

საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტი

*ხელნაწერის უფლებით*

## მერაბ მამულაძე

სამთო პირობებში საკვების დამზადების მექანიზაცია  
მცირე ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით

სპეციალობა: 05.20.01 – სოფლის მეურნეობის წარმოების მექანიზაცია

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარმოდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი  
2006 წელი

ნაშრომი შესრულებულია ჩაის, სუბტროპიკული კულტურებისა და ჩაის მრეწველობის სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანების მექანიზაციის განყოფილებაში და ბათუმის სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის მექანიზაციის ფაკულტეტზე.

**სამეცნიერო ხელმძღვანელი – გაბუნია ნოდარი**

ტექნიკი მეცნიერებათა დოქტორი  
პროფესორი, საქართველოს სოფლის  
მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის  
წევრ-კორესპონდენტი, საინჟინრო  
აკადემიის აკადემიკოსი

**მეცნიერ-კონსულტანტი – ძირკვაძე იური**

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფესორი.

**ოფიციალური ოპონენტები –**

დისერტაციის დაცვა შედგება 2006 წლის 29 დეკემბერს, დღის 12 საათზე საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტში TOS.20.11 სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე (380031 ქ. თბილისი. დავით აღმაშენებლის ხეივანი მე-13 კმ.)

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში

ავტორეფერატი დაიგზავნა 2006 წლის 29 ნოემბერს

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი,  
საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა  
აკადემიის აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა  
დოქტორი პროფესორი /ჯ. კაციტაძე/

**ნაშრომის საერთო დახასიათება**

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

ამდენად წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის თემა ფრიად აქტუალურია.

საკითხის გადაწყვეტისათვის საჭიროა შეიქმნას და სამთო ზონაში გავრცელდეს საკვების დამზადების მცირე ტექნიკური საშუალებები მცირე სიმძლავრის ძრავების ბაზაზე.

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

**კვლევის ამოცანებია:**

– საკვების დამამზადებელი არსებული მანქანათა კომპლექსის კრიტიკული ანალიზი და რაციონალური ტექნოლოგიური პროცესის შერჩევა-დასაბუთება;

– ხელის მოტორიზებული როტაციული სათიბელას მუშაობის სქემის შერჩევა-დასაბუთება;

– ხელის მოტორიზებული სათიბელას მუშაობის თეორიული გამოკვლევა და ძირითადი სამუშაო ორგანოს პარამეტრთა დადგენა;

– ექსპერიმენტული ხელის მოტორიზებული როტაციული სათიბელას მუშაობის გამოკვლევა ლაბორატორიულ პირობებში, მრავალფაქტორიანი ექსპერიმენტების დაგეგმვის მეთოდის გამოყენებით;

– ექსპერიმენტული ხელის მოტორიზებული სათიბელას შემოწმებითი საველე გამოცდები;

– ხელის მოტორიზირებული სათიბელას ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობის გაანგარიშება.

**კვლევის ობიექტი.** 3,5 კვტ. სიმძლავრის ბენზინის ძრავას ბაზაზე შექმნილი ხელის მოტორიზებული როტაციული სათიბელას ექსპერიმენტული ნიმუში და სამთო პირობებში არსებული მცირეკონტურიანი ნაკვეთები.

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

როტაციული სათიბელას საექსპლოატაციო და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.

**სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება.** შერჩეულია პრინციპული სქემის და ჩატარებული 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, აგრეთვე მექანიზაცია-ელექტროფიკაციის კათედრის სხდომებზე.

**პუბლიკაცია.** დისერტაციის მასალები გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო ნაშრომში, სადაც წარმოდგენილია ჩატარებული სამუშაოს ძირითადი შედეგები.

**სამუშაოს მოცულობა.** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, ექვსი თავის, ძირითადი დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან. ნაშრომი გადმოცემულია 118 ნაბეჭდ ფურცელზე. შეიცავს 13 ცხრილს და 30 სურათს.

## სამუშაოს შინაარსი

**შესავალში** მოყვანილია ნაშრომის საერთო დახასიათება.

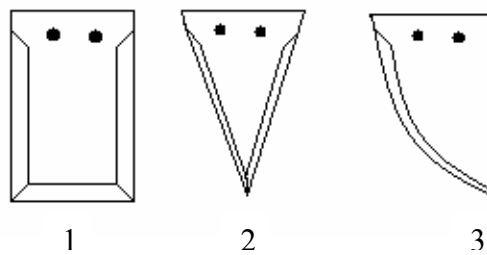
**პირველი თავი** – ეხება მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის კვებას და მანქანათა კომპლექსს უხეში საკვების დამზადებისათვის. მოკლედ არის განხილული ცხოველთა კვების დამოკიდებულება ზრდა-განვითარებასა და პროდუქტიულობის ამაღლებაზე. აღწერილია თანამედროვე მეთოდებით ნორმირებული კვების ორგანიზაცია ცხოველთა ასაკის, ცხოველთა მასის, პროდუქტიულობის მიმართულების და შენახვის პირობების მიხედვით. ცხოველთა კვების ფაქტორებიდან დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ცხოველთა უზრუნველყოფას უხეში საკვები პროდუქტით, რაც დამოკიდებულია საქართველოს სამთო პირობებში არსებული ბალახეული კულტურების ოჯახებსა და ჯიშებზე. საკვების თვალსაზრისით დიდი უპირატესობა ენიჭება პარკოსნების და მარცვლოვნების გამოყენებას აგრეთვე ნაირბალახეულებს საშუალო ღირებულებით.

