშავების ხერხის ერთადერთ ნაკლს წარმოადგენს თითისტრის ზეთის აქროლება მაღალი ტემპერატურისას.

ტაშკენტის საფეიქრო კომბინატის საქსოვ ფაბრიკაში ქსელის წყვეტიანობის შესამცირებლად ნართის დამუშავების პროცესს ატარებდნენ ცხელი სტეარინით (70-72°C) სახამებელ მანქანებზე. სტეარინის რაოდენობა, რომელიც დაიტანება ნართზე, შეადგენს მისი წონის 0,3%. საბოლოოდ, ქსელის ნართის გაწყვეტა ქსოვაში შემცირდა: მიტკალის (აპტ.560) დამუშავებისას 2,9% -ით, სატინის (აპტ.147) -2,8%-ით.

1983-87 წლებში ЦНИХБИ-ის საქსოვი ლაბორატორიის თანამშრომლების მიერ შემუშავებული იყო რეკომენდაციები [49] ბამბის ნაგრები ქსელის ნართის ემულსირების შესახებ პრეპარატი რიცინოკსი K-9 გამოყენებით. დადგენილია, რომ ქსელის ნართის ემულსირება ხელს უწყობს წყვეტიანობის მნიშვნელოვან შემცირებას დაუმუშავებელ ნართთან შედარებით.



ნახ.1.6. ა)ემულსიის მოსამზადებელი დანადგარი; ბ) ემულსირების ტექნოლოგიური სქემა.

ნა.1.6-ზე ნაჩვენებია საემულსიო დანადგარი ლენტურ საქსელავი მანქანისათვის. ემულსიის რეზერვუარი ტევადობით 15-20 ლ მონტაჟდება საქსელავ დოლსა 1 და მიმართველ ლილვებს 2 შორის. ქსელის ძაფები გადმოიხვევიან რა საქსელავი დოლიდან, ეხებიან მაემულსირებულ ლილვაკს 4, რომელიც მოძრაობაში მოდის ელექტროამძრავიდან 2 რედუქტორის 1 და ვარსკვლავის 3 საშუალებით. შემდეგ ნართი მასზე დატანილი ემულსიით გადის მიმართველ ლილვებზე და ეხვევა საქსოვ ღერძზე 3.

ნართზე ემულსიის დასატანად ფირმა Bleuxe AG იყენებს სპეციალურ მოწყობილობას, რომელიც შეიძლება დამზადებული იქნას სასურველ ზომებში და დაყენებული იქნას ნებისმიერ მანქანაზე. მუშაობის დროს ქსელის ძაფები გადის ლილვაკზე; ძაფების მოძრაობის მიმართულება და ლილვაკის ბრუნვა ემთხვევა ერთმანეთს. წასაღები პრეპარატის რაოდენობა განისაზღვრება ლილვაკის სიჩქარით, ქსელის სიჩქარით, ხსნარის სიბლანტით. ფირმის აზრით, მუშაობისათვის კარგ კრიტერიუმებად შეიძლება მიჩნეული იქნას შემდეგი: ნივთიერება არ უნდა რჩებოდეს ლამელებზე, დგიმცმებზე, სავარცხელზე.

ემულსირებულ ქსელის ნართს გააჩნია მაღალი ფარდობითი ტენიანობა. ნართის მაღალი ტენიანობა, რიგი მკვლევარების დასკვნების თანახმად [94], იწვევს მის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მკვეთრ შეცვლას, კერძოდ გამგლეჯი წაგრძელებისა და გამგლეჯი დატვირთვის ზრდას.

ელემენტარული ბამბის ბოჭკო წარმოადგენს კაპილარულ მილს, რომელიც შედგება ცელულოზისაგან. ამასთანავე აუცილებელია გავითვალისწინოთ, რომ ბამბის ბოჭკოს, რომელიც ძირითადად შედგება ცელულოზისაგან, ბევრი საერთო აქვს სხვა მაღალპოლიმერულ შენაერთებთან როგორც აღნაგობით, ასევე თვისებებითაც. რაც უფრო სუფთაა ცელულოზის მასალა, მით უფრო ზუსტად შეესაბამება ის გლუკოზის ანგიდრიდის ელემენტარულ შემადგენლობას.

მაკრომოლეკულის ჯაჭვის ბოლო რგოლები ცოტაოდენ განსხვავდება შემადგენლობით დანარჩენებისგან. ერთი მათგანს - $C_6H_{11}O_6$ აქვს ალდეჰიდური ფორმა, სხვები შეიცავს ოთხ-ოთხ ჰიდროქსილურ ჯგუფს. ორი შემადგენლობით განსხვავებული კვანძების ფუნქციონალური ჯგუფების არსებობა ჯაჭვის ბოლოებში, პრაქტიკულად, არ გამოვლინდება ცელულოზის ქიმიურ თვისებებზე.



სადაც n – პოლიმერიზაციის კოეფიციენტი.

ცელულოზის ელემენტარული რგოლების პირველადი ჰიდროქსიდები უზრუნველყოფენ ბოჭკოვანი მასალების სორბციულ უნარს.

გამოკვლევებმა აჩვენა [30], ბამბის ბოჭკოს გააჩნია კაპილარების სუბმიკროსკოპული სისტემა, რომლის განივკვეთის დიამეტრი მერყეობს ზღვრებში 50-150 ვ, გარდა ამისა, ის უშვებს კრისტალთშორისი სივრცეების არსებობას და გაჯირჯვების დროს ბოჭკოს განივკვეთის წრფივი გაფართოების მიხედვით (სადაც 10%)-ის განსაზღვრავს საშუალო მანძილს კრისტალებს შორის, რომელიც დაახლოებით 10 ვ ტოლია. თუ ამ მონაცემებს დავუმატებთ ბალკოს მითითებებს იმის შესახებ, რომ საფეიქრო ბოჭკოები სულაც არ წარმოადგენენ ჰომოგენურ ნივთიერებებს და გააჩნიათ ზედაპირული ბზარების დიდი რაოდენობა, მაშ ცხადია, რომ ყველა ეს "დეფექტი" (ბზარები, კაპილარები, სიცარიელე) მცირე მექანიკური ზემოქმედებისას წარმოადგენს ყველაზე სუსტ ადგილებს.

აბსოლუტურად მშრალი ბამბის ბოჭკო მეტისმეტად მყიფეა, ამიტომ მათში ძაბვა ნაწილდება არათანაბრად. მხოლოდ ტენიან მდგომარეობაში ბოჭკო იძენს წაგრძელების უნარს გამჭიმავი ძალების მოქმედებით. მაშასადამე, მხოლოდ ტენიან ბოჭკოებში ჩნდება პირობები ძაბვის შესამცირებლად ბზარების ადგილებში. ბოჭკოში ადგილობრივი ძაბვის შემცირება, რომელიც მიიღწევა მისი ტენიანობის გაზრდისას, წარმოადგენს სიმტკიცის გაზრდის ძირითად მიზეზს.

ა. კანდელაკი [57] განიხილავს ცელულოზის ბოჭკოებში არსებულ ტენს, როგორც პლასტიფიკატორს. ამ თვალსაზრისით ცხადია, რომ ტენის მოცილება იწვევს წაგრძელების მნიშვნელოვან შემცირებას და ერთდროულად – სიმყიფის გაზრდას.

ნართის გამგლეჯი წაგრძელების სიდიდისა და მის წყვეტიანობას შორის არსებობს განსაზღვრული დამოკიდებულება, კერძოდ: რაც მეტია ნართის გამგლეჯი წაგრძელება, მით ნაკლებია მისი წყვეტიანობა. ნ.ნ. მილოვიდოვის მონაცემების მიხედვით, კორელაციის კოეფიციენტი საქსოვ დაზგაზე წვეტიანობასა და ქსელის ნართის გამგლეჯ წაგრძელებას შორის შეადგენს $\approx -0,720$ [66].

ბამბის ქსოვილის გამომუშავებისას, წყვეტიანობაზე გამგლეჯი წაგრძელების გავლენის კვლევამ აჩვენა, რომ გამგლეჯი წაგრძელების შემცირებამ 4,4-დან 3,3%-მდე გამოიწვია წყვეტიანობის გაზრდა შესაბამისად ნორმალური და გადიდებული დაჭიმულობისას 0,20-დან 0,39-მდე წყვ./მ და 1,31-დან 1,87-მდე წყვ./მ.

პ.ტ.ბუკაევის და ი.ა.დანგაძის გამოკვლევებით, დამყარებულია საკმაოდ მჭიდრო კავშირი ქსოვაში წყვეტიანობასა და გამგლეჯ წაგრძელებას შორის (კორელაციის კოეფიციენტი შეადგენს $=-0,96$). მათი აზრით, პნევმომექანიკური დართვის ნართის ერთ-ერთ უპირატესობას წარმოადგენს მაღალი გამგლეჯი წაგრძელება, რაც მაღალ ცვეთამედეგობასთან ერთად უზრუნველყოფს ქსოვაში მისი გადამუშავების უნარის გაუმჯობესებას [49].

მკვლევარებმა მ.ზ. მინკოვმა, ნ.დ. ადამოვიჩმა, ლ.ა. ლუნიშისმა და სხვა [83] გვაჩვენეს, რომ ნართის გამგლეჯი წაგრძელება წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს, რომელიც გავლენას ახდენს ნართის წყვეტიანობაზე. მათ მიერ მონინის, კამვოლის კომბინატში ნომინალური ხაზობრივი სიმკრევის 36 ტექსი-ის მქონე 53 პარტიის შალის ნართის დამუშავების დროს ჩატარებულმა დაკვირვებებმა წყვეტიანობის დონეზე, საშუალება მისცა მათ მიეღოთ ნართის წყვეტიანობასა და მის გამგლეჯ წაგრძელებას შორის კორელაციის განტოლება:

$$y=1,1452-0,0455x,$$

სადაც y – ნართის წყვეტათა რიცხვია 1 მ ქსოვილზე;

x - ნართის გამგლეჯი წაგრძელება, %.

გაანალიზეს რა მოცემული განტოლება, ავტორები აღნიშნავენ, რომ შალის ქსელის ნართის გამგლეჯი წაგრძელების გაზრდა 12 %-მდე საშუალებას იძლევა 14 % შემცირებული იქნას მისი წყვეტათა რაოდენობა ქსოვაში.

საფეიქრო მასალების ხახუნის მოვლენის მნიშვნელობა მათი დამუშავების და გამოყენების პროცესში ძალზედ დიდია. ხახუნის სიდიდე განსაზღვრავს ძაფების და სხვადასხვა საფეიქრო მასალების წარმოქმნის შესაძლებლობას ცალკეული ბოჭკოებიდან, ძაფ-ქსოვილებიდან და სხვა. ძაფის საქსოვი დაზგის მუშა ორგანოებზე ხახუნმა შეიძლება გამოიწვიოს მათი ნაადრევი ცვეთა, მანქანების მწარმოებლობის შემცირება, პროდუქციის ხარისხის გაუარესება [72, 73].

ხახუნი წარმოადგენს ძალას, რომელიც აერთებს ბოჭკოებს ნართში და გადახლართულ ძაფებს ქსოვილში ხახუნის მცირე სიდიდის დროს ნართის სიმტკიცე და ქსოვილის ზომების სტაბილურობა მცირდება. ამ თვალსაზრისით, ხახუნი წარმოადგენს სასარგებლო ფაქტორს. თუმცა, რიგ შემთხვევებში ხახუნი წარმოადგენს უარყოფით ფაქტორს. ასე მაგ.: ძაფის მიმმართველზე გავლისას, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ.1.7. საჭიროა ნართის დაჭიმვის გაზრდა ისეთი სიდიდით, რომელიც ხახუნის წინააღმდეგობის ტოლია. ელერის კანონის გამოყენებისას შეიძლება მიღებული იქნას ცნობილი თანაფარდობა:

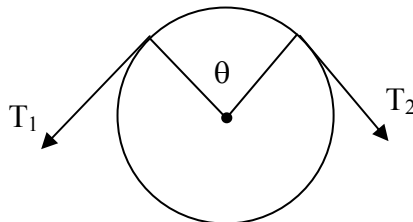
$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu(\theta)}$$

სადაც T_2 – წამყვანი შტოს დაჭიმვა;

T_1 -ამყოლი შტოს დაჭიმვა;

μ - ხახუნის კოეფიციენტი;

Q -შემოვლის კუთხე.



ნახ.1.7. ძაფის ძაფმიმმართველზე გავლის სქემა.

ძაფის რამოდენიმე ძაფმიმმართველებზე გავლისას შემოვლის კუთხე ტოლია კონტაქტის ყველა კუთხის ჯამისა. ამავე დროს, იმისათვის, რომ ნაკლები იყოს წყვეტიანობა და ძაფი არ განიცდიდეს მუდმივ დამაბულობას, საჭიროა უზრუნველვეყოთ ხახუნის მინიმალური წინააღმდეგობა [27].

ბოლო დროს მნიშვნელოვნად შეიცვალა ხახუნზე მუშაობის ზოგადი მიმართულება. პროფესორები ი.ვ. კრაგელსკი და ვ.ს. შედროვი აღნიშნავენ: "წარსულში მეცნიერება ხახუნის შესახებ ვითარდებოდა პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებული მოხახუნე წყვილებისათვის ხახუნის კოეფიციენტების რიცხვითი

მნიშვნელობების განსაზღვრის გზით. მეცნიერების თანამედროვე განვითარებისათვის დამახასიათებელია სხვა მიმართულება. დღესდღეობით ჩვენს ქვეყანაშიც და საზღვარგარეთელი მეცნიერების მთავარი ძალა მიმართულია იმ პროცესების გამოკვლევებზე, რომლებიც ახასიათებს მოხახუნე სხეულების ურთიერთმოქმედებას".

"ნორმალური წყვეტის", ანუ ისეთის რომლის დროსაც არ არსებობს მისი გამომწვევი ცხადი მიზეზები (კვანძი, ღერო, ღინლი და ა.შ.), წარმოქმნის მიზეზები დღემდე არის გაურკვეველი. ცნობილია, რომ დაზგაზე ქსელის ძაფის მაქსიმალური დაჭიმვა ორჯერ ნაკლებია, ქსელის ნართში ყველაზე სუსტი ადგილების სიმტკიცეზე ე.ი. გაწყვეტის ძირითად მიზეზს, როგორც ჩანს, წარმოადგენს მცვეთი ძალების ზემოქმედება საქსოვ დაზგაზე ქსელის ნართის გადამუშავების პროცესში.

არსებობს სხვადასხვა მოსაზრება ქსოვაში ქსელის ცვეთის პროცესის შეფასების შესახებ. ზოგიერთი თვლის, რომ ის გამოწვეულია ძაფების ერთმანეთთან ხახუნისას, ზოგი ძაფების საქსოვი დაზგის დეტალებზე ხახუნისას. სხვები კი ორივე ფაქტორს მიიჩნევენ ტოლმნიშვნელოვნად.

საქსოვ დაზგაზე ნართში სუსტი ადგილების რეალური ცვეთა იწყება ძაფმიმართველებში. ზონაში დგომი – სავარცხელი, ნართის ცვეთის ინტენსიობა მკვეთრად ძლიერდება, რის შედეგადაც მცირდება ნართის ცვეთისადმი სიმტკიცე და როგორც შედეგი, გაგლეჯვისადმი სიმტკიცე.

ვ. კირიუხინმა [66] გამოიკვლია საქსოვ დაზგაზე – ქსელის ძაფების ცვეთის პროცესი. ამ გამოკვლევის საფუძველზე ავტორი მივიდა შემდეგ დასკვნამდე: საფეიქრო ძაფების ცვეთის პროცესი წარმოადგენს რთულ მოვლენას და უშუალოდ არის დაკავშირებული ხახუნის ხასიათთან, ნართის წყვეტიანობა არ გამოირიცხება, როგორც არ მოისპობა ძაფის ხახუნი საქსოვ დაზგაზე, თუმცა წყვეტიანობის შემცირების მიღწევა შესაძლებელია როგორც ხახუნის შემცირების ხარჯზე, ასევე ქსოვის პროცესის დასაბუთებული ნორმალიზაციით.

საქსოვ დაზგაზე ნართის თვისებების შეცვლის შესწავლისას, მკვლევარების გ.ი. კუკინის და გ.კ.პოსტინოვას მიერ [73] გამოტანილი იქნა დასკვნა, რომ საქსოვ დაზგაზე წყვეტიანობის შესამცირებლად საჭიროა, პირველ რიგში, გავზარდოთ ნართის გამძლეობა მრავალჯერადი დაჭიმვისადმი და მისი წინააღმდეგობა მცვეთიანობის ზემოქმედებისადმი.

ავტორები აღნიშნავენ, რომ ცვეთის პროცესში ნართის ხისტ მიმმართველებთან კონტაქტისას, თავდაპირველად ხდება ამოგლეჯა, გამოცვენა, ცალკეული ბოჭკოების მოწყვეტა, შემდეგ შეიმჩნევა ცალკეული ბოჭკოების ნართისაგან განცალკევება და მის ზედაპირზე ნათალების და სხვა ცვეთის კვალის წარმოქმნა.

1974 წლის სექტემბერში ბუდაპეშტში ჩატარებულ II სიმპოზიუმზე ი.ი.ვინცენტის და კ.დ. გონდუიას მოხსენებაში საქსოვ დაზგებზე ქსელის ძაფის წყვეტიანობის ძირითად მიზეზებად დასახელებული იყო: არანორმალური ძაბვა, რომელიც წარმოიქმნება კვანძებით და გამსხვილებული ადგილებით ნართში; მათი ზემოქმედებით მეზობელ ძაფებთან.

გერმანელი მეცნიერების აზრით [11, 114, 115, 116], დღეს არსებული წარმოების რენტაბელობის ზრდის ტენდენციის განვითარება მანქანების მწარმოებლობის გაზრდის გზით, იწვევს საფეიქრო მასალებში მექანიკური დატვირთვების ზრდას; ეს კი, თავის მხრივ, იწვევს მასალების დანაკარგების და დაზიანების ზრდას, დანადგარების მკვ შემცირებას. მასალებზე დატვირთვების შემცირება შეიძლება განხორციელდეს დაზგა-დანადგარების კონსტრუქციული ცვლილებების შედეგად, მაგრამ ხშირად ტექნოლოგიურად, ხახუნის შემცირების გზით. ხახუნის ძალა მცირდება შემზეთი მასალების გამოყენების მეშვეობით. ამავე დროს, ხახუნის შემცირება დამოკიდებულია შემზეთი მასალების სახეზე და ეფექტურ რაოდენობაზე.

თავი 2. მეთოდური ნაწილი

2.1. კვლევის ობიექტებისა და დამხმარე მასალების მოკლე დახასიათება

კვლევები ტარდებოდა აცეტატურ (ГОСТ 22501-85) ძაფზე, ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი, რომლის ემულსირებისათვის ვიყენებდით საქართველოს ნავთობებიდან მიღებული ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის ფრაქციას (ГОСТ 982-68) და დისტილირებულ წყალს ГОСТ 6055-51.

ლიტერატურული წყაროების ანალიზი ნავთობის ნამუშევარი ზეთების გამოყენების სფეროში გვიჩვენებს, რომ აღნიშნული მეორადი ნედლეულის გადამუშავების გეოგრაფია საკმაოდ ვრცელია იგი განხორციელებულია არა მარტო მსხვილ სამრეწველო, არამედ განვითარებადი ქვეყნების მასშტაბითაც.

ნავთობის ბაზაზე მიღებული ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები მოყვანილია ცხრილში 2.1 [78].

ცხრილი 2.1

საკვლევი მეორადი ზეთის ტექნიკური მაჩვენებლები [78]

№	ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების დასახელება	ტრანსფორმატორის ზეთი	
		პირველადი	მეორადი
1	კინემატიკური სიბლანტე სსტ 50°C	-	7,25
	20°C	30	23,64
2	აალების ტემპერატურა, °C	0,05	0,37
3	ძგიფვის ტემპერატურა, °C	145	113
4	სიმკვრივე, გ/მ ³	-45	-40
5	ჯგუფური ნახშირწყალბადოვანი	0,918	0,955
	შედგენილობა:		
	პარაფინული	17,5	14,3
	ნაფთენური	54,6	58,2
	არომატული	26,6	19,0
6	გარდატეხის მაჩვენებელი, mm ²⁰	1,4950	1,5490
7	ფისოვანი ნივთიერებები, მას. %	1,3	3,5

აცეტატური ძაფების კვლევა წარმართებოდა რუსეთის ძირითადი სახელმწიფო სტანდარტების კვალობაზე, რადგანაც ამ უკანასკნელებს ფუნდამენტალური ცვლილებები ბოლო პერიოდში არ განუცდიათ და დღესაც ძალაშია (ГОСТ 22501-85). აცეტატური ძაფის ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები მოყვანილია ცხრილში 2.2 [100].

ცხრილი 2.2.

აცეტატური ძაფების ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები [100]

მაჩვენებლების დასახელება	ერთ მეტრზე გრეხვათა რიცხვი
	გრ/მ
	136 ±10
ძაფის ხაზობრივი სიმკვრივე, ტექსი	11,1
ელემენტარული ძაფების რაოდენობა	26

გამგლეჯი დატვირთვა, სნ	124
გამგლეჯი წაგრძელება, %	23,9
გრეხვა, გრ/მ	137
გაჭიმვის მოდელი, 3%-იანი გაჭიმვის დროს, ნ/მმ ²	2840
მაფის ელასტიური თვისებები	
4 %-იანი გაჭიმვის დროს	37,5
10 %-იანი გაჭიმვის დროს	18,0
ცვეთამედევობა, ციკლების რაოდენობა	680
მაფების უთანაბრობა, %	
ხაზობრივ სიმკვრივეზე	0,5
გამგლეჯ წაგრძელებაზე	2,3
მუშაობა გაგლეჯაზე, სნ.მმ	12 000

ემულსირების პროცესში ფართოდ მოიხმარება დისტილირებული წყალი, რომლის სისუფთავის ხარისხი არსებით როლს თამაშობს აცეტატური ძაფების გაკეთილშობილების საქმეში. ზოგიერთი ძირითადი პარამეტრი, რომლებიც ახასიათებენ წყლის, როგორც ემულსიის ძირითადი ფაზის მაჩვენებლებს, მოცემულია ცხრილში 2.3 [80].

ცხრილი 2.3

დისტილირებული წყლის ძირითადი ნორმატიული პარამეტრები [80]

ფიზიკური და თერმოდინამიკური მაჩვენებლები	ნორმა
დუღილის ტემპერატურა, °C	100
გაყინვის ტემპერატურა, °C	0
სიმკვრივე, ρ _{4²⁰}	1,0
დიელექტრული შეღწევადობა 25°C –ზე	78,3
მაგნიტური მგრძნობელობა 25°C –ზე	-12,985·10 ⁻⁶
მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი, °C ⁻¹ (20°C)	2·10 ⁻⁴
კრიტიკური ტემპერატურა, t _{კრიტ} °C	374,15
კრიტიკული წნევა, კრიტ. P _{კრიტ} МПа	22,06
კრიტიკული სიმკვრივე, d _{კრიტ} გ/სმ ³	0,322
ლღობის ენტალპია, ΔH ⁰ კჯ/მოლი	5,99
თბოგამტარობა, 273 K MBт/(мK)	561
298 K	598
318 K	605
ქლორის შემცველობა	645
	არა
ზედაპირული დაჭიმულობა, σ ნიუტონი/მ	72,74

დისტილირებული წყლის კონდიციას ენიჭება განსაკუთრებული მნიშვნელობა მდგრადი ემულსიების მოსამზადებლად, აგრეთვე მეორადი ტრანსფორმატორის ზეთების მჟავური რიცხვის განეიტრალებისათვის.

