

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

ნიკა სარჯველაძე

*ტექნოლოგიური და ორგანიზაციული
ლონისძიებების დამუშავება სასოფლო-სამეურნეო
ტექნიკის საიმედოობის გაზრდისათვის*

აგროინჟინერიის დოქტორის აკადემიური
ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

*სოფლის მეურნეობის მექანიზაცია
სპეციალობის საკვალიფიკაციო კოდი 041502*

*სამეცნიერო ხელმძღვანელი
საქართველოს სოფლის მეურნეობის
მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი,
ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
სრული პროფესორი ჯ. კაციტაძე*

2012 წელი

სარჩევი

შესავალი;

თავი I. საკითხის მდგომარეობა. სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა მიზანი და ამოცანები;

1.1. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის მუშაობის

თავისებურებანი სამთო პირობების გათვალისწინებით;

1.2. საიმედოობის პრობლემის მნიშვნელობა თანამედროვე სასოფლო-სამეურნეო მანქანებისათვის;

1.3. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის

შესახებ ჩატარებულ გამოკვლევათა მოკლე ანალიზი;

1.4. სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა ანალიზი სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკური რესურსის გაზრდის შესახებ;

1.5. ელექტრული მეთოდების გამოყენება გაცვეთილი დეტალების აღდგენის დროს;

1.5.1. ანოდურ-მექანიკური დამუშავება;

1.5.2. ელექტრომექანიკური დამუშავება;

1.5.3. ელექტრო-ნაპერწყლური დამუშავება;

1.6. სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების მიზანი და ამოცანები;

თავი II. თეორიულ და ექსპერიმენტულ გამოკვლევათა მეთოდიკა

2.1. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის დეტალების

(კულტივატორების თათების) ცვეთისა და საიმედოობის

შესახებ სტატისტიკური ინფორმაციის შეგროვება;

2.2. აღსადგენი დეტალების აღდგენის ხერხები

და შესაბამისი მოწყობილობის დამუშავება,

დამზადება და გამოცდა;

2.3. ელექტრონაპერწკლური ლეგირების შედეგად მიღებული ლითონური საფარის სტრუქტურისა და მექანიკური თვისებების გამოკვლევა;

2.4. თანამედროვე მათემატიკური მეთოდების გამოყენება ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავებისათვის;

2.5. აღსადგენი დეტალების პერსპექტიული რაოდენობისა

და ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენის

პროცესის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება;

თავი III. კულტივატორების საექსპლუატაციო საიმედოობის

მაჩვენებლების გამოკვლევა და მათი თათების ცვეთის ალბათურ-

სტატისტიკური მოდელირება;

3.1. კულტივატორების კონსტრუქციული თავისებურებანი

და მათი მუშაობის პირობები;

3.2. კულტივატორების თათების საექსპლუატაციო

საიმედოობის მაჩვენებლების გამოკვლევა;

3.3. კულტივატორების ცვეთის განაწილების გამოკვლევა;

3.3.1. მანქანებისა და შეუღლებების ტექნიკური

მდგომარეობის შეფასების კრიტერიუმები;

3.3.2. კულტივატორების თათების ზღვრულად დასაშვები

ცვეთის განსაზღვრა;

3.3.3. კულტივატორების თათების ცვეთის ალბათურ-სტატისტიკური

მოდელირება;

**თავი IV. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის დეტალების
ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენის
პროცესის გამოკვლევა;**

4.1. ელექტრო-ნაპერწკლური ლეგირებით გაცვეთილი
დეტალების აღდგენის არსი;

4.2. მოწყობილობა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის
ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენისათვის;

4.3. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით მიღებული ლითონური საფარის
სტრუქტურის გამოკვლევა;

4.4. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი
ლითონური საფარის სისაღის გამოკვლევა მსგავსობითობისა და
განზომილებათა თეორიის გამოყენებით;

4.5. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით მიღებული
ლითონური საფარის ჩაჭიდების სიმტკიცის ოპტიმიზაცია ექსტრემალური
ექსპერიმენტების დაგეგმვის თეორიის
გამოყენებით;

**თავი V. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის დეტალების
ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენის რაციონალური
ტექნოლოგია და მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება;**

5.1. მოსამზადებელი სამუშაოები;

5.2. ელექტრონაპერწკლური ლეგირების რეჟიმების
შერჩევა;

5.3. გამოსაყენებელი ელექტროდების მასალისა და
ფორმის შერჩევა;

- 5.4. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით დეტალების ალდგენის ტექნოლოგიის თავისებურებანი;
- 5.5. კულტივატორების თათების ცვეთის ზოგიერთი კანონზომიერებანი;
- 5.6. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით ალდგენილი კულტივატორების თათების საექსპლუატაციო გამოცდები;
- 5.7. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის სერვისის ზოგიერთი პრობლემები სამთო პირობების გათვალისწინებით;
- 5.8. ალსადგენი დეტალების რაოდენობის პროგნოზირება;
- 5.9. ელექტრონაპერწკლური ლეგირების პროცესის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება;
- ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები;
- გამოყენებული ლიტერატურა.

შესავალი

უკანასკნელ პერიოდში საქართველოში დიდი რაოდენობით შემოდის საზღვარგარეთის ეკონომიკურად განვითარებულ ისეთ ქვეყნებში წარმოებული სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა, როგორცაა აშშ, იაპონია, გერმანია, ჩინეთი, ჰოლანდია და სხვა. ხდება ასევე სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის შემოტანა ბელარუსიდან, უკრაინიდან და ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკებიდან. ამას მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ის გარემოება, რომ საქართველო არის მსოფლიო სავაჭრო ორგანიზაციის (WTO) წევრი და გარდა ამისა, სულ რამდენიმე ხნის წინ აღნიშნული ორგანიზაციის წევრი გახდა რუსეთიც, რაც საშუალებას მისცემს ჩვენი ქვეყნის ფერმერებს და კერძო მეწარმეებს შემოიტანონ აღნიშნულ ქვეყანაში წარმოებული სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა, რომლის დიდი ნაწილი შედარებით დაბალი ღირებულებისაა და მორგებულია ჩვენი ჩვენი ქვეყნის ნიადაგობრივ და კლიმატურ პირობებს.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ასევე ის მოვლენა, რაც ბოლო პერიოდში მოხდა და იწყება ბევრად მნიშვნელოვანი ეტაპი საქართველო-აშშ-ის ურთიერთობაში, რომელიც ეძღვნება აღნიშნულ ქვეყნებს შორის თავისუფალ ვაჭრობას.

საზღვარგარეთული სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა, ყოფილ საბჭოთა კავშირში წარმოებული ტექნიკისაგან განსხვავებით, გამოირჩევა ისეთი მნიშვნელოვანი უპირატესობებით, როგორცაა კომფორტულობა, დახვეწილი დიზაინი, მაღალი საიმედოობა და მწარმოებლურობა, კონსტრუქციული ელემენტების ტექნიკური სრულყოფა, დამზადების

მაღალი ხარისხი და დეტალების მინიმალური ცვეთა ექსპლუატაციის დროს [1, 2, 3]. მიგვაჩნია რომ აღნიშნული ტექნიკის საქართველოში შემოტანამდე საჭიროა მოხდეს მისი წინასწარი გამოცდა ჩვენი ქვეყნის ნიადაგობრივი და კლიმატური პირობების გათვალისწინებით და მხოლოდ ამის შემდეგ გაკეთდეს რეკომენდაცია ამა თუ იმ სახის სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის ჩვენს ქვეყანაში მუშაობისა და გამოყენების ეფექტურობის შესახებ.

საქმე იმაშია, რომ სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა ჩვენთან მუშაობისას განიცდის ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორების მუდმივ გავლენას, როგორცაა სამთო პირობები, რელიეფის დახრილობა და ტალღოვანობა, ნიშანცვლადი დინამიკური დატვირთვები, მუშა გარემოში მყოფი აბრაზიული ნაწილაკები, მაღალი ნესტიანობა, მზის რადიაცია და სხვა. ყველა აღნიშნული ფაქტორი აუარესებს მანქანების მუშაუნარიანობას და ამიტომ საჭიროა გამოკვლეული იქნას მათი საიმედოობის ერთეული და კომპლექსური მაჩვენებლები, რათა დაისახოს კონკრეტული ტექნოლოგიური და ორგანიზაციული ღონისძიებანი ტექნიკის ეფერქტურობის გაზრდისათვის და ისეთი კვანძებისა და დეტალების დადგენისათვის, რომლებიც ყველაზე უფრო სუსტნი არიან საიმედოობის თვალსაზრისით.

მთავარი პრობლემა იმაში მდგომარეობს, რომ მოხდეს სოფლის მეურნეობაში საწარმოო პროცესების მექანიზაცია ტექნიკის ეფექტურად გამოყენების გზით და ამით ხელი შევუწყოთ მოსახლეობის სურსათით უზრუნველყოფას.

ოფიციალური მონაცემებით [4] საქართველოს მთელი ტერიტორიის 43,4%-ს შეადგენს სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწები

სამოვრებისა და სათიბების ჩათვლით, რაც 3 მილიონ ჰა-ზე მეტია, ტერიტორიის დანარჩენი ნაწილი დაკავებულია ტყით. იგივე მონაცემებით [4] ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიის 13% დაბლობს შეადგენს, ერთ მესამედს _გორაკები და ბორცვები, ხოლო დანარჩენი 54% _მთისწინა დამრეცები და მთებია. სწორედ ამიტომ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ისეთი სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის შემოტანას, რომელიც გამოირჩევა მაღალი განვლადობით და საექსპლუატაციო თვისებებით მთიან რეგიონში მუშაობის დროს.

მეორე მნიშვნელოვანი პრობლემა, ჩვენი აზრით, არის საქართველოში შემოტანილი სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის სერვისის რაციონალური ორგანიზაცია და პროგრესული ხერხების დამუშავება მათი გაცვეთილი დეტალების აღდგენისათვის.

სამწუხაროდ, უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში ჯერ კიდევ დაბალია სოფლის საქონელმწარმოებელთა ტექნიკური უზრუნველყოფა და სერვისის ხარისხი [5]. მიუხედავად იმისა, რომ, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ბოლო პერიოდში ჩვენთან შემოტანილია მაღალი ხარისხის სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა, ჯერ კიდევ ვერ იქნა დამღეული კრიზისული მდგომარეობა აგრარული სექტორის ტექნიკით უზრუნველყოფაში, რის გამოც სიძნელეებს განიცდიან ახლადჩამოყალიბებული კერძო და ფერმერული მეურნეობები.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს ოფიციალური მონაცემებით [6] 2009 წლისათვის აგრარული სექტორის ტექნიკური სერვისის საწარმოთა სფეროდან წავიდა 72%-ზე მეტი საუკეთესო სპეციალისტი, რომლებიც ჩაერთვნენ ბიზნესის სხვა სფეროში. ფერმერული და გლეხური მეურნეობებისა და კერძო პირების მიერ შექმნილ მანქანების

სარემონტო სახელოსნოებში და ტექნიკური სერვისის საწარმოებში მომსახურების ხარისხი დაბალია, შესრულებული სამუშაოების თვითღირებულება კი – მაღალი. შედეგად, ტექნიკა მუშაობს ცუდად და მისი მზადყოფნის კოეფიციენტი 40...45%-მდეა დაყვანილი, რაც იწვევს კატასტროფულ მდგომარეობას შრომატევადი სასოფლო-სამეურნეო ოპერაციების ჩატარების საქმეში.

ფერმერთა მიზანი და საზრუნავია, როგორმე მოხნან მიწა, აიღონ მოსავალი და იმყოფინონ ძვირად შეძენილი საწვავ-საცხი მასალები.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ უსაზღვროდ გაიზარდა ფერმერთა “დამოუკიდებლობა”, მაგრამ ჩვენთან ჯერ კიდევ არ არის შემუშავებული სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის სერვისის კოორდინაციისა და რეალიზაციის დასაბუთებული ტექნიკური პოლიტიკა.

აუცილებელია გაგრძელდეს საქართველოში ტექნიკის სერვის-ცენტრების ჩამოყალიბების პროცესი და თანდათან უნდა მოხდეს მათი გადასვლა კერძო სექტორში, ხოლო სახელმწიფომ კი იზრუნოს სამეცნიერო ტექნოლოგიური სადგურების შექმნის მიზანშეწონილობაზე, რომლებიც წარმოადგენენ სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის ეფექტურად გამოყენების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფორმას. ასევე საჭიროა ჩატარდეს სამეცნიერო-კვლევითი და საკონსტრუქტორო-ტექნოლოგიური სამუშაოები ახალი, ინოვაციური ტექნოლოგიებისა და მოწყობილობების დამუშავებისათვის სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების აღდგენისათვის. ამასთან მიგვაჩნია, რომ განსაკუთრებული აქცენტი უნდა გაკეთდეს რესურს-და ენერჯია-დამზოგ ტექნოლოგიურ პროცესებზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მიმართულებით საქართველოში მნიშვნელოვნად შემცირდა ანალოგიური სახის სამეცნიერო-კვლევითი

სამუშაოები, რის გამოც ფერმერები და კერძო მეწარმეები მცირე ზომისა და ადვილად აღსადგენი დეტალების მტყუნების შემთხვევაში იძულებულნი არიან შეიძინონ ისინი ბაზარზე მაღალ ფასებში, ან მიმართონ დამამზადებელ ქარხნებს, რაც იწვევს მნიშვნელოვან მოცდენებს სასოფლო-სამეურნეო ოპერაციების შესრულების დროს.

ყოველივე ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე, საქართველოში მომუშავე საზღვარგარეთული სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის რესურსისა და საიმედოობის გაზრდა ახალი ინოვაციური ტექნოლოგიური პროცესების გამოყენებით და ორგანიზაციული ღონისძიებების დამუშავება სერვისის გაუმჯობესებისათვის აქტუალურ სამეცნიერო პრობლემას წარმოადგენს.

თავი I. საკითხის მდგომარეობა. სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა მიზანი და ამოცანები

1.1. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის მუშაობის თავისებურებანი სამთო პირობების გათვალისწინებით

საქართველოს სამანქანო პარკის მთავარი შემადგენელი ნაწილია სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა, რომელიც უზრუნველყოფს სასოფლო-სამეურნეო წარმოების შრომატევადი პროცესების მექანიზაციას, ასევე სხვა დამხმარე და სატრანსპორტო ოპერაციებს, რაც სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მიღებასთან არის დაკავშირებული. აღნიშნულ ტექნიკას შეადგენენ როგორც მობილური, ასევე მცირე მექანიზაციის მანქანები. მობილური სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა _თვლიანი და მუხლუხა ტრაქტორები, კომბაინები და სატვირთო ავტომობილები გადამწყვეტ როლს თამაშობს შრომატევადი სასოფლო-სამეურნეო პროცესის მექანიზაციის საქმეში [7].

მობილური სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის შემოტანა საქართველოში ამჟამად ხდება საზღვარგარეთის ისეთი ეკონომიკურად განვითარებული ქვეყნებიდან, როგორცაა იაპონია, აშშ, გერ, ჰოლანდია, ჩინეთი და სხვა.

აღნიშნული ტექნიკა გამოირჩევა გამოყენების მაღალი ეფექტურობით და საიმედოობით, ვიდრე ყოფილ საბჭოთა კავშირში წარმოებული სასოფლო-სამეურნეო მანქანები [8]. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ საზღვარგარეთული სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა საქართველოს მთიან

რეგიონებში მუშაობისას ყოველთვის ვერ აჩვენებს საექსპლუატაციო საიმედოობის მაღალ მაჩვენებლებს და ამიტომ მთიან პირობებში გამოსაყენებელი ტექნიკის შემოტანამდე საჭიროა გამოკვლეული იქნას მათი მუშაუნარიანობის მაჩვენებლები და მხოლოდ ამის შემდეგ მოხდეს შესაბამისი რეკომენდაციების გაცემა ამა თუ იმ ტექნიკის შესყიდვის შესახებ. საქართველოს მთიანეთის ერთერთ დამახასიათებელ რეგიონს წარმოადგენს სამცხე-ჯავახეთის ისეთი რაიონები, როგორცაა, ახალციხე, ახალქალაქი, ასპინძა და ადიგენი. აღნიშნულ რეგიონში ტექნიკა მძიმე პირობებში მუშაობს. რეგიონის 80%-ზე მეტს წარმოადგენს მთიანი რელიეფი, რომელიც უარყოფითად მოქმედებს სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის მუშაუნარიანობაზე. რეგიონის სავარგულები გამოირჩევიან მკვეთრად გამოხატული ტალღოვანობით, ციცაბო დაქანებით, ზოგჯერ მცირე კონტურულობით, ქვიანი ნიადაგებით და სხვა.

გარდა აღნიშნულისა, ტექნიკის მუშაუნარიანობაზე უარყოფითად მოქმედებენ ასევე მუშა გარემოში მყოფი აბრაზიული ნაწილაკები, ნიშანცვლადი დინამიკური დატვირთვები, მაღალი ნესტიანობა, მზის რადიაცია და სხვა.

განსაკუთრებული სპეციფიკით ხასიათდება ახალციხის, ახალქალაქისა და ადიგენის რაიონების ნიადაგობრივ-კლიმატური პირობები, რაც უარყოფითად აისახება ტექნიკის საიმედოობაზე _მცირდება მწარმოებლურობა, იზრდება საწვავის ხარჯი, რთულდება ტექნიკის მართვადობა და მდგრადობა, რაც საბოლოოდ ამცირებს მანქანების რესურსსა და გამოსადეგობის ვადას. ამ მიმართულებით მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები იქნა შესრულებული ი. ხოხლოვის, რ.

დვალის, ვ. მახალდიანის, შ. კერესელიძის, რ. მახარობლიძისა და სხვათა მიერ.

ი. ხოხლოვის მიერ გამოკვლეული იქნა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის ეფექტურობა საქართველოს მთიან პირობებში მუშაობისას [9] და შემუშავებული იქნა შესაბამისი რეკომენდაციები მისი საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესებისათვის.

რ. დვალისა და ვ. მახალდიანის მიერ ჩატარებული იქნა თეორიული ანალიზი სატრაქტორო და საავტომობილო ძრავების სამთო პირობებში მუშაობისას და დამუშავებული იქნა კონსტრუქციული ღონისძიებანი ტურბოჩაბერვის გზით ძრავების სიმძლავრის გაზრდისათვის [10].

შ. კერესელიძემ და რ. მახარობლიძემ [11] დაამუშავეს თეორიული და კონსტრუქციული ღონისძიებანი ფერდობმავლის მუშაობის გაუმჯობესებისათვის.

ვ. მახალდიანმა [12] დაამუშავა პრინციპულად ახალი თეორიული საფუძვლები სამთო ავტომობილებისა და ტრაქტორების ძრავების მუშაობის შესახებ, მაგრამ ზემოთ განხილული სამუშაოები ეხება ტრაქტორებისა და ავტომობილების მუშაობას სამთო პირობებში და არ არის განხილული მთლიანად სასოფლო-სამეურნეო აგრეგატის სხვა შემადგენელი ნაწილის (გუთნები, კულტივატორები, ფარცხები, სათესები და ა.შ.) მუშაობის თავისებურებები სამთო პირობებში. ასევე არ არის გათვალისწინებული კონკრეტული მთიანი რეგიონის პირობების გავლენა ტექნიკის მუშაუნარიანობაზე.

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, რომ საჭიროა შესრულდეს სრულფასოვანი სამეცნიერო სამუშაოები სამცხე-ჯავახეთის მთიან რეგიონში კულტივატორების საიმედოობის მაჩვენებლების შესახებ და

დაისახოს ორგანიზაციულ-ტექნოლოგიური ღონისძიებანი მათი რესურსის გაზრდისათვის. მიგვაჩნია, რომ როდესაც ცნობილი იქნება მოცემული რეგიონისათვის კულტივატორების საიმედოობის მაჩვენებლების ცვლილებების მოდელები, შეგვიძლია ადვილად მოვახდინოთ მათი კორექტირება ქვეყნის ცალკეული რეგიონისათვის და დავსახოთ კონკრეტული ღონისძიებანი საექსპლუატაციო საიმედოობისა და რემონტის შემდგომი რესურსის გაზრდისათვის.

ამ თვალსაზრისით შეიძლება ჩაითვალოს, რომ სამცხე-ჯავახეთის რეგიონი წარმოადგენს კარგ პოლიგონს, სადაც, როგორც აღვნიშნეთ, გვხვდება როგორც მკვეთრად გამოხატული მთიანი ზონა, ასევე ვაკე რელიეფი, მცირე კონტურიანი სავარგულები, საძოვრები, ტალღოვანი და კლდიანი ციცაბო რელიეფი და სხვა. სწორედ აღნიშნული მოსაზრებებიდან გამომდინარე ჩვენს მიერ შერჩეული იქნა სამცხე-ჯავახეთის მთიანი რეგიონი ექსპერიმენტების ჩატარების ბაზად კულტივატორების საექსპლუატაციო საიმედოობის მაჩვენებლების გამოკვლევისა და ტექნოლოგიურ-ორგანიზაციული ღონისძიებების დამუშავებისათვის მათი რესურსის გაზრდის მიზნით.

1.2. საიმედოობის პრობლემის მნიშვნელობა თანამედროვე სასოფლო-სამეურნეო მანქანებისათვის

თანამედროვე მსოფლიო მეცნიერების ერთ-ერთ და მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს მანქანის საიმედოობა, რომლის გადაწყვეტა დიდ ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ეს

პრობლემა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკისათვის, რადგანაც ისინი გამოირჩევიან კონსტრუქციის სირთულით და მუშაობის მძიმე პირობებით [13]. ჯ. კაციტაძე აღნიშნავს, რომ რაც მეტია მანქანების საიმედოობა, მით უფრო ნაკლებად გამოდის ის მწყობრიდან და მით უფრო იაფი ჯდება მისი ექსპლუატაცია, ხოლო დაბალი საიმედოობა იწვევს დიდ დანახარჯებს მანქანების ექსპლუატაციასა და რემონტზე. გარდა ამისა, აუცილებელია მანქანების ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის დროს, ასევე მათი არახანგამძლე დეტალების გამოცვლისას, დაიხარჯოს მცირე შრომა, მასალა და ენერგია ანუ მანქანები უნდა იყვნენ სარემონტოდ ვარგისნი [14]. ასევე მანქანებს უნდა შესწევდეთ უნარი უწყვეტად შეინარჩუნონ მუშაუნარიანობა გარკვეული დროის განმავლობაში და საწყისი პარამეტრები შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს.

ამჟამად გაზრდილი კონკურენციის პირობებში მაღალი ხარისხისა და საიმედოობის გარეშე სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა ვერ იქნება კონკურენტუნარიანი მსოფლიო ბაზარზე. მანქანების საიმედოობის ამაღლება მეტად მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ბერკეტია და იგი ტოლფასია მათი რაოდენობის გაზრდისა ყოველგვარ კაპიტალდაბანდებათა გარეშე.

ჯ. კაციტაძისა და ა. პრონიკოვის მონაცემებით [14, 15] ექსპლუატაციის მთელი პერიოდისათვის დანახარჯები მანქანების ტექნიკურ მომსახურებასა და რემონტზე მათი ცვეთის გამო მნიშვნელოვნად აღემატება ახალი მანქანის ფასს, მაგალითად ავტომობილებისათვის 6-ჯერ, თვითმფრინავებისათვის 5-ჯერ, ჩარხებისათვის 8-ჯერ, რადიოტექნიკური აპარატისათვის 12-ჯერ, ხოლო სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკისათვის 5-ჯერ.

ამიტომ, მსოფლიო მასშტაბით უდიდესი სამეცნიერო და საკონსტრუქციო-ტექნოლოგიური სამუშაოები მიმდინარეობს მანქანების საიმედოობისა და ხარისხის მკვეთრად გაზრდის მიზნით, როგორც დაპროექტების, ასევე დამზადებისა და ექსპლუატაციის დროს, ხდება ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზაცია და კომპიუტერიზაცია.

სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციის სწრაფი განხორციელების შედეგად მეცნიერებმა შესძლეს ისეთი ტექნიკური პრობლემების გადაწყვეტა, რომლებზედაც რამდენიმე ათეული წლის წინათ ოცნებაც კი შეუძლებელი იყო – ზებგერით ლაინერზე ადამიანს შეუძლია გადალახოს ათასკილომეტრიანი მანძილი, კომპიუტერების საშუალებით რამდენიმე წამში ისეთი გაანგარიშებები აწარმოოს, რომელზედაც მიდიოდა მეცნიერთა სიცოცხლის დიდი ნაწილი, ქმნის რობოტს, უტევს კოსმოსს და ოკეანეების სიღრმეებს, შლის ატომს, თიშავს ავადმყოფ გულს და ცვლის მას ახლით და ა.შ. ანალოგიური მიღწევებია სასოფლო-სამეურნეო მანქანათმშენებლობაში, სადაც აქტიურად ინერგება მაღალი ხარისხისა და საიმედოობის მანქანები, ნიადაგების დამუშავების ახალი ტექნოლოგიები და ზუსტი მიწათმოქმედების მსოფლიო მიღწევები GPS-ის გამოყენებით.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნული ტექნიკური პროგრესი შეუძლებელი იქნებოდა გაზრდილი საიმედოობის მქონე მანქანებისა და ტექნოლოგიური მოწყობილობების გარეშე, რადგანაც მუდმივად იზრდება მანქანაზე მოქმედი დატვირთვები, სიჩქარეები, ტემპერატურები, შეუღლებათა სიზუსტე და სხვა.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საიმედოობის პრობლემა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკისათვის, რადგანაც სასოფლო-სამეურნეო

სამუშაოთა შრომატევადი ოპერაციების შესრულება სეზონურია და ამიტომ სწორედ იმ პერიოდში მანქანა უნდა გამოირჩეოდეს მაღალი უმტყუნობით.

ასე, მაგალითად, მარცვლეულის აღება მეტად შემჭიდროებულ ვადებში მიმდინარეობს და ამ პერიოდში კომბაინის მტყუნება დიდ ზარალს აყენებს ფერმერსა და კერძო მეწარმეს იმის გამო, რომ იზრდება ხორბლეულის დანაკარგები მისი აღების დაგვიანების გამო.

ასევე, შეიძლება ითქვას ნიადაგის დროულ ხვნასა და კულტივაციაზე, რადგანაც გუთნებისა და კულტივატორების მტყუნება ამ პერიოდში იწვევს თესვის კამპანიის ჩაშლასა და შესაბამისად სასოფლო-სამეურნეო კულტურის დაბალ მოსავლიანობას.

საბოლოო ანგარიშით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის გაზრდა ამჟამად ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემაა და მისი გადაწყვეტა ხელს შეუწყობს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მოსავლიანობის მნიშვნელოვან გადიდებას და მოსახლეობის სურსათით უზრუნველყოფას.

1.3. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის შესახებ

ჩატარებულ გამოკვლევათა მოკლე ანალიზი

როგორც აღვნიშნეთ მანქანების საიმედოობის შესახებ გამოკვლევები უკანასკნელ პერიოდში მსოფლიო მასშტაბით ინტენსიურად მიმდინარეობს –ტარდება სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციები, სემინარები და სიმპოზიუმები მეცნიერთა შორის მიღებული მიღწევების ურთიერთგაზიარებისათვის, ქარხნებსა და ფირმებში შექმნილია

მანქანების საიმედოობის სამსახური, რომლის მიზანია არსებული ტექნიკის დახვეწა და იმ კვანძებისა და დეტალების გამოვლენა, რომლებსაც გააჩნიათ დაბალი რესურსი და საიმედოობა, მუდმივად ხდება ახალი მასალებისა და კონსტრუქციების დამუშავება, სწარმოებს ინტენსიური სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები ტექნიკის საექსპლუატაციო საიმედოობის მაჩვენებლების გამოკვლევებისა და შესაბამისი მეცნიერული რეკომენდაციების დამუშავებისათვის.

უნდა აღინიშნოს, რომ ტერმინები “საიმედოობა” და “ხანგამძლეობა” მსოფლიოს თითქმის ყველა ენაზე დიდი ხანია არსებობდა, მაგრამ ტექნიკურ ჟურნალებში მე-20 საუკუნის 50-იან წლებამდე თითქმის არ გამოიყენებოდა იმის გამო, რომ ამ მიმართულებით სამეცნიერო-კვლევითი და საკონსტრუქტორო სამუშაოები არ მიმდინარეობდა. სამეცნიერო-ტექნიკურმა რევოლუციამ, და განსაკუთრებით ახალმა საინფორმაციო ტექნოლოგიებმა, მოითხოვეს მაღალი ხარისხისა და საიმედოობის მქონე მოწყობილობებისა და მანქანების დამზადება და ამიტომ დაიწყო ამ მიმართულებით ინტენსიური სამუშაოები. ამჟამად თითქმის არ ტარდება არცერთი სამეცნიერო ფორუმი, სადაც არ განიხილებოდეს მანქანების საიმედოობისა და ხანგამძლეობის პრობლემა, არ გამოდის არცერთი ტექნიკური ჟურნალი, რომელსაც არ ჰქონდეს ცალკე რუბრიკა მანქანების ხარისხისა და საიმედოობის შესახებ.

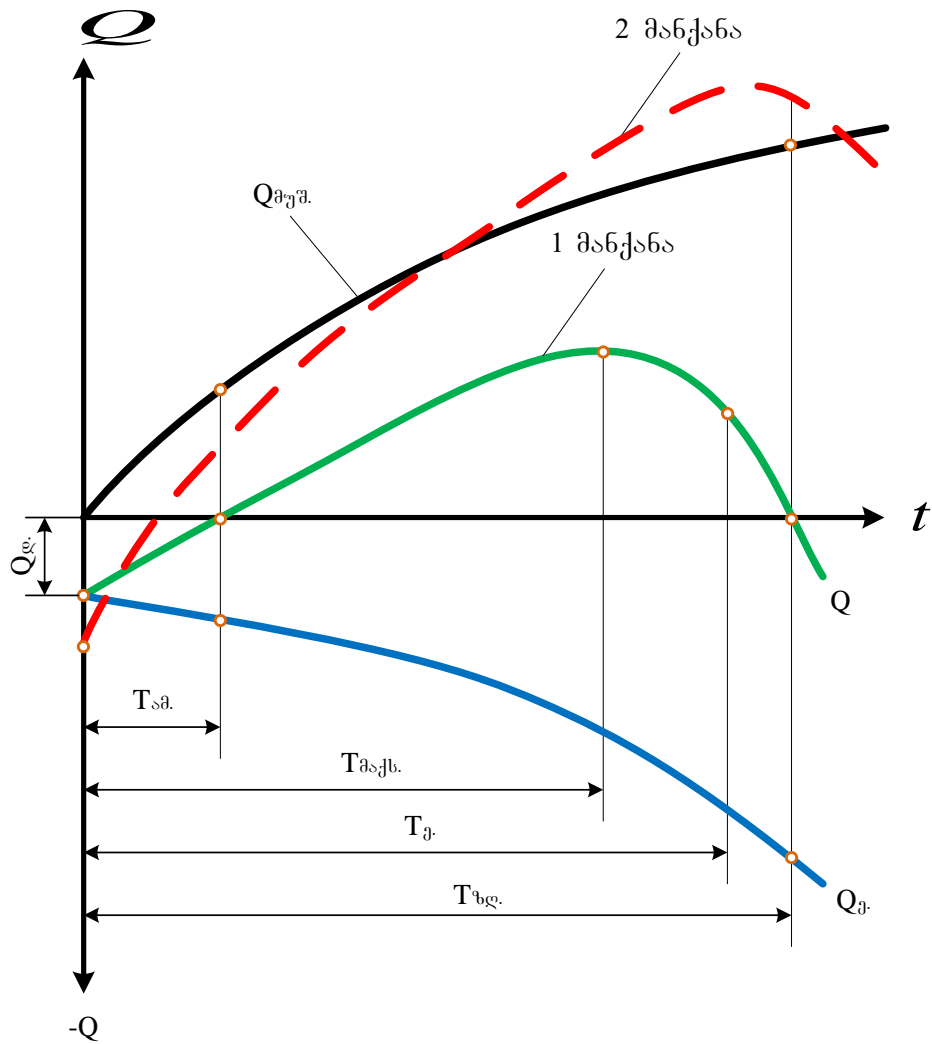
თავდაპირველად საიმედოობის თეორია ჩამოყალიბებული იქნა ავიამშენებლობაში, კოსმოსურ ტექნიკაში და რადიოელექტრონიკაში. ამ საქმეში მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს ა. რეშეტოვის, ი. შორის, ბ. გნედენკოს, რ. კუგელის და სხვა მეცნიერთა ფუნდამენტურმა გამოკვლევებმა [15...18]. აღნიშნული მეცნიერების მიერ შესრულებული

იქნა სამუშაოები ორი ძირითადი მიმართულებით: პირველი მიმართულებით, რომელიც წარმოიშვა თვითმფრინავთმშენებლობაში და რადიოელექტრონიკაში, ხდებოდა მათემატიკური მეთოდების გამოყენება რთული სისტემების მუშაობის პროცესისა და საიმედოობის რაოდენობრივი მაჩვენებლების მათემატიკური მოდელირებისათვის, სისტემების სტრუქტურული სქემების შედგენა, რომლებიც უზრუნველყოფენ მანქანების საიმედოობის მაღალ დონეს. მეორე მიმართულება წარმოიშვა მანქანათმშენებლობაში და იგი შეისწავლის მანქანების მტყუნებათა ფიზიკურ ბუნებას (ცვეთა, დაღლილობითი სიმტკიცე, კოროზია). ამ მიმართულების მიზანია ტექნოლოგიური ღონისძიების დამუშავება, რომლებიც უზრუნველყოფენ მანქანებისა და მოწყობილობების მაღალ სიმტკიცეს, ცვეთგამძლეობასა და შესაბამისად, საიმედოობას. ამჟამად უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიო მასშტაბით მიმდინარეობს ორივე სამეცნიერო მიმართულების შერწყმა, ერთი უბნიდან მეორეში გადატანა, კომპლექსური ღონისძიებების ფორმირება მანქანების მაღალი საიმედოობისა და ხარისხის უზრუნველყოფისათვის.