საქართველოს რელიეფის თავისებურებათა შესაბამისად დიდი წილი იმთავითვე მთის სათიბებზე მოდიოდა და მოდის. ხოლო მათი ხვედრითი წილი საბაზრო ეკონომიკის პირობებში კიდევ უფრო გაიზარდა. განხილულია მცირე სიმძლავრის ტექნიკური საშუალებანი, რომელთა ძირითად სამუშაო ორგანოს წარმოადგენს სეგმენტებიანი და როტაციული მჭრელი აპარატები.

**მეორე თავში** – მოცემულია ხელის მოტორიზებული როტაციული სათიბელას სამუშაო ორგანოს-მჭრელი დანების შერჩევა-დასაბუთება. სათიბელაში ერთ-ერთ საპასუხისმგებლო და მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს მჭრელი აპარატი.

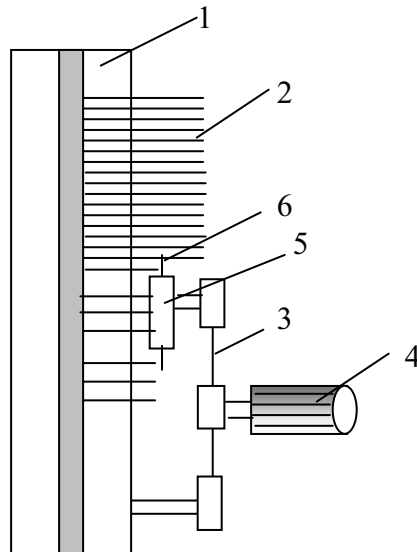
დღემდე არსებული მანქანები ძირითადადში აღჭურვილი არიან სეგმენტებიანი მჭრელი აპარატებით. აღნიშნული აპარატების გამოყენება კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური თვალსაზრისით ხელის მოტორიზებულ სათიბელაში გაუმართლებელია. ზემოთქმულის გათვალისწინებით შევარჩიეთ როტაციული მჭრელი აპარატი და ჩავატარეთ შესაბამისი კვლევები.

ჭრის ფაქტორი ბევრადაა დამოკიდებული როტაციული ჭრელი აპარატის ძირითად პარამეტრზე, კერძოდ სეგმენტების ფორმაზე, სეგმენტის რიცხვზე, დისკოს დიამეტრსა და მანქანის სიჩქარეზე. ჩამოთვლილი პარამეტრების დადგენა თეორიულად მიახლოებითია, ამიტომ საკითხი შეგვიძლია გადავწყვიტოთ ექსპერიმენტების ჩატარების გზით, რომლისთვისაც შევირჩიეთ სხვადასხვა გეომეტრიული ფორმის მჭრელი სეგმენტები (სურ. 1)



სურ. 1. სხვადასხვა გეომეტრიული ფორმის მჭრელი სეგმენტები

ექსპერიმენტალურ სტენდზე (სურ.2) ჩატარებული გამოკვლევებით კარგი შედეგი აჩვენა 2 დანის მუშაობამ, ამიტომ შემდგომი კვლევა ჩავატარეთ აღნიშნული ფორმის დანაზე და მივიღეთ დაჭრილი ღეროების რაოდენობების შემდეგი ვარიაციული რიგი.



სურ.2. სეგმენტის გამოცდის ექსპერიმენტული სტენდი

1. მიმწოდებელი ტრანსპორტიორი; 2. გადასაჭრელი ღეროები; 3. ღვედური გადაცემა; 4. ელექტროძრავა; 5. მბრუნავი დოლი; 6. გამოსაცდელი სეგმენტი.

58 58 58 59 59 59 59 59 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60  
 60 61 61 61 61 61 61 61 61 61 62 62 62 62 62 63 63 63 63.