2.2. ექსპერიმენტის წარმართვის მეთოდოლოგია

თანამედროვე ეტაპზე დამუშავებულია ქიმიური ბოჭკოების შემცველი სინთეზური და ხელოვნური ძაფების კონტროლის მრავალი მეთოდი. მრავალფეროვანია აგრეთვე მინერალური ზეთების კონდიციის განმსაზღვრელი მეთოდებიც, თუმცა კვლევის პროცესში გამოყენებული იქნა მხოლოდ ის მაკონტროლებელი ხელსაწყოები და თეორიული კვლევის შესაძლებლობები, რომელთა ცდომილების დიაპაზონი მინიმალურია.

საკვლევი ნიმუშებისა და რეგენერაციის შედეგად მიღებული ზეთების სიმკვრივე განისაზღვრა FOCT 3900-85 და FOCT 1300-57 მიხედვით, შემზეთ მასალებში ტენის ან წყლის რაოდენობა – დანისა და სტარკის მეთოდით [45], კინემატიკური სიბლანტე და სიბლანტის კოეფიციენტები სახელმწიფო სტანდარტების FOCT 2537082–ის მიხედვით, ძგიფის ტემპერატურა შესაბამისად FOCT 2087-74 საფუძველზე, ხოლო აალების (აფეთქების) ტემპერატურის განსაზღვრა წარმოებდა ღია ტიგელის წესით [46]. სინჯების მჟავური რიცხვის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო სტანდარტული მეთოდი [18], კვლევის შეზღუდული შესაძლებლობის პირობებში, სამამულო ხელსაწყოების გარდა, გამოიყენებოდა საზღვარგარეთული ფირმების აპარატურაც [10].

მინერალური ზეთების სინჯებში ჯგუფური ნახშირწყალბადოვანი შედგენილობის განსაზღვრა წარმოებდა ადსორბციული მეთოდით სილიკაგელზე, რომელიც დამუშავებულია რუსეთის ნავთობისა და ორგანული ნახევარპროდუქტების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიერ [18].

ძაფის ემულსირება წარმოებდა, როგორც ტრადიციული, ასევე ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ავტოკლავურ მეთოდით სამუშაო რეჟიმში: $t=45-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ $p=0,12-0,16$ ატ, შეზეთვის ხანგრძლივობა $t=10-15$ წთ. ქვემოთ ნაჩვენებია ლაბორატორიული ავტოკლავის ჭრილი (ნახ.2.2).

ნართის სორბციული თვისებები განისაზღვრა ცნობილი მეთოდის [86]

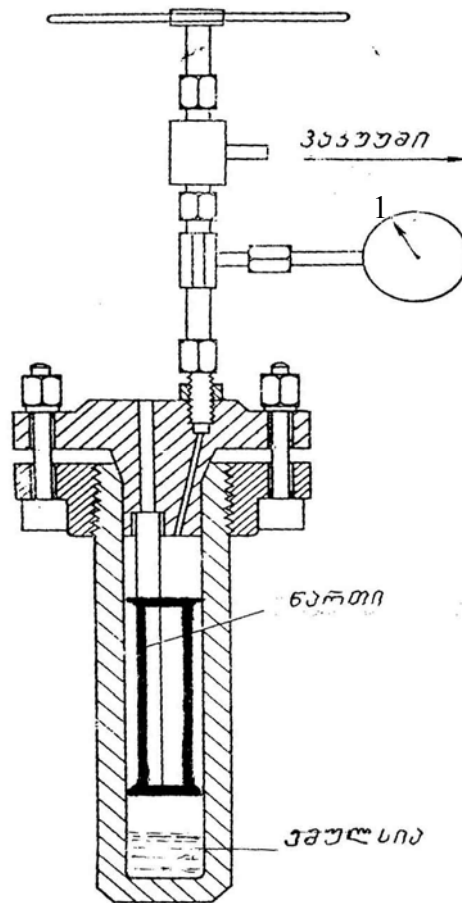
საფუძველზე ფორმულით:

$$W_s = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \cdot 100\%$$

სადაც q_1 – სველი ნიმუშის წონა;

q_2 – აბსოლუტურად მშრალი ნიმუშის წონა.

აღნიშნულ შემთხვევებისათვის გამოყენებული იყო დაბალი და მაღალი წნევის ფორომეტრია.



ნახ.2.2. ავტოკლავი ძაფის ემულსირებისათვის.

1- მანომეტრი; 2-თერმოწყვილი; 3- ნართი.

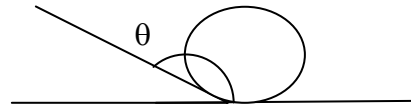
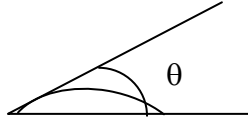
ბოჭკოს ადჰეზიის უნარი განისაზღვრებოდა ძვრადობით, რისთვისაც იყენებენ იუნგის განტოლებას

$$W_s = \sigma(1+\theta)$$

სადაც W_s – ადჰეზიის მუშაობა, ნიუტონი/მეტრი

σ - მინერალური ზეთის ან ემულსიის ზედაპირული დაჭიმულობა, ნიუტონი/მეტრი;

θ - დასველების კუთხე, რომელიც წარმოადგენს წვეთის მიმართ მხეზსა და მყარ ზედაპირს (ბოჭკოს) შორის მოთავსებულ კუთხეს.



დასველების კუთხე განისაზღვრებოდა X13 ხელსაწყო საშუალებით.

ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთების ემულსირებისათვის მოსამზადებლად წინასწარ ტარდება გასაპვნის რეაქცია ნატრიუმის ტუტით, რათა მასალის pH ახლოს იყოს ნეიტრალურთან, წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი აქვს ნართის ქიმიურ რღვევას, რომელიც თავის მხრივ მრავალ ფაქტორს უკავშირდება: ძალური მჟავური რეაქციის დროს ძაფი იხსნება მასში, ხოლო ტუტე რეაქციის პირობებში კი ადგილი აქვს აცეტილის ჯგუფის რღვევას.

მინერალური ზეთების შესაპვნა ნატრიუმის ტუტით ტარდება სპეციალური მეთოდის საფუძველზე [47].

აცეტატური ბოჭკოს გაჯირჯვების უნარი განისაზღვრება მისი ხარისხით, რომელიც გამოიხატება ბოჭკოს მიერ შთანთქმული სითხის მასის ან მოცულობის ერთეულზე:

$$a = \frac{m - m_0}{m_0} \text{ ან } a = \frac{V - V_0}{V_0}$$

სადაც m_0 – საწყისი ბოჭკოს წონაა, გ;

m - გაჯირჯვებული ბოჭკოს წონაა, გ;

V_0 - საწყისი ბოჭკოს მასა, მლ;

V - გაჯირჯვებული ბოჭკოს მასაა, მლ.

ბუნებრივია, რომ V გაჯირჯვების ხარისხი განისაზღვრება შეზღუდულად გაჯირჯვებული ბოჭკოებისათვის და დროში მისი ცვლილებით $a=f(t)$, მსჯელობენ გაჯირჯვების პროცესის კინეტიკაზე.

საკონტროლო კვლევების დროს განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობოდა ექსპერიმენტების სწორად წარმართვის ორგანიზაციას სახელმწიფო სტანდარტის

ГОСТ 12.4.113-82-ის მიხედვით. ამ უკანასკნელში იგულისხმება მავნე და საშიში ფაქტორების სრული უვნებელოფა, როგორებიცაა მომწამლავი და ფეთქებადი აირები. მაღალი ტემპერატურები, ხმაური, არასაკმარისი განათებულობა და სხვა.

სამუშაო ზონებში მიკროკლიმატის უზრუნველყოფა. აგრეთვე ტოქსიკური ნივთიერებების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები დაცული იყო სახელმწიფო სტანდარტის ГОСТ 12.1.005-78-ის მიხედვით, უსაფრთხოების ტექნიკის წესები სახელმწიფო სტანდარტის ГОСТ 12.2.003-74-ის, ხოლო ერგონომიკური მოთხოვნები კი ГОСТ 12.02.049-80-ის შესაბამისად.

საკვლევი აპარატურისა და ცალკეული მოწყობილობების (ავტოკლავი, ვიბრომაგიდა, ელექტრო და ვაკუუმტუმბოები, გამახურებლები და სხვა) სამუშაო რეჟიმში ჩართვა ხორციელდებოდა სახ. სტანდარტის ГОСТ 12.4.026 -78-ის მოთხოვნებით, ხოლო მათი უსაფრთხოება გარანტირებული იყო სტანდარტით ГОСТ 12.2.032-78 და ГОСТ 12.2.033-78-ის ნორმატივებით.

ნიმუშის გამოცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობების დამუშავება ხორციელდებოდა საფეიქრო მასალათმცოდნეობაში მიღებული სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით.

მიღებულ მნიშვნელობებს შორის სხვაობის არსებითობა განსაზღვრული იქნა სტიუდენტის კრიტერიუმით "t".

$$t = \frac{|X_1 - X_2|}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \sqrt{n} \quad (2.1)$$

სადაც X_1 და X_2 ორი შესადარებელი სიდიდის აბსოლუტური საშუალო მნიშვნელობაა;

S_1^2 და S_2^2 – მათი დისპერსიები;

n - ნიმუშის გამოცდათა რაოდენობა.

სხვაობა არსებითია, თუ $t_{\text{საან}} > t_{\text{ცბრ}}$. ჩვენს შემთხვევაში $t_{\text{ცბრ}}=2$ ($\alpha=0,95$; $n=100$).

აცეტატური ძაფების, ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი, გამგლეჯი დატვირთვა და გამგლეჯი წაგრძელება განსაზღვრული იქნა გამგლეჯ მანქანაზე (დინამომეტრზე) PM-3 ГОСТ 6611.3-73 თანახმად.

ნიმუშის გამოცდის პირობები:

ნიმუშის სიგრძე, მმ- 500;

წინასწარი დატვირთვა, სნ - 15;

ნიმუშის გამოცდათა რიცხვი (თითოეულ შემთხვევაში) – 100;

აცეტატური ძაფების ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი, მუშაობა გაგლეჯვაზე განსაზღვრული იქნა დინამომეტრზე “Z-T”.

მუშაობა გაგლეჯვაზე $R_{გაგ}$ – ეს არის მუშაობა, რომელსაც ასრულებს ნიმუშის შიგა ძალების გამოცდის დროს და გვიჩვენებს, რა რაოდენობის ენერგია იხარჯება, სტრუქტურულ ნაწილაკებს შორის კავშირის დასარღვევად, მისი დაშლის დროს.

მუშაობა გაგლეჯვაზე – სიდიდე შეიძლება განსაზღვრული იქნას როგორც ფართობი, რომელიც დიაგრამაზე “აბსოლუტური წაგრძელება-დატვირთვა” (ℓ , P) შემოსაზღვრულია მრუდით:

$$R_{გაგ} = \eta \cdot P_{გაგ} \cdot \ell_{გაგ} \quad (2.2)$$

სადაც $P_{გაგ}$, $\ell_{გაგ}$ – შესაბამისად ძაფის გამგლეჯი დატვირთვა და წაგრძელება;

η - შემჭიდროვების კოეფიციენტია გაგლეჯვის დიაგრამაზე, რომელიც განისაზღვრება როგორც ფარდობა ფაქტიურად შესრულებულ მუშაობასა და პირობით მუშაობას შორის.

პირობითი მუშაობა გაგლეჯვაზე – ის მუშაობაა, რომელიც იქნებოდა შესრულებული ნიმუშის გამოცდის მთელი დროის განმავლობაში, თუ ნიმუშზე იმოქმედებდა ძალა ტოლი გამგლეჯი დატვირთვის.

აცეტატური ძაფების, ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი გამძლეობა ცვეთაზე (ცვეთამდეგობა) განსაზღვრული იქნა ხელსაწყოზე – სადაც მცვეთავად გამოიყენება ლითონის თვლები.

ნიმუშის გამოცდის პირობები;

მცვეთი ციკლების სიხშირე, ციკლი/წთ – 700;

სტატისტიკური დატვირთვა, სნ – 30;

სვლის სიგრძე, მმ – 40

ნიმუშის გამოცდის რიცხვი (თითოეულ შემთხვევისათვის) – 100.

ნიმუშის გამოცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობების დამუშავება.

ნიმუშის გამოცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობების დამუშავება მოხდა კვანტილურ მეთოდის გამოყენებით [69].

ძაფების ცვეთის შედეგად მიღებული მნიშვნელობები დალაგებული იქნა ზრდადობის მიხედვით (რანჟირება) და დაყოფილი 10 ტოლ ნაწილად (დეცილებად),

თითო ნაწილში 10 მნიშვნელობით. ამის შემდეგ განსაზღვრული იქნა პირველი დეცილის (D_1), მეხუთე დეცილის (D_5) და მეცხრე დეცილის (D_9) მნიშვნელობები

$$D_1 = \frac{n_{10} + n_{11}}{2}, \quad (2.3)$$

$$D_5 = \frac{n_{50} + n_{51}}{2}, \quad (2.4)$$

$$D_9 = \frac{n_{90} + n_{91}}{2} \quad (2.5)$$

სადაც n_{10} , n_{11} , n_{50} , n_{51} , n_{90} , n_{91} – აცეტატური ძაფის ცვეთის მაჩვენებლებია, რომელთაც რანჟირებულ რიგში უკავიათ შესაბამისად 10,11, 50, 51, 90, 91 ადგილი.

აცეტატური ძაფების ცვეთის საშუალო მაჩვენებლად აღებული იქნა მე-5 დეცილი (D_5) მედიანა. უთანაბრობის მაჩვენებლად გამოყენებული იქნა სიდიდე:

$$H = \frac{D_9 + D_1}{D_5}$$

უთანაბრობის სიდიდის რიცხვითი მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს ხუთს.

აცეტატური ძაფების ხახუნის კოეფიციენტი განსაზღვრული იქნა ხელსაწყოზე F-Meter (ფირმა როტმილდი, შვეიცარია).

ხელსაწყო საზღვრავს ძაფის დაჭიმულობას ცილინდრულ ზედაპირზე შემოხვევამდე და შემოხვევის შემდეგ, ამავე დროს ავტომატურად გამოითვლება ფორმულა:

$$f = \frac{1}{\alpha} (\ln t_1 + \ln t_2), \quad (2.6)$$

სადაც f – ხახუნის კოეფიციენტია;

α - ძაფის ცილინდრულ ზედაპირზე გარშემოწერილობის კუთხეა, გრადუსებში;

t_1 - ძაფის დაჭიმულობა ხახუნის შემდეგ;

t_2 - ძაფის დაჭიმულობა ხახუნამდე.

განტოლების ამოხსნა ხდება ანალოგიური გამომთვლელი მანქანით, რომელიც ჩამონტაჟებულია ხელსაწყოში.

ნიმუშის გამოცდის პირობები:

გარშემოწერილობის კუთხე, გრად – 360;

შემავალი დაჭიმულობა, სნ - 10;

გამომავალი დაჭიმულობა, სნ – 40-50;

აცეტატური ძაფების, ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ელასტიურობა განსაზღვრული იქნა რელაქსომეტრზე PM-5. გამოცდის პირობები:

ძაფის ჩამჭერი სიგრძე, მმ- 500;

საწყისი დაჭიმულობის სიდიდე, სნ – 10;

სტატიკური დაჭიმულობა, სნ – 40.

ძაფები მდორედ იტვირთებოდნენ 3-4 წმ-ის განმავლობაში, დატვირთვის ქვეშ იმყოფებოდა 120 წთ-ის განმავლობაში და დატვირთვის მოხსნის შემდეგ – 90 წთ.

შედეგების დამუშავება

აცეტატური ძაფების სწრაფშებრუნებადი აბსოლუტური წაგრძელება ($l_{სშ}$) მილიმეტრებში გამოთვლილი იქნა ფორმულით:

$$l_{სშ}=Z_1 - Z_2 \text{ (დრეკადი მდგენელი)} \quad (2.7)$$

სადაც Z_1 - ძაფის სიგრძის საშუალო არითმეტიკული მაჩვენებელია 120წთ-იანი გამჭიმვი ძალების მოქმედების შემდეგ.

Z_2 - ძაფის სიგრძის საშუალო არითმეტიკული მაჩვენებელია დატვირთვის მოხსნიდან 3-4 წმ-ის შემდეგ.

აცეტატური ძაფის ნელაღმდგენი აბსოლუტური წაგრძელება ($l_{ნ.ა}$) მილიმეტრებში გამოთვლილი იქნა ფორმულით:

$$l_{ნ.ა}=Z_2 - Z_3 \text{ (ელასტიური მდგენელი)} \quad (2.8)$$

სადაც Z_3 - აცეტატური ძაფის სიგრძის საშუალო არითმეტიკული მაჩვენებელია დატვირთვის მოხსნიდან 90 წთ-ის შემდეგ.

ძაფის ნარჩენი აბსოლუტური წაგრძელება ($l_{ნარჩ}$) მილიმეტრებში გამოთვლილი იქნა ფორმულით:

$$l_{ნარჩ}=Z_3 - Z_0 \text{ (პლასტიკური მდგენელი)} \quad (2.9)$$

სადაც Z_0 – ძაფის საწყისი სიგრძეა.

ძაფის აბსოლუტური სრული წაგრძელება (l) მილიმეტრებში გამოითვლება ფორმულით:

$$l = l_{ნარჩ} + l_{ნ.ა} + l_{სშ} = Z_1 - Z_0 \quad (2.10)$$

ძაფის სწრაფაღმდგენი წაგრძელების წილი სრულ წაგრძელებაში განსაზღვრული იქნა ფორმულით:

$$\Delta_{\text{ს.ა.}} = \frac{\ell_{\text{ს.ა.}}}{\ell} \quad (2.11)$$

მაფის ნელალმდგენი წაგრძელების წილი სრულ წაგრძელებაში განსაზღვრული იქნა ფორმულით:

$$\Delta_{\text{ნ.ა.}} = \frac{\ell_{\text{ნ.ა.}}}{\ell} \quad (2.12)$$

მაფის ნარჩენი წაგრძელების წილი სრულ წაგრძელებაში განსაზღვრული იქნა ფორმულით:

$$\Delta_{\text{ნარჩ.}} = \frac{\ell_{\text{ნარჩ.}}}{\ell} \quad (2.13)$$

ჯამი $\Delta_{\text{ს.ა.}} + \Delta_{\text{ნ.ა.}} + \Delta_{\text{ნარჩ.}}$ შეადგინა 1.

ფარდობითი სწრაფალმდგენი წაგრძელება ($E_{\text{ს.ა.}}$) პროცენტებში გამოთვლილი იქნა ფორმულით:

$$E_{\text{ს.ა.}} = \frac{\ell_{\text{ს.ა.}}}{Z_0} \cdot 100(\%) \quad (2.14)$$

ფარდობითი ნელალმდგენი წაგრძელება ($E_{\text{ნ.ა.}}$) პროცენტებში გამოთვლილი იქნა ფორმულით:

$$E_{\text{ნ.ა.}} = \frac{\ell_{\text{ნ.ა.}}}{Z_0} \cdot 100(\%) \quad (2.15)$$

ფარდობითი სრული წაგრძელება ($E_{\text{სრ.}}$) პროცენტებში გამოთვლილი იქნა ფორმულით:

$$E_{\text{სრ.}} = E_{\text{ს.ა.}} + E_{\text{ნ.ა.}} + E_{\text{ნარჩ.}} \quad (2.16)$$

აქედან

$$E_{\text{სრ.}} = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_0} \cdot 100 \quad (2.17)$$

ელექტრონული მიკროსკოპის (PЭM) “სტერეოსკანის” საშუალებით მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში შესწავლილი იქნა აცეტატური ქსელის ძაფების, ხაზობრივი სიმკვრივივით 11,1 ტექსი ზედაპირის მიკროსტრუქტურა, ემულსირებამდე და ემულსირების შემდეგ.

თავი 3. ექსპერიმენტალური ნაწილი

3.1. მდგრადი ემულსიების ფორმირება ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის და წყლის ურთიერთდისპერგირებით

საფეიქრო მრეწველობისათვის ესოდენ მნიშვნელოვანი და აუცილებელი დამხმარე კომპონენტის – შემზეთი ემულსიის მიღებას ყოველთვის წინ უძღვის ტრადიციული და საყოველთაოდ აღიარებული თეორიული ანალიზი, რომელიც გულისხმობს აღნიშნული კოლოიდური სისტემის ბუნებას, მისი მდგრადობისა და სტაბილიზაციის საფუძვლების შესწავლას.

ემულსიის მიღება შეიძლება ერთი სითხის ორთქლის კონდენსაციით მეორე სითხის არეში ან ერთმანეთში შეურევადი სითხეების ურთიერთდისპერგირებით. მათგან მეტი გავრცელება უკანასკნელმა მეთოდმა ჰპოვა [57]. სითხეთა ურთიერთდისპერგირება მიიღწევა ურთიერთმასური გაფრქვევით, მაღალი სიხშირის ვიბრირებით, ან ულტრაბგერის მეთოდით [58].

ემულსიის წარმომქმნელი ორი სითხიდან ერთ-ერთი სითხე წყალია, მეორე სითხე წყალში უხსნადი ნებისმიერი ორგანული ნივთიერება: ზეთი, ბენზოლი, ნავთი და სხვა. ზეთი შეიძლება წვეთების სახით განაწილდეს წყლის არეში და პირიქით “წყალი-ზეთის” არეში. პირველმა - "ზეთი-წყალში" (პირდაპირი), ხოლო მეორემ "წყალი-ზეთში" (შებრუნებული) ტიპის ემულსიების სახელწოდება მიიღო. პირობების შეცვლით "ზეთი-წყალში" ტიპის ემულსიები შეიძლება გადავიდეს "წყალი-ზეთში" ტიპის ემულსიებში. ეს მოვლენა ემულსიებისათვის დამახასიათებელია და მას ემულსიის ფაზის მიმოქცევა ეწოდება.

დისპერსიული ფაზისა და არის რაოდენობრივი თანაფარდობის მიხედვით არჩევენ განზავებულ და კონცენტრირებულ ემულსიებს. განზავებულ ემულსიებში დისპერსიული ფაზის მოცულობითი რაოდენობა 0,01-0,1%-მდე იცვლება, ამიტომ ამგვარ ემულსიებში ემულსირებული სითხის წვეთების ერთმანეთთან შეხვედრის ალბათობა მცირეა და მიღებული ემულსიაც საკმაოდ მდგრადია. მაშინაც კი, როცა ფაზათა შეხების ზედაპირზე არსებული ზედაპირული დაჭიმულობა – მნიშვნელოვნად მაღალია, როგორც ჩანს, განზავებული ემულსიების მდგრადობის ფაქტორად გვევლინება ზეთისა და წყლის შეხების ზედაპირზე წარმოქმნილი საკმაოდ სქელი ორმაგი ელექტრული დიფუზიური შრე.

კონცენტრირებული ემულსიები, რომლებშიც დისპერსიული ფაზის რაოდენობა 99%-მდე აღწევს უმდგრადი სისტემებია და ადვილად იშლებიან. მათ მისაღებად აუცილებელია შემხები ფაზების ზედაპირზე ზედაპირული დაჭიმულობის ნულამდე შემცირება, რაც შემდეგ შემთხვევაში მიიღწევა: ა) ერთმანეთში უხსნადი სითხეების

ნარევი (მაგ. “ანილინი-წყალი”, იზომილის “სპირტი-წყალი”) დუდილის კრიტიკული ტემპერატურის პირობებში იძლევა მაღალდისპერსიულ ემულსიებს, რომლებიც დ.პ. კონოვალოვის მიხედვით "კრიტიკული" ემულსიების სახელწოდებითაა ცნობილი. ეს ემულსიები დიოფილურ კოლოიდურ სისტემებს მიეკუთვნება და თერმოდინამიკურად მდგრადი წონასწორული სისტემებია; ბ) ემულსიის წარმომქმნელ სითხეთა ნარევეზე ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების დიდი რაოდენობით დამატებისას გამყოფ ფაზათა ზედაპირზე ხდება ზედაპირული დაჭიმულობის შემცირება 0,1-0,01 ერგი /სმ²-მდე. ამგვარი სისტემების ტიპური მაგალითია “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსიები, რომლებიც 40%-მდე ნატრიუმის ოლიატს შეიცავენ.

