

საქართველოს მეცნიერებისა და განათლების სამინისტრო
ბათუმის სახელმწიფო სასოფლო სამეურნეო ინსტიტუტი

მამულაძე მერაბი

სამთო პირობებში საკვების დამზადების მექანიზაცია
მცირე ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით

სპეციალობა: 05.20.01. სოფლის მეურნეობის წარმოების მექანიზაცია

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო
ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ნ. გაბუნია

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი საქართველოს სოფლის
მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის
წევრ-კორესპონდენტი.

თბილისი

2005 წ.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი.

1. მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის კვება, მცენარეულობანი და მანქანათა კომპლექსი უხეში საკვების დამზადებისათვის.
 - 1.1. მ.რ.პ. კვებისათვის აუცილებელი ნივთიერებები და მათი მოქმედება ცხოველთა პროდუქტიულობაზე.
 - 1.2. საქართველოს სამთო პირობებში მდელოს ბალახთა თვისებები.
 - 1.3. უხეში საკვების დამამზადებელი მანქანების დახასიათება.
2. ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელას სამუშაო ორგანოს მჭრელი დანების შერჩევა დასაბუთება.
 - 2.1. მჭრელი დანების გეომეტრიული ფორმები და ანალიზი .
 - 2.2. ექსპერიმენტალური მანქანის მუშაობა და გაზომვათა სტატისტიკური გამოკვლევა .
 - 2.3. ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელას მუშაობის ტექნოლოგიური პროცესი .
3. ხელის მოტორიზირებული როტაციული მჭრელი აპარატის დანის ღეროსთან მოქმედების მათემატიკური სქემა და გამოკვლევა .
 - 3.1. ღეროს ჭრაზე მოქმედი ფაქტორების დახასიათება .
 - 3.2. სეგმენტზე მოქმედი ძალები და მათემატიკური ანალიზი .
 - 3.3. ჭრის წინააღმდეგობის გამოკვლევა სეგმენტის მოძრაობის შესაბამისად .
4. მოტორიზირებული როტაციული მჭრელი აპარატის ძირითადი პარამეტრების გაანგარიშება .
 - 4.1. მჭრელი აპარატის სეგმენტებისა და ჭრის ზონის კოეფიციენტის ანგარიში .
 - 4.2. მჭრელი აპარატის ზამზარის გაანგარიშება .
5. ხელის მოტორიზირებული როტაციული მჭრელი სათიბელას ექსპერიმენტული გამოკვლევა ლაბორატორიული და საველე ცდებით .
 - 5.1. თიბვის პროცესზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორების განხილვა.
 - 5.2. ძირითადი ფაქტორების ექსპერიმენტული გამოკვლევა .

6. მანქანის საექსპლოატაციო და ეკონომიკური ეფექტიანობის გაანგარიშება .
- 6.1. საექსპლოატაციო და ეკონომიკური მაჩვენებლების მეთოდიკა და ანგარიში .
- 6.2. ეკონომიკური ეფექტიანობის გაანგარიშება.
ძირითადი დასკვნები .
გამოყენებული ლიტერატურა .

შესავალი

თემის აქტუალობა. მეურნეობრიობის თანამედროვე ეტაპზე მნიშვნელოვნად გაიზარდა მოთხოვნა საშუალო და დაბალი სიმძლავრის ენერგეტიკულ და მცირე ტექნიკურ საშუალებებზე. რადგან საკვების დამზადება ცხოველთათვის შრომატევადი საქმეა, ამიტომ გადასაწყვეტია საკვებწარმოების მექანიზაციის პრობლემები საქართველოს მთაგორიანი რელიეფის პირობებში. აღნიშნულიდან გამომდინარე მაღალი სიმძლავრის სასაფლო-სამეურნეო აგრეგატების გამოყენება შეუძლებელია და მიზანშეწონილია დამუშავდეს მცირე მექანიზაციის ტექნიკური საშუალებანი, რათა რთული რელიეფის პირობებში დროულად და შეუფერხებლად გადაიჭრას საკვების დამზადების პრობლემა.

საკითხის გადაწყვეტისათვის შეიქმნას საკვების დამზადების მცირე ტექნიკური საშუალებები მცირე სიმძლავრის ძრავების ბაზაზე.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია დამუსავდეს საკვების დამზადების ტექნოლოგია და ტექნიკური საშუალება მცირე სიმძლავრის ძრავების ბაზაზე, მიწების პრივატიზაციის, გლეხური და ფერმერული მეურნეობების გათვალისწინებით.

კვლევის ამოცანებია:

- საკვების დამამზადებელი მანქანათა კომპლექსის კრიტიკული ანალიზი და რაციონალური ტექნოლოგიური პროცესის დასაბუთება;
- ხელის მოტორიზირებული სათიბელას სქემის შერჩევა-დასაბუთება;
- ხელის მოტორიზირებული სათიბელას თეორიული გამოკვლევა და ძირითადი სამუშაო ორგანოს პარამეტრის დადგენა;
- ძირითადი სამუშაო ორგანოს პარამეტრების დადგენა;
- ექსპერიმენტული ხელის მოტორიზირებული სათიბელას გამოკვლევა ლაბორატორიულ პირობებში, მრავალფაქტორიანი ექსპერიმენტების დაგეგმვის მეთოდის გამოყენება;
- ექსპერიმენტული ხელის მოტორიზირებული სათიბელას შემოწმებითი საველე გამოცდები;

– ხელის მოტორიზირებული სათიბელას ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობის გაანგარიშება.

კვლევის ობიექტი. 3,5 კვტ. სიმძლავრის ბენზო ძრავას ბაზაზე შექმნილი ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელა, სამთო პირობებში მცირეკონტურიანი ნაკვეთები და კვლევისათვის საჭირო ხელსაწყოები.

მეცნიერული სიახლე. დადგენილია ხელის მოტორიზირებული სათიბელას ძირითადი სამუშაო ორგანოს, მჭრელი აპარატის ძირითადი პარამეტრების გაანგარიშების მეთოდიკა სამთო პირობებში მცირე მექანიზაციის ტექნიკურ საშუალებებზე მისი გამოყენების ვარიანტში. მრავალფაქორიანი ექსპერიმენტების დაგეგმვის მეთოდის გამოყენებით დამყარებულია კავშირი მანქანის სიჩქარის, კუთხურ სიჩქარეს, ღეროების რაოდენობასა და მოდების განს შორის. აღნიშნული საშუალებას იძლევა მჭრელი აპარატი ვმართოთ აგროტექნიკური მოთხოვნების შესაბამისად. დადგენილია მოტორიზირებული ხელის სათიბელას საექსპლოატაციო და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება. პრინციპული სქემის და ცატარებული თეორიულ-პრაქტიკული კვლევების შედეგების საფუძველზე შეიქმნა მცირე მექანიზაციის ტექნიკური საშუალება სამთო პირობებში საკვების დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის შესასრულებლად.

სამუშაოს აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოხსენებული იქნა ბათუმის სასოფლო სამეურნეო ინსტიტუტის მექანიზაციის ფაკულტეტის 2002-2005 წლების ყოველწლიურ კონფერენციებზე, მექანიზაცია-ელექტროფიკაციის კათედრის სხდომაზე 2005 წ.

პუბლიკაცია. დისერტაციის მასალები გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო ნაშრომში, სადაც წარმოდგენილა ჩატარებული სამუშაოს ძირითადი შედეგები.

სამუშაოს მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, ექვსი თავის, დასკვნების, გამოყენებული ლიტერატურის და დანართისაგან. ნაშრომი გადმოცემულია 120 ნაბეჭდ ფურცელზე. შეიცავს ---- ცხრილს და ---- სურათს.

თავი I.

მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის კვება, მცენარეულობანი და მანქანათა კომპლექსი უბეში საკვების დამზადებისათვის

1.1. მ.რ.პ. კვებისათვის აუცილებელი ნივთიერებები და მათი მოქმედება ცხოველთა პროდუქტიულობაზე

დღევანდელ პირობებში ფერმერებს, სოფლის მოსახლეობას და ვისაც კი რაიმე კავშირი აქვს მეცხოველეობასთან, უნდა ჰქონდეს ცოდნა ცხოველთა კვების შესახებ, უნდა ვიცოდეთ მათი კვების სწორი ორგანიზაცია, კვების ნორმები, სხვადასხვა სახის, ასაკის, სქესის ცხოველთა კვება, საკვებთა დამზადების ტექნოლოგიები, ვიტამინების, მინერალური ნივთიერებების მნიშვნელობა, საკვებ საშუალებათა ქიმიური შემადგენლობა და ყუათიანობა [1].

კვება ცხოველთა ზრდა-განვითარების უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია, უდიდეს გავლენას ახდენს მის ჯამრთელობასა და პროდუქტიულობის მაქსიმალურად გამომჟღავნებაზე. პრაქტიკით დადგენილი და დასაბუთებულია, რომ მაღალპროდუქტიული ჯიშები უ იძლევა უ იქმნას მხოლოდ სარულფასოვანი და მიზანმიმართული კვების საფუძველზე.

ცხოველთა კვების სწორი ორგანიზაცია გულისხმობს პირუტყვის სრულად დაკმაყოფილებას ორგანიზმისათვის საჭირო ყველა აუცილებელი საზრდო და მინერალური ნივთიერებებით, ვიტამინებით, ანუ დაბალანსებული საკვები ულუფით (რაციონით) ცხოველების უზრუნველყოფას და წარმოადგენს უმთავრეს და განმსაზღვრელ ფაქტორს ცხოველთა პროდუქტიულობისა, ამასთან საკვების შერჩევაზე დიდად არის დამოკიდებული პროდუქციის ხარისხიც [2].

თანამედროვე ნორმები ითვალისწინებს ცხოველის ორგანიზმის მოთხოვნილებას ენერგიაზე, საკვებ ერთეულზე, მშრალ ნივთიერებაზე, მონელებად პროტეინზე, ნახშირწყლებზე (სახამებელი, შაქარი) ნედლ უჯრედანაზე, ნედლ ცხიმზე, სუფრის მარილზე, მაკრო და მიკროელემენტებზე, კალციუმზე, ფოსფორზე, მაგნიუმზე, კალიუმზე, იოდზე, კაროტინზე, „დ“ და „ე“ ვიტამინებზე, სულ 24

მაჩვენებელზე [1]. დღეისათვის ჩვენ ქვეყანაში ცხოველთა კვების ნორმირება ხდება 6 მაჩვენებლის მიხედვით: საკვები ერთეული, მონელებადი პროტეინი, კალციუმი, ფოსფორი, კაროტინი, სუფრის მარილი [3]. ეს ნორმირება დასაშვებად შეიძლება მივიჩნიოთ, რადგან გლეხურ მეურნეობებში არსებული პირუტყვი პროდუქტიულობით, ცოცხალი მასით, საკვები ბაზის და შენახვის პირობების მიხედვით ვერ პასუხობს კვების ახალი სისტემის გამოყენებას. ხელს უშლის ისიც რომ დღევანდელ პირობებში სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტებიც კი არ არიან უზრუნველყოფილნი მატერიალურ ტექნიკური ბაზით ახალი რაციონალური კვების სისტემის დასაწყებად.

ცხოველთა ნორმირებული კვების ორგანიზაცია ხდება ცხოველის სახის, ასაკის, ცოცხალი მასის, პროდუქტიულობის მიმართულების (მერძეული, მეხორცეული) და შენახვის პირობების მიხედვით. ამის შემდეგ დგება კვების ნორმა ჯგუფის ერთ საშუალო ცხოველზე, ხოლო რეალურად არსებული საკვები საშუალებებიდან გამომდინარე, დგება ჯგუფისათვის საერთო ულუფა. ულუფის შედგენაში უნდა გავითვალისწინოთ ზონის საკვები ბაზა, მისი განვითარების პერსპექტივები, ბუნებრივი სავარგულების რაოდენობა და ზონაში გავრცელებული ცხოველთა ჯიში.

საკვები ერთეული – არის საკვების კვებითი ღირებულება ანუ საპროდუქციო ღირებულების საერთო საზომი [2]. მის ერთეულად მიჩნეულია 1 კგ საშუალო ხარისხის შვრიის მარცვლის კვებითი ღირებულება.

1 კგ საკვები ერთეულის 1 კგ საშუალო ხარისხის შვრიის საპროდუქტო ღირებულება 149 გ ცხიმის დაგროვება, ძროხის ორგანიზმში. მაგალითად 1 კგ მდელოს ბალახის ყუათიანობა არის 0,25 კგ საკვები ერთეული, იონჯის თივის - 0,49, სიმინდის 1,34 კგ.

მონელებადი პროტეინი – არის საკვების მშრალი ნივთიერებების ორგანული ნაწილი აზოტოვანი და უაზოტო ნაერთებისაგან (2). პროტეინის შემადგენლობაშია ცილები და სხვა ქიმიური ნაერთები, რომლებიც შეიცავენ აზოტს. ესენია ე.წ. ამიდები. ცხოველის იმ რაოდენობას, რომელიც მოინელება ცხოველის ორგანიზმში მონელებადი პროტეინი ეწოდება. პროტეინით მდიდარი საკვები საშუალებებია:

თევზის ფქვილი, მზესუმზირას კოპტონი, ბარდის მარცვალი, სოიო, ბალახის ფქვილი, იონჯის თივა, მთის თივა, მთის სამოვარი და სხვა.

მინერალური ნივთიერებები – ცხოველებში წარმოქმნიან ძვლოვან ქსოვილებს და მონაწილეობენ ნივთიერებათა ცვლის მრავალ პროცესში. ცხოველთა ორგანიზმში დაახლოებით 68 ქიმიური ელემენტი, მათგან 47 წარმოადგენს ორგანიზმის მუდმივ შემადგენელ ნაწილს.

ცხოველთა მინერალური მარილების გარეშე კვება იწვევს მათ გარდაუღალ სიკვდილს, მიუხედავად იმისა, რომ მათი მოთხოვნილება ზედმეტადაც იყოს დაკმაყოფილებული ენერგიაზე და ორგანულ ნივთიერებებზე (პროტეინი და სხვა).

მინერალური ნივთიერებების ნაკლებობის დროს ცხოველთა ორგანიზმი იწვევს ფუნქციონალური, აღწარმოების, წველადობის შემცირების დაზღვევას. ყოველივე ამის გათვალისწინებით ყურადღება უნდა მიექცეს ულუფაში მინერალური ნივთიერების და ვიტამინების შემცველობას.

ფოსფორი – ცხოველებისათვის სასიცოცხლოდ აუცილებელი ელემენტია [1]. იგი არის სტრუქტურული მასალა სხეულის ქსოვილის ასაშენებლად. მისი მონაწილეობით მიმდინარეობს 10-ზე მეტი სასიცოცხლო ფუნქცია. იგი სტიმულატორია ყველა სასიცოცხლო უჯრედში საკვების გამოყენებისა. ულუფაში ფოსფორის უკმარისობა იწვევს ცხოველის საერთო მდგომარეობის გაუარესებას, მადის დაქვეითებას, ძვლების დავადებას, რაქიტს და სხვა. ქრონიკული უმრავლესობის შემთხვევაში ირღვევა ნივთიერებათა ცვლა და პროდუქტიულობის დაქვეითება [3]. ფოსფორის უკმარისობის ლიკვიდაციისათვის საჭიროა ფოსფორის შემცველობის გადიდება მცენარეულ საკვებში, კერძოდ ნიადაგში ფოსფოროვანი სასუქების შეტანით. ფოსფორით მდიდარი მცენარეული საკვებია სოიო, სიმინდი, ხორბალი, მთის თივა, მდელოს თივა, მწვანე იონჯა [2].

კალციუმი – ცხოველის ორგანიზმის მნიშვნელოვანი ელემენტი. ორგანიზმში არსებული კალციუმის 97-99 % შედის ძვლებსა და კბილების შემადგენლობაში. დიდ როლს თამაშობს სისხლის შედედებაში და კუნთოვანი ქსოვილების აღზუნებაში. მისი ნაკლებობა ახალგაზრდა ცხოველებში იწვევს ზრდის შეჩერებას, რაქიტით დაავადებას, სისხლში ეცემა კალციუმის შემცველობა. კალციუმის

უკმარისობით გამოწვეული დაავადებები შეიძლება ავიცილოთ ცხოველთა ისეთი საკვებებით როგორცაა: მთის თივა, მზესუმზირას კოპტონი, თევზის ფქვილი და სხვა. ჩვენ ქვეყანაში ცხოველთა საკვებად ჭარბადაა გამოყენებული თივა, ნამჯა, სილოსი, მწვანე მასა და ძირხვენები, ხოლო კონცენტრირებული საკვები მცირე რაოდენობით. აღინიშნება ფოსფორის უკმარისობა 20-25 % და კალციუმის სიჭარბე 15-20 %-ით[11].

ვიტამინების – როლი იმდენად დიდია, რომ მათ გარეშე შეუძლებელია ცხოველის ორგანიზმის არსებობა. ცხოველის ორგანიზმში ვიტამინის ნაკლებობის შედეგად გამოიქვანება დაავადებას ავიტამინოზი ეწოდება. კაროტინი - ღვიძლში გარდაიქმნება „ა“ ვიტამინად, რომელიც აუცილებელია ყველა სახის და ასაკის ცხოველისათვის. „ა“ ვიტამინის ნაკლებობა იწვევს ლორწოვანი გარსის გადაგვარებას, ინფექციური დაავადებების ზრდის საშიშროებას, სიგამხდრეს, მამრობითი სქესის პირუტყვის სასქესო ჯირყვლების გადაგვარებას და სხვა. „ა“ ვიტამინის ნაკლებობას თავიდან ავიცილებთ, თუ ცხოველთა საკვებად გამოვიყენებთ იონჯას და სამყურას მწვანე მასას, ბალახის ფქვილს, თევზის ქონს, პრეპარატებს და სხვა [3].

სუფრის მარილი – შეიცავს 39,9 % ნატრიუმს ღია 60,7 % ქლორს. იგი აუცილებელია ყველა სახის ცხოველისათვის. სუფრის მარილით ცხოველის დაკმაყოფილება აუცილებელია იმდენად, რამდენადაც მცენარეული საკვების უდიდესი ნაწილი ღარიბია ნატრიუმითა და ქლორით, გარდა ამისა იგი აუმჯობესებს საკვების გემოს.

წყალი – ცხოველთა ჯანმრთელობისა და პროდუქტიუ-ლობისათვის აუცილებელი ნივთიერებაა. წყალი არის გამხსნელი მთელი რიგი ნივთიერებებისა და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ორგანიზმში მიმდინარე პროცესებში. მაგალითად 300 კგ მ.რ.პ. წყლის შემცველობა არის - 61 %. ხოლო ღორებში - 44%. სასმელი წყლის ტემპერატურა უნდა იყოს 8-12⁰-ის ფარგლებში. დასაწყურებლად საუკეთესოა გამოვიყენოთ ავტომატური სარწყურებლები, რაც აუმჯობესებს ცხოველთა პროდუქტიულობას[24]. უხარისხო წყლით დაწყურება შეიძლება გახდეს ინფექციური და ინფაზიური დაავადებების წყარო და მიზეზი მოწამლვისა [14].

ზედმეტად თბილი წყალი ცუდად კლავს წყურვილს. არ არის რეკომენდირებული ცხოველთა დაწყურება ნორჩ ბალახებზე ძოვების შემდეგ. წყლის ნორმები ასაკის ცვალებადობის მიხედვით წარმოდგენილია ცხრილის სახით (ცხრილი 1) ([25].

ცხოველთა გამოკვების უმთავრეს ამოცანას წარმოადგენს ულუფის შედგენა. ულუფის შედგენა რთული არ არის, მაგრამ

ცხრილი 1.1

ცხოველთა ჯგუფი	სულ	ნორმა ერთ სულზე (ლ)		
		დასწყურებლად	მათ შორის თბილი	შენიშვნა
მეწველი ფურები	100	65	15	
უშობელი და ბულები	60	40	5	
ხბოები	20	10	2	
მოზარდი	30	25	2	
ზრდასრული ცხვრები	8	6	2	
მოზარდი	4	3		
კერატები	25	10		
მაკე ღორები	25	12		ცხელი და მშრალი კლიმატის რაიონებში ნორმები უნდა გაიზარდოს 25 %-ით
მაწოვარი დედა-ღორი	60	20		
სარემონტო მოზარდი	15	6		
სასუქი ღორი	15	6		
ზრდასრული ფრინველი	0,46	0,27		
მოზარდი	0,31	0,34		
ზრდასრული ბატი	2,5	1,5		
მოზარდი	1,8	1,3		
ზრდასრული იხვი	2,6	1,7		
მოზარდი	2,1	1,2		

ცხრილი 1.2

ბუღალტრის ირგვლივა	ტანის ირიბი სიგრძე															ბუღალტრის ს ირგვლივა	
	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195		
	ცოცხალი წონა კგ																
125	164																125
130	130																130
135	196	203	213														135
140	216	223	231	241													140
145	232	240	250	259	268												145
150	247	256	266	277	285	296											150
155	264	274	285	295	306	317	328										155
160	282	290	301	313	324	334	347	356									160
165	-	310	323	339	347	358	370	381	394								165
170	-	-	342	355	368	380	396	404	417	431							170
175	-	-	-	374	390	403	417	429	443	457	470						175
180	-	-	-	-	414	428	443	452	471	486	500	515					180
185	-	-	-	-	-	449	464	478	494	508	524	540	525				185
190	-	-	-	-	-	-	492	506	522	538	555	572	585	602			190
195	-	-	-	-	-	-	-	531	549	566	582	600	615	633	648		195
200	-	-	-	-	-	-	-	-	580	597	614	634	649	667	684		200
205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	626	644	662	680	699	717		205
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	678	699	716	736	754		210
215	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	734	751	773	792		215
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	782	804	825		220
225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	843	863		225
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	905		230

ცხრილი 1.3

საკვები	დღეში 10 კგ წველადობისას				დღეში 10-20 კგ-მდე წველადობისას			
	ცოცხალი მასა							
	200	300	400	500	200	300	400	500
ბაგურ პერიოდში								
უხეში	40	40	40	39	33	32	30	30
მ.შ. თივა	24	23	24	22	20	19	20	18
წვნიანი	41	42	40	43	44	43	43	40
მ.შ. სილოსი	41	42	40	43	44	40	36	36
ძირხვენეული	-	-	-	-	3	5	7	9
კონცენტრატი	19	18	20	18	20	20	20	21
საძოვრულ პერიოდში								
თივა	5	5	5	5	5	5	5	5
მწვანე ბალახი	85	85	85	85	70	70	70	70
კონცენტრატი	0-10	0-10	0-10	5-10	15-20	15-20	15-20	20-25

ცხრილი 1.4

საკვების დასახელება	ულუფის სტრუქტ. %	საკვების რაოდენ. (კგ)	საკვები ერთ. (კგ)	მონელება დი პროტეინი (გ)	კალციუმი (გ)	ფოსფორი (გ)	სუფრის მარილი (გ)	კაროტინი (გ)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
თივა მდელოსი	25	5,4	2,25	254	32,4	11,3	-	81
ნამჯა ხორბლის	10	4,0	0,90	40	17,6	3,1	-	22
სილოსი სიმინდის	44	20	3,96	280	30,0	10,0	0	300
ქატო ხორბლის	15	1,9	1,35	239	3,4	16,9	0	5
კოპტონი მზესუმზირის	3	0,3	0,27	119	1,0	3,0	-	-
იონჯის ფქვილი	3	0,3	0,27	40	4,3	0,9	-	78
ულუფა შეიცავს	100	-	9,0	972	88,7	45,2	-	486
ნორმით ეკუთვნის	-	-	9,0	960	60,0	40,0	60	370
სიჭარბე +	-	-		12	28,7	5,2	-	116
ნაკლები -								

საკმაოდ შრომატევადია. ულუფის შედგენისას უნდა გავითვალისწინოთ ფურის ცოცხალი მასა, დღე-ღამური მონაწველი, რძის ცხიმის პროცენტი, კვების ნორმები, რეალურად არსებული საკვები საშუალებების ყუათიანობა და რაოდენობა გარკვეული პერიოდისათვის.

ცოცხალი მასის დასადგენად საჭიროა აწონვა, მაგრამ ყოველი ფურის აწონვა შრომატევადი საქმეა, ამიტომ როცა აწონვის საშუალება არ არის, ცოცხალი მასის დადგენა შეიძლება ცხოველის განზომების მიხედვით. ამისათვის მეტრიანით ვიღებთ ორ განაზომს გულმკერდის ირგვლივ და ტანის ირიბ სიგრძეს. ამ ორი მონაცემის საფუძველზე 1.2 ცხრილის საშუალებით [1] დავადგენთ ფურის ცოცხალ მასას. ეს მასა არის საორიენტაციო, მაგრამ მიუხედავად ამისა ასეთი სიზუსტე რეალურად საკმარისია ფურების კვების ნორმების განსაზღვრისათვის. ულუფა მ.რ.კ.-ისათვის 400 კგ მეწველი ფურისათვის აღნიშნულია 1-3 ცხრილში.

როგორც აღვნიშნეთ მწვანე მასა, თივას და სილოსს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ცხოველთა კვების რაციონში, ამიტომ მისი დამზადება მოითხოვს გარკვეულ შრომატევად საქმეს საქართველოს ისეთ რეგიონებში, სადაც განვითარებულია გლეხური ან ფერმერული მეურნეობები მეცხოველეობის დარგში [11]. საკვების დამზადების დროს უნდა ვიცოდეთ, რომ ბალახის შემადგენლობა დამოკიდებულია უპირველეს ყოვლისა კლიმატურ პირობებზე. საქართველოში ბალახის აღების ტექნოლოგიური პროცესი შეგვიძლია დავყოთ ორ ძირითად ზონად – ბარის სტეპისებური და მთის ზონა.

1.2. საქართველოს სამთო პირობებში მდელოს

ბალახთა თვისებები

ყველაზე გავრცელებული ტექნოლოგიური სქემა საკვების აღებისათვის მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს: 1. თიბვა, აჩეჩვა, ფოცხვა, აკრება. 2. თიბვა, აჩეჩვა, ფოცხვა, დაწნეხვა, პრესის შეგროვება. ბუნებრივ სათიბებსა და სამოვრებზე მცენარეთა მრავალნაირი სახეობა იზრდება, რომლებიც სხვადასხვა ბოტანიკურ ოჯახს [2] ეკუთვნის, სამეურნეო კვებითი და სხვა თავისებურებასთან დაკავშირებით საწარმოო პრაქტიკაში მიღებულია მათი შემდეგ ოთხ ჯგუფად

დაყოფა: ა) მარცვლოვნები, მარცვლოვანთა ოჯახი, ბ) პარკოსნები, პარკოსანთა ოჯახი, გ) ისლისებრნი-შედის ორ ოჯახში-ისლისებრნი და ჭალისებრნი, დ) ნაირბალახეული - ყველა დანარჩენი ბოტანიკური ოჯახები, მარცვლოვანების, პარკოსნების და ისლისებრის გარდა.

ამ ჯგუფებში გაერთიანებულ მცენარეებს აქვთ არაერთნაირი ღირსება, თუმცა საწარმო პრაქტიკაში არა იშვიათად ყველა პერკოსნებს აკუთვნებენ საკვების თვალსაზრისით უფრო ძვირფასს, მარცვლოვნებს-ნაკლებად ძვირფასს, ხოლო ისლისებრთ და ნაირბალახეულთ დამაკმაყოფილებელს და ცუდს. უნდა აღინიშნოს, მითითებული სამეურნეო ჯგუფების ასეთი საერთო დახასიათება უმწეოა, ულუფებში არის სახეობები, რომელებიც კვებითი ღირებულების მიხედვით მაღლა დგას არა მარტო მარცვლოვანებზე, არამედ ზოგჯერ პარკოსნებზეც კი.

ცალკეული ოჯახის შიგნით ცალკეული საკვები მცენარის სახეობა ძალიან ძვირფასია, სხვები ნაკლებად ძვირფასი და მცირედღირებული, ხოლო ზოგიერთი მავნე და შხამიანიც კი განსაკუთრებით ეს ეხება ნაირბალახოვანთა ჯგუფს, სადაც შედის მრავალი ოჯახი, რომლებიც აერთიანებენ დიდი რაოდენობის სახეობებს, განსხვავებული კვებითი ღირებულებით.