განისაზღვრა ღეროების სტატისტიკური მახასიათებლები:  
 საწყისი და ცენტრალური მომენტები ტოლია

$$\begin{aligned} \gamma_1 = 0,02 & \quad \gamma_3 = 2,4 \\ \gamma_2 = 1,94 & \quad \gamma_4 = 14,1 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mu_2 = 1,93 & \quad \mu_4 = 14,0 \\ \mu_3 = 2,3 & \end{aligned} \quad (2)$$

საშუალო არითმეტიკული:

$$\bar{X} = 60,11 \quad (3)$$

საშუალო კვადრატული გადახრა

$$\delta = 1,12 \quad (4)$$

ვარიაციული კოეფიციენტი

$$\nu = 1,8\% \quad (5)$$

მედიანური მნიშვნელობა

$$M_e = 60,14 \quad (6)$$

მოდალური მნიშვნელობა

$$M_0 = 63,2 \quad (7)$$

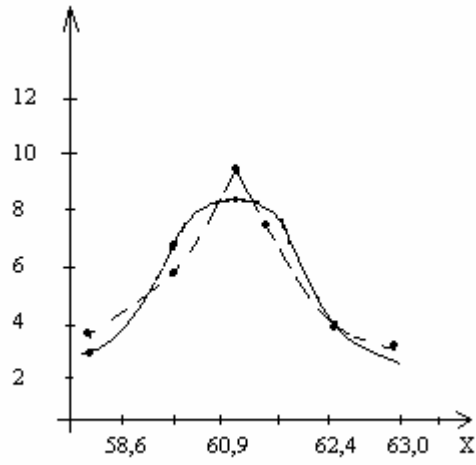
დადგენილია, რომ ჭრის პროცესი ექვემდებარება ნორმალური განაწილების კანონს. თეორიული განაწილების განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$Y = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\delta^2}} \quad \text{და} \quad \phi(t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (8)$$

განაწილების  $Y$  და  $\phi(t)$ -ს შორის დამოკიდებულების მნიშვნელობები მოცემულია 1 ცხრილში, ხოლო შესაბამისი დიაგრამა მე-3 სურათზე.

მონაცემები თეორიულ და ემპირიულ სიხშირეების დამთხვევების ალბათობის შემოწმებისათვის

1	X-ის მნიშვნელობათა ინტერვალი	საშუალო $X_0$ ინტერვალის	ფარდობითი სიხშირე $W_i$	აგროვილი და ფარდობითი სიხშირე $W_{\sigma}$	$t = \frac{x_i - x_0}{\delta}$	$\Phi(t)$	$t \Phi(t)$	$F_p(P)$	$D = W_p - E_p(x)$
1	58,00-58,66	58,3	0,08	-1,61	-1,61	-0,89	-0,44	0,053	0,027
2	58,66-59,32	58,9	0,13	0,21	-1,07	-0,71	-0,35	0,142	0,068
3	59,32-60,98	60,1	0,32	0,53	0,08	0,06	0,22	0,52	0,010
4	60,98-61,64	61,3	0,21	0,74	1,07	0,71	0,35	0,85	0,117
5	61,64-62,40	62,0	0,13	0,90	1,98	0,90	0,45	0,95	0,05
6	62,40-63,00	62,7	0,10	1,00	2,32	0,97	0,49	0,99	0,01



სურ. 3. ღეროების განაწილება ძრავით

სურ. 4. თეორიული და ემპირული განაწილების გრაფიკი



სტატისტიკური და თეორიული განაწილების ადეკვატურობის შემოწმება მოხდა კოლმოგოროვის კრიტერიუმის მიხედვით. ექსპერიმენტური და თეორიული განაწილების ფუნქციებს შორის სხვაობის მაქსიმალური მნიშვნელობა  $D_{\max} = 0,11$ , მაშინ კოლმოგოროვის კრიტერიუმის თანახმად  $\lambda = D_{\max} \sqrt{N} = 0,671$   $P(\lambda) = 0,8643$ , რაც ნიშნავს რომ ჭრის პროცესის დროს ემპირიული განაწილება ეთანხმება თეორიულ განაწილებას. ჩატარებული სამუშაოს შედეგად დადგინდა სეგმენტის სისქე  $\delta^0 = 0,013$  მ, სიმაღლე  $h = 0,08$  მ, სიგანე  $B = 0,073$  მ,  $\beta = 22^0$ , დანის სისქე  $\delta = 0,001$  მ.

სურ. 5. ხელის მოტორიზებული როტაციული სათიბელა

1. მჭრელი აპარატი; 2. ძრავა; 3. საწვავის ავზი; 4. ამძრავი ხისტი ლილვი;
5. მინირედუქტორი. 6. შემაგროვებელი; 7. სეგმენტი; 8 სახელური.

სათიბელას მუშაობის ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად: სამუშაო ორგანო აღიძვრება ბენზინის ერთცილინდრიანი ძრავიდან, რომლის სიმძლავრე შეადგენს 3 კვტ-ს და გადაეცემა ამძრავ ხისტ ლილვს, მინირედუქტორის საშუალებით ხდება მაბრუნე მომენტის შეცვლა, მოძრაობაში მოდის მჭრელი აპარატი და ასრულებს თიბვის პროცესს.

სათიბელას ოპერატორი ჩამოიკიდებს სამარჯვების საშუალებით და გადაადგილდება მანქანის სამუშაო პროცესის შესაბამისად. სათიბელა გამოიყენება სამთო პირობებში საკვების დამზადებისათვის, მცირე კონტურიან ნაკვეთებში ცვლისათვის და ჩაის რიგთაშორისების წმენდისათვის.