დიოფილურიდან განსხვავებით, დიოფობური ემულსიები თერმოდინამიკურად უმდგრადი სისტემებია. მათი მდგრადობის ხარისხის გამზრდელ ნივთიერებებს ემულგატორები ან სტაბილიზატორები ეწოდებათ. ემულგატორებს მიეკუთვნება ბუნებრივი ან ხელოვნურად მიღებული მაღალმოლეკულური ნაერთები: ცილები, უმაღლესი რიგის ცხიმოვანი მჟავები და მათი მარილები, გოგირდისა და რიცინოლის მჟავებისაგან წარმოებული ეთერები, მეოთხეული ამონიუმის მარილების წარმოებული ცეტილდიმეთილბენზილქლორიდი და უხსნადი ჟანგეულების, მარილები ან თიხების სახით - მყარი ემულგატორები.

ემულსიების სტაბილიზაცია დამოკიდებულია, როგორც ემულგატორების ბუნებაზე (მოლეკულის შემცველი ფუნქციონალური ჯგეფები, მათი ჯაჭვის სიგრძე), აგრეთვე აღებულ სითხეთა ნარევიდან ერთ-ერთი სითხით მყარი ფაზის შესველების უნარიანობაზე. ყველა შემთხვევაში ნივთიერების დამამულგირებელ თვისებად მიღებულია დისპერსიული ფაზის ის მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც მოცემული ცდის პირობებში დისპერგირდება მიღებული ემულსიის მოცულობაში. დაემულგირების უნარი გამოისახება დისპერსიული ფაზის მოცულობით %-ით:

$$\frac{V_{\text{დისპ.ფ.}}}{V_{\text{დისპ.ფ.}} + V_{\text{დისპ.ა.}}} \cdot 100\%$$

ან ემულსიის ჯერადობით $\frac{V_{\text{დისპ.ფ.}}}{V_{\text{დისპ.ა.}}} = \text{ემულსიის ჯერადობას}$

სადაც $V_{\text{დისპ.ფ.}}$ – დისპერსიული ფაზის მოცულობა;

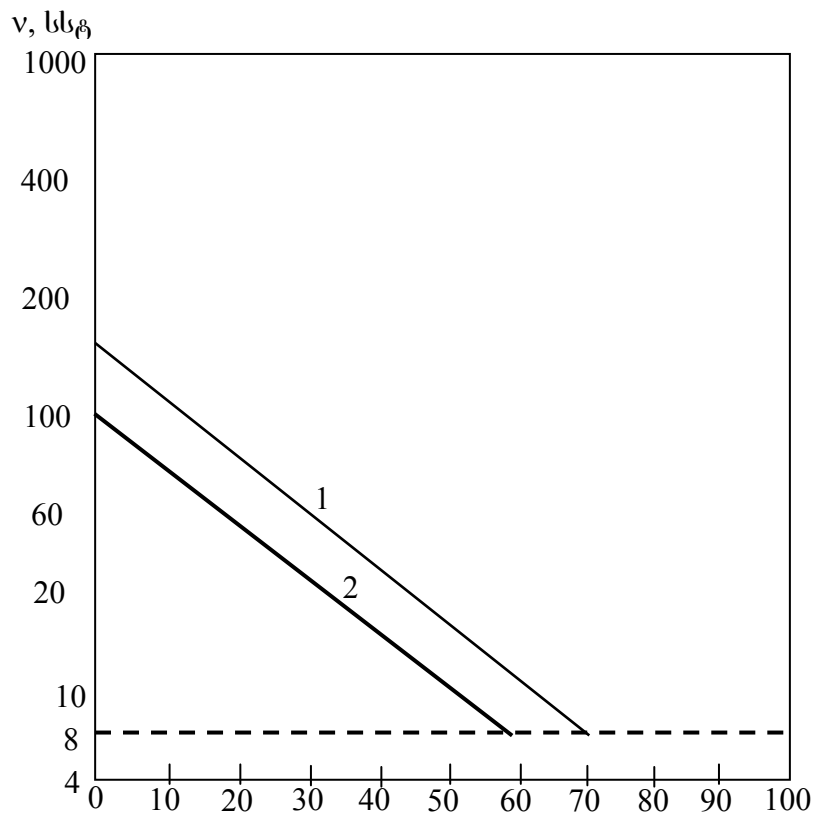
V_{დისპ.ა.} - დისპერსიული არის მოცულობა.

საქართველოს ნავთობის საფუძველზე მდგრადი ემულსიების მიღების ტექნოლოგიის დამუშავება და შესწავლა მათი სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში გამოყენების მიზნით ქუთაისის ნ. მუსხელიშვილის სახელობის ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიის კათედრაზე წარმოებს გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან [57, 58]. დაკვირვების შედეგად დადგინდა, რომ მრეწველობაში, განსაკუთრებით კი ენერგეტიკაში, საკმაოდ დიდია ტრანსფორმატორის ნამუშავარი, მეორადი ზეთების მოცულობითი წილი. ისინი, როგორც წესი, წარმოადგენენ თხევად მასალებს, რომლებიც ხანგრძლივი ექსპლოატაციისა და მარვალჯერადი რეგენერაციის პირობებში განიცდიან გარკვეულ ფიზიკურ-ქიმიურ ცვლილებებს, რის გამოც შეუძლებელი ხდება მათი შემდგომი გამოყენება მაღალი ძაბვის პირობებში. მათი ყოველწლიური ნარჩენი რაოდენობა ჩვენი ქვეყნის მასშტაბით 50 ათას ტონას აღემატება.

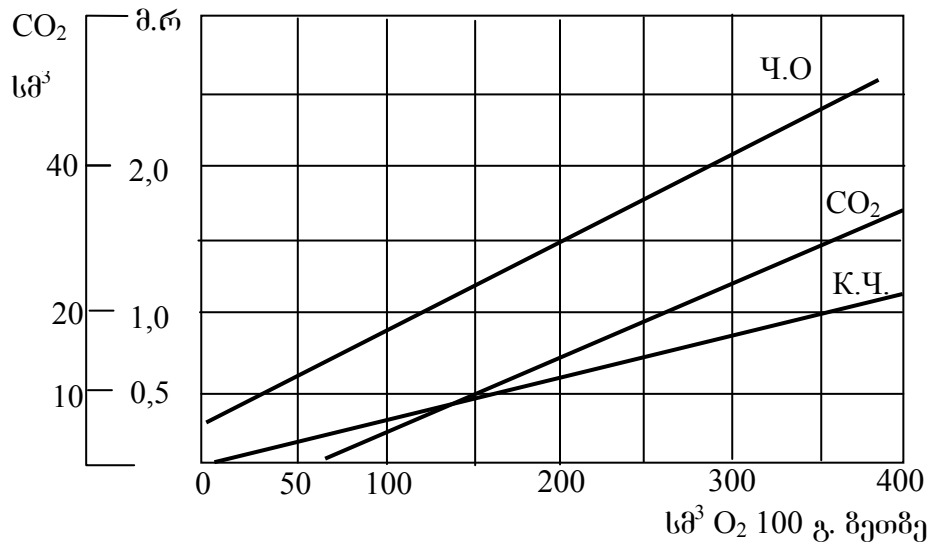
აღნიშნული ზეთების შემდგომი მოხმარების მიზნით ყველაზე უფრო რაციონალურ მიმართულებად მივიჩნიეთ ჯერ მათი დამუშავება ტუტით, ხოლო შემდგომ მათი რეალიზაცია მდგრადი და სტაბილური ემულსიების სახით საფეიქრო მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში. ამიტომ მიზნად დავისახეთ უპირველესად შეგვესწავლა ზეთებში არსებულ ორგანულ მჟავებზე, სხვადასხვა გამანეიტრალებელი ნივთიერების მოქმედებით ავტომულგატორების წარმოქმნის შესაძლებლობა, რათა სწორად წარმართულიყო მეორადი ენერგორესურსის მიზნობრივი გადამუშავება.

საწყისმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ტრანსფორმატორებში გამოყენებული ზეთები განეკუთნებიან საიზოლაციო მასალებს ტემპერატურულ ინტერვალში -10°C -დან 90°C -მდე, ამიტომ აღნიშნულ დიაპაზონში ადგილი აქვს ფიზიკურ-ქიმიურ გარდაქმნებს, რომლებიც დაკავშირებული არიან დაბალტემპერატურულ გემოქმედებებთან. ჟანგვითი გემოქმედების შედეგად იცვლება ზეთის სტრუქტურა, რის შედეგადაც ქვეითდება მისი სიმკრივე და ძვიფის ტემპერატურა, საბოლოო ჯამში ვღებულობთ სიბლანტის დეგრადაციას (ნახ.3.1, ნახ.3.2).

ნახ.3.1. ტრანსფორმატორის ზეთის სიბლანტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. 1- პირველადი; 2 – მეორადი. (კოორდინატები ნახევარლოგარითმული).



ჩვეულებრივი ჟანგვითი პროცესების შედეგად წარმოიქმნება ორგანული მჟავები, რომლებიც შეიცავენ $-\text{COOH}$ ჯგუფებს, ოქსიმჟავები, რომლებიც წარმოადგენენ $-\text{COOH}$ და $-\text{OH}$ ჯგუფების ერთობლიობას და სხვადასხვა მათთან დაკავშირებულ მაღალმოლეკულურ შენაერთებს (ნახ.3.3).



ნახ.3.2. ჟანგვის ნარჩენი პროდუქტების რაოდენობა შთანთქმული O₂-გან დამოკიდებულებით (t=25°C)

ნახ. 3.3. ზეთი MT-19 დერივატოგრამა ჟანგბადის არეში

1 – ტემპერატურის ხაზი; 2 – დთგ მრუდი; 3 – დთ მრუდი; 4 – თგ მრუდი.

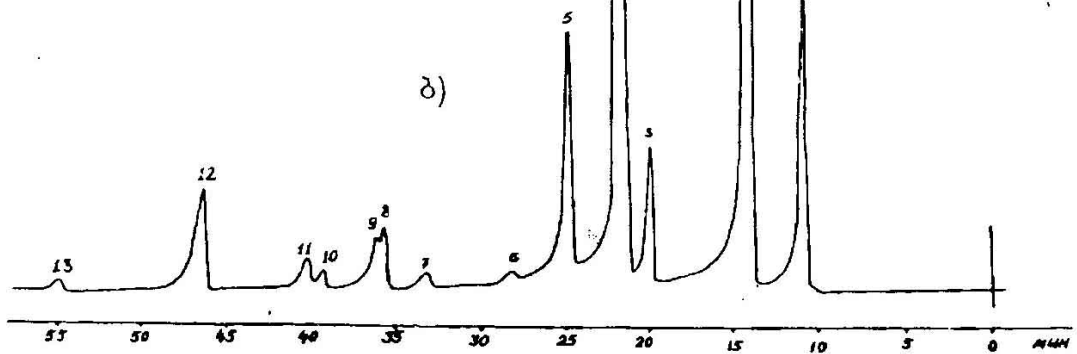
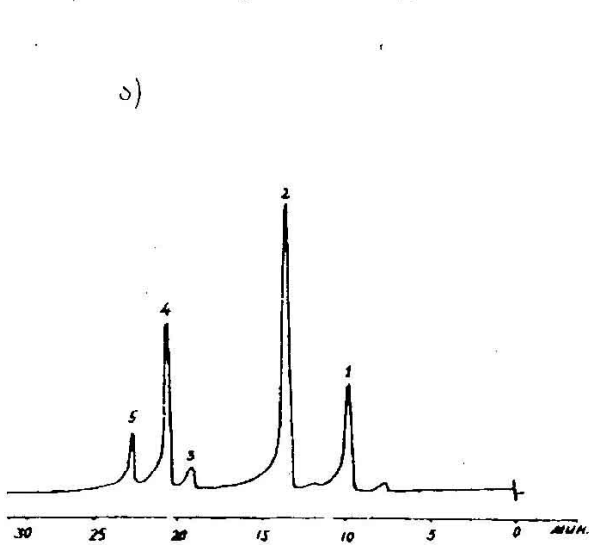
წარმოადგენს რა თერმოსტაბილურობა ზეთებისადმი წაყენებულ ერთ-ერთ ძირითად მოთხოვნას, შევისწავლეთ ტრანსფორმატორის ზეთების აღებული ნიმუშების ჯგუფური ნახშირწყალბადური და კომპონენტური შედგენილობა, რომელიც აქამდე არასდროს ყოფილა დეტალური შესწავლის საგანი.

ცხრილი 3.1.

საწყისი საბაზო და ნამუშავარი ტრანსფორმატორის ზეთის ნახშირწყალბადური შედგენილობა [7]

№	კომპონენტური შედგენილობა, %	ზეთის ნიმუშები	
		საწყისი	ნამუშავარი
1	პარაფინული ნახშირწყალბადები C _n H _{2n-2}		
	მათ შორის:		
	ნ-პარაფინული	17,5	14,3
	იზოპარაფინული	6,3	5,1
2	ნაფტენური ნახშირწყალბადები C _n G _{2n}	11,3	9,2
	მათ შორის:		
	მონოციკლური	54,6	
	ბიციკლური	28,0	33,6
	ტრიციკლური	12,1	12,0
ტეტრაციკლური	8,8	7,9	
		4,5	3,8

	პენტაციკლური	1,0	0,8
	ჰექსაციკლური	0,2	0,1
3	არომატული ნახშირწყალბადები მათ შორის: ალკილბენზოლები C_nH_{2n-6} ინდანი, ტეტრალინი C_nH_{2n-8} დინაფთენბენზოლები C_nH_{2n-10} ნაფთალინი C_nH_{2n-12} დიფენილები და აცენაფთენები C_nH_{2n-14} აცენაფთილენები C_nH_{2n-16} ფენანთრენები ნაფთოფენანთრენები პირენები, ფლიუორანტენები ხრიზენები C_nH_{2n}	26,6	19,0
4	ფისოვანი ნივთიერებები დ შლამი	1,3	8,5



ნახ.3.4. ალკილბენზოლების შემცველობა ტრანსფორმატორის ზეთის საწყის

(ა) და ნამუშევარ (ბ) სინჯებში ქრომატოგრაფიული ანალიზის

მიხედვით.

ა) 1-ბენზოლი; 2-ტოლუოლი; 3-ეთილბენზოლი; 4-m და n ქსილები; 5-0-ქსილოლი.

ბ) 1- ბენზოლი; 2-ტოლუოლი; 3-ეთილბენზოლი; 4- m და n ქსილოლები; 5-0-ქსილოლი; 6-იზოპროპილბენზოლი; 7- n-პროპილბენზოლი; 8-1-მეთილ 3-ეთილბენზოლი; 9-1 მეთილ 4 – ეთილბენზოლი; 10-1-მეთილ 2-ეთილბენზოლი; 11-1,3,5 ტრიმეთილბენზოლი; 12-იზობუთილბენზოლი; 13-1,2,3 ტრიმეთილბენზოლი.

ნამუშავერი სინჯების სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობის გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ საწყის სინჯებთან შედარებით პარაფინულ-ნაფთენური, მსუბუქი და საშუალო არომატული ნახშირწყალბადები ხასიათდებიან გვერდითი ჯაჭვების სიხშირით და ბირთვების სიმცირით. ალბათ, ამიტაც იყო, რომ ნამუშევარი სინჯები ხასიათდებოდნენ შედარებით მაღალი სიბლანტის ინდექსით (იხ. ცხრილი 3.1). ქრომატოგრაფიულმა ანალიზმა ცხადყო, რომ განსაკუთრებული სხვაობით ხასიათდებოდნენ ალკილბენზოლები, მათში განთავსებული ნახშირწყალბადებით. ისინი წარმოადგენენ წინამდებარე კვლევის მიზანს მკვეთრად შეამცირონ ზედაპირული დაჭიმულობა ორი ფაზის გამყოფ საზღვარზე და ამით ხელი შეუწყონ ემულსიის სტაბილიზირებას (ნახ.3.5).

ნახ.3.5. “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსია ჰიდროფობური ემულგატორით

ამგვარად, ტრანსფორმატორის ზეთებში ჩვენს მიერ იდენტიფიცირებული ალკილბენზოლების ოჯახი სტაბილიზაციის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორად მოგვევლინა “ზეთი-წყალში” ტიპი ემულსიების მიღების ტექნოლოგიაში.

აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ნაწილაკების წყალში დისპერგირების ხარისხი არ ექვემდებარება რეიონოლდის ტურბულენტობის პირობებს, მაშინ ზემოთ აღნიშნული ემულგატორი არასაკმარისია იმისათვის, რომ არ მოხდეს ორ ფაზას შორის კოალესცენცია.

წარმოვიდგინოთ, რომ ზეთის წყალში დისპერგირება წარმოებს გარკვეული D დიამეტრის მქონე ცილინდრულ ჭურჭელში განსაზღვრული ω სიჩქარით, ხოლო

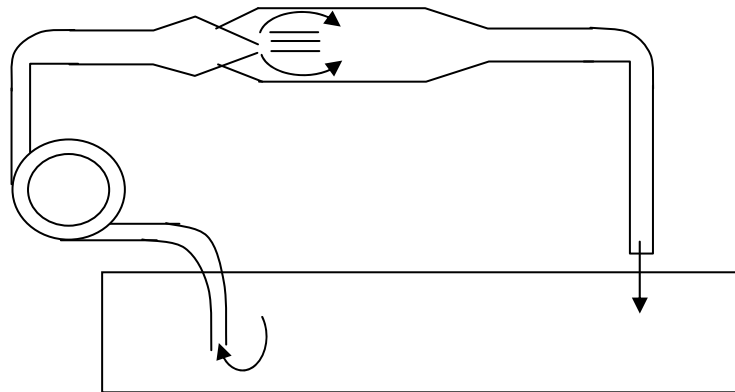
სითხის სიმკვრივეა ρ , მაშინ რეინოლდსის სიდიდე შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულით:

$$Re = \frac{wD\rho}{\eta},$$

სადაც η – სითხის სიბლანტეა;

არაიშვიათად მიმოიხილავენ ხოლმე სადისპერსიო არეში დისპერგირებული ნაწილაკების მეორად დისპერგირებას, რისთვისაც იყენებენ დამატებით დაწნევას და ემულსიის გატარებას მიკროხვრეტებში (დაახლოებით 35 მეგაპასკალი წნევის პირობებში) ამ დროს ემულსიის მცირე წვეთები "გაიწელება", ხოლმე ძაფისმსგავსად, ხოლო შემდგომ განიცდის სადისპერსიო არეში ჰომოგენურ განაწილებას.

კიდევ უფრო მგდრადი ემულსიების მიღება შეიძლება იმ შემთხვევებში, როცა ჰომოგენიზაციას თან ერთვის ვიბრაცია ან ულტრაბერის გამოყენება. ეს უკანასკნელი ექვემდებარება კავიტაციის მოვლენას, რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს სადისპერსიო არეში დამატებითი თავისუფალი მიკროარეების წარმოქმნას და ჩახშობას. ზემოთ მოყვანილი ჭავლური გენერატორის განხორციელება ჩვეულებრივ, მნიშვნელოვან აპარატურულ წინააღმდეგობებსაც უკავშირდება (ნახ.3.6).



ნახ.3.6. ჭავლური გენერატორი ზეთების დისპერგირებისათვის.

3.2. აცეტატური ძაფების შემზეუთი ემულსიის მიღება და მისი

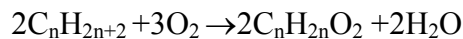
სტაბილიზაცია ტუტით

ტრანსფორმატორის მეორადი, ნამუშევარი ზეთების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ფრაქციებში მრავალად გვხდება მთელი გამა ალკილბენზოლებისა, აგრეთვე

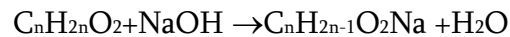
ორგანული მჟავების საკმაო რაოდენობა. ამ უკანასკნელთა წარმოქმნა ითვლება მინერალური ზეთების დაჟანგვის ძირითად მიმართულებად, რადგანაც ამ დროს ადგილი აქვს როგორც დაბალმოლეკულური, ასევე მაღალმოლეკულური მჟავების წარმოქმნას. მათ მიეკუთვნება კარბონმჟავები, კარბილმჟავები, ოქსი- და კეტომჟავები.

მიუხედავად იმისა, რომ ტრანსფორმატორის ზეთების ჟანგვის შედეგად დიოფილური ჯგუფების შემცველი ორგანული მჟავების საკმაო ($\approx 4\%$ -მდე) რაოდენობის წარმოქმნისა, ისინი აუცილებლად უნდა განეიტრალდნენ ტუტით, რადგანაც წარმოადგენენ არასასურველ კომპონენტებს ემულსიებში pH-ის ნეიტრალური დონის მისაღწევად, რადგანაც ხსნარში წყალბად-იონების მაჩვენებლის ინდექსის გაზრდამ 6,5-ით შეიძლება გამოიწვიოს ნართის ქიმიური რღვევა. ყველაზე მისაღებ ქიმიურ კომპონენტად მიჩნეულია ნატრიუმის ტუტე.

თუ მინერალური ზეთების ჟანგვის ძირითადი სტექიომეტრიული გარდაქმნა გამოსახება განტოლებით:



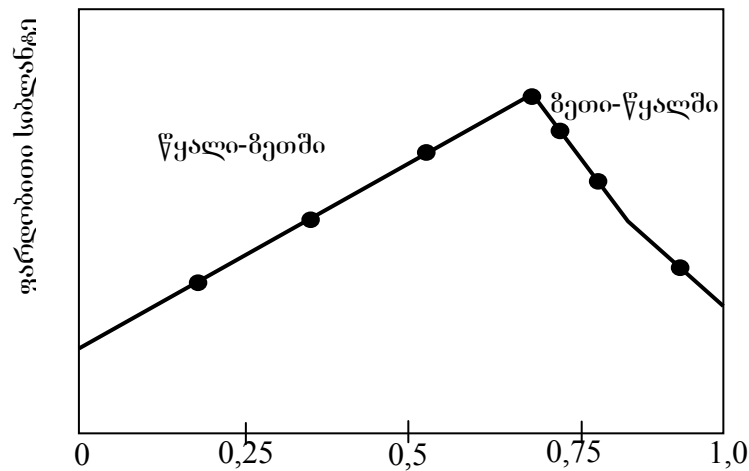
პირიქით, მიღებული ორგანული მჟავების გასაპვნა ტუტით ატარებს შემდეგ სახეს:



ამგვარად მიიღება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები – საპნები, რომლებიც თავისთავად “ზეთი-წყალთან” იწვევენ ავტომულსირების პროცესებს. ნატრიუმის შემცველი საპნები გამოირჩევიან ჰიდროფილობით (ნახ.3.7), რის გამოც თავისი მოლეკულების მჭიდრო განლაგებით ზეთის წვეთების გარშემო, ქმნიან მდგრად გარსს (აპკს), რომლებიც იწვევენ წყლის ზედაპირული დაჭიმულობის დაქვეითებას. ამ უკანასკნელის მნიშვნელობაზეა დამოკიდებული, თუ როგორი მდგრადობით გამოირჩევა მიღებული “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსია. თუმცა გათვალისწინებული უნდა იქნეს აგრეთვე ზეთის ნაწილაკების დისპერგირების ხარისხიც სადისპერსიო არეში.

ჩვენს მიერ ჩატარებული მრავალრიცხოვანი კვლევებით გამოვლინდა, რომ ტრანსფორმატორის მეორად ზეთებში ტუტის გასაპვნით წარმოქმნილი ემულგატორის სპეციფიური მოქმედება დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, როგორებიცაა ტემპერატურა, ზეთზე მოქმედი ტუტის კონცენტრაცია, მასაში განაწილების ხარისხი

და სხვა. ასე მაგალითად, ზეთზე მოქმედი ტუტის რაოდენობისა და ტემპერატურის მნიშვნელოვნად გადიდება შეიძლება გამოიწვიოს ე.წ. ინვერსია, რომელიც ფაზების ცვლის სახელწოდებით არის ცნობილი (ნახ.3.8).