ბ. გნედენკოს მიერ დამუშავებული საიმედოობის მათემატიკური თეორია [17] ფართოდ არის დანერგილი საიმედოობის გაანგარიშებისა და პროგნოზირებისათვის. ამასთან საინტერესოა თვით ბ. გნედენკოს მოსაზრება აღნიშნული საკითხის მიმართ, რომელიც წერს: "მათემატიკა არის კვლევისა და გაანგარიშების მხოლოდ საშუალება და არა თვითმიზანი. სათავეში ყოველთვის უნდა იყოს საინჟინრო პრობლემა და მისი გადაჭრისათვის უნდა გამოვიყენოთ ის მეცნიერული აპარატი, რომელიც ყველაზე უფრო შეესაბამება გამოსაკვლევი მოვლენის ბუნებას" [17]. მაგრამ საიმედოობის თეორიის მათემატიკური მეთოდები ყოველთვის

ვერ ახდენენ მანქანების მუშაობისა და ტექნოლოგიური პროცესების შესრულების სრულ მოდელირებას და ზოგჯერ ვერ მიიღება ადეკვატური შედეგები. ამიტომ, ამ დროს წარმატებით გამოიყენება საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა გამოკვლევების შედეგები, რომლებიც შეისწავლიან მანქანების მასალების მსხვრევის, დაბერებისა და თვისებების გაუარესების ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესებს. გარდა აღნიშნულისა მანქანების საიმედოობის პრობლემა აუცილებლად უნდა იქნეს განხილული ეკონომიკური პოზიციიდან, რადგანაც ეკონომიკა წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირათად კრიტერიუმს საიმედოობის პრაქტიკული საკითხების გადაწყვეტისათვის.

საინტერესოა ამ მიმართულებით ა. პრონიკოვის მოსაზრება [17], რომელიც იძლევა საინტერესო დიაგრამას ორი სხვადასხვა მანქანის გამოყენების ეფექტურობის შედარებით, აღნიშნული დიაგრამა წარმოდგენილია ნახ. 1.1._ზე.



ნახ. 1.1. მანქანის ეკონომიკური ეფექტურობის ცვლილება დროში.

ამ დიაგრამის მიხედვით სხვადასვა ვარიანტების საიმედოობის დონის მანქანების შედარება პირველ რიგში უნდა მოხდეს მაქსიმალური ეკონომიკური ეფექტის მიღწევის გათვალისწინებით წარმოებისა და ექსპლუატაციის დანახარჯების მიხედვით.

ზოგად შემთხვევაში ჯამური ეკონომიკური ეფექტის ცვლილება დროში მანქანის ექსპლუატაციისას შედგება ორი ძირითადი ფაქტორისაგან (ნახ. 1.1.). ერთის მხრივ საჭიროა გათვალისწინებული იქნეს დანახარჯები ახალი მანქანის დამზადებაზე $Q_{გ.}$, რომელშიც შედის მისი დაპროექტება,

დამზადება, გამოცდა, ტრანსპორტირება და სხვა, ასევე დანახარჯები მის ექსპლუატაციაზე, რომელშიც შედის ტექნიკური მომსახურება, რემონტი, დიაგნოსტიკა და სხვა პროფილაქტიკური ღონისძიებანი, რომლებიც უზრუნველყოფენ მანქანების მუშაუნარიან მდგომარეობაში შენარჩუნებას. ეს დანახარჯები $Q_j + Q_{\text{ვ}}$ არის უარყოფითი ეფექტურობის ბალანსში.

მეორე მხრივ, მანქანის მუშაობა იძლევა დადებით ეკონომიკურ ეფექტს $Q_{\text{მუშ}}$ (მოგებას) მისი მიზნობრივი დანიშნულების მიხედვით.

Q_j -ს ცვლილებას დროის ფუნქციაში გააჩნია ზრდის ტენდენცია, რადგანაც მანქანების ცალკეული ელემენტების დაბერება მოითხოვს დამატებით ხარჯებს მათი შეცვლისათვის.

$Q_{\text{მუშ}}$ -ის ცვლილებას დროში კი პირიქით აქვს ზრდის ინტენსივობის შემცირების ტენდენცია, რადგანაც მანქანების მოცდენები ტექნიკურ მომსახურებასა და რემონტზე ამცირებენ მათ მწარმოებლურობას. ამიტომ ჯამური ეფექტურობის მრუდს $Q(t) = Q_{\text{ვ}} + Q_j(t) + Q_{\text{მუშ}}(t)$ აქვს მაქსიმუმი და ორჯერ გადაკვეთს t აბსცისთა ღერძს.

Q -ს ზრდისას დროის პერიოდი $t = T_{\text{სა}}$, რომლის დროსაც $Q_{\text{ვ}} + Q_j = Q_{\text{მუშ}}$ წარმოადგენს ამოგების ვადას, როდესაც მანქანამ ექსპლუატაციის დროს დააბრუნა ის დანახარჯები, რომლებიც ჩადებული იყო მის დამზადებაზე. ამ მომენტიდან დაწყებული $t = T_{\text{სა}}$ მანქანა იწყებს მოგების მოტანას, მაგრამ ეს პროცესი თანდათან უფრო მცირდება საექსპლუატაციო დანახარჯების გამო $t = T_{\text{ხლ}}$ -მდე, როდესაც ისევ $Q_{\text{ვ}} + Q_j = Q_{\text{მუშ}}$. როცა $t > T_{\text{ხლ}}$ დანახარჯები მანქანების ექსპლუატაციაზე მეტია მანქანის გამოყენების ეფექტურობაზე. მანქანის ექსპლუატაციის რაციონალური ხანგრძლივობა იმყოფება დიაპაზონში $T_{\text{სა}} < T_j < T_{\text{ხლ}}$.

საიმედოობის პოზიციიდან მანქანის ვარიანტის შერჩევა უნდა გამომდინარეობდეს მანქანების დამზადებასა და ექსპლუატაციაზე დანახარჯების შედარებით იმ ეკონომიკურ ეფექტთან, რომელსაც ის უზრუნველყოფს.

მაგალითად თუ ნახ. 1.1.-ს გავუკეთებთ ანალიზს, შეგვიძლია ავლნიშნოთ, რომ მიუხედავად იმისა, რომ №2 მანქანის დამზადებაზე დანახარჯები მეტია, ვიდრე პირველ მანქანაზე, მაღალი მწარმოებლურობის, ხარისხისა და საიმედოობის ხარჯზე იგი უფრო მეტ ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა და შესაძლებელია მისი უფრო ხანგრძლივი ექსპლუატაცია.

საბოლოოდ, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მანქანების საიმედოობის შეფასების დროს ეკონომიკური კრიტერიუმი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია ოპტიმალური გადაწყვეტილების მისაღებად.

სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის პრობლემის სრულფასოვანი შესწავლა შედარებით მოგვიანებით მე-20 საუკუნის 60-იანი წლებიდან დაიწყო. ამ მხრივ აღსანიშნავია ვ. ანილოვიჩის, ა. სელივანოვის, ვ. მიხლინის, ლ. ერმოლოვის, ვ. კრიაჟკოვის და სხვა მეცნიერთა შრომები.

ვ. ანილოვიჩმა დაამუშავა სასოფლო-სამეურნეო მანქანა-იარაღების საიმედოობის გაანგარიშების თეორიული საფუძვლები [13], ხოლო ა. სელივანოვმა და ი. არტემიევმა კი ანალოგიური კვლევები ჩაატარეს ტრაქტორებისა და ავტომობილების შესახებ [19].

ვ. მიხლინმა [20] შეისწავლა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის მართვის პროცესები თანამედროვე მათემატიკური მეთოდებისა და დიაგნოსტიკური მოწყობილობების გამოყენებით.

ლ. ერმოლოვმა პირველად შექმნა სრულფასოვანი სახელმძღვანელო სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის, როგორც მეცნიერების შესახებ [21].

ვ. კრიაჟკოვმა [22] დაასაბუთა ძირითადი მიმართულებანი ტრაქტორებისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობისა და ხარისხის გაზრდისათვის წარმოების, ექსპლუატაციისა და რემონტის დროს.

საქართველოში სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის შესახებ სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები ძირითადად დაიწყო მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან, რ. მახარობლიძის, ჯ. კაციტაძის, ჯ. ბიწაძის, ნ. სარჯველაძის და სხვათა მიერ.

რ. მახარობლიძემ პირველად გამოსცა ა. ლუდუშაურთან ერთად სახელმძღვანელო სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის საფუძვლები [23], სადაც ჩამოყალიბებული იქნა აღნიშნული მეცნიერების განვითარების ძირითადი პრინციპები.

ჯ. კაციტაძემ და ნ. სარჯველაძემ შეასრულეს სრულფასოვანი გამოკვლევები მობილური და მცირე მექანიზაციის მანქანების საიმედოობისა და რემონტისშემდგომი რესურსის გაზრდის შესახებ [7, 14].

ჯ. ბიწაძემ გამოიკვლია სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის პარამეტრების მართვის საკითხები რემონტის დროს და დაამუშავა ტექნოლოგიური ღონისძიებანი მათი გაზრდისათვის [7].

ბოლო პერიოდში ჯ. კაციტაძის, შ. ჭალაგანიძისა და ი. კაპანაძის მიერ მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები იქნა ჩატარებული საქართველოში საზღვარგარეთიდან შემოტანილი სასოფლო-სამეურნეო

ტექნიკის საექსპლუატაციო საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრისა და სერვისის რაციონალური ფორმების დასაბუთებისათვის [1, 2, 3, 5, 8].

მათ მიერ განსაზღვრული იქნა საზღვარგარეთის ეკონომიკურად განვითარებული ქვეყნებიდან შემოტანილი სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საექსპლუატაციო საიმედოობის ერთეული და კომპლექსური მაჩვენებლები ქვეყნის თავისებურ პირობებში მუშაობის გათვალისწინებით და დამუშავებულია მეცნიერული რეკომენდაციები ტექნიკური სერვისის რაციონალური ორგანიზაციისათვის დილერული სამსახურის გათვალისწინებით. მაგრამ აღნიშნული კვლევები ჩატარებულია ძირითადად ტრაქტორებისა და ავტომობილებისათვის და თითქმის არ მოიცავს მარტივ სასოფლო-სამეურნეო მანქანებს, კერძოდ კულტივატორებს. მიგვაჩნია, რომ კულტივატორების საიმედოობის მაჩვენებლების გამოკვლევა საქართველოს სამთო რეგიონში მუშაობის გათვალისწინებით აქტუალურ სამეცნიერო პრობლემას წარმოადგენს.

1.4. სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა ანალიზი სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკური რესურსის გაზრდის შესახებ

სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის რესურსის გაზრდა საიმედოობასთან ერთად აქტუალური პრობლემაა, რაც დიდ ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა. ამ მხრივ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გზას წარმოადგენს მანქანების გაცვეთილი დეტალების აღდგენა, რაც ამცირებს სათადარიგო ნაწილებზე მოთხოვნას. ჯ. კაციტაძის მონაცემებით [1] მანქანების გაცვეთილი დეტალების აღდგენისას 5...6 ჯერ ნაკლები საწარმოო ოპერაციები სრულდება, ვიდრე

ვიდრე ახალი დეტალების დამზადების დროს ხდება, ხოლო აღდგენის თვითღირებულება არ აღემატება ახალი დეტალების ფასის 60-70%-ს. სწორედ ამიტომ, როგორც ჩვენთან, ასევე უცხოეთში ინტენსიური სამეცნიერო-კვლევითი და საკონსტრუქციო-ტექნოლოგიური სამუშაოები მიმდინარეობს გაცვეთილი დეტალების ახალი ხერხების შემუშავებისა და სარემონტო წარმოებაში დანერგვისათვის. ცნობილია, რომ მთიან პირობებში, სადაც მოქმედებს განსაკუთრებული კლიმატურ-გეოგრაფიული და ატმოსფერული ფაქტორები, ტექნიკას უხდება ფორსირებული რეჟიმებით მუშაობა, რის გამოც მისი დეტალების ცვეთის ინტენსივობა გაცილებით მეტია ვაკის პირობებთან შედარებით [24].

გაცვეთილი დეტალების აღდგენის პროგრესული ხერხების გამოყენებით, როგორც აღვნიშნეთ, მნიშვნელოვნად მცირდება სათადარიგო ნაწილების ხარჯი. სათადარიგო ნაწილების უკმარისობა ახდენს არა მარტო ფერმერული მეურნეობის დეზორგანიზაციას, არამედ იწვევს დანაკარგებს მემცენარეობასა და მეცხოველეობაში, სათადარიგო ნაწილების დეფიციტი ასევე იწვევს დეტალების ფასების გაუმართლებელ ზრდას გასაღების ბაზარზე.

სათადარიგო ნაწილების დეფიციტის შემცირებაში საქართველოში ბოლო პერიოდში აქტიურად ინერგება მათზე დამამზადებელ ფირმებზე კომპიუტერით შეტყობინების ორგანიზაცია, რაც უთუოდ პროგრესულ ნაბიჯად უნდა ჩაითვალოს.

გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ახალი ხერხების დამუშავება პრიორიტეტულია ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა აშშ, საფრანგეთი, ჩეხეთი, ბულგარეთი, რუსეთი, უკრაინა ბელორუსი და სხვა [24]. აღნიშნულ ქვეყნებში ფართოდ იყენებენ მანქანების ფირმული რემონტის მეთოდს, რაც

იმაში მდგომარეობს, რომ ნამუშევარი მანქანებისა და გაცვეთილი დეტალების რემონტი ხდება სას. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის დამამზადებელი ფირმების მიერ.

სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ხერხების დამუშავებაში დიდი წვლილი შეიტანეს ისეთმა მეცნიერებმა, როგორიცაა ვ. კაზარცევი, ვ. შადრიჩევი, ი. ულმანი, ი. პეტროვი და სხვები.

ვ. კაზარცევა [25] პირველმა დაამუშავა ტრაქტორების, ავტომობილებისა და სასოფლო-სამეურნეო მანქანების რემონტის თეორიული საფუძვლები.

ვ. შადრიჩევა [26] კი დაასაბუთა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების ლითონური საფარით აღდგენის რაციონალური ხერხები.

ი. ულმანმა [27] პირველმა დაამუშავა გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ისეთი ხერხი, როგორიცაა ვიბრორკალური დადუღება და წარმოადგინა შესაბამისი რეჟიმები და მოწყობილობები.

გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ახალი გაღვანური ხერხები დამუშავებული იქნა ი. პეტროვის მიერ [28]. გარდა აღნიშნული კვლევებისა დამუშავებული იქნა ასევე დეტალების აღდგენის ისეთი ხერხები, როგორიცაა ხელით აირული შედუღება და დადუღება, დადუღება ნახშირორჟანგისა და წყლის ორთქლის არეში, ავტომატური დადუღება მდნობის ქვეშ, პლაზმური დადუღება, დეტალების აღდგენა პლასტიკური დეფორმაციით და პოლიმერული მასალების გამოყენებით და სხვა. აღნიშნული ხერხები, მათი რეჟიმები, პრინციპული სქემები და მოწყობულობები განხილულია ჯ. კაციტაძისა და ა. ლილუაშვილის ნაშრომში [29]. მათი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დადუღების მეთოდები

შეიძლება გამოყენებული იქნას ისეთი გაცვეთილი დეტალების აღდგენისას, რომელთა ცვეთა აღემატება 1 მმ-ს, ხოლო გალვანური დაფარვის, პლასტიკური დეფორმაციისა და პოლიმერული მასალების გამოყენების ხერხები კი შესაძლებლობას იძლევიან აღვადგინოთ 1 მმ-ზე ნაკლები ცვეთის მქონე დეტალები.

ზემოთაღნიშნული გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ხერხების ტექნოლოგია, რეჟიმები და მოწყობილობები დაწვრილებით არის გაანალიზებული მრავალ მონოგრაფიასა და კვლევებში [1, 24, 25, 26, 27, 28, 29] და ამიტომ ჩვენ მათ არ განვიხილავთ.

ჩვენი აზრით თანამედროვე პირობებში მეტი ყურადღება უნდა მიექცეს რესურს-და ენერჯიადამზოგ ტექნოლოგიურ პროცესებს, რომლებიც საშუალებას იძლევიან მოვახდინოთ სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების აღდგენა შედარებით მარტივი და მოხერხებული მოწყობილობების გამოყენებით. ასეთ ტექნოლოგიურ პროცესებს მიეკუთვნებიან ანოდურ-მექანიკური, ელექტრომექანიკური და ელექტრო-ნაპერწკლური დამუშავება.

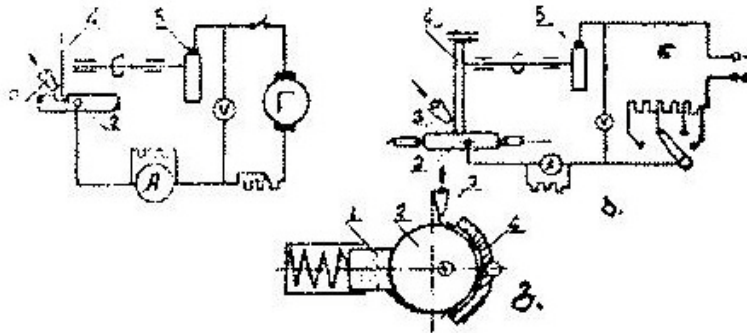
1.5. ელექტრული მეთოდების გამოყენება გაცვეთილი დეტალების აღდგენის დროს

1.5.1. ანოდურ-მექანიკური დამუშავება

ანოდურ-მექანიკური დამუშავება გამოყენებულია ისეთი დეტალებისათვის, რომლებსაც გააჩნიათ მაღალი ზედაპირული სისალე და

მათი დამუშავება ჩვეულებრივ საჭრისებით გაძნელებული ან შეუძლებელია. ამ დროს დეტალი განიცდის კომბინირებულ ელექტროქიმიურ, ელექტროთერმულ და მექანიკურ ზემოქმედებას.

ნახ. 1.2.-ზე მოცემულია ანოდურ-მექანიკური დამუშავების სქემები, ნამზადის ჭრა, დეტალის გახეხვა და სუფთა დაყვანა.

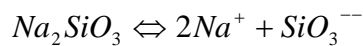


ნახ. 1.2. ანოდურ-მექანიკური დამუშავების სქემა.

- a) ჭრა, ბ) ხეხვა, გ) სუფთა დაყვანა. 1. აბრაზიული იარაღი;
 2. დასამუშავებელი დეტალი (ანოდი); 3. მოწყობილობა ელექტროლიტის მიწოდებისათვის; 4. კათოდი; 5. დენის მიმცვანი.

დამუშავებული იარაღის ზონაში შეყავთ ელექტროლიტის ჭავლი, რომელიც შედგება თხევადი მინის წყალხსნარისაგან (სიმკვრივე 1.28-1.36 გ/სმ³) ან სილიციუმის მჟავას შემცველი სხვა სითხისაგან. მუდმივი დენის გავლისას ხსნარი განიცდის ელექტროლიზს და ანოდზე წარმოიშვება სილიციუმის მჟავას სალი შენაერთების აკვი, რომელიც ქმნის კათოდის (იარაღის) ან ანოდის (დეტალის) უსწორობათა კონტაქტების პირობებს. ამ კონტაქტების შედეგად შეხების უბნებში სწრაფად იზრდება დენის სიმკვრივე და ეს უბნები დნება. სილიციუმის მჟავის წყალში უხსნადი აკვი მჭიდროდ ეკვრის ლითონის ზედაპირს და მისგან შეიძლება მოცილებულ

იქნას კათოდის მექანიკური ზემოქმედებით. მაშასადამე, ანოდურ-მექანიკური დამუშავების პროცესი შედგება ანოდზე აპკის უწყვეტად წარმოშობისაგან, ანოდის გამონაშვებების კონტაქტირებული უბნებისაგან აპკის მოხსნისაგან, ამ გამონაშვებების გადნობის და მოშორებისაგან და ა.შ. სილიციუმის მჟავის აპკი წარმოიშვება ნატრიუმის სილიკატის (თხევადი მინა) დისოციაციის შედეგად



დენის მცირე სიმკვრივის დროს ჭარბობს ელექტროქიმიური ეფექტი, რომლის დროსაც პირველ რიგში ხდება დეტალის მიკროსკოპიული გამონაშვებების გახსნა. ამასთან ერთად ნატრიუმის სილიკატის დისოციაციის შედეგად ანოდის ზედაპირზე წარმოიშვება აპკი. ორივე ამ პროცესის ერთდროული მიმდინარეობა ხელს უწყობს დასამუშავებელი სუფთა ზედაპირის მიღებას.

შეიძლება მიღებული იქნას უფრო მაღალი სისუფთავის ზედაპირი, თუ კათოდი არ ასრულებს იარაღის ფუნქციას, არამედ გამოყენებულია მხოლოდ უარყოფით პოლუსად. ამ დროს აპკის მოცილება (ანოდის დეპასივირება) ხდება წვრილმარცვლოვანი აბრაზიული წრით.

დაყვანის დროს მუშა სითხედ შეიძლება გამოყენებულ იქნას აზოტმჟავა ნატრიუმის ($NaNO_3$), ქლოროვანი ნატრიუმის ($NaCl$) ან ფოსფორმჟავა ნატრიუმის (NaH_2PO_4) წყალხსნარები. ასეთი ხსნარების მიღებისათვის ერთ ლიტრ წყალში ხსნიან შესაბამისად 16.11 და 31 გ მარილს.

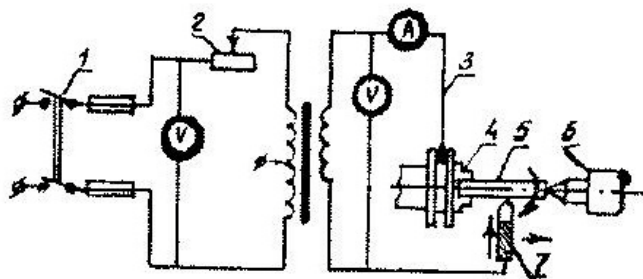
მაღალი დენის სიმკვრივის დროს ირღვევა აპკის დიელექტრული სიმტკიცე, დნება დეტალის ზედაპირული ფენა და ადვილდება ლითონის მექანიკური მოცილება.

პროცესის მცირე ხნით მიმდინარეობისა და დეტალის გაცხელების მცირე სიღრმის გამო მასალის სტრუქტურა არ იცვლება.

1.5.2. ელექტრომექანიკური დამუშავება

დეტალების უძრავი შეერთების აღდგენის ელექტრომექანიკური ხერხი დამყარებულია ელექტროკონტაქტური გახურებისას ლითონის დეტალების ზედაპირული ფენების პლასტიკური დეფორმაციის გამოყენებაზე. ამ ხერხის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ დეტალთან და მასში ჩაწნეხილ იარაღთან ტარდება დიდი ძალის და დაბალი ძაბვის ელექტროდენი, რის გამოც კონტაქტის ადგილებზე ლითონის ზედაპირული ფენის მცირე ნაწილი ცხელდება მაღალ ტემპერატურამდე და იარაღის წნევის გამო პლასტიკურად დეფორმირდება. ამ დროს ზედაპირული ფენები ამოიწნეხებიან და დეტალის ბრუნვისა და იარაღის გადაადგილების დროს ქმნიან სპირალურ სავარცხელას, რომელიც გამოშვებულია დეტალის ზედაპირზე.

ნახ. 1.3.-ზე წარმოდგენილია ელექტრომექანიკური დამუშავების პრინციპული სქემა.



ნახ. 1.3. ელექტრომექანიკური დამუშავების პრინციპული სქემა.

ძაბვის წრედიდან (220/380 ვ) დენი დამადაბლებელი ტრანსფორმატორის გავლით გადის დეტალსა და იარაღს შორის.

სახარატო ჩარხის ვაზნაზე ამაგრებენ დენის ამრთმელს სპილენძის რგოლის სახით. ამ რგოლზე სპილენძისა და გრაფიტის ჯაგრისების სამარჯვით, რომელიც კარგად არის იზოლირებული ჩარხისაგან, მიეწოდება ტრანსფორმატორისაგან დენი 300-1500 ა (ძაბვა 1-5 ვ). ტრანსფორმატორის მეორე გამტარი უერთდება დამჭერს, რომელიც დამაგრებულია სუპორტის საჭრისის დამჭერზე. დამჭერიც კარგად უნდა იყოს იზოლირებული ჩარხის სუპორტის საჭრისის დამჭერისაგან.

მზრუნავ დეტალში იარაღის ჩაწნეხვის დროს კონტაქტის ადგილას გამოიყოფა სითბოს დიდი რაოდენობა, ლითონის ლოკალური უბნები ხურდებიან 800-900 °C ტემპერატურამდე, ხდებიან პლასტიკური და დეფორმირდებიან.

გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0.24I^2RT + \frac{P_z V}{427}t$$

სადაც, Q_1 _არის დენის მოქმედებით გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა, ჯ.

Q_2 _ჭრის ზონაში ლითონის ხახუნისა და დეფორმირების შედეგად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა, ჯ.

I _დენის ძალა, ა.

R _წრედის წინააღმდეგობა, ომ.

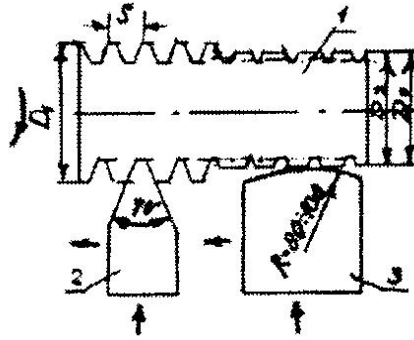
P_z _ჭრის ძალა, ნ.

V _ჭრის სიჩქარე, მ/წმ.

გაცხელებული ლითონის დეფორმაცია გამოვლინდება ადგილობრივი ჩასხდომის სახით, რის გამოც წარმოშობილი სავარცხელას გარე დიამეტრი მეტი იქნება დეტალის დიამეტრზე. შემდეგ ჩასხდომისათვის საჭირო იარაღს ცვლიან სალი შენადნობის გასასწორებელი ფირფიტით (იხ. ნახ. 1.4.). სავარცხლის გამონაშვებებსა და ფირფიტას შორის დენის გამტარებისას წარმოებს სავარცხელას ზედა ნაწილის გაცხელება და გამასწორებელი ფირფიტა იწვევს მის დეფორმაციას საჭირო ზომაზე. სპეციალური არხის წარმოქმნის დროს, ხოლო შემდეგ მისი გამოშვებული ნაწილის გასწორებისას ხდება ლითონის მცირე უბნების გაცხელება და შემდგომი სწრაფი გაცივება, რის გამოც დეტალის ზედაპირზე მიიღება საწრთობი ფენა. ეს პროცესის დადებითი მხარეა. ჩასხდომისა და გასწორების რეჟიმები შეიძლება შემდეგი იყოს:

ჩასხდომისათვის მიწოდება 1-2 მმ/ზრ, იარაღზე მოქმედი ძალა 700-800 ნ (თერმულად დამუშავებული დეტალებისათვის) და 900-1200 ნ (ნაწრთობი ფოლადებისათვის), წრიული სიჩქარე 2-8 მ/სთ, დენის ძალა 420-520 ა, გავლათა რიცხვი 2-3.

გასწორებისათვის მიწოდება 0,4-1,5 მმ/ზრ, იარაღზე მოქმედი ძალა 300-400 ნ, წრიული სიჩქარე 5-8 მ/წთ, დენის ძალა 350-400 ა, გავლათა რიცხვი 1-2.



ნახ. 1.4. დეტალის ზედაპირის ჩასხდომისა და გასწორების სქემა

1. დეტალი, 2. ჩასხდომისათვის საჭირო ფირფიტა,
3. გასასწორებელი ფირფიტა D_1 _დიამეტრი ჩასხმის შემდეგ, D_0 _დიამეტრი გასწორების შემდეგ, D_2 _საწყისი დიამეტრი.

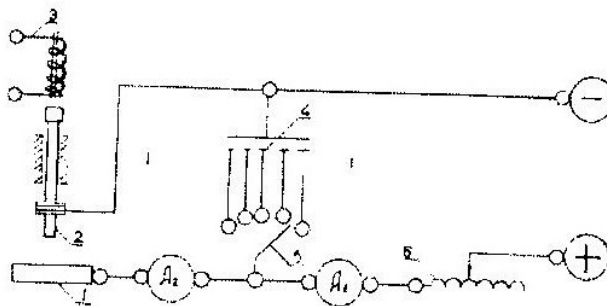
1.5.3. ელექტრო-ნაპერწკლური დამუშავება

დეტალების ელექტრონაპერწკლური დამუშავება მდგომარეობს გარკვეულ მანძილზე მიახლოებულ ელექტროდებს შორის ელექტრონაპერწკალურ განმუხტვის იმპულსების მსხვრევადი მოქმედების გამოყენებაში (ელექტრული ეროზია).

ნაპერწკლური განმუხტვა მიეკუთვნება არასტაციონარული ფორმის განმუხტვას, რომლის დროსაც ანოდის მასალა იმსხვრევა და გადაიტანება კათოდზე. ეს აიხსნება იმით, რომ ნაპერწკლის გატყორცნის დროს ელექტრონების ნაკადი, მიუახლოვდება რა უდიდესი სიჩქარით ანოდს, მყისიერად ახურებს მის ზედაპირს მაღალ ტემპერატურამდე ($10^4^{\circ}C$), ამ დროს ლითონი დნება და გადადის თხევად და აიროვან მდგომარეობაში.

ლითონის ორთქლი, რომელიც სწრაფად ფართოვდება, აშორებს ანოდის ზედაპირს გამდნარ ლითონს, რომელიც სწრაფად მოხვდება გარემო სივრცეში ან დაეფინება კათოდს ისე, რომ თითქმის არ განიცდის კოროზიას. თითოეული ნაპერწკლური იმპულსი იწვევს დეტალის ზედაპირის ადგილობრივ დარღვევას, რომელიც გამოყენებულია ანოდად, კათოდის ზედაპირი (იარაღი) ასევე განიცდის რღვევას, მაგრამ უფრო ნაკლები ხარისხით. დიდი რაოდენობის ნაპერწკლური განმუხტვების ჯამური მოქმედების შედეგად, რომლებიც თავმოყრილი არიან დეტალის ზედაპირის მცირე უბანზე, ხდება ლითონის რღვევა და მისი გადატანა. ამის შედეგად წარმოიქმნება ღრმული, რომლის ფორმა ზუსტად შეესაბამება იარაღის ფორმას.

ელექტრონაპერწკლური დამუშავებისათვის გამოყენებულია სხვადასხვა დანადგარები კონდესატორული და არაკონდესატორული. ყველაზე მეტი გავრცელება ჰპოვა კონდესატორულმა დანადგარმა, რომლის სქემა წარმოდგენილია ნახ. 1.5.-ზე.



ნახ. 1.5. კონდენსატორული ელექტრონაპერწკლური დანადგარის სქემა.

1. დასამუშავებელი დეტალი, 2. იარაღი, 3. ვიბრატორი, 4. კონდენსატორი, 5. კონდენსატორების გადამრთველი,

6. რეოსტატი. მკვებავი წრედის ამპერმეტრი A₁, განმუხტვის წრედის ამპერმეტრი A₂.

ასეთი დანადგარი იკვებება 110-220 ვოლტის ძაბვის მუდმივი დენით მოტორ-გენერატორისაგან, რომლის სიმძლავრეა 5 კვტ (გადამრთველისაგან დამოუკიდებელი აღზნებით). ცვლადი წინააღმდეგობა და კონდესატორის რეგულირებადი ტევადობა უზრუნველყოფენ დანადგარის მუშაობის სასურველი რეჟიმის შერჩევას. ლითონის მოხსნის დროს დეტალი გამოყენებულია ანოდად, იარაღი – კათოდად. იარაღად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი ლითონი ან შენადნობი, ასევე ნებისმიერი შეიძლება იქნას დასამუშავებელი დეტალი, იმისათვის, რომ ადგილი ჰქონდეს დასამუშავებელი დეტალისაგან (ანოდი) იარაღზე (კათოდი) ლითონის გადატანის პროცესს აწარმოებენ თხევად გარემოში: ნავთში, მინერალურ ზეთში და სხვა სითხეში, რომელიც არ ატარებს ელექტრულ დენს. ამ დროს დეტალისაგან მოცილებული ნაწილაკები ვერ აღწევენ იარაღამდე და ილექებიან აბაზანის ძირზე.