მესამე თავი ეხება სათიბელას მჭრელი აპარატის დანის ღეროსთან მოქმედების გამოკვლევას. აღწერილია ღეროსა და დანის ურთიერთმოქმედების მათემატიკური მოდელი.

ღეროს ჭრა დამოკიდებულია ღეროს შემადგენლობასა და ზრდაზე. ამიტომ ტექნოლოგიური მოთხოვნა განისაზღვრება შემდეგი კრიტერიუმებით: საიმედოობა, ენერგოტევალობა, ჭრის პროცესის სწრაფი და ზუსტი შესრულება. მჭრელი დანის მუშაობის ეფექტიანობა ემყარება შემდეგ ფაქტორებს: ჭრის სიჩქარეს, სეგმენტის ალესვის კუთხეს  $\beta$ , სეგმენტის დახრის კუთხეს  $\alpha$ , სეგმენტის დანის სისქეს  $\delta$ , სეგმენტის სისქეს  $\delta_0$ .

დანის გადაადგილების დროს ჭრის წინააღმდეგობის ძალა განისაზღვრება ტოლობით:

$$P_{\text{ჭრ}} = \cos(\alpha - \varphi_1) \begin{cases} P_{L1}; L \in [OL_1] \\ P_{L2}; L \in [L_1L_2] \\ P_{L3}; L \in [L_2L_3] \\ P_{L4}; L \in [L_3L_4] \end{cases} \quad (9)$$

ჭრის ენერგოტევალობა გამოითვლება ფორმულით.

$$A_{\text{ჭრ}} = \int_0^4 P_{\text{ჭრ}} dL \quad (10)$$

სადაც:  $\alpha$  - არის სეგმენტის დახრის კუთხე;

$\varphi_1$  - ხახუნის კუთხე;

$P_{L1} P_{L2} P_{L3} P_{L4}$  - უბნებზე ჭრის წინააღმდეგობის ძალები.

სურ. 6. ჭრის პროცესში დანის გადაადგილების სქემა

ჭრის პროცესზე მოქმედებს შემდეგი ფაქტორები:  $E_1$  – ღეროს საწყისი დრეკადობა,  $E_2$  – ღეროს საბოლოო დრეკადობა,  $M$ -ღეროს სიბლანტე,  $\delta_p$  – ღეროს დამაბულობა,  $\xi$  – ღეროს შემადგენლობის კოეფიციენტი,  $n$  – მინიმალური და მაქსიმალური ხახუნის კუთხის ფარდობა,  $Z_0$  – ღეროს სიგრძე,  $V$ - დანის სიჩქარე,  $d$  - ღეროს დიამეტრი,  $\alpha$  – სეგმენტის დახრის კუთხე,  $\beta$ - სეგმენტის ალესვის კუთხე.

დანის გადაადგილება  $OX$ - ღერძის მიმართ გვექნება:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \quad (11)$$

ამ უბანზე ჭრის ენერგოტევადობა გამოითვლება ფორმულით:

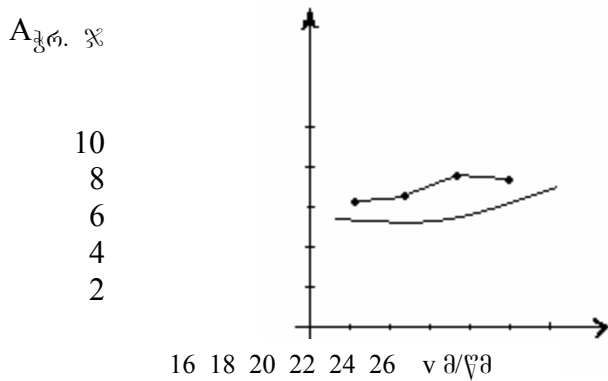
$$A_{\frac{3}{6}} = \cos(\alpha - \varphi_1) \left( \int_0^{L_1} P_{L_1} dL + \int_{L_1}^{L_2} P_{L_2} dL + \int_{L_2}^{L_3} P_{L_3} dL + \int_{L_3}^{L_4} P_{L_4} dL \right) \quad \text{ჯ.} \quad (12)$$

გაანგარიშებით მივიღებთ:

$$P_{\frac{3}{6}} = 0,8 + 2,7 + 2,6 + 1,2 = 7,5 \text{ ჯ.} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \nu = 17 \text{ მ/წმ} & - A_{\frac{3}{6}} = 6,7 \text{ ჯ.} \\ \nu = 19 \text{ მ/წმ} & - A_{\frac{3}{6}} = 6,9 \text{ ჯ.} \\ \text{როცა: } \nu = 21 \text{ მ/წმ} & - A_{\frac{3}{6}} = 7,1 \text{ ჯ.} \\ \nu = 17 \text{ მ/წმ} & - A_{\frac{3}{6}} = 7,5 \text{ ჯ.} \end{aligned} \quad (14)$$