ნახ.3.8. ემულსიის სიბლანტის დამოკიდებულება ფაზათა ცვლის პროცესზე ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის ტუტით გასაპვნის დროს

3.3. მეორადი მინერალური ზეთების საფუძველზე მიღებული ძაფის შემზებით ემულსიის მდგრადობის ხარისხის გამოკვლევა

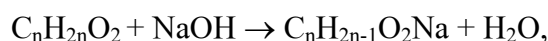
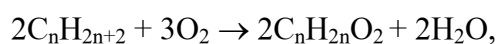
თანამედროვე ეტაპზე, საბაზრო ურთიერთობების ჩამოყალიბების პერიოდში, განსაკუთრებულ ყურადღებას საჭიროებს საფეიქრო მრეწველობისათვის მაღალხარისხოვანი და ნაკლებდეფიციტური დამხმარე ქიმიურ ნივთიერებათა ახალ-ახალი ასორტიმენტის შემოტანა და მათი ტექნოლოგიური სრულყოფა.

ადრეულ გამოკვლევებში [20, 21] ჩვენს მიერ მეორადი მინერალური ზეთების საფუძველზე შემოთავაზებული იყო კომპლექსური აცეტატური ძაფის შემზებით ემულსია, რომელიც ხასიათდება ხელოვნური ბოჭკოს ზედაპირზე ადსორბირებული შრის სტაბილურობითა და ადჰეზიის საკმაო ენერგიით. წინამდებარე ნაშრომი მიზნად ისახავს დეტალურად წარმოვადგინოთ დისპერსიული სისტემის მეორადი ტრანსფორმატორის ზეთის წყალში მდგრადობის ხარისხი და ვაჩვენოთ მიღებული ემულსიის ეფექტურობა ზოგიერთ ძირითად მაჩვენებელთა მიხედვით.

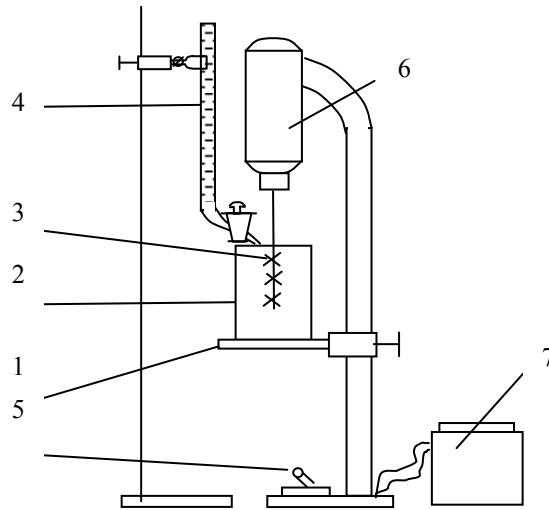
როგორც ცნობილია, ემულსიათა ტიპები “ზეთი-წყალში” წარმოადგენენ ტიპიურ ლიოფობურ დისპერსიულ სისტემებს, რომელთა აგრეგატული მდგრადობა

მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია სადისპერსიო არეში დისპერსიული ფაზის და წილადების ხარისხით. ვინაიდან ლიოფობური კოლოიდური სისტემის ენერგია $\Delta F > 0$, ამიტომ ემულსიების დასამზადებლად მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ დისპერგირება გარეშე ძალების მოქმედებით, ამასთანავე გავითვალისწინეთ დისპერგირებული ნაწილაკების ზედაპირზე ადსორბირებული შრის სტაბილიზაცია დამცველი ემულგატორებით. წინასწარი გამოკვლევებით ცნობილი გახდა, რომ მოცემულ პირობებში ემულსის მდგრადობისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ემულგატორის ჰიდროფილურ-ლიპოფილურ საბალანსო კოეფიციენტის სიდიდეს, რომელიც განსაზღვრულია მისი ენერგეტიკული ურთიერთქმედების უნარით პოლარულ ან არაპოლარულ არეში და “ზეთი-წყალში” ტიპის ემულსირებისათვის მერყეობს ფარგლებში 8-18-მდე. გარდა ზემოაღნიშნულისა, საქსოვი წარმოებისათვის გამოყენებული ქსელის ნართის ელასტიკურობისა და ცვეთამდეგობის ასამაღლებლად საჭირო შემზეთი მასალა დამატებით უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: ა) თანაბრად ადსორბირებდეს ძაფის მთელ მოცულობაში; ბ) pH უნდა უახლოვდებოდეს ნეიტრალურ ზღვარს, რათა არ გამოიწვიოს ნართის ქიმიური დაშლა; გ) ხასიათდებოდეს ანტისეპტიკურობით; დ) ემულსიის დასამზადებლად გამოყენებული უნდა იყოს იაფი, არასაკვები კომპონენტები; ე) ჩვეულებრივი საშუალებებით ადვილად შეიძლებოდეს მისი მოცილება ქსოვილიდან.

ემულსიის მოსამზადებლად აღებული იყო ჩვენს მიერ ადრე შემოთავაზებული [3] ტრანსფორმატორის ზეთის ნამუშევარი ფრაქცია, რომელიც ხასიათდება გასაპვნის მაღალი ინდექსით ($\approx 1,5$ მგ KOH). ამ უკანასკნელის გასაპვნით ვაღწევდით ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებათა სისტემის წარმოქმნას შემდეგი ზოგად რეაქციათა საფუძველზე:



ზეთის პირველადი დამუშავების შემდეგ მისი ემულსირება ტარდებოდა მიკროდისპერგატორის საშუალებით წყლის არეში (ბრუნთა რიცხვი 5000 ბრ /წთ) (ნახ.3.9).



ნახ.3.9. ემულსიის მისაღები მიკროდისპერგატორის პრინციპული სქემა:

- 1-სადგარი, 2-ცილინდრი, 3-ამრევი, 4-ბიურეტი, 5-ტუმბლერი,
6-ძრავი, 7-მაზვის რეგულატორი.

მიღებული მიკროჰეტეროგენული სისტემის თერმოდინამიკური წონასწორობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$\gamma = \beta K \frac{T}{d^2},$$

სადაც K – ბოლცმანის მუდმივა;

T – აბსოლუტური ტემპერატურა;

d – დისპერგირებული ნაწილაკების რადიუსი, რომელიც იცვლება ძრავის ბრუნთა რიცხვით;

β – მუდმივა, რომელიც დამოკიდებულია კოლოიდური სისტემის კონცენტრაციაზე 5-10-მდე;

γ - ზედაპირული დაჭიმულობა, მჯოული/მ² ან მლნ/მ.

მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილი 3.2.-ში.

ცხრილი 3.2.

ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის წყალში დისპერგირების შედეგად მიღებული ემულსიის მდგრადობა მისი ზედაპირული დაჭიმულობისა და განაწილებული ფაზის კოალესცენციის ხარისხისაგან დამოკიდებულებით

ზეთის გასაჰვნის	ემულსირების ხარისხი	ზედაპირული	pH	დისპერსიული ფაზის	კოალესცენციის
--------------------	---------------------	------------	----	----------------------	---------------

რიცხვი, მგ KOH/1 გ		დაჭიმულობა, მნ/მ		ნაწილაკების რადიუსი, ნმ	ხანგრძლივობა, სტ
1,5	წყალი+0,5% ზეთი	45,1	7,05	32,5	35
	წყალი+1,0% ზეთი	44,3	7,12	35,1	52
	წყალი+1,5% ზეთი	42,5	7,30	38,8	70
	წყალი + 2,0% ზეთი წყალი +	39,7	7,35	41,17	89
	2,5% ზეთი წყალი + 3,0%	36,2	7,42	44,3	100
	ზეთი წყალი + 3,5% ზეთი	33,8	7,50	47,6	108
	წყალი + 4,0% ზეთი წყალი +	31,9	7,56	49,9	110
	4,5% ზეთი	31,6	7,61	50,4	110
		31,4	7,69	50,5	110

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მიღებულ ემულსიებში ზედაპირული დაჭიმულობის თანდათანობითი ვარდნა უშუალო კავშირშია ორი თხევადი ფაზის გამყოფ საზღვარზე წარმოქმნილი ჰიდროფილური ზედაპირული ფენის უმცირეს კონცენტრაციებთან. აღნიშნული ეფექტი, ჩვენი აზრით, შეიძლება აიხსნას დისპერგირებული ნაწილაკების ირგვლივ არსებული ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებათა პერმანენტული გაჯერებით. მეორეს მხრივ, მეორადი ზეთების მაღალი კონცენტრაციები, როგორც ცდებითაც დადასტურდა, არ არის გამართლებული მოცემულ პირობებში, რადგან მათი დისპერგირების ხარისხის შემცირებასთან ერთად მცირდება ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებათა თავისუფალი გადაადგილების ალბათობაც ზეთის მჭიდროდ განლაგებულ წვეთებს შორის.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ზედაპირული დაჭიმულობის შემცირების კვალობაზე ადგილი აქვს ორი ფაზის “ზეთი-წყალში” გამყოფ საზღვარზე კომპაქტური აფსკის წარმოქმნას, რაც დასტურდება კოალესცენციის ხანგრძლივობით. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ამ პროცესს თან ახლავს ემულსიის ნაწილაკებისათვის ნიშნის მიხედვით ერთნაირი ელექტრული მუხტების მინიჭებაც.

ამრიგად, დამუშავებული და გამოკვლეულია მაღალი მდგრადობისა და თანაბრად განაწილებული ფაზის მქონე აცეტატური ძაფის შემზეტი ემულსია.

ცხრილი 3.3-ის მონაცემები ცხადყოფენ, რომ აცეტატური ძაფების შეზეტილი ნიმუშების, ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, მნიშვნელოვნად უმჯობესდება შერჩეული ყველა მაჩვენებლების მიხედვით. განსაკუთრებით საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ მუშაობა გაგლეჯაზე წარმოადგენს ძირითად კრიტერიუმს რომლის

ცვლილება ყველაზე უფრო შესამჩნევია და გასათვალისწინებელია ქსოვის ოპერაციის დაწყების წინ.

ცხრილი 3.3.

შეზეთილი აცეტატური ძაფების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები [100]

№	მაჩვენებლები	მნიშვნელობა		ცვლილება, %
		შეზეთვამდე	შეზეთვის შემდეგ	
	აცეტატური ძაფი			
1	ხაზობრივი სიმკვრივე, ტექსი	11,1	11,1	9
2	ძაფის გრეხა	80	80	0
3	გამგლეჯი დატვირთვა, ს.ნ.	98	104	6
4	დაგრძელება გაგლეჯამდე, %	18,1	22,8	20
5	გამგლეჯი მუშაობა, მ/ჯოული	54	66	18
	აცეტატური ძაფი			
1	ხაზობრივი სიმკვრივე, ტექსი	11,1	11,1	4,5
2	ძაფის გრეხა	80	80	0
3	გამგლეჯი დატვირთვა, ს.ნ.	99	116	15
4	დაგრძელება გაგლეჯამდე, %	15,0	21,1	30
5	გამგლეჯი მუშაობა, მ/ჯოული	50	62	19

3.4. აცეტატური ძაფების შემზეთი ემულსიის მდგრადობისა და ტრიბომეტრული ხარისხის გამოკვლევა

დღესდღეობით შემზეთი მასალებისა და წყლის ორთქლის მიერ ბოჭკოს ზედაპირზე განხორციელებული სორბციული პროცესი საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი. ამ პროცესში განიხილება შემდეგი სახის კავშირები: ვან-დერ-ვაალსის ძალებზე განხორციელებული ურთიერთქმედება, დიოფობური ურთიერთქმედება, იონური ბმა, კოორდინაციული და კოვალენტური ბმები, აგრეთვე სუსტი წყალბადური ბმით გამოწვეული ურთიერთქმედება, რომელსაც შუალედური ადგილი უჭირავს ფიზიკურ და ქიმიურ ურთიერთქმედებებს შორის.

რაც შეეხება ადჰეზიას, იგი ბოლომდე შესწავლილი არ არის, კერძოდ კი ისეთი (ნახ.3.10) ზედაპირების მიმართ, რომლებიც არ მიეკუთვნებიან ბრტყელი ზედაპირების ჩამონათვალს, ამ უკანასკნელისათვის კი მოწოდებულია დიუპრეს განტოლება, რომელიც გულისხმობს სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის შემცირებას მყარი ტანის ზედაპირზე:

$$W_a = \sigma_{1,3} + \sigma_{1,2} - \sigma_{2,3}$$

სადაც W_a – ადჰეზიის მუშაობაა,

- σ_{1,2}-ზედაპირული დაჭიმულობა საზღვარზე სითხე-აირი,
- σ_{1,3}-ზედაპირული დაჭიმულობა საზღვარზე მყარი ტანი-აირი,
- σ_{2,3}-ზედაპირული დაჭიმულობა საზღვარზე სითხე-მყარი ტანი.

თუ ადჰეზიის განტოლებაში განვითავსებთ იუნგის ცნობილ ფორმულას (იხ. ლიტერატურული მიმოხილვა), მაშინ გვექნება

$$\cos \theta = \frac{2W_a - W_c}{W_c}$$

სადაც W_c – კოჰეზიის მუშაობაა,

θ - ზედაპირსა და σ_{1,2} ძალის მიმართულებას შორის არსებული კუთხე.

შემოვიღოთ აღნიშვნა, რომ მყარი (ჩვენს შემთხვევაში აცეტატის ბოჭკოს) ტანის ჭეშმარიტი ფართობის შეფარდება ამავე ტანის ფართობთან სიბრტყეზე $Z_{\Delta} \geq 1$, რომელსაც ვუწოდოთ ძაფის რეალური ზედაპირი (ნახ.3.10.).

ნახ.3.10. აცეტატური ძაფებისა და მათ ზედაპირზე არსებული შემზეთი მასალის გეომეტრიული ფორმა (გადადებული მასშტაბი)

მაშინ თუ აღნიშნულ ზედაპირზე მოვითავსებთ ემულსიას, ადჰეზიის მუშაობა უნდა განისაზღვროს ფორმულით

$$W_a = \sigma_{1,2} + (\sigma_{1,3} - \sigma_{2,3}) Z_{\Delta}$$

აღნიშნულის გათვალისწინებით შეიცვლება $\cos \theta$ სიდიდეც, კერძოდ,

$$\cos \theta = \frac{2W_a - W_c}{W_c}$$

ანუ

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{1,3} - \sigma_{2,3}}{\sigma_{1,2}} \cdot Z_{\Delta}$$

უკანასკნელი ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მყარი ტანის რეალური ფართზე ემულსირების მნიშვნელოვნად მცირდება ადჰეზიის მუშაობა (ჰიდროფილური ზედაპირების შემთხვევაში) და პირიქით, იზრდება იგივე სიდიდე ჰიდროფობურ ზედაპირებზე ემულსირების შემთხვევაში.

უნდა აღინიშნოს, რომ დღემდე არ არსებობს რაიმე განსაზღვრული პარამეტრი, რომელიც ზუსტად მიუთითებდა მოცემული ბოჭკოს მიმართ ამა თუ იმ შემზეთი მასალის ეფექტურობაზე, რეალურ ტექნოლოგიურ პირობებში (ე.ი. ქსოვის

სტანდარტულ პირობებში), განსაკუთრებით დაბალსიხშირიანი ვიბრაციის პირობებში.

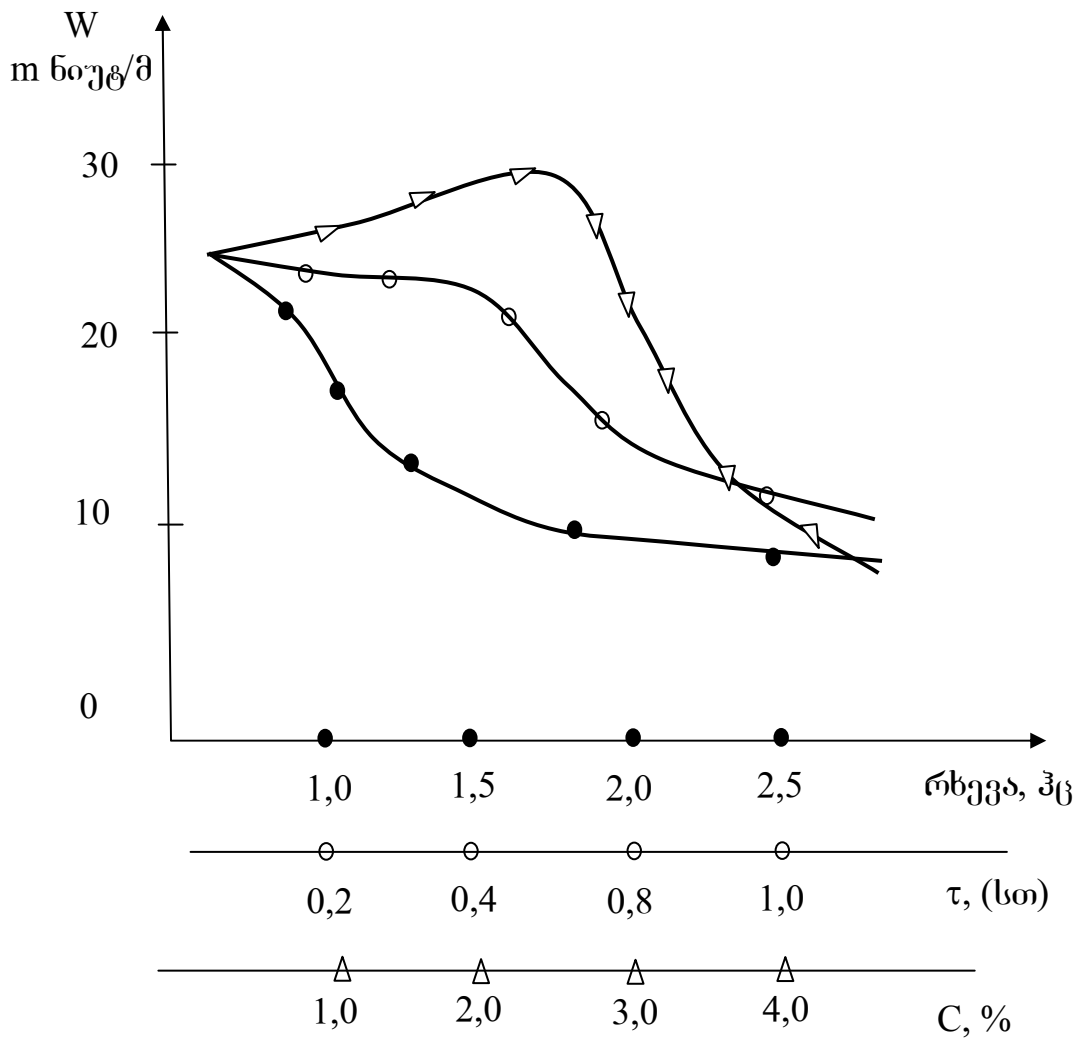
ამ მიზნით, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული იქნა მსუბუქი მრეწველობისათვის განკუთვნილი დამხმარე საფეიქრო მასალის – ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის საფუძველზე დამუშავებული ემულსიი ახალი საექსპლუატაციო კრიტერიუმი – ვიბრომდგრადობა, რომელიც კერძო შემთხვევაში შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ადჰეზიური და ტრიბომექანიკური მაჩვენებელი. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ლაბორატორიულ დანადგარზე, რომელიც განხორციელებდა დაბალი სიხშირის რხევით მოძრაობებს – 1-დან 3 ჰერცამდე, ხოლო სამუშაო რეჟიმი შეესაბამებოდა ზომიერ პირობებს: ტემპერატურა 25°C; რხევის ამპლიტუდა – 10°; პროცესის ხანგრძლივობა არ აღემატებოდა 1 საათს.

ტრიაცეტატის ძაფის შემზეთი ემულსიის მომზადება წარმოებდა კვლევის ავტორთა სახელმწიფო პატენტის C10M173/00-ის საფუძველზე, რომლის ძირითად კომპონენტად გამოყენებული იყო ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთის ფრაქცია.

პატენტის მიხედვით ტრანსფორმატორის მეორადი ზეთით ემულსიის მომზადება ხორციელდება შემდეგნაირად: ვიღებთ ტრანსფორმატორის მეორად ზეთს, წინასწარ განვსაზღვრავთ მის მჟავურ რიცხვს მაგ. KOH-ზე გადაანგარიშებით, აგრეთვე ძირითად საექსპლუატაციო მაჩვენებლებს. როდესაც ნამუშევარ ზეთში ალიფატური და ნაფთენური ორგანული მჟავების განეიტრალება დასრულდება სტექიომეტრიული რაოდენობის ნატრიუმის 3%-იანი ტუტის დამატებით და შესაბამისი ტესტით დადგინდება ზეთებში ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებათა არსებობა, მაშინ ვიღებთ 10,0 ლიტრი ტევადობის დისპერგატორს, რომელსაც გააჩნია კომპაქტური ხუფი, მასში ვათავსებთ 25°C ტემპერატურის მქონე 5,0 ლიტრ გამოხდილ წყალს და მოგვყავს იგი მოძრაობაში ამრევის საშუალებით, როცა მიიღწევა ამრევის სიჩქარის მაქსიმუმი (5000 ბრ/წთ), ვუმატებთ 0,1 კგ ტრანსფორმატორის ზეთის ფრაქციას, რომელიც წინასწარ დამუშავებულია ზეთის სიმჟავის შესაბამისი მანეიტრალეხელი 3%-იანი ნატრიუმის ტუტით.

მიიღება ემულსია, რომელშიც ზეთის შეფარდება წყალთან შეადგენს შესაბამისად 1:50. საბოლოოდ განსაზღვრული იქნა მიღებული შემზეთი მასალის ადჰეზიის მუშაობის დამოკიდებულება აცეტატის ძაფის რხევის სიხშირესა, რხევის ხანგრძლივობასა და ემულსიის კონცენტრაციაზე.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, მიღებული ემულსიის კონცენტრაციის გადიდება პირველ ეტაპზე, შესაბამისად ზრდის ზედაპირული ენერგიის სიდიდეს, ხოლო შემდგომ, მნიშვნელოვნად მცირდება. ჩვენის აზრით, ეს უნდა აიხსნას შემზეთი მასალის მოლეკულების პროგრესირებადი ორიენტაციით და ინტენსიური ჰემოსორბციით ბოჭკოს ზედაპირის მიმართ, თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ არსებობს გარკვეული კრიტიკული წერტილი ($\approx 3\%$), რომლის ზემოთ ადგილი აქვს ადჰეზიის მუშაობის მკვეთრად შემცირებას.



ნახ.3.11. შემზეთი მასალის ადჰეზიის მუშაობის დამოკიდებულება ბოჭკოს ძაფის რხევის სიხშირესა, რხევის ხანგრძლივობასა და ემულსიის კონცენტრაციაზე მკვეთრად განსხვავებული შედეგები იქნა მიღებული ადჰეზიის მუშაობისა და რხევის ხანგრძლივობას შორის დამოკიდებულების შესწავლის შედეგად. ნახ.3.11. გვამცნობს, რომ გამოკვლევის მთელ დიაპაზონზე ზედაპირული ენერჯის შემცირების ტენდენცია აღინიშნება და არ ჩანს მაქსიმუმის ფონი.

თავი 4. აცეტატური ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის კვლევა

აცეტატური ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესი, ისევე როგორც გახამების, მიეკუთვნება მრავალფაქტორიან ტექნოლოგიურ პროცესს. რთული ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოსახსნელად აუცილებელია წინასწარ შედგენილი იქნას მისი მათემატიკური მოდელი.

სადისერტაციო ნაშრომში გამოყენებულ იქნა ინფორმაცია ლიტერატურული წყაროებიდან ორი: 1. ქსელის ძაფების გახამების ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციის [88, 95, 100]; 2. ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციის [49, 93, 102] მიმართულებით.