იარაღი ასრულებს რხევით მოძრაობას (ვიბრატორის საშუალებით), რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრული წრედის შეკვრას და გაწყვეტას. დეტალები განიცდიან ელექტრულ-ნაპერწკლურ დამუშავებას დანადგარზე $\Xi\Phi\Pi$ -25, $\Xi\Phi\Pi$ -45 და სხვა. ასეთი დანადგარი შეიძლება დამზადდეს ვერტიკალური საბურღი ჩარხის ბაზაზე, თუ იარაღს ჩავამაგრებთ დგარისაგან იზოლირებულ ვაზნაში. რხევითი მოძრაობა იარაღს შეიძლება მიენიჭოს ვიბრატორის საშუალებით, რომელიც წარმოადგენს 2.5 მმ დიამეტრის იზოლირებული მავთულისაგან დამზადებულ კოჭს 700 ხვით. დასამუშავებელ დეტალს ამაგრებენ

გირაგში, რომელიც იმყოფება ფურცლოვანი ფოლადისაგან დამზადებულ აბაზანაში, სადაც ჩასხმულია ნავთი ან ზეთი.

დეტალების ზედაპირების დაფარვისა და განმტკიცებისათვის იყენებენ აპარატს YIP-3M ან სტაციონარულ კონდესატორულ დანადგარს. განმტკიცებას უკეთებენ მჭრელი იარაღის მუშა წახნაგებს და ასევე მანქანების დეტალების ზედაპირებს, მათი ცვეთგამძლეობის გაზრდისათვის. ჰაერზე დეტალების ზედაპირების დაფარვისა და განმტკიცების დროს კათოდად გამოყენებულია დეტალი, ხოლო ანოდად ისეთი მასალის ელექტროდი, რომლითაც ხდება დაფარვა ან განმტკიცება.

დეტალების განმტკიცება ხდება მის ზედაპირზე ანოდის მარეგულირებელი ელემენტების გადატანის, მისი ზედაპირის ნიტრიდებით გაჯერების და ზედაპირის წრთობის შედეგად (გამდნარი ლითონის სწრაფი გაცივების გამო).

დეტალებს, რომლებსაც გააჩნიათ ბრუნვითი სხეულების ფორმა, აღადგენენ და განამტკიცებენ სახარატო ჩარხებზე.

ამ დროს ვიბრატორს ელექტროდთან ერთად ამაგრებენ ჩარხის სუპორტზე. ღრეჩოს დეტალსა და ელექტროდს შორის არეგულირებენ სუპორტის განივი მიწოდებით. ზედაპირების დაფარვის დროს ხდება საწყისი ჩასმის აღდგენა ბურთული და გორგოლაჭოვან საკისრებში და სხვა დეტალებში. №1.5.1. ცხრილში მოცემულია ელექტრონაპერწკლური დამუშავების რეჟიმები.

ელექტრონაპერწკლური დამუშავების რეჟიმები

№	რეჟიმი	დენი განმუხტვის კონტურში, ა	მაბვა ელექტროდ. რღვევის დასაწყ. ვ	კონდენსატორის ტევადობა, მკვ	ღრმულის სიღრმე მკ	ზედაპირის ხაოიანობა (კლასი)
1	ხისტი	10	100	100	100	1...2
2	საშუალო	1-10	50-100	10-100	10-100	2...4
3	მსუბუქი	<1	<50	<10	<10	<5...50

აღნიშნული მეთოდის ანალიზის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის მცირე სიდიდით გაცვეთილი დეტალების აღდგენისათვის რაციონალურ ხერხად შეიძლება ჩაითვალოს ელექტრო-ნაპერწკლური ლევირება, რისთვისაც უნდა მოხდეს პრინციპულად ახალი კონსტრუქციის, სარემონტო პრაქტიკაში მარტივად გამოსაყენებელი მოწყობილობის დამზადება და მისი გამოყენებით დეტალების აღდგენის პროცესის ოპტიმიზაცია.

1.6. სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების**მიზანი და ამოცანები**

სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა მიზანს წარმოადგენს ტექნოლოგიური და ორგანიზაციული ღონისძიებების დამუშავება საქართველოში მომუშავე სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობისა და რესურსის გაზრდისათვის, გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ახალი

ტექნოლოგიური პროცესის და მოწყობილობების დასაბუთება, მისი რეჟიმების ოპტიმიზაცია და ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება.

თემის მიზნის გათვალისწინებით დასახული იქნა შემდეგი ამოცანები:

1. საქართველოს მთიანი პირობების (სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის მაგალითზე) გავლენა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობასა და რესურსზე.
2. არსებული გამოკვლევების ანალიზი მანქანების გაცვეთილი დეტალების აღდგენის შესახებ და პრინციპულად ახალი, რესურს და ენერჯიადამზოგი ტექნოლოგიის დამუშავების დასაბუთება.
3. კულტივატორების კონსტრუქციულ თავისებურებათა ანალიზი და მათი საექსპლუატაციო საიმედოობის ერთეული და კომპლექსური მაჩვენებლების განსაზღვრა სამცხე-ჯავახეთში მუშაობის გათვალისწინებით.
4. კულტივატორების თათების ცვეთის ალბათურ-სტატისტიკური მოდელირება ყველაზე უფრო გავრცელებული (მოდალური) ცვეთის განსაზღვრა და ელექტრო-ნაპერწკლური ლეგირებით აღდგენის ხერხის დასაბუთება.
5. გაცვეთილი დეტალების ელექტრო-ნაპერწკლური ლეგირებით აღდგენისათვის საჭირო მოწყობილობის დამუშავება, დამზადება, გამოცდა.
6. ელექტრო-ნაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი საფარის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გამოკვლევა, ოპტიმიზაცია და აღდგენის რაციონალური ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავება.

7. ელექტრო-ნაპერწკლური ლეგირებით სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების აღდგენის პროცესის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება.
8. სამეცნიერო სამუშაოთა შედეგების საფუძველზე დასკვნებისა და მეცნიერული რეკომენდაციების შემუშავება.

თავი II. თეორიულ და ექსპერიმენტულ გამოკვლევათა მეთოდთა

2.1. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის დეტალების (კულტივატორების თათების) ცვეთისა და საიმედოობის შესახებ სტატისტიკური ინფორმაციის შეგროვება.

სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის თანდათანობითი მტყუნებების მაჩვენებლების განსაზღვრა დიდად არის დამოკიდებული მისი დეტალების ცვეთის კანონზომიერებაზე, რომლის ერთ-ერთ გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს სტატისტიკური მოდელირება.

აღნიშნული მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ხდება სტატისტიკური მასალების შეგროვება დეტალების ცვეთის შესახებ, სწარმოებს შესაბამისი ალბათურ-სტატისტიკური მოდელების მიღება და მათი საშუალებით მტყუნებათა პროგნოზირება. აღნიშნული მეთოდთა ჩვენს მთავარ შემუშავებული იქნა კულტივატორების თათებისათვის სამცხე-ჯავახეთის მთიანი რეგიონისთვის პროფესორ ჯ. კაციტაძის რეკომენდაციების მიხედვით [7].

აღნიშნული რეკომენდაციის მიხედვით გამოსაკვლევი დეტალების რაოდენობა მივიღეთ $N=50$, ამის შემდეგ შედგენილი იქნა სპეციალური მიკრომეტრაჟისა და საიმედოობის მაჩვენებლებზე დაკვირვების ჟურნალები, რომლებიც დარიგებული იქნა ასპინძის, ადიგენის, ახალციხისა და ახალქალაქის რაიონებში. დაკვირვებები სწარმოებდა პერიოდულად 2009...2001 წლების განმავლობაში. ჟურნალში აღნიშნული იყო კულტივატორის სახე და მარკა, ნამუშევარი, საწყისი ზომა, საბოლოო ზომა, მაქსიმალური ცვეთა, ნამუშევარი მტყუნებაზე, მტყუნებათა სახეები, მტყუნებების აღმოფხვრაზე საჭირო დრო, უმტყუნო მუშაობის საშუალო დრო და სხვა. ამის შემდეგ ხდებოდა სტატისტიკური მასალის დამუშავება ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით [14, 30].

პარამეტრის განაწილების გენერალური მახასიათებლები განისაზღვრება შემდეგნაირად:

_საშუალო არითმეტიკული $\bar{X} = X_0 + v_1 h$.

_საშუალო კვადრატული გადახრა $\sigma = h \cdot \sqrt{\mu_2}$.

_ვარიაციის კოეფიციენტი $V = \frac{\sigma}{\bar{X}}$.

მედიანა $Me = L + \frac{h \cdot \left(\frac{\sum{i=1}^K m_i}{2} - S_g \right)}{m_{Me}}$.

_მოდა $Mo = \bar{x} + 3 \cdot (Me - \bar{x})$.

სადაც x_0 არის პარამეტრის მნიშვნელობა, რომელსაც შეესაბამება მაქსიმალური ემპირიული სიხშირე m_i ;

v_1 – პირველი რიგის საწყისი მომენტი;

μ_2 – მეორე რიგის ცენტრალური მომენტი;

$S_{\text{გ}}$ – დაგროვილი ფარდობითი სიხშირე $S_{\text{გ}} \leq \frac{\sum_{i=1}^K m_i}{2}$;

L – მედიანური ინტერვალის დასაწყისი;

m_{Me} – მედიანურ ინტერვალში მყოფი ცვეთის ემპირიული სიხშირე.

ამისათვის დაკვირვების ჟურნალების მიხედვით დგინდებოდა გამოსაკვლევი პარამეტრის (ცვეთა, საიმედოობის მაჩვენებელი) სტატისტიკური რიგი $x_2, x_7, x_5, \dots, x_n$ და ვარიაციული რიგი $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. ვარიაციული რიგის მიხედვით განისაზღვრებოდა გამოსაკვლევი პარამეტრის ინტერვალთა რიცხვი და ინტერვალის ბიჯი (სიგანე) ფორმულით:

$$K = 1 + 3,2 \cdot \lg N$$

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K}$$

K – ინტერვალთა რიცხვი;

h – ინტერვალის სიგანე;

N – ცდათა რიცხვი;

x_{\max} და x_{\min} – შესაბამისად შესასწავლი (გამოსაკვლევი) პარამეტრის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობა.

პარამეტრის განაწილების გენერალური მახასიათებლების განსაზღვრა სწარმოებდა მომენტების მეთოდით, რისთვისაც განისაზღვრებოდა შესაბამისი რიგის საწყისი (ν_i) და ცენტრალური (μ_i) მომენტები ფორმულებით:

$$\nu_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K x_i^i m_i ;$$

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K (x_i - \bar{x})^h m_i.$$

სადაც $h = 1, 2, 3, 4$.

შემდეგ ხდებოდა პარამეტრის ალბათურ-სტატისტიკური მოდელის მიღება მტყუნებათა პროგნოზირებისათვის პერსპექტივაში.

ემპირიულმა მასალებმა გვიჩვენეს, რომ ძირითადად ადგილი ჰქონდა გამოსაკვლევ პარამეტრების ორი სახით განაწილებას – ნორმალურს და ექსპონენციალურს. ნორმალური განაწილებით აღიწერებოდა დეტალების (კულტივატორების) ცვეთა ვარიაციის კოეფიციენტით $V = 0.32$, ხოლო ექსპონენციალურით კი კულტივატორების მტყუნებათა ინტენსივობა და უმტყუნო მუშაობის ალბათობა ვარიაციის კოეფიციენტით $V = 1$.

პირველ შემთხვევაში ცვეთის განაწილების ინტეგრალურ ფუნქციას გამოვსახავდით ფორმულით:

$$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \phi(t)$$

სადაც $\phi(t)$ – არის ლაპლასის ინტეგრალური ფუნქცია და ტოლია:

$$\phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

ხოლო მეორე შემთხვევაში კულტივატორების უმტყუნო მუშაობის ალბათობას განვსაზღვრავდით ფორმულით:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

სადაც λ – არის მტყუნებათა ინტენსივობა და ტოლია:

$$\lambda = \frac{1}{x} \text{ სთ}^{-1}$$

ხოლო t – უმტყუნო მუშაობის დრო, სთ.

ამის შემდეგ ხდებოდა ემპირიული და თეორიული მრუდების აგება ერთსა და იგივე მასშტაბში და მათი ვიზუალური შეფასება ურთიერთდამთხვევის შემოწმების მიზნით. უფრო სანდო შედეგების მიღებისა და მიღებული ალბათურ-სტატისტიკური მოდელის ადეკვატურობის შემოწმებისათვის ვიყენებდით კოლმოგოროვის შეთანხმების კრიტერიუმს.

ამისათვის ხდებოდა დაგროვილი ფარდობითი სიხშირის (W_g) და ინტეგრალური ფუნქციის ($F(x)$) მნიშვნელობათა განსაზღვრა პარამეტრის თითოეული ინტერვალისათვის და λ -პარამეტრის დადგენა ფორმულით:

$$\lambda = D \max \sqrt{N}$$

$$\text{სადაც } D \max = |W_g - F(x)| \max$$

λ -პარამეტრის მიხედვით მათემატიკური სტატისტიკის ცხრილებიდან [14, 30] განისაზღვრებოდა მიღებული მოდელის ადეკვატურობა და შესაბამისად თეორიული და ემპირიული მოდელების დამთხვევის ალბათობა პირობით:

$$P(\lambda) \geq 0,15$$

აღნიშნული მეთოდის რეალიზაცია წარმოდგენილია დისერტაციის მესამე თავში.

*2.2. აღსადგენი დეტალების აღდგენის ხერხები
და შესაბამისი მოწყობილობის დამუშავება,
დამზადება და გამოცდა.*

სამთო რეგიონში მომუშავე კულტივატორების თათების აღდგენის ხერხის შერჩევისათვის წაყენებული იყო შემდეგი პირობები:

– დეტალების ცვეთის მცირე სიდიდის გამო მათი აღდგენისათვის დამუშავდეს მარტივი და ფერმერებისთვის მოსახერხებელი ტექნოლოგიური პროცესი და მოწყობილობა.

– აღდგენის ხერხმა საშუალება უნდა მოგვცეს მივიღოთ მაღალი ჩაჭიდებისა და ცვეთგამძლეობის კათონური ფენა.

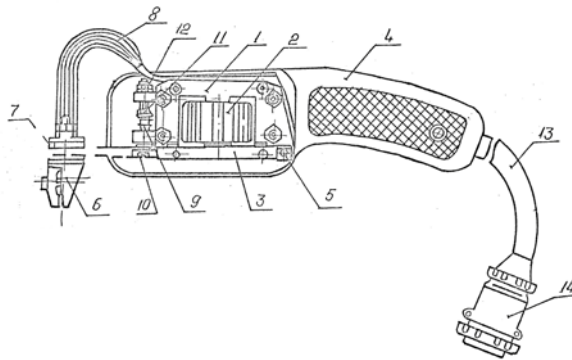
– დანახარჯები დეტალების აღდგენაზე უნდა იყოს მინიმალური.

აღნიშნული მოთხოვნებისა და არსებული გამოკვლევების საფუძველზე [26, 27, 29, 31] ჩვენს მიერ დაპროექტებული და დამზადებული იქნა პრინციპულად ახალი, პრაქტიკაში მარტივად გამოსაყენებელი მოწყობილობა გაცვეთილი დეტალების ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენისათვის (ნახ. 2.1).



ნახ. 2.1. მოწყობილობა დეტალების ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენისათვის.

ნახ. 2.2.-ზე კი წარმოდგენილია მოწყობილობის ვიბრატორის საერთო ხედი.



ნახ. 2.2. ვიბრატორის საერთო ხედი.

1. გულა. 2. კოჭი. 3. ღუზა. 4. კორპუსი. 5. სახსარი.
6. ელექტროდამჭერი. 7. მილისა. 8. გამტარი. 9. ზამზარა.
10. ხრახნი. 11. ქანჩი. 12. ქანჩი. 13. კაბელი. 14. თავი.

აღნიშნული მოწყობილობა გამოირჩევა ანალოგიურ “ელიტრონ- 20”-საგან იმით, რომ თითქმის ოთხჯერ არის გაზრდილი მწარმოებლურობა და ასევე იზრდება დაფარვის სისქე.

თუ ადრე არსებული მოწყობილობის „ელიტრონ _20,, დაფარვის სისქე შეადგენდა 0,05 მმ, ჩვენი მოწყობილობა საშუალებას იძლევა გაცვეთილი დეტალი დაიფაროს 0,15 მმ სისქემდე.

მოწყობილობა შედგება ორი კვანძისაგან _იმპულსების გენერატორისა და მუშა ორგანოსგან. ვიბრატორის დანიშნულებაა დეტალის დაფარვა ვიბრირებული ელექტროდით, ამასთან დეტალი წარმოადგენს უარყოფით პოლუსს (კათოდს), ხოლო ვიბრატორის თავზე დამაგრებული დეტალი _ანოდს.

ანოდის მასალად გამოყენებულია სტანდარტული TK და BK ტიპის სალი შენადნობები. ელექტრონაპერწყლური ლეგირებისა და აღდგენილი ფენის ხარისხის დადგენისათვის ხდებოდა საცდელი ნიმუშების გამოცდა 65Г მასალისაგან, რომლისაგანაც არის ძირითადად დამზადებული კულტივატორების თათები და ასევე ხდებოდა თვით კულიტივატორების გაცვეთილი ნატურალური თათების აღდგენა. წინასწარ ხდებოდა ნიმუშების გახეხვა შესაბამისი სისუფთავის კლასის მიხედვით, მათი ცხიმგაცლა აცეტონით ან ბენზინით. ეს ოპერაცია საჭირო არის იმისთვის, რომ მოხდეს დაფარული ფენის საიმედო ჩაჭიდება ძირითად (აღსადგენ) დეტალთან.

აღდგენის ოპტიმალური რეჟიმების შერჩევისათვის გამოკვლევები სწარმოებდა “სუფთა” რეჟიმიდან, დაწყებული (დენის ძალით 0,8...15 ა), “უხეშ” რეჟიმამდე (დენის ძალით 15...20 ა), აღნიშნული რეჟიმების

ვარიირებით ხდებოდა მაღალი ხარისხის დაფარული ლითონის ფენის მიღების დროის დადგენა.

2.3. ელექტრონაპერწყლური ლეგირების შედეგად მიღებული ლითონური საფარის სტრუქტურისა და მექანიკური თვისებების გამოკვლევა

დაფარული ლითონური საფარის სისქის განსაზღვრისათვის, ძირითად ლითონსა და მისი საფარის გარდამავალი ზონის შესწავლისა და ლეგირებული ზედაპირის მექანიკური თვისებების გამოკვლევისათვის ვაწარმოებდით მეტალოგრაფიულ ანალიზს.

ლეგირებული ფენის სისქისა და გარდამავალი ზონის სტრუქტურის განსაზღვრა ხდებოდა МИМ_8 ტიპის მეტალურგიულ მიკროსკოპზე.

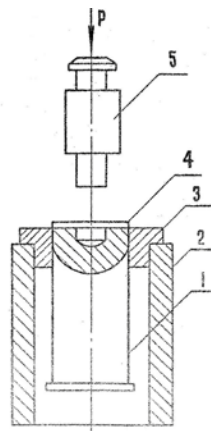
დაფარული ფენის სტრუქტურის გამოვლენისათვის ხდებოდა ნიმუშების მოწამვლა 3 და 5%-იან აზოტმჟავის სპირტიან ხსნარში.

აღდგენილი დეტალების სისალის განსაზღვრას პირველ ეტაპზე ვაწარმოებდით ვიკერსის ხელსაწყოზე, მაგრამ შემდეგ უფრო ზუსტი შედეგების მიღების მიზნით გამოვიყენეთ მიკროსისალის გამზომი ხელსაწყო ПМТ_3 დატვირთვით ინდენტორზე 50 ნ.

აღდგენილი დეტალის საიმედოობისა და მაღალი რესურსის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტერს წარმოადგენს ლითონური საფარის

ჩაჭიდების სიმტკიცე, სწორედ ამიტომ ჩვენი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს მისი გამოკვლევა.

ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით მიღებული ლითონური საფარის ჩაჭიდების სიმტკიცის გამოკვლევისათვის გამოყენებული იქნა ოლარდის მეთოდი, რომელიც დაზუსტებული იქნა პროფესორ ჯ. კაციტაძის მიერ [7, 14]. ნახ. 2.3.-ზე წარმოდგენილია ჩაჭიდების სიმტკიცეზე გამოცდის სქემა:



ნახ. 2.3. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით მიღებული ლითონური საფარის ჩაჭიდების სიმტკიცეზე გამოცდის სქემა.

სხვადასხვა ტექნოლოგიური რეჟიმებით ხდებოდა გამოსაცდელი ნიმუშების (1) აღდგენა ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით, რომელიც თავსდებოდა (2) მილისასა და (3) ნახევარმილისაში.

ჰიდრავლიკური წნეხის (5) პუანსონის საშუალებით ხდებოდა ლითონური საფარის აგლეჯვა და ჩაჭიდების სიმტკიცის გაანგარიშება ფორმულით:

$$\sigma = \frac{4P}{\pi(D^2 - d^2)}$$

სადაც σ _არის ჩაჭიდების სიმტკიცე, მპა.

P _აგლეჯის ძალა, ნ.

$D=28$ მმ _გამოსაცდელი ნიმუშის დიამეტრი, მმ.

$d=12$ მმ _ხვრეტის დიამეტრი, მმ.

მიღებული შედეგების რეგისტრაცია ხდებოდა სპეციალურ ჟურნალებში და ვაწარმოებდით მათ დამუშავებას ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავების მათემატიკური მეთოდებით [32...41].

აღდგენილი დეტალების ცვეთგამძლეობის გამოკვლევა ხდებოდა საექსპლუატაციო პირობებში მათი პერიოდული მიკრომეტრაჟითა და მიღებული შედეგების მათემატიკური დამუშავებით.

2.4. თანამედროვე მათემატიკური მეთოდების გამოყენება ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავებისათვის.

ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავება ხდებოდა თანამედროვე მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით, პირველ ეტაპზე გამოიყენებოდა ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები, მაგრამ უფრო რთული და ზუსტი სამუშაოების ჩასატარებლად აღნიშნული მეთოდები არ არის საკმარისი, რადგანაც არ ხერხდება გამოსაკვლევ პარამეტრზე სხვადასხვა ფაქტორების ერთდროული გავლენის გათვალისწინება.

ამ მიზნით ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა ექსტრემალური ექსპერიმენტების დაგეგმვის თეორია [34, 35, 36, 37, 38, 40, 41], რომელიც საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ წინასწარ დაგეგმილი, კარგად მოფიქრებული და მიზანმიმართული ექსპერიმენტები.

ამ დროს ხდება ექსპერიმენტების მატრიცის შედგენა მათი მინიმალური რაოდენობის გათვალისწინებით, მისი რეალიზაცია,

რეგრესიული განტოლების მიღება, მისი შემოწმება ადეკვატურობაზე და კოეფიციენტების მნიშვნელოვნობაზე.

აღნიშნული კვლევის უარყოფით მხარედ მიგვაჩნია ის გარემოება, რომ მიღებული რეგრესიული მოდელები ადეკვატურია მცირე უბნისათვის, რაც ამცირებს სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა ეფექტურობას.

მესამე საინტერესო მიმართულებას წარმოადგენს მსგავსობითობისა და განზომილებათა თეორიის მეთოდების გამოყენება [36, 39].

ამ შემთხვევაში განზომილებათა თეორიის ანალიზის საფუძველზე მიიღება გამოსაკვლევი პროცესის დამახასიათებელი მსგავსობითობის კრიტერიუმები, რომლებიც წარმოადგენენ პროცესზე მოქმედ ფაქტორთა უგანზომილებო კომპლექსებს და ითვალისწინებენ სხვადასხვა ფაქტორების ერთდროულ გავლენას საძიებელ პარამეტრზე.

აღნიშნული მსგავსობითობის კრიტერიუმების გამოყენებით მიიღება კრიტერიალური განტოლების ზოგადი სახე, რომელიც წარმოადგენს საფუძველს მიზანმიმართული ექსპერიმენტების ჩატარებისათვის. ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავების საფუძველზე მიიღება კრიტერიალური განტოლების ანალიზური სახე და მისი მიხედვით ხდება პროცესის ოპტიმიზაცია [7]. ჩასატარებელ სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა ეფექტურობის გაზრდის მიზნით ჩვენ შევეცადეთ მოგვეხდინა ზემოთ აღნიშნული ორი მეთოდის „შეჯვარება“, და შესაბამისად ერთდროულად გამოვიყენეთ ექსტრემალური ექსპერიმენტების დაგეგმვის, მსგავსობითობისა და განზომილებათა თეორიები. ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი სქემა მსგავსი კვლევების ჩატარებისათვის [7]:

ოპტიმიზაციის პარამეტრს წარმოვადგენთ შემდეგი სახით:

$$\pi = \varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n)$$

სადაც π - არის გამოსაკვლევი ოპტიმიზაციის პარამეტრი მსგავსობითობის კრიტერიუმის სახით:

$\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n$ ოპტიმიზაციის პარამეტრზე მოქმედი ფაქტორები.

π - თეორემის [34] გათვალისწინებით განისაზღვრება გამოსაკვლევ სიდიდეზე მოქმედ მსგავსობითობის კრიტერიუმთა რიცხვი, შემდეგ ხდება ექსპერიმენტების მატრიცის შედგენა და მისი რეალიზაცია.

ჩვენს მიერ ჩატარებულ უმრავლეს კვლევებში მიიღებოდა პირველი ხარისხის პოლინომი:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

სადაც

$y = \pi$ - გამოსაკვლევია პარამეტრია,

$x_1 = \pi_1$, $x_2 = \pi_2$ და $x_3 = \pi_3$ - პარამეტრზე მოქმედი ფაქტორებია.

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^K y_i}{n}$$

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^K y_i x_{ij}}{n}, \quad (j = 1, 2, 3)$$

დისპერსიასა და საშუალო კვადრატულ გადახრას ვანგარიშობდით ფორმულით:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^K (y_i - \bar{y})^2}{n-1}$$

$$S = \sqrt{S^2}$$

რეგრესიული განტოლების კოეფიციენტების მნიშვნელოვნებას ვამოწმებდით სტიუდენტის კრიტერიუმით, პირობით:

$$t' = \frac{y_i - y}{S} \leq t$$

დისპერსიის ერთგვაროვნობის შემოწმება ხდებოდა კოხრენის კრიტერიუმით [41], ხოლო მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობის შემოწმება ფიშერის კრიტერიუმით პირობით:

$$F_{\text{გქბა}} \leq F_{\text{გბ}}$$

ამის შემდეგ ხდებოდა გამოსაკვლევ პარამეტრის ოპტიმიზაცია გრადიენტის ანუ ციკაბოსვლის მეთოდით [41].

განისაზღვრებოდა ფუნქციის გრადიენტი ფორმულით:

$$\vec{\Delta\phi} = \frac{\partial\phi}{\partial x_1} \vec{i} + \frac{\partial\phi}{\partial x_2} \vec{j} + \frac{\partial\phi}{\partial x_3} \vec{k}$$

სადაც \vec{i} , \vec{j} და \vec{k} _ერთეულოვანი ვექტორებია კოორდინატთა ღერძების მიმართ.

შემდეგ განისაზღვრებოდა b_1 , b_2 და b_3 კოეფიციენტები:

$$b_1 = \frac{\partial\phi}{\partial x_1}$$

$$b_2 = \frac{\partial\phi}{\partial x_2}$$

$$b_3 = \frac{\partial\phi}{\partial x_3}$$

განისაზღვრებოდა ციკაბო სვლისათვის საჭირო გრადიენტები:

$b_1\vec{\nu}_1$, $b_2\vec{\nu}_2$ და $b_3\vec{\nu}_3$ ასევე $\vec{\nu}'_1$, $\vec{\nu}'_2$ და $\vec{\nu}'_3$. ამის შემდეგ ძირითად დონეს ვუმატებდით გრადიენტის მდგენელებს და ვღებულობდით ციკაბო სვლის სერიას, რომლის მიხედვითაც ხდებოდა გამოსაკვლევ პარამეტრის ოპტიმალური მნიშვნელობის მიღება.

ჩვენს მიერ წარმოდგენილი მეთოდიკის რეალიზაცია მოცემულია მე-4 თავში.

**2.5. აღსადგენი დეტალების პერსპექტიული რაოდენობისა
და ელექტრონაპერწყლური ლევირებით აღდგენის
პროცესის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება**

აღსადგენი დეტალების (კულტივატორების თათების) რაოდენობის გაანგარიშება პერსპექტივაში რთული მათემატიკური ამოცანაა, რომელიც უნდა ითვალისწინებდეს აღდგენის სხვადასვა ხერხების გამოყენებას და ასევე აღსადგენი დეტალების რაოდენობის მუდმივ ზრდას. აღნიშნული ამოცანა სხვადასხვა ხერხებითა და მიდგომებით წყდება, მაგრამ ჩვენს მიერ არჩეული იქნა უმცირეს კვადრატთა მეთოდი [32, 33, 42].

კავშირი აღსადგენი ობიექტების რაოდენობასა და წლის რიგით ნომერს შორის შეიძლება გამოსახული იყოს შემდეგი სახით:

$$K_{\phi} = K(at_i + b)$$

სადაც K –სამთო პირობების გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი და შ. ჭალაგანიძისა და ჯ. კაციტაძის მონაცემებით [42] $K = 0.85...0.88$

a და b –კოეფიციენტებია, რომლებიც განისაზღვრებიან სტატისტიკური მასალების დამუშავების შედეგად უმცირეს კვადრატთა მეთოდით [32, 33].

აღნიშნული მეთოდიკის მიხედვით კოეფიციენტების შეფასება იქნება ყველაზე უფრო სააღბათო თუ სრულდება პირობა:

$$\sum_{i=1}^n (K_{\phi} - at_i - b) \rightarrow \min$$

აღნიშნული პირობის შესრულებისათვის ვახდენთ განტოლების გაწარმოებას ჯერ b , ხოლო შემდეგ a -თი, მივიღებთ:

$$\frac{\partial}{\partial b} \left(\sum_{i=1}^n K_{\phi} - at_i - b \right)^2 = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial a} \left(\sum_{i=1}^n K_{\phi} - at_i - b \right)^2 = 0$$

$$\text{ახ} \quad \begin{cases} -2 \left(\sum_{i=1}^n K_{\phi} - at_i - b \right) = 0 \\ -2 \left(\sum_{i=1}^n K_{\phi} - at_i - b \right) t_i = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} nb + a \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n K_{\phi} \\ b \sum_{i=1}^n t_i + a \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum_{i=1}^n t_i \cdot K_{\phi} \end{cases}$$

განვსაზღვროთ b კოეფიციენტი:

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{pi} - \frac{a}{n} \sum_{i=1}^n t_i \bar{K}_{pi} + at$$

სადაც \bar{K}_{ϕ} და $at - \bar{K}_{\phi}$ და t_i -ის საშუალო მნიშვნელობაა, საბოლოოდ მიიღება:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n t_i K_{pi} - t \sum_{i=1}^n K_{pi}}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - t \sum_{i=1}^n t_i}$$

$$b = \frac{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n K_{pi} \right) \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(t \sum_{i=1}^n t_i \right) \left(t \sum_{i=1}^n K_{pi} \right)}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_1 \right)^2}$$

ანალოგიური გათვლები ხდებოდა ასევე ალტერნატიული გზით.

აღსადგენი დეტალების რაოდენობა გამოსახებოდა წრფის განტოლების ფორმულით:

$$y = ax + b$$

სადც $a = tg\varphi$; φ არის კუთხე, რომელსაც აღნიშული წრფე ადგენს ox ღერძის დადებით მიმართულებასთან, ხოლო წრფე გადაადგილებულია კოორდინატთა სათავიდან b სიდიდით. a და b კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის ვაწარმოებდით შემდეგი სახის განტოლებების შედგენას:

$$y_1 = 0 \cdot a + b$$

$$y_2 = 1 \cdot a + b$$

$$y_3 = 2 \cdot a + b$$

$$y_4 = 3 \cdot a + b$$

$$y_5 = 4 \cdot a + b$$

და ვიღებდით პირველ მახასიათებელ განტოლებას

$$y = 10a + 5b$$

სადაც $y = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$

შემდეგ ხდებოდა განტოლებების შედგენა

$$y_1^2 = 0 \cdot a \cdot y_1 + b \cdot y_1;$$

$$y_2^2 = 1 \cdot a \cdot y_2 + b \cdot y_2;$$

$$y_3^2 = 2 \cdot a \cdot y_3 + b \cdot y_3;$$

$$y_4^2 = 3 \cdot a \cdot y_4 + b \cdot y_4;$$

$$y_5^2 = 4 \cdot a \cdot y_5 + b \cdot y_5.$$

მეორე მახასიათებელ განტოლებას აქვს სახე

$$y = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + y_4^2 + y_5^2;$$

ორივე მახასიათებელი განტოლების ერთდროული ამოხსნით ხდება a და b კოეფიციენტების განსაზღვრა და მისი შედარება უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით მიღებულ შედეგებთან.

ამის შემდეგ ვაწარმოებდით ჩვენს მიერ შერჩეული ხერხის ელექტრონაპერწკლური ლეგირების ტექნიკურ-ეკონომიკურ შეფასებას ჯ. კაციტაძის მიერ შემუშავებული რეკომენდაციების გამოყენებით [14] ალდგენის ხერხის მიზანშეწონილობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$C_{\text{აღ}} \leq K C_{\text{ახ}}$$

$C_{\text{აღ}}$ – არის კულტივატორების თათების ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით ალდგენის ღირებულება, ლარი.

$C_{\text{ახ}}$ – ახალი დეტალის ფასი, ლარი.