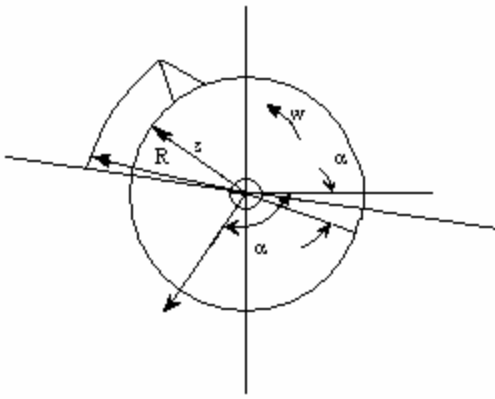
$$\begin{aligned}
 & \nu = 17 \text{ მ/წმ} - A_{3,6} = 6,7 \text{ \%} \\
 & \nu = 19 \text{ მ/წმ} - A_{3,6} = 6,9 \text{ \%} \\
 \text{როცა: } & \nu = 21 \text{ მ/წმ} - A_{3,6} = 7,1 \text{ \%} \\
 & \nu = 17 \text{ მ/წმ} - A_{3,6} = 7,5 \text{ \%}
 \end{aligned}
 \tag{14}$$



სურ. 7. ჭრის სიჩქარესა და ენერგოტევადობას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი

მეოთხე თავში გადმოცემულია სათიბელას როტაციული მჭრელი აპარატის ძირითადი პარამეტრების გაანგარიშება.

მზრუნავ დისკოზე სურ. 8. დამაგრებული თითოეული სეგმენტი მანქანის გადაადგილებასთან ერთად ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას და მისი ნებისმიერი წერტილი შემოსწერს ტრახოიდას ამ დროს ხდება უსაყრდენო ჭრა.



სურ. 8 როტაციული აპარატი

მუშა ორგანოს აბსოლუტური სიჩქარე ტოლია:

$$V = \sqrt{r^2 \omega^2 + 2v_\theta \omega r \cos(\omega t + \alpha) + v_\theta^2} \quad (15)$$

სადაც:  $r$ - დისკოს რადიუსია;

$\omega$ - აპარატის კუთხური სიჩქარე;

$V_\theta$ - მანქანის გადაადგილების სიჩქარე;

$t$ - მოძრაობის დროა;

$\alpha$ -სეგმენტებს შორის კუთხეა.

სეგმენტის სიმაღლე

$$h = V_\theta t \quad (16)$$

სეგმენტებს შორის კუთხე

$$\alpha = \frac{2\pi}{m} \quad (17)$$

ჩატარებული სამუშაოს შედეგად დადგინდა:

$$\left. \begin{aligned} h &= 0,006 \text{ მ} \\ D &= 0,5 \text{ მ} \\ v_{\text{გრ}} &= 7 \text{ მ/წმ} \\ v_s &= 21 \text{ მ/წმ} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

აპარატის კუთხური სიჩქარე იანგარიშება ტოლობით:

$$\omega = \frac{V_b - V_c}{r} = 82,8 \text{ წმ}^{-1} \quad (19)$$

სეგმენტების აუცილებელი რაოდენობა იანგარიშება ტოლობით:

$$m = \frac{2\pi v_c}{hw} = 2,8 \approx 3 \quad (20)$$

ჭრის ზონის გამოყენების კოეფიციენტი იანგარიშება ტოლობით:

$$K_{ჭრ.ზ} = \frac{4Rv_c\alpha}{\pi hw(R-r)} = 6760 \quad (21)$$

მჭრელი დანების დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით მუშა ორგანოს კონსტრუქციაში გამოიყენება მათი დაზამთრებული დამაგრება.

ზამბარის მავთულის დიამეტრი ტოლია:

$$d = 1,6\sqrt{\frac{KCF}{\tau}} = 1,7 \text{ მმ} \quad (22)$$

სადაც C - არის ზამბარის დამყოლობა

K - კოეფიციენტი ზამბარის ინდექსის შესამაბისად

F - მაქსიმალური გაჭიმვის ძალა

$\tau$  - მაქსიმალური ძაბვა.

ზამბარის გარე დიამეტრი

$$D_{\text{გ}} = 18 \text{ მმ} \quad (23)$$

შიგა დიამეტრი

$$D = 15 \text{ მმ} \quad (24)$$

ხვიათა სრული რიცხვი

$$n=4 \quad (25)$$

მეხუთე თავში მოცემულია სათიბელას ექსპერიმენტული გამოკვლევა, რომლის მიზანია მანქანის ლაბორატორიული და საველე გამოცდები, რათა დავადგინოთ მანქანის მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმები, რაც ნიშნავს თიბვის ტექნოლოგიურ პროცესზე მოქმედი ფაქტორების კონსტრუქციულ-საექსპლოატაციო პარამეტრების დადგენას. დასმული ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია მრავალფაქტორიანი დაგეგმვის მეთოდით. სატარებელი კვლევების საფუძველზე

შერჩეული იქნა თიბვის პროცესზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორები და მათი ცვალებადობის არეები.