ნაირბალახეულ ჯგუფში ყველა ოჯახის (მარცვლოვანთა, პარკოსანთა და ისლისებრთა გარდა) თავმოყრა დამაკმაყოფილებლად შეიძლება ჩაითვალოს საქართველოს გარკვეული ზონისათვის, სადაც უწოდებენ ნაირბალახეულს, მარცვლოვან-ნაირბალახეულ მცენარეთა ჯგუფს და ა.შ.

ამჟამად საკვების თვალსაზრისით [2] შესწავლილია 4730 სახეობის მცენარე, ანუ დაახლოებით მთელ სახეობათა 30%. ბუნებრივ საკვებ სავარგულებზე უფრო მეტად გავრცელებულია მარცვლოვანი ბალახები, დაბლობ ადგილებში- ისლისებური, ხოლო ნაირბალახეულიდან ბალახთგარაში მნიშვნელოვან ადგილს იკავებს რთულყვავილოვანები და ნაცარქათამასებრნი. ამ ოჯახებიდან შესწავლილია მაგალითად: მარცვლოვანების 506, პარკოსნების 565, ისლისებრნის 192, რთულ ყვავილოვანთა 583, ნაცარქათამასებრთა 183. ამ ოჯახებში ყველაზე მეტი რაოდენობით საკვების თვალსაზრისით კარგი და დამაკმაყოფილებელი მცენარეები, სახელდობრ: მარცვლოვანები-90%, პარკოსნები-92%, ისლისებრნი-67%,

რთულყოფილად-54%, ნაცარქათამისებრი-72%, ამასთან ერთად ამავე ოჯახებში ყველაზე მცირედ არის შხამიანი და მავნე ბალახების პროცენტი.

მოტანილი მონაცემებით ჩანს, რომ საკვები მცენარეების შესასწავლი სახეობების რიცხვიდან მეტი რაოდენობა ფრიადი, კარგი და დამაკმაყოფილებელი ჭამადობის მოდის მარცვლოვანთა და პარკოსანთა ოჯახებზე. მცენარეები სხვა ოჯახებიდან თავის კვების თვისებებით განსხვავდებიან დიდი სხვადასხვაობით. ზოგიერთ ოჯახში დიდი რაოდენობა სახეობისა სახვების თვალსაზრისით ძალიან ძვირფასია, რიგი ოჯახები ძვირფას საკვებ მცენარეებთან ერთად შეიცავს მავნე და შხამიანი მცენარეების დიდ პროცენტს (ჯვაროსანთა, ქოლგოსანთა, მიტიტელასებრთა). არის ისეთი ოჯახები, რომელშიც საკვების თვალსაზრისით ბევრი მცენარე შხამიანია და მცირე ღირებულების (ბაისებრი, შროსანისებრი, ძაღლყურძენასებრი).

განვიხილოთ მეტად გავრცელებული ოჯახების დახასიათება. მათგან ცალკეული სახეობების, რომლებსაც აქვთ კვებითი ღირებულება [3] და სათიბების და საძოვრების მცენარეული საფარის მცენარეულობაში მნიშვნელოვანი წილი.

მარცვლოვანი ბალახები—ერთერთი ყველაზე გავრცელებული ოჯახთაგანია. ის 3500-მდე სახეობას შეიცავს. საქართველოში დახლოებით 500 სახეობამდე ითვლიან. მარცვლოვანების ოჯახის წარმომადგენლებს ხშირად განსხვავებულ კლიმატურ პირობებში ვეებერთელა ტერიტორია უჭირავს. მათი როლი ბალახოვანი მცენარეულობის დაჯგუფების შექმნაში ძალიან დიდი ადგილი 70%-ზე მეტი უჭირავს.

შედარებით მთის ზონებში მარცვლოვანების ხვედრითი წონა ბალახთაგარშითანდათან მცირდება, თუმცა ტყის ზონაში ხშირად მარცვლოვანები მნიშვნელოვან ადგილს იჭერენ.

მდინარეთა ჭალებში ზოგიერთი მარცვლოვანი ბალახი, მაგალითად, მხოხავი ჯანგა, მდელოს მელაკუდა, მდელოს თავაქასრა, ჩიტყეფტვა, თეთრი ნამიკრეფია, ჭალის მდელოების საერთო ჯამში 50%-ზე ნაკლებს არ შეადგენს, ზოგ მ მთხვევაში კი ერთიან მასივებს ქმნიან, რომელიც ერთი სახეობისაგან შედგება, მაგალითად: უფხო შვრიელას ან მხოხავ განგას ან მდელოს მელაკუდასაგან შედგება.

სადოვრებისა და თივის შემადგენლობის მარცლოვნების დიდ უმრავლესობას ცხოველი კარგად ჭამს. ცუდი ჭამადობის და არაჭამადობია მარცლოვნები მთელი რაოდენობის 10% შეადგენს, აქედან მავნე და შხამიანი 5%-ია. დანარჩენი მარცლოვნები ეკუთვნის ფრიად, კარგ და დამაკმაყოფილებელ ჭამადება, მარცლოვნებიდან ბევრი მათგანი შეტანილია კულტურაში.

მეზოფილური მარცლოვანები ფართოდ არიან გავრცელებული ნორმალურ კლიმატის რაიონებში, საშუალო ტენიანობის პირობებში, ისინი ძირითადად იზრდება ტყის ზონებში სალექ მდელოებზე, მთის რაიონებში რომელიც განირჩევა დიდი მრავალ ფეროვნებით მათ შორის მრავალ მცენარეს აქვს მაღალი კვებითი ღირებულება.

მეტად გავრცელებული მეზოფილური მარცლოვანი ბალახებია: მდელოს ტიმოთელა, უფხო შვრიელა უფესური ჭანგა, მდელოს წივანა, წითელი მწივანა, სათითურა, მაღალი, მრავალსათიბი და საძვრის კოთნდრები, მდელოს თავაქასრა, მდელოს მელაკუდა, მხოხავი ჭანგა, თეთრი ნამიკრეფია, ციმბირული ელიმუსი.

ჰიგროფილური მარცლოვანები იზრდება ტენიან მდელოებზე, ჭაობებზე, მდინარეთა ნაპირებზე, მათი კვებითი ღირებულება ხშირად არადიდია. მათი განსხვავებული თავისებურება არის ის, რომ ისინი ჩქარა უხეშდებიან და ჩვეულებრივ ადრეულ ასაკში–დათავთავებამდე კარგი ჭამადობისა არიან.

ჰიგროფილური მარცლოვნებიდან უფრო მეტად დამახასიათებელია ლერწმისებრი ჩიტიფეტვა, ჩვეულებრივი ლერწამი, წივანასმაგვარი ლერწამის სალამური.

ქსეროფიტურ მარცლოვნებს აქვს ისეთივე თავისებურება, როგორც ეს აღინიშნა ქსეროფიტების დახასიათების დროს–მცენარე მშრალი ადგილსამყოფნისა, იზრდება ტენის ნაკლებობის პირობებში. სეროფიტული მარცლოვნები-სამხრეთის ტიპური მცენარეებია მეზოფიტურ მარცლოვნებთან შედარებით ისინი ხშირად შეიძლება დახასიათებული იქნენ, როგორც მცირედირებულების საკვები მცენარეები, განსაკუთრებით ვეგეტაციის გვიან ფაზებში. თუმცა მათ შორისაც მცირე რაოდენობის არ არის მცენარეები მაღალი კვებითი ღირებულებით.

ქსეროფილური მარცლოვნები განვითარების ადრეულ ფაზაში გამოირჩევიან

მაღალი კვებითი ღირებულებით, კარგი ჭამადობით, როგორც თივში, ისე სამოვარზეც. ქსეროფილური მარცლოვანები შედარებით არადიდ მოსავალს იძლევა. დვახასიათოთ მეტად გავრცელებული მარცლოვანი ბალახების სახეობები.

სამოვრის კონდარი [2] მრავალწლოვანი დაბლარი მეჩხერბუჩქოვანი მარცლოვანია 15-65 სმ სიმაღლის. ინვითარებს დიდი რაოდენობის ფესვთანაურ ფოთლებს. ყვავილები თავთავია. ცხოველი კარგად ჭამს რადგან მწვანე მასა მდიდარია ფოთლებით, აქვს მაღალი კვებითი ღირებულება. იზრდება მხოლოდ რბილი, ტენიანი კლიმატის პირობებში. სამოვრის კონდარის ფართო გავრცელებას ხელს უშლის მისი სუსტი გვალვა. გამძლეობა და ზამთარგამძლეობა, წყლის დიდი ხნის დატბორვას ვერ უძლებს. იგი იზრდება კარგად მდიდარი ნეშომპალიან თიხნარ ნიადაგებზე. ცუდათ იზრდება მჟავე, მძიმე ნიადაგებზე და ქვიშიანებზე.

სათიბად გამოყენების შემთხვევაში ორ გათიბვაში ჰექტარზე 40ც. თივას იძლევა და ბალახთდგარში 3-4 წელზე მეტს ვერ ძლებს.

იგი სამოვრის ძვირფასი მცენარეა, დათესვი წელსავე იძლევა მასის დიდ მოსავალს (40-50 ც. მშრალი მასა ჰექტარზე). კარგად უძლებს ნიადაგის ძლიერ დატკეპვნას, ქმნის ხშირ კორდს. ხელსაყრელ პირობებში სამოვარზე კარგად დგას და ძალიან კარგად იტანს გამოვებას მრავალი წლის (25-50) განმავლობაში.

მდელოს თივაქასრა [2] მრავალწლოვანი დაბლარი ფესურიანი მარცლოვანია 40-50 სმ სიმაღლის. მნის ბევრ შემოკლებულ ვეგეტატიურ და ძალიან ცოტა გენერატიულ ყლორტებს ნიადაგში ფესვი 1მ. სიმაღლეზე ჩადის – ყვავილები საგველაა, სათიბად გამოყენების დროს იძლევა შედარებით არამცირე მოსავლის (25 ც. ჰექტარზე), მაგრამ სამაგიეროდ, როგორც სამოვრული მცენარე გამოირჩევა მაღალი პროდუქტიულობით და გამოვებისადმი დიდი გამძლეობით.

იზრდება სხვადასხვა ბუნებრივ კლიმატურ ზონაში, უმთავრესად ტყეებში და მთის რაიონებში. ყველაზე უკეთესად იზრდება ტენიან ადგილებზე მდინარისა და დედეების ბარში ხანმოკლე დატბორებით.

ნაკლებ მომთხოვნია ნიადაგისადმი, თუმცა მჟავე ნიადაგებს ვერც იტანს. კარგად იტანს მკაცრ ზამთარს, მაღალი ყუათიანობის გამო ყველა სახის ცხოველი ჭამს.

ბალახდგარში სამოვარზე ძლებს 50 წლამდე. დროული და რეგულარული გამოვება 12-15 სმ-ს სიმაღლეზე არის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პირობა მდელოს თივაქასრის პროდუქტიულობისა და სიცოცხლის ხანგრძლივობისა.

მდელოს თივაქასრა, განსხვავდება რა კარგი პროდუქტიულობით და გამოვების ამტანიანობით კულტურული სამოვრების მოწყობის დროს წარმოადგენს მკირფას კომპონენტს, განსაკუთრებით თეთრ სამყურასთან.

მდელოს მელაკუდა [2] მრავალწლოვანი ფესურიან-მეჩხერბუჩქიანი მარცლოვანია 70-80 სმ. სიმაღლის, ივითარებს დიდი რადენობის ფესვთანურ ფოთლებს.

ფესვთა სისტემა ნიადაგში აღწევს 80-100 სმ. სიღრმეზე. ყვავილენი-ცრუ თავთავი საგველია ტიმოთელისაგან განსხვავებით ცილინდრული არ არის, არამედ თავისკენ შევიწროვებულია.

მაღალი კვებითი ღირებულების გამო მდელოს მელაკუდას კარგად ჭამს პირუტყვი ჭალის მდელოზე არაიშვიათად ქმნის წმინდა ბალახთაგარს, თივის მოსავალი ჰექტარზე 20-50 ც. შეადგენს, ღეროს კარგი შეფოთვლის და ფესვთანური ფოთლები ტენიან ნიადაგზე იძლევა უხვ საკვებს.

გავრცელებულია ტყის ზონაში და მთებში ცუდად იტანს გვალვას, მაგრამ კარგად იტანს დიდი ხნით დატბორვას (50 დღე) და მკაცრ ზამთარს. სათიბად გამოყენების შემთხვევაში იძლევა 2განათიბს, ჰექტარზე 30-40 ცენტნერი საერთო მოსავლით.

მხოხავი ჭანგა [2] მაღლარი ფესურიანი მრავალწლოვანი მარცლოვანი ძლიერ განვითარებული ფესვთა სისტემის მქონე მცენარეა. მშრალობ მდელოებზე 50-80 სმ. სიმაღლეს აღწევს, ხოლო სალევ ჭალაზე 100-120 სმ. და მეტს.

სამოვარზე კარგად ჭამს მ. რ. პ. უფრო ნაკლებად ცხვარი და თხა, მაგრამ ყვავილობის შემდეგ მათი ღერო ხდება უხეში და ჭამადობა ცუდია, მხოხავი ჭანგა ყვავილობის დასრულებამდე გათიბული იძლევა კარგ, ნაზ, მაღალ ყუათიან თივას. მისი მოსავალი მდელოებზე ჰექტარზე 20-25 ც. შეადგენს.

იზრდება ბუნებრივ საკვებ სავარგულებზე, გვხდება ყველა კლიმატურ ზონაში და ხშირად დიდი რაოდენობით. კარგად იტანს დამლაშებულ ნიადაგებს

და დიდი ხნით დატბორებას (40-50 დღე). ავრცელებულია მდინარეთა ქალებში და ზომიერ ტენიან მდელოებზე სუსტ ბიცობიანი და მლაშე სტეპებზე, ტყეებში მუქ-წაბლა ნიადაგებზე. შეიძლება გამოვიყენოთ კულტურული სათიბებისა და საძოვრების მოსაწყობად.

თეთრი ნამიკრეფია [3] მრავალწლოვანი ფესურიანი მარცლოვანია, დიდი რაოდენობით აქვს ფესვთანური ფოთლები, გადაშლილი საგველათი. ახასიათებს კარგი კვებითი ღირებულება, თეთრი ნამიკრეფიას მაღალ მოზარდი ფორმები იძლევა 40-50 ც, ხოლო დაბალ მოზარდი საძოვრის ფორმები 20-30 ც. მშრალ მასას 3ა-ზე.

თეთრი ნამიკრეფია, ტენის მოყვარული მცენარეა, კარგად იზრდება და ვითარდება უხვი ნალექების პირობებში, უძლებს დიდი ხნის დატბორვას, ყინვისადმი გამძლეა და ცუდად იტანს გვალვას.

ნიადაგის მიმართ ნაკლებ მომთხოვნია, კარგად იზრდება მჟავატორფიან ნიადაგებზე, განსაკუთრებით გრუნტი წყლის ახლოს დგომის დროს.

უმთავრესად იზრდება ტყის ზონებში, უფრო ხშირად გვხვდება მდინარეთა ქალებში, ტენიან მდელოებზე. ბალახთაგარში დათესვისას დიდი ხნის განმავლობაში ძლებს (10 წლამდე). მაქსიმალურ მოსავალს იძლევა 3-4 წელს. თივას ჭამს ყველა სახის პირუტყვი.

თეთრი ნამიკრეფია [3] -საძოვრული მცენარეა, უძლებს გამოვებას, გამოვების შემდეგ ჩქარა წამოიზრდება, ხოლო თუ საძოვარზე წარმოიშვა თავისუფალი ადგილი მას შეავსებს. ხელს უშლის სარეველების განვითარებას, თეთრი ნამიკრეფია ბალახთაგარში ითესება სათიბ-საძოვრად გამოყენებისათვის.

ციმბირული ელიმუსი [3] -მრავალწლოვანი მეჩხერბუჩქოვანი მარცლოვანი, კარგი შეფოთლილი ღეროებით, სიმაღლე 1მ-მდე. ყვავილენი-ფხვიერი თავთავია.

კარგად განვითარებული ფესვტა სისტემა აქვს, რომელიც ნიადაგში 1მმ და მეტ სიღრმეში ჩადის.

იგი გვალვამძლე და ზამთარგამძლეა, ფართოდაა გავრცელებული ქალის მდელოებზე, მთის ფართობებზე, ქვიშიან და თიხნარ ნიადაგებზე.

მისი თივა გამოირჩევა მაღალი ყუათიანობით, შეიცავს 12-16% ნედლ პროტეინს, მიუხედავად ამისა მწვანე მასას პირუტყვი კარგად ჭამს, ვეგეტაციის ადრეულ ფაზაში, ხოლო დათავთავების შემდეგ მცენარე ხდება უხეში ფხიანი, ამიტომ ჭამადობა ცუდია.

თივის მოსავალი ჰა-ზე 20-30 ცენტნერია, იონჯასთან და წითელ სამყურასთან ნარევი 30-40ც ჰა-ზე. განსაკუთრებით ყინვა გამძლეობის გამო შეიძლება მოვიყვანოთ მაღალი მოსავალი იმ შემთხვევაშიც როცა სხვა საკვები კელტურები იყინებიან.

მახრჩობელა [2] ნახევრად მაღლარი მრავალწლიანი მკრივ ბუჩქოვანი მარცლოვანია სიმაღლით 60-80 სმ. ვიწრო ნათვალის მწვანე ფოთლებით ყვავილეთი-გადაშლილი საგველაა. იგი გავრცელებულია ტყისა და მთის ზონაში. იზრდება სველ, ტენიან მდელოებზე და ქმნის მკრივ კოლბოხისებრ კორდს. ხშირი მკრივი კორდი აძნელებს ნიადაგის ჰაერაციას და ახელს უწყობს მის დაჭაობებას. მახრჩობელას უკეთესად ჭამს ცხვარი, მხოლოდ გაზაფხულზე ადრე ახლად განვითარებულს. მისი თივის მოსავალი ჰა-ზე 10-20 ცენტნერია.

საკვებად ნაკლებად ვარგისია, რადგან ის მდელოს მდგომარეობას აუარესებს-სამოვრის აბეზარა სარქველთა, ძლიერ განვითარებულ ძვირფას ბალახებსაც შეუძლიათ მისი ჩახრჩობა.

ლელი [2] მაღალმოზარდი (დაახლოებით 2მ) ფესურიანი მაცვლოვანია მსხვილი უხეში ფოთლებით. გავრცელებულია ყველგან, იზრდება მდინარის ნაპირზე, წყალში, ხოლო მშრალში-იქ, სადაც გრუნტის წყლები მაღლა დგას. მოგვერ გვხდება ბიცობებზე, სადაც არის წვრილფერიანი და არადიდი სიმაღლის (25-40მ) ჩვეულებრივ ქმნის სუფთა შალდამს. იძლევა დიდი რაოდენობის საკვებ პროდუქციას (20-30 ტ მწვანე მასა) (7-10 ტ მშრალი მასა ჰა-ზე) მისგან თივას ამზადებენ საგველის ამიტონამდე, ამ დროს მოსავალი ჰექტარზე 15-30 ცენტნერია.

ახალგაზრდა ლელის ყუათიანობა მაღალია. ამ დროს მ. რ. პ. კარგად ჭამს. იგი გაუხეშების შემდეგ უარგისი ხდება საკვებად გამოყენებისათვის.

წითელი წივანა –დაბალი მრავალწლოვანი მარცლოვანია არამაღალი 30-70სმ ღეროებით. აქვს ბუჩქა, ფესურიანი და ფესურმეჩხეთბუჩქიანი ფორმები,

რომლებიდანაც ძვირფასად უკანასკნელი ორი ფორმა. ნიადაგური და კლიმატური პირობებისადმი ნაკლებ მომთხოვნია, უმთავრესად გავრცელებულია ტყის და მთიან ზონებში. იზრდება ისეთ ღარიბი ნიადაგებშიც კი, რომლებიც ცუდად არიან უზრუნველყოფილი საკვები ნივთიერებითა და ტენით. მას კარგად ჭამს პირუტყვი, რადგან ადრეულ ფაზებში ბევრ საკვებ ნივთიერებას შეიცავს. ძვირფასი სამოვრული მცენარეა, განსაკუთრებით გამოირჩევა ძოვებისადმი გამძლეობით. სწორი ძოვება ხელს უწყობს მის ჩქარა განვითარებას, განსაკუთრებით გზაფხულობით. გამოვების შემდეგ კარგად წამოიზარდება. ქვიშიან და ქვიშა ნიადაგზე ითვლება ძვირფას მარცლოვან კმპონენტად ხანგრძლივი სარგებლობის სამოვრების ბალახნარევისათვის.

ქუჩი [2] მრავალნაირი მკრივბუჩქოვანი დაბალი 30-50 სმ. სიმაღლის მარცლოვანია, დიდი რაოდენობის ვეგეტატიური ყლორტებით ფესვთანური ფოთლებით. ფოთლები ვიწრო, გრძელი, მწვანე-მონაცისფრო, ხორკლიანი.

ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ტიპის მცენარეა. აქვს კარგი კვებითი ღირებულება შეიცავს დიდი რაოდენობით საკვებ ნივთიერებას და გამოირჩევა კარგი მონელებადობით.

ბუნებრივ საკვებ სავარგულებზე ქუჩი ჰექტარზე 2,5-4ც. თივის მოსავალს იძლევა სამოვარზე კი 10-15 ტ. სამოვრულ ბალახს ჰექტარზე. ძალიან გვალვაგამძლე, ზამთარგამძლე, ნაკლებ მომთხოვნია ნიადაგური პირობებისადმი უნარი აქვს აიტანოს დამლაშებული ნიადაგები. კარგად ჭამს ყველა სახის პირუტყვი, ქმნის მკრივ კორდს.

გზაფხულზე იგი იძლევა კარგ საკვებს, შემდეგ ჩქარა იწყებს გაზდომას და გაუხეშების შემეგ მისი ჭამადობა მკვეთრად მცირდება. ფესვთანური ფოთლები და გვიან შემოდგომამდე იგი წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ გასამოვებლად. იგი ძვირფასი მცენარეა ზამთრის სამოვრებისათვის, რომელიც მწვანე მასას ზამთარშიც კი ინარჩუნებს.

ქუჩი ძოვების გამძლეა, გამოვების შემდეგ კარგად წამოიზარდება. სწორი ზომიერი გამოვება იწვევს ბალახთდგარში მის სიჭარბეს სხვა ბალახების ხარჯზე

და ხშირად ძლიერი გამოვების შემთხვევაში იგი იწყებს ბალახდგარიდან ამოვარდნას.

ვაციწვერა - წვრილი, ვიწროფოთლიანი, უხეში მცენარე იგი იზრდება ჩვეულებრივ ყამირ მიწებში. ვაციწვერების ყუათიანობა არამაღალია, რადგან აქვს უხეში ღეროები და ფოთლები, მათი ჭამადობა ცუდია, კარგი ჭამადია განვითარების ყველაზე ადრეულ ფაზებში ყველაზე უკეთესად მას ცხენი, შემდეგ ცხვარი და მ რ. პ. ჭამს. ცუდად ჭამს აქლემი. ვაციწვერა უმთავრესად სამოვრული მცენარეა. ვაციწვერას შორის კარგი ჭამადობით გამოირჩევა ლისინგის ვაციწვერა.

ცილინდრული ეგილოფსი ანუ ველური ხორბალი-ერთწლოვანი მცენარეა 20-50 სმ. სიმაღლისა. გავრცელებულია ნახევარუდაბნოსა და უდაბნოს ზნებში. სამოვარზე გაზაფხულზე და ზაფხულის დასაწყისში კარგად ჭამს პირუტყვი, თივად კი ცუდად. მოსავალი ჰექტარზე 4-8 ცენტნერამდეა.

პარკოსნები პარკოსანი ბალახების უმრავლესობა მრავალწლოვანია [2] მათი ღერო რომელიც ვითარდება კვირტიდან გარეგნული ფორმით განსხვავებულია. ზოგიერთების ღერო სწორმდგომია (ესპარცატი, წითელისამყურა და სხვა).

მიწაზე განთხმული მისაკიდი, პარკოსან ბალახთა ღეროს მარცლოვნებისაგან. განსხვავებით აქვს კენწრული ზრდა. ფოთლები ჩვეულებრივ მორიგეობითია, რთული, თანაფოთლებიანი. ყვავილეთი თავაკა, მტევანია. ნაყოფი ერთი ან მრავალთესლიანი პარკია –განსხვავებული სიდიდისა და ფორმის.

პარკოსან ბალახთა ფესვთა სისტემა მთავარ ღერძიანია, რომელთა შორის ღერძი (ყვითელი იონჯა, კურდღლის ფჩხილა და სხვა) ნიადაგში აღწევს რამდენიმე მეტრ სიღრმეზე. გვერდითი ფესვებიც აგრეთვე აღწევენ მნიშვნელოვან სიღრმეს, რაც ამ მცენარეებს ქმნიან გვალვამძლე მეცენარეებად, განსაკუთრებით სტეპისა და მშრალ ზონაში.

სათიბებისა და სამოვრების ბალახოვან სათიბში პარკოსნები საკმაოდ მნიშვნელოვან ადგილს იკავებენ, მხოლოდ მარცლოვნებს ჩამორჩებიან. დიდია პარკოსნების წილი მთისა და ტყის ზონის სათიბებზე, სადაც ისინი მთელი მასის 10-20%-ს შეადგენს.

პარკოსან მცენარეებს ახასიათებს ცილების დიდი რაოდენობა პარკოსნების თივაში მონელებადი ცილა საშუალოდ 5-6%-ია, მაგრამ ზოჯჯერ, განსაკუთრებით ყვავილობის წინ, 10%-მდე აღწევს. საკვები ერთეულების შედარებისას პარკოსნები მარცლოვნებს არ ჩამორჩებიან.

პარკოსანი მცენარეების კარგი ჭამადობა აიხსნება იმით, რომ პარკოსანთა მნიშვნელოვან რაოდენობას ხანგრძლივი ყვავილობის პერიოდი აქვს. არკოსნები ძალიან ხშირად ზაფხულის განმავლობაში და შემოდგომითაც კი განუწყვეტლივ ყვავილობენ და სხმოიარობენ, მაგრამ ყვავილობისა და მსხმოიარობია შემდეგაც, უფრო ნაკლებად უხემდებიან და უფრო ხალისით იძოვება, ვიდრე სხვა მარცლოვნები ამ პერიოდში. პარკოსნების ძოვების პერიოდი 1,5-2-ჯერ უფრო ხანგრძლივია, ვიდრე მარცლოვნებისა, რაც სამოვრული გამოყენებისათვის ძლიერ მნიშვნელოვანის. პარკოსნებს კარგად ძოვენ მ. რ. პ და ცხენი, რამდენადმე უფრო ცვლად წ .რ პ. ზოგი მაღალ ყუათიანი პარკოსანი მაგალითად: სამყურა, იონჯა, ძიძო, მწვანე სახით გამოკვების დროს არაიშვიათად პირუტყვის ტიმპანტით დაავადებას იწვევს.

ტიმპანტით დაავადება ჩვეულებრივ დამშეული ცხოველის დიდი რაოდენობით მწვანე საკვებით გამოკვების დროს ხდება. ის რომ თავიდან ავიცილოთ, რეკომენდირებულია გატარებული იქნეს შემდეგი გამაფრთხილებელი ზომები: ნაკვეთზე სადაც დიდი რაოდენობითაა პარკოსნები დამშეული პირუტყვი არ უნდა გაუშვად სამოვრად, აგრეთვე წვიმის ან წვიმის შემდეგ სველი ბალახის ძოვება.

თეთრი სამყურა ანუ მხოხავი სამყურა-დაბალ მიზარდი მცენარეა (15-50 სმ) გრძელი მხოხავი დატოტვილი ღეროებით. მნიშვნელოვნად შეფოთლილია, ყვავილეთი თავაკი, თეთრი ან ღია ვარდისფერია-ნაყოფი მრავალთესლიანი პარკია. თესლი წვრილი, ყვითელი ფერისაა, ფესვთა სისტემა ძლიერ დატოტვილია.