ლიტერატურული წყაროების ანალიზიდან ჩანს, რომ მათემატიკური მოდელი, რომელიც ადეკვატურად აღწერს კავშირს ქსელის ძაფების ფიზიკო-მექანიკურ მაჩვენებლებსა და გახამებისა და ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესების არსებით პარამეტრებთან, აისახება მეორე რიგის განტოლებით. მოცემული სახის მოდელების გამოყენება საშუალებას იძლევა გამარტივებული იქნას ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნა, გარდა ამისა ფაქტორების რაოდენობა შეიძლება გაზრდილი იქნას მაქსიმალურად.

რეალიზაციისათვის მიღებულ იქნა მეორე რიგის დაგეგმარების მატრიცა ოთხი ფაქტორისათვის, ფაქტორების ვარირების სამი დონით, თხუთმეტი ვარიანტისათვის.

კვლევისათვის შერჩეული იქნა აცეტატური ძაფი ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი, რომელიც გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების ტექნიკური ქსოვილების გამოსამუშავებლად, როგორც ქსელში, ასევე მისაქსელში.

აცეტატური ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიურ პარამეტრებსა და მის ფიზიკო-მექანიკურ მაჩვენებლებს შორის კავშირს დასადგენად ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტი ლაბორატორიულ პირობებში, ლაბორატორიულ სახამებელ მანქანაზე “ზუკკერი” მოდელი “M”.

4.1. აცეტატური ძაფების ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ფაქტორების შერჩევა

როგორც ავლინებთ, ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესი დამოკიდებულია უამრავ ფაქტორებზე. საზღვარგარეთული და სამამულო ლიტერატურული წყაროების ანალიზიდან ჩანს, რომ ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ყველაზე მნიშვნელოვან ფაქტორებად გვევლინებიან:

1. სახამებელ ან საემულსიო მანქანებზე ქსელის ძაფების გაჭიმვა;
2. სახამებელ ან საემულსიო მანქანის ზონებს შორის ქსელის ძაფების დაჭიმულობა;
3. საემულსიო ხსნარში შემზეთის კონცენტრაცია;
4. საემულსიო ხსნარის ტემპერატურა;
5. ქსელის ძაფებზე ემულსიის დატანის დრო, რომელიც განისაზღვრება ემულსირების სიჩქარით და ქსელის ძაფების მაემულსირებელ ლილვზე შემოხვევის კუთხით;
6. დატანილი ემულსიის რაოდენობით, რომელიც განისაზღვრება ვარცლში ემულსიის დონით და მაემულსირებელი ლილვის სიჩქარით.

ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორები პასუხობენ ყველა იმ მოთხოვნებს, რომლებიც წაყენებათ მათ ექსპერიმენტის დაგეგმარების დროს.

ფაქტორებზე წაყენებული მოთხოვნებია: ისინი უნდა იყვნენ მართვადი, ერთმნიშვნელოვანი, გარდა ამისა ისინი უნდა იყვნენ თავსებადი ერთმანეთთან და ამავე დროს დამოუკიდებელი, ე.ი. მათ შორის არ უნდა არსებობდეს კორელაციური კავშირი.

ქსელის ძაფების გაჭიმვა. საემულსიო მანქანაზე ძაფები გადადგილდებიან გარკვეული დაჭიმულობის ქვეშ, რომელიც აუცილებელია იმისათვის, რომ საქსოვ ღერძზე მიღებული იქნას ნორმალური სიმკვრივის ნახვევი, გარდა ამისა ეს

საშუალებას იძლევა არ მოხდეს ძაფების ჩამოწოლა მათი საკუთარი სიმძიმის ხარჯზე.

ქსელის ძაფების დაჭიმულობა იქმნება მაემულსირებელი მანქანის მიმწოდებელი და გამომშვები ორგანოების არაერთგვაროვანი სიჩქარის გამო, რაც თავისთავად იწვევს ქსელის ძაფების გაჭიმვას. ნორმაზე მეტი დაჭიმულობა იწვევს გაემულსირებული ძაფების ხარისხის გაუარესებას. მრავალი მეცნიერის აზრით [24, 49, 96] ქსელის ძაფების გაჭიმვის გაზრდა 1%-დან 4%-მდე იწვევს მისი წაგრძელების შემცირებას ორჯერ. წაგრძელების ასეთი მნიშვნელოვანი შემცირება იწვევს ქსელის ძაფების დეფორმაციას, რომელიც აისახება არა მარტო წყვეტიანობის სიდიდეზე, არამედ გამომუშავებული ქსოვილის თვისებებზეც.

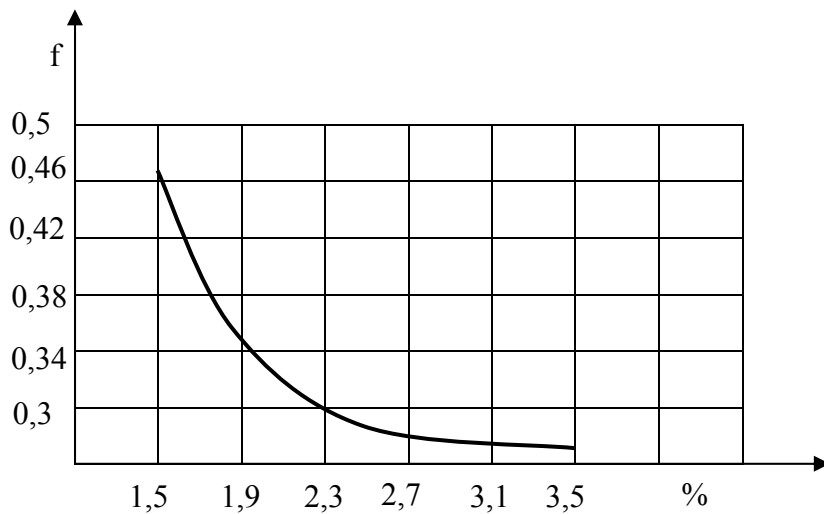
ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალურად მიმდინარეობის დროს გაჭიმვამ არ უნდა შეადგინოს 1,5 %-ზე მეტი. მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში ძაფების გაჭიმვის სიდიდე დაფიქსირდა მუდმივ დონეზე და შეადგინა 1,5 %.

მანქანის ზონებს შორის ქსელის ძაფების დაჭიმულობა. ოპტიმალურ ვარიანტად ითვლება გადმოსახვევი ქსელის ძაფების დაჭიმულობის მუდმივ დონეზე შენარჩუნება. ექსპერიმენტის ჩატარების დროს ქსელის ძაფების დაჭიმულობა შენარჩუნებული იქნა მუდმივ დონეზე.

საემულსიო ხსნარში შემზეთის კონცენტრაცია. ემულსიის კონცენტრაცია წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის დროს. ემულსიის კონცენტრაციის დასადგენად ჩატარებული იქნა წინასწარი ექსპერიმენტი. ექსპერიმენტის მიზანი მდგომარეობდა შემდეგში, განსაზღვრული ყოფილიყო მაემულსირებელი პრეპარატის ისეთი კონცენტრაცია რომელიც უზრუნველყოფდა ქსელის ძაფების მინიმალურ წყვეტიანობას საქსოვ დაზგაზე ამ პრეპარატის მინიმალური ხარჯვით.

ქსელის ძაფები დამუშავებულ იქნა ტრანსფორმატორის ზეთის მეორადი ფრაქციით და განსაზღვრული იქნა ხახუნის კოეფიციენტი. მრავალი მეცნიერის აზრით [54, 55, 80, 81, 84] ხახუნის კოეფიციენტი და საქსოვ დაზგაზე ქსელის ძაფების წყვეტიანობა მჭიდროდ არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან, ე.ი. რაც ნაკლებია ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობა, მით ნაკლებია წყვეტიანობა საქსოვ დაზგაზე.

ექსპერიმენტის შედეგებიდან გამომდინარე აგებული იქნა დამოკიდებულების გრაფიკი ხახუნის კოეფიციენტსა და აცეტატურ ძაფებზე დატანილი ზეთის კონცენტრაციას შორის (ნახ.4.1).



ნახ.4.1 აცეტატური ძაფების ხახუნის კოეფიციენტსა და მათზე დატანილი ზეთის კონცენტრაციას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი

გრაფიკის ანალიზიდან თვალნათლივ ჩანს, რომ ზეთის კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობა თავიდან კლებულობს განსაზღვრულ დონემდე, ხოლო კონცენტრაციის შემდეგი მატებით აღარ კლებულობს. აქედან გამომდინარე მიზანშეწონილია მივიღოთ ემულსიის კონცენტრაციის ვარიანტების შემდეგი დონეები: ძირითადი დონე – 1,5 %, ქვედა დონე – 2 %, ზედა დონე – 2,5 %.

საემულსიო ხსნარის ტემპერატურა. ლიტერატურული წყაროების ანალიზიდან [49, 97, 93, 104] გამომდინარე ქსელის ძაფების ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე განსაკუთრებით ეფექტურად ზემოქმედებს თბილი ემულსია, ვიდრე ცივი. ეს შეიძლება ახსნილი იქნას შემდეგნაირად.

1. ტემპერატურის მომატება ამცირებს მოლეკულურ ურთიერთქმედებებს და ზრდის მაკრომოლეკულების გადაადგილების სიჩქარეს საემულსიო ხსნარში, რაც იწვევს ცალკეული მაკრომოლეკულების ინტენსიურ შეღწევას ნართის ბოჭკოებს შორის;

2. ტემპერატურის მომატებასთან ერთად უმჯობესდება ნართის საემულსიო ხსნარით დასველების პირობები.

აცეტატური ძაფის ემულსირების დროს რეკომენდირებული საემულსიო ხსნარის ტემპერატურა შენარჩუნებული იქნას 25 °C-დან 50 °C-მდე.

მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში აღებული იქნა საემულსიო ხსნარის ტემპერატურის შემდეგი დონეები: ძირითადი დონე – 35°C, ქვედა დონე – 25°C, ზედა დონე – 45°C.

მაფებზე ემულსიის დატანის დრო. მაფებზე ემულსიის დატანის დრო ისაზღვრება ემულსირების სიჩქარით და ძაფების მაემულსირებელ ლილვზე შემოხვევის კუთხით. ემულსირების სიჩქარე დამოკიდებულია ძაფების სახეზე, მის სიმსხოზე, ძაფების რაოდენობაზე, ქსელის სიგანეზე. ძაფების ემულსირების სიჩქარე შეიძლება დადგენილი იქნას წარმოების გამოცდილებიდან ან ემპირიული ფორმულის გამოყენებით. ემულსირების სიჩქარე ქსელის ძაფებისათვის ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი რეკომენდირებულია აღებულ იქნას 40-50 მ/წთ.

ლაბორატორიულ პირობებში ექსპერიმენტის ჩატარების დროს ემულსირების სიჩქარე იცვლებოდა შემდეგ დონეებზე: ძირითადი დონე – 40 მ/წთ, ქვედა დონე – 30 მ/წთ, ზედა დონე – 50 მ/წთ.

ლიტერატურული წყაროების მიმოხილვიდან შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა, რომ ქსელის ძაფების მაემულსირებელ ლილვზე შემოხვევის კუთხემ უნდა შეადგინოს 10°C –დან 15 °C-მდე.

მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში ქსელის ძაფების მაემულსირებელ ლილვზე შემოხვევის კუთხის სიდიდე დადარული ზედაპირისათვის აღებულ იქნა 12°, ხოლო 15° გლუვზედაპირიანი ლილვისათვის.

მაფებზე დატანილი ემულსიის რაოდენობა. ქსელის მაფებზე დატანილი ემულსიის რაოდენობა განისაზღვრება ვარცლში ემულსიის ხსნარის დონით და მაემულსირებელი ლილვის სიჩქარით. ვარცლის ტევადობის და ზომების გათვალისწინებით აღებული იქნა საემულსიო ხსნარის დონის ვარირების მაქსიმალურად შესაძლო მნიშვნელობები: ძირითადი დონე – 50 სმ, ქვედა დონე – 60 სმ, ზედა დონე – 40 სმ.

მაემულსირებელი ლილვის სიჩქარის ვარირების დონეების შერჩევა მოხდა იმაზე დაყრდნობით, რომ გაემულსირებელ ძაფებს ჰქონოდათ ტენიანობა ნორმის ფარგლებში.

ექსპერიმენტი ჩატარდა ლაბორატორიულ სახამებელ მანქანაზე. ექსპერიმენტის ჩატარების მიმდინარეობისას იცვლებოდა მაემულსირებელი ლილვის სიჩქარე ქსელის ძაფების გადმოხვევის სიჩქარესთან თანაფარდობით 1:1; 1:2; 1:3.

ექსპერიმენტის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 4.1.

ცხრილი 4.1.

ქსელის ძაფების ტენიანობის დამოკიდებულება მაემულსირებელი ლილვის სიჩქარესთან

ქსელის ძაფების გადახვევის სიჩქარე, მ/წთ	მაემულსირებელი ლილვის სიჩქარე, მ/წთ	ქსელის ძაფების საემულსიო ლილვზე შემოხვევის კუთხე, გრად.	გამომავალი ქსელის ტენიანობა, %
50	50	15	ემულსია ვარცლში იფრქვევა, ქსელი სველია 20-25
50	25	15	10-15
50	15	15	

მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში მაემულსირებელი ლილვის სიჩქარე დაფიქსირებული იქნა მუდმივ დონეზე 15 მ/წთ.

4.2. აცეტატური ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაციის პარამეტრების შერჩევა და დახასიათება

ექსპერიმენტის დაგეგმარების დროს ოპტიმიზაციის პარამეტრების შერჩევა ხორციელდება მათდამი წაყენებული მოთხოვნებიდან გამომდინარე, კერძოდ: მიზნის მიღწევის თვალსაზრისიდან გამომდინარე უნდა ახასიათებდეთ ეფექტიანობა; უნივერსალურობა; უნდა იყვნენ რაოდენობრივი და გამოსახებოდნენ ერთი რიცხვით.

მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში ოპტიმიზაციის პარამეტრებად შერჩეული იქნა:

Y₁ - გამგლეჯი წაგრძელება, %;

Y₂ - გამგლეჯი დატვირთვა, სნ;

Y₃ - მუშაობა გაგლეჯვაზე, სნ/მმ;

Y₄ - ძაფის ცვეთამდეგობა, ციკლების რაოდენობა.

ასეთი პარამეტრების გამოყენება საშუალებას იძლევა დადგენილი იქნას, ძაფის ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლების გავლენის ხარისხი, საქსოვ დაზგაზე ქსელის ძაფების წყვეტიანობაზე.

ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესისათვის მამულსირებელი პრეპარატის, ემულსიის რეცეპტისა და მისი მომზადების შერჩევა, შეიძლება განხილული იქნას როგორც ოპტიმიზაციის ამოცანის პირველი საფეხური.

მოცემულ ნაშრომში მამულსირებელ პრეპარატად აღებული იქნა ტრანსფორმატორის ზეთის მეორადი ფრაქცია, პრეპარატის აღწერა მოცემულია თავში 2. ემულსია მომზადდა შემდეგი რეცეპტით:

იღებენ ტრანსფორმატორის ზეთის მეორად ფრაქციას, განსაზღვრავენ მის მჟავურ რიცხვს მილიგრამობით, KOH-ზე გაანგარიშებით და ანეიტრალებენ 3%-იანი ნატრიუმის ტუტის შესაბამისი რაოდენობით, განეიტრალების პროცესის დასრულებამდე. ცალკე ჭურჭელში ათავსებენ წყალს, ათბობენ და მოჰყავთ მოძრაობაში ამრევის საშუალებით. გამთბარ წყალს უმატებენ ტრანსფორმატორის ზეთის მეორად ფრაქციას 2%-იანი კონცენტრაციით. მორევას განაგრძობენ მანამ, სანამ ზეთის ფრაქციის შეფარდება წყალთან არ გახდება შესაბამისად 1:50.

4.3. ექსპერიმენტის ჩატარება (მატრიცის რეალიზაცია) ლაბორატორიულ პირობებში

ექსპერიმენტის ჩატარების საბოლოო მიზნად დასახული იქნა ემულსირების ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრების გავლენა აცეტატური ძაფების ფიზიკო-მექანიკურ მაჩვენებლებზე. ექსპერიმენტების შედეგებიდან გამომდინარე შემუშავებულ იქნა რეკომენდაციები, აცეტატური ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პარამეტრების დასანერგად საწარმოო პირობებში სპეციალური დანიშნულების საემულსიო-გადამხვევ და ლენტური საქსელავი მანქანებისათვის.

ექსპერიმენტისათვის გამოყენებული იქნა ლაბორატორიული სახამებელი მანქანა ფირმა “ზუკკერი” მოდელი” M”, რომელზედაც ქსელის ძაფების გახამება ხორციელდება ლენტებად.

სახამებელი მანქანა აღჭურვილია სპეციალური საემულსიო მოწყობილობით მოდელი "P". მოწყობილობა შედგება ვარცლისაგან, საემულსიო ხსნარისათვის, და მაემულსირებელი ლილვისაგან. ვარცლს ფსკერზე დამონტაჟებული აქვს სპეციალური თბორეგულიატორი ტემპერატურული რეჟიმის მუდმივ დონეზე შესანარჩუნებლად. მაემულსირებელი ლილვი დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან და აქვს სპეციალურად დამუშავებული ზედაპირი, ლილვის მოძრაობაში მოყვანა ხორციელდება ინდივიდუალური რედუქტორული ამძრავით. ეს საშუალებას იძლევა ვარეგულიროთ საემულსიო ლილვის მოძრაობის სიჩქარე ქსელის ძაფების გადმოხვევის სიჩქარესთან თანაფარდობაში.

რეალიზაციისათვის აღებულ იქნა მეორე რიგის დაგეგმარების მატრიცა ოთხი ფაქტორისათვის, ფაქტორების ვარირების სამი დონით, თხუთმეტი ვარიანტისათვის.

ძირითად ფაქტორებად აღებული იქნენ:

X₁ – ემულსიის დონე ვარცლში, მმ;

X₂ – ემულსიის კონცენტრაცია, %;

X₃ – ემულსიის ტემპერატურა ვარცლში, °C;

X₄ – ქსელის ძაფების ემულსირების სიჩქარე, მ/წთ.

ფაქტორების მნიშვნელობები, დონეები და მათი ვარირების ინტერვალები მოცემულია ცხრილში 4.2 [99].

ცხრილი 4.2.

ფაქტორების მნიშვნელობები, დონეები და მათი ვარირების ინტერვალები [99]

ფაქტორები	ვარირების დონეები			ვარირების ინტერვალები
	-	0	+	
X ₁	60	50	40	10
X ₂	1,5	2	2,5	0,5
X ₃	15	25	35	10
X ₄	30	40	50	10

ექსპერიმენტის ჩატარების დროს აცეტატური ძაფების ემულსირების სხვა ტექნოლოგიური პარამეტრები დაფიქსირდნენ მუდმივ დონეზე. დაგეგმარების მატრიცა, ფაქტორების კოდირებული და ნატურალური მნიშვნელობებით, ექსპერიმენტის ჩატარების შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.3 [99].

თითოეული ვარიანტისათვის გამომუშავებული იქნა 50 მ ქსელის ძაფები. ტრანსფორმატორის ზეთის მეორადი ფრაქციით მიღებული ემულსიით გაემულსირებული ქსელის ძაფებზე განსაზღვრული იქნა:

Y_1 - გამგლეჯი წაგრძელება; Y_2 - გამგლეჯი დატვირთვა; Y_3 - მუშაობა გაგლეჯვაზე; Y_4 - ძაფის ცვეთამდეგობა; Y_5 - ხახუნის კოეფიციენტი; Y_6 - ცვეთამდეგობა; Y_7 - აცეტატური ძაფების ელასტიურობა. ექსპერიმენტის შედეგების დამუშავების შემდეგ ყველაზე კარგი (ოპტიმალური ვარიანტი) და ცუდი ვარიანტებიდან აღებულ ნიმუშებზე გარდა ზემოთ აღნიშნული მაჩვენებლებისა განსაზღვრული იქნა აცეტატური ქსელის ძაფების ტენიანობა და მასზე დატანილი საემულსიო ხსნარის კონცენტრაცია.

დაგეგმარების მატრიცის რეალიზაციის და ექსპერიმენტის შედეგების კომპიუტერზე დამუშავების შედეგად (შედგენილია პროგრამა ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოსახსნელად) მიღებული იქნა ტოლობები, რომლებიც აღწერენ დამოკიდებულებას აცეტატური ძაფების, ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი გამგლეჯ წაგრძელებასა (4.1), გამგლეჯ დატვირთვასა (4.2), მუშაობას გაგლეჯვაზე (4.3), ცვეთამდეგობას (4.4) და ტრანსფორმატორის ზეთის მეორადი ფრაქციით ემულსირების ტექნოლოგიურ პარამეტრებს შორის:

$$Y_1 = 26,35 + 3,51X_1 + 3,87 X_2 + 3,8 X_3 + 3,54 X_4 - 1,76 X_1X_2 - 1,73 X_1X_3 - 1,88 X_1X_4 - 1,59 X_2X_3 - 1,71 X_2^2 - 1,92 X_3^2 \quad (4.1)$$

$$Y_2 = 133,13 + 17,6X_1 + 19,2 X_2 + 19 X_3 + 17,93 X_4 - 9,07 X_1X_2 - 8,8X_1X_3 - 9,2X_1X_4 - 7,73 X_2X_3 - 8,67 X_1^2 - 9,47 X_4^2 \quad (4.2)$$

$$Y_3 = 12850 + 1719,33X_1 + 1766X_2 + 1771,33X_3 + 1726X_4 - 850 X_1X_2 - 847,33X_1X_3 - 874 X_1X_4 - 816,67 X_2X_3 - 854 X_2^2 - 875,3 X_3^2 \quad (4.3)$$

$$Y_4 = 715,27 + 96,2X_1 + 98,33X_2 + 97,27X_3 + 97,53X_4 - 47,66 X_1X_2 - 47,99X_1X_3 - 47,67 X_1X_4 - 45,4 X_2X_3 - 48,33 X_2X_4 - 48,6 X_4^2 \quad (4.4)$$

ტოლობების 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 ერთგვაროვნება შემოწმებული იქნა კობრენის კრიტერიუმის გამოყენებით [99], რომელიც ტოლია მაქსიმალური (გამოყოფილი) დისპერსიის ფარდობით ყველა დისპერსიის ჯამთან:

$$G = \frac{S_{\text{მაქს}}^2}{\sum_{i=1} S_i^2}, \quad (4.5)$$

სადაც N - ცდების რიცხვია (დისპერსის რაოდენობა). კობრენის კრიტერიუმის საანგარიშო და ცხრილური მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 4.4 [99].

ცხრილი 4.4.

კობრენის კრიტერიუმის საანგარიშო და ცხრილური მნიშვნელობები [99]

ოპტიმიზაციის პარამეტრები	კობრენის კრიტერიუმის მნიშვნელობები	
	G _{საანგ}	G _{ცხრ.} (0,95 ალბათობით)
Y ₁	0,152	0,174
Y ₂	0,149	0,174
Y ₃	0,141	0,174
Y ₄	0,169	0,174

მიღებული ტოლობები ჩვენს შემთხვევაში შეიძლება ჩავთვალოთ ერთგვაროვნად, რადგან კობრენის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობები ნაკლებია ცხრილურ მნიშვნელობებზე. $G_{\text{საანგ}} < G_{\text{ცხრ.}}$ (თავისუფლების ხარისხი $f=n-1=9$, დაკვირვებების რიცხვი $n=10$, ცდების რაოდენობა $N=15$).

მათემატიკური მოდელების ადეკვატურობა შემოწმებული იქნა ფიშერის კრიტერიუმით [99]:

$$F = \frac{S_{\text{ად}}^2}{S_{(y)}^2}, \quad (4.6)$$

სადაც $S_{\text{ად}}^2$ - ადეკვატურობის დისპერსიაა;

$S_{(y)}^2$ - განმეორებადობის დისპერსია.

ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო და ცხრილური მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 4.5 [99].

ცხრილი 4.5.

ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო და ცხრილური მნიშვნელობები [99]

ოპტიმიზაციის პარამეტრები	ფიშერის კრიტერიუმის მნიშვნელობები	
	F _{საანგ}	F _{ცხრ.} (0,95 ალბათობით)
Y ₁	1,32	0,174
Y ₂	1,61	0,174
Y ₃	1,28	0,174

Y ₄	1,23	0,174
----------------	------	-------

მიღებული ტოლობები შეიძლება ჩაითვალოს ადეკვატურად 95 %-იანი ალბათობით, რამდენადაც ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობები ნაკლებიან მის ცხრილურ მნიშვნელობაზე $F_{საანგ} < F_{ცხრ}$.

ემულსირების ოპტიმალური ვარიანტის მოძებნა განხორციელდა ჰუკ ჯივსის მეთოდით [99], რომელიც ეფუძნება ოპტიმუმისაკენ მოძრაობას საკოორდინატო ღერძების მიმართულებით, რომელთა გასწვრივაც მიზნის ფუნქცია იცვლება. ძებნის დამთავრების კრიტერიუმად ითვლება იმ წერტილის მიღწევა, რომლიდანაც მოძრაობის შემდეგ ნებისმიერი ღერძის მიმართულებით არ ხდება ოპტიმიზაციის კრიტერიუმის შემდგომი შემცირება.

ექსპერიმენტის შედეგების გაანგარიშებამ ე.გ.მ-ის გამოყენებით გვიჩვენა, რომ აცეტატური ძაფის ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი საუკეთესო ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლები შეიძლება მიღწეული იქნას ფაქტორების შემდეგი ოპტიმალური მნიშვნელობების დროს

$$X_1 = 50 \text{ მმ}; \quad X_2 = 2 \text{ \%}; \quad X_3 = 25 \text{ }^\circ\text{C}; \quad X_4 = 50 \text{ მ/წთ.}$$

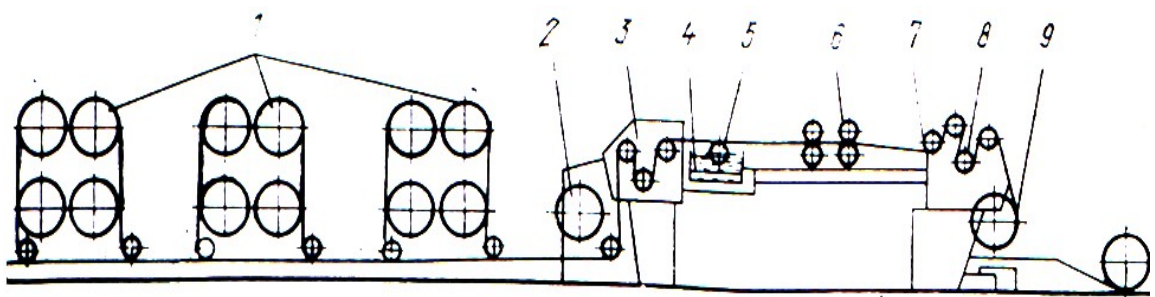
4.4. რეკომენდაციები აცეტატური ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პარამეტრების დასანერგად საწარმოო პირობებში

ექსპერიმენტის შედეგებიდან გამომდინარე შემუშავებული იქნა რეკომენდაციები აცეტატური ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური პარამეტრების დასანერგად საწარმოო პირობებში, სპეციალური დანიშნულების საემულსიო-გადასახვევი და ლენტური საქსელავი მანქანებისათვის.

ყველაზე უნივერსალურ საემულსიო-გადასახვევ მანქანას მიეკუთვნება МПЭ გაწყობის ორი განით 180 და 230 სმ. მანქანა გამოიყენება ნებისმიერი სახის და ხაზობრივი სიმკვრივის ქსელის ძაფების ემულსირებისათვის. ემულსირება ხორციელდება, როგორც საქსელავი ლილვებიდან, ასევე საქსოვი ღერძიდან – საქსოვ

დერძზე. ნახ.4.2.-ზე ნაჩვენებია საემულსიო-გადასახვევის მანქანის ტექნოლოგიური სქემა.

ქსელის ძაფების საქსელავი ლილვებიდან 1 ან საქსოვი დერძიდან 2 გადმოიხვევიან ჩამძირი ლილვის 3 საშუალებით, ეხებიან საემულსიო ლილვს, რომელიც მოთავსებულია ვარცლში ემულსიისათვის 4.



ნახ.4.2. ქსელის ძაფების საემულსიო-გადასახვევი მანქანის ტექნოლოგიური სქემა

ვარცლი დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან და აქვს ორმაგი ძირი. ძირებს შორის სივრცეში სპეციალური მილებით გაყვანილია ორთქლი, ვარცლში საემულსიო ხსნარის მუდმივ ტემპერატურაზე შესანარჩუნებლად. ვარცლში საემულსიო ხსნარის დონის და ტემპერატურის ერთსა და იგივე მაჩვენებელზე შენარჩუნება ხორციელდება ავტომატურად, სპეციალური ელექტრო-რეგულატორის საშუალებით.

ჩამძირ ლილვს 3 აქვს მორეზინებული საფარი. ლილვი მოძრაობაში მოდის მანქანის ამძრავიდან ჯაჭვური გადაცემის საშუალებით. მამულსირებელი ლილვი 5, დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან. მამულსირებელი ლილვი მოძრაობაში მოდის ჩამძირი ლილვიდან ჯაჭვური გადაცემის და წყვილი კბილანის საშუალებით. კბილანების ცვლა იძლევა საშუალებას ვცვალოთ მამულსირებელი ლილვის

სიჩქარე, ჩამძირ ლილვთან თანაფარდობაში და აქედან გამომდინარე, ვარეგულიროთ ქსელის ძაფების ტენიანობა.

გაემულსირებული ქსელის ძაფები წკირებით 6 და 7 იყოფიან, გაივლიან გამომშვებ ლილვს 8 და ეხვევიან საქსოვ ღერძზე. ქსელის ძაფების დაჭიმულობა საემულსიო-გადასახვევ მანქანაზე რეგულირდება ავტომატურად, სპეციალური მოწყობილობის საშუალებით.

აცეტატური ქსელის ძაფების ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ემულსირების ტექნოლოგიური პარამეტრები საემულსიო-გადასახვევი მანქანისათვის MII-180-1:

ემულსირების ხაზობრივი სიჩქარე 50 მ/წთ;

ვარცლში ემულსიის დონე ზევიდან 50 მმ;

ვარცლში საემულსიო ხსნარის ტემპერატურა 25°C ;

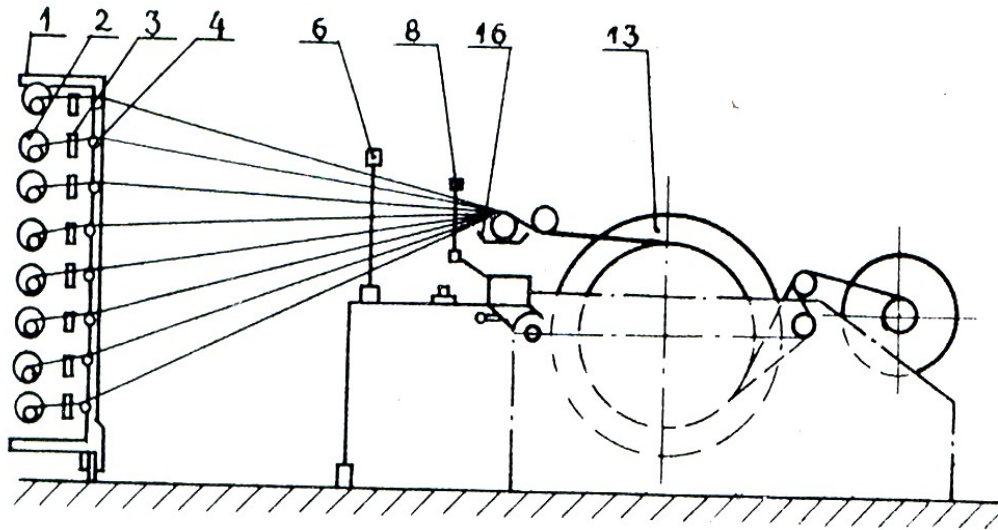
ქსელის ძაფების საემულსიო ლილვზე შემოხვევის კუთხე 10-12 გრად;

ქსელის ძაფების გაჭიმვა, არა უმეტეს 1,5%;

საემულსიო ლილვის სიჩქარის დამოკიდებულება

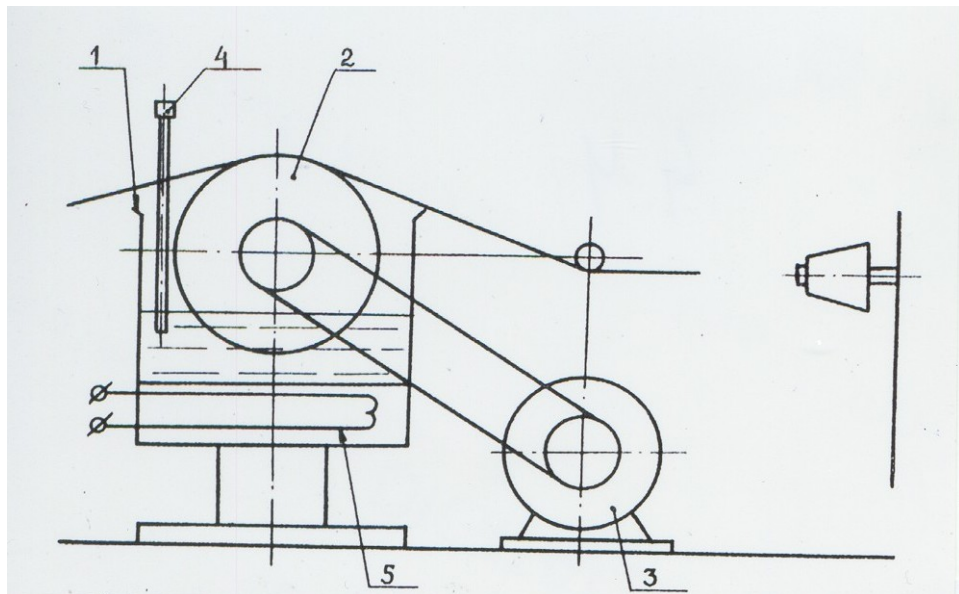
ქსელის ძაფების მოძრაობის სიჩქარესთან 0,3.

ნახ.4.3.-ზე ნაჩვენებია ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური სქემა ლენტურ საქსელავ მანქანაზე. ქსელის ძაფები გადმოეხვევიან კონუსური ბობინებიდან 2, რომლებიც უძრავად არიან დამაგრებული თაროზე 1, გაივლიან ორ ზონიან დამჭიმ მოწყობილობას 3, ქსელის ძაფების გაწყვეტის შემთხვევაში სასიგნალე კაუჭებს 4, სავარცხელს 6, სუპორტის სავარცხელს 8, ეხებიან მაემულსირებელ ლილვაკს და ეხვევიან საქსელავ დოლზე 13.



ნახ.4.3. ქსელის ძაფების ემულსირების ტექნოლოგიური სქემა ლენტურ საქსელავ მანქანაზე

ნახ.4.4.-ზე ნაჩვენებია მამულსირებელი მოწყობილობა ლენტური საქსელავი მანქანისათვის “Текстима”.



ნახ.4.4. მამულსირებელი მოწყობილობა ლენტური საქსელავი მანქანისათვის “Текстима”.

მოწყობილობა შედგება ვარცლისაგან 1, რომელშიც მოთავსებულია მამულსირებელი ლილვი 2, მამულსირებელი ლილვის ამძრავი 3, საემულსიო ხსნარის ტემპერატურის ავტომატური რეგულატორი 4, საემულსიო ხსნარის შემთბობი 5. მოწყობილობა მონტაჟდება მოძრავ მაგიდაზე სუპორტის სავარცხელსა

და საქსელავ დოლს შორის და გადაადგილდება სუპორტთან ერთად. აღნიშნულ მოწყობლობაზე ქსელის ძაფების ემულსირება ხორციელდება ლენტებად.

აცეტატური ქსელის ძაფების ხაზობრივი სიმკრივეთ 11,1 ტექსი ემულსირების ტექნოლოგიური პარამეტრები ლენტური საქსელავი მანქანისათვის:

ქსელვის ხაზობრივი სიჩქარე 400 მ/წთ;

მაემულსირებელი ლილვის სიჩქარე 20 მ/წთ;

ვარცლში ემულსიის დონე ზევიდან 60 მმ;

ვარცლში საემულსიო ხსნარის ტემპერატურა 25°C ;

ქსელის ძაფების საემულსიო ლილვზე გარშემოწერილობა 15°C;

გამომავალი ქსელის ტენიანობა 10-15 %.

4.5.დამუშავებული აცეტატური ძაფების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების კვლევა

ნიმუშის გამოცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობების დამუშავება ხორციელდებოდა საფეიქრო მასალათმცოდნეობაში მიღებული სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით (იხ. თავი 2).

აცეტატური ძაფების გამგლეჯი დატვირთვა და გამგლეჯი წაგრძელება. ნიმუშის გამოცდის შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.6 და გრაფიკზე.

აცეტატური ძაფების მუშაობა გაგლეჯვაზე. ნიმუშის გამოცდის შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.7.

აცეტატური ძაფების გამძლეობა ცვეთაზე (ცვეთამედევობა). ნიმუშის გამოცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 4.8.

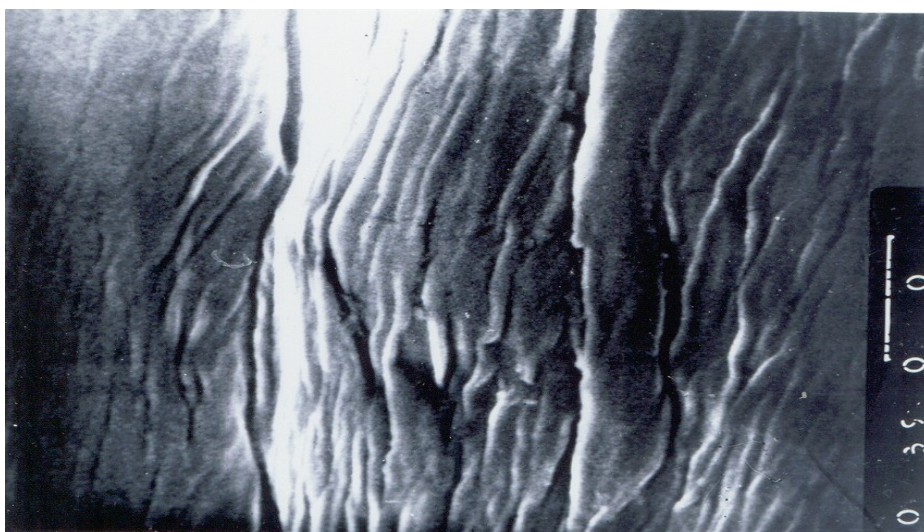
ხახუნის კოეფიციენტი. ნიმუშის გამოცდის შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.9.

აცეტატური ძაფების ელასტიურობა. ნიმუშის გამოცდის შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.10.

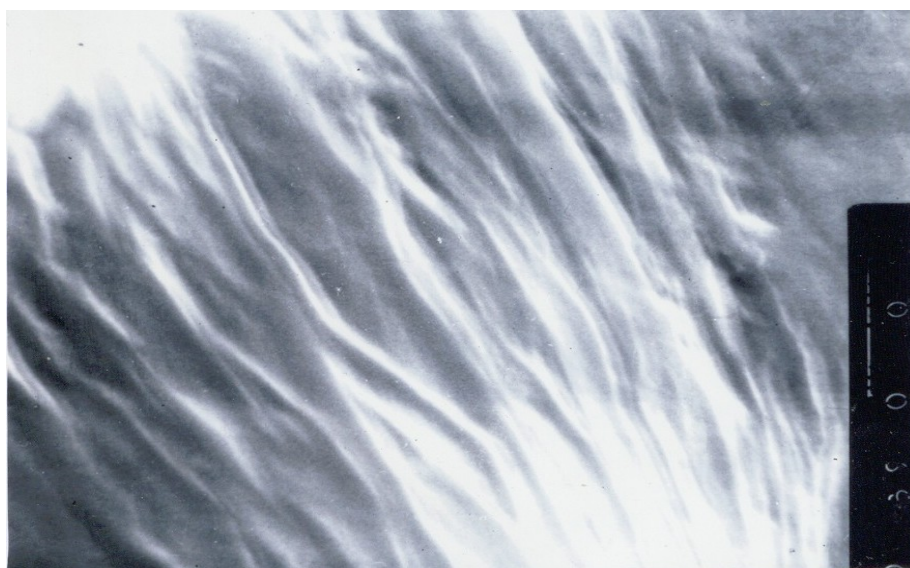
აცეტატური ქსელის ძაფების ზედაპირის მიკროსტრუქტურის კვლევა ელექტრონული მიკროსკოპის გამოყენებით. ნიმუშების შესწავლამ ელექტრონულ მიკროსკოპზე გვიჩვენა, რომ:

დაუმუშავებელი ქსელის ძაფების (სურ.4.1.) ზედაპირზე შეიმჩნევა დიდი რაოდენობით დაღარული ადგილები; გაემულსირებული აცეტატური ქსელის ძაფების (სურ.4.2) ზედაპირი გაცილებით გლუვია დაუმუშავებელ ქსელის ძაფებიანთან შედარებით.

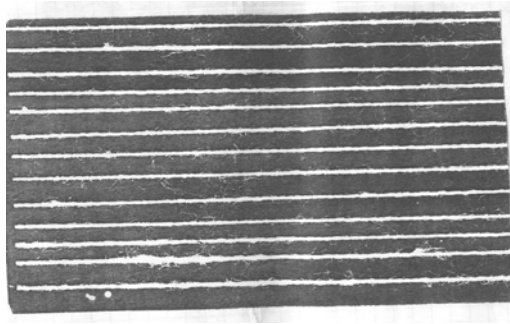
ფოტოგრაფირების საშუალებით შესწავლილი იქნა აცეტატური ძაფების გარეგნული სახე ემულსირებამდე (სურ.4.3) და ემულსირების შემდეგ (სურ.4.4).



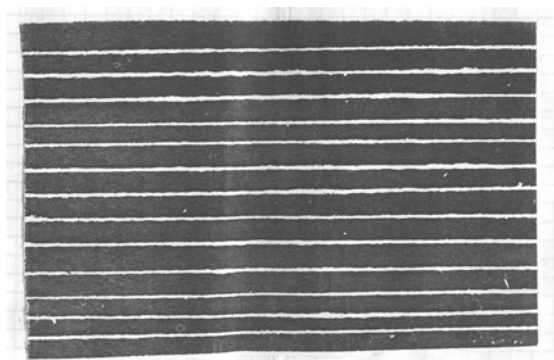
სურ.4.1. დაუმუშავებული აცეტატურ ძაფის მიკროსტრუქტურა



სურ.4.2. გაემულსირებული აცეტატური ძაფის მიკროსტრუქტურა



სურ.4.3. აცეტატური ძაფის ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი გარეგნული სახე ემულსირებამდე



სურ.4.4. აცეტატური ძაფის ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი, გარეგნული სახე ემულსირების შემდეგ.

ნიმუშის გამოცდის შედეგები. აცეტატური ძაფების, ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ტრანსფორმატორის ზეთის მეორადი ფრაქციით ემულსირებისას, ოპტიმალურ ტექნოლოგიურ პარამეტრებზე იზრდება:

გამგლეჯი წაგრძელება – 20%-ით;

გამგლეჯი დატვირთვა – 15 %-ით.

აცეტატური ძაფების, ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი

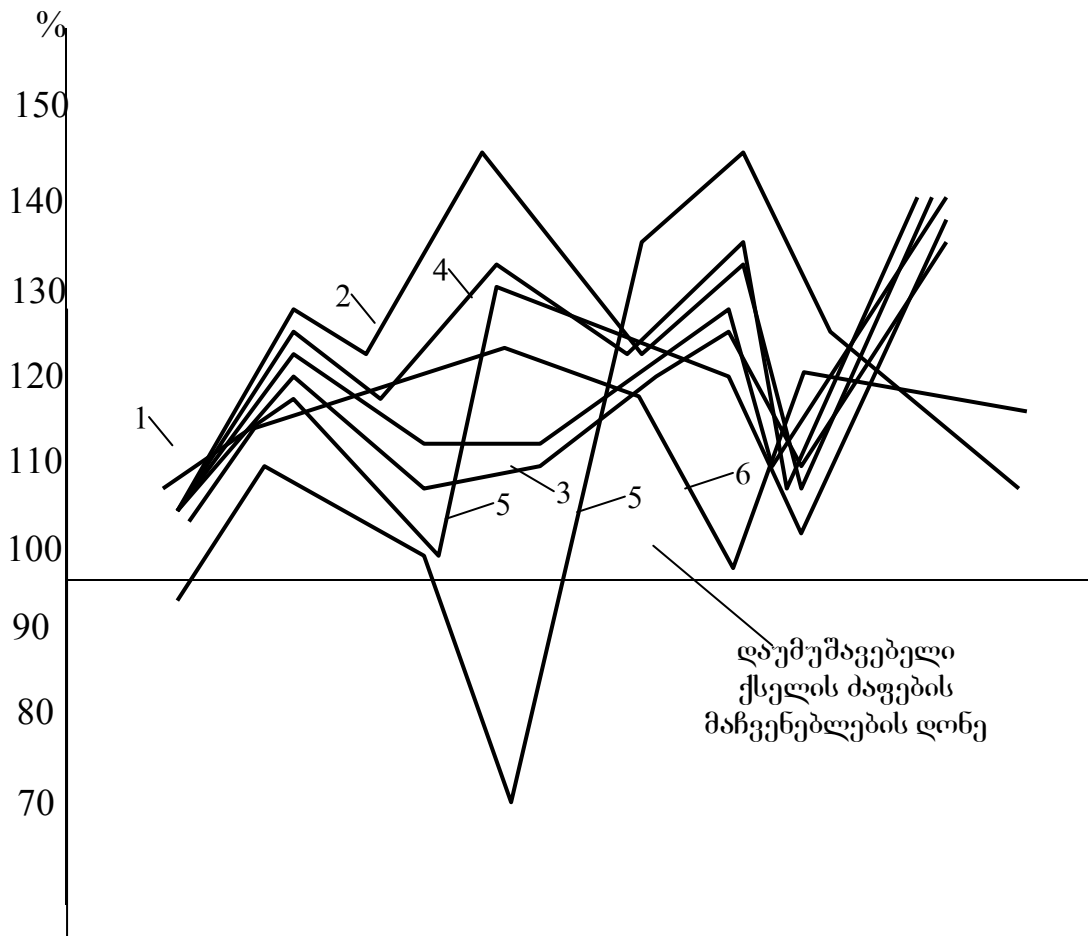
მუშაობა გაგლეჯვაზე იზრდება 12 %-ით.

გამძლეობა ცვეთაზე (ცვეთამედეგობა) იზრდება 10%-ით.

ხახუნის კოეფიციენტი მცირდება 25%-ით.

იზრდება ძაფის ფარდობითი სრული წაგრძელება, განსაკუთრებით მისი დრეკადი და პლასტიკური მდგენელები, ხოლო ელასტიკური მდგენელი რჩება თითქმის ერთსა და იმავე დაუმუშავებელი ძაფების დონეზე. აცეტატური ძაფის ემულსირების ოპტიმალურ ვარიანტზე დაფიქსირდა ტენიანობა 8%, ხოლო ძაფზე დატანილი ემულსიის კონცენტრაცია 1,8 %.

ნახ.4.5-ზე მოცემულია აცეტატური ქსელის ძაფების ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლების ცვლილების დიაგრამა.



ნახ.4.5.აცეტატური ქსელის ძაფების ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლების ცვლილების დიაგრამა.