ეს ფაქტორებია:

$V_{\phi}$  – მანქანის სიჩქარე;

$\omega$  -მანქანის მჭრელი აპარატის კუთხური სიჩქარე ;

N –ღეროთა საშუალო რაოდენობა 1 მ-ზე;

B – მანქანის მოდების განი

ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაციის მიზნით დამყარდა დამოკიდებულება შემდეგი პარამეტრების მიმართ

$$y = f(\omega, N, B) \quad (26)$$

ექსპერიმენტთა დაგეგმვის მატრიცა წარმოვადგინოთ ცხ. 2-ის სახით.

## ცხრილი 2

### ექსპერიმენტული დაგეგმვის მატრიცა

ფაქტორები		მანქანის სიჩქარე მ/წმ	პარატის კუთხური სიჩქარე მ/წმ	ღეროების რაოდენობა ც.	მოდების განი მ.	კოდირებული ფაქტორების დონის მნიშვნელობა			
აღნიშვნა	დეალური	$V_{\phi}$	$\omega$	N	B				
	კოდირებული	Y	$X_1$	$X_2$	$X_3$				
	ზედა დონე	0,4	90	350	0,50	+1			
	ძირითადი დონე	0,3	80	325	0,45	0			
	ქვედა დონე	0,2	70	300	0,40	-1			
	ვარიანების ინტერვალი	0,1	10	25	0,05				
	1	0,30	71	312	0,47	0	-1	+1	+1
	2	0,35	82	340	0,42	+1	0	-1	-1
	3	0,36	87	321	0,46	+1	+1	0	+1
	4	0,25	83	327	0,43	-1	+1	0	-1
	5	0,31	77	305	0,44	0	-1	0	0
	6	0,22	76	341	0,47	-1	+1	+1	+1
	7	0,26	84	324	0,41	-1	+1	-1	-1
	8	0,33	81	335	0,49	+1	0	+1	+1

	9	0,29	78	318	0,46	0	-1	+1	+1
--	---	------	----	-----	------	---	----	----	----

კვლევის შედეგად მივიღეთ რეგრესიული განტოლების კოეფიციენტების დამოუკიდებელი მნიშვნელობები. კოეფიციენტების შემოწმების შემდეგ რეგრესიულმა განტოლებამ მიიღო შემდეგი სახე:

$$Y = -182,6 - 0,005x_1 + 0,006x_2 + 2,06x_3 \quad (27)$$

ცხრილი 3

სტატისტიკური გამოთვლების შედეგები

№	მაჩვენებლის დასახელება	მნიშვნელობა
1	რეგრესიის კოეფიციენტები b <sub>0</sub> b <sub>1</sub> b <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	-182,6 -0,005 0,006 2,06
2	ცენტრში კვადრატების რიცხვი SS <sub>E</sub>	0,3
3	ნარჩენი კვადრატების რიცხვი SS <sub>R</sub>	1,2
4	კვადრატების რიცხვთა ცდომილება SS <sub>LF</sub>	0,9
5	ფიშერის კრიტერიუმი F	2,0

რეგრესიულ განტოლებას ფაქტორების ნატურალური მნიშვნელობისათვის აქვს შემდეგი სახე:

$$V = -18,26 - 0,0005\omega + 0,0002N + 41,2B$$

მეექვსე თავში მოცემულია ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელას საექსპლოატაციო და ეკონომიკური ეფექტიანობის გაანგარიშება, რომელიც შედარებული იქნა ხელით შრომასთან. მიღებული ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 74 ლარს ჰექტარზე.



## ძირითადი დასკვნები

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

1. ბოლო ათწლეულში საქართველოში ჩატარებულმა რეფორმებმა განაპირობა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მცირე ნაკვეთებად კიდევ უფრო ინტენსიური დაყოფა. სამთო პირობებში საკვების დამზადება დღემდე ხდება ხელით, რადგან არსებული ტექნიკური საშუალებების გამოყენება სამთო და მცირეკონტურიან ნაკვეთებში ტექნიკურ-ეკონომიური თვალსაზრისით მიზანშეუწონარია. ზემოთ თქმულის გამო დღის წესრიგში დადგა გამოყენებული იქნას მცირე მექანიზაციის ტექნიკური საშუალება, რომელიც გადაჭრის აღნიშნულ პრობლემას.

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

3. ჩატარებული იქნა კვლევები ძირითადი სამუშაო ორგანოს მჭრელ დანებზე. დადგინდა მჭრელი სეგმენტების გეომეტრიული ფორმა და ზომები. სეგმენტის სისქე  $\delta^0=0,013\text{მ}$ , სიმაღლე  $h=0,08\text{ მ}$ . სიგანე  $B=0,073\text{ მ}$ , ალესვის კუთხე  $\beta=22^0$ . დადგენილი იქნა ჭრის სიჩქარესა და წინააღმდეგობის ძალას შორის დამოკიდებულება:  $V=21\text{ მ/წმ}$ ;  $A_{\text{ჭრ}}=7,1\text{ ჯ}$ .

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 დამცველი ზამზარას ზომები და მასზე მოქმედი ძალები.