მისი გათიშული მასა ნკლები პროდუქტიულია, ვიდრე წითელი სამყურასი, ზაფხულში იძლევა ერთ გათიშვას. თივის მოსავლით 15-30 ც. ჰექტარზე როგორც სამოვრულ მცენარეს ერთ-ერთი პირველი ადგილი უკავია. კარგად იტანს დატკეპნას, დაბალზე გამოვებას და ხშირად გამოყენებულ სამოვრებზე მრავლდება

დიდი რაოდენობით. გამოვების შემდეგ სწრაფად წამოიზრდება მთელი სეზონის განმავლობაში იძლევა ნაზ, მაღალი ყუათიანობის მწვანე მასას, რომელიც შედგება დიდი რაოდენობის ფოთლებისაგან.

იგი ერთადერთი პარკოსანი მცენარეა, რომელიც ხელსაყრელი გამოყენებისა და ინტენსიური საძოვრების რეჟიმის პირობებში ბალახთდგარში გვხვდება ხანგრძლივი სარგებლობის კულტურულ საძოვრებზე (10 წელზე მეტი). საძოვრული ბალახის მოსავალი ჰექტარზე 60-100 ც-ს შეადგენს.

გავრცელებულია ტყისა და მთის ზონებში. კარგად იტანს მკაცრ ზამთარს. უფრო გვალვამძლეა ვიდრე წითელი სამყურა, იზრდება სხვადასხვა ნიადაგებზე, მაგრამ მისთვის უკეთესად ითვლება თიხნარა და თიხიანი ნიადაგები. იტანს ხანგრძლივი დროით დატბორებას, ამასთან ჭაობის ნიადაგებზე კარგად შეუძლია გაიზარდოს მისი დაშრობის შემდეგ. აღსანიშნავია –ტყისა და ჭროლა სამყურა.

კურდღლის ფჩხილა – მრავალწლოვანი მცენარეა, ძალიან მწოლარე და ზევით აწეული ღეროებით.

გამოირჩევა კარგი შეფოთვლით ფოთლები მთელი მცენარის წონის 50%-ს აღწევს. მისი ძლიერი ფესვთა სისტემა ნიადაგში 1,5 მ. სიღრმემდე აღწევს.

აქვს კარგი შეფოთვლა, რბილღეროიანობა და მაღალი ყუათიანობა (შეიცავს 20-მდე პროტეინს) მას ხდის ერთ საუკეთესო საკვებ ბალახად. ყველა სახის პირუტყვი კარგად ჭამს. კარგი საძოვრული მცენარეა ფართოდ ინერგება კულტურაში. პერსპექტიული საკვები მცენარეა. იძლევა კარგ მოსავალს ჰექტარზე 20-30 ცენტნერ თივას. გავრცელებულია ტყის ზონის სამხრეთ რაიონებში და ჩრდილო კავკასიაში. გამოირჩევა გვალვამძლეობითა და ზამთარგამძლეობით, მაგრამ ცუდათ იტანს უთოვლო ზამთარს. ნიადაგის პირობების მიმართ ნაკლებ მომთხოვნია.

კარგად ვითარდება ტენიან, თიხნარ და ჭაობიან ნიადაგებზე. ეგუება მშრალქვიშნარ და ქვიშა ნიადაგებს. აგრეთვე იზრდება მჟავე გავრცელებულ ნიადაგებზე.

კარგი კომპონენტია პარკოსან-მარცლოვან ბალახნარებში, განსაკუთრებით არამავმიწანიადაგიან ზოლში. გათიბვისა და გამოვების შემდეგ კარგად

წამოიზრდება და მწვანედ რჩება გვიან ღრმა შემოდგომამდე, რაც ადიდება მის კვებით ღირებულებას.

ძიძო-აქვს გრძელი დატოტვილი შეფოთლილი ღეროები ძლიერი, ღრმადზარდი ფესვთა სისტემა, რის გამოც კარგად იტანს გვალვას. ცნობილია ძიძოს 20-მდე სახეობა ველურად მოზარდი სახით. იგი უფრო იზრდება გვალვიან რაიონებში. ძიძო კარგი მაღალი კვებითი ღირებულების ბალახია, მაგრამ ცხოველი ადრეულ ფაზებში ჭამს უკეთესად. ძიძოს ღეროები ყვავილობის დაწყების დროს ძლიერ უხეშდება და ასაკთან ერთად მნიშვნელოვნად იზრდება კუმარინის შემცველობა, რომელსაც აძლევს მკვეთრ სუნს და მწარე გემოს. ამიტომ მიზანშეწონილია ძიძოთი ცხოველი გამოიკვებოს ყვავილობის დაწყებამდე. ამავე მიზეზით თივას მას იყენებენ იშვიათად, ხოლო საძოვრად ცხოველი ხალისით ჭამს. არსებობს ძიძოს ორი სახეობა: თეთრი ძიძო და ყვითელი ძიძო.

თეთრი ძიძო - ორწლიანი, იშვიათად ერთწლიანი მცენარეა 0,7-სმ სიმაღლის, გრძელი დატოტვილი ღეროებით, კარგად შეფოთლილია. ფოთლები სამფოთოლაკიანია, ყვავილედ-გრძელი მტევანია თეთრი ყვავილებით. აქვს ძლიერი ფესვთა სისტემა, რომელიც ნიადაგში 2მ სიღრმემდე აღწევს, უნარი აქვს გაიზარდოს ძალიან არახელსაყრელ პირობებში.

როგორც საკვები მცენარე, ყუათიანობით სამყურაზე ნაკლებია, განვითარების ადრეულ ფაზებში იძლევა მაღალყუათიან საკვებ პროდუქციას. შეტანილია კულტურაში. ველური ძიძოს მოსავალი 10-30ც შეადგენს, ხოლო კულტურული ძიძო 40-60ც, ხოლო ხელსაყრელ პირობებში ჰექტარზე 100 და მეტ ცენტნერს აღწევს.

ველურად მოზარდი გვხდება ტყე-სტეპებში. თეთრი ძიძო ხარობს დამლაშებულ ნიადაგებზე, ღრმა ბიცობებზე და მლაშობებზე, ძლიერ ნიადაგებზე, შავმიწებზე.

თეთრი ძიძო - ორწლიანი, იშვიათად ერთწლიანი მცენარეა 0,7-სმ სიმაღლის, გრძელი დატოტვილი ღეროებით, კარგად შეფოთლილია. ფოთლები სამფოთოლაკიანია. ყვავილედ-გრძელი მტევანია თეთრი ყვავილებით. აქვს ძლიერი ფესვთა სისტემა,

რომელიც ნიადაგში 2მ სიღრმემდე აღწევს, უნარი აქვს გაიზარდოს ძალიან არახელსაყრელ პირობებში.

როგორც საკვები მცენარე ყუათიანობით სამყურაზე და იონჯაზე ნაკლებ მნიშვნელოვანია, განვითარების ადრეულ ფაზებში იძლევა მაღალყუათიან საკვებ პროდუქციას. შეტანილია კულტურაში. ველურად მოზარდი ძიძოს მოსავალი 10-30ც შეადგენს, ხოლო კულტურული ძიძო 40-60ც, ხოლო ხელსაყრელ პირობებში ჰექტარზე 100 და მეტ ცენტნერს აღწევს. ველურად მოზარდი სახით გვხვდება ყველგან, მაგრამ უაღრესად გავრცელებულია ტყის ზონებში. ნაკლებად მომთხოვნია ნიადაგისადმი, იზრდება დამლაშებულ ნიადაგებზე, ღრმა ბიცობებზე და მლაშობებზე, მუქ-წაბლისფერ და ძლიერ ტენიან ნიადაგებზე. მათთვის საუკეთესოდ ითვლება შავმიწები და მარილიანი ნიადაგები.

თეთრი ძიძო უმჯობესია გამოვიყენოთ საძოვრულ საკვებად, თუმცა იძლევა კარგი ხარისხის თივასაც. მოსავლის თივად აღების დროს ფოთლები შესამჩნევად სწრაფად შრება, ვიდრე ღეროები და ცვივა. მცენარის ყველაზე ყუათიანი ადგილი იკარგება, თუმცა ამ შემთხვევაშიაც ცხოველები თივას ხალისიანად ჭამენ. თეთრი ძიძო აგრეთვე გამოვიყენოთ სასილოსად და მწვანე სასუქად. იგი გამოირჩევა არადიდი მოსავლიანობით, მაგრამ კარგი კვებითი თვისებები, მაღალი გვალვაგამძლეობით.

ყვითელი ძიძო-გარეგნულად გავს თეთრ ძიძოს, მაგრამ გამოირჩევა ყვავილების ყვითელი ფერით. საკვებად აქვს ისეთივე მნიშვნელობა, როგორც თეთრ ძიძოს. უფრო გვალვაგამძლეა, ამიტომ როგორც ველურმოზარდი მცენარე იზრდება უფრო გვალვიან რაიონებში სტეპებში.

ცერცველა – გავრცელებულია 72 სახეობით, წარმოდგენილი მრავალწლიანი და ერთწლიანი მცენარეების სახით. ერთწლიანებიდან კულტურაში შეტანილია ჩვეულებრივი სათესი ცერცველა და საშემოდგომო ჩერჩველა. ისინი ფართოდ გავრცელებულია ტყის ზონებში და მთისპირებში.

ბუნებრივ საკვებ სავარგულებზე იზრდება ცერცველის მრავალწლიანი სახეობებიც, რომელიც შეგუებულნი არიან ადგილსამყოფლის მრავალწლიან

პირობებს: იზრდება ჭალის მდელოებზე, მშრალობებზე, სტეპში, ტყეებში, მთის ფერდობებზე, და როგორც სარეველა.

ცერცვალას თითქმის ყველა სახეობა-კარგი საკვები ბალახებია, რომლებიც იძლევა ყუათიან საკვებს ცილოვანი ნივთიერებების დიდი შემცველობით. კარგად ჭამს პირუტყვი, როგორც თივაში ისე სამოვარზე.

თავის ცურცველა-ფესურიან მრავალწლიანი მცენარე წვრილი, გრძელი, კარგად შეფოთილი, მისაკიდი ღეროებით 30-100სმ სიმაღლის ფესვთა სისტემა ნიადაგში აღწევს 2-2,5მ სიღრმეზე. ფოთლები წყვილ ფრთალებულია, ქვედა ვიწრო ნაზი ფოთოლაკებით. კარგი შეფოთვლა (ფოთოლთა რაოდენობა წონა მოსავლის 60-70% შეადგენს) აქვს მაღალი კვებითი ღირებულება. ცხოველები კარგად ჭამენ თივის სახით, ასევე სამოვრებზე.

სამოვრული გამოყენების დროს ჩვეულებრივ ბალახთდგარიდან ქრება, ამიტომ ის მიზანშეწონილია გამოვიყენოდ თივად. კლიმატისადმი არ არის მომთხოვნი, გვალვამძლე და ზამთარგამძლეა.

ბუნებრივ საკვებ სავარგულებზე იზრდება ჭალის მდელოებზე, ზომიერად ტენიან ნიადაგებზე, იტანს მოკლე დროით დატბორვებს. არგად იზრდება ბალახთდგარში უფრო შვრიელსთან, მდელოს ტიმოთელასთან და მდელოს წივანასთან ერთად. ნათესებში ძლებს 6-7 წელს.

ჩვეულებრივი ცერცვეკალა-მრავალწლიანი მეჩხერ ბუჩქიანი, 60-100 სმ. სიმაღლის, უხეში მყარედ შეფოთილი ღეროებით. აქვს არადიდი ფოთლები, რომლის საფუძველთან არის ეკლები. ძლიერი ფესვთა სისტემა ღრმად ჩადის მიწაში.

ცერცვეკალა იზრდება კავკასიაში და საქართველოს მაღალმთიანეთში. სამოვრებზე ჭამს მხოლოდ აქლემი და ცხვარი, თითქმის არ ჭამს ცხენი და მ. რ. კ. ცერცვეკალას დაქუცმაცება (მკვეთრად განსაკუთრებით დაფქვა თივის ფქვილად) ადიდებს ჭამადობას 80%-მდე. შემოდგომა ზამთრის პერიოდში, როდესაც ამინდის პირობების გავლენით ეკლები და ტოტები რბილდება, ჭამადობა უკეთესია. საშუალო საკვები მცენარეა არამაღალი კვებითი ღირებულებით.

მიწისქვეშა სამყურა-ერთწლიანი მცენარეა 40 სმ-სიმაღლის, მწოლარე დატოტვილი ღეროებით. ფოთლები გრძელ ყუნწებზეა. ყვავილედ-თავაკია, არადიდი რაოდენობის თვითდამტვერავი ყვავილებით, ღია ვარდისფერი შეფერვის. მიწის ზედა მასა სუსტად შებურულია. აყვავილების დროს თავაკი გადმოიღუნება ნიადაგის ზედაპირისაკენ, თესლი მწიფდება ნიადაგში და მომავალ წელს იწყებს აღმოცენებას. ველურად იზრდება საქართველოს თითქმის მთელ ტერიტორიაზე. ნიადაგის მიმართ არის მომთხოვნი, უაღრესად იზრდება მდელოებზე, ბუჩქებს შორის. სარწყავ პირობებში პერსპექტიული სამოვრული მცენარეა. გავრცელებულია სამყურას შემდეგი სახეობები: გადაშლილი სამყურა, ალექსანდრული სამყურა, მათ აქვთ განსაკუთრებული კვებითი მნიშვნელობა, პერსპექტიული არიან კულტურაში შესატანად.

ისლისებრთა ოჯახი-ვრცლად და ფართოდ გავრცელებულია მთელ დედამიწაზე. მას ეკუთვნის 3000 მეტი სახეობა. ოჯახში შედის მრავალწლიანი მცენარეები და იშვიათად ერთწლიანიც.

მცენარის ღერძი სამწახნაგაა ან ცილინდრული მუხლში გამსხვილების გარეშე, ამოვსებულია პარენქიმით, როგორც მარცლოვანებში. ფოთლები განლაგებულია სამ რიგად, ხაზურად. ყვავილედი სხვადასხვანაირია-თავთავისებრი, საგველა და სხვა წვრილი უფერული ყვავილებით.

ისლები გავრცელებულია ყველგან, განსაკუთრებით ტყის ზონაში. უმთავრესად იზრდება ტენიან, ზოგჯერ დაჭაობებულ ნიადაგებზეც კი, მდინარეთა და ტბის ნაპირებზე, მაგრამ ზოგიერთი მათგანი გვხვდება აგრეთვე მშრალ ადგილებშიც უდაბნოსა და მთის რაიონებში.

ისლისებრი შეიძლება მიეკუთვნოს კვებითი ხარისხის მიხედვით, საშუალოს და ცუდს. ზოგიერთი მათგანი შეიძლება შეფასდეს, როგორც კარგი და დამაკმაყოფილებელი კვებითი თვალსაზრისით. ისლების უმრავლესობა არაჭამადია ან ცუდჭამადი. მიუხედავად იმისა, რომ მრავალი მაღალყუათიანი (საშუალო პროტეინი 14,1%-ია) რადგან მათი ღეროები და ფოთლები მაგარია, ძლიერ გაჟღენთილია კაჟოვანებით. ისლისებრთა ჯგუფს მიეკუთვნოს შემდეგი გავრცელებული სახეობები: ისლი, ლელქაში, წყლის ბამბა, კობრეხია.

ისლი - ვრცელი გვარია, ითვლის 1000 სახეობაზე მეტს. არჩევენ ისლებს მსხვილლეროიანს და წვრილლეროიანს. მსხვილლეროიანი (სიმაღლით 5-150 სმ) იზრდება ჭაობებში, სველ მინდვრებზე ხშირად ქმნის მთელ შალდამებს და იძლევა ჰექტარზე 25-30 ც. მშრალ მასას.

წვრილლეროიანი ისლები იზრდება გვალვიან ადგილებში სტეპებში და უდაბნოებში. მათი ღერო წვრილია, 50-30 სმ. სიმაღლის, ფოთლებით ვიწროა მშრალი მასის მოსავალი ჰექტარზე 5-10 ცენტნერია.

კვებითი ღირებულება დაბალია, განსაკუთრებით მსხვილლეროიანი ისლებისა, რომლებიც იზრდება სველ დაჭაობებულ მჟავე ნიადაგებზე, მათი ჭამის დროს არაიშვიათად პირუტყვი ხდება, ხოლო ხბორები ავადმყოფდებიან რახიტით. მთის რეგიონებში წვრილ ისლებს კარგად ჭამს პირუტყვი, აქვთ ამ რაიონებში დიდი კვებითი მნიშვნელობა.

ისლების ჭამადობა პირუტყვის სახეობების მიხედვით არაერთნაირია. თყის ზონაში კარგად ჭამს მ. რ. კ. და თხა. შეიძლება აღინიშნოს, რომ უხეშ ყვავილობამდე გათიბულ ისლსაც კი აქვს კვებითი მნიშვნელობა, განსაკუთრებით დასილოსებული სახით. მიუხედავად ცუდი ჭამადობისა, ისლები ერთეულ შემთხვევაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კვების ბალანსში.

ზღვის ლელქაში - მრავალწლოვანი ფესურიანი მცენარეა 60-70 სმ სიმაღლის. ავრცელებულია საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე. საძოვრებზე მ. რ. კ. და ცხენი ჭამს დამაკმაყოფილებლად. განსაკუთრებით გაზაფხულზე და ზაფხულში დათავთავებამდე. უფრო გვიან ფაზებში საკვებად გამოყენება შეუძლებელია. კარგად სილოსდება, სილოსი დამაკმაყოფილებელი ხარისხისაა და არც თუ ცუდად ჭამს პირუტყვი.

წყლის ბამბა-ჭამადობის მცენარეა, არაიშვიათად ქმნის უდიდეს შლამებს. იზრდება ჭარბ დატენიანებულ ნიადაგებზე ტყის ზონაში, უმეტესად დაჭაობებულ მდელოებზე. ცნობილია წყლის ბამბის 12 სახეობა, რომელთა უმრავლესობას ცუდად ჭამს ან სრულიად არ ჭამს ცხოველები, კვებითი მნიშვნელობა არ აქვს.

კობრეხია - მრავალწლოვანი ფესურიანი მცენარეა 10-40 სმ. სიმაღლის წვრილი ღეროებით და ვიწრო უხეში ფოთლებით.

გავრცელებულია მაღალმთიან რაიონებში. საქართველოში წარმოდგენილია მისი რამოდენიმე სახეობა, მათ შორის ბელიარდის კობრეზია. ვეგეტაციის ადრეულ ფაზაში კარგად ჭამს პირუტყვი. სქელ ადგილებში იზრდება ჭილები-ჭილისებრთა ოჯახიდან, რომლებიც ძალიან ახლოსაა ისლისებრთა ოჯახთან, როგორც შინაგანი ასევე გარეგანი სახით.

ჭილების დიდი უმრავლესობა არაჭამადი ან ცუდადჭამადი მცენარეებია. მათ შორის მრავალი მავნეა, იწვევს ცხოველებში კუჭის აშლილობას, აქვეითებს წველადობას და სხვა.

რთულყვავილოვანთა ოჯახი- სხვა ყველა ოჯახებზე დიდია. მას ეკუთვნის 25 ათასზე მეტი სახეობა. ესენი ერთწლოვანი და მრავალწლოვანი ბალახებია, გარეგნულად მრავალფეროვანი, მასსივე შედის ბუჩქნარები და ნახევრადბუჩქნარები. რთულ ყვავილიანთა მორფოლოგიური აგებულება-ყვავილის თვისება. რთულყვავილიანები გავრცელებულია საქართველოს საკვების სავარგულების ბალახოვანი საფარის არანაკლებ 15-20%-ი უჭირავთ. შესწავლილი სახეობების 46%-ი ცუდჭამადი და არაჭამადია, 9%-ი ცხოველებისათვის შხამიანია. რთულყვავილიანთა კვებითი ღირებულება საკმაოდ მაღალია (საშუალოდ შეიცავს 11-სა პროტეინს, 100 კგ-ში 50,3 საკვები ერთეულია).

ბურბუმელა - ერთწლოვანი, ორწლიანი და მრავალწლიანი მცენარეა, უმთავრესად მდელოსი. ფართოდ გავრცელებულია როგორც ბარში ასევე მთაში. აქვს ფესვის ყელის მგავსი შემოკლებული ღერო, ლანცეტური ფოთლები, ფესვთანურ როზეტში. როზეტის ცენტრიდან ამოდის ისრისებურად ყვავილედის ყუნწით. მცენარე შეიცავს რძე-წვენს. გავრცელებულია ჩვეულებრივი ბურბუმელა-რომელიც წარმოადგენს მრავალწლოვან მცენარეს გრძელი მთავარღერძიანი ფესვით და არამაღალი შეფოთვლილი ყვავილიანი ღეროებით.

კარგად იტანს ძოვებას და სათიბად გამოყენებას როგორც საკვებ მცენარეს აქვს მაღალი ყუათიანობა, ცხოველების მიერ ითვლება დამაკმაყოფილებლად.

კუზინია - სულ არის 250 სახეობა, ერთწლიანი, ორწლიანი და მრავალწლიანი მცენარეები ძლიერი ეკლებიანი ფოთლებით, მათ შორის უმრავლესობა სარეველებია, რომლებიც ასარევილიანებენ და ბალახთდგარის

განვითარებებს აფერხებენ მთის რაიონებში. მათი კვებითი ღირებულება უმნიშვნელოა, რადგან ეკლიანობის გამო მას ცხოველები თითქმის არ ჭამენ.

წითელწვერა - მრავალწლოვანი, კარგად დატოტვილი ნახევრადბუჩქნარია 30-40 სმ-დან 75-სმ სიმაღლის, წვრილხიდაური ფოთლებით. ინვითარებს მიწაში ძლიერ, ღრმად ჩამავალ ფესვთა სისტემას.

სითბოსა და სინათლის მოყვარულია, უძლებს დამლაშებულ და მლაშე ნიადაგებს, იზრდება აგრეთვე ბიცობზე, მშრალ ქვიშნარ და ქვიშა ადგილებზე. გვალვამძლეა. ეკონომიურად ხარჯავს წყალს ტრანსპირაციისათვის, უდაბნოსა და ნახევარუდაბნოს პირობებში იძლევა საკვები მასის საკმაოდ მაღალ მოსავალს.

გამოირჩევა მაღალი კვებითი ღირებულებით (შეიცავს დაახლოებით 10% პროტეინს) კარგი მონელებადია. ამ მცენარეს ძალიან კარგად ჭამს წლის ყველა სეზონში ცხენი და აქლემი, ითვლება გამასუქებელ საკვებად. ამჟამად შეტანილია კულტურაში. ითვლება უფრო მეტ ძვირფას და პერსპექტიულ მცენარედ.

ვარდისებრთა ოჯახი-ეკუთვნის 2000-ზე მეტი სახეობა. ზოგ ვარდისებრს ცხოველები კარგად და დამაკმაყოფილებლად ჭამს, მაგრამ სახეობათა უმრავლესობას ცუდად ან სრულიად არ ჭამს. ვარდისებრნი მათი ფართო გავრცელების მიუხედავად, ბალახოვანთა საფარში მონაწილეობას არ იღებენ და კვებითი ღირებულებაც აგრეთვე დიდი არა აქვთ.

შვიტასებრთა ოჯახი-25 სახეობამდე აღირიცხება. მათგან საქართველოში დაახლოებით 9 სახეობაა. ღეროები ხეშეშია, ეს იმით აიხსნება რომ დიდი რაოდენობით შეიცავს SO₂-ს.

შვრიტები ხშირად იზრდება ჭაობებსა მდელოებსა და ქვიშნარზე, ხოლო ზოგიერთები მთის რაიონებში, ისინი გავრცელებული არიან მნიშვნელოვნად.

შვრიტების თივას ცხოველები დამაკმაყოფილებლად ჭამენ, საძოვრებზე კი ცუდად ან სრულად არ ჭამენ.

შვრიტები საშუალოდ 12% პროტეინს, ხოლო 49,9% უაზოტო ექსტრაქტულ ნივთიერებას შეიცავს, რაც მცენარის მაღალ ყუათიანობაზე მივითითებს. ამასთან ერთად ცალკეული სახეობები შხამიანია, შეიცავენ შხამიან ნიადაგებებს-ალკალოიდ ეკვიზიტონს და სხვა.

ზამთრის შვიტა-ღერო 30-125სმ, დატოტვილი ან მცირედ დატოტვილი მცენარეა. შვიტების შხამიანობას ხსნის მასზე დასახლებული სოკოების მავნე გულებით-აგრეთვე ნიადაგური, კლიმატური და სხვა პირობების გავლენით. უნდა აღინიშნოს რომ მისგან ამზადებენ თივას. რომ არ დავუშვათ მოწამვლა, საჭიროა რაციონიდან გამოირიცხოს თივა, რომელიც ძლიერ დასარეველიანებულია შვიტებით, ან შესაძლებლობის ფარგლებში მათგან გაიწმინდოს თივა, თუ მთლიანად არ იქნება მოცემულ პირობებში განსაზღვრული შვიტი სახეობის უვნებლობა.

მღიერები - უდაბნოს მცენარეებს ეკუთვნის რომლებიც გავრცელებულნი არიან აღმოსავლეთ საქართველოს უდაბნოებში. ისინი გარეგნული იერსახით მღიერი ხავსს მოგვაგონებს, მაგრამ მღიერებს ხავსებისაგან განსხვავებით არც ფოთლები აქვთ და არც ღერო. მათ აქვთ თალუსი, რომელსაც თივის მხრივ წარმოადგენს სოკოსა და წყალმცენარის სიმბიოზს.

ზრდის ხასიათის მიხედვით მღიერები სამ ჯგუფად იყოფა:

1. ქერქისებრი დიქენები, 2. ფოთლისებრი დიქენები, 3. ბუჩქოსებრი მღიერები.

ბუჩქისებრი მღიერები-მათი თალუსი შედგება დატოტვილი ღეროებისაგან, რომლებიც ბუჩქს მოგვაგონებს ან ხეებზეა დაკიდებული.

ქერქისებრს კვებითი მნიშვნელობა არა აქვთ. ისინი შეიცავენ მცირედ ცილას და მინერალურ ნივთიერებებს და აქვთ დაბალი მოსავლიანობა. ნაკლებად ჭამს: თხა, ცხვარი და მ. რ. პ.

1.3. უხეში საკვების დამამზადებელი მანქანების დახასიათება

განვიხილოთ დღემდე არსებული თიბვის მექანიზირებული საშუალებანი. სათიბელა KC-2.1 დანიშნულია ბალახის თიბვის, მას შეუძლია იმუშაოს ტრაქტორებთან T-40, MT3 რუსული წარმოებით [24] [25].

KC-2.1 სათიბელას (ნახ. 1.1.) ნაწილებს წარმოადგენს მჭრელი აპარატი, მოძრავი ძელი, ამძრავი, ჩარჩო და მჭრელი აპარატის ამწევი მექანიზმი, რომელიც აღიძვრება ტრაქტორის ძალთამძრავი ლილვიდან. მჭრელი სამუშაო ორგანო

წარმოადგენს დაბალი ჭრის აპარატს, რომელიც შესდგება დანების, თითებიანი ძელისა, ბაშმაკებისა და მინდვრის დაფისაგან. სათიბელას მოდების განია 2,1 მ, მწარმოებლობა 1,4 ჰა/სთ. სამუშაო სიჩქარე 6,69 კმ/სთ. მასა 250 კგ. KC-2,1 სათიბელას გამოყენება შედარებით მცირე კონტურისა და საშუალო ზომის მინდვრების თიბვისათვის.

ნახევრადსაკიდი ორიარუსიანი სათიბელა (ნახ. 1.2) KДП-4.0 განკუთვნილია დიდი ფართობის მქონე ნაკვეთებში ბალახის თიბვისათვის [21] [25]. იგი მუშაობს გადიდებული სიჩქარით 9 კმ/სთ-მდე ტრაქტორთან აგრეგატირების დროს. KДП-4.0 სათიბელა შესდგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან. ჩარჩო, ამწევი, დგარი, თვლები, წინა და უკანა მჭრელი აპარატები, ტრანსმისია, წინა და უკანა ექსცენტრიკები და ამწევი მექანიზმი. მჭრელი აპარატი ისეთივეა

ნახ. 1.1. ჩამოსაკიდი სათიბელა CK-2.1

ნახ. 1.2 ნახევრადსაკიდი სათიბელა KДП-4.0

როგორც KC-2.1 სათბელასი. სათიბელა KДП-4.0 აგრეგატირდება ყველა მოდიფიკაციის სასოფლო სამეურნეო რუსული წარმოების ტრაქტორებთან. სათიბელას მოდების განია 4 მ, მწარმოებლობა 3,4 ჰა/სთ. ჭრის სიმაღლე 60 მმ, სამუშაო სიჩქარე 3,4 კმ/სთ. [21] [25].