K – ხანგამძლეობის კოეფიციენტი და ტოლია:

$$K = \frac{i_{\text{ახ}}}{i_{\text{აღ}}}$$

$i_{\text{აღ}}$ – ალსადგენი დეტალის ცვეთის ინტენსივობა, მკ/სთ;

$i_{\text{ახ}}$ – ახალი დეტალის ცვეთის ინტენსივობა, მკ/სთ.

თავი III. კულტივატორების საექსპლუატაციო საიმედოობის
მაჩვენებლების გამოკვლევა
და მათი თათების ცვეთის ალბათურ-
სტატისტიკური მოდელირება

*3.1. კულტივატორების კონსტრუქციული თავისებურებანი
და მათი მუშაობის პირობები*

კულტივატორები გამოიყენებიან ნიადაგის თესვისწინა მომზადებისა და სარეველებთან ეფექტური ბრძოლისათვის. დანიშნულების მიხედვით კულტივატორები იყოფიან სამ ჯგუფად: მთლიანი დამუშავების კულტივატორები (საანულო), კულტივატორები რიგთაშორისებში ნიადაგის დამუშავებისათვის (სათოხნი) და სპეციალური დანიშნულების კულტივატორები [43].

კულტივატორების პირველი ჯგუფის დანიშნულებაა ნიადაგის მომზადება თესვისწინა დამუშავებისთვის _სარეველა ბალახების მოჭრა და ნიადაგის გაფხვიერება.

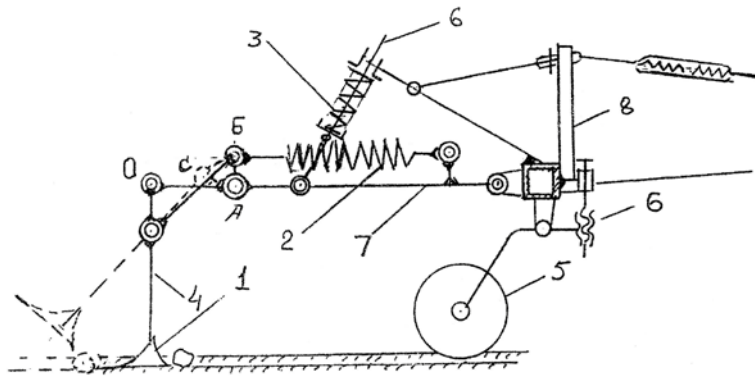
სათოხნი კულტივატორები გარდა აღნიშნული ოპერაციებისა ასრულებენ ასევე კულტურული მცენარეების გამოკვებასა და ამიტომ მათ უნივერსალურ კულტივატორებს უწოდებენ.

სპეციალური დანიშნულების კულტივატორები აწარმოებენ ნიადაგის დამუშავებას ვენახებში, ბაღებში, ტყის ნარგავებში და სხვა.

ნახ. 3.1.-ზე წარმოდგენილია კულტივატორის კონსტრუქცია, ხოლო ნახ. 3.2.-ზე კი მისი სექციის სქემა.



ნახ. 3.1. თანამედროვე კულტივატორის კონსტრუქცია.



ნახ. 3.2. ნიადაგის მთლიანი დამუშავების კულტივატორის სექციის სქემა.

1. თათი, 2. ზამბარა, 3. დამწოლი შტანგის ზამბარა, 4. დგარა,

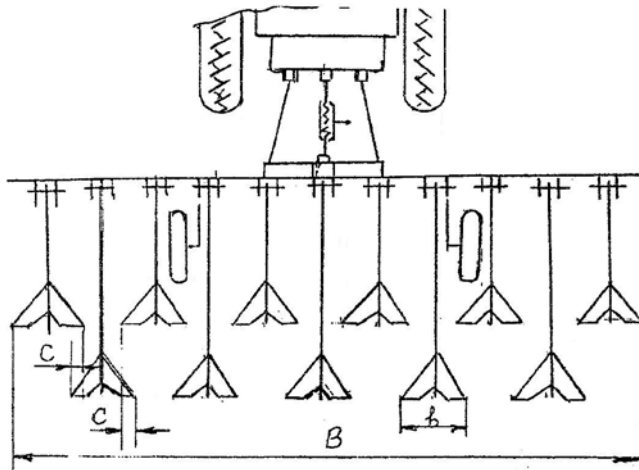
5. საყრდენი თვალი, 6. საყრდენი თვალის სარეგულაციო ხრახნული მექანიზმი, 7. სექციის რვილი, 8. კულტივატორის ტრაქტორთან ჩასამბელი მოწყობილობა.

კულტივატორების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კვანძს წარმოადგენს დამცავი მექანიზმი, რომელიც აცავს მას ქვიან ნიადაგში მუშაობისას უეცარი მტყუნებისაგან. თუ კულტივატორის მუშა ორგანოს თათი (1) წააწყდება ქვას, მაშინ AB რგოლი შემობრუნდება და დაიკავებს AC მდგომარეობას, შესაბამისად მოხდება (2) ზამბარის დაჭიმვა და თათის ქვაზე ასხლეტა, დგარა (4) დაიკავებს საწყის მდგომარეობას. ზამბარა (3) ასევე უზრუნველყოფს ვერტიკალური შტანგის (6) მუდმივ დაწოლას სექციის რგოლზე (7) და ამით ხელს უშლის თათის ამოღრმავებას ნიადაგიდან. კულტივატორებს აქვთ ორი საყრდენი თვალი, რომელთა საშუალებით შეიძლება თათების ჩაღრმავების სიდიდე ნიადაგში ხრახნული მექანიზმის (6) საშუალებით.

კულტივატორების ძირითად მუშა ორგანოებს წარმოადგენენ თათები, რომლებიც დაკომპლექტებულია პასიურ პრინციპზე, თუმცა ცალკეულ შემთხვევებში გვხვდება აქტიურ მუშაორგანოებიანი კულტივატორებიც.

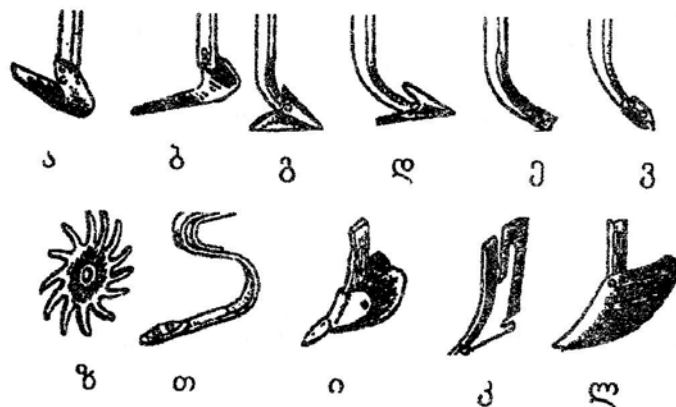
კულტივატორების თათების შეერთება ჩარჩოზე შეიძლება განხორციელებული იყოს სხვადასხვა სახით: ხისტად, სახსრულად, სახსრულ-დაზამბარებულად და პარარელოგრამული მექანიზმის გამოყენებით.

ნიადაგის მთლიანი დამუშავების კულტივატორებზე თათები ისე უნდა იყვნენ განლაგებულნი, რომ ადგილი ჰქონდეს მათ გადაფარვას 4...5 სმ სიდიდით. (ნახ. 3.3.)



ნახ. 3.3. კულტივატორზე უნივერსალური თავების დაყენების სქემა.

კულტივატორების თავები სხვადასხვა კონსტრუქციისაა (ნახ. 3.4.) და ისინი შეიძლება იყვნენ ისრისებური უნივერსალური, ისრისებური ბრტყლადმჭრელი, გამაფხვიერებელი, საჩხვლეტი ნემსისებური, დაზანბარებული, მიწაშემომყრელი, გამომკვები და კვალგამხსნელი [44, 45].



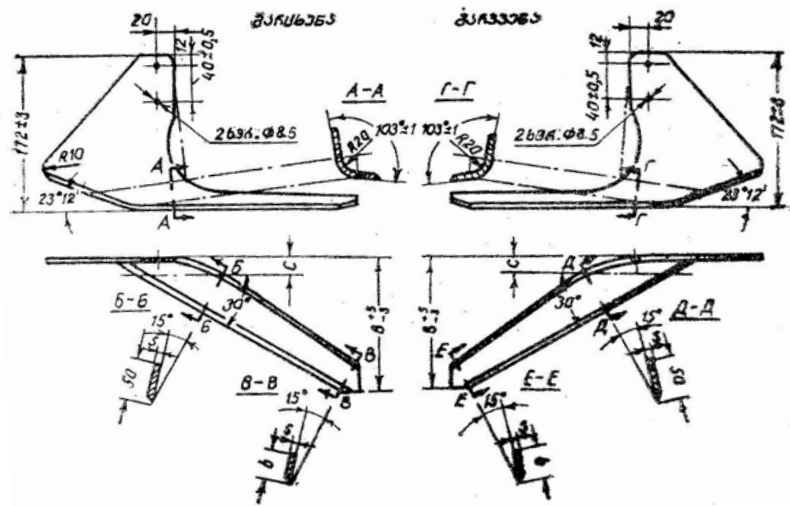
ნახ. 3.4. კულტივატორების თავების სახეები.

- ა) ცალმხრივი მარცხენა, ბ) ცალმხრივი მარჯვენა, გ) ისრისებული უნივერსალური, დ) ისრისებული ბრტყლადმჭრელი, ე) გამაფხვიერებელი, ვ) გამაფხვიერებელი საბრუნო, ზ) საჩხვლეტი ნემსისებური, თ) დაზანბარებული, ი) მიწაშემომყრელი ორმხრივი, კ) გამომკვები, ლ) კვალგამხსნელი.

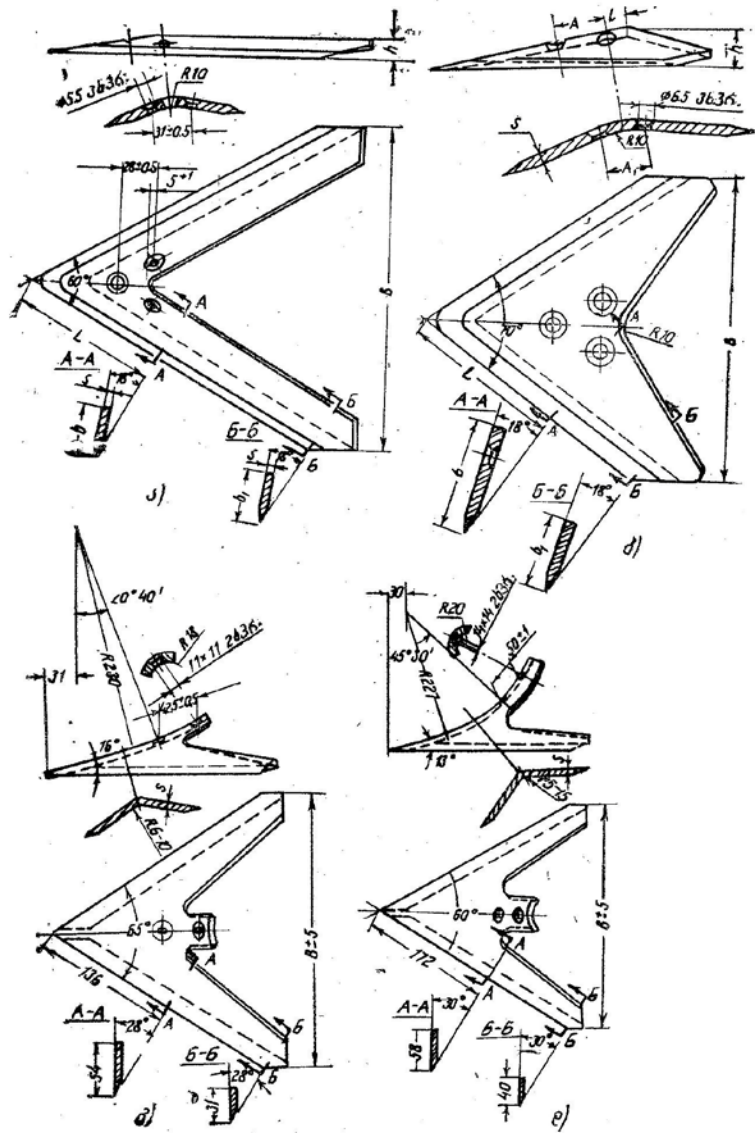
კულტივატორების თათები მძიმე კლიმატურ და ნიადაგობრივ პირობებში მუშაობენ –მათზე მუდმივად მოქმედებენ ნიშანცვლადი დინამიკური დატვირთვები, ნიადაგის მაღალი ნესტიანობა მასში მყოფი აბრაზიული ნაწილაკები და ქვები, ნიადაგის ტალღოვანობა, დახრილობა, მთიანი რელიეფი და სხვა ფაქტორები. აღნიშნული ფაქტორები განაპირობებენ მთლიანად კულტივატორების რესურსისა და საიმედოობის შემცირებას, მათი მუშა ორგანოების ინტენსიურ ცვეთას და საბოლოო ჯამში მტყუნებას.

რესურსის გაზრდის მიზნით კულტივატორების თათები მზადდებიან ლეგირებული ფოლადისგან მარკით 65Г და ასევე ცალკეულ შემთხვევებში ხდება თათის ქუსლზე სალი შენადნობების _სორმაიტისა და რელიტის დადუღება. ეს უკანასკნელნი მნიშვნელოვნად ზრდიან თათების ცვეთამდეგობას და ამავე დროს ადგილი აქვს მათ თვითაღსვას.

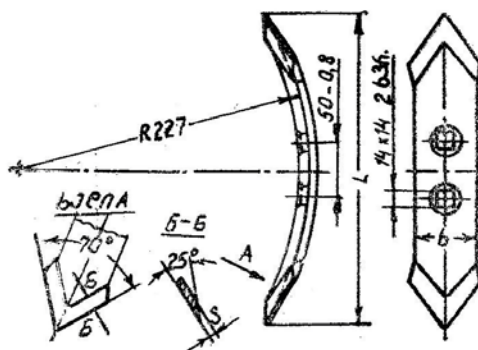
ნახ. 3.5, ნახ. 3.6, ნახ. 3.7, ნახ. 3.8 და ნახ. 3.9-ზე წარმოდგენილია ცალმხრივი ბრტყლადმჭრელი, ისრისებური და საბრუნე გამაფხვიერებელი თათების მუშა ნახაზები შესაბამისი ზომებით.



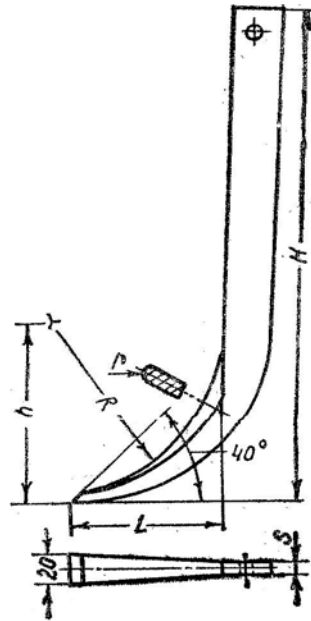
ნახ. 3.5. ცალმხრივი ბრტყლადმჭრელი თათები.



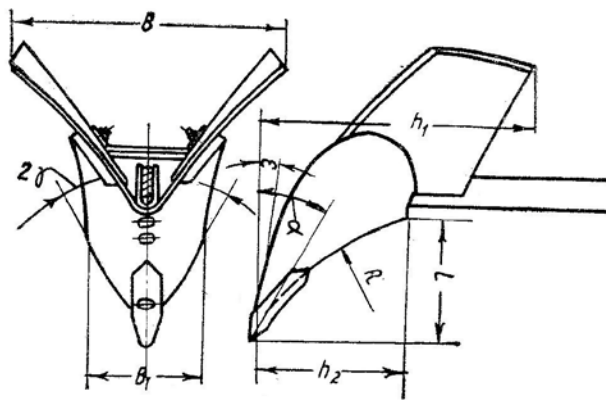
ნახ. 3.6. ისრისებური ბრტყლადმჭრელი და უნივერსალური თათები.



ნახ. 3.7. საბრუნო გამაფხვიერებელი თათები.



ნახ. 3.8. სატეხისებრი გამაფხვიერებელი თათი.



ნახ. 3.9. მიწაშემომყრელი ტანი.

კულტივატორების წევის წინალობა იყოფა ორ სახედ [44]:

1. წევის წინალობა გადაგორებაზე;
2. კულტივატორების წინალობა უშუალოდ ტექნოლოგიური პროცესის შესრულებაზე.

პირველი წინალობა გამოითვლება ფორმულით:

$$P_{\text{გად}} = fG$$

f – გადაგორების წინააღმდეგობის კოეფიციენტი და ტოლია:

$$f = 0.2 \dots 0.25$$

G – კულტივატორის წონაა, ნ.

კულტივატორის წინააღმდეგობა მისი სამუშაო მდგომარეობის დროს ტოლია:

$$P_{\text{კ}} = P_{\text{გად}} + R$$

სადაც R – არის კულტივაციის პროცესის შესრულების წინააღმდეგობა, ნ. კულტივატორების კონსტრუქციული თავისებურებების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მათ ძირითად სამუშაო ორგანოებს წარმოედგენენ თათები და სწორედ მათ ხანგამძლეობაზე არის დამოკიდებული ძირითადად მთლიანად კულტივატორის საიმედოობა. ამიტომ ჩვენი სამეცნიერო-კვლევები მიძღვნილია ისეთი ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავებისადმი, რომელიც უზრუნველყოფს თათების რესურსის მნიშვნელოვან გაზრდას.

3.2. კულტივატორების თათების საექსპლუატაციო

საიმედოობის მაჩვენებლების გამოკვლევა

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, სამცხე-ჯავახეთის მთიანი რეგიონი თავისებურ გავლენას ახდენს სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის და კერძოდ კულტივატორების მუშაუნარიანობაზე და იწვევს მის გაუარესებას. კულტივატორების საიმედოობის გამოკვლევა მნიშვნელოვან სამეცნიერო-ტექნიკურ ამოცანას წარმოადგენს და იგი საშუალებას იძლევა დადგინდეს

საიმედოობის როგორც ერთეული, ასევე კომპლექსური მაჩვენებლები, გამოვლინდეს საიმედოობის თვალსაზრისით ყველაზე სუსტი კვანძები და შემუშავდეს კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ღონისძიებანი საიმედოობის გაზრდისათვის.

ზოგადად საიმედოობა სტანდარტით არის განსაზღვრული [7, 46, 47] და იგი არის ობიექტის თვისება შეინარჩუნოს დროში დადგენილ ზღვრებში ყველა პარამეტრის მნიშვნელობა, რომელიც ახასიათებს გამოყენების, ტექნიკური მომსახურების, რემონტისა და ტრანსპორტირების მოცემულ რეჟიმებსა და პირობებში მოთხოვნილი ფუნქციების შესრულების უნარს.

ანუ მოკლედ საიმედოობა არის ობიექტის კომპლექსური თვისება, რომელიც მდგომარეობს მის უმტყუნობაში, ხანგამძლეობაში, რემონტვარგისობასა და შენარჩუნებადობაში.

უმტყუნობა _ობიექტის თვისება უწყვეტად შეინარჩუნოს მუშაუნარიანობა გარკვეული დროის განმავლობაში.

ხანგამძლეობა _ობიექტის თვისება შეინარჩუნოს მუშაუნარიანობა ზღვრული მდგომარეობის დადგომამდე ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის დაგენილი სისტემის დროს.

რემონტვარგისობა _ობიექტის თვისება შეესაბამებოდეს მტყუნებათა და უწესივრობათა აღმოჩენასა და აღმოფხვრას ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის საშუალებით.

შენარჩუნებადობა _ობიექტის თვისება შეინარჩუნოს უმტყუნობის, ხანგამძლეობისა და რემონტვარგისობის მაჩვენებლები შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს და მათ შემდეგ.

მანქანათა საიმედოობა ფასდება ერთეული და კომპლექსური მაჩვენებლების საშუალებით. ერთეულია ის მაჩვენებელი რომელიც ეკუთვნის საიმედოობის ზემოთაღნიშნული თვისებებიდან მხოლოდ ერთ-ერთს, ხოლო კომპლექსური კი ისეთი, რომელიც ეკუთვნის რამდენიმე თვისებას ერთდროულად.

საიმედოობის ერთეული მაჩვენებლებია უმტყუნო მუშაობის ალბათობა, საშუალო ნამუშევარი მტყუნებაზე, მტყუნებათა ინტენსივობა, მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრი, საშუალო რესურსი, $\gamma\%$ -ული რესურსი და სხვა.

კომპლექსური მაჩვენებლებია: მზადყოფნის კოეფიციენტი, ოპერატიული მზადყოფნის კოეფიციენტი, ტექნიკური გამოყენების კოეფიციენტი და სხვა.

საიმედოობის ზემოთაღნიშნული მაჩვენებლების გამოკვლევა ვაწარმოეთ კულტივატორებისათვის, რომლებიც მუშაობდნენ სამცხე-ჯავახეთის მთიანი რეგიონის ისეთ რაიონებში, როგორცაა ახალციხე, ადიგენი, ახალქალაქი და ასპინძა. გამოკვლევები სწარმოებდა 2009...2011 წლების განმავლობაში. თითოეულ კულტივატორებში ხდებოდა მტყუნებათა ფიქსირება, მათ აღმოფხვრაზე საჭირო დროის აღრიცხვა და მათი შეტანა შესაბამის ჟურნალებში.

ჟურნალებში აღირიცხებოდა პირველი, მეორე და მესამე სირთულის ჯგუფის მტყუნებები, მტყუნებათა რიცხვი და მტყუნებაზე ნემუშევრის სტატისტიკური მასალების საფუძველზე განისაზღვრებოდა ინტერვალთა რიცხვი სტერჟესის ფორმულით [14]:

$$K = 1 + 3,2 \cdot \lg N = 1 + 3,2 \cdot \lg 50 \approx 7$$

ინტერვალთა სიგანე ტოლია

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K} = \frac{900 - 200}{7} = 100 \text{ სთ.}$$

სადაც: $x_{\max} = 900$ სთ _არის კულტივატორების მაქსიმალური ნამუშევარი მტყუნებაზე, სთ.

$x_{\min} = 200$ სთ _მინიმალური ნამუშევარი.

ქვემოთ წარმოდგენილია შეგროვილი მასალების შედეგების სტატისტიკური რიგი კულტივატორების მტყუნებათა შესახებ:

200; 201; 204; 210; 230; 200; 300; 210; 310; 400; 300; 290; 220; 224; 210;
 330; 400; 350; 360; 380; 400; 384; 390; 350; 360; 420; 500; 480; 470; 200;
 300; 290; 240; 290; 240; 380; 400; 430; 460; 880; 480; 470; 480; 500; 550;
 500; 580; 520; 600; 800; 890; 300; 280; 282; 288; 200; 440; 460; 580; 600;
 504; 720; 600; 570; 700; 800; 710; 200; 370; 450; 500; 300; 480; 660; 700;
 680; 690; 700; 900; 300; 400; 330; 360; 400; 340; 500; 480; 488; 500; 600;
 570; 600; 650; 700; 650; 700; 720; 800; 790; 800; 900; 600.

მიღებული შედეგების მათემატიკური დამუშავებისა და ალბათურ-სტატისტიკური მოდელირებისათვის ვახდენთ პირველ რიგში მტყუნებათა ნამუშევრის ვარიაციული რიგის შედგენას, რომელიც იმით განსხვავდება სტატისტიკურისაგან, რომ იგი დალაგებულია ზრდადობის მიხედვით.

200; 200; 200; 200; 201; 204; 210; 210; 210; 210; 220; 224; 230; 240; 240;
 280; 282; 288; 290; 290; 290; 300; 300; 300; 300; 300; 310; 330; 330; 350;
 350; 360; 360; 360; 370; 380; 380; 384; 390; 400; 400; 400; 400; 400; 400;
 400; 430; 440; 450; 460; 460; 470; 470; 480; 480; 480; 480; 480; 488; 500;
 500; 500; 500; 500; 504; 520; 550; 560; 570; 570; 580; 580; 600; 600; 600;

600; 600; 600; 650; 650; 660; 680; 690; 700; 700; 700; 700; 700; 710; 720;
720; 790; 800; 800; 800; 800; 880; 880; 900; 900.

ვარიაციული რიგის შედგენის შემდეგ შეგვიძლია განვსაზღვროთ კულტივატორების მტყუნებაზე ნამუშევრის ემპირიული სიხშირე (m_i) და ფარდობითი სიხშირე, ანუ ემპირიული ალბათობა ფორმულით:

$$W_i = \frac{m_i}{N}$$

სადაც N - არის მტყუნებათა რიცხვი და ტოლია $N = 100$.

ცხ. 3.1.-ში წარმოდგენილია გაანგარიშების შედეგები.

ცხ. 3.1.

კულტივატორების მტყუნებაზე ნამუშევრის ემპირიული
და ფარდობითი სიხშირეები

ცვეთის ინტერვალი $a...b$	ინტერვალის საშუალო x_i	ემპირიულ ი სიხშირე m_i	ფარდობითი სიხშირე W_i
200...300	150	26	0.26
300...400	250	20	0.20
400...500	350	18	0.18
500...600	450	14	0.14
600...700	550	10	0.10
700...800	650	8	0.08
800...900	750	4	0.04
	ჯამი	100	1.00

ამის შემდეგ მოვახდინეთ კულტივატორების მტყუნებებზე ნამუშევრის განაწილების გენერალური მახასიათებლების განსაზღვრა:

საშუალო არითმეტიკული:

$$\bar{H} = \sum_{i=1}^K W_i h_i = 150 \cdot 0.26 + 250 \cdot 0.20 + 350 \cdot 0.18 + 450 \cdot 0.14 + 550 \cdot 0.10 + 650 \cdot 0.08 + 750 \cdot 0.04 = 39 + 50 + 63 + 63 + 55 + 52 + 30 = 352 \text{ სთ.}$$

დისპერსია:

$$D = \sum_{i=1}^K (H_i - \bar{H})^2 W_i = (150 - 352)^2 0.26 + (250 - 352)^2 0.20 + (350 - 352)^2 0.18 + (450 - 352)^2 0.14 + (550 - 352)^2 0.10 + (650 - 352)^2 0.08 + (750 - 352)^2 0.04 = 10609 + 2080.8 + 0.72 + 134.56 + 3920.4 + 7104.32 + 6336.16 = 31396 \text{ სთ}^2.$$

საშუალო კვადრატული გადახრა:

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{31396} = 177 \text{ სთ.}$$

ვარიაციის კოეფიციენტი:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{H}} = \frac{177}{352} = 0.5$$

მაშინ კულტივატორების მტყუნებათა ინტენსივობა იქნება:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{H}} = \frac{1}{352} = 2.8 \cdot 10^{-3} \text{ სთ}^{-1}.$$

მტყუნებათა განაწილების ალბათობის სიმკვრივე ანუ განაწილების დიფერენციალური ფუნქცია ექსპონენციალური კანონის მიხედვით იქნება:

$$f(H) = \lambda e^{-\lambda H} = 2.8 \cdot 10^{-3} e^{-2.8 \cdot 10^{-3} \cdot H}$$

განაწილების ინტეგრალური ფუნქცია

$$F(H) = 1 - e^{-2.8 \cdot 10^{-3} H}$$

ხოლო უმტყუნო მუშაობის ალბათობა ტოლი იქნება:

$$P(H) = 1 - F(H) = e^{-2.8 \cdot 10^{-3} \cdot H}$$

აღნიშნული ფორმულებით სწარმოებდა კულტივატორების საიმედოობის მაჩვენებლების გაანგარიშება. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხ. 3.2.-სა და ცხ. 3.3.-ში.

ცხ. 3.2.

კულტივატორების საიმედოობის განაწილების დიფერენციალური ფუნქციის მნიშვნელობები.

ცვეთის ინტერვალ o a...b	ინტერვალის საშუალო H_i	ემპირიული სიხშირე m_i	ფარდობითი სიხშირე W_i	განაწილების სიმკვრივე $\varphi(\bar{X}) \times 10^{-3}$ (ემპირიული)	განაწილების სიმკვრივე $\varphi(X) \times 10^{-3}$ (თეორიული)
200...300	150	26	0.26	1.72	1.82
300...400	250	20	0.20	1.30	1.4
400...500	350	18	0.18	1.02	1.06
500...600	450	14	0.14	0.66	0.78
600...700	550	10	0.10	0.52	0.59
700...800	650	8	0.08	0.44	0.48
800...900	750	4	0.04	0.32	0.34

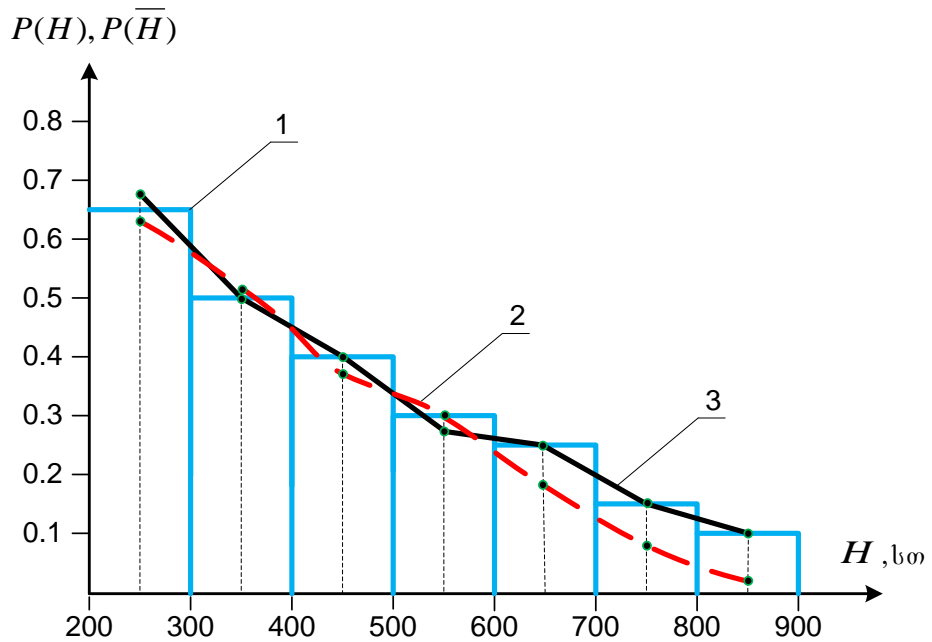
ცხ. 3.3.

კულტივატორების საიმედოობის მაჩვენებლები

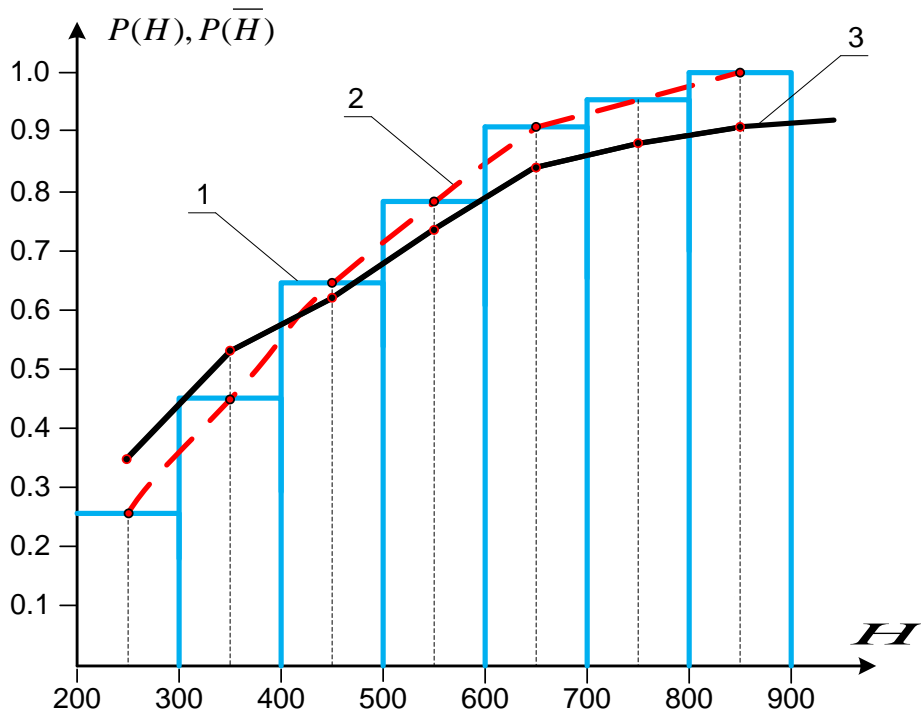
ცვეთის ინტერვალ o a...b	ინტერვალის საშუალო H_i	განაწილების ინტეგრალური ფუნქცია		უმტყუნო მუშაობის ალბათობა		სიხშირე	
		$F(\bar{H})$	$F(H)$	$P(\bar{H})$	$P(H)$	m_i	m_x
200...300	150	0.26	0.35	0.64	0.65	26	24

300...400	250	0.46	0.50	0.54	0.50	20	18
400...500	350	0.64	0.62	0.36	0.38	18	16
500...600	450	0.78	0.72	0.22	0.28	14	13
600...700	550	0.88	0.79	0.12	0.21	10	9
700...800	650	0.96	0.83	0.04	0.17	8	7
800...900	750	1.00	0.88	0	0.12	4	3

განგარიშების გრაფიკული ინტერპრეტაცია მოცემულია ნახ. 3.1.-სა და ნახ. 3.2.-ზე.