6. მრავალფაქტორიანი ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდით მიღებული იქნა რეგრესიული განტოლება, რომელიც ასახავს თიბვის ტექნოლოგიურ პროცესს. დადგენილი იქნა სათიბელას 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.

### **დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებული სამეცნიერო შრომები**

1. მ. მამულაძე, რ. მამულაძე – ხელის მოტორიზირებული სათიბელას მწარმოებლობის ამაღლება ახალი ტიპის მჭრელი აპარატის გამოყენებით. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო ჟურნალი „მოამბე“;
2. მ. მამულაძე – ხელის მოტორიზირებული როტაციული მჭრელი აპარატის დანის ღეროსთან ურთიერთმოქმედების გამოკვლევა. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო ჟურნალი „მოამბე“;
3. მ. მამულაძე, რ. მამულაძე - ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელას მჭრელი აპარატის სტატისტიკური მახასიათებლების განსაზღვრა. საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული „აგრარულ მეცნიერებათა პრობლემები“;

4. ნ. გაბუნია, მ. მამულაძე - ხელის მოტორიზირებული როტაციული სათიბელას ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგები. საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული „აგრარულ მეცნიერებათა პრობლემები“

**Грузинский государственный сельскохозяйственный университет**

*На правах рукописи*

**Мераб Мамуладзе**

механизация зоготовки кормов в горных условиях,  
с применением малых технических средств

Специальность: 05.20.01 Механизация сельскохозяйственного производства

**А в т о р е ф е р а т**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

г. Тбилиси  
2006 г.

Работа выполнена в отделе механизации научно-производственного объединения чая, субтропических культур и чайной промышленности на факультете Батумского государственного сельскохозяйственного института

**Научный руководитель:** **Н. Габуня** – доктор технических наук, профессор, член-кор АСХН Грузии, академик инженерной академии Грузии.

**Научный консультант:** **И. Дзирквадзе** - кандидат технических наук, профессор.

**Официальные оппоненты:**

Защита диссертации состоится 29 декабря 2006 года в 12<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Т05.20 №1 в аудитории 2015 Грузинского Государственного сельскохозяйственного университета, г. Тбилиси, 0131, аллея Давида Агмашенебели, 13-ый км.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Грузинского Государственного сельскохозяйственного университета.

Автореферат разослан 29 ноября 2006 года

Ученый секретарь диссертационного совета, академик АСХН Грузии, доктор технических наук, профессор

Дж. Кацитадзе

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** На современном этапе хозяйствования, значительно возрасла потребность в средствах мелкой механизации, поскольку заготовка кормов для животных в горных условиях является трудоемким делом. Поэтому необходимо решить проблемы механизации кормозаготовок в горных условиях. Исходя из этих требования необходимо разработать технические средства малой механизаций, чтобы полностью решить проблемы кормозаготовкой. С этой целью, требуется создать малые технические средства на базе двигателей малой мощности.

**Цель и задачи исследований.** Целью диссертационной работы является разработка технологии и технических средств на базе двигателей малой мощности, применение которых предусмотрено в крестьянских и фермерских хозяйствах.

Задачи исследования:

- критический анализ комплекса кормозаготовительных машин и обоснование рационального технологического процесса;
- подбор и обоснование схемы ручной моторизованной, ротационной косильки;
- проведение теоретических исследований, ручной моторизованной ротационной косильки и установление параметров основного рабочего органа;
- исследование работы экспериментальной ручной моторизованной ротационной косильки в лабораторных условиях с использованием метода планирования многофакторных экспериментов;
- проведение полевых испытаний экспериментальной ручной моторизованной косильки;
- расчет технико-экономического эффекта ручной моторизованной косильки.

**Объект исследования.** Экспериментальный образец ручной моторизованной ротационной косильки, на базе бензодвигателя мощностью 3,5 кВт и имеющиеся в горных условиях малоконтурные участки и сенокосов.

**Научная новизна.** Установлена методика расчета параметров режущего органа ручной моторизованной косильки по варианту его применения на технические средства малой механизации в горных условиях. Применение метода планирования многофакторного эксперимента установлена связь между скоростью машины, угловой скоростью рабочего органа, количеством стеблей и шириной захвата. Установлены эксплуатационные и технико-экономические показатели косилки.

**Практическая ценность работы.** На основе выбранной принципиальной схемы и проведенных теоретических и экспериментальных исследований, разработано техническое средство малой механизаций для выполнения технологического процесса заготовки кормов в горных условиях.

**Апробация.** Материалы диссертационной работы должны на ежегодных конференциях факультета механики Батумского Государственного сельскохозяйственного института, а также заседаниях кафедры механизации и электрификации в 2002-2006 годы.

**Публикации.** Материалы диссертационной работы опубликованы в четырех научных статьях.

**Объем и структура диссертационной работы.** Диссертационная работа выполнена на 118 печатных страницах компьютерного текста. Состоит из введения, шести глав, семи пунктов основных выводов и списка использованной литературы из ..... наименований, в том числе .... на иностранных языках. содержит 13 таблиц и 30 рисунков.

## Основное содержание работы

Во введении дана общая характеристика работы.