სამიარუსიანი მისაბმელი სათიბელა KТП-6.0 დანიშნულია ბალახის თიბვისათვის სწორი რელიეფის მქონე დიდი კონტურის მქონე მინდვრებში [16]. მისი ძირითადი სამუშაო ორგანოა სამი მჭრელი აპარატი 2,1 მ სიფართით დამაგრებული სათიბელას ჩარჩოზე. თვლები, ტრასმისია, ექსცენტრივები და მისაბმელი მოწყობილობა. იგი აგრეგატირდება ტრაქტორებთან T-40, T-28, MT3-80, MT3-5ПЛ და სხვა.

მჭრელი აპარატი ისეთივეა როგორც KC-2,1 სათიბელასი. მოდების განია 6 მ, მწარმოებლობა 5,8 ჰა/სთ. ჭრის საშუალო სიმაღლეა 60 მმ, სამუშაო სიჩქარე 3,4 კმ/სთ [15].

ხელის მოტორიზირებული სათიბელა KМП-1,0 დანიშნულია მცირე კონტურიან ნაკვეთებში, ტყეებში, არხებში სამუშაოდ [9] იგი შედგება ორსეგმენტოანი მჭრელი აპარატისაგან, რომელიც აწარმოებს 40-100 მმ სიმაღლის ბალახის ჭრას. მჭრელი აპარატი აღიძვრება დაბალი სიმძლავრის ბენზომძრავისაგან (დრუჟბა - 4, ურალ - 2 ელექტროანი) [10]. სათიბელას გააჩნია ერთცილინდრიანი ორტაქტიანი ძრავი, რომელიც მუშაობს ბენზინისა და ზეთის ნარევეზე.

თანამედროვე პირობებში განსაკუთრებული ყურადღება ენიჭება სათიბელების ტექნოლოგიურ გაუმჯობესებას და როტაციული სათიბელების ხვედრითი წილის ზრდას [12]. რადგან ზემოთ ჩამოთვლილი მჭრელი აპარატების მწარმოებლობის გაზრდა სიჩქარის გადიდების ხარჯზე შეუძლებელია. როტაციული სათიბელებს აწარმოებენ შემდეგი ფირმები: „ვიკონი“ (ნიდერლანდები), „კიუნი“ (საფრანგეთი), „ზვეგერსი“ (ნიდერლანდები), „მორტელი“ და სხვა. ეს სათიბელები მუშაობენ ვერტიკალური ღერძით, მუშა ორგანოს ჰორიზონტალური მოძრაობით.

სათიბელა CM-250 გამოშვებულია ფირმა „ზვეგერსის“ მიერ. მისი მასა არის 580 კგ, ამკრისათვის საჭირო სიმძლავრე 37 კვტ. მწარმოებლობა 3,5 ჰა/სთ.

სათიბელა მუშაობს ტრაქტორებთან – „მესი ფერგიუსონი“-300, „რენო“ ლბ-38 და სხვა. CM-250 სათიბელას სამუშაო სიჩქარეა 20 კმ/სთ.

თავი II.

ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელას სამუშაო ორგანოს მჭრელი დანების შერჩევა დასაბუთება

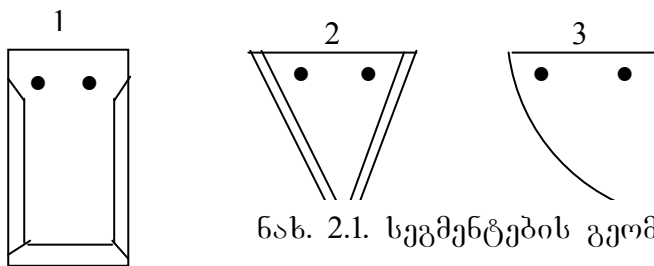
2.1. მჭრელი დანების გეომეტრიული ფორმები და ანალიზი

სათბელების ერთ-ერთ საპასუხისმგებლო და მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს მჭრელი აპარატი. რომლის საშუალებითაც ხდება სამუშაო პროცესის შესრულება. მჭრელი აპარატის კონსტრუქციასა და მოქნილობებზეა დამოკიდებული ჭრის ხარისხი და სისუფთავე. დღემდე არსებული მანქანები ძირითადად აღჭურვილნი იყვნენ სეგმენტებიანი მჭრელი აპარატებით მომოსვლითი მოძრაობით. მიმოსვლითი მოძრაობის დროს სეგმენტი მორიგეობით შედის მის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე თითებში [10], გადასჭრელი ღერო მოჰყვება სეგმენტსა და სადებს შორის და (მაკრატლის ჭრის ანალოგიურად) გადაიჭრება სეგმენტის და სადების მჭრელი პირებით. თითში ჩადებული სადები ღეროებს არ აძლევენ გადახრას და ხდება ჭრის პროცესი. აღნიშნული აპარატი, როგორც მრავალი შრომებიდანაა გადმოცემული [21], [10], [25]. ჭრის პროცესებს ასრულებენ ძალიან დაბალი სიჩქარით. ტრაქტორთან მუშაობის დროს სამუშაო სვლის სიჩქარე შეადგენს 2 კმ/სთ-ს და წონით მაღალი სიდიდისაა, ამიტომ ისმება საკითხი სათიბელების მუშაობის გაუმჯობესებისა 20 კმ/სთ სიჩქარით, ტრაქტორებთან აგრეგატირების დროს [7]. აღნიშნული აპარატის გამოყენება ხელის მოტორიზირებულ სათიბელაში კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური თვალსაზრისით გაუმართლებელია. სათიბელა KPII-1,0 მუშაობს სეგმენტებიან მჭრელ აპარატის სისტემით, მაგრამ ჭრა ხორციელდება ძალიან დაბალი სიჩქარით [19]. ზემოთქმულის გათვალისწინებით ისმება კითხვა, რომ ტექნოლოგიურ-

კონსტრუქციული თვალსაზრისით შევირჩიოთ როტაციული სეგმენტებიანი მჭრელი აპარატი და ჩავატაროთ ლაბორატორიული კვლევები ჭრის ხასიათის მიხედვით.

ჭრის ხასიათი ბევრადაა დამოკიდებული როტაციული მჭრელი აპარატის ძირითად პარამეტრებზე, კერძოდ სეგმენტის (დანის) ფორმაზე, სეგმენტების რიცხვზე, დისკოს დიამეტრსა და მანქანის სიჩქარეზე.

ჩამოთვლილი პარამეტრების დადგენა თეორიული მეთოდებით მიახლოებითია, ამიტომ საკითხი შეგვიძლია გადავწყვიტოთ ექსპერიმენტების ჩატარების გზით, რომლისთვისაც უნდა შევარჩიოთ მჭრელი სეგმენტების ფორმები, სადაც ხდება თიბვის უშუალო პროცესი. ამ მიზნის მისაღწევად საჭიროა დავამზადოთ სეგმენტები სხვადასხვა კონსტრუქციული პარამეტრებითა და გეომეტრიული ზომებით. მრავალი კვლევების და გამოცდილების საფუძველზე სათიბელას სეგმენტები დამზადებული უნდა იყოს მაღალღერძირებული ფოლადებისაგან. სეგმენტების ფორმა მოცემულია სამი ვარიანტით (1, 2, 3) სეგმენტები დამზადებულია სისქით $\delta^0 = 0,13$ მ. სიგრძე სეგმენტისა (სიმაღლე) $h = 0,08$ მ. სიგანე (1,2) $b = 0,073$ მ (3)-ისა $0,045$ მ. ალესვის კუთხე შეადგენს $\beta = 22^\circ$.



ნახ. 2.1. სეგმენტების გეომეტრიული ფორმები

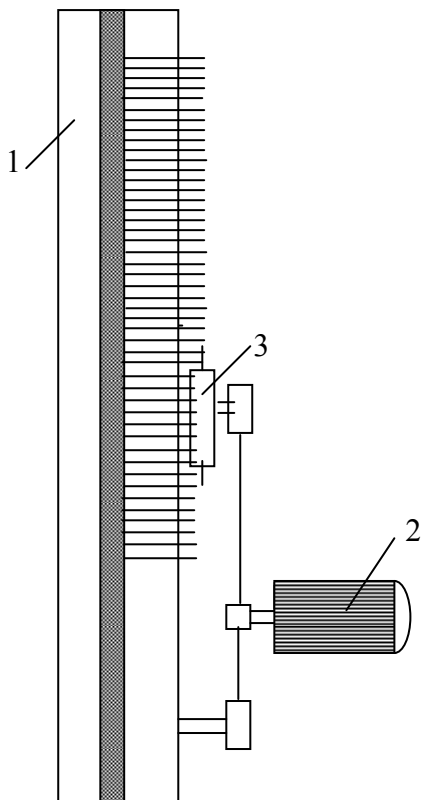
სეგმენტის დანის სისქე $\delta = 0,001$ მ.

2.2. ექსპერიმენტალური მანქანის მუშაობა და გაზომვათა სტატისტიკური გამოკვლევა

დავამზადოთ ექსპერიმენტული მანქანა შემდეგი ტექნოლოგიური სქემით, როგორცაა მოყვანილი [22]. ავტორის ნაშრომში. ტრანსპორტიორზე 1 მოვათავსოთ 37 % ტენიანობის მქონე ერთნაირი დამორების და დიამეტრის მდელოს ღეროები რაოდენობების მიხედვით. ელ. ძრავის გამოყენებით, დოლზე დამაგრებული სეგმენტები ვაბრუნოთ მუდმივი ბრუნვის სიხშირით 25 წმ⁻¹. გამოცდა ვაწარმოთ 10 წმ-ის დროით სამჯერადი გამეორებით.

ექსპერიმენტალური დანადგარი მუშაობს შემდეგი ტექნოლოგიური სქემით. ტრანსპორტიორზე 1. რომელიც მოძრაობს სწორხაზობრივად ემაგრება ერთი დიამეტრის ღეროები რაოდენობების მიხედვით. ტრანსპორტიორის გვერდზე დამაგრებულია დოლი ექსპერიმენტალური სეგმენტებით³, რომელიც აღიძვრება მუდმივი ბრუნვის მქონე ელ. ძრავიდან² ღვედური გადაცემით. ტრანსპორტიორის მოძრაობის დროს ჩავრთავთ წამზომს და სპეციალურ ფანჯარაში გადაიყრება დაჭრილი ღეროები რაოდენობების მიხედვით. დაკვირვებების შედეგად დადებითი შედეგი მოგვცა 2 ფორმის სეგმენტმა, ამიტომ კვლევა ჩავატარეთ 2 ფორმის სეგმენტზე. ექსპერიმენტის გაადვილებისათვის ერთნაირი ღეროების შემთხვევაში მივიღეთ ღეროების შემდეგი რაოდენობები: 60 ც, 62, 58, 60, 62, 63, 61, 60, 60, 59, 50, 59, 60, 61, 58, 62, 60, 58, 59, 62, 61, 63, 60, 61, 62, 60, 61, 60, 60, 63, 60, 61, 61, 59, 63, 61, 59. ღეროს დიამეტრები იყო 0,002 მ სიდიდით. ამ გაზომვათა საფუძველზე შეიძლება განვსაზღვროთ ღეროების სტატისტიკური მახასიათებლები.

გაზომვებით მივიღეთ ვარიაციული რიგი, ამიტომ საჭიროა დავალაგოთ ზრდის მიხედვით:



ნახ. 2.2 სეგმენტების გამოცდის ექსპერიმენტალური მანქანა.

58, 58, 58 / 59, 59, 59, 59 / 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60 / 61, 61, 61, 61, 61, 61, 61, 61 / 62, 62, 62, 62 / 63, 63, 63 /

ვარიაციული რიგის საშუალებით გამოვიკვლიოთ საშუალო არითმეტიკული, კვადრატული გადახრა, ვარიაციის კოეფიციენტი, მოდა, მედიანა, საშუალო და ცენტრალური მომენტები [5].

დავადგინოთ ღეროს რაოდენობათა ინტერვალის შესაძლო მნიშვნელობები (ცხ. 2.1)-ის სახით.

ცხრილი 2.1

რიგზე	X-ის მნიშვნელობათა ინტერვალი	ემპირული სიხშირე m _i	ფარდობითი სიხშირე W _i	საშუალო მნიშვნელობა X _i	X̄	X _i m _i	(X _i) ² m _i	(X _i) ³ m _i	(X _i) ⁴ m _i
1	58,00 - 58,66	3	0,08	58,3	-2,2	-6,6	14,5	-31,9	70,2
2	58,00 - 59,32	5	0,13	58,9	-1,5	-7,5	11,25	-16,8	25,3
3	59,32 - 60,98	12	0,32	60,1	0	0	0	0	0
4	60,98 - 61,64	8	0,21	61,31	0,2	1,6	0,3	0,06	0,01
5	61,64 - 62,40	5	0,13	62,0	1,1	5,5	6,0	6,6	7,3
6	62,40 - 63,00	4	0,10	62,7	3,2	12,8	40,9	131,0	419,4

გავიანგარიშოთ ფარდობითი სიხშირე ფორმულით:

$$W_i = \frac{m_i}{N} \quad (2.1)$$

სადაც: N-არის ექსპერიმენტის საერთო რიცხვი N=37

m_i: - ემპირიული სიხშირე

ჩავსვათ მნიშვნელობები (2.1) ფორმულაში და მონაცემები შევიტანოთ ცხრილში

$$W_{i(1)} = \frac{3}{37} = 0,08$$

$$W_{i(2)} = \frac{5}{37} = 0,13 \quad \text{და ა. შ.}$$

საშუალო მნიშვნელობა იანგარიშება ტოლობით:

$$X_i = \frac{X_0 + X'_i}{2} \quad (2.2)$$

შეიტანოთ მნიშვნელობები (2.2) ფორმულაში მივიღებთ თითოეული ინტერვალისათვის მონაცემებს და სათანადო მნიშვნელობები შევიტანოთ ცხრილში. პირველი ინტერვალისათვის გვექნება:

$$X_i = \frac{58,66 + 58,00}{2} = 58,3$$

მომენტების საანგარიშოთ ვიანგარიშოთ X' -ის მნიშვნელობა ფორმულით:

$$X' = \frac{X_i - X_0}{h} \quad (2.3)$$

სადაც: X_i -არის საშუალო მნიშვნელობა
ინტერვალში.

X_0 -არის ინტერვალის მაქსიმალური
სიხშირის მნიშვნელობა.

ინტერვალის ბიჯი იანგარიშება ტოლობით: [12]

$$h = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K} \quad (2.4)$$

სადაც: X_{\max} -არის ინტერვალეებში მაქსიმალური
სიდიდე.

X_{\min} -არის ინტერვალეებში მინიმალური
სიდიდე.

K -ინტერვალთა რიცხვი.

ინტერვალთა რიცხვი იანგარიშება ტოლობით:

$$K = 1 + 3,2 \lg N = 1 + 3,2 \lg 37 = 5,8 \approx 6$$

მაშინ მნიშვნელობების შეტანით ვიანგარიშებთ ინტერვალის ბიჯს:

$$h = \frac{63,00 - 58,00}{6} = 0,8$$

ინტერვალის მაქსიმალური სიხშირის საშუალო მნიშვნელობა;

$$X_0 = 60,1$$

მაშინ თითოეული ინტერვალისათვის:

$$X' = \frac{58,3 - 60,1}{0,8} = -2,2$$

ანალოგიურად ვიანგარიშით შემდეგი ინტერვალისათვის და მონაცემები შევიტანოთ (2.1) ცხრილში.

ვიანგარიშით $X'm_i$ თითოეული ინტერვალისათვის:

$$X'_1 m_i = -2,2 \cdot 3 = -6,6$$

$$X'_2 m_i = -1,5 \cdot 5 = -7,5$$

$$X'_3 m_i = 0 \cdot 12 = 0$$

$$X'_4 m_i = 0,2 \cdot 8 = 1,6$$

$$X'_5 m_i = 1,1 \cdot 5 = 5,5$$

$$X'_6 m_i = 3,2 \cdot 4 = 12,8$$

ვიანგარიშით $(X')^2 m_i$: თითოეული ინტერვალისათვის:

$$(X')^2_1 m_i = (-2,2)^2 \cdot 3 = 14,5$$

$$(X')^2_2 m_i = (-1,5)^2 \cdot 5 = 11,25$$

$$(X')^2_3 m_i = 0 \cdot 0 = 0$$

$$(X')^2_4 m_i = 0,2^2 \cdot 8 = 0,3$$

$$(X')^2_5 m_i = 1,1^2 \cdot 5 = 6,0$$

$$(X')^2_6 m_i = 3,2^2 \cdot 4 = 40,5$$

ვიანგარიშით $(X')^3 m_i$ თითოეული ინტერვალისათვის

$$(X')^3_1 m_i = -2,2^3 \cdot 3 = -31,9$$

$$(X')^3_2 m_i = -1,5^3 \cdot 5 = -16,8$$

$$(X')^3_3 m_i = 0$$

$$(X')^3_4 m_i = 0,2^3 \cdot 8 = 0,06$$

$$(X')^3_5 m_i = 1,1^3 \cdot 5 = 6,6$$

$$(X')^3_6 m_i = 3,2^3 \cdot 4 = 131,0$$

ვიანგარიშით $(X')^4 m_i$ თითოეული ინტერვალისათვის მივიღებთ;

$$(X')_1^4 m_i = -2,2^4 \cdot 3 = 70,2$$

$$(X')_2^4 m_i = -1,5^4 \cdot 5 = 25,3$$

$$(X')_3^4 m_i = 0$$

$$(X')_4^4 m_i = 0,2^4 \cdot 8 = 0,01$$

$$(X')_5^4 m_i = 1,1^4 \cdot 5 = 7,3$$

$$(X')_6^4 m_i = 3,2^4 \cdot 4 = 419,4$$

(ცხრილი 2.1.)-ის საფუძველზე ავსგოთ ღეროების განაწილების მრუდები შემდეგი გრაფიკის საშუალებით:

ნახ. 2.3. ღეროების განაწილების გრაფიკი

საწყისი მომენტები იანგარიშება[27] ტოლობებიდან.

$$v_1 = \frac{\sum_{i=1}^k x' m_i}{N} \quad (2.5)$$

$$v_2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x')^2 m_i}{N} \quad (2.6)$$

$$v_3 = \frac{\sum_{i=1}^k (x')^3 m_i}{N} \quad (2.7)$$

$$v_4 = \frac{\sum_{i=1}^k (x')^4 m_i}{N} \quad (2.8)$$

(ცხრილი 2.1)-ის საშუალებით:

$$\sum_{i=1}^6 x' m_i = -2,2 - 1,5 + 0 + 0,2 + 1,1 + 3,2 = -3,7 + 4,5 = 0,8$$

$$\text{მაშინ: } v_1 = \frac{0,8}{37} = 0,02$$

$$\sum_{i=1}^6 (x')^2 m_i = 14,5 + 11,25 + 0,3 + 6,0 + 40,9 = 72$$

$$v_2 = \frac{72}{37} = 1,94$$

$$\sum_{i=1}^6 (x')^3 m_i = -31,9 - 16,8 + 0,06 + 6,6 + 131 = -48,7 + 137,6 = 88,9$$

$$v_3 = \frac{88,9}{37} = 2,4$$

$$\sum_{i=1}^6 (x')^4 m_i = 70,2 + 25,3 + 0,01 + 7,3 + 410,4 = 522,2$$

$$v_4 = \frac{522,2}{37} = 14,1$$

ცენტრალური მომენტები იანგარიშება ტოლობით: [27].

$$\mu_2 = v_2 - v_1^2 = 1,94 - 0,02^2 = 1,94 - 0,0004 = 1,93$$

$$\mu_3 = v_3 - 3v_2v_1 + 2v_1^3 = 2,4 - 3 \cdot 1,94 \cdot 0,02 + 2 \cdot 0,02^3 = 2,4 - 0,1164 + 0,00016 = 2,28376$$

$$\mu_4 = \nu_4 - 4\nu_3\nu_1 + 6\nu_2\nu_1^2 - 3\nu_1^4 = 14,1 - 4 \cdot 2,4 \cdot 0,02 + 6 \cdot 1,9 \cdot 0,02^2 - 3 \cdot 0,02^2 = 14,1 - 0,19 + 0,004 - 0,000004 = 14,0$$

ვიანგარიშით ღეროების სტატისტიკური მაჩვენებლები შემდეგი თანმიმდევრობით საშუალო არითმეტიკული იანგარიშება ტოლობით:

$$\bar{X} = X_0 + V_1 h = 60,1 + 0,02 \cdot 0,8 = 60,11$$

საშუალო კვადრატული გადახრა იანგარიშება ტოლობით:

$$\delta = h\sqrt{\mu_2} = 0,8\sqrt{1,9} = 0,8 \cdot 1,4 = 1,12$$

სიმეტრიის მაჩვენებელი იანგარიშება ტოლობით:

$$A = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} = \frac{2,3}{\sqrt{1,9^3}} = \frac{2,3}{\sqrt{6,8}} = \frac{2,3}{2,6} = 0,8$$

ექსპრესის მაჩვენებელი იანგარიშება ტოლობით:

$$E = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} - 3 = \frac{14,0}{1,9^2} - 3 = \frac{14,0}{3,6} - 3 = 0,8$$

ვარიაციის კოეფიციენტი იანგარიშება ფორმულით:

$$V = \frac{\delta}{\bar{X}} \cdot 100 = \frac{1,12 \cdot 100}{60,11} = \frac{112}{60,11} = 1,8\%$$

საშუალო მნიშვნელობის საშუალო ცდომილება იანგარიშება ტოლობით:

$$\bar{\delta}_x = \frac{\delta}{\sqrt{N}} = \frac{1,8}{\sqrt{37}} = \frac{1,8}{6,1} = 0,2$$

საშუალო მნიშვნელობის გამოკვლევის სიზუსტის მაჩვენებლები იანგარიშება ტოლობით:

$$\varepsilon = \frac{\bar{\delta}_x \cdot 100}{\bar{X}} = \frac{0,2 \cdot 100}{60,1} = \frac{200}{60,1} = 3,3\%$$

სიზუსტის მაჩვენებლები მიუთითებს შედეგების საიმედოებას. გამოკვლევის შედეგების საიმედოება საკმარისია, რადგან მაჩვენებელი არ აღემატება 0,05-ს (5%)-ს. ამ შემთხვევაში $\varepsilon = 3,3\%$ შედეგების საიმედოება უზრუნველყოფილია საკმარისი სიზუსტით [12].

განვსაზღვროთ ღეროების ემპირული განაწილება ნორმალური განაწილების კანონის შესაბამისად. ალბათობის სიმკრივის ფორმულაში ჩავსვათ შესაბამისი

სიდიდეები, რაც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ღეროების ჭრის განაწილების თეორიული კანონის განტოლება ფორმულით:

$$y = \frac{1}{\delta\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{(X-\bar{X})^2}{2\delta^2}} = \frac{1}{1,1^2\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{(X-60,1)^2}{2 \cdot 1,12^2}} \text{ აღვნიშნოთ } y = \frac{Z_t}{\delta} \text{ და } \frac{x - \bar{x}}{\delta} = t \text{ მაშინ}$$

$$\text{მივიღებთ: } Z_t = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$$

ჭრის თეორიული სიხშირე იანგარიშება ტოლობით: [27].

$$m_x = \frac{N \cdot h}{\delta} \cdot Z_t \quad (2.9)$$

ხოლო $Z_t = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (2.10)$

სადაც: $t = \frac{X_i - \bar{X}}{\delta} \quad (2.11)$

სადაც: X_i -არის ინტერვალში საშუალო მნიშვნელობა.

\bar{X} -არის საშუალო არითმეტიკული.

შევიტანოთ მნიშვნელობები მივიღებთ:

$$t_1 = \frac{58,9 - 60,1}{1,12} = -1,61$$

$$t_2 = \frac{58,9 - 60,1}{1,12} = -1,0$$

$$t_3 = \frac{60,11 - 60,1}{1,12} = 0,08$$

$$t_4 = \frac{61,31 - 60,1}{1,12} = 1,07$$

$$t_5 = \frac{62,7 - 60,1}{1,12} = 1,68$$

$$t_6 = \frac{62,7 - 60,1}{1,12} = 2,32$$

მონაცემები შევიტანოთ (ცხ. 2.2)-ში.

ცხრილი 2.2.

1	X-ის მნიშვნელობა	ინტერვალის	ემპირული	$t = \frac{X_i - \bar{X}}{\delta}$	$Z_t = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$	თეორიული
		საშუალო	სიხშირე			სიხშირე
		X_i	m_i			m_x
1	58,00-58,66	58,3	3	-1,6	0,0175	0,2
2	58,66-59,32	58,9	5	-1,0	0,2426	5,2
3	59,32-60,98	60,1	12	0	0,3989	7,9
4	60,98-61,64	61,3	8	0,1	0,3970	10,2
5	61,64-62,40	62,0	5	1,6	0,1109	2,9
6	62,40-63,00	62,7	4	2,3	0,0289	0,5

$$Z_{t_1} = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{-1,6^2}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} e^{-1,2} = 0,0175$$

$$Z_{t_2} = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{(-1,0)^2}{2}} = 0,2420$$

$$Z_{t_3} = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{0}{2}} = 0,3989$$

$$Z_{t_4} = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{0,1^2}{2}} = 0,3970$$

$$Z_{t_5} = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{1,6^2}{2}} = 0,1109$$

$$Z_{t_6} = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{2,3^2}{2}} = 0,0289$$

თეორიულ სიხშირის საანგარიშოთ (2-9) ფორმულაში შევიტანოთ მნიშვნელობები მივიღებთ თითოეული ინტერვალისათვის შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$m_{x_1} = \frac{N \cdot h}{\delta} \cdot Z_t = \frac{37 \cdot 0,8}{1,12} \cdot 0,01 = 0,2$$

$$m_{x_2} = \frac{37 \cdot 0,8}{1,12} \cdot 0,2 = 5,2$$

$$m_{x_3} = \frac{37 \cdot 0,8}{1,12} \cdot 0,3 = 26,4 \cdot 0,3 = 7,9$$

$$m_{x_4} = \frac{37 \cdot 0,8}{1,12} \cdot 0,39 = 10,2$$

$$m_{x_5} = \frac{37 \cdot 0,8}{1,12} \cdot 0,11 = 2,9$$

$$m_{x_6} = \frac{37 \cdot 0,8}{1,12} \cdot 0,02 = 0,5$$

ვიანგარიშით ღეროების მედიანური მნიშვნელობა ფორმულით:

$$M_e = L + \frac{h(\sum_{i=1}^k \frac{m_i}{2} - S_g)}{Mm_e} \quad (2.12)$$

სადაც: L -არის მედიდიანური ინტერვალის დასაწყისი ($L = 60,1$), M_{m_e} -არის სიხშირე, რომელიც იმყოფება მედიანურ ინტერვალში ($M_{m_e} = 9$), S_p -დაგროვილი ფარდობითი სიხშირე როცა: $S_g \leq \frac{37}{2} = 18$

($S_g = 18$). შევიტანოთ მნიშვნელობები (2.12) ფორმულაში მივიღებთ:

$$\sum_{i=1}^6 \frac{m_i}{2} = \frac{3 + 5 + 12 + 8 + 5 + 4}{2} = 18,5$$

$$M_e = 60,1 + \frac{0,8(18,5 - 18)}{9} = 60,1 + 0,04 = 60,14$$

მოდალური ჭრა იანგარიშება ფორმულით:

$$M_0 = \bar{X} + (M_e - \bar{X})$$

შევიტანოთ მნიშვნელობები მივიღებთ:

$$M_0 = 60,11 + 3(60,14 - 60,11) = 63,2$$

ვაწარმოთ განაწილების თეორიული და ემპირიული მრუდების შეთანხმება კოლმოგოროვის კრიტერიუმით (კრიტერიუმი $P(\lambda)$) ვიანგარიშით დაგროვილი ფარდობითი სიხშირეების მნიშვნელობები ყველა ინტერვალისათვის:

$$M_{p_1} = 0,08$$

$$M_{p_2} = 0,08 + 0,13 = 0,21$$

$$M_{p_3} = 0,21 + 0,32 = 0,53$$

$$M_{p_4} = 0,53 + 0,21 = 0,74$$

$$M_{p_5} = 0,74 + 0,15 = 0,90$$

$$M_{p_6} = 0,90 + 0,10 = 1,00$$

მნიშვნელობები შევიტანოთ (ცხ. 2.3)-ში

ცხრილი 2.3.