პირობითი აღნიშვნები: 1- $P_{გამგ}$ - გამგლეჯი დატვირთვა, cH; 2 - $E_{გამგ}$ - გამგლეჯი წაგრძელება, %; 3 - $R_{გამგ}$ - მუშაობა გაგლეჯვაზე, სნ მმ; 4 - $B_{გამგ}$ - ძაფის გამძლეობა ცვეთამედეგობაზე, ციკლების რაოდენობა; 5 - $K_{ხახ}$ - ხახუნის კოეფიციენტი; 6- A- ტენიანობა, %.

თავი 5. სავარცხლის კბილში ძაფის გამსხვილებული ადგილის გასვლის დროს ადრული ძალის განსაზღვრა

ლიტერატურული წყაროების ანალიზიდან ჩანს, რომ ქსელის ძაფების ხახუნის ძალის მნიშვნელობა საქსოვ დაზგაზე მათი გადამუმავების დროს ძალიან დიდია.

საქსოვ დაზღაზე ქსელის ძაფების წყვეტიანობის ერთ-ერთ მიზეზად გვევლინება ძაფების ხახუნი ერთმანეთს შორის და მათი შეხება საქსოვი დაზღის მიმძართველ ორგანოებთან (სავარცხელი, ქსელმეთვალყურე ფირფიტები, დგიმის თვლები და ა.შ.). ხახუნის კოეფიციენტი მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს მაშინ, როდესაც ძაფზე წარმოიქმნება გამსხვილებული ადგილები კონტაქტის ადგილებში. გამსხვილებული ადგილების წარმოქმნა (სურათზე 5.1, 5.2 გამოსახულია აცეტატური ძაფებისათვის დამახასიათებელი წუნის სახეები) ქსელის ძაფებში აღძრავს მაქსიმალურ დაჭიმულობას, რასაც საბოლოო შედეგამდე მივყავართ ცალკეული ქსელის ძაფების სიმტკიცის შემცირებამდე (10 %-დან 17 %-მდე) და ყველაზე სუსტ ადგილებში მათ წყვეტიანობამდე.

მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში განსაზღვრული იქნა ძალა, რომელიც აღიძვრება ძაფში მისი გამსხვილებული ადგილის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს.

გამოთვლების გამარტივების მიზნით ძაფის გამსხვილებული ადგილი განხილული იქნა ნასკვის სახით.

ნასკვის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს, ძაფში აღიძვრება დამატებითი ძალა. ეს ძალა ტოლია:

$$\Delta T = (\ell - \ell_0) C_a = C_a (V_t - x) \quad (\text{ს.ნ.}); \quad (5.1)$$

სადაც ℓ_0 – ძაფის საწყისი სიგრძეა, სმ;

x - ნასკვის გადანაცვლება სავარცხლის კბილის მიმართ, მმ;

C_a - ძაფის სიხისტე, სნ/სმ;

V - სავარცხლის კბილის მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ;

$(V_t - x)$ - ძაფის დეფორმაცია;

ΔT - ძალა, რომელიც აღიძვრება ძაფში, გამსხვილებული ადგილის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს, ს.ნ.

მოცემულ თანაფარდობაში ძაფის დეფორმაცია წარმოდგენილია, როგორც სხვაობა სავარცხლის კბილის გადაადგილებასა (კონტაქტის t დროს განმავლობაში) და ნასკვის სავარცხლის კბილის მიმართ საწინააღმდეგო მიმართულებით გადანაცვლებას შორის (ნახ.5.1).

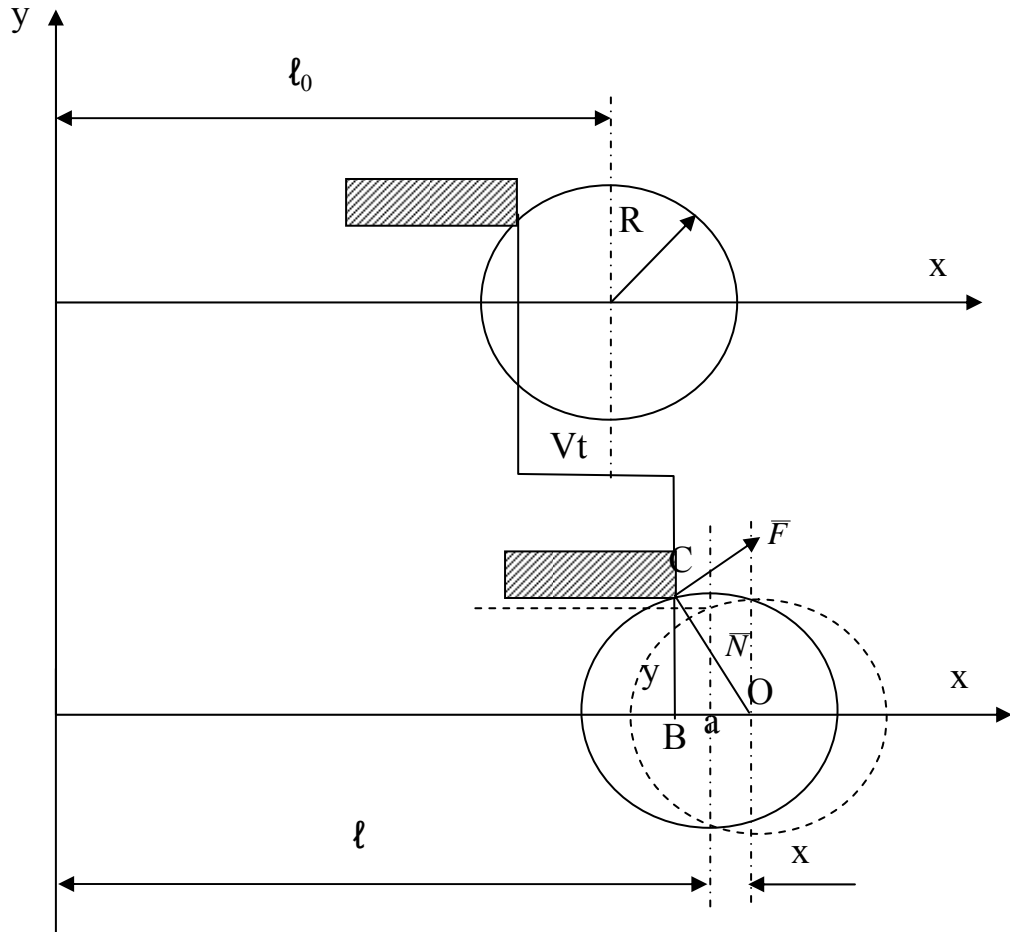
ძაფის სიხისტე განსაზღვრული იქნა ფორმულით:

$$C_d = \frac{P_d}{E_d \cdot \ell} \text{ (ს.ნ/სმ);}$$

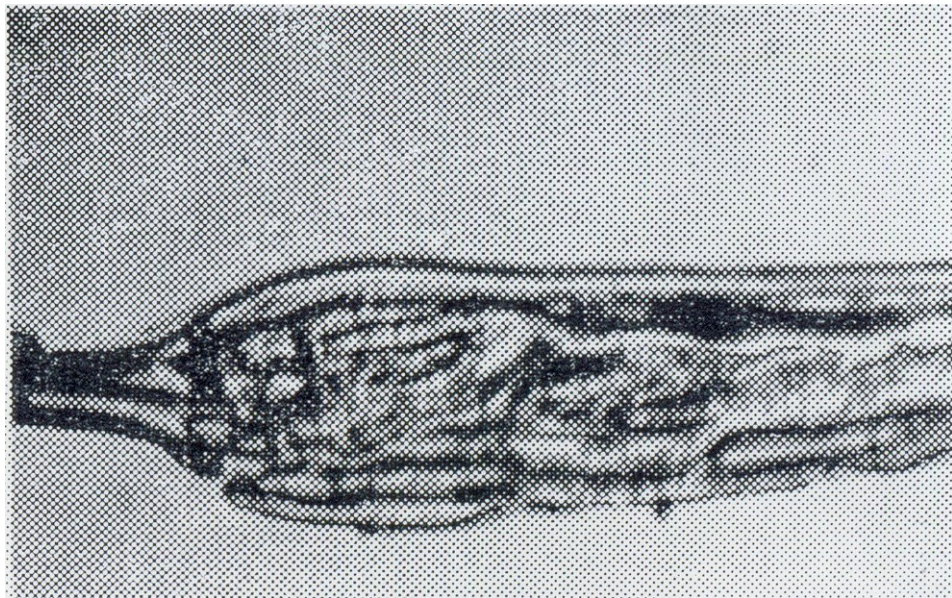
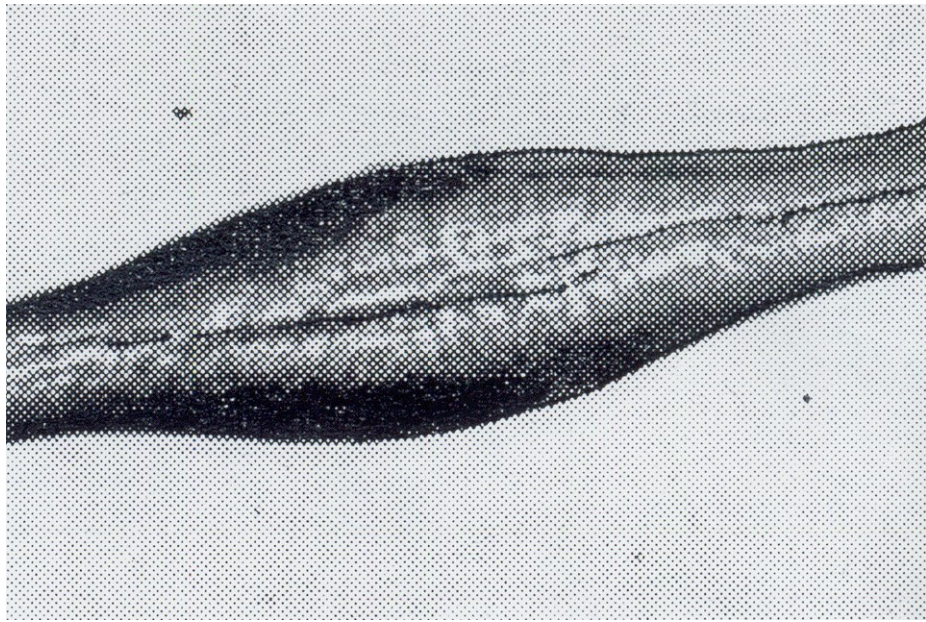
სადაც P_d – ძაფის გამგლეჯი დატვირთვა (განისაზღვრება დინამომეტრზე), ს.ნ;

E_d – ძაფის გამგლეჯი წაგრძელება (განისაზღვრება დინამომეტრზე), სმ;

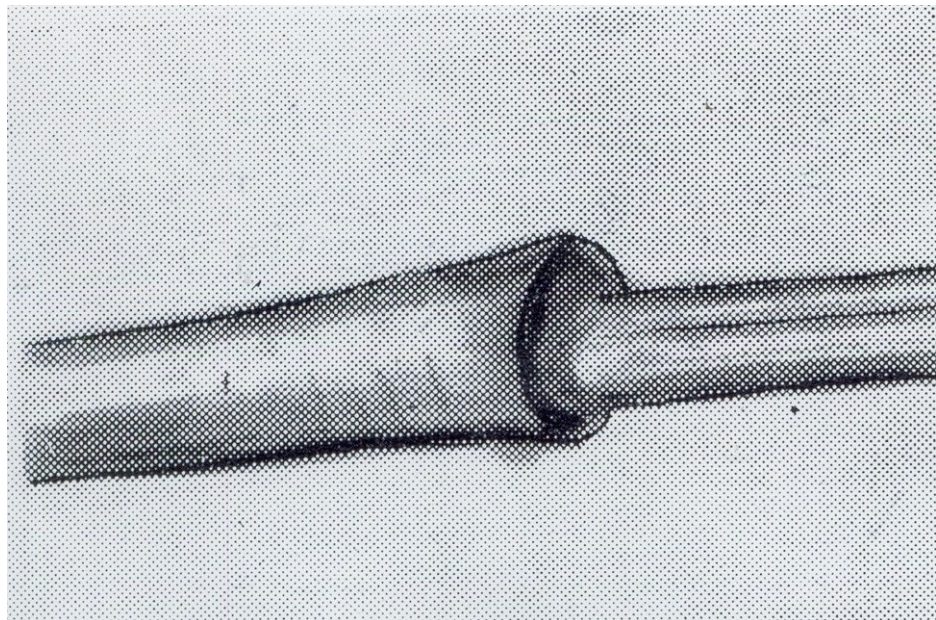
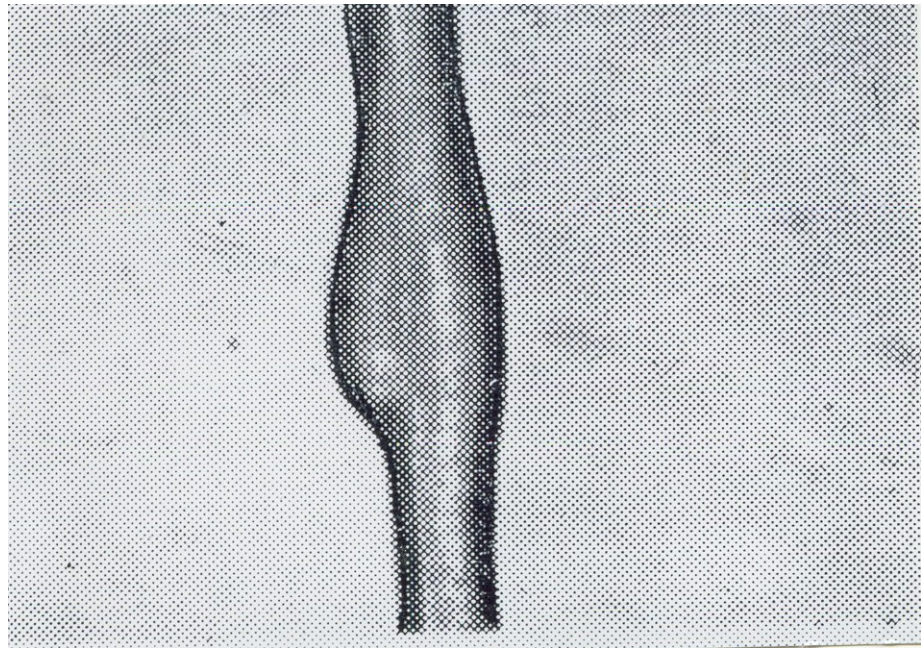
ℓ – ძაფის დეფორმირებული მონაკვეთის სიგრძე, სმ;



ნახ.5.1. სავარცხლის მოძრავ კბილებთან ძაფის ნასკვის ადგილის ზემოქმედების სქემა



სურ.5.1. აცეტატური ძაფებისათვის დამახასიათებელი წუნის სახეები



სურ.5.2. აცეტატური ძაფებისათვის დამახასიათებელი წუნის სახეები

5.1. კავშირი სავარცხლის კბილის მიმართ ნასკვის გადანაცვლებასა და სავარცხლის კბილის გადაწევის შორის

კავშირი სავარცხლის კბილის მიმართ ნასკვის გადანაცვლებასა და სავარცხლის კბილის გადაწევის შორის განისაზღვრება სქემით, რომელიც ნაჩვენებია ნახაზზე 5.1.

აღნიშნოთ: a - მანძილია კბილის ნაწიბურსა და ნასკვის ცენტრს შორის;

R - ნასკვის რადიუსი;

Y - მანძილი კბილსა და ძაფის ღერძს შორის.

სამკუთხედიდან BOC ვსაზღვრავთ a -ს:

როდესაც $t=0$; $Y=Y_0$ ამიტომ

$$a = \sqrt{R^2 - Y_0^2} \quad (5.1)$$

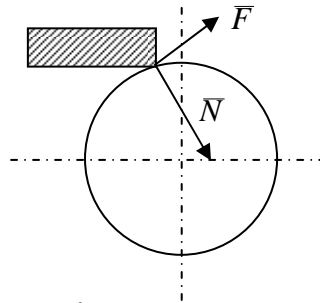
თუ იცვლება Y სიდიდე, მაშინ იცვლება მანძილი X ე.ი. ნასკვი გადაინაცვლებს სავარცხლის კბილის მიმართ შემდეგი სიდიდით:

$$X = a_0 - a = \sqrt{R^2 - Y_0^2} - \sqrt{R^2 - Y^2} \quad (5.2)$$

სავარცხლის კბილის ნასკვთან კონტაქტის დაწყების მომენტში (როდესაც $t=0$) ნასკვის გადაინაცვლება სავარცხლის კბილის მიმართ X ტოლი იქნება ნულის. X ყველაზე დიდ მნიშვნელობას მიიღებს, როდესაც $Y=R$.

5.2. სავარცხლის კბილზე და ძაფის ნასკვზე მოქმედი ძალების განსაზღვრა

ძაფის ნასკვის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს, ნასკვზე კბილის მხრიდან მოქმედებენ შემდეგი ძალები (ნახ.5.2).



ნახ.5.2. ნასკვზე მოქმედი ძალები

\vec{N} - ნასკვზე, სავარცხლის კბილის ნორმალური დაწოლის ძალაა;

\vec{F} - ნასკვსა და სავარცხლის კბილს შორის აღძრული ხახუნის ძალაა;

\vec{N} - ძალა მიმართულია ნასკვის ცენტრისაკენ, ე.ი.

$$\vec{N} = N(\cos \alpha \vec{i} - \sin \alpha \vec{j});$$

სადაც α - კუთხეა წრფეებს შორის, რომლებიც აერთებენ ნასკვის სავარცხლის კბილთან კონტაქტის წერტილს ნასკვის ცენტრთან;

\vec{i}, \vec{j} - ორტეზია, რომლებიც მიმართული არიან O_x და O_y ღერძებზე შესაბამისად;

N - ნორმალური დაწოლის ძალის მოდულია;

ანალოგიურად:

$$\vec{F} = F(\sin \alpha \vec{i} + \cos \alpha \vec{j});$$

თუ ჩავთვლით, რომ ხახუნი ექვემდებარება ამონტონის კანონს, მივიღებთ:

$$\vec{F} = \mu N(\sin \alpha \vec{i} + \cos \alpha \vec{j});$$

დავაპროექტოთ ყველა ძალები O_x ღერძზე, მივიღებთ კიდევ ერთ გამოსახულებას ΔT -თვის:

$$\Delta T = 2N(\cos \alpha + \mu \sin \alpha); \quad (5.3)$$

ფორმულაში ნაგულისხმევია ნასკვზე ორი კბილის ზემოქმედება.

კუთხე α შეიძლება გამოსახული იყოს Y -ის საშუალებით:

$$\sin \alpha = \frac{Y}{R} \quad (5.4)$$

რომ ვიპოვოთ ΔT სიდიდე, ცალკე უნდა განვიხილოთ კბილის წონასწორობა.

სავარცხლის კბილზე ნასკვის მხრიდან მოქმედებენ ძალები \vec{N} და \vec{F} დრეკადობის ძალა $C_3(Y - Y_0)\vec{j}$, აგრეთვე ინერციის ძალა $mY''\vec{j}$, სადაც m მოცემული კბილის მასაა;

$$Y'' = \frac{d^2 Y}{dt^2}$$

დავაპროექტოთ ყველა ძალები O_y მივიღებთ:

$$mY'' = N(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - C_3(Y - Y_0); \quad (5.5)$$

სადაც C_3 – სავარცხლის კბილის სიხისტეა;

ტოლობა (5.2) საშუალებას გვაძლევს გამოვსახოთ Y X -ის საშუალებით:

$$\sqrt{R^2 - Y^2} = \sqrt{R^2 - Y_0^2} - X$$

ან

$$R^2 - Y^2 = R^2 - Y_0^2 + X^2 - 2X\sqrt{R^2 - Y_0^2}$$

აქედან

$$Y^2 = Y_0^2 - X^2 + 2X\sqrt{R^2 - Y_0^2} \quad (5.6)$$

ვიპოვოთ (5.6) ტოლობის დიფერენციალი და განვსაზღვროთ მეორე წარმოებული Y -ით დროში:

$$Y\dot{Y} = -X\dot{X} + \dot{X}\sqrt{R^2 - Y_0^2}$$

აქედან

$$\dot{Y} = \frac{\dot{X} \sqrt{R^2 - Y_0^2} - X \dot{X}}{Y} = \dot{X} \frac{\sqrt{R - Y_0^2} - X}{Y} \quad (5.7)$$

შემდეგ

$$\dot{Y}^2 + Y \ddot{Y} = -\dot{X}^2 + X \ddot{X} + \dot{X} \sqrt{R^2 - Y_0^2}$$

ე.ი.

$$\ddot{Y} = -\frac{\dot{X}^2 + X \ddot{X} + \dot{Y}^2}{Y} + \dot{X} \frac{\sqrt{R^2 - Y_0^2}}{Y} \quad (5.8)$$

ტოლობა (5.8) ჩავსვათ ტოლობაში (5.5).

$$+ \frac{m}{Y} \left[\dot{X} (\sqrt{R^2 - Y^2} - X) - \dot{X}^2 - \dot{Y}^2 \right] = N(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - C_j (Y - Y_0)$$

მიღებული განტოლება ამოვხსნათ უფროსი წარმოებულის მიმართ:

$$\dot{X} = \frac{1}{\sqrt{R^2 - Y^2} - X} \left\{ \frac{Y}{m} [N(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - C_j (Y - Y_0)] + \dot{X}^2 + \dot{Y}^2 \right\} \quad (5.9)$$

მიღებულ ტოლობაში რომ გამოვრიცხოთ N, ტოლობების (5.1) და (5.3) მარჯვენა ნაწილები გავუტოლოთ ერთმანეთს:

$$N = \frac{C_d (V_t - X)}{2(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}$$

ჩავსვათ ტოლობაში (5.9), მივიღებთ:

$$\dot{X} = \frac{1}{\sqrt{R^2 - Y^2} - X} \left\{ \frac{Y}{m} \left[\frac{C_d (V_t - X)}{2(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)} - C_j (Y - Y_0) \right] + \dot{X}^2 + \dot{Y}^2 \right\} \quad (5.10)$$

ამოვხსნით რა ტოლობას (5.10) X-ის მიმართ და შემდეგ მიღებულ მნიშვნელობებს ჩავსვამთ ტოლობაში (5.1), შეგვიძლია მივიღოთ იმ ძალის მნიშვნელობა, რომელიც აღიძვრება ძაფში. ნასკვის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს.

ეს ტოლობა გვამღებს საშუალებას გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ძალა რომელიც აღიძვრება ძაფში ნასკვის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს, დამოკიდებულია ხახუნის კოეფიციენტზე μ , ძაფის სიხისტეზე C_d , კბილის წონაზე m , ნასკვის რადიუსზე R . ხახუნის კოეფიციენტის შემცირებასთან ერთად იზრდება X სიდიდის მნიშვნელობა და აქედან გამომდინარე, მცირდება ძალა, რომელიც აღიძვრება ძაფში ნასკვის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს.

კომპიუტერის საშუალებით (შედგენილია პროგრამა) განსაზღვრული იქნა ძალის სიდიდე, რომელიც აღიძვრება ძაფში, ნასკვის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს. საწყის მნიშვნელობად აღებული იქნა შემდეგი მონაცემები:

ხახუნის კოეფიციენტი, დაუმუშავებელი ძაფის - $\mu=0,510$

ხახუნის კოეფიციენტი, გაემულსირებული ძაფის - $\mu=0,383$

ძაფის სიხისტე, $C_a= 8,7$ სნ/სმ;

სავარცხლის კბილის მასა, $m= 37$ მგ;

ძაფის ნასკვის რადიუსი, $r= 0,199$ მმ;

სავარცხლის მოძრაობის სიჩქარე, $v=1,95$ მ/წმ.

გამოთვლით მიღებული მონაცემებიდან დადგენილი იქნა, რომ ძალა, რომელიც მოქმედებს გაემულსირებული ქსელის ძაფების გამსხვილებული ადგილების სავარცხლის კბილში გასვლის დროს გაცილებით ნაკლები სიდიდისაა, ვიდრე დაუმუშავებელი ქსელის ძაფების გასვლის დროს.