**Во первой главе** представлена организация кормления крупного рогатого скота в зависимости от условий возраста, массы, направления, продуктивности и сохранения. Отмечено что на кормление животных большое влияние оказывает разновидность трав и культур, разная их энергетическая ценность. Дан критический анализ кормодобывающих машин.

**Во второй главе** – Даны материалы по выбору и обоснованию режущих ножей рабочего органа ручной моторизованной ротационной косилки.

Фактор резки во многом зависит от основных параметров режущего аппарата, от формы и числа сегментов, диаметра диска и скорости машины, а также угловой скорости рабочего органа. На экспериментальной машине установлена геометрическая форма сегмента и рассчитаны статистические показатели. На основании полученных графиков установлено, что процесс косыбы основывается на законе нормального распределения.

В процессе резки, эмпирическое распределение согласуется с теоретическим распределением  $(P)\lambda = 0,8643$ .

Проведенной работой установлены толщина сегмента  $\delta^0 = 0,013\text{ м}$ ; высота  $h = 0,08\text{ м}$ , ширина  $B = 0,07\text{ м}$ , угол заточки  $\beta = 22^\circ$  и толщина ножа  $\delta = 0,001\text{ м}$ .

**В третьей главе** - проведено схематическое исследование воздействия ножа режущего аппарата косилки; Качество резки стебля зависит от следующих критериев: надёжность, энергоёмкость, быстрое и точное выполнение работы. Эффективность работы сегмента зависит от скорости в процессе резки, угла заточки сегмента, толщины сегмента и ножа.

Расчётами получено, что при скорости ножа 21 м/сек, энергоёмкость равна  $A_{\text{срезки}} = 7,1$  Дж.

**В четвертой главе**. Даны расчеты основных параметров режущего аппарата косилки. Расчитаны: угловая скорость режущего рабочего органа аппарата  $w = 82,8 \text{ сек}^{-1}$ , диаметр диска  $D = 0,5\text{ м}$ ; рабочая скорость сегмента  $V = 21 \text{ м/сек.}$ , коэффициент использования зоны резки  $K = 6760$  и рабочие размеры пружины.

Полученные в результате расчёты параметры рабочего органа позволяют качественно выполнить процесс косыбы, с помощью ручной моторизованной ротационной косилки.

**В пятой главе**. В результате экспериментальных исследований косилки проведена оптимизация эксплуатационных параметров. Решение на задачи оптимизации реализовано на основе планирования многофакторного эксперимента. В результате проведённых исследований подобраны основные факторы, влияющие на процесс косыбы.

Выбранными факторами является:

$V_m$  – линейная скорость перемещения рабочего органа машины;

$\omega$  – угловая скорость режущего аппарата машины;

$N$  – среднее количество срезанных стеблей кростояние каждого метра;

$B$  – ширина захвата машины.

На основании проведенных исследований составлены регрессивные уравнения. Полученные параметры дают возможность высококачественно осуществить процесс косыбы в горных условиях и малогабаритных участках.

**В шестой главе**. Приведены расчеты экономической эффективности ручной моторизованной ротационной косилки по сравнению с ручным трудом. Полученный эффект составляет 74 лара на 1 гектар.

### Общие выводы

На основе исследования технологического процесса косьбы в горных условиях с использованием малой механизации для заготовки кормов, возможно сделать следующие выводы:

1. Проведенная в Грузии реформа земли обусловила измельчение сельскохозяйственных угодий на мелкие участки. Заготовки кормов в горных условиях в Грузии ведутся в ручную. Из-за сложности рельефа решение проблемы повышения производительности труда возможен только применением технических средств малой механизации.

2. На основе анализа литературных источников изучены серийные косилки и особенности их работы. На основе анализа недостатков их работы разработан ротационный режущий аппарат, который стал основным объектом проведенных исследований;

3. Установлена основная геометрическая форма режущих сегментов и их параметры: Толщина сегмента  $\delta^0 = 0,013 \text{ м}$ ; , высота  $h = 0,08 \text{ м}$ ; ширина  $b = 0,073 \text{ м}$ , угол заточки  $\beta = 22^0$ . Также установлена оптимальная зависимость между скоростью и энергоемкостью процесса резания:  $V=21 \text{ м/сек}$ ,  $A_{\text{рез}}=7,1 \text{ д}$ .

4. Процесс резки подчиняется закону нормального распределения. Определены характеризующие показатели, среднее арифметическое отклонение, коэффициент вариации и др. На основе полученных результатов построены экспериментальные и теоретические кривые;

5. Исследован технологический процесс работы режущего аппарата, установлены оптимальные значения угловой скорости, количества сегментов и коэффициента использования зоны резания. Определены размеры предохранительной пружины режущего аппарата и действующие на него силы;

6. Методом планирования многофакторного эксперимента получено регрессивное уравнение, отражающее технологический процесс косьбы. Установлены оптимальные режимы работы.

7. Расчитана экономическая эффективность по сравнению с ручным трудом, которая составляет 74 лара на 1-гектар.