	X-ის მნიშვნელობათა ინტერვალი	ინტერვალის საშუალო X_i	ფარდობითი სიხშირე W_i	დაგროვილი ფარდობითი სიხშირე W_6	$t = \frac{X_i - \bar{X}}{\delta}$	$\Phi(t)$	$t_2(\Phi(t))$	$F_p(X)$	$D = W_p - F_p(x)$
1	58,00-58,66	58,3	0,08	-1,61	-1,61	-0,8926	-0,4465	0,053	0,027
2	58,66-59,32	58,9	0,13	0,21	-1,07	-0,7154	-0,3575	0,142	0,068
3	59,32-60,98	60,1	0,32	0,53	0,08	0,0638	0,0200	0,520	0,010
4	60,98-61,64	61,3	0,21	0,74	1,07	0,7154	0,3575	0,857	+0,117
5	61,64-62,40	62,0	0,13	0,90	1,98	0,9070	0,4535	0,953	+0,05
6	62,40-63,00	62,7	0,10	1,00	2,32	0,9797	0,4900	0,990	0,01

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

ეს მნიშვნელობები იანგარიშება ლაპლასის ფუნქციის მიხედვით [10] ყოველი ინტერვალისათვის:

$$\Phi(t)_1 = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} \int_0^{-1,61 - \frac{-1,61^2}{2}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = -0,8926$$

$$\Phi(t)_2 = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} \int_0^{-1,07 - \frac{-1,07^2}{2}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = -0,7154$$

$$\Phi(t)_3 = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} \int_0^{0,08 - \frac{-0,08^2}{2}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0,0638$$

$$\Phi(t)_4 = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} \int_0^{1,07 - \frac{-1,07^2}{2}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0,7154$$

$$\Phi(t)_5 = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} \int_0^{1,68 - \frac{-1,68^2}{2}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0,9070$$

$$\Phi(t)_6 = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14}} \int_0^{2,32 - \frac{-2,32^2}{2}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0,9797$$

მნიშვნელობები შევიტანოთ 2.4. ცხრილში, ვიანგარიშოთ $\frac{1}{2}(\Phi(t))$

ინტერვალის თითოეული მნიშვნელობებისათვის, მივიღებთ:

$$\frac{1}{2}\Phi(t)_1 = -0,4465$$

$$\frac{1}{2}\Phi(t)_2 = -0,3575$$

$$\frac{1}{2}\Phi(t)_3 = 0,02$$

$$\frac{1}{2}\Phi(t)_4 = 0,3575$$

$$\frac{1}{2}\Phi(t)_5 = 0,4535$$

$$\frac{1}{2}\Phi(t)_6 = 0,4900$$

მნიშვნელობები შევიტანოთ 2.4. ცხრილში. ვიანგარიშოთ $F_p(X)$ თითოეული ინტერვალისათვის მივიღებთ:

$$F_p(X)_I = 0,5 + 0,5 \cdot \Phi(t) = 0,5 + (-0,4465) = 0,053$$

$$F_p(X)_{II} = 0,5 + (-0,3575) = 0,142$$

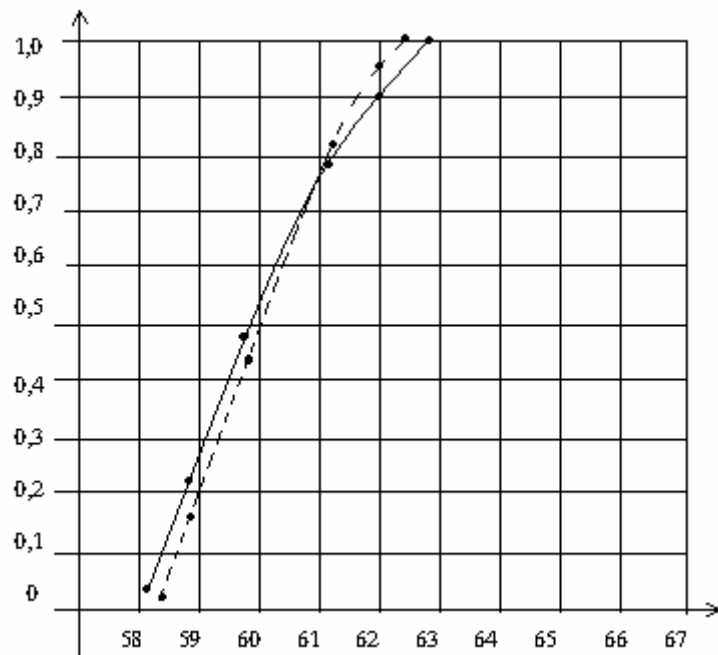
$$F_p(X)_{III} = 0,5 + 0,0200 = 0,520$$

$$F_p(X)_{IV} = 0,5 + 0,3575 = 0,857$$

$$F_p(X)_V = 0,5 + 0,4535 = 0,953$$

$$F_p(X)_{VI} = 0,5 + 0,4900 = 0,990$$

შევიტანოთ მნიშვნელობები 2.4. ცხრილში და ავაგოთ გრაფიკი



ნახ. 2.4. თეორიული და ემპირიული განაწილების გრაფიკი

ვიანგარიშით განაწილების ინტეგრალური ფუნქციის დაგროვილი ფარდობითი სიხშირისაგან მაქსიმალური გადახრა D_{\max} . ხოლო გადახრა D თითოეული ინტერვალისათვის იქნეს. [28]

$$D_I = 0,027$$

$$D_{II} = 0,068$$

$$D_{III} = 0,010$$

$$D_{IV} = -0,117$$

$$D_V = -0,05$$

$$D_{VI} = 0,01$$

შევიტანოთ მნიშვნელობები 2.4. ცხრილში.

თუ გადახრათა მნიშვნელობებს შევხედავთ დავინახავთ, რომ ყველაზე მეტი არის $D_{\max} = 0,11$, მაშინ კოლმოგოროვის კრიტერიუმის თანახმად

$$\lambda = D_{\max} \sqrt{N} = D_{\max} \sqrt{37} = 0,11 \cdot 6,1 = 0,671$$

კოლმოგოროვის ცხრილის მიხედვით $\lambda = 0,671$ სიდიდეს შეესაბამება ალბათობა $P(\lambda) = 0,8643 \approx 0,9$ ანუ $P(\lambda) = 90\%$

ამით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ემპირიული განაწილება ეთანხმება თეორიულ განაწილებას.

ჩატარებული სამუშაოს შემდეგ შეგვიძლია დავადგინოთ მჭრელი სეგმენტის სისქე $\delta^0 = 0,013$ მ, სეგმენტის სიმაღლე $h = 0,08$ მ, სეგმენტის სიგანე $B = 0,073$ მ, ალესვის კუთხე $\beta = 22^0$, ხოლო სეგმენტის დანის სისქე $\delta = 0,001$ მ.

2.3. ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელას მუშაობის ტექნოლოგიური პროცესი

ხელის მოტორიზირებული როტაციულად მჭრელი აპარატი მუშაობს შემდეგი ტექნოლოგიური პროცესით: მანქანის სამუშაო ორგანოები, კერძოდ სეგმენტები და მბრუნავი დისკო ტექნოლოგიური თვალსაზრისით უნდა შეეგუოს რელიეფს, მმართველი ოპერატორის მიერ, რომელიც მართავს მიწის რელიეფთან შესაბამისობაში მანქანა ოპერატორს სპეციალური სამარჯვეების საშუალებით აქვს ჩამოკიდებული და შეუძლია მასთან ერთად გადაადგილდეს. სამუშაო ორგანო 1 აღიმკვრება ერთცილინდრიანი ბენზომძრავიდან 2, რომლის სიმძლავრე შეადგენს 3-3,5 კვტ.

ძრავაზე მიმონტაჟებულია საწვავის ავზი 0,7-0,8 ლიტრს ტევადობით და ძრავაზე 2 მუშაობს ბენზინისა და ზეთის ნარევის პრინციპით 1:4-თან. ძრავა დამაგრებულია სახელურები, რომლის საშუალებითაც ოპერატორი არეგულირებს მანქანის მუშაობას და უკავშირდება ძრავის კალბურატორს. ძრავიდან აღძრული მექანიკური ენერგია გადაეცემა უშუალოდ ხისტ ლილვს 4, რომლის სიგრძე შეადგენს 1,4 მ-ს.

ნახ. 2.5. ხელის მოტორიზირებული სათიბელა

ნახ. 2.6. ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელა

ხისტი ლილვიდან მოძრაობაში მოდის მის ბოლის დაყენებული მინი რედუქტორი 5, რომელსაც შეუძლია მბრუნავი მომენტის მიმართულების შეცვლა ნიადაგის მიმართულების შესაბამისად, მასზე დამაგრებული დისკო კი უნდა შეესაბამებოდეს ნიადაგის ზუსტ კოპირებას. დისკო აღიძვრება გარკვეული სიჩქარით, რასაც მოძრაობაში მოჰყავს როტაციული მჭრელი აპარატი და ხდება თიბვის პროცესი ღეროების დაწყობისათვის, რადგან ის არ მოხდეს გასათიბი მასის შემადგენლობაში დამატებით ლილვზე დაყენებულია ბალახშესაგროვებელი მოწყობილობა 6, რომელსაც უშუალოდ შეუძლია ღეროების დაწყობა ღვარულებად. მანქანის წონა შეადგენს 8,8 კგ, ხოლო საწვავის ხარჯი სრულ დატვირთვაზე შეადგენს 600 (440) ლ/სთ-ში.

ხელის მობრუნებული სათიბელა გამოიყენება მცირეკონტურიან ნაკვეთებში მ.რ.პ. საკვების დამზადებისათვის, აგრეთვე რთული სამთო რელიეფის მქონე სათიბებში, ბაღჩეულ კულტურების რიგთაშორისების ცელვისათვის, სკვერებში სამუშაოების ჩასატარებლად და ჩაის რიგთაშორისების წმენდისათვის.

ძრავა შესდგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან: კარბურატორი, მაღალი ძაბვის მაგნეტოს და ძრავის შიდა ელემენტებისაგან. კარბურატორში შემზადებული საწვავი, რომელიც მიემართება სპეციალური მილების საშუალებით, სათბობის ავზიდან მოხდება ძრავსა ცილინდრში, ხოლო მაღალი ძაბვის მაგნეტოს საშუალებით მაღალი დენი გაივლის ანათებს სინათლეს და წვის შემდეგ მოძრაობაში მოდის შიგაწვის ძრავა. ამუშავებს შემდეგ სამუშაო მზადყოფნაში მთლიანი აპარატი.

თავი III.

ხელის მოტორიზირებული როტაციული მჭრელი აპარატის დანის ღეროსთან მოქმედების მათემატიკური სქემა და გამოკვლევა

3.1. ღეროს ჭრაზე მოქმედი ფაქტორების დახასიათება

სასოფლო-სამეურნეო ღეროს ჭრა განისაზღვრება მრავალი ფაქტორით, ეს ძირითადად დამოკიდებულია მასალის (ღეროს) შემადგენლობასა და ზრდაზე. ამიტომ ტექნოლოგიური მოთხოვნა ძირითადად განისაზღვრება მანქანის მუშაობის შეფასებაში კრიტერიუმების მიხედვით, როგორცაა საიმედოობა, ენერგოტევალობა, სწრაფი და ზუსტი (ხარისხიანი) სამუშაოს შესრულება [33]. ამ ფაქტორებთან დაკავშირებით წარმოადგენს მჭრელი დანის მუშაობის ეფექტურობა, რომელიც ემყარება შემდეგ პრინციპებს: ჭრის სიჩქარე, სეგმენტის ალესვის კუთხე (β), სეგმენტის დახრის კუთხე, (α) სეგმენტის დანის სისქე (δ), სეგმენტის სისქე (δ_0) [13].

ჭრის სიჩქარის-ქვეშ იგულისხმება დანის სიჩქარე ღეროს ჭრის წერტილში მისი მიმართულებით. ჭრის სიჩქარეზე დამოკიდებული მანქანის მწარმოებლობა და ჭრის სიჩქარის ენერგოტევალობა, აგრეთვე მანქანის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება.

მრავალი შრომების საფუძველზე [17], [30] დადგენილია რომ ჭრის სიჩქარის გადიდებით მცირდება პროცესის ენერგოტევალობა და პირიქით, ზაბიალოვის შრომებში კი ენერგოტევალობა იზრდება. ამის საფუძველზე არაა ბოლომდე შესწავლილი ეს პროცესი, მაგრამ შეიძლება ითქვას, რომ ჭრის სიჩქარის გაზრდა იწვევს ჭრის სისუფთავეს.

სეგმენტის ალესვის კუთხე β - აღწერილია მრავალ შრომებში, რომელიც დადგენილია შემდეგი დამოკიდებულებით: [16]

$$P = Kb(1 - f^2 + 2ftg\beta) \frac{\beta^2}{2} \sin \beta \quad (3.1)$$

მჭრელი სეგმენტი

კრიტიკული ძალის ($P_{კრ}$) დამოკიდებულება ალესვის კუთხესთან გამოითვლება [31] ფორმულით

$$P_{კრ} = P_{კვ} + ctg\beta \quad (3.2)$$

დანის დახრის კუთხე α - დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებთან: ჭრის სიჩქარე, ღეროს სისქე, ალესვის კუთხე და სხვა. დანის მოძრაობის დროს დახრის კუთხის გადიდებით მცირდება ჭრის ძალა [16]. მაგრამ მეტი დახრილობის შემთხვევაში ჭრა შეიძლება შემცირდეს.

დანის სისქეზეა (δ) დამოკიდებული დანის მოქმედება ღეროსთან და ჭრის სისუფთავეზე გარკვეულ როლს თამაშობს. 14 მ/წმ სიჩქარით ჭრის დროს ჭრა A განისაზღვრება შემდეგი ფაქტორებით [31].

$A = K\sqrt{\delta}$ სადაც K არის კოეფიციენტი რომელიც დამოკიდებულია მასალის შემადგენლობაზე.

თანამედროვე მანქანებში სეგმენტის სისქე მრავალი ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე [18] მიიღება შემდეგი დამოკიდებულებით $\delta_0 = 3\text{მმ}$.

3.2. სეგმენტებზე მოქმედი ძალები და მათემატიკური ანგარიში

ჭრის დროს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა წინააღმდეგობის ძალებს, რომელიც ძირითადად დამოკიდებულია მასალის ფიზიკურ-მექანიკურ შემადგენლობაზე. ამის გარეშე უძღვებელია ჭრის პროცესი, აგრეთვე ენერგეტიკული და ოპტიმალურ-ძალური რეჟიმები [34]. ღეროს შემადგენლობა განისაზღვრება დრეკადობით, სიბლანტით და მდგრადობით. ჭრის დროს ღერო დეფორმაციას განიცდის როცა დანა შედის შეხებასთან δ_p წერტილში, ამ დროს ღეროს გადახრა დამოკიდებულია თვით ღეროს ნაირსახეობაზე. ღეროს ძირითად ფაქტორებად ითვლება: E_1, E_2 საწყისი და ბოლო დრეკადობა და სიბლანტე Z . ისინი ერთმანეთის მიმართ დამოკიდებულნი არიან პარალელურად და გამოითვლება ტოლობით [12]

$$\frac{\eta}{E_1} \cdot \frac{d\delta}{dt} + (1 + \frac{E_2}{E_1})\delta = E_2\varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (3.3)$$

სადაც δ – დამახულობა, t -დატვირთვის დრო, ε -დეფორმაცია $\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{v}{e}$ სადაც: v -ღეროს დეფორმაციის სიჩქარეა, ℓ -დეფორმაციის საწყისი სიგრძე, მაშინ მივიღებთ:

$$\frac{\eta v}{E_1 \ell} \cdot \frac{d\delta}{d\varepsilon} + (1 + \frac{E_2}{E_1})\delta = \frac{\eta v}{\ell} + E_2\varepsilon \quad (3.5)$$

თუ $\varepsilon = 0; \delta = 0$ მაშინ მივიღებთ დამოკიდებულებას [18]

$$\delta = \frac{E_1}{E_1 + E_2} \left[E_2\varepsilon + \eta \frac{v}{\ell} \left(\frac{E_2}{E_1 + E_2} - 1 \right) \left(\exp\left(-\frac{E_1 + E_2}{\eta v} \ell \varepsilon\right) - 1 \right) \right] \quad (3.6)$$

მასალის გაყოფა ორ ნაწილად დანის მოქმედებით წარმოადგენს შეხებას ბოლო ჭრის პროცესამდე, რომლის დროსაც დანა მოქმედებს ღეროზე და ღერო

თავის მხრივ წარმოქმნის მრავალ წინააღმდეგობებს. შემდგომი დანის მოქმედების და წინააღმდეგობების დაძლევის შემდეგ ხდება ჭრის პროცესი [29].

დანის მოქმედების ღეროსთან აღწერისათვის სასარგებლოა გამოვიყენოთ სამგანზომილებიანი სისტემა $oxyz$. OXY ღერძზე გამოვსახოთ ღეროს ცილინდრული დიამეტრის ფორმა d , რომელიც შესდგება ღეროს რაიმე შემადგენლობისაგან. მისი სიდიდე ავლნიშნოთ dy -ით, რომელიც განთავსებულია OX ღერძის მიმართ. დანის სიჩქარე v არის ჭრის ბოლომდე მუდმივი [17]. ღეროს გადახრა დავუშვით ამ შემთხვევისათვის ყველა მიმართულებით დეფორმირდება (3.5) ფორმულით. დანის მოქმედება ღეროსთან განვიხილოთ შემდეგი სქემით: ვთქვათ ღეროს სიგრძე არის $xy = |AC|$

ნახ.3.1 სეგმენტზე მოქმედი ძალები

ნახ. 3.2. სეგმენტზე მოქმედი ძალები

დანაზე მოქმედებს მასალის წინაარმდეგობების P_1 -ძალა, რომელიც მიმართულია OX ღერძის მიმართ. P_2 -ღეროს დეფორმაციის წინააღმდეგობის ძალა დანის ჭრის წერტილში. φ_2 -ხახუნის კუთხე. P_3 - დანის ძირში მოქმედი ხახუნის კუთხის დახრითა φ_3 და კედლის ნორმალით. ამიტომ P_3 -ძალასა და ღეროს დეფორმაციის წინააღმდეგობების ძალას შორის არის დამოკიდებულება:

$$P_3 = P_2 \frac{\cos(\varphi_2 + \beta')}{\cos \varphi_3} \quad (3.8)$$

სადაც β' -არის ალესვის კუთხის პროექცია და გამოითვლება ტოლობით:

$$\beta' = \arctg(\tg \beta \cos \alpha)$$

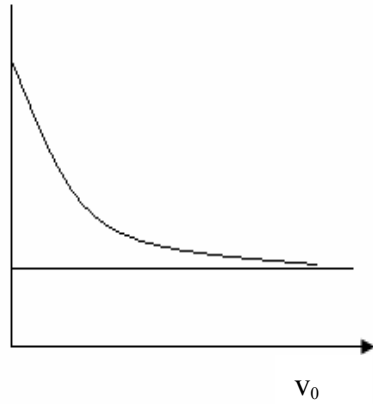
სადაც β -არის დანის ალესვის კუთხე, α -დანის დახრის კუთხე. სხვადასხვა ხახუნის კუთხეები ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$) დამოკიდებულია ხახუნის კოეფიციენტზე ღეროს შემადგენლობიდან გამომდინარე. დადგენილია, რომ ხახუნის კოეფიციენტი (φ) დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, კერძოდ ზედაპირის ხახუნის სიჩქარეზე V_b [18]. დაბალ სიჩქარეზე

φ^0

φ_{\max}

φ_{\min}

ნახ. 3.3



ხახუნის კუთხის სიჩქარეზე დამოკიდებულების გრაფიკი

ხახუნის მაღალი არის

კუთხე არის მაქსიმალური φ_{\max} , ხოლო სიჩქარის შემთხვევაში ხახუნის კუთხე მინიმალური φ_{\min} . იგი გრაფიკულად

შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგნაირად (ნახ. 3.3).

ამის საფუძველზე ხახუნის კუთხე φ გამოითვლება ფორმულებით:

$$\varphi = \varphi_{\min} + \frac{\varphi_{\max} - \varphi_{\min}}{1 + \xi V_b} \quad (3.9)$$

$$\varphi = \varphi_{\max} \left(n + \frac{1-n}{1 + \xi V_b} \right) \quad (3.10)$$

სადაც $n = \frac{\varphi_{\min}}{\varphi_{\max}}$, ξ - არის კოეფიციენტი რომელიც დამოკიდებულია ღეროს

შემადგენლობაზე.

გეომეტრიულად შეიძლება (ნახ. 3.1 და 3.2)-ის მიხედვით ვიანგარიშოთ ხახუნის სიჩქარე დანის მასალასთან შეხების დროს:

$$V_{b_1} = V(\sin \alpha - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos \alpha) \quad (3.11)$$

დანის მოქმედების ნაწილში:

$$V_{b_2} = V \left(\cos \beta \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \varphi_1} - \operatorname{tg} \varphi_2 \frac{\sin \beta \cos \alpha}{\cos \varphi_1} \right) \quad (3.12)$$

დანის კედლისათვის

$$V_{b_3} = V \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi_1} = V_x$$

სადაც: V_x - არის მასალის დეფორმაციის სიჩქარე. თუ

გავითვალისწინებთ: $\operatorname{tg} \varphi = 0,02 \varphi$ [20]. მაშინ (3.9) (3.10) ფორმულების გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\varphi_1 = \left[1 + \xi v \sin \alpha + 0,02 \xi n \varphi_{\max} v \cos \alpha - \left[(1 + \xi v \sin \alpha + 0,02 \xi n \varphi_{\max} v \cos \alpha)^2 - \right. \right.$$

$$-0,08 \cos \alpha \xi v \varphi_{\max} x(n \xi v \sin \alpha + 1)]^{\frac{1}{2}} (0,04 \cos \alpha \xi v)^{-1} \quad (3.13)$$

$$\varphi_2 = \left[1 + \xi v \cos \beta' \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi_1} + 0,02 \xi_n \varphi_{\max} v \frac{\sin \beta' \cos \alpha}{\cos \varphi_1} - \left((1 + \xi v \cos \beta' \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi_1} + 0,02 \xi_n v \varphi_{\max} \frac{\sin \beta' \cos \alpha}{\cos \varphi_1}) - 0,08 \xi v \varphi_{\max} \frac{\sin \beta' \cos \alpha}{\cos \varphi_1} (n \xi v \cos \beta' \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi_1} + 1) \right)^{\frac{1}{2}} \right] \times \\ \times (0,04 \xi v \frac{\sin \beta' \cos \alpha}{\cos \varphi_1})^{-1}] \quad (3.14)$$

$$\varphi_3 = \varphi_{\max} \left[n + (1 - n) \left(1 + \xi v \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi_1} \right)^{-1} \right] \quad (3.15)$$

განვიხილოთ ყველა ძალების პროექცია OX ღერძის მიმართ და მივიღებთ ჭრის წინაარმდეგობას OX ღერძის მიმართულებით, რომელიც გამოითვლება ტოლობით:

$$P_x = P_1 + P_2 (\sin(\varphi_2 + \beta') + \cos(\varphi_2 + \beta') \operatorname{tg} \varphi_3) \quad (3.16)$$

დავაკვირდეთ საერთო დანის მოძრაობას OX ღერძის მიმართ მასალის შეხების დაწყებიდან. X_1 მოქმედების დროს P_1 მიაღწევს კრიტიკულ მნიშვნელობას და არის ჭრის ბოლომდე მუდმივი. ჭრის დაწყება X_1 ფაზაში წარმოშობს მასალის ზემოქმედებას დანის ჭრის ზონასა და კედელზე. ამიტომ ჰორიზონტალურად შემადგენელი ძალა P_2 წარმოშობს ბოლო A წერტილს. ამ დროს წარმოიშობა ორი მომენტი M_1 და M_2 . X_2 ფაზაში $M_1 = M_2$. შემდეგ P_2 ძალა განისაზღვრება M_2 მომენტით. ამის მიხედვით შეიძლება გავარკვიოთ დანის მოქმედება ღეროსთან სამ ეტაპად. პირველი ეტაპი X_1 მეორე ($X_2 - X_1$) და მესამე ($X_3 - X_2$). ამ ფაზებში P_x იქნება P_{x1} , P_{x2} , P_{x3} [18].

$$P_{x1} = P_1 \quad (3.17)$$

$$P_{x2} = P_1 + P_2' (\sin(\varphi_2 + \beta') + \cos(\varphi_2 + \beta') \operatorname{tg} \varphi_3) \quad (3.18)$$

$$P_{x3} = P_1 + P_2'' (\sin(\varphi_2 + \beta') + \cos(\varphi_2 + \beta') \operatorname{tg} \varphi_3) \quad (3.19)$$

ამის შემდეგ განვიხილოთ ღეროს წინააღმდეგობა დანის ჭრის დროს. წარმოვადგინოთ OXY კოორდინატთა სისტემაში დანის გადაადგილება OX ღერძის მიმართ (ნახ. 3.5), რომელიც მოქმედებს $|AC| = XY$ სიგრძის ზონაში მდებარე ღეროზე.

ნახ. 3.4 დანის გადაადგილების დროს მოქმედი ძალები

ნახ. 3.5. დანის გადაადგილების დროს ღეროზე მოქმედი ძალები

განვიხილოთ დანის გადაადგილება OX ღერძის მიმართ MC მონაკვეთზე. დანის გადაადგილება ავლნიშნოთ L მანძილით. X დამოკიდებულია დანის გადაადგილებასთან L . დავამყაროთ ფუნქციონალური კავშირი L -სა და Y -ს შორის გეომეტრიული ოპერაციებით:

$$Xy = |AC| = 2|AN|; \quad |AN| = \sqrt{|O_1A|^2 - |O_1N|^2}$$

$$|OA| = \frac{1}{2}d; \quad |O_1N| = |O_1O_2| - |O_2N| = \frac{1}{2}d - y$$

$$\text{მაშინ: } AN = \sqrt{\frac{1}{4}d^2 - (\frac{1}{2}d - y)^2}$$

$$|AC| = Xy = 2\sqrt{yd - y^2} \quad (3.20)$$

დენის გადაადგილება X ღერძის მიმართ იქნება

$$X = |MC| = |NC| - (|NR| + |RM|)$$

მათემატიკურად დავაკავშიროთ მიღებული გვერდები φ_1 -კუთხესთან მივიღებთ:

$$X = \sqrt{yd - d^2} - (\frac{1}{2} - \text{tg}\varphi_1 \sqrt{Ld \cos \alpha - L^2 \cos^2 \alpha} - 4 \cos \alpha) \cos \varphi_1 - (y - y_1) \text{tg}\varphi_1 \quad (3.21)$$

როგორც ნახაზიდან ცანს დანის დატვირთვის ნაწილს შეადგენს $|SS_1|$ მონაკვეთს და დავამყაროთ ამ ნაწილსა და დანის გადაადგილებას შორის დამოკიდებულება L . კვლევების შედეგად მიღებულია [30] რომ ნახ. 3.5-ის მიხედვით:

$$y_1 = \frac{d}{2} - (\frac{d}{2} - L \cos \alpha) \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1 \sqrt{4d \cos \alpha - L^2 \cos^2 \alpha} \quad (3.22)$$

$$y_2 = \frac{d}{2} - (\frac{d}{2} - L \cos \alpha) \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1 \sqrt{4d \cos \alpha - L^2 \cos^2 \alpha} \quad (3.23)$$

OX ღერძის მიმართ განლაგებული ღერო $y = \frac{d}{2}$ გავანაწილოთ F_1 , F_2 და F_3

ნაწილად ელიფსების სახით, შემდეგი ფუნქციონალური დამოკიდებულებით:

$X_1 = f_1(y)$, $X_2 = f_2(y)$. ამ დროს დანაზე მოქმედებს ჭრის წინააღმდეგობის შემდეგი

ძალები P_{X1} , P_{X2} , P_{X3} (ნახ. 3.6) [21, 16].