ძალის მნიშვნელობა შეადგენს:

- გაემულსირებული ძაფების გასვლის დროს 8 ს.ნ.;
- დაუმუშავებელი ძაფების გასვლის დროს 12=ს.ნ.;

დასკვნები

1. დამუშავებულია და აცეტატური ძაფის მაგალითზე გამოკვლეულია შემზეთი "ზეთი/წყალში" ტიპის ემულსია, რომელიც ხასიათდება მაღალი მდგრადობის და თანაბარი ადსორბირების ხარისხით; ემულსიის ძირითად კომპონენტად გამოყენებულია ტრანსფორმატორის ნამუშევარი ზეთის მეორადი ფრაქცია, რომელსაც გააჩნია გასაპვნის მაღალი ინდექსი, შემდგომ, სადისპერსიო არეში საკმაო განაწილების უნარი.
2. შემზეთი ემულსიის მიღების პროცესი გამოირჩევა ტექნოლოგიის სიმარტივით და განხორციელების ზომიერი სამუშაო პარამეტრებით. მიღებული მასალა ხასიათდება კოალესცენციის ხანგრძლივობით, რომელიც უკავშირდება ორი თხევადი ფაზის გამყოფ საზღვარზე ზედაპირული დაჭიმულობის მნიშვნელოვან შემცირებას. ემულსიას გააჩნია pH-ის ნეიტრალური ინტერვალი

და არ იწვევს ნართის ქიმიურ რღვევას, არაკოროზიულია და ნაკლებაქროლადაა ჩვეულებრივ პირობებში.

3. დამუშავებულია აცეტატური ბოჭკოს შემცველი ნართის შეზეთვის ავტოკლავური მეთოდი ოპტიმალური პირობებით: $p=0,15$ ატ, $t=50^{\circ}\text{C}$. ნაჩვენებია აღნიშნული საფეიქრო მასალის შეზეთვის ავტოკლავური მეთოდის პერსპექტიულობა არსებულ მეთოდებთან შედარებით.
4. აცეტატური ძაფების, ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი ემულსირება ტრანსფორმატორის ზეთის მეორადი ფრაქციის გამოყენებით, ოთხი ძირითადი ტექნოლოგიური ფაქტორის ოპტიმალური მნიშვნელობის დროს, იწვევს მისი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების მნიშვნელოვნად ზრდას, კერძოდ:
1. გამგლეჯი წაგრძელება - 20%-ით; 2. გამგლეჯი დატვირთვა - 15 % ით; 3. მუშაობა გაგლეჯაზე - 12%-ით; 4. ცვეთამედეგობა - 10%-ით.
5. ექსპერიმენტის შედეგებიდან გამომდინარე შემუშავებული იქნა რეკომენდაციები, აცეტატური ქსელის ძაფების ხაზობრივი სიმკვრივით 11,1 ტექსი, ემულსირების ტექნოლოგიური პარამეტრების საწარმოო პირობებში დასანერგად საემულსიო გადასახვევ და ლენტურ საქსელავ მანქანებზე.
6. ელექტრონული მიკროსკოპის “სტერეოსკანის” საშუალებით შესწავლილი იქნა აცეტატური ქსელის ძაფების ზედაპირის მიკროსტრუქტურა ემულსირებამდე და ემულსირების შემდეგ. ემულსირების შემდეგ ძაფების ზედაპირი ხდება გაცილებით გლუვი დაუმუშავებელ ქსელის ძაფებთან შედარებით.
7. განსაზღვრული იქნა ძალა, რომელიც აღიძვრება ძაფში მისი გამსხვილებული ადგილის სავარცხლის კბილში გასვლის დროს.
8. სავარცხლის კბილში გაემულსირებული ქსელის ძაფების გამსხვილებული ადგილის გასვლის დროს აღიძვრება ნაკლები სიდიდის ძალა, ვიდრე დაუმუშავებელი ქსელის ძაფების გასვლის დროს.
9. ექსპერიმენტის შედეგების დასამუშავებლად შედგენილია პროგრამა, ემულსირების ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოსახსნელად.

1. ბარდაველიძე ა., ხურცილავა ა. ნართის დაჭიმულობის სტაბილიზაცია. საფეიქრო და მსუბუქი მრეწველობის განვითარების თანამედროვე პრობლემებისადმი მიძღვნილი I საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მასალები. –ქუთაისი: 1995. – 6 გვ.
2. ბუაძე ე., შარაბიძე მ., რიჟინაშვილი დ. მშენიერი ქსოვილების სამყაროში. – ქუთაისი: 1977.
3. ბუაძე ე. საფეიქრო ქიმიის ფიზიკო-ქიმიური საფუძვლები. გამ. "საქართველო", ქუთაისის ფილიალი. 2001. - გვ. 53-56.
4. დოგრაშვილი ნ. საფეიქრო მასალების გასახამებლად გამოყენებული სახამებლის ბენტონიტით მოდიფიცირების შესაძლებლობის კვლევა და ტექნოლოგიის შემუშავება. საკანდიდატო დისერტაციის ავტორეფერატი. – ქუთაისი: 2002. – 9 გვ.
5. კანდელაკი ა., ადეიშვილი ლ., კანდელაკი შ. ნავთობის ბაზაზე მიღებული არატოქსიკური ზეთი-დამარბილებლის გამოკვლევა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. ტ.145, №2, -თბილისი: 1992. - გვ.366-370.
6. კანდელაკი ა. კოლოიდური ქიმიის საფუძვლები. მონოგრაფია. გამომცემლობა "საქართველო". –თბილისი: 1996. - გვ. 68-71.
7. კანდელაკი ა., გობეჯიშვილი ლ. ტრანსფორმატორის ზეთების ღრმა ფიზიკურ-ქიმიური ცვლილებები მათი ექსპლოატაციის შედეგად. საფეიქრო და მსუბუქი მრეწველობის განვითარების თანამედროვე პრობლემებისადმი მიძღვნილი I საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მასალები. –ქუთაისი: 1995. - გვ.31-33.
8. კანდელაკი ა. ნავთობის ფრაქციათა დემეტალიზაცია მანგანუმის კატალიზატორზე და საქართველოს ნავთობების უნარჩენო გადამუშავების ტექნოლოგიათა ზოგიერთი ასპექტი. დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. –თბილისი: სტუ, 1994. - გვ. 253-259.
9. კანდელაკი ა. ფიზიკური ქიმიის რჩეული თავები. მონოგრაფია. ზედაპირული მოვლენები. გამომცემლობა "საქართველო" ქუთაისის ფილიალი. –ქუთაისი: 1997. - გვ.16-21.

10. კანდელაკი ა., რუსაძე თ., კანდელაკი შ. ზეთების ცვეთამსაწინააღმდეგო თვისებების შეფასება. ქსტუ-ს შრომები. გამომცემლობა "საქართველო" ქუთაისის ფილიალი. - №4, 1997. - გვ.12-14.
11. კანდელაკი შ. მეორადი ზეთების ხარისხობრივი მაჩვენებლების კონტროლი, დაძველების დიაგნოსტიკა და რეგენერაცია. საკანდიდატო დისერტაცია. – ქუთაისი: 1998. - გვ.40-56.
12. კანდელაკი ა., ყვავაძე მ., კვანტიძე ვ. ვიბრომდგრადობა მეორადი ზეთების კერძო საექსპლოატაციო კრიტერიუმი. ქსტუ-ს შრომები. გამომცემლობა "საქართველო". №9, 2001. - გვ.161-163.
13. კოსტავა დ. საქართველოს ნავთობების მაღალმდულარე ნაერთების არომატული ფრაგმენტები. საკანდიდატო დისერტაცია. -თბილისი: 1993. - გვ.16-18.
14. ფიჩხაძე შ., ბუაძე ე. საფეიქრო ქიმიის ლაბორატორიული პრაქტიკუმი. გამომცემლობა. "განათლება". –თბილისი: 1990. – 15 გვ.
15. ყვავაძე მ., კანდელაკი ა. ემულსიის მიღების ხერხი. საქართველოს რესპუბლიკის პატენტი სასარგებლო მოდელზე. №960 ძალაშია 25.06.2001-დან.
16. ყვავაძე მ., კანდელაკი ა. მეორადი მინერალური ზეთების საფუძველზე შემზეთი ემულსიის მდგრადობის ხარისხის გამოკვლევა. ქსტუ-ს შრომები, გამომცემლობა "საქართველო" ქუთაისის ფილიალი. №1(14), 2004. - გვ. 175-178.
17. შარაბიძე მ. ბორაქსში დამუშავებული პოლიამიდური ბოჭკოების დრეკად-დეფორმაციული თვისებების კვლევა. ჟურნალი "მეცნიერება და ტექნოლოგიები", - თბილისი: 1-3, 2003. - გვ.99-103.
18. ჩივაძე ვ. სხვადასხვა დაფენილი და შერეული ნიმუშების ადსორბციული თვისებების შესწავლა. საკანდიდატო დისერტაცია. –თბილისი: სფოქი. 1996. - გვ.18-24
19. ხაზარაძე თ., კერვალიძე მ. სელის დართვის აღორძინება საქართველო-ში. საფეიქრო და მსუბუქი მრეწველობის განვითარების თანამედროვე პრობლემებისადმი მიძღვნილი I საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მასალები. –ქუთაისი: 1995. გვ.5.
20. Агафонова Л.Л. Влияние поверхностно-активных веществ на физико-механические

- свойства и способность вискозной текстильной нити к переработке. Дис. канд. техн. наук. -Москва, 1974. – 172 с.
21. Аген Л.В., Замета Б.В., Гусев В.Е., Жукова Н.И. Влияние некоторых технологических факторов на прочность адгезионных соединений волокон. Текстильная промышленность, №10, 1984. - с.53-55.
 22. Айходжаев Б.И., Исмаилов С.И., Нусуфбеков С.М., Авакян Э.Б., Ахмедов Ф.А. Новый способ увлажнения хлопкового волокна. Текстильная промышленность. №12, - Москва, 1989. - с.28-29.
 23. Алёнова А.П. Оптимизация условия выработки хлопчатобумажных тканей и сравнительная оценка их строения. Дис. канд. техн. наук. -Москва, 1982. - 222 с.
 24. Беркович Н.Ю., Любимов В.А., Кинков Н.П. Шерстоткачество/Под ред. В.Н. Чугреева. –М.: «ЛЕПРОМБЫТИЗДАТ», 1985. – 400 с.
 25. Бирюлина А.С., Лисенко Л.Я. Изыскание оптимальных параметров эмульсирования шерстяной пряжи. В. сб. «Машины и технология текстильного и трикотажного производства». вып. 7, - Рига. 1977. – с. 20-35.
 26. Бродский Л.И., Бродский В.З. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей /Справочник издание под редакцией В.В. Наимова. – Москва. Металлургия, 1982. – 750 с.
 27. Буадзе Е.П. Автореферат докт. дисс. – Кутаиси. КГТУ, 1999. - 14 с.
 28. Быкова И.В., Волкова Н.В. Долотова И.С. Евстрямьева Н.В. Оптимизация процессов приготовления шлихты. Текстильная промышленность, №2. – Москва. 1980. - с. 423-44.
 29. Берыштейн Е.И., Айходжаев Б.Б., Грешновене А.А., Пумка В.П. Переработка нитей из расплава триацетата целлюлозы. – Москва. Текстильная промышленность. №2, 1991. - с.26-27.
 30. Гаджиев Д., Буадзе Е.П. Применение сплава парафина с керосином для обработки пряжи. Труды КГТУ. изд. "Сакартвело" КФ. №1(14), 2004. - с.135-140.
 31. Голубев В.С. Работа релаксации текстильных нитей. – Москва. Текстильная промышленность. №3, 1993. – 28 с.
 32. ГОСТ 6611.1-73
 33. ГОСТ 3900-85
 34. ГОСТ 3816-61
 35. ГОСТ 2537-82
 36. ГОСТ 2087-74
 37. ГОСТ 12.4.113-82

38. ГОСТ 12.1.005-78
39. ГОСТ 12.2.003-74
40. ГОСТ 12.02.049-80
41. ГОСТ 12.4.026-76
42. ГОСТ 12.2.032-78
43. ГОСТ 12.2.033-78
44. ГОСТ 2477-65
45. ГОСТ 6356-75
46. ГОСТ 19932-74
47. ГОСТ 3810345-87
48. Градовский А.А. Сравнение методов изменения неровности по линейной плотности нитей. – Москва. Текстильная промышленность. №12, 1980. - с.51-53.
49. Дангадзе И.А. Разработка технологии эмульсирования крученой основной хлопчатобумажной пряжи. Канд. дисс. – Москва: 1987. - с.79-87.
50. Донгадзе И.А., Кучава Н.Г., Гургенидзе М.Г., Сирбиладзе Т.В., Гоголадзе М.Ш., Кучухидзе В.Т. Определение корреляционной зависимости между обрывностью основной пряжи и физико-механическими характеристиками.
51. Диаров И.Н., Батуева И.Ю., Садиков А.Н. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям. – Ленинград: "Химия". ЛО, 1990. – 202 с.
52. Дубинин Н.Н., Кукин Г.Н., Довидов А.Ф. Приборы для испытаний текстильных материалов. Текстильная промышленность. №6, 1984. - с.61-64.
53. Захарченко В.Н. Коллоидная химия. – Москва: ВШ. 1989. с.
54. Золоторевский Л.Т. Исследование причин разрушения основной пряжи в процессе ткачества и повышение ее технологических свойств. Дис. канд.техн. наук. – Ленинград: 1965. – 293 с.
55. Золотаревский Л.Т. Обрывность основы на ткацких станках / Под ред. И.Б. Кузьмина. –Москва: «Легкая и пищевая промышленность». 1982. – 81 с.
56. Иванюшин С.Ф., Костыро М.Ф. Влияние замасливания на прочность шерстяных волокон при их обработке. -Москва: «Текстильная промышленность». №1, 1984. - с. 38-41.
57. Канделаки А.Ш., Бекаури Н.Г. Разработка процесса получения замасливателя на основе нефтей Грузии. Материалы республиканской конференции ученых-химиков Эстонии. –Таллин: 1981. - с.12-15.
58. Канделаки А.Ш. Новый пластификатор на основе нефтяного сырья. Материалы научно-технической конференции "Химия и технический прогресс". -Кутаиси:

59. Канделаки А.Ш., Едилашвили И.Г. Исследование нефтей Грузии и продуктов их переработки. *Georgian Engineering News*. N1, 2001. p.111-113.
60. Канделаки А.Ш., Канделаки Ш.А., Адеишвили Т.Г. Метод исследования состава и свойств масел. Труды КГТУ, №1. – Кутаиси: Сакартвело, 1995. - с.86-88.
61. Кузнецов Г.И. Требования к ассортименту и качеству химических нитей. *Текстильная промышленность*. №8, -Москва: 1988. - с.60-61.
62. Кричевский Г.Е. Никитков В.Н. Теория и практика подготовки текстильных материалов. –Москва: «Легпромбытиздат», 1989.
63. Кричевский Г.Е., Корчагин М.В., Семахов А.В. Химическая технология текстильных материалов. –Москва: «Легпромбытиздат», 1985.
64. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Т.1. –Москва: 2000. - с.
65. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. –Москва: 2001. с.
66. Кирюхин С.М. Вероятностная оценка качества нитей. – Москва: «Текстильная промышленность». №4, 1980. - с. 28-30.
67. Контроль производства химических волокон. Справочное пособие. Под ред. Пакшвера А.Б. и Конкина А.А. "Химия", -Москва: 1977. – 601 с.
68. Контроль технологических параметров текстильных материалов. Под ред. Тапоченко Л.К., Киселев В.И., Песня В.Т. "Легкая и пищевая промышленность". – Москва: 1985.
69. Крестов Г.А. Термодинамика ионных процессов в растворах. –Ленинград: Химия, 1984. – 272 с.
70. Кубаитис З.И., Юревичюте А.В., Жюкайте Р.А., Римкуте Р.В., Лубенская Л.В. Переработка в основе ацетатных комплексных нитей ввозной крутки. – Москва: «Текстильная промышленность», №5, 1980. - с.44-45.
71. Кузнецов Л.Г. Новый прибор ИЭСН-2. *Текстильная промышленность*. №1, - Москва: 1984. - с.19-20.
72. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. "Легкая и пищевая промышленность". –Москва: 1985.
73. Кукин Г.Н., Плостнова Г.П. Оценки качества ниток по показателю выносливости при растяжении. *Текстильная промышленность*. №5, 1980. - с. 63-64.
74. Лабораторный практикум по переработке химических волокон и нитей. Под ред. Уренко В.А., Умакова К.Н., Родионов В.А. – Москва: "Легкая и пищевая

- промышленность", 1985.
75. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. Под ред. проф. Ю.Г. Фролова. -Москва: "Химия". 1986. - с.20-25.
 76. Ласовичюс В.А., Жисмялис Р.Ф., Шалов И.И., Пакшвер А.Б. Изменение свойств комплексных нитей в процессе выработки трикотажа. Текстильная промышленность. №4, -Москва: 1980. - с.60-61.
 77. Ласовичюс В.А., Жиemiaлис Р.Ф., Шагов И.И., Пакшвер А.Б. Изменение свойств комплексных нитей в процессе выработки трикотажа. – Москва: «Текстильная промышленность». №4, 1980. - с.60-61.
 78. Лашхи В.Л., Захарова Н.Н. Экологические аспекты применения минеральных масел. Химия и технология топлив и масел. №1, 1992. - с.37-40.
 79. Лашхи В.Л., Захарова Н.Н. Экологические аспекты применения минеральных масел. Химия и технология топлив и масел. №1, 1992. - с.37-40.
 80. Лебедев Н.А. Изучение процессов разрушения нитей при различных видах многоциклового воздействия с целью повышения эффективности процессов ткачества. Обзор, ЦНИИТЭИлегпром, 1979. вып.1
 81. Любимов В.А. Исследование процесса истирания нитей основы на ткацком станке СТБ. Дис. канд. техн. наук.- Москва: 1970. – 204 с.
 82. Методы исследования в текстильной химии. Справочник под ред. Кричевского Г.Е. - Москва: «Легпромбытиздат». 1993. с.
 83. Миньков М.З., Адамович Н.Д., Лувнтис Л.А. Зависимость обрывности пряжи в ткачестве от ее разрывного удлинения. Текстильная промышленность. №6, - Москва: 1971. - с.30-31.
 84. Мортов В.Э. Механические свойства текстильных волокон /Перевод с английского под редакцией док. техн. наук проф. Г.Н. Кукина. –М.: Легкая индустрия. 1971. – 181 с.
 85. Морозов Г.Н. Оптимизация процессов дозирования и раздачи химических растворов. Текстильная промышленность. №9, - Москва: 1984. - с.59-60.
 86. Носов М.П., Тарасенко Н.К., Назаренко Т.С., Мышко Г.К. Соппротивление текстильных нитей истиранию. Текстильная промышленность. №1, 1984, - с.63-65.
 87. Новольскайте Я.Н., Жиemiaлис Р.Ф., Пакшвер А.Б. Оценка качества ошлихтованных нитей. Текстильная промышленность. №10, 1980. - с.34-35.
 88. Олееникова А.Ф. Исследование процесса шлихтования пряжи из смеси полиэфирного волокна с хлопком полимерным матариалом на основе латекса. Дис. канд. техн. наук. –Москва: 1975. – 147 с.

89. Пахомов А.А. Статистические методы анализа и контроля качества текстильной продукции. Текстильная промышленность. №5, 1984. - с.67-68.
90. Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. – Москва: «Машгиз», 1985. – 121 с.
91. Попов В.П., Ремига Л.С. Новое эффективное средство для подготовки основной пряжи в шерстоткачестве. Текстильная промышленность, №1. 1990. – 34 с.
92. Пулишев И.Д., Нартиш С.Л. Контроль процесса замасливания текстильных материалов. Текстильная промышленность. №11, М., 1987. - с. 64-65.
93. Разумовский С.И. Исследование процесса эмульсирования шерстяных основ. Дис.канд.техн. наук. – Ленинград: 1975. – 154 с.
94. Серафон В.В. Облагораживание текстильных материалов. – Москва: «Легпромбытиздат». 1991. - с.115-118.
95. Свалова Н.А. Оптимизация процесса шлихтования вискозной пряжи пневмомеханического прядения. Дис. канд. техн. наук. - Кострома, 1979. – 173 с.
96. Справочник по шерстоткачеству/Под ред. С.Е. Кавокина. – Москва: «Легкая промышленность», 1975. – 422 с.
97. Степанов Г.В. Дополнительная обработка основ эмульсией. – Москва: «Текстильная промышленность». 1978. -№4, – 65 с.
98. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. – Москва: ВШ, 1988. - с. 276-779.
99. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента/Под ред. Ф.Н. Духовного. – Москва: «Легкая индустрия», 1974. – 562 с.
100. Ушакова К.Н. Ацетатные и триацетатные нити. – Москва: Легкая индустрия, 1976. – 199 с.
101. Францева Л.В. Разработка технологии эмульсирования основной комвольной пряжи. Дис.канд.техн. наук. –Москва: 1983. – 173 с.
102. Францева Л.Н. Разработка новой технологии эмульсирования основной пряжи. Дисс. канд. техн. наук. – Москва: 1983. – 173 с.
103. Филипенко В.И., Прокопенко Н.И. К вопросу оптимизации процесса эмульсирования хлопкового волокна. – Москва: «Текстильная промышленность». №4, 1990. - с.54-55.
104. Францева Л.Н., Власов Л.В. Применение эмульсии с ПВС для шерстяной и полушерстяной пряжи. Текстильная промышленность. №12, - Москва: 1983. – 51 с.
105. Фтоненко В.И., Прокопенко Н.И. Оптимизация процесса эмульсирования

- хлопкового волокна. Текстильная промышленность. №2, - Москва: 1989. - с.37-38.
106. Шавлюк В.Н., Тихонова Н.П., Хохлова И.Я., Каминский В.Н., Гордеева Л.Н. Экспресс-методы определения свойств текстурированных нитей. – Москва: «Текстильная промышленность», №2, 1980. - с. 19-20.
107. Шерман Р. Эмульсии. Пер. с английского. Л., "Химия", 1981. с.28-30.
108. Химическая энциклопедия. Под ред. В.В. Кнунянца. –Москва: "Химия". 1988. - с.112.
109. Эффективное использование химических волокон и нитей (обзор). Текстильная промышленность. №12, - Москва: 1988. - с.29-30.
110. Яли Л.И., Петкевич А.Н., Трусова Г.Г. Совмещенный способ запаривания и эмульсирования пряжи перед ткачеством. Текстильная промышленность, №8, - Москва: 1984. - с.59-61.
111. Brunn C.C. Schlichtetechnologien für verschiedene Kettensatzgebiete. Textilindustrie. 1983. №9. p. 604-609.
112. Kandelaki A. Pr. 7. Simposium "petromass-86". Garachov. 1966. p.12-14.
113. Kandelaki A., Rusadze T., Kandelaki Sh. Change of oil hydrocarbonic structure of angeduring its exploitation. Kutaisi state technical university publ. House "sakartvelo", Kutaisi, 1997. №4. p.15-17.
114. Wegener F. Die beim Verzichten von Fasern und Faservorbündern auftretenden Reibungekrüfte. Textil Praxis. 1981. v. 36, №4. p. 349-357.
115. Langer J. Schlichtemittel für neue Webereitechniken. Melliand Textillerichte. 1985. №12. p. 855.
116. Offermann P., Schüfer J. Entwicklung und Testing eines Gerätes für Messung der Reibungeigenschaften von Fäden. Textiltechnik. 1984. №2. p. 76-77.
117. Werkstüetter H., gestmann K. Physikalische Aspekte der Auswahl von Präparationsmitteln. Textiltechnik. 1984. №10. p. 535-540.
118. Gliemann M., Schwertfeger J. Einflüs von Schnülmitteln bei der Herstellung klassisch gewebter Flardecken. Textiltechnik. 1984. №8. p.441.
119. Moncrieff R.W. Artificial Fibres. London. NTPL. 1961.