ნახ. 3.1. კულტივატორების უმცყუნო მუშაობის ალბათობანი
1. ჰისტოგრამა, 2. ემპირიული მრუდი, 3. თეორიული მრუდი.



ნახ. 3.2. კულტივატორების მტყუნებათა განაწილების ინტეგრალური ფუნქციის გრაფიკები.

2. ჰისტოგრამა, 2. განაწილების ემპირიული მრუდი, 3. განაწილების თეორიული მრუდი.

ამის შემდეგ განვსაზღვრეთ სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში მომუშავე კულტივატორების საიმედოობის კომპლექსური მაჩვენებლები _მზადყოფნის კოეფიციენტი:

$$K_{\text{მ}} = \frac{352}{352 + 18} = 0.95$$

ტექნიკური გამოყენების კოეფიციენტი:

$$K_{\text{ტ.გ}} = \frac{352}{352 + 5 + 18} = 0.94$$

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის ცალკეული რაიონების მიხედვით კულტივატორების საექსპლუატაციო საიმედოობის მაჩვენებლები წარმოდგენილია ცხ. 3.4.-ში.

ცხ. 3.4.

კულტივატორების საექსპლუატაციო საიმედოობის მაჩვენებლები სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის რაიონების მიხედვით.

რაიონის დასახელება	საშუალო ნამუშევარი მტყუნებაზე \bar{H} , სთ	მტყუნებათა ინტენსივობა $\lambda - 1e^{-1} X 10^{-3}$	უმტყუნო მუშაობის ალბათობა $P(\lambda)$	მზადყოფნის კოეფიციენტი K_m	ტექნიკური გამოყენების კოეფიციენტი $K_{t.g}$
ახალქალაქი	180	6	0.42	0.94	0.93
ასპინძა	352	2.8	0.52	0.95	0.94
ადიგენი	280	3.6	0.48	0.95	0.94
ახალციხე	220	1.8	0.44	0.94	0.94

პირსონის კრიტერიუმის საშუალებით მოვახდინეთ თეორიული და ემპირიული შედეგების დამთხვევის შემოწმება [14].

ამისათვის განვსაზღვრეთ χ^2 ფორმულით:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(m_i - m_x)^2}{m_x}$$

გამოთვლების შედეგები მოცემულია ცხ. 3.5.-ში

ცხ. 3.5.

χ^2 -ის გამოთვლის შედეგები.

მტყუნებათა ნამუშევრის ინტერვალი $a...b$	m_i	m_x	χ^2
200...300	26	24	0.17
300...400	20	18	0.22

400...500	18	16	0.25
500...600	14	13	0.08
600...700	10	9	0.11
700...800	8	7	0.24
800...900	4	3	0.33

თავისუფლების ხარისხი ტოლია:

$$r = K - e$$

K – ინტერვალთა რიცხვია და $K = 7$.

e – აუცილებელ ბმათა რიცხვი და ექსპონენციალური განაწილებისათვის $e = 2$. ე.ი. $r = 7 - 2 = 5$.

მაშინ მათემეტიკური სტატისტიკის ცხრილიდან [14] როდესაც $\chi^2 = 1.3$ და $r = 5$. თეორიული და ემპირიული შედეგების დამთხვევის ალბათობა

$$P = 0.5$$

რაც იმას ნიშნავს, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული კულტივატორების მტყუნებებზე ნამუშევრის ალბათურ-სტატისტიკური მოდელი ადეკვატურია. გამოვიკვლიეთ ასევე მტყუნებათა განაწილება სახეების მიხედვით და აღმოჩნდა, რომ განაწილებას აქვს ასეთი სახე:

– კონსტრუქციული – 30%;

– საწარმოო – 26%;

– საექსპლუატაციო – 44%.

როგორც მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, კულტივატორებს საექსპლუატაციო საიმედოობის ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები გააჩნიათ ასპინძის რაიონში მუშაობის დროს $\bar{H} = 352$ სთ,

$P(H) = 0.52$, ხოლო ყველაზე დაბალი კი ახალქალაქის რაიონში მუშაობის დროს: $\bar{H} = 180$ სთ, $P(H) = 0.42$.

რაც შეეხება მტყუნებებს ყველაზე მეტი ხვედრითი წილი მათი საერთო რაოდენობიდან _44% მოდის საექსპლუატაციო მტყუნებებზე, რაც იმას ნიშნავს, რომ საჭიროა მეტი ყურადღება მიექცეს კვალიფიკაციური მექანიზატორების გამოყენებას.

3.3. კულტივატორების ცვეთის განაწილების გამოკვლევა

3.3.1. მანქანებისა და შეუღლებების ტექნიკური

მდგომარეობის შეფასების კრიტერიუმები

დეტალების ზომებისა და გეომეტრიული ფორმის ცვლილება სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ამ დეტალების მუშაობაზე მექანიზმში. ერთ შემთხვევაში, როცა დეტალი წარმოადგენს სასოფლო-სამეურნეო მანქანების მუშა ორგანოს, ამ ცვლილებებს შეუძლია გამოიწვიოს შესრულებული სამუშაოს ხარისხის ცვლილება. მაგალითად, ხვნის, მოსავლის აღების ხარისხის გაუარესება და სხვ; აღნიშნულთან ერთად შეიძლება შეიცვალოს ისეთი მაჩვენებლები, როგორცაა ერთეულ გამომუშავებულ პროდუქციაზე ენერჯის (სიმძლავრის), _საექსპლუატაციო მასალების ხარჯები და სხვა.

მეორე შემთხვევაში, როცა დეტალი (შეუღლება) წარმოადგენს მუშა ორგანიზე მოძრაობის გადამცემ მექანიზმს, ღრეჩოს ცვლილებას შეუძლია იმოქმედოს მექანიზმში მუშა ორგანოს განლაგების სიზუსტეზე, რომელსაც,

თავის მხრივ, შეუძლია გამოიწვიოს მუშა ორგანოს მიერ შესრულებული სამუშაოს ხარისხის გაუარესება. მაგალითად, მოსავლის ასაღებ მანქანებში მჭრელი დანის განაპირა მდებარეობის შეცვლა იწვევს მექანიზმის ფორსირებულ ცვეთას. ამასთან, გადამცემ მექანიზმში შეიძლება გაიზარდოს ენერგიის ხარჯი ხახუნზე და ბოლოს, აღნიშნულ მოვლენას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მაშინაც, როცა დეტალი წარმოადგენს ენერგიის წყაროს, ძრავას მუშა დეტალს. ამ შემთხვევაში ადგილი ექნება ფორსირებულ ცვეთას, საექსპლუატაციო მასალების მეტ ხარჯს და მუშა ორგანოების მიერ შესრულებული სამუშაოს ხარისხის გაუარესებას. მაგალითად; ძრავაზე საწვავის არათანაბარი მიწოდების დროს ხდება მანქანის გადაადგილება ბიძგებით, რაც აუარესებს შესრულებული სამუშაოს ხარისხს.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მანქანის თითოეული მუშა დეტალის გაცვეთამ შეიძლება გამოიწვიოს აღებული მექანიზმის ფორსირებული ცვეთა, შესრულებული სამუშაოს ხარისხის გაუარესება და ეკონომიკური მაჩვენებლების დაქვეითება.

დეტალებისა და შეუღლებების ზღვრული დასაშვები ცვეთის დადგენისათვის გათვალისწინებულია შემდეგი კრიტერიუმები: 1. ტექნიკური, 2. სამუშაო ხარისხის (ტექნოლოგიური) და 3. ეკონომიკური. ამ კრიტერიუმების გამოყენების დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ მანქანის აგრეგატის თითოეული მუშა ნაწილის ზღვრული ცვეთის დადგენისათვის ერთ-ერთი კრიტერიუმი ძირითადი, ანუ მთავარია, ხოლო დანარჩენი ორი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც დამხმარე, ანუ საკონტროლო კრიტერიუმებად.

3.3.2. კულტივატორების თათების ზღვრულად დასაშვები

ცვეთის განსაზღვრა

კულტივატორების თათები ცვეთის გამო საგრძნობლად ზიანდებიან და განიცდიან ცვლილებას. მათი საწყისი გეომეტრიული ფორმა მახინჯდება და ამის გამო ნორმალურ პირობებში ექსპლუატაციის შემდეგ მწყობრიდან გამოდის. ამ შემთხვევაში ძირითადად ზღვრულად დასაშვები ცვეთა უნდა დადგინდეს სამუშაოს ხარისხის ანუ ტექნოლოგიური კრიტერიუმის მიხედვით.

კულტივატორის გეომეტრიული ფორმის შეცვლა იწვევს სამუშაოს ხარისხის ისეთ გაუარესებას, რომ აუცილებელია მათი შეცვლა ახლით ან საფუძვლიანი აღდგენა.

ამ დროს ძირითადად აწარმოებენ კულტივატორების თათების ალესვას ან გამოპირვას. მაგრამ თათების ალესვა უფრო ადიდებს გეომეტრიული ფორმის დამახინჯებას და ადრე თუ გვიან აღნიშნული სამუშაო ორგანოები უნდა შეიცვალოს, გეომეტრიული ფორმის დამახინჯების გამო.

კულტივატორების თათების დაბალი ცვეთამდეგობა და ცვეთის დიდი ინტენსივობა განაპირობებს ამ დეტალების დიდ ხარჯს. როგორც ავლნიშნეთ, თათებს უხდებათ მძიმე პირობებში -აბრაზიული ნაწილაკების გარემოში მუშაობა. მათი ცვეთის ინტენსივობას ძირითადად განაპირობებს მისი მასალის ხარისხი (თერმიული დამუშავების ჩათვლით), ნიადაგის ტენიანობა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. თათის გეომეტრიული

ფორმის შეცვლა (მისი გეომეტრიული ფორმის) დამახინჯება იწყება მისი მჭრელი პირის დაბლაგვებით, ხოლო ფორმის ცვლილების თანდათანობით გადიდება ზღვრულ სიდიდემდე იწვევს კულტივაციის ხარისხის მკვეთრ გაუარესებას -კულტივაციის სიღრმე მცირდება, უარესდება ნიადაგის გაფხვიერება და თითქმის შეუძლებელი ხდება სარეველა ბალახების მოსპობა.

კულტივატორების თათების ზღვრულად დასაშვები ცვეთის დასადგენად ექსპერიმენტებს ვატარებდით ძირითადად ახალციხისა და ადიგენის რაიონებში. თათის გაზომვა სწარმოებდა ძირითადად მჭრელი პირის სისქეზე და სიგანეზე სამ წერტილში და აიღებოდა ცვეთის მაქსიმალური მნიშვნელობა. ცდებმა აჩვენა, რომ კულტივატორების თათები ყველაზე მცირე ცვეთას განიცდიდნენ სისქეში, ხოლო ყველაზე მეტს სიგანეზე და სიგრძეზე.

ექსპერიმენტებმა აჩვენეს, რომ მჭრელი პირის შემცირებამ სიგანეზე 14...16 მმ-მდე (რაც ერთი კულტივატორისათვის შეესაბამებოდა 8...10 ჰა-ს) გამოიწვია შესრულებული სამუშაოს ხარისხის მკვეთრი გაუარესება. ამ დროს კულტივაციის სიღრმე უთანაბროა, გაფხვიერება ნაკლები და ასევე უარესდება სარეველა ბალახების მოჭრაც.

მაშასადამე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კულტივატორების თათების სიგანის შემცირება 8...10 მმ-მდე შეიძლება ჩაითვალოს მათ ზღვრული დასაშვები ცვეთის სიდიდედ.

3.3.3. კულტივატორების თათების ცვეთის ალბათურ-სტატისტიკური მოდელირება

კულტივატორების თათების ცვეთის განაწილების გამოკვლევისათვის ვაწარმოებდით დაკვირვებებს. შეგროვილი სტატისტიკური მასალის დამუშავების შედეგად დავადგინეთ, რომ კულტივატორების თათების დეფექტები შეიძლება იყოს სამი სახის: თათების გატეხვა, თათის მჭრელი პირის დაბლაგვება სიგანეზე და მჭრელი პირის ცვეთა სიგრძესა და სიგანეში. ყველაზე უფრო გავრცელებული აღმოჩნდა უკანასკნელი დეფექტი და ამიტომ ჩვენ ვაწარმოებდით მის გამოკვლევას ცვეთის კანონზომიერებათა დადგენისა და აღდგენის რაციონალური ხერხის შერჩევის მიზნით. მიღებული სტატისტიკური მასალის მათემატიკურ დამუშავებას ვაწარმოებდით პროფ. ჯ. კაციტაძის [14] მიერ დამუშავებული მომენტების მეთოდის გამოყენებით. აღნიშნული მეთოდიკის გამოყენებით დავადგინეთ:

-გამოსაკვლავი ობიექტების რაოდენობა $NN = 50$,

-ცვეთის ინტერვალი $h = 0.03$ მმ.

-ინტერვალთა რიცხვი $K=9$.

ცხრილ 3.6.-ში წარმოდგენილია შეგროვილი სტატისტიკური მასალის მათემატიკური დამუშავების შედეგები.

ცხ. 3.6.

კულტივატორების თათების ცვეთის სტატისტიკური მასალები

ცვეთის ინტერვალი $a...b$	m_i	W_i	x_i	$x' = \frac{x_i - x_0}{h}$	$x'm_i$	$(x')^2 m_i$	$(x')^3 m_i$	$(x')^4 m_i$
0.00...0.04	1	0.02	0.02	-5	-5	25	-125	625
0.04...0.07	3	0.06	0.055	-4	-12	48	-192	768
0.07...0.10	5	0.10	0.085	-3	-15	45	-135	405
0.10...0.13	8	0.16	0.115	-2	-16	32	-64	128
0.13...0.16	10	0.20	0.145	-1	-10	10	-10	10
0.16...0.19	12	0.24	0.175	0	0	0	0	0
0.19...0.22	7	0.12	0.205	1	7	7	7	7
0.22...0.25	3	0.06	0.235	2	6	12	24	48
0.25...0.28	1	0.02	0.265	3	3	9	27	81
ჯამი	50	1.00	-	-9	-42	188	-468	2072

$X_0 = 0.175$ მმ -არის კულტივატორის ცვეთის ინტერვალის ის საშუალო მნიშვნელობა, რომელსაც შეესაბამება მაქსიმალური ემპირიული სიხშირე $m_i = 12$.

ცხრილის მიხედვით განვსაზღვრეთ საწყისი მომენტები ფორმულებით:

$$v_1 = \frac{\sum_{i=1}^K x'm_i}{N} = -\frac{42}{50} = -0.84$$

$$v_2 = \frac{\sum_{i=1}^K (x')^2 m_i}{N} = \frac{188}{50} = 3.76$$

$$v_3 = \frac{\sum_{i=1}^K (x')^3 m_i}{N} = -\frac{468}{50} = -9.36$$

$$v_4 = \frac{\sum_{i=1}^K (x')^4 m_i}{N} = \frac{2072}{50} = 41.44$$

კულტივატორების ცვეთის განაწილების გენერალური მახასიათებლების განსაზღვრისათვის ვიპოვეთ ცენტრალური მომენტები:

$$\mu_2 = v_2 - v_1^2 = 3.76 - (-0.84)^2 = 3.05$$

$$\mu_3 = v_3 - 3v_2 \cdot v_1 + 2v_1^3 = -9.36 - 3 \cdot 3.76 \cdot (-0.84) + 2 \cdot (-0.84)^3 = -20.25$$

$$\begin{aligned} \mu_4 = v_4 - 4v_3 \cdot v_1 + 6v_2 \cdot v_1^2 - 3v_1^4 = 41.44 - 4 \cdot (-9.36) \cdot (-0.84) + \\ + 6 \cdot (3.76) \cdot (-0.84)^2 - 3 \cdot (-0.84)^4 = -7.3 \end{aligned}$$

ამის შემდეგ განვსაზღვრეთ კულტივატორების ცვეთის სტატისტიკური მახასიათებლები:

-კულტივატორების თათების ცვეთის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა;

$$\bar{X} = X_0 + v_1 h = 0.175 - 0.84 \cdot 0.03 = 0.15 \text{ მმ.}$$

-საშუალო კვადრატული გადახრა;

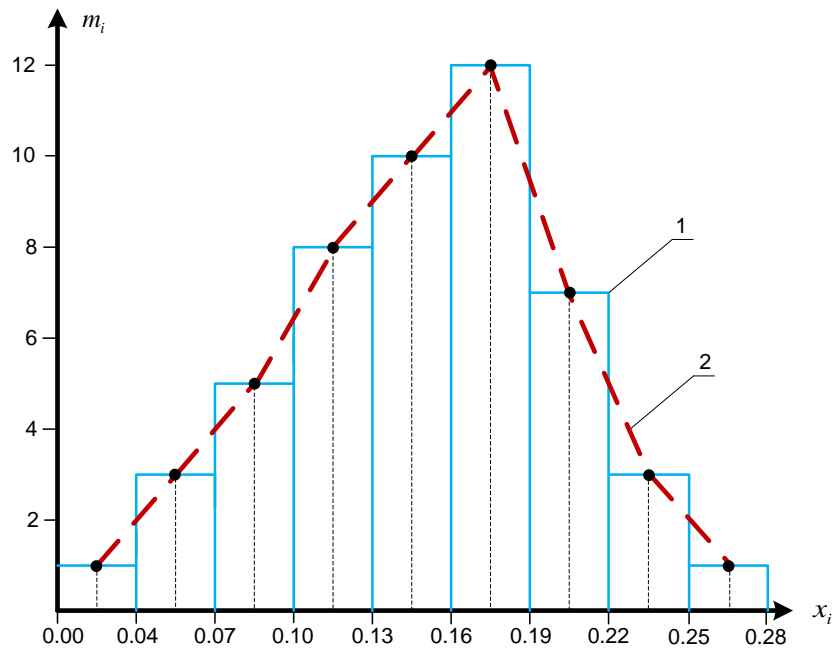
$$\sigma = h \sqrt{\mu_2} = 0.03 \sqrt{3.05} = 0.052$$

-ვარიაციის კოეფიციენტი;

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} = \frac{0.052}{0.15} = 0.34$$

ვარიაციის კოეფიციენტის მიხედვით ($V < 0.35$) შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კულტივატორების თათების ცვეთის განაწილება თეორიულად შეიძლება აღწერილი იქნას ნორმალური კანონით. ცვეთის განაწილების თეორიული კანონის ალბათურ-სტატისტიკური

მათემატიკური მოდელის მიღებამდე ჯერ ავაგოთ ცვეთის განაწილების ჰისტოგრამა და პოლიგონი (ნახ. 3.3.).



ნახ. 3.3. კულტივატორის თათების ცვეთის განაწილების ჰისტოგრამა (1) და პოლიგონი (2).

ცვეთის განაწილების თეორიულ სიხშირეს ნორმალური კანონის შემთხვევაში განვსაზღვრავთ ფორმულით:

$$m_x = \frac{N \cdot h}{\sigma} \cdot Z_t$$

სადაც Z_t -ფუნქცია ტოლია:

$$Z_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$$

$$t = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

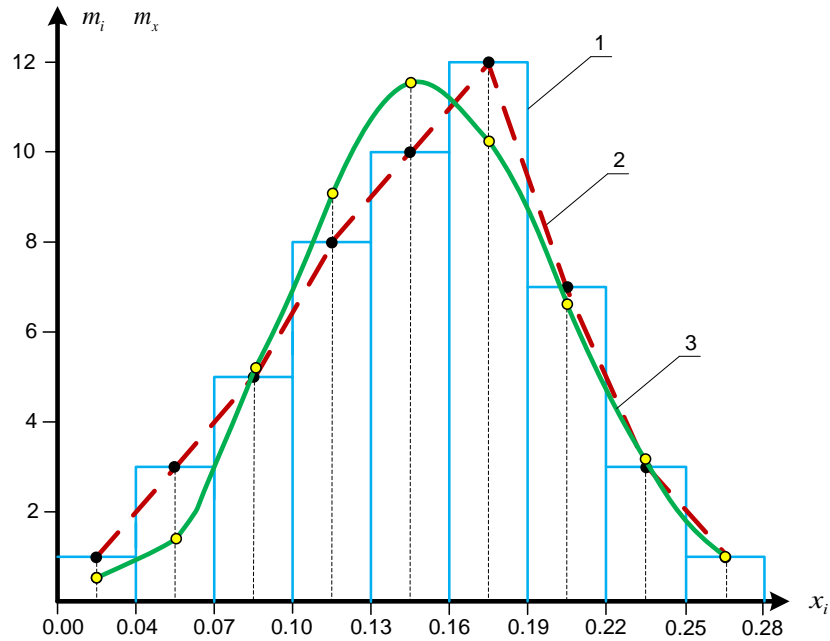
Z_t -ს მნიშვნელობებებს ვპოულობთ ჯ. კაციტაძის მიერ მოცემული მონაცემების მიხედვით [14] t -ს გათვალისწინებით. გამოკვლევების შედეგები მოცემულია ცხ. 3.7.-ში.

ცხ. 3.7.

კულტივატორის თათების ცვეთის განაწილების თეორიული სიხშირის მნიშვნელობები

ცვეთის ინტერვალი $a...b$	ინტერვალის საშუალო x_i	$t = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$	Z_i	m_i	m_i
0.00...0.04	0.02	-2.5	0.0175	1	0.51
0.04...0.07	0.055	-1.827	0.0748	3	1.4
0.07...0.10	0.085	-1.25	0.1826	5	5.3
0.10...0.13	0.115	-0.673	0.3187	8	9.2
0.13...0.16	0.145	-0.096	0.3973	10	11.5
0.16...0.19	0.175	0.48	0.3555	12	10.3
0.19...0.22	0.205	1.06	0.2275	7	6.6
0.22...0.25	0.235	1.635	0.1060	3	3.1
0.25...0.28	0.265	2.21	0.0347	1	1

როგორც მიღებული შედეგები აჩვენებს ცვეთის განაწილების თეორიული შედეგები საკმაო სიზუსტით ახლოს არიან ემპირიულ შედეგებთან. ეხლა ავაგოთ ცვეთის განაწილების თეორიული მრუდი (ნახ. 3.4.).



ნახ. 3.4. კულტივატორის თათების ცვეთის განაწილების მრუდები:

1. ჰისტოგრამა; 2. პოლიგონი; 3. თეორიული მრუდი.

როგორც კვლევის შედეგები აჩვენებს ვიზუალურად კულტივატორების თათების ცვეთის განაწილების ემპირიული და თეორიული მრუდები ახლოს არიან ერთმანეთთან, მაგრამ ალბათურ-სტატისტიკური მოდელის ადეკვატურობის შემოწმებისათვის ვიყენებთ კოლმოგოროვის შეთანხმების კრიტერიუმს, რისთვისაც ვაწარმოებთ მათემატიკურ გამოთვლებს (ცხ. 3.8.).

ცხ. 3.8.

მონაცემები კოლმოგოროვის კრიტერიუმის გაანგარიშებისათვის

ცვეთის ინტერვალ o a...b	x_i	$t = \frac{x_b - x}{\sigma}$	$\phi(t)$	$\frac{1}{2}\phi(t)$	$F(x)$	W_i	W_g	$ W_g - F(x) $
0.00...0.04	0.02	-2.12	-0.9661	-0.4830	0.017	0.02	0.02	0.003

0.04...0.07	0.055	-1.54	-0.8764	-0.4380	0.062	0.06	0.08	0.018
0.07...0.10	0.085	-0.96	-0.6629	-0.3315	0.1685	0.10	0.18	0.011
0.10...0.13	0.115	-0.385	-0.3035	-0.1515	0.3485	0.16	0.34	0.0085
0.13...0.16	0.145	-0.192	-0.1507	-0.0755	0.4245	0.20	0.54	0.11
0.16...0.19	0.175	0.77	0.5587	0.2795	0.7795	0.24	0.78	0.0005
0.19...0.22	0.205	1.35	0.8230	0.4115	0.9115	0.14	0.92	0.008
0.22...0.25	0.235	1.92	0.9454	0.4727	0.9727	0.06	0.98	0.007
0.25...0.28	0.265	2.5	0.9876	0.4936	0.9936	0.02	1.00	0.0064

კულტივატორის თათების ცვეთის განაწილების ინტეგრალური ფუნქცია იანგარიშება ფორმულით:

$$F(x) = 0,5 + 0,5 \cdot \phi(t)$$

სადაც: $\phi(t)$ -არის ლაპლასის ინტეგრირებული ფუნქცია.

კოლმოგოროვის კრიტერიუმის გამოყენებისათვის განვსაზღვროთ λ პარამეტრი ფორმულით:

$$\lambda = D_{\max} \cdot \sqrt{N} = 0.11 \cdot \sqrt{50} = 0.78$$

მათემატიკური სტატისტიკის სპეციალური ცხრილებიდან [14] ვპოულობთ, რომ როცა $\lambda = 0.78$, მაშინ ემპირიული და თეორიული შედეგების დამთხვევის ალბათობა $P(\lambda) = 0.63$, რაც საკმაოდ მაღალი მაჩვენებელია და გვამბლევს იმის დასკვნის საშუალებას, რომ ჩვენს მიერ დადგენილი კულტივატორის თათების ცვეთის მათემატიკური მოდელი ადეკვატურია.

ამის შემდეგ, იმისათვის, რომ შევირჩიოთ თათების აღდგენის რაციონალური ხერხი, განვსაზღვროთ მათი ცვეთის ყველაზე უფრო გავრცელებული ანუ მოდალური მნიშვნელობა ფორმულით:

$$M_o = \bar{X} + 3(Me - \bar{X}) = 0.15 + 3(0.17 - 0.15) = 0.21 \text{ მმ.}$$

ცვეთის მოდალური მნიშვნელობის მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კულტივატორების თათების აღდგენის რაციონალურ ხერხად შეიძლება ჩაითვალოს ისეთი, რომელიც საშუალებას იძლევა მათ ზედაპირზე დავაფინოთ მაღალი ცვეთგამძლეობის ლითონური ფენა, რომლის სისქე არ აღემატება 0.25 მმ. ასეთ ხერხად შევარჩიეთ ელექტრონაპერწკლური ლეგირების მეთოდი.

შემდეგ თავში განხილულია ექსპერიმენტული და თეორიული სამუშაოების შედეგები ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი ლითონური საფარის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გამოკვლევისათვის.

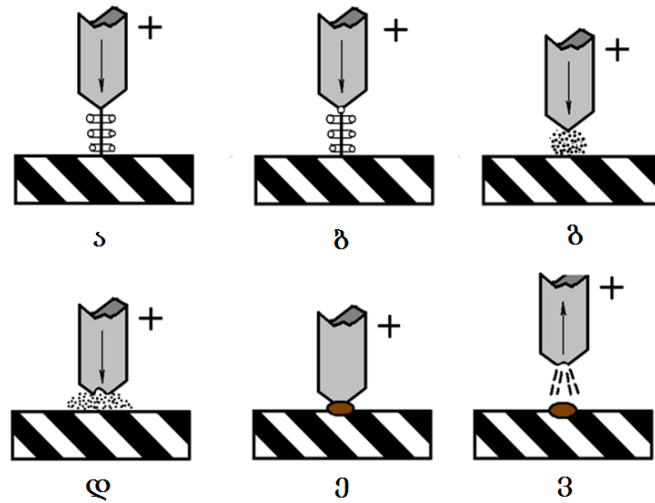
**თავი IV. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის დეტალების
ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენის
პროცესის გამოკვლევა**

**4.1. ელექტრო-ნაპერწკლური ლეგირებით გაცვეთილი
დეტალების აღდგენის არსი**

როგორც ავლნიშნეთ, ჩვენი გამოკვლევების საფუძველზე დავადგინეთ, რომ კულტივატორების თათების ცვეთის მოდალური მნიშვნელობა არ აღემატება 0,21 მმ-ს [48, 49]. ცვეთის მოცემული მნიშვნელობის დროს გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ყველაზე უფრო რაციონალურ ხერხად მიგვაჩნია ელექტრონაპერწკლური ლეგირება, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ მაღალი სისალისა და ცვეთგამძლეობის ლითონური საფარი [50...55]. აღნიშნული პროცესის დეტალური გაცნობისა და არსებული ლიტერატურული წყაროების ანალიზის საფუძველზე ჩვენს მიერ დაპროექტებული, დამზადებული და გამოცდილი იქნა მოწყობილობა დეტალების ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენისათვის, რომლის აგებულება განხილულია მეორე თავში.

ელექტრონაპერწკლური ლეგირების შესახებ ცნობილია მრავალი თეორია [50, 51], მაგრამ ჩვენი მოსაზრებებით ყველაზე უფრო მისაღებია ე. ლაზარენკოს მოდელი [56].

აღნიშნული მოდელის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია ნახ. 4.1-ზე.



ნახ. 4.1. დეტალის ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენის სქემა:
 ა. ელექტროდული შედუღების გარღვევის მომენტი, ბ. გამდნარი ლითონის წვეთის ანოდიდან გამოყოფა, გ. ანოდის მასალის კათოდზე დაფარვა და ჩაწნეხვა, დ. ელექტროდების კონტაქტის მომენტი, ე. ელექტროდების დაშორიშორისება.

ე. ლაზარენკოს მოდელის მიხედვით როდესაც ანოდი კათოდს უახლოვდება ელექტრული ველის დაძაბულობა იზრდება და კრიტიკული მნიშვნელობის დროს იწვევს გარღვევას ელექტროდებს შორის. ამ დროს ელექტრონების კონა ფოკუსურად ეჯახება ანოდის ზედაპირს, კვების წყაროდან ენერგია მიეწოდება იმპულსურად განმუხტავ არეს და ამიტომ ანოდის ლითონი ლოკალურად ცხელდება, დნება და ნაწილობრივ ორთქლდება. ამ დროს ლითონის წვეთი სცილდება ანოდს და მოძრაობს აღსადგენი დეტალისაკენ –კათოდისაკენ. ანოდის ზედაპირიდან წვეთის მოცილების პროცესში ლითონური წვეთი ცხელდება მაღალ

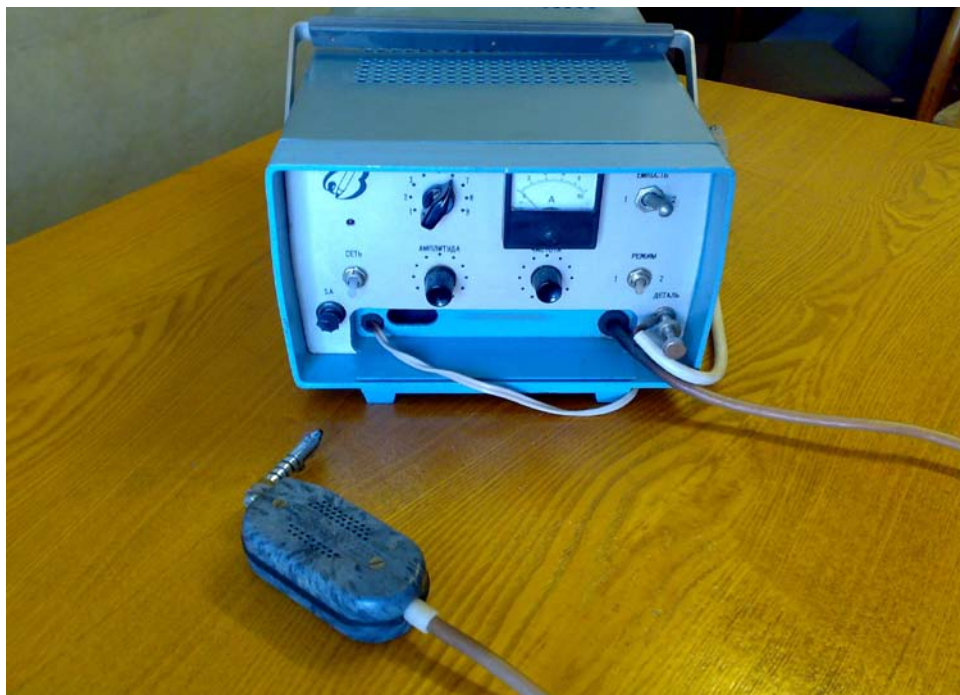
ტემპერატურამდე, დუღდება და „ფეთქდება„. დენის შეწყვეტისას ისპობა ელექტრომაგნიტური ველი და ლითონური ნაწილაკები ჯგუფურად ინერციულად მიემართებიან (“მიფრინავენ”) კათოდისაკენ. ისინი როდესაც მიაღწევენ კათოდის (აღსადგენი დეტალი) ზედაპირს მიედულებიან მას და ნაწილობრივ ინერგებიან ზედაპირში –ხდება ლეგირება. „მფრინავი,, ელექტროდების პარალელურად მოძრაობს ანოდი და ხდება კათოდზე მისი დაჯახება. ამ დროს გაცხელებულ ლითონში გადის ელექტრული დენი, კათოდის ზედაპირი ცხელდება და ხდება დიფუზია, შესაბამისად, ანოდისა და კათოდის ნაწილობრივ ქიმიური შეკავშირებასაც. პერიოდულად ხდება მექანიკური დარტყმა, რაც იწვევს ლითონური საფარის ციკქედვას, ზრდის ჩაჭიდების სიმტკიცეს და ერთგვაროვნობას.