ნახ 3.6. ღეროს განაწილება F_1, F_2 და F_3 ელიფსებით

ავილოთ დანის გადაადგილების ადგილები OX ღერძზე შემდეგი მონაცემების

სახით: $L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$

L_1 -ის მოძრაობის გზაზე დანაზე მოქმედებს ძალა:

$$P_{L_1} = \int_{y_1}^{y_2} P_{x_1} dy \quad L_2 - L_1 \text{ უბანზე:}$$

$$P_{L_1} = \int_y^{y_2} P_{x_1} dy \quad (3. 24)$$

$L_2 - L_1$ უბანზე;

$$P_{L_2} = \int_{y_1}^{y_3} P_{x_1} dy + \int_{y_3}^{y_4} P_{x_2} dy + \int_{y_4}^{y_2} P_{x_1} dy \quad (3. 25)$$

$L_3 - L_1$ უბანზე;

$$P_{L_3} = \int_{y_1}^{y_3} P_{x_3} dy + \int_{y_3}^{y_4} P_{x_2} dy + \int_{y_4}^{y_2} P_{x_1} dy \quad (3.27)$$

$L_4 - L_3$ უბანზე;

$$P_{L_4} = \int_{y_1}^{y_2} P_{x_3} dy$$

ჭრის წინააღმდეგობის ძალების $P_{x1}, P_{x2}, P_{x3}, P_{x4}$ პროექციები OX ღერძზე ($P_{L1}, P_{L2}, P_{L3}, P_{L4}$) შეადგენს $(\alpha - \varphi_1)$ კუთხეს. ამის შემდეგ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ჭრის წინააღმდეგობა სეგმენტის დანის ჭრის დროს ფორმულით.

$$P_{\text{ჭრ}} = \cos(\alpha - \varphi_1) \begin{cases} P_{L_1}, L \in [0, L_1] \\ P_{L_2}, L \in [L_1, L_2] \\ P_{L_3}, L \in [L_2, L_3] \\ P_{L_4}, L \in [L_3, L_4] \end{cases} \quad (3. 28)$$

დანის მოძრაობის წინააღმდეგობის ძალა [16] განისაზღვრება ტოლობით:

$$A_{\text{ჭრ}} = \int_0^{L_4} P_{\text{ჭრ}} dL \quad (3. 29)$$

მნიშვნელობების (25, 26, 27, 28) ჩასმით მივიღებთ:

$$A_{\text{ჭრ}} = \cos(\alpha - \varphi_1) \left(\int_0^{L_1} P_{L_1} dL + \int_{L_1}^{L_2} P_{L_2} dL + \int_{L_2}^{L_3} P_{L_3} dL + \int_{L_3}^{L_4} P_{L_4} dL \right) \quad (3.30)$$

დავადგინოთ ინტეგრალთა საზღვრები. ნახ. 3.6-ის საშუალებით ჩანს, რომ $L_1 + L_2$ მაშინ $y_3 = y_4$ ჩატარებული კვლევის საფუძველზე [16] მივიღებთ გამოსახულებას:

$$L_1 = \left\{ \frac{16k}{d^2} (2(1 + \sin \varphi_1) - \cos(\alpha - \varphi_1)) - \left[\frac{256}{d^4} (2(1 + \sin \varphi_1) - \cos \alpha (\alpha - \varphi_1))^2 - \frac{128}{d^3} (1 + \sin \varphi_1) \cos^2 \alpha \left(\left(\frac{4k}{d} - \alpha - \varphi_1 \right)^2 - \frac{8k(\sin \varphi_1 - \sin^2 \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \frac{d^3}{64k \cos^2 \alpha (1 + \sin \varphi_1)} \quad (3.31)$$

სადაც: k დამოკიდებულია ღეროს დეფორმაციაზე და გამოითვლება ფორმულით: [22] .

$$K = \frac{d}{2} - \frac{\sqrt{(a - cb - 1)^2 + 2c^2bd - 4} - (a - cb - 1)}{c^2b - \frac{1}{2}d} \quad (3.32)$$

სადაც:

$$a = \frac{E_1 E_2 Z_0}{(E_1 + E_2) \delta \sigma_p^0} \quad (3.33)$$

$$b = \frac{E_1 \eta V_x Z_0}{(E_1 + E_2) \delta \sigma_p^0} \left(\frac{E_2}{E_1 + E_2} - 1 \right) \quad (3.34)$$

$$c = \frac{E_1 + E_2}{\eta V_x} \quad (3.35)$$

V_x -არის დანის სიჩქარის მდგენელი (ნახ. 3.1)

$L_1 = L_2$ $Y = 0$ პირობით

$$L_2 = \frac{d(1 - \sin \varphi_1)}{2 \cos \alpha} \quad (3.36)$$

$L = L_3$; $Y = d$ პირობით მივიღებთ:

$$L_3 = \frac{d(1 + \sin \varphi_1)}{2 \cos \alpha} \quad (3.37)$$

L_4 – (ნახ. 4) -დან მივიღებთ:

$$L_4 = \frac{d}{\cos \alpha} \quad (3.38)$$

3.3 ჭრის წინააღმდეგობის გამოკვლევა სეგმენტის მოძრაობის შესაბამისად

(3.28) და (3.30) ფორმულები საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ჭრის ძალა დანის გადაადგილებით ღეროს შიგნით. გაანგარიშება უნდა შევასრულოთ ისეთი სიდიდეების გათვალისწინებით, როგორცაა ღეროს შემადგენლობა და პროცესის ტექნოლოგიური ფაქტორი.

ღეროს შემადგენლობაში შედის შემდეგი ფაქტორები: E_1 - ღეროს საწყისი დრეკადობა, E_2 - ღეროს საბოლოო დრეკადობა, η -ღეროს სიბლანტე, ღეროს დამაბულობა σ_p , ζ - ღეროს შემადგენლობის კოეფიციენტი. n -მინიმალური და

მახსიმალური ხახუნის კუთხის ფარდობა, Z_0 -ღეოს სიგრძე, φ_{\max} - ხახუნის კუთხის მაქსიმალური მნიშვნელობა. ჭრის პროცესის ტექნოლოგიური ფაქტორებია: v -დანის სიჩქარე, d -ღეროს დიამეტრი, δ -დანის სისქე. α -სეგმენტის დახრის კუთხე, β -სეგმენტის დანის ალესვის კუთხე.

ჩამოვაცალიბოთ ჭრის პროცესი მდელოს ბალახისათვის. ამისათვის უნდა დავადგინოთ ბალახის შემადგენლობა, კერძოდ, დეფორმირებული ნაწილის სიგრძე ვერტიკალური მიმართულებით. ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად $Z_0 = 0,06\sqrt{d} = 8 \cdot 0,06 = 0,48\text{მ}$ ხოლო გამოკვლევებით ხახუნის მაქსიმალური კუღხე $\varphi_{\max} = 37^\circ$ ღეროს ჭრის პროცესის დროს უნდა გავითვალისწინოთ აგრეთვე მისი ზრდის ხანგრძლივობა, ტენიანობა და სხვა აგროტექნიკური ღონისძიებანი. ამიტომ ექსპერიმენტალური კვლევა ვაწარმოოთ მდელოს ბალახის სიმწიფის პერიოდში აგროტექნიკური ღონისძიებების შესაბამისად [3].

კვლევების შედეგად დადგენილია მდელოს ბალახის შემადგენლობა შემდეგი არგუმენტებით [3].

$$E_1 = 9,98 \cdot 10^8 \text{ნ/მ}^2 \quad E_2 = 6,40 \cdot 10^8 \text{ნ/მ}^2 \quad \eta = 3,5 \cdot 10^6 \text{ნ} \cdot \text{სმ/მ}^2$$

$$\xi = 5,2 \quad n = 0,3 \quad \sigma_p = 0,4 \cdot 10^8 \text{ნ/მ}^2$$

$$\varphi_{\min} = 8,1^\circ \quad \varphi_{\max} = 34^\circ$$

გავიანგარისით ჭრის წინააღმდეგობა $V=17, 19, 22, 24$ მ/წმ სიჩქარის დროს. ტექნოლოგიური პროცესებიდან გამომდინარე $\delta = 0,001\text{მ}$, $\alpha=27^\circ$, $\beta=22^\circ$ ხოლო მდელოს ღეროს დიამეტრი სხვადასხვა სახეობების გაზომვის შედეგად მივიღეთ: 0,002 მ, 0,003 მ, 0,004 მ, 0,005 მ, 0,008 მ, 0,01 მ, 0,02 მ, 0,025 მ, 0,015 მ.

სიდიდის დალაგებით მივიღებთ:

0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,007; 0,008; 0,01; 0,015; 0,020; 0,025. გაზომვების შედეგების საშუალო არითმეტიკული იქნება:

$$\bar{h} = 0,009 \text{ მ.} \quad d = 0,009 \text{ მ.}$$

$$\left. \begin{array}{ll}
 v = 17 \text{ მ/წმ} & A_{\text{ჭრ}} = ? \\
 v = 19 \text{ მ/წმ} & A_{\text{ჭრ}} = ? \\
 v = 21 \text{ მ/წმ} & A_{\text{ჭრ}} = ? \\
 v = 23 \text{ მ/წმ} & A_{\text{ჭრ}} = ?
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 d = 0,009 \text{ მ} \\
 \delta = 0,001 \text{ მ} \\
 \alpha = 27^\circ \\
 \beta = 22^\circ
 \end{array}$$

დავადგინოთ ტექნოლოგიური პროცესების შესაძლო მნიშვნელობები:

$$\begin{array}{ll}
 d = 0,002; 0,008; 0,016; 0,024. & (0,002 - 0,24) \text{ მ} \\
 \alpha = 9^\circ, 20^\circ, 31^\circ, 42^\circ & (9^\circ - 42^\circ) \\
 \beta = 10^\circ, 22^\circ, 34^\circ, 46^\circ & (10^\circ - 46^\circ) \\
 v = 17, 19, 21, 23 & (17 - 23) \text{ მ/წმ}
 \end{array}$$

ვიანგარიშოთ ხახუნის კუთხეები φ_1 φ_2 φ_3 ფორმულებით:

$$\begin{aligned}
 \varphi_1 = & \left[1 + \xi \sin \alpha + 0,02 \xi n \varphi_{\max} v \cos \alpha - (1 + \xi \sin \alpha + 0,02 \xi n \varphi_{\max} \times v \cos \alpha)^2 - 0,08 \cos \alpha \xi \varphi_{\max} (\right. \\
 & \left. (n \xi v \sin \alpha + 1) \right)^{\frac{1}{2}} \times (0,04 \cos \alpha \xi v)^{-1} = [1 + 5,2 \cdot 17 \cdot \sin 27^\circ + 0,02 \cdot 5,2 \cdot 0,3 \cdot 34^\circ \times 17 \cdot \cos 27^\circ - \\
 & - ((1 + 5,2 \cdot 17 \cdot \sin 27^\circ + 0,02 \cdot 5,2 \cdot 0,3 \cdot 34 \cdot 17 \cos 27^\circ)^2 - 0,08 \cos 27^\circ \cdot 5,2 \cdot 17 \cdot 34 (0,3 \cdot 5,2 \cdot 17 \cdot \sin 27^\circ + \\
 & + 1))^{\frac{1}{2}} \times (0,04 \cdot \cos 27^\circ \cdot 5,2 \cdot 17)^{-1} = \left[1 + 35,3 + 16,2 - ((1 + 35,3 + 16,2)^2 - 216,4 (10,6 + 1))^{\frac{1}{2}} - \right] \cdot 3,1^{-1} = \\
 & 52,5 - (2756 - 2510,2)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{3,1} = (52,5 - \sqrt{246}) \cdot \frac{1}{3,1} = \frac{52,5 - 15,8}{3,1} = 11,8^\circ \approx 12^\circ
 \end{aligned}$$

როცა $V=17\text{მ/წმ}$ სიჩქარის დროს (3.31) მნიშვნელობების შეტანით მივიღებთ:

$$\begin{aligned}
 L_1 = & \left\{ \frac{16k}{d^2} (2(1 + \sin \varphi_1) - \cos \alpha (tg \varphi_1 + \cos \varphi_1)) - \left[\frac{256k}{d^4} (2(1 + \sin \varphi_1) - \cos (tg \varphi_1 + \cos \varphi_1))^2 - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{128k}{d^3} (1 + \sin \varphi_1) \cos^2 \alpha \left(\left(\frac{4k}{d} tg \varphi_1 \right)^2 - \frac{8k(\sin \varphi_1 - \sin^2 \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \frac{d^3}{64k \cos^2 \alpha (1 + \sin \varphi_1)} = \\
 & \left\{ \frac{16k}{0,009^2} \left(2(1 + \sin 12^\circ) - \cos 27^\circ (tg 12^\circ + \cos 12^\circ) \right) - \left[\frac{256}{0,009^4} \left(2(1 + \sin 12^\circ) - \cos 27^\circ (tg 12^\circ + \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. + \cos 12^\circ) \right)^2 - \frac{128k}{0,009^3} (1 + \sin 12^\circ) \cdot \cos^2 27^\circ \left(\left(\frac{4k}{0,009} - tg 12^\circ \right)^2 - \frac{8k(\sin 12^\circ - \sin^2 12^\circ)}{\cos 12^\circ} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \cdot \\
 & \frac{0,009^3}{64k \cdot \cos^2 27^\circ (1 + \sin 12^\circ)}
 \end{aligned}$$

$$k = \frac{d}{2} - \frac{\sqrt{(a - cb - 1)^2 + 2c^2bd - 4} - (a - cb - 1)}{c^2b - \frac{1}{2}d}$$

$$a = \frac{E_1 E_2 Z_0}{(E_1 + E_2) \delta \sigma_p^0} = \frac{9,98 \cdot 10^8 \cdot 6,4 \cdot 10^8 \cdot 0,4}{(9,98 \cdot 10^8 + 6,4 \cdot 10^8) \cdot 0,001 \cdot 0,4 \cdot 10^8} = \frac{9,98 \cdot 6,4 \cdot 0,4 \cdot 10^4}{16,3 \cdot 10^8} = \frac{9,9 \cdot 6,4 \cdot 0,4}{16,3 \cdot 10^8} =$$

$$= \frac{25,3}{163000} = 0,0001$$

$$c = \frac{E_1 + E_2}{\eta v_x} = \frac{9,9 \cdot 10^8 + 6,4 \cdot 10^8}{3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,5} = \frac{16,3 \cdot 10^8}{3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,5} = \frac{16,3 \cdot 10^8}{3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,5} = \frac{16,3 \cdot 10^2}{0,5 \cdot 3,5} = \frac{1630}{6,1} = 0,27$$

$$b = \frac{9,9 \cdot 10^8 \cdot 3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{(9,9 \cdot 10^8 + 6,4 \cdot 10^8) \cdot 0,0001 \cdot 0,4 \cdot 10^8} \times \left(\frac{6,4 \cdot 10^8}{9,9 \cdot 10^8 + 6,4 \cdot 10^8} \right) = 0,0002$$

$$k = \frac{0,009}{2} - \frac{\sqrt{(0,001 - 0,2 \cdot 0,0002 - 1)^2 + 2 \cdot 0,2^2 \cdot 0,002 \cdot 0,009 - 4 - (0,001 - 0,2 \cdot 0,0002 - 1)}}{0,2^2 \cdot 0,0002 - \frac{1}{2} \cdot 0,0009} =$$

$$= 0,0045 - 0,003 = 0,0042$$

$$L_1 = \left\{ \frac{16 \cdot 0,004}{0,009} (2(1 + \sin 12^\circ) - \cos 27^\circ (tg 12^\circ + \cos 12^\circ)) - \left[\frac{256}{0,009^4} (2(1 + \sin 12^\circ) - \right. \right.$$

$$\left. - \cos 27^\circ (tg 12^\circ + \cos 12^\circ)) \right]^2 - \frac{128 \cdot 0,004}{0,009^3} \times (1 + \sin 12^\circ) \cdot \cos^2 27^\circ \left(\frac{4 \cdot 0,004}{0,009} - tg 12^\circ \right)^2 -$$

$$\left. - \frac{8 \cdot 0,004 (\sin 12^\circ - \sin^0 12^\circ)}{\cos 12^\circ} \right\}^{\frac{1}{2}} \times \frac{0,009^3}{64 \cdot 0,004 \cdot \cos^2 27^\circ (1 + \sin 12^\circ)} = \{800(2(1 + 0,2) -$$

$$- 0,8(0,2 \cdot 0,9)) - [31,6 \cdot 10^7 (2(1 + 0,2) - 0,8(0,2 + 0,9))]^2 - \frac{128 \cdot 4 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^7} (1 + 0,2) \cdot 0,8^2 \left(\left(\frac{4,004}{0,009} - 0,2 \right)^2 - \right.$$

$$\left. \frac{8 \cdot 0,004(0,9 - 0,2^2)}{0,9} \right)^{\frac{1}{2}} \} \frac{7 \cdot 10^7}{64 \cdot 0,004 \cdot 0,8^2 (1 + 0,2)} = \{1360 - [31,6 \cdot 10^5 - 170 \cdot \frac{1}{10^4} \cdot 1,2(2,3 -$$

$$- 0,002)]^{\frac{1}{2}} \} \cdot 0,1 = (1360 - \sqrt{1849600}) \cdot 0,1 = (1360 - 1359,2) \cdot 0,1 = 0,002$$

$$L_2 = \frac{0,009(1 - \sin 12^\circ)}{2 \cdot \cos 27^\circ} = 0,004$$

$$L_3 = \frac{0,009(1 + \sin 12^\circ)}{2 \cdot \cos 27^\circ} = \frac{0,009(1 + 0,2)}{2 \cdot 0,8} = \frac{0,010}{1,6} = 0,006$$

$$L_4 = \frac{0,009}{0,8} = 0,011$$

მივიღეთ: $L_1 = 0,002$; $L_2 = 0,004$; $L_3 = 0,006$; $L_4 = 0,011$

$$P_{L_1} = \int_{y_1}^{y_2} P_{x_1} dy$$

$$y_1 = \frac{d}{2} - \left(\frac{d}{2} - L \cos \alpha\right) \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1 \sqrt{4 \cdot d \cos \alpha - L^2 \cos^2 \alpha}$$

$$y_1 = \frac{0,009}{2} - \left(\frac{0,009}{2} - 0,02 \cdot 0,8\right) \cdot 0,2 - 0,9 \times \sqrt{4 \cdot 0,009 \cdot 0,8 - 0,02^2} = 0,004 + 0,0024 - 0,9\sqrt{0,2 - 0,00025} = 0,004 + 0,0024 - 0,9\sqrt{0,1} = 0,006 - 0,9 \cdot 0,4 = 0,006 - 0,3 = -0,2$$

$$y_2 = \frac{0,009}{2} \left(\frac{0,009}{2} - 0,02 \cdot 0,8\right) \cdot 0,2 + 0,9 \sqrt{4 \cdot 0,009 \cdot 0,8 - 0,02^2} \cdot 0,8^2 = 0,004 + 0,0024 + 0,9\sqrt{0,1} = 0,006 + 0,3 = 0,3$$

$$y_3 = \left(\frac{4 \cdot 0,004}{0,009} - 0,2\right) - \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 0,004}{0,009} - 0,2\right)^2 - \frac{16 \cdot 0,004}{0,009^2} \cdot 0,002} \cdot \frac{0,009^2}{8 \cdot 0,004} = ((1,7 - 0,2) - \sqrt{2,25 - 800 \cdot 0,002}) \cdot 0,002 = (1,5 - \sqrt{2,25 - 1,6}) \cdot 0,002 = 0,001$$

$$y_4 = (1,5 + 1,6) \cdot 0,002 = 0,006$$

$$y_5 = \frac{0,009}{8 \cdot 0,004} \left(\frac{4 \cdot 0,004}{0,009} - 0,2\right) + \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 0,004}{0,009} - 0,2\right)^2 - \frac{16 \cdot 0,004}{0,009} \cdot 0,004} = 0,3((1,7 + 0,2) + \sqrt{2,25 - 0,2^2}) = 0,3(1,9 + 1,6) = 1,05$$

$$P_{L_1} = \int_{-0,2}^{0,3} P_{x_1} dy$$

გაინტეგრალების შემდეგ მივიღებთ:

$$P_{x_1} = \frac{E_1 Z_0}{E_1 + E_2} \left[E_2 \cdot \frac{x}{x_y} + \frac{\eta v_x}{x_y} \left(\frac{E_2}{E_1 + E_2} - 1 \right) (\exp(-\frac{E_1 + E_2}{\eta v_x} x) - 1) \right] dy = \frac{9,9 \cdot 10^8 \cdot 0,4}{9,9 \cdot 10^8 + 6,4 \cdot 10^8} [$$

$$[6,4 \cdot 10^8 \cdot \frac{x}{y_y} + \frac{3,5 \cdot 10^6}{0,01} - 1] (\exp(-4,6 \cdot 10^2)) dy = \frac{3,9}{16,3 \cdot 10^8} \cdot (0,1 \cdot 10^8 + 1,7 \cdot 10^8) (\exp(-4,6 \cdot 10^2)) dy =$$

$$= \frac{3,9}{16,3 \cdot 10^8} \cdot (0,1 \cdot 10^8 + 1,7 \cdot 10^8) \cdot (\exp(-4,6 \cdot 10^2)) dy = \frac{4,5 \cdot 10^8}{16,3 \cdot 10^8} = 0,8$$

$$P_{x_2} = 0,2 + 0,2(\sin(\varphi_2 + \beta) + \cos(\varphi_2 + \beta) \operatorname{tg} \varphi_3)$$

$$P_{x_3} = 0,2 + 0,4(\sin(\varphi_2 + \beta) + \cos(\varphi_2 + \beta) \operatorname{tg} \varphi_3)$$

შეიძლება მივიღოთ რომ

$$P_{L_1} = 0,8$$

$$P_{L_2} = 0,8 + P_{x_2} + 0,8$$

$$P_{L_3} = 0,2 + P_{x_2} + P_{x_2} + P_{x_3}$$

ფორმულაში მნიშვნელობების შეტანით მივიღებთ:

$$\varphi_2 = \left\{ 1 + 5,2 \cdot 17 \cdot \cos 22^\circ \frac{\cos 27}{\cos 12} + 0,02 \cdot 5,2 \cdot 0,3 \cdot 34^0 \cdot 17 \frac{\sin 22 \cdot \cos 27}{\cos 12} - \left[(1 + 5,2 \cdot 17 \cdot \cos 22^\circ \cdot \frac{\cos 27}{\cos 12} + 0,02 \cdot 5,2 \cdot 0,3 \cdot 17 \cdot \frac{\sin 22 \cdot \cos 27}{\cos 12})^2 - 0,08 \cdot 1,7 \cdot 34 \cdot \frac{\sin 22 \cdot \cos 27}{\cos 12} (0,3 \cdot 5,2 \cdot 17 \cdot \cos 22^\circ \frac{\cos 27}{\cos 12} + 1)^{\frac{1}{2}} \right] \cdot (0,04 \cdot 5,2 \cdot 17 \frac{\sin 22 \cdot \cos 27}{\cos 12})^{-1} \right\} = \left\{ 1 + 70,0 + 4,8 - [(1 + 70,7 + 0,1)^2 - 64,1(21,2 + 1)]^{\frac{1}{2}} \right\} \cdot 0,9^{-1} =$$

$$= \left\{ 76,5 - [5155 - 1423]^{\frac{1}{2}} \right\} \cdot 0,9^{-1} = (76,5 - 60,9) \cdot \frac{1}{0,9} = 17,3 \approx 17^0$$

$$\varphi_3 = \varphi_{\max} \left[n + (1 - n) \left(1 + \xi v \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi_1} \right)^{-1} \right] = 34 \left[0,3 + (1 - 0,3) \left(1 + 5,2 \cdot 17 \frac{0,8}{0,9} \right)^{-1} \right] = 34 \cdot 0,3 = 10,5^0 \approx 10^0$$

$$P_{x_2} = 0,8 + 0,8(\sin(17 + 22) + \cos(17 + 22) \operatorname{tg} 10^0) = 0,8 + 0,8(0,6 + 0,7 \cdot 0,1) = 1,3$$

$$P_{x_3} = 0,8 + 0,4(\sin 39^0 + \cos 39^0 \operatorname{tg} 10^0) = 1,4$$

$$P_{L_2} = 0,8 + 1,3 + 0,8 = 2,7$$

$$P_{L_3} = 0,8 + 0,4 + 1,4 = 2,6$$

$$P_{L_4} = 1,2$$

მაშინ: მივიღებთ $P_{\frac{3}{3},6} = 0,8 + 2,9 + 2,6 + 1,2 = 7,5$

და ჭრის ენერგია დანის მოძრაობის L ეტაპზე მიახლოებით იქნება:

$$A_{\frac{3}{3},6} = \cos(\alpha - \varphi_1) \cdot 7,5 = \cos(27 - 12) \cdot 7,5 = \cos 15^0 \cdot 7,5 = 0,9 \cdot 7,5 = 6,7 \text{ ჯოული.}$$

$$\varphi_1 = \left[1 + 5,2 \cdot 19 \sin 27^0 + 0,02 \cdot 5,2 \cdot 0,3 \cdot 34^0 \cdot 19 \cdot \cos 27^0 - \left((1 + 5,2 \cdot 19 \sin 27^0 + 0,02 \cdot 5,2 \cdot 0,3 \cdot 34^0 \cdot 19 \cdot \cos 27^0)^2 - 0,08 \cos 27^0 \cdot 5,2 \cdot 19 \cdot 34^0 (0,3 - 5,2 \cdot 19 \cdot \sin 27^0 + 1) \right)^{\frac{1}{2}} \right] \times (0,04 \cdot \cos 27^0 \cdot 5,2 \cdot 19)^{-1} =$$

$$= \left[1 + 39,5 + 16,1 - \left((1 + 39,5 + 16,1)^2 - 214 \cdot (23,7 + 1) \right)^{\frac{1}{2}} \right] \cdot (3,1)^{-1} = \left[56,6 - (3169 - 1070)^{\frac{1}{2}} \right] \cdot \frac{1}{3,1} = 10^0$$

$$\varphi_1 = 10^0$$

ხოლო $A_{\frac{3}{3},6} = \cos(\alpha - \varphi_1) \cdot 7,5 = 6,9$ ჯოული

$$v = 21 \text{ მ/წმ}$$

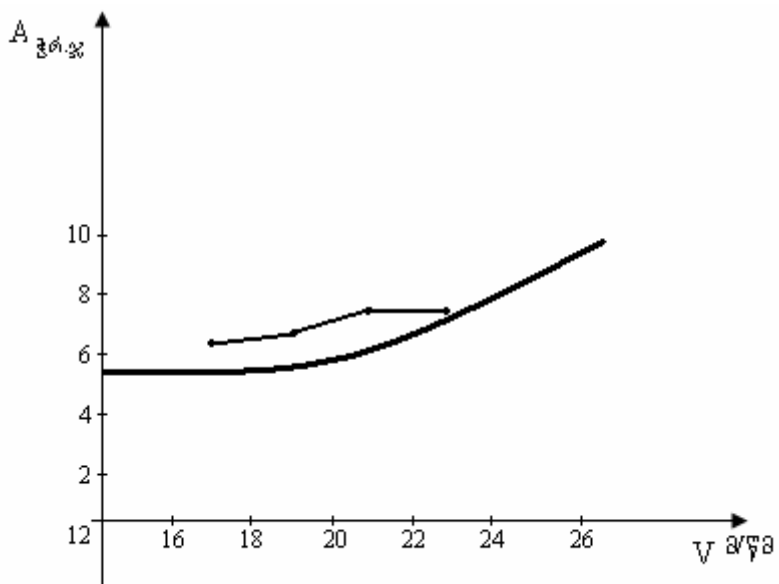
$$\varphi_1 = 9^0$$

ხოლო $A_{\frac{3}{3},6} = \cos(\alpha - \varphi_1) \cdot 7,5 = 7,1$ ჯოული

$$v = 23 \text{ მ/წმ}$$

$$A_{\frac{3}{3},6} = 7,5 \text{ ჯოული}$$

ავაგოთ სიჩქარესა V და $A_{\text{ჭრ.პ}}$ -ჭრის წინააღმდეგობას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი:



ნახ. 3.7

თავი IV.

მოტორიზირებული როტაციული მჭრელი აპარატის ძირითადი პარამეტრების განგარიშება

4.1 მჭრელი აპარატის სეგმენტებისა და ჭრის ზონის კოეფიციენტის ანგარიში როტაციული მჭრელი აპარატი წარმოადგენს, ხელის მოტორიზირებული სათიბელას ძირითად სამუშაო ორგანოს, მბრუნავ დისკოზე დამაგრებული მჭრელი - სეგმენტებით. მანქანის გადაადგილებასთან ერთად ბრუნვით მოძრაობას ასრულებს სეგმენტიანი დისკო და თითოეული სეგმენტის მჭრელი პირის ნებისმიერი წერტილი შემოსწერს ტრახოიდას და ჭრას უსაყრდენოდ ახდენს.

ცხადია, რომ 1 სეგმენტის კიდურა წერტილების მოძრაობის (ნახ. 4.1) განტოლებები იქნება:

$$X_a = r \cos(\omega t + \alpha) \quad (4.1)$$

$$Y_a = V_\partial t + r \sin(\omega t + \alpha) \quad (4.2)$$

$$X_b = R \cos \omega t \quad (4.3)$$

$$Y_b = V_\partial t + R \sin \omega t \quad (4.4)$$

სადაც: V_∂ – არის მანქანის გადაადგილების სიჩქარე.

α – ცენტრალური კუთხე R და r რადიუსებს შორის.

(2) მეორე სეგმენტის კიდურა წერტილის მოძრაობის განტოლება იქნება:

$$X_d = r \cos(\omega t + \partial - \alpha) \quad (4.5)$$

$$Y_d = V_\partial t + r \sin(\omega t + \partial - \alpha) \quad (4.6)$$

$$X_e = R \cos(\omega t - \alpha) \quad (4.7)$$

$$Y_e = V_\partial t + R \sin(\omega t - \alpha) \quad (4.8)$$

ნახ. 4.1. როტაციული აპარატი

სადაც α -არის ორ მეზობელ სეგმენტებს შორის მოთავსებული კუთხეა. [30].

(4.1) (4.2) (4.3) (4.40) განტოლებების გადიფერენციალებით მივიღებთ სეგმენტის წერტილის აბსოლუტურ სიჩქარეს:

$$V_a = \sqrt{\left(\frac{d_{xa}}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d_{ya}}{dt}\right)^2} = \sqrt{r^2 \omega^2 2v_\theta w r \cos(\omega t + \alpha) + v_\theta^2} \quad (4.9)$$

მაქსიმალური იქნება სიდიდე როცა:

$$\omega t + \alpha = 2\pi k$$

სადაც: $k = 0, 1, 2, \dots$

$$V_{a \max} = r q + v_{\partial}$$

მინიმალური იქნება სიჩქარე როცა:

$$w t + \alpha = \pi - 3 \pi k \quad (4.12)$$

აქედან

$$V_{a \min} = r w - v_{\partial} \quad (4.13)$$

ასეთი ჭრისათვის უნდა იყოს პირობა

$$V_{a \min} = r w - v_{\partial} > v_{\text{კრ}} \quad (4.14)$$

$v_{\text{კრ}}$ - არის მინიმალური მნიშვნელობა სიჩქარისა, რომელიც აუცილებელია უსაყრდენო ჭრისათვის. ამ განტოლებიდან შეგვიძლია განვსაზღვროთ აუცილებელი კუთხური სიჩქარე.

$$W > \frac{V_{\text{კრ}} + V_{\partial}}{r} \quad (4.15)$$

ღეროების ნორმალური ჭრისათვის საჭიროა დაისვას პირობა:

$$BD \leq AD$$

პირობა იქნება მართებული თუ $BD = AD$ და 1 სეგმენტის α კუთხით შემობრუნებისას მანქანა გადაადგილდება სეგმენტის სიმაღლის - h ტოლი სიდიდით: ამ მოსაზრებიდან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$h = V_{\partial} t \quad (4.16)$$

$$t = \frac{\alpha}{w} \quad (4.17)$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{m} \quad (4.18)$$

სადაც: m არის სეგმენტების რიცხვი ერთ დისკოზე.

ჩატარებული სამუშაოს შედეგად დადგინდა მჭრელი აპარატის ზოგიერთი ძირითადი პარამეტრი:

სეგმენტის სიმაღლე $h = 60 \text{ მმ} = 0,006$

დისკოდ დიამეტრი $Dr = 0,5 \text{ მ}$

ჭრის კრიტიკული სიჩქარე $V_{\text{კრ}} = 7 \text{ მ/წმ}$

სამუშაო სიჩქარე $V_i = 3 \cdot 7 = 21 \text{ მ/წმ}$

ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე ვიანგარიშით აპარატის კუთხური სიჩქარე ფორმულით:

$$W = \frac{V_i - V_\partial}{r} \quad (4.19)$$

სადაც: V_i -არის სამუშაო სიჩქარე ($V_i = 21$ მ/წმ)

V_∂ – მანქანის მაქსიმალური სიჩქარის

შესაბამისი სიჩქარე.

ხელის მოტორიზირებული როტაციული მჭრელი სათიბელას სიჩქარე კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ 1 მ სიგრძის მანძილი გაიცელა საშუალოდ 3-6 წმ-ის შემდეგ, მაშინ მანქანის სიჩქარე გამოითვლება მოსაზრებიდან:

$$V_\partial = 0,3 \text{ მ/წმ}$$

შევიტანოთ მნიშვნელობები (4.19) ფორმულაში მივიღებთ:

$$W = \frac{21 \text{ მ/წმ} - 0,3 \text{ მ/წმ}}{0,25 \text{ მ/წმ}} = \frac{20,7 \text{ მ/წმ}}{0,25 \text{ მ}} = 82,8 \text{ წმ}$$

სეგმენტების აუცილებელი რაოდენობა იანგარიშება ტოლობით [31]

$$m = \frac{2\pi v_\partial}{hw} \quad (4.20)$$

სადაც: v_∂ – არის მანქანის გადაადგილების სიჩქარე.

w – აპარატის კუთხური სიჩქარე.

შევიტანოთ მნიშვნელობები (4.20) ფორმულაში მივიღებთ:

$$m = \frac{2\pi \cdot v_\partial}{hw} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,3 \text{ მ/წმ}}{0,006\text{მ} \cdot 82,8 \text{ 1/წმ}} = \frac{8,16 \text{ მ/წმ}}{4,72 \text{ მ/წმ}} = 1,8 \approx 2$$

აპარატის ერთი სრული მობრუნების დრო შეიძლება გავოთ ორ ფაზად: ჭრისა და უქმი სვლის ფაზად. 180° -ზე ჭრის ფაზაა, მეორე 180° -ზე კი უქმი სვლის ფაზა. ჭრის ფაზის განმავლობაში სეგმენტი მოჭრის abb_1a_1 ფართობებს (ნახ. 4.1), რომელსაც ეწოდება ჭრის ზონის ფართობი. ორი მეზობელი სეგმენტის მოჭრილმა ფართობებმა ერთმანეთი უნდა გადაფარონ. ჭრის რეჟიმის პარამეტრების დახასიათებისათვის შემოვიტანოთ სიდიდე ჭრის ზონის გამოყენების კოეფიციენტი $K_{ჭრ.ზ.}$ რომელიც იანგარიშება [30] ტოლობით:

$$K_{\text{ჭრ.ზ.}} = \frac{F_{\text{ჭ}} - F'}{F_{\text{ჭ}}} \quad (4.21)$$

სადაც: $F_{\text{ჭ}}$ – არის ჭრის ზონის ფართობი

F' – არის ორი მეზობელი სეგმენტის ჭრის

ზონების გადაფარვის ფართობი

ჭრის ზონის ფართობი შეიძლება ვიანგარიშოთ მიახლოებითი გამოთვლებით, ამიტომ ჭრის ზონის გამოყენების ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$K_{\text{ჭრ.ზ.}} \approx \frac{4RV_{\phi}\alpha}{\pi hw(R-r)} \quad (4.22)$$

სადაც: R – არის დოსკოსა და დანის

შემოწერვის რადიუსი;

r – არის დისკოს რადიუსი;

w – არის მჭრელი აპარატის კუთხური

სიჩქარე, $w = (79 \text{ წმ}^{-1})$

α – არის ორ მეზობელ სეგმენტს

შორის მოთავსებული კუთხე.

ჩვენ შემთხვევაში მჭრელი აპარატის გაზომვის შედეგებით მივიღეთ:
 $r = 0,25 \text{ მ}$; $R = 0,25 \text{ მ} + 0,06 \text{ მ} = 0,31 \text{ მ}$

გამოთვლებით მივიღეთ, რომ $w = 79 \text{ წმ}^{-1}$. ორ მეზობელ სეგმენტს შორის კუთხე გაზომვით მივიღეთ რომ შეადგენს 130° -ს.

შემოვიტანოთ აღნიშვნები შემდეგი სახით:

$$\frac{r}{R} = \lambda, \quad R - r = h \quad (4.23)$$

მნიშვნელობების შეტანით მივიღებთ:

$$\lambda = \frac{r}{R} = \frac{0,25 \text{ მ}}{0,31 \text{ მ}} = 0,8$$

$$h = R - r = 0,06 \text{ მ}$$

ამ მითითებების შემდეგ ჭრის ზონის გამოყენების ფორმულა მიიღებს შემდეგს:

$$K_{\text{კრ.ხ.}} = \frac{4V_e \alpha}{\pi h^2 w(1-\lambda)} \quad (4.24)$$

შევიტანოთ მნიშვნელობები (58) ფორმულაში მივიღებთ:

$$K_{\text{კრ.ხ.}} = \frac{4 \cdot 1,3 \text{ მ/წმ } 130^0}{3,140,06 \text{მ}^0 \cdot 79 \text{წმ}^{-1} (1-0,8)} = \frac{676 \text{ მ/წმ}}{0,89 \text{ მ/წმ} \cdot 0,2} = \frac{676 \text{ მ/წმ}}{0,1 \text{ მ/წმ}} = 6760$$

ჭრის გამოყენების კოეფიციენტი შეადგენს 5760 რაც შესაძლებელს ხდის სრულად გამოვიყენოთ სეგმენტის მჭრელი პირი.

4.2. მჭრელი აპარატის ზამბარის გაანგარიშება

ერთ-ერთ საპასუხისმგებლო საქმეს მჭრელი აპარატის მუშაობის დროს წარმოადგენს დიდი სიჩქარით მჭრელი დანების წრიული მოძრაობით გამოწვეული მუშაობა, რომლის დროს უძრავი სხეულების შეხებისას სეგმენტებმა შეიძლება გამოიწვიოს გატეხვა ან დაზიანება. ამ მიზნით ხელის მოტორიზირებული როტატიული სათიბელას მჭრელ აპარატზე დაყენებული დანები მოვათავსოთ ერთო ბოლოთი მოძრავი დამაგრებებით, ხოლო მეორე ბოლოთი მიუერთოთ ზამბარას. ზამბარა კი დამაგრებულია დისკოს ნაწილზე. მძიმე სხეულების მიყოლის დროს ზამბარა გადააჭარბებს მის მდგომარეობას, გაიჭიმება და მჭრელი დანა შემობრუნდება გარკვეული კუთხით, რაც საშუალებას მოგვცემს მჭრელმა აპარატმა გააკეთოს უქმი სვლა. ეს კი ამცირებს საშიშროების რისკს და უზრუნველყოფს მჭრელი პირების შედარებით საიმედო მუშაობას.

აღნიშნული ზამბარა განვიხილოთ დაჭიმულობისა და დაწოლის მუდმივი ძალის შესაქმნელად მანქანებსა და ხელსაწყოების დეტალებს შორის. ჩვენ შემთხვევაში გამოიყენება როგორც ვიბროიზოლაციის საშუალება ოპერატორსა და მანქანას შორის.

კონსტრუქციის მიხედვით ზამბარები შეიძლება იყოს: ხრახნული, ცილინდრული და ერთძარღვიანი. ექსპერიმენტალური მუშაობის დროს კარგი შედეგი აჩვენა ხრახნულმა ზამბარამ. იგი დამზადებულია მრგვალი განივკვეთის ფოლადის მავთულისაგან. დამზადებული ზამბარის მასალად გამოყენებულია მაღალნახშირბადიანი ფოლადი 75. მჭრელი აპარატის მუშაობის დროს ხდება დანების შემობრუნება გარკვეული კუთხით, რაც მოასწავებს იმას, რომ ხდება დამაგრებული ხრახნული ზამბარის გაჭიმვა გარკვეულ სიდიდეზე. განიხილება ცილინდრული ზამბარის ძირითადი გეომეტრიული პარამეტრები [32]

d – მავთულის დიამეტრი, D_0 და D – ზამბარის გარე და საშუალო დიამეტრები, $C = D/d$ – ზამბარის ინდექსი. t – ზამბარის ბიჯი, α – ხვიების აწევის კუთხე, L_0 – ზამბარის საშუალო სიგრძე. ზამბარის დამყოლობის გაზრდის მიზნით C – ინდექსს ღებულობენ რაც შეიძლება მეტს და პრაქტიკულად $C = 4 \dots 12$. ამ ინდექსის აღება შეიძლება მავთულის დიამეტრისაგან დამოკიდებულებით.

d მმ	$< 2,5$	$3 \dots 5$	$6 \dots 12$
C	$5 \dots 12$	$4 \dots 10$	$4 \dots 9$

ზამბარის F გაჭიმვის ძალა აპარატის მუსაობის დროს მეტი უნდა იყოს ღეროს წინაარმდეგობის ძალაძე, რადგან ჭრა აუცილებელად განხორციელდეს პირობით $F_{ჭრ} > F$ თუ $F_{ჭრ} < F$ ძალაზე ამ შემთხვევაში ხდება მჭრელი დანის შემობრუნება და აპარატის უქმი სვლა. ზამბარის გაჭიმვის დროს აღმოცენებული F ძალა წარმოშობს ზამბარის ღერძული სახის გასწვრივ მომენტს [32], რომელიც გამოითვლება მოსაზრებიდან

$$\mu = F \frac{\phi}{2} \quad (4.25)$$

F ძალა ნახ. 4.2-იდან დავშალოთ F_1 და F_2 მდგენელებად

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= F \cos \alpha \\ F_2 &= F \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (4.26)$$

ზამბარის ხვიის ღერძული ხაზის გასწვრივ აღმოცენდება მგრები და მლუნავი მომენტები შესაბამისად T, μ .

$$\left. \begin{aligned} T &= FE \cos \frac{\alpha}{2} \\ \mu_g &= FD \sin \frac{\alpha}{2} \end{aligned} \right\} \quad (4.27)$$

პრაქტიკულად დადგენილია, რომ ზამბარის სიხისტეზე ანგარიშობენ მხოლოდ T მომენტს. თუ მივიღებთ მიახლოებით $\cos \alpha = 1$ მაშინ

ნახ. 4.2 ზამბარა

$$T = \mu = F \frac{D}{2} \quad (4.28)$$

ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე შეიძლება ვიანგარიშოთ მრგვალი განივკვეთისაგან დამზადებული ზამბარის გაჭიმვის მაქსიმალურ ძაბვა ფორმულით:

$$r = 8KFD / \pi d^3 \quad (4.29)$$

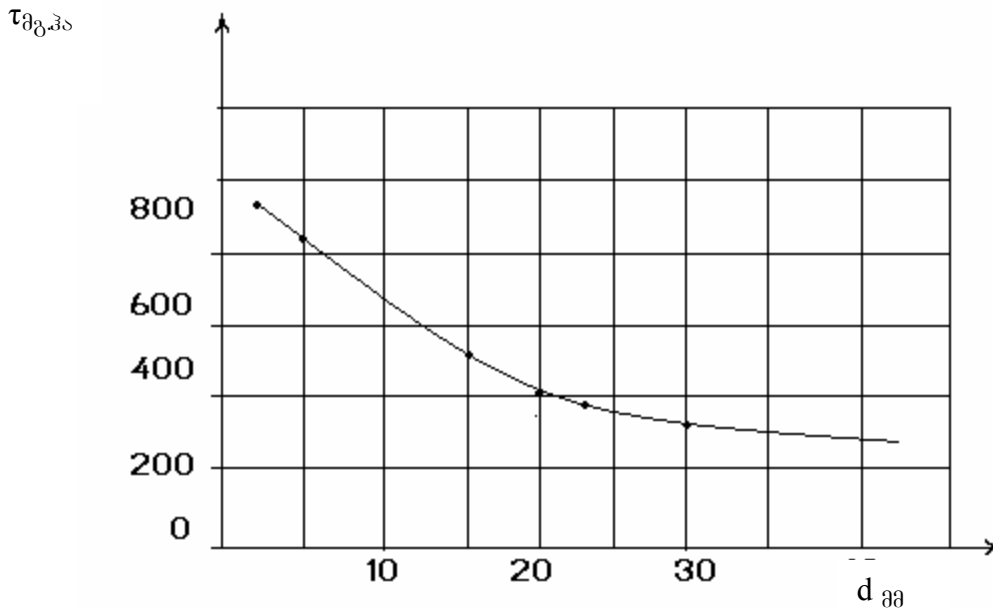
სადაც: τ – ძაბვა ზამბარის კუმშვის დროს;

K – ხვიების სიმრუდის და განივი ძალის

ძაბვაზე გავლენის კოეფიციენტი;

F – მაქსიმალურად გამჭიმი ძალა.

დასაშვები ზაბვა გამოანგარიშებისა და კვლევების საფუძველზე [33] ზეთში ნაწრთობი ნახშირბადიანი ფოლადის შემთხვევაში წარმოდგენილია შემდეგი გრაფიკით.



ნახ. 4.3. ძაბვასა და დიამეტრს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი

ვაწარმოთ ზამბარის საპროექტო გაანგარიშება. მავთულის დიამეტრი ვიანგარიშოთ ფორმულით:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{KCF}{\tau}} \quad (4.30)$$

სადაც: C – არის ზამბარის დამყოლობა $C = 5$

K – კოეფიციენტი ზამბარის ინდექსის;

შესაბამისად ($K = 1,29$);

F – მაქსიმალური გაჭიმვის ძალა;

τ – მაქსიმალური საანგარიშო ძაბვა.

ზამბარის საშუალო D დიამეტრი და გარე $D_{\text{გ}}$ დიამეტრი განისაზღვრება ტოლობით:

$$\left. \begin{aligned} D &= cd \\ D_{\text{გ}} &= D + d \end{aligned} \right\} \quad (4.31)$$

ჭრის წინააღმდეგობის ძალა, როგორც გამოკვლევებიდან ჩანს $\sigma_p = 0,4 \cdot 10^8 \text{ ნ/მ}^2$ წინააღმდეგობის ძალა შეგვიძლია გადავიყვანოთ პასკალებში [34] შემდეგნაირად:

$$\sigma_p = 0,4 \cdot 10^8 \text{ ნ/მ}^2 \approx 400 \text{ მ.პა}$$

წინააღმდეგობა, როდესაც გადააწარბებს 400 მ.პა ძაბვას ამ სემთხვევაში ზამბარამ უნდა გაიჭიმოს და მჭრელი პირი შემოტრიალდეს, რათა მოახდინოს მჭრელმა აპარატმა უქმე სვლა.

მჭრელ დანაზე მოქმედი ძალის შემთხვევაში როცა ღეროს დამაბულობა შეადგენს დაახლოებით 400 მ.პა ზამბარის ღეროს დიამეტრი უნდა ავიღოთ გრაფიკის თანახმად

$$d = 1,7 \text{ მმ.}$$

ღეროს დამაბულობას თუ გავზრდით 2-ჯერ მივიღებთ სავარაუდო ზამბარის ღეროს დიამეტრს.

$$\sigma_p = 400 \cdot 2 \text{ მ.პა} = 800 \text{ მ.პა}$$

800 მ.პა.-ის შემთხვევაში ღეროს დიამეტრი შეესაბამება $d = 3 \text{ მმ}$

ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე ზამბარის საშუალო დიამეტრი იანგარიშება ტოლობით:

$$D = c \cdot d = 5 \cdot 3 = 15 \text{ მმ}$$

ხოლო ზამბარის გარე დიამეტრი იანგარიშება ტოლობით:

$$D_8 = D + d = 15 + 3 = 18 \text{ მმ}$$

ზამბარაზე მოქმედებს შემდეგი ძალები: წინასწარი დეფორმაციის F_1 , მუშა დეფორმაციის F_2 და მაქსიმალური დეფორმაციის F_3 . ხოლო $F = F_3$.

მუშა დეფორმაციის დროს ზამბარის ძალა

$$F_2 = 2 \cdot 7 \text{ ჯოჯულს} = 14 \text{ ჯ.} = 14 \text{ ნ/მ}$$

$$F_1 = 0,5 \cdot 14 \text{ ნ/მ} = 7 \text{ ნ/მ}$$

$$F_3 = 1,6 \cdot F_2 = 1,6 \cdot 14 = 22,4 \text{ ნ/მ}$$

ზამბარის სიხისტე იანგარიშება ტოლობით:

$$C = (F_2 - F_1) / h \quad (4.32)$$

სადაც: h – არის ზამბარის მუშა სვლა.

h – ზამბარის მუშა სვლა მანქანის მჭრელი აპარატის მექანიზმიდან გამომდინარე შეადგენს $h = 6 \text{ სმ}$. შევიტანოთ მნიშვნელობები (4.32) ფორმულაში მივიღებთ:

$$C = \frac{(14 \text{ ნ/მ} - 7 \text{ ნ/მ})}{0,06 \text{ მ}} = \frac{7}{0,06} = 116$$

ზამბარის ერთი ხვიის სიხისტე იანგარიშება ტოლობით:

$$C_1 = \frac{Gd}{8C^3} \quad (4.33)$$

სადაც: G – არის ზამბარის მავთულის მასალის ძვრის მოდული ფოლადის ზამბარისათვის ($G = 80000 \text{ მ.პა.}$) აქედან (4.33) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$C_1 = \frac{10^4 d}{C^3} = \frac{10^4 \cdot 3}{4^3} = \frac{3 \cdot 10^4}{4^3} = \frac{30000}{64} = 468$$

ზამბარის მუშა ხვიათა რიცხვი იანგარიშება ტოლობით:

$$n = \frac{C_1}{C} = \frac{468}{116} = 4,03 \approx 4$$

ხვიათა სრული რიცხვი იანგარიშება ფორმულით:

$$n_1 = n + n_2 \quad (4.34)$$

სადაც: n_2 – არის საყრდენი ხვიების რიცხვი

$$(n_2 = 1,5 \dots 2)$$

შევიტანოთ მნიშვნელობები მივიღებთ:

$$n_1 = 4 + 2 = 6$$

ზამბარის დეფორმაცია იანგარიშება ტოლობით:

$$\lambda = \frac{F}{C} \quad (4.35)$$

სადაც: F – არის ზამბარის დაჭიმულობის

ძალა;

C – ზამბარის სიხისტე.

(4.35) ფორმულაში თუ შევიტანოთ F_1 F_2 F_3 ძალის მნიშვნელობებს მივიღებთ:

წინასწარი დეფორმაცია:

$$\lambda_1 = \frac{7 \text{ ნ.მ.}}{116} = 0,06 \text{ ნ.მ.}$$

მუშა დეფორმაცია:

$$\lambda_2 = \frac{14,4 \text{ ნ.მ.}}{116} = 0,12 \text{ ნ.მ.}$$

მაქსიმალური დეფორმაცია:

$$\lambda_3 = \frac{22,4}{116} = 0,19 \text{ ნ.მ.}$$

დაუტვირთავ მდგომარეობაში ზამბარის ბიჯი იანგარიშება ტოლობით:

$$t = d = 3 \text{ მმ.} \quad (4.36)$$

ზამბარის სიმაღლე მაქსიმალური დეფორმაციის დროს იანგარიშება ტოლობით:

$$L_3 = (n_1 + 1 - n_3)d \quad (4.37)$$

სადაც: n_1 – არის ხვიათა სრული რიცხვი

$$(n_1 = 6)$$

n_3 – გახეხილი ხვიების რიცხვი

$$(n_3 = 0)$$

შევიტანოთ მნიშვნელობები (4.37) ფორმულაში მივიღებთ:

$$L_3 = (6 + 1 - 0) \cdot 3 = 21 \text{ სმ} = 0,21 \text{ მ.}$$

ზამბარის სიმაღლე თავისუფალ მდგომარეობაში იანგარიშება ტოლობით:

$$L_0 = \frac{(n_1 + 1)}{d} \quad 94.38)$$

შევიტანოთ მნიშვნელობები ფორმულაში, მივიღებთ:

$$L_0 = \frac{6 + 1}{3} = \frac{7}{3} = 2,3 \text{ მმ.}$$

თავი V

ხელის მოტორიზირებული როტაციული მჭრელი სათიბელას ექსპერიმენტული გამოკვლევა ლაბორატორიული და საველე ცდებით

5.1. თიბვის პროცესზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორების განხილვა

მანქანის ექსპერიმენტული გამოკვლევების მიზანია ჩატარდეს ლაბორატორიული და საველე გამოცდები, რადგან დავადგინოთ მანქანის მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმები აგროტექნიკური მოთხოვნების გათვალისწინებით. მანქანის ოპტიმიზაცია ნიშნავს თიბვის ტექნოლოგიურ პროცესზე მოქმედი ფაქტორების კონსტრუქციული და საექსპლოატაციო პარამეტრების დადგენას. ამ ამოცანის გადაწყვეტისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ მრავალფაქტორიანი ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდი. ჩავატაროთ ექსპერიმენტები თუ რა ფაქტორები მოქმედებს მანქანის მუშაობის დროს უშუალოდ თიბვის პროცესზე და შემდგომი მუშაობით უნდა დადგინდეს მანქანის საექსპლოატაციო მაჩვენებლების გავლენა მანქანის მიერ სამუშაოს შესრულებაზე.

ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაცია ითვალისწინებს აგრეთვე ისეთ პროცესს, რომლის დროსაც მუშაობის პროცესი უნდა ხორციელდებოდეს ენერჯისა და ძალის ნაკლები დანახარჯებით. ამ ამოცანის გადაწყვეტა არის თეორიულად

ძალიან რთული, ამიტომ მისი შესაძლო განხილვა შეიძლება ვაწარმოოთ ექსპერიმენტალური მეთოდების საშუალებით.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტა, როგორც ავლნიშნეთ შესაძლებელია მრავალფაქტორიანი მათემატიკური დაგეგმვის მეთოდით [35]. ამის საფუძველზე ხდება მათემატიკური მოდელირების მიახლოება. მათემატიკური მოდელირების შემადგენლობის განხილვა მოიცავს შემდეგ ოპრაციებს.

1. ტექნოლოგიური ჭრის პროცესების შესწავლა;
2. ოპტიმალური პარამეტრების აღება და მასზე მოქმედი ფაქტორების ვარირება;
3. ექსპერიმენტალური დაგეგმვის მათემატიკური მოდელირება;
4. ადეკვატურობის შემოწმება.

თიბვის ოპერაციის შესრულებაზე მოქმედებს შემდეგი ძირითადი ფაქტორები:

1. მანაქანის სიჩქარე V_a ;
2. მჭრელი აპარატის კუთხური სიჩქარე W ;
3. ღეროების რაოდენობა 1 მ-ის მანძილზე N ;
4. მოდების განი B .

ამ ელემენტების შერჩევით ხდება მრავალი ამოცანის გადაწყვეტა თიბვის დროს [36], რადგან ოპერაცია დამოკიდებულია ზემოთჩამოთვლილ ფაქტორებზე

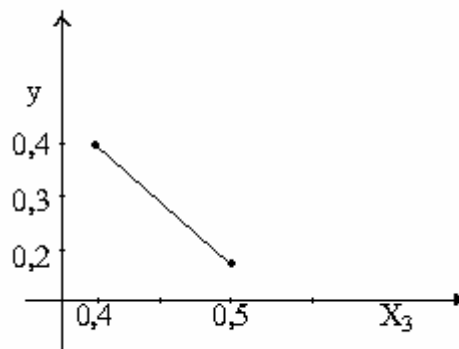
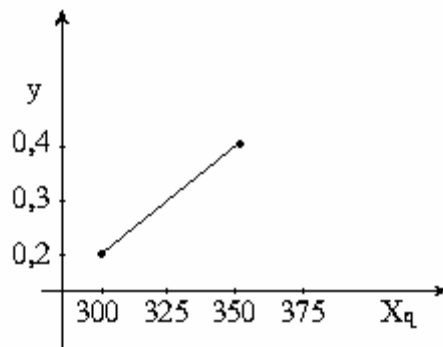
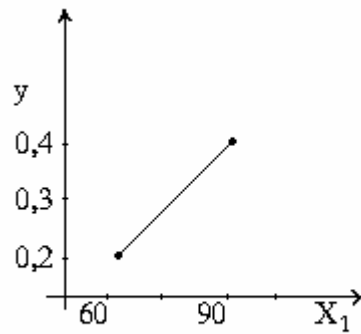
გამოკვლევები ჩავატაროთ შემდეგი ზონებით:

1. ძირითადი ანუ ნულოვანი ზონა (0);
2. მაღალი დონის ფაქტორი (+1);
3. დაბალი დონის ფაქტორი (-1);
4. უმაღლესი დონის ფაქტორი (+2)
5. უდაბლესი დონის ფაქტორი (-2).