ელექტრონაპერწკლური ლეგირების პროცესი ლოკალურია და ამ დროს ხდება ზემადალი სიჩქარით წრთობა [56]

4.2. მოწყობილობა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენისათვის

როგორც აღვნიშნეთ, სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ხერხების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე უპირატესობა მივანიჭეთ რესურსდამზოგ და ახალ ტექნოლოგიებს, რომლებიც საშუალებას იძლევიან მნიშვნელოვნად გავზარდოთ აღდგენილი დეტალების რესურსი. ამ დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული აღსადგენი დეტალების მოდალური ცვეთის მნიშვნელობა. ჩვენს შემთხვევაში როგორც მესამე თავში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა

გვიჩენეს, არ აღემატება 0,16 მმ-ს და ამიტომ აღდგენის რაციონალურ ხერხად შევარჩიეთ ელექტრონაპერწკლური ლეგირება. ამისათვის შევადგინეთ და დავაპროექტეთ მოწყობილობის პრინციპული სქემა (იხ. თავი მესამე) და შემდეგ კი მოვახდინეთ მისი დამზადება ნახ. 4.1-ზე წარმოდგენილია ხელსაწყოს საერთო ხედი, ხოლო ნახ. 4.2-ზე კი ელექტროდის დამჭერი.



ნახ. 4.2. ელექტრონაპერწკლური ლეგირების ხელსაწყოს საერთო ხედი.



ნახ. 4.3. ელექტრონაპერწკლური ლეგირების ხელსაწყოს ელექტროდის დამჭერი.

მოწყობილობა შესრულებულია კომპაქტურ, სამაგიდო ვარიანტში. მისი კარკასი (ჩონჩხი) ალუმინისაგანაა დამზადებული და შედგება წინა და უკანა პანელებისაგან. ზედა და ქვედა სახურავები უზრუნველყოფენ ხელსაწყოს შიგნით შეუღწევადობას. სახურავებს გააჩნიათ სავენტილაციო ხვრეტები. მოწყობილობას გადასატანად გააჩნია სპეციალური სახელურები.

წინა პანელზე განლაგებულნი არიან მართვის ორგანოები და ასევე ამპერმეტრი ელექტრონაპერწკლური ლეგირების დროს დენის ძალის კონტროლისათვის. ასევე არის რეგულატორი “ამპლიტუდა” ვიბრატორის ელექტროდის ვიბრაციის ამპლიტუდის რეგულირებისათვის, რეგულატორი “სიხშირე” ვიბრატორის სიხშირის მართვისათვის, გადამრთველი “დონე” ელექტრონაპერწკლური ლეგირების ოპტიმალური დენის ძალის შერჩევისათვის, გადამრთველი „ტევადობა,, ელექტრული

ტევადობის რეგულირებისათვის, გადამრთველი “რეჟიმები” ლეგირების რეჟიმის შერჩევისათვის, დამჭერი „დეტალი“, ფირფიტასთან შეერთებისა და დამიწებისათვის, ტუმბლერი და ინდიკატორი “ქსელი”. წინა პანელის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია ელექტრული კაბელი ელექტრულ ქსელში ჩართვისათვის და კაბელი ვიბრატორით.

მოწყობილობა შეიცავს მუდმივი დენის ძალურ წყაროს და მუდმივი დენის დაბალვოლტიან წყაროს. ძალურ წყაროსთან ტრანზისტორების, რეზისტორის და კონდესატორების გავლით მიერთებულია ვიბრირებადი ელექტროდი. დაბალვოლტიან წყაროსთან შეერთებულია იმპულსების გენერატორი და ელექტრომაგნიტური ვიბრატორის კოჭი.

ორივე მუდმივი დენის წყარო იკვებება ერთი ტრანსფორმატორისაგან.

იმპულსების ტრანზისტორული გენერატორის დანიშნულებაა იმ ძაბვის იმპულსების გენერირება, რომლებიც მიეწოდება ელექტრომაგნიტური ვიბრატორის კოჭას, იგი შეიცავს მულტივიბრატორს და მუდმივი დენის გამაძლიერებელს.

ვიბრატორის საშუალებით ხდება ტექნოლოგიური დენის განმმუხტავი წრედის კომუტირება. ვიბრატორი ელექტრომაგნიტური ტიპის არის, პლასტმასის კორპუსში დამაგრებულია ვიბრაციის მექანიზმი, რომელზედაც დამაგრებულია ორი კოჭი. ღუზის მოძრავ ნაწილზე იზოლირებულად დამაგრებულია ელექტროდის დამჭერი. ვიბრატორის მიერთება ხორციელდება კაბელით, რომელშიაც შედის გამტარები, ელექტროდის დამჭერი და ვიბრატორის კოჭები.

ვიბრატორს გააჩნია ორი რეზონანსული სიხშირე 250 და 450 ჰც. ელექტრონაპერწკლური ხელსაწყოს გააჩნია ასევე სინათლის ორი

ინდიკატორი, რომლებიც დაყენებულნი არიან ვიბრატორზე ელექტროდ-ინსტრუმენტის დამაგრების მხარეს.

ჩვენს მიერ დაპროექტებული და დამზადებული ელექტრონაპერწყლური ლეგირების ხელსაწყო საშუალებას გვაძლევს დეტალურად გამოვიკვლიოთ სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების აღდგენის პროცესი სხვადასხვა ფაქტორების ცვლილებისას ოპტიმალური ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავებისათვის.

4.3. ელექტრონაპერწყლური ლეგირებით მიღებული ლითონური საფარის სტრუქტურის გამოკვლევა

ელექტრონაპერწყლური ლეგირებით მიღებული ლითონური საფარის სისქისა და გარდამავალი ზონის გამოკვლევისათვის ვაწარმოებდით მეტალოგრაფიულ ანალიზს.

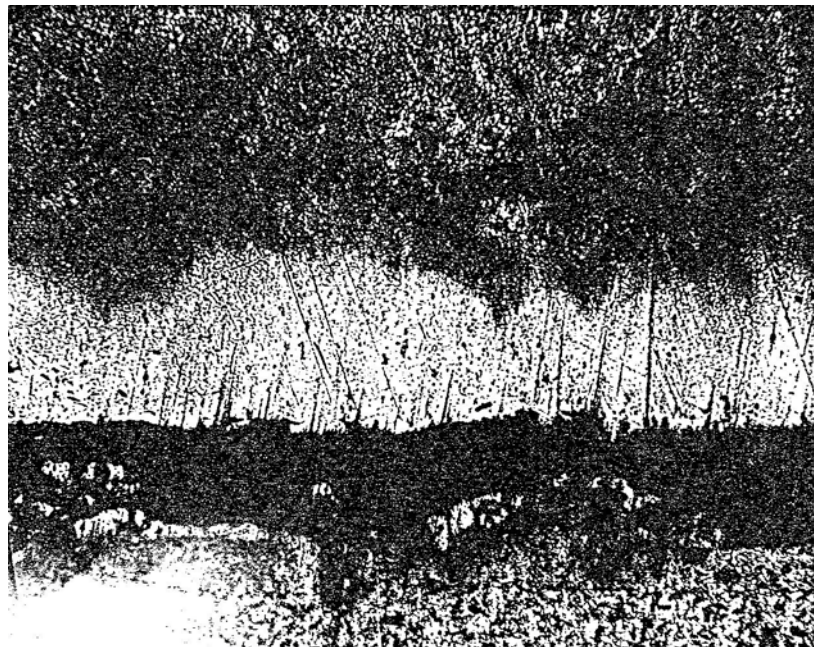
გამოკვლევებს ვაწარმოებდით МИМ_8 ტიპის მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის გამოყენებით.

ლითონური საფარის სტრუქტურის გამოვლენისათვის ხდებოდა საცდელი ნიმუშების მოწამვლა 3 და 5%-იან აზოტმჟავის სპირიტთან ხსნარში.

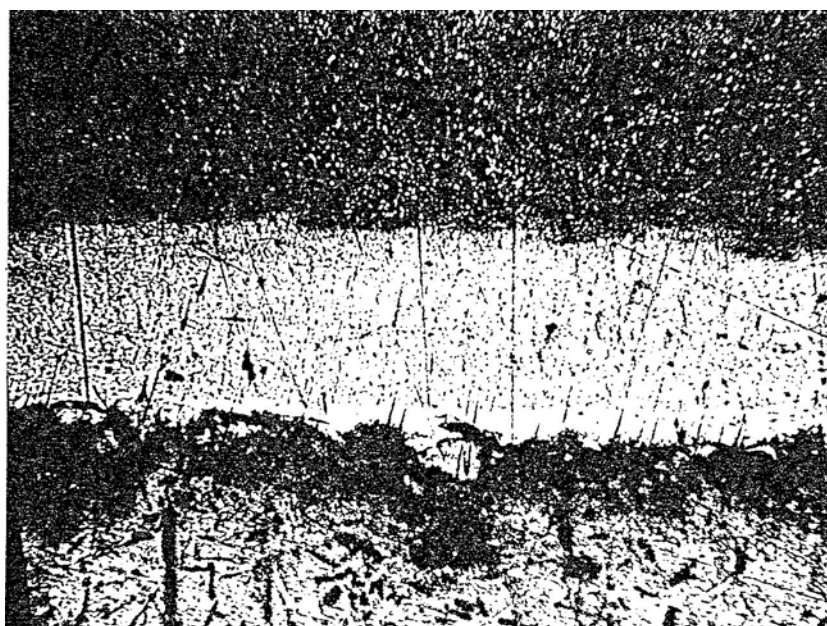
მეტალოგრაფიულ გამოკვლევებს ვაწარმოებდით Y8 და 65Г ფოლადებისაგან დამზადებული ნიმუშებით განივ ზედაპირებზე.

ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ანოდის შემადგენლობის მიუხედავად (BK3, BK6, T5K10 და სხვა) ლეგირებული ფენის სტრუქტურის გამოვლენა არ ხდებოდა და როგორც ნაჩვენებია ნახ. 4.4; 4.5; 4.6 და 4.7.-ზე გარდამავალი ზონა შედგება ღია ხაზებისაგან. ეს აიხსნება იმით, რომ

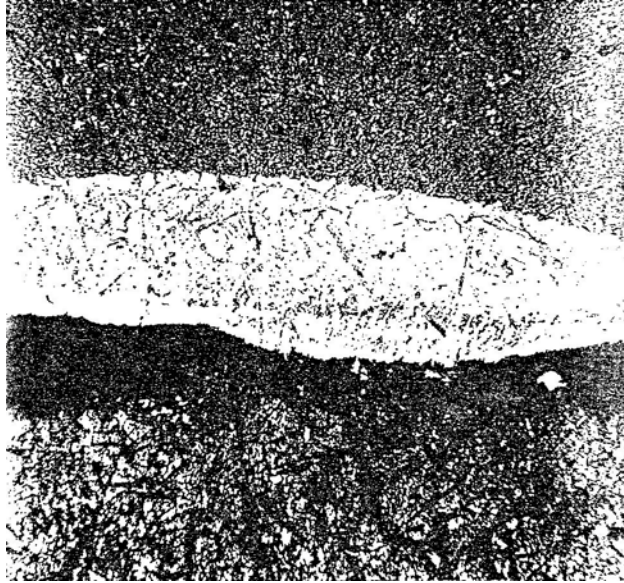
ელექტრონაპერჯკლური ლეგირების დეტალების ზედაპირზე წარმოიქმნება განმტკიცებული ფენა, რომლის ზედა ნაწილს ეწოდება “თეთრი ფენა”.



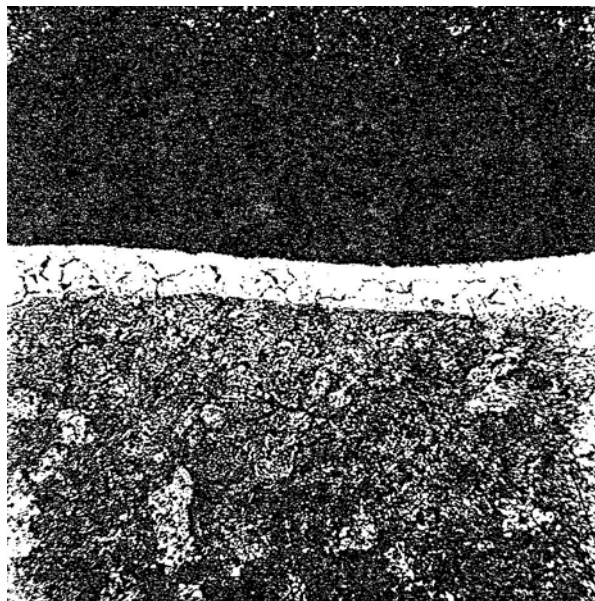
ნახ. 4.4. Y8 მარკის ფოლადის T15K6 სალი შენადნობით ელექტრონაპერჯკლური ლეგირებით აღდგენილი ფენის სტრუქტურა (X500).



ნახ. 4.5. Y8 მარკის ფოლადის BK8 სალი შენადნობით
ელექტრონაპერჯკლური ლეგირებით აღდგენილი ფენის
სტრუქტურა (X500).



ნახ. 4.6. 65Г მარკის ფოლადის T15K6 სალი შენადნობით
აღდგენილი ლითონური ფენის სტრუქტურა (X500).



ნახ. 4.7. 65Г მარკის ფოლადის BK8 სალი შენადნობით
აღდგენილი ლითონური ფენის სტრუქტურა (X500).

აღნიშნული ფენების წარმოქმნა ხდება მაღალი წნევებისა და ტემპერატურების ლოკალური ზემოქმედების პირობებში, რაც იწვევს არაწონასწორადი სტრუქტურების მიღებას მცირე მარცვლით, შემადგენლობის მაღალი კოგერენტულობით, სტრუქტურითა და თვისებებით [30].

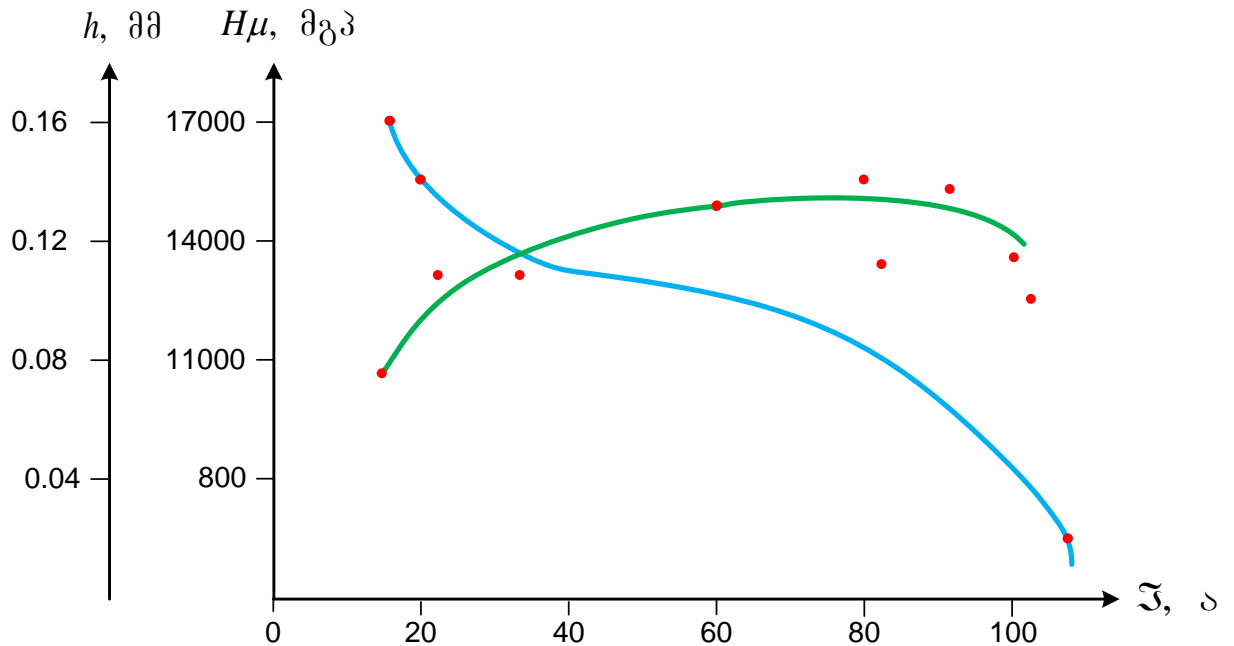
უნდა აღინიშნოს, რომ “თეთრი ფენის” წარმოშობის ბუნება რთული პროცესია და ჯერ კიდევ საკმარისად არ არის შესწავლილი. თანამედროვე გამოკვლევებით [48, 50 51, 53, 56] აღნიშნული ფენა შედგება არანემსისებური მარტენსიტისაგან, რომელიც წარმოადგენს განსაკუთრებულ პირობებში წრთობის შედეგს. გარდა ამისა “თეთრი ფენა” წარმოადგენს სტრუქტურას, რომელიც დიფუზიის გამო გაჯერებულია წყალბადითა და აზოტით, ამასთან შესაძლებელია როგორც ქიმიური ნაერთების, ასევე მყარი ნახშირბადის შენადნობების წარმოშობა. ნ. ლაზარენკოს მიხედვით ელექტრონაპერწკლური ლეგირებისას გაცივების სიჩქარე იმყოფება 150...200 გრადუსი წამში ფარგლებში, ხოლო გაცხელება კი ხდება უფრო სწრაფად. ასეთი სიჩქარეები სხვადასხვა აღდგენით პროცესებში თითქმის არ არის ცნობილი.

ამას უნდა დავუმატოთ დარტყმითი ტალღის მაღალი წნევა _100 მპა-მდე.

ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით მიღებული ლითონური საფარი გამოირჩევა მაღალი სისალით და შესაბამისად, ცვეთგამძლეობით.

ლაბორატორიულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ დაფარული ფენის სისქე იცვლება 0,045...0,16 მმ საზღვრებში, ამასთან ლეგირებული ლითონური საფარის მიკროსისალე საკმაოდ მაღალია.

ნახ. 4.8-ზე მოცემულია ლეგირებული ლითონური საფარის სისალისა და სისქის ცვალებადობა მოკლე ჩართვის დენის ძალისაგან დამოკიდებულებით.



ნახ. 4.8. ლეგირებული ლითონური საფარის მიკროსისალისა და სისქის დამოკიდებულება მოკლე ჩართვის დენის ძალისაგან.

სისალის მნიშვნელოვანი განზევვა გამოწვეულია აღდგენილი ზედაპირის მალეგირებელი ელემენტებით არათანაბარი გაჯერების შედეგად. ლეგირებული ფენის (“თეთრი ფენა”) სისალის გაზრდაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ახალი ფაზების გამოჩენა, რომლებიც წარმოიშობიან აღსადგენი დეტალისა და მალეგირებელი ელექტროდის ელემენტების ქიმიური ზემოქმედებით. ცალკეულ შემთხვევებში ჩვენს მიერ აღნიშნული იქნა სისალის ზრდა ნაპერწკლური განმუხტვის გამო. ანოდის მასალა ნაპერწკლური განმუხტვის გამო იცვლის თავის ქიმიურ და ფიზიკურ შემადგენლობას და შესაბამისად, ფიზიკურ-მექანიკურ

თვისებებს. ასევე ჩვენს მიერ დადგენილი იქნა, რომ “თეორი ფენის” სისალე ნაკლებია ძირითადი ლითონის სისალეზე, რაც ჩვენი აზრით უნდა აიხსნას იმით, რომ ხდება გარდამავალი ფენის ნაწილობრივი მოშვება.

4.4. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი ლითონური საფარის სისალის გამოკვლევა მსგავსობითობისა და განზომილებათა თეორიის გამოყენებით

როგორც ჩვენს მიერ აღნიშნული იქნა ნაშრომის მეორე თავში, ჩვენ შევეცადეთ გამოგვეყენებინა მსგავსობითობისა და განზომილებათა თეორია ლეგირებული ლითონური საფარის სისალის გამოკვლევისათვის მისი მაქსიმალური მნიშვნელობის მიღების მიზნით.

ამ თეორიის მნიშვნელოვანი დადებითია ის, რომ შესაძლებელია შესწავლილი იქნას ოპტიმიზაციის პარამეტრზე (ჩვენს შემთხვევაში სისალეზე) რამდენიმე ფაქტორის ერთდროული ზემოქმედება, ამისათვის პირველ რიგში არსებული გამოკვლევების საფუძველზე [4, 35] გავაანალიზეთ თუ რა ფაქტორები ახდენენ არსებით გავლენას ლეგირებული ფენის სისალეზე. ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხ. 4.1-ზე.

ლეგირებული ლითონური საფარის სისალეზე მოქმედი ფაქტორები.

№	ფაქტორების დასახელება	აღნიშვნა	განზომილება Si სისტემაში	სიდიდეების სიმბოლოებით გამოსახული განზომილება
1	ელექტრონაპერწკალური ლეგირების სიჩქარე	V	მ/წმ	LT^{-1}
2	აღდგენის დრო	T	წმ	T
3	მაზვის იმპულსების ამპლიტუდა კონდენსატორზე	γ	α	$ML^2S^{-1}T^{-3}$
4	შედულების კოეფიციენტი	K	კვ/ა.წმ	$ML^{-1}T^{-1}$
5	მოკლე ჩართვის დენის ძალა	\mathfrak{S}	ა	\mathfrak{S}
6	საფარის სისქე	h	მმ	L
7	აღსადგენი დეტალის ზომა	D	მ	L
8	ანოდის მასალის სიმკვრივე	ρ	კგ/მ ³	$ML^{-1}T^{-1}$

ფუნქციურ კავშირს ლეგირებულ ლითონური საფარის მიკროსისალესა და მასზე ფაქტორებს შორის აქვს სახე:

$$H_{\mu} = f(D, \mathfrak{S}, \rho, V, K, h, \gamma, T)$$

მსგავსობითობისა და განზომილებათა თეორიის მიხედვით [57] ეს კავშირი შეიძლება შეიცვალოს მსგავსობითობის კრიტერიუმებს შორის კავშირით, რომლებიც ახასიათებენ აღდგენის პროცესს. აღნიშნული

კრიტერიუმების რაოდენობა განისაზღვრება π -თეორემის გამოყენებით, რომლის მიხედვითაც:

$$r = N - n$$

N -სიდიდეების რიცხვია;

n -ძირითადი ფაქტორების რიცხვი.

უკანასკნელი ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ სიდიდეების განზომილებათა დეტერმინანტი განსხვავებული იყოს ნულისაგან. აღნიშნული მოთხოვნების შესაბამისად ძირითად ფაქტორებად ვირჩევთ D, ζ, ρ და V .

აღნიშნული ფაქტორების განზომილებებს აქვთ სახე:

$$[D] = M^0 L \zeta^0 T^0$$

$$[\zeta] = M^0 L^0 \zeta T^0$$

$$[\rho] = M L^{-3} \zeta^0 T^0$$

$$[V] = M^0 L \zeta^0 T^{-1}$$

განზომილებათა დეტერმინანტი ტოლია:

$$D = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & -3 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} = 1 \neq 0$$

ე.ი. ძირითადი ფაქტორები სწორადაა შერჩეული ელექტრონაპერწყლური ლეგირების დამახასიათებელი მსგავსობითობის კრიტერიუმების რაოდენობა ტოლია:

$$N = 9 - 4 = 5$$

აღნიშნული კრიტერიუმები შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ასე:

$$\pi = H_\mu D^\alpha \mathfrak{Z}^\beta \rho^\gamma V^\delta$$

$$\pi_1 = KD^{\alpha_1} \mathfrak{Z}^{\beta_1} \rho^{\gamma_1} V^{\delta_1}$$

$$\pi_2 = hD^{\alpha_2} \mathfrak{Z}^{\beta_2} \rho^{\gamma_2} V^{\delta_2}$$

$$\pi_3 = \gamma D^{\alpha_3} \mathfrak{Z}^{\beta_3} \rho^{\gamma_3} V^{\delta_3}$$

$$\pi_4 = TD^{\alpha_4} \mathfrak{Z}^{\beta_4} \rho^{\gamma_4} V^{\delta_4}$$

სადაც $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ და δ_i – ხარისხის მაჩვენებლებია, რომლებიც უცნობია.

იმისათვის, რომ π წევრები გახდნენ უგანზომილებო ხარისხის მაჩვენებლები უნდა იყოს ესეთი, რომ მათი შეცვლით $[V] = M, L, \mathfrak{Z}, T$ კომბინაციები, მიღებულ გამოსახულებებში ტოილ იყოს ნულის, ე.ი.

$$\pi = H_\mu D^\alpha \mathfrak{Z}^\beta \rho^\gamma V^\delta = ML^{-1} T^{-2} L^\alpha \mathfrak{Z}^\beta M^\gamma L^{-3\gamma} L^\delta T^{-\delta} = M^0 L^0 \mathfrak{Z}^0 T^0 = 1$$

$$1 + \gamma = 0$$

$$-1 + \alpha - 3\gamma + \delta = 0$$

$$-2 - \delta = 0$$

$$\beta = 0$$

აქედან:

$$\gamma = -1, \beta = 0, \delta = -2, \alpha = 0.$$

ხარისხის მაჩვენებლების ჩასმით π -ში ვღებულობთ განსასაზღვრ მსგავსობითობის კრიტერიუმს:

$$\pi = \frac{H_\mu}{\rho V^2}$$

განმსაზღვრელი მსგავსობითობის კრიტერიუმები ტოლია:

$$\pi_1 = KD^{\alpha_1} \mathfrak{Z}^{\beta_1} \rho^{\alpha_1} V^{\delta_1} = ML^{-1} L^{\alpha_1} \mathfrak{Z}^{\beta_1} M^{\gamma_1} L^{-3\gamma_1} L^{\delta_1} T^{-\delta_1} = M^0 L^0 \mathfrak{Z}^0 T^0 = 1$$

$$1 + \gamma_1 = 0$$

$$-1 + \beta_1 = 0$$

$$-1 - \delta_1 = 0$$

$$\gamma_1 - 3\alpha_1 + \delta_1 = 0$$

ანუ ვღებულობთ:

$$\gamma_1 = -1, \quad \beta_1 = 1, \quad \delta_1 = -1, \quad \alpha_1 = -2$$

$$\text{ე.ი. } \pi_1 = \frac{K\mathfrak{N}}{\rho V D^2};$$

ანალოგიური გაანგარიშებებით ვღებულობთ:

$$\pi_2 = \frac{h}{D}; \quad \pi_3 = \frac{\mathfrak{N}\gamma}{\rho D^2 V^3}; \quad \pi_4 = \frac{TV}{D}.$$

განსასაზღვრავ და განმსაზღვრელ კრიტერიუმებს შორის ფუნქციურ კავშირს აქვს სახე:

$$\pi = \varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4)$$

ან:

$$\frac{H_\mu}{\rho V^2} = \varphi\left(\frac{K\mathfrak{N}}{\rho V \gamma^2}, \frac{h}{D}, \frac{\gamma}{KV^2}, \frac{TV}{D}\right)$$

მათ შორის კავშირი შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

$$\frac{H_\mu}{\rho V^2} = C \left(\frac{K\mathfrak{N}}{\rho V D^2}\right)^x$$

$$\frac{H_\mu}{\rho V^2} = C_1 \left(\frac{h}{D}\right)^{x_1}$$

$$\frac{H_\mu}{\rho V^2} = C_2 \left(\frac{\alpha}{KV^2}\right)^{x_2}$$

$$\frac{H_\mu}{\rho V^2} = C_3 \left(\frac{TV}{D}\right)^{x_3}$$

აღნიშნულ გამოსახულებათა გალოგარითმებისა და შეკრებით მივიღებთ:

$$\lg \frac{H_\mu}{\rho V^2} = \lg C + \lg C_1 + \lg C_2 + \lg C_3 + X \lg \frac{K\mathfrak{N}}{\rho V \gamma^2} + X_1 \lg \frac{h}{D} + X_2 \lg \frac{\alpha}{KV^2} + X_3 \lg \frac{TV}{D}$$

პოტენციურების შემდეგ:

$$\frac{H_\mu}{\rho V^2} = A \left(\frac{K\mathfrak{N}}{\rho V D^2} \right)^a \left(\frac{h}{D} \right)^b \left(\frac{\alpha}{KV^2} \right)^c \left(\frac{TV}{D} \right)^d$$

სადაც $A = \sqrt[4]{C \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3}$; $a = \frac{X}{4}$;

$b = \frac{X_1}{4}$; $c = \frac{X_2}{4}$; $d = \frac{X_3}{4}$.

მიღებული კრიტერიალური განტოლების ზოგადი სახე წარმოადგენს თეორიულ საფუძველს მიზანმიმართული ექსპერიმენტების ჩატარებისათვის, რათა დადგენილი იქნას ის ოპტიმალური ფაქტორები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მაქსიმალური სისალის მქონე ლეგირებული ლითონური საფარის მიღებას [57, 58, 59, 60].

კრიტერიალური განტოლების ანალიზური სახის მიღებისათვის ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები ჩვენს მიერ დამზადებულ ელექტრონაპერწყლური ლეგირების ხელსაწყოს გამოყენებით. ხდებოდა კულტივატორების გაცვეთილი თათების აღდგენა სხვადასხვა რეჟიმებით. ანოდად გამოყენებული იყო სალი შენადნობი T15K6, მიღებული ლითონური საფარის მიკროსისალის გაზომვა ხდებოდა PIMT_3 ხელსაწყოს გამოყენებით, მიღებული შედეგების დამუშავება ხდებოდა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით. ცხრილებში: 4.2, 4.3, 4.4 და 4.5-ში წარმოდგენილია ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტული სამუშაოების შედეგები.

ცხ. 4.2.

დამოკიდებულება $lg\pi$ -სა და $lg\pi_1$ -ს შორის

H_M	$\pi \cdot 10^{19}$	$lg\pi$	\mathfrak{N}	$\pi \cdot 10^{11}$	$lg\pi_1$
1700	8.02	19.9042	10	0.14	10.1461
1600	7.55	19.8780	20	0.28	10.4472

1400	6.60	19.8195	30	0.42	10.6233
1300	6.14	19.7882	40	0.57	10.7539
11500	5.43	19.7848	50	0.70	10.8451
11000	5.19	19.7152	60	0.85	10.9294

ცხ. 4.3.

დამოკიდებულება $\lg \pi$ -სა და $\lg \pi_2$ -ს შორის

№	H_M	$\pi \cdot 10^{19}$	$\lg \pi$	$h \cdot 10^{-3}$	$\pi_2 \cdot 10^{-3}$	$\lg \pi_2$
1	15000	7.10	19.8513	0.04	0.08	-5.031
2	15500	7.31	19.8639	0.06	0.12	-5.10792
3	16000	7.55	19.8779	0.08	0.16	-5.1204
4	16500	7.78	19.8910	0.10	0.20	-5.1301
5	16200	7.64	19.8831	0.12	0.24	-5.1380
6	16100	7.59	19.8802	0.14	0.28	-5.1447

ცხ. 4.4.

დამოკიდებულება $\lg \pi$ -სა და $\lg \pi_3$ -ს შორის

№	H_M	$\pi \cdot 10^{19}$	$\lg \pi$	ν	$\pi_3 \cdot 10^{21}$	$\lg \pi_3$
1	16300	7.69	19.8831	30	1.11	21.0453
2	16600	7.55	19.8780	40	1.48	21.1703
3	15600	7.36	11.8669	50	1.85	21.2672
4	15000	7.10	10.8513	60	2.22	21.3464
5	14500	6.84	10.8325	70	2.60	21.4150
6	14000	6.60	10.8195	80	2.96	21.4713

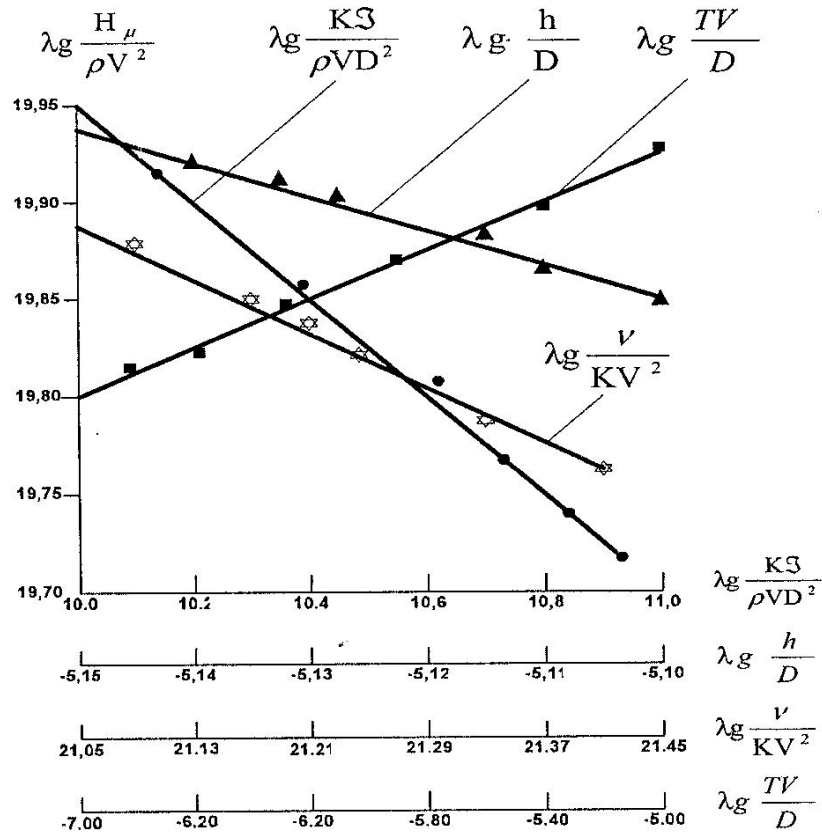
ცხ. 4.5.

დამოკიდებულება $\lg \pi$ -სა და $\lg \pi_4$ -ს შორის

№	H_M	$\pi \cdot 10^{19}$	$\lg \pi$	T	$\pi_4 \cdot 10^{10}$	$\lg \pi_4$
1	16500	7.7877	19.8914	3	18	-6.2552
2	16550	7.8066	19.8925	6	36	-6.5363
3	17000	8.0188	19.9011	9	54	-6.7324
4	16200	7.6415	19.8832	12	72	-6.8573
5	14300	6.7453	19.8295	15	90	-6.9542
6	14000	6.6037	19.8198	18	108	-5.0334

მოცემული შედეგები გრაფიკული სახით წარმოდგენილია ნახ. 4.9.-

ზე.



ნახ. 4.9. დამოკიდებულება $lg\pi$ -სა და $lg\pi_1, lg\pi_2, lg\pi_3$ -სა და $lg\pi_4$ -ს შორის.

მიღებული ექსპერიმენტული შედეგების მათემატიკური დამუშავების შედეგად მივიღეთ:

$$C = 9.1 \cdot 10^{19}$$

$$C_1 = 9.08 \cdot 10^{19}$$

$$C_2 = 8.8 \cdot 10^{19}$$

$$C_3 = 6.3 \cdot 10^{19}$$

$$X = 1.2; \quad X_1 = -0.36; \quad X_2 = -0.56; \quad X_3 = -0.84$$

აღნიშნული სიდიდეების ჩასმის შემდეგ კრიტერიალურ განტოლებაში მივიღებთ:

$$\frac{H_{\mu}}{\rho V^2} = 6.9 \cdot 10^{11} \left(\frac{K\mathfrak{N}}{\rho V D^2} \right)^{0.3} \cdot \left(\frac{h}{D} \right)^{-0.09} \cdot \left(\frac{\gamma}{KV^2} \right)^{0.14} \cdot \left(\frac{TV}{D} \right)^{-0.21}$$

მიღებული მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობის შემოწმებამ გვიჩვენა, რომ გამოთვლათა ცდომილება არ აღემატება 3,5%.

ექსპერიმენტული მონაცემებისა და მიღებული ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველაზე უფრო არსებით გავლენას ელექტრონაპერწყლური ლეგირებით მიღებული ლითონური საფარის სისაღეზე ახდენს მოკლე ჩართვის დენის ძალა და აღდგენის დრო, დენის ძალის 20 ა-მდე გაზრდისას სისაღე იზრდება, შემდეგ კლებულობს. ასეთივე გავლენას სისაღეზე ახდენს დაფარვის დრო.

როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს ანოდის მასალის ინტენსიური გადატანა კათოდზე ხდება პირველ წუთებში, შესაბამისად იზრდება სისაღე. მიღებული ლითონური საფარის მაქსიმალური მიკროსისაღე $H_M = 17000$ პა მიღებული იქნა მსგავსობითობის კრიტერიუმების შემდეგი მნიშვნელობების დროს:

$$\pi_1 = 0.14 \cdot 10^{11}$$

$$\pi_2 = 0.2 \cdot 10^{-3}$$

$$\pi_3 = 1.11 \cdot 10^{21}$$

$$\pi_4 = 5.4 \cdot 10^{-6}$$

**4.5. ელექტრონაპერწკლური ლევირებით მიღებული
ლითონური საფარის ჩაჭიდების სიმტკიცის ოპტიმიზაცია ექსტრემალური
ექსპერიმენტების დაგეგმვის თეორიის
გამოყენებით**

ლითონური საფარის ჩაჭიდების სიმტკიცე ლითონთან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მექანიკური თვისებაა, რომელიც განაპირობებს აღდგენილი დეტალის რესურსს.

ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა თეორიული და ექსპერიმენტული სამუშაოები ელექტრონაპერწკლური ლევირებით მიღებული ლითონური საფარის ჩაჭიდების სიმტკიცის გამოკვლევისა და ოპტიმიზაციისათვის ექსტრემალური ექსპერიმენტების დაგეგმვის თეორიის გამოყენებით [61, 62, 63]. სიმტკიცეზე გამოცდას ვაწარმოებდით ოლარდის მეთოდით, რომელიც დაწვრილებით განხილულია მე-3-ე თავში. ამ კვლევებში სიახლე მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვენ ერთდროულად გამოვიყენეთ ე.წ. კომბინირებული მათემატიკური მეთოდები _ექსპერიმენტების დაგეგმვის თეორია და მსგავსობითობისა და განზომილებათა თეორია.

ზოგადი სახის კრიტერიალური განტოლება მიღებული იქნა ასეთი სახით:

$$\frac{\sigma}{\rho V^2} = \varphi \left(\frac{K\zeta}{\rho V D^2}, \frac{\gamma}{KV^2}, \frac{TV}{D} \right)$$

σ -არის ჩაჭიდების სიმტკიცე, მკა ელექტრონაპერწყლური ლევირების პროცესის ოპტიმიზაციისათვის ოპტიმიზაციის პარამეტრად მივიღეთ ჩაჭიდების სიმტკიცის უგანზომილებო კომპლექსი:

$$y = \frac{\sigma}{\rho V^2}, \text{ ხოლო მასზე მოქმედ ფაქტორებად კი } X_1 = \frac{K\zeta}{\rho V D^2} \text{ და } X_2 = \frac{\gamma}{k V^2}$$

სამი აღნიშნული ფაქტორის მიხედვით აგებული იქნა 2^3 ტიპის სრულფაქტორიანი ექსპერიმენტი, ბოქს-უილსონის მოდელის მიხედვით [61].

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$$

ცხ. 4.6-ში წარმოდგენილია ექსპერიმენტების დაგეგმვის მატრიცა.

ცხ. 4.6.

ექსპერიმენტების დაგეგმვის მატრიცა.

ცდის №	ფაქტორების კოდური აღნიშვნა				ასოთი აღნიშვნა
	x_0	x_1	x_2	x_3	
1	+1	+1	-1	-1	α
2	+1	-1	-1	-1	(1)
3	+1	+1	+1	-1	αb
4	+1	-1	+1	-1	b
5	+1	+1	-1	+1	ac
6	+1	-1	-1	+1	c
7	+1	+1	+1	+1	abc
8	+1	-1	+1	+1	bc

ნულოვან დონეებად მიღებული იქნა:

$$X_{10} = 175 \cdot 10^4;$$

$$X_{20} = 220 \cdot 10^{15};$$

$$X_{30} = 85 \cdot 10^{-7}.$$

ცხ. 4.7-ში მოცემულია ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგები.

ცხ. 4.7.

ექსპერიმენტების შედეგები.

ცდის №	X_0	$X_1 \cdot 10^4$	$X_2 \cdot 10^{15}$	$X_3 \cdot 10^7$	$y \cdot 10^{13}$
1	+1	300	120	62	2,66
2	+1	50	120	62	1,77
3	+1	300	320	62	2,79
4	+1	50	320	62	2,37
5	+1	300	120	108	2,63
6	+1	50	120	108	2,54
7	+1	300	320	108	2,7
8	+1	50	320	108	2,69

ექსპერიმენტების შედეგების მათემატიკური დამუშავებით მივიღეთ:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = 2.52;$$

$$b_1 = 0.18; \quad b_2 = 0.12; \quad b_3 = 0.12.$$

რეგრესიულ განტოლებას აქვს სახე:

$$y = 2.52 + 0.18 X_1 + 0.12 X_2 + 0.12 X_3$$

მიღებული განტოლება შემოწმებული იქნა ადექვატურობაზე ფიშერის კრიტერიუმით, დისპერსიის ერთგვაროვნობაზე კოხრენის კრიტერიუმით და კოეფიციენტების მნიშვნელობაზე სტიუდენტის კრიტერიუმით. შედეგები დამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდა. ამის შემდეგ მიღებული იქნა რეგრესიული განტოლება ნატურალურ სიდიდეებში:

$$\frac{\sigma}{\rho V^2} = 1.57 \cdot 10^{13} + \frac{1.4 \cdot 10^6 K\bar{z}}{\rho \gamma^2} + \frac{1200 \gamma}{KV^2} + \frac{12 \cdot 10^{18} TV}{D}$$

მიღებული რეგრესიული განტოლება ადეკვატურია და დასაშვები სიზუსტით აღწერს გამოძახილის ფუნქციას ლოკალურ უბანზე. ოპტიუმის მიღწევისათვის ვიყენებთ ციცაბო სვლის მეთოდს [63].

ფუნქციის გრადიენტი ტოლია:

$$\vec{\Delta\phi} = \frac{\partial\phi}{\partial x_1} \vec{i} + \frac{\partial\phi}{\partial x_2} \vec{j} + \frac{\partial\phi}{\partial x_3} \vec{k}$$

$$\frac{\partial\phi}{\partial x_1} = b_1 = 0,18; \quad \frac{\partial\phi}{\partial x_2} = b_2 = 0,12; \quad \frac{\partial\phi}{\partial x_3} = b_3 = 0,12.$$

უცნობი ცვლადების რეგრესიული განტოლების კოეფიციენტების პროპორციული ცვლილებით ხორციელდება მოძრაობა გამოძახილის ფუნქციის გრადიენტის მიმართულებით.

განვსაზღვროთ ციცაბო სვლის გრადიენტის მდგენელები:

$$b_1 a_1 = 0,18 \cdot 125 \cdot 10^4 = 22,5 \cdot 10^4;$$

$$b_2 a_2 = 0,12 \cdot 220 \cdot 10^{15} = 26,4 \cdot 10^{15};$$

$$b_3 a_3 = 0,12 \cdot 23 \cdot 10^{-7} = 2,76 \cdot 10^{-7}.$$

გრადიენტის მდგენელების ნებისმიერ დადებით რიცხვზე გამრავლება იძლევა წერტილებს, რომლებიც ასევე იმყოფებიან გრადიენტზე, ამიტომ ვამრავლებთ მდგენელებს რიცხვზე 0,469.

$$a_1 = 22,5 \cdot 10^4 \cdot 0,469 = 10,5 \cdot 10^4;$$

$$a_2 = 2,64 \cdot 10^{15} \cdot 0,469 = 1,24 \cdot 10^{15};$$

$$a_3 = 2,76 \cdot 10^{-7} \cdot 0,469 = 1,3 \cdot 10^{-7}.$$

თუ ძირითად დონეს მიმდევრობით დავუმატებთ გრადიენტის მდგენელებს, მივიღებთ ციცაბოსვლის სერიებს, რომლებიც მოცემულია ცხ. 4.7-ში.

ცხ. 4.7.

მონაცემები ციცაბოსვლისათვის.

ფაქტორები	$X_1 \cdot 10^4$	$X_2 \cdot 10^{15}$	$X_3 \cdot 10^7$	$y \cdot 10^{13}$
ძირითადი დენი	175	220	85	
ვარიირების ინტერვალი	50	100	23	
ზედა დონე	300	320	108	
ქვედა დონე	125	120	62	
ცდები	ფაქტორების კოდირებული და ნატურალური მნიშვნელობები			
0	0; 175	0; 220	0,62	2,64
1	+1; 300	-1; 100	-1; 23	2,66
2	-1; 125	+1; 220	-1; 23	1,77
3	+1; 300	-1; 100	-1; 23	2,79
4	-1; 125	+1; 220	-1; 23	2,37
5	+1; 300	-1; 100	+1; 85	2,63
6	-1; 125	+1; 220	+1; 85	2,54
7	+1; 300	-1; 100	+1; 85	2,7
8	-1; 125	+1; 220	+1; 85	2,69
b_j	0,18	0,12	0,12	
$b_j \alpha_j$	22,5	2,64	2,76	
ახალი ვარიირების ინტერვალი ცდები	10,5	1,24	1,3	
9	310,5	321,24	86,3	
10	321,0	322,48	87,6	2,80
11	331,5	323,72	88,9	2,82
12	342,0	324,96	89,2	2,81

როდესაც მათემატიკური მოდელი ადეკვატურია, იწყებენ ისეთი ცდების რეალიზაციას, რომელთა პირობები გამოდიან ჩატარებული ცდების ზღვრიდან მინიმუმ ერთი ფაქტორით: ოპტიმიზაციის პარამეტრის შემცირება მე-12-ე ცდაზე უჩვენებს, რომ მე-11-ე ცდის შედეგი არის ყველაზე ექსტრემალური.

საბოლოოდ, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ელექტრონაპერწკლური ლეგირებისას მაქსიმალური ჩაჭიდების სიმტკიცისათვის საჭიროა ფაქტორებს ჰქონდეთ შემდეგი მნიშვნელობანი:

$$x_1 = \frac{KI}{\rho VD^2} = 331.5 \cdot 10^4;$$

$$x_2 = \frac{\gamma}{kV^2} = 323.82 \cdot 10^{15};$$

$$x_3 = \frac{TV}{D} = 88.9 \cdot 10^{-7}.$$

აღნიშნულ ფაქტორებს შეესაბამება ელექტრონაპერწკლური ლეგირების შემდეგი რეჟიმები:

_მოკლე ჩართვის დენის ძალა $\bar{I} = 18$ ა.

_ლეგირების დრო $T = 4$ წთ.

_ძაბვა კონდესატორზე $\gamma = 60$ ვ.

თავი V. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის დეტალების ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენის რაციონალური ტექნოლოგია და მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება

5.1. მოსამზადებელი სამუშაოები

ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტული სამუშაოების საფუძველზე, რომლებიც სწარმოებდა ჩვენს მიერ დაპროექტებულ და დამზადებულ ხელსაწყოზე დამუშავებული იქნა სასოფლო-სამეურნეო

ტექნიკის დეტალების ელექტრონაპერწყლური ლეგირებით აღდგენის რაციონალური ტექნოლოგიური პროცესი. ამ პროცესს რაციონალურს ვუწოდებთ იმიტომ, რომ მისი გამოყენებით შესაძლებელია მინიმალური დანახარჯებისა და მარტივი დანადგარის გამოყენებით შეგვიძლია მივიღოთ მაღალი სისალის, ჩაჭიდების, სიმტკიცისა და ცვეთგამძლეობის ლითონური საფარი. აღნიშნული ხერხი შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული ნებისმიერ გლახური და ფერმერული მეურნეობების ცენტრალურ სარემონტო სახელოსნოებში ისეთი სპეციფიკური დეტალების აღსადგენად, როგორცაა მუხლა და გამანაწილებელი ლილვები, სახნისები, ფრთები, კულტივატორების თათები, ფრეზების მუშა ორგანოები და სხვა. ამ დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ დეტალების მოდალური ცვეთა არ უნდა აღემატებოდეს 0,2 მმ-ს.

დეტალების აღდგენისათვის საჭიროა ჩატარდეს მოსამზადებელი სამუშაოები. მოსამზადებელ სამუშაოებში შედის დეტალების გახეხვა შესაბამისი სისუფთავის მისაღებად, რის შემდეგაც საჭიროა მოხდეს როგორც აღსადგენი დეტალის, ასევე ანოდის ცხიმგაცლა. ცხიმგაცლა შესაძლებელია აცეტონით ან ბენზინით. მისი ძირითადი დანიშნულებაა აღსადგენი დეტალის გულმოდგინე გასუფთავება ჭუჭყისა და მტვერისგან.

გარდა ამისა ეს ოპერაცია ხელს უწყობს დაფარული სალი შენადნობის კარგ კონტაქტს ძირითად ლითონთან.

ცალკეულ შემთხვევებში რეკომენდებულია აღსადგენი დეტალის დაკეჭვნა.

მოსამზადებელი ოპერაციების შემდეგ აღსადგენი დეტალის ზედაპირის ხაოიანობა უნდა იყოს $R_a = 3.2 \dots 12.5$ მკმ. მხოლოდ ამის შემდეგ არის შესაძლებელი დაიწყოს დეტალების ლეგირების პროცესი.

5.2. ელექტრონაპერწკლური ლეგირების რეჟიმების შერჩევა

ელექტრონაპერწკლური ლეგირების რეჟიმების შერჩევას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მაღალი ხარისხის ლითონური საფარის მისაღებად.

ქვემოთ წარმოდგენილია ჩვენს მიერ დამზადებული ხელსაწყოს ტექნიკური მახასიათებლები:

1. დაფარული ლითონური ფენის სისქე, მმ $0,05...0,16$.
2. ლითონური საფარის ხაოიანობა, მკმ $R_a = 3,2...12,5$.
3. მწარმოებლურობა $სმ^2/წთ$ 2...6.
4. კონდესატორების ბატარეას ტევადობა, მკვ 20...30
5. ტექნოლოგიური რეჟიმების რაოდენობა 9X2.
6. ელექტროდის ვიბრაციის სიხშირე, ჰც 250...500.
7. ქსელიდან მოთხოვნილი სიმძლავრე, კვტ 0,4-მდე.
8. კვების ძაბვა, ვ. 220.
9. გაბარიტები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე), მმ 400X270X140.
10. მასა, კგ 14.

მოწყობილობას გააჩნია მუშაობის 9 რეჟიმი _ტექნოლოგიური დენის ძალის ცხრა მნიშვნელობა. აღდგენის რეჟიმები მოცემულია ცხ.5.1-ში.

ელექტრონაპერწკლური ლეგირების ალდგენის რეჟიმები.

ალდგენის რეჟიმების ნომერი	1	2	3	4	5	6	7	8	9
დენის ძალა, ა	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2
20 მკვ ტევადობისათვის	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2
დენის ძალა, ა	1.0	1.2	1.6	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
300 მკვ ტევადობისათვის	1.2	1.4	2.0	2.2	2.4	2.6	3.0	3.2	3.4

თითოეულ ალდგენილ რეჟიმებს შეესაბამება ენერჯის განსაზღვრული სიდიდე, რომელიც გამოიყოფა კათოდისა და ანოდის კონტაქტის დროს. სწორედ ეს ენერჯია განსაზღვრავს ალდგენის პროცესის ინტენსივობას. პირობითად მოწყობილობის რეჟიმები დაყოფილია სამ ნაწილად:

რბილი (რეჟიმების პოზიციები 1...9, ტევადობა 50 მკვ).

საშუალო (პოზიციები 1...4, ტევადობა 300 მკვ).

უხეში (პოზიციები 5...9, ტევადობა 300 მკვ).

რეჟიმების შერჩევა ხდება ალსადგენი დეტალის სისქისა და ზედაპირის მოთხოვნილი სისუფთავის მიხედვით რაც უფრო რბილია რეჟიმი, მით უფრო ნაკლებია დაფარვის სისქე, მაგრამ ლითონური საფარის ხარისხი მაღალია. უხეში რეჟიმების გამოყენების დროს დაფარული ლითონის სისქე იზრდება, მაგრამ უარესდება მისი ხარისხი.

საჭიროა გათვალისწინებული იქნეს, რომ უხეში რეჟიმებით ალდგენისას მუშაობის პირველ წუთებში ლითონის გადატანა ხდება

მაღალი ინტენსივობით, შემდეგ პროცესი ნელდება. ამიტომ არ არის საჭირო მრავალჯერადი (4...5-ზე მეტი) გავლები, ერთსა და იგივე ზედაპირზე.

ჩვენმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს, რომ ხარისხიანი დაფარული ფენის მისაღებად უხეში რეჟიმების შემდეგ, აუცილებელია მოხდეს რბილი რეჟიმების გამოყენება, რაც ხელს უწყობს აღდგენილი ზედაპირის გაგლუვებასა და ხაოიანობის შემცირებას.

დრო, რომელიც საჭიროა მაქსიმალური სისქის ლითონური საფარის მისაღებად დამოკიდებულია ანოდსა და აღსადგენი დეტალის მასალაზე და ჩვენს შემთხვევაში განისაზღვრებოდა ექსპერიმენტულად თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში.

ქვემოთ მოცემულია ჩვენს მიერ ცდით დადგენილი კულტივატორების თათების 1 სმ² ფართობის აღდგენის დრო (ცხ. 5.2).

ცხ. 5.2.

კულტივატორების 1 სმ² ფართის აღდგენის დრო.

აღდგენის რეჟიმი 300 მკვ-სათვის	1	2	3	4	5	6	7	8	9
დაფარვის დრო, წთ.	2...8	1.5...5	1...4	1...3.5	0.5...3	0.5...2.5	0.4...2	0.3...2	0.3...1.5

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ აღდგენის პროცესი უნდა შეასრულოს მაღალკვალიფიციურმა პერსონალმა სწორი რეჟიმებითა და ელექტროდების სწორი მოძრაობით.

ოპერატორის მცირე შეცდომასაც კი შეუძლია მნიშვნელოვნად გააუარესოს აღდგენილი ფენის ხარისხი.

იმისათვის, რომ ეს გარემოება ავიცილოთ თავიდან საჭიროა დავიცვათ შერჩეული რეჟიმი და განსაკუთრებით დენის ძალა (იხ. ცხ. 5.1.), რომელიც მუდმივად უნდა ვაკონტროლოთ წინა პანელზე არსებული ამპერმეტრით.

5.3. გამოსაყენებელი ელექტროდების მასალისა და ფორმის შერჩევა

ელექტრონაპერწყლური ლეგირების დროს ელექტროდის ფორმის შერჩევას დიდი მნიშვნელობა აქვს. ელექტროდის ალესვის ფორმა დამოკიდებულია აღსადგენი დეტალის კონფიგურაციაზე, გაბარიტებსა და განივკვეთზე. ყველაზე უფრო კარგი შედეგი ჩვენი ექსპერიმენტების დროს აჩვენეს ისეთმა ელექტროდებმა, რომლებიც კონუსურად იყვნენ ალესილნი. ეს ჩვენი ვარაუდით აიხსნება იმით, რომ ყველა წრედში ელექტრული დენი გადაეცემა გამტარის კვეთში, ხოლო განაკვეთის შემცირების შემთხვევაში დენის სიმკვრივე მკვეთრად იზრდება, ნაპერწყალი უფრო მძლავრი და ეფექტური ხდება.

ყველაზე კარგი შედეგი მივიღეთ მაშინ, როცა ელექტროდის წვერო იყო წაკვეთილი კონუსის სახით. ამ შემთხვევაში ზედა დიამეტრი იყო 5მმ, ხოლო ქვედა კი 2მმ, მისი სიგრძე კი _20მმ. სასურველია ყოველი ახალი დეტალის აღდგენის დაწყების წინ ელექტროდი გულმოდგინედ გაილესოს. ელექტროდების ზომები აღდგენის რეჟიმისაგან დამოკიდებულებით მოცემულია ცხ. 5.3.

ელექტროდების ზომები.

დასხელება	მნიშვნელობა		
მუშა დენის ძალა, ა	0.4...0.5	0.5...1.0	1.0-ზე მეტი
ელექტროდის განივკვეთი, მმ ²	2...5	4...10	10...20

თვით ელექტროდის მასალად შეირჩევა მაღალი სისაღისა და ცვეთგამძლეობის შენადნობი.

ჩვენს ცდებში ძირითადად ელექტროდის მასალად გამოყენებული იყო BK-ს ჯგუფის ლითონკერამიკული სალი შენადნობი, ძირითადად ვიყენებდით BK3 და T15K6 სალი შენადნობებისაგან დამზადებულ ელექტროდებს.

5.4. ელექტრონაპერჩკლური ლეგირებით დეტალების

აღდგენის ტექნოლოგიის თავისებურებანი

სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების აღდგენის ეფექტი დიდად არის დამოკიდებული დადგენილი ტექნოლოგიური პროცესის დაცვაზე.

როგორც ავღნიშნეთ აღსადგენი დეტალებს წინასწარ უნდა ჩაუტარდეთ ცხიმგაცლა აცეტონით ან ბენზინით, რათა სრულად მოსცილდეს ჭუჭყი, მტვერი, ზეთისა და ცხიმის ნაწილაკები. ამის შემდეგ იწყება ელექტრონაპერჩკლური ლეგირებით დეტალების აღდგენა, რომელიც ხორციელდება ხელით ელექტრომაგნიტური ვიბრატორის გამოყენებით, რომელიც შეიცავს მალეგირებელ ელემენტებს. როგორც

ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენა ვიბრირებადი ელექტროდი მიზანშეწონილია მივმართოთ აღსადგენი დეტალის პერპერდიკულარულად.

ელექტროდის აღსადგენ დეტალთან დაჭერის ძალა უნდა იყოს მუდმივი, ჩვენი ცდების ფარგლებში ყველაზე მაღალხარისხიანი ლითონური საფარი მიიღებოდა ელექტროდის წინსვლით-უკუსვლითი მოძრაობით სიჩქარით 0,5...1 სმ/წმ.

აღნიშნული ტექნოლოგიით აღდგენილი კულტივატორის თათი ნაჩვენებია ნახ. 5.1.

ნახ. 5.1.

ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი კულტივატორის თათი.



უხეში რეჟიმის გამოყენების დროს საჭიროა პერიოდულად ელექტროდების გაგრილება 10...15 წმ-ით. ყოველ 2...3 წუთის მუშაობის შემდეგ.

ცალკეულ შემთხვევებში დასაშვებია ელექტროდის გაგრილება წყალში რამდენიმე წამის განმავლობაში.

ელექტრონაპერწკლური ლეგირება უზრუნველყოფს მაღალი ხარისხის ლითონური საფარის მიღებას, ამ დროს დიფუზიის გამო ლითონის ფენა მტკიცედ უკავშირდება ძირითად ლითონს, ხოლო მისი მიკროსისალე აღწევს 16000...17000 მპა, რაც განაპირობებს აღდგენილი დეტალის რესურსისა და ცვეთგამძლეობის მნიშვნელოვნად გაზრდას.

როგორც ავლნიშნეთ, პროცესის სტაბილიზაციაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ოპერატორის კვალიფიკაციას. არაკვალიფიკაციური ოპერატორის შემთხვევაში ადგილი აქვს ისეთ უარყოფით მოვლენებს, როგორიცაა ლითონური საფარის დაბალი სიგლუვე და არათანაბრობა, ნამწვი აირების არსებობა საფარზე, ნაკაწრები დეტალზე და სხვა.

ელექტრონაპერწკლური ლეგირების პროცესის შემდეგ საჭიროა მოხდეს აღდგენილი დეტალის კონტროლი გარეგანი სახით, გეომეტრიული ზომებით და ხაოიანობით.

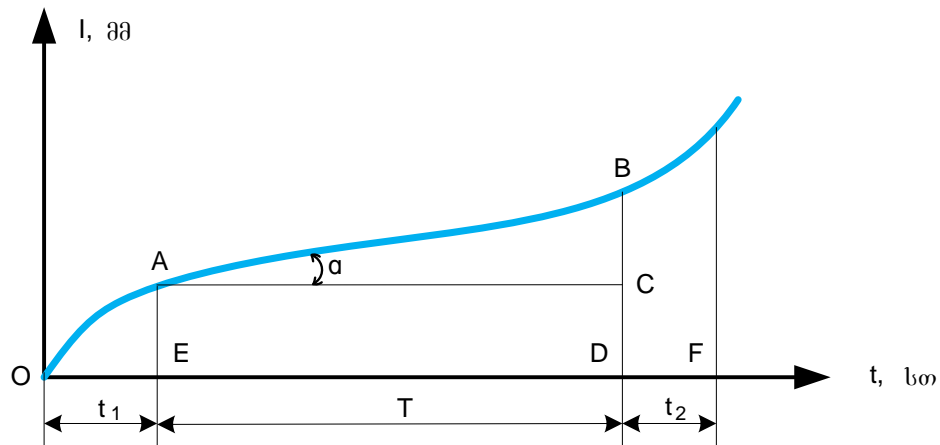
გარეგანი სახის კონტროლი ხდება საფარზე არათანაბარი უბნებისა და ცხადი დეფექტების გამოვლინების მიზნით. გეომეტრიული ზომების კონტროლისას ადგენენ აღდგენილი საფარის სისქეს და განსაზღვრავენ აღდგენისშემდგომი მექანიკური დამუშავების სახეს.

5.5. კულტივატორების თათების ცვეთის ზოგიერთი კანონზომიერებანი

როგორც ადრე იქნა აღნიშნული კულტივატორების თათები რთულ პირობებში მუშაობენ და განიცდიან ინტენსიურ ცვეთას.

თათების ძირითადი დაზიანებანია მჭრელი პირის დაბლაგვება და მჭრელი პირის ცვეთა სიგრძეზე და სიგანეზე. ეს უკანასკნელი დეფექტი ყველაზე უფრო ხშირად გვხვდება.

კულტივატორების ცვეთის კანონზომიერებანი ემორჩილება ე.წ. დეტალების ცვეთის კლასიკურ მრუდს [14], რომელსაც შემდეგი სახე აქვს. (ნახ. 5.2.)



ნახ. 5.2. კულტივატორების თათის ცვეთის მრუდი.

როგორც ნახაზიდან სჩანს კულტივატორის მთლიანი მუშაობის პერიოდი (რესურსი) შედგება სამი პერიოდისაგან:

I პერიოდი $OE=t_1$ _შეესაბამება მიმუშავების ანუ გამოსახმარისხების დროს, როცა ხდება ახალი თათის ზედმეტი ხაოიანობის მოხსნა, რასაც ახასიათებს თათის მუშა ზედაპირის ინტენსიური ცვეთა.

II პერიოდი $ED=T$ _შეესაბამება თათის ნორმალური მუშაობის დროს, რომელსაც რემონტთაშორისი რესურსი ეწოდება.

III პერიოდი $DF=t_2$ _შეესაბამება კულტივატორის თათის ავარიული მუშაობის დროს, რომლის დროსაც თათის მუშა ზედაპირის ცვეთა აღწევს ზღვრულ მნიშვნელობას და საჭიროა მისი გამოცვლა ან რემონტი.

ცვეთის მრუდზე აბსცისთა ღერძზე გადაზომილია კულტივატორის თათის მუშაობის დრო, სთ, ხოლო ორდინატთა ღერძზე კი თათის ცვეთა, მმ.

თათის მიმუშავების შემდეგ დეტალის ცვეთა არის $AE=i_{საწ}$, ხოლო ნორმალური მუშაობის ბოლოს კი $BD=i_{ზღვ}$.

თუ განვიხილავთ მართკუთხა სამკუთხედს $\triangle ABC$ -ს მაშინ შეგვიძლია დავწეროთ:

$$BC = AC \cdot tg \alpha$$

სადაც $AC = ED = T$

$$BC = BD - CD = i_{ზღვ} - i_{საწ}$$

α _არის AB წრფის დახრის კუთხე ჰორიზონტალურ წრფესთან.

$$i_{ზღვ} - i_{საწ} = T \cdot tg \alpha$$

$$T = \frac{i_{ზღვ} - i_{საწ}}{tg \alpha}$$

უკანასკნელი ფორმულა საშუალებას გვაძლევს გავიანგარიშოთ კულტივატორის თათის ნორმალური რესურსი.

ფორმულის ანალიზის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კულტივატორის თათის რესურსის გაზრდისათვის საჭიროა ახალი კონსტრუქციული ლითონის დამუშავება, რომლის დროსაც იზრდება წილადის მრიცხველი (ჩვენს შემთხვევაში ელექტრონაპერკლური ლეგირებით აღდგენა) და საექსპლუატაციო პირობების ზუსტი დაცვა, დროული ტექნიკური მომსახურებანი და სხვა), რომლის დროსაც მცირდება α კუთხე და შესაბამისად წილადის მნიშვნელი.

$tg\alpha$ -ს კულტივატორების თათების ცვეთის ინტენსივობას ანუ ცვეთის სიჩქარეს უწოდებენ და მისი განზომილება მმ/სთ.

კულტივატორების თათების ცვეთის OA უბანში ცვეთის პროცესი მათემატიკურად ასე გამოისახება:

$$f_1(i) = K_1 t_{0-t_1}^n$$

სადაც K_1 - მუდმივი კოეფიციენტია.

n - ხარისხის მაჩვენებელი, რომლებიც განისაზღვრებიან ცდით.

მეორე პერიოდში კულტივატორის თათის პროცესი ასე გამოისახება:

$$f_2(i) = K_1 t_1 + K_2 (t_{t_1-t_2}^n - t_1)$$

ავარიული ცვეთის პერიოდში თათის ცვეთის პროცესი ასე აღიწერება:

$$f_3(i) = K_1 t_1^n + K_2 (t_1 - t_2) + K_3 (t_{t_2-t_1} - t_2)^m$$

K_2 და K_3 - კოეფიციენტები და m - ხარისხის მაჩვენებელი განისაზღვრებიან ცდით.

კულტივატორის თათის მთლიანი მუშაობისას პერიოდისათვის ცვეთის სიდიდე შეიძლება ასე გამოისახოს ფორმულით:

$$i = K_1 t_1^n + K_2 (t_2 - t_1)$$

ავარიული ცვეთის ბოლოს ე.ი. დეტალის მწყობრიდან გამოსვლის მომენტში ცვეთის სიდიდე ტოლი იქნება:

$$i = K_1 t_1^n + K_2(t_2 - t_1) + K_3(t_3 - t_2)$$

ცვეთის სიჩქარე მისახმარისების პერიოდისათვის χ . კაციტამის მიხედვით [14] შეიძლება გამოისახოს შემდეგი ფორმულით:

$$V_{i_1} = \frac{df_1(i)}{dt} = nK_1 t_0^{n-1}$$

ცვეთის სიჩქარე ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდისათვის:

$$V_{i_2} = \frac{df_2(i)}{dt} = K_2$$

ცვეთის სიჩქარე მესამე (ავარიული ცვეთის) პერიოდისათვის:

$$V_{i_3} = \frac{df_3(i)}{dt} = K_3 m(t_{2-t_1} - t_2)^{m-1}$$

კულტივატორების თათების ცვეთის საშუალო სიჩქარე შეგვიძლია გამოვთვალოთ შემდეგი ფორმულებით:

პირველი პერიოდისათვის:

$$V_{i_1(\text{საშ})} = \frac{1}{t} \int_0^{t_1} fV_{i_1} dt$$

მეორე პერიოდისათვის:

$$V_{i_2(\text{საშ})} = K_2$$

ხოლო მესამე პერიოდისათვის:

$$V_{i_3(\text{საშ})} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_2}^{t_3} fV_{i_3} dt$$

კულტივატორების თათების ცვეთის აღნიშნული კანონზომიერებანი იქნა ჩვენს მიერ გამოყენებული საექსპლუატაციო გამოცდების დროს.