5.2. ძირითადი ფაქტორების ექსპერიმენტალური გამოკვლევა

თიზვის პროცესის ოპტიმიზაციისათვის ავიღოთ მანქანის სიჩქარის დამოკიდებულება შემდეგი პარამეტრების მიმართ.

$Y = f(W, N, B)$ ავავოთ მოცემული დამოკიდებულების გრაფიკი ცალკე-ცალკე.



ნახ. 5.1. სიჩქარის დამოკიდებულება W, N და B პარამეტრების მიმართ.

ვარიანების ინტერვალის წარმოვადგინოთ შემდეგი ცხრილით:

ცხრილი 5.1.

ფაქტორები		მანქანის სიჩქარე მ/წმ	აპარატის კუთხური სიჩქარე წმ ⁻¹	ღეროების რაოდენობა 1 მ-ში ც.	მოდების განი მ.	კოდირებული ღონის მნიშვნელობა
აღნიშვნა	რეალური	v_0	w	N	B	
	კოდირებული	Y	X_1	X_2	X_3	
ფაქტორების რეალური ღონე	ზედა ღონე	0,4	90	350	0,5	+1
	ძირითადი ღონე	0,3	80	325	0,45	0
	ქვედა ღონე	0,2	70	300	0,45	-1
	ვარიანების ინტერვალის	0,1	10	25	0,05	

უმცირესი კვადრატების მეთოდით ექსპერიმენტი ითვალისწინებს გამოკვლევას შემდეგი ფორმულით:

$$S = \sum_{k=1}^n [y_k - f(x)]^2 \quad (5.1)$$

სადაც: y_k – არის ექსპერიმენტალური ფუნქცია,

$f(x)$ – არის საძიებელი ფუნქცია.

გამოკვლევით დადგინდა, რომ ამ ფუნქციებს შორის დამოკიდებულება შეიძლება ვაწარმოოთ ფორმულით:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (5.2)$$

ამოცანა მდგომარეობს გავიგოთ b_0 b_1 b_2 b_3 მუდმივი სიდიდეები.

ამისათვის (5.1) ფორმულის საშუალებით შეიძლება დავწეროთ:

$$S = \sum [y - (b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_0)]^2 \rightarrow \min$$

თუ b_0 b_1 b_2 b_3 -ის მიმართ კერძო წარმოებულებებს გაუტოლებს ნულს მივიღებთ შემდეგ განტოლებებს:

$$\begin{cases} \frac{d}{db_1} = 2 \sum \{-x_1[y - b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_0]\} = 0 \\ \frac{d}{db_2} = 2 \sum \{-x_2[y - b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_0]\} = 0 \\ \frac{d}{db_3} = 2 \sum \{-x_3[y - b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_0]\} = 0 \\ \frac{d}{db_4} = 2 \sum \{-x_4[y - b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_0]\} = 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

გამარტივების შედეგად მივიღებთ შემდეგ სისტემას:

$$\begin{cases} \sum yx_1 - b_1 \sum x_1^2 - b_2 \sum x_1x_2 - b_3 \sum x_1x_3 - b_0 \sum x_1 = 0 \\ \sum yx_2 - b_1 \sum x_1x_2 - b_2 \sum x_2^2 - b_3 \sum x_3x_2 - b_0 \sum x_2 = 0 \\ \sum yx_3 - b_1 \sum x_1x_3 - b_2 \sum x_2x_3 - b_3 \sum x_3^2 - b_0 \sum x_3 = 0 \\ \sum y - b_1 \sum x_1 - b_2 \sum x_2 - b_3 \sum x_3 - nb_0 = 0 \end{cases} \quad (5.3)$$

სადაც: $n=9$ (გამოცდათა რიცხვი)

ვიანგარიშით $\{(y, yx_1, yx_3, x_1, x_1^2, x_1x_2, x_1x_3, x_2^2, x_2x_3, x_3, x_3^3)\}$ ცხრილის სახით (ცხ.

5.3)

ექსპერიმენტთა დაგეგმვის მატრიცა წარმოვადგინოთ ცხრილი 5.2-ის სახით.

ცხრილი 5.2.

1	ექსპერიმენტთა დაგეგმვის მატრიცა				მატრიცის მნიშვნელობები			
	y	x ₁	x ₂	x ₃	y _i	x _{1i}	x _{2i}	x _{3i}
1	0	-1	+1	+1	0,30	71	312	0,47
2	+1	0	-1	-1	0,35	82	340	0,42
3	+1	+1	0	+1	0,36	87	321	0,46
4	-1	+1	0	-1	0,25	83	327	0,43
5	0	-1	0	0	0,31	77	305	0,44
6	-1	-1	+1	+1	0,22	76	341	0,47
7	-1	+1	-1	-1	0,26	84	324	0,41
8	+1	0	+1	+1	0,33	81	335	0,49
9	0	-1	+1	+1	0,29	78	318	0,46

ცხრილი 5.3.

დამხმარე მნიშვნელობები														
ცდობ 1	Y_i	X_{1i}	X_{2i}	X_{3i}	$X_{1i}X_{2i}$	$X_{1i}X_{3i}$	$X_{2i}X_{3i}$	X_{1i}^2	X_{2i}^2	X_{3i}^2	Y_iX_{1i}	Y_iX_{2i}	Y_iX_{3i}	$-y$
1	0,30	71	312	0,47	22152	33,37	146,6	5041	97344	0,22	21,3	93,6	0,14	0,22
2	0,35	82	340	0,42	27880	34,44	142,8	6724	115600	0,17	28,7	119	0,14	0,26
3	0,36	87	321	0,46	27927	40,02	147,66	7569	103041	0,21	31,2	115,5	0,16	0,29
$\sum_{i=1}^3$	101	240	973	1,35	77959	107,8	435,66	19334	315985	0,60	81,32	328,16	0,44	-
4	0,25	83	327	0,43	27141	35,69	140,6	6889	106929	0,18	20,7	81,75	0,10	0,30
5	0,31	77	305	0,44	23485	33,88	134,2	5929	93025	0,19	23,8	94,55	0,13	0,31
6	0,22	76	341	0,47	25916	35,72	160,2	5776	116281	0,22	16,72	75,02	0,10	0,33
$\sum_{i=4}^6$	0,78	236	973	1,34	76542	105,29	435,07	18594	316235	0,59	61,22	251,27	0,33	0,94
7	0,26	84	324	0,41	27216	34,44	132,8	7056	104976	0,16	21,84	84,24	0,10	
8	0,33	81	335	0,48	27135	39,69	164,1	6561	112225	0,24	26,73	110,55	0,16	
9	0,29	78	318	0,46	24804	35,88	146,2	6084	101124	0,21	22,62	92,22	0,13	
$\sum_{i=6}^9$	0,88	243	977	1,36	79074	110,01	443,18	19701	318325	0,61	71,19	286,96	0,39	
$\sum_{i=1}^9$	2,67	719	2923	4,05	233575	323,13	1313,91	57629	950545	1,80	213,73	866,39	1,16	

შევიტანოთ მნიშვნელობები (5.3) ფორმულაში მივიღებთ:

$$\begin{cases} 57629b_1 + 233575b_2 + 323b_3 + 719b_0 - 213 = 0 \\ 233575b_1 + 2923b_2 + 1313b_3 + 2923b_0 - 866 = 0 \\ 323b_1 + 1313b_2 + 1,8b_3 + 4b_0 - 11 = 0 \\ 719b_1 + 2923b_2 + 4b_3 + 9b_0 - 2 = 0 \end{cases} \quad (5.4)$$

ამ განტოლების ამოხსნისას დავიცვათ მიახლოებითი გამოთვლის წესები. გამოვრიცხოთ უმცირესი სიდიდეები მივიღებთ:

$$\begin{cases} -175946b_1 + 230652b_2 - 990b_3 - 213 = 0 \\ 233252b_1 + 1610b_2 + 1311b_3 - 877 = 0 \\ -396b_1 - 1610b_2 - 22b_3 - 13 = 0 \end{cases} \quad (5.4)$$

(5-4) სისტემაში გამოვრიცხოთ უმცირესი სიდიდეები მივიღებთ:

$$\begin{cases} 57306b_1 + 232262b_2 - 1090 = 0 \\ -176342b_1 + 229042b_2 - 226 = 0 \end{cases} = 0$$

$$\begin{cases} b_1 = \frac{1090 - 232262b_2}{57306} \\ -\frac{176342}{57306}(1090 - 232262b_2) + 229042b_2 - 226 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} b_1 = \frac{1090 - 232262b_2}{57306} \\ b_2 = 0,006 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_1 = -0,005 \\ b_2 = 0,006 \end{cases}$$

$$\text{მაშინ } b_0 = -182,6 \quad b_3 = 2,06$$

მნიშვნელობებს თუ შევიტანოთ (5.2) ფორმულაში რეგრესიული განტოლება მიიღებთ სახეს:

$$y = -182,6 - 0,005x_1 + 0,006x_2 + 2,06x_3 \quad (5.5)$$

ჰიპოტეზის შემოწმების ადეკვატურობისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ ფიშერის ფორმულები. ცენტრალური დაგეგმვის მატრიცა ხორციელდება კვადრატების რიცხვით SS_E და იანგარიშება ტოლობით:

$$SS_E = \sum_{u=1}^{n_0} (y_{0u} - \bar{y}_0)^2 \quad (5.6)$$

სადაც: n_0 - ცენტრში დაგეგმვის რაოდენობა

$$(n_0 = 3)$$

y_{0u} – არის ფუნქციის მნიშვნელობა u გამოცდის ცენტრში ($y_{0u} = 0,94$)

\bar{y}_0 – არის ცენტრალური ფუნქციის საშუალო მნიშვნელობა გამოცდის ცენტრში ($\bar{y}_0 = 0,31$)

მაშინ $SS_E = (0,94 - 0,31)^2 = 0,3$

ნარჩენი კვადრატების რიცხვი იანგარიშება ფორმულით:

$$SS_E = \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - y_u)^2 \quad (5.7)$$

სადაც: \bar{y}_u – არის ფუნქციის ექსპერიმენტალური მნიშვნელობა u – რ გამოცდაში $y_u = 1,5$

კვადრატების რიცხვი იანგარიშება ტოლობით:

$$SS_{LF} = SS_R - SS_E \quad (5.8)$$

მნიშვნელობების შეტანით მივიღებთ:

$$SS_R = (2,6 - 1,5)^2 = 1,2$$

$$SS_{LF} = 1,2 - 0,3 = 0,9$$

ფიშერის კრიტერიუმი იანგარიშება ტოლობით:

$$F = \frac{SS_{LF} \cdot f_E}{SS_E \cdot f_{LF}} \quad (5.9)$$

$$f_E = 3 - 1 = 2$$

$$f_{LF} = 9 - \frac{1}{2}(2 + 3)(3 + 1) - (3 - 1) = 3$$

$$F = \frac{0,9 \cdot 2}{0,3 \cdot 3} = \frac{1,8}{0,9} = 2,0$$

მიღებული მნიშვნელობა უტოლდება ცხრილის მნიშვნელობებს 7% დონით. ამ პირობის საფუძველზე ექსპერიმენტული შედეგები საიმედოდ ჩაითვლება 93%-ით.

(5.5) განტოლებას ფაქტორების ნატურალური მნიშვნელობებისათვის ექნება შემდეგი სახე:

$$v = -18,26 - 0,0005w + 0,0002N + 41,2B$$

მიღებული დამოკიდებულება იძლევა საშუალებას განისაზღვროს მანქანის სამუშაო სიჩქარე მისაღები რეჟიმების გამომავალი კონკრეტული მნიშვნელობებისათვის.

რეგრესიის კოეფიციენტების $b_0 = -182,6$, $b_1 = -0,005$, $b_2 = 0,006$, $b_3 = 2,06$ მნიშვნელობებისათვის ვიანგარიშით y –ის მნიშვნელობა ცხრილი 5.4-ის სახით.

ცხრილი 5.4

ცდის ¹	y	$b_0 = -18,26$ $b_1 = -0,0005$ $b_3 = 41,2$		
		y_t	$\Delta(x_1 + x_2 + x_3)$	$\Delta(x_1 + x_2 + x_3)^2$
1	0,30	1,1	-0,8	0,6
2	0,35	1	-0,6	0,3
3	0,36	0,6	-0,2	0,04
4	0,25	-0,6	0,8	0,6
5	0,31	-0,1	0,4	0,1
6	0,22	1,7	1,4	1,9
7	0,26	1,4	1,6	2,5
8	0,33	1,9	-1,5	2,2
9	0,29	0,6	0,8	0,6
		-	1,9	8,8

თავი VI

მანქანის საექსპლოატაციო და ეკონომიკური

ეფექტიანობის გაანგარიშება

6.1. საექსპლოატაციო და ეკონომიკური მაჩვენებლების

მეთოდის და ანგარიში

მანქანის ეკონომიკური მაჩვენებლების გაანგარიშებისათვის საჭიროა გამოვიანგარიშოთ საათური, სეზონური და ცვლური მწარმოებლობა [21] ფორმულებით:

$$W_{\text{სთ}} = 0,1BV_{\phi} \quad \text{ჰა/სთ} \quad (6.1)$$

$$W_{\text{ცვ}} = W_{\text{სთ}} T \tau \quad \text{ჰა/ცვლაში} \quad (6.2)$$

$$W_{\text{სეზ}} = W_{\text{ცვ}} m k \quad \text{ჰა/სეზონ.} \quad (6.3)$$

სადაც: B-არის მანქანის მოდების განი (B=0,50მ),

T - დღის სამუშაო საათები (T=7 სთ),

τ - დროის გამოყენების კოეფიციენტი,

(τ -სათიბელებზე ცხრილებით [21] მივიღოთ -0,8),

m - დღე-ღამეში ცვლათა რაოდენობა (m=1,25),

k - სამუშაო დღეების რაოდენობა დროის განმავლობაში (ცხრილებით [21] k=14)

შევიტანოთ მნიშვნელობები (6.1) (6.2) (6.3) ფორმულებში მივიღებთ:

$$W_{\text{სთ}} = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 9 = 0,45 \quad \text{ჰა/სთ.}$$

$$W_{\text{ცვ}} = 0,45 \cdot 7 \cdot 0,8 = 2,52 \quad \text{ჰა/ცვლაში}$$

$$W_{\text{სეზ}} = W_{\text{ცვ}} \cdot m \cdot k = 2,52 \cdot 1,25 \cdot 14 = 44,1 \quad \text{ჰა/სეზ.}$$

შესრულებული სამუშაოს თვითღირებულება პირდაპირი დანახარჯებით იანგარიშება ტოლობით:

$$y = S + A + R + C \quad (6.4)$$

სადაც: S - მუშის ხელფასის ღირებულება ლარი/ჰა-ზე,

A - მანქანის ამორტიზაციის ფასი ლარი/ჰა-ზე,

R - მანქანის რემონტის ღირებულების ფასი
ლარი/ჰა-ზე,

C - საწვავის ღირებულება ჰა-ზე.

მუშის ხელფასი იანგარიშება ტოლობით:

$$S = \frac{\sum n_i f_i}{W_{\text{ბო}}} \quad \text{ლარი/ჰა} \quad (6.5)$$

სადაც: n_i - მუშის რაოდენობა ჰა-ზე ($n_i=1$)

f_i - მუშის საათური ანაზღაურება ($f_i=0,06$ ლარი)

მნიშვნელობების შეტანით მივიღებთ:

$$S = \frac{1 \cdot 0,6}{0,45} = 1,3 \approx 2 \text{ ლარი/ჰა}$$

ამორტიზაციის ანარიცხები იანგარიშება ტოლობით:

$$A = \frac{E_{\delta} \cdot a_{\delta}}{100 \cdot W_{\text{cv}}}$$

სადაც: E_{δ} -არის მანქანის ღირებულება ($E_{\delta} = 400$ ლ),

a_{δ} – ამორტიზაციის ანარიცხები %-ით.

(ცხრილი [21] საშუალებით $a_{\delta} = 2\%$)

შევიტანოთ მნიშვნელობები (6.7) ფორმულაში მივიღებთ:

$$A = \frac{400 \cdot 2\%}{100 \cdot 2,52} = \frac{800}{252} = 3,1 \text{ ლარი/ჰა}$$

სარემონტო ანარიცხები იანგარიშება ტოლობით:

$$R_{\delta} = \frac{E_{\delta} \cdot Z_{\delta}}{100 \cdot W_{\text{გა}}} \quad (6.8)$$

სადაც: $E_{\delta} = 400$ ლ

Z_{δ} – ს/ს მანქანების რემონტის ანარიცხები

(ცხრილით [21] $Z_{\delta} = 5\%$)

შევიტანოთ მნიშვნელობები (6.8) ფორმულაში მივიღებთ:

$$R_{\delta} = \frac{400 \cdot 5}{100 \cdot 2,52} = 7,9 \text{ ლარი/ჰა}$$

საწვავის ღირებულება იანგარიშება ტოლობით:

$$C = \frac{N \cdot g \cdot \mu b}{W_{\text{სთ}}} \text{ ლარი/ჰა} \quad (6.9)$$

სადაც: N – არის ძრავას სიმძლავრე კვ.ტ.

$$(N = 3,5 \text{ კვ.ტ})$$

g – არის საწვავის რაოდენობა სამუშაო

პროცესის დროს სთ-ში ($g = 0,4$ კგ)

μ – საწვავის ღირებულება $\mu = 1,50$ ლ)

b – მინდვრის სამუშაოებში ძრავას

გამოყენების კოეფიციენტი ($B = 0,8$ [21]).

$$C = \frac{3,5 \cdot 0,4 \cdot 1,5 \cdot 0,8}{0,45} = \frac{1,68}{0,45} = 3,7 \approx 4 \text{ ლ}$$

(6.4) ფორმულაში მნიშვნელობების შეტანით მივიღებთ:

$$y = 2 + 3,1 \cdot 7,9 + 4 = 17 \text{ ლარი}$$

6.2. ეკონომიური ეფექტიანობის გაანგარიშება

ეკონომიური ეფექტიანობა იანგარიშება ტოლობით:

$$\mathcal{E} = (y_b - y_\partial) W_{\text{გ3}} + K(u_b \alpha = u_\partial) \cdot n \quad (6.10)$$

სადაც: y_b – ხელით შრომის დანახარჯი,

y_∂ – მანქანის მუშაობის რდოს დახარჯული

თანხა ($y_\partial = 17$ ლ),

K – ეკონომიური ეფექტიანობის კოეფიციენტი

([21] შრომაში $K = 0,2$)

u_b – არის საბალანსო ღირებულება (ხელით

შრომაზე ($u_b = 0$))

ამიტომ $K(u_b \alpha - u_c) \cdot n$ მივიღოთ უმნიშვნელოდ. მაშინ (6.10) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\mathfrak{D} = (u_b - u_c) \cdot W_{\text{გვ}} \quad (6.11)$$

მთის პირობებში მრავალი ექსპერიმენტის ჩატარების გზით დადგინდა, რომ 1 მუშას შეუძლია 1-სთ-ში შეასრულოს $y_{\text{მუშა}} = 0,01$ ჰა/სთ სამუშაო. მასინ 7 საათიანი სამუშაოს დროს $y_{\text{მუშა}} = 7 \cdot 0,01 = 0,07$ ჰა/დღ. მუშის ანაზღაურება დღეში იქნება $7 \cdot 0,60 = 4,2$ ლარი.

ჰექტარზე მუშის მიერ ჩატარებული სამუშაოს ანაზღაურება იქნება

$$y_{\text{ჰეკტარ}} = 4,2 \cdot X \quad (6.12)$$

სადაც: X-არის დღეების რაოდენობა, რომელიც მოანდომებს მუშა 1 ჰა-ს სამუშაოს შესასრულებლად.

$$X = \frac{1 \text{ ჰა}}{0,07 \text{ ჰა/დღ}} = 14,2 \approx 15 \text{ დღე}$$

შევიტანოთ მნიშვნელობა (6.12) ფორმულაში მივიღებთ:

$$y_{\text{ჰეკტარ}} = 4,2 \cdot 15 = 63 \text{ ლარი}$$

(6.11) ფორმულის თანახმად

$$\mathfrak{D} = (63 - 17) \cdot 1,6 = 73,6 \text{ ლარი}$$

$$\mathfrak{D} = 74 \text{ ლარი.}$$

ძირითადი დასკვნები

სამთო პირობებში მცირე მექანიზაციის გამოყენებით საკვების დამზადებისათვის, თიბვის ტექნოლოგიური პროცესის კვლევის საფუძველზე შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გაკეთება.

1. საქართველოში ჩატარებულმა რეფორმებმა განაპირობა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მცირე ნაკვეთებად დაყოფა, კერძოდ სამთო პირობებში საკვების დამზადება დღემდე ხდება ხელით, რადგან არსებული ტექნიკური საშუალებები ტექნიკურ-ეკონომიური თვალსაზრისით მიზანშეუწონარია. ზემოთ თქმულის გამო დადგა დღის წესრიგში გამოყენებული იქნას მცირე მექანიზაციის ტექნიკური საშუალება, რომელიც გადაჭრის აღნიშნულ პრობლემას;

2. ლიტერატურული მასალების ანალიზის საფუძველზე შესწავლილია სათიბელების სერიული მანქანები და მათი მუშაობის თავისებურებანი. გათვალისწინებულია მათი ნაკლოვანი მხარეები, რის საფუძველზეც შეიქმნა როტაციული მჭრელი აპარატი, რომელიც კვლევის ერთ-ერთ ძირითად ობიექტს წარმოადგენს;

3. ჩატარებული იქნა კვლევები ძირითადი სამუშაო ორგანოს მჭრელ დანებზე. დადგინდა მჭრელი სეგმენტების ძირითადი გეომეტრიული ფორმა და ზომები. სეგმენტის სისქე $\delta^0 = 0,013$ მ, სიმაღლე $h = 0,08$ მ. სიგანე $B = 0,073$ მ, ალესვის კუთხე $\beta = 22^0$. დადგენილი იქნა სიჩქარესა და წინააღმდეგობის ძალას შორის დამოკიდებულება. $v = 19$ მ/წმ- $A_{ჭრ} = 6,9$ ჯ.

4. კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ჭრის პროცესი ექვემდებარება ნორმალური განაწილების კანონს, განსაზღვრული იქნა განაწილების მახასიათებლები, საშუალო არითმეტიკული, საშუალო კვადრატული გადახრა, ვარიაციის კოეფიციენტი და სხვა. მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებულია ექსპერიმენტული და თეორიული მრუდები;

5. თეორიულად გამოკვლეულია მჭრელი აპარატის მუშაობის ტექნოლოგიური პროცესი, დადგენილია კუთხური სიჩქარე, სეგმენტების რიცხვი და ჭრის ზონის გამოყენების კოეფიციენტი. გაანგარიშებულია მჭრელი აპარატის ზამბარას ზომები და მასზე მოქმედი ძალები;

6. მრავალფაქტორიანი ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდით მიღებული იქნა რეგრესიული განტოლება, რომელიც ასახავს თიბვის ტექნოლოგიურ პროცესს. დადგენილი იქნა მჭრელი დანის მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმები. მიღებული შედეგებით შესაძლებელია ვაწარმოთ თიბვის ოპერაცია მცირეკონტურიან ნაკვეთებსა და სამთო პირობებში;

7. გაანგარიშებულია ეკონომიკური ეფექტიანობა ხელის შრომასთან შედარებით, რომელიც ჰექტარზე შეადგენს 74 ლარს;

გამოყენებული ლიტერატურა

1. უვნებელი კვება – სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციების ერთობლივი სასურსათო სტანდარტების პროგრამა. თბილის – 2005 წ.
2. ანდრევი ნ. – მდელოსა და მინდვრის საკვებწარმოება. თბილისი- 1982 წ.
3. ახალაია ა. – ბალახის ფქვილი სახელმწიფო სტანდარტი. თბილისი-1981 წ.
4. ზანგალაძე ჯ. – სატყეო მეურნეობის მექანიზაცია. თბილისი 1999წ.
5. კაციტაძე ჯ. - მანქანების საიმედოობა და რემონტი. თბილისი 1989 წ.
6. მახარობლიძე რ. – საქართველოს აგროსამრეწველო კომპლექსის საიჟინრო სფეროს მომავალი. თბილისი - 1997 წ.
7. მახარობლიძე რ, იაშვილი თ. – სოფლის მეურნეობის წარმოების მექანიზაციის განვითარების თანამედროვე მსოფლიო ტენდენციები. თბილისი- 2000 წ.
8. ეზიკასვილი ო. – მანქანათა ნაწილები. თბილისი-1991 წ.
9. ოშორიძე მ. – საკვებამღები მანქანების თეორიისა და გაანგარიშების საფუძვლები. თბილისი-1985 წ.
10. შხვაცაბაია ზ, ბეჟანიშვილი გ. – სოფლის მეურნეობის მანქანები. თბილისი-1982 წ.

11. ხუციშვილი ვ, ჯიხაშვილი ა. – ცხოველთა კვების თავისებურებები. თბილისი-1982 წ.
12. Артемьев Ю.Н. - Основы надёжности сельскохозяйственной техники. Москва-1973 г. с. 70-80.
13. Босой Е.С. - Режущие аппараты уборочных машин. Теория и расчёт. Москва-1967 г. с. 167-168.
14. Волков Г.К. -Зооигиена и вентиляция, санитария в животноводстве. Москва-1973 г. с. 20-26.
15. Иванов М.Н. - Детали машин. Москва -1984 г. с. 100-125.
16. Карпенко Л.Н. - установки и регулировка сельскохозяйственных машин. Москва-1985 г. с.20.
17. Карпенко Л. Н. - Экспериментальное исследование режущего аппарата уборочных машин. Москва-1986 г.
18. Крагелский Н.В. - Коэффициенты трения. Машиностроительной литературы-1955г. с. 196-234.
19. Кисилев В.А. - Сборник задач и примеров расчётов полкурсу деталей машин. Москва-1982 г.
20. Листопад Г.Е. - Сельскохозяйственный и мелиоративные машины. Москва-1980 г. с.90-99.
21. Лимов В.Н. - Разработка и исследование с.х орудия с ротором. Днс. канд. тех. наук. Москва-1981 г.
22. Листопад В.Н. - С.х машины. Москва-1982 г.
23. мельников В.С. - технологическое оборудование животноводческих ферм и комплекса. Ленинград-1985 г. с.10-12.
24. Мельников В.С. - Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Москва-1972 г. с. 199.
25. мельников В.С. - Механизация животноводческих ферм. Москва - 1969 г. с. 20-25.
26. мельников В.С. -Теория лезвий с.х машин. Москва -1973 г. с.40.
27. Современные тенденции мирового сельскохозяйственного машиностроения. Москва-1995 г. с. 20.
28. Новиков Ю.Ф. - теория и расчёт режущего аппарата для уборки грубостебельных лубяных культур. Москва-1957 г. с. 3-34.
29. Резник Н.Е. - Вопросы теорий резания лезвием. Москва-1966 г. с. 151-220.

30. Резник Н.Е. - Теория резания лезвием и основных расчёта ретуших аппаратов. Москва - 1972 г. с. 311.
31. Горячнин В.П. - Собрание сочинений. Москва - 1968 г. (изд. ге. Т.1 и 3.).
32. Matsuana Y. Matsukudo Z. ta. studies on a trek tupe tea bile working machine - Boly and Plush for attacktupe working. machine - z. soc. Adr. mach. japan-1985.
33. Watson M - The use of pluming machines for harvesting green mass's. Ha, Q. 1982.
34. Chiese A., Oberto L.- Inflenec of Tires on car vibration studies with a New classification metjd advaces in avtomobile inginereng. p.3. 1984.