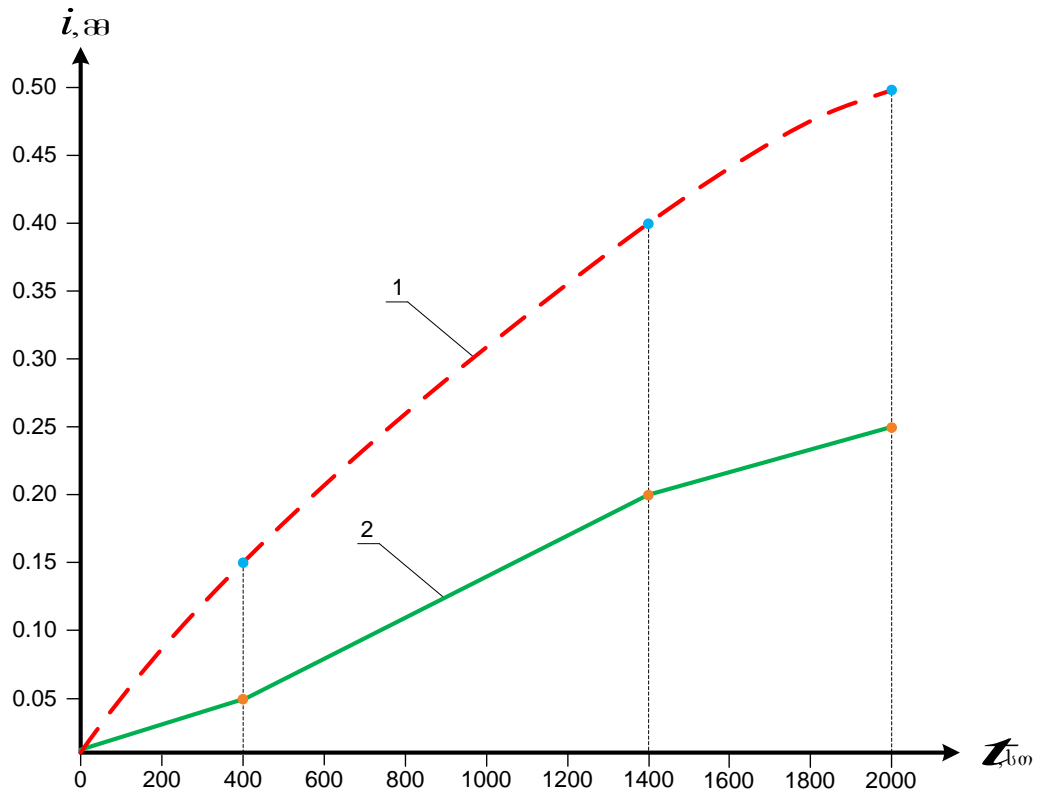
5.6. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი კულტივატორების თათების საექსპლუატაციო გამოცდები

ჩვენს მიერ დამუშავებული დეტალების ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით კულტივატორების თათების აღდგენის რაციონალური ტექნოლოგიის გამოცდის მიზნით საექსპლუატაციო ცდებს ვატარებდით სამცხე-ჯავახეთის მთიანი რეგიონის ისეთ რაიონებში, როგორცაა ახალციხე, ახალქალაქი, ადიგენი და ასპინძაა 2009...2011 წლების განმავლობაში.

ჩვენს მიერ შემუშავებული რეჟიმების მიხედვით ხდებოდა კულტივატორებით გაცვეთილი თათების აღდგენა და მისი ცვეთგამძლეობის შედარება ახალ თათებთან, რომლებიც ითვლებოდნენ ეტალონურ ნიმუშად. პერიოდულად ხდებოდა ორივე ნამუშევრის აღრიცხვა სპეციალურ ჟურნალებში და მათი ურთიერთშედარება. მიღებული შედეგების დამუშავება ხდებოდა ალბათურ-სტატისტიკური მოდელირებისა და ჩვენს მიერ მე-2-ე თავში წარმოდგენილი მეთოდის მიხედვით.

აღდგენილი თათების ცვეთის განაწილების მრუდების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ისიც ემორჩილება ნორმალური განაწილების კანონს იმ განსხვავებით, რომ თითქმის ყველა მრუდი მარჯვენა ასიმეტრიულია, რაც იმას ნიშნავს, რომ მთიანი პირობები და ზოგჯერ არასწორი ექსპლუატაცია უარყოფითად მოქმედებენ თათების რესურსსა და საიმედოობაზე.

ნახ. 5.3-ზე წარმოდგენილია ახალი და ელექტრონაპერწკლური ლეგირების მეთოდით აღდგენილი კულტივატორების თათების ცვეთის დინამიკა მათი ურთიერთშედარებისათვის.



ნახ. 5.3. ახალი და ელექტრონაპერწკლური ლეგირების აღდგენილი კულტივატორების ცვეთა.

1. ახალი თათი; 2. ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი თათი.

როგორც მიღებული მრუდებისა და ცდების შედეგად შეგროვილი ინფორმაციის ანალიზი გვიჩვენებს ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი კულტივატორების თათების ცვეთგამძლეობა და შესაბამისად რესურსი თითქმის 2,5...3-ჯერ მეტია ვიდრე ახალი თათებისა, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ აღნიშნული მეთოდი ეფექტურია და შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული

სარემონტო საწარმოებში და ფერმერულ და გლეხური მეურნეობების ცენტრალური სარემონტო სახელოსნოებში.

5.7. სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის სერვისის ზოგიერთი პრობლემები სამთო პირობების გათვალისწინებით

აგროსაინჟინრო სერვისის განვითარებას საქართველოში აქვს პრობლემური ხასიათი და მისი რაციონალური ორგანიზაცია შესაძლებელია მხოლოდ საკითხისადმი მეცნიერული მიდგომით, ქვეყნის რეგიონების თავისებურებების გათვალისწინებით [3...4].

სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის სპეციფიკისა და რეგიონის თავისებურებების გათვალისწინებით, ტექნიკური სერვისის ფორმები საქართველოში შეიძლება სხვადასხვაგვარი იყოს. აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტისას გათვალისწინებული უნდა იყოს საზღვარგარეთის ეკონომიკურად განვითარებული სახელმწიფოების გამოცდილებანი. სამთო პირობებში სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის სერვისის ორგანიზაცია გულისხმობს [3]:

– მთიან რეგიონში მომუშავე ტექნიკის დამამზადებელთა აქტიურ მონაწილეობას სერვისულ სამუშაოების შესრულებაში.

– სხვადასხვა სფეროს მხარეების ურთიერთდაინტერესებას სერვისის ორგანიზაციაში საკუთრების ფორმების დამოუკიდებლად.

– სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის ხარისხის გაუმჯობესებას.

_ტექნიკის მომსახურების ორგანიზაციული ფორმების სრულყოფას, მექანიზირებული ბრიგადების, რგოლებისა და გაქირავების პუნქტების ფორმირებას.

_ახალი ტექნიკური საშუალებებისა და დეტალების დამზადებას.

_ტექნიკური მომსახურებების ჩატარებას მანქანების ხანგამძლეობის გაზრდის მიზნით, ექსპლუატაციაში ნამყოფი ტექნიკის აღდგენას და მათ გარანტირებული გაყიდვას მხარეთა ხელსაყრელ ფასებში.

_სერვისის სამეცნიერო-ტექნიკური უზრუნველყოფა.

_სათადარიგო ნაწილებით, მოწყობილობებითა და მასალებით უზრუნველყოფის მუდმივი სრულყოფა.

საქართველოს ეკონომიკის გადასვლა საბაზრო ურთიერთობებზე მოითხოვს მთიან პირობებში მომუშავე ტექნიკისათვის სარემონტო ბაზის ახალი ფორმებისა და მეთოდების ძიებას.

ჩვენი მოსაზრებებით სამთო რეგიონებისათვის სერვისის რაციონალური ორგანიზაციისათვის მიზანშეწონილია სასოფლო-სამეურნეო კოოპერატივები, ცენტრალური სარემონტო სახელოსნოები, ავტოგარაჟი, სამანქანო ეზო, ნავთობსაწყობები, გასამართი პუნქტები, რემონტებისა და ტექნიკური მომსახურების მოძრავი საშუალებები, სამანქანო პარკისა და მეცხოველეობის მანქანების ტექნიკური მომსახურების პუნქტები. ამასთან განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს აგროსაინჟინროს სერვისის დილერულ სისტემას, როგორც ეს განვითარებულ ქვეყნებშია დანერგილი. სამთო რეგიონებისათვის მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ასევე დაინერგოს ფირმული სერვისი, როდესაც მანქანების სერვისი ხორციელდება ფირმა-დამამზადებლის მიერ.

5.8. აღსადგენი დეტალების რაოდენობის პროგნოზირება

აღსადგენი დეტალების რაოდენობის პროგნოზირება მნისენელოვან პრობლემას წარმოადგენს, რადგანაც მისი გადაწყვეტა დიდ ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა სასოფლო-სამეურნეო ოპერაციების სესრულების დროს სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის მოცდენის შემცირების გამო. აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტისათვის ჩვენ გამოვიყენეთ უმცირეს კვადრატთა მეთოდი და შევიმუშავეთ მეთოდიკა, რომელიც წარმოდგენილია ნაშრომის მეორე თავში. აღნიშნული მეთოდიკის რეალიზაცია ჩვენ მოვახდინეთ სამცხე-ჯავახეთის რეგიონისათვის კულტივატორების თათების რემონტის მაგალითზე.

ცხ. 5.4.-ში წარმოდგენილია ბოლო 5 წლის განმავლობაში სარემონტო ობიექტების რაოდენობა.

ცხ. 5.4.

სარემონტო ობიექტების (კულტივატორების თათების) რაოდენობა.

სარემონტო ობიექტების რაოდენობა	134	154	166	178	174
წელი	2007	2008	2009	2010	2011
წლის რიგითი ნომერი	0	1	2	3	4

ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდიკის მიხედვით ჯერ განვსაზღვრავთ $y = ax + b$ განტოლებია a და b კოეფიციენტებს.

$$137 = 0 \cdot a + b$$

$$154 = 1 \cdot a + b$$

$$166 = 2 \cdot a + b$$

$$178 = 3 \cdot a + b$$

$$185 = 4 \cdot a + b$$

$$820 = 10a + 5b$$

პირველი ძირითადი განტოლება იქნება:

$$164 = 2 \cdot a + b$$

მეორე ძირითადი განტოლების მიღებისათვის ვადგენთ ხუთ დამხმარე განტოლებას:

$$137^2 = 0 \cdot 137a + 137b$$

$$154^2 = 1 \cdot 154a + 154b$$

$$166^2 = 2 \cdot 166a + 166b$$

$$178^2 = 3 \cdot 178a + 178b$$

$$185^2 = 4 \cdot 185a + 185b$$

$$135950 = 1760a + 185b$$

მეორე ძირითადი განტოლება იქნება:

$$165.8 = 2.14a + b$$

ორივე ძირითადი განტოლებების ამოხსნა გვაძლევს:

$$a = 13, \quad b = 138.$$

მაშასადამე, სარემონტო კულტივატორების რაოდენობის საანგარიშოდ ვიყენებთ ფორმულას:

$$K_n = 13t + 138$$

უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით მივიღებთ:

$$a = 12, \quad b = 140.$$

და განტოლებას ექნება სახე:

$$K_n = 12t + 140$$

აღნიშნული განტოლებების შედარებით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მათ შორის სხვაობა $\varepsilon = 1.6\%$.

ზემოთ მიღებული განტოლება შეიძლება გამოყენებული იქნას სარემონტო ობიექტების პერსპექტივაში პროგნოზირებისათვის.

5.9. ელექტრონაპერწყლური ლეგირების პროცესის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება

სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გაცვეთილი დეტალების რესურსის გაზრდა მათი აღდგენის თანამედროვე პროგრესიული ხერხების გამოყენებით მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ამოცანაა.

თანამედროვე მეცნიერული გამოკვლევებით დასაბუთებულია, რომ დეტალების საიმედოობისა და რესურსის გაზრდაზე ფინანსური დანახარჯები მოკლე დროში ანაზღაურდება და იძლევა საკმაოდ დიდ შემოსავალს.

აღნიშნულ ეკონომიკურ ეფექტს ემატება ის გარემოებაც, რომ მნიშვნელოვნად მცირდება მოთხოვნილება სათადარიგო მაწილებზე და მანქანების მოცდენა საპასუხისმგებლო სასოფლო-სამეურნეო ოპერაციების დროულად ჩატარებაზე.

კულტივატორების თათების ელექტრონაპერწყლური ლეგირებით აღდგენის ეკონომიკური ეფექტურობის გაანგარიშებისათვის ჩვენ

გამოვიყენეთ ნაშრომის მეორე თავში წარმოდგენილი მეთოდოლოგია, ვიყენებდით ასევე არსებულ ტექნიკურ დოკუმენტაციასაც.

კულტივატორების თათების ზემოთაღნიშნული მეთოდით აღდგენის მიზანშეწონილობას განვსაზღვრავდით ფორმულით:

$$C_{\text{აღ}} \leq KC_{\text{ახ}}$$

სადაც $C_{\text{აღ}}$ –გაცვეთილი თათის აღდგენის ღირებულებაა, ლარი.

$C_{\text{ახ}}$ –ახალი თათის დამზადების ღირებულებაა, ლარი.

K –ხანგამძლეობის კოეფიციენტი.

$$K = \frac{\varepsilon_{\text{ახ}}}{\varepsilon_{\text{აღ}}}$$

$\varepsilon_{\text{ახ}}$ –ახალი დეტალის საშუალო ცვეთგამძლეობაა და ჩვენი საექსპლუატაციო გამოკვლევებით მივიღეთ:

$$\varepsilon = 0.0002 \text{ მმ/სთ.}$$

$\varepsilon_{\text{აღ}}$ –იგივე აღდგენილი დეტალისათვის და ჩვენი გამოკვლევებით მივიღეთ $\varepsilon_{\text{აღ}} = 0.00015 \text{ მმ/სთ.}$

მაშინ გვექნება:

$$K = \frac{0.0002}{0.00015} = 1.3$$

კულტივატორის თათის დამზადების ღირებულება ოფიციალური მონაცემებით შეადგენს:

$$C_{\text{ახ}} = 30 \text{ ლარი.}$$

ხოლო ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ელექტრონაპერწყლური ლეგირებით აღდგენის ღირებულება შეადგენს:

$$C_{\text{აღ}} = 10 \text{ ლარი.}$$

მაშინ ჩვენი ხერხის გამოყენების ეკონომიკური მიზანშეწონილობა იქნება:

$$10 < 39$$

შემოთავაზებული ტექნოლოგიის გამოყენების წლიურ ეკონომიკურ ეფექტს ვანგარიშობთ ფორმულით [14]:

$$\exists = ((C_1 + E_6 K_1)K - (C_2 + E_6 K_2))N$$

სადაც C_1 და C_2 –ერთეული პროდუქციის თვითღირებულებაა.

E_6 –კაპიტალდაბანდებათა ეფექტიანობის ნორმატიული კოეფიციენტი და ჩვენს პირობებში დადგენილია:

$$E_6 = 0.15$$

კულტივატორების თათების აღდგენის თვითღირებულებას ჩვენს მიერ დამუშავებული ტექნოლოგიის გამოყენებით ვანგარიშობთ ფორმულით [14]:

$$C_1 = M + L_{\text{ძირ}} + L_{\text{დამ}} + H + C + O + B$$

M –აღდგენისათვის საჭირო მასალების ღირებულებაა, ლარი.

$L_{\text{ძირ}}$ –საწარმოო მუშების ძირითადი ხელფასი, ლარი.

$L_{\text{დამ}}$ –საწარმოო მუშების დამატებითი ხელფასი, ლარი.

H –დანახარჯები დაზღვევაზე, ლარი.

O –საერთო საწარმოო ზედნადები ხარჯები, ლარი.

O –საამქროების ზედნადები ხარჯები, ლარი.

B –არაპირდაპირი საწარმოო ხარჯები, ლარი.

ეკონომიკური გაანგარიშებისათვის მასალები მოცემულია ცხ. 5.5.-ში.

ცხ. 5.5.

მონაცემები ეკონომიკური ეფექტიანობის გაანგარიშებისათვის.

მაჩვენებლები	აღნიშვნა	აღდგენის ხერხის მაჩვენებელი	
		არსებული ტექნოლოგია	შემოთავაზებული ტექნოლოგია
წლიური პროგრამა	N	500	500
აღდგენის ღირებულება, ლარი	C ₁ , C ₂	10.2	12.4
კაპიტალური დაზანდებანი, ლარი	K ₁ , K ₂	1500	1450
ნორმატიული კოეფიციენტი	E ₆	0.15	0.15

აღნიშნული მონაცემების ჩასმით ზემოთ წარმოდგენილ ფორმულაში მივიღებთ:

$$\Delta_{\text{წლ}} = ((10.2 + 0.15 \cdot 1500) - (12.4 + 0.15 \cdot 1450)) \cdot 800 = 6.7 \cdot 800 = 5360, \text{ ლარი.}$$

საბოლოოდ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით კულტივატორის თათების აღდგენა იძლევა $\Delta_{\text{წლ}} = 5360$ ლარის წლიურ ეკონომიკურ ეფექტს, რაც მიუთითებს მის უპირატესობაზე აღდგენის სხვა ხერხებთან შედარებით.

ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები

სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებული თეორიულ და ექსპერიმენტულ გამოკვლევათა საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები და რეკომენდაციები:

1. დასაბუთებულია სამცხე-ჯავახეთის მთიან რეგიონში სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის მუშაობის თავისებურებანი და გაანალიზებულია მათი გავლენა კულტივატორების მუშაუნარიანობაზე.
2. განხილულია კულტივატორების კონსტრუქციული თავისებურებანი, მათი ძირითადი დეფექტები სამთო პირობებში მუშაობის დროს და დადგენილია, რომ ყველაზე მეტ ცვეთად დეტალებს წარმოადგენენ თათები, რომლებიც არსებით გავლენას ახდენენ კულტივატორების საექსპლუატაციო საიმედოობაზე.
3. დამუშავებულია თეორიული საფუძვლები და მეთოდოლოგია კულტივატორების სამთო პირობებში მუშაობისას მათი საექსპლუატაციო საიმედოობის როგორც ერთეული, ასევე კომპლექსური მაჩვენებლების გაანგარიშებისა და პროგნოზირებისათვის, რომელიც რეალიზებულია სამცხე-ჯავახეთის მთიანი რეგიონის რაიონების მაგალითზე.

თეორიული და ექსპერიმენტული სამუშაოების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ სამცხე-ჯავახეთში მომუშავე კულტივატორების საშუალო ნამუშევარი მტყუნებაზე შეადგენს

$\bar{H} = 352$ სთ., მტყუნებათა ინტენსივობა $\lambda = 2.8 \cdot 10^{-3}$ სთ⁻¹, საშუალო კვადრატული გადახრა $\sigma = 177$ სთ, უმტყუნო მუშაობის ალბათობა $P(H) = 0.64$, მზადყოფნის კოეფიციენტი $K_a = 0.95$, ხოლო ტექნიკური გამოყენების კოეფიციენტი $K_{\text{გბ}} = 0.94$.

მიღებულია შესაბამისი ადექვატური მათემატიკური მოდელები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან მოვახდინოთ საიმედოობის მაჩვენებლების პროგნოზირება.

4. გამოკვლეულია კულტივატორების მტყუნებათა სახეების განაწილება რეგიონის ცალკეული რაიონების მიხედვით და დასაბუთებულია, რომ ყველაზე მეტი წილი მოდის საექსპლუატაციო მტყუნებაზე 44 %, რაც ჩვენი ვარაუდით აიხსნება მთიან რეგიონში ტექნიკის მუშაობის თავისებურებებით და მექანიზატორთა დაბალი კვალიფიკაციით.
5. გამოკვლეულია სამთო პირობებში მომუშავე კულტივატორების თათების ცვეთის კანონზომიერებანი, მათი ზღვრული დასაშვები ცვეთა, მიღებულია შესაბამისი ალბათურ-სტატისტიკური მათემატიკური მოდელები.
6. დასაბუთებულია ცვეთის განაწილების კანონები და განსაზღვრულია ცვეთის ყველაზე უფრო გავრცელებული (მოდალური) მნიშვნელობა, რომელიც შეადგენს: $M_0 = 0.21$ მმ-ს.

კულტივატორების ცვეთის განაწილების მათემატიკური მოდელები შემოწმებულია ადექვატურობაზე პირსონისა და კოლმოგოროვის კრიტერიუმების გამოყენებით.

7. კულტივატორების თათების ცვეთის მოდალური მნიშვნელობის მიხედვით დასაბუთებულია მათი აღდგენის რაციონალური

ხერხი ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით, რისთვისაც დაპროექტებული, დამზადებულია შესაბამისი ხელსაწყო-დანადგარი, რომელიც კომპაქტურია და საწარმოო პირობებში მოსახერხებელი.

8. ჩატარებულია თეორიული და ექსპერიმენტული სამუშაოები ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით დეტალების აღდგენისათვის. ექსტრემალური ექსპერიმენტების დაგეგმვის და მსგავსობითობისა და განზომილებათა თეორიების მეთოდების გამოყენებით გამოკვლეულია ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი ლითონური საფარის სტრუქტურა და მექანიკური თვისებები _ჩაჭიდების სიმტკიცე, სისალე და ცვეთამდებობა.
9. ჩატარებულია ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით დეტალების აღდგენის პროცესის ოპტიმიზაცია ციცაბოსვლის მეთოდის გამოყენებით, დადგენილია ოპტიმალური პარამეტრები დენის ძალა $I = 18$ ა, ლეგირების დრო $T = 4$ წთ., ძაბვა კონდენსატორზე $U = 60$ ვ. და დამუშავებულია კულტივატორების თათების აღდგენის რაციონალური ტექნოლოგიური პროცესი.
10. დამუშავებულია მეთოდიკა კულტივატორების სამთო პირობებში მუშაობისას კულტივატორების საექსპლუატაციო პირობებში ცვეთის კანონზომიერებათა ანალიზისათვის, აგებულია შესაბამისი დიაგრამა და მიღებულია ცვეთის მათემატიკური მოდელები.
11. ჩატარებულია ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით აღდგენილი კულტივატორების თათების საექსპლუატაციო გამოცდები სამცხე-

ჯავახეთის მთიან რაიონებში და დასაბუთებულია, რომ აღნიშნული მეთოდით დეტალების აღდგენისას მათი ცვეთამდეგობა იზრდება 2...2,5-ჯერ, ვიდრე ახალი დეტალებისა.

12. დამუშავებულია რეკომენდაციები სამთო პირობებში მომუშავე სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის სერვისის რაციონალური ორგანიზაციისა და აღსადგენი დეტალების რაოდენობის პროგნოზირებისათვის.

13. ჩატარებულია ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით კულტივატორების თათების აღდგენის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობის გაანგარიშება და დასაბუთებულია, რომ მისი გამოყენება იძლევა $\Delta_{\text{წლ}} = 5360$ ლარის წლიურ ეკონომიკურ ეფექტს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. კაციტაძე ჯ., სარჯველაძე ნ., ძირკვაძე ე., ხიზანიშვილი ა. – მანქანების ტექნიკური სერვისი. თბილისი, 2008. – 285 გვ.;
2. ჭალაგანიძე შ., კაციტაძე ჯ., დარჩიაშვილი გ., კაპანაძე ი. – საქართველოში შემოტანილი საზღვარგარეთული სას. სამ. ტექნიკის საიმედოობადა მისი პრეცეზიული წყვილების ადგენის ენერგოდამზოგი ტექნოლოგია. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის შრომათა კრებული “აგრობიომრავალფეროვნების დაცვა და სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარება”, თბილისი, 2010 –გვ. 280-...282;
3. ჭალაგანიძე შ., კაციტაძე ჯ., კაპანაძე ი., სარჯველაძე ნ. – საქართველოში მომუშავე საზღვარგარეთული სასოფო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობის მაჩვენებლების გამოკვლევა. საქართველოს სოფ. მეურნ. მეც. კადემიის ჟურნალი “მოამბე” №27, თბილისი, 2010 გვ. 321-...324;
4. კაციტაძე ჯ. – მანქანების საიმედოობა და რემონტი. თბილისი, 1989. – 192 გვ.;
5. Проников А. С. – Надежность машин, М.: Машиностроение, 1988. – 592с.;
6. Кугель Р. В. – Испытания на надежность машин, М.1982 -230с.;

7. კაციტაძე ჯ. – სტატია “ ჩვენთან ჯერ კიდევ დაბვალა სოფლის საქონელმწარმოებელთა ტექნიკური უზრუნველყოფა და სერვისის ხარისხი. გაზეთი “ვერსია” №31, 21-...22 მარტი, 2011წ.;
8. საქართველოს სოფლის მეურნეობა, 2010წ. სტატისტიკური კრებული, თბილისი, 2011 – 40 გვ.;
9. კაციტაძე ჯ., სარჯველაძე ნ. – სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საიმედოობისა და რემონტისშემდგომი რესურსის გაზრდა. თბილისი, 1996 – 199 გვ.;
10. კაპანაძე ი. – საქართველოში შემოტანილი სას. სამ. ტექნიკის საიმედოობის მაჩვენებლებისა და სერვისის რაციონალური ფორმების დამუშავება, თბილისი, საუ, 2011 – 117 გვ.;
11. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. – Математические методы в теории надежности, М.: Наука. 1985. – 524с.;
12. Хохлов И. М. – Проблемы механизация горного земледелия, Тбилиси, 1965 -160с.;
13. Двали Р. Р., Махалდიანი В. В. – Механизация тяги в горной местности, Тбилиси, Наука 1970 -100с.;
14. Кереселидзе Ш. Я., Махароблидзе Р. М. – Об актуальности механизации горного земледелия, Тбилиси, 1979 – 103с.;
15. Махалდიანი В. В. – О двигателях для горных автомобилей и тракторов. Тбилиси, 1968 - 270с.;
16. Анилович В. Я., Литвиненко В. А. – Основы надежности с/х техники. М. МИИСП .1985 – 103с.;
17. Ермолов Л. С., Кряжков В. М., Черкун В. Е. – Основы надежности с/х техники, М.: Колос – 1982. – 289с.;

18. Анилович В. Я. – Прогнозирование надежности тракторов. М.: Машиностроение, 1986. – 222с.;
19. Кряжков В. М. – Надежность и качество с/х техники, Агропромиздат, М. 1989. – 335с.;
20. Селиванов А. И., Артемьев Ю. Н. – теоретические основы ремонта и надежности с/х техники. М. Колос, 1982 – 188с.;
21. Михлин В. М. Управление надежностью с/х техники. М. Колос, 1988 – 280г.;
22. Казарцев В. И. Ремонт машин. М. 1961 – 382с.;
23. კაციტაძე ჯ., დარჩიაშვილი გ. – მანქანათა დეტალების აღდგენის პროგრესული ტექნოლოგიური პროცესები, თბილისი, 1989 – 489გვ.;
24. მახალდიანი ვ. – ექსპერიმენტული მასალის დამუშავება. თბილისი, 1965 – 105 გვ.;
25. მახარობლიძე რ. – ექსპერიმენტების დაგეგმვის თანამედროვე მეთოდები სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის საკითხებზე. თბილისი, სსსი, 1974 – 167 გვ.;
26. Адлер Ю. П. – Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. М. Наука 1981 – 270с.;
27. Алабухев П. М. и др. – Теория подобия и размерностей. Моделирование. М. Высшая школа, 1987. 280с.;
28. Кацев П. Г. – Статистические методы исследований. М. Машиностроение, 1984 – 240с.;
29. Налимов В. В. – Теория эксперимента. М. наука, 1986 207с.;
30. Седов Л. И. – Теория подобия и размерностей в механике. М. 1991 – 447с.;

31. Шадричев В. А. – Основы Выбора рационального способа восстановления автотракторных деталей металопокритиями. – М. 1962 – 296с.;
32. Ульман И. Е. и др. – Ремонт сельскохозяйственных машин. М. Колос, 1982 – 493с.;
33. კაციტაძე ჯ., ლილუაშვილი ა. – მანქანების რემონტი, თბილისი, 2001 – 240 გვ.;
34. Вентцель Е. С. – Теория вероятности. М. 198 – 388с.;
35. Лазаренко Н. И. – Электрическое легирование металлических поверхностей. М. Машиностроение 1986 – 288с.;
36. Инструкция по оценке надежности. М. ГОСМИТИ, 2005- 39с.;
37. Мельников С. В. и др. – Планирование эксперимента в исследованиях с/х процессов. Л. 19998 -191с.;
38. Чалаганидзе Ш., Кацитадзе ДЖ. – Проблемы технического сервиса с/х машин в Грузии с учетом горных условий работы и основные направления его усовершенствования. Сообщения АСХН Грузия, том 29. Г. Тбилиси, с 385...388;
39. გეგელიძე გ., შაფაქიძე ე. – სასოფლო-სამეურნეო მანქანები. თბილისი, 1999 – 236 გვ.;
40. გუგუშვილი მ. – სას. სამ. მანქანები. თბილისი, განათლება 1978 – 323 გვ.;
41. გეგელიძე გ., შაფაქიძე ე., თედორაძე ო. – სას. სამ. მანქანები. თბილისი, 2002 – 139 გვ.;
42. Инструкция по оценке надежности. М. ГОСНИТИ, 2005- 39с.;

43. Надежность в технике. Термины и определения. ГОСТ 27 002 -93, М. 1993 - 31с.;
44. Инструкция по оценке надежности. М. ГОСНИТИ, 2005- 39с.;
45. სარჯველაძე ნ. კულტივატორების ცვეთის შესწავლა და რესურსების გაზრდა ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით. ჟ. “აგრარული საქართველო”, № 2(10),
46. სარჯველაძე ნ. – კულტივატორების თათების ცვეთის ზოგიერთი კანონზომიერებანი, საქართველოს სოფლის მეურნეობის აკად. “მოამბე” №28, თბილისი, 2010 გვ. 364;
47. Лившиц А. Л. и др. – Электроримпульсная обработка металлов. М. 1987 – 290с.;
48. Акмаров П. В. и др. – Малостадийные малоотходные технологии восстановления изношенных деталей, Челябинск, 1988 – 69с.;
49. Новиков В. С. Очковский Н. А. – Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей М. 2003 -51с.;
50. Байканова В. Н. Восстановление деталей с/х машин. М. Колос, 1989 – 80с.;
51. სარჯველაძე ნ. – ელექტრონაპერწკლური ლეგირების მიღებული ლითონური საფარის ჩაჭიდების სიმტკიცის გამომკვლევა. საქ. სოფლის მეურ. მეც. აკადემიის “მოამბე”, თბილისი, №29 გვ. 413...414;
52. Кацитадзе Д. В. и др. – Технология и техническое средство для восстановления изношенных деталей ЭИЛ, Kutaici, Woks, NEW Agrurion technologies, s46...50;
53. Кацитадзе Д. В. и др. – Исследование процесса восстановления деталей сельскохозяйственной техники электроискровым легированием с

- применением методов теории подобия и размерностей. Труды международной научной конференции “trans&Motauto’09”, Варна, 2009 с 142...144;
54. Горлиев И. Н. – Основы на подобие и моделраото на селскостопанскатф техника.Земиздатам. София, 2003г. 246с.;
 55. Чалаганидзе Ш. И. Кацитадзе Д. В. Теория подобия и размерностей в исследовании прочности сцепления железных покрытии. Ж. «Защита металлов» том 10, М. 1984 с..137...143;
 56. Cray, James T, Sol Bin scalemodel testing/ SAE Fzepzints, 1989 -357s.;
 57. Спицин И. Т. Голобов И. Г. - Новые технологические процессы восстановления деталей. М. 2001 43с.;
 58. Миникевич И. И. Захарев Т. И. Матиметические методы в тезнике, М. 2007 47с.;
 59. Кацитадзе Д. В., Хизанишвили А. А. Сарджвеладзе Н. Н. – Оптимизация восстановления изношенных деталей с/х техники электроискровым легированием. Труды XIX-ой научной конф. «trans &Motauto’11” Варна, 2011 с. 230...237;
 60. Чалаганидзе Ш. И., Кацитадзе Дж. В. Хизанишвили А. – Обоснование оптимальной программы ремонтных предприятий сельскохозяйственной техники с учетом горных условий работы,Ж. « Вестник академии с/х науки Грузии, №27, Тбилиси, 2010 с. 330...332;
 61. სარჯველაძე ნ. – ელექტრონაპერწკლური ლეგირებით მიღებული ლითონური საფარის ჩაჭიდების სიმტკიცის გამოკვლევა, საქართველოს სოფლის მეურნ. მეც. აკადემიის “მოამბე” №29, თბილისი, 2011, გვ. 413